

# أبحاث ودراسات ميدانية تطبيقية في جغرافيا وموارد مياه حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا



تحرير

د. محمد غازي الحنفي  
جيولوجي هيدروولوجي جغرافي



منشورات جامعة عمر المختار  
البيضاء - 2022



أبحاث ودراسات ميدانية تطبيقية في  
جغرافيا  
وموارد مياه  
حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا

تحرير

د. محمد غازي الحنفي

جيولوجي هيدرولوجي جغرافي

أستاذ مشارك - قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة عمر المختار - البيضاء - ليبيا



منشورات جامعة عمر المختار 2022

اسم الكتاب:

أبحاث ودراسات ميدانية تطبيقية في جغرافيا وموارد مياه حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا.

اسم المؤلف : الدكتور/ محمد غازي الحنفي.

رقم الإيداع : 2019/155م.

دار الكتب الوطنية بنغازي - ليبيا

© 2022 المؤلف

هذا كتاب يخضع لسياسة الوصول المفتوح (المجاني) ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إسناد المشاع الإبداعي (CC BY-NC-ND 4.0)، والذي يسمح بالنسخ وإعادة التوزيع للأغراض غير التجارية دون أي اشتقاق، بشرط الاستشهاد بالمؤلف وبجامعة عمر المختار كناشر الأصلي.

منشورات  
جامعة عمر المختار  
البيضاء



الترقيم الدولي

ردمك 111-79-9959-78-ISBN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَسُوقُ الْمَاءَ إِلَى الْأَرْضِ الْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَامُهُمْ وَأَنْفُسُهُمْ أَفَلَا

يُبْصِرُونَ (27)

"صدق الله العظيم"

سورة السجدة

## الإهداء

إلى أرواح والدي ووالدتي وأخي محمود وابني محمد الموقن

وابني أحمد الذي توفي في أثناء إنجاز هذا الكتاب في 14.10.2016

وإلى أخي أحمد الذي توفي حديثاً في 06.12.2018

إلى إخوتي وأخواتي وإلى أهلي الكرام

إلى زوجتي نعمة

إلى ابني يوسف

إلى بناتي رحمة، حكمة، بركة وريم

إلى كل من ساهم ولو بكلمة في إخراج هذا العمل

إلى كل المعلمين والأساتذة الذين لقنوني العلم منذ الطفولة وحتى النضج

إلى كل الأصدقاء والطلاب والطالبات ومساعدتي بحاث وبحاث في قسم الجغرافيا

إلى كل الإخوة العاملين في جامعة عمر المختار

## شكر وتقدير

لله الحمد والشكر على ما وهب وعلى ما أعان وما أوجب على الإنسان من سعي في الأرض فقال "قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ بَدَأَ الْخَلْقَ"، والحمد لله وله الشكر على توفيقه في إخراج هذا العمل العلمي الذي يزود بوجه خاص المكتبة الليبية والعربية بمعلومات أصيلة مهمة عن الحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا، هذه المعلومات استنبطت كلها من ميدان العمل والدراسة على طول فترة تناهز اثنين وعشرين عاماً، لذلك يختلف الكتاب عن كثير من الكتب في كون بنك معلوماته كلها مستقاة من الواقع بجهد شاق وحثيث للباحث بذله في الليل والنهار، في كافة أشهر وفصول ومواسم السنة، في الميدان والمكتب، في كافة مواقع وبيئات حوض الجبل الأخضر في شمال الشرق الليبي، في كافة المحلات والمناطق غير المأهولة، وفي البلدات والبيئات المأهولة التي ساهم فيها كثير جداً من أفراد المجتمع المحلي مشكورين بتقديم كثير من المعلومات المفيدة عن ميدان الدراسة، ووفر الكثير منهم الضيافة الحسنة والكرم المشهود والمشكور من الباحث، لذلك يتقدم الباحث بالشكر الجزيل لكل أفراد المجتمع المحلي في كافة مناطق ميدان الدراسة من حوض إقليم الجبل الأخضر على ما ساعدوا به في الميدان على طول فترة دراسة الباحث في الحوض.

لقد ساهم البعض من أعضاء هيئة التدريس في قسم الجغرافيا بمشاركة مشكورة فاعلة في الميدان، وفي إخراج بعض الأبحاث العلمية، وقدم بعضهم أبحاثاً بالمشاركة مع الباحث في مؤتمرات علمية محلية ودولية عقدت في الجامعات ومراكز البحث العلمي الليبية، وكل من هؤلاء الإخوة المذكور اسمه في الفصل العلمي الخاص بالبحث الذي شارك به، لذلك

أكيل كل الشكر والتقدير والاحترام لكل الأخوة في قسم الجغرافيا في جامعة عمر المختار الذين مثلوا للباحث أسرة الرعاية والمساعدة العلمية، وتخفيف هموم الغربة ومشقتها طيلة فترة وجوده ونشاطه العلمي بينهم.

إن الكتاب خرج كثمرة معلومات قدمها بنك معلومات الميدان بخبرة الباحث للمكتبة الليبية بتوثيق علمي مصور لا يقبل الشك، وبمخططات وتوضيح بأشكال بيانية لا نظير له، وبحقائق علمية ينفرد بها هذا الكتاب عما تحتويه المكتبة العربية، لذلك أشادت لجنة تدقيق ومراجعة المنهجية، المكلفة من الجامعة مشكورة، بهذا العمل العلمي على هذا النحو: " يعد المصنف (أي محتويات الكتاب) ثروة علمية مهمة ترقى إلى مستويات الأصالة والابتكار لما تحتويه بحوثه العلمية من معلومات وبيانات ومخططات وصور وحقائق علمية تذكر للمرة الأولى"، والباحث ممنون جداً لما أضافته اللجنة من لطفها بالتوصية التالية: " نظراً للقيمة العلمية والمعرفية التي يتضمنها المصنف توصي اللجنة بنشره باسم جامعة عمر المختار، 07.06.2016".

والباحث بغاية الامتنان لما قدمه كل من الأخوين المقومين العلميين المكلفين، من سيادة الأخ رئيس الجامعة الدكتور عبد المطلب أحمد أبو فروة بوساطة إدارة مكتب التأليف والنشر بالجامعة مشكورين، من ثناء على هذا العمل، إذ يضيف بكرمه الدكتور مراد ميلاد أبوراس من قسم التربة والمياه: "الكتاب وثق بالصور والجداول الكثير من الظواهر التي تحتاجها بشدة أي قاعدة بيانات مستقبلية، وبذل فيه الجهد الكبير، ولسنوات عديدة، وستكون مفيدة كذلك لطلاب الدراسات العليا بأقسام مختلفة بالجامعة، لذا يمكن للجامعة

التكفل بنشره"، كما أضاف من فضل لطفه الأستاذ الدكتور رمضان عبد المولى الهنداوي: أستاذ بكلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة في جامعة عمر المختار "استناداً إلى منهجية البحث العلمي للكتاب الذي اشتمل على تطبيقات علمية دقيقة واسعة الأهمية في مجال البحث العلمي، حيث تدعم مخرجاته طلابنا في مختلف الكليات العلمية ذات العلاقة بجامعة عمر المختار وكذلك المؤسسات العلمية الأخرى"، ويزيد من كرمه العلمي فيضيف على ما تقدم معبراً: "يعد هذا الكتاب مرجع علمي هام يقدم لطلاب جامعة عمر المختار من المتخصصين في الدراسات الجغرافية والموارد الطبيعية والجيولوجيا وعلم الآثار والزراعة والهندسة والطب (صحة إنسان)، الكتاب يرتقي إلى مستويات التحرير، وبالتالي نوصي بنشره باسم جامعة عمر المختار، 20.11.2016".

لقد نوه الأخوة المقومون المنهجيون والمقيمون العلميان مشكورين بملاحظات إلى ضرورة إجراء تعديلات طفيفة ليكون إخراج الكتاب في أحسن حال يرضي متطلبات مؤسسة جامعة عمر المختار العلمية، وقد التزم الباحث في أخذ تلك الملاحظات على محمل الجد، ومن ثم تم تعديلها من الباحث الذي يأمل من الله عز وجل أن يكون هذا الكتاب إنتاجاً علمياً على مستوى طموح جامعة عمر المختار التي يعدّها الباحث بيته العلمي الذي يستحق من الباحث كل الاحترام والشكر والتقدير، على أمل أن تكون هذه الجامعة صرحاً علمياً متقدماً على المستويين العربي والعالمي.

يكيل الباحث جزيل الشكر للمراجع اللغوي الدكتور أحمد فرج علي فرحات الخزعلي الذي أضاف: "يسرنا أن نعلمكم بانتهاء مراجعة هذا السفر العظيم. . . وعلى



الرغم من أنه ليس من حقنا أن نحكم على هذا السفر الرائع علمياً فإننا نقول لكم بتواضع: إننا وجدنا فيه معلوماتٍ جغرافيةً لم نسمع بها من قبل، ولن نجدونها في أي كتابٍ آخر على ما أظن، فقد وصف تضاريس الجبل الأخضر بدقةً منقطعة النظر، وسيكون هذا الجهد في صالح هذه المؤسسة العريقة قبل أن يكون ابتكاراً وُجِدَتْ تضاف إلى مسيرة الباحث العلمية، عليه أوصي - إن كان من حقنا - بطباعته قبل أي كتابٍ آخر، 26.06.2018".

يوالي ويواصل الباحث شكره وامتنانه للقائمين على إدارة مكتب التأليف والترجمة والنشر في جامعة عمر المختار؛ والدكتور عبد العاطي الفقيه اهتم بنشاط في الكتاب ومحتوياته العلمية وشجع على نشره، وبعد تخليه عن إدارة المكتب تسلمت تلك المهمة الدكتورة فاطمة محمد الجويهي التي تابعت بحمة سير تدقيق الكتاب علمياً ولغوياً ولا تزال تشجع على تسهيل طباعته ونشره بأسرع ما يمكن.

يوجه الباحث شكر خاص للأخ يونس الحمري على مساعدته الجادة في الميدان فيما يخص قياس أقطار بعض المنخفضات الجوية في سهل بطة وفي مدينة البيضاء لعام 2017م.

يضيف الباحث شكره الجزيل للعاملين في مكتب "العالم الآن" لجهدهم المبذول في تنسيق الكتاب وعلى وجه الخصوص الأخوين منير الشلوي وحافظ البجيتي.

وكل الشكر مع التمنيات الصادقة بالحفظ والتوفيق للمتعاونين العسكريين في قاعدة الأبرق الجوية، الذين تعاونوا مع إدارة جامعة عمر المختار وفريق بحثها العلمي، وعلى وجه الخصوص الأخوة الأفاضل مستخدمي الطيران العمودي، على ما بذلوه من جهد في تسخير

طائرة عمودية جابت بالباحث الأجواء للاطلاع على الوضع المائي العام في جنوب الجبل الأخضر لتكملة نتائج الدراسات الميدانية بسهولة ويسر.

د. محمد غازي الحنفي، الأحد 20.08.2017، الجبل الأخضر - البيضاء - ليبيا.

انتهاء آخر تعديل علمي السبت 31.03.2018.

انتهاء آخر تعديل لغوي السبت 30.06.2018.

انتهاء التنسيق الأحد 03.02.2019.

انتهاء آخر تعديل للتنسيق السبت 23.02.2019.

سحب النسخة المعتمدة للطباعة الأربعاء 13.03.2019

## فهرس محتويات الكتاب

الصفحة	عنوان البحث	التسلسل
أ	أبحاث ودراسات ميدانية تطبيقية في جغرافيا و موارد مياه حوض إقليم الجبيل الأخضر في ليبيا	العنوان
ج	.....	الآية
هـ	.....	الإهداء
ز	.....	شكر وتقدير
م	.....	فهرس المحتويات
ع	.....	فهرس مكونات الكتاب
1	.....	المقدمة
5	..... الحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا. د. محمد غازي الحنفي	الفصل الأول
59	التغيرات الفيزيائية الحاصلة في الأجواء ما بين التبخر والتكاثف للماء حتى الهطول..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الثاني
157	آليات حدوث التكاثف وظهور جهات رطوبة محلية فوق مياه البحر الأبيض المتوسط..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الثالث
217	الجبيل الأخضر بين جهتي رطوبة محليتين..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الرابع
249	أمطار مرافقة لجهات رطوبة محلية ناشئة فوق السفوح الجنوبية للجبيل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الخامس
343	أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية غربية د. محمد غازي الحنفي	الفصل السادس

الصفحة	عنوان البحث	التسلسل
455	أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية شمالية غربية..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل السابع
479	أمطار ناشئة بفعل تكوين جهات رطوبة محلية تكونها رياح القبلي فوق الجبيل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الثامن
531	رطوبة وأمطار مرافقة للرياح الشرقية الربيعية فوق الجبل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل التاسع
561	أجواء رطوبة وتكاثفات خاصة تتمتع بها أجواء الجبل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل العاشر
701	دراسة طبوغرافية وهييسومترية للحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الحادي عشر
747	تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي في حوض الجبل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الثاني عشر
815	حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر "دراسة حالة تطبيقية جيومورفولوجية بيئية هييسومترية"..... د. محمد غازي الحنفي و أ. محمود الصديق التواتي	الفصل الثالث عشر
873	المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل الأخضر - ليبيا..... د. محمد غازي الحنفي و د. سعيد إدريس نوح	الفصل الرابع عشر
911	تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي و أ. عوض جبريل غيث	الفصل الخامس عشر

الصفحة	عنوان البحث	التسلسل
1023	دور أسطح الاعتراض الحضريّة كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد المائية المحليّة..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل السادس عشر
1065	عين زيانة في سهل بنغازي "الموازنة المائية وإمكانية الاستثمار"..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل السابع عشر
1099	شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر خلال الحقب الرابع..... د. محمد غازي الحنفي	الفصل الثامن عشر
1179	السيخات الشاطئية "دراسة بيئية لسيخة دريانه في سهل بنغازي"..... د. محمد غازي الحنفي و د. عامر مجيد آغا	الفصل التاسع عشر
1243	مشاكل الجريان السطحي في بيئات أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر..... د. محمد غازي الحنفي و أ. عوض عبد الواحد عوض	الفصل العشرون
1331	اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتصاص الماء في بلطة الرملية الغربية..... د. محمد غازي الحنفي و د. محمود الصديق التواتي	الفصل الحادي والعشرون
1407	.....	الخاتمة
1409	حول مسيرة الإنتاج والتدقيق العلمي للكتاب.....	ملاحظات عامة
1411	.....	سيرة ذاتية

فهرس مكونات الكتاب المؤلف من 1425 صفحة

تكرار يوم العمل الميداني (مرة)							عدد الصور	عدد الجداول	عدد الأشكال	عدد الأرقام	عدد الكلمات	البيان
الجمعة	الخميس	الأربعاء	الثلاثاء	الاثنين	الأحد	السبت						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	1651	العنوان
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	858	المقدمة
0	0	0	1	0	0	0	10	0	15	325	9056	فصل: 1
11	1	0	0	1	2	2	45	0	21	1661	16184	فصل: 2
12	27	14	0	3	1	6	63	0	9	343	7216	فصل: 3
0	0	11	4	5	20	3	43	0	2	235	3876	فصل: 4
29	13	14	25	40	29	4	124	0	2	621	9006	فصل: 5
48	7	24	60	14	15	11	146	0	3	836	9666	فصل: 6
4	1	0	2	2	0	0	10	0	4	068	2074	فصل: 7
2	7	3	9	22	5	18	59	0	1	344	5041	فصل: 8
22	0	0	0	0	0	5	22	0	0	105	1728	فصل: 9
79	35	4	46	22	5	12	150	0	0	826	14335	فصل: 10
0	0	0	0	0	0	0	0	5	17	900	5157	فصل: 11
37	4	4	0	0	1	5	33	7	17	721	9265	فصل: 12
0	0	0	0	0	0	0	32	10	24	1026	6275	فصل: 13
0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	1762	5156	فصل: 14
3	0	0	4	1	18	0	140	0	20	974	13455	فصل: 15
0	3	3	9	6	3	0	4	10	15	798	4352	فصل: 16
2	0	0	0	0	1	0	3	3	7	307	4567	فصل: 17
1	1	6	0	6	0	1	27	0	17	209	8693	فصل: 18
0	0	0	0	0	0	8	8	12	17	1115	8171	فصل: 19
26	16	29	14	22	28	7	140	6	18	1100	10592	فصل: 20
18	3	5	12	29	7	2	88	0	3	803	8933	فصل: 21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	636	الخاتمة
294	118	117	186	173	135	84	1147	61	220	15161	165943	المجموع
							1107					
27	10.7	10.6	16.8	15.1	12.2	7.6	100					النسبة النسوية %

## المقدمة

تتناول الدراسة في هذا الكتاب التأثير المتبادل بين وحدات تضاريس الجبل الأخضر والمؤثرات الجغرافية المحلية والإقليمية للدورة المائية المحلية والدورة المائية العامة، ونتيجة ذلك في تطور رطوبة الأجواء وحالات الطقس المؤدية لتراكم الرطوبة الجوية على هيئة جبهات رطوبة جوية محلية تغني في كثير من الحالات مختلف بيئات الجبل الأخضر بالمياه في أي من فصول السنة، لذلك يتناول الفصل الأول موقع حوض الجبل الأخضر، ووحداته التضاريسية، وميزاته المائية، في حين خصص الفصل الثاني لدراسة التغيرات الفيزيائية التي تحصل في الأجواء الرطبة ما بين التبخر والهطول في حوض الإقليم، وتناولت ثمانية فصول أخرى متتابعة، من الفصل الثالث إلى الفصل العاشر، توضيح وتوثيق كيفية حدوث آليات تكاثف الرطوبة الجوية المتتابعة ما بين التبخر والهطول، ونواتج التأثير المتبادل ما بين مختلف وحدات تضاريس حوض إقليم الجبل الأخضر ومؤثرات الدورة المائية العامة والدورة المائية المحلية للإقليم على الرطوبة الجوية، وتطوراتها المختلفة في تجميع وتراكم وتكاثف الرطوبة الجوية على هيئة جبهات رطوبة جوية محلية متنوعة الغيوم، التي تغني كافة الأنظمة البيئية المحلية بالأمطار أو الهطولات المتنوعة المؤدية لاستقرار مكونات تلك الأنظمة، في ظل الأوضاع المناخية الناتجة عن تكرار وتراكم حالات الطقس والأحوال الجوية الرطبة والماطرة على طول الزمن.

لذلك توجه معلومات هذه الفصول العشرة المتقدمة من الكتاب أنظار الدارسين والباحثين والمتخصصين في علوم المناخ والأرصاد الجوية والموارد المائية والجيولوجيا وعلوم الأرض والزراعة والبيئة، في مختلف أبحاثه المتمثلة بتلك الفصول نحو أجواء مختلف وحدات

إقليم الجبل الأخضر، لمعرفة كيفية تكوين مختلف جهات الرطوبة الجوية المحلية، ثم لمعرفة كيفية تطور رطوبة الأجواء لحين تكوين الهطولات المطرية المهمة التي تؤدي لسيول جارفة في مختلف البيئات والأنظمة البيئية المحلية للجبل، إن تلك الظواهر تناولها الباحث في هذا الكتاب بشكل تفصيلي موثق في المكان والزمان ليستفيد منها المهتمون من الدارسين والباحثين في مجالات الأرصاد الجوية، والمناخ، والموارد المائية، والموارد الحيوية من تربة وموارد زراعية متنوعة، لذلك فهذه الأبحاث المدونة في الكتاب ستفتح أمام الباحثين في المستقبل مجالاً علمياً حيوياً يجعل الباحث حاضراً واعياً مراقباً لما يجري فوقه وحوله من تغيرات في رطوبة الأجواء تنعكس تأثيراتها المائية على كل الموارد الحيوية والبيئية والاقتصادية للمجتمع المحلي الذي يعيش فيه، والذي هو بأمس الحاجة لتنمية مستدامة تطور من حالته وتثبتته في أرضه وفي نظامه البيئي، تلك التنمية تكفل نجاحها طهارة بركات السماء وكرم خيرات الأرض فيما لو توفرت النية السليمة والإرادة السديدة المتوكله على الله.

ويتبع ذلك أحد عشر فصلاً تناولت بالتوثيق بالصور والجداول والمخططات والأشكال ووسائل الإيضاح البيانية اللازمة لتبيان الأهمية الجغرافية والبيئية والمائية البالغة، ليستفيد من محتويات تلك الأبحاث الأحد عشر كل العاملين والدارسين المهتمين في مجالات الجغرافيا الطبيعية والبشرية والزراعة والبيئة والجيولوجيا وعلوم الأرض والآثار وموارد المياه السطحية والجوفية، والباحث يأمل أن تلقى هذه الأبحاث الرضا من القارئ والدارسين والباحثين الذين يبحثون عن الفائدة العلمية، ويفتحون المجال أمام تقدم البحث العلمي، وتقدم خطط التنمية المستدامة التي تقوم على استغلال موارد النظم البيئية على أكمل وجه



يساعد المواطن على الاستقرار في أرضه، ويجعل ثقته ثابتة بكفاءة موارده الذاتية في خدمة وتحمل أعباء حياة أسرته للعيش في حياة حرة وكرامة في نظامه البيئي.

لقد تعددت مجالات البحث في هذا الكتاب بحسب ظروف العمل الميداني الممتد على نحو ما يزيد عن عشرين سنة، وذلك بحسب متطلبات المشاركة في المؤتمرات العلمية وتوجهات محاورها البحثية التي تخدم بمحملها التنمية في ليبيا، لذلك فإن تسعة أبحاث متمثلة بتسعة فصول فقط من الكتاب خضعت للتحكيم والمشاركة في تلك المؤتمرات ولم تنشر تلك المؤتمرات إلا اثنين منها في مجلة المركز الليبي للبحوث الزراعية والحيوانية، إن ستة أبحاث منها نشرت إلكترونياً في أعداد متفرقة من مجلة المختار للعلوم الإنسانية في جامعة عمر المختار، وبحث واحد نشر في المجلة الليبية العالمية في كلية التربية في جامعة بنغازي فرع المرج، وعليه فإن توزيع بعض المعلومات وتناثر قسم من الأبحاث في أماكن متعددة يصعب الرجوع إليها، وبالمقابل فإن هذا الكتاب يجمع تلك الأبحاث التسعة المتناثرة في مجلد واحد، قوامه واحد وعشرين بحثاً علمياً عن جغرافيا وموارد مياه الجبل الأخضر، يسهل على الدارس والباحث تناولها والإفادة منها.

لقد شارك المؤلف بعض الإخوة الباحثين والأساتذة فعلياً في الميدان في إنتاج بعض أبحاث هذا الكتاب مثل الدكتور عامر مجيد آغا من كلية الموارد الطبيعية، والدكتور سعيد إدريس نوح، الدكتور محمود الصديق التواتي، الأستاذ عوض عبد الواحد عوض والأستاذ عوض جبريل غيث من قسم الجغرافيا، وأسماء هؤلاء الأخوة الباحثين تالية لعناوين الأبحاث،

أي الفصول، التي شاركوا فيها، وهي مسجلة في قوائم المراجع المدرجة في نهاية كل بحث تناوله هذا الكتاب وذلك بحسب مكان المشاركة أو مكان النشر.

لقد اعتمد الباحث في إثبات شواهد الميدانية السماوية والأرضية بتوثيق غالبية الظواهر التي يتناولها الكتاب بالصور الرقمية التي أخذت من الواقع وتوثقت مكانياً وزمانياً بأفضل دقة ممكنة، وهذه الصور تعبر لوحدها عن الواقع المائي والبيئي للحوض المائي ولأجواء إقليم الجبل الأخضر في ليبيا، وتوثق الواقع المراقب والمتابع والمشهود من الباحث ببراءة ونزاهة لا تقبل الشك والمكابرة من أي أحد لا علاقة له بميدان الدراسة ولا بالبحث العلمي، خصوصاً بأن هذا الكتاب يعد بما يحويه من قاعدة بيانات علمية واسعة موثقة، لبنة علمية تساهم في بناء المكتبة الليبية والعربية ونزودها بمعلومات أصيلة موثقة من ميدان الدراسة، يذكر ويوثق وينشر الكثير منها لأول مرة برعاية جامعة عمر المختار العريقة.

أرجو الله عز وجل أن يعكس هذا الكتاب الاهتمام العلمي لجامعة عمر المختار، وأن يساهم بشيء من طموحها العلمي، في كون هذا الكتاب يحقق الفائدة المرجوة منه في مجتمع الجبل الأخضر على وجه الخصوص، وفي المجتمع العربي الليبي على وجه العموم، وفي كل المجتمعات العربية التي تعاني من مشاكل تدهور وفقر أنظمتها البيئية، ومن ندرة واضحة في مواردها المائية المتاحة.

## 1- الفصل الأول

الحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا

د. محمد غازي الحنفي

## 1- الفصل الأول

الحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا

د. محمد غازي الحنفي

- \*- الموقع والميزات العامة للحوض.
- \*- الوحدات التضاريسية الرئيسة في حوض إقليم الجبل الأخضر.
- \*- انعكاس دور وحدات تضاريس الجبل الأخضر على تنوع الأنظمة البيئية.
- \*- الوضع الطبوغرافي العام للحوض.
- \*- الحوض المائي للجبل الأخضر طارد ومشتت للمياه.
- \*- أنواع الأحواض المائية.
- \*- معالجة مشكلة تبديد مياه حوض الجبل الأخضر المائي بما تسمح به الظروف الهيدروغرافية والجيولوجية.
- \*- مناخ الجبل الأخضر.
- \*- بعض مظاهر المناخ الجاف في حوض إقليم الجبل الأخضر.
- \*- بعض مظاهر المناخ شبه الجاف في حوض إقليم الجبل الأخضر.
- \*- بعض من مظاهر المناخ شبه الرطب في الجبل الأخضر .

## الحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا

### الموقع والميزات العامة للحوض:

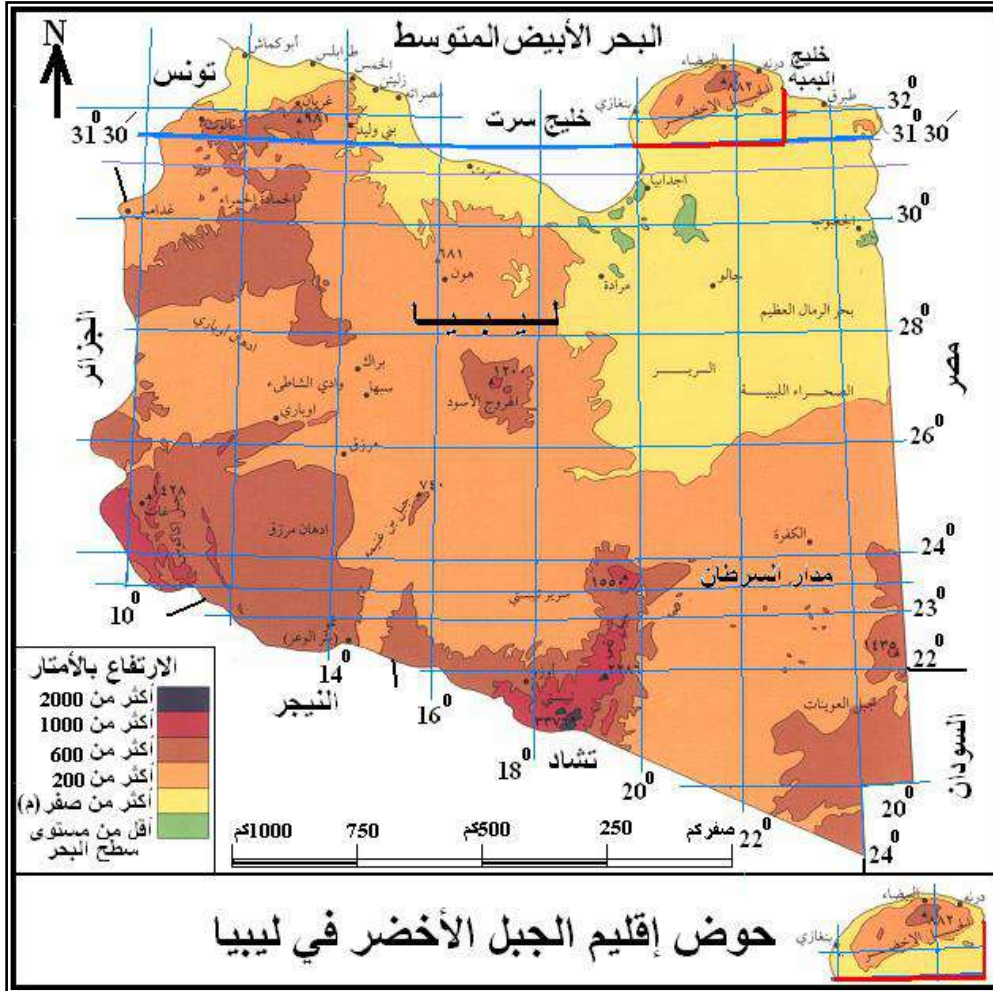
ينفرد الجبل الأخضر الليبي، شكل (1)، في شمال شرق القارة الإفريقية بموقع جغرافي متميز عن كامل محيطه الجغرافي ككتلة جبلية هضبية ناهضة، تشرف على الهامش الشمالي للصحراء الكبرى في الجنوب وعلى مسطح البحر المتوسط في الشمال، ثم إن شكل الجبل الأخضر الهضبي المتطاوّل باتجاه شمال شرق-جنوب غرب، على طول نحو 290 كم ما بين سهل بنغازي في الغرب وخليج البمبة في الشرق، وعرض متوسط للكتلة الهضبية بنحو 80 كم، وارتفاعه الطبوغرافي لنحو 881 م في قمة سيدي الحمري، التي تحتل وسط الجزء الشرقي للجبل، ولحوالي 676 م فوق سطح البحر في قمة جردس الأحرار الواقعة في وسط جزئه الغربي، حيث تبلغ المسافة بين القمتين حوالي 97 كم، يجعل منه حوضاً مائياً تناسب مياه أودية سفوحه الغربية نحو سهل بنغازي في الغرب ليصب البعض منها في البحر المتوسط بين قمينس الواقعة على ساحل خليج سرت وتوكرة (العقورية) الواقعة شمال شرق سهل بنغازي على طول مسافة من الساحل الليبي تزيد عن 100 كم، فيما تنبسط مياه الجزء الباقي من الأودية في السهل.

ومياه السفوح الشمالية تناسب في الأودية شمالاً نحو البحر المتوسط على طول الساحل الشمالي للجبل ما بين توكرة في الغرب وحتى رأس التين في الشمال الشرقي للجبل على طول مسافة تقارب 230 كم.

في حين تناسب مياه أودية السفوح الشرقية للجبل الأخضر نحو البحر المتوسط لتصب في خليج البمبة الممتد ساحله من رأس التين في الشمال إلى بلدة التميمي في الجنوب على طول ساحل يقارب 40 كم.

لذلك تنتشر بيئات السبخات الشاطئية والبحيرات المالحة في أماكن كثيرة من الساحل الغربي والشمالي والشرقي للحوض المائي للجبل الأخضر مثل بحيرة 23 يوليو وبحيرات وسبخات الصابري وبحيرات بو دزيرة في بنغازي. وبحيرتي القدر والهور الأزرق في الكويبية، وسبخة الكويبية وسيدي خليفة، وسبخة دريانة وسبخة الكوز وسبخة بوجرار في شمال شرق سهل بنغازي، وسبخة عين الشقيقة وسبخة عين الزرقاء وسبخة عين أم الصياد وسبخة المملوح في الحنية، وسبخة الوسير وبحيرة الوسير ما بين الحنية والحمامة، بالإضافة لبيئات أودية سبخية في مصب وادي الخليج ووادي الهمسة (الخبطة) شرق درنة، وسبخة رأس التين وبحيرة وسبخة أم حفين في أم حفين، وسبخة وبحيرة أم القرامي في أم الرزم، وسبخة التميمي وسبخة وبحيرة عين الوحش في التميمي.

بينما تنساب مياه أودية السفوح الجنوبية الغربية والجنوبية والجنوبية الشرقية للجبل نحو الجنوب لتعبر السهل الجنوبي للجبل الأخضر حتى تنتهي مساراتها على الهامش الشمالي للصحراء الكبرى في مصبات؛ تكون بحيرات مؤقتة تتجمع فيها مياه السيول تسمى محلياً البلط، مثل بلطة الرملة جنوب المخيلي، وإلى الغرب منها يوجد، بلطة الشلطان ثم بلطة الشليطيمة، ثم بلطة ابشادة وبلطة بو رقيص، ثم بلطة الزلق وبلطة محرز شرق قرية الخوميات، وبلطة عبد الحفيظ في زاوية مسوس، بالإضافة لبلطات كثيرة صغيرة تتكون محلياً بحسب الظروف الهيدروغرافية لبيئات وجودها المحلية.



بحسب هذا العرض فإن كتلة هضبة الجبل الأخضر البالغة مساحتها نحو 23000 كم<sup>2</sup> البارزة عن ما حولها على هيئة ظهر قوقعة السلحفاة (الفكرونة) توجه المياه نحو الأماكن المنخفضة المحيطة بها في الأربعة اتجاهات ليتوسع الحوض المائي للجبل الأخضر ليلبلغ نحو 37625 كم<sup>2</sup>، والذي يضم في مساحته سهل جنوب الجبل الذي يمتد بموازاة الجبل من الغرب إلى الشرق على طول يزيد عن 330 كم، وعرض يتراوح ما بين 20 و40 كم، كما تضم مساحة الحوض سهل بنغازي في الغرب والشريط الساحلي الشمالي والشرقي للجبل، لذلك فإن الحدود الجغرافية للحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر تتمثل بخليج سرت في الغرب والبحر المتوسط في الشمال وخليج البمبة في شرق الجزء الشمالي الشرقي من الحوض وهضبة البطنان في شرق الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض، فيما تتمثل حدود الحوض الجنوبية مع الصحراء الكبرى بدائرة العرض  $30^{\circ} 31'$  حيث تقع الحدود الجنوبية لبلطة عبد الحفيظ عند زاوية مسوس.

وعلى ما تقدم فإن حوض إقليم الجبل الأخضر يعد شبه جزيرة يحدها البحر الأبيض المتوسط من الغرب والشمال والشمال الشرقي، ويحد الحوض من الجنوب الشرقي هضبة البطنان ومن الجنوب والجنوب الشرقي والجنوب الغربي الصحراء الكبرى.

وبحسب توزيع الصرف المائي للحوض ككل فإنه يمكن تقسيمه لحوضين فرعيين

رئيسين هما:

أ- الحوض الداخلي: وهو الحوض الذي تصرف مياهه في اليايس داخل القارة، أي الذي تتوجه مياهه في الأودية من خط تقسيم المياه، المتماشي مع ظهر الجبل، نحو الجنوب الشرقي



والجنوب والجنوب الغربي لتنصرف في السهول الجنوبية ما بين السروال والبلط على هامش الصحراء الكبرى والمقدرة مساحته بنحو 22562.5 كم<sup>2</sup>، أي ما يعادل 60% من مجمل مساحة الحوض.

ب- الحوض الخارجي: وهو الذي تصرف مياهه خارج اليابس القاري أي في البحر، أي أنه الحوض الذي تتوجه مياه أوديته من خط تقسيم المياه نحو الغرب والشمال الغربي والشمال والشمالي الشرقي والشرق لتنصرف تلك المياه في البحر الأبيض المتوسط على طول السواحل الممتدة للحدود البحرية للحوض، تبلغ مساحة الحوض الخارجي للجبل الأخضر حوالي 15062.5 كم<sup>2</sup>، وتعادل نحو 40% من مجمل مساحة الحوض المائي الكلي للجبل الأخضر، وعليه فالحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا ينحصر فلكياً بين خطي الطول "00'56'19" و "00'09'23" شرقاً، ودائرتي العرض "00'30'31" و "38'55'32" شمالاً، شكل (2).

### الوحدات التضاريسية الرئيسية في حوض إقليم الجبل الأخضر

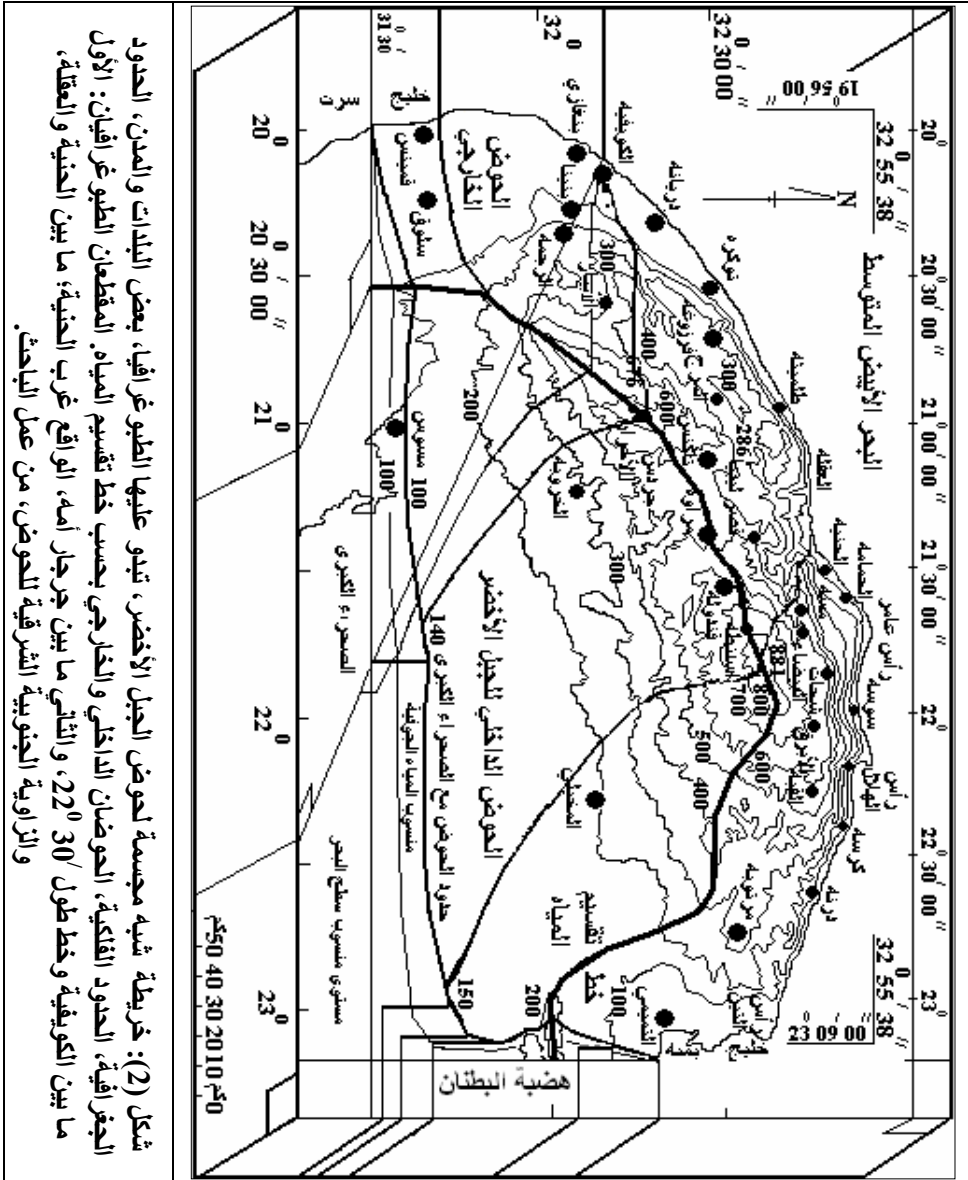
البنية الجيولوجية التي بني عليها الجبل الأخضر تميز في شكله الجغرافي وحدات تضاريسية من ثلاث حافات جبلية صخرية تحتية تعلو كل منها مصطبة متميزة بانحدارات هينة ومناطق سهلية تتخللها أحياناً التلال، ومن الناحية البنيوية والجيومورفولوجية كل حافة جبلية مع المصطبة التي تعلوها تكونان درجة بنيوية واحدة، وعليه فالجبل الأخضر هو عبارة عن مدرج جبلي مكون من ثلاث درجات بنيوية رئيسية، وقيمتين متميزتين؛ القمة الأولى؛ في منطقة سيدي محمد الحمري، تحدد أقصى ارتفاع للجبل البالغ 881 م فوق مستوى سطح

البحر عند النهايات العليا للمصطبة الثالثة والتي تعتبر مجازاً قمة الحافة الثالثة في الجزء الشرقي من الجبل، القمة الثانية؛ في منطقة جردس الأحرار البالغ منسوبها، فوق الصفر م، نحو 676م تعد النهاية العليا للمصطبة الثانية في الجهات الغربية من الجبل، يبدو من ما تقدم أن كتلة الجبل الأخضر نهضت من تحت مياه البحر خلال ست فترات جيولوجية متتالية؛ ثلاث فترات كانت خلالها الحركة البانية للجبال نشطة وسريعة نسبياً أنتجت خلالها الحافات الجبلية المتميزة بحركة رفع نسبية تفاضلية نشطة للكتل الصخرية على صدوع سلمية متميز الكثير منها على طول الحافات الموازية للساحل، تبع كل فترة من تلكم الفترات الثلاث التي كانت عمليات الرفع التكتوني نشيطةً خلالها، فترة هدوء، للنشاط التكتوني، طويلة نسبياً مما سمح لمياه البحر وعوامل الهدم الخارجية يصقل ونحت تدريجي للحافات الناهضة وتحويل أجزائها العليا البارزة فوق مياه البحر لثلاث مصاطب كل منها تكون في فترة جيولوجية خاصة تمثل عمر تكوين المصطبة.

ويؤكد هذا التفسير واقع حائطي الصخر على جانبي الصدوع السلمية على المصطبة الثانية ما بين شحات وسوسة الذي يدل على أنهما متآكلان، على وجه المصطبة، بالمقدار نفسه، كما أن بقية متعددة من تلال أقدم الحافات ما تزال عند أحاضيض الحافتين الأولى والثانية في غرب سوسة وجنوب الوسيطة، شاهدة بأن تآكل الحافات ونحتها تطور من الأعلى نحو الأسفل بنتيجة صعود كتلة الجبل التدريجية مقابل ثبوت منسوب مياه البحر، الذي عملت أمواجه وعوامل النحت على صقل الأجزاء البارزة بحدوء وخلال زمن طويل أعطى لعوامل الهدم الفرصة الكافية لهيكله أسطح الحافات وتكوين المصاطب خلال الثلاث

فترات التي هدأت خلالها حركات الرفع البانية للجبال، فالمصطبة العليا، المسماة عادة وفق الارتفاع الطبوغرافي، المصطبة الثالثة هي الأقدم في العمر.

والمصطبة الأولى الأدنى بالمنسوب هي الأحداث في العمر، ويدل على هذا تطور المقاطع العرضية والطولية للأودية المختزقة للحافات الجبلية والمصاطب التي تبدي أن مياه الأودية عملت زمناً طويلاً في تطوير مجاري أحباسها العليا عند اختراق الدرجة الثالثة وأعلى الدرجة الثانية؛ كوادي الكوف وروافده خاصة؛ كوادي المشل جنوب شرق الفايدية، ووادي درنة ووادي المعلق وروافدهما العليا، كوادي المشل أيضاً في جنوب القيقب، التي تبدو في أطوار الشيخوخة في جهات قندولة وأسلنطة والفايدية ولاي والقيقب وأبو ذراع، هذه الأودية تكونت فيها الترب الزراعية وهذبت جوانبها وبسطت قيعانها، لذلك يستطيع الإنسان السير فيها بسهولة ويسر صاعداً وهابطاً في كل الاتجاهات، في حين نجد مقاطع الأحباس السفلى لكل الأودية التي تخترق الحافة الدنيا الأولى الأحداث عمراً بمقاطع عرضية خانقية ضيقة وجوانب صخرية جرفية الشكل، وعرة وشديدة الانحدار تدل على أنها في عز طور شباهها نتيجةً لحداثة عمرها النسبي، لذلك في كثير من مقاطعها الطولية والعرضية الضيقة والصخرية لا يستطيع الإنسان السير أو التسلق أو الهبوط فيها إلا بعناء وصعوبة بالغة، وفي حالات كثيرة غير ممكن الصعود أو الهبوط فيها لتعقيد مقاطع المجاري ولكثرة نقاط التجديد فيها؛ ذات الأشكال الجرفية الجدارية الصخرية الوعرة وفروق المناسيب الكبيرة نسبياً.



شكل (2): خريطة شبه مجسمة لحوض الجبل الأخضر، تبدو عليها الطوبوغرافيا، بعض البلدات والمدن، الحدود الجغرافية، الحدود الفلكية، الحوضان الداخلي والخارجي بحسب خط تقسيم المياه. المقطعان الطبوغرافيان: الأول ما بين الكورفية وخط طول  $30^{\circ} 22'$ ، والثاني ما بين جرجار أمه، الواقع غرب الحنية، ما بين الحنية والعقلة، والزاوية الجنوبية الشرقية للحوض، من عمل الباحث.

وعلى ما تقدم يبدو الجبل بمجمله على هيئة هضبة طولية مفلطحة عرضياً بحيث تبلغ نسبة عرضها إلى طولها نحو 27.6%، بحيث تتحكم الحافات الموازية للساحل ببعده الطولي باتجاه شمال شرق-جنوب غرب البالغ 290 كم، في حين تتحكم المصاطب ببعده العرضي ليلبلغ نحو 80 كم، وتتربع هذه الكتلة الجبلية الهضبية الدرجية على هامش الساحل الجنوبي للبحر المتوسط، ما بين خليج سرت في الغرب وخليج البمبة في الشرق في نطاق احتكاك مباشر ما بين الطرف الشمالي الشرقي للوح الأفريقي مع الطرف الجنوبي للوح البحر المتوسط، في موقع جغرافي مرتفع نسبياً لتتشرّف على ما حولها من أراضٍ سهلية تحيطها من الأربع جهات ماعدا بعض المناطق التي تلامس فيها الحافة الأولى الشمالية مياه البحر المتوسط في منطقة شرق درنة في الشمال الشرقي، ومنطقة التربة، في الوسط، ما بين الأثرون وكرسة في الشمال، ومنطقة ما بين العقلة وطمبيشة في الشمال الغربي من الجبل، الكتلة الجبلية مع الأراضي السهلية التي ترتوي بمياه أودية الجبل الأخضر تشكل مع بعضها وحدة مائية واحدة هي حوض إقليم الجبل الأخضر. التي يمكن تصنيف وحداتها التضاريسية كالآتي:

**أ- السهل الساحلي:** ينحصر بين الحافة الأولى، الدنيا الأحدث، للجبل الأخضر وشاطئ البحر، ويصل عرضه في شرق الجبل في أحسن حالاته لنحو 7 كم في شرق التميمي ويضيق كلما توجهنا شمالاً ثم غرباً ليتلاشى تماماً شرق درنة على طول أكثر من 30 كم، وغرب درنة يتسع السهل لنحو 3 كم في كرسة، ثم يتلاشى غربها في منطقة التربة، ثم يتسع من جديد ليلبلغ نحو 4 كم في منطقة الأصلاب غرب رأس الهلال، ثم يضيق تدريجياً ليلبع عرضه غرب سوسة لأقل من 300 م عند براك نوظة، ثم يتسع قليلاً في رأس عامر لنحو 1.5 كم وكذلك

في الحمامة، والحنية، ويضيق في غرب الحنية ليتلاشى تماماً ما بين العقلة وشرق طلميثة، حيث يبدأ يزداد عرضاً غرب طلميثة ليصل لنحو 3 كم عند توكرة، وفيما بعد توكرة يزداد عرض السهل تدريجياً ليبلغ نحو 50 كم جنوب بنغازي في منطقتي سلوق وقمينس عند الحدود الجنوبية الغربية للحوض. وفي النطاق الجغرافي الممتد من توكرة في الشمال الشرقي وحتى قمينس في الجنوب الغربي يأخذ السهل الساحلي شكلاً قريباً هندسياً للمثلث يطلق عليه اسم سهل بنغازي.

وبشكل عام يتراوح ارتفاع طبوغرافيا السهل الساحلي ما بين صفر م و60م جنوب الحمامة ويرتفع في سهل بنغازي ليبلغ نحو 130م في بنينا عند القدم الغربي للحافة الأولى للجبل الأخضر. تتكون أراضي السهل الساحلي في غالبيتها، من مراوح إرسابية خشنة ضخمة المساحة في الغالب عندما يكون عرض السهل ضيق نسبياً؛ تلك الرواسب ألققتها مياه سيول الأودية كما في ما بين سوسة ودرنة، ومن رواسب ناعمة وترب منقولة في المواقع التي يزداد فيها عرض السهل كحال سهل بنغازي أو التي تحدها من جهة البحر تلال شاطئية، كما في غوط أم الحجل شرق توكرة، وغرب طلميثة وفي الحمامة والحنية، وفي كثير من المواقع تظهر أرض السهل صخرية لتكشف الصخور الأم على السطح، أو نتيجة تكوين قشور كلسية تغطي رسوبات رباعية قديمة نسبياً بنتيجة عمل الخاصة الشعيرية كما في غرب الحنية وشرق الحمامة، ويتخلل السهل الساحلي شرق سوسة وما بين شرق الحمامة وغرب الحنية، وما بين طلميثة وتوكرة بعض التلال الساحلية الصخرية التي يبلغ أقصى ارتفاع لها 58م في تل غرب سبخة الوسير ما بين الحمامة والحنية، كما تتخلل السهل السبخات

الشاطئية والخلجان السبخية، والبحيرات المائية المالحة كبحيرتي براك نوطة، والخلجان الحصوية والرملية التي تصب فيها مياه سيول الأودية، وكذلك الشواطئ الصخرية والرملية، والأراضي الزراعية الخصبة، وفي مناطق دون أخرى من السهل تنتشر أشجار غابة ماكي الجبل الأخضر الطبيعية كما في ما بين رأس الهلال وسوسة، و ما بين غرب سوسة والحمامة ؛ فالسهل الساحلي اسم مجازي يطلق عليه في شمال الجبل، والأفضل أن يطلق عليه اسم الشريط الساحلي للجبل الأخضر لسبب تنوع المظاهر الجغرافية فيه، حيث تتعدد في هذا الشريط الساحلي من أقصى غربه لأقصى شرقه أنواع من الأنظمة البيئية المحلية الجديدة بالدراسة والاهتمام لتمييز خصائص وتركيب كل منها عن ما حولها، كما يميز السهل ظهور الينابيع المالحة كعين زيانة في الكويقية، وعين الشقيقة وعين الزرقاء غرب الحنية وعين أم الصياد شرق الحنية و عين بحيرة الوسير ما بين الحنية والحمامة، وعين الطرفاية في رأس التين وعين التميمي وعين الوحش في التميمي، تقل العيون العذبة في السهل ومنها عين الملكة شرق طلميثة وبركة أوثان في الحمامة وعيون صغيرة أخرى في رأس الهلال.

**ب- السهل الجنوبي من حوض الجبل الأخضر:** يمتد السهل الجنوبي في حوض الجبل الأخضر من جنوب غرب الجبل الأخضر من حيث تختفي الحافة الجبلية الأولى في الهامش الصحراوي المحاذي لحوض الجبل في جنوبه الغربي على طول ومحاذاة سفوحه الجنوبية الغربية والجنوبية والجنوبية الشرقية ليتوقف جنوب منطقة التميمي عند الحدود الغربية لهضبة البطنان، تصب في السهل مياه سيول أودية كثيرة والبعض منها ذوات أحوض كبيرة المساحة تفوق 1000 كم<sup>2</sup>، كوادي سمالوس ووادي الرملة، والمياه الواصلة للسهل تغذي عند جريانها مواد

تربة السهل بالمواد العضوية والمواد المعدنية لذلك يتمتع السهل بتربة خصبة جداً ذات إنتاجية عالية في حال وصلت إليها مياه السيول، يبدأ ارتفاع السهل عند قدم الجبل الأخضر في أسفل بيئة القليعات عند بيئة حصوية ورملية تسمى محلياً السروال وتمتد جنوباً بحسب نشاط المياه وترسيب حمولتها من الرواسب الخشنة على المراوح الإرسائية المتاخمة للجبل، تليها نحو الجنوب بيئات تكون فيها مجاري الأودية سهلية القاع المتراوح عرضه ما بين 200 و400م أحياناً، والمنبسطة نسبياً، يطلق على مفردتها اسم سلك، كثير من مياه السلوك تمر أحياناً على منخفضات محلية تخلف فيها برك مائية تبقى لعدة أيام، هذه المنخفضات تسمى محلياً عقاير، تمتاز بيئات السلوك والعقاير بغنى تربها الناعمة لذلك تستهدف في زراعة محاصيل الحبوب كالقمح والشعير، في أسافل بيئة السلوك والعقاير تتكون على الحدود الجنوبية للسهل بحيرات مائية مؤقتة، عندما تصل إليها جريانات الأودية، تستمر لحوالي 6 أشهر في أحسن الحالات، الواحدة من هذه البحيرات تسمى محلياً بلطة، تربة أرضيات البلط ناعمة جداً وتتكون من السلت والطين اللذين يخلفهما الجريان بعدما تتبخر مياه البلط وتجف أرضيتها التي تتمتع بمظهر سهلي منبسط تماماً، السهل بمجمعه مسخر للرعي لسبب ازدهار نباتاته الرعوية المتنوعة؛ فمنها الأشجار كالسدر والجداري، ومنها الشجيرات مثل الرتم والقطف الملحي والشيح والقزاح والحرمل والرمث، بالإضافة للنباتات الحولية التي تنبت وتتجدد بعد موسم الأمطار في الربيع، كل هذا يظهر أن سهل جنوب الجبل الأخضر يتمتع بمزايا تجعله ذا أهمية بيئية محلية رعوية واقتصادية مهمة جداً في حياة المجتمع الرعوي المحلي في جنوب الجبل الأخضر؛ خاصة عندما نتكلم عن سهل يزيد طوله عن 300كم ويتجاوز متوسط عرضه



30 كم وينحدر من حوالي 200 م عند أقدام الجبل لنحو 100 م على الهامش الصحراوي، يوجد في السهل تجمعات سكانية صغيرة أكبرها العزيات، نحو 8000 نسمة، ثم المخيلي والخروبة ومسوس وقرية سمالوس والخويمات نحو 2000 نسمة، منذ ثمانينيات القرن الماضي أنشئت هيئة إدارية هدفها تنمية جنوب الجبل الأخضر حملت اسم "مشروع جنوب الجبل الأخضر" حيث وزعت على المواطنين 70 مزرعة في مشروع المخيلي و31 مزرعة في الثعبان، و62 مزرعة في الخروبة، مساحة المزرعة الواحدة حوالي 70 هـ، وجهزت تلك المزارع بمساكن جيدة، وبيحيرات إسمنتية ضمن المزارع لتزويدها بالمياه من حقول آبار حفرت خصيصاً لإقامة زراعة مروية في السهل والعمل جاري للبدء في جعل هذه المزارع منتجة اقتصادياً.

الغريب في أمر السهل الجنوبي للجبل الأخضر هو أن سيول أوديته عندما تجري على عرض السفح الجنوبي والسهل بأطوال تقارب 80 كم وبمساحات أحواض تزيد عن 500 كم<sup>2</sup> تسوق كميات مياه هائلة جداً تضع غالبيتها بالسهل عن طريقي التبخر والرشح وبسرعة فائقة لدرجة أن الجريان إذا أغرق منطقة اليوم فالمار على المكان في اليوم التالي يبهره منظر جفاف تلك المنطقة، ولا يدل على أن هناك جرياناً قد حدث إلا بقايا من غدران أو برك مياه متبقية وهي في طريق جفافها السريع المنتظر في القريب القادم العاجل.

**ج- الحافة الأولى الحديثة من الجبل الأخضر:** توجد في شمال وغرب الجبل ويبدو جزء منها في الجنوب؛ تظهر الحافة الأولى غرب رأس التين في شمال شرق الجبل الأخضر على هيئة جدار صخري يشرف على البحر مباشرة شرق الخبطة ويرتفع تدريجياً لنحو 100 م في الخبطة ووادي الخليج، لحين تشرف الحافة على مدينة درنة بارتفاع يقارب 250 م فوق سطح البحر،

حيث أن تضرس الحافة؛ وهو فرق المنسوب بين قدم الحافة وقمتها، يقارب 200م، وتحافظ على ارتفاعها هذا مع استمرار امتدادها غرباً جنوب السهل الساحلي، لتبلغ وادي بن جبارة غرب كرسة، من وادي بن جبارة شرق الأثرون وحتى جنوب الأصلاب على طول حوالي 15 كم يتضاعف ارتفاع عرف الحافة؛ أو خط قمم الحافة، على طول هذه المسافة لحوالي 550م، حيث يبلغ ارتفاعها 554 م في قمة الشفشفافة المشرفة على البحر وسهل ساحلي ضيق جنوب شرق رأس الهلال، الصورتان (9 و 10 من فصل 2)، ثم تأخذ قمة الحافة بالانخفاض التدريجي لتبلغ نحو 300م فوق سطح البحر جنوب سوسة، حيث تأخذ الحافة هنا ما بين وادي الروبيط في جنوب شرق سوسة ووادي النسورية في شمال غرب سوسة، على طول أكثر من 5 كم، الشكل الدرجي السلمى المتكون من ثلاث درجات ثانوية واضحة المعالم بثلاث حافات وثلاث مصاطب يبلغ ارتفاع كل درجة منها نحو 100م، إلى الغرب من سوسة تنتظم الحافة بشكلها وارتفاعها من نحو 330م في جنوب غرب سوسة حتى 300م جنوب براك نوطة على طول نحو 12 كم، وهذا المقطع من الحافة يعد الأوضح والأجمل للحافة الأولى التي تبدو واجهتها الصخرية المشرفة على السهل والبحر بنحو 200م، ثم تنخفض تدريجياً جهة الغرب ليبلغ ارتفاعها نحو 150م جنوب سهل الحمامة، وفي علوة مسعودة جنوب غرب الحمامة يصل ارتفاع قمة الحافة لنحو 179م، إلى الغرب من علوة مسعودة تأخذ الحافة شكل منحدر فوق السهل الساحلي متدرج الميل ليبلغ ارتفاعها نحو 120م جنوب سهل الحنية الذي لا يتجاوز منسوبه 30م إلا في بعض التلال الساحلية، من جنوب الحنية حتى جرجار أمه في الغرب ينخفض منسوب قمة الحافة لنحو 30م ويستمر في

انخفاضه التدريجي غرباً ليلبلغ نحو 10م شرق العقلة، إن منسوب قدم الحافة، على طول هذه المسافة من غرب الحنية، في شمال زاوية الحنية، وحتى العقلة ينخفض لنحو 1 و2م فقط عند بداية السهل الجنوبي، تكثر في السهل هنا التلال في الوسط وعلى الشاطئ لذلك تنتشر هنا السبخات ما بين عين الزرقاء وسبخة جرجار أمه، وكذلك الشواطئ الرملية غرب جرجار أمه حتى العقلة، في العقلة تلامس الحافة مياه البحر وتشرف عليه بارتفاع يقارب 30م ويستمر هذا الوضع لبعد ميراد مسعود في الغرب، حيث تأخذ قمة الحافة بالارتفاع التدريجي لتبلغ نحو 300م عندما تشرف على طلمية، وترتفع عن ذلك بتوجهها غرباً لتبلغ ذروتها البالغة 408م غرب طلمية، وقمة الحافة هنا تشرف شمالاً على السهل الساحلي والبحر وجنوباً على سهل المرج الذي يبلغ منسوب أدنى نقطة فيه 286 م فوق مستوى سطح البحر في منطقة سيدي أرحومة، تتابع الحافة تمددها غرباً، بموازة خط شاطئ البحر، في ارتفاع منتظم نسبياً يقارب 400م لحين وصولها الباكور جنوب شرق توكرة، حيث يحدث لها عملية التفاف فتغير اتجاه تمددها نحو جنوب-جنوب غرب مبتعدة تدريجياً عن الساحل الذي يصبح يبعد غربها بنحو 30كم في بنينا شرق بنغازي، و50كم في منطقة سلوق مخلفة بهذا سهل بنغازي الذي يفصل البحر عن الجبل الأخضر بمعالم جغرافية واضحة في جهة الغرب، تشرف الحافة على سهل بنغازي شرق الحمدة في جنوب غرب توكرة بارتفاع 410م في جبانة سيدي يوسف، وينتظم ارتفاع عرفها على نحو 400م بالاتجاه نحو الجنوب حتى الرجمة، فيما يزداد ارتفاع طرف شرق سهل بنغازي المحاذي والملازم لقدمها تدريجياً من نحو 60م في جنوب توكرة (العقورية) لحوالي 130م في بنينا، وفرق الارتفاع بين قمة الحافة الجبلية وسهل بنغازي يتضاءل

كلما تقدمنا جنوباً من نحو 340م في الباكور لنحو 270م في جهة بنينا والرجمة، ثم يهبط منسوب الأرض؛ الحافة والسهل مع بعض بالامتداد جنوباً لتشرف الحافة بنحو 25م فقط على السهل البالغ ارتفاعه في شرق سلوق نحو 80م، وباتجاه الجنوب تتوحد أرضية السهل على هامش الصحراء الكبرى مع اختفاء الحافة في جنوب شرق بلدة سلوق عند قرية انتيلات التي عندها تحتفي معالم كتلة الجبل الأخضر الناهضة، التي تمثل حدود حوض الجبل الأخضر مع الصحراء الكبرى في جنوبه الغربي عند دائرة العرض  $30^{\circ} 31'$ ، وارتفاع طبوغرافي يقارب 80م.

هذه الحافة الأولى الشمالية المشرفة على السهل الساحلي في الشمال والغرب تقطعها عرضياً وتخرقها مئات الأودية الخانقية، التي ما تزال في طور شبابها، بمقاطع عرضية وطولية شديدة الوعورة تبدو عليها كثير من نقاط التجديد في قيعانها التي تحبب لمناسيب بضعة أمتار فوق منسوب البحر عند دخولها للسهل الساحلي الشمالي، ولمناسيب أعالي السهل عند دخولها لسهل بنغازي في الجهة الغربية، كما أن وجود المئات من الروافد المحلية المرتبطة هيدروغرافياً بالحافة وطبوغرافية مكان وجودها؛ كالرقاب والحلوق الموجودة بكثرة على جسم الحافة تساهم في تشريح جسم الحافة وتقطع أوصالها عرضياً، لكن بدرجات أقل نسبياً من الأودية التي تتميز بزيادة تطور أعماق مجاريها النسبي مقارنة بأعماق مجاري الرقاب والحلوق الضحلة نوعاً ما.

إن الحافة الأولى للجبل الأخضر غير واضحة المعالم في الجهات الجنوبية من الجبل كحال وضوحها على سفوحه الشمالية والغربية، والتي يبدو أن رسوبيات الرباعي المتراكمة في

السهل الجنوبي في بيئة السروال عند أقدام الجبل ردمت الحافة على طول أغلب السفح الجنوبي للجبل، والواقع الجغرافي والميداني يبدي أن الحافة موجودة إذ تظهر معالمها واضحة في شمال قرية المخيلي مباشرة، رأس المخيلي، وتمتد مستمرة نحو الغرب بموازاة الطريق العام المخيلي-الخروبة لعند وادي الخريف على طول مسافة تزيد عن 20 كم غرب المخيلي، إذ تشرف الحافة على السهل، البالغ ارتفاع طرفه الشمالي نحو 200 م شمال الطريق العام، بفارق ارتفاع يربو أحياناً عن 50 م، وعند ملاقاته وادي الخريف مع طريق المخيلي-الخروبة تتجه الحافة نحو الشمال ثم تتوجه غرباً في أعالي السروال حيث تخترقها أودية الخريف والقرنة والثعبان وتناملو والحليقيمة والمقطوعة والحمامة حتى ذروة بمقاطع عرضية خانقية، وهناك معالم أخرى تدل عليها كارتفاع فجائي لسفح الجبل الجنوبي فوق السهل يزيد في أحيان كثيرة عن 50 م على طول هذه المسافة، ما بين المخيلي وذروة، التي تزيد عن 50 كم، كما هو الحال عند دخول وادي القوس ووادي بلعطر ووادي الحمامة للسهل في أعالي السروال.

**د- المصطبة الأولى السفلى من الجبل الأخضر:** تبدأ معالم المصطبة الأولى في الجهات الشمالية والشرقية والغربية من الجبل من قمم الحافة الأولى المبينة أعلاه في الشمال وحتى أقدام الحافة الثانية في الجنوب والغرب، فهي تستمر من الشرق من ساحل رأس التين وتتجه غرباً نحو مرتبة بمبول هينة جداً ويعرض يزيد عن 7 كم، وينتمي إليها غرب مرتبة سهل الفتائح الزراعي ليصل عرض المصطبة هنا لنحو 10 كم، ثم يضيق كلما اتجه نحو وادي درنة في الغرب، ليصبح عرضها في سيدي خالد، غرب درنة، نحو 4 كم، ولينقص عرضها في قرية الدبوسية وبيت تامر لأقل من 1.5 كم، ثم تتسع قليلاً لنحو 3 كم في ركاب مسعود، ثم نحو

4 كم في سطية، ثم نحو 7 كم شمال المنصورة، ليلغ عرضها حوالي 17 كم في الوسيطة جنوب الحمامة ورأس عامر، ثم يضيق عرضها لحوالي 10 كم جنوب الحنية، وتستمر بهذا العرض في ميراد رضية وجنوب العقلة وفي ميراد مسعود حتى وادي اللولب شرق بطة، من غرب وادي اللولب يزداد عرض المصطبة الأولى ليصل سهل بطة-المرج-الأبيار الزراعي، ففي بطة يبلغ عرض السهل نحو 14 كم وفي المرج أكثر من 20 كم ومن المرج حتى فرزوغه والباكور تبلغ المصطبة عرضاً، من الغرب نحو الشرق، يزيد عن 30 كم في حين ينقلب عرض المصطبة ليصبح طولاً لها باتجاه جنوب-جنوب غرب بحسب تغير اتجاه الحافات نحو الجنوب لتتمدد بعيداً نحو الجنوب حتى تتصل بالهامش الصحراوي في جنوب غرب الجبل الأخضر على طول مسافة تزيد عن 100 كم وعرض وفق الاتجاه شرق-غرب لا يقل عن 30 كم، في جنوب الأبيار يتحول النشاط البشري على هذه المصطبة من زراعي إلى رعوي بحت حتى حدود الحوض الصحراوية.

على السفح الجنوبي للجبل تبدو هذه المصطبة أقل وضوحاً منها في الجهات الشمالية والغربية للجبل لأن النطاق البيئي الجبلي الذي يطلق عليه محلياً القليعات المحصور في النطاق الطبوغرافي 400-250م، ذو الانحدار الهين نوعاً ما، يقع ضمن حدود هذه المصطبة التي تحوي عقيرة البجاجة وعقيرة الدوير وعقيرة بريبر وسهل الهيشة وعقاير أخرى كثيرة أقل أهمية كتلك التي توجد في شمال المخيلي حتى استراحة النوار عند ارتفاعات تقارب 500م، كما تتمدد حدود هذه المصطبة جهة الشرق من الجبل لتضم الأراضي التلالية التي تعلو السهل الساحلي في غرب التميمي وأم الرزم شاملة المساحة من الأرض الممتدة ما بين

شمال العزيبات حتى جنوب مرتوبة وهذه الأراضي متدرجة بالارتفاع الطبوغرافي من نحو 50م في غرب التميمي وأم الرزم لنحو 300م فوق سطح البحر جنوب مرتوبة، ولتستمر بتدرجها غرباً، كمصاطب ثانوية، أو درجات ثانوية على طول مسافة من الشرق للغرب تزيد عن 80كم، حتى تلتقي بالحافة الثانية في شرق حولان وشرق أبو ذراع وفي عين مارة في الغرب عند ارتفاعات طبوغرافية تتراوح ما بين 550 و600م فوق سطح البحر. إن معالم حدود المصطبة الأولى في شرق الجبل تبدو واضحة أطرافها الشمالية في ما بين مرتوبة والنوار، وذلك على طول يمين طريق مرتوبة-النوار إذ تحدها من الشمال حافة الدرجة الثانية الجنوبية التي تظهر واضحة أيضاً بفعل النحت وتعميق مجاري الأودية الرئيسة والروافد، المصنفة "تالية" من الناحية الجيومورفولوجية، التي ترفد وادي درنة كوادي كحام ، وتلك التي ترفد وادي الخليج وأودية أخرى أقل أهمية تتجه نحو سهل الفتائح بعد التفافها من خلف الحافة الجنوبي نحو أمامها الشمالي، لذلك تمثل مسارات مجاري الأودية المسيرة لقدم الحافة الثانية الجنوبية، المتجهة من الشرق للغرب أو من الغرب للشرق، حدود الأطراف الشمالية للمصطبة الأولى هنا، ذلك يؤدي لانحدار هذا الطرف للمصطبة نحو الشمال عن منسوب الطريق بعمق يضاها 50م، حيث تظهر الحافة الثانية الجنوبية تنتصب لأكثر من 70م فوق مناسب أقدامها وحوالي 50م عن منسوب طريق مرتوبة-النوار المتدرج بارتفاعه الطبوغرافي نحو الغرب، كما تبدو حدود ومعالم درجة ثانوية في غرب وجنوب غرب النوار عند أقدام حافة ثانوية مسيرة ليمين طريق النوار-المخيلي على طول مسافة تزيد عن 30كم، بحيث ترتفع الحافة هنا فوق سطح المصطبة الأولى بحوالي 30م، والمصطبة الثانوية لهذه الدرجة ترتفع تدريجياً نحو

الغرب لتلاقي أقدام الحافة الثانية على مشارف شرق خولان وأبو ذراع عند مناسيب تقارب 600م.

الحدود الطبوغرافية العليا للمصطبة الأولى تبلغ حوالي 50م غرب التميمي وأم الرزم، ونحو 300م غرب مرتوبة، 450م في سيدي خالد وفي عين مارة، 530م في الدبوسية، 400م في سطية، 300م في البطحة شمال غرب المنصورة، 460م أسفل عقبة الوسيطة شمال غرب مدينة البيضاء، 420م أسفل عقبة سليون في شمال مسة، 280م عند مصب وادي الجريب (القطاع السفلي لوادي الكوف) في وادي جرجار أمه وميراد رضية، 350م في ميراد مسعود، 450م في أسطاظة جنوب بطة، وحوالي 430م في المهدي جنوب المرج، ينخفض المنسوب الطبوغرافي للمصطبة الأولى إلى 300م في البطحة شمال غرب المنصورة، وإلى 286م فوق سطح البحر في وسط سهل المرج الزراعي في منطقة سيدي أرحومة، حيث يتكون هنا حوض محلي صغير مغلق الصرف المائي تتجمع فيه مياه الأودية الصغيرة والروافد المحلية للسهل ومياه الصرف الصحي لمدينة المرج يسمى الغريق، وفي الشرق تتراوح مناسيبها بين 50م غرب التميمي وأم الرزم لما يزيد عن 550م غرب النوار.

الشكل العام للمصطبة الأولى للجبل سهلي، وفي مقاطع كثيرة منها تبدو منحدره بوضوح من أسفل الحافة الثانية نحو قمم الحافة الأولى، وفي المقطع بين جنوب الحنية وحتى جنوب العقلة وميراد مسعود في الغرب تبدو المصطبة الأولى على هيئة منحدر لذلك تسمى في هذا القطاع مجازاً مصطبة.



ثم إن تطور النحت للأودية على سطح المصطبة يجعل منسوب سطح المصطبة أحياناً أخفض من مناسب بعض قمم الحافة الأولى؛ كما هو الحال في شمال كل من المنصورة والوسيطه وبطة والمرج، لذلك تظهر الحافة الأولى في الشمال بارزة فوق المصطبة الأولى على هيئة كويستا بحسب التصنيف الجيومورفولوجي.

تقطع الأودية وروافدها أوصال المصطبة الأولى بشكل ملفت للنظر لذلك تكثر فيها التلال الصخرية والأراضي المتموجة باستثناء سهل الفتاح الزراعي في جنوب شرق درنة وسهل بطة-المرج-فرزوغه-الأيبار الزراعي الذي تخترقه الأودية بأعماق ضعيفة لا تؤثر كثيراً في مظهر طبوغرافية أماكن وجودها، كما توجد في المصطبة بعض المناطق المنخفضة المغلقة التصريف المائي كمناقع مسلقون الثلاثة الواقعة في جنوب شرق الحمامة؛ القبلي والأوسط والبحري، البالغ طولها مجتمعة نحو 6 كم وعرضها الوسطي نحو 400 م، المتصلة ببعضها والمنخفضة عن ما حولها من الأرض بحوالي 50 م ليبلغ أدنى منسوب فيها نحو 170 م فوق سطح البحر في جنوب شرق المنقع القبلي، ويوجد منقع بوثن جنوب علوة مسعودة الذي ينخفض عن ما حوله من الأرض بنحو 50 م مشكلاً حوضاً شبه مغلقاً تنصرف مياهه في وادي الضبع نحو سهل الحمامة، كذلك يوجد في جنوب غرب الحنية منقع أم الخروع الذي ينخفض منسوب أرضيته عن ما حوله من الأرض بنحو 60 م والذي يبلغ منسوب أرضيته نحو 60 م فوق سطح البحر، إن الحافة الأولى مع المصطبة الأولى تكونان وحدة جيومورفولوجية تسمى الدرجة الأولى السفلى من الجبل الأخضر.

هـ- الحافة الثانية الوسطى من الجبل الأخضر: تساير الحافة الثانية للجبل الحافة الأولى بحيث يفصل بينهما المساحة من الأرض التي تحتلها المصطبة الأولى من الجبل، تبدأ الحافة الثانية بالظهور عند أعلى ارتفاعات طبوغرافية للمصطبة الأولى التي ترتفع عندها أقدام الحافة الثانية التي تكون حزاماً شبه متصللاً حول الجبل، بحيث تكون معالم الحافة أكثر وضوحاً على السفح الشمالي للجبل منها على السفوح الشرقية والجنوبية، تبدأ معالم الحافة الثانية بوضوح في غرب منطقة سيدي خالد، ومنها تتجه غرباً نحو الدبوسية، حيث تبلغ قممها هنا نحو 580م فوق سطح البحر وتشرف على المصطبة الأولى بارتفاع يقارب 50م فقط، وبالتوجه غرباً تشرف الحافة على ركاب مسعود بارتفاع قريب من 100م، ثم تعلو المصطبة الأولى في سطية بأكثر من 150م، لتبلغ قممها في شحات حوالي 625م وبذلك يبلغ ارتفاعها عن البطحة الواقعة شمال المنصورة أكثر من 300م، وفي عقبة الوسيطة تحافظ قمة الحافة شمال البيضاء على ارتفاعها المقدر بنحو 625م لتشرف على المصطبة الأولى بارتفاع يقارب 170م، ثم ينحدر خط قمم الحافة غرباً نحو مسة ليلغ نحو 520م، حيث يصبح فرق الارتفاع بين قمة الحافة الثانية وأعلى المصطبة الأولى حوالي 100م، وتستمر قمم الحافة بانحدار حتى تبلغ نقطة التقاء وادي الجريب مع وادي جرجار أمه عند نحو 380م بفارق ارتفاع عن المصطبة الأولى يقارب 100م وتستمر على هذا النحو حتى غرب ميراد مسعود لتشرف على سهل بطة الزراعي بفارق ارتفاع يقارب 70م عند قرية أسطاطة، ثم يصبح ارتفاعها عن سهل المرج نحو 120م وفي المهدي في جنوب غرب المرج نحو 70م، حيث يصبح ارتفاع قمة الحافة هنا نحو 500م، تتجه الحافة من المهدي نحو الجنوب ثم نحو الشرق في جنوب شرق مدينة الأبيار،

حيث تبدأ أقدامها عند منسوب يقارب 400م وقممها نحو 500م وتتجه شرقاً على طول السفح الجنوبي للجبل الأخضر متسلقة تدريجياً نحو الأعلى كلما تقدمت شرقاً على طول النطاق الجبلي المسمى الجشة؛ المتميزة بشدة وعورة أرضها وطوبوغرافيتها، عن ما حولها، بسبب كثرة الأودية والروافد التي تخترقها في طور شبابها لتبلغ قممها نحو 700م في معلى زولاز، ومنه تتجه الحافة الثانية شمالاً نحو حولان، حيث تتربع عليها قلعة حولان على ارتفاع يقارب 650م، لتمر شرق وادي الحمر شرق أبو ذراع ولتضم عين مارة وتلتقي بأصلها غرب سيدي خالد شرق القبة عند ارتفاع يقارب 550م. هذا الحزام الذي تشكله الحافة الثانية للجبل الأخضر يمتد منه لسان من حافة هابطة متدرجة الانحدار تتجه جنوب شرق لتحد سهل الفتائح من الجنوب، بحيث يرتفع جدارها الصخري في جنوب غرب مرتوبة على هيئة منحدر بنحو 50م فقط، فوق سهل الفتائح، ويبلغ ارتفاع قمة الحافة هنا نحو 350م فوق سطح البحر، وفيما بعد مرتوبة نحو الشرق بالتقدم نحو أم حفين تبدو الحافة قليلة الارتفاع ومتدرجة الانخفاض، الذي يتناقص بجهة الشرق، وتساير يمين طريق مرتوبة-أم الرزم لتتحول لتلال تعلو مناطق غرب أم الرزم والتميمي، من جنوب مرتوبة وعلى يمين طريق مرتوبة-النوار تظهر الحافة الثانية المتدرجة بالارتفاع لهذا اللسان من جهة الجنوب مسايرة ليمين طريق مرتوبة-النوار على طول مسافة نحو 30كم بحيث تعلو منسوب ظهر الطرف الشمالي للمصطبة الأولى، المتدرجة أيضاً، والمتمثلة بالطريق العام، بنحو 50م .

و- المصطبة الثانية الوسطى من الجبل الأخضر: يزيد طولها عن 120كم وعرضها يقارب 70كم، ما عدا ما تحتله الدرجة الثالثة من مساحة في وسطها الشرقي، فهي تحتل المساحة

الجغرافية المحصورة ما بين قمم الحافة الثانية وأقدام الحافة الثالثة العليا من الجبل، ويتراوح ارتفاعها ما بين 380 في جنوب وادي الجريب وحوالي 770م في جنوب قرنادة وشمال الفايديّة، أغلب أراضي جزئها الشرقي في شماله سهلية تمتد من عين مارة في الشرق حتى مسه في الغرب على طول نحو 70كم وعرض يزيد أحيانا عن 10كم، في حين تصبح طوبوغرافيتها تلالية في الغرب من مسه، لذلك يتربع عليها مدن مهمة مثل مدينة القبة في الشرق ثم الأبرق ثم شحات والبيضاء ومسة في الغرب، بالإضافة لتجمعات سكانية أخرى مثل عين مارة، بيت تامر، حولان للمودة، قرنادة، الصفصاف، عمر المختار، قندولة، مراوة، تاكنس، جردس الأحرار، البيضاء، قصر ليبيا، الجهاد، زاوية العرقوب وقصر المقدم، في حين يتصف جزئها الجنوبي بالوعورة وانحسار للغابة الطبيعية باستثناء جنوب شرق قندولة وجنوب شرق أسلنطة وجنوب جردس الجرازي وجنوب أشنيشن ومنطقة حولان، وكل هذه المناطق الغابية توجد في أعالي الجشة حتى حولان التي تمتد منها الغابة شمالاً في جنوب وغرب محلة أبو ذراع وشمالها حتى شرق للمودة، هذه المصطبة تحوي قمة الجزء الغربي من الجبل الأخضر الواقعة في منطقة جردس الأحرار البالغة نحو 676م، وغابة ماكي الجبل الأخضر تغطي معظم أراضيها التلالية الوعرة بسبب كثرة الأودية الرئيسة والروافد التابعة لها، تنحسر الغابة في مساحات لا بأس بها في منطقة شرق تاكنس ومدور الزيتون والمصليبية في مراوة وما بين أسلنطة وعمر المختار وفي شمال وجنوب مدينة الأبرق ومحيط منطقة القبة وشرق محلة أبو ذراع، وقد نالت هذه المصطبة حظاً من مشروع الجبل الأخضر الزراعي الذي أدخل في جزؤها الشمالي مكان الغابة أنظمة زراعية ثمريّة في قرنادة وشحات والبيضاء ومسة في الثمانينيات من القرن الماضي، وفيما بعد

نشطت عملية إنشاء المزارع الخاصة بشكل سريع واحتلت الزراعة كثير من الأراضي السهلية في كل مناطق المصطبة الثانية الشمالية منها خاصة، ما بين عين مارة في الشرق حتى مدور الزيتون وتاكنس في الغرب، وبذلك فالزراعة شغلت مساحات لا بأس بها، لاسيما بعد أن تشجعت الناس وتجار الأراضي على حفر الآبار العميقة واستخراج المياه الجوفية؛ فالنشاط الرعوي الذي كان هو السائد في المصطبة الثانية والجبل الأخضر ككل أخذ ينحسر شيئاً فشيئاً لصالح النشاط الزراعي، فيما بقي النشاط الرعوي على حاله في جزئها الجنوبي ما عدا بعض المناطق التي نشطت بها الزراعة مثل سهل المصليبية في مراوة ومنطقة قندولة في الغرب، والأكوام والصفصاف جنوب الأبرق في الشرق كما هو عليه الحال الآن، إن انحسار الغابة على المصطبة دفع بمشاريع التشجير الحراجي المتعددة والمحدود المساحة منذ ثلاثة عقود في الجزء الجنوبي منها في كل من تاكنس ومدور الزيتون ومراوة، إن الحافة الثانية مع المصطبة الثانية تكونان معاً الدرجة الثانية الوسطى من الجبل الأخضر.

إن الحدود الطبوغرافية العليا للمصطبة الثانية في الجزء الغربي منها تحوي كل ما يحيط بقمة جردس الأحرار من أرض تعلو الحافة الثانية، وهي في الوسط تحوي سهل المصليبية، 500م، المتموج في مراوة والأراضي المحيطة بقندولة الممتدة جنوباً حتى الجشة على السفح الجنوبي للجبل، كما تنتهي حدودها جنوب عمر المختار عند حوالي 750م، فمعالم حدودها تمر في أسفل الستلونة عند حوالي 700م لتمتد بعد ذلك نحو جنوب أبو شمارو، ثم جنوب الأكوام، ثم جنوب مصنع الأثاث ليلبلغ ارتفاعها نحو 750م، ولتبلغ في شمال الفايدية نحو 770م، وفي الاتجاه شرقاً في الصفصاف تبلغ حدود المصطبة أيضاً نحو 770م في منطقة

الشريز حيث يمر خط تقسيم المياه ما بين أحد الروافد العليا لوادي درنة الذي يتجه نحو الشرق، وأحد الروافد العليا لوادي الكوف الذي يتجه نحو الغرب، ومن الصفصاف تنحدر حدود المصطبة لتبلغ نحو 750م في شرق القيقب، ثم تتوجه حدود المصطبة جنوباً ثم غرباً لتضم أراضي غرب حولان وشرق وجنوب أشنيشن حتى المشل والمستاشي جنوب جردس الحراري، ثم تمر أسفل منحدر قصور المجاهير حيث تتوجه شمالاً ما بين أسلنطة وقندولة لتبلغ جنوب عمر المختار. يمتد لسان من المصطبة الثانية كمصطبة ثانوية متدرجة الميل ما بين الحدود الشرقية للمصطبة الثانية وحتى جنوب مرتوبة حيث يتدرج انخفاض ارتفاعها الطبوغرافي هنا ليصل لحوالي 350م فوق سطح البحر، وهذا اللسان المتدرج يحوي ظهر الحمر في شمال النوار وأعمالي وادي درنة وطيبة الاسم الواقعة في جنوب شرق مدينة القبة. يبدو أن هذا اللسان من المصطبة يذهب بعيداً شرق بلدة مرتوبة نحو أم الرزم لكنه يبدو ضيقاً وينحصر في عرض ظهر الجبل.

**ز- الحافة الثالثة العليا الأقدم في الجبل الأخضر:** هذه الحافة ذات معالم طبوغرافية أقل وضوحاً من الحافتين الأولى والثانية في الجبل الأخضر لسببين؛ السبب الأول يتمثل في كون الحافة الثالثة تتدرج بالارتفاع فوق المصطبة الثانية بفروق مناسب ضعيفة لا تتجاوز في كثير من الأحيان 20م، السبب الثاني يتمثل بكون عوامل التعرية وتآكل الأسطح التحاتية قد عملت خلال فترة جيولوجية طويلة جداً، قد تمتد لما قبل الرباعي القديم في تهذيب وشطف ونقل وتنظيف نواتج التجوية والتعرية في الأودية وروافدها العليا على حد سواء، مما جعل الوضع الطبوغرافي متداخلاً ومشوشاً في بعض الأحيان ما بين الحافة الثالثة والمصطبة الثانية

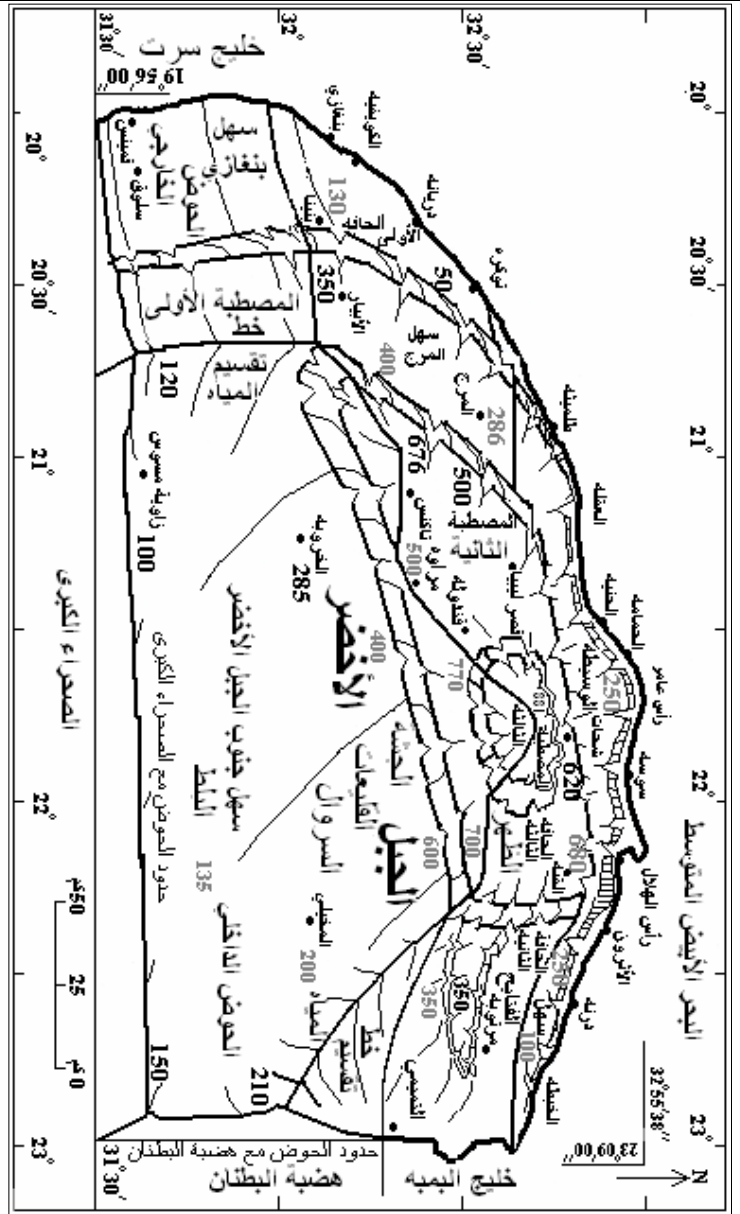
الواقعة أسفلها، ففي منطقة الشريز تظهر معالم للحافة الثالثة على هيئة منحدر لطيف يرتفع عن المصطبة الثانية بنحو 30م ليسجل منسوب القمم هنا نحو 800م، إلى الغرب من الصفصاف نحو الفايدية يصبح منسوب القمم نحو 830م وتبدو في شمال الفايدية الحافة واضحة المعالم على طريق قرنادة-الفايدية، إلى الشمال الغربي من الفايدية تصبح الحافة واضحة جنوب مصنع الأثاث والأكوام وأبو شمارو والستلونة على هيئة سفح جبلي ينتهي في قمة سيدي الحمري عند ارتفاع 881م فوق مستوى سطح البحر، إلى الغرب من الستلونة حتى جلمامة يتواصل السفح الجبلي مع منحدر الجانب الأيسر لوادي الكوف. على الجهة اليسرى لطريق جلمامة-عمر المختار تظهر معالم الحافة واضحة على طول تل جبلي يزيد طوله عن 6كم، ويبلغ ارتفاع التل نحو 800م في جنوب عمر المختار، حيث تتجه الحافة نحو جنوب غرب قرية عمر المختار لتحتاز طريق أسلنطة-قندولة نحو الجنوب لتضم جبل قصور المجاهير ثم تتجه شرقاً لتمر جنوب جردس الجراري مباشرة، ثم تتمدد نحو جنوب أشنيشن ثم جنوب القيقب حيث تتوجه شمالاً ثم غرباً نحو الشريز في منطقة الصفصاف.

**ح-المصطبة الثالثة العليا الأقدم في الجبل الأخضر:** تحوي كل المساحة المحصورة ما بين أعالي مناسب عرف محيط الحافة الثالثة ومنسوب قمة سيدي الحمري البالغ 881م فوق سطح البحر، شكلها قريب من الدائري إذ يبلغ طولها من الغرب نحو الشرق ما بين القيقب وأسلنطة حوالي 50كم ومتوسط عرضها باتجاه شمال جنوب حوالي 35كم، تتدرج بالارتفاع من 800م نحو قمة الجبل الأخضر، وتضم كل من بلدات وقرى؛ أسلنطة، الفايدية، جردس الجراري، صحيحيف، أشنيشن، بلقس، لالي والقيقب، ويوجد عليها قلعة القيقب وقلعة جردس الجراري، تغيب فيها أشجار غابة ماكي الجبل الأخضر على الجزء الشمالي العلوي

من الستلونة فوق منسوب 830م مروراً بغوط بالحجاج شرقاً حتى جنوب الصفصاف وكل محيط القيقب ومحيط لالي ومحيط الفايدية وكل الجهات والسفوح المحيطة بقمة سيدي محمد الحمري، وكل مساحة منطقة الصليبية حتى كل محيط بلدة أسلنطة في الغرب، وإن وجد بقايا من الغابة الطبيعية فهي تتمثل ببعض تجمعات؛ بحيث يتكون كل تجمع من عدة أشجار (من 5 لنحو 10) من السرو الأفقي متجاورة مع بعضها كالمستعمرات، وهذه التجمعات منعزلة تماماً وبمسافات بعيدة جداً، أكثر من 500م، عن بعضها البعض في محيط أسلنطة وغوط بالحجاج وغرب وشمال قمة سيدي محمد الحمري صورة (ملحق 10)، كما يوجد بعض قليل متناثر هنا وهناك من أشجار العرعر الفينيقي على الحدود المتاخمة لوجود الغابة الطبيعية، في كل من هذه المناطق المزالة منها الغابة نتيجة التدهور الذي تطاول عليه الزمن، ويتمثل الغطاء النباتي فيها بسيادة شجيرات الشبرق الشوكية، وتنحصر غابة الجبل الأخضر على المصطبة الثالثة في منطقة الجورة شمال جردس الجراري وفي محيط بلدة جردس الجراري ومحيط بلدة صحيحيف ومنطقة النيان وفي محيط بلدة أشنيشن وشرق بلقس فقط.

نفذت بعض مشاريع التشجير الحراجي على المصطبة الثالثة في القيقب والفايدية وقمة سيدي محمد الحمري منذ نحو ثلاث عقود، كما أنشئت فيها محميات مسيجة ومشجرة حراجياً منذ حوالي عقد من الزمن في أعالي الستلونة وشرق أسلنطة وعلى السفح الشمالي لقمة سيدي محمد الحمري في أعالي الغريقة وبمحاذاة مشجر الصنوبر القديم، الذي يعد أكبر هذه المشاجر لبلوغ مساحته نحو 300 هكتار، إن الحافة الثالثة تكون مع المصطبة الثالثة ما يسمى جيومورفولوجياً الدرجة الثالثة العليا من الجبل الأخضر، شكل (3).





شكل (3): خريطة شبه مجسمة لحوض إقليم الجبل الأخضر، تبين عليها الوحدات التضاريسية في الحوض، وبعض الارتفاعات الطبوغرافية الدالة، ومقطعان طوبوغرافيان: الأول ما بين توكرة في الغرب ورأس التين في الشرق، والثاني ما بين خليج سرت في الغرب، مروراً بقمي الجبل، وخليج البمبة في الشرق، من عمل الباحث.

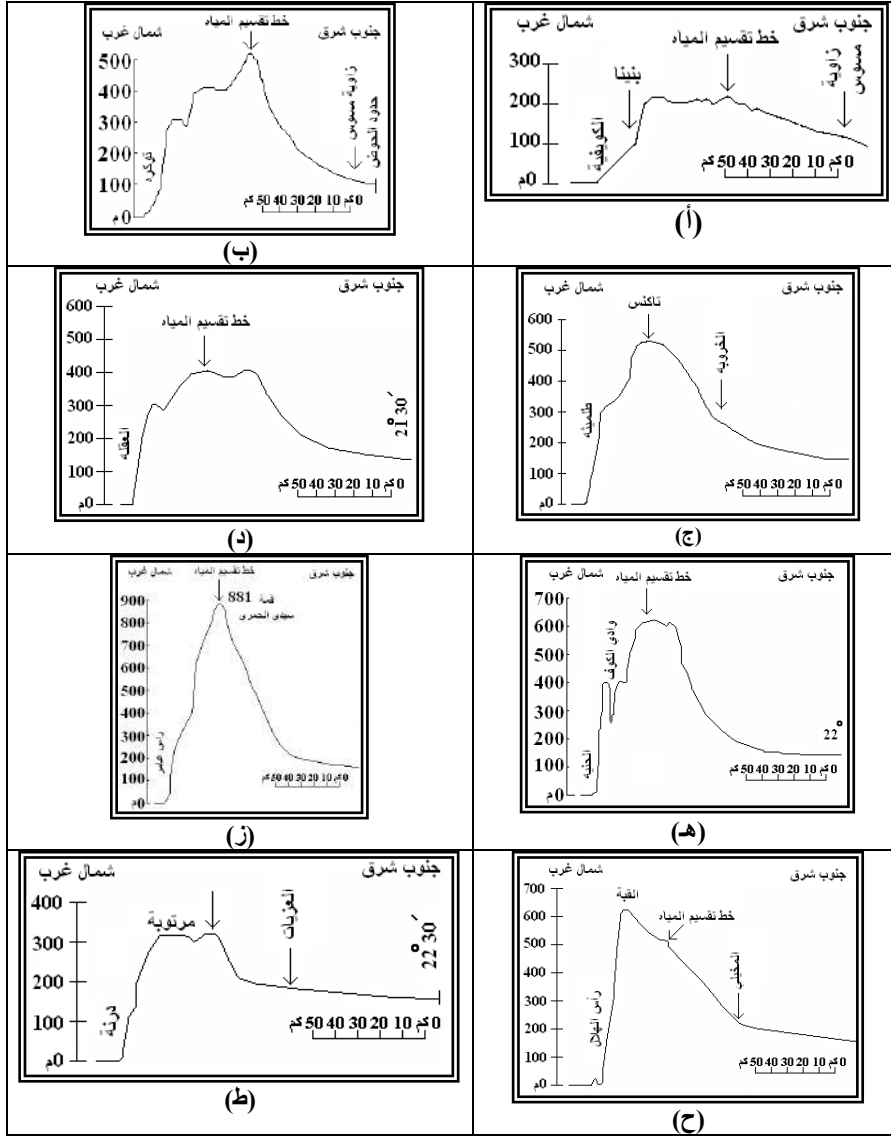
## انعكاس دور وحدات تضاريس الجبل الأخضر على تنوع الأنظمة البيئية:

تتنوع في الجبل الأخضر الأنظمة البيئية المحلية بكثرة وبشكل ملفت لنظر الباحث المتأمل، وذلك بحسب تنوع التضاريس والأودية وأنظمة التصريف المائي وتنوع ميول المنحدرات، وتنوع أشكال وأطوال ومساحات أحواض التصريف والحمولات المائية والصلابة التي تجلبها أو تنقلها مياه سيول الأودية، والنحت والإرساب المتنوع، رملي أو حصوي أو طيني أو مختلط ومدمج، وتزيد نطاقات تلاقي الوحدات الجغرافية ببعضها، وتنوع الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن ذلك، النظام البيئي الطبيعي غني ملحوظاً في تنوعه المحلي؛ فعلى الساحل تنوع البيئات المحلية الرملية الشاطئية، والرملية الخليجية في المصببات، والحصوية، والصخرية، والحرفية، والسبخية والبُحرية، والأودية السبخية، والينابيع المالحة، والتلالية المواجهة للبحر والتلالية المواجهة للجبل وبيئات المنحدرات الجبلية، وبيئات أقدام الحافات وبيئات أجسام الحافات، وبيئات قمم الحافات وبيئات السهول الساحلية الزراعية، وبيئات أعالي المصاطب، وأوساطها، وأسافلها، وبيئات المناقع وبيئات السهول، والأحواض المغلقة، وكل تلك العناصر البيئية المذكورة وغيرها تترك انطباعها البيئي في المكونات الحيوية؛ فعلى سبيل المثال لا توجد غابات الصنوبر في الجبل الأخضر إلا في المنطقة الممتدة ما بين منطقة الأصبلا ب غرب رأس الهلال ومنطقة وادي مرقص شرق الأثرون وحتى عين الدبوسية في الأعالي، كما لا توجد نبتة شجيرات التغمة إلا في نطاق البيئة الساحلية ما بين الساحل وارتفاع 300م في بعض الأحيان بفعل المؤثرات البحرية، ثم إن نحت الأودية وتوجهاتها في الجبل تخلق بيئات متنوعة على الجوانب أو في القيعان أو في المراوح الإرسابية أو عند تلاقي

الجوانب مع المصاطب، أو عند نقاط تلاقي الروافد ببعضها، أو في نقاط التجديد، أو في الأكواع النهريّة وهكذا، وكمثال على تعدد الأنظمة البيئية المحليّة في حوض إقليم الجبل الأخضر فإنّ الباحث حدّد في منطقة المخيلي الجافة في شمال بلطة الرملة في مساحة تقارب 140 كم<sup>2</sup> نحو 41 نظام بيئي محلي لكل منها شخصيته البيئية المحليّة ومكوناته البيئية الخاصّة، وهذه الأنظمة البيئية المحليّة علاقتها وثيقة بمتغيرات الطقس الإقليمي والمحلي المتغير بين منطقة وأخرى في الجبل، والرطوبة والأمطار المحليّة الساقطة في المكان، أو المنقولة إليه بوساطة السيول، وكذلك علاقتها وثيقة بتغير المناخ المحلي ما بين بيئة محليّة وأخرى، وهذه المتغيرات الأخيرة كلّها بعلاقة وثيقة بوحدات التضاريس المحليّة لحوض إقليم الجبل الأخضر التي سيوثق الكتاب بمتابعة رصد حثيثة تأثيراتها المائيّة على البيئات المحليّة المتنوعة في الجبل الأخضر ومحيطه لتوجيه أنظار الدارسين والباحثين للأهميّة المائيّة والبيئية والاقتصاديّة والاجتماعيّة لبيئات حوض إقليم الجبل الأخضر المتنوعة.

### الوضع الطبوغرافي العام للحوض:

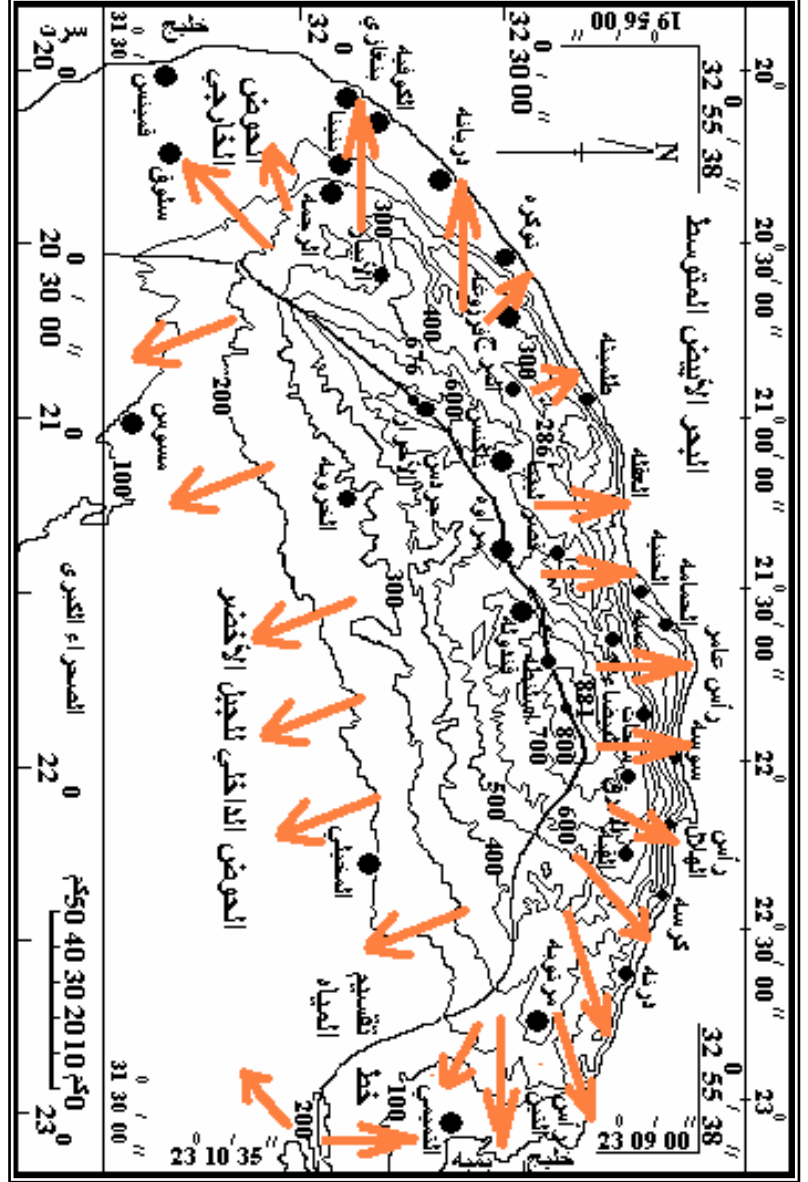
تلخص اللوحة (1) بالمقاطع الطبوغرافية الثمانية (من أ إلى ط) التالية المتعامدة على البنية الطولية للجبل الأخضر وحوضه المائي ذات الاتجاه العام شمال شرق-جنوب غرب، كيفية توجه ميول السفوح الشماليّة نحو البحر الأبيض المتوسط، وتوجه الميول الجنوبيّة نحو السهل الجنوبي والصحراء الكبرى، حيث يفصل خط تقسيم المياه بين الحوضين الفرعيين الداخلي والخارجي اللذين يتقاسمان مياه حوض الجبل الأخضر ويبدداها إما في البحر وإما على حدود وهوامش الصحراء الكبرى.



لوحة (1): ثمانية مقاطع طبوغرافية مبسطة لحوض الجبل الأخضر باتجاه شمال غرب-جنوب شرق توضح كيفية تغير الشكل الطبوغرافي العام للجبل الأخضر وحوضه الماني ما بين البحر، حيث منسوب (م)؛ ما بين الكوفية في الغرب ودرنة في الشرق، والسهل الجنوبي، موضح عليها مواقع خط تقسيم المياه ما بين الحوضين الفرعيين الخارجي والداخلي، من عمل الباحث.

### الحوض المائي للجبل الأخضر طارد ومشتت للمياه:

إن أهم مشكلة تعترض التنمية والإدارة المائية في حوض إقليم الجبل الأخضر هي كثرة الأحواض المائية الصغيرة الفرعية في كل من الحوضين الفرعيين الرئيسيين الداخلي والخارجي، حيث تتقاسم الأحواض الفرعية للأودية مياه الجريان السطحي للحوض إلى أجزاء مائية كثيرة، ومن ثم تصرف أودية تلك الأحواض المياه المجزأة بمئات السيول الناشئة على سطح الحوض، في أعقاب العواصف المطرية المهمة، في كل الاتجاهات الجغرافية نحو محيط الجبل الأخضر المنخفض وفق نظام الصرف الشعاعي الذي يضيع مياه الحوض عبر مئات الأودية إما في البحر الأبيض المتوسط، وإما في السهول الغربية والجنوبية المخاذية للصحراء الكبرى، مما يعطي الانطباع العام بالجفاف المسيطر والسائد في أغلب الأنظمة البيئية التي تتمتع بها بيئات الحوض المختلفة، بما يكون عند الناظر لأي من مناطق حوض الجبل الأخضر فكرة خاطئة مؤداها أن الفقر المائي والندرة المائية هي المتحكمة في إعاقاة تنمية حوض الجبل الأخضر ككل، شكل (4).



شكل (4): خريطة كتورية لحوض إقليم الجبل الأخضر المائي توضح عليها الأسهم الاتجاهات العامة للصرف المائي الشعاعي للتسول والمساهم في طرد مياه الحوض نحو الأطراف بما يساهم في تبيد مياه الحوض المتكرر عند حدوث كل جريان سطحي، من عمل الباحث.

## أنواع الأحواض المائية:

يمكن تقسيم الأحواض المائية بحسب أنظمة الصرف المائي السطحي إلى ثلاثة أنواع

هي:

1- **الأحواض الطاردة والمشتتة للمياه:** ومن أمثلها حوض إقليم الجبل الأخضر المائي قيد الدراسة، وتضم هذه المجموعة كل الأحواض المائية الجبلية والهضبية التي تنحدر مياه سيولها في الأودية والأنهار على سفوحها نحو أطرافها ومحيطها لتفرغ مياهها بعيداً عن أماكن سقوطها، بفعل نظام الصرف المائي الشعاعي الذي يفرضه أشكال الكتل الجبلية والهضبية المرتفعة طبوغرافياً عن ما حولها، وهذه الأحواض قد تستقبل كميات مطر كبيرة جداً أحياناً ولا يستهان بها، لكن أنظمة صرفها المائي الشعاعي الطارد لمياهها بعيداً يجعل الكثير منها فقيراً بالمياه السطحية المتجمعة على هيئة بحيرات مائية دائمة، كما يجعل ترابها في تدهور مستمر بفعل الانجراف المتكرر لنواتج التجوية الكيميائية والكيميائية، بما ينعكس سلباً على تطور مكونات الأنظمة البيئية الفرعية المتنوعة التي تتضمنها تلك الأحواض، إن أقرب الأشكال المماثلة لهذه الأحواض هي الأواني المنزلية كالصحن المقلوب أو الطنجرة (الحلة) المقلوبة أي الملامسة أطراف فوهتها لسطح الأرض، بحيث تسيل أي قطرة ماء تستقبلها خلفيتها المحدبة، على جدرانها، لتطردها بعيداً نحو خارج محيط الفوهة، صورة مزدوجة (1).



صورة مزدوجة (1): تمثيل مشابه لكيفية تبديد مياه أمطار الأحواض المائية الطاردة والمشتتة للمياه بفعل نظام الصرف السطحي الشعاعي الذي يقود مياه تلك الأحواض مهما بلغ الجريان السطحي فيها نحو محيطها الخارجي المنخفض من الأرض، من عمل الباحث.

2- الأحواض المجمععة للمياه: وهذه الأحواض تمتاز بتجميع المياه بداخلها على هيئة بحيرات مائية دائمة رغم أن الكثير منها لا تتمتع أجوائها بالرطوبة الجوية الكبيرة ولا تستقبل كميات أمطار وفيرة، بل إن ندرة الأمطار وارتفاع نسبة التبخر هي الغالبة على الكثير منها؛ ككافة البحيرات المائية والسبخات والواحات الصحراوية التي تتمتع بأنظمة صرف مركزية توجه بموجبها المياه من محيط تلك الأحواض نحو المناطق المنخفضة في مراكزها، ورغم قلة الرطوبة الجوية والأمطار في أجوائها تبقى تلك الأحواض غنية بالمياه بغض النظر عن نوعيتها، لذلك يلاحظ في مثل هذه الأحواض تطور في تربتها وتطور في مكونات أنظمتها البيئية على الدوام. ومثل هذه الأحواض يمكن تمثيلها بالصحن المرتكزة قاعدته على الأرض، بحيث أن أطراف فوهته المتجهة نحو السماء تجر أي قطرة ماء ساقطة ضمن محيط فوهة الصحن، على



السيلان على جدران الصحن الداخلية، نحو مركز الصحن المقعر، لتتجمع فيه مع باقي القطرات التي تستقبلها فوهة الصحن، صورة مزدوجة (2).



صورة مزدوجة (2): تمثيل مشابهة لكيفية عمل نظام الصرف المائي السطحي المركزي في تجميع مياه أمطار الأحواض المجمعة للمياه في مركز الحوض المنخفض طبوغرافياً بما يساعد على تكوين بحيرات مائية حتى لو كانت مياه الحوض ضئيلة، من عمل الباحث.

3- الأحواض المستهلكة للمياه: وهذه المجموعة من الأحواض المائية تضم أغلب المناطق السهلية والتي تكون طبوغرافيتها مستوية إلى حد ما، بحيث لم تتطور أنظمة الصرف المائي فيها لدرجة التحكم في مصير كامل مياهها، لذلك تستهلك هذه الأحواض مياه الأمطار الساقطة عليها في المكان المستقبل لها في تطوير تربها على الدوام، كترب اللاتيريت الحمراء وترب الشيرنوزيم الحمراء، بفعل استمرار التحوية الكيميائية والكيميائية على طول الوقت المتوفر خلاله المياه، مما يجعل مكونات أنظمتها البيئية في تطور مستمر باستهلاك رطوبة تلك الأحواض محلياً، لعدم وجود أنظمة صرف تؤدي لخسارة مياهها نحو خارجها، من الأمثلة

المشابهة لتلك الأحواض السفرة المنبسطة أو الصينية التي تجمع قطرات الماء التي تستقبلها من السماء على سطحها المستوي، صورة مزدوجة (3).



صوره مزدوجة (3): تمثيل مشابهة لكيفية استفاضة الأحواض المستهلكة للمياه من الأمطار الساقطة عليها في تطوير التجوية ومن ثم تطوير تربها ومكونات أنظمتها البيئية مع تقدم الوقت، من عمل الباحث.

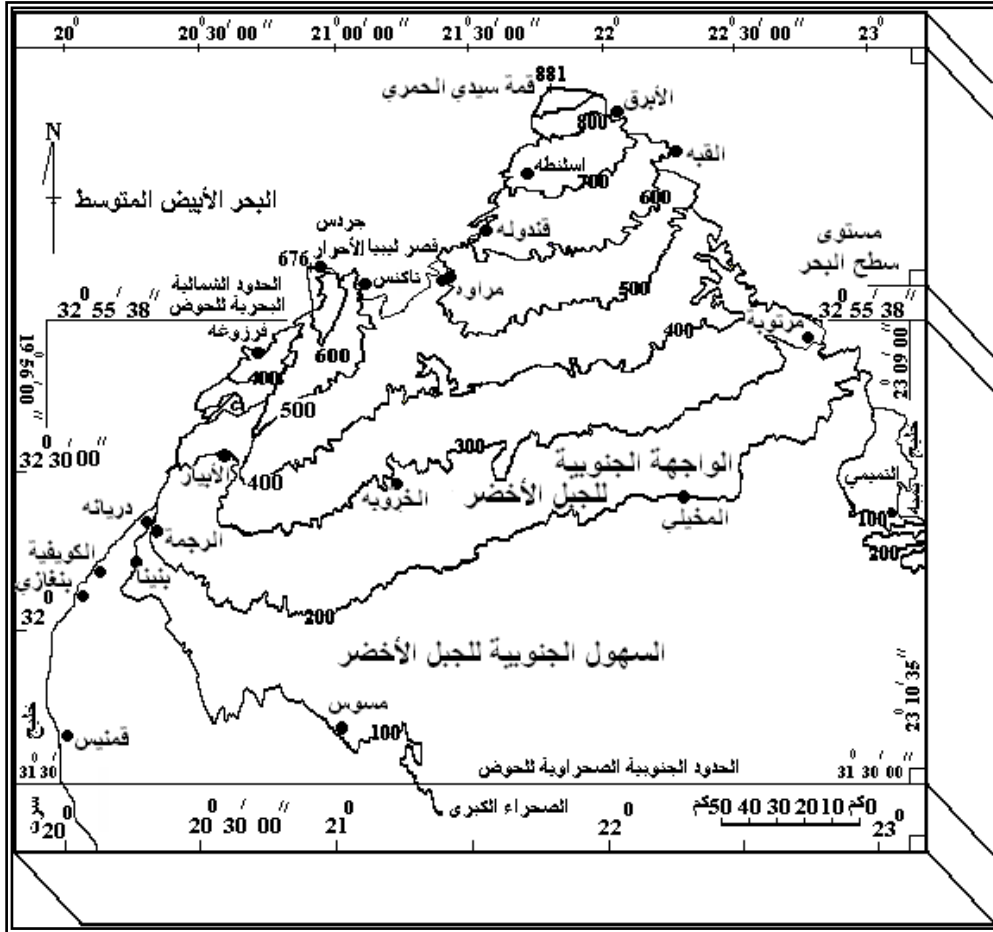
معالجة مشكلة تبديد مياه حوض الجبل الأخضر المائي بما تسمح به الظروف

الهيدروغرافية والجيولوجية:

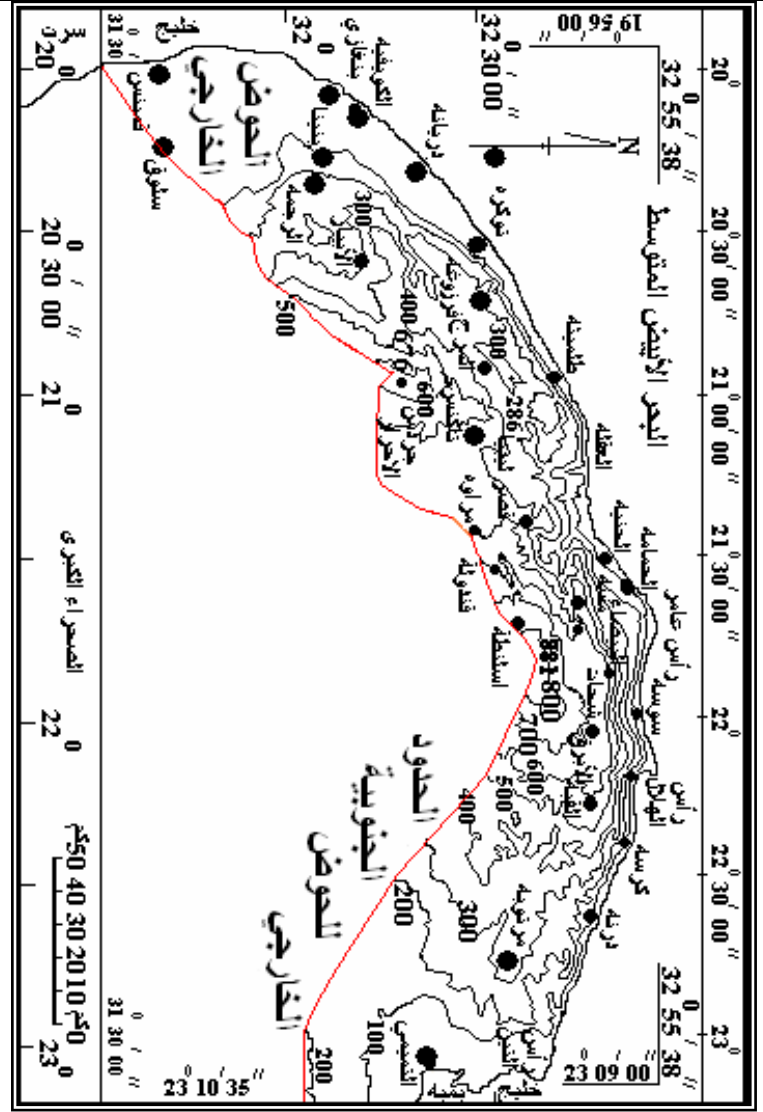
إن حوض الجبل الأخضر بمجمله يعد حوضاً مائياً طارداً لمياه الجريان السطحي المتولدة من الأمطار العاصفية التي تنصرف في الحوض الداخلي نحو السهول المحيطة؛ الجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية والجنوبية المحاذية للهامش الصحراوي، شكل (5)، وكذلك المنصرف في الحوض الخارجي نحو البحر الأبيض المتوسط، شكل (6)، لكن على مستوى الأحواض

الفرعية وأوديتها الخاصة بها والمصاطب الجيومورفولوجية، فالحوض يحوي بداخله ضمن عناصره الطبوغرافية والتضاريسية الفرعية المتنوعة كل أنواع الأحواض المائية المصنفة أعلاه، لكن على مستويات صغيرة نسبياً؛ فالأجزاء السهلية من المصاطب كسهل الفتائح وسهل بطة-المرج-فرزوعة-الأيبار من المصطبة الأولى والأراضي المنبسطة في القبة والأبرق وقرنادة مروراً بشحات والبيضاء حتى مسه، وسهل المصيلية في مراوة من المصطبة الثانية، وكثير من المناطق السهلية المحيطة في الجبل تعد أحواض مستهلكة للمياه، بحيث تتطور ترعها بنتيجة التحوية إلى ترب حمراء وسمراء قلابة خصبة تنتج المحاصيل الزراعية والشمرية المتنوعة، ثم إن الأحواض الفرعية الخاصة بالأودية المنفردة تعد أوديتها مجمعة للمياه في أعاليها أو في أحباسها العليا والوسطى والدنيا، ومن الممكن الاستفادة من مياهها بتجميعها في بحيرات مائية دائمة عند اعتراضها بسدود توقف المياه قبل خروجها إلى أماكن ومناطق الصرف المائي التي تصعب عندها إمكانية الاستفادة من المياه التي تضيع بمحملها من نطاق الاستثمار المقنن، الذي تعد الأنظمة البيئية المحلية بحاجة بالغة إليه وفق إدارة مائية فائقة، تضع المياه في خدمة التنمية البيئية والاقتصادية للمجتمع المحلي الذي يعاني من ندرة مائية وعوز مائي بالغ الخطورة وخاصة في فصل الجفاف الذي يدوم أحياناً لستة أشهر متتالية. ولتقريب وجهة النظر هذه لمن بيده القرار يمكن ضرب مثل لحوض سهل المرج من المصطبة الأولى، الذي يعد بمجمله حوض مستهلك للمياه، وبنتيجة انخفاض منسوبه الطبوغرافي لنحو 286م فوق سطح البحر في منطقة سيدي أرحومة يصبح حوض مجمع للمياه، بحيث تتكون بحيرة الغريق الدائمة بفعل استمرار تزويدها بكميات قليلة من مياه الصرف الصحي لمدينة المرج، هذه المياه،

بغض النظر عن نوعيتها، لا تساوي شيء يذكر مقابل كميات المياه الهائلة التي تسوقها سيول الأودية الفرعية خلال عشرات الساعات بعد مرور عواصف مطرية تغني المناطق المختلفة من حوض الجبل الأخضر بكميات ضخمة من المياه، لتبدد عشرات بل مئات ملايين الأمطار المكعبة من المياه التي يعد المجتمع المحلي في أمس الحاجة لها، وعلى سبيل المثال فقد قدر الباحث تصريف سيل وادي الرملة لوحده في موسم 2015-2016 في عبارة المخيلي بنحو 60 مليون متر مكعب في شهر 06.2015 ومثله في شهر 08.2015 ومثله في شهر 09.2015، ومثله في شهر 10.2015 وضعف ذلك لجريانين حدثا في شهر 11.2015، أي أن ما يزيد عن 350 مليون متر مكعب من مياه سيل وادي الرملة ضاعت في سهل جنوب الجبل الأخضر، على عرض نحو عشرين كيلومتر من السهل ما بين الحدود الجنوبية لبلطة الرملة في الجنوب وقرية المخيلي في شمال السهل، لحدوث الجريانات السطحية الفجائية في الموسم في أوقات لم يزرع فيها السهل، وبذلك ضاعت مياه سيل وادي الرملة بمحملها ما بين مركبتي التبخر نحو الغلاف الجوي والرشح نحو الخزان المائي الجوي المالح في السهل، صور (من 48 إلى 50، من 52 إلى 55، 64، 66، 70، 71، 78، 90 و 99 من فصل 5، وصور 10، 19، 23، 25 و 26 من فصل 6).



شكل (5): مجسم تقريبي يمثل المسقط الأمامي للواجهة الجنوبية لحوض إقليم الجبل الأخضر، الحوض الداخلي، مقياس الرسم خاص بالبعدين الأفقيين للمستوي  $xOy$  للحوض، وتظهر خطوط الكنتور كيفية توجه انحدار الحوض نحو الجنوب الشرقي، والجنوب، والجنوب الغربي بما يتحكم بصرف مياه السيول وتبديدها نحو المناسيب المنخفضة على طول السفوح الظاهرة على المجسم، من عمل الباحث.



شكل (6): مجسم تقريبي يمثل المسقط الأمامي للواجهة الشمالية البحرية لحوض إقليم الجبل الأخضر، الحوض الخارجي، كما يبدو من البحر، مقياس الرسم خاص بالبحرين الأفقيين للمستوي xy للحوض، وتظهر خطوط الكنتور كيفية توجه انحدار الحوض نحو الغرب والشمال والشرق بما يتحكم بصرف مياه السيول نحو المناسيب المنخفضة وضياها في البحر على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط، من عمل الباحث.

وفي هذا الصدد اقترح الباحث إنشاء مسطحات مائية دائمة على مجاري بعض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر وظيفتها تجميع مياه السيول في بحيرات مائية، عن طريق تحويل بعض المقاطع الطولية من الأودية لأحواض مجمعة للمياه، وإصلاح بحيرات بعض السدود كسد المحجة وسد الدواي لتحويلهما لبحيرتين مائيتين دائمتين، وتنمية البلط لخلق مسطحات مائية دائمة فيها تساهم في تلطيف البيئة شبه الصحراوية في محيطها، وتساهم في تزويد الهواء المحلي الجاف بالبخار الذي يحسن الرطوبة الجوية المحلية، كما تساهم تلك المسطحات المائية في تنمية مكونات الأنظمة البيئية في السهول الجنوبية عن طريق الاستفادة من مياه السيول الكفيلة كمياتها المراقبة والمتابعة، على طول فترة طويلة تزيد عن عشرين سنة مطرية، بتحقيق نجاح دوام مياه تلك البحيرات فيما لو اتخذت القرارات الجريئة في إنشائها.

#### مناخ الجبل الأخضر:

في لحة موجزة حول مناخ الجبل الأخضر وتقسيم النطاقات المناخية المطرية أي المبنية على معدلات الأمطار السنوية الساقطة على مختلف المناطق أو الوحدات التضاريسية للحوض يمكن اللجوء لتقسيم مناطق الحوض إلى عدة نطاقات مناخية مطرية والتي اعتمدها C. Combier في تقسيم النطاقات المناخية المطرية في شرق حوض البحر الأبيض المتوسط في سوريا ولبنان في عام 1945 واعتمد هذا التصنيف فيما بعد المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، كما اعتمد الباحث (Al Hanafi M. G., 1986) هذا التصنيف في دراساته السابقة حول جبال شرق البحر الأبيض المتوسط، وعليه فيمكن تمييز النطاقات المناخية في حوض إقليم الجبل الأخضر على النحو الآتي:

أ- نطاق المناخ الجاف: حيث يقل معدل الأمطار السنوية في هذا النطاق عن 200 ملم/سنة، وينحصر هذا النطاق في السفوح الجنوبية والسهول الجنوبية للجبل الأخضر

على طول المسافة ما بين خليج سرت في الغرب وخليج التميمي في الشرق، ويمكن تقسيم هذا النطاق إلى تحت نطاقين بحسب حدة الجفاف على النحو الآتي:

أ-1- تحت نطاق جاف شبه صحراوي: أمطاره أقل أو تساوي 100 ملم/سنة، ويسود في السهول الجنوبية للجبل الأخضر بمحاذاة الهامش الشمالي للصحراء الكبرى، شكل (7)، صورة (4).

أ-2- تحت نطاق جاف جبلي: تتراوح أمطاره ما بين 100 و200 ملم/سنة وذلك بفعل السفوح الجبلية الجنوبية للجبل الأخضر من جهة، والمؤثرات البحرية لخليج سرت على السهول الجنوبية الغربية من حوض الإقليم من جهة أخرى، صورة (5).

ب- نطاق مناخي شبه جاف: تتراوح أمطاره بين 200 و400 ملم/سنة ويسود في الجزء الشمالي من سهل بنغازي في الغرب والشريط الساحلي على طول شواطئ الجبل الأخضر من الغرب وحتى الشرق، كما يسود في جزء كبير من السفوح الشمالية والغربية والشرقية بفعل المؤثرات البحرية الشمالية والغربية، وتنتمي إليه الأجزاء العليا من السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، الصورتان (6 و7).

ج- نطاق المناخ شبه الرطب: وتتراوح أمطاره بين 400 و600 ملم/سنة، ونظراً لسيادة هذا النطاق في بقع متقطعة وغير متصلة ببعضها فيمكن تقسيمه كالآتي:

ج-1- مناخ شبه رطب: تتراوح أمطاره بين 400 و500 ملم ويسود في وسط سهل المرج من المصطبة الأولى في الغرب، كما يسود في الأجزاء الوسطى من المصطبة الثانية، وغالبية المصطبة الثالثة من الجبل الأخضر الممتدة حتى الصفصاف في الشرق، شكل (7).



بعض مظاهر المناخ الجاف في حوض إقليم الجبل الأخضر، الصورتان (4 و 5):



صورة (4): تحت نطاق جاف شبه صحراوي، سهل جنوب الجبل الأخضر، شمال شرق بلطة الرملة، 50 ملم/سنة.

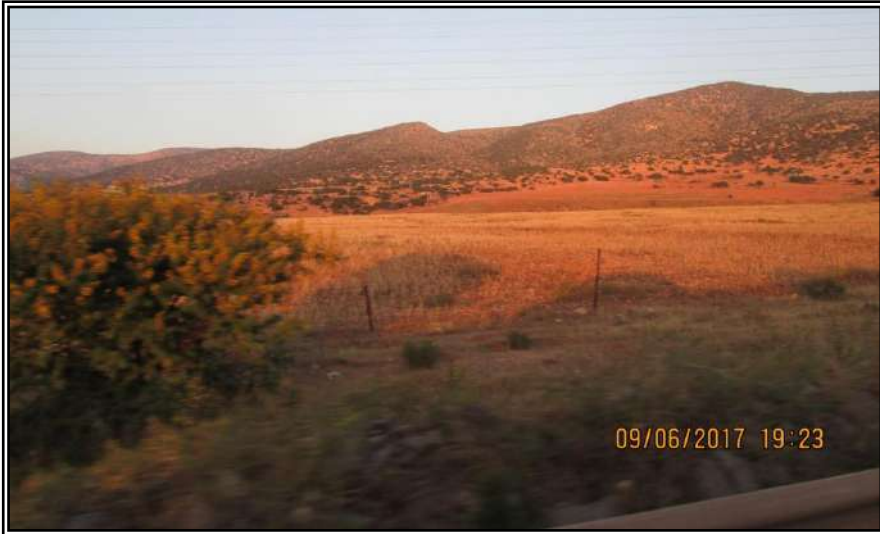


صورة (5): تحت نطاق جاف بمؤثرات جبلية، السفح الجنوبي، أسافل الجشة، 100 ملم/سنة.

بعض مظاهر المناخ شبه الجاف في حوض إقليم الجبل الأخضر، الصورتان (6 و7):



صورة (6): نطاق شبه جاف بمؤثرات جبلية، أسافل جردس الجراري وأعالي الجشة، 300 ملم/سنة.



صورة (7): نطاق شبه جاف بمؤثرات شاطئية بحرية، غابة ماكي الجبل الأخضر، السهل الساحلي والحافة الجبلية الأولى، ظلمية 320 ملم/سنة.

ج-2- ذروة المناخ شبه الرطب في الجبل الأخضر: وتتراوح أمطاره بين 500 و600 ملم/سنة ويسود في الجزء الأوسط من المصطبة الثانية ما بين مسه (573.5 ملم/سنة) في الغرب وشحات (563.6 ملم/سنة) في الشرق على طول نحو 50 كم وعرض وسطي يقارب 5 كم فقط، هذا النطاق المناخي برطوبته يمثل ذروة رطوبة المناخ في كامل الأراضي الليبية، شكل (7)، الصورتان (8 و9).

لا وجود للمناخ الرطب في الجبل الأخضر بحسب معدلات الأمطار المتراوحة فيه ما بين 600 و1000 ملم/سنة بحسب هذا التصنيف المناخي.

بعض من مظاهر المناخ شبه الرطب في الجبل الأخضر، الصورتان (8 و9):



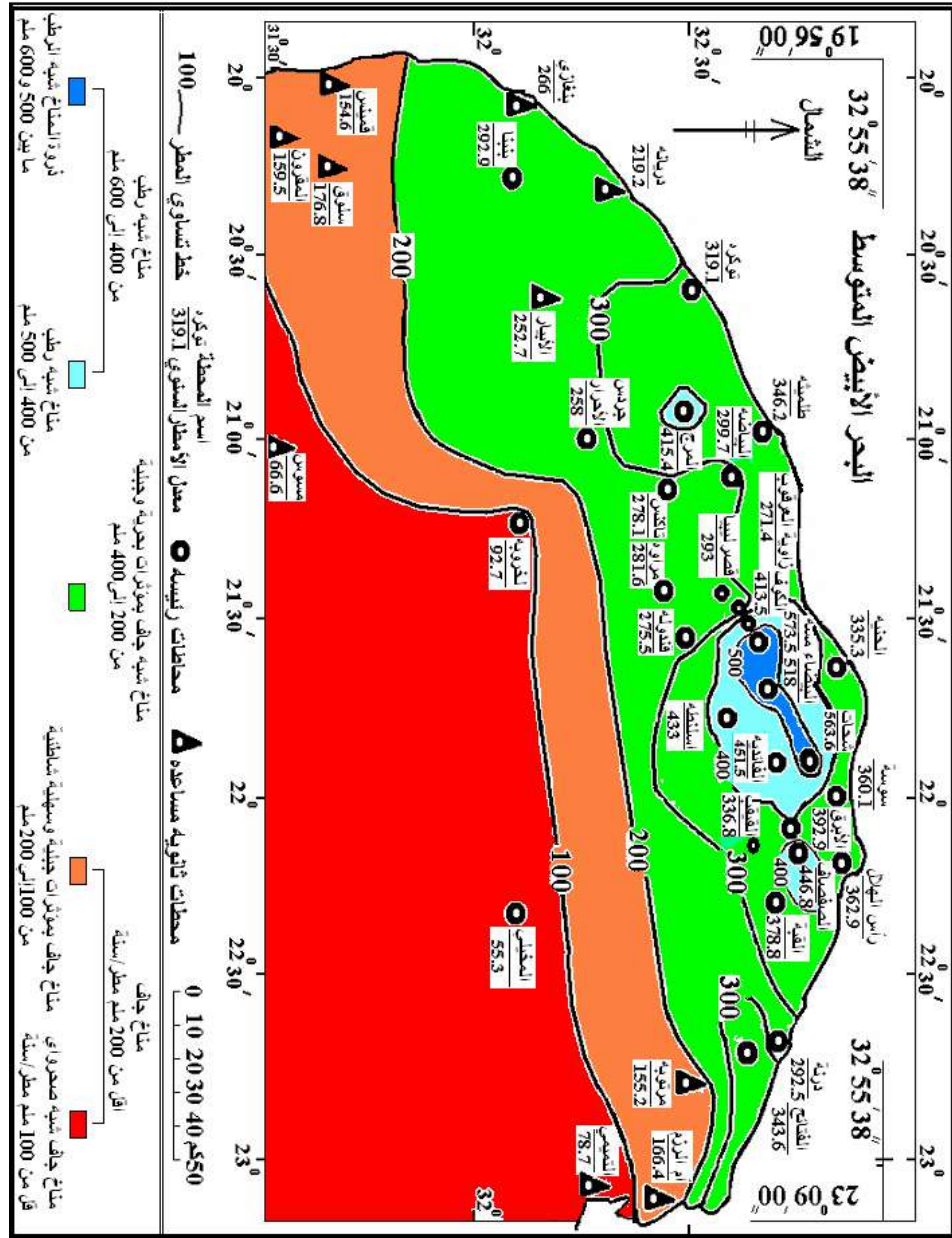
صورة (8): نطاق شبه رطب بمؤثرات بحرية وجبلية، البيضاء، 550 ملم/سنة.



صورة (9): بعض مظاهر ذروة المناخ شبه الرطب، 550 ملم/سنة، غابة ماكي الجبل الأخضر، جنوب غرب البيضاء، منطقة باندس.



صورة (ملحق 10): ما تبقى صامداً من الغابة كتجمعات من أشجار السرو الأفقي التي تزدهر في ظل مناخ شبه رطب جبلي (500 ملم/سنة)، على الدرجة الثالثة، الحافة الثالثة، منطقة سيدي محمد الحمري، شرق غوط بالحجاج جنوب شرق الستلونة، الثلاثاء 18.09.2018. الساعة 14:24.



شكل (7): المناطق المناخية في حوض إقليم الجبل الأخضر وفق معدلات الأمطار السنوية المعتمدة في الجدول (1 من فصل 14)، من عمل الباحث.

المراجع:

- 1- الهادي أبو لقمة وفتحى الهرام، 1985، الأطلس التعليمي للمرحلة الأساسية، ص.41، اسلي ماب سيرفس، ستوكهلم، السويد.
- 2- محمد غازي الحنفي وسعيد إدريس نوح، (2012) المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل الأخضر- ليبيا، المؤتمر الدولي الأول حول موارد المياه في الجبل الأخضر، 05- 2012/06/07، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- 3- Al Hanafi M. G., 1986, Les mouvement des eaux souterraines dans les formations aquifers, carbonatees, fissurees dans la bordure orientale de la mer mediterranee en Syrie et au Liban, Rapport de D. E. A. en troisieme Cycle,p.p. 27 et 28, universite de Nancy II, Nancy, France.

## 2- الفصل الثاني

التغيرات الفيزيائية الحاصلة في الأجواء ما بين التبخر والتكاثف للماء حتى الهطول

د. محمد غازي الحنفي

## 2- الفصل الثاني

التغيرات الفيزيائية الحاصلة في الأجواء ما بين التبخر والتكاثف للماء حتى الهطول

د. محمد غازي الحنفي

- \* - صيغة الماء الكيميائية وميزاته الفيزيائية.
- \* - الخصائص الحجمية للهواء الجاف.
- \* - خصائص الهواء الجاف الكتلية أو الوزنية.
- \* - خصائص الهواء الرطب الحاوي جزئاً غرامياً واحد (18 غ) من بخار الماء.
- \* - تغير الموصفات الفيزيائية بين الماء السائل وبخار الماء الغازي.
- \* - دور الرعد والبرق في تبريد أجواء الغيوم وتكاثف مكوناتها من الرطوبة الجوية ليحدث هطولها.
- \* - دور الرطوبة الجوية في منشأ الرعد والبرق.
- \* - مصدر الشحنات الكهربائية الموجبة في أعلى الغيوم.
- \* - تطور آليات التكاثف عند مختلف المناسيب في الأجواء مع تغير الضغط الجوي وفروق الكثافة ما بين الهواء الرطب والهواء الجاف.
- \* - تطور آليات التكاثف مع تناقص الضغط الجوي ودرجة حرارة مناسيب الأجواء وتغير التركيب الحجمي والوزني وفروق الكثافة ما بين الهواء الجاف والهواء الرطب.
- \* - نتائج تطور آليات التكاثف بفعل تناقص الضغط الجوي ودرجة حرارة مناسيب الأجواء وفروق الكثافة بين الهواء الجاف والهواء الرطب.
- \* - نتائج التفاعل الكيميائي للبرق.
- \* - النتائج المترتبة عن ظاهرة البرق.
- \* - موازنة الطاقة للماء عند تحوله من طور إلى آخر.
- \* - دور حالات الطقس المحلية في تزويد حوض الجبل الأخضر بالأمطار والرطوبة الجوية والأرضية.

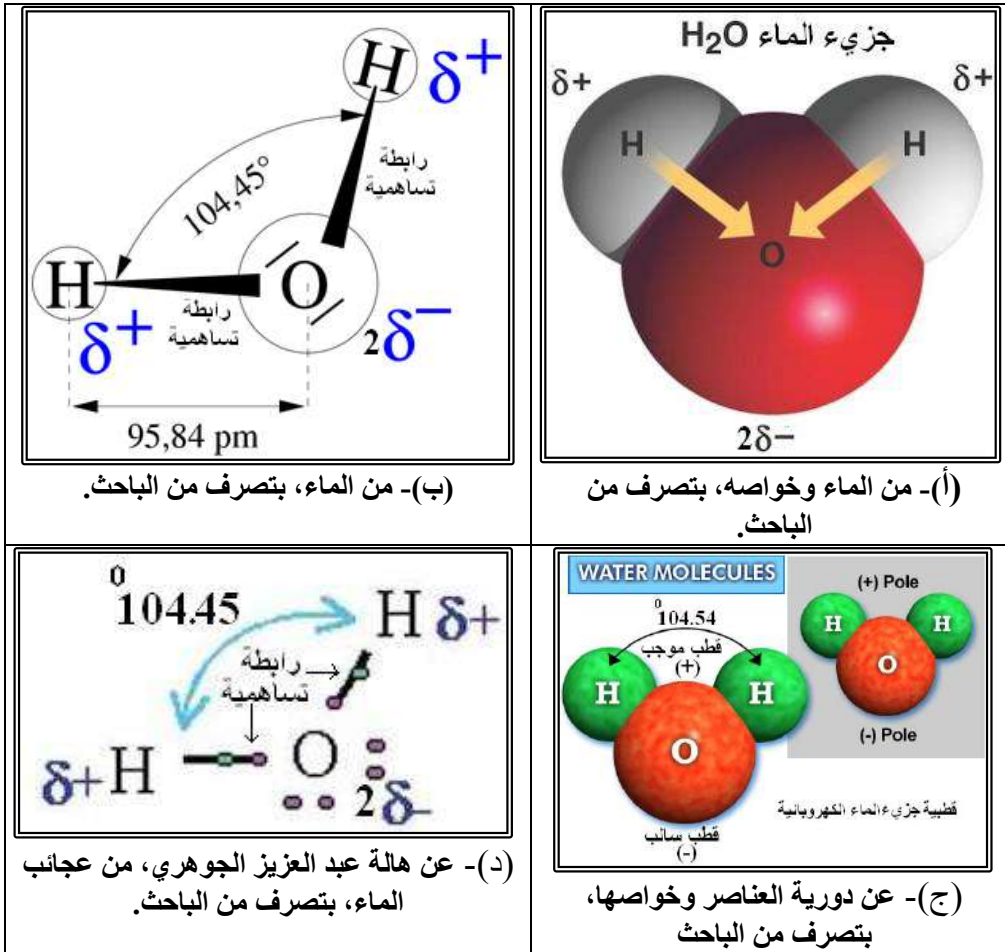


## التغيرات الفيزيائية الحاصلة في الأجواء ما بين التبخر والتكاثف للماء حتى الهطول صيغة الماء الكيميائية وميزاته الفيزيائية:

إن حجم 1 غ من الماء السائل يعادل 1 سم<sup>3</sup> وعليه فإن الكثافة الكتلية للماء تقدر في 1 غ/سم<sup>3</sup>، وعلى ما يبدو أن جزيء الماء السائل عندما يمتص الحرارة من الطاقة الشمسية، أو من الوسط المحيط، ويخزنها على هيئة طاقة حرارية كامنة بداخله يبدأ بالانتفاخ والتمدد مما يجعل حجمه في تزايد مضطرد مع تزايد امتصاصه للحرارة مما يؤدي في النهاية لتحول جزيئات الماء السائل إلى جزيئات غازية تنطلق في الجو على هيئة بخار، وهذا يحدث بنتيجة التناقص الكبير في كثافة جزيء الماء الغازي مقارنة مع الجزيء السائل للماء، هذا التناقص في الكثافة يجعل جزيء الماء الغازي خفيفاً لدرجة تجعله يتحرر بسهولة من سطح الماء الحر بطاقة حركية كبيرة، مستمدة من الطاقة الحرارية التي اكتسبها جزيء الماء السائل من حرارة التسخين، التي تجعل نشاط البخار الحركي قادراً على رفعه في الأجواء لارتفاعات تزيد عن 4000م فوق سطح البحر.

إن جزيء الماء السائل ذو الصيغة الكيميائية H<sub>2</sub>O يتمتع بكهروسلبية عالية تجعله يتأين على هيئة (H<sup>+</sup>) و (OH<sup>-</sup>) هذه الأيونات الموجبة والسالبة تربط جزيئات مائع الماء ببعضها، ثم إن جزيء الماء غير متناظر كهربائياً؛ لوجود فائض شحنة موجبة على الهيدروجين وفائضين من الشحنة السالبة على الأوكسجين، فائض الشحنة الموجبة على الهيدروجين يتعادل كهربائياً بتجاوره مع فائض شحنة سالبة لأوكسجين الجزيء المجاور، وعليه فالهيدروجين يرتبط بجزيئه المائي برابطة تساهمية مع الأوكسجين وبرابطة هيدروجينية مع

أوكسجين الجزئي المجاور، وبهذه الطريقة توجد جزيئات الماء السائل على هيئة بوليمير (متعدد الجزيئات) لا متناهٍ من الجزيئات المصطفة في سلاسل لا نهائية من جزيئات الماء المتجاورة، والفضل في هذا يعود لفائض الشحنة الكهربائية الموجبة على الهيدروجين، لذلك تسمى صلة اتصال جزيئات الماء السائل ببعضها بالرابعة الهيدروجينية التي تكسب الماء خواص كيميائية وفيزيائية خاصة تحدد ارتباطاته واتحاده بالمركبات الكيميائية والمواد الأخرى أشكال (1، 2، 3)، إن جزيء الماء السائل عندما يسخن أو يمتص الطاقة الحرارية يكبر حجمه ويتحول إلى بخار يصبح متناظر كهربائياً وتختفي منه خاصية الرابعة الهيدروجينية لذلك يصبح حاملاً كهربائياً في الحالة الغازية عند انطلاقه في الأجواء، إن صغر جزيء بخار الماء النسبي بالنسبة لجزيئات غازي النتروجين والأوكسجين، المكونين الرئيسين للهواء، تجعله يتخلل الفراغات بين الجزيئية للهواء صاعداً نحو الأعلى وكأنها غريبال بالنسبة لجزيئات بخار الماء، وفي حال احتل البخار الفراغات بين الجزيئية للهواء فإنه يعيش بينها مما يؤدي لتخفيف كثافة الهواء الإجمالية عندما يصبح رطب أو مرطب بالبخار، لكون الوزن الجزيئي الغرامي لغاز النتروجين يساوي 28 غ والوزن الجزيئي الغرامي لغاز الأوكسجين يساوي 32 غراماً، في حين أن الوزن الجزيئي الغرامي للماء يساوي 18 غ، وبذلك فإن بخار الماء أخف من كل من غازي الأوكسجين والنتروجين المكونين الرئيسين للهواء الجاف.

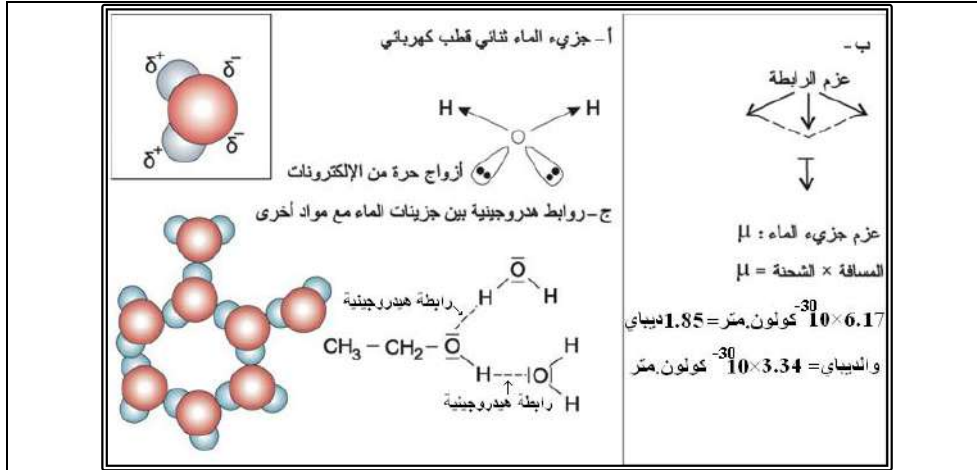


شكل (1): أ- كيفية ارتباط ذرتي الهيدروجين بذرة الأوكسجين في جزيء الماء وتوزيع الشحنات الموجبة والسالبة في ثنائي القطب الكهربائي المائي، ب- مقدار الزاوية بين ذرتي الهيدروجين في جزيء الماء يساوي 104.45° وطول الرابطة بين ذرة الهيدروجين وذرة الأوكسجين تساوي 95.84 pm أي 0.9584 أنغستروم: 1 أنغستروم = 100 بيكومتر (pm)، ج- كيفية توزيع القطبين؛ القطب السالب من جهة الأوكسجين، والقطب الموجب من جهة ذرتي الهيدروجين في جزيء الماء، د- كيفية توزيع الإلكترونات والروابط التساهمية في جزيء الماء.

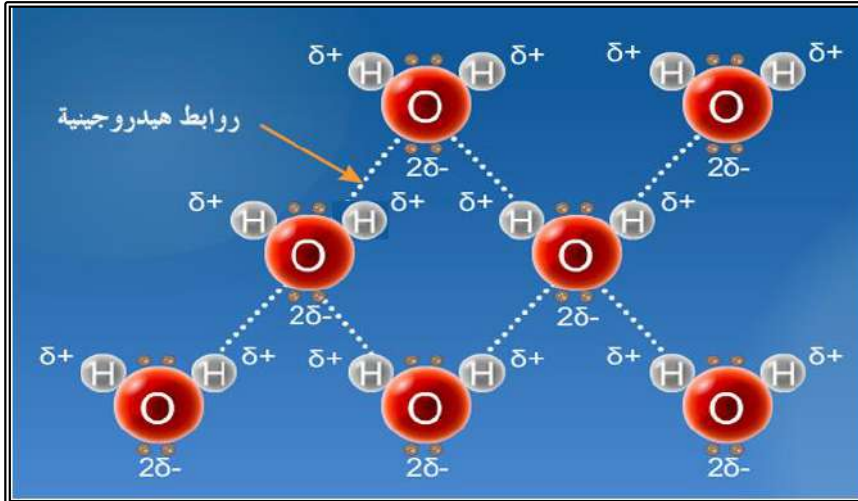
إن جزئي غرامي أي مول واحد من المادة الغازية يحتل حجم قدره 22.4 لتر من الفراغ، وعليه فإن كثافة غاز الأوكسجين الجوي تساوي 32 غ/22.4 لتر = 1.4286 غ/لتر، وكثافة غاز النتروجين الجوي تساوي 28 غ/22.4 لتر = 1.25 غ/لتر، في حين نجد كثافة جزئي غرامي من بخار الماء تساوي 18 غ/22.4 لتر بخار = 0.8036 غ/لتر، هذا يعني أن بخار الماء عندما يتخلل بين جزيئات الهواء الرئيسية من الأوكسجين والنتروجين يصبح الهواء الرطب خفيف الكثافة أو أقل كثافة من الهواء الجاف الذي لا يحوي على رطوبة، لذلك يصعد الهواء الرطب في الجو نحو الأعلى لمنسوب ضغط جوي أخفض يطفو عنده الهواء الرطب بحسب كثافته، ولتسهيل هذه الفكرة سنفترض أن لدينا متراً مكعباً من الهواء الجاف، مكوناً من أوكسجين ونتروجين فقط، يقابله في المنسوب متر مكعب من الهواء تزود بمول واحد من بخار الماء، أي 18 غ، عند مستوى سطح البحر في حالة ضغط جوي نظامي يساوي 1013.3 ملي بار ودرجة حرارة تساوي 25°م، وسنرى ما الذي سيحدث؟

#### الخصائص الحجمية للهواء الجاف:

- 1- حجم 1م<sup>3</sup> من الهواء = 1000 لتر غاز ÷ 22.4 لتر/مول غاز = 44.6428 مول/م<sup>3</sup> خليط من غازي الأوكسجين والنتروجين.
- 2- الهواء الجاف مكون من خليط قوامه 1 ÷ 5 حجم من الأوكسجين و 4 ÷ 5 حجم من النتروجين.



شكل (2): عزم الرابطة الهيدروجينية لجزيء الماء وكيفية ارتباط جزيئات الماء مع بعضها بالرابطة الهيدروجينية عند اتحادها مع المواد الهيدروكربونية، عن منتديات ستار تايمز، بتصريف من الباحث.



شكل (3): كيفية ارتباط جزيئات الماء السائل ببعضها بفعل الرابطة الهيدروجينية للماء الثاني القطبية، وكيفية توزيع فوائض الشحنات الموجبة والسالبة في جزيئات الماء، عن البوابة العربية للتعليم الإلكتروني، بتصريف من الباحث.

أ- غاز الأوكسجين  $O_2$ :

$$1- \text{حجم غاز الأوكسجين في } 1 \text{ م}^3 \text{ هواء} = 1000 \text{ لتر هواء} \times 1 \div 5 = 200 \text{ لتر} \div 22.4 \text{ لتر/مول} = 8.9286 \text{ مول/م}^3 \text{ هواء جاف.}$$

$$2- \text{كتلة الأوكسجين في } 1 \text{ م}^3 \text{ هواء} = 32 \text{ غ/مول} \times 8.93 \text{ مول/م}^3 = 285.76 \text{ غ/م}^3 \text{ هواء جاف.}$$

$$3- \text{كثافة غاز الأوكسجين} = 32 \text{ غ/مول} \div 22.4 \text{ لتر/مول} = 1.4286 \text{ غ/لتر.}$$

ب- غاز النتروجين  $N_2$ :

$$1- \text{حجم غاز النتروجين في } 1 \text{ م}^3 \text{ هواء} = 1000 \text{ لتر} \times 4 \div 5 = 800 \text{ لتر} \div 22.4 \text{ لتر/مول} = 35.7143 \text{ مول/م}^3 \text{ هواء جاف.}$$

$$2- \text{كتلة النتروجين في } 1 \text{ م}^3 \text{ هواء} = 28 \text{ غ/مول} \times 35.71 \text{ مول/م}^3 = 999.992 \text{ غ/م}^3 \text{ هواء جاف.}$$

$$3- \text{كثافة غاز النتروجين} = 28 \text{ غ/مول} \div 22.4 \text{ لتر/مول} = 1.25 \text{ غ/لتر.}$$

خصائص الهواء الجاف الكتلية أو الوزنية

1- كتلة الهواء الجاف:

$$= \text{كتلة الأوكسجين} + \text{كتلة النتروجين} = 285.76 \text{ غ } O_2 / \text{م}^3 + 999.992 \text{ غ } N_2 / \text{م}^3 = 1285.752 \text{ غ/م}^3 \text{ هواء جاف.}$$

2- كثافة الهواء الجاف:

$$= 1285.752 \text{ غ/م}^3 \text{ هواء} = 1285.752 \text{ غ} \div 44.64 \text{ مول/م}^3 = 28.8 \text{ غ/مول}$$

$$= 1285.752 \text{ غ/م}^3 \div 1000 \text{ لتر} = 1.2857 \text{ غ/لتر هواء جاف.}$$

3- نسبة مساهمة الأوكسجين الكتلة أو الوزنية

$$= 285.76 \text{ غ/م}^3 \div 1285.752 \text{ غ/م}^3 \times 100 = 22.2\%$$

4- نسبة مساهمة النتروجين الكتلية أو الوزنية

$$= 999.992 \text{ غ/م}^3 \div 1285.752 \text{ غ/م}^3 \times 100 = 77.8\%$$

خصائص الهواء الرطب الحاوي جزيء غرامي واحد (18 غ) من بخار الماء:

1- جزيء غرامي من بخار الماء = 18 غ = 1 مول = 22.4 لتر بخار.

2- حجم 1 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب الحاوي 22.4 لتر بخار ماء

= 1000 لتر خليط من البخار والأوكسجين والنتروجين.

3- حجم الأوكسجين والنتروجين في 1 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب:

$$= 1000 \text{ لتر} - 22.4 \text{ لتر بخار} = 977.6 \text{ لتر هواء} \div 22.4 \text{ لتر/مول}$$

$$= 43.36 \text{ مول هواء.}$$

4- حجم الأوكسجين في الهواء الرطب:

$$43.64 \text{ مول هواء} \times 1 \div 5 = 8.728 \text{ مول } \text{O}_2 \text{ /م}^3 \times 22.4 \text{ لتر/مول}$$

$$= 195.5072 \text{ لتر أوكسجين/م}^3 \text{ هواء رطب}$$

5- كتلة أو وزن الأوكسجين في الهواء الرطب = 8.728 مول  $\times 32 \text{ غ/مول}$

$$= 279.296 \text{ غ أوكسجين/م}^3 \text{ هواء رطب.}$$

6- حجم النتروجين في الهواء الرطب:

$$43.64 \text{ مول هواء} \times 4 \div 5 = 34.912 \text{ مول } N_2 / m^3 \times 22.4 \text{ لتر/مول} = 782.0288 \text{ لتر نتروجين/م}^3 \text{ هواء رطب.}$$

$$-7 \text{ كتلة أو وزن غاز النتروجين في الهواء الرطب: } 34.912 \text{ مول/م}^3 \times 28 \text{ غ/مول} = 977.536 \text{ غ نتروجين/م}^3 \text{ هواء رطب}$$

$$-8 \text{ كثافة الهواء الرطب الحاوي 1 مول بخار ماء} =$$

$$18 \text{ غ بخار} + 279.296 \text{ غ } O_2 + 977.536 \text{ غ } N_2$$

$$= 1274.832 \text{ غ/م}^3 \div 1000 \text{ ل/م}^3 = 1.2748 \text{ غ/لتر}$$

$$= 1274.832 \text{ غ/م}^3 \text{ هواء رطب} \div 44.64 \text{ مول/م}^3 = 28.558 \text{ غ/مول هواء رطب.}$$

$$-9 \text{ فرق الكثافة ما بين الهواء الجاف والهواء الرطب}$$

$$= 28.8 \text{ غ/مول} - 28.558 \text{ غ/مول} = 0.242 \text{ غ/مول.}$$

بالنتيجة: فإن المتر المكعب الواحد من الهواء الجاف الملامس لسطح البحر تحت الضغط الجوي النظامي المعادل 1013.3 ملي بار، ذا درجة الحرارة المفترضة 25<sup>0</sup>م الذي يرطب بنحو 18 غ من بخار الماء يخف وزنه أو تنقص كثافته بمقدار = 1285.752 غ/م<sup>3</sup> - 1274.832 غ/م<sup>3</sup> = 10.92 غ/م<sup>3</sup>، شكلين (4 و 9).

لذلك يصعد في الجو ليطفو ويستقر فوق منسوب الهواء الجاف الأولي عند منسوب يقارب 71.61 م فوق سطح البحر، الذي يوافق منسوب الكثافة 1274.832 غ/م<sup>3</sup> للهواء الجاف، حيث تتوافق مع الضغط الجوي 1005.3 ملي بار بفعل فرق الكثافة، في حال هدوء الرياح أو سكونها، أي أن كل 1 غ من الرطوبة التي ترطب الهواء الملامس لسطح الأرض



تساعده على الصعود في الجو بمعدل يقارب 6.6م تحت تأثير فرق الكثافة فقط في حال سكون الرياح عن الحركة الأفقية في ظل الظروف نفسها للضغط الجوي، شكل (4).

**والنتيجة المهمة** لربط كثافة الهواء الجاف بالضغط الجوي يمكن أن نعبر عليها كالاتي: كل 1 غ كثافة للهواء الجاف يساهم في ضغط جوي يقارب 0.7885 ملي بار، أو بمعنى كل 1ملي بار ناتج عن كثافة للهواء قدرها 1.268 غ هواءً جافاً عند أي ارتفاع فوق سطح الأرض.

إن صعود الهواء بمقدار 72م يترتب عليه انخفاض في درجة الحرارة بمعدل  $0.56^{\circ}\text{C}/\text{m}$  ارتفاع، ومن ثم تبريد الهواء الذي ينتج عنه تمدد غازات الهواء الرئيسية أي الأوكسجين والنيتروجين بمعدل معامل تمدد الغازات المساوي  $1 \div 273 = 0.00366$  م<sup>3</sup>/م<sup>3</sup> هواء جاف، أي أن المتر المكعب من الهواء الرطب يزيد حجمه بمقدار 3.66 لتر، كلما انخفضت درجة حرارته بمقدار 1م<sup>3</sup> في الظروف نفسها للضغط الجوي، كما أن انخفاض حرارة الهواء بمقدار 1م<sup>3</sup> يوافق ارتفاعه نحو الأعلى بمقدار 178.6م، في المثال المدروس، حيث ينقص الضغط الجوي عند ذلك الارتفاع لنحو 992.3ملي بار، بما يترتب عليه تمدد إضافي للهواء، ليصبح التمدد الإجمالي المحسوب للهواء بفعل تناقص الحرارة والضغط معاً بما يعادل نحو 8.376 ل/م<sup>3</sup> ارتفاع، شكل (4)؛ بمعنى تناقص محتوى المتر المكعب من الأوكسجين والنيتروجين بمقدار 21.82 لتر/م<sup>3</sup> عند المنسوب الجديد، (178.6م)، وبمعنى أن انخفاض درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة يؤدي لتناقص حجم المتر المكعب من الهواء بمقدار 3.66 لتر/م<sup>3</sup> من الأوكسجين والنيتروجين تصبح خارج نطاق حجم المتر المكعب الأولي، ويرافقه تناقص آخر في حجم محتويات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين ناتج عن تناقص الضغط الجوي بمقدار:  $21.82 \text{ لتر/م}^3 - 3.66 \text{ لتر/م}^3 = 18.16 \text{ لتر/م}^3$  178.6م

تصبح هي الأخرى خارج نطاق حجم المتر المكعب من الهواء الأولي، أي بمعدل 18.16 لتر/م<sup>3</sup> ÷ 21 ملي بار = 0.865 لتر/ملي بار، عندما تتناقص درجة حرارته بمقدار 1°م، وبلوغ منسوبه 178.6م، حيث يبلغ الضغط الجوي المحسوب، عند المنسوب نفسه، نحو 992.3 ملي بار، وبفعل تمدد الهواء ومن ثم تناقص محتوى المتر المكعب من الأوكسجين والنتروجين عند أي منسوب يجعل كثافته في تناقص، مما لا يسمح له بالاستقرار عند أي منسوب في الأجواء لذلك يستمر بالصعود للأعلى في الأجواء بفعل استمرار تناقص كثافته، وبالنتيجة يمكن إيجاد معامل تمدد الهواء مع الارتفاع في الجو ومن ثم تناقص محتوى المتر المكعب من الغازات الرئيسية بفعل تناقص الحرارة والضغط الجوي معاً على النحو: 21.82 لتر/م<sup>3</sup> ÷ 21 ملي بار/178.6م = 1.039 لتر/م<sup>3</sup> ملي بار؛ أي أنه كلما ارتفع المتر المكعب من الهواء الجاف في الجو وتناقص ضغطه بمقدار 1ملي بار كلما تمدد بمقدار 1.039 لتر أي كلما تناقص محتواه من الأوكسجين والنتروجين بمقدار 1.039 لتر، بفعل تناقص الحرارة والضغط الجوي معاً، مع ثبات محتوى المتر المكعب من الهواء الرطب من بخار الماء الذي من المفروض أن يتقلص حجمه بنتيجة خسارته لطاقة حركية كلما تقدم في الصعود نحو الأعلى، وذلك بمقتضى معادلة الغازات العامة:

$$P \times V = n \times R \times T$$

حيث أن P: الضغط الجوي، V: حجم الغاز، T: درجة الحرارة، R: ثابت الغازات العام، n: عدد أفوكادرو (6.022 × 10<sup>23</sup> جزئ/مول) إذ تقتضي المعادلة التناسب الطردي ما بين درجة الحرارة وحاصل ضرب الضغط في الحجم؛ بمعنى أنه كلما زادت درجة الحرارة يزداد حاصل ضرب حجم الغاز في الضغط المطبق عليه، والعكس صحيح، في حين يكون التناسب عكسياً ما بين حجم الغاز والضغط المطبق عليه؛ أي أنه كلما زاد الضغط على الغاز كلما تناقص حجمه وتقلص، وكلما انخفض الضغط على الغاز كلما تمدد وزاد حجمه،

وفي الغلاف الجوي تنخفض درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر، ويوازي ذلك انخفاض الضغط الجوي مع زيادة الارتفاع بسبب تناقص كثافة الهواء كلما زاد الارتفاع في الغلاف الجوي للأرض، لذلك بموجب المعادلة يتزايد حجم الغاز عن طريق تمدده كلما صعد أو ارتفع في الأجواء نحو ضغط أقل والذي يترتب عليه انخفاض كثافته كلما صعد في الجو نحو الأعلى.

لذلك تصبح الكثافة الجديدة، عند المنسوب الجديد في الأعلى للمتر المكعب من الهواء الرطب، تتناقص منشطة بذلك الحركة الصاعدة من جديد، وكلما صعد الهواء تمددت غازاته وأصبح محتوى المتر المكعب من غازاته الرئيسية في تناقص مستمر لحين يصبح حجم المتر المكعب من الهواء الجاف يتضاعف إلى  $2\text{ م}^3$  عند ارتفاع 18000 قدم فوق سطح البحر، حيث يتناقص الضغط الجوي إلى النصف أي لنحو 506.65 ملي بار،<sup>(1)</sup> (Glenn T. Trewartha, 1968, p. 63)، أي عند نحو 18000 قدم  $\times 0.3048$  م/قدم = 5486.4 م فوق سطح البحر، حيث تتناقص درجة الحرارة بمقدار  $30.7^\circ\text{م}$  لتصبح قيمتها نحو  $5.7^\circ\text{م}$  عند ذلك المنسوب في حال كانت درجة الحرارة على سطح البحر تساوي  $25^\circ\text{م}$  كما هو مفترض في المثال المدروس.

<sup>(1)</sup>- Glenn T. Trewartha, A. H. Robinson, 1968, Fundamentals of physical geography, McGRAW-HILL book company, 2<sup>nd</sup> ed., New York.



### تغير المواصفات الفيزيائية بين الماء السائل وبخار الماء الغازي:

- 1- كتلة مول من الماء السائل تساوي = كتلة مول من بخار الماء = 18 غ.
- 2- حجم مول من الماء السائل يساوي 18 سم<sup>3</sup> = 18 سم<sup>3</sup> ÷ 1000 سم<sup>3</sup>/لتر = 0.018 لتر.
- 3- في حين يساوي حجم مول من بخار الماء 22.4 لتر × 1000 سم<sup>3</sup>/لتر = 22400 سم<sup>3</sup>.
- 4- كثافة الماء السائل تساوي 18 غ ÷ 18 سم<sup>3</sup> = 1 غ/سم<sup>3</sup>، بالتقريب لأن كثافته الفعلية عند درجة حرارة 25°م تساوي 0.997048 غ/سم<sup>3</sup>، (David R. Lide, 2004, 6-5).
- 5- كثافة بخار الماء تساوي 18 غ/مول ÷ 22.4 لتر/مول = 0.8036 غ/لتر = 18 غ/مول ÷ 22400 سم<sup>3</sup>/مول = 0.0008036 غ/سم<sup>3</sup>.
- 6- كثافة بخار الماء أصغر من كثافة الماء السائل بمقدار:  
1 غ/سم<sup>3</sup> ماء ÷ 0.0008036 غ/سم<sup>3</sup> بخار = 1244.4 مرة.
- 7- مول من الماء السائل عندما يمتص الحرارة ينتفخ ويتمدد ويكبر حجمه بمقدار:  
22400 سم<sup>3</sup> بخار ÷ 18 سم<sup>3</sup> ماء سائل = 1244.44 مرة متحولاً لبخار ماء في الحالة الغازية.
- 8- أي أن 1244.44 سم<sup>3</sup> من بخار الماء عندما يتكاثف إلى الحالة السائلة في الجو يتقلص وينقص حجمه تدريجياً من جديد ليتحول إلى 1 سم<sup>3</sup> فقط من الماء السائل المتكاثف التي تتكون منه السحب والغيوم ومن ثم المطر وباقي أشكال الهطول.  
وبالنتيجة فإن جزيء الماء عندما يمتص الحرارة ينتفخ ويكبر بمقدار 1244.4 ضعف حجمه المائي السائل الأولي متحولاً لجزيء من بخار الماء الغازي، الذي يتمتع بكثافة أصغر بنحو

1244.4 ضعف من كثافة جزيء الماء السائل الأصلي، وزيادة الحجم بهذا الشكل تؤدي إلى تقطيع الروابط الهيدروجينية بما يسمح له بالتححرر والتطاير بالهواء الملامس لسطح الماء الحر بحرية نحو الأجواء الأقل ضغطاً والأقل كثافةً في الأعلى، ويمكن التنبؤ بأن الفوتونات القادمة بالأشعة تحت الحمراء الحرارية تزود الإلكترونات الحرة لجزيء الماء بالطاقة الكافية المهيجة التي تجعله أكبر حجماً ومتجانس كهربائياً، بزوال عمل الرابطة الهيدروجينية منه بنتيجة تناظر ذري الهيدروجين بالنسبة للأوكسجين وتغير الزاوية بين روابط جزيء الماء من  $104.45^\circ\text{م}$  إلى نحو  $180^\circ\text{م}$  بحيث يساعد تناظر اهتزاز روابط الهيدروجين بالأوكسجين على تحريك جزيء البخار وتحرره من سطح الماء الحر، وهذه البنية الجزيئية المفترضة لجزيء بخار الماء تجعله أقرب لبنيات جزيئات غازات الأوكسجين والنتروجين، المكونين الرئيسين للهواء، بما يسهل عليه التغلغل والتعشيش بينهما.

تصرف طاقة جزيء بخار الماء الحرارية الكامنة في الأجواء العليا المتزايدة البرودة مع الارتفاع في طاقة حركية يخسرها الجزيء كلما تحرك عالياً، وفي طاقة حرارية يخسرها الجزيء في تصادمه واحتكاكه بجزيئات غازات الهواء، وقسم ثالث من الطاقة يخسرها جزيء البخار عن طريق التوصيل الحراري أو الحمل الحراري التي تمتصها منه جزيئات الغازات المكونة للهواء، وكلما خسرت جزيء بخار الماء قسماً من طاقته الكامنة كلما تقلص وصغر حجمه إلى أن يعود لحجمه الأصلي في الحالة السائلة التي انطلق منها فيتحول متكاثفاً من جديد للحالة السائلة في الجو، حيث أن قسماً من الطاقة الكامنة يصرفه جزيء البخار عندما يتكاثف متحولاً لجزيء من الماء السائل، شكل (20)، وبنتيجة خفة وزن الجزيئات المائية المتكاثفة في

الجو تبقى معلقة في الأجواء بفعل دافعة أرخميدس، حيث تترابط جزيئات الماء المتكاثفة مع بعضها البعض لكون جزيء الماء ثنائي قطب كهربائي، شكل (1: أ، ب، ج، د) وشكل (3)، تعمل بموجبه الرابطة الهيدروجينية، (محمود سعيد السلاوي، 1989، ص.ص. 537-540)، برصف جزيئات الماء على هيئة سلاسل خطية طويلة متصلة تنسج مع بعضها متفرعة ومتشعبة على هيئة سلاسل شبيهة بخيوط الليف والشعر المنتشر أو الصوف المندوف مولدةً غيوم السمحاق المشابهة بأشكالها لتلك الأشكال السابق ذكرها، والتي تظهر عادةً كأول مظهر علني لتكاثف الرطوبة الجوية في الأجواء، عند منسوب نقطة الندى، التي يتكاثف عندها بخار الماء، وهذا المنسوب تظهر عنده قواعد الغيوم؛ والتي تتطور فيما بعد بحسب تطور ظروف الأجواء والطقس لمظاهر من الغيوم الطبقيّة والركامية، التي تحوي طوري البخار والماء السائل معاً، والتي تتطور فيما بعد لغيوم مزنيّة، التي قد تحوي الأطوار الثلاثة للماء المكونة من البخار والماء والتلج، هذه الغيوم يتولد منها المطر، والهطول السائل والصلب بشكل عام.

إن عملية تكاثف بخار الماء في الجو هي عملية ناشرة للحرارة على حساب الطاقة الكامنة لجزيئات البخار التي تتخلى عن طاقتها عندما تتحول للطور السائل، شكل (20)، ويبدو أن هذا القسم المصروف من الطاقة الكامنة في جزيء بخار الماء على هيئة طاقة حرارية هو الأكبر والأهم؛ لكون تأثيره يبدو واضحاً جلياً في هيئة طاقة حركية متمثلة في انتفاخ الغيوم وسرعة تمددها نحو الجوانب والأعلى، حيث تسعى الغيمة جاهدةً في الامتطاط والتطاول نحو الأعلى لتبلغ جزيئات الماء السائل المتكونة أو المتكاثفة فيها أصغر حجم لها؛

أي أكبر كثافة لها البالغة نحو  $0.999975 \text{ غ/سم}^3$  عند منسوب درجة حرارة  $4^\circ\text{م}$ ، شكل (4)، (David R. Lide, 2004, 6-5) لتتخلص على ما يبدو من كامل طاقتها الحرارية الكامنة المكتسبة عند وقبل الانطلاق من سطح الماء الحر للبحر، إن الطاقة الحركية الناتجة عن حرارة التكاثف ونقصان كثافة الهواء والضغط في الأعلى ينشط الحركة الصاعدة لتيار الهواء في الغيمة الحامل أو الرافع لجزيئات الماء المتكاثفة والمتراصة فيما بينها بروابط هيدروجينية على هيئة سلاسل سمحاق مكونة من قطيرات أو جسيمات مائية تنمو في الغيمة تدريجياً على حساب التكاثف التدريجي للبخار الذي تتناقص كميته تدريجياً لصالح الطور المائي السائل كلما زادت برودة الأجواء في الأعلى، ولكون درجة إشباع الهواء بالرطوبة تتناقص كلما تناقصت درجة الحرارة، هذه المكونات من البخار والجسيمات المائية السائلة العالقة ترتفع بتيار الهواء الصاعد في وسط وأعلى الغيمة بحركة نشطة تجعلها تصعد بسرعة متجاوزةً منسوب درجة  $4^\circ\text{م}$  لتبلغ منسوب درجة  $0.01^\circ\text{م}$  حيث تصبح مكونات الغيمة من الماء في الأطوار الثلاثة؛ بخار، وجسيمات ماء سائل، وبلورات ثلجية،<sup>(2)</sup> (Y. A. Cengel, 2004)، التي ينتهي بها المطاف إلى طور واحد صلب على هيئة ثلج عند منسوب نقطة التجمد للماء الموافق درجة  $0^\circ\text{م}$  وما فوقه، شكل (4).

فيما بين درجة حرارة  $4^\circ\text{م}$  وصفر  $^\circ\text{م}$  يزداد حجم جزي الماء السائل، شاذاً بذلك عن كل المواد الطبيعية، حيث تصبح كثافته عند  $0^\circ\text{م}$  حوالي  $0.9998426 \text{ غ/سم}^3$ ، (David R. Lide, 2004, 6-5) ليصبح أكبر حجماً في طور الثلج مما يترتب عليه نقصان

<sup>(2)</sup> - Y. A. Cengel, M. A. Boles, "Thermodynamics". 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill College. Boston, 2004, p.p.117-124.



كثافة الثلج لنحو 0.918 غ/سم<sup>3</sup>، (ريموند تشانغ، 2014، ص. 203)، مقارنةً بكثافة الماء، ولكي يكسب الجزيء طاقة حتى يتمدد على حسابها ليصبح ثلجاً، شكل (4)، بعد أن صرف في مشواره نحو الأعلى كل طاقته الحرارية الكامنة؛ أي ما يعادل 25°م، فيبدو أن ليس لديه بدءاً من أن يستفيد من قسط من طاقة تكاثف البخار المحيط المتوازن معه والذي يفرغها فجأة، بنتيجة برودة الأجواء، محدثة الرعد الذي يتبعه البرق المتمثل بصعقة كهربائية فجائية، تدل أشكال بريقها في السماء الشبيهة لحد لا يمكن تجاهله بخيوط نسيج غيوم السمحاق المتشعبة والكثيرة التفرعات، صور (من 1 إلى 6) ولوحات (من 1 إلى 4)، الشبيهة بتفرعات أغصان الشجر، غير المنتظمة الأشكال على أن تكاثف جزيئات البخار المتبقي الخاملة كهربائياً في الأجواء الباردة، والبالغة في الحالة المدروسة ما بين 0.5 غ و 5.97 غ بخار/م<sup>3</sup> هواء رطب، أي ما يعادل ثلث رطوبة الهواء المفترضة عند البداية في، الحالة 2 شكل (16)، بوجود طور من الماء السائل وطور من بلورات الثلج المتصلبة، يصبح قسرياً في ظل درجة حرارة منخفضة تقارب 0°م مما يجبرها على التكاثر القهري وبسرعة فائقة لتلتحم فيما بينها بروابط كهربائية هيدروجينية تظهر فجأة فور تحول جزيء بخار الماء الكبير الذي يتقلص أو ينضغط فجأة بمقدار 1244.4 مرة ليصبح جزيء ماء سائل صغير الحجم على طول سلسلة تفريغ الشحنة الكهربائية التي يتم وفقها ترابط ونسج جزيئات الماء السائل حين لحظة البرق، الذي يأخذ شكله المضيء شكل السلاسل من الجزيئات المائية، التي تكاثفت من قبل، أو الجسيمات المائية الملتحمة ببعضها كهربائياً الواضحة أشكالها الخيطية المتفرعة في غيوم السمحاق المعتادة، بحيث تساهم فيها كل الجزيئات البخارية التي تحيط بالجزيئات المائية المتقاربة أو الملتحمة مع بعضها والتي لم تجد طريقها بعد للالتحام بجسيمات مائية كبيرة نسبياً.



صورة (2): أنموذج من أشكال البرق، في أجواء مدينة البيضاء، سقوط مطر مع برد، الجمعة 17.05.2013، الساعة 21:55:05



صورة (1): أنموذج من البرق، أجواء مدينة البيضاء، سقوط مطر مع برد، شرق داخلي الجامعة، الجمعة 17.05.2013، الساعة 21:54:52.



صورة (4): أنموذج من أشكال البرق في أجواء مدينة البيضاء، الجمعة 17.05.2013، الساعة 21:58:05



صورة (3): أنموذج من أشكال البرق في أجواء مدينة البيضاء، الجمعة 17.05.2013، الساعة 21:57:20



صورة (6): أنموذج من أشكال البرق في أجواء مطرة في مدينة البيضاء. وميض البرق يلمع حيث تترايط، جزيئات الماء المتكاثفة في سلاسل مع بعضها، كهربانياً، صورة ملتقطة من مقطع فيديو بواسطة الكاميرا، الجمعة 17.05.2013، الساعة 22:08:50.

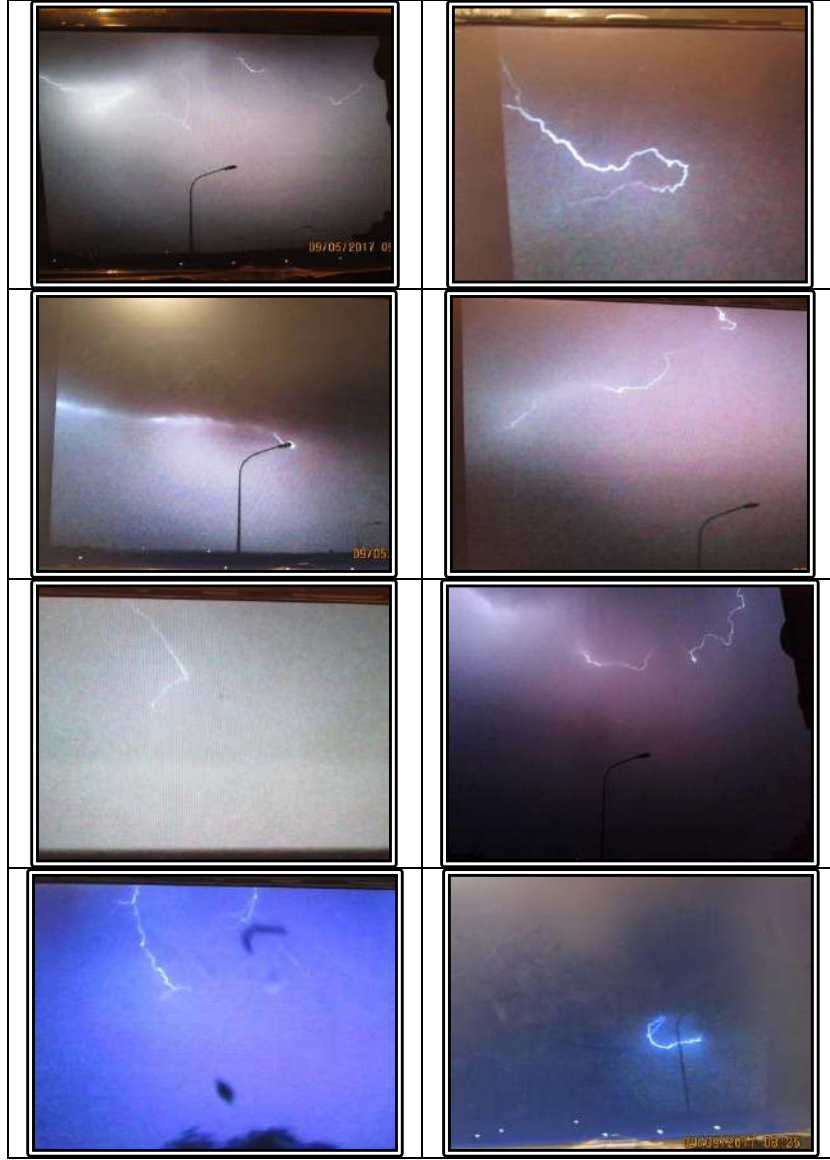


صورة (5): أنموذج من وميض البرق في أجواء مطرة في مدينة البيضاء، سقوط مطر مع برد، شرق داخلي جامعة عمر المختار، الجمعة 17.05.2013، الساعة 22:08:50.

إن عملية تكاثف بخار الماء إلى جزيئات مائية سائلة يرافقها تناقص في ضغط الهواء الرطب وفي كثافته؛ ولتوضيح ذلك في المثال المدروس: تبلغ كمية البخار  $5.97 \text{ غ/م}^3$  من الهواء الرطب عند درجة حرارة  $0^\circ \text{م}$  تحتل حجم غازي قدره  $7.43 \text{ لتر/م}^3$  أي  $7430 \text{ سم}^3$ ، والتي عندما تتكاثف إلى ماء سائل يصبح حجمها  $5.97 \text{ سم}^3$  فقط من جسيمات مائية صغيرة طافية على الهواء الصاعد ولا تمثل بوزنها وكثافتها وحجمها شيئاً يذكر في المتر المكعب من الهواء الرطب المدروس، شكل (16)، وعليه فإن تحول بخار الماء إلى ماء سائل يخلق فراغاً في حجم المتر المكعب من الهواء الرطب يقارب  $7.43 \text{ لتر}$ ، هذا الفراغ لا يمكن تعويضه إلا بالشفط عن طريق التعويض بالبخار الذي يحمله الهواء الصاعد من الأسفل حيث يسود الضغط الجوي الأعلى نسبياً.



لوحة (1): صور لنماذج من وميض البرق الذي أحدث هطول مطر مع برد في مدينة البيضاء، شرق داخلي الجامعة، الجمعة 17.05.2013، ما بين الساعة 21:54 والساعة 22:09، ملتقطة من الفيديو بالكاميرا من الكمبيوتر.



لوحة (2): صور لنماذج من وميض البرق الحادث في أجواء مدينة البيضاء يسقط مطر مع برد، شرق داخلي الجامعة، يوم الجمعة 17.05.2013 ما بين الساعة 21:54 و الساعة 22:09 ملتقطة من الفيديو بالكاميرا من الكمبيوتر.



لوحة (3): صور لمراحل تغير وتطور لمعان وميض البرق في أجواء مدينة البيضاء، شرق داخلي الجامعة، يوم الجمعة 17.05.2013 ما بين الساعة 21:54 والساعة 22:09، صورة ملتقطة من الفيديو بالكاميرا من الكمبيوتر.



لاحظ في اللوحات (من 1 إلى 4): أن توهج البرق يكون في مكان قطع سلسلة السمحاق، ونقاط التوهج الكبيرة تحدث في مكان لحام أو ترميم السلسلة حيث تنشأ العقد عند فروع سلسلة السمحاق الحديثة التكوين.

لوحة (4): صور لمراحل تطور بعض ومضات البرق في الأعلى ونماذج من البرق في الأسفل، حدثت شرق داخلي الجامعة، بتاريخ الجمعة 17.05.2013 ما بين الساعة 21:54 والساعة 22:09، التقطت الصور من الفيديو بالكاميرا من الكمبيوتر.

تبدو آثار الصعقة الكهربائية في وميض البرق الذي نراه أولاً وصوت هدير الرعد الذي تسمعه متأخراً فيما بعد رؤية البرق؛ حرارة البرق ربما تؤمن الطاقة لتبلور جزيئات الثلج أو بلورات الثلج، والبرق نفسه يحرق النتروجين الجوي بالأوكسجين محوله لنترات تنحل بماء محتويات الغيمة المتبقي متحولة لحمض النتروجين، وعملية حرق النتروجين يبدو أنها تمتص

غالبية الطاقة الناتجة من الشرارة الكهربائية، ثم يبدو أن حرق النتروجين بالأوكسجين الجوي يساهم في تناقص كثافة الهواء لحدود تسمح بتكوين بلورات الثلج التي ربما يتطلب تكوينها أجواء ذات كثافة منخفضة تساعد على التكوين والتبلور، وتناقص كثافة الهواء يكون لصالح تكوين أيون النترات،  $(NO_3)^-$  بفعل شرارة البرق، ذات الكثافة الأكبر بكثير نسبياً من كثافة غازي النتروجين والأوكسجين والمساوية حوالي 1.51 كثافة الماء بما يسهل انحلالها بالماء السائل الذي يهطل فيما بعد البرق مباشرةً على هيئة حمض نتروجين، أو حمض آزوت أو حمض نتريك، منحل بالماء الجوي الهاطل على الأرض، كثافة حمض النتروجين تساوي 1.51 غ/سم<sup>3</sup>، (ويكيبيديا، الموسوعة الحرة)، ثم إن عملية انخفاض الكثافة يرافقها انخفاض فجائي كبير في الضغط الجوي نتيجة حرق غاز النتروجين المكون للهواء باتحاده مع غاز الأوكسجين المكون الرئيسي الثاني للهواء أيضاً، والانخفاض المفاجئ للضغط الجوي لا بد منه لكون الأطوار الثلاثة للماء تتواجد معاً عند درجة حرارة تساوي 0.01°م وضغط جوي مساوي 6.117 ملي بار، (Y. A. Cengel, 2004)، في حين نلاحظ أن الضغط الجوي الموافق لدرجة الحرارة تلك قبل حدوث البرق يقارب 563.7 ملي بار عند منسوب 4464.3م بحسب الحالة المدروسة، شكل (4) وشكل (15)، والضغط الجوي يبلغ 6.117 ملي بار عند ارتفاع يقارب 29900م فوق سطح البحر، والهواء الرطب لا يمكنه الوصول لذلك الارتفاع بالطاقة الحركية التي يمتلكها، ولكي يتحقق شرط انخفاض الضغط فإن عملية حرق محتويات الهواء من الأوكسجين والنتروجين الجوي تؤدي لتناقص سريع لكثافة الهواء المحروق بالبرق ويصاحب ذلك التناقص السريع للضغط الجوي المحلي للهواء في محيط نطاق البرق، مما يؤدي لطلب



مزيد من محتويات الهواء من الغازات وبخار الماء خاصةً من مستويات سفلى يسودها ضغط جوي أعلى بفارق كبير نسبياً، مما يجرى التيار الصاعد من الهواء الرطب في الغيوم التي يتخللها البرق.

إن قلة كثافة بخار الماء وصغر جزيئاته النسبي بالنسبة لمحتويات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين تجعلها تصعد بسرعة أكبر، أي يحدث لها عملية شفت سريع، كالماء المشفوط بالمضخة من بين فراغات الحصى، نحو الأعلى مرةً من خلال فراغاتها البينية التي تشبه عيون أو فتحات الغريال بالنسبة لها، لتعويض أسرع للنقص في الضغط الجوي، وخاصةً فيما لو علمنا أن تمدد جزيئات غازات الهواء يجعلها أكبر حجماً من ذي قبل كلما صعدت في الجو وانخفضت درجة حرارتها ونقص الضغط المطبق عليها، بما ينبئ بأن الرطوبة الجوية تصبح في تزايد مضطرب في نطاق البرق عن أي مكان آخر في الأجواء الرطبة المحيطة من الغيوم، لكون جزيئات بخار الماء أصغر من جزيئات غازات الهواء الرئيسية وبذلك فهي تستجيب بسرعة أكبر لسد العجز في الضغط الجوي المنخفض الناتج عن البرق، ولغلق الفراغ الناتج عن تكاثف البخار إلى سائل من جهة ولغلق الفراغ الناتج عن حرق غاز النتروجين بغاز الأوكسجين الجوي وتحويلهما لنترات منحلّة تسقط مع المياه مخلّفة وراءها الفراغ من جهة ثانية، وكل دفقة جديدة من البخار تصل لغلق الفراغ الناتج عن التكاثف يحدث لها ما حدث لسابقتها من تفرغ للطاقة بتلازم عمليتي الرعد والبرق الدالين على استنزاف طاقة بخار الماء المتبقي في أجواء الغيوم عند حدوث التكاثف في أجواء قريبة من نقطة التجمد، وهكذا تتابع عملية حدوث الرعد والبرق التي يرافقها أو يتبعها تبريد أجواء الغيوم حتى

استنزاف غالب الرطوبة الجوية التي تتكاثف متساقطة على هيئة هطول سائل أو صلب (ثلج أو برد) أو من خليط منهما على الأرض ما بين درجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$  و  $0^{\circ}\text{C}$  وما دون، شكل (4) والصورتان (7 و 8)، وعليه فإن الرعد والبرق الناتجين من تفريغ طاقة جزيئات بخار الماء في حدود درجة التجمد يلعبان دور مصيدة للرطوبة الجوية، أو المخبر والمعمل، أو المطبخ المهم في تجميع رطوبة الأجواء وتركيزها ومن ثم نضج تكاثفها وهطولها بالحالتين السائلة والصلبة على سطح الأرض، ويدعم هذا الرأي المشاهدة الميدانية للغيوم السفلية التي نراها تتسارع في الأجواء من مختلف الاتجاهات نحو النطاق الذي يحدث فيه الرعد والبرق من الأجواء، صور (18، 19، 20 من فصل 3)، خاصة لو علمنا أن عمود الهواء الرطب المفترض، ذا المقطع المساوي  $1\text{m}^2$ ، ما بين سطح البحر ومنسوب نقطة التجمد يحمل نحو  $80.36$  كغ من الرطوبة الجوية أي ما يعادل  $80.36$  لتر فقط وذلك يعادل  $80.36$  ملم مطر والتي لا يسقط منها على الأرض في أحسن الحالات سوى ربع هذه الكمية. إن التيار الصاعد والتيار الهابط في الغيوم يكونان أنشط ما يمكن في الغيوم التي يحدث فيها الرعد والبرق والتي يلاحظ ويلمس في أسفلها الاضطراب الكبير للهواء الملامس لسطح الأرض.

**دور الرعد والبرق في تبريد أجواء الغيوم وتكاثف مكوناتها من الرطوبة الجوية ليحدث هطولها:**

هناك رأي سائد حول أن درجة الحرارة التي ينتجها البرق تتراوح بين  $20000^{\circ}\text{C}$ ، (ويكيبيديا، الموسوعة الحرة)، وحتى  $30000^{\circ}\text{C}$ ، (مجلة هل تعلم)، وهذا الرأي غير سليم لعدة أمور:

**أولها:** أن مثل هذه الدرجة من الحرارة لو حدثت لفككت جزيئات الماء إلى أيونات هيدروجين وأوكسجين وبالتالي منعت من حدوث الهطول الملاحظ حدوثه في أعقاب البرق مباشرةً في أغلب الحالات.

**وثانيها:** أنه في مثل هذه الدرجات من الحرارة تنفكك غازات الهواء ويحدث انهيارات لبنية الذرة نفسها التي ربما تنفكك إلى ما دون نواة وبروتونات ونيوترونات وإلكترونات، وتصدر عن ذلك الأشعة الخطيرة كأشعة ألفا وبيتا وغاما، وهذا لم يسجل من أحد في حين حدوث البرق، ومن المفترض بالمنطق العلمي المتداول أن حرارة التفاعل على سطح الشمس، والمقدرة بحسب من يقدر حرارة سطح الشمس بنحو 5/1، خمس حرارة البرق، أو أن حرارة البرق تساوي خمس أضعاف حرارة سطح الشمس، (روبرت هولزورث، 16.12.2015)، لإنتاج الهليوم من وقود الهيدروجين بتفاعل نووي لا يتعدى 6000°م تتوالد منه عناصر كيميائية جدول التصنيف الدوري لمندلييف بأكملها.

**وثالثها:** أن تفاعل اتحاد النتروجين بالأوكسجين يتم في درجة حرارة تقارب 3000°م لإنتاج غاز النتروجين NO<sub>2</sub>، (زين سليم، 2014) تحت تأثير الضغط الجوي النظامي على سطح الأرض، وليس في أجواء منخفضة الضغط الجوي ودرجة حرارة منخفضة أيضاً ورطوبة إشباع للهواء، الذي يتحد مع أيون أوكسجين ذري وليد نتج بعد البرق مكوناً أيون النترات الذي يختلط مع الماء الجوي معطياً حمض النتروجين الذي يسقط مع ماء المطر.



صورة (7): أجواء مطرة بغزارة مع برد، مدينة البيضاء، داخلي جامعة عمر المختار، الأحد  
16.03.2014، الساعة 18:17.



صورة (8): هطول الماء الصلب من السماء على هيئة برد، مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، الأحد  
16.03.2014، الساعة 18:34.

**رابعها:** يرى الباحث أن الرأي القائل بارتفاع درجات الحرارة في أجواء الغيوم عند حدوث البرق لحوالي ما يزيد عن 20000°م غير سليم بالمطلق، لأن ذلك يقتضي سقوط مياه مطر بحالة غليان ولو لبعض القطرات المائية، وهذا شيء غير مألوف ولا معروف من كل الناس الساكنين على الأرض والمستقبلين لمياه المطر الساقطة من الغيوم الطبيعية المألوفة، والتي تمتاز أمطارها بزيادة برودتها كلما نشط البرق وتكرر حدوثه على امتداد العاصفة، التي يتولد منها عادةً البرد المختلط بالمطر (مزوج) ثم البرد فقط في حال زاد نشاط وتكرار البرق في أجواء الغيوم الصورتان (7 و8).

**خامسها:** إن غليان الماء عند ارتفاع 5000م فوق سطح البحر يحدث عند درجة 83.3°م في ظل ضغط جوي مقداره 540.5 ملي بار، (Y. A. Cengel, M. A. Boles)، وأمطارنا تنتج في ما دون 4500م فوق سطح الأرض كما أن درجة حرارة غليان حمض النتريك تبلغ 83°م أيضاً، (ويكيبيديا، الموسوعة الحرة)، ومن غير المعروف ولا المألوف سقوط أمطار ساخنة بهذه الدرجة من الحرارة ولا بمقدار النصف ولا الثلث من ذلك،، والمألوف في درجة حرارة مياه الأمطار والثلج والبرد ما بين 15°م و0°م.

**سادسها:** لو شعلنا شمعة في الظلام فإن نورها يرى من بعيد جداً في حين لو شعلنا مصباحاً فلا يظهر تأثير لنوره في النهار، والبرق يحدث في الغيوم في الليل كما يحدث في النهار، وأثر بريقه الذي يكون في الليل أوضح من بريقه في النهار؛ والذي يعد لافتاً للنظر لكون البرق يحدث على الأغلب في غيوم مزنية قائمة تطورت فيها الجسيمات المائية لدرجة أنها تحجب قسماً كبيراً من أشعة شمس النهار وتمنعها من الوصول لسطح الأرض، وعليه فلمعان البرق

يظهر في الغيوم المظلمة واضحاً ومؤثراً ولا يعني هذا أن الدنيا احترقت بنور البرق، وفي الليل مع تراكم ظلمة الليل مع ظلمة الغيوم يكون البرق أوضح ولمعانه براقاً وساطعاً أكثر من النهار وهذا لا يعني بأن حرارته بلغت ما وصل إليه المقدرين، كالذي يرى أن نور الشمعة قد قهر كل ظلام الكون، والبرق ناتج أصلاً من جزيئات مائية لا تتجاوز حرارتها 20<sup>0</sup>م عندما تبدأ بالتكاثف وهي ظاهرة ناتجة عن تفرغ، جزيئات بخار الماء، فجائي للطاقة اللازمة للتكاثف والتي ينعكس تأثير برقها في تبريد أجواء الغيوم ليتم التكاثف ويحدث الهطول، وليس ليتم حرق الأجواء بآلاف الدرجات من الحرارة التي لا يمكن للغيوم الطبيعية أن تولدها.

**سابعا:** مما تقدم سابقاً فالبرق ينتج من التكاثف القهري لملايين جزيئات بخار الماء في مرة واحدة إلى جزيئات مياه سائلة على طول سلاسل جسيمات مياه السحاق التي يتبلور منها الثلج عند حرارة التجمد، والذي ينفصل عنها لكي تعمل جزيئات البخار المتكاثفة الجديدة على لحام السلسلة وترميم ما قطع منها، ويحدث البرق أيضاً بنتيجة قطع سلاسل السحاق المائية بفعل سقوط حبات البرد الكبيرة عليها فتحدث البرقة الأولى وتكاثف البخار بكثافة لترميم مكان قطع سلسلة جسيمات الماء يحدث البرقة الثانية على طول السلسلة نفسها، صور (من 1 إلى 6) ولوحات (من 1 إلى 4) وأشكال (من 5 إلى 7).

إن صوت الرعد ناتج على ما يبدو من عملية تقليص فجائي لجزيئات بخار الماء بنحو 1244.4 مرة، لتتحول لجزيئات ماء سائل، كما ذكر سابقاً، بسبب البرودة الشديدة نسبياً، والتي خضعت لها في تلك الأجواء، بما يترتب عليه تنفيس فجائي أو تفرغ سريع

محتوى الجزيئات المنفوخة بالطاقة التي تحتويها جزيئات بخار الماء، بنتيجة انتقال فجائي للإلكترونات الحرة لجزيء البخار من مستوى طاقة عالٍ جداً إلى مستوى طاقة منخفض جداً في جزيء الماء السائل، مما ينتج عنه تحرير كمية من الطاقة تناسب فرق مستويي الطاقة بين كل من الجزيئين البخاري والغازي والمائي السائل، ولو تخيلنا أن حجم جزيء الماء السائل شبيه بكرة مطاطية طول نصف قطرها 10 سم فإن حجمها يساوي  $4 \div 3 \times 3.14 \times 1000 = 4186.67$  سم<sup>3</sup>، فحجم الكرة المشابهة لجزيء بخار الماء الغازي سيبلغ  $4186.67$  سم<sup>3</sup>  $\times 1244.4 = 5209892.148$  سم<sup>3</sup>، أي حوالي 5.21 م<sup>3</sup>، وبذلك يبلغ نصف قطرها 107.56 سم أي أن الكرة المشابهة لجزيء بخار الماء تكون أعلى من الرجل ويده مرفوعة وتستطيع أن تستوعب بداخلها حوالي 1244.4 كرة من ذوات نصف القطر 10 سم، ولو تخيلنا تفريغ محتوى هذه الكرة الكبيرة من الهواء فجأة لإرجاعها لحجمها الأصلي فما هي الفرقة التي ستحدثها عند تنفيسها فجأة، كما هو الحال عند تنفيس عجل السيارة الفجائي من الهواء أو تنفيس كيس الشيبس المنفوخ أو علبة السانتوب عند ضغطها فجأة لتصغير حجمها بسرعة محدثةً فرقة ناتجة عن التفريغ السريع لمحتواها من الهواء المضغوط المؤدي لنفخها، ثم إن صوت انفلاق القنبلة يسبق لمعان لهبها الذي يرى قبل سماع صوت الانفلاق، بما ينبئ بأن الرعد هو السابق للبرق أو المولد له، لأن جزيئات البخار كبيرة الحجم حاملة كهربائياً أي لا كهرباء ظاهرة فيها، ولا تظهر كهربائية جزيء الماء إلا عندما يصغر حجمه ويرجع لحجمه الطبيعي الصغير السائل بعد أن يتفرغ من الطاقة المؤدية لانفلاخه، والملاحظ بأن لمعان ضوء البرق يسبق صوت الرعد لكون سرعة الضوء أكبر من

سرعة الصوت في الهواء بنحو 300000000 م/ثا: سرعة الضوء ÷ 340 م/ثا: سرعة الصوت = 882353 مرة، إن هزة الرعد التي تحدثها الفرقة أو الانفجار تؤدي لرضضة الأجواء بما فيها من مكونات مائية سائلة وصلبة فتعزز عملية تصادم الجسيمات المائية والتحامها ببعضها ليصبح وزنها متغلباً على دافعة أرخميدس ومقاومة الهواء، الصاعد أصلاً، فتسقط على الأرض على هيئة هطول سائل أو صلب أو من الأثنين معاً بفعل وزنها، بتأثير الجاذبية الأرضية عليها، عندما تصبح أوزانها متفوقة على دافعة أرخميدس ومقاومة الهواء.

إن الهطول الحادث من الغيوم يرافقه عادةً بتيار هواء هابط، في الغيمة، ناتج عن خسران هواء الغيمة للرطوبة الغازية المشفوفة والمتكاثفة والساقطة على الأرض، مما يجعل كثافة الهواء في تزايد نتيجة جفافه المتزايد كلما تطور الهطول من الغيمة مما يحرض هبوطه لمنسوب يوافق كثافته الجديدة المتزايدة مع تناقص محتواه من الرطوبة، شكل (4).

### دور الرطوبة الجوية في منشأ الرعد والبرق:

عند الحديث عن البرق ومنشأه يجب الأخذ في الحسبان أن الهواء والماء بأطواره الثلاثة كلها تعد عوازل كهربائية وغير موصلة كهربائياً، ثم إن البرق لا يحدث أبداً إلا في أجواء غائمة، لذلك يجب حصر موضوع البرق بأشكال الرطوبة الجوية التي يمكن توضيح معالمها على النحو الآتي:

**1- الماء** يتمتع بشناية قطبية كهربائية ساكنة تعمل بموجبها الرابطة الهيدروجينية بربط جزيئات الماء المتجاورة مع بعضها على هيئة سلاسل خطية طويلة جداً ومتفرعة، في أحد طرفيها



يوجد فائض من الشحنة السالبة على ذرة الأوكسجين، وعلى الطرف الآخر من السلسلة يوجد فائض من الشحنة الموجبة على ذرة الهيدروجين، شكل (3).

**2-** عند تكاثف الرطوبة الجوية من بخار غازي حامل كهربائياً إلى ماء سائل فإن الرابطة الهيدروجينية هي التي تضبط رصف الجزيئات والجسيمات المائية المتكاثفة في سلاسل خطية طويلة متفرعة ومتشعبة إلى سلاسل أصغر تظهر في الأجواء على هيئة وأشكال متعددة تعرف بغيوم السمحاق، يتركز فائض أحد الشحنتين الموجبة والسالبة في أصل سلاسل غيوم السمحاق فيما تتركز الشحنة الأخرى عند نهايات الأطراف السالبة المتفرعة من الأصل وتعمل الشحنتان في طرفي السلسلة باستقطاب مزيد من الجزيئات وضمها لسلسلتها في طابور منظم باستمرار، شكل (5).

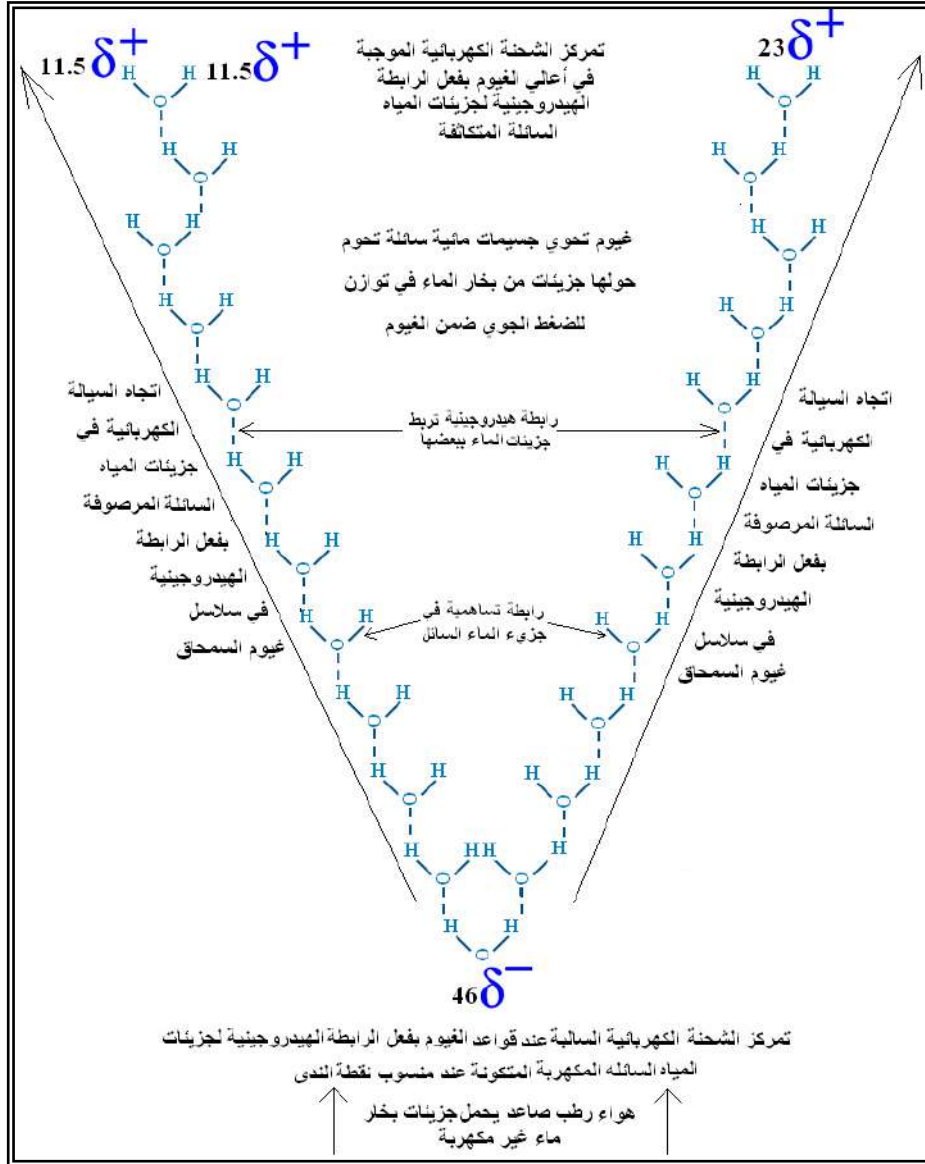
**3-** في حال وجود طور الثلج مع طوري البخار والماء السائل المتكاثف على طول سلاسل السمحاق تكون درجة الحرارة في حدود نقطة التجمد للماء، أي في حدود درجة صفر مئوية، وفي هذه الأجواء الباردة التي يتكون فيها الثلج على حساب جسيمات الماء السائلة، تسعى جزيئات البخار المحيطة بالجسيمات المائية السائلة والتي تحوم حولها على طول عقد السلسلة وفروعها في التخلص من الطاقة المثقلة بما لتعوض سلاسل السمحاق ما فقد منها من ماء لصالح الثلج فتفرغ ملايين جزيئات البخار طاقتها في دفعة واحدة متحولة من جزيئات غازية حاملة كهربائياً لجزيئات مياه سائلة ذات ثنائية قطبية كهربائية تظهر ومضة بريقها الضخمة على جذوع سلسلة السمحاق وعند عقد الفروع، وهذه الومضة تتضاءل

عند أطراف الفروع لسلسلة السمحاق التي يرسم البرق ومضته عليها، صور (من 1 إلى 6) ولوحات (من 1 إلى 4).

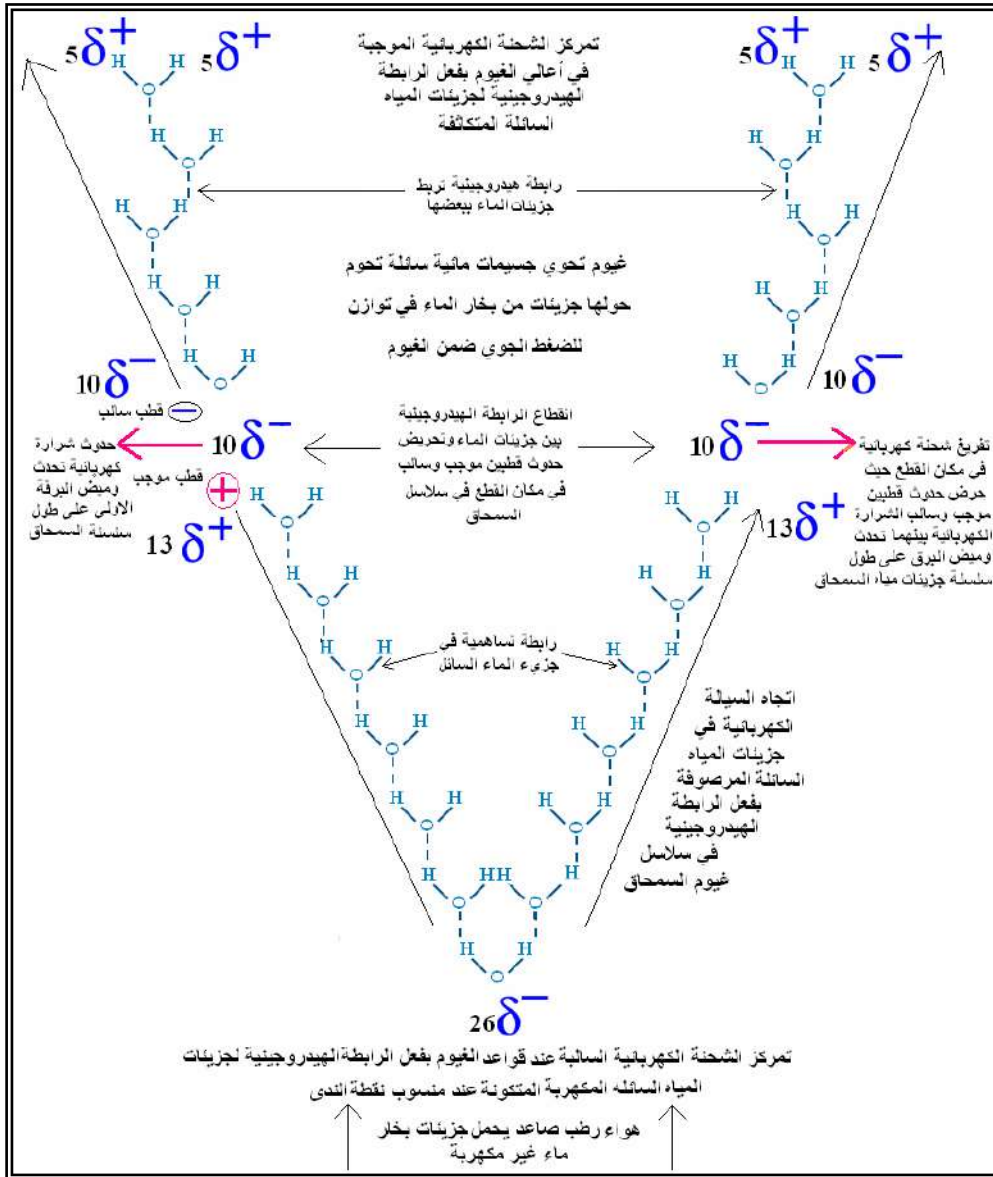
**4-** في الغيوم التي تحوي طوري البخار والماء فإن جزيئات البخار الساعية للتكاثف تحوم كالنحلة حول جسيمات الماء المتكاثفة في سلاسل غيوم السمحاق وعلى طولها حين تتخلص من الطاقة لكي تتكاثف وترتبط برابطتها الهيدروجينية في المكان المناسب لها من السلسلة، بحيث تتكاثف الجزيئات وتنضم للسلسلة الجزئية تلو الآخر في طابور منظم، وهذه العملية الفيزيائية تتم بهدوء ما دامت حرارة الأجواء فوق  $4^{\circ}\text{C}$ ، أي في المناسيب الأدنى من ذلك، وفي غالب هذه الأجواء لا يحدث البرق في مثل هذه الغيوم لكون، على ما يبدو، أن الطاقة المفرغة من جزيئات بخار الماء الكبيرة تحدث بشكل متتابع الجزئية تلو الآخر وبهدوء بحيث تتولد منها بالتتابع جزيئات مياه سائلة صغيرة جداً، مما ينتج طاقة فائضة كبيرة، يطلق عليها اسم حرارة التكاثف، تصرف على هيئة طاقة حركية تنشط عملية انتفاخ الغيوم المترجمة في حركة صعود الهواء والرطوبة نحو الكثافة الموافقة لدرجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$  في الأعلى، وطالما لا يوجد مسبب لقطع سلاسل جسيمات مياه السمحاق فلا يلاحظ البرق في أجواء تلك الغيوم الحاوية طوري بخار الماء والماء السائل في المستويات الدنيا من الأجواء التي لم تصل فيها رؤوس الغيوم لمناسيب نقطة التجمد، التي تبدأ عندها آليات تكاثف بلورات الثلج الكبيرة نسبياً مقارنةً مع جزيئات الماء السائل الأصغر في الحجم، والتي تتكون الوحدة البنائية الأساسية لها من ترابط ست جزيئات ماء سائل متكاثفة متصلة لتكوين جزئ من الثلج تربط جزيئاته ببعضها الرابطة الهيدروجينية، والبلورة الواحدة من الثلج تتكون من عدد كبير

من الجزئيات البدائية أو الوحدات البنائية الأساسية للبلورة، شكل (8)، والتي يتطلب تكوينها طاقة إضافية لا يمكن الحصول عليها إلا عن طريق البرق الذي يحصل إما عند انفصال بلورة الثلج الكبيرة من سلسلة جسيمات مياه السمحاق والتي تؤدي لقطعها فتحدث برقة أولى، وتليها برقة ثانية تنتج من تفريغ كبير للطاقة من عدد كبير من جزئيات البخار التي تتكاثف في مرة واحدة لترميم سلسلة السمحاق، المقطوعة في الومضة الأولى، بجزئيات وجسيمات جديدة من المياه السائلة.

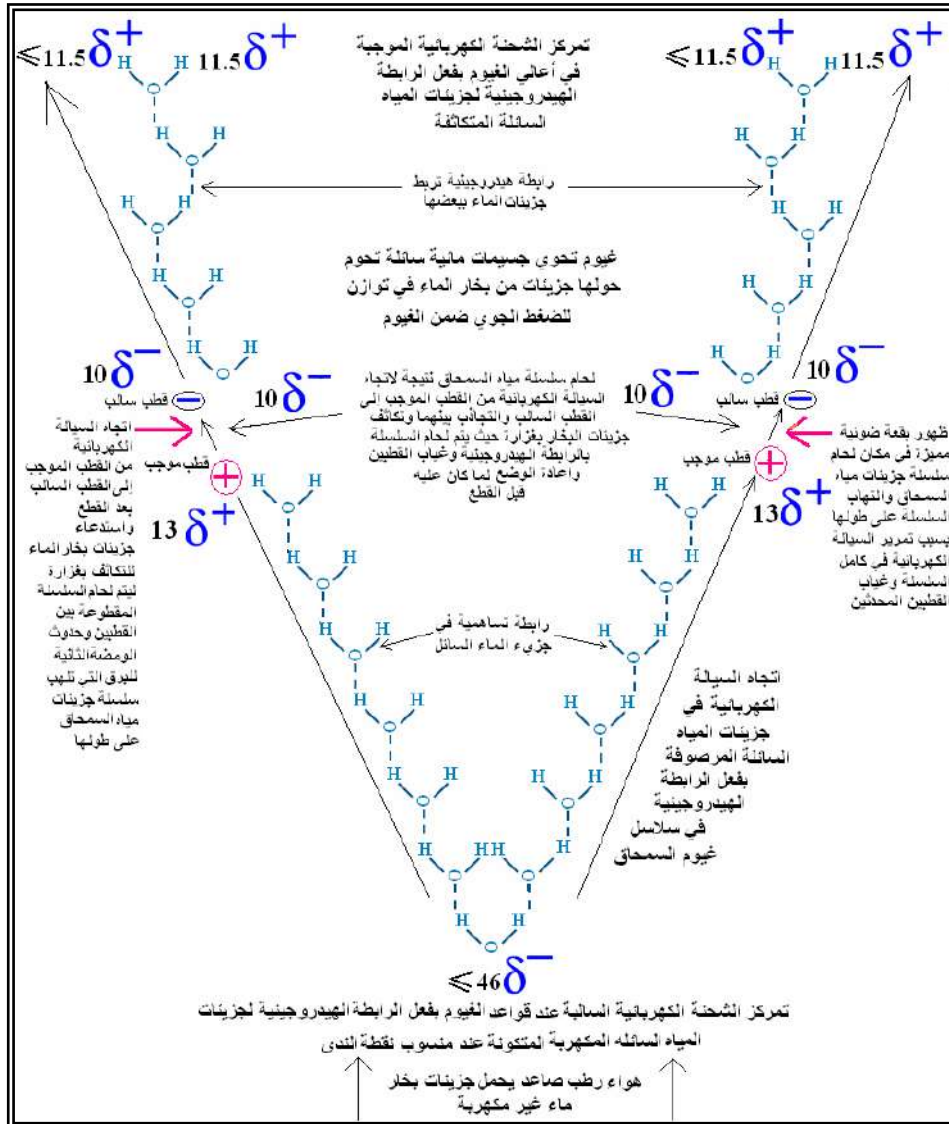
لتوضيح فكرة نشوء البرق من قطع خيوط أو سلاسل شبكات السمحاق الشبيهة نوعاً ما لخيوط القماش أو النسيج التي عند شدها من طرفيها تمنع طاقة تماسكها من قطعها، وفي حال انقطع الخيط بتأثير الشد عليه من الطرفين فإن الخيط يصدر صوتاً من مكان قطعه وهذا الصوت ناتج عن تحرير طاقة تماسكه فجأة التي تتفرغ مرة واحدة من طرفي الخيط نحو مكان القطع الذي حدث. وسلسلة جسيمات ماء السمحاق، الشبيهة إلى حد ما بالخيط المنسوج، تتركز في أحد طرفيها الشحنة الموجبة وفي طرفها الآخر تتركز الشحنة السالبة، السيالة الكهربائية الساكنة فيها تتجه من الطرف السالب نحو الطرف الموجب، تماماً كالبطارية الكهربائية، وفي مكان قطع السلسلة تتعرض شحنتان مختلفتان عند طرفي مكان القطع؛ إحداهما موجبة تقع في جهة الطرف السالب من السلسلة، والأخرى السالبة تقع في جهة الطرف الموجب من الطرف الآخر للسلسلة، التفريق بينهما يحدث الصوت والبرقة الأولى في مكان القطع بنتيجة خلق قطبين موجب وسالب متقابلين في مكان القطع شكل (6) وصور (1، 2، 4) ولوحات (من 1 إلى 4)، كما يحدث تماماً عند قطع السلك الكهربائي لبطارية السيارة عندما تكون دارتها الكهربائية مغلقة.



شكل (5): توضيح لكيفية توزيع الشحنات الكهربائية في الغيوم التي يحدث فيها البرق، لتشابهها بالبطارية الكهربائية؛ حيث تتمركز فيها الشحنات الموجبة في أعلى الغيمة بينما تتمركز الشحنات السالبة في أسفل الغيمة، وذلك بفعل الروابط الهيدروجينية التي ترتبط بموجبها جزيئات أو جسيمات المياه السائلة على طول سلاسل السمحاق، من عمل الباحث.



شكل (6): توضيح كيفية تفريغ الشحنات الكهربائية وتحريض حدوث قطبين سالب وموجب في مكان قطع الرابطة الهيدروجينية في سلسلة السحاق، حيث تحدث البرقة الأولى في مكان انقطاع السلسلة، من عمل الباحث.



شكل (7): كيفية تمرير السلسلة الكهربائية من القطب الموجب نحو القطب السالب في السلسلة المقطوعة والمتجاذبة القطبين المحدثين بالتحريض، واستدعاء جزيئات بخار الماء للتكاثف بفزارة وحدوث البرقة الثانية التي تلهب السلسلة على طولها، ليتم لحام السلسلة حيث تظهر البقع الضوئية المتوهجة في مكان لحام سلسلة جزيئات أو جسيمات مياه سلسلة السحاق، من عمل الباحث.

عند لحام السلسلة المقطوعة حيث تتجه السيالة الكهربائية من القطب الموجب نحو القطب السالب فيحدث تجاذب في ما بين طرفي السلسلة في مكان القطع، وتتكاثر جزيئات البخار التي تتخلص من طاقتها الحرارية الكامنة بحيث تصطف بفعل ظهور كهربائيتها من جديد عند القطبين المتقابلين لمكان القطع؛ فشحناتها السالبة تصطف ملتصقة بالقطب الموجب، وشحناتها الموجبة تصطف ملتصقة بالقطب السالب لمكان قطع السلسلة، مما يجعل منها نقطة اتصال كهربائي للقطبين ببعضهما، على غرار وصل قطبي بطارية السيارة ببعضهما بسلك نحاسي، والذي نسمعه يصدر صوت ويتوهج حتى الانصهار أحياناً، فتحدث الصوت والومضة الثانية التي تلغي دور القطبين المحدثين عند القطع فتتابع السيالة الكهربائية اتجاهها من الطرف السالب نحو الطرف الموجب في السلسلة الملتحم طرفاها ببعضهما، وتنشأ في مكان التحامهما عقدة ضوئية في السلسلة الملتحمة يفوق نورها وتوهجها باقي السلسلة، شكل (7) صور (1، 3، 5) ولوحات (من 1 إلى 4)، لذلك نرى وميض البرق متلاحق الومضة تلو الأخرى، كما نسمع صوت الرعد متتابع أيضاً بما يسمى أو يقال لعلعة الرعد.

ولا ننسى أن البرق يحدث عندما يتلاقى أو يتقابل طرفا سلسلتي سمحاق مختلفتين بالشحنة مع بعضهما، وفي أحيان نرى وميض من البرق حلقي مغلق بما يدل على أن طوفي سلسلة السمحاق الواحدة قد تلاقيا مع بعضهما بما يعطى المظهر الحلقي المغلق لبعض البرق الظاهر بالصور (1 و 2) وباللوحات (2 و 3).

**5-** الثلج عازل كهربائياً وغير موصل للكهرباء لكن جزيء الثلج شبيه بجزيء الماء من حيث تركز فائض من الشحنة الكهربائية السالبة على ذرة الأوكسجين وفائض من الشحنة الموجبة على ذرة الهيدروجين، والثلج يتبلور في النظام السداسي عند نقطة التجمد الموافقة  $0^{\circ}\text{C}$  في

أجواء الغيوم، حيث تتحول جزيئات الماء السائل في جسيمات سلاسل غيوم السمحاق لجزيئات ثلج بلورية صلبة بما يتطلب تغيير انتظام رصف الجزيئات المائية السائلة الصغيرة في سلاسل تكاثف السمحاق من جهة، وزيادة حجم جزيئات الثلج المتبلور عن حجم جزيئات الماء السائل والمترجم بتناقص كثافة الثلج عن كثافة الماء السائل من جهة ثانية، وحتى تصل جزيئات الماء لدرجة  $0^{\circ}\text{C}$  لا بد لها من أن تتخطى درجة  $4^{\circ}\text{C}$  التي تصبح عندها كثافة الماء السائل أكبر ما يمكن لأن جزيء الماء يملك أصغر حجم له عند هذه الدرجة من الحرارة، وهذا ينبىء بأن الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء السائل عند هذه الدرجة من الحرارة تكون أقوى ما يمكن، وفيما دون ذلك من الحرارة يتمدد جزيء الماء مخفضاً من كثافته تدريجياً كلما اقترب من درجة  $0^{\circ}\text{C}$ ، وفيما بين  $4^{\circ}\text{C}$  ودرجة حرارة  $0^{\circ}\text{C}$  لا بد من المرور عند درجة الحرارة  $0.01^{\circ}\text{C}$  التي عندها يبدأ يتبلور الثلج لتجتمع في هواء الغيوم الأطوار الثلاثة من بخار الماء وسلاسل الجسيمات المائية السائلة من السمحاق وبلورات الثلج الصلبة ذات الكثافة المنخفضة، والتي تكون في بداية طور تكوينها، الذي يتطلب طاقة تسمح للماء بالتمدد على حسابها حتى يصبح ثلجاً، ولا يمكن لطور صلب أن يتكون إلا على حساب طور آخر سائل سابق له في التكاثر، فحتى يتبلور الثلج في أي مكان تتصلب فيه جسيمات الماء من سلسلة السمحاق يعني قطع السلسلة هناك أي قطع الاتصال الكهربائي في السلسلة الشبيهة بالسلك الكهربائي، لكون جزيئات الثلج ذات الخاصية الثنائية القطبية الكهربائية برابطتها الهيدروجينية تميل للاتصال ببعضها لتتبلور وفق نظام سداسي لا يتفق مع النسج التسلسلي الخطي لجسيمات السمحاق المائية من جهة، ولكون كثافة بلورات الثلج صغيرة تتأثر بيسر في حركة تيار الهواء الصاعد في الغيمة فتتجرف معه بسهولة حيث يتوجه مما لا يسمح لها بالاستقرار في مكان نشوئها من السلسلة من جهة ثانية، مما يؤدي لخروجها



من موضع تبلورها من سلسلة جسيمات السمحاق التي نشأت منها، وذلك يحدث قطع في سلسلة السمحاق ينتج عنه تفريغ شحنة كهربائية على هيئة ومضة برق تمد الجو بالطاقة التي تساعد في تزايد وتطور تبلور الثلج، ثم إن نقصان جسيمات الماء السائل لصالح تبلور الثلج على طول سلاسل جسيمات ماء السمحاق تجعل جزئيات بخار الماء التي تحوم في توازن حولها، في ظل جو بارد قريب جداً من نقطة التجمد، تجبر على تفريغ طاقتها الكامنة لملايين الجزئيات مرة واحدة لتتكاثر على طول سلسلة السمحاق من الجسيمات المائية حتى تعيد ترميمها من جديد فتحدث أيضاً رعدة وومضة برق شبيهة بومضة برق اللحام الكهربائي على طول سلسلة السمحاق المتفرعة والتي يرسم وميض البرق شكلها لحدوثه على طول فروعها، الصورتان (5 و6)، لوحة (4).

فالبرق الناتج بين السماء والأرض ناتج بفعل رابطة هيدروجينية تربط أحد سلاسل السمحاق بأي جسم على الأرض يحوي رطوبة تتمتع برابطة هيدروجينية، وفي أحيان نسمع أن أحداً ما صعقه البرق لكون شعر الإنسان من أكثر المواد الطبيعية تمسكاً وتأثراً بالرطوبة التي تكون لها بنية الشعرة أفضل سبيل ترصف عليه الجسيمات المائية بروابطها الهيدروجينية، كما أن المعادن تتكاثر عليها الرطوبة الجوية بسهولة في الجو البارد، لذلك صنعت موانع الصواعق منها، كما أن البرق الحاصل بين أكثر من غيمة ناتج عن تمدد جسور من سلاسل السمحاق، التي تتقابل أطرافها المختلفة الشحنات، بين تلك الغيوم.

ثم إن توزيع الثلج في مكونات الغيمة قد يحرض على حدوث البرق، سواء بفعل السقوط على الأرض أو بفعل التيارات الهابطة والصاعدة في الغيوم حينما تقطع حبات الثلج أو البرد في طريقها سلاسل السمحاق المتصلة.

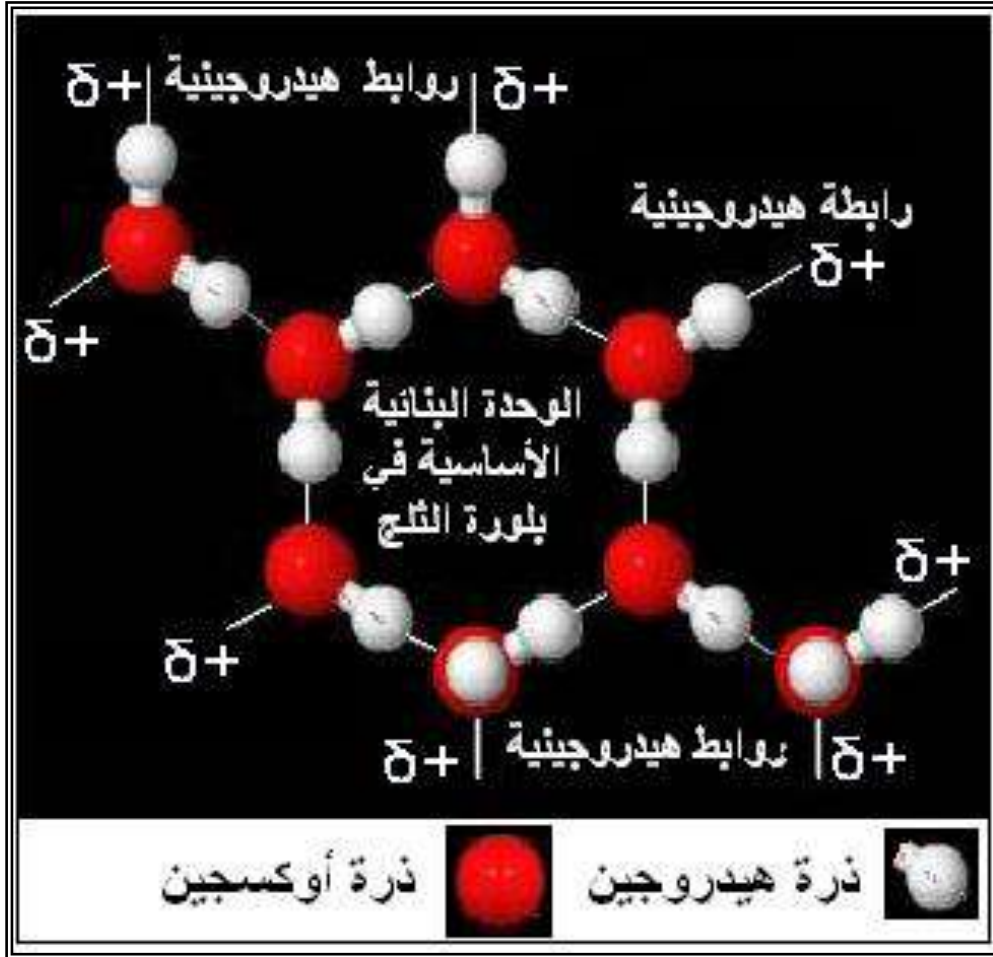
إن كيفية وجود سلسلة السمحاق وتنظيمها في الغيوم يحدد أحياناً شكل وميض البرق الذي يحدث على طول تلك السلاسل، فعلى سبيل المثال؛ إذا كان جذع السلسلة في الأعلى وفروع السلسلة متدلية نحو الأسفل نرى الوميض المتحد حول الجذع في الأعلى والوميض المتفرع بالأسفل حيث تتدلى فروع السلسلة، لوحة (4).

### مصدر الشحنات الكهربائية الموجبة في أعلى الغيوم:

نسمع أن الشحنات الكهربائية الموجبة تتركز في أعالي الغيوم قبل حدوث البرق وذلك مبني على تصور وجود أيونات غريبة موجبة في الأعلى كالملوثات للهواء، وهذا الرأي ليس بالسديد لكون الرطوبة الجوية الصاعدة من الأسفل للأعلى أو القادمة أفقياً مع الرياح السائدة تغسل الأجواء وتنظفها وتعديل كهربائيتها إن كانت موجودة، لأن أغلب المواد الملوثة للهواء تنحل برطوبة الجو أو تسقط مع مياه الأمطار، لذلك من المفروض البحث عن أسباب منطقية جوهرية علمية تبين سبب تركز الشحنات الموجبة في أعلى الغيوم التي تتكون أصلاً من الرطوبة الحاملة للشحنات الكهربائية السالبة والموجبة، فجزئ الماء الكهروسلي المكهرب؛ المتكون من هيدروجينين عليهما فائضان من الشحنة الموجبة يعدان الجزء الخفيف من جزئ الماء، وزن الواحد منهما يساوي 1 غ/مول ماء، وذرة الأوكسجين الحامل لفائضين من الشحنة السالبة يعد الأثقل من جزئ الماء، 16 غ/مول ماء، ولاحظنا منذ بداية التكاثر عند منسوب نقطة الندى وحتى تطور الغيوم العمودية بأن الغيمة تتطور من الأسفل نحو الأعلى لماذا؟ لأن جزئ الماء المتكون من أوكسجين ثقيل في المركز ويرتبط به برياط وثيق هيدروجينان خفيفان نسبياً، بحيث تكون الزاوية بين رابطتي الهيدروجينين مع الأوكسجين في جزئ الماء تساوي 104.45° ويحتل الأوكسجين رأس الزاوية ويملاً الفراغ بينهما، شكل (1)، وعليه يمكن التنبؤ بأن الهيدروجين ذو فائض الشحنة الموجبة الخفيف يرتكز أو يركب على

الأوكسجين الثقيل عند وجود جزئيء الماء في الهواء، كالراكب الخفيف على الراحلة الثقيلة، لذلك يكون الهيدروجينان الحاملان لفائض الشحنة الموجبة دوماً في القسم العلوي من جزئيء الماء في الحالة العادية عند الاستقرار، لذلك تبنى سلسلة السمحاق من أسفل للأعلى بحيث ينضم جزئيء الماء المتكاثف الجديد برابطة فائض شحنة أوكسجين علوية للجزئيء الجديد إلى رابطة شحنة هيدروجين سفلية للجزئيء القديم السابق له بالتكاثف، وهذا الوضع طبيعي لكون جزئيات البخار تعلقو السطح السائل لجسيمات الماء في الغيمة، وهكذا باستمرار عملية التكاثف لسلاسل السمحاق على ارتفاع الغيمة التي يزداد فيها تركيز فائض الشحنة الهيدروجينية الموجبة في الأعلى كلما تطورت، في حين يتركز فائض الشحنة الأوكسجينية السالبة في أسفل الغيمة، وتيارات الهواء في الغيمة هي التي يمكن أن تغير أو تلعب بهذا الترتيب، أشكال (5 و 6 و 7 و 8).

ثم إن الثلج يتكون في أعلى الغيوم حيث تسمح الظروف الباردة بتبلوره، والثلج عند تبلوره بالنظام السداسي يكون جزئيء الثلج متعادل كهربائياً من الداخل، والشواذ الكهربائي الذي يتمتع به يتمثل بستة فوائض من شحنات هيدروجينية موجبة تمتلكها ستة روابط هيدروجينية تحتل رؤوس زوايا الشكل السداسي لبلورة الثلج الأولية، الوحدة البنائية الأساسية، التي تنمو وتتطور بضم الأوكسجينات الجديدة للروابط الهيدروجينية السابقة في التبلور، بحيث تبقى فوائض شحنات الهيدروجين حرةً تنتظر قدوم أوكسجينات لجزئيات ماء متصلبة أو لجزئيات ثلج لترتبط بها، وعليه ففي حالي التكاثف للماء السائل أو للثلج المتبلور تتوفر الشحنات الموجبة في أعلى الغيوم من المصدر المائي الجوي، وعليه فليس من المستغرب تشبيه الغيمة ببطارية قطبها السالب عند قاعدتها وقطبها الموجب عند قمته، شكل (8).



شكل (8): توضيح كيفية ارتباط جزيئات الماء الصلب في الوحدات البنائية الأساسية لبلورات الثلج، كل وحدة بنائية أساسية في بلورة الثلج تتكون من ست جزيئات ماء صلب، والوحدات البنائية لبلورات الثلج تربطها ببعضها الروابط الهيدروجينية، عن Johnathan English، بتصريف من الباحث.

## تطور آليات التكاثف عند مختلف المناسيب في الأجواء مع تغير الضغط الجوي وفروق الكثافة ما بين الهواء الرطب والهواء الجاف

يتناول الكتاب حالة افتراضية لهواء يتزود من سطح ماء البحر برطوبة مطلقة تعادل 1مول/1م<sup>3</sup> من الهواء الرطب، أي 18 غ من بخار الماء في حجم 1م<sup>3</sup> من الهواء، بما يوافق رطوبة نسبية تعادل 18 غ/م<sup>3</sup> ÷ 22.9 غ/م<sup>3</sup> × 100 = 78.6%، حيث تمثل القيمة 22.9 غ/م<sup>3</sup> رطوبة إشباع الهواء، (علي حسن موسى، 1988، ص. 91)، عند منسوب سطح البحر في ظل ظروف ضغط جوي نظامي يساوي 1013.3 ملي بار، ودرجة حرارة عند سطح البحر تساوي 25°م، وحالة هدوء أو سكون للرياح الأفقية، بحيث يتحكم بحركة الهواء فروق الضغط وفروق الكثافة ما بين أسفل وأعلى الأجواء، التي افترض تناقص درجة الحرارة فيها مع تزايد الارتفاع بما يعادل 0.56°م/100م ارتفاع، (Al Hanafi M. G., 1995)، وتم فيها دراسة تناقص الضغط الجوي مع الارتفاع بمساعدة مراجع علمية مثل (Glenn T. Trewartha, 1968, p. 63) و (Y. A. Cengel, 2004, p. 117) و (حسن سيد أبو العينين، 1985، ص. 151)، إذ يقدر Cengel الضغط الجوي عند ارتفاع 1000م فوق سطح البحر بنحو 895.5 ملي بار، وعند ارتفاع 2000م بنحو 795 ملي بار، وعند ارتفاع 5000م بحوالي 540.5 ملي بار وذلك عندما توافقت قيمة الضغط الجوي 1013.3 ملي بار عند منسوب سطح البحر، وبحسب سيد أبو العينين فالضغط الجوي يساوي 696.94 ملي بار عند ارتفاع 3048م المساوي لحوالي 10000 قدم، في حين يقدر Trewartha انخفاض الضغط الجوي عند ارتفاع 18000 قدم، أي ما يعادل 5486م فوق منسوب سطح

البحر إلى 506.65 ملي بار، أي إلى نصف قيمة الضغط الجوي المطبق على سطح البحر البالغة 1013.3 ملي بار، وعلى أساس ذلك حسب الباحث قيم الضغط الجوي عند ارتفاعات 3000 م و 4000 م و 4500 م وعند المناسيب المختلفة المبينة في الشكل (4)، وقد حسبت الكثافة للهواء الجاف وللحواء الرطب بطريقة التناسب مع تناقص الضغط الجوي مع الارتفاع والمقارنة بينهما، شكل (4).

**تطور آليات التكاثر مع تناقص الضغط الجوي ودرجة حرارة مناسيب الأجواء وتغير التركيب الحجمي والوزني وفروق الكثافة ما بين الهواء الجاف والهواء الرطب**

لقد درست إذن حالة لوجود 1 م<sup>3</sup> من الهواء الجاف يقابله 1 م<sup>3</sup> من هواء رطب بنحو 18 غ من بخار الماء عند منسوب سطح البحر، كما حسبت تغيرات التركيب الغازي وتغيرات الكثافة لكل من الحجمين من الهوائين عند مختلف المناسيب، وتطور عملية التكاثر ما بين سطح البحر ومنسوب نقطة التجمد حتى الهطول كما توضحه المخططات الحسابية التي تستند بياناتها لمعطيات الشكل (4)، أشكال (من 9 إلى 16):

**1- في الشكل (9) يتبين الفرق في التركيب الحجمي والوزني ما بين 1 م<sup>3</sup> من الهواء الجاف و 1 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب المحمل بجوالي 1 مول، أي 18 غ، من بخار الماء، أي ما يعادل رطوبة نسبية قدرها 78.6% عند سطح البحر بسيادة ضغط جوي قدره 1013.3 ملي بار، ودرجة حرارة تساوي 25°م، ومن الحساب تبين أن بخار الماء الذي يحتل من حجم الهواء الرطب مول واحد أي 22.4 لتر/م<sup>3</sup> على حساب نقص حجم الغازين الرئيسيين للهواء من الأوكسجين والنيتروجين بالقيمة نفسها مما يجعل مجموع حجميهما مساوياً 43.64 مول/م<sup>3</sup>.**

<p>يبلغ منسوب 71.61 م صعود بمقدار 71.61 م هواء رطب بصوي 18 غ بخار ماء/م<sup>3</sup> هواء = 18 غ بخار ماء = 1مول بخار = 22.4 لتر بخار = الجزءية غرامس 1000 لتر هواء = 22.4 لتر بخار = 977.6 لتر هواء = 43.64 مول هواء 43.64 مول هواء = 5 ÷ 4 × 34.914 مول N<sub>2</sub> 977.592 = N<sub>2</sub> مول/غ × 28 × ] - N<sub>2</sub> مول 34.914 782.08 = N<sub>2</sub> لتر/مول × 22.4 × 43.64 مول هواء = 5 ÷ 1 × 8.728 مول O<sub>2</sub> 279.296 = O<sub>2</sub> مول/غ × 32 × ] - O<sub>2</sub> مول 8.728 195.705 = O<sub>2</sub> لتر/مول × 22.4 × كثافة الهواء الرطب 1274.888 غ/م<sup>3</sup></p>	<p>الهواء الرطب غير مشبع بالرطوبة متر مكعب هواء جاف = 1000 لتر غازات ÷ 22.4 لتر/مول = 44.64 مول هواء 44.64 مول هواء = 5 ÷ 4 × 35.712 مول N<sub>2</sub> 999.936 = N<sub>2</sub> مول/غ × 28 × ] - N<sub>2</sub> مول 35.712 799.95 = N<sub>2</sub> لتر/مول × 22.4 × 44.64 مول هواء = 5 ÷ 1 × 8.928 مول O<sub>2</sub> 285.696 = O<sub>2</sub> مول/غ × 32 × ] - O<sub>2</sub> مول 8.928 199.987 = O<sub>2</sub> لتر/مول × 22.4 × كثافة الهواء الجاف 1285.632 غ/م<sup>3</sup></p>
---	---

شكل (9): مقارنة التركيب الوزني والحجمي لمحتوى متر مكعب من الهواء الجاف ومحتوي متر مكعب مجاور من الهواء الرطب بنحو 18 غ من بخار الماء عند منسوب سطح البحر، تحت تأثير ضغط جوي يبلغ 1013.3 مللي بار و 25°م، ومقدار صعود الهواء الرطب فوق منسوب الهواء الجاف بنتيجة فرق الكثافة، من عمل الباحث.

مما يؤدي لتناقص كثافة الهواء الرطب، لنحو 1274.888 غ/م<sup>3</sup>، بالمقارنة بكثافة الهواء الجاف المجاور البالغة 1285.632 غ/م<sup>3</sup>، بمقدار 10.744 غ/م<sup>3</sup>، مما يجعل الهواء الرطب أخف كثافة تدفعه للصعود نحو الأعلى بمقدار 71.61م ليحاور الهواء الجاف ذا الكثافة 1274.888 عند ذلك المنسوب، إن الرطوبة النوعية للهواء المعرفة بأنها تساوي وزن بخار الماء بالغرام في وزن 1 كغ من الهواء الرطب؛ أي أنها تبلغ في هذه الحالة: 18 غ بخار/1.2748 كغ = 0.0141، أي أن كل 1000 غ من الهواء الرطب يحوي 14.1 غ من بخار الماء عند سطح البحر.

2- عند المنسوب الجديد 71.61م، الذي يستقر عنده الهواء الجاف تحت ظروف الكثافة 1274.888 غ/م<sup>3</sup> والضغط الجوي الموافق، يتمدد المتر المكعب من الهواء الجاف بمقدار 8.376 لتر تخرج من حجم المتر المكعب من الهواء ليصبح حجم غازي الأوكسجين والنيتروجين معاً مساوياً 991.624 لتر بدل من 1000 لتر في المتر المكعب من الهواء الجاف الأولي عند الشروط النظامية عند مستوى سطح البحر، وبالقيمة نفسها تتمدد غازات الهواء الرطب من الأوكسجين والنيتروجين مع محافظة الهواء الرطب على القيمة الأولية من بخار الماء، مما يجعل الهواء الرطب عند هذا المنسوب الجديد أقل كثافة من ما يجاوره من هواء جاف فيبقى ساعياً بالصعود نحو الأعلى بمقدار 72م بنتيجة فرق الكثافة مع الهواء الجاف المجاور طامحاً الوصول لمنسوب 143.61م. إن الرطوبة النوعية تصبح 18 غ/1.264 كغ = 0.01424، أي أن كل 1000 غ من الهواء تحوي 14.24 غ من الرطوبة المتمثلة بالبخار، شكل (10).



<p>بليغ منسوب 143.61 م صعود بمقدار 72 م</p> <p>هواء رطب يعوي 18 غ بخلر ماء /م<sup>3</sup> هواء 18 غ بخلر = 1مول بخلر ماء = 22.4 لتر 991.62 لتر هواء = 22.4 لتر بخلر = 969.22 لتر هواء 969.22 لتر هواء = 5 ÷ 4 × 75.376 = 22.4 لتر /مول 34.615 مول N<sub>2</sub> × 28 غ /مول = 969.22 لتر 969.22 لتر هواء = 5 ÷ 1 × 193.84 = 22.4 لتر /مول 8.654 مول O<sub>2</sub> × 32 غ /مول = 276.928 غ /لتر كثافة الهواء الرطب = 1264.148 غ ÷ 991.62 لتر = 1.2748 غ /لتر بالنتيجة تمدد الهواء الرطب بمقدار 8.38 لتر /م<sup>3</sup> / 71.61 م</p>	<p>الهواء الرطب غير مشبع بالرطوبة</p> <p>كثافة الهواء الجاف عند منسوب 71.61 م = 1274.888 غ /م<sup>3</sup> = 1274.888 غ × 77.8% = 991.862 غ ÷ N<sub>2</sub> + 28 غ /مول = 35.424 مول N<sub>2</sub> × 22.4 لتر /مول = 793.5 لتر 1274.888 غ × 22.2% = 283.025 غ ÷ O<sub>2</sub> = 32 غ /مول = 8.845 مول O<sub>2</sub> × 22.4 لتر /مول = 198.128 لتر الكثافة الكلية = 1274.888 غ بخلر + 991.624 لتر = 1.2854 غ /لتر بالنتيجة تمدد العنصر المكعب من الهواء الجاف بمقدار 1000 - 1274.888 = 725.112 لتر /م<sup>3</sup> / 71.61 م</p>
---	---

شكل (10): مقارنة فرق الكثافة ما بين 1 م<sup>3</sup> من الهواء الجاف و 1 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب عند منسوب 71.61 م فوق سطح البحر، بدلالة التركيب الغازي الموحد لاختلاف الوزن بفعل اختلاف محتوى كل من الحجمين من الغازات ومقدار صعود الهواء الرطب فوق منسوب الهواء الجاف بمقدار 72 م بتأثير فروق الكثافة والضغط الجوي ودرجة الحرارة بين المنسوبين، من عمل الباحث.

3- عند بلوغ الهواء الرطب لمنسوب 143.61م الذي يوافق كثافة الهواء الجفاف الجاور 1264.148 غ/م<sup>3</sup>، تكون قد تمددت غازاته الرئيسية من الأوكسجين والنيتروجين بمقدار 16.66 لتر/م<sup>3</sup> تخرج من حجم المتر المكعب الجديد من الهواء مع ثبات محتواه من الرطوبة، مما يؤدي لنقصان كثافته لحوالي 1253.378 غ/م<sup>3</sup> مما يجرّضه على الصعود من جديد نحو منسوب أعلى بمقدار 72م طامحاً لبلوغ منسوب 215.61م، شكل (11).

وهكذا يسعى الهواء الرطب في حركة صاعدة مستمرة نحو الأعلى ما دامت الكثافة في تناقص مستمر بتأثير تزايد برودة الأجواء وتناقص الضغط الجوي كلما تزايد الارتفاع باضطراب عن سطح البحر، ليلبغ الهواء منسوب نقطة الندى التي يتكاثف عندها بخار الماء عندما يصبح مشبعاً بالرطوبة أي عند بلوغ رطوبته النسبة 100% الموافقة لرطوبة مطلقة تقارب 17.3 غ بخار ماء/م<sup>3</sup> من الهواء الرطب عند درجة حرارة 20<sup>0</sup>م، (علي حسن موسى، 1988، ص. 91) و(محمد أحمد النطاح، 1990، ص. 97)، حيث تبدأ تتكاثف الرطوبة الجوية معلنةً بداية تشكل الغيوم التي تستقر قواعدها عند ذلك المنسوب المقدر في هذا المثال بنحو 893م. إن الرطوبة النوعية للهواء تصبح 18 غ/1.253 كغ=0.01436، أي أن كل 1000 غ من الهواء يحمل 14.36 غ من بخار الماء.

<p>يلتوُح منسوب 215.61م صعود بمقدار 72م</p> <p>هواء رطب يحتوي 18 غ بخار ماء /م<sup>3</sup> هواء 18 غ بخار = 1مول بخار ماء = 22.4 لتر بخار 43.893 مول هواء - 1مول بخار = 42.895 مول هواء 42.895 مول هواء <math>\times 4 = 5 \div 4 = 34.316</math> مول N<sub>2</sub> 34.316 مول N<sub>2</sub> <math>\times 28</math> غ/مول = 960.848 غ N<sub>2</sub> 42.895 مول هواء <math>\times 22.4</math> لتر/مول = 968.674 لتر N<sub>2</sub> 42.895 مول هواء <math>\times 1 = 5 \div 1 = 8.579</math> مول O<sub>2</sub> 8.579 مول O<sub>2</sub> <math>\times 32</math> غ/مول = 274.53 غ O<sub>2</sub> 192.17 لتر = 22.4 <math>\times</math> 8.579 كثافة الهواء الرطب 1253.378 غ <math>\div</math> 983.24 لتر = 1.2748 غ/لتر بالنتيجة تعدد الهواء بمقدار 16.66 لتر /م<sup>3</sup> 143.61م</p>	<p>الهواء الرطب غير مشبع بالطوبة</p> <p>1264.148 غ هواء جاف /م<sup>3</sup> 1264.148 غ <math>\times 77.8\% = 983.5</math> غ N<sub>2</sub> <math>\div 28</math> غ/مول = 35.125 مول N<sub>2</sub> <math>\times 22.4</math> لتر/مول = 786.89 لتر N<sub>2</sub> 1264.148 غ <math>\times 22.2\% = 280.64</math> غ O<sub>2</sub> <math>\div 32</math> غ/مول = 8.77 مول O<sub>2</sub> <math>\times 22.4</math> لتر/مول = 196.45 لتر O<sub>2</sub> كثافة الهواء الجاف 1264.14 غ <math>\div</math> 983.34 لتر = 1.285 غ/لتر حجم مقل مكعب هواء 43.893 مول بالنتيجة تعدد الهواء بمقدار 16.66 لتر /م<sup>3</sup> 143.61م</p>
<p>شكل (11): صعود الهواء الرطب، 18 غ/م<sup>3</sup>، فوق منسوب الهواء الجاف المساوي له بالكثافة بمقدار 72م عندما يتجاوز ان بالمنسوب بنتيجة تعدد الغازات الرئيسية للهواء، بمقدار 16.66 لتر عند منسوب 143.61م، ومن ثم نقصان كثافة الهواء الرطب عن كثافة الهواء الجاف، من عمل الباحث.</p>	

4- عند منسوب 893م، شكل (12)، يصبح الهواء مشبعاً بالرطوبة عند بلوغه درجة حرارة تقارب 20°م، حيث تبلغ كثافة الماء نحو 0.9982063 غ/سم<sup>3</sup>، (David R. Lide, 2004, ) (5-6)، بحيث تبلغ كمية استيعاب الهواء للرطوبة المتمثلة ببخار الماء نحو 17.3 غ/م<sup>3</sup> من الهواء الرطب، وعليه فإن نحو 0.7 غ من بخار الماء تتكاثف وتتحول لجزيئات مائية تربط بينها الرابطة الهيدروجينية التي تجمعها على شكل جسيمات أو قطرات مائية صغيرة وخفيفة، بحيث يبقيا التيار الصاعد للهواء محمولة ومعلقة في الهواء ويعمل على رفعها نحو الأعلى مما يسمح للرابطة الهيدروجينية برصف وبنسج تلك الجسيمات مع بعضها على هيئة حزم خيطية متشعبة متفرعة تسمى غيوم السمحاق. وكلما تطور تكاثف البخار إلى ماء سائل كلما تطورت غيوم السمحاق إلى غيوم طبقية وإلى غيوم ركامية أو إلى خليط منهما بحسب تطور الحالة الجوية للطقس، وعليه فمكونات الغيوم فوق منسوب نقطة الندى تتكون من توازن طوري البخار الغازي والجسيمات المائية السائلة المعلقة، إن تمدد المتر المكعب من الهواء بمقدار 103.8ل/م<sup>3</sup> عند منسوب 893م يجعل حجم غازاته من الأوكسجين والنيتروجين بنفس المقدار تنزاح من حجم المتر المكعب، لكون حجم غازات الهواء المتزايدة في الكبر تحتل هذا الحجم من المتر المكعب المفترض، مما يجعل كثافة الهواء في تناقص، ثم إن تناقص الكثافة عند هذا المنسوب تجعل الهواء الرطب طامح للصعود بمقدار 64.34م ليبلغ منسوب 957.4م ليجاور الهواء الجاف ذا الكثافة 1142.537 غ/م<sup>3</sup>، وتناقص الكثافة عند المناسيب الجديدة تجعله في صعود مستمر نحو الأعلى.

<p>بلوغ منسوب 957.34م صعود بمقدار 64.34م</p> <p>متر مكعب هواء رطب كثافته 1142.537 غ = 0.7 غ ماء + (17.3) غ بخار = 21.528 لتر بخار ماء) = 18 غ ماء + بخار</p> <p>الوزن 1142.537 غ - 1142.537 غ بخار + ماء = 1124.537 غ هواء = 1124.537 غ <math>\times</math> 77.8% = 874.88 غ <math>N_2</math> + 28 غ/مول = <math>N_2</math> مول 31.246 = 22.4 لتر/مول = 699.9 لتر <math>N_2</math> = 1124.537 غ <math>\times</math> 22.2% = 249.6 غ <math>O_2</math> <math>\div</math> 32 غ/مول = 7.8 مول <math>O_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 174.75 لتر <math>O_2</math> حجم الهواء الرطب 699.9 لتر <math>N_2</math> + 174.75 لتر <math>O_2</math> = 21.528 لتر بخار ماء = 896.18 لتر بالتنتيجة تعدد الهواء الرطب 1000 لتر - 896.18 لتر = 103.82 لتر <math>m^3</math> عند 20 <math>^{\circ}C</math></p>	<p>الهواء الرطب مشبع بالرطوبة وبداية تتكاثف بخار الماء إلى ماء سائل وبداية تكوين غيوم مكونة من بخار وماء سائل فوق منسوب نقطة الندى</p> <p>1152.13 غ/ <math>m^3</math> هواء جاف = 1152.13 غ <math>\times</math> 77.8% = 896.36 غ <math>N_2</math> + 28 غ/مول = 32.01 مول <math>N_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 717.08 لتر <math>N_2</math> = 1152.13 غ <math>\times</math> 22.2% = 255.77 غ <math>O_2</math> <math>\div</math> 32 غ/مول = 7.993 مول <math>O_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 179.04 لتر <math>O_2</math> كثافة الهواء الجاف 1152.13 غ + 896.12 لتر = 1.2868 غ/لتر بالتنتيجة تعدد الهواء الجاف بمقدار 1000 لتر - 896.12 لتر = 103.88 لتر <math>m^3</math> عند 20 <math>^{\circ}C</math></p>
--	--

شكل (12): تمدد غازي الهواء من الأوكسجين والنيتروجين بمقدار 103.8 ل/  $m^3$  تخرج من حجم المتر المكعب من الهواء، المدروس في البداية، عند منسوب 893م الموافق لدرجة حرارة 20 $^{\circ}C$ ، حيث درجة اشباع الهواء بنحو 17.3 غ من بخار الماء، وتتناقص كثافة الهوائين الجاف والرطب لنحو 1152.13 غ/  $m^3$  و 1142.537 غ/  $m^3$  على التوالي بنتيجة تمدد الغازات الرئيسية المكونة للهواء، مما يدفع الهواء الرطب للصدود بمقدار 64.34م فوق الهواء الجاف المماثل له بالكثافة، من عمل الباحث.

الرطوبة النوعية تصبح:  $17.3 \text{ غ/كغ} = 1.1425$ ، ولو تجاوزنا تعريف الرطوبة النوعية بإضافة الجسيمات المائية السائلة المعلقة للرطوبة الغازية للهواء فإن نسبة محتوى الرطوبة الكلية في المتر المكعب ستساوي  $18 \text{ غ/كغ} = 1.1245$ ، أي أن كل 1000 غ من الهواء الرطب يصبح يحتوي على 16 غ رطوبة مؤلفة من البخار والماء السائل المعلق في الهواء.

5- عند بلوغ الهواء درجة حرارة  $10^\circ\text{م}$ ، شكل (13)، تصبح كثافة الماء تساوي  $0.9997021 \text{ غ/سم}^3$ ، (David R. Lide, 2004, 6-5)، وذلك عند منسوب 2679 م فوق سطح البحر حيث يشبع الهواء بالرطوبة المقدرة بنحو  $9.4 \text{ غ بخار/م}^3$  هواءً رطباً، (علي حسن موسى، 1988، ص. 91) و (محمد أحمد النطاح، 1990، ص. 97، يعتبر رطوبة الإشباع تساوي  $11 \text{ غ/م}^3$ )، تبلغ كثافة الهواء الجاف حوالي  $916.59 \text{ غ/م}^3$ ، في حين تبلغ كثافة الهواء الرطب نحو  $908.94 \text{ غ/م}^3$ ، بنتيجة خسارة المتر المكعب من الهواء نحو 288 لتر من غازي الأوكسجين والنيتروجين الناتجة عن تمدده بفعل تناقض درجة الحرارة والضغط الجوي مع تزايد الارتفاع، مما يجعله يسعى للصعود للأعلى بمقدار  $156.1 \text{ م}$  فوق الهواء الجاف ذي الكثافة المماثلة لكثافته نحو منسوب  $2835.1 \text{ م}$ . إن رطوبة الهواء النوعية تبلغ نحو:  $9.4 \text{ غ بخار/} 908.94 \text{ غ هواء} = 0.0103$ ، ونسبة محتوى الرطوبة الكلية في المتر المكعب تساوي  $18 \text{ غ بخار وماء سائل/} 908.94 \text{ غ هواءً رطباً} = 0.0198$ ، أي أن 1000 غ من الهواء الرطب الصاعد في الغيوم يحوي نحو  $19.8 \text{ غ رطوبة مكونة من بخار ماء غازي وجسيمات مائية سائلة}$ .

<p>يبلغ منسوب 1 2835 م صعود بمقدار 156.1 م</p> <p>908.94 غ هواء رطب 18 غ رطوبة = 9.4 غ بخار + 7.9 غ ماء + 0.7 غ ماء 8.6 غ ماء + 9.4 غ بخار 9.4 غ بخار = 11.698 لتر بخار ماء 9.4 - 908.94 = 899.54 غ هواء 899.54 غ <math>\times</math> 77.8% = 699.84 غ <math>N_2</math> ÷ 28 غ/مول = 24.99 مول <math>N_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 559.87 لتر <math>N_2</math> 899.54 غ <math>\times</math> 22.2% = 199.697 غ <math>O_2</math> ÷ 32 غ/مول = 6.34 مول <math>O_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 139.79 لتر <math>O_2</math> حجم الهواء الرطب 699.66 لتر 699.66 لتر هواء + 11.698 لتر بخار = 711.358 لتر هواء رطب بالنتيجة تمعد الهواء الرطب بمقدار 1000 لتر - 711.358 لتر هواء رطب = 288.642 لتر / 2679 م<sup>3</sup></p>	<p>الهواء المشبع بلرطوبة و تكوين الغيوم من طورى بخار الماء والماء السائل</p> <p>متى مكعب هواء جاف كثافته 916.59 غ/م<sup>3</sup> 916.59 غ <math>\times</math> 77.8% = 713.107 غ <math>N_2</math> ÷ 28 غ/مول = 25.468 مول <math>N_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 570.483 لتر <math>N_2</math> 916.59 غ <math>\times</math> 22.2% = 203.483 غ <math>O_2</math> ÷ 32 غ/مول = 6.359 مول <math>O_2</math> <math>\times</math> 22.4 لتر/مول = 142.44 لتر <math>O_2</math> 712.925 لتر هواء بالنتيجة تمعد الهواء الجاف بمقدار 1000 لتر - 712.925 لتر = 287.675 لتر / 2679 م<sup>3</sup></p>
--	--

شكل (13): التركيب الحجمي والوزني لحجم 1 م<sup>3</sup> من الهواء الجاف و 1 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب عند درجة حرارة 10 م<sup>0</sup> ومنسوب 2679 م فوق سطح البحر، حيث تتعدد غازات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين بمقدار يقارب 288 لتر تخرج من الحجم المدروس بداية عند سطح البحر، مما يؤدي لتقصان كثافة الهواء الجاف لنحو 916.59 غ/م<sup>3</sup> وتقصان كثافة الهواء الرطب لنحو 908.94 غ/م<sup>3</sup>، مما يدفع الهواء الرطب للصعود بمقدار 156.1 م فوق منسوب الهواء الجاف بفعل فرق الكثافة بينهما، من عمل الباحث.

6- عند بلوغ الهواء الرطب الصاعد في الغيوم لمنسوب 3750 فوق سطح البحر تنخفض درجة حرارة الأجواء لنحو 4°م، شكل (14)، حيث تبلغ جزيئات الماء الناتجة من التكاثف أصغر حجم لها، وعليه فإن كثافة الماء السائل تبلغ أكبر قيمة لها عند هذه الدرجة من الحرارة، والتي تقدر بنحو 0.99997 غ/سم<sup>3</sup>، (ويكيبيديا، الموسوعة الحرة،-صفحة بيانات الماء) والغيوم تتكون من طورَي البخار والماء السائل، ومن الحساب فإن كثافة الهواء الجاف عند هذا المنسوب تبلغ نحو 804.17 غ/م<sup>3</sup>، فيما؛ تبلغ كثافة الهواء الرطب نحو 797.468 غ/م<sup>3</sup>، ومن خلال العمليات الحسابية يبدو أن رطوبة إشباع الهواء تبلغ حوالي 4.66 غ بخار/م<sup>3</sup>، والهواء الجاف يتمدد عند هذا المنسوب بمقدار 374.53 لتر، ويقابله تمدد الهواء الرطب بمقدار 376.806 لتر بفارق 2.276 لتر والتي قد تكون ناتجة عن خطأ بتقدير وزن الرطوبة التي من المفروض أن تساوي 8.8055 لتر بخاراً بدل من 5.779 لتر بما يوافق وزن رطوبة من البخار تساوي 6.473 غ/م<sup>3</sup> بدل من 4.66 غ/م<sup>3</sup>، لأن أسباب التمدد الخاضعة له غازات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين واحدة بالنسبة للهوائين الجاف والرطب. إن نقصان كثافة الهواء الرطب بمقدار 6.702 غ/م<sup>3</sup> عن كثافة الهواء الجاف تجعله في حركة صاعدة ليعلوه بمقدار 60.17م حتى يبلغ منسوب 3810.17م فوق سطح البحر ليجاور الهواء الجاف ذا الكثافة المماثلة.

إن رطوبة الهواء النوعية تبلغ عند المنسوب المدروس حوالي 4.66 غ/797.468 غ = 0.0058 أي أن كل 1000 غ من هواء الغيوم يحوي 5.8 غ من بخار الماء، لكن نسبة محتوى الرطوبة الإجمالية في هواء الغيوم عند هذا المنسوب تساوي 18 غ بخار ماء غازي مع جسيمات مائية سائلة/797.468 غ هواء رطباً = 0.0226.



<p>بلوغ منسوب 3810.17 م صعود بمقدار 60.17 م</p> <p>هواء رطب 797.468 غ/م<sup>3</sup> 18 غ = 13.34 غ بخار + 4.66 غ بخار 4.66 غ بخار = 5.779 لتر بخار 797.468 غ - 4.66 غ بخار = 792.808 غ هواء</p> <p>792.808 غ × 77.8% = 661.8 غ N<sub>2</sub> ÷ 28 غ/مول = 22.03 مول N<sub>2</sub> × 22.4 لتر/مول = 493.44 لتر N<sub>2</sub> 792.808 غ × 22.2% = 177.1 غ O<sub>2</sub> ÷ 32 غ/مول = 5.535 مول O<sub>2</sub> × 22.4 لتر/مول = 123.98 لتر O<sub>2</sub></p> <p>حجم الهواء الرطب 623.194 لتر بالتجربة تمعد الهواء الرطب بمقدار 1000 لتر - 623.194 لتر = 376.806 م عند درجة حرارة 4<sup>0</sup> م</p>	<p>الهواء المشبع بالرطوبة غيرمه تتكون من بخار الماء وطور الماء السائل ذي الكثافة الأكبر للماء</p> <p>هواء جاف 804.17 غ/م<sup>3</sup> 804.17 غ × 77.8% = 625.64 غ N<sub>2</sub> ÷ 28 غ/مول = 22.34 مول N<sub>2</sub> × 22.4 لتر/مول = 500.5 لتر N<sub>2</sub> 804.17 غ × 22.2% = 178.53 غ O<sub>2</sub> ÷ 32 غ/مول = 5.579 مول O<sub>2</sub> × 22.4 لتر/مول = 124.97 لتر O<sub>2</sub></p> <p>حجم الهواء الجاف 625.47 لتر بالتجربة تمعد الهواء الجاف بمقدار 1000 لتر - 625.47 لتر = 374.53 م / 3750 م عند 4<sup>0</sup> م</p>
--	--

شكل (14): كثافة 1 م<sup>3</sup> من الهواء الجاف وكثافة 1 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب في سيادة ظروف ضغط جوي مساوي 633.8 ملي بار ودرجة حرارة 4<sup>0</sup> م حيث بلوغ الماء السائل أكبر كثافة كتلية له عند منسوب 3750 م فوق سطح البحر، والتركيب الحجمي والوزني لكل من الحجمين، وتمدد غازات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين بمقدار 374.53 لتر، ورفع الهواء الرطب بمقدار 60.17 م فوق الهواء الجاف بفعل فرق الكثافة بينهما ليلوغ منسوب 3810.17 م فوق سطح البحر، من عمل الباحث.

أي أن 1000 غ من هواء الغيوم يحوي 22.6 غ من الرطوبة الغازية والسائلة، منها 5.8 غ بخار ماء تحت فراغ كبير في المتر المكعب و 16.8 غ جسيمات مائية سائلة تحتل حجماً صغيراً جداً، 16.8 سم<sup>3</sup>، يكاد لا يساوي شيئاً أو لا يحتل شيئاً يذكر من حجم المتر المكعب من هواء الغيوم عند منسوب 3750 م فوق سطح البحر.

7- عند بلوغ هواء الغيوم الرطب منسوب نقطة التجمد الموافقة 0°م، حيث توافق رطوبته الرطوبة النوعية للهواء القطبي المعتبرة في الحالة المدروسة بنحو 0.5 غ/م<sup>3</sup>، والتي يقدرها الشبلاق بنحو 0.19 غ/م<sup>3</sup>، (محمد الشبلاق ومحمد هشام الحناز، 1994-1995، ص. 20)، هذا المنسوب يوافق الارتفاع 4464.3 م فوق سطح البحر في الحالة المدروسة، شكل (15)، حيث تبدأ الفطيرات أو الجسيمات المائية السائلة ذات الكثافة 0.9998426 غ/سم<sup>3</sup> بالتجمد أو التبلور على هيئة بلورات صلبة من الثلج ذات الكثافة الأقل؛ 0.918 غ/سم<sup>3</sup>، لتصبح مكونات رطوبة الغيوم تتألف من خليط من الأطوار الثلاثة للماء؛ أي من جزيئات البخار الغازي، ومن قطيرات الماء السائلة الطافية والمعلقة في الهواء ومن بلورات الثلج الصلبة الطافية والمعلقة في هواء الغيمة أيضاً، تنخفض كثافة الهواء الجاف عند هذا المنسوب لنحو 715.2 غ/م<sup>3</sup> في حين تبلغ كثافة الهواء الرطب حوالي 714.7 غ/م<sup>3</sup>، ويبلغ تمدد غازات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين حوالي 443.8 لتر/م<sup>3</sup> عن ما كانت عليه عند منسوب سطح البحر، لدرجة تمدد أو انتفاخ 556.142 لتر من الغازين لتحتل كامل حجم المتر المكعب من الهواء البالغ 1000 لتر بسبب تناقص كل من الحرارة والضغط الجوي مع تزايد الارتفاع عن سطح البحر في الحالة المدروسة، إن الرطوبة النوعية للهواء تبلغ نحو: 0.5 غ/714.7 غ/م<sup>3</sup> = 0.0007، أي أن كل 1000 غ من الهواء يحوي 0.7 غ من بخار الماء، في حين نجد نسبة

محتوى الرطوبة الإجمالية من البخار والماء والثلج تبلغ نحو 18 غ/غ/714.7 غ = 0.0252 رطوبة، أي أن 1000 غ من الهواء الرطب يحوي 25.2 غ رطوبة عند منسوب نقطة التجمد في هذه الحالة (1)؛ شكل (15).

8- في الحالة (2)؛ شكل (16) أخذ فرق الكثافة الموافق ما بين الهواء الجاف، 715.2 غ/م<sup>3</sup> والهواء الرطب، 709.237 غ/م<sup>3</sup> ومنسوب 4464.3 م الموافق للضغط الجوي 563.7 ملي بار، وعلى أساسه تبين أن محتوى الهواء الرطب من بخار الماء يساوي 5.97 غ/م<sup>3</sup>، ومن الماء والثلج معاً يساوي:

18 غ/م<sup>3</sup> رطوبة كلية - 5.97 غ بخار/م<sup>3</sup> = 12.03 غ رطوبة متكاثفة من ماء وثلج في المتر المكعب، (إن رطوبة إشباع الهواء عند درجة التجمد (0°م) تبلغ نحو 4.9 غ/م<sup>3</sup> بحسب (Eleanor Lawrence, 1992, p.24)، إن تمدد غازات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين تبلغ نحو 444 لتر/م<sup>3</sup> في الهواء الجاف وحوالي 445.6 لتر/م<sup>3</sup> في الهواء الرطب، وبنتيجة فرق الكثافة ما بين الهوائين فإن الهواء الرطب يصعد فوق الهواء الجاف بمقدار 48.438 م ليبلغ منسوب 4512.7 م حيث من المفترض أن تكون درجة الحرارة بحدود 0.27-°م، مما ينشط على ما يبدو علميتي الرعد والبرق اللتين تساعدان على تبلور الثلج الذي يمثل رطوبة أجواء أعالي الغيوم في الغالب. إن الرطوبة النوعية للهواء في هذه الوضعية تساوي: 5.97 غ بخار/709.237 غ هواء = 0.0084، أي أن 1000 غ من الهواء تحوي 8.4 غ من البخار، في حال نجد نسبة محتوى الرطوبة الكلية من البخار والماء والثلج معاً تبلغ نحو 18 غ رطوبة كلية/709.237 غ هواء رطب = 0.0254؛ بمعنى أن 1000 غ من الهواء الرطب تحوي على 25.4 غ رطوبة من ثلاثة أطوار.

<p>بلوغ ممتسوب 4468.35 م صعود بمقدار 4.05 م</p> <p><b>الحالة 1</b></p> <p>الهواء الرطب 714.7 غ/م<sup>3</sup> 18 غ = 17.5 غ ماء + 0.5 غ بخار 0.5 غ بخار = 0.622 لتر بخار</p> <p>هواء 714.2 غ بخار = 0.5 غ بخار 714.2 غ × 77.8% = 555.647 غ N<sub>2</sub> ÷ 28 غ/مول = 19.844 مول N<sub>2</sub> 22.4 لتر/مول × 19.844 مول = 444.5 لتر N<sub>2</sub> 714.2 غ × 22.2% = 158.55 غ O<sub>2</sub> ÷ 32 غ/مول = 4.95 مول O<sub>2</sub> 22.4 لتر/مول × 4.95 مول = 110.98 لتر O<sub>2</sub> حجم الهواء الرطب 556.1 لتر بالتجربة تمده الهواء الرطب بمقدار 1000 لتر - 556.1 لتر = 443.9 لتر / 4464.3 م عند 0 م</p>	<p>الهواء المشبع بالرطوبة غيومة تتكون من ثلاثة أطوار بعد بلوغ نقطة التجمد: بخار الماء، والماء السائل، وبلورات الثلج عند درجة حرارة 0.01 م° وضغط جوي وبلورات 6.117 ملي بار مما يحدث الرعد والبرق في الغيوم</p> <p>هواء جاف 715.2 غ/م<sup>3</sup> 715.2 غ × 77.8% = 556.4 غ N<sub>2</sub> ÷ 28 غ/مول = 19.87 مول N<sub>2</sub> 22.4 لتر/مول × 19.87 مول = 445 لتر N<sub>2</sub> 715.2 غ × 22.2% = 158.774 غ O<sub>2</sub> ÷ 32 غ/مول = 4.9617 مول O<sub>2</sub> 22.4 لتر/مول × 4.9617 مول = 111.142 لتر O<sub>2</sub> حجم الهواء الجاف = 556.142 لتر بالتجربة تمده الهواء الجاف بمقدار 1000 لتر - 556.142 لتر = 443.858 لتر / 4464.3 م عند 0 م</p>
--	--

شكل (15): كثافة وتركيب كل من الهواء الجاف والهواء الرطب في حال كانت رطوبة إشباع الهواء تساوي 0.5 غ/كغ من الهواء الرطب عند درجة التجمد وممتسوب 4464.3 م فوق سطح البحر، ورفع الهواء الرطب بمقدار 4.05 م فوق الهواء الجاف بفعل فرق الكثافة، من عمل الباحث.

<p>التهواء المشبع بالرطوبة غيومه تتكون من ثلاثة أطوار: بخار الماء، والماء المسائل، وبلورات الثلج عند درجة حرارة بخار الماء <math>0.01^{\circ}\text{C}</math> وضغط جوي 6.117 ملي بار مما يحدث الرعد والبرق في الغيوم اللذان يساعدان على تطور الثلج على حساب البخار والماء المسائل وتكوين الهطول ومن ثم جفاف الهواء من الرطوبة</p>	<p>التهواء الرطب <math>709.237 \text{ غ/م}^3</math>  <math>18 \text{ غ} = 5.97 \text{ غ بخار} + 12.03 \text{ غ ماء}</math>  <math>5.97 \text{ غ بخار} = 7.4 \text{ لتر بخار}</math>  <math>709.237 \text{ غ} - 5.97 \text{ غ} = 703.267 \text{ غ هواء}</math>  <math>703.267 \text{ غ} \times 77.8\% = 547.14 \text{ غ } N_2 \div 28 \text{ غ/مول} = 19.54 \text{ مول}</math>  <math>22.4 \text{ لتر/مول} \times 19.54 \text{ مول} = 437.71 \text{ لتر } N_2</math>  <math>703.267 \text{ غ} \times 22.2\% = 156.125 \text{ غ } O_2 \div 32 \text{ غ/مول} = 4.879 \text{ مول}</math>  <math>22.4 \text{ لتر/مول} \times 4.879 \text{ مول} = 109.287 \text{ لتر } O_2</math>          حجم الهواء الرطب 554.397 لتر          بالنتيجة تمدد الهواء الرطب بمقدار 1000 لتر - 554.397 لتر = 445.603 لتر / 4464.3 عند <math>0^{\circ}\text{C}</math></p>
<p>الهواء الجاف والتهواء الرطب وتركيب كل منهما عند منسوب نقطة التجمد التي يتطور عندها الثلج لتصبح رطوبة الغيوم تجمع الاطوار الثلاثة من البخار والماء المسائل وبلورات الثلج الصلبة، مما يحرض حدوث الرعد والبرق اللذان يساعدان على ما يبدو على تطور الثلج، الذي يصبح هو الطور السائد الوحيد في الغيوم فوق منسوب نقطة التجمد البالغ <math>4464.3^{\circ}\text{C}</math> فوق سطح البحر، من عمل الباحث.</p>	<p>هواء جاف <math>715.2 \text{ غ/م}^3</math>  <math>715.2 \text{ غ} \times 77.8\% = 556.4 = N_2 \div 28 \text{ غ/مول} = 19.87 \text{ مول}</math>  <math>22.4 \text{ لتر/مول} \times 19.87 \text{ مول} = 445 \text{ لتر } N_2</math>  <math>715.2 \text{ غ} \times 22.2\% = 158.774 \text{ غ } O_2 \div 32 \text{ غ/مول} = 4.9617 \text{ مول}</math>  <math>22.4 \text{ لتر/مول} \times 4.9617 \text{ مول} = 111.142 \text{ لتر } O_2</math>          حجم الهواء الجاف = 556.142 لتر          بالنتيجة تمدد الهواء الجاف بمقدار 1000 لتر - 556.142 لتر = 443.858 لتر / 4464.3 عند <math>0^{\circ}\text{C}</math></p>

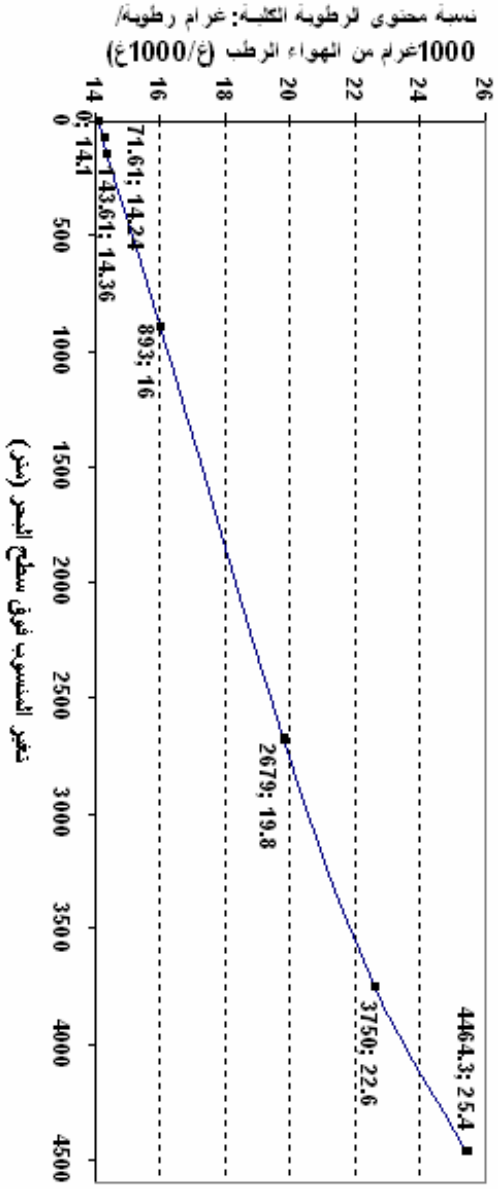
نتائج تطور آليات التكاثف بفعل تناقص الضغط الجوي ودرجة حرارة مناسب الأجواء وفروق الكثافة بين الهواء الجاف والهواء الرطب:

ومن ما تقدم يمكن استخلاص ست نتائج مهمة:

**النتيجة الأولى:** إن غازات الهواء من الأوكسجين والنيتروجين يكون تمددها في الاتجاه الأفقي أي في وحدة المساحة الأفقية وفق المستوى (x0y) أكبر بكثير من التمدد بالاتجاه العمودي الرأسي وفق المحور (Z) أي وفق المستوى (x0z) والمستوى (y0z)، لكي تستقر في منسوب يوافق كثافتها في ظل الضغط الجوي السائد عند ذلك المنسوب فوق سطح البحر، بما يسمح لبخار الماء والرطوبة المتكاثفة بالصعود نحو الأعلى باضطراب كلما تمددت جزيئات غازات الهواء وكبر حجمها، وبالتالي تناقص إطباق غازات الهواء على جزيئات بخار الماء الأصغر نسبياً والعالقة بينها، بما يسمح بتسهيل حركتها وسهولة انفلاتها لتصعد بفعل فرق كثافتها وصغر حجمها، مما يؤدي لتركيز الرطوبة الكلية للهواء من البخار ومن قطيرات الماء السائل وبلورات الثلج في أعلى الغيوم، شكل (17). ومما يؤكد هذه النتيجة من أن تمدد غازات الهواء يكون في الاتجاهات الأفقية من السماء أكثر من تمددها بالاتجاه العمودي أو الرأسي أشكال الغيوم العمودية أو الرأسية القريبة من الأشكال الهرمية والمخروطية ذات الاتساع الكبير لقواعدها في الأسفل والاتساع البسيط لرؤوسها في الأعلى، وهذا الوضع طبيعي لكون الغلاف الجوي الكروي حول الأرض تتزايد أحجام طبقاته بتزايد مساحات تلك الطبقات المتساوية السماكة كلما تباعدت عن سطح الأرض، ولتوضيح كيفية تزايد الرطوبة الجوية مع الارتفاع في الغلاف الجوي نفترض أن لدينا حجماً قدره 1م<sup>3</sup> امتلأ تماماً ببخار الماء فقط أي استوعب 44.643 مول بخار ماء عند سطح البحر، وبذلك تصبح كثافته تساوي:

$$44.643 \text{ مول/م}^3 \times 18 \text{ غ/مول} = 803.574 \text{ غ/م}^3$$

محتوى بين كيفية تزايد نسبة تركيز الرطوبة الجوية الكلية بوحدة غرام رطوبة كلية / 1000 غرام من الهواء الرطب مع زيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر في الغيوم



شكل (17): منحني يبين كيف يتزايد تركيز الرطوبة الجوية الكلية من البخار والماء السائل وبلورات الثلج في أعلى الغيوم في حال وجود هواء رطب يحمل 1مول من بخار الماء عند سطح البحر؛ أي ما يعادل رطوبة نوعية نسائي 14.1 غ/1000 غ من الهواء الرطب غير المشبع عند درجة حرارة 25°م، من عمل الباحث.

وهذه الكثافة هي نفسها تقريباً كثافة الهواء الجاف عند منسوب 3750م فوق سطح البحر البالغة في الشكل (4) نحو 804.175 غ/م<sup>3</sup>، حيث درجة الحرارة 4°م والحجم الأصغر للماء والكثافة الأكبر له، بما يعني أن المتر المكعب المملئ ببخار الماء فقط عند سطح البحر يسع صاعداً باستمرار نحو الأعلى ليلغ المنسوب الموافق لدرجة 4°م ليتكاثف الماء في أصغر حجم له. لذلك يلاحظ المراقب لأجواء الجبل الأخضر الغائمة، في أحيان كثيرة بحسب تطور حالات الطقس، وجود أو اجتماع أكثر من طابق من الغيوم التي توجد قواعدها عند ثلاثة مناسيب رئيسة، الشكلان (18 و19) وصور (17، 18، 27، 28 من فصل 4):

الطابق السفلي: توجد قواعد غيومه عند منسوب نقطة الندى التي يبدأ عندها البخار بالتكاثف.

الطابق الثاني: من الغيوم توجد قواعد غيومه عند منسوب درجة حرارة 4°م حيث الكثافة الأكبر للماء.

الطابق الثالث: توجد قواعد غيومه عند منسوب نقطة التجمد، 0°م، التي يتحول عندها الماء إلى ثلج.

فعندما تكون كمية الرطوبة الجوية قليلة نلاحظ وجود طابق واحد من الغيوم وأحياناً طبقتين، وفي الحالات الممطرة يلاحظ تراكب طبقتين من الغيوم المزنية، وفي حالات سقوط المطر مع البرد يلاحظ تراكب ثلاثة طباق من الغيوم فوق بعضها البعض في السماء، بحسب تطور الهطول والحالة الجوية للطقس.

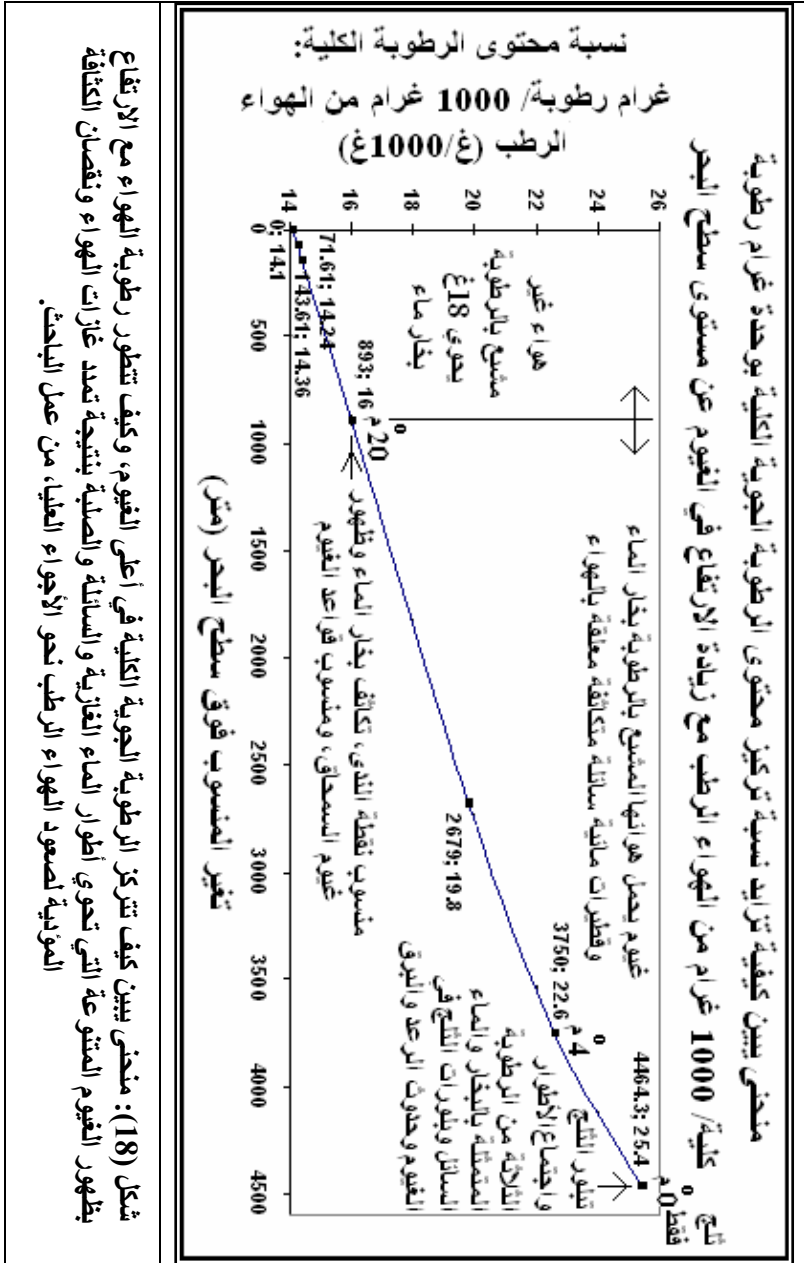
**النتيجة الثانية:** إن تناقص كثافة الهواء الرطب، المكون للغيوم، باضطراد مع زيادة الارتفاع يولد الغيوم العمودية الركامية التي تنمو وتتطور رأسياً وهي تستمر في تطاولها نحو السماء للسعي في تركيز وتزايد الرطوبة في أعلاها عن ما هي عليه في أسفلها، في وسط من الهواء



الجفاف نسبياً والمحيط بها من أغلب الجهات والأعلى بالكثافة أيضاً، وما يدل على زيادة تركيز الرطوبة في أعلى الغيوم حالات الطقس الكثيرة التي يسودها جو من طابق علوي من غطاء غيم متواصل ومتحد يغطي سماء الجبل الأخضر بنسبة 8/8 ويزود في الطابق السفلي برطوبة متمثلة بغيوم من سمحاق وسمحاق طبقي أو سمحاق ركامي وأحياناً كثيرة من غيوم طبقية ومن غيوم ركامية أو من خليط منها، في جو مشبع بالرطوبة، يراها المراقب ترتفع تدريجياً لتلتصق بطابق الغيوم العلوية مزودةً إياها بالرطوبة من الأسفل، شكلين (18 و 19) والصورتان (27، 28 من فصل 4)، وترتكز قواعد الغيوم عند منسوب نقطة الندى الذي تتكاثف عنده الرطوبة الجوية بنتيجة إشباع الهواء بالبخار، شكل (18).

حيث تنسج القطيرات أو الجسيمات المائية المتكاثفة بفعل الرابطة الهيدروجينية لجزئيات الماء السائل في شبكات من الخيوط أو السلاسل أو الحزم الخيطية المتشعبة والمتفرعة، والتي تتعلق أطوال خيوطها أو سلاسلها بمدى قوى الكهرباء الساكنة للرابطة الهيدروجينية في رصفها وفق نظام نسجها في مختلف أشكال غيوم السمحاق.

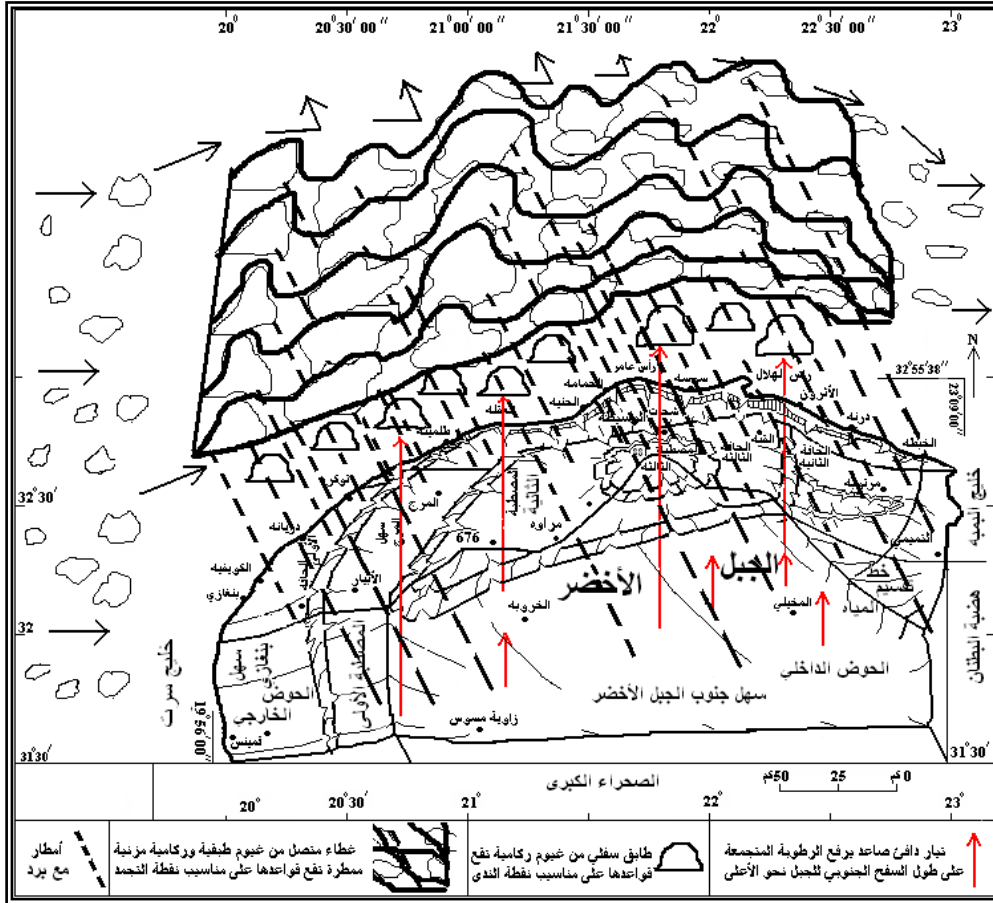
**3- النتيجة الثالثة:** إن غيوم السمحاق تعد الوحدة البنائية الأساسية التي تولد بتربطها ببعضها بنية مختلف الغيوم الطبقيّة والركامية المعروفة، ودليل ذلك الأشكال التي يرسمها وميض البرق المتفرع مما يشبه بنية سلاسل خيوط غيوم السمحاق عند لمعانه في وسط مختلف أنواع الغيوم المعروفة عند مختلف مستويات حدوثه في الغيوم فوق سطح الأرض، كما أن الغيمة بذاتها تمثل مركب معقد متكون من آلاف خيوط أو سلاسل السمحاق والذي يدل عليه مظهر السمحاق الواضح لمحيط وأطراف غالبية الغيوم في السماء، وبذلك يمكن تشبيهها بكتلة الصوف، ككبوبة الصوف، أو بكتلة الشعر المتلففة المترابطة، أو بكتلة الليف، صور (من 1 إلى 6) ولوحات (من 1 إلى 4).



شكل (18): منحنى يبين كيف تتركز الرطوبة الجوية الكلية في أعلى الغيوم، وكيف تتطور رطوبة الهواء مع الارتفاع يظهر الغيوم الممتدة التي تحوي أطوار الماء الغازية والسائلة والصلبية بنتيجة تمدد غازات الهواء وتقصان الكثافة المؤدية لصعود الهواء الرطب نحو الأجواء العليا، من عمل الباحث.

**النتيجة الرابعة:** إن تزايد تركيز نسبة الرطوبة الجوية الكلية في هواء أجواء الغيوم المدروسة في هذه الحالة مع تزايد الارتفاع فوق سطح البحر يتراوح بين 14.1 غ بخار ماء/1000 غ هواءً رطباً عند سطح البحر و 25.4 غ بخاراً وماء سائل وبلورات ثلج/1000 غ هواءً رطباً عند منسوب نقطة التجمد 0°م، البالغ 4464.3م، أي بمعدل 11.3 غ رطوبة كلية/1000 غ هواءً رطباً = 0.0113، أي أنه كلما ارتفع الهواء الرطب في الجو بمقدار 1م كلما تزايدت فيه نسبة الرطوبة بمقدار 0.0113 غ بنتيجة البرودة وانخفاض الضغط الجوي ومن ثم تمدد غازات الهواء الرئيسية، وهذه النتيجة من الممكن تعميمها لفهم لماذا يتكلم الكثير من الباحثين في كتبهم عن فرط الإشباع في الرطوبة في الغلاف الجوي التي في حالات كثيرة لا تولد أمطاراً، لو تخيلنا عن دور نويات التكاثف في ذلك، لكون التكاثف والهطول لا يحدث على ما يبدو حتى ترتفع نسبة تركيز الرطوبة الجوية الكلية، في أعلى الغيوم، بمقدار 11.3 غ/14.1 غ  $\times 100 = 80.142\%$  عن نسبة تركيزها في أسفل الغيوم، بما يعني أنه لو كانت الرطوبة النسبية للهواء عند منسوب فواعد الغيوم التي تتشكل عند نقطة الندى تساوي 100% فإن الرطوبة الكلية لهواء أعلى الغيوم من المفترض أن تبلغ 180% حتى يحدث الهطول، وعلى هذه النتيجة يمكن القول أن الرطوبة النسبية للهواء عندما تساوي 100% في الليل يمكن أن تنتج الطل أو الندى، وحتى يحدث الهطول المطري فلا بد من أن تكون الرطوبة النسبة للهواء تزيد عن ذلك.

**النتيجة الخامسة:** بخار الماء الغازي لا يرى في السماء ولا يمكن رؤيته في وسط الغيوم والذي يرى في الغيوم الرطوبة المتكاثفة إلى ماء سائل وإلى ثلج صلب.



**شكل (19): توضيح كيفية تزويد طباق الرطوبة الجوية العليا من الغيوم بالرطوبة السفلية المتمثلة بغيوم تتوجه في الطباق السفلي من الغيوم نحو الضغط المحلي الأخفض المتحكم بأجواء الجبل الأخضر الماطرة، من عمل الباحث.**

**النتيجة السادسة:** إن تزايد تركيز الرطوبة الجوية في أعالي الغيوم شيء منطقي جداً لكون جزيئات غازات الهواء تتمدد وتصبح أحجامها أكبر، فيما تنقلص أحجام جزيئات بخار الماء كلما صعدت في أجواء الغيوم لخسارتها طاقتها الكامنة النافحة لها شيئاً فشيئاً لصالح الطاقة

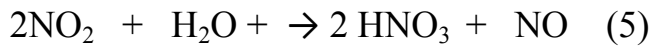
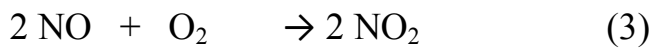
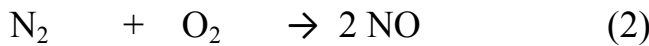
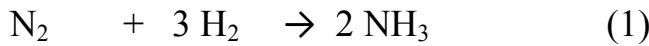
الحركية والتوصيل الحراري، بما يسمح لها بالتعشيش بكمية وأعداد أكثر في الفراغات البينية الكبيرة لجزيئات غازات الهواء التي يتفاقم حجمها مع الارتفاع في الأجواء، وبالفعل كلما نمت الغيوم عمودياً كلما كان مدارها المطري أكثر سخاءً.

إن ارتفاع قواعد الغيوم المطرة فوق الجبل الأخضر بحسب مراقبة ومتابعة الباحث لها يتراوح ما بين مستوى سطح الأرض وحتى ارتفاع 600م، بما ينبئ بأن مناسيب نقطة التجمد توافق مناسيب أقل من ارتفاع منسوب الحالة المدروسة في المثال السابق اعتباراً من سطح البحر، ثم إن درجة الحرارة للأجواء المطرة عند سطح الأرض تتراوح ما بين 12°م و 0°م، وغالبية الأمطار تسقط في حدود تتراوح ما بين 8°م و 4°م، وذلك عند سيادة ضغوط جوية تتراوح ما بين 912 ملي بار و 896 ملي بار بحسب متابعة قراءات البارومتر المنزلي الخاص في داخلي جامعة عمر المختار عند ارتفاع 620م فوق سطح البحر، في مدينة البيضاء.

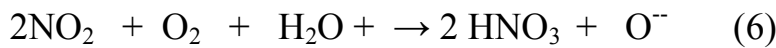
### نتائج التفاعل الكيميائي للبرق:

في الحالة المدروسة لو اعتبرنا أن كمية بخار الماء المتحددة عند نقطة التجمد تساوي 5.97 غ/م<sup>3</sup> من الهواء الرطب وكانت هذه الكمية هي التي ولدت البرق عند حدوث تكاثفها لمياه سائلة بعد تكاثف مثلها من مياه سائلة لبلورات ثلج فماذا سيحدث لمكونات الغيمة من الهواء والرطوبة بمقتضى أن الأوكسجين سيحرق النتروجين؟ وبحسب بعض المراجع التي تتناول التثبيت الجوي للنتروجين مثل (Almerja.com)، فالبرق يؤدي لتفاعل النتروجين مع الهيدروجين لينتج غاز الأمونيا أو ما يسمى غاز النشادر كما تبينه المعادلة الكيميائية (1) التالية وهذا التفاعل لا يحدث إلا في أوساط اختزالية مرجعة، ولا يحدث مثل هذا التفاعل في

وسط عالي الأكسدة بفعل البرق الذي يؤكسد النتروجين إلى التكافؤ الخماسي الموجب في النترات وفي حمض النتروجين، ثم إنه على ارتفاعات حدوث البرق في الغلاف الجوي لا يتوفر الهيدروجين الجوي بكميات تساعد على حدوث مثل هذا التفاعل، ثم إن التفاعل (2) يعد تفاعل مرحلي حيث يؤكسد النتروجين للتكافؤ الشائي فقط وهذا يحدث في الاحتراق غير الكامل للنتروجين، فيما يحدث البرق أكسدة كاملة أو احتراق كامل سريع جداً للنتروجين للتوصل للتفاعل (3) حيث تتم أكسدة النتروجين إلى التكافؤ الرباعي الموجب، ثم إن التفاعل (5) الذي ينتج منه أول أكسيد النتروجين غير مقبول لأكسدة النتروجين فيه للتكافؤ الشائي فقط في تفاعل نواتجه من النترات تدل على الأكسدة العالية التي تحدث بفعل البرق.

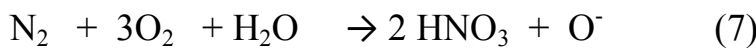


من حاصل جمع المعادلتين (4) و (5) تنتج المعادلة (6):



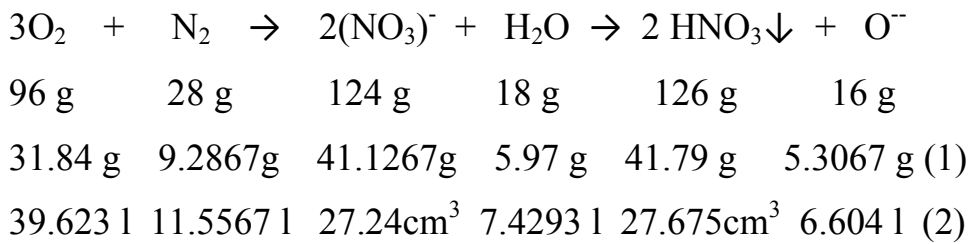
وعليه يمكن اختصار تفاعل أكسدة النتروجين إلى نترات بفعل البرق وفق المعادلة

(7) الآتية:



وبموجب النواتج النهائية لتفاعل أكسدة النتروجين الجوي وتثبيتته على هيئة نترات وحمض نتروجين ساقط مع المطول المطري بعد حدوث البرق، وما يحدث من عمليات تكاثف مرافقة وتغير مفاجئ في كثافة الهواء وفي ضغطه الجوي عند حدوث البرق تم معالجة ذلك في أربع حالات على النحو الآتي:

**الحالة الأولى:** البرق يؤدي لتفاعل بخار الماء المتكاثف مع النترات



يبدو من المعاييرة (1) أن ما يتكاثف من بخار الماء ويختلط في النترات ويسقط كهطول على الأرض يستوجب من طاقة البرق حرق حوالي 9.3 غ من غاز النتروجين بحوالي 31.84 غ من الأوكسجين الجوي لإنتاج نحو 41.13 غ من النترات التي تختلط بالمياه الجوية المتكاثفة لتوليد حوالي 41.8 غ أو 27.7 سم<sup>3</sup> من حمض النتروجين الذي يسقط مع 5.97 سم<sup>3</sup> من الماء يهطل على الأرض، ويتولد بنتيجة التفاعل نحو 5.3 غ أوكسجين ذري وليد يبحث له عن شريك ليتحد معه في هذه الأجواء المؤكسدة الغنية بالإلكترونات، فإما يتحد مع مثيل له لتكوين أوكسجين جزيئي من حديد، وإما أن يتحد مع أوكسجين جزيئي لينتج الأوزون ثلاثي الذرة في حال وفر البرق أشعة فوق بنفسجية تهيئ الظروف لإنتاجه،

وبالنتيجة يبدو أن البرق خلف وراءه فجوة وزنية أو كتلية في المتر المكعب من الهواء الرطب مقدارها:

5.97 غ بخار + 9.3 غ نتروجين + 31.84 غ أوكسجين = 47.11 غ - 5.3 غ أوكسجين  
ذري = 41.81 غ تسقط على هيئة مطر وحمض النتروجين، بما يعني أن البرق في هذه الحالة  
خفف كثافة الهواء الرطب بمقدار 41.81 غ/م<sup>3</sup>، أي بنسبة:

$$41.81 \text{ غ/م}^3 \div 709.237 \text{ غ/م}^3 \times 100 = 5.9\%$$

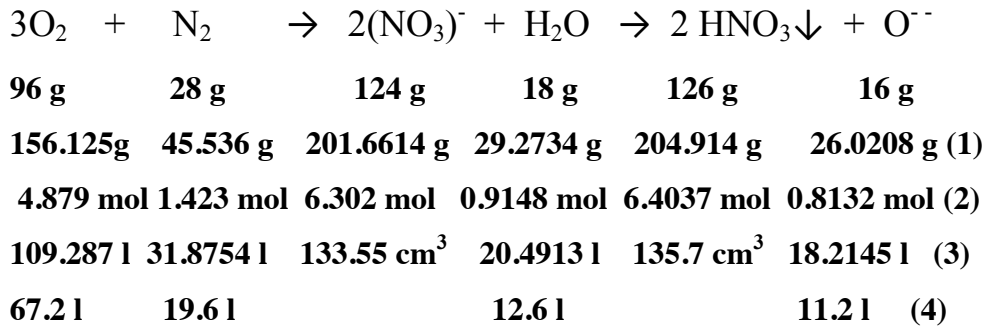
التي ينخفض بموجبها الضغط الجوي المحلي في مكان حدوث البرق بمعدل 0.795  
ملي بار/غ غاز، بمعنى أن الضغط الجوي المنخفض بمقدار:

$$41.81 \text{ غ/م}^3 \times 0.795 \text{ ملي بار/غ} = 33.24 \text{ ملي بار/م}^3 \text{ عن قيمته الأولية قبل}$$

البرق والتي كانت تبلغ 563.7 ملي بار، مما يؤدي لشفط الهواء والرطوبة من الأسفل لتعويض  
فروق الضغط الجديدة الحاصلة بفعل البرق، وهذا يترجم بنقص حجم الغازات من المتر  
المكعب من الهواء الرطب في المعايير الحجمية (2) بمقدار يقارب 52 لتر/م<sup>3</sup>، بما يعادل نقص  
في حجم المتر المكعب يقارب 9.4% مما يستدعي استجرار غازات جديدة لسد الفراغ  
الحاصل وفي طليعتها بخار الماء الذي يصعد من أسفل عن طريق الشفط لكونه مكوناً غريباً  
بين مكونات الهواء الرئيسية من الغازات، وحجم جزيئاته أصغر فحركتها تكون أسهل، وقد  
يكون سد الفراغ الناتج عن البرق عن طريق تمدد غازات الهواء من الأوكسجين والنتروجين في  
المتر المكعب، مما يعني انخفاض درجة حرارة الأجواء عن ذي قبل حدوث البرق بما يساعد  
على تزايد التكاثر وتكوين النويات الأولية من بلورات الثلج.



الحالة الثانية: البرق يستهلك كل الأوكسجين في المتر المكعب لخرق النتروجين:



على افتراض أن شرارة البرق استهلكت كل أوكسجين المتر المكعب من الهواء الرطب لخرق النتروجين، فالمعايرة (1) تبين أن نحو 156.125 غ أوكسجيناً موجودة في المتر المكعب من الهواء الرطب المفترض تحرق حوالي 45.536 غ نتروجين، ويتطلب ذلك تأمين 29.27 غ من بخار الماء الذي لا يحوي منها المتر المكعب المفترض إلا نحو 18 غ: منها 5.97 غ بخاراً و12.03 غ ماءً متكاثفاً، وعليه يجب استجلاب نحو 23.3 غ من بخار الماء إلى المتر المكعب المفترض من محيط حدوث البرق والتي لا يمكن تعويضها السريع إلا بالشفط من أماكن الضغوط المحلية المرتفعة في الأسفل، وعلى افتراض أن حرارة البرق ستبخر أنياً ما هو متكاتف من قبل من ماء سائل فالمتر المكعب في هذه الحالة سيؤمن 18 غ من البخار اللازم للتعامل، فسيبقى العجز في الرطوبة اللازمة حوالي 11.3 غ ليتم التفاعل المفترض، إن عملية تبخر المياه المتكاثفة في المتر المكعب من الهواء الرطب تعد فرضية غير مقبولة من الناحية العلمية لأن تفاعل الأوكسجين مع النتروجين ماص بشرارة للحرارة، وتكوين الثلج يلزمه قسم من الطاقة ليتبلور، لذلك فهما لا يسمحا للحرارة في أن تنصرف خارج حدود الاتحاد الناتج ما بين

الأوكسجين والنتروجين وتبلور الثلج، ولو افترض أن التبخر الآبي يحدث للماء من المتر المكعب فإن المعايرة (3) تقتضي تأمين 20.49 لترًا من بخار الماء المعادلة لنحو 16.46 غ من البخار يستطيع محتوى الرطوبة الكلية في المتر المكعب والمفترضة مساوية 18 غ/م<sup>3</sup>، الموافقة لنحو 22.4 لترًا من البخار من تأمينها ليتم التفاعل المفترض، ونتيجة التفاعل فإن نحو 201.7 غ من النترات تنحل في 29.27 غ من الماء لتكون 204.9 غ أو 135.7 سم<sup>3</sup> من حمض النتروجين يسقط مع 29.2734 غ الموافقة لنحو 36.429 لترًا من البخار تنصرف في التفاعل والتي تدل المعائرتان الحجميتان (2) و (3) على أن ما يلزم التفاعل من حجم بخار الماء هو 20.4913 لترًا بما يعني أن:

36.429 لترًا — 20.4913 لترًا = 15.9377 لترًا من بخار الماء قد تكاثف إلى أحد طوري الماء السائل أو الصلب أو لكليهما أي ما يعادل 12.81 غ، أي أن محتوى رطوبة المتر المكعب قد تزايد بمقدار:

29.2734 غ/م<sup>3</sup> — 18 غ/م<sup>3</sup> = 11.2374 غ/م<sup>3</sup>، كما تبينه الموازنة المائية للمتر المكعب من الرطوبة بعد البرق:

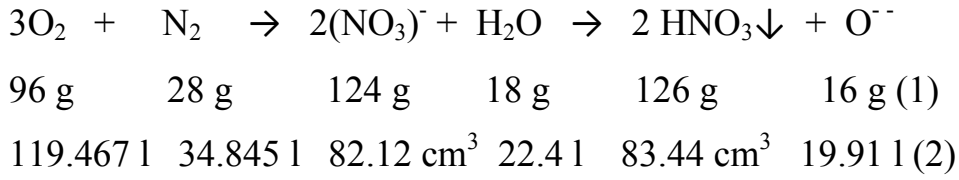
الموازنة المائية الرطوبة للمتر المكعب بعد البرق:

$$5.97 \text{ غ/م}^3 \text{ بخار} + 12.03 \text{ غ/م}^3 \text{ ماء} + 12.81 \text{ غ/م}^3 \text{ بخار مستجلب ومتكاثف} \\ = 30.81 \text{ غ/م}^3 \text{ ماءً وثلجاً} - 29.2734 \text{ غ/م}^3 \text{ ماءً هاطلاً مع النترات:} \\ = 1.5366 \text{ غ ثلجاً متبلوراً/م}^3.$$

وهذا دليل على أن البرق لا يبخر الرطوبة الجوية المتكاثفة بل يعززها ويزيد محتواها في المتر المكعب من الهواء الرطب كلما تطور حدوثه، ويتخلف في الأجواء نحو 26 غ من

أيون الأوكسجين الذري، وعليه فإن البرق المستهلك للأوكسجين يزيل من المتر المكعب حوالي 193.725 غ بحال اكتفاء المتر المكعب بمائه فقط، وحوالي 205.025 غ بحال استجلب عجزه من الرطوبة من المحيط المجاور، وعلى كل حال فإن البرق يخفض كثافة المتر المكعب بمقدار:  $205.025 \text{ م}^3 / \text{غ} \div 709.237 \text{ م}^3 / \text{غ} = 28.9\%$  على الأقل، مما ينتج عنه انخفاض مفاجئ بالضغط الجوي المحلي مقداره يقارب 163 ملي بار، هذا النقص المفاجئ في الضغط يلزم للهواء تحقيقه بعد صعوده في الغلاف الجوي بالأحوال العادية لمسافة مقدارها 586م، والذي تسعى لتعويض نقصه الضغوط المحلية المرتفعة نسبياً في الأسفل، مما يؤدي لاستجلاب الرطوبة السفلى بالشفط. والمعايرة الحجمية سواء في وحدة المول في المعاييرتين (2) و (4) أو في وحدة اللتر في المعايرة (3) تبين أن حجم المتر المكعب من الهواء الرطب ينقص بفعل البرق المفترض في هذه الحالة بمقدار 143.46 لترًا، مما يعني نقص في الحجم يقارب:  $143.46 \text{ لتر} / \text{م}^3 \div 554.394 \text{ م}^3 / \text{غ} \times 100 = 25.88\%$ ، والذي ينتج عنه خلق فراغ أو نقص ضغط جوي محلي لا يمكن سده أو تعويضه إلا باستجلاب مكونات هواء من ضغوط مرتفعة موجودة بالأسفل، مما يعني شفط البخار من الأسفل نحو منطقة الضغط المنخفض الجديد الناتج بفعل البرق، أو يمكن سد الفراغ الناتج عن طريق تمدد غازات المتر المكعب بما ينبئ بنقصان درجة الحرارة أو بزيادة البرودة التي تساعد على تكاثف الرطوبة الجديدة الواصلة وتبلور أنوية بلورات الثلج التي تتطور فيما بعد على حساب رطوبة الأجواء المتزايدة البرودة.

**الحالة الثالثة:** استهلاك البرق لكل رطوبة المتر المكعب لتحقيق التفاعل:

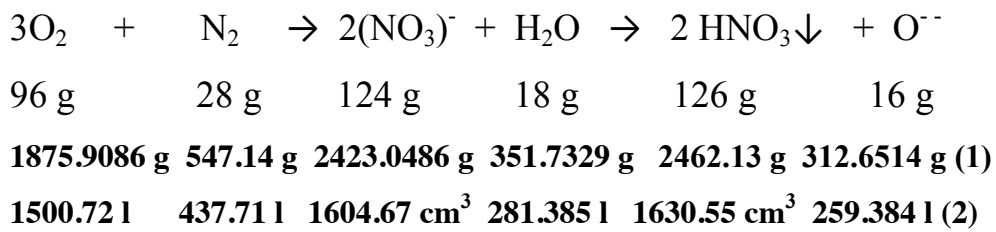


في المعايرة الوزنية (1) يحرق البرق 28 غ من النتروجين بنحو 96 غ من الأوكسجين ويستهلك 18 غ رطوبة كلية في المتر المكعب من الهواء الرطب بفعل التبخير الآني المفترض حصوله حين لحظة البرق، وينتج بالنهاية سقوط 126 غ من المطر وحمض النتروجين، أي نحو 83.44 سم<sup>3</sup> من حمض النتروجين المنحل بمياه المطر في المعايرة (2)، في حين يبقى في المتر المكعب حوالي 16 غ من الأوكسجين الذري الوليد، مما يعني نقص كتلة المتر المكعب من الهواء بمقدار 126 غ، بما ينتج عنه تناقص كثافة المتر المكعب من الهواء الرطب بمقدار: 126 غ/م<sup>3</sup> ÷ 709.237 غ/م<sup>3</sup> × 100 = 17.766 %، وفي المعايرة الحجمية (2) يبدو أن تناقص حجم المتر المكعب من المكونات الغازية المحسوبة عند حدوث البرق يبلغ نحو 156.792 لتر، أي ما يعادل 156.792 لتر/م<sup>3</sup> ÷ 554.397 لتر/م<sup>3</sup> × 100 = 28.28 %، ونقص الحجم من الغازات المزالة لا يمكن تعويضه إلا من الهواء السفلي الرطب ذو الضغط الأعلى بما يؤدي لشفط الرطوبة منه بطريقة سريعة جداً، كما أنه يمكن أن يتم تمدد غازات الهواء في المتر المكعب لتعويض نقص الحجم، وذلك يعني انخفاض درجة الحرارة لصالح تكوين أو تبلور أنوية بلورات الثلج. إن التفاعل الناتج في هذه الحالة المفترضة يسقط المطر دون أن يعطي فرصة لتكوين الثلج. وفي حال استبعاد فكرة احتمال حدوث التبخر للمياه المتكاثفة في المتر المكعب المفترض بفعل البرق فإن الرطوبة الجوية الغازية من البخار اللازمة لإتمام

التفاعل تستجلب من مترين مجاورين للمتر المكعب التي تساهم رطوبته الغازية في إتمام التفاعل المفترض، أي أن من الواجب مساهمة بخار م<sup>3</sup> من الهواء الرطب لإتمام التفاعل الحادث بفعل البرق، بما يعني أن محتوى الرطوبة السائلة في المتر المكعب المفترض من الهواء الرطب تزيد لنحو:

18 غ بخار + 12.03 غ ماء متكاثف/م<sup>3</sup> = 30.03 غ ماء متكاثف/م<sup>3</sup> من الهواء الرطب عند حدوث البرق.

**الحالة الرابعة:** البرق يحرق كل النتروجين في المتر المكعب من الهواء الرطب



إن كمية الأوكسجين اللازمة لحرق كل كتلة النتروجين الموجودة في المتر المكعب من الهواء الرطب، والبالغة 547.14 غ في الحالة المفترضة المدروسة، حسب المعايير (1) تبلغ 1875.91 غ أوكسجين، بما يستدعي استهلاك الأوكسجين من 11 م<sup>3</sup> من الهواء المحيط بالمتر المكعب الذي يستهلك أوكسجينه هو الأخر، أي أن البرق في هذه الحالة يستهلك محتوى الأوكسجين من حوالي 12 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب، ويلزم لإتمام التفاعل 351.733 غ من الرطوبة الجوية والمفترض أن تكون موجودة في 18.54 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب المحيط بالمتر المكعب المفترض الذي تدخل مياهه في التفاعل الذي يستهلك رطوبة 19.54 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب الحاوي كل منها على مول واحد من الرطوبة المفترضة في البداية، لإنتاج 2462.13 سم<sup>3</sup> من

حمض النتروجين المنحل بنحو 351.733 سم<sup>3</sup> من مياه الرطوبة الجوية والساقط معها على الأرض، ويتولد من التفاعل نحو 312.65 غ من الأوكسجين الذري التي من المفروض أن تتوزع في 12 م<sup>3</sup> من الهواء المستهلك أوكسجينه الجزئي، لكن التفاعل الذي أنتج الأوكسجين الذري يتم في حجم 19.54 م<sup>3</sup> شاركت فيه رطوبتها بإنتاجه، بما يعني أن ما يبقى من الغازات في المتر المكعب المفترض عند حدوث البرق في هذه الحالة المفترضة أيون الأوكسجين الذري الوليد الذي تبلغ كميته:  $312.65 \text{ غ} / 19.54 \text{ م}^3 = 16 \text{ غ} / \text{م}^3$  والموافقة في المعايير (2) لحجم يساوي 259.384 لتر / 19.54 م<sup>3</sup> ÷ 19.54 م<sup>3</sup> = 13.2745 لتر / م<sup>3</sup> فقط؛ وهذا قد يحقق الشرط لانخفاض الضغط الجوي في المتر المكعب لحوالي 6.117 ملي بار حتى يتبلور الثلج وتجتمع الأطوار الثلاثة للماء من البخار والماء السائل وبلورات الثلج الصلبة، إن أيونين من الأوكسجين الذري الوليد المتولد من التفاعل يتحدان مع بعض لتكوين جزيء أوكسجين يساهم من جديد في تعويض قسم من الأوكسجين المستهلك من الهواء بفعل البرق، بما يعني أن كمية الأوكسجين الجزئي المتشكل من تفاعل الأوكسجين الذري مع بعضها تنتج 16 غ أوكسجين جزئي في المتر المكعب الواحد، وفيما لو علمنا أن توزيع الضغوط الجزئية لكل من الغازات الرئيسية في الهواء الرطب من الأوكسجين والنتروجين وبخار الماء، في المتر المكعب المدروس، ذو الكثافة 709.237 غ والخاضع للضغط الجوي البالغ عند منسوب 4464 م نحو 563.7 ملي بار موزعة على النحو التالي: 570.14 غ نتروجين تساهم بضغط جزئي مقداره 434.86 ملي بار أي بنحو 77.14%، و 156.125 غ أوكسجين تساهم بضغط جزئي مقداره 124.08 ملي بار أي بحوالي 22.012%، و 5.97 غ من بخار الماء تساهم بضغط

جزئي مقداره 4.745 ملي بار أي ما نسبته 0.842%، وعليه فإن الضغط الجزئي لواحد غرام أوكسجين في ظروف المتر المكعب من الهواء الرطب المدروس يبلغ نحو 0.7947 ملي بار لكل واحد غرام أوكسجين، مما يعني أن الضغط الفاعل في المتر المكعب المستهلكة غازاته بفعل البرق والمتمثل بضغط الأوكسجين المتولد من تفاعل البرق ينحدر لنحو:

16 غ أوكسجين/م<sup>3</sup> × 0.7947 ملي بار/لكل 1 غ أوكسجين/م<sup>3</sup> = 12.7152 ملي بار؛  
بما يعني أن البرق يحقق ظروف انخفاض الضغط الجوي ليسمح بتكوين نويات الثلج باجتماع طوري بخار الماء والماء السائل.

ولو عولجت الحالة بمنطق آخر لوجدنا أن:

في المعايرة الحجمية (2) الحجم اللازم للتفاعل يبلغ 281.385 لتر من الرطوبة البخارية التي توزن 226.113 غ بخار، والتي تتفاعل وتتكاثر لتصبح تساوي 226.113 غ بخار ماء داخل بالتفاعل والتي يلزم لتغطيتها تدخل الرطوبة الغازية لحوالي 37.87 م<sup>3</sup> من الهواء الرطب كالتالي:

281.385 لتر ÷ 7.43 لتر/م<sup>3</sup> = 37.87 م<sup>3</sup> تجلب منها الرطوبة على هيئة بخار، حيث 7.43 لتر بخار تقابل 5.97 غ بخار ماء. إن الرطوبة السائلة، غير البخارية، الداخلة في التفاعل لإنتاج النترات وحمض النتروجين:

$$351.7329 \text{ غ} - 226.113 \text{ غ} = \text{يؤمنها البخار المستجلب} =$$

125.6199 غ ÷ 12.03 غ ماء سائل/م<sup>3</sup> = 10.442 م<sup>3</sup> مستنزفة رطوبتها السائلة في التفاعل 37.87 م<sup>3</sup> - 10.442 م<sup>3</sup> = 27.428 م<sup>3</sup> تحتفظ برطوبتها السائلة البالغة:

27.428 م<sup>3</sup> × 12.03 غ/م<sup>3</sup> = 329.96 غ/م<sup>3</sup> تتبلور على هيئة ثلج ويهطل البارد على الغالب.

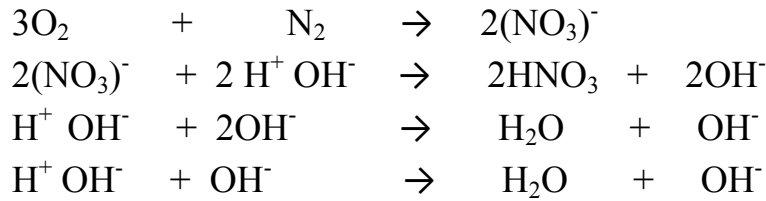
إن هذه المعالجة يبدو أنها أسلم من الحالة السابقة لكون تفاعل بخار الماء هو الذي يدخل في التفاعل ولا تتدخل الرطوبة السائلة إلا في عملية التفاعل مع النترات وحلها لتحويلها لحمض النتروجين المنحل والماطل مع الرطوبة المتكاثفة على الأرض، وعليه فتفاعل النترات مع الماء يتم في نحو 37.87 م<sup>3</sup>، بما يعني أن الأوكسجين الذري ينتج في هذا الحجم من الأمطار المكعبة وعليه فيكون محتوى المتر المكعب من الأوكسجين الذري المتحول لأوكسجين جزيئي حوالي 312.6514 غ/م<sup>3</sup> ÷ 37.87 م<sup>3</sup> = 8.256 غ أوكسجين/م<sup>3</sup>، بما يعني أن الضغط الجوي ينحدر في المتر المكعب المفترض لحوالي:

8.256 غ أوكسجين/م<sup>3</sup> × 0.7947 ملي بار/ غ أوكسجين = 6.56 ملي بار، مما يحقق تقريباً احتمالاً الأتوار الثلاثة من بخار الماء الغازي والماء السائل وبلورات الثلج الصلبة.

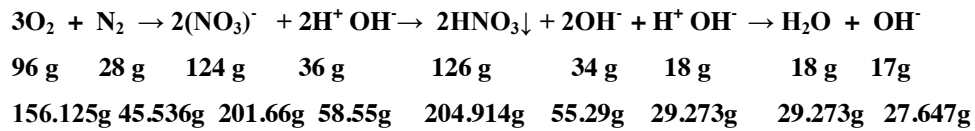
قد يستغرب البعض من المعادلات الكيميائية الموضحة أعلاه من كمية النترات أو حمض النتروجين الناتجة من التفاعلات الكيميائية، وهذا الأمر طبيعي لكون تكوين النترات بهذه الطريقة هو الذي يغلق دورة النتروجين في الطبيعة ما بين الغلاف الجوي والغلاف المائي وغلاف التربة والغلاف الحيوي للأرض، ثم إن إنتاج النترات وتثبيتها في الجو عن طريق تحويلها إلى حمض النتروجين الشره جداً للماء يساعد في تثبيت الرطوبة السائلة في الجو ويساهم في هطولها على الأرض بفعل ارتفاع كثافة محلول حمض النتروجين ذو الكثافة الأكبر بمقدار 1.51 من كثافة الماء السائل العالقة قطيراته في الهواء، ثم إن انحلال النترات بالماء



الجوي يساهم في رفع كهروسلبية الماء بفعل توفر أيون الهيدروكسيد السالب الذي يلعب دوراً مفصلياً في استقطاب الهيدروجين الموجب وظهور الرابطة الهيدروجينية لجزيئات الماء المتكاثفة بما يساعد على رصفها في سلاسل مياه السمحاق كما تبينه المعادلات التالية:



وهكذا بتتابع فعل توفر أيون الهيدروكسيد السالب في الأجواء المؤكسدة الذي يستقطب هيدروجين جزيئات الماء والتي ترتبط ببعضها بالرابطة الهيدروجينية فتبنى سلسلة جزيئات المياه السائلة المكونة لسلسلة السمحاق التي يحتل الهيدروجين ذو فائض الشحنة الموجبة طرف السلسلة فيما يحتل الهيدروكسيد الطرف الآخر من السلسلة وترتصف جزيئات الماء بينهما، والتي تتطور منها أنوية بلورات الثلج عند توفر شروط تجمد المياه وتحولها للطور الصلب. وفعل حمض النتروجين الكمي في توفير الهيدروكسيد في الأجواء الرطبة يبدو من المعايير لهذا التفاعل في حال استهلاك كل أوكسجين المتر المكعب من الهواء الرطب المفترض بفعل البرق التي يمكن توضيحها على النحو:



ويبدو من المعايير أن استهلاك البرق لنحو 156.125 غ من الأوكسجين لحرق 45.536 غ من النتروجين ينتج حوالي 201.66 غ من النترات التي تتحد مع 58.55 غ من الماء الجوي فينتج 204.914 غ من حمض الآزوت الذي يوفر 55.29 غ من الهيدروكسيد الذي يساعد على نسج جزيئات المياه في سلاسل السمحاق بنحو 29.273 غ ويثبت فيها

نحو 29.273 من الماء ويبقى متوفر 27.647 غ من الهيدروكسيد تعمل على استقطاب الهيدروجين ذو الرابطة الهيدروجينية المتوفرة في المياه السائلة المتكاثفة حديثاً والتي تتسلم هي فيما بعد مهمة نسج ورفض جزيئات الماء ومن ثم جسيمات المياه في سلاسل السمحاق. ولا يستبعد أن النترات السالبة الشرهة للرطوبة تتفاعل مع الرطوبة الجوية المتمثلة ببخار الماء لذلك فهي قد تساهم بتحويل 58.55 غ من بخار إلى ماء سائل مكونة حمض النتروجين ومحررة الهيدروكسيد في هذه الحالة، ليتمكن القول أن مول واحد من النترات المكونة بفعل البرق يثبت أو يكتف 1 مول من بخار الماء الجوي عن طريق التفاعل الكيميائي عند حدوث البرق.

### النتائج المترتبة عن ظاهرة البرق:

- من ما تقدم يمكن التأكيد على النتائج التالية:
- 1- أن البرق يحدث أكسدة في الأجواء ويوفر فيها الأيونات السالبة من النترات ومن الأوكسجين الذري الوليد، وينشط توفر الهيدروكسيد مما يغني الأجواء بالإلكترونات الحرة التي تعطي الأجواء كهربية سالبة في مكان حدوثه.
  - 2- البرق يخفض الضغط الجوي في مكان حدوثه من الأجواء الرطبة، وبذلك فهو يعمل على تنشيط فجائي لتيار الهواء الصاعد في الغيوم، ومن ثم ينشط عملية شفق الرطوبة من أسفل الغيوم ليركزها في أعلاها.
  - 3- حدوث البرق يعمل على تناقص فجائي للكثافة وللضغط الجوي المحلي في أعالي الغيوم بفعل استهلاك غازات الهواء وتحويلها لمواد منحلة سائلة كالنترات وكحمض النتروجين بما يجرى على التمدد الفجائي لغازات الهواء الرطب ومن ثم يعمل على زيادة تبريدها لصالح تكاثف الرطوبة حتى تكوين الثلج أحياناً.

4- البرق يثبت النتروجين الجوي ويغلق دورة النتروجين ما بين الغلاف الجوي للأرض والأغلفة الأخرى كالغلاف المائي وغلاف التربة والغلاف الحيوي.

5- النتائج الأربعة السابقة التي ينتجها البرق كلها تساهم في زيادة تركيز الرطوبة الجوية في أعلى الغيوم، ومن ثم تساعدها في عملية زيادة التكاثف حتى يتم الهطول الوفير من المطر، أو من الثلج، أو من البرد، أو من المطر والثلج، أو من المطر والبرد، أو من خليط منها، وكلها حالات طقس ينعم بها الجبل الأخضر.

موازنة الطاقة للماء عند تحوله من طور ألي آخر: الطاقة المنتشرة أو المحررة والطاقة المستهلكة أو الممتصة عند تحول الماء بين أطواره الثلاثة الغاز والسائل والصلب:

إن الماء عندما يمتص طاقة حرارية كافية مقدارها 40650 جول/مول يتحول إلى بخار، ( ويكبيديا، الموسوعة الحرة، طاقة كامنة)، والبحار عندما يحرر تلك الطاقة يتكاثف إلى ماء سائل، ، والماء السائل عندما يتجمد إلى ثلج، عند درجة حرارة 0°م، يمتص طاقة من الوسط المحيط مقدارها 6010 جول/مول، والثلج عندما ينصهر إلى ماء سائل، عند درجة حرارة 0°م، يحرر تلك الطاقة في الوسط المحيط، (ويكبيديا، الموسوعة الحرة، انصهار)، كما تبينه الموازنات الحرارية المبينة في المخطط الموضح في الشكل (20):

الموازنة (1): التطور يتم من البخار المكثف إلى ماء سائل، والماء السائل يتجمد إلى ثلج.

$$\begin{array}{ccc} \text{تحرير طاقة حرارية} & & \text{امتصاص طاقة حرارية} \\ \text{مول بخار (22400 سم}^3\text{) تكثف} \leftarrow \text{مول ماء سائل (18 سم}^3\text{) } & \leftarrow \text{مول ثلج (19.6 سم}^3\text{) } & \\ \text{مقدارها 40650 جول/مول} & & \text{مقدارها 6010 جول/مول} \end{array}$$

الموازنة (2): الثلج ينصهر إلى ماء سائل، والماء السائل يتبخر متحولاً إلى غاز يصعد في الغلاف الجوي.

$$\begin{array}{ccc} \text{امتصاص طاقة حرارية} & & \text{تحرير طاقة حرارية} \\ \text{مول بخار ماء (18 غ) } \rightarrow \text{تبخر} & \text{مول ماء سائل (18 غ) } & \text{انصهار} \text{ } \rightarrow \text{مول ثلج (18 غ) } \\ \text{مقدارها 40650 جول/مول} & & \text{مقدارها 6010 جول/مول} \end{array}$$

شكل (20): مخطط يبين كميات الطاقة المحررة والمنتصة عند تحول مول من الماء بين الأطوار الثلاثة أو الحالات الفيزيائية الثلاثة؛ المتمثلة بالبخار والماء السائل والثلج، من عمل الباحث بمساعدة ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

## دور حالات الطقس المحلية في تزويد حوض الجبل الأخضر بالأمطار وبالرطوبة الجوية والأرضية

إن الحالة السابقة المدروسة تناولها الباحث بناءً على رصده وتوثيق متابعته لتغير أحوال الأجواء المحلية والطقس في حوض إقليم الجبل الأخضر وأجوائه البحرية والبرية منذ زمن يزيد عن 20 عاماً، لاحظ خلالها أن ما تزوده الأجواء المحلية للإقليم من رطوبة وأمطار قد يفوق ما تزوده الدورة المائية العامة للإقليم؛ بمعنى أن ما تزوده الدورة المائية المحلية من رطوبة وأمطار لا يقل أهمية عن كمية الأمطار التي تفرغها الدورة المائية العامة في الطبيعة من جراء مرور المنخفضات الجوية العابرة للبحار وللقارات فوق حوض إقليم الجبل الأخضر، فالمنخفضات الجوية العابرة تقتصر رطوبتها على فترات مرورها فقط في أجواء الإقليم والتي لا تتعدى إلا جزء بسيط من فصل الرطوبة الشتوي حيث تمر هذه المنخفضات سريعة كمرور الكرام، بحيث لا تتجاوز أيام الهطول للمنخفض الجوي الواحد عن سبع أيام في أحسن الحالات التي تسقط خلالها ما بين 50 ملم و100 ملم في المنخفض الجوي العابر، في حين نجد أن الدورة المائية في الأجواء المحلية للإقليم التي تعمل بتوافق مختلف وحدات تضاريس حوض الجبل الأخضر والوحدات الجغرافية المحاذية والمحيطة على طول أغلب أيام وأشهر وفصول السنة؛ فهي التي تزود الحوض بالرطوبة الليلية في الأشهر والفصول الجافة بنتيجة نسيم البحر الذي يرطب ضبابه أجواء البيئات المحلية على طول الليل، والذي له الفضل في ديمومة خضرة غابة ماكي الجبل الأخضر، وله الفضل أيضاً في تكوين الندى أو الطل الليلي والصباحي في أغلب أيام السنة، كما يعود الفضل لتربة وغابة ماكي الجبل الأخضر في تزويد

الأجواء بالبخار الناتج من تبخر الرطوبة الأرضية والنتح المكون في أحيان كثيرة نسيماً رطباً يلعب دوراً مهماً في تكوين جهات الرطوبة المحلية في أجواء السفوح الجنوبية للجبل الأخضر على وجه الخصوص، أو يجعل ضغط أجواء ظهر الجبل الأخضر المنخفض هو المتحكم السيد في حركة وتوجيه الهواء والرطوبة الجوية التي يحملها من الأطراف نحو وسط أجواء الجبل، ولرياح القبلي المحلية الفضل في جلب الرطوبة من منخفضات جوية بعيدة قسرياً في أحيان كثيرة، والتي قد تجلبها في أحيان أخرى من أجواء البحر القريبة، من الأمثلة على دور رياح القبلي في استجلاب رطوبة المنخفضات الجوية من بعيد نحو الجبل حالة هبوب رياح القبلي في 14.03.1998 التي جلبت منخفض جوي دام حتى 29.03.1998 فرغ خلال 15 يوم نحو 222 ملم مطر في محيط منطقة مدينة البيضاء سجلتها محطتي شحات والبلنج، كما أن للحافات الجبلية الشمالية دوراً مهماً جداً في تجميع الرطوبة الجوية البحرية وتكاثفها وتراكمها وتلبدها في أجوائها حتى تترطب الأجواء أو يتم المطول، وخير دليل على أفضال الحافات الجبلية الشمالية في توجيه وتجميع الرطوبة الجوية وتراكمها في أجوائها نمو طور من غابة الصنوبر الثمري على سفوح الحافة الشمالية الأولى، البالغ ارتفاع قمته التي تسمى الشفشافة نحو 554م، ما بين غرب رأس الهلال وشرق الأثرون، صور(9 و10 و11) وشكل (21)، حيث يزدهر هذا النوع بفعل الرطوبة الجوية لطور أوج الأرز المتواجد في غابات جبل لبنان وجبال السلسلة الساحلية المطلة على البحر المتوسط في سوريا عند ارتفاعات تتراوح ما بين 1200 و3014م، وبفضل نسيم البحر تزدهر شجيرات التغمة بين مكونات غابة ماكي الجبل الأخضر في كل الأنظمة البيئية الشاطئية المحاذية للبحر، وهذه الشجيرة الطبية السامة

التي ينحصر وجودها على الواجهة البحرية للجبل، تتميز عن مكونات غابة الماكي بأنها تزدهر في الخريف والشتاء وتزهو في الربيع، وتنفض أوراقها وتدخل في سبات في فصل الصيف، الصورتان (12 و 13).

كما يلعب التيار الهوائي الدافئ الصاعد من السهول الجنوبية على طول السفح الجنوبي للجبل الأخضر دوراً مفصلياً في الدورة المائية المحلية للسفح الجنوبي وللسهول الجنوبية المحاذية للصحراء الكبرى، إذ يعود له الفضل الأكبر في اعتراض رطوبة الأجواء القادمة من الشمال والشمال الغربي وتوقيفها عن السفر بعيداً مكوناً منها جبهات رطوبة محلية تتطور لدرجة أنها تغرق، وأمطارها وخيراتها المباركة المتمثلة بالسيول العارمة، البحيرات والبرك والعقارات والغيطان وتُخلف وراءها الغدران المائية التي تستمر مياهها لأكثر من شهر في أغلب الأحيان، وتغدق السهول الجنوبية بالمياه في أوقات الصيف، حيث الحاجة الماسة للمياه، ولا تبخل ببركة أمطارها في أي من فصول السنة الأخرى.

وما يتبخر من البرك والبحيرات المؤقتة ومن التربة الغدقة بالمياه بعد جريان السيول تسوقه هذه التيارات الصاعدة من جديد وتجدد به حدوث جبهات الرطوبة المتجددة محلياً فوق السفح الجنوبي التي تعزز بأمطارها الدورة المائية المحلية لتلك السفوح والسهول الجنوبية للجبل، ثم إن السفوح الغربية للجبل تعمل على تراكم الرطوبة العابرة والمحلية لدرجة أن يراها المراقب تتناول نحو السماء على هيئة غيوم ركامية نامية رأسياً في غاية التطور لتحلب خيرها المطري فوق أي من مناطق الجبل الأخضر.



صورة (9): من ميناء رأس الهلال تبدو الحافة الأولى الجبلية الشمالية المطلة على البحر في منطقة رأس الهلال في أعلى ارتفاع للحافة في قمة الشفشافة البالغ 554م، الجمعة 08.06.2012، الساعة 11:14.



صورة (10): أجمل قمة جبلية في الجبل الأخضر؛ قمة الشفشافة، (554م) للحافة الجبلية الشمالية الأولى في جنوب شرق رأس الهلال، الخميس 28.06.2012، الساعة 13:47.





صورة (11): طور من الصنوبر الثمري يزدهر في غابة ماكي الجبل الأخضر بفعل الضباب المتكرر على جسم الحافة الأولى المشرفة على البحر، منطقة الأصباب، غرب رأس الهلال، الأثنين 29.08.2016، الساعة 18:54.



شكل (21): أثر تكرار حدوث الضباب النهاري والليلي وتكاثف الرطوبة الجوية على جسم الحافة الجبلية الشمالية الأولى المطلة على البحر في ازدهار طور من الصنوبر الثمري في غابة ماكي الجبل الأخضر، من عمل الباحث.



صورة (12): شجيرات التغممة، من مكونات غابة ماكي الحبل الأخضر، مناخ شبه جاف، في أوج نموها من السنة عند الإزهار، ساحل ما بين الحمامة والحنية، السبت 25.02.2017، الساعة 17:20.



صورة (13): شجيرات التغممة، في مناخ شاطني شبه جاف، تنفض أوراقها وتدخل في سبات صيفي بعكس الأشجار النفضية المعروفة التي تدخل في سبات في فصل الشتاء، ساحل الحمامة، السبت 20.05.2017، الساعة 12:28.

كما أن السفوح الشرقية للجبل الأخضر تسعى بتيار هوائها الصاعد لاعتراض الرطوبة المحلية العابرة من الغرب نحو الشرق، كما أن تلك السفوح ترفع تدريجياً في الأجواء رطوبة رياح البحري الشرقية الباردة، لتحلب منهما ما هو ممكن من الأمطار لتغطية حاجات مكونات أنظمتها البيئية المختلفة.

وبحسب فاعلية الوحدات الجغرافية الإقليمية والوحدات التضاريسية المحلية في حوض إقليم الجبل الأخضر وتأثيرات عوامل وظروف أحوال الطقس عليها في تكوين الرطوبة الجوية المحلية والأمطار كانت مبررات أفراد فصل خاص بكل منها فيما يلي من الكتاب.

أ- المراجع العربية:

- 1- حسن سيد أبو العينين، 1985، أصول الجغرافيا المناخية، دار النهضة العربية، الطبعة الثالثة، بيروت، لبنان.
- 2- محمد أحمد النطاح، 1990، الأرصاد الجوية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، الجزء الأول، بنغازي، ليبيا.
- 3- محمود سعيد السلاوي، 1989، هيدرولوجية المياه السطحية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، بنغازي، ليبيا.
- 4- محمد الشبلاق ومحمد هشام الخباز، 1994-1995، الهيدرولوجيا، منشورات جامعة دمشق، دمشق.
- 5- علي حسن موسى، 1988، الجو وتقلباته، موسوعة العلم والحياة، دار الفكر، دمشق.

ب- المراجع الأجنبية:

- 6- Al Hanafi M. G., 1995, Le bassin versant du Barada en Syrie, these de doctorat, Nancy II, France.
- 7- Eleanor Lawrence, 1992, La METEO, GRUND, Paris.
- 8- Glenn T. Trewartha, A. H. Robinson, 1968, Fundamentals of physical geography, McGRAW-HILL book company, 2<sup>nd</sup> ed., New York.
- 9- Y. A. Cengel, M. A. Boles, 2004, "Thermodynamics". 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill College. Boston, p.p.117-124.

ج- مراجع من الإنترنت:

- 10- الماء، الموقع الإلكتروني: [www.arabsciencepedia.org](http://www.arabsciencepedia.org) تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 11- الماء وخواصه، قطبية جزيء الماء، الموقع الإلكتروني: <https://sites.google.com> تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 12- البوابة العربية للتعليم الإلكتروني، من الموقع الإلكتروني: [www.areeg.org](http://www.areeg.org) تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 13- التشبث الجوي، الموقع الإلكتروني: [Almerja.com](http://Almerja.com) تاريخ الاطلاع عليه 14.05.2017.

- 14- دورية العناصر وخواصها، الموقع الإلكتروني: <https://sites.google.com> تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 15- روبرت هولزورث، 16.12.2015، كيف يحدث البرق، الموقع الإلكتروني: [www.alkhaleej.ae](http://www.alkhaleej.ae)
- 16- ريموند تشانغ، 2014، الكيمياء العامة: المفاهيم الأساسية، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة- العلوم الأساسية، وزارة التعليم العالي، المملكة العربية السعودية، [https:// books.google.com.ly](https://books.google.com.ly)
- 17- زين سليم، 2014، تحضير غاز النتروجين، الموقع الإلكتروني: [https:// books.google.com.ly](https://books.google.com.ly)، 09.05.2017
- 18- مجلة هل تعلم. درجة حرارة الصاعقة، الموقع الإلكتروني: [www.majalat-haltaalam.com](http://www.majalat-haltaalam.com)
- 19- منتديات ستار تايمز، الماء، من الموقع الإلكتروني: [www.startimes.com](http://www.startimes.com) تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 20- هالة عبد العزيز الجوهرى ، من عجائب الماء، الموقع الإلكتروني: [www.ejaz-dz.org](http://www.ejaz-dz.org) تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 21- ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، الموقع الإلكتروني: [ar.m.wikipedia.org](http://ar.m.wikipedia.org) تاريخ الاطلاع عليه 08.05.2017.
- 22- ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، الموقع الإلكتروني برق: <https://ar.wikipedia.org/wiki/>.
- 23- Johnathan English، الموقع الإلكتروني: <https://johnathanenglish.wordpress.com> تاريخ الاطلاع عليه 23.05.2017.
- 24- David R. Lide, 2004, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 85<sup>th</sup> Edition,



### 3- الفصل الثالث

آليات حدوث التكاثف وظهور جبهات رطوبة محلية فوق مياه البحر الأبيض المتوسط

د. محمد غازي الحنفي





### 3- الفصل الثالث

آليات حدوث التكاثر وظهور جبهات رطوبة محلية فوق مياه البحر الأبيض المتوسط

د. محمد غازي الحنفي

\*- تأثير أجواء حافات ومصاطب السفوح الشمالية والغربية للجبل الأخضر على جبهات الرطوبة المحلية البحرية المتوسطة.

\*- توثيق ومتابعة تكوين جبهات رطوبة محلية متوسطة صيفية، صور (من 1 إلى 6).

\*- توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية شمالية متوسطة شتوية، صور (من 7 إلى 9).

\*- توثيق تكوين جبهات رطوبة محلية متوسطة خريفية، صورة (10).

\*- توثيق ومتابعة تطور جبهات محلية متوسطة شتوية شبه يومية كثيرة التكرار وماطرة أحياناً، صور (من 11 إلى 22).

\*- رصد وتوثيق متابعة جبهة رطوبة محلية متوسطة شتوية، صور (من 23 إلى 26).

\*- توثيق رصد جبهة رطوبة محلية متوسطة شتوية، صور (من 27 إلى 29).

\*- توثيق ومتابعة عرقلة تقدم وتطور جبهة رطوبة محلية متوسطة شتوية في أجواء الحافة الشمالية الثانية في أعقاب أجواء مطرة فوق الجبل الأخضر، صور (من 30 إلى 46).

\*- تحرك الحافات الجبلية للسفوح الشمالية والغربية للجبل الأخضر في تجميع وتكاثر الرطوبة الجوية وتراكمها في أجوائها وتطوير جبهات رطوبة محلية متوسطة في حالات أجواء الصحو المشمس الهادئة

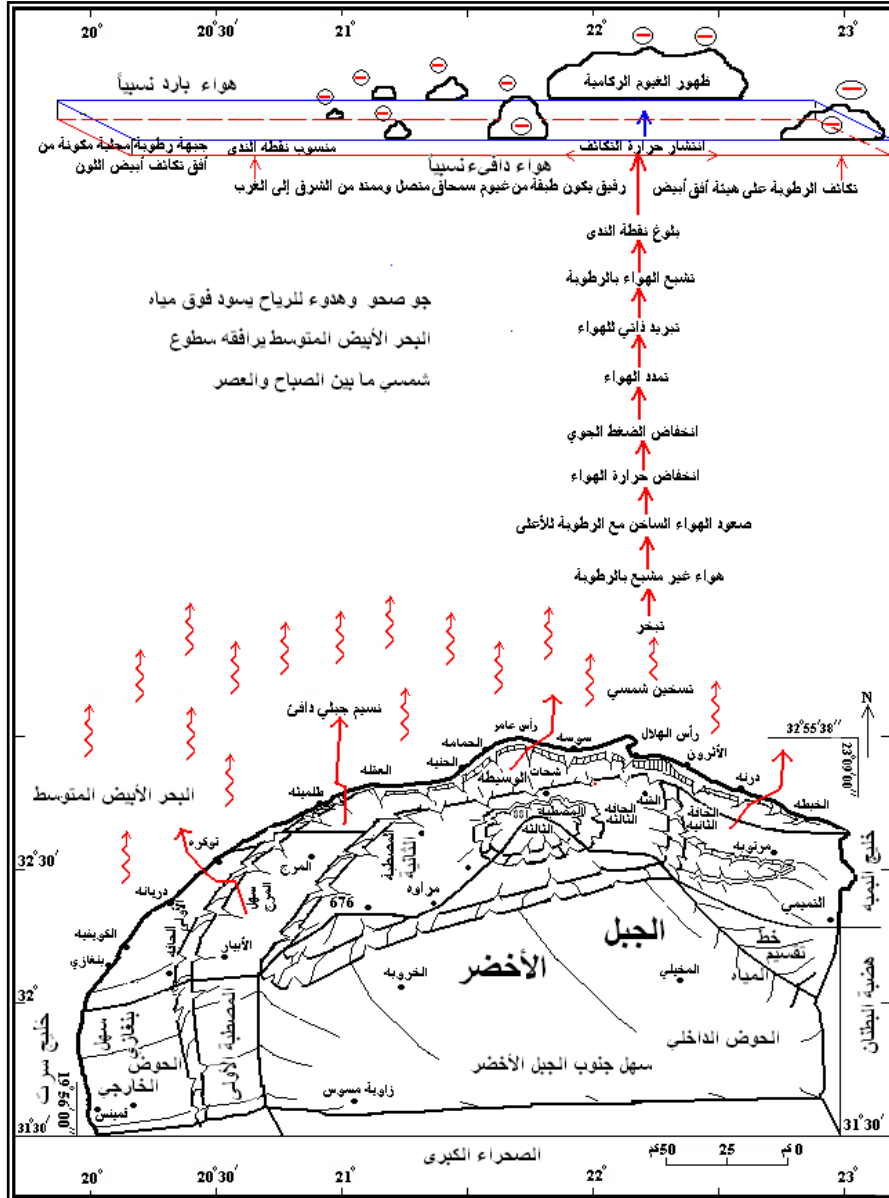
- \* - توثيق وتوضيح كيفية تحكم حافات الجبل الأخضر والسفوح الجبلية بحركة تقدم الرطوبة الجوية وتراكمها في أجوائها، أشكال (من 7 إلى 9) وصور (من 47 إلى 61).
- \* - توثيق كيفية تحكم الحافات الجبلية في عرقلة نسيم البحر لحين تجيع وتكاثف الرطوبة الجوية البحرية في أجوائها لتحويلها لجهة رطوبة محلية يندفع منها الضباب الليلي على الجبل الأخضر في الربيع والصيف، الصورتان (62 و 63).

## آليات حدوث التكاثف وظهور جبهات رطوبة محلية فوق مياه البحر الأبيض المتوسط

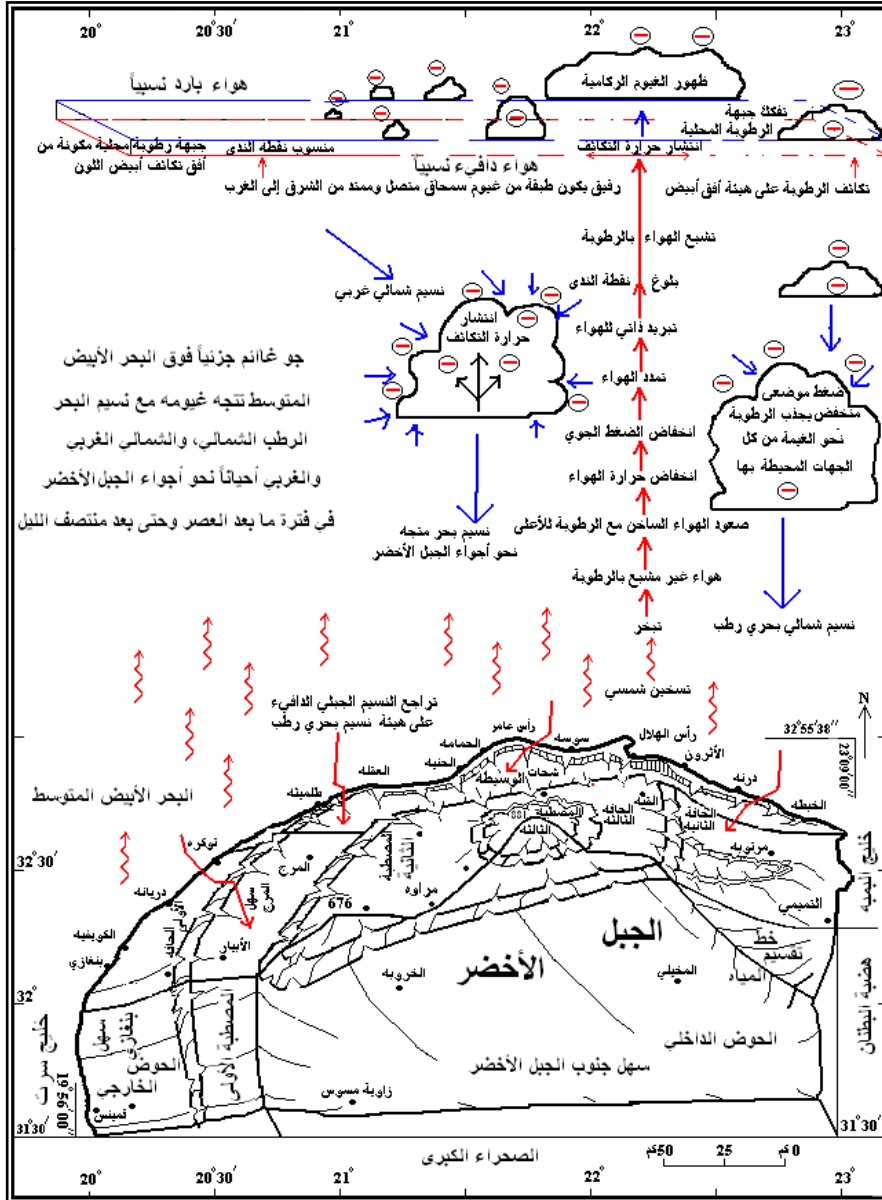
يمثل مسطح مياه البحر الأبيض المتوسط المصدر الرئيس لتزويد أجواء الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية، وفوقه تتكون مثل هذه الجبهات في حال هدوء التيارات الهوائية المحلية، وتوفر سطوع شمسي وأجواء صحو دافئة تكفي لتسخين مياه سطح البحر وإكسابها طاقة حركية تسمح لها بالتححرر من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية على هيئة بخار يزود الهواء الدافئ الملامس لسطح البحر برطوبة غير كافية لإشباعه بما يكفي، من الرطوبة اللازمة لحدوث التكاثف، مما يعمل على تخفيض كثافة الهواء الدافئ من جهة، والحاوي للرطوبة الجوية الجديدة من جهة أخرى، لذلك فإن تسخين الهواء عند سطح الماء يدفع به بالصعود مع البخار المكون لرطوبته، غير الكافية لإشباعه، نحو الأعلى على هيئة تيار حمل حراري محلي ناتج عن انخفاض الكثافة والضغط الجوي المحلي فوق سطح الماء الدافئ، صعود الهواء المحمل بالرطوبة بتيار الحمل الحراري نحو الأعلى يؤدي لتبريده بسبب تدرج انخفاض درجة حرارة الهواء كلما ارتفع نحو الأعلى، وبالتوقيت نفسه يتدرج الضغط الجوي بالانخفاض كلما زاد ارتفاع الهواء نحو الأعلى، انخفاض الضغط الجوي في الأعلى يؤدي إلى تمدد الهواء، الذي يحدث له تبريد ذاتي فتنخفض درجة حرارته بنتيجة تمدده في الأعلى لدرجة يصبح فيها مشبعاً بالرطوبة عند منسوب نقطة الندى؛ المتمثلة بدرجة الحرارة التي عندها يتكاثف بخار الماء متحولاً من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة على هيئة قطيرات مائية صغيرة جداً تبقى معلقة وسابحة بالهواء بسبب صغرها وقلة وزنها الأقل من قوى دافعة أرخميدس للهواء التي

تدفع بقطيرات الماء نحو الأعلى، كثرة قطيرات الماء المعلقة في الهواء عند منسوب نقطة الندى يجعلها تنتظم في مستوى أفق معين يحجب جزئياً أشعة الشمس من الوصول نحو الأسفل والجزء المنعكس من الأشعة على قطيرات الماء المتراسة المنتظمة في مستوى نقطة الندى يعطيها اللون الأبيض في الأجواء الصيفية والخريفية والربيعية الدافئة، ولون رمادي قاتم في الأجواء الشتوية الأبرد نسبياً، لذلك تظهر أو تتولد فوق البحر المتوسط القريب من شواطئ الجبل الأخضر بهذه الألوان جبهة الرطوبة المتوسطة المحلية واضحة للعيان، الشكلان (1 و2)، صور ( من 1 إلى 10، 12، 23، ومن 27 إلى 31، 34، 36).

إن تكاثف بخار الماء عند مستوى الرطوبة المكون للجبهة يحرر جزء من حرارته الكامنة التي اكتسبها عند تبخيره من سطح الماء الحر في البداية، فيخلق فوق مستوى جبهة الرطوبة المتكونة تيار حمل صاعد ببطء وهدوء يجعل قطيرات الماء تتوجه وفقه نحو الأعلى ناشرة حرارة تكاثفها ومخفضة الضغط الجوي المحلي حولها لتلتصق على بعضها في نطاقات صغيرة محلية يكون ضغطها المحلي هو الأضعف مولدةً بذلك الغيوم الصغيرة البيضاء؛ سمحاق كانت أو ركامية أو طبقية، بحسب كمية الرطوبة وتطور الحالة الجوية، هذه الغيوم تتطور فوق الجبهة المحلية نتيجة ضغطها المحلي الذاتي المنخفض عن ما حولها بسبب كثرة الرطوبة نسبياً في أجوائها الذاتية، وبسبب انتشار كمية أكبر من حرارة التكاثف داخلها، وجود ضغط منخفض في الغيمة وعلى محيطها يجذب إليه مزيداً من رطوبة الجو المحيط بالغيمة التي تتطور وتكبر لتتحول لطررد غيم كبير قاعدته جبهة الرطوبة المحلية الأولية التي تكونت عند مستوى منسوب نقطة الندى.



شكل (1): مراحل وآليات تكوين جبهة الرطوبة المحلية فوق ساحل البحر المتوسط المحاذي لشمال الجبل الأخضر ما بين عملية التبخر الممتصة، أو المستهلكة، للحرارة وعملية التكاثف الناشئة للحرارة، من عمل الباحث.



شكل (2): كيفية تفكك جبهة الرطوبة المحلية بنتيجة تولد الغيوم منها وانفصالها عنها ثم تطورها وتوجهها نحو أجواء الجبل الأخضر المهياة بضغط جوي محلي منخفض يتحكم بتوجيه حركة الغيوم والرطوبة الجوية نحوه، من عمل الباحث.

ويكبر طرد الغيم ويتطور حجمه بحسب كمية الرطوبة التي يجويها الطرد وبحسب فعالية ضغطه الذاتي المنخفض على جذب الرطوبة من الأجواء المحيطة به، كما أن لخاصية الثنائية القطبية الكهربائية لجزيئات الماء المتكاثفة، والرابطة الهيدروجينية التي تربط جزيئات الماء ببعضها في أجواء الغيوم، دوراً فاعلاً في ترابط وجمع رطوبة الغيمة المتكاثفة في سلاسل طويلة خطية تعمل على ضم المزيد من جزيئات الماء الجديدة المتكاثفة مما يؤدي لتطور الغيوم كلما تقدم الوقت، الغيوم التي تتكون فوق الجبهة المحلية المتوسطة يجذبها إليه هواء أجواء يابس الجبل الأخضر في جنوب البحر المتوسط الذي أخذ يسخن سطحه وتدفاً أجواؤه خلال النهار، بعد أن طور في أجوائه المحلية العليا ضغطاً منخفضاً، نتيجة سخونة هواء تلك الأجواء على طول النهار، لذلك يسعى لجذب الهواء الجوي من فوق البحر ذي الضغط المرتفع عنه نسبياً والمحمل بالرطوبة المتكاثفة على هيئة غيوم شكل (2)، صور (من 3 إلى 9، 12، من 27 إلى 30، 32، 59). تعمل تضاريس الجبل المشرفة على البحر بإجبار الهواء والرطوبة التي يحملها على التسلق نحو أعلى الجبل، حيث يسود الضغط الجوي المنخفض، مما يهيئ الفرصة لتبريد الهواء كلما صعد على تضاريس تلك السفوح، بسبب الارتفاع المتزايد من جهة وبسبب تمدده والتبريد الذاتي الذي يحدث له من جهة ثانية، فيزداد تكاثف الرطوبة، كما أن حركة صعود الهواء الحامل للرطوبة على السفوح المواجهة للبحر تعرقل تقدمه نحو الأجواء الداخلية لظهر الجبل، بما يسمح لطرود الغيوم المتأخرة القادمة من أجواء البحر باللحاق بطرود الغيوم التي سبقتها إلى سفوح تضاريس الجبل المعرقل والمعيقة لحركة تقدمها جنوباً، بما يسمح بتراكم الرطوبة في أجواء تلك السفوح التي تتطور لطرود غيوم ضخمة

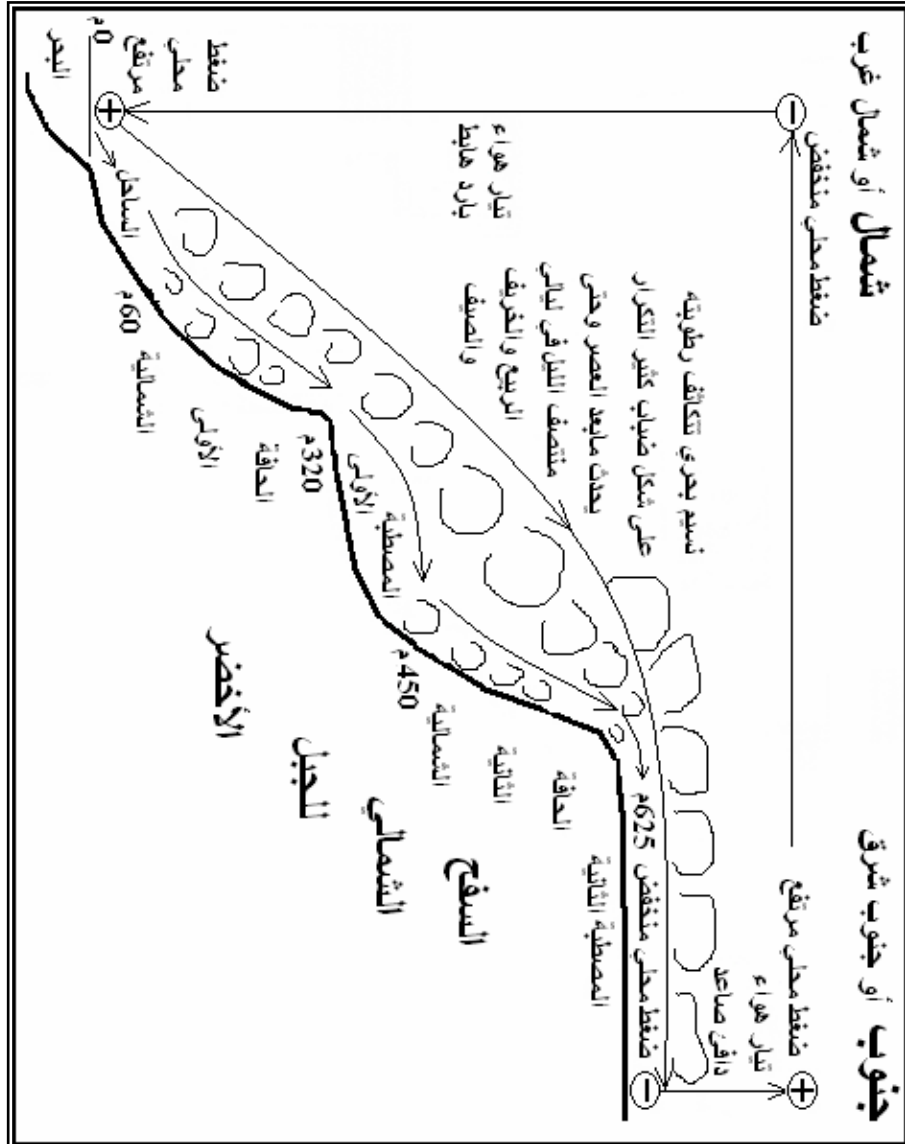


متراصة على بعضها، صور (من 13 إلى 27، ومن 30 إلى 38، ومن 42 إلى 63)، وكلما تراكمت الرطوبة في أجواء هذه السفوح كلما نشرت أكثر من حرارة التكاثف، وكلما تطور تيار الحمل الصاعد في داخل الغيوم، وبالتالي كلما تطور الضغط الجوي المحلي بداخلها وعلى محيطها انخفاضاً مستديماً مزيداً من الرطوبة الجوية التي تتقدم إليها من فوق البحر، أو التي قد تتقدم إليها من جهات الجبل التي ينشط فيها التبخر والنتح، صور (31، 33)، ومن 35 إلى 41)، ناهيك عن أنه كلما انخفض الضغط الجوي المحلي في أجواء المكان كلما زادت فيه عمليتا تبخر الرطوبة الأرضية والنتح نشاطاً، الشكلان (6، 9)، أو التي قد تتقدم إليها على هيئة غيوم متكاثفة من جهات عدة نحو الضغط المنخفض الذي تولده الغيوم فوق سفوح التضاريس الشمالية، إن التيارات الصاعدة ضمن الغيوم تخلق تيارات هوائية كثيرة الاضطراب أسفلها نتيجة تقابل التيار الصاعد بتيار هابط ضمن الغيمة ذاتها ناتج عن نضج تكاثف الرطوبة إلى تيار هطول مطري أو ثلجي، لكون تكاثف الرطوبة في أعلى الغيوم من الهواء يجعله بارداً وثقيلاً نتيجة ما خسر من رطوبة متكاثفة ناضجة على هيئة مطر أو برد أو ثلج فيهبط نحو الأسفل على هيئة تيار هوائي جاف هابط، وبحسب تراكم الرطوبة تسود الحالات الجوية المرافقة؛ إما بمطار عاصفية غزيرة فوق مساحات محدودة كالمصطبة الثانية من الجبل يرافقتها في أحيان كثيرة البرد، نتيجة عنف التيارات الهابطة والصاعدة في الغيوم التي تولد ظاهري البرق والرعد، وإما بمطار خفيفة تتوزع على مساحات أكبر بحسب تطور تراكم الرطوبة بين مكان وآخر، وفي كلتا الحالتين قد تتراكم الرطوبة وتنضج لحالة الهطول العاصفي فوق أي بقعة من ظهر الجبل، صور (من 14 إلى 22)، وفي حال كانت الرطوبة

غير كافية للضغط والمطول تتابع الغيوم مسارها بحسب توزيع فروق الضغط الجوي، أو قد تنشأت الرطوبة المتكاثفة عندما تصبح في أجواء هوائها دافئ، حيث تصبح تلك الرطوبة غير كافية لإشباعه فيصبح الجو صافياً وأكثر ما يلاحظ هذا فوق قمة الجبل وسفوحه الجنوبية عندما تكون سفوحه الشمالية غائمة مطرة أحياناً فيما بعد العصر حتى الغروب، وقد تتطور الحالة الجوية لحالة نسيم بحري يحمل الرطوبة الجوية المتكاثفة على هيئة ضباب وأحياناً الغيوم كما هي الحالة السائدة في أجواء ما بعد العصر حتى المساء المتأخر إلى ما بعد منتصف الليالي الربيعية والصيفية والخريفية التي تزود غابة وتربة الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية، المنتجة للطل أو الندى، على طول فترة فصل توقف الأمطار عن السقوط في الجبل الأخضر، شكل (3).

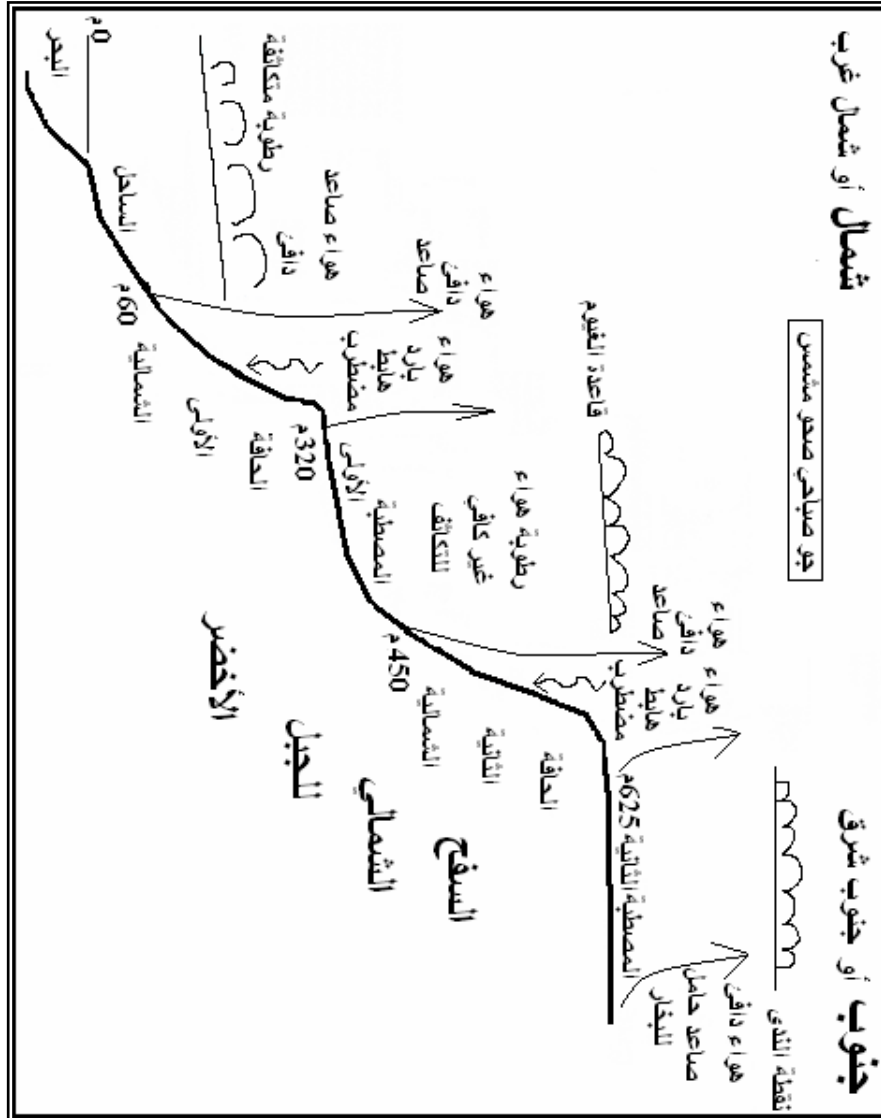
### تأثير أجواء حافات ومصاطب السفوح الشمالية والغربية للجبل الأخضر على جبهات الرطوبة المحلية البحرية المتوسطة

يحدث أحياناً عرقلة في تقدم جبهات الرطوبة المحلية المتوسطة التي تعقب أجواء مطرة فوق الجبل، التي تنشأ في أجواء صحو هادئة لا رياح فيها، بحيث يكون الضغط الجوي المحلي المنخفض هو المتحكم في حركة الهواء المحلي والرطوبة التي يحويها، نحو أجواء ظهر الجبل الأخضر ولفترة طويلة نسبياً قد تدوم ما بين الصباح ومنتصف النهار بسبب نشوء التيارات الهوائية المحلية على منحدري الحافتين الأولى والثانية، صور (من 30 إلى 41)؛ إن ما يحدث هو أن سطوع الشمس يسخن سطح وهواء ظهر الجبل فيصعد مع ما يحمله من ناتج التبخير من رطوبة التربة المكتسبة حديثاً والنتح نحو الأعلى.



شكل (3): توضيح كيفية تغذية أجواء السطح الشمالي للجبل الأخضر بالرطوبة الجوية المحلية البحرية المتوسطة القادمة من الشمال، والتي يحملها نسيم البحر، والمتمثلة بتكاثف الضباب المسائي والليلي الربيعي والصيفي والخريفي، بفعل فروق الضغط المحلي ما بين الوحدات الجغرافية المحلية الرئيسة، من عمل الباحث.

لكن رطوبة الأجواء فوق الجبل لا تكفي لإشباع هوائه بالبخار فتتكون طرود غيوم ركامية صغيرة تظهر أو ترتفع فوق الجبل إلى سقف الهواء الدافئ مخلفة أحياناً طبقة من سمحاق أو سمحاق طبقي أو طبقة من غيوم ركامية عالية نسبياً يتخلل بين فراغاتها الهواء الدافئ غير المشبع بالرطوبة، أشكال (من 4 إلى 6)، فيما تتكون فوق سطح مياه البحر الدافئة المحاذية للساحل جبهة رطوبة تعمل على تجميع وتراكم الرطوبة في مكانها دون أن تتقدم نحو الجبل لكون ضغطها المحلي يتطور بتطور الضغط المحلي نفسه فوق الجبل، ولكون الهواء الموجود في الظل على جسمي أو واجهتي الحافتين؛ الأولى المشرفة على الساحل والثانية المشرفة على المصطبة الأولى، المتجهة ميولها شمالاً، يلعب دوراً مفصلياً رئيساً في فصل نطاقي الضغط الجوي المحلي لكل من أجواء ظهر الجبل المتمثل في المصطبة الثانية، وأجواء مياه البحر المحاذي لشاطئ الجبل، بحيث يتكون على جسم كل من الحافتين آليات فيزيائية مرتبطة بحركة الهواء الرأسية؛ المتسلقة صعوداً والهابطة نزولاً على طول كامل ارتفاع منحدر كل من الحافتين، المقارب في كل منهما لنحو 170 م ما بين خطي الطول لوردامة ولأم الصفصاف اللتين تمت مراقبة تطور الأجواء فيهما؛ فعندما يسخن هواء أعلى الحافة المشرقة عليها الشمس يندفع ويرتفع للأعلى وبذلك يستجر خلفه الهواء البارد والأثقل نسبياً على جسم الحافة نحو الأعلى، هذا الهواء الصاعد على جسم الحافة كلما تسلق صعوداً يزداد برودة وما أن يصل إلى قمة الحافة حتى يصبح ثقيلاً فيرجع هابطاً نحو قدم الحافة من جديد، وكلما تقدم في هبوطه على جسم الحافة ينضغط وتزداد حرارته فيندفع ويخف وزنه لذلك يعيد الكرة متسلقاً صاعداً على جسم الحافة من جديد نحو قمته، وهكذا على طول فترة الصباح.



شكل (4): عمل التيارات الهوائية الدافئة الصاعدة على السهل الساحلي والمصطبتين الأولى والثانية، وتحريض تيارات الهواء البارد الهابطة على أجسام الحافات، بتوقيف تقدم جبهة الرطوبة الجوية المحلية البحرية المتوسطة الشتوية نحو أجواء الجبل الأخضر، لحين تراكمها وتكاثفها في أكثر من طابق، ثلاث طوابق، من الغيوم في أجواء الجبل الشمالية المظلة على البحر، من عمل الباحث.

وبذلك تخلق هذه التيارات الهوائية المحلية في أعالي الحافات تياراً هوائياً دوامياً مضطرباً جداً ومزعجاً للغاية بحيث يلجأ الزائر لهذه الأماكن عند وجود تلك التيارات المضطربة للجلوس والاستقرار عند مناسيب أخفض على جسم الحافة تمكنه من الهدوء والراحة، تابع الباحث حركة هذه التيارات في أرض يونس الحمري على قمة الحافة الثانية المشرفة على الوسيطة من أم الصفصاف، ومن أمام منزل عبد الواحد عوض المشرف على الوسيطة من يمين عقبة وردامة، ومن آثار شحات، ومن فوق الحافة الأولى في بطة، شكل (4).

عند وصول التيار الهوائي الصاعد إلى قمة الحافة يختلط قسم منه بالهواء البارد فوق سطح قمة الحافة فيسحبه معه نحو الأعلى مكوناً فوق قمة الحافة تياراً دافئاً صاعداً، كما أنه في حال وصول تيار الهواء الهابط لمناسيب قدم الحافة يختلط قسم منه بالهواء الدافئ لسطح المصطبة أو لسطح الشريط الساحلي فيسحبه معه للأعلى مكوناً هو الآخر تياراً هوائياً دافئاً صاعداً ثانياً يوازي التيار الصاعد الأول الناشئ فوق قمة الحافة، وعليه يكون قد تكون في أجواء الحافة الجبلية الأولى المشرفة على الساحل تياران هوائيان دافئان صاعدان، وتياران هوائيان دافئان آحران صاعدان في أجواء الحافة الجبلية الثانية المشرفة على المصطبة الأولى، كل من هذين التيارين الصاعدين يحصران بينهما تياراً هوائياً، بالتحريض، بارداً هابطاً من أعلى الأجواء نحو جسم أو منحدر الحافة حتى قدمها، شكل (4).

هذه التيارات الهوائية الصاعدة توقف حركة تقدم الرياح المحلية الأفقية سواء من جهة البحر وسواء من جهة الجبل حين يتطور في أجوائها منخفض جوي محلي، بعد استهلاك كل الهواء البارد وتحويله لهواء دافئ متجانس في درجة حرارته، يتحكم بحركة هواء

وربماح الأجوآء والرطوبة التي تحملها؛ فإذا تجانست حرارة أجواء الحافة الجبلية الأولى المشرفة على الساحل وأصبح ضغط أجوائها هو الأخفض قبل تجانس الأجواء السفلى للحافة الجبلية الثانية المشرفة على المصطبة الأولى من الجبل تتقدم رطوبة الأجواء البحرية في الأعلى نحو الجبل، شكل (5) وفي حال تجانس حرارة هواء الحافة الأولى وتبعه تجانس حرارة هواء الحافة الثانية فإن الرطوبة وغيومها المتكاثفة تتقدم نحو أجواء الجبل على هيئة شريط متصل من الغيوم يمتد، بشكل قوس مواز للسفح الشمالي، من جبهة الرطوبة البحرية وحتى أجواء ظهر الجبل، شكل (6)، وفي الغالب تتجانس حرارة أجواء الحافة الثانية قبل أجواء الحافة الأولى السفلى لانحصارها بين يابسي المصطبة الأولى بالأسافل والمصطبة الثانية في الأعالي اللتين يكون تسخين أجوائهما أسرع نسبياً، مما يجعل ضغط أجوائها المنخفض هو المتحكم في حركة هواء الأجواء ورطوبته، لذلك يستجر الهواء والرطوبة من أجواء الجبل قبل استجرار هواء أجواء الساحل الذي يفصله عن الجبل نحو ثلاثة حواجز من التيار الهوائي الصاعد، صور (من 30 إلى 41)، إنه خلال عمل التيارات الهوائية الصاعدة الناشئة في أجواء الحافات تقطف من رطوبة الأجواء شيئاً منها وترفعها في الأجواء إلى مستوى منسوب نقطة الندى الذي تتكاثف عنده الرطوبة بفعل توزيع التيار الهوائي أفقياً عند هذا المستوى؛ الذي يلعب دور السقف الذي ينتشر وفقه الدخان المتصاعد من جو الغرفة، لذلك تتطور الرطوبة وأشكال تكاثفها من الغيوم في أجواء الجبل العليا في أكثر من طابق من جراء عمل تلك التيارات الهوائية الدافئة الصاعدة فوق أجواء أقدام وقمم الحافات، أشكال (4 و 5 و 6).

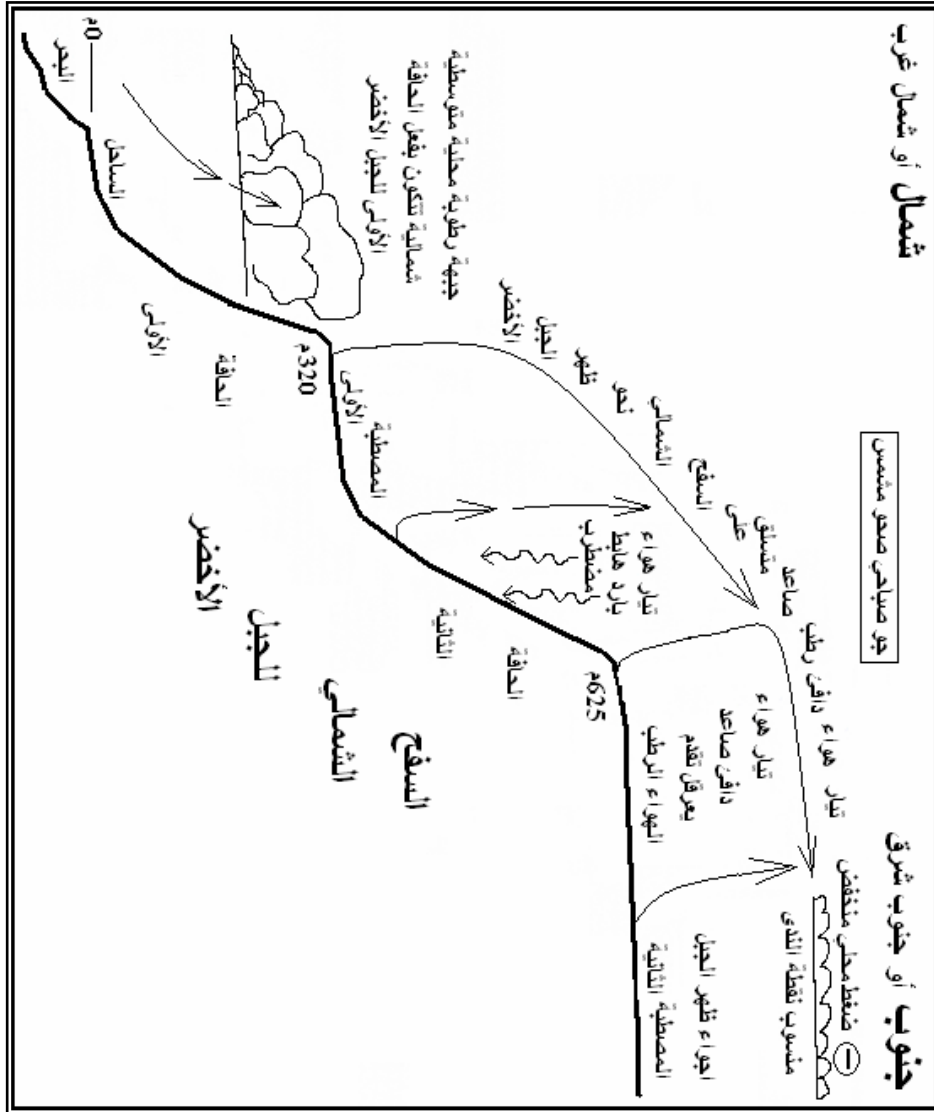
يوقف إذن التيار الهوائي الصاعد في أحيان كثيرة تقدم الرطوبة من الشمال البحري نحو أجواء الجبل الواقعة في الجنوب لنراها تتوقف عن حركة التقدم ساعات وتتطور غيومها في مكانها عند مشارف الحافات الجبلية الشمالية، حيث يدخل هنا عامل الأودية وجوانبها

الجدارية الشكل في تخليص جبهة الرطوبة وإخراجها من مطبها الهوائي التي وقعت به على النحو التالي؛ إن جوانب الأودية الخانقية العميقة التي تضاهي ارتفاعاتها ارتفاعات واجهات الحافات تلعب دور الحافات الجبلية نفسها بسبب فروق الارتفاع العالية نسبياً سواء عند مداخلها من الحافة الثانية للمصطبة الأولى سواء عند مداخلها من الحافة الأولى للسهل الساحلي، لذلك يشابه تعاملها مع الهواء المحلي تعامل الحافات، لذلك يكون الهواء واضطرابه وإزعاجه للزائر أكثر ما يكون على قمة الحافة عند نطاق تلاقي خط قمة الحافة مع جانب الوادي، ولما كان اتجاه الأودية عمودياً على اتجاه الحافات الجبلية الموازية لساحل البحر، فإنه ينشأ فوق جانبي الوادي تياران هوائيان دافئان صاعدان نتيجة تسخين هواء سطح قمم جوانب الأودية المتصلة بياض المصاطب، والتيارات الصاعدة على جوانب الأودية تكون متعامدة مع التيارات الصاعدة عند قمم وأقدام الحافات، والمعلوم أن الأودية المتجهة شمالاً عادة تكون أعماقها قليلة في المصاطب عند أعالي الحافات، ما بين 30 و50م، وعميقة عند مخارجها من الحافات، بما يقارب 120 و150م، إن التيارين الهوائيين الصاعدين على جانبي الوادي يحصران بينهما هواءً يعاني حالة اضطراب مستمرة؛ فإذا صعد الهواء الدافئ من قاع الوادي نحو قمم جانبيه يبرد ويثقل كلما ارتفع في الوادي فيعود ليهبط وينضغط كلما قرب من قاع الوادي فيسخن ويلجأ من جديد للصعود وهكذا، ثم إن الهواء يسعى عند تسخينه في قاع الوادي أن يتسلك في مجرى الوادي الذي يكون له ممراً طبيعياً من جهة أسافل الوادي المتصلة بالمصطبة التي تقع أسفل الحافة، بالقرب من واجهة الحافة، نحو الأعالي على المصطبة التي تعلو الحافة الجبلية، والتي يسود فوقها هواء ساخن نوعاً ما يصعد للأعلى ويستجر خلفه هواء الوادي من الأسافل نحوه، وعليه فإن صعود التيارات الهوائية الصاعدة تقطف في طريقها من الرطوبة الجوية المحلية وتوجهها نحو الأعالي؛ فالتياران الهوائيان الصاعدان فوق الجوانب



يرفعان الرطوبة لمستويات عليا تتكاثف عندها على هيئة سمحاق وغيوم طبقية تتطور فيما بعد لركامية، والتيار الهوائي المتسلق على طول مجرى الوادي يرفع الرطوبة التي يجلبها على هيئة دفقات لمستويات أقل تتكاثف عندها على هيئة غيوم ركامية، لذلك تصبح جبهة الرطوبة عند الحافة وفوقها تتكون من أكثر من طابق من الغيوم التي تراكم الرطوبة في أجواء الحافات لتغطي كامل الفضاء أسفلها حاصرة عندها الهواء الدافئ تحتها وتعمل على سوقه أمامها نحو ظهر الجبل صور (25، 26، 44، 45 و46).

إن عمل الأودية في تمرير الرطوبة من جهة الشمال حيث الأجواء البحرية نحو ظهر الجبل في الجنوب قد تستمر في تزويد أجواء الجبل بالرطوبة السفلية المتجددة المتكاثفة في ظل وجود غطاء علوي كامل متصل من الغيوم في سماء ظهر الجبل، شكل (19 من الفصل الثاني)، صور (من 19 إلى 21)، وهذه الرطوبة تتمثل في تيارات هوائية تحمل أو تسوق في طريقها غيوماً ركامية وطبقية أحياناً تسير في أجواء الجبل السفلى تحت غطاء الغيم العلوي نحو الضغط المنخفض الذي يتحكم بأجواء الجبل المحلية كلها، صور (30، 32، 34، 36، ومن 50 إلى 52، 59). في حال طرد الهواء الدافئ نحو جنوب الجبل أمام الهواء البارد المحمل بالرطوبة الجوية فالأجواء ستكون ماطرة، أما إن حدث، بحسب المتابعة الميدانية، أن الهواء البارد كان خفيفاً في المؤخرة أو حصل له هبوط فجائي في الوسط، كما هو الملاحظ لعملية هبوط مفاجئة ومتكررة في الغيوم الركامية المزنية المحملة بالرطوبة فوق المنخفض الطبوغرافي المحلي لوادي الكوف عند محطة تنقية الغريقة، حيث يلتقي رافد القرمل المار بالمنطقة الصناعية مع الرافد الموجود به مصنع السماد بالغريقة في جنوب مدينة البيضاء.

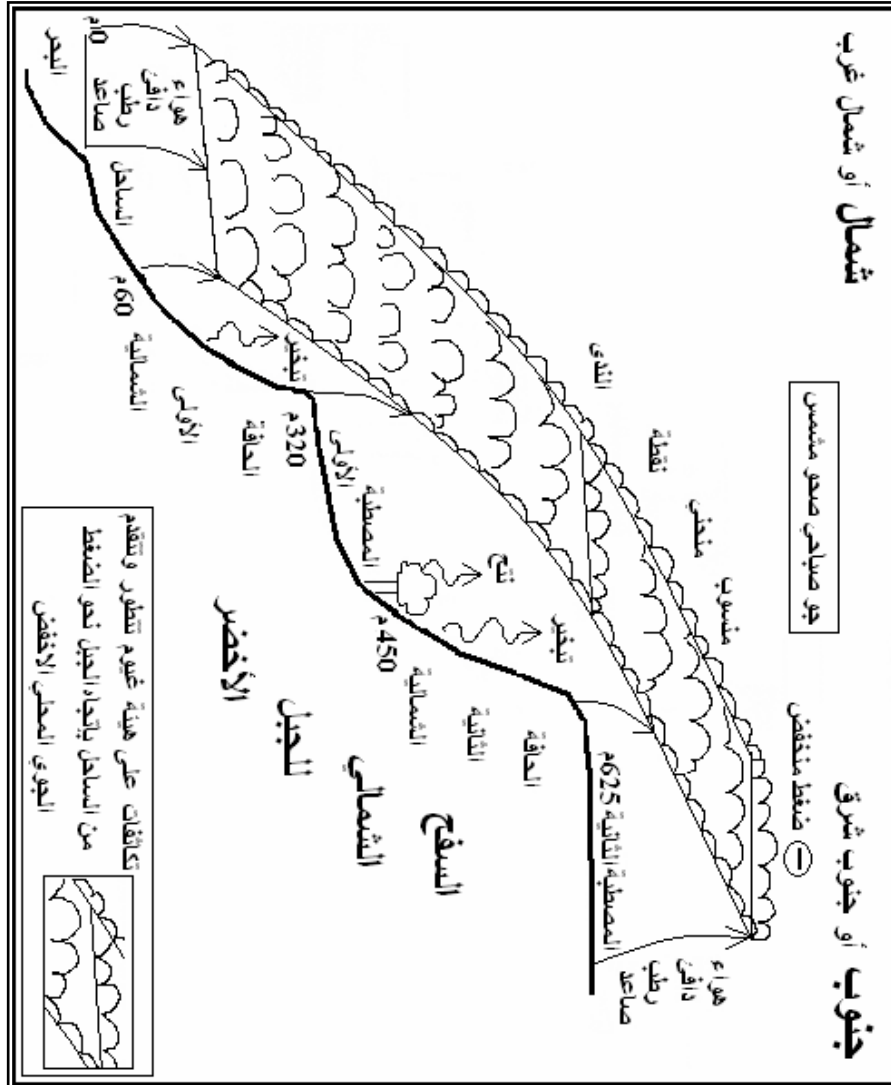


شكل (5): كيفية تسلق الهواء الدافئ الحامل للرطوبة، من جبهة الرطوبة المحلية البحرية المتوسطة بعد تجانس هواء أجواء الحافة الأولى، نحو أجواء الجبل الأخضر في الجنوب التي تستدعي بضغطها المنخفض الهواء البحري الرطب من جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة المتكونة في الشمال بفعل عرقلة الحافتين الجبليتين الشماليتين الأولى والثانية، تقدمها حين تجميع وتراكم وتكاثف الرطوبة الجوية التي تظهر في طبقتين من الغيوم، من عمل الباحث.

فإن الهواء الدافئ السفلي تحت غطاء الغيم يتسلسل بسرعة لخلف جبهة الرطوبة المتقدمة من الشمال ليصعد بسرعة نحو الأعلى قاطعاً الطريق أمام تقدم وتواصل الرطوبة البحرية من الشمال، ويجول الأجواء من ماطرة إلى صحو في اليوم التالي، الصورتان (25 و 26).

في حال كانت مياه البحر القريبة من شواطئ الجبل الأخضر أدفاً نسبياً من مياه داخل وسط البحر البعيد نسبياً، وكانت حرارة أجواء الجبل أدفاً من حرارة أجواء مياه الساحل القريب المحاذي له فيعملاً معاً في توافق على استجرار الهواء من أجواء داخل البحر البعيدة مع ما يحمله من رطوبة نحو أجواء الجبل، حيث يمكن التكلم في هذه الحالة عن منخفض جوي محلي يجلب الرطوبة من بعيد نسبياً ليدوم أكثر من يومين أحياناً في تغذية الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية الممطرة أحياناً بغزارة، ميزة هذه المنخفضات الجوية المحلية أنها هادئة الأجواء لا رياح قوية تسبقها أو تتبع مرورها وأغلبها شمالية، كحالة يومي 25 و 26.01.2017، صور (من 12 إلى 22).

وهذه المنخفضات الجوية المحلية غير تلك المنخفضات العابرة للقارات والمسطحات المائية الكبرى القادمة من بعد أجواء البحر المتوسط والعابرة له من غرب أو من شمال غرب المتوسط حتى شرقه أو جنوبه، والتي تتميز بنشاط لحركة الرياح في مقدماتها وفي مؤخراتها ويدوم استمرار عبورها في أجواء الجبل لأكثر من خمسة أيام وقد تدوم أحياناً لأسبوع متواصل ما بين وصول الجبهة الدافئة في مقدمة المنخفض وأفول الجبهة الباردة لمؤخرة المنخفض الجوي القادم من المحيط الأطلسي أو القادم من الشمال الأوربي. وبحسب فاعلية التيارات الصاعدة فوق الحافات الشمالية للجبل تتحدد أماكن نشوء وتكوين جبهات الرطوبة المحلية البحرية المتوسطة كما تبينه الأشكال (7 و 8 و 9) والصور (من 47 إلى 63).



شكل (6): زوال التيارات الهوائية الدافئة الصاعدة على المصاطب والسهل الساحلي والتيارات الباردة الهابطة على أجسام الحافات بعد تجانس حرارة هواء أجوائها، ومن ثم تقدم جبهة الرطوبة الجوية المحلية المتوسطة من الشمال من دون عرقلة على السطح الشمالي للجبل نحو الضغط المنخفض لأجواء ظهر الجبل المتمثل بالمصطبة الثانية، حيث تظهر الرطوبة المتكاثفة في شريط متصل من الغيوم يمتد ما بين البحر وظهر الجبل، لاحظ الصور (36، 37، 38 من الفصل الرابع)، من عمل الباحث.

توثيق ومتابعة تكوين جبهات رطوبة محلية متوسطة صيفية، صور (من 1 إلى 6):

من الصور الموثقة لاحقاً يظهر كيف تبدأ ولادة وتطور جبهات الرطوبة المحلية الصيفية عند منسوب نقطة الندى، حيث تظهر الجبهة على هيئة أفق أبيض فوق البحر المتوسط، والجبهة تمتد وتتطور من الشرق نحو الغرب كلما تقدمت ساعات النهار الصحو والمشمس في حال سكون الرياح، وذلك بنتيجة تكاثف البخار الصاعد من سطح مياه البحر المتوسط على هيئة غيوم سمحاق رقيقة جداً، تحتل منسوب نقطة الندى، الذي يكون فيما بعد قواعد الغيوم الركامية التي تتطور من السمحاق، والتي تنفصل فيما بعد الواحدة تلو الأخرى على هيئة طرود من غيوم ركامية منفردة تتقدم من فوق البحر المتوسط باتجاه جنوب شرق نحو أجواء الجبل الأخضر، وانفصال طرود الغيوم المتتالي من الشرق نحو الغرب يؤدي لتفكيك جبهة الرطوبة بالتدرج من الشرق نحو الغرب.

<p>صورة (1): بداية تطور جبهة رطوبة محلية صيفية عند منسوب نقطة الندى تظهر على هيئة أفق أبيض فوق البحر المتوسط، شمال الحافة الثانية، شحات، عقبة المنصورة، يوم الجمعة 08.06.2012 الساعة 15:59.</p>	
<p>صورة (2): ولادة جبهة رطوبة محلية في حال سكون الرياح، نتيجة تكاثف البخار الصاعد، من سطح مياه البحر المتوسط، عند منسوب نقطة الندى، شمال آثار شحات، يوم الجمعة 24.08.2012 الساعة 17:09.</p>	



صورة (4): تابعة للصورة السابقة؛ في الجهة الشرقية تتطور الرطوبة المتكاثفة لجهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق البحر المتوسط إلى طرود غيوم صغيرة، منفصلة عن بعضها وتتحرك جنوباً نحو الجبل، شمال آثار شحات، الجمعة، 24.08.2012، الساعة 15:10.



صورة (3): تابعة للصورة (2) السابقة؛ تمدد أفق جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق مياه البحر المتوسط نحو الغرب، مع تحويل رطوبة الجبهة لطرود غيوم، تنفصل شيئاً فشيئاً عن الجبهة في الشرق، ثم تتجه نحو الجبل الأخضر، شمال آثار شحات، الجمعة، 24.08.2012، الساعة 17:10.



صورة (6): تابعة للصورة السابقة؛ كيفية تطور جبهة الرطوبة التي تكونت فوق البحر المتوسط لطرود غيوم متراسة في الجهة الشرقية من جبهة الرطوبة، وذلك بفعل تناقص حدة السطوع الشمسي والانخفاض التدريجي لدرجة الحرارة كلما قربت الشمس من المغيب، شمال آثار شحات على الحافة الثانية، يوم الجمعة، 24.08.2012، الساعة 17:11.



صورة (5): تابعة للصورة السابقة؛ زيادة تطور طرود الغيوم؛ التي تصبح أكبر وعددها أقل، كلما توجهنا شرقاً على طول مستوي نشوء جبهة الرطوبة المحلية فوق البحر المتوسط، صورة ملتقطة من فوق الحافة الثانية لشمال آثار شحات، يوم الجمعة، 24.08.2012، الساعة 17:10.

توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية شمالية متوسطة شتوية، صور (من 7 إلى 9):  
يظهر في هذه الصور توثيق كيفية تطور الغيوم الركامية بانتفاخها نحو الجوانب  
والأعلى فوق قاعدتها المرتكزة على منسوب نقطة الندى للجبهة المتوسطة، ثم كيف تنفصل  
تلك الغيوم عن الجبهة وتتجه جنوباً متلاحقةً الواحدة تلو الأخرى نحو أجواء الجبل الأخضر.



صورة (7): كيفية انتفاخ الغيمة الركامية نحو الجوانب والأعلى فوق قاعدتها المرتكزة على  
منسوب نقطة الندى، لجبهة الرطوبة المحلية المتوسطة، طريق البيضاء-شحات، شمال رأس  
التراب، الجمعة 28.12.2012، الساعة 11:26.



صورة (8): تولد  
الغيوم الركامية من  
جبهة الرطوبة  
المحلية المتوسطة  
الشتوية، شمال  
أثار شحات،  
الجمعة  
28.12.2012،  
الساعة 11:50.



صورة (9): تطور  
الغيوم الركامية  
فوق منسوب نقطة  
الندى لجبهة  
الرطوبة المحلية  
المتوسطة  
الشتوية، وظل  
بعضها يظهر شمال  
المنصورة قادمة  
نحو أجواء الجبل  
الأخضر، شمال  
غرب أثار شحات،  
الجمعة  
28.12.2012،  
الساعة 11:51.



توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية متوسطة خريفية، صورة (10):

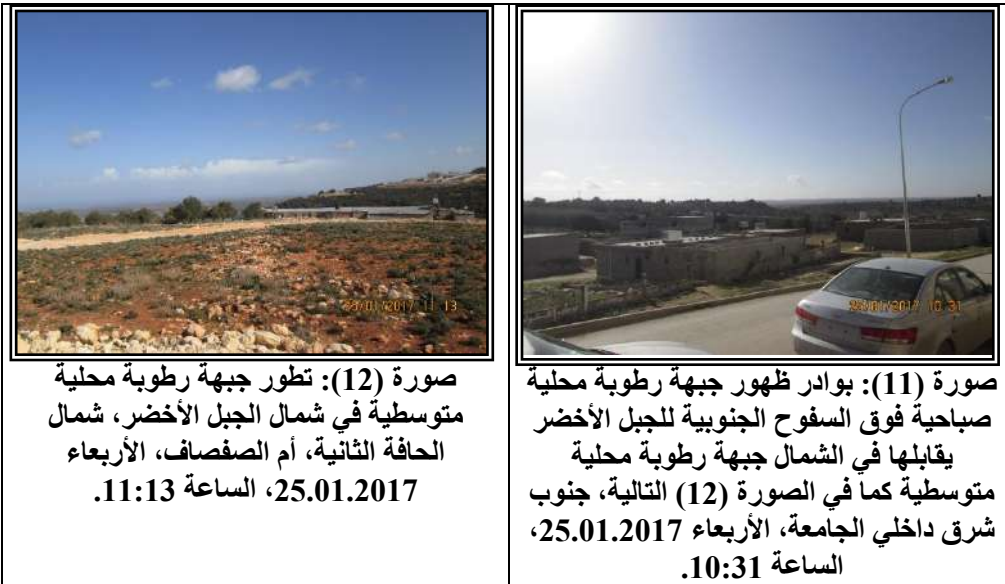


صورة (10): بداية ظهور جبهة رطوبة محلية، في حال سكون الرياح، عند منسوب نقطة الندى فوق البحر المتوسط، الجبهة واضحة على هيئة أفق أبيض ممتد ويتطور من الشرق نحو الغرب، صورة ملتقطة من أمام منزل عبد الواحد عوض، شمال عقبة وردامة، الأحد 23.10.2016، الساعة 14:28.

توثيق ومتابعة تطور جبهات محلية متوسطة شتوية شبه يومية كثيرة التكرار وماطرة أحياناً، صور (من 11 إلى 22):

يبدو في الصور الموثقة أن تكوين جبهة رطوبة بحرية متوسطة في شمال الجبل الأخضر تغني أجواء الجبل في الجنوب بالرطوبة الجوية التي ينقلها النسيم البحري بعيداً،

لتظهر آثار رطوبته فوق السفوح الجنوبية أحياناً على هيئة بواذر ولادة جبهة رطوبة محلية تبدو واضحة هناك، ثم إن تطور جبهة الرطوبة المتوسطة في شمال الجبل والمتزودة بالبخار لمدة يومين متتاليين على الأقل، كفيلة بتجميع وبتراكم الرطوبة الجوية في أجواء السفوح الشمالية وأجواء المصطبة الثانية لدرجة تكوين غيوم ركامية مزنية رأسية متطورة وناضجة جداً، لدرجة أن الهطول الناتج منها كفيلاً بإشباع التربة بالرطوبة اللازمة والفائض عن حاجتها يجري في الأودية على هيئة سيول، وأحياناً غزارة الأمطار، كما هو موثق، تغرق الشوارع والساحات بمياه الفيضان.





صورة (14): انسداد الأفق الشمالي أو امتلاؤه بالغيوم المزنية نتيجة تطور جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة في اليوم التالي، والتي تبدو كمنخفض جوي قادم من فوق البحر يبشر بأمطار غزيرة فوق الجبل الأخضر، لاحظ أن الأرض جافة، المصطبة الثانية، وادي أم قديح، مجمع شهداء الجبل، كاميرا محمود التواتي، الخميس 26.01.2017، الساعة 11:09.



صورة (13): تزويد أجواء الجبل بالغيوم الركامية المتولدة من الجبهة المحلية المتوسطة والمنفصلة عنها بفعل انتشار حرارة التكتاف داخل الغيمة، ومن ثم رفعها فوق منسوب الجبهة وجذبها نحو الضغط الجوي المحلي المنخفض نسبياً فوق الجبل، الحافة الثانية، أم الصفصاف، الأربعاء 25.01.2017، الساعة 11:13.



صورة (16): فيضان الشوارع من جراء العاصفة المطرية التي أحدثتها الجبهة المحلية المتوسطة فوق مدينة البيضاء، لقطة مقتطعة من فيديو محمود التواتي، مدخل البيضاء الغربي، سيدي رويغ الأنصاري، الخميس 26.01.2017، الساعة 14:30.



صورة (15): أمطار غزيرة يستقبلها الجبل الأخضر خاصة في محيط مدينة البيضاء فور وصول الغيوم المزنية الركامية للأجواء، كاميرا محمود التواتي، جامعة عمر المختار، مجمع شهداء الجبل، الخميس 26.01.2017، الساعة 11:16.



صورة (18): جو ماطر في أكثر من طابق من الغيوم الركامية المزنية؛ الطابق العلوي مخصب وناضج ومنتج ومنتج من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي، والطابق السفلي يسعى لاكتساب مزيد من الرطوبة عن طريق تقدمه من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي لتعويض تناقص الضغط المحلي الناتج عن الهطول، كما في الصورة التالية، جنوب داخلي الجامعة، الخميس 26.01.2017، الساعة 13:29.



صورة (17): أجواء ماطرة في ظل تلبد الغيوم الركامية والركامية المزنية في أكثر من طابق، فوق الحافة الثانية، في الجهات الشمالية من داخلي جامعة عمر المختار، الخميس 26.01.2017، الساعة 13:18.



صورة (20): توجه غيوم الطابق السفلي نحو مناطق الهطول الناتج من الطابق العلوي من الغيوم الركامية المزنية الممطرة في حركة معاكسة، شمال شرق داخلي الجامعة، الخميس 26.01.2017، الساعة 13:29.



صورة (19): لاحظ الغيوم الركامية في الطابق السفلي تتوجه بحركة معاكسة لتحرك الغيوم المخصبة الناضجة الممطرة في الأعلى لتعويض النقص في الضغط الجوي المحلي، هذه الظاهرة قد تمتد لأكثر من عشر كيلومتر كما يبدو في الصورة التالية، شرق داخلي الجامعة، الخميس 26.01.2017، الساعة 13:29.



رصد وتوثيق متابعة جبهة رطوبة محلية متوسطة شتوية، صور (من 23 إلى 26):

يبدو في التوثيق التالي كيف تغذي جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة الناشئة في الصباح أجواء الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية على طول النهار، لدرجة تغطية كامل فضاء المصطبة الثانية بطرود الغيوم الطولية في منتصف النهار، والتي تتحد مع بعضها فيما بعد على هيئة غطاء غيم موحد يطرد أمامه وأسفله الهواء الدافئ نحو الأجواء الجنوبية للجبل الأخضر، ثم يبدو أن هبوط مفاجئ للغيوم المزنية في مقدمة أو وسط جبهة الرطوبة المحلية يؤدي إلى تسلل الهواء الدافئ من الأسفل وصعوده نحو الأعلى في مؤخرة الجبهة مما يلغي فرصة استمرار تزويد الجبهة بالرطوبة السفلية القادمة من الشمال، ويلغي بذلك فرصة تكوين الأمطار.

<p>صورة (23): ولادة جبهة رطوية محلية شتوية في حال سكون الرياح، بنتيجة تكاثف البخار الصاعد، فوق مياه البحر المتوسط، تبدو الجبهة على هيئة أفق أسود، شمال مجمع شهداء الجبل، السبت 28.01.2017، الساعة 10:09.</p>	
<p>صورة (24): تقدم طرود الغيوم الركامية الطبقة المتولدة من جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة الصباحية من أجواء شمال الجبل الأخضر وحتى جنوبه، داخلي الجامعة، السبت 28.01.2017، الساعة 14:37.</p>	



صورة (25): المؤخرة الشمالية للصورة (26) التالية، تزحزح جبهة الرطوبة المتوسطة الصباحية من أجواء شمال الجبل الأخضر نحو الجنوب لتصبح فوق البيضاء، ونتيجة تسلل الهواء الدافئ أسفل الغيوم من الجنوب إلى الشمال أي للحلف، تتحول الغيوم من ركامية مزنية إلى سمحاق طبقي لتلتقي بذلك فرصة حدوث الهطول في خلف الجبهة، شرق داخلي جامعة عمر المختار، السبت 28.01.2017، الساعة 18:11.



صورة (26): المقدمة الجنوبية للصورة (25) السابقة، امتلاء كامل أجواء ظهر وجنوب الجبل الأخضر بغيوم تظهر في طابقين نتيجة تغذية الجبهة المتوسطة لهذه الأجواء بالرطوبة على طول النهار، مما يهيئ الفرصة لسقوط الأمطار، الهواء الدافئ يدفع أسفل الغيوم من الشمال في الخلف ويحافظ على ممر لخروجه من أمام، كما يبدو على مسافة عرض الصورة الممثلة لأجواء الحافة الثالثة في الستلونة، جنوب شرق داخلي الجامعة، السبت 28.01.2017، الساعة 18:12.



توثيق رصد جبهة رطوبة محلية متوسطة شتوية، صور (من 27 إلى 29):

يهتم هذا التوثيق بمتابعة امتداد جبهة رطوبة محلية شتوية صباحية، تنشأ فوق ساحل البحر المتوسط من شمال مدينة البيضاء وحتى شمال سهل المرج على طول مسافة تزيد عن 100 كم من الجزء الغربي للجبل الأخضر، حيث تسود حالة طقس شتوي مشمس وهادئ الأجواء، بما يسمح بتولد غيوم السمحاق والغيوم الركامية من الجبهة، هذه الغيوم تتجه في الأجواء نحو الجنوب والجنوب الشرقي لتغني أجواء الجبل الأخضر في الرطوبة الجوية على طول النهار.



صورة (27): جبهة رطوبة محلية متوسطة تزود أجواء شمال الجبل الأخضر بالغيوم الركامية المتولدة من الجبهة، طريق البيضاء-المرج، شمال أقنطة، الأربعاء 01.02.2017، الساعة 11:45.



صورة (28): امتداد جبهة الرطوبة المتوسطة المحلية، في الأفق السفلي البعيد من الصورة فوق البحر، وانبثاق الغيوم الركامية منها في حالة هدوء الرياح غرباً لقبالة سهل المرج، طريق البيضاء-المرج، شمال غرب أسطاطة، الأربعاء 01.02.2017، الساعة 12:37.



صورة (29): استمرار جبهة الرطوبة المتوسطة المحلية، على طول النهار في حال هدوء الرياح، واندفاع غيوم السحق والركام منها في الاتجاه جنوب شرق نحو أجواء الجبل الأخضر حيث يسود جو صحو مشمس ذو ضغط منخفض نسبياً، سهل المرج، شمال بطة، الأربعاء 01.02.2017، الساعة 17:48.

توثيق ومتابعة عرقلة تقدم وتطور جبهة رطوبة محلية متوسطة شتوية في أجواء الحافة الشمالية الثانية في أعقاب أجواء ماطرة فوق الجبل الأخضر، صور (من 30 إلى 46):

يبدو في التوثيق التالي على طول يوم شتوي كامل، مراحل تطور جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة التي تحاول التقدم جنوباً من أجواء الساحل نحو أجواء الجبل الأخضر، الذي تعترض حافته الجبلتين الأولى والثانية، نتيجة تراكب ارتفاعهما الذي يزيد عن 600م فوق سطح البحر، تقدم الجبهة نحو الجنوب بما يسمح لها بتجميع الرطوبة في أجوائهما، وذلك يؤدي لتناقص الضغط الجوي المحلي في تلك الأجواء بما يتناسب مع زيادة الرطوبة الجوية، أي أنه كلما زادت كمية الرطوبة الجوية في أجواء الحافتين ويابس المصطبة الأولى بينهما كلما تناقص الضغط الجوي وانخفضت قيمته أكثر، ليصبح هذا الضغط الجوي المنخفض نسبياً هو المتحكم في حركة هواء الأجواء المحلية المحيطة فوق الجبل الأخضر وساحل البحر مع ما يحتويه من رطوبة جوية، جاذباً الهواء إليه من الجنوب ومن الشمال، لذلك تتوقف حركة تقدم الجبهة المحلية المتوسطة فوق اليابس الشمالي للحافة الثانية حين تعديل الضغط الجوي المحلي والذي يستغرق وقتاً ليصبح الضغط الجوي في هذه الأماكن أعلى نسبياً من الضغط الجوي المحلي لأجواء ظهر الجبل التي تستدعي، بضغطها المنخفض، فيما بعد الهواء ورطوبته لتتجه نحوها في الجنوب.

وبما أن حركة الهواء تتجه نحو الضغط الجوي المنخفض لترفع من قيمته، في مقابل خفض الضغط الجوي في الأماكن التي انطلق أو توجه منها الهواء، وعليه فلا سبيل حتى تتحرر الجبهة المتوسطة المتوقفة في الشمال والمعرقلة حركتها نحو الجنوب من أن يتوجه إليها

الهواء الرطب من فوق ظهر الجبل الذي استقبل في اليوم الماضي كمية من الأمطار أغنت أجواءه في اليوم التالي، الموثقة خلاله هذه الحالة، بالبخار والرطوبة الجوية الكافية لتشكيل غيوم لا بأس بها في أجواءه، وعليه تبقى جبهة الرطوبة المتوسطة تنمو وتتطور وهي متوقفة في مكانها في الشمال حين وصول الهواء المحمل بالرطوبة والغيوم من الجنوب، وعند التقاء الهواءين تتوحد الرطوبتان الجويتان ويرتفع الضغط الجوي المحلي نتيجة البرودة التي يجلبها الهواء الرطب القادم من جنوب الأجواء، بما يسمح بتخليص الجبهة المحلية المتوسطة من الخروج من مطبها الهوائي لتسير أو تسبح الغيوم منها نحو الأجواء الجنوبية للجبل الأخضر لتزوده بالرطوبة والأمطار.





صورة (33): تزايد تقدم غيوم الركام من فوق المصطبة الثانية نحو جبهة الرطوبة الساحلية في الشمال، والتي تعترض تقدمها نحو الجنوب تضاريس الحافتين الأولى والثانية في الشمال، جنوب وادي أم قديح، الخميس 09.02.2017، الساعة 10:59.



صورة (32): تزايد كثافة الغيوم الركامية المتولدة من الجبهة المحلية الشمالية المتوسطة، شمال وادي أم قديح، الخميس 09.02.2017، الساعة 10:57.



صورة (35): تواصل تقدم غيوم الركام من أجواء جنوب ظهر الجبل نحو الضغط المنخفض الذي تعمل على ديمومة استمرار تطويره الجبهة المتوسطة ليحدث تراكم أكبر قدر من الرطوبة الجوية فيها، جنوب وادي أم قديح، الخميس 09.02.2017، الساعة 11:13.



صورة (34): بداية تطور غيوم السمحاق الطبقي في الطابق العلوي من غيوم الجبهة لطرود متطاولة توازي الحافات الجبلية، شمال وادي أم قديح، الخميس 09.02.2017، الساعة 11:09.



صورة (36): وصول رطوبة أجواء الجبل من الجنوب لتزويد رطوبة الجبهة المحلية المتوسطة في الشمال بما يكفيها من الرطوبة الجوية لتطوير منخفض جوي محلي يتوجه نحو الجبل ليغذيه بالأمطار، شمال وادي أم قديح، الخميس 09.02.2017، الساعة 11:18.



صورة (37): بعد تراكم الرطوبة بما يكفي فوق جبهة رطوبة الساحل وتطور غيومها وتجاوزها الحافة الثانية أصبحت تتوجه جنوباً في سماء الجبل الذي أصبح الضغط المحلي فوقه هو المتحكم في اتجاه حركة الرطوبة الجوية والغيوم، شمال وادي أم قديح، الخميس 09.02.2017، الساعة 12:10.



صورة (39): تقارب الطرد الجنوبي على اليسار من الطرد الشمالي على يمين الناظر، ليلتحما ويطردا الهواء الدافئ الفاصل بينهما، غرب كوبري الكاوة، الخميس 09.02.2017، الساعة 12:18.



صورة (38): تقدم الغيوم الركامية من سماء ظهر الجبل في الجنوب نحو غيوم جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة في الشمال، وإمدادها بالرطوبة على هيئة ألسنة وجسور سمحاق تمتد لتصل بين الركام الشمالي والجنوبي، غرب كوبري الكاوة، الخميس 09.02.2017 الساعة 12:16.



صورة (41): التحام طردي الغيم ببعضهما لتكوين طرد غيم واحد أكبر ذو فعالية أكبر في طرد الهواء الدافئ من أمام الجبهة المحلية المتوسطة في أسفل الغيوم نحو الجنوب لتلاحقه الرطوبة جنوباً شيئاً فشيئاً، غرب كوبري الكاوة، الخميس 09.02.2017، الساعة 12:21.



صورة (40): بدء التحام طردي الغيم مع بعضهما وتضييق الخناق على الهواء الدافئ، غرب كوبري الكاوة، الخميس 09.02.2017، الساعة 12:19.



صورة (43): الرطوبة تطورت في الشمال واتحدت طرود الغيوم لتشكل غيمة متحدة وجبهة رطوبة تلاحق الهواء الدافئ من الشمال وتطرده أمامها نحو أجواء جنوب الجبل الأخضر، شرق داخلي الجامعة، الخميس 09.02.2017، الساعة 12:32.



صورة (42): تطویر طرود غيوم ركامية كبيرة لكن رطوبة الأجواء غير كافية لطرد الهواء الدافئ من بين الفراغات التي تتخلل الغيوم في أجواء جنوب الجبل، جنوب داخلي الجامعة، الخميس 09.02.2017، الساعة 12:32.



صورة (45): هبوط الغيوم المزنية الثقيلة، نحو الأسفل يؤدي لطرد ألسنة من الهواء الدافئ نحو الشمال؛ أي لخلف غطاء الغيوم، الممثل للجبهة المتقدمة نحو الجنوب، شرق داخلي الجامعة، الخميس 09.02.2017، الساعة 16:29.



صورة (44): وصول الأجواء لحالة النضج واكتمال التغطية الكاملة لسماة جنوب الجبل بالغيوم التي يتطور فيها المزن، جنوب داخلي الجامعة، الخميس 09.02.2017، الساعة 16:28.





صورة (46): المؤخرة الشمالية للظاهرة المبينة في الصورتين (44 و45) السابقتين، تسلل الهواء الدافئ من أسفل غطاء الغيم نحو الشمال في خلف الجبهة قد يفسد عليه تكاثف الرطوبة في الشمال ويعيده لحالة الصحو من جديد لتتكرر العملية في اليوم التالي وهكذا، شمال شرق داخلي الجامعة، الخميس 09.02.2017، الساعة 16:30.

تحكم الحافات الجبلية للسفوح الشمالية والغربية للجبل الأخضر في تجميع وتكاثف الرطوبة الجوية وتراكمها في أجوائها وتطوير جهات رطوبة محلية متوسطة في حالات أجواء الصحو المشمس الهادئ

مما تقدم تبين كيف تتحكم الحافات الجبلية الشمالية في تقدم الرطوبة المحلية المتوسطة نحو أجواء الجبل الأخضر، فالحافة الأولى تعرقل تقدم الهواء الرطب القادم من فوق

البحر المتوسط بتأثير جذب الضغط المحلي المنخفض لأجواء ظهر الجبل الأخضر لحين تجميع الرطوبة الجوية وتكاثفها وتراكمها في أجوائها وتطوير جبهة رطوبة تتقدم منها الغيوم نحو الجبل عند ملائمة الظروف الجوية، وكذلك تتحكم الحافة الثانية معرقله تقدم الهواء الرطب إلى حين تجميع قدر جيد من الرطوبة الجوية التي تتكاثف وتتراكم على هيئة غيوم ركامية تتقدم نحو أجواء الجبل ذات الضغط المحلي المنخفض نسبياً عندما تنضج ظروف الأجواء وتسمح بتقدم الجبهة نحو أجواء ظهر الجبل المتمثل في المصطبة الثانية، أشكال (من 7 إلى 9) وصور (من 47 إلى 63).

توثيق وتوضيح كيفية تحكم حافات الجبل الأخضر والسفوح الجبلية بحركة تقدم الرطوبة الجوية وتراكمها في أجوائها، أشكال (من 7 إلى 9) وصور (من 47 إلى 61):  
**الحالة الأولى:** وصول الرطوبة الجوية من الأجواء البحرية على هيئة تكاثفات متفرقة من الغيوم، حيث تعمل الحافة الجبلية الأولى المطلة على الساحل باعتراضها وعرقله تقدم الرطوبة المتكاثفة، مما يؤدي لنمو تلك التكاثفات نتيجة ما يضيفه إليها الهواء الرطب الصاعد، الذي يهب من البحر على جسم الحافة، من رطوبة جوية تجمعها تلك التكاثفات بفعل الحافة الجبلية التي تعمل على رصفها وتجميعها وتراكمها وتوحيدها في أجواء الحافة الأولى لتدخل أجواء الجبل على هيئة طرود ضخمة من الغيوم أحياناً أو على هيئة غطاء موحد من الغيوم، صور (47، 48، 49) وشكل (7)، حيث تابع الباحث هذه الحالة والتي تمت دراستها ومن ثم توثيقها من السهل الساحلي باتجاه الجبل الأخضر.



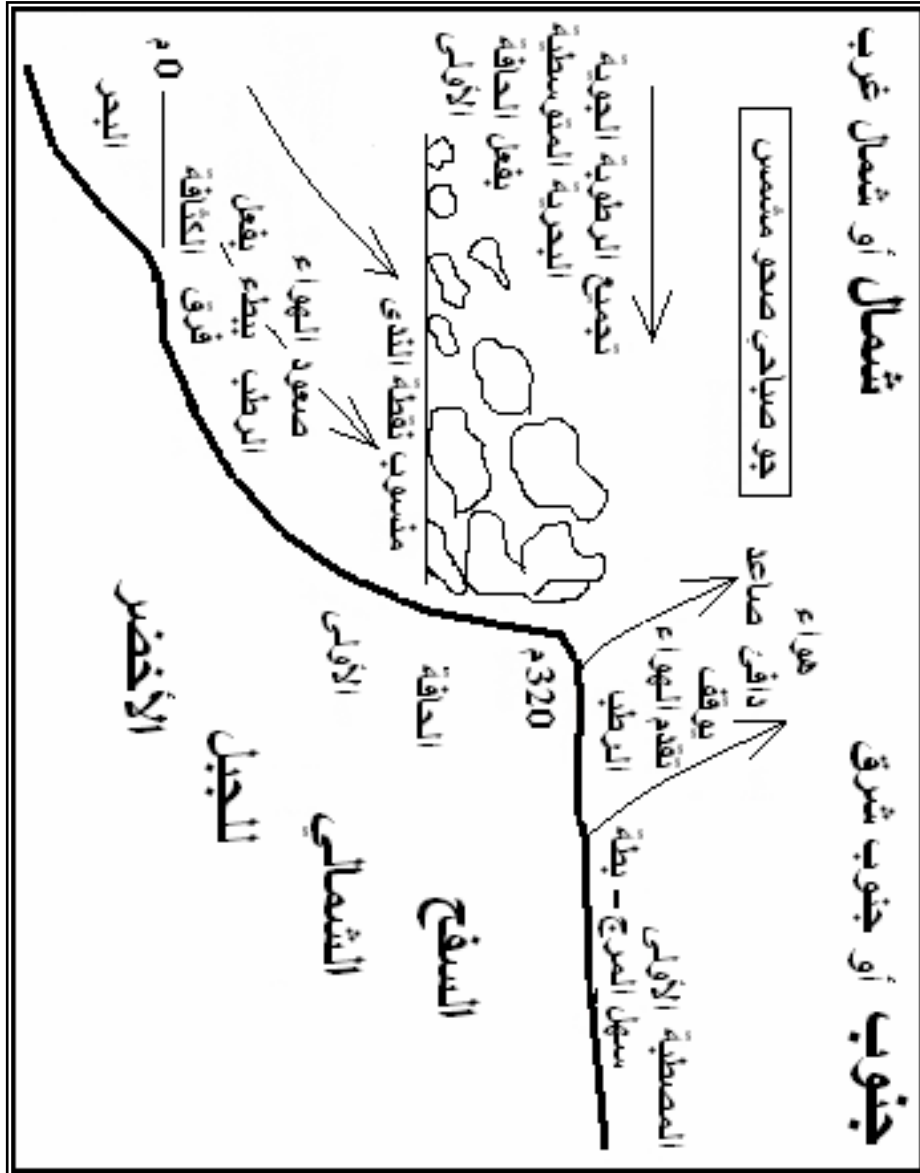
صورة (47): تفرق الغيوم الركامية فوق البحر والسهل الساحلي وتراصها على بعضها في أجواء الحافة الأولى كما في الصورتين التاليتين (48 و 49)، شرق العقورية، شمال شرق غوط أم الحجل، الأثنين 07.12.2009، الساعة 12:07.



صورة(48): ارتصاص الغيوم على بعضها وتراكم الرطوبة الجوية بكثافة بفعل الحافة الأولى للجبل الأخضر، العقورية، شرق غوط أم الحجل، الاثنين 07.12.2009، الساعة 12:15.



صورة(49): لاحظ الفرق بين كثافة الغيوم المتفرقة فوق السهل الساحلي، وتراصها وزيادة كثافتها وتطور أشكالها، فوق الحافة وبموازاتها، بفعل اعتراض الحافة الأولى من الجبل الأخضر لها، سهل بنغازي الساحلي، العقورية، جنوب شرق أردانو، الاثنين 07.12.2009، الساعة 12:28.



شكل (7): توضيح كيفية تحكم الحافة الجبلية الشمالية الأولى، للجبل الأخضر، المطلة على البحر بتجميع وتكاثف وتراكم الرطوبة الجوية البحرية في أجوائها، كحالة توكرة، كما في الصور (47، 48، 49، 62، 63)، من عمل الباحث.

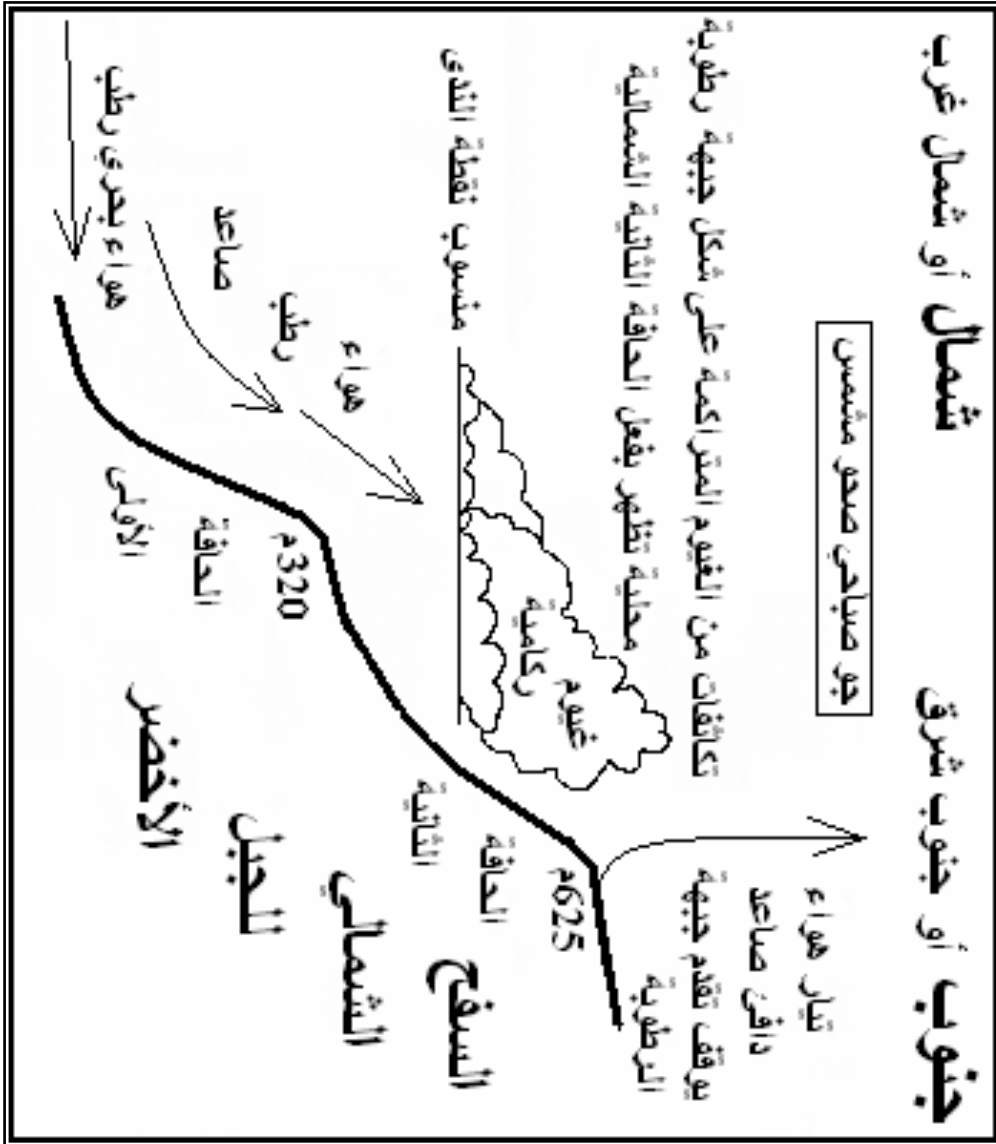
**الحالة الثانية:** أثر الحافة الثانية باعتراض الرطوبة الجوية إلى حين نضحها ودخولها أجواء المصطبة الثانية من الجبل الأخضر على هيئة طرود غيم طويلة ضخمة موازية للحافة، وهذه الحالة درسها الباحث وتابعها ووثقها من المصطبة الثانية، الصورتان (50 و51) والشكل (8).



صورة (50): تقدم الرطوبة البحرية من الشمال نحو الجبل على هيئة طرود سفلية من الغيوم الركامية الطولية بتأثير الحافة الثانية للجبل الأخضر، شمال الكاوة، الأربعاء 07.12.2016، الساعة 11:02.



صورة (51): تقدم الرطوبة البحرية من الشمال نحو الجبل على هيئة طرد من الغيوم الركامية بتأثير الحافة الثانية للجبل الأخضر كطابق سفلي، يعلوه طابق علوي من غيوم سمحاق ركامي في الطابق العلوي، شمال مجمع شهداء الجبل، الأربعاء 07.12.2016، الساعة 11:18.



شكل (8): توضيح كيفية اعتراض الحافة الثانية من السطح الشمالي للجبل الأخضر للرطوبة البحرية المتوسطة وتجميعها وتكاثفها وتراكمها في أجوانها على هيئة جبهة رطوبة شمالية متوسطة متطورة تتكون في أجواء الصحو المشمس الهادئة، من عمل الباحث.



**الحالة الثالثة:** تحكم الحافتين الجبليتين الأولى والثانية بتطور وتقدم الرطوبة الجوية من الشمال نحو الجنوب في حالات طقس شتوي مشمس هادئ الرياح، والتي تمت دراستها وتبعتها ومن ثم توثيقها من على المصطبة الأولى من الجبل الأخضر، صور (من 52 إلى 55) وشكل (9)، إذ تظهر الصورة (52) كيفية تطور طرود الغيوم الركامية الطولية الضخمة الموازية للحافة عند نضجها فوق الحافة الأولى ودخولها لأجواء المصطبة الأولى لسهل المرج، في حين توضح الصور (53، 54، 55) كيفية عمل الحافة الجبلية الثانية المطلة على المصطبة الأولى المتمثلة في سهل المرج في اعتراض رطوبة الهواء البحري ونتاج تبخير رطوبة التربة وفتح النباتات في أجوائها ومن ثم تجميعها وتطوير تكاثفات متنوعة من الغيوم التي تبقى تتكون وتتطور في أجواء الحافة ما دامت الحالة الجوية للطقس على حالها خلال النهار، شكل (9).



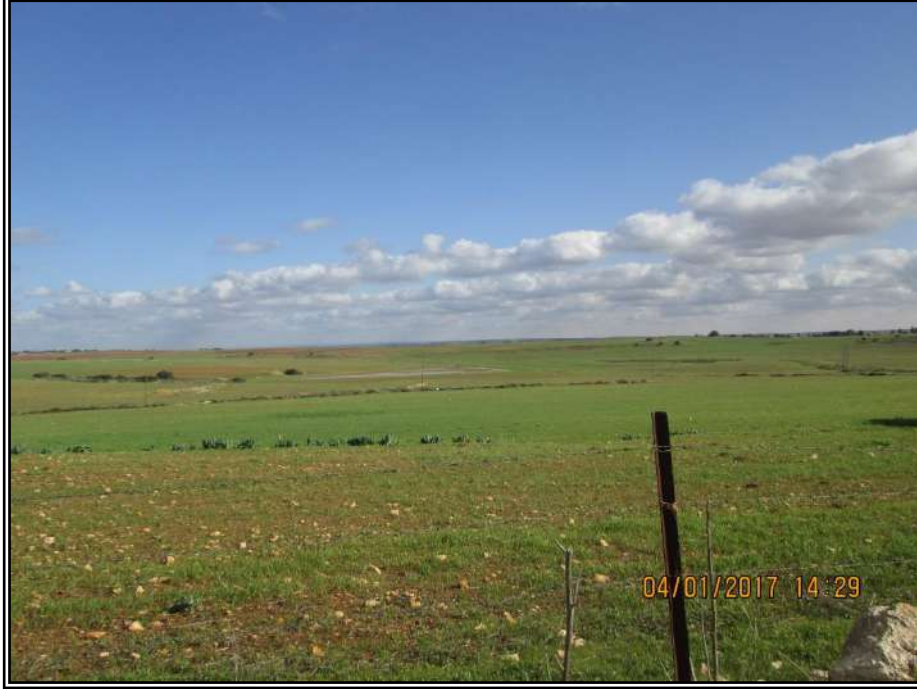
صورة (52): دور الحافة الأولى للجبل الأخضر في رفع الرطوبة القادمة من الأجواء البحرية في الطابق السفلي من الغيوم وإظهارها على هيئة طرد طولي من غيوم ركامية تعلو الحافة وتوازيها، شمال غرب بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 17:57.



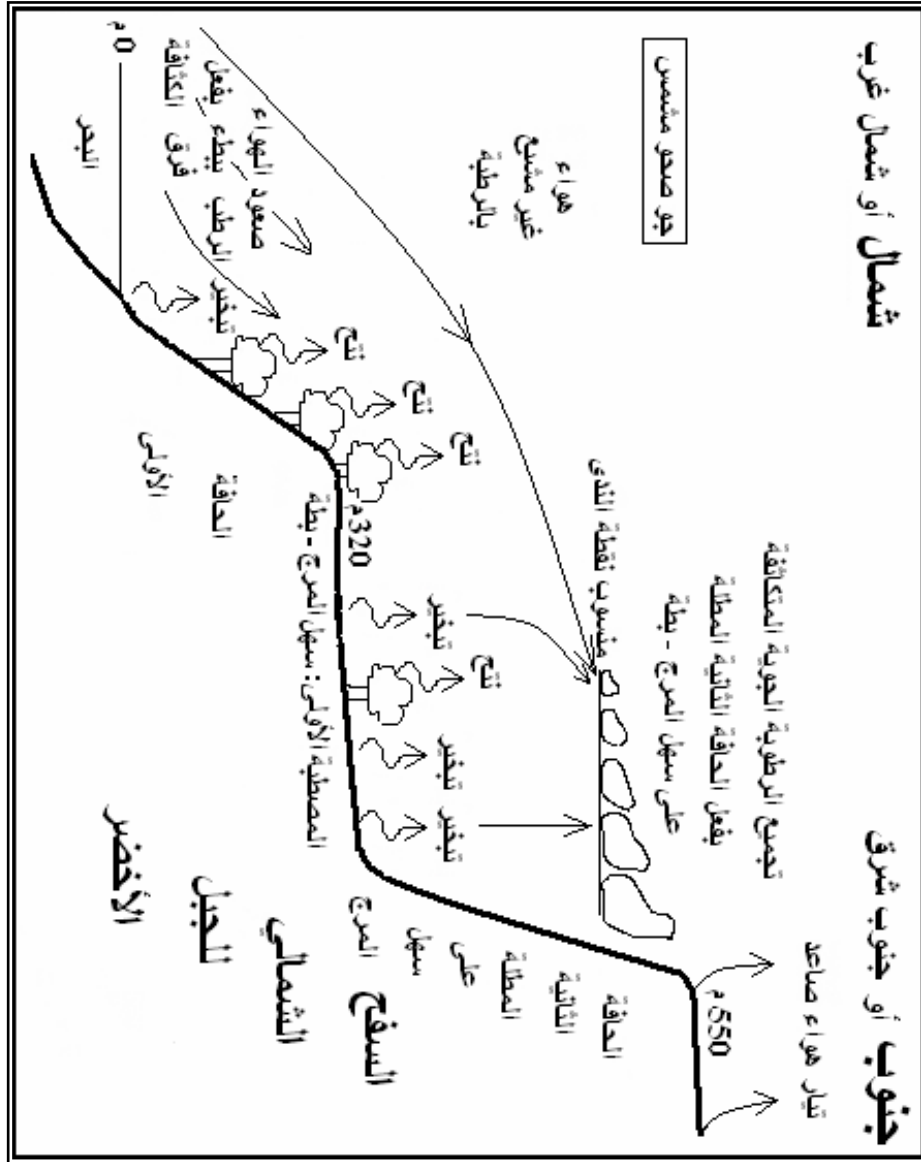
صورة (53): تحكم الحافة الثانية، الظاهرة في الأفق السفلي البعيد من الصورة في جنوب المرج، بتكاثف الرطوبة على هيئة غيوم ركامية مصطفة فوق الحافة من الغرب نحو الشرق على امتداد أكثر من 50 كم، هذه الغيوم تظهر هنا بفعل عمل الحافة في إظهار الرطوبة الجوية على هذا النحو، جنوب سهل المرج، جنوب بطة، الأربعاء 01.02.2017، الساعة 13:07.



صورة (54): استمرار تحكم الحافة الثانية جنوب المرج بحركة وتكوين وتراكم الرطوبة الجوية فوقها لمدة تزيد عن ثلاث ساعات، إذ تلاحظ غيوم السمحاق الرقيقة شمال غرب الحافة، وتختفي الغيوم تماماً في جنوب و جنوب شرق الحافة فوق باقي الجبل، رفع الحافة للهواء الرطب على جسمها يجعل الرطوبة تتكاثف فوقها، جنوب سهل المرج، جنوب بطة، الأربعاء 01.02.2017، الساعة 16:36.



صورة (55): دور الحافة الثانية للجبل الأخضر في التحكم في تنظيم حركة الرطوبة وتجميعها أمام أعلاها فوق سهل المرج، سهل المرج، جنوب بطة، الأربعاء 04.01.2017، الساعة 14:29.



شكل (9): توضيح كيفية تحكم الحافة الجبلية الشمالية الثانية، للجبل الأخضر، المطلة على المصطبة الأولى كحالة سهل المرج- بطة بتجميع وتكاثف الرطوبة الجوية وتراكمها في أجوانها في حالات الأجواء الهادئة، من عمل الباحث.

**الحالة الرابعة:** تحكم السفوح الغربية والشمالية للجبل الأخضر بالرطوبة الجوية بعد اجتيازها للحافات الجبلية الأولى والثانية، بعد دخول الرطوبة الجوية التي طورت الحافات الجبلية تكاثفتها إلى أنواع مختلفة من طرود الغيوم المتنوعة الكتلية والطولية، في أجوائها، يستمر عمل السفوح الأعلى طبوغرافياً بما بدأت بعمله الحافات برفع الهواء الرطب، المتقدم من الشمال أو من الغرب أو من الشمال الغربي، وإجباره على الصعود القسري نحو الأعلى مما يجعله أبرد، وضغطه أخفض، فيزداد تمدد الهواء، ويبرد ذاتياً ويزداد تشبعاً بالرطوبة، فتتطور الغيوم فوق تلك السفوح؛ فقد نراها ركامية طبقية مختلفة الأحجام، أو ركامية طبقية مزنية، أو ركامية ضخمة تنمو رأسياً، والتي قد تكون مزنية ماطرة في كثير من الحالات، وفي حالات كثيرة تكون الغيوم على هيئة طرود طويلة متراسة أو محاذية لبعضها البعض لتصبح مزنية ماطرة في حالات كثيرة، وذلك بحسب تطور تكاثفات الرطوبة وتطور حالات الأجواء بفعل تلك السفوح، كما يبدو في الصور (من 56 إلى 61).



صورة (56): تجاوز الرطوبة المتمثلة بالغيوم الركامية المزنية، التي ساهمت بتطويرها السفوح الشمالية، التي تعلو قمة الحافة الثانية، شمال غرب جسر وادي الكوف، الأربعاء 28.12.2016، الساعة 11:59.



صورة (57): ضخامة طرود الغيوم الركامية التي تجاوزت الحافات الجبلية وأصبحت تنمو وتتطور رأسياً بمسيرها فوق كامل عرض المصطبة الثانية لحين النضج والهطول، طريق البيضاء- بنغازي، جنوب منتزه الكوف الوطني، الأربعاء 28.12.2016، الساعة 11:57.



صورة (58): اعتراض سفوح تضاريس الجبل الغربية يعمل على تطور غيوم الركام المزمي من أعلاها رأسياً بفعل انتشار حرارة التكاثف وتولد تيارات صاعدة في وسط الغيمة، أجواء منخفض جوي ماطر قادم من غرب الجبل الأخضر، طريق البيضاء-المرج، قصر ليبيا، الأربعاء، الساعة 12:21، 28.12.2016.



صورة (59): أثر الحافة الأولى الشمالية للجبل الأخضر في تجميع وتراكم الرطوبة الجوية لنسيم البحر في أجوائها، المصطبة الأولى، شمال سهل بطة-المرج، العقائل، شمال مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الخميس 04.05.2017، الساعة 16:29.



صورة (60): أثر السفوح الغربية للجبل الأخضر في تراكم الرطوبة الجوية في أجوانها، أجواء ما بعد المطر بيوم؛ مؤخرة منخفض جوي ربيعي أسقط 15 ملم مطر/2 يوم، طريق البيضاء-المرج، المصطبة الثانية، ما بين البيضاء وأسطاطة، الجمعة 19.05.2017، الساعة 15:09.



صورة (61): أثر الحافة الجبلية الثانية في تجميع وتراكم الرطوبة الجوية في أجوانها، سهل بطة - المرج، جنوب شرق منطقة سيدي سعيد، الجمعة 19.05.2017، الساعة 15:28.



توثيق كيفية تحكم الحافات الجبلية في عرقلة نسيم البحر إلى حين تجيع وتكاثف الرطوبة الجوية البحرية في أجوائها لتحويلها لجهة رطوبة محلية يندفع منها الضباب الليلي على الجبل الأخضر في الربيع والصيف، الصورتان (62 و 63):





صورة (63): تحول رطوبة نسيم البحر لما بعد العصر إلى جبهة رطوبة محلية في أجواء الحافة الجبلية الشمالية الأولى المطلة على البحر بفعل رفع الحافة للهواء البحري الرطب وعملها في تجميع الرطوبة وتكاثفها وتراكمها في أجوانها قبل أن تدخل أجواء الجبل الأخضر على هيئة ضباب مساني وليلي يدوم أحياناً حتى الصباح، شمال الحافة الثانية، وردامة، من جانب استراحة أكرم الهرش، السبت 24.06.2017، الساعة 18:33.



#### 4- الفصل الرابع

الجبيل الأخضر بين جبهتي رطوبة محليتين

د. محمد غازي الحنفي



#### 4- الفصل الرابع

الجبل الأخضر بين جبهتي رطوبة محليتين

د. محمد غازي الحنفي

- \*- متابعة حالات الطقس في أجواء الجبل الأخضر من حالة الصحو الصباحي لحالة الغائم الماطر المسائي المتكررة في كثير من أيام الخريف والشتاء والربيع.
- \*- جهات الرطوبة المحلية.
- \*- رصد وتوثيق متابعة أجواء الجبل الأخضر بوجود جهة رطوبة محلية بحرية متوسطة في الشمال متزامنة مع وجود جهة رطوبة محلية في أجواء السفح الجنوبي، صور (من 1 إلى 11).
- \*- توثيق ومتابعة تكرار تكوين جبهتين متزامنتين للرطوبة الجوية في شمال وجنوب أجواء الجبل الأخضر ما بين 15 و 17.01.2017، صور (من 12 إلى 25).
- \*- توثيق ومتابعة كيفية تحكم الضغط الجوي المحلي الأخفض لجهة الرطوبة المحلية في جذب هواء ورطوبة الأجواء المحيطة، صور (من 26 إلى 29).
- \*- توثيق تكوين جبهتين محليتين شمالية وجنوبية وتطور حالات طقس أجواء الجبل الأخضر بينهما، صور (من 30 إلى 43).

## الجبل الأخضر بين جبهتي رطوبة محليتين

متابعة حالات الطقس في أجواء الجبل الأخضر من حالة الصحو الصباحي لحالة

الغائم المطر المسائي المتكررة في كثير من أيام الخريف والشتاء والربيع

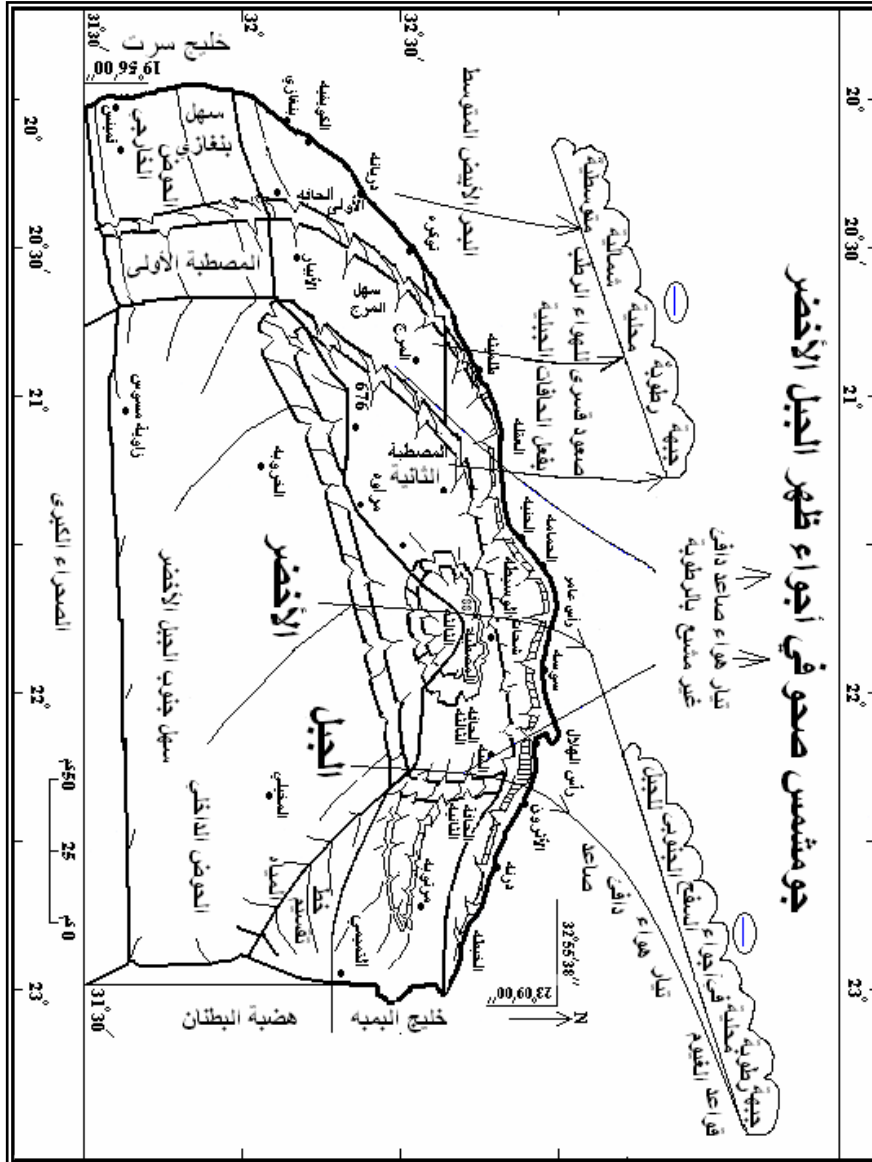
جبهات الرطوبة المحلية:

يمكن أن نعرف جبهة الرطوبة المحلية بأنها نطاق تلاقي هوائين أو كتلتين هوائيتين محليتين مختلفتين بدرجة الحرارة وناشئتين في أجواء التضاريس أو الوحدات الجغرافية المحلية، حيث تتجمع الرطوبة الجوية وتمر باليات التكاثف التدريجية لتظهر التكاثفات المختلفة من الغيوم على طول خط التماس أو التلاقي بين الكتلتين الهوائيتين أو الهوائين في نطاق محلي يمثل الجبهة المحلية التي تكون محاطة عادةً بأجواء الصحو من أغلب جهاتها.

يستيقظ الإنسان في أيام كثيرة من أيام الخريف المتأخر والشتاء والربيع المبكر ذوات الأجواء الصحو المشمس وهدوء الرياح بعد شروق الشمس ليجد أن الجبل الأخضر محصور بين نطاقين من الرطوبة الجوية أو جبهتين من الرطوبة المحلية؛ جبهة رطوبة محلية في الجنوب تغطي قمم السفوح الجنوبية للجبل، وجبهة رطوبة محلية فوق ساحل البحر المتوسط المحاذي لشواطئ الجبل الأخضر في الشمال، شكل (1) وصور (من 1 إلى 43)، ويفصل بين الجبهتين جو صحو يحتل الفراغ الفسيح، البالغ عرضه حوالي 50 كم، الذي تشغله أجواء ظهر الجبل فوق يابس تضاريس الجبل العلوية ما بين الطرف الجنوبي للمصطبة الثانية وقمة الجبل والدرجة الثالثة، وساحل البحر الأبيض المتوسط، هذا اليابس خاصةً العلوي من الجبل عندما تشرق عليه شمس الصباح يبدأ يسخن تدريجياً، كما هو حال كل الوحدات الجغرافية

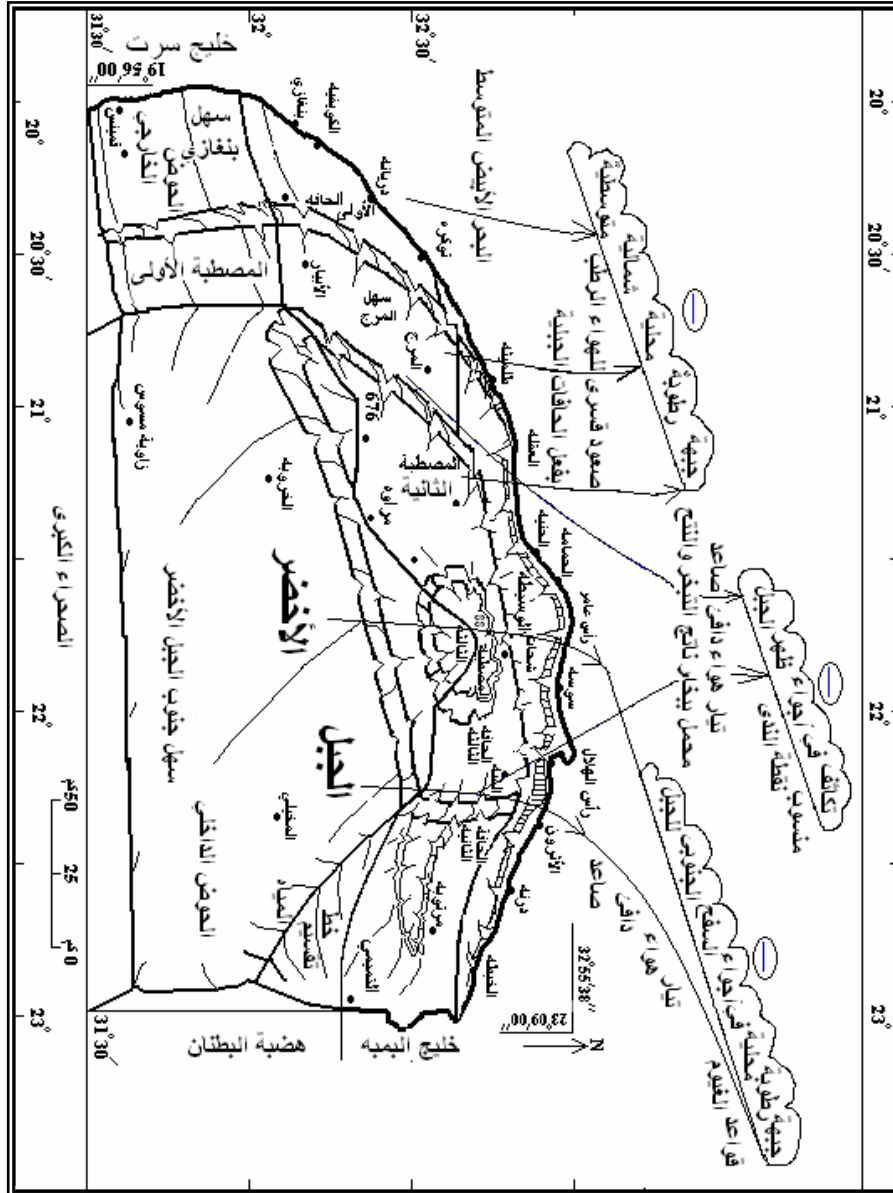
المحيطة، لكن تسخينه يكون أسرع نسبياً لاكتسابه قسطاً أكبر من إشعاع شمس الصباح لكون الشمس تشرق عليه بدقائق أبكر عن ما حوله، مما يؤدي لتسخين الهواء الملاصق له فيصعد للأعلى حاملاً معه الرطوبة الناتجة من تبخر رطوبة سطح التربة ومن نتج النباتات التي لا تكفي كميتها، في بعض الأحيان، لإشباع الهواء بالبخار، مما لا يسمح لها بالتكاثف والظهور العلني على هيئة غيوم معلقة أو تسبح في الأفق العلوي فوق الجبل، مما يجعل أجواء الصحو المشمس هي السائدة فوق الجبل، شكل (1)، وفي حال كانت رطوبة التربة جيدة بعد أجواء ليلية رطبة منتجة للطل على سطح التربة والأجسام الناشئة للحرارة في الليل، أو سقوط أمطار في الليل أو اليوم الماضي فإن البخار الناتج من تسخين الشمس يصعد مع تيار الهواء الدافئ فوق الجبل ويتكاثف في الأجواء العليا للجبل بعد مروره بمراحل آليات التكاثف على هيئة سمحاق أو سمحاق ركامي أو طبقي أو على هيئة ركام متفرق يفصل بينه الهواء الدافئ، شكل (2)، وبالحالتين تلعب أجواء ظهر الجبل ذات الضغط المحلي الأخفض نسبياً، في هذه الحالات، من الضغوط المحلية المحيطة دوراً رئيساً؛ تجعله يتحكم بحركة الهواء والرطوبة في كل الأجواء المحيطة بالجبل من الشمال والجنوب وأحياناً من الغرب والشرق، ذلك يعني أن أجواء ظهر الجبل ساهمت وبسرعة أكبر نسبياً لارتفاعها النسبي عن أجواء الوحدات التضاريسية الجنوبية والشمالية الأخفض طبوغرافياً، بخلق منخفض جوي محلي فوقه يعمل على تكاثف الرطوبة الجوية فوق ظهر الجبل بما يظهر أحياناً وكأن أجواء الجبل تحوي جبهة رطوبة منفصلة في الشمال، وجبهة رطوبة منفصلة في الجنوب، وجبهة رطوبة منفصلة في الوسط.





شكل (1): تكوين جبهة رطوبة محلية بحرية متوسطة في شمال الجبل الأخضر بالتزامن مع تكوين جبهة رطوبة محلية في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وذلك في حال تطور منخفض جوي محلي لأجواء ظهر الجبل ناتج عن التسخين الصباحي المولد لتيار هواء دافئ صاعد محمل بالرطوبة غير الكافية لإشباعه، من عمل الباحث.

شكل (2) وصور (3، 4، 8، 9، 17، 19، 20، 21، 25، 27، 28، 29، 30، 39، 42 و 43)، هذه الأخيرة غالباً تعمل بضغطها الجوي المحلي على جذب الرطوبة الجوية المتكاثفة من الجنوب ومن الشمال لكي تتوحد في غطاء غيم واحد يحتل أجواء ظهر الجبل الأخضر، وبذلك فإن الضغط الجوي المحلي الأخفض لأجواء ظهر الجبل يتحكم بحركة هواء الأجواء المحيطة به مع ما يحمله ذلك الهواء من رطوبة، هذا الضغط المحلي المنخفض يجذب إليه الهواء من الجنوب الذي يسعى متسلقاً على السفح الجنوبي الذي تتكاثف رطوبته القليلة نسبياً عند المستوي الذي يعلو التضاريس الجنوبية فتظهر على هيئة جبهة رطوبة محلية هناك، يكون حجمها وتطور رطوبتها وأشكال تكاثفاتها في أجوائها المحلية مرتبطة بكمية الرطوبة والبخار التي يجمعها تيار الهواء الجنوبي الصاعد؛ ففي حال تعرضت السهول الجنوبية لرياح سيول تتكون الغدران والبرك والبحيرات المائية المؤقتة وتكون التربة متخمة بالرطوبة التي يتبخر قسم منها مغنياً هواء الجنوب الصاعد برطوبة لا بأس فيها، صور (26، 56، من 110 إلى 115 من فصل 5، وصور 20، 21، 22، 24، 25 و 26 من فصل 6)، وفي حال عدم وجود رطوبة عالية في ترب السهول والسفوح الجنوبية فإن الطل المتبخر وما ينتج من تبخر المياه الصاعدة بالخاصة الشعرية من التربة وما تنتحه النباتات يحمل الهواء بقدر من الرطوبة تدل عليه التكاثرات التي تظهرها الجبهة المحلية الجنوبية، تيار الهواء الجنوبي الصاعد على السفح الجنوبي يلتقي أو يتقابل مع تيار الهواء الدافئ الصاعد فوق أجواء الجبل هناك والذي يوقفه عن التقدم نحو أجواء ظهر الجبل فيرفعا معاً الرطوبة نحو الأعلى وينضجا معاً تكاثفاتها، صور (1، 7، 15، 16، 22، 26، 27، 28، 31، 32 و 33).



شكل (2): كيفية تحكم المنخفض الجوي المحلي لأجواء ظهر الجبل الأخضر بتكاثف الرطوبة الجوية فوق الجبل، وتكوين جبهي رطوبة محليتين؛ الأولى شمالية فوق ساحل البحر والثانية جنوبية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، من عمل الباحث.

فإذا كانت كمية الرطوبة الجوية للجبهة قليلة نسبياً تظهر غيوم السمحاق والسماحق الطبقي والسماحق الركامي، وتظهر الغيوم الركامية عندما تكون كمية الرطوبة التي يجلبها التيار الصاعد كبيرة نسبياً، وبالتوقيت نفسه يستدعي الضغط المنخفض فوق الجبل هواء أجواء ساحل البحر المحاذي القريب في الشمال للتوجه نحوه، لكن هواء أجواء ساحل البحر التي يزورها ويسودها نسيم يابس الجبل البارد خلال الليل المتأخر يجعله في شراهة لحرارة الشمس الصباحية التي تجعله يسخن تدريجياً كلما تطاول شروق الشمس عليه مكوناً تياراً صاعداً فوق سطح الماء؛ يخلق ضغطاً منخفضاً محلياً في أجواء البحر يحرض جزئيات الماء على التحرر من سطح الماء الحر على هيئة بخار لانخفاض الضغط الجوي فوقها، ثم إن حرارة الشمس التي تمتصها جزئيات سطح مياه البحر تكسبها طاقة حركية تساعد على التحرر من سطح الماء السائل على هيئة جزئيات غازية من بخار الماء تنطلق في الهواء الدافئ الصاعد نحو أعلى الأجواء المحلية البحرية فتتكاثف في الأعلى، مما يهيئ الفرصة لتكوين جبهة الرطوبة المحلية البحرية المتوسطة على الشواطئ الشمالية المحاذية للجبل الأخضر، الشكلان (1 و 2) وصور (2، 4، 5، 6، 9، 10، 12، 14، 18، 23، 24، 25، 30، 34، 35، 36، 37، 38، 40 و 41).

إن كلتا الجبهتين المحليتين لهما دور مهم في تغذية سفحي الجبل الأخضر الشمالي والجنوبي بالأمطار وبتحديد الدورة المائية للجبل؛ فجبهة الرطوبة الشمالية تغدق عند نضوجها السفح الشمالي بمياه الأمطار، لكن تأثيرها وحدوث أمطارها المتوقع بأنه أكثر تكراراً فهو أقل غزارةً من أمطار الجبهة الجنوبية، لكون التقاء التضاريس ببعضها ما بين

السفح الجنوبي والمصطبة الثالثة يكون عند مناسيب أعلى بأكثر من 200م من التقاء تضاريس السفح الشمالي ما بين الحافة الثانية والمصطبة الثانية، ولكون التناقض الحراري ما بين السفح الشمالي ذي غابة الماكي الخضراء، والتربة شبه الرطبة للجبل، والمتجه بميوله شمالاً، ومسطح البحر المتوسط أقل من التناقض الحراري ما بين سهول جنوب الجبل الأخضر، المتصلة بالهامش الصحراوي، والسفح الجنوبي الذي يجاري ويساير هذه السهول من الغرب نحو الشرق، والذي يستقبل أشعة الشمس بزوايا شبه رأسية، ثم إن جفاف التربة في الجنوب، وفقر الغطاء النباتي النسبي، وتمركز قطعان الأنعام هناك، وجفاف الهواء يغني الهواء الصاعد بالأجسام الدقيقة الغبارية التي تلعب دوراً مهماً في تجميع وتكاثف الرطوبة الجوية وتخصيب ونضج الغيوم، كما أن التناقض الجلي ما بين السفح الجنوبي للجبل المتجه بميوله جنوباً، والفقير نسبياً بغطائه النباتي، والشكل شبه المستوي لظهر الجبل المتمتع بالمساحات الخضراء الواسعة من غابة ماكي الجبل الأخضر والأراضي الزراعية، وسيادة النسيم الغربي والشمالي الغربي الحامل للرطوبة، كلها مسببات تجعل، بالواقع، فرص نضج جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي أكبر من فرص نضج جبهة رطوبة السفح الشمالي الذي يقارب في ميزاته النباتية مستوى المصطبة الثانية القريب شكلها من المستوي، ومن ثم تكون دوماً أمطار الجبهة المحلية الناضجة فوق السفح الجنوبي للجبل أكثر تكراراً وأغزر مطراً ومساهمتها في تغذية تلك المناطق بالمياه وتحديد الدورة المائية أكثر فاعلية.

رصد وتوثيق متابعة أجواء الجبل الأخضر بوجود جبهة رطوبة محلية بحرية متوسطة في الشمال متزامنة مع وجود جبهة رطوبة محلية في أجواء السفح الجنوبي، صور (من 1 إلى 11):

يتضمن هذا التوثيق رصد ومتابعة نشوء وتطور جبهتين محليتين متزامنتين من الرطوبة الجوية؛ الأولى تنشأ فوق ساحل البحر المتوسط والسفوح الشمالية للجبل الأخضر، والجبهة الثانية تنشأ فوق سفوح الجبل الأخضر الجنوبية، هاتان الجبهتان يمكن مشاهدتهما في وقت واحد من أيام نصف السنة الرطب التي تكون خلاله الأجواء فوق الجبال مشمسة وهادئة الرياح والرطوبة الجوية كافية لظهور مثل هاتين الجبهتين في وقت واحد، بحيث يبدو الجبل الأخضر منحصراً من الجنوب ومن الشمال بين هاتين الجبهتين وخاصةً في ساعات الصباح، إن تطور الضغط الجوي المحلي في سماء الجبل الأخضر وفي فضاء كل من الجبهتين يتحكم في حركة تقدم الهواء المحلي والرطوبة الجوية خلال تقدم ساعات النهار وتطور السطوع الشمسي، وفي الغالب فإن تكرار حدوث تقدم رطوبة الجبهة المحلية المتوسطة وتكاثفاتها المختلفة من الغيوم، خلال تقدم ساعات النهار، نحو فضاء ظهر الجبل ومن ثم نحو الجنوب يكون أكثر من حدوث تكرار تقدم الرطوبة الجوية من الجبهة الجنوبية نحو فضاء ظهر الجبل الأخضر ومن ثم نحو الشمال، كما هو الملاحظ والمتابع من الباحث في ميدان الدراسة.

فعلى طول يوم كامل من المتابعة الميدانية لهذه الظواهر الجوية وتغيراتها في الجبل الأخضر خلال فصل الخريف، تمكن الباحث من توثيق ما يحدث للرطوبة الجوية وتطور تغيراتها في أجواء الجبل من الجنوب إلى ساحل البحر في الحنية، في الشمال، في إحدى عشرة

صورة (من 1 إلى 11) مزودة هوامشها بالمعلومات الناتجة من الملاحظات الميدانية، التي تلخص ما يمكن أن يثير الانتباه نحو ما يجري للرطوبة الجوية المحلية في أجواء الجبل الأخضر في أمثال ذلك اليوم من السنة، أو من موسم الرطوبة، التي لا تقتصر على طول النهار إنما تبقى مغنيةً الأجواء في الليل بالرطوبة التي تغني سطح الأرض والنبات بالطل اللازم لاستمرار حياتها، وتلك الرطوبة تظهر جلية كهالة من التيجان الحلقة المضيئة حول القمر نتيجة انعراج أشعة ضوء القمر على حبات، أو أجسام صغيرة، من قطيرات رذاذ الرطوبة الجوية المتكاثفة في الأجواء الليلية، صورة (11).



صورة (1): جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر تسود غربيها وشمالها أجواء الصحو المشمس، جنوب داخلي الجامعة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 10:28.



صورة (2): جبهة رطوبة محلية بحرية متوسطة من طابقين من الغيوم، تسود جنوبها وشرقها أجواء الصحو المشمس، شمال غرب داخلي الجامعة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 10:33.





صورة (3): ظهور غيوم السمحاق والركام الطبقي فوق وسط الجبل بين الجبهتين، نتيجة انخفاض الضغط الجوي المحلي في أجواء ظهر الجبل الأخضر، جنوب غرب داخلي الجامعة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 10:34.



صورة (4): تقدم جبهة الرطوبة المحلية البحرية من الشمال نحو أجواء الجبل وظهور أثر الحافة الثانية للجبل الأخضر في تطور طرود غيوم ركامية طولية موازية للحافة، شمال الكاوة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 10:42.



صورة (5): حدود تقدم الجبهة المحلية البحرية من الشمال نحو الجبل، فهي تساير الحدود الشمالية للمصطبة الثانية من الغرب نحو الشرق، الطريق الدائري، مقابل مجمع شهداء الجبل، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 10:45.



صورة (6): يتقدم الجبهة المحلية البحرية طرد غيم طولي متواصل، يزيد طوله عن 10 كم، مواز للحافة الثانية للجبل الأخضر، شمال شرق مجمع شهداء الجبل، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 11:31.



صورة (7): تطور جبهة رطوبة السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب داخلي الجامعة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 11:53.



صورة (8): تطور حالة الطقس الصحو فوق الجبل لأجواء تزينها الغيوم الركامية كبيرة الأحجام نسبياً، جنوب شرق داخلي الجامعة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 13:34.



صورة (9): مظهر الرطوبة الجوية من الساحل نحو الجبل في الجنوب يبين أثر الحافة الجبلية الثانية في اعتراض الرطوبة للعمل على تراكمها على السفوح الشمالية، جنوب الحنية، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 16:30.



صورة (10): الهواء الدافئ فوق البحر يبين أن إمداد الجبل الأخضر بالرطوبة البحرية يبدو أنه من مسافات ليست بعيدة عن الساحل، والجبل يعمل على اعتراضها وتراكمها كلما تقدمت نحو أجوانه، شمال غرب الحنية، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 17:37.



صورة (11): ظاهرة التيجان الحلقية حول القمر الناتجة عن انعراج الضوء على الرطوبة الجوية في سماء مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، الأربعاء 12.11.2016، الساعة 23:07.

توثيق ومتابعة تكرار تكوين جبهتين متزامنتين للرطوبة الجوية في شمال وجنوب أجواء الجبل الأخضر ما بين 15 و 17.01.2017، صور (من 12 إلى 25):

في هذا التوثيق يلاحظ كيف أن استمرار أو تكرار حدوث تكوين جبهي رطوبة جوية محليتين؛ إحداهما متوسطة تحتل فضاء الساحل والسفح الشمالي للجبل الأخضر، والثانية تحتل فضاء السفح الجنوبي للجبل خلال فترة ثلاثة أيام متتالية، حيث يتم تبادل انتقال الرطوبة الجوية بين الفضائين من الشمال نحو الجنوب ومن الجنوب نحو الشمال، وذلك بحسب تغيرات الضغط الجوي المحلي في تلك الأجواء، مروراً في أجواء ظهر الجبل الفاصل بينهما بمسافة تقارب 50 كم خلال ساعات النهار، بما يسمح بإغناء تربة ظهر الجبل بالطل الناتج من تكاثف الرطوبة الجوية في الليل، والتي تتبخر بفعل تأثير إشعاع شمس صباح اليوم التالي، مما يدل على أن تكرار ذلك لفترة أكثر من يوم يعمل على تجيع أو تراكم الرطوبة التي تتبخر من الطل في الأجواء، يعني ذلك أن التربة تجمع مياه الطل في الليل ثم تضيف جزءاً منها للرطوبة الجوية على هيئة بخار في النهار، بما يساعد مع توالي الأيام بتراكم الرطوبة في تربة ظهر الجبل وفي أجوائه إلى حين وصول الحالة الجوية للنضج والهطول بحسب تطور حالة الطقس وظروف تطور الرطوبة الجوية.



صورة (13): تقدم جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة فوق المصطبة الأولى وتبدو مقدمة حدودها الجنوبية الواضحة في أعلى الحافة الثانية من الجبل الأخضر على هيئة غيوم سمحاق طبقي، الحافة الثانية، شمال شرق وردامة، أمام منزل عبد الواحد عوض، الأحد 15.01.2017، الساعة 16:00.



صورة (12): جبهة رطوبة محلية متوسطة من غيوم طبقية وسمحاق طبقي تتطور تدريجياً لغيوم ركامية فوق ساحل البحر، الحافة الثانية، شمال وردامة، أمام منزل عبد الواحد عوض، الأحد 15.01.2017، الساعة 16:01.



صورة (15): ظهور جبهة محلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر في مقابل الجبهة المحلية المتوسطة في الشمال، تجذب إليها الرطوبة والغيوم من الجهات الشمالية كما يبدو في الصورة التالية، داخلي الجامعة، الأحد 15.01.2017، الساعة 18:00.



صورة (14): يبدو كيف أن تكاثفات جبهة الرطوبة المحلية المتوسطة توجد في مستويين متفاوتين في المنسوب بسبب الحافة الأولى للجبل الأخضر، الحافة الثانية، شمال غرب وردامة، أمام منزل عبد الواحد عوض، الأحد 15.01.2017، الساعة 16:01.



صورة (17): جبهة دافئة فوق مدينة البيضاء تتكون من غيوم طبقيّة على اليمين وركام طبقيّ عالي نسبياً وتجذب نحوها الرطوبة والغيوم الركامية، في المستوى السفلي، من الشمال حيث تتطور الجبهة المتوسطة المحلية الصباحية كما في الصورة التالية، أمام كلية الزراعة، الاثنين 16.01.2017، الساعة 10:22.



صورة (16): تابع الصورة (15) السابقة؛ غيوم سمحاق طبقي رطبة المظهر تتقدم من الشمال نحو الضغط الجوي المنخفض الذي يتطور على الجبهة المحلية الجنوبية للجبل، شرق داخلي الجامعة، الأحد 15.01.2017، الساعة 18:00.



صورة (19): تقدم الرطوبة الجوية من الغرب على هيئة غيوم سمحاق طبقي في الأعلى، وغيوم ركام في الأسفل لتعويض نقص الضغط الجوي، حيث توجد غيوم الركام الطبقي الذي ينمو ويتطور في المستوى العلوي المبين في الصورة (17)، جنوب كلية الزراعة، الاثنين 16.01.2017، الساعة 10:24.



صورة (18): تقدم الرطوبة من الشمال نحو الضغط المحلي المنخفض في أجواء الجبل الأخضر على هيئة جبهة رطوبة تتكون من غيوم طبقيّة وسمحاق طبقي في الأعلى، وغيوم ركامية في المستوى الأسفل، بما يبشر بأجواء مطرة، الاثنين 16.01.2017 الساعة 10:23.





صورة (21): تباشير أمطار مع تكملة تغطية سماء ظهر الجبل بالغيوم المزنية مع حركة عامة بطينة جداً للرياح من الغرب نحو الشرق، جنوب داخلي الجامعة، الأثنين 16.01.2017، الساعة 16:22.



صورة (20): نضج الحالة الجوية نتيجة تراكم الرطوبة في منطقة الضغط الجوي المحلي الأخفض لدرجة جذب الرطوبة الجوية والغيوم الركامية من الجنوب نحو أجواء غرب البيضاء التي تحاول فيها الغيوم المزنية ملء سماء المنطقة بتحركها الهابط من الغرب نحو الشرق، داخلي الجامعة، الأثنين 16.01.2017، الساعة 15:06.



صورة (23): جبهة رطوبة محلية بحرية، فوق السفوح الشمالية الغربية للجبل الأخضر، تتقدم من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي للجبل، حيث تتطور جبهة رطوبة محلية قارية فوق سفوحه الجنوبية الشرقية، شمال غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 17.01.2017، الساعة 14:30.



صورة (22): ظهور جبهة رطوبة محلية فوق السفوح الجنوبية للجبل لأخضر، مقابل جبهة رطوبة بحرية محلية شمالية غربية، كما في الصورتان التاليتين، جنوب داخلي الجامعة، الثلاثاء 17.01.2017، الساعة 14:27.



صورة (24): تقدم الجزء الجنوبي الغربي من جبهة الرطوبة المحلية البحرية نحو الجنوب الشرقي للجبل، جنوب غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 17.01.2017، الساعة 14:31.



صورة (25): تقدم الغيوم الركامية للجبهة نحو الجنوب الشرقي للجبل، جنوب داخلي الجامعة، الثلاثاء 17.01.2017، الساعة 15:00.

توثيق ومتابعة كيفية تحكم الضغط الجوي المحلي الأخفض لجبهة الرطوبة المحلية في جذب هواء ورطوبة الأجواء المحيطة، صور ( من 26 إلى 29):

يتضمن التوثيق التالي بالصور الرقمية (26، 27، 28) كيفية توجه الرطوبة الجوية وتكاثفاتها من الغيوم المتنوعة المتولدة من الجبهة المحلية المتوسطة الناشئة في شمال الجبل الأخضر مروراً في أجواء مدينة البيضاء نحو الجنوب الغربي، الذي يتكون في أجوائه منخفض جوي محلي يجذب إليه الهواء ورطوبته الجوية نحوه، حيث تسود في الجنوب جبهة رطوبة محلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، والغيوم المتوجهة نحو الجنوب الغربي في أكثر من طابق تدل على مدى تحكم ذلك الضغط الجوي المحلي المنخفض في جذب هواء ورطوبة الأجواء المحلية فوق ظهر الجبل ما بين الشمال والجنوب، لدرجة جذبها للرطوبة الجوية من الغرب أيضاً بما ينضج الحالة الجوية في اليوم التالي لمنخفض جوي يعم أجواء الجبل الأخضر، بحيث تظهر بوادر تكاثفات جبهته الدافئة في سماء مدينة البيضاء كما هو موثق في الصورة (29).



صورة (26): ظهور جبهة رطوبة محلية من غيوم سمحاق طبقي تغطي سماء الجهات الجنوبية من الجبل الأخضر، بما يبشر بنشوء منخفض جوي محلي غني بالرطوبة ومولد للأمطار فوقه، ودليل ذلك وجود طباق سفلي من الغيوم الطبقيّة التي تتقدم من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي كما في الصورة (27) التالية، جنوب داخلي الجامعة، السبت 21.01.2017، الساعة 17:03.



صورة (27): لاحظ كيف تتقدم الغيوم الطبقيّة في الطابق الأسفل على هيئة أسراب باتجاه الضغط الجوي المحلي المنخفض الذي ينشأ في أجواء الجنوب الغربي من الجبل، وتتبعها أسراب من الغيوم الركامية كما في الصورة (28) التالية، شرق داخلي الجامعة، السبت 21.01.2017، الساعة 17:04.



صورة (28): تابع الصورة (27) السابقة؛ في منسوب أعلى قليلاً تتقدم أسراب الغيوم الركامية خلف أسراب الغيوم الطبقيّة لتعديل الضغط الجوي في الجنوب الغربي حيث تتطور جبهة الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية من الجبل، شمال شرف داخلي الجامعة، السبت 21.01.2017، الساعة 17:03.



صورة (29): غطاء من غيوم ركام طبقي، موجية المظهر، فوق مدينة البيضاء، هذه الغيوم الموجية ترافق عادةً الجبهة الدافئة في مقدمة المنخفضات الجوية، وتبشر بهطول أمطار غزيرة عند وصول الجبهة الباردة في خلف المنخفض، مقابل نادي الأخضر، الأحد 22.01.2017، الساعة 13:42.

توثيق تكوين جبهتين محليتين شمالية وجنوبية وتطور حالات طقس أجواء الجبل الأخضر بينهما، صور (من 30 إلى 43):

إن هذا التوثيق في 14 صورة رقمية يبين متابعة تطور رطوبة الأجواء على طول يوم شتوي كامل، صحو مشمس هادئ الأجواء، ما بين فضائي الجبل الأخضر الشمالي والجنوبي في حال نشوء وسيادة جبهتي رطوبة محليتين؛ الأولى تحتل أجواء الساحل والسفوح الشمالية للجبل، والثانية تحتل أجواء سفوحه الجنوبية، وذلك خلال ساعات الصباح دون الظهيرة، إن عرقلة تقدم جبهة الرطوبة الجوية الشمالية المتوسطة نحو أجواء الجبل الأخضر في الجنوب، لعدة ساعات التي قد تمتد للظهيرة، بفعل التيارات الدافئة الصاعدة فوق الحافتين الجبليتين الشماليين، شكل (4 من الفصل الثالث)، يؤكد بأن رطوبة الجبهة المحلية فوق السفوح الجنوبية من غيوم السمحاق الطبقي ناتجة من تكاثف نواتج التبخير والتتح من المصطبة الثانية والدرجة الثالثة، التي يحملها النسيم الجبلي نحو الجنوب، وهذا النسيم يقابله تيار الهواء الدافئ الصباحي الصاعد والمتسلق على السفوح الجنوبية للجبل، الشكالان (1 و 2) وشكل (1) من الفصل الخامس)، بما يؤدي لرفع الهواء ورطوبته نحو الأعلى، بما يسمح بتكاثف الرطوبة على هيئة غيوم سمحاق طبقي تغطي أجواء السفوح الجنوبية على كامل طولها من الغرب إلى الشرق.

إن تطور حرارة أجواء ظهر الجبل مع تقدم ساعات السطوع الشمسي تسمح بحركة صاعدة أكثر للهواء والرطوبة التي يحملها، بما يجعل الضغط الجوي المحلي لسمااء ظهر الجبل منخفض لدرجة استدعاء الهواء والرطوبة المتكاثفة من الجبهة الشمالية لينجذباً نحوه، بما

تسمح لبعض ألسنة من الهواء الرطب الحامل لبعض التكاثرات المرئية من الغيوم بالتمدد شيئاً فشيئاً نحو فضاء ظهر الجبل، صور (36، 37، 38)، هذه الألسنة من الهواء الرطب المتولدة من الجبهة المحلية المتوسطة، والمتوغلة من فضاء الساحل في سماء الجبل تدريجياً نحو الجنوب، تتطور عرضاً وطولاً وحمولاً أكثر من أشكال الرطوبة المتكاثفة والمتنوعة، لتصبح حملتها من الغيوم تغطي أجزاء واسعة من سماء الجبل، وخاصةً عند تجانس حرارة الهواء في أجواء الحافات الشمالية، في ساعات الظهيرة وما بعدها، وانتهاء عرقلة تقدم جبهة الرطوبة المتوسطة بفعل تيارات الهواء الصاعدة والهابطه فوق الحافات، مما يسمح للهواء ورطوبة الجبهة المحلية المتوسطة بالتوغل السهل نحو أجواء ظهر الجبل، لتغنيه بالتكاثرات المتنوعة من الغيوم فيما بعد العصر، والتي تغني تربته بالطل الليلي والصبحي، أو التي تؤدي لهطول أمطار مسائية وليلية تغذي تربته ونباتاته بالمياه اللازمة حينما تسمح تطورات الطقس والرطوبة الجوية وظروفهما بذلك.



صورة (31): امتداد جبهة الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية والجنوبية الشرقية من الجبل الأخضر، تظهر في الأفق البعيد من الصورة بين العمارتين، بفعل طرد الهواء البارد من فوق الجبل وبفعل الإحلال التدريجي للهواء الدافئ مكانه كلما زادت حرارة أجواء الصباح، شرق داخلي الجامعة، الأحد 29.01.2017، الساعة 10:38.



صورة (30): ظهور جبهة رطوبة من سمحاق طبقي فوق جنوب غرب البيضاء بفعل تزايد حرارة سطح الأرض مع تقدم ساعات الصباح وصعود الهواء الدافئ، الحامل للرطوبة الناتجة عن تبخر جزء من رطوبة التربة والبخار الناتج من نتج النباتات، بفعل التناقص التدريجي للضغط الجوي المحلي فوق الجبل، جنوب غرب داخلي جامعة عمر المختار، الأحد 29.01.2017، الساعة 10:37.



صورة (33): جبهة الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، داخلي الجامعة، الأحد 29.01.2017، الساعة 13:00.



صورة (32): جبهة الرطوبة فوق السفوح الجنوبية تبدو في الأفق البعيد من الصورة خلف أجواء الصحو السائدة فوق الجبل الأخضر، جنوب قمة الحافة الثانية، أم الصفصاف، الأحد 29.01.2017، الساعة 11:17.





صورة (35): ظهور الغيوم الركامية عند المستوى العلوي من الجبهة المحلية المتوسطة، الحافة الثانية، أم الصفصاف، الأحد 29.01.2017، الساعة 11:16.



صورة (34): ظهور جبهة رطوبة محلية متوسطة في حالة هدوء للرياح، ملتقطة من غرب الكاوة على الحافة الثانية، الأحد 29.01.2017، الساعة 10:48.



صورة (37): لسان من غيوم السمحاق الركامي يتولد من الجبهة المحلية المتوسطة يصل لفوق مدينة البيضاء، شبيه بالسنة الدخان، هذه الغيوم تتحول تدريجياً إلى غيوم ركامية، لاحظ الشكل (6) من الفصل الثالث)، الحافة الثانية، أم الصفصاف، الأحد 29.01.2017، الساعة 11:17.



صورة (36): توجه قطع غيوم السمحاق الركامي، المنفصلة بالتدرج عن الجبهة المحلية المتوسطة، جنوباً فوق مدينة البيضاء على هيئة لسان يزيد طوله عن 25 كم بنتيجة تناقص الضغط الجوي المحلي فوق الجبل، الحافة الثانية، لاحظ الشكل (6) من الفصل الثالث) أم الصفصاف، الأحد 29.01.2017، الساعة 11:17.



صورة (39): تقاطر الغيوم الركامية في هيئة جبهة تملأ أكثر من نصف أجواء جنوب البيضاء، المنطقة الصناعية، جنوب ورشة أكرم الهرش، الأحد 29.01.2017، الساعة 15.29.



صورة (38): تطور لسان من غيوم السمحاق الركامي يمتد من الجبهة المحلية المتوسطة باتجاه الجنوب ليصل فوق مدينة البيضاء، لاحظ الشكل (6 من الفصل الثالث)، حي الزيتونة، الأحد 29.01.2017، الساعة 11:05.



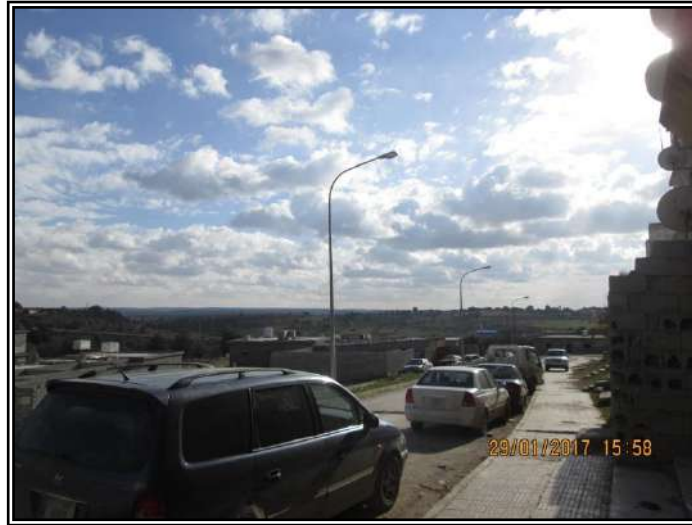
صورة (41): اندفاع الغيوم الركامية من الجبهة المحلية المتوسطة على هيئة طرود طولية موازية للحافات الجبلية بسبب هدوء الرياح وتحكم فروق الضغط الجوي المحلي في توجيه وسرعة حركة الغيوم نحو أجواء الجبل ذوات الضغط المنخفض، شمال الكاوة، الأحد 29.01.2017، الساعة 15:45.



صورة (40): تطور حجم الغيوم الركامية المتولدة من الجبهة المحلية المتوسطة واستمرار تقدمها نحو الضغط المحلي المنخفض فوق الجبل مع تزايد حرارة النهار، شمال غرب الكاوة، الأحد 29.01.2017، الساعة 15:45.



صورة (42): الغيوم الركامية تنبسط لتتحول لغيوم ركام طبقي تغطي أكبر مساحة من أجواء مدينة البيضاء على المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، جنوب الكاوة، الأحد 29.01.2017، الساعة 15:46.



صورة (43): تبدل حالة أجواء الصحو الصباحية الشتوية لجنوب البيضاء من الجبل إلى حالة أجواء ملبدة بالغيوم وفي أكثر من طبقة في الأوقات المسائية، التي تفرز في أحيان كثيرة زخات مطرية متفرقة هنا وهناك وخاصة مع بدايات الليل، أو التي قد تترك وابل من الندى أو الظل على سطح الأرض في الصباح المبكر، داخلي الجامعة، الأحد 29.01.2017، الساعة 15:58.

## 5- الفصل الخامس

أمطار مرافقة لجهات رطوبة محلية ناشئة فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي



## 5- الفصل الخامس

### أمطار مرافقة لجبهات رطوبة محلية ناشئة فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي

- \*- الأحوال الجوية وتكوين الجبهات المحلية الممطرة التي تؤدي لسقوط أمطار عاصفية تحدث جريان سيول مائية مهمة في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر.
- \*- شروط تكوين أمطار عاصفية تؤدي لسيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في حال هدوء الرياح، أو مرور منخفض جوي غربي أو شمالي غربي.
- \*- توثيق ومتابعة تطور جبهات رطوبة جوية محلية تتكون في أجواء السفوح الجنوبية للجبل الأخضر بفعل التيارات الهوائية الصاعدة من السهل الجنوبي، صور (من 1 إلى 4).
- \*- توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية شتوية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في حال مرور منخفض جوي، الصورتان (5 و 6).
- \*- توثيق تكوين وتطور جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر ومتابعة أمطارها والسيول الناشئة منها، صور (من 7 إلى 28).
- \*- توثيق متابعة تكرار تكوين جبهة رطوبة محلية ماطرة فوق السفح الجنوبي لليوم التالي الثلاثاء 10.06.2014، صور (من 29 إلى 47).
- \*- توثيق جريان مهم في وادي الرملة ووادي القوس في سهل المخيلي من جراء أمطار جبهة رطوبة محلية صيفية يتكرر حدوثها في خمسة أيام متتالية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 06.2015، صور (من 48 إلى 56).
- \*- توثيق تجديد جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر من خلال تنشيط الدورة المائية المحلية في شهر 06.2015، لمدة ستة أيام متوالية، صور (من 57 إلى 62).
- \*- توثيق تكرار تكوين جبهة رطوبة محلية صيفية تنشأ فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر تغني السفح والسهل الجنوبي بمياه السيول الغزيرة في شهر 08.2015، صور (من 63 إلى 66).
- \*- توثيق أجواء ماطرة لجبهة محلية صيفية تتكون فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر ومتابعتها من المخيلي في السهل الجنوبي في يومي 06 و 07.08.2015، صور (من 67 إلى 84).

- \* - توثيق جريان السيول وتكرار جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر وإمكانية تجديد الدورة المائية محلياً بعد الأمطار وجريان السيول الصيفية في 09 و 10.08.2015، الصورتان (85 و 86)
- \* - توثيق تكرار تكوين جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر وإمكانية تجديد الدورة المائية محلياً في 12.08.2015، الصورتان (87 و 88) .
- \* - توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية خريفية ماطرة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 09.2015، صور (من 89 إلى 91).
- \* - توثيق تكوين وتطور جبهات رطوبة خريفية محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 10.2015، صور (92 إلى 98).
- \* - توثيق جريان وادي الرملة الناتج عن أمطار جبهة محلية خريفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 10.2015، صورة (99).
- \* - توثيق تكوين وتطور جبهات رطوبة خريفية محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 09.2016، صور (من 100 إلى 109).
- \* - أثر بحيرة مياه سد المحجة المؤقتة في تكوين جبهة رطوبة محلية صيفية وتجديد الدورة المائية محلياً وذاتياً على السفح الجنوبي للجبل الأخضر، صور (من 110 إلى 115).
- \* - توثيق ولادة جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر إلى الجنوب من خط تقسيم المياه، صورة (116).
- \* - توثيق ولادة وتطور بدايات جبهات الرطوبة المحلية في أجواء السفوح الجنوبية الشرقية للجبل الأخضر، صور (من 117 إلى 119).
- \* - توثيق تكرار ولادة وتطور جبهة رطوبة محلية ربيعية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، صور (من 120 إلى 124).

أمطار مرافقة لجبهات رطوبة محلية ناشئة فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر  
الأحوال الجوية و تكوين الجبهات المحلية الممطرة التي تؤدي لسقوط أمطار عاصفية  
تحدث جريان سيول مائية مهمة في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر:

تتكون جبهات الرطوبة المحلية الماطرة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في حال  
توفر ظروف جوية ملائمة في حالتين:

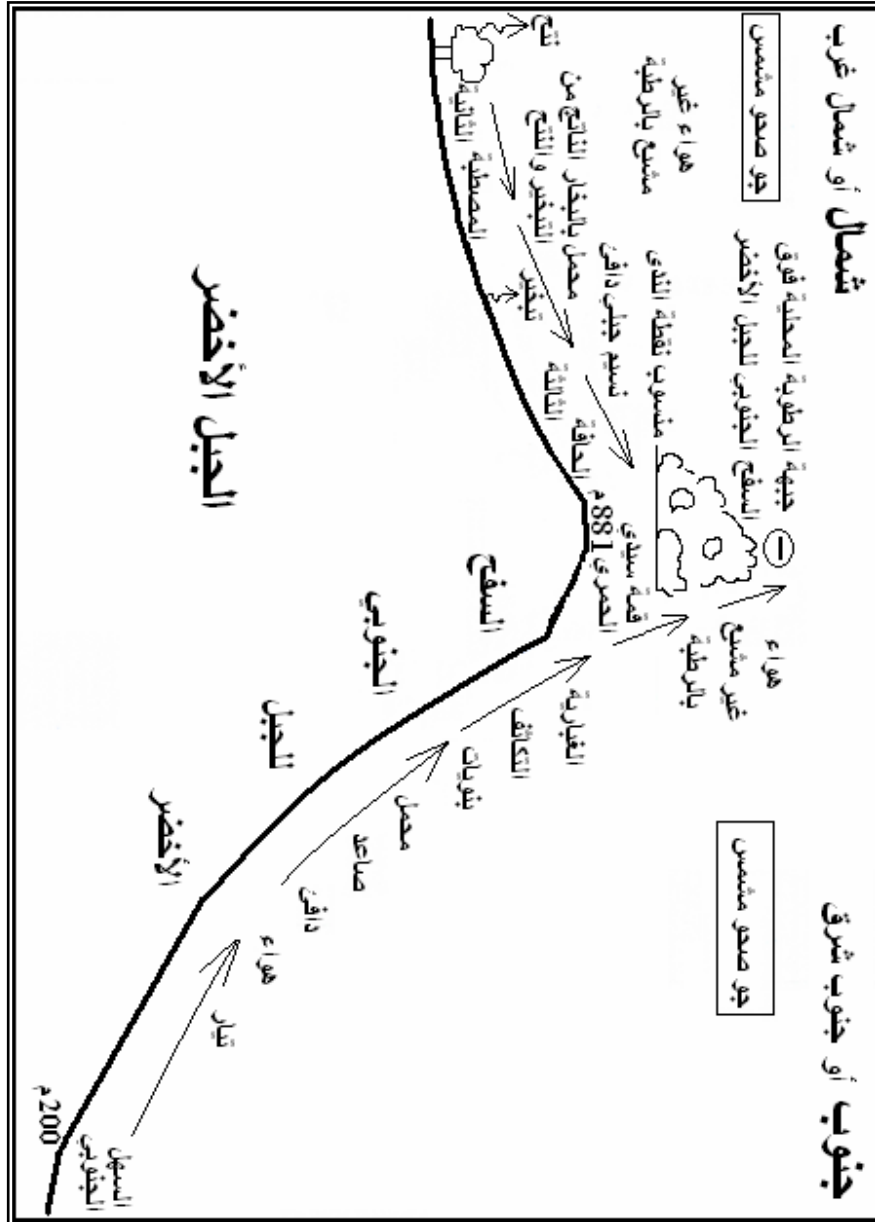
أولاً: في حالات أجواء الصحو فوق الجبل: عندما ينشأ نسيم لطيف شمالي أو شمالي  
غربي فوق الجبل يحمل بالرطوبة الناتجة عن التبخر من الرطوبة الأرضية وما تنتحه النباتات  
والذي قد يتزود برطوبة من أجواء بحرية إضافية ومن تبخر رطوبة السبخات والبحيرات  
الشاطئية، هذا النسيم يعترضه تيار هوائي دافئ صاعد أو متسلق على السفوح الجنوبية  
للجبل الأخضر، والذي قد يحمل معه قدرًا ما من الرطوبة بحسب الظروف المهيمنة قبل  
حدوث الجبهة المحلية، فيرفع تيار الهواء الصاعد الرطوبة التي يجلبها النسيم الرطب في أجواء  
أعالي السفح الجنوبي، شكلين (1 و 2) و صور (من 1 إلى 124)، التي تمر بآليات التكاثف  
إلى أن تظهر الغيوم المتنوعة التي تتطور في كثير من الحالات لغيوم ركامية ضخمة متصلة  
ببعضها تملأ أجواء السفح الجنوبي، وتولد أمطار عاصفية تحدث في أغلب الأحيان سيولاً  
عارمة تغرق السهول الجنوبية بالمياه التي تصل في حالات كثيرة للبلط في أي من فصول السنة  
الأربعة.

ثانياً: في حال مرور منخفض جوي فوق الجبل الأخضر: تكون خلاله حالة الأجواء  
هادئة نسبياً أي لا رياح قوية فيها وقليلة الاضطرابات الجوية العنيفة.



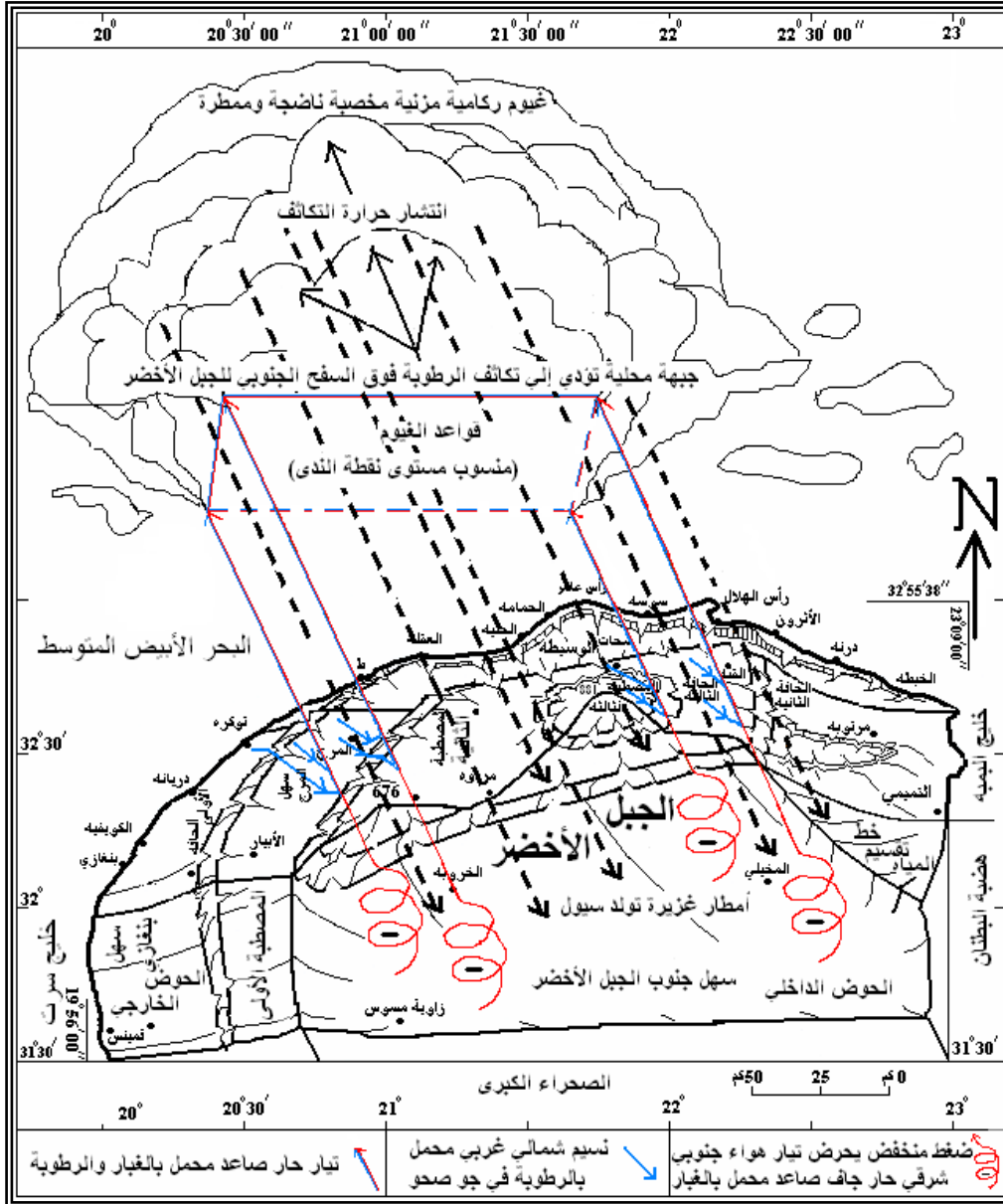
شروط تكوين أمطار عاصفية تؤدي لسيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في حال هدوء الرياح، أو مرور منخفض جوي غربي أو شمالي غربي:

- 1- توفر جبهات رطوبة جوية تتقدم ببطء شديد من الغرب نحو الشرق.
- 2- نشوء نسيم رطب نسبياً غربي وبالغالب شمالي غربي في أجواء صحو فوق الجبل يتصدى له تيار هواء دافئ صاعد من سهول جنوب الجبل ومحمل بنويات تكاثف غبارية؛ يعيق سرعة تقدم النسيم نحو الشرق والجنوب الشرقي ويدفع به نحو الأعلى مما يهيئ الفرصة لتراكم وتجميع الرطوبة الجوية وتكاثفها لتكوين جبهة محلية من غيوم ركامية خصبة تحتل الفضاء الواقع فوق السفح الجنوبي للجبل، صورة (116)، بحيث تقع إلى الجنوب من خط تقسيم المياه بين الحوض الداخلي والحوض الخارجي للجبل الأخضر.
- 3- حركة للسحب فوق الجبل الأخضر من الشمال نحو الجنوب والجنوب الغربي في المستويات السفلية المنخفضة من الغيوم.
- 4- وجود هواء دافئ في الجهات الجنوبية من الجبل يغطي تلك السفوح ويتسلق عليها ببطء شمالاً دون أن يتجاوز خط الظهر الحاوي قمم الجبل الفاصل جنوبيه عن شماله.
- 5- تلاقي الهواء الدافئ الجنوبي مع الهواء أو النسيم الشمالي الرطب نسبياً فوق وإلى الجنوب من خط تقسيم المياه بين حوضي الجبل الأخضر؛ الداخلي والخارجي.
- 6- الهواء الدافئ يتزود بشكل جيد بهواء أدفاً يتقدم من الجنوب أي من الهامش الصحراوي نحو الشمال والشمال الغربي يساعد على اندفاع الهواء الدافئ صعوداً ليكون غيوم ركامية تنمو عمودياً.



شكل (1): توضيحي لكيفية تكوين جبهات الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، من عمل الباحث.

- 7- نمو جبهة من تلك الغيوم الركامية تمتد على طول وبموازاة خط تقسيم المياه وإلى الجنوب منه تحتل الفضاء الشمالي من السفح الجنوبي للجبل.
- 8- حركة الهواء الصاعدة في جبهة الغيوم الركامية أنشط من حركة سير المنخفض الجوي نحو الشرق بحيث تمنعه أو تعرقله على الأقل من التقدم شرقاً في هذه النواحي وتمنح الغيوم فرصة التخصيب.
- 9- حركة الهواء الصاعدة تجذب إليها الهواء الرطب والدافئ السفلي من الجهات الغربية والشمالية والشرقية على الأقل مما يساعد في زيادة التخصيب وتكوين غيوم الركام المزني الغني بالرطوبة والملائم للهطول.
- 10- نمو الغيوم الركامية المزنية عمودياً أي رأسياً شرط أساسي لحدوث عواصف مطرية مهمة تحدث جريان سطحي.
- 11- عنف حركة الهواء الدافئ السفلي وزيادة سرعته أفقياً في أي اتجاه يؤدي لتشتت رطوبة الجبهة المحلية وفشلها في توليد الأمطار، أو يلغي فرصة حدوث أمطار عاصفية في هذه الجهات من الجبل.



شكل (2): كيفية تولد جبهة الرطوبة المحلية الماطرة في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر، من عمل الباحث.

توثيق ومتابعة تطور جبهات رطوبة جوية محلية تتكون في أجواء السفوح الجنوبية للجبيل الأخضر بفعل التيارات الهوائية الصاعدة من السهل الجنوبي، صور (من 1 إلى 4):

في هذا التوثيق الفوتوغرافي لفترة أواخر الربيع وبدايات الصيف، التي ينشط خلالها التتح والتبخر من نباتات المحاصيل البعلية كالقمح والشعير المزروعة، على المصطبتين الثانية والثالثة من الجبل الأخضر، والتي تكون في طور النضج واليباس، إن ناتج التبخير هذا، في أجواء صحو مشمسة وهدوء للرياح، يضاف للرطوبة الجوية، فيسوقه نسيم لطيف متجه نحو الشرق والجنوب الشرقي للجبل، فيعترضه الهواء الجاف الدافئ الصاعد على السفوح الجنوبية، والمتجه من الجنوب الشرقي نحو الشمال والشمال الغربي، شكل (1)، فيرفع هواء النسيم الرطب نحو الأعلى ليمر بآليات التكاثف المختلفة؛ فيبرد ومن ثم يشبع بالرطوبة التي تتكاثف فيما بعد لغيوم محلية تظهر، على امتداد السفح الجنوبي للجبل، على هيئة جبهة رطوبة جوية محلية تحتل فضاء السفح الجنوبي للجبل الأخضر، ويحيطها الجو الصحو المشمس من كافة جهاتها.



صورة (1): تكوين جبهة غيوم ركامية في أيام أواخر الربيع وبداية الصيف فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، تمتد من جنوب غرب إلى جنوب شرق الجبل، في جو صحو مشمس مع هدوء الرياح، يتخلله نسيم شمالي غربي لطيف فوق الجبل، تدوم الجبهة من الظهر وحتى الساعة 17 عصراً، داخلي جامعة عمر المختار، الجمعة 30.05.2003، بعد الظهرية.



صورة (2): تابع الصورة (1) السابقة؛ بانوراما مركبة لجزء من جبهة غيوم ركامية تتكون فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في أيام الصحو الربيعية، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 30.05.2003، بعد الظهرية.



صورة (3): تكرار تكوين جبهة من غيوم ركامية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في نهار ربيعي مشمس وصحو مع نسيم شمالي غربي، داخلي جامعة عمر المختار، الأحد 01.06.2003، بعد الظهر.



صورة (4): تابع الصورة (3) السابقة؛ بانوراما مركبة لجزء من جبهة غيوم ركامية تتكون فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في أيام الصحو الربيعية والصيفية، داخلي جامعة عمر المختار، الأحد 01.06.2003، بعد الظهر.

توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية شتوية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في حال مرور منخفض جوي، الصورتان (5 و 6):

في هذا التوثيق يظهر كيف تتكون جبهة رطوبة محلية في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر في أجواء شتوية رطبة؛ بحيث تخضع خلالها أجواء الجبل الأخضر لعبور منخفض جوي بطى الحركة ويتجه فوق الجبل الأخضر، من الغرب نحو الشرق، إن نشاط تيار من الهواء الصاعد من السهول الجنوبية على كامل ارتفاع السفوح الجنوبية للجبل باتجاه الشمال، يؤدي لعرقلة وتأخير تقدم الرطوبة الجوية للمنخفض في أجواء تلك السفوح، بما يسمح بتراكم الرطوبة الجوية وظهورها الواضح في تلك الأجواء على هيئة جبهة رطوبة محلية تغني فضاء السفوح الجنوبية بالرطوبة الجوية المرتفعة نسبياً والمولدة للأمطار الغزيرة هناك.



صورة (6): امتداد جبهة الرطوبة المحلية، شرقاً فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، المتكونة في حال مرور منخفض جوي غربي، جنوب شرق داخلي الجامعة الاثنين 06.01.2014، الساعة 13:41.



صورة (5): تكوين جبهة رطوبة محلية في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر في حال مرور منخفض جوي غربي في أجواء الجبل الأخضر، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 06.01.2014، الساعة 13:42.



توثيق تكوين وتطور جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر ومتابعة أمطارها والسيول الناشئة منها، صور (من 7 إلى 28):

يتضمن هذا التوثيق في 21 صورة مهمشة بالمعلومات الضرورية، التي توضح كيفية نشوء وتطور جبهة رطوبة محلية صيفية تتولد منها أمطار عاصفية غزيرة، تغني السهول الجنوبية بمياه السيول الغزيرة والوافرة، التي تؤدي لملء البرك والمنخفضات والغدران بالمياه، التي يتبخر جزء غير قليل منها، ويعود من جديد للرطوبة الجوية، التي تظهر تكاثفاتاً جلية على هيئة طرود منخفضة من الغيوم التي تخيم فوق البرك المائية والمسطحات المائية الناشئة حديثاً، صورة (26)، هذه الرطوبة الجوية الناشئة من التبخر من سطح المياه الحر يحملها تيار الهواء الدافئ، الغني بنويات التكاثف الغبارية، ويتسلق بها صاعداً على السفوح الجنوبية للجبل فيرطب ترها في الطل الليلي، كما يرطب أجوائها بنسبة لا بأس بها من الرطوبة، بما يساعد على تكرار تكوين جبهة الرطوبة المحلية من جديد في اليوم التالي، وهكذا يتكرر حدوث الجبهة لمدة يومين أو أكثر في حال استقرار الأحوال الجوية الصيفية من الصحو وهدوء الرياح عن الحركة الأفقية العنيفة.

إن نشاط حركة تيار الهواء الصاعد المتسلق على السفوح الجنوبية على طول ساعات النهار الصباحية الممتدة لما بعد الظهر، يوقف تقدم هواء النسيم الرطب الناشئ فوق ظهر الجبل عن التوغل في الأجواء جنوباً وشرقاً، ومن ثم يرفعه مع ما يحمل من رطوبة دافعاً إياه نحو الأعلى، ويتقدم الوقت تتجمع وتتراكم الرطوبة الجوية، ويصبح الخليط من الهواءين الصاعدين يبرد تدريجياً ليشبع بالرطوبة بعد عبوره لنقطة الندى التي يمثل منسوبها قاعدة الغيوم

التي تعلن بتكاثفها ولادة جبهة الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، شكلين (1 و 2)، وبحسب تزايد كمية الرطوبة المتكاثفة يتطور تناقص الضغط الجوي المحلي الذاتي للجبهة، مما يجعله يستجلب الرطوبة غير المرئية والرطوبة المرئية المتكاثفة على هيئة سحاق وسمحاق ركامي وركام من الأجواء المحيطة نحوه، صورة (11) بما يسمح بتطور غيوم من الركام الذي ينمو رأسياً ليظهر على هيئة غيوم متلبدة فوق بعضها كالجبال نتيجة تطور تيار صاعد في وسط الغيوم بفعل تحرير حرارة تكاثف الرطوبة، شكل (2)، صور (7، 8، 9، 10، 12، 13، 14، 15)، وكلما تحررت كمية أكبر من حرارة التكاثف في الغيوم الركامية الرأسية النمو كلما نشط التيار الصاعد في الغيوم، بما يؤدي لزيادة البرودة وتشبع الهواء أكثر فأكثر بالرطوبة لتتحول الغيوم الركامية إلى غيوم ركامية مزنية مولدة للأمطار أو للهطولات المتنوعة من الأمطار والثلج والبرد أو من خليط منها، صور (16، 17، 18).

إن متابعة الباحث للظواهر المتتابة، لما يحدث من تطورات لرطوبة جبهة الرطوبة المحلية الصيفية في سماء السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، ما بين مدينة البيضاء وسهل المخيلي في الجنوب الشرقي، مروراً بمنطقة القيقب، على طول مسافة، قطعها السيارة الخاصة، تقارب 150 كم، زامنها وتالاها متابعة ميدانية تقارب 5 ساعات، للنتائج المطري الهائل من الأمطار التي ولدت سيول عارمة في مختلف أودية السطح الجنوبي، صور (من 18 إلى 28) وأغرقت السهول الجنوبية وفاضت على طريق المخيلي - الخروبة وأوقفت المرور لأكثر من ساعتين بسبب عدم استيعاب عبارات الأودية، المصممة تحت الطريق، لغزارة مياه ذروة الفيضان للجريان المائي الضخم المفاجئ الذي حدث فوق الطريق العام، توثق خير أدلة

علمية تبين الأهمية الرطوبة والمائية والحيوية لجبهات الرطوبة المحلية الجنوبية التي ترطب أجواء السفوح الجنوبية في الأيام الصيفية المعروف عن حر شمسها وجفافها، في موسم الحصاد، لاسيما لو علمنا تكرار حدوث جبهة رطوبة جوية محلية مماثلة في اليوم التالي في الفضاء نفسه، كما هو موثق في العرض اللاحق لهذا التوثيق.



صورة (7): جبهة رطوبة محلية تنشأ وتتطور فوق السفوح الجنوبي للجبل الأخضر، لاحظ كيف تمتد الغيوم نحو الأعلى بفعل التيار الصاعد الناتج من انتشار حرارة التكاثف في الغيمة، البيضاء، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 14:46.



صورة (8): حبكة من طبقة غيوم ركامية في المستوى العلوي، وتطور غيوم ركامية نامية رأسياً في المستوى السفلي من الجبهة بما يدل على أن التزويد بالرطوبة يتم من الأسفل نحو الأعلى، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 14:46.



صورة (9): المظهر المزني لقواعد الغيوم الذي يدل على أن الغيوم جيدة التخصيب والنضج وبالتالي بدأت تساقط أمطارها، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 14:46.



صورة (10): تطور جبهة الرطوبة المحلية لتغطي كامل المصطبة الثالثة والجزء الجنوبي من المصطبة الثانية من الجبل في جنوب البيضاء، شرق داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 14:47.



صورة (11): الجبهة في الشرق تجذب إليها الرطوبة الجوية، من الغرب ومن الشمال بفعل الضغط المحلي الذاتي المنخفض للجبهة، والمتمثلة في الأجواء، الغربية في يمين الصورة، بغيوم سمحاق وحبكة من غيوم الركام، جنوب غرب داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 14:49.



صورة (12): تطور الجبهة في طرفها الجنوبي الغربي كغيمة ركامية واحدة متلبدة تتطور رأسياً على هيئة جدارية نتيجة التيارات الصاعدة الناتجة عن حرارة تكاثف الرطوبة في الغيمة، جنوب غرب داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 17:10.



صورة (13): تطور غيوم الركام ذي النمو الرأسي في وسط الجبهة الجنوبي الغربي، جنوب- جنوب غرب داخلي الجامعة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 17:11.



صورة (14): تطور غيمتين ركاميتين متجاورتين تملوان رأسياً، جنوب طريق البيضاء-شحات، الاثنين، 09.06.2014، الساعة 17:22.



صورة (15): توحد الغيمتين الركاميتين الظاهرتين في الصورة السابقة (14)، وتطور غيوم الركام في الجبهة في جهتها الشرقية نحو الشرق، جنوب طريق شحات-الأبرق، الاثنين، 09.06.2014، الساعة 17:30.



صورة (16): مظهر الجبهة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في جنوب القيقب،  
القيقب، الاثنين 09.06.2014، الساعة 17:43.



صورة (17): كالنجم المذنب يبدو مظهر الطرف الشمالي الشرقي لغيوم الجبهة المحلية فوق  
السفح الجنوبي للجبل الأخضر بفعل دفع الهواء الدافئ للغيمة من الأسفل نحو الأعلى فيعمل على  
تشثيت رطوبة أطرافها على هيئة سمحاق ينجذب في أعلى الغيمة نحو الخلف حيث يسود الضغط  
المحلي المنخفض للجبهة، غرب طريق النوار-المخيلي، غرب حفرة أبو علي الفرجاتي، الاثنين  
09.06.2014، الساعة 18:18.





صورة (18): بواذر خير وبركة جبهة الرطوبة المحلية تظهر على هيئة سيول في أعالي المخيلي بنحو 15 كم، طريق النوار-المخيلي، أحد روافد وادي الرملة، شمال المخيلي، الاثنين 09.06.2014، الساعة 18:36.



صورة (20): سيل وادي الرملة وصل منذ نحو 45 دقيقة من لحظة وصولنا للمكان، التصريف يبلغ حوالي 80 م<sup>3</sup>/ثا، عبارة المخيلي، الاثنين 09.06.2014، الساعة 18:49.



صورة (19): سيل رافد آخر لوادي الرملة في أعالي المخيلي، طريق النوار-المخيلي، شمال المخيلي الاثنين 09.06.2014، الساعة 18:38.



صورة (22): آثار فيضان الأودية المحلية الصغيرة على الجانب الأيمن لطرق المخيلي-الخروبة، غرب المخيلي، الاثنين 09.06.2014، الساعة 19:05.



صورة (21): وادي حنيش الصغير المحلي فاض منذ الساعة 14:30 وأغرق الطريق العام المخيلي-الخروبة بالمياه، وتنتشر مياهه في سهل غرب المخيلي، الاثنين 09.06.2014، الساعة 19:02.



صورة (23): سيل وادي القوس، مياه ذروة الفيضان لم تستوعبها العبارة المولفة من 12 فتحة، لذلك تجاوزت مياه السيل الطريق العام المخيلي-الخروية على طول أكثر من 400م، كما تدل آثار الجريان والرواسب على الطريق، الاثنين 09.06.2014، الساعة 19:15، وبحسب ما يفيد الأهالي: أوقفت حركة السيارات ما بين الساعة 14:30 وحتى الساعة 16:00.



صورة (24): آثار تجاوز مياه سيل وادي القوس على طريق المخيلي-الخروية، 7 كم غرب المخيلي، الاثنين 09.06.2014، الساعة 19:20.



صورة (25): برك مياه ضخمة جداً خلفها الجريان المفاجئ لسيول محلية صغيرة بين وادي القوس ووادي بلعطر ألقت بكل حمولتها المائية والطينية وتركت آثارها على طريق المخيلي- الخروبة بما يدل على كبر حجم الوارد المائي الذي خلفته جبهة الرطوبة المحلية للسفح الجنوبي للجبل الأخضر، رافد صغير محلي، غرب المخيلي، الاثنين 09.06.2014، الساعة 19:25.



صورة (26): إحدى العبارات تمرر مياه البرك التي خلفتها السيول من جراء أمطار الجبهة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، لاحظ تمركز طرد الغيم فوق البركة المائية، مما يساعد في تجديد الدورة المائية المحلية للسفح الجنوبي للجبل، طريق المخيلي-الخروبة، الاثنين 09.06.2014، الساعة 19:26.



صورة (27): سيل وادي بلعطر أسفل العبارة الشرقية، طريق المخيلي-الخروبة، الاثنين  
09.06.2014، الساعة 19:31.



صورة (28): سيل وادي بلعطر أسفل العبارة الغربية، طريق المخيلي-الخروبة، الاثنين  
09.06.2014، الساعة 19:35.

توثيق متابعة تكرار تكوين جبهة رطوبة محلية ماطرة فوق السفح الجنوبي لليوم التالي  
الثلاثاء 10.06.2014، صور (من 29 إلى 47):

إن ترطيب الترب الجنوبية بمياه السيول، وقدرة الهواء الدافئ في السهول الجنوبية على التبخير سواء من سطح التربة المبللة حديثاً بمياه السيول التي نشأت بالأمس، سواء من البرك والمسطحات المائية المؤقتة، كما لاحظنا في التوثيق السابق، صورة (26)، يجعل الهواء الدافئ الصاعد، المحمل بنويات التكاثف الغبارية، الصورتان (42 و 43)، محمل بقدر لا بأس به من الرطوبة الجوية القادمة من جنوب الجبل، والتي لا يمكن إهمال دورها في تجديد الدورة المائية المحلية لسفوح وسهول جنوب الجبل الأخضر، والمتضمن في هذا التوثيق لتكرار ظاهرة حدوث جبهة رطوبة محلية تظهر من جديد في اليوم التالي فوق السفوح الجنوبية.

إن اعتراض الهواء الدافئ الصاعد الرطب نسبياً على السفوح الجنوبية، لنسيم الجبل الرطب فوق خط قمم الجبل الأخضر، أي فوق خط تقسيم المياه بين حوضي الجبل الفرعيين؛ الداخلي والخارجي، ودفعه للأعلى، يؤدي لاجتماع رطوبي الهواءين معاً بما يؤدي لولادة جبهة رطوبة جوية محلية متطورة ومنتجة للهطول فور توفر كامل شروط وآليات التكاثف المتتابعة في أجواء الصحو المشمسة الهادئة، والتي تتحكم في نضجها ظروف وتطورات تناقص الضغط الجوي المحلي واختلاف كثافة الهواء الرطب الخفيف، المكون للجبهة، عن كثافة الهواء الجاف الأثقل المحيط بأجواء ميدان تكوين جبهة الرطوبة المحلية، التي تنضج وتولد الهطول. لقد تابع الباحث تطورات الجبهة المحلية ووثق بعض نواتجها من الهطول، صور (33، 34، 35، 36، 38، 47)، على طول ساعات ما بعد الظهر حتى

الغروب، عبر مسار يمثل مقطع عرضي تحت الجبهة من مدينة البيضاء فقمة سيدي الحمري ثم صحيحيف وحردس الجراري حتى السهل الجنوبي في السروال ومنه إلى المخيلي، كما تثبت الصور الموثقة (من 29 إلى 47)، وتبين بأن الأمطار المتولدة من الجبهة تركز توزيعها فوق خط قمم الجبل ما بين قمة سيدي محمد الحمري مروراً بالفائدية ولاي والقيقب وخولان، مما ولد سيولاً وجريانات مهمة في الأودية الجنوبية الشرقية للسفح الجنوبي؛ كوادي الرملة، وادي القوس، وادي بلعطر، وادي الخريف، وادي القرنة ووادي الثعبان، إن وصول جريان سيول تلك الأودية بعد المغرب إلى السهول الجنوبية حال دون توثيقها في اليوم التالي الموافق الأربعاء 11.06.2014، إذ تمكن الباحث من توثيق ناتج جريان سيل وادي المحجة المتمثل بالرافد العلوي لوادي الرملة في بحيرة سد المحجة الواقعة جنوب أشنيشن، صورة (47). إنه من الملاحظ أن تناقص الضغط الجوي في أجواء ولادة جبهة الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر تنشط حركة التيارات الدافئة الصاعدة على عرض السفوح والسهول الجنوبية، كما أنها بالوقت نفسه تحرض نشاط تقدم النسيم الرطب من فوق ظهر الجبل نحو أجواء تركز جبهة الرطوبة.



صورة (30): تنمة تابعة للصورة (29) السابقة  
نحو الشرق، الجزء الجنوبي الغربي من  
الجبهة، جنوب داخلي الجامعة، الثلاثاء  
10.06.2014، الساعة 13:08.



صورة (29): ظهور جبهة رطوبة محلية فوق  
الصفح الجنوبي للجبلة الأخضر،، جنوب غرب  
داخلي الجامعة، الثلاثاء 10.06.2014،  
الساعة 13:08.



صورة (32): تقدم جبهة الرطوبة المحلية  
الصيفية الناشئة فوق الصفح الجنوبي للجبلة  
الأخضر شالاً، ووصولها لأجواء مدينة  
البيضاء، جنوب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء  
10.06.2014، الساعة 13:20.



صورة (31): الجزء الأوسط الجنوبي من  
الجبهة المحلية الصيفية، جنوب داخلي  
الجامعة، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة  
13:08.





صورة (34): أجواء ماطرة وبوادر سيول في جنوب قمة سيدي محمد الحمري، طريق سيدي محمد الحمري-صحيحيف، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:06.



صورة (33): غيوم مزنية ونضج الحالة الجوية مع تباشير أمطار، جنوب الغريقة، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 13:48.



صورة (36): سيول فعلية في صحيحيف من جراء أمطار جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:14.



صورة (35): اختباء قطع الأنعام من المطر تحت تيجان أشجار الغابة، غرب صحيحيف، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:12.



صورة (38): توجه الأجواء الماطرة للجبهة المحلية الصيفية شرقاً نحو أجواء الفايدية ولالي والقيقب، جنوب شرق جردس الجراري، المشل، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:33.



صور (37): حالة أجواء الجبهة المحلية الصيفية في جنوب غرب جردس الجراري، غيوم غير ناضجة وغير ممطرة، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:27.



صورة (40): بركة مياه تكونت من تجمع أمطار جبهة الأمس، الاثنين، غيوم الأجواء في الجنوب متفرقة فوق السهل الجنوبي للجبل الأخضر، أسفل الجشة، أعالي عقيرة البجاجته، يمين طريق جردس الجراري-تناملو، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:48.



صورة (39): غيوم ركامية بيضاء لم تنضج بعد في جنوب و جنوب شرق الجشة، طريق جردس الجراري-تناملو، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:41.



صورة (42): وجود ضغط منخفض في الأجواء يحرض تيارات الهواء الصاعدة الغبارية التي تعمل على تخصيب غيوم الجبهة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، سهل جنوب الجبل، السروال، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 15:15.



صورة (41): مصرف البركة المائية التي تكونت من أمطار جبهة الأمس، الاثنين، في الصورة السابقة (40)، لازال يمرر المياه من البركة، أسفل الجشة، أعالي عقيرة البجاجة، يسار طريق جردس الجراري-تناملو، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 14:50.



صورة (44): آثار الجريان الناتج عن جبهة الأمس، الاثنين، المحلية الصيفية، في وادي الحليقيمة، طريق الخروبة-المخيلي، السروال، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 15:31.



صورة (43): مظهر آخر للتيارات الهوائية الصاعدة المحملة بالغبار والمغذية لغيوم الجبهة المحلية الصيفية بنويات التكاثف، سهل جنوب الجبل الأخضر، السروال، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 13:17.



صورة (46): بقية من جريان سيل وادي الرملة الذي حدث من أمطار جبهة الأمس، تقدر بنحو 40 ل/ثا، وجريان جبهة اليوم، الثلاثاء لم تصل إلى العبارة إلا بعد المغرب ولم يستطع الباحث توثيقها، سيل وادي الرملة، عبارة المخيلي، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 18:11.



صورة (45): اختفاء المسطح المائي الضخم الذي خلفه وادي حنيش الصغير المحلي في الأمس، الاثنين، من المكان بسرعة فائقة، وكذلك اختفت كل المسطحات المائية التي خلفتها بقية سيول الأودية، قارن مع الصورة (21)، وادي حنيش، يمين طريق الخروبة-المخيلي، غرب المخيلي، الثلاثاء 10.06.2014، الساعة 17:50.



صورة (47): أجواء جبهة جديدة تتكون فوق السطح الجنوبي للجبل الأخضر، وهذه البحيرة هي ناتج جريان سيل وادي المحجة من جراء أمطار جبهة الرطوبة المحلية الصيفية في الصحيف ليوم الأمس، الثلاثاء، بحيرة مياه سد المحجة، جنوب أشنيشن، الأربعاء 11.06.2014، الساعة 14:50.

توثيق جريان مهم في وادي الرملة ووادي القوس في سهل المخيلي من جراء أمطار  
جبهة رطوبة محلية صيفية يتكرر حدوثها في خمسة أيام متتالية فوق السفح الجنوبي  
للجبل الأخضر في شهر 06.2015، صور (من 48 إلى 56):

في هذا التوثيق يخصص الباحث الاهتمام لما ينتج، عن تكوين جبهة رطوبة محلية  
فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر يتكرر حدوثها يومياً على طول مدة خمس أيام متتالية  
من فصل الصيف المعهودة أيامه بالشمسة الحارة الحافة، من سيول عارمة تصل لمصباتها  
المتثلة بالبلط المتواجدة على الهامش الشمالي للصحراء الكبرى، وتساهم في مياهها المتبخرة  
بتحديد الدورة المائية المحلية في فصل الصيف الحاف، الصورتان (53 و 54)، إن تكرار تجديد  
حدوث جبهة الرطوبة المحلية في كل من الأيام الخمسة، الصورتان (51، 52)، يؤكد من دون  
أدنى شك، على تجديد الدورة المائية المحلية للسفوح والسهول الجنوبية للجبل ذاتياً، بمعنى أنه،  
كما تقدم بالشرح والتوثيق السابق؛ كلما استقبلت سهول جنوب الجبل قدراً كبيراً من مياه  
السيول التي تنتشر أفقياً على تربة السهل، أو التي تملأ منخفضاتها وتشكل مسطحات مائية  
محلية مؤقتة في اليوم الذي حدث فيه الجريان، كلما زادت كمية المياه المتبخرة من سطح التربة  
المبللة ومن المسطحات المائية بفعل تأثير إشعاع شمس اليوم التالي من فصل الصيف، بما يغني  
أجواء السهل بالرطوبة التي تخفض من كثافة الهواء الذي يصبح خفيفاً بسبب زيادة رطوبته،  
فيتعرض أكثر على الصعود والتسلق على السفوح الجنوبية للجبل الأخضر طامحاً للوصول  
للشفق العلوي للجبل عند مناسب خط تقسيم المياه، وهناك يتقابل مع النسيم الرطب

الجبلي ويصعداً معاً في الأجواء نحو الأعلى بما يسمح بتولد جبهة الرطوبة المحلية المولدة للأمطار أو للهطول مجدداً.

إن تكرار تجديد الدورة المائية في كل يوم يؤدي لزيادة تراكم الرطوبة الجوية في جبهة رطوبة اليوم التالي، وذلك في حال استقرار الحالة الجوية من الصحو المشمس عدم التيارات الهوائية الأفقية العنيفة خلال طول مدة أيام تجديد تكوين جبهة الرطوبة المحلية، ومن التوثيق في الصور (48، 49، 50، 52، 53، 54، 55، 56) يبدو أن زيادة تراكم الرطوبة في جبهة الرطوبة المحلية مع توالي الأيام يؤدي لتزايد غزارة الهطول المتولد من الجبهة في الأيام المتأخرة، ويعني ذلك زيادة غزارة السيول في تلك الأيام واستقبال السهل كميات وافرة من المياه تصل للبلط في نهاية مطاف جريانها، والذي دام جريانه من يوم الأحد إلى يوم الخميس في هذه الحالة المدروسة، بحيث أنه كلما انخفض منسوب مياه السيول دعمه الجريان الناشئ التالي ليتفاقم من جديد حتى بلغ ذروته يوم الأربعاء، صور (48، 49، 50)، وذلك يؤدي لغدق مجمل مساحة السهل بالمياه في أعالي البلط، أي فيما بين الجبل والبلط على مسافة عرض السهل البالغة نحو 20 كم في منطقة المخيلي، بما يحوي ذلك السهل من سلوك وعقاير خصبة، تتهدد محاصيلها البعلية من القمح والشعير بخطر الفيضان.



صورة (48): ضخامة جريان سيل وادي الرملة عند دخوله عبارة المخيلي، من جراء أمطار الجبهة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، المخيلي، لقطة مقتطعة من فيديو خليفة أمراجع، الأحد 07.06.2015، الساعة حوالي 19:20.



صورة (49): خروج سيل وادي الرملة من عبارة المخيلي، عرض العبارة 50 م، وعمق المياه فيها حوالي 2 م، المخيلي، صورة مقتطعة من فيديو خليفة أمراجع، الأحد 07.06.2015، الساعة حوالي 19:15.



صورة (50): ضخامة جريان سيل وادي القوس من جراء غزارة أمطار الجبهة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، يقطع طريق المخيلي-الخروبة بعرض أكثر من 500 م، رغم وجود عبارة تتكون من 12 فتحة مساحة إجمالي مقطعها يبلغ نحو 18 م<sup>2</sup>، لم تستوعب غزارة دفقة ذروة الفيضان، غرب المخيلي، صورة مقتطعة من فيديو خليفة أمراج، الأحد 07.06.2015، الساعة حوالي 19:45.





صورة (51): جبهة رطوبة محلية صيفية يتكرر حدوثها لليوم الخامس على التوالي، السبت، الأحد، الاثنين، الثلاثاء والأربعاء، فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، وتولد أمطار تحدث سيولاً في أودية السفح الجنوبي تغرق السهول الجنوبية للجبل بالمياه وتبلغ السيول مصباتها المتمثلة في البلط، جنوب شرق الجبل الأخضر، طريق النوار-المخيلي، شمال المخيلي، الأربعاء 10.06.2015، الساعة 16:26.



صورة (52): مازال جريان سيل وادي الرملة مستمر من جراء أمطار جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، لاحظ الغيوم المتولدة من الجبهة في الواجهة الجنوبية للصورة، الجريان دام ما بين مساء الأحد وحتى مساء يوم الخميس على مدى خمسة أيام متتالية، أعالي المخيلي، الأربعاء 10.06.2015، الساعة 16:38.



صورة (53): تبلل الجزء الأكبر من مساحة أرضية بلطة الرملة بمياه السيول الواصلة إليها في يومي الاثنين والثلاثاء، والتي تضيع عن طريقي امتصاص طين أرضية البلطة لها ومن ثم تبخيرها، لاحظ كيف ينتشر الغبار في الأجواء بفعل تيارات الهواء الجافة الصاعدة والمغذية لرتوبة الجبهة بنويات التكاثف، سهل جنوب المخيلي بنحو 14 كم، بلطة الرملة، الأربعاء 10.06.2015، الساعة 18:40.



صورة (54): القض الجديد الأول في جنوب شرق بلطة الرملة ملئ جزئيا من مياه السيول، يظهر في المستوى القريب من الصورة، ويعلوه منسوب المسطح المائي الواسع قليل العمق لبلطة الرملة الغربية، لاحظ طبقة غيوم السمحاق التي تخيم على المسطح المائي للبلطة بنتيجة تبخير مياه المسطح وتكاثفها في أجوائه، جنوب المخيلي. بلطة الرملة، الأربعاء 10.06.2015، الساعة 18:46.



صورة (55): عمل الرياح الشمالية الغربية في نشر مياه المسطح المائي الواسع والضحل لبلطة الرملية الغربية وتشثيتها على أرضية البلطة الطينية المنبسطة الجافة، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملية، الأربعاء 10.06.2015، الساعة 18:59.



صورة (56): تبخر الرطوبة من أسطح التربة المبللة ومن سطح الماء الحر من الغدران والبرك والعيارات والحفر الاصطناعية والقضوض الممتلئة حديثاً بالمياه يساعد في زيادة رطوبة أجواء سهول جنوب الجبل الأخضر، وتكوين غيوم طبقيّة وركامية، قد تتطور في أحيان كثيرة إلى جبهات رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل، تجدد الأمطار والدورة المائية المحلية، كما يبدو من عرض الصور في التوثيق التالي، جنوب المخيلي، بلطة الرمل، الخميس 11.06.2015، الساعة 13:56.

توثيق تجديد جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر من خلال تنشيط الدورة المائية المحلية في شهر 06.2015، لمدة ستة أيام متوالية، صور (من 57 إلى 62):

هذا التوثيق يؤكد على استمرار تجديد حدوث جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر مادامت الرطوبة الأرضية في سهل جنوب الجبل تزود الهواء بالبخار والرطوبة الجوية.



صورة (57): جبهة رطوبة محلية صيفية تكرر حدوثها يومياً، منذ يوم الأحد، فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، بفعل تزويد التربة الرطبة في سهل جنوب الجبل بالبخار، الجزء الغربي من الجبهة، جنوب غرب داخلي الجامعة، الجمعة 12.06.2015، الساعة 13:41.



صورة (58): الجزء الجنوبي الغربي من جبهة الرطوبة المحلية الصيفية التي تكرر يومياً ولادتها وحدوثها فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب غرب داخلي الجامعة، الجمعة 12.06.2015، الساعة 13:41.



صورة (60): الجزء الأوسط الجنوبي الشرقي من الجبهة المحلية الصيفية التي تكرر يومياً حدوثها فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب شرق داخلي الجامعة، الجمعة 12.06.2015، الساعة 13:41.



صورة (59): الجزء الأوسط الجنوبي من الجبهة المحلية الصيفية التي تكرر حدوثها لليوم السادس على التوالي فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر بما يسمح بتجديد الدورة المائية المحلية ذاتياً، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 12.06.2015، الساعة 13:41.



صورة (62): الجزء الشمالي الشرقي من جبهة الرطوبة المحلية الصيفية التي تكرر حدوثها يومياً فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، منذ يوم الأحد، شرق-شمال شرق داخلي الجامعة، الجمعة 12.06.2015، الساعة 13:41.



صورة (61): الجزء الشرقي من جبهة الرطوبة المحلية الصيفية التي تكرر حدوثها يومياً فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، شرق داخلي الجامعة، الجمعة 12.06.2015، الساعة 13:41.



توثيق تكرار تكوين جبهة رطوبة محلية صيفية تنشأ فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر تغني السفح والسهل الجنوبي بمياه السيول الغزيرة في شهر 08.2015، صور (من 63 إلى 66):

في هذا التوثيق لجبهة رطوبة صيفية تتكون في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر فيما بعد الظهر ليوم الأربعاء الموافق 05.08.2015، صورة (63) يتبعها في اليوم التالي حدوث جبهة أخرى تنتج جريان مهم جداً يحدث سيولاً عارمة في بعض أودية السفح الجنوبي، في شهر 8 من السنة يكون سطح الأرض جافاً والتزويد بالرطوبة الأرضية لأجواء السهل في جنوب الجبل يتم على ما يبدو من خلال صعود ماء التربة للحقبة، أي الرسوبية، بالخاصة الشعرية التي توصل مياه رطوبة التربة العميقة إلى السطح، مما يؤدي لتبخيرها وترطيب هواء السهل بها، ومن ثم تساهم تلك الرطوبة في تغذية وتحديد الدورة المائية المحلية.



صورة (63): جبهة رطوبة صيفية تنشأ فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر يتكرر حدوثها شبه يومياً وتمطر السفح الجنوبي بالمياه الغزيرة التي لم ترصدها أية محطة أرصاد في الجبل، جنوب داخلي جامعة عمر المختار، الأربعاء 05.08.2015، الساعة 16:01.



صورة (64): سيل وادي الشحيمي أحد الروافد الصغيرة لوادي الرملة يفيض على طريق النوار-  
خولان ويكون بحيرة مائية في أعالي العبارة يزيد عمقها عن 5م، لقطة من فيديو علي أبو سقاط،  
شرق خولان، الخميس 06.08.2015، حوالي الساعة 14:00.



صورة (65): أثر جبهة الرطوبة المحلية يظهر في جريان سيل وادي الشحيمي ، قادم بعرض الوادي كما يقال في اللهجة المحلية، أسفل عبارة طريق النوار-خولان؛ العبارة رغم ضخامتها النسبية لن تستوعب غزارة دفقة ذروة الجريان لذلك تفيض المياه على الطريق، لقطة من فيديو علي أبو سقاط، شرق خولان، الخميس 06.08.2015، الساعة حوالي 14:00.



صورة (66): أثر جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل يظهر في نشوء سيل مياه وادي أبو شبوة، وهو من الروافد الصغيرة لوادي الرملة، بعد تراجع مياهه عن الطريق العام النوار- خولان، هذه الأمطار لم ترصدها أية محطة مطرية في الجبل الأخضر، لقطة من فيديو علي أبو سقاط، شرق خولان، الخميس 06.08.2015، الساعة حوالي 14:15.

توثيق أجواء مطرة لجبهة محلية صيفية تتكون فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر ومتابعتها من المخيلي في السهل الجنوبي في يومي 06 و 07.08.2015، صور (من 67 إلى 84):

في هذا التوثيق، التالي لما سبق، من جبهة وجريان في يوم 06.08.2015، صور (من 68 إلى 71)، يتابع الباحث، من سهل المخيلي في جنوب الجبل، أحداث وتطورات تكرر نشوء جبهة رطوبة جوية محلية، لليوم الثالث على التوالي، فوق السفوح الجنوبية للجبل والأمطار وبعض الجريان الناتج عنها، إذ يبدو الجو صحواً مشمساً في الصباح، صورة (67)، ثم تظهر غيوم ركامية في أجواء ظهر الجبل، صورة (69)، ثم يمتلئ الأفق، شمال المخيلي أي فوق السفوح الجنوبية، بالغيوم المتنوعة الطباقية والركامية، في فترة الظهيرة، صورة (72)، ويتلو ذلك إثارة العواصف الغبارية بفعل تحريض التيارات الهوائية الصاعدة في سهل جنوب المخيلي لتصبح الرؤية شبه معدومة على بعد عشرات الأمتار من الناظر، صورة (73)، ثم تتشخص نواة جبهة الرطوبة المحلية بغيوم ركامية مزنية مطرة تنتصب رأسياً لتظهر كالجبال ممتطة من سطح الأرض إلى عنان السماء، صورة (74)، ثم يمتزج الغبار الصاعد مع رطوبة الغيوم الركامية المزنية فيخصبها بكثافة بنويات التكاثف من حبات الغبار التي تحرض على الهطول، وبالوقت نفسه يصبح لون الغيوم أبيض مغبر، قريباً للون الوردى، صورة (75)، ونتيجة تساقط الأمطار من الغيوم الوردية وغسل جزء من الغبار من أجوائها يصبح لونها مزني رمادي، صورة (76)، وبعد الهطول وغسل الغبار من الأجواء بماء المطر تصفو الرؤية ليصبح الناظر يرى، ولمسافات بعيدة، كل شيء بوضوح، صورة (77).

إن الأبناء تتوارد تباعاً إلى بلدة المخيلي بأن السيول تتجاوز على طريق المخيلي - النوار في محيط بركة أبو علي الفرجاني وهوى بو حضرة على مسافة نحو 35 كم شمال المخيلي، إن جريان وادي الرملة تحت عبارة المخيلي الموثق في الصباح، على الساعة 12:46، بالصورة (70) لم يتأثر إلا قليلاً على الساعة 17:28، صورة (78)، بسبب الأمطار الساقطة محلياً في المخيلي، وبسبب عدم وصول زخم جريان السيل من الأعالي، إذ يؤكد هذا التوثيق بأن وابل المطر الغزير الذي أحدث سيولاً تركز في شمال منطقة المخيلي من السفح الجنوبي، صور (81، 82، 83)، بينما ساد الجو الصحو السفوح الشمالية للجبل، صورة (84).

إن هطول الأمطار من جبهة الرطوبة المحلية يفقد الجبهة قدرًا من الرطوبة، وهذا القدر المفقود يعوض تناقصه ناتج التبخير من الأمطار السابقة مباشرة، والذي يلحق بالرطوبة الجوية سريعاً بسبب انخفاض الضغط الجوي المحلي للجبهة في أعلى الأجواء، لذلك تبدو تكاثفات جبهة الرطوبة من الغيوم في تطور مستمر حتى لو خسرت جزء من رطوبتها بسقوط المطر منها مؤقتاً؛ إذ يدل التوثيق بالصور (79، 80، 81) أن الغيوم تبقى تتطور في مقدمة الجبهة من حبكة من غيوم ركامية وموجية، ويتبعها في الخلف غيوم الركام المزني الماطرة بنتيجة استمرار تغذيتها بالرطوبة الجوية الكافية لديمومة وجودها في الأجواء.



صورة (68): الاختفاء السريع لمياه السيول من المكان وبقاء آثار رطوبة في التربة وعضوة على جوانب السيل تدل على مدى ضخامة الجريان السطحي المحلي الذي حدث في حوض وادي الشحيمي الصغير المساحة بالأمس الصورتان (64 و 65)، وادي الشحيمي، شرق خولان، لاحظ ظهور غيوم سمحاق ركامي في الأجواء الشمالية، الجمعة 07.08.2015، الساعة 09:40.



صورة (67): جو صحو مشمس في شمال غرب خولان سبقه يوم ماطر وسيول في أغلب أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، طريق القيقب خولان، الجمعة 07.08.2015، الساعة 09:15.



صورة (70): ما تبقى من جريان سيل وادي الرملة الذي كان مائي الوادي بالأمس، كما في الصورة (71) التالية، أسفل عبارة المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 12:46.



صورة (69): ظهور غيوم ركامية فوق الأجزاء الشمالية الغربية للجبل، غرب سد الدواي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 10:36.



صورة (71): سيل وادي الرملة الناتج عن أمطار جبهة رطوبة محلية صيفية تمطر السطح الجنوبي للجبل الأخضر وتخلق سيول في أغلب أوديته، أسفل عبارة المخيلي، كاميرا خليفة أمراج، الخميس 06.08.2015، الساعة 19:48.



صورة (72): انسداد الأفق في شمال المخيلي بالغيوم الناتجة عن جبهة رطوبة محلية صيفية يتكرر حدوثها لليوم الثالث على التوالي فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 13:32.





صورة (73): تحريض تيارات هواء صاعدة محملة بالغبار الكثيف لتعديل الضغط المنخفض الذي سببته غيوم الجبهة في الأجواء العليا للسفح الجنوبي من الجبل الأخضر، المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 14:52.



صورة (74): ظهور الغيوم الركامية المزنية المحملة بالرطوبة للجبهة المحلية في مشارف  
المخيلي الشمالية، الجمعة 07.08.2015، الساعة 15:00.



صورة (75): انسداد الأفق بالغيوم المزنية المخصبة، الممزوجة بالغبار، في سماء المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 15:30.



صورة (76): قلة نسبة الغبار في أجواء الغيوم التي أسقطت أمطارها وغسلت جزئيا الغبار المعلق في الهواء، المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 15:39.



صورة (77): أمطار صيفية ناتجة عن الجبهة المحلية الصيفية، المتولدة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، في محلة المخيلي الجافة، الجمعة 07.08.2015، الساعة 15:40.



صورة (78): تحسن بسيط في زيادة غزارة جريان سيل وادي الرملة بعد سقوط الأمطار المحلية، السيل سيكون غزير جداً عند الغروب كما أثبتت المراقبة، أسفل عبارة المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 17:28.



صورة (79): يتقدم الغيوم المزنية الماطرة للجبهة الصيفية المحلية حبة من الغيوم الركامية والموجية البيضاء تظهر بوضوح بعد انجلاء الغبار من الأجواء، المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 17:41.



صورة (80): جبهة الرطوبة الصيفية ذات الغيوم المزنية الماطرة، وفي مقدمتها الجنوبية ترتص حبة الغيوم الركامية والموجية الصغيرة البيضاء، سماء المخلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 17:41.



صورة (81): لاحظ تركز جبهة الرطوبة الجوية المحلية وأمطارها فوق السفح الجنوبي فقط، صورة لجهة الجنوب، ويتوقف تمددها نحو منطقة الشمال التي استقبلت نصيباً من أمطار أطرافها الشمالية المتمثلة رطوبتها بغيوم سمحاق طبقي وبعض الغيوم الركامية المتفرقة، طريق المخيلي-النوار، شمال المخيلي، الجمعة 07.08.2015، الساعة 18:35.



صورة (82): بواذر جريان السيول من جراء أمطار ناتجة عن جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح لجنوبي للجبل الأخضر، السيل يجري على جانبي الطريق في أسافل هوى بو حضرة، طريق المخيلي-النوار، شمال المخيلي بنحو 35 كم، الجمعة 07.08.2015، الساعة 18:41.





صورة (83): السيل يجري على جانبي طريق المخيلي-النوار من جراء أمطار الجبهة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، أسافل هوى بو حضرة، الجمعة 07.08.2015، الساعة 18:46.



صورة (84): أجواء شمال السفح الجنوبي للجبل الأخضر زرقاء صافية يشوبها قليل من الرطوبة المتمثلة في غيوم السمحاق الطبقي الرقيق، على عكس ما شاهدنا وتابعنا في أجوائه الجنوبية من رطوبة كثيفة وأمطار، طريق المخيلي-النوار، بركة مياه وادي المصطادة، الجمعة 07.08.2015، الساعة 19:10.

توثيق جريان السيول وتكرار جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر وإمكانية تجديد الدورة المائية محلياً بعد الأمطار وجريان السيول الصيفية في 09 و10.08.2015، الصورتان (85 و86):

إن مكان تمركز الضغط المحلي المنخفض لجبهة الرطوبة الجوية، التي يتكرر حدوثها لعدة أيام صيفية متتالية، في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر، يتحكم بالتوزيع المكاني للوابل المطري الذي يتولد من الجبهة وبأماكن نشوء السيول والجريان الفجائي المؤقت؛ ففي حال ظهرت جبهة الرطوبة الجوية المحلية في يوم الأربعاء الموافق 05.08.2015 فوق السفوح الجنوبية في جنوب البيضاء، صورة (63)، تمركز الوابل المطري في شرق خولان في يوم 06.08.2015 ونشأت السيول هناك، صور (64، 65، 66، 68، 70، 71، 78)، ثم إن الهطول تركز شمال المخيلي في يوم الجمعة 07.08 في ما بين جنوب شرق خولان وهوى بو حضرة وبركة أبو على الفرجاني، كما هو موثق سابقاً، صور (81 و 82 و 83)، مما خلق سيولاً في الروافد السفلى لوادي الرملة، وفي ما بعد تركز الهطول في منطقة سيدي الحمري وصحيحيف وجنوب غرب أشنیشن في يوم 08.08.3015، مما جعل جريان سيل وادي المحجة يجري مساء يوم 08 ويوم 09، بفعل تكرار حدوث جبهة الرطوبة مجدداً، وجريان السيل استمر لصباح يوم 10.08.2015. مما سمح بامتلاء بحيرة سد المحجة بمياه السيول وتكوين مسطح مائي مؤقت فيها، الصورتان (85 و86). إن تبخير مياه المسطح المائي لبحيرة السد يعد برهاناً مؤكداً بأن تبخر الرطوبة الأرضية يساهم في تجديد تكوين جبهات الرطوبة الجوية المحلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر وتكرارها اليومي، بما يساهم، بما لا يقبل الشك، في تجديد الدورة المائية محلياً وذاتياً في أوقات الصحو الصيفية، صور (من 110 إلى 111).



صورة (85): أتر جبهة الرطوبة المحلية الصيفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر؛ بقية سيل مياه وادي المحجة يزود بحيرة مياه سد المحجة بحوالي 1م<sup>3</sup>/ثا لليوم الثاني، غرب بحيرة مياه سد المحجة، جنوب أشنيشن، الأحد 09.08.2015، الساعة 19:34.



صورة (86): بحيرة مياه سد المحجة تتزود بمياه سيل المحجة من جراء سقوط أمطار جبهة الرطوبة المحلية المتكونة والمتكررة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر لليوم الثالث على التوالي، سد المحجة، جنوب أشنيشن، الأحد 09.08.2015، الساعة 19:03.

توثيق تكرار تكوين جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر وإمكانية تجديد الدورة المائية محلياً في 12.08.2015، الصورتان (87 و 88):



صورة (87): تكرار ظهور جبهة رطوبة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، في الأجواء الصيفية الهادئة، وتطور الغيوم الركامية رأسياً، كما في الصورة (88) التالية، جنوب داخلي الجامعة، كاميرا محمود التواتي، الأربعاء 12.08.2015، الساعة 17:12.



صورة (88): النمو الرأسى للغيوم الركامية بفعل انتشار حرارة التكاثف ونشوء التيار الصاعد في الغيمة، كاميرا محمود التواتي، جنوب داخلي الجامعة، الأربعاء 12.08.2015، الساعة 17:12.

توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية خريفية ماطرة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 09.2015، صور ( من 89 إلى 91):

جبهة رطوبة مهمة تتوثق جنوب القيقب تحدث جريان في وادي الرملة في المخيلي يدوم لمدة يومين.



صورة (89): تلبد الغيوم المزنية الماطرة للجبهة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر  
تحدث جريان سيول في أودية السفح الجنوبي للجبل، جنوب غابة القيقب، السبت 26.09.2015،  
حوالي الساعة 16:30.



صورة (91): غيوم ركام تتقدم جبهة الرطوبة المحلية في الجهة الشرقية من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، غرب حفرة أبو علي الفرجاني، كاميرا محمود التواتي، الثلاثاء 22.09.2015، الساعة 11:36.



صورة (90): استمرار جريان سيل وادي الرملة من ليلة الجمعة/السبت حتى مساء يوم الأحد، عبارة المخيلي، التصريف يزيد عن 20 م<sup>3</sup>/ثا، كاميرا محمود التواتي الأحد، الساعة 14:54، 27.09.2015

توثيق تكوين وتطور جبهات رطوبة خريفية محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 10.2015، صور (92 إلى 98):



صورة (92): الطرف الجنوبي الغربي لجبهة رطوبة محلية تتكون فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب غرب داخلي الجامعة، الخميس 01.10.2015، الساعة 15:08.





صورة (93): الجزء الأوسط من الجبهة المحلية الخريفية التي تتشكل فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، لاحظ كيف تتطور الغيوم الركامية رأسياً بفعل التيار الصاعد الناتج عن انتشار حرارة التكاثف في الغيمة، حيث يكون الضغط الجوي المحلي أخفض ما يمكن في الجبهة، جنوب داخلي جامعة عمر المختار، الخميس 01.10.2015، الساعة 15:08.



صورة (94): الجزء الأوسط الشرقي من الجبهة الخريفية المحلية المتكونة فوق السطح الجنوبي للجبل الأخضر، شرق داخلي الجامعة، 01.10.2015، الساعة 15:08.



صورة (95): الطرف الشمالي الشرقي من جبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السطح الجنوبي للجبل الأخضر، إن طول الجبهة يزيد عن 60 كم، شرق داخلي الجامعة، الخميس 01.10.2015، الساعة 15:08.

إن جبهة الرطوبة المحلية الخريفية، المتكونة في بداية شهر 10.2015، الموثقة سابقاً بالصور (من 92 إلى 95) رغم ضخامتها وطول امتدادها الذي يزيد عن 60 كم فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر لم تنتج وابل من الأمطار يكفي لتوليد جريان في الأودية الجنوبية، لأنه على ما يبدو، لم تكن الحركة الصاعدة بفعل حرارة التكاثف في الغيوم كافية لنضج رطوبة الجبهة ولتوليد الهطول الغزير، كما هو حال جبهة الرطوبة المحلية الموثقة تالياً، في الصور (من 96 إلى 98)، والناشئة في 05.10.2015، التي لم تتمكن من إنتاج ما يكفي من الهطول اللازم لتوليد جريان سيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، لكن تأثيرات تلك الجبهات على تراكم الرطوبة في الأجواء والترب المحلية، مع توالي أو بالأحرى تراكم الأيام التي تتكون فيها جبهات الرطوبة الجوية المحلية، لا يمكن إهمالها، كما يبدو من التوثيق اللاحق في الصورة (99) التي توثق أهم أو أكبر ذروة فيضان لسيل وادي الرملة في عبارة المخيلي في الموسم الذي تابعه الباحث.



صورة (96): الطرف الجنوبي الغربي لجبهة رطوبة محلية خريفية تتكون فوق السطح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب غرب كاف الشويخ، لقطة مقتطعة من فيديو محمود التواتي، الاثنين 05.10.2015، الساعة حوالي 14:00.



صورة (98): الجزء الشمالي الشرقي لجبهة الرطوبة الخريفية المتكونة فوق السطح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب شرق كاف الشويخ، لقطة مقتطعة من فيديو محمود التواتي، الاثنين 05.10.2015، الساعة حوالي 14:00.



صورة (97): الجزء الأوسط لجبهة رطوبة محلية تتكون فوق السطح الجنوبي للجبل الأخضر جنوب البيضاء، جنوب كاف الشويخ، لقطة مقتطعة من فيديو محمود التواتي، الاثنين 05.10.2015، الساعة حوالي 14:00.

## توثيق جريان وادي الرملة الناتج عن أمطار جبهة محلية خريفية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 10.2015، صورة (99):

في هذا التوثيق لجريان سيل وادي الرملة، بتاريخ 23.10.2015 في عبارة المخيلي، الذي يعد الأضخم في ذلك الموسم الذي تابعه الباحث، إذ بلغت سماكة تيار المياه على جدران العبارة 186 سم، وعرض العبارة الإسمنتية يبلغ 50 م، وعليه فسرعة التيار للطبقة المائية السفلية للسيل تبلغ بحسب علاقة بيرنولي نحو 6 م/ثا، بما يعني أن تصريف السيل في العبارة تجاوز بيسر 500 م<sup>3</sup>/ثا في وقت مرور ذروة الفيضان، إن ضخامة هذا الفيضان للسيل في العشر الأخير من شهر عشرة دليل على أن جبهة الرطوبة المحلية التي تكونت في ذلك اليوم تزودت من تراكم الرطوبة المحلية في تربة ميدان السفح والسهول الجنوبية للجبل، بما تكتسبه من ظل ليلي تمتصه التربة منذ بداية المساء وحتى ساعات الفجر، وذلك خلال وعقب تكوين كل جبهة رطوبة جوية محلية قد تحدث يومياً، لكون التربة تحتفظ بالرطوبة على هيئة رطوبة فيزيائية تمسكها في أعماقها بما يمنع من تبخرها، ويقتصر القسم المبخر من الطل، بتأثير شمس الصباح، على الجزء الأخير السطحي الذي يتكاثف قبل ساعات الشروق، إلى حين تسمح ظروف التربة بصعود مياهها، الفيزيائية المخزنة أي المتراكمة فيها، مع توالي أو تراكم الأيام بعد تحولها لمياه ثقالية، بالخاصة الشعرية لتتبخر من سطح التربة، بما يجعل أجواء جبهة الرطوبة الجوية المحلية الحديثة أكثر غناً بالرطوبة من سابقاتها، ويجعل حالة الطقس أغزر بالأمطار التي تولد مثل هذه الغزارة للسيول العارمة، صورة (99)، التي لم تفلح فيها جبهات

الرطوبة المحلية السابقة الفاشلة، من الشهر، صور (من 92 إلى 98)، بتوليد ما يكفي من هطول لحدوث جريان سيلبي مفاجئ ومؤقت.

وفي هذا تبيان أن جبهات الرطوبة المحلية الفاشلة، أي التي لم تفرز رطوبتها هطولاً مطرياً محلياً ملموساً، يمكن اعتبارها تزويد مرحلي للتربة والأجواء بالرطوبة التي جلبها النسيم الرطب من فوق أجواء البحر والجبل، وآزره في ذلك التيار الدافئ الصاعد للهواء المحمل بقدر ما من الرطوبة الناتجة عن النتح والتبخر من رطوبة التربة السطحية للسهل الجنوبي وللسفوح الجنوبية للجبل الأخضر خلال ساعات صحو شمس النهار، تلك الرطوبة الجوية المتجمعة في أجواء جبهة الرطوبة المحلية الفاشلة تتكاثف على هيئة طل أو ندى خلال ساعات برودة المساء وطول الليل، بما يسمح بتخزين لجزء غير قليل من الرطوبة الممتصة في عمق التربة، وكل جبهة رطوبة فاشلة تحدث مع توالي أو تراكم الأيام تزود التربة بقدر جديد من الرطوبة الممتصة والمخزنة بداخلها، إلى حين يصبح بإمكان التربة تزويد الأجواء بمزيد من الرطوبة الجوية المبخرة التي يرفعها التيار الصاعد، ويسعف بها جبهة الرطوبة الجوية المحلية الجديدة بمزيد من الرطوبة الجوية التي تساهم أخيراً في نضجها وتوليد خيرها وبركتها من الأمطار الغزيرة، في هذا الصدد من المفيد ملاحظة الصور (من 56 إلى 65 من الفصل 10).



صورة (99): سيل وادي الرملة في حال جو غائم في سماء السهول الجنوبية للجبل الأخضر، لاحظ تيارات الهواء الصاعد الظاهرة أسفل الغيوم، جنوباً في أسافل عبارة المخيلي، كاميرا خليفة أمراجع، 23.10.2015، الساعة 15:06.

توثيق تكوين وتطور جبهات رطوبة خريفية محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر  
في شهر 09.2016، صور (من 100 إلى 109):



صورة (101): الجزء الأوسط من الجبهة المحلية المتكونة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، المنطقة الصناعية، جنوب ورشة أكرم الهرش، الأحد 11.09.2016، الساعة 12:46.



صورة (100): جبهة رطوبة محلية تتكون فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الجزء الغربي من الجبهة، مدينة البيضاء، المنطقة الصناعية، جنوب غرب ورشة أكرم الهرش، الأحد 11.09.2016، الساعة 12:46.



صورة (103): الجزء الغربي لجبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، لاحظ كيف تعمل الجبهة على جذب الرطوبة الجوية من محيطها وتراكمها لتصل لحالة التشبع والتخصيب والنضج المؤدي للهطول، طريق الفايدية-أشنيشن، شمال أشنيشن، الأحد 11.09.2016، الساعة 13:44.



صورة (102): الجزء الشرقي من جبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، البيضاء، المنطقة الصناعية، جنوب شرق ورشة أكرم الهرش، الأحد 11.09.2016، الساعة 12:46.





صورة (105): الجزء الأوسط الجنوبي الشرقي من الجبهة المحلية المتكونة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، طريق الفايدية-أشنيشن، الأحد 11.09.2016، الساعة 13:46.



صورة (104): الجزء الأوسط من جبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، لاحظ كيف تجذب الجبهة الرطوبة من محيطها، والمتمثلة أحياناً بقطع الغيوم الصغيرة، بفعل تناقص الضغط الجوي المحلي الذاتي للجبهة، طريق الفايدية-أشنيشن، شمال أشنيشن، الأحد 11.09.2016، الساعة 13:45.

يحدث في بعض حالات تكوين جبهات الرطوبة الجوية، في أجواء السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، التي تفشل في توليد الأمطار، رغم استقرارها لفترة طويلة تدوم على طول فترة بعد الظهر حتى المساء، صور (من 100 إلى 107)، إن انخفاض الضغط الجوي المحلي للجبهة يتطور في أجوائها على طول النهار، ليستدعي الرطوبة الجوية المتكاثفة من فوق الجبل الأخضر ومن فوق الأجواء البحرية المجاورة للجبل، وفي أغلب هذه الحالات تصبح الحركة الأفقية للرياح هي الغالبة، مما يؤدي لدفع جبهة الرطوبة جنوباً وشرقاً، ويشتت غيومها، بما يلغي فرصة توليد الأمطار الغزيرة منها، صورة (108).



صورة (107): استمرار وجود وتكوين جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر حتى ساعات متأخرة من النهار، أشنيش، عين الحولي، أرض محمد شعيب، الأحد 11.09.2016، الساعة 15:34.



صورة (106): الجزء الشرقي من جبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، شرق طريق الفايدية-أشنيش، الأحد 11.09.2016، الساعة 13:47.



صورة (108): مكوث جبهة الرطوبة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، إلى حين تراكم الرطوبة الجوية فوق كامل المصطبة الثانية من الجبل نتيجة استدعائها للرطوبة الجوية البحرية من الشمال، جنوب داخلي الجامعة، الأحد 11.09.2016، الساعة 18:19.



صورة (109): ظهور جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب شرق داخلي الجامعة، الخميس 29.09.2016، الساعة 14:04.

أثر بحيرة مياه سد المحجة المؤقتة في تكوين جبهة رطوبة محلية صيفية وتجديد الدورة المائية محلياً وذاتياً على السفح الجنوبي للجبل الأخضر، صور (من 110 إلى 115):

في هذا التوثيق يتبين أن ولادة جبهة رطوبة جوية محلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، في يوم 10.08.2015، قد تنشأ عقب أجواء مطرة نتيجة التبخر من رطوبة التربة المبللة حديثاً، ونتيجة التبخر من المسطحات المائية الصغيرة التي تتكون بفعل جريان

السيول، ففي الصورة (110) يبدو كيف تتكون جبهة الرطوبة الجوية المحلية جنوب بحيرة مياه سد المحجة بحوالي 3 كم، من جراء هبوب نسيم شمالي يهب على البحيرة المائية المؤقتة التي تكونت في يومي 08 و 09.08.2015، من جريان سيل وادي المحجة، الصورتان (85 و 86)، البحيرة التي لا تتجاوز مساحتها 4 هكتارات، يحمل النسيم المار فوق سطحها البخار ويتجه به جنوباً صاعداً في الأجواء التي تصبح مشبعة بالرطوبة لتظهر تكاثفاتهما على هيئة جبهة رطوبة محلية تستمد رطوبتها الجوية من الرطوبة الأرضية المتمثلة في البحيرة القريبة الموجودة على السفح الجنوبي للجبل، ومن التربة المبللة المحيطة بها، في الصور (من 111 إلى 115) لمقاطع متتالية، متممة لبعضها البعض، من سطح البحيرة وجبهة الرطوبة في الأجواء، يبدو بشكل واضح تأثير ضغط النسيم الشمالي على سطح مياه البحيرة الذي يتجه جنوباً ويجرض تموجات بسيطة على سطح الماء تتجه جنوباً هي الأخرى، في ذات الوقت الذي يقتطف خلاله النسيم البخار ويدفعه في الأجواء ليكون جبهة الرطوبة المحلية في الأجواء الجنوبية القريبة من بحيرة مياه سد المحجة المؤقتة.



صورة (110): تجديد تكوين جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في جنوب  
أشنيشن نتيجة التبخر من المسطح المائي لبحيرة سد المحجة ومن التربة الرطبة لجوانب البحيرة،  
صور (من 111 إلى 115) التي تسعى لتجديد الدورة المائية محلياً، طريق الفايدية-أشنيشن،  
الاثنين 10.08.2015، الساعة 18:15.



صورة (111): الجزء الجنوبي الشرقي لبحيرة مياه سد المحجة المؤقتة، يقابله جهة الجنوب  
النهاية الشرقية لجبهة الرطوبة الجوية المحلية الصيفية التي تساهم في تكوينها وتغذيتها بحيرة  
السد، لاحظ نظافة الأجواء من الرطوبة المرئية في الجهة الشرقية للجبهة المحلية، جنوب شرق  
سد أشنیشن، أو سد المحجة، الاثنين 10.08.2015، الساعة 18:44.



صورة (113): لاحظ النسيم الشمالي، على سطح الماء، الحامل للرطوبة والمزود لجبهة الرطوبة الجوية المحلية ببخار الماء الناتج من سطح البحيرة، جنوب بحيرة سد المحجة، الجزء الأوسط الغربي لبقية الجبهة الظاهرة في الصورة (112) السابقة، جنوب أشنيشن، الاثنين 10.08.2015، الساعة 18:50.



صورة (112): امتداد الجزء الشرقي لجبهة الرطوبة الجوية، التي يغذيها النسيم الرطب القادم، من سطح بحيرة مياه سد المحجة من جهة الشمال، نحو جهة الغرب، جنوب شرق سد المحجة، الاثنين 10.08.2015، الساعة 18:44.



صورة (115): الجهة الجنوبية الغربية لبحيرة مياه سد المحجة المؤقتة، الأجواء خالية تماماً من الرطوبة المرئية في الأجواء، لاحظ آثار النسيم الشمالي على سطح مياه البحيرة، جنوب غرب بحيرة مياه سد المحجة المؤقتة، جنوب أشنيشن، الاثنين 10.08.2015، الساعة 18:51.



صورة (114): الجزء الغربي لجبهة الرطوبة الجوية المحلية الصغيرة الحجم، فوق السفح الجنوبي للجبل، ناتجة عن حمل النسيم الواضح مروره في الصورة على المسطح المائي للبحيرة وحمله بخار الماء وتوجهه نحو جبهة الرطوبة الجوية، جنوب غرب بحيرة مياه سد المحجة، أو سد أشنيشن، الاثنين 10.08.2015، الساعة 18:50.

توثيق ولادة جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر إلى الجنوب من خط تقسيم المياه، صورة (116):

هذا التوثيق للدلالة على مكان تكرار نشأة أو ولادة غالبية جبهات الرطوبة الجوية المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، حيث يتم غالباً في هذا المكان، المتمثل بخط تقسيم المياه في جنوب أسلنطة، التقاء النسيم الرطب الشمالي مع تيار الهواء الدافئ الصاعد الجنوبي في أجواء الصحو الهادئ المشمس، شكل (1)، بما يهيئ أو ييسر الظروف الجوية المناسبة لتوليد تلك الجبهات المساهمة في تنشيط الدورة المائية المحلية للسفوح والسهول الجنوبية للجبل الأخضر، صورة (116)، كما أن نشوء جبهة الرطوبة هناك قد يرجع إلى ارتفاع النسيم الرطب على السفوح. الغربية للحافة الثالثة لمناسيب تسمح بتبريد الهواء لدرجة تسمح بتشعبه بالرطوبة التي تتكاثف على هيئة غيوم أولية تمثل جبهة الرطوبة المحلية هناك، كما أن تخطي هواء النسيم الرطب، الغربي أو الشمالي الغربي، لقمم الجبل يجعله يصل لفوق السفوح الجنوبية للجبل بما يعني اتساع الفضاء أمامه، بما يهيئ الفرصة لتمدده المفاجئ الذي يؤدي لتبريده حتى تشعبه بالرطوبة التي تتكاثف معلنة ظهور جبهة الرطوبة المحلية فوق تلك السفوح، وجود الرطوبة المتكاثفة على هيئة جبهة محلية تعني انخفاض الضغط الجوي المحلي، في مكان ظهور جبهة الرطوبة الأولية، بما يستدعي استجلاب الهواء الدافئ الصاعد على السفوح الجنوبية نحوها لتطوير الحالة الجوية لجبهة الرطوبة الجوية المحلية في تلك الأماكن.





صورة (116): بداية تكوين جبهة الرطوبة المحلية في أجواء جنوب خط تقسيم المياه للجبل الأخضر، حيث يلتقي نسيم ظهر الجبل الشمالي الغربي مع تيار الهواء الدافئ المتسلق على السفح الجنوبي من جهة الجنوب أو الجنوب الشرقي، يمين طريق أسلنطة-جرديس الجراي، جنوب شرق أسلنطة، السبت 11.06.2016، الساعة 15:17.

توثيق ولادة وتطور بدايات جبهات الرطوبة المحلية في أجواء السفوح الجنوبية الشرقية للجبل الأخضر، صور (من 117 إلى 119):

في هذا التوثيق تبدو المراحل أو الأطوار الأولية من تكوين جبهات الرطوبة الجوية المحلية التي تنشأ فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، كما هو موضح بالصور المتتابعة زمنياً (117، 118، 119).



صورة (117): بداية تكوين جبهة رطوبة محلية في أجواء السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر؛ بداية تكاثف الرطوبة الجوية على هيئة قطع منفصلة من غيوم ركامية صغيرة تظهر في أفق واحد يمثل منسوب نقطة الندى الذي سيشكل قاعدة الجبهة، مدينة البيضاء، جنوب شرق سوق الأحد، الأحد، 16.04.2017، الساعة 14:51.



صورة (118): تابع الصورة (117) السابقة؛ تطور تكاثف الرطوبة الجوية لدرجة اتصال الغيوم الركامية ببعضها في أفق يحدد امتداد الجبهة المحلية في أجواء السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر، مدينة البيضاء، جنوب شرق سوق الأحد، الأحد، 16.04.2017، الساعة 15:01.



صورة (119): تابع الصورة (118)؛ تزويد أفق الجبهة المحلية بمزيد من الرطوبة الجوية المتكاثفة التي يزداد طولها تدريجياً لتكوين جبهة الرطوبة المحلية في أجواء السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر، مدينة البيضاء، جنوب شرق سوق الأحد، الأحد، 16.04.2017، الساعة 15:07.

توثيق تكرار ولادة وتطور جبهة رطوبة محلية ربيعية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، صور (من 120 إلى 124):

في هذا التوثيق يتبين كيف تتكرر ولادة جبهة الرطوبة الجوية المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر في جنوب مدينة البيضاء على مدى يومي 25 و 26.05.2017، وكيف تتطور غيوم الجبهة وامتداداتها، على طول السفح الجنوبي للجبل، من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي.

في الصورتان (120 و 121) تبدو الغيوم الركامية الرأسية، التي يتطور بداخلها التيار الصاعد بفعل انتشار حرارة التكاثف، قد بلغت مرحلة جيدة من الارتفاع والنضج النسبي الذي يجعلها شبه مهيأة لهطول الأمطار، التي لم تسقط فعلياً، في يوم 25.05.2017، في حين نجد في الصور (122، 123، 124) لليوم التالي الموافق 26.05.2017 بأن الجبهة، المكرر حدوثها، لا زالت غيومها في طور مبكر من تطورها بالارتفاع رأسياً، لأنها ما زالت، في لحظات توثيقها، تعمل على احتلال موقعها في فضاء ولادتها، وعلى تجميع الرطوبة الجوية على كامل امتدادها من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي من السفح الجنوبي للجبل الأخضر.



صورة (120): ولادة جبهة رطوبة محلية ربيعية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر يتكرر حدوثها على مدى يومين، جنوب شرق مدينة البيضاء، جنوب شرق مجمع شهداء الجبل، الخميس 25.05.2017، الساعة 13:46.



صورة (121): مظهر للغيوم الركامية التي تتطور على طول جبهة الرطوبة الجوية الربيعية المحلية الوليدة في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر في جنوب مدينة البيضاء، جنوب مجمع شهداء الجيل، الخميس 25.05.2017، الساعة 13:48.



صورة (122): تكرار ولادة جبهة الرطوبة المحلية الربيعية لليوم الثاني فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الجزء الجنوبي الغربي من الجبهة، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 26.05.2017، الساعة 13:26.





صورة (124): تابع الصورتان (122 و 123) السابقتين؛ الجزء الشمالي الشرقي من جبهة الرطوبة المحلية الربيعية المتشكلة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، شرق داخلي جامعة عمر المختار، الجمعة 26.05.2017، الساعة 13:26.



صورة (123): تابع الصورة (122) السابقة الجزء الأوسط من جبهة الرطوبة المحلية الربيعية التي تتشكل وتتطور فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جنوب شرق داخلي الجامعة، الجمعة 26.05.2017، الساعة 13:26.

## 6- الفصل السادس

أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية غربية

د. محمد غازي الحنفي

6- الفصل السادس

أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية غربية

د. محمد غازي الحنفي

- \*- التأثير المتبادل بين وحدات تضاريس الجبل الأخضر وأجواء رطوبة المنخفضات الجوية الغربية.
- \*- توثيق حالة طقس مرافقة لوصول منخفض جوي غربي لأجواء مدينة البيضاء، صور (من 1 إلى 3).
- \*- توثيق متابعة وصول منخفض جوي غربي ما بين مدينة البيضاء وبلطة الرملة في جنوب المخيلي، صور (من 4 إلى 6).
- \*- توثيق أمطار عاصفة منخفض جوي غربي غزير المطر في يومي الاثنين والثلاثاء 02 و03.11.2015، صور (من 7 إلى 26).
- \*- توثيق متابعة تطور حالات الطقس لمنخفض جوي غربي يعبر أجواء الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق، صور (من 27 إلى 32).
- \*1- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه شمالاً نحو البحر، صور (من 33 إلى 40).
- \*2- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه شرق وشمال شرق نحو البحر، صور (من 41 إلى 48).
- \*3- توثيق جريان سيول في أودية تتجه شرق ثم جنوب شرق وتنصرف مياهها في سهول جنوب الجبل الأخضر، صور (من 49 إلى 57).

- \*4- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه جنوباً وتنصرف مياهها في سهول جنوب الجبل الأخضر، صور (من 58 إلى 65).
- \*- توثيق تكوين برك مائية مؤقتة وقياس أمطار المنخفضات الجوية الغربية في سهل المرج-بطة، صور (من 66 إلى 75).
- \*- توثيق ومتابعة تغير حالات رطوبة الأجواء والطقس لمنخفض جوي غربي ربيعي منبثق من الجبهة القطبية بعد هبوب رياح القبلي، صور (من 76 إلى 145).
- \*- توثيق آثار شكل الطبوغرافيا الأرضية على أشكال الرطوبة الجوية، صورة (146).

## أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية غربية

التأثير المتبادل بين وحدات تضاريس الجبل الأخضر وأجواء رطوبة المنخفضات

### الجوية الغربية

تتوجه الرياح الغربية والمنخفضات الجوية الإعصارية في أوقات من نصف السنة الشتوي من فوق المحيط الأطلسي مندفعة رياحها من مناطق الضغط الأزوري المرتفع لتعبر البحر المتوسط على طولها من الغرب نحو الشرق، لوقوع أجوائه في تلك الأوقات تحت ضغط منخفض، محصور بين مرتفعي الضغط لأجواء اليابس الأوربي في شمالها واليابس الأفريقي في جنوبها، منخفض الضغط المتوسطي يزود تلك الرياح بالرطوبة الإضافية اللازمة لتحويل أجواء المتوسط لمنخفض جوي رطوبي، وذلك نتيجة تمركز الضغط المنخفض في شرق المتوسط على جنوب غرب آسيا، إن وجود الجبل الأخضر، كمشبه جزيرة، والجزء الشمالي في مياه البحر المتوسط ما بين خليج سرت في الغرب وخليج البمبة في الشرق، على طول مسافة تزيد عن 300 كم مشرفة على الساحل، يجعل الجبل يتحكم في توجيه وتراكم الرطوبة وتطوير ظروف تساقط الأمطار فوق يابسه الذي يعمل جاهدا في استقبال واستقطاب وإنزال قدر لا بأس به من الرطوبة الجوية العابرة، مع تلك المنخفضات الجوية المارة في طريقها على تضاريس هضبة الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق، على هيئة مطر وبرد بالغالب وأحيانا نادرة ثلج.

ففي حال كان مسار المنخفض الجوي المتوسطي يسير إلى الشمال من الجبل وأطرافه الجنوبية هي التي تمر فوق الجزء الشمالي من الجبل فإن الحافات الجبلية الأولى والثانية تعملان

على توجيه التيارات الهوائية الرطبة نحو البحر لتندفع بقوة نحو داخل البحر عند الرؤوس الصخرية الناتجة للحافة الأولى خاصةً، مما يجعلها تلتف جنوباً نحو الجبل بعد الرؤوس الصخرية إلى داخل الخلجان على هيئة دوامات تتجه باتجاه عقارب الساعة المخالف لحركة دوران رياح المنخفضات الجوية في شمال الكرة الأرضية، مما يجبر الرياح الرطبة على الصعود على منحدرات تضاريس الجبل الشمالية صعوداً باتجاه جنوب شرق في ما بعد رأس العقلة، أي في ما بين خليج جرجار أمه في الغرب مروراً بخليج الحمامة خلف رأس خشم الكلب، وخليج خلف رأس عامر غرب سوسة وخليج خلف رأس الهلال حتى رأس التربة شرق الأثرون وغرب كرسة، على طول هذه المسافة، حيث يلاحظ المراقب أن التكاثرات على هيئة غيوم تكون في بداية المنخفض أكثر تطوراً فوق هذه الخلجان من باقي مناطق الساحل، ويظهر تطورها بدرجة أفضل لغيوم ركامية عند اقترابها من أجواء الحافات الجبلية الشمالية الأولى والثانية، ثم إنه يلاحظ في حال وجود بساط أو غطاء متصل من الغيوم فوق الجبل الأخضر أن الغيوم الركامية المنخفضة في طابق سفلي تخرج من أجواء هذه الخلجان وتسير على مستويات منخفضة جداً تحت غطاء الغيم العلوي مزودةً أجواء الجبل بمزيد من الرطوبة الجوية، صور (من 81 إلى 96 ومن 103 إلى 106، 108، و 110).

تتحكم الحافات الجبلية الأولى والثانية بحركة الرياح الرطبة لمثل هذه المنخفضات الجوية الغربية؛ فهي تتحكم في تجميع وتكاثر وتراكم الرطوبة الجوية ومن ثم تساهم في تخفيض الضغط الجوي المحلي عن ما هو عليه لتنشط آليات التكاثر المتتالية حتى يحدث الهطول المطري، صور (66، 67، ومن 111 إلى 126)، لذلك تكتسب قدرًا من الأمطار

السنوية يفوق أي منطقة من الجبل وخاصة فوق قمة الحافة الثانية والجزء الشمالي من المصطبة الثانية ما بين مسه في الغرب والبيضاء في الوسط وشحات في الشرق حيث يقارب المعدل السنوي للأمطار على طول هذه المنطقة نحو 560 ملم، جدول (1 من فصل 14)، وهذا الوضع يجعل اليابس الشرقي من الجبل كله في نطاق ظل المطر؛ (معدل أمطار الفئاح حوالي 340 ملم/سنة ومرتوبة إلى الجنوب الشرقي منها نحو 155 ملم/سنة).

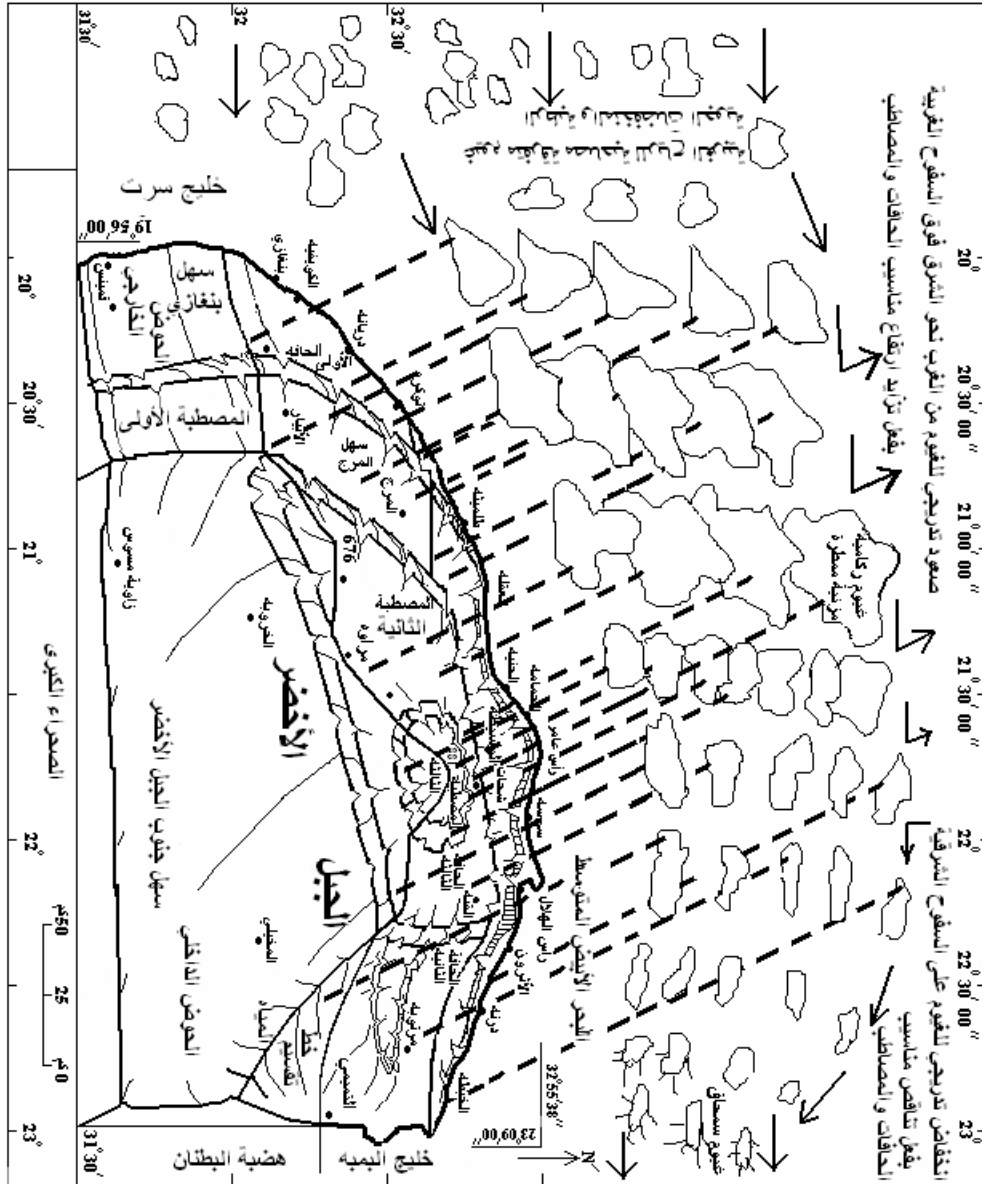
هذه الحالات من الطقس تستدعي أحياناً رياح القبلي الحافة من الجنوب التي تتوقف فوق الجبل عند خط التماس الفاصل ما بين تأثير الأطراف الجنوبية للمنخفض الجوي الغربي وتأثير وحدات التضاريس الشمالية للجبل، بحيث تظهر أحياناً جبهة واضحة على طول خط التماس باتجاه غرب شرق وأحياناً باتجاه جنوب غرب-شمال شرق، صور (9، 11، 15 و 16 من فصل 8)، وهذه الجبهة قد تلج أحياناً إلى فوق خط الساحل وقد تتوقف فوق مدينة البيضاء وقد تتراجع لجهة الجنوب فوق المصطبة الثانية بحسب تبادل التأثير بين رياح القبلي والأطراف الجنوبية للمنخفض الجوي الغربي.

وفي حال كان مسار الأطراف الجنوبية للمنخفض الجوي الغربي يلامس خط الساحل الجنوبي للبحر المتوسط على طول خليج سرت من الغرب إلى الشرق فذلك يعني أن المنخفض الجوي سيتقدم نحو كامل وحدات حوض الجبل الأخضر بسهوله وتضاريسه الجبلية، فيعبر سهل بنغازي ويكسبه من الأمطار ما تسمح به تطورات تكاثف الرطوبة الجوية التي تتضاءل كمياتها كلما بعدنا عن الساحل جنوباً لسيادة أجواء ذات هواء صحراوي يزداد جفافاً، كلما توجهنا نحو الصحراء في الجنوب، هذا الهواء يحتاج أن يستوعب كميات كبيرة من الرطوبة الجوية ليبلغ درجة إشباعه وتكاثف رطوبته ليحدث الهطول، لذلك يستقبل جنوب السهل حوالي نصف معدل أمطار شمال السهل على الساحل؛ (معدل أمطار سلوق

على هامش الصحراء حوالي 175 ملم/سنة، معدل أمطار توكرة الواقعة شمال سلوق على الساحل 320 ملم/سنة)، جدول (1 من فصل 14).

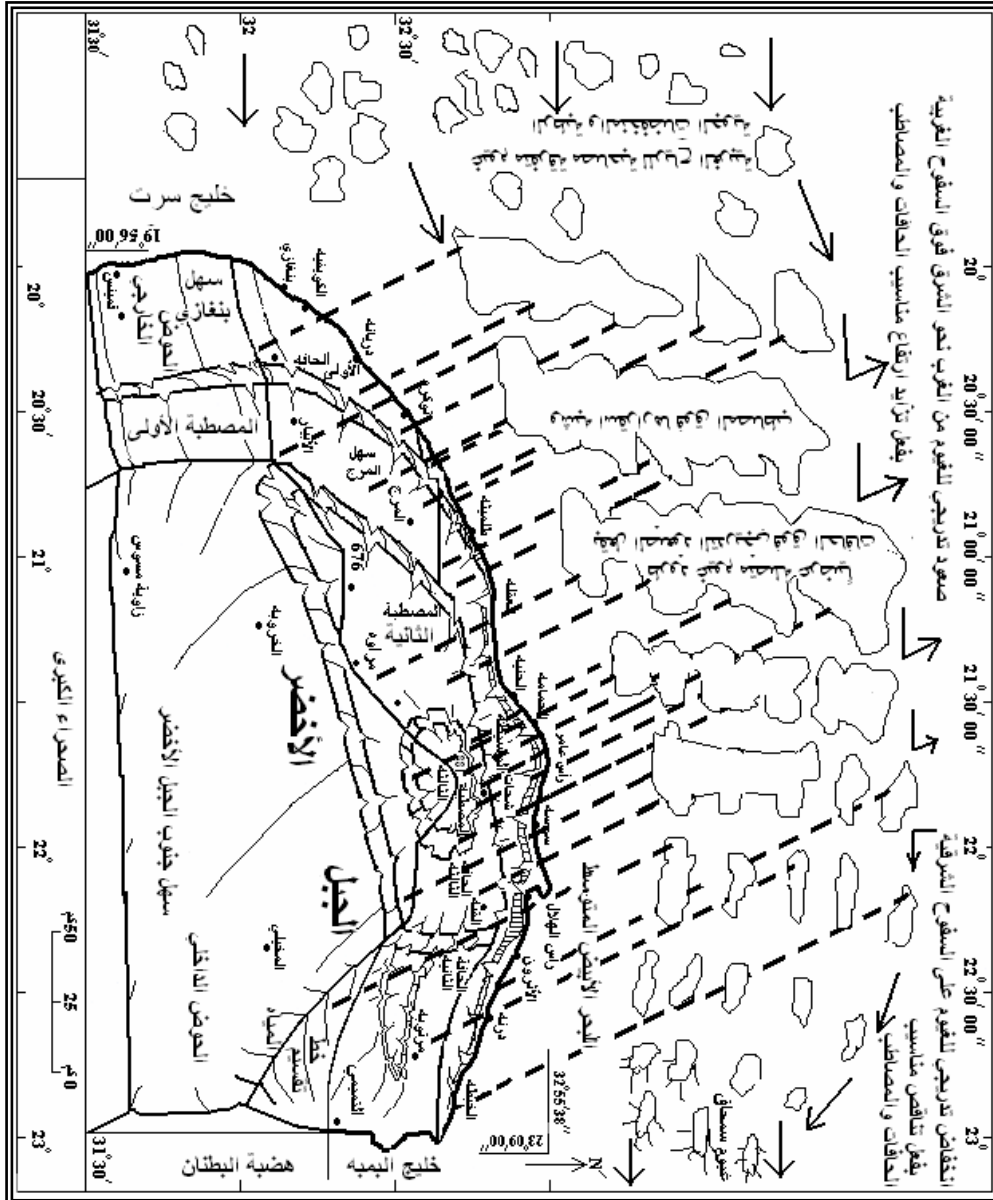
إن تقدم الهواء البحري الرطب ورطوبته المتكاثفة على هيئة غيوم من الغرب نحو الشرق، شكل (1)، أي من سهل بنغازي نحو الجبل يجعله يرتفع تدريجياً فوق السهل ليصطدم بالحافة الأولى للجبل المشرفة على سهل بنغازي مباشرة، تعمل الحافة على اعتراض حركة تقدم الهواء والرطوبة المتكاثفة التي يحملها فتجمعها وترفعها نحو الأعلى فينخفض ضغط أجوائها المحلية فتحرض وتنشط بذلك عملية تبخير الرطوبة الأرضية فتجذبها نحوها وتزود بها، وتتراكم بذلك الرطوبة على هيئة غيوم ركامية مزنية مخصبة ناضجة ومنتجة للأمطار، صور (من 1 إلى 146)، ويبدو تأثير الحافة الجبلية من مقارنة معدل أمطار بنغازي في غرب السهل البالغ نحو 265 ملم/سنة مع معدل أمطار بنينا في شرق السهل البالغ نحو 290 ملم/سنة والذي يبلغ في المرج على المصطبة الأولى نحو 415 ملم/السنة، جدول (1 من فصل 14)، تستقبل المصطبة الأولى نصيبها من الأمطار لتعمل الحافة الجبلية الثانية من جديد على إعاقة حركة تقدم الهواء ورطوبته المتبقية لتجبره على الصعود ثانيةً وتراكم رطوبته حتى النضج والتساقط وهكذا على طول السفوح الغربية للجبل الأخضر التي يشاهد المراقب لها في حالات كثيرة طرود عرضية ضخمة من غيوم ركامية تنمو رأسياً وتتطور باستمرار على طول تلك السفوح المستقبلة للمنخفض الجوي الغربي، شكل (2) والصورتان (27 و 28)، والتي تتحد فيما بينها لتكون غطاء واحد من الغيم يغطي غالبية سماء مساحة الجبل الأخضر، شكل (3) و صور (8، 9، 11، 12، 13، 16، 17، 18، 29، 30، 31، 32، 33، 36، 39، 40، 41، من 45 إلى 55، 60، 61، 62، 65، من 80 إلى 97، من 108 إلى 117، 124 و من 127 إلى 146).





شكل (1): أمطار منفرفة مرتبطة بكيفية تطور الرطوبة البحرية القادمة مع بدايات وصول المنخفضات الجوية والرياح الغربية على طول تضاريس الجبل الأخضر من الغرب إلى الشرق، من عمل الباحث.

عادة تكون كميات أمطاره في تطور متزايد من الغرب نحو الشرق كما هو ملاحظ من مقارنة أمطار بطة على المصطبة الأولى في الغرب البالغة 60 ملم/6 أيام مع أمطار البيضاء على المصطبة الثانية في الشرق البالغة نحو 91 ملم/6 أيام ماطرة للمنخفض الجوي الغربي المار فوق الجبل ما بين يومي الثلاثاء 07.03.2017 والأحد، 12.03.2017، صور (من 76 إلى 145).

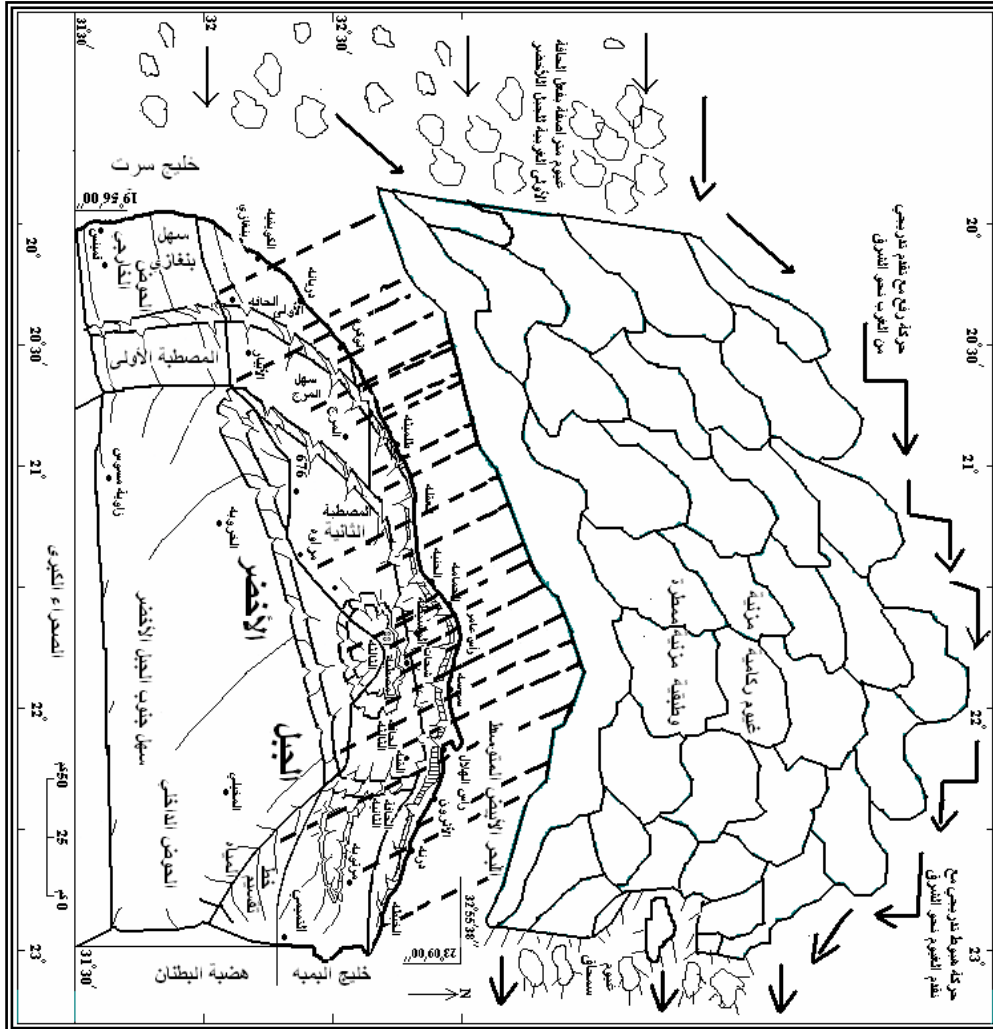


شكل (2): أمطار متفرقة متتابعة مرتبطة بكيفية تطور طرود الغيوم الركامية العرضية الموازية للحافات الجبلية والتضاريس المتغيرة الارتفاع من الغرب نحو الشرق في حال وصول المنخفض الجوي لأجواء الجبل الأخضر، من عمل الباحث.

عند وصول الهواء الرطب للفضاء الفسيح فوق ظهر الجبل ما بين مسه وقرنادة حتى الأبرق، وأسلنطة وسيدي الحمري والفائدة حتى القيقب، يختلط بالهواء الدافئ القادم من السفوح الجنوبية الغربية والجنوبية والجنوبية الشرقية للجبل مما يجعل فرص تطور التكاثف والهطول متعلقة بمدى سيادة كل من الهواءين؛ فإذا كانت السيادة للهواء الدافئ تقل كميات الأمطار التي تستقبلها تلك المناطق كما هو حال المصطبة الثالثة التي تستقبل معدل أمطار يتراوح ما بين 430 ملم/سنة في أسلنطة و حوالي 450 ملم/سنة في الفائدة، وفي أحيان كثيرة يحتل الهواء الدافئ أجواء ظهر الجبل الفسيحة مانعاً الهواء الرطب من الدخول إليها حين تتطور الرطوبة على هيئة غيوم ركامية ضخمة ماطة أعناقها نحو السماء وتحيط بأجواء الصحو لظهر الجبل من الجهات الغربية والشمالية الغربية والشمالية والشمالية الشرقية، وفي حال كانت السيادة للهواء الرطب تكتسب تلك المناطق كميات وافية من الأمطار كالمصطبة الثانية البالغ معدل أمطارها نحو 560 ملم/سنة في مسة والبيضاء وشحات، وقد يحدث في حالات كثيرة اعتراض الهواء الدافئ للهواء الرطب فوق السفوح الجنوبية للجبل فيعرقل حركة تقدمه نحو الشرق فتتكون في حال وجود المنخفض الجوي جبهة رطوبة محلية مهمة جداً قد تتطور فوق كامل السفح الجنوبي للجبل وتستدعي نحوها رطوبة الأجواء المحيطة من أغلب الجهات بحيث تجعل كميات أو شدة الأمطار الساقطة على السفح الجنوبي غزيرة تضاهي كمياتها الهائلة أمطار أي من مناطق الجبل المستقبل للمنخفض الجوي، والتي قد تخلق مشاكل فيضانات كعاصفة أمطار ليلة الأحد/الاثنين 15/14 من شهر 2007/10، التي أسقطت خلال نحو ساعتين حوالي 40 ملم/2 ساعة، أغرقت منازل قندولة، وهددت السيول

الناجمة عنها جوانب الطرقات على السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وكعاصفة ليلة السبت/الأحد 21/20 من شهر 2007/10 أيضاً، أو قد لا تسمح لها ظروف تقلبات الرياح بالتطور فتفشل الجبهة المحلية من أن تسقط كميات وافرة من الأمطار فوق تلك السفوح، صور (من 98 إلى 107)، يصل الهواء لأجواء السفوح الشرقية محملاً برطوبة أقل نتيجة ما خسر من رطوبة فوق السفوح الغربية والظهر، كما أن الهواء يصبح مساره من الغرب نحو الشرق هابطاً على السفوح الشرقية فينضغط ومن ثم يدفأ لتصبح إمكانية إشباعه بالرطوبة المتكاثفة أقل، مما يجعل نصيب تلك السفوح من الأمطار أقل، لذلك يقال بأنها تقع في ظل المطر، لذلك تتناقص معدلات أمطار السفوح الشرقية للجبل من حوالي 380 ملم/سنة في القبة على المصطبة الثانية لنحو 155ملم/سنة في مرتبة وحوالي 80 ملم/سنة في التيمي على ساحل خليج البمبة في شرق الجبل، جدول (1 من فصل 14)، أشكال (1 و 2 و 3).

إن الفرق ما بين الرياح الغربية والمنخفضات الجوية الغربية، وكذلك الفرق ما بين الرياح الشمالية الغربية والمنخفضات الجوية الشمالية الغربية هو أن الرياح تهب على الجبل محملة بالرطوبة الجوية البحرية غير المتكاثفة على الأغلب، لكن الجبل بفعل تضاريسه يجمع تلك الرطوبة ويكثفها ويتركها حتى يتم التخصيب والنضج والهطول، في حين تصل المنخفضات الجوية لأجواء الجبل حاملة معها الرطوبة على هيئة تكاثفات من غيوم متنوعة فتعمل تضاريس الجبل على اعتراضها ورفعها ومن ثم زيادة تكاثفها وتراكمها حتى يتم النضج والهطول، أشكال (1 و 2 و 3).



شكل (3): أمطار مرافقة لغطاء متصل من الغيوم المزنية فوق الجبل الأخضر في حال وصول زخم رطوبة المنخفضات الجوية والرياح الغربية البحرية، من عمل الباحث.

توثيق حالة طقس مرافقة لوصول منخفض جوي غربي لأجواء مدينة البيضاء، صور (من 1 إلى 3):

في هذا التوثيق يبدو مظهر الغيوم الطبقيّة الموجية، صور (من 1 إلى 4) التي تتشكل في الجبهة الدافئة في مقدمة المنخفضات الجوية الغربية التي تعبر أجواء الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق، وهذه الغيوم عادةً تحمل بشائر سقوط أمطار غزيرة مهمة في الأيام اللاحقة، التي تستمر ما بين خمس وسبع أيام متتالية، تجري خلالها السيول في غالبية أودية الجبل الأخضر، حيث تتركز الهطولات المطرية للمنخفض الجوي الغربي.



صورة (1): غيوم ركامية طبقية موجية المظهر تصبح طبقية جهة جنوب البيضاء، هذه الغيوم تمثل الجبهة الدافئة لمنخفض جوي غربي، مدينة البيضاء، المنطقة الصناعية، جنوب شرق ورشة الحنش، الاثنين 19.01.2004، بعد الظهر.



صورة (2): غيوم ركامية طبقية موجية المظهر، سبقت العاصفة المطرية الممتدة من 21 إلى 27.01.2004، مدينة البيضاء، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الاثنين، 19.01.2004.



صورة (3): تطور تكوين جبهة رطوبة دافنة فوق مدينة البيضاء، ركام طبقي موجي يتحول لطبقي، صورة باتجاه جنوب شرق، داخلي جامعة عمر المختار، الاثنين 19.01.2004، تبعه يوم 01 /20 صحو، ثم العاصفة التي أحدثت جريانات مهمة لمدة أسبوع في أغلب الأودية في محيط منطقة البيضاء بحسب متابعة الباحث لها.



توثيق متابعة وصول منخفض جوي غربي ما بين مدينة البيضاء وبلطة الرملة في جنوب  
المخيلي، صور (من 4 إلى 6):

في هذا التوثيق لظهور الغيوم الموجية المظهر، صورة (4)، التي تعلن وصول الجبهة  
الدافئة من المنخفض الجوي الرطوبي الغربي لأجواء مدينة البيضاء، يتابع الباحث وصول  
مقدمة المنخفض الجوي لأجواء بلطة الرملة على هامش الصحراء الكبرى في جنوب المخيلي  
في اليوم التالي التي تصل فيه الجبهة لتلك الأجواء التي تغطي كليةً بالغيوم الماطرة في ساعات  
ما بعد الظهر، الصورتان (5 و 6).



صورة (4): تكوين غيوم ركامية ذات مظهر موجي مع غيوم سمحاق تتقدم جبهة دافئة من غيوم  
ركامية متراسة تتحد بالخلف مكونة غيوم طبقية، غرب مدينة البيضاء، داخلي جامعة عمر  
المختار، الجمعة 04.12.2009، الساعة 17:00.



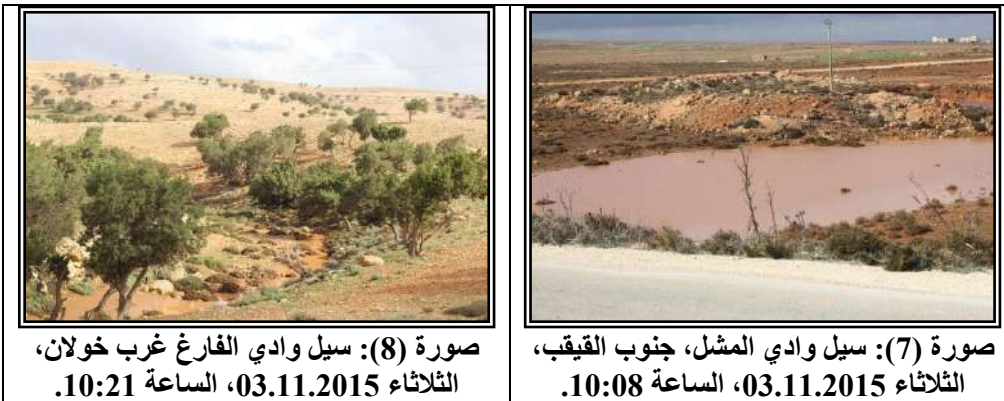
صورة (5): وصول الجبهة لجنوب بلطة الرملة على الساعة الواحدة يوم السبت 05.12.2009، وامتلاء الأفق بالغيوم على الساعة 14 تبعتها بشارنر أمطار العاصفة على الساعة 14 ونصف.



صورة (6): تغطية السماء بالغيوم المزنية ونقاط بشارنر المطر تلتخ زجاج السيارة بعد خروجنا من بلطة الرملة، مباشرة، السبت 05.12.2009، الساعة 14:30.

توثيق أمطار عاصفة منخفضة جوي غربي غزير المطر في يومي الاثنين والثلاثاء 02 و03.11.2015، صور (من 7 إلى 26):

في هذا التوثيق تظهر أهمية المنخفضات الجوية الغربية الرطوبية في تغذية أجواء الجبل الأخضر بالغيوم الماطرة، التي تؤدي لجريان سيول مهمة، صور (من 7 إلى 23)، تغرق سهول جنوب الجبل الأخضر بالمياه، التي تملأ البرك والبحيرات والمنخفضات، والتي يؤدي تبخيرها لزيادة الرطوبة الجوية وتكوين طرود الغيوم الضخمة فوق البرك والمسطحات المائية المؤقتة في السهل، صور (من 20 إلى 22، ومن 24 إلى 26)، بما يساهم في تجديد الدورة المائية للسفوح والسهول الجنوبية للجبل الأخضر محليا وذاتياً.





صورة (10): سيل وادي الرملية في عبارة  
خولان السفلى، جنوب شرق خولان، الثلاثاء  
03.11.2015، الساعة 11:08.



صورة (9): سيل وادي المحجة في خولان،  
الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 10:23.



صورة (12): بركة مياه هوى بو طاجون،  
طريق القيقب-النوار، الثلاثاء 03.11.2015،  
الساعة 11:49.



صورة (11): بركة وادي لاكنش، طريق  
القيقب-النوار، عبارة ال 14، الثلاثاء  
03.11.2015، الساعة 11:48.



صورة (14): مصرف بحيرة مياه سد الدواي يعمل منذ يوم الاثنين وعلى طول يوم الثلاثاء، سد الدواي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 12:45.



صورة (13): سد الدواي متخّم بالمياه، حوالي 620000م<sup>3</sup>، ويزود بمياه السيل في وقت زيارته، والفائض عن استيعاب البحيرة يخرج من المصرف الجانبي لبحيرة السد، سد الدواي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 12:07.



صورة (16): غرق غوط بحيرة حفرة أبو علي الفرجاني، طريق النوار-المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 14:27.



صورة (15): استمرار جريان وادي الرحيبة في اليوم الثاني من العاصفة المطرية، طريق النوار-المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 14:24.



صورة (18): استمرار جريان الأمس، الاثنين، لسيل وادي الرملة في أعالي المخيلي، صورة مقطوعة من فيديو محمود التواتي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 15:20.



صورة (17): امتلاء هوى بو حضرة بمياه الأمطار المحلية، على يمين طريق النوار- المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 14:30.



صورة (20): طرد غيم ضخ منخض يخيم فوق البركة المائية التي كونها سيل وادي القوس في المشروع الزراعي في مزارع المخيلي، حيث تزود البركة طرد الغيم بالبخار لينمو على حسابها، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 16:42.



صورة (19): استمرار جريان سيل وادي الرملة في يومه الثاني، حوالي 10 م<sup>3</sup>/ثا، أسفل عبارة المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 16:03.



صورة (22): طرد الغيم المستقر والنامي فوق البركة المائية يتطور في أعلاه لغيمة ركامية تنمو رأسياً بفعل انتشار حرارة التكتاف داخلها ومن ثم تعمل على تخفيض الضغط الجوي المحلي في محيطها، وبالتالي تجلب الرطوبة الجوية إليها من كل الاتجاهات، مشروع مزارع المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 16:51.



صورة (21): للتأكيد والتوضيح لما ذكر في الصورة (20) السابقة، مشروع مزارع المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 16:47.

في الصورة (23) الآتية يظهر في هامش تعريف الصورة كيف أن غزارة دفقة ذروة جريان سيل وادي الرملة في يوم الاثنين الموافق 02.11.2015 بلغ تقديريها في عبارة المخيلي نحو 280 م<sup>3</sup>/ثا، مما جعل مياه فيضان السيول في السهل الجنوبي تبلغ مصبها الرئيس المتمثل في بلطة الرملة؛ البالغ طولها نحو 6 كم وعرضها الوسطي يفوق 4 كم، في يوم الثلاثاء، الصورتان (25 و 26)، وذلك بعد إشباع تربة السهل ومنخفضاته وبركه بالمياه، واحتياز مياه فيضان سيول أودية؛ الرملة، القوس، بلعطر، الخريف وبعض فروع وادي القرنة لعرض السهل، من الشمال إلى الجنوب، البالغ نحو 20 كم.



صورة (23): آثار جريان الأمس، الاثنين، الواضح في الصورة، بلغ على الجدار الشرقي للعبارة 140 سم فوق منسوبه الحالي الظاهر في الصورة، سرعة الجريان الحالي 51م/52 ثا، ومن ثم قدرت الغزارة الحالية بنحو 10م<sup>3</sup>/ثا، غزارة الأمس يمكن تقديرها على النحو التالي: عرض العبارة 50 م × 1.4 م = 70 م<sup>2</sup>، سرعة ذروة الفيضان في العبارة على الأقل تساوي 4 أضعاف السرعة الحالية وعليه فالغزارة تقدر بنحو: 70 م<sup>2</sup> × 4 م/ثا = 280 م<sup>3</sup>/ثا، وادي الرملة، عبارة المخيلي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 15:44.

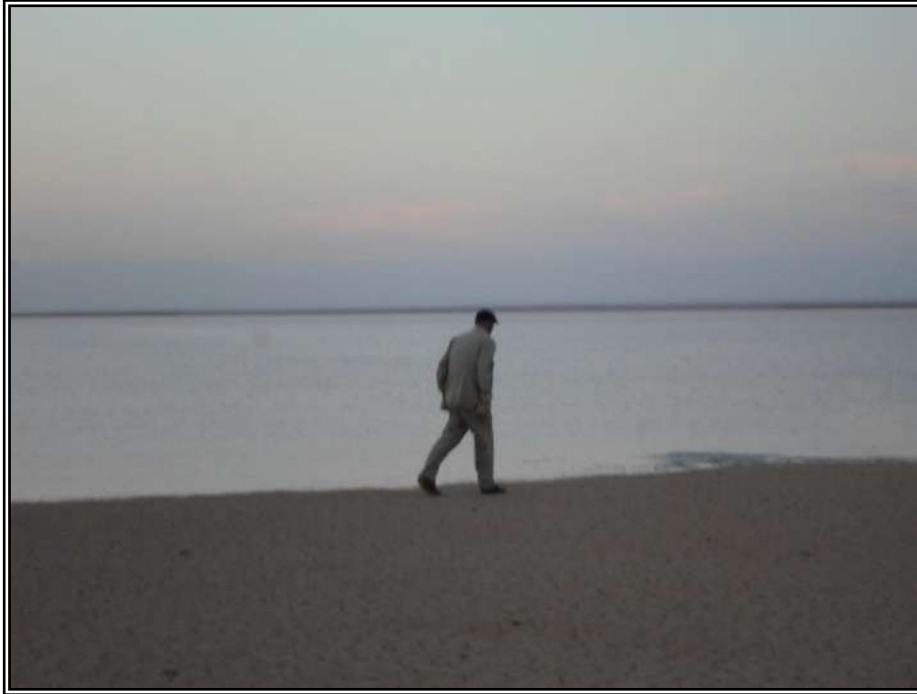




صورة (24): كيفية تطور الغيوم فوق البرك والمسطحات المائية الضحلة المؤقتة والترية المشبعة والغدقة بالمياه بفعل التبخير والرطوبة الجوية المتزايدة في الأجواء، سهل جنوب الجبل الأخضر، جنوب عبارة مشروع المخيلي الزراعي، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 17:04.



صورة (25): بلوغ مياه جريان سيل وادي الرملة، عن طريق سلك حكيم، بلطة الرملة الغربية من جهتها الشرقية، شرق بلطة الرملة الغربية، وتكوين مسطح مائي واسع على مساحة حوالي 25 كم<sup>2</sup>، يزود الغلاف الجوي بالرطوبة المتمثلة بالغيوم المحلية، هذه الرطوبة لو توفر لها تيار هواء دافئ يرفعها نحو سفوح الجبل الأخضر لساهمت في تجديد دورتها المائية المحلية، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 17:34.



صورة (26): بلوغ مياه سيول، وادي الرملة، عن طريق سلك الحريقة، وادي القوس، وادي بلعطر، وادي الخريف وبعض فروع وادي القرنة بلطة الرملة من جهة الغرب، وتقدم المسطح المائي للبلطة نحو الشرق والجنوب الشرقي، وتحويل أجواء البلطة لأجواء غائمة، بلطة الرملة، الثلاثاء 03.11.2015، الساعة 17:41.

توثيق متابعة تطور حالات الطقس لمنخفض جوي غربي يعبر أجواء الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق، صور (من 27 إلى 32):

في هذا التوثيق يتبين كيف تتطور الأجواء الغائمة في مقدمة الجبهة الباردة لمنخفض جوي رطوبي غربي يعبر أجواء الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق؛ إذ تبدو طرود الغيوم العرضية المنفرقة والمتلاحقة، التي تساهم في تكوينها السفوح الغربية للجبل الأخضر، خلف بعضها البعض في يوم 27.12.2016، هذه الطرود من الغيوم الركامية العرضية تتكون عادةً

في مقدمات الجبهات الباردة للمنخفضات الجوية الغربية العابرة لأجواء الجبل والتي تنتشر في فضاء فسيح فوق الجبل، وقد تابعها الباحث من أجواء شرق الفايدية في الشرق وحتى أجواء تاكنس في الغرب، على طول مسافة تزيد عن 100 كم، الصورتان (27 و28)، هذه الأجواء تتطور بعد يومين إلى أجواء غائمة مطرة بغزارة في مدينة البيضاء في يومي 29 و 30.12.2016، صور (من 29 إلى 32)، غطاء الغيم المتصل في بعضه فوق الجبل يمطر غالبية الجبل بالأمطار الغزيرة في يوم 30.12.2016 ويحدث سيول في غالبية أودية الجبل، التي تتوجه بحسب أماكنها في جميع الاتجاهات نحو مصباتها في محيط الجبل الأخضر، كما يبينه بوضوح التوثيق اللاحق في الصور (من 33 إلى 65)، أمطار هذا المنخفض الجوي الغربي بلغ مقدارها في بطة في سهل المرج، على المصطبة الأولى نحو 60 ملم في خمس أيام مطرة مر خلالها المنخفض الجوي الغربي في أجواء الجبل، صورة (69).

صورة (27):  
طرود غيوم  
ركامية عرضية  
تنتشر فوق  
غالبية مساحة  
الجبل الأخضر في  
مقدمة الجبهة  
الباردة لمنخفض  
جوي غربي،  
شمال الفايدية،  
الثلاثاء  
27.12.2016،  
الساعة 15:29.



صورة (28):  
طرود غيوم  
ركامية عرضية  
فوق غالبية  
مساحة الجبل  
الأخضر، تسبق  
وصول الجبهة  
الباردة لمنخفض  
جوي غربي يمتد  
الجبل بنحو 60  
ملم مطر خلال 5  
أيام، غرب محطة  
بنزين الفايدية،  
الثلاثاء  
27.12.2016،  
الساعة 15:36.



صورة (29):  
أجواء صباحية  
ماطر من جراء  
عبور منخفض  
جوي من غرب  
الجبل الأخضر إلى  
شرقه، جنوب  
داخلي الجامعة،  
الخميس  
29.12.2016  
الساعة 08:46



صورة (30):  
أمطار الصباح  
الباكر تغرق مدخل  
مدينة البيضاء  
الغربي بمياه  
السيول الناشئة  
على الشوارع،  
سيدي رافع،  
الخميس  
29.12.2016  
الساعة 08:59



صورة (31):  
استمرار الأجواء  
الماطرة وتكوين  
البيـرك  
والمسطحات  
المائية الصغيرة  
في الأماكن  
المنخفضة، داخلي  
الجامعة، الخميس  
29.12.2016  
الساعة 16:02.



صورة (32):  
استمرار الأجواء  
الماطرة  
للمنخفض الجوي  
القادم من الغرب،  
جنوب داخلي  
الجامعة، الجمعة  
30.12.2016  
الساعة 13:09.



في ما يلي سرد مقتضب لتوثيق عشرات السيول التي حدثت بنتيجة أمطار المنخفض الجوي الذي عبر خلال 5 أيام أجواء الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق، والذي غذى بمياه أمطاره الجبل بكميات جيدة من المياه، هذه السيول تنصرف مياهها بحسب توجهات أحواض الأودية، وبحسب مجال زمن رحلة التوثيق فقد صنف جريان بعض السيول بحسب مكان المصب الخاص بكل منها على النحو الآتي:

- 1- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه شمالاً نحو البحر، صور (من 33 إلى 40):
- 2- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه شرق وشمال شرق نحو البحر، صور (من 41 إلى 48):

- 3- توثيق جريان سيول في أودية تتجه شرقاً ثم جنوب شرق وتنصرف مياهها في سهول جنوب الجبل الأخضر، صور (من 49 إلى 57):
- 4- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه جنوباً وتنصرف مياهها في سهول جنوب الجبل الأخضر، صور (من 58 إلى 65):

- 1- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه شمالاً نحو البحر، صور (من 33 إلى 40):  
غالبية السيول الموثقة بهذا العرض توجد في الوسيطة على المصطبة الأولى للجبل الأخضر، وهي تصرف مياه المناطق الحضرية لمدينتي البيضاء، صور (من 33 إلى 37)، وشحات، صورة (38)، الموجودتين على المصطبة الثانية، يضاف إليها رافد علوي لوادي الكوف يستمد مياهه من منطقة الجبارات الموجودة شرق الفايدية، صورة (39)، ورافد آخر علوي لوادي الكوف يستمد مياهه من منطقة غرب لالي، الموجودة شرق الجبارات، صورة (40).





صورة (34): سيل وادي رالس، الوسيطة،  
الجمعة 30.12.2016، الساعة 13:35.



صورة (33): سيل وادي البرد، الوسيطة،  
الجمعة 30.12.2016، الساعة 13:31.



صورة (36): سيل وادي زيدان، مياه مخلوطة  
بمياه الصرف الصحي، الوسيطة، الجمعة  
30.12.2016، الساعة 13:43.



صورة (35): سيل وادي قنيط، الوسيطة،  
الجمعة 30.12.2016، الساعة 13:39.



صورة (38): مياه سيل وادي قراقة مختلطة بمياه مجاري الصرف الصحي لمنطقة غرب شحات، جنوب غرب المنصورة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 14:07.



صورة (37): مياه سيل وادي الشيصو مخلوطة بمياه الصرف الصحي، درجة الحرارة 5°م، الوسيطة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 13:52.



صورة (40): سيل يملأ بركة لالي، الثلج يتساقط في وقت التوثيق، ودرجة الحرارة 3.5°م، شمال غرب لالي، رافد علوي لوادي الكوف، الجمعة 30.12.2016، الساعة 14:48.



صورة (39): سيل يعبر الأرض الزراعية من خلال حجارة السد الحجري الوقائي، الجبارات، أعالي وادي الكوف، الجمعة 30.12.2016، الساعة 14:36.

## 2- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه شرقاً وشمال شرق نحو البحر، صور (من 41 إلى 48):

في هذا التوثيق لأثر جريان سيول بعض الروافد العليا والوسطى لوادي المعلق الذي يجمع مياه سيول تلك الروافد في قطاعه الأسفل، المتجه نحو شرق الجبل الأخضر، ليصبها في خليج البمبة في البحر المتوسط، تلك السيول ناتجة عن أمطار المنخفض الجوي الغربي، السابق الذكر، الذي بدأ يرمي بحمولته من الرطوبة الجوية على هيئة أمطار غزيرة فوق يابس الجبل الأخضر منذ 28.12.2015، ففي أعالي القيقب تبدو السيول ضعيفة الغزارة، صورة (41) بسبب ضعف ميول الطبوغرافيا واتساع وادي المشل، وفي شرق خولان تبدو غزارة السيول، التي ترفد وادي أعالي وادي المعلق المتمثلة بوادي الدواي، أكثر غزارة نسبياً، صورة (42)، في القطاع الأوسط من وادي المعلق تتوضح غزارة الجريان أكثر في وادي النوار، صورة (43)، وكذلك في وادي المصطادة، صورة (44)، وكذلك في وادي الرحيبة، صورة (45)، حيث يصبح المشهد على هيئة فيضان في غوط الرحيبة، صورة (46)، و حفرة أبو علي الفرجاني التي يجتازها السيل، بعد ملئها بالمياه، من غربها إلى شرقها، صورة (47)، تتجلى غزارة الأمطار الساقطة محلياً في هوى بو حضرة الذي يتحول لمسطح مائي يزيد طوله، باتجاه شمال جنوب، عن 300 م، ويفوق عرضه 200 م، وبعمق وسطي يقارب 0.3م، بحيث تفيض، في جنوبه الشرقي المياه المتجمعة في المنخفض، على الطريق العام، صورة (48).



صورة (42): وادي يرفد وادي الدواي، شرق  
خولان، الجمعة 30.12.2016، الساعة  
15:44.



صورة (41): سيل وادي المثل يصب في حفرة  
اصطناعية، جنوب غرب القيقب، الجمعة  
30.12.2016، الساعة 15:02.



صورة (44): سيل وادي المصطادة، طريق  
النوار-المخيلي، كسارة عوض الجرو، الجمعة  
30.12.2016، الساعة 15:58.



صورة (43): سيل وادي النوار، درجة حرارة  
الأجواء 6°م، طريق النوار-المخيلي، الجمعة  
30.12.2016، الساعة 15:55.



صورة (46): سبل وادي الرحبية، طريق النوار-المخيلي، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:05.



صورة (45): سبل غوط الرحبية، طريق النوار-المخيلي، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:02.



صورة (48): مسطح مائي هوى بو حضرة، طريق النوار-المخيلي، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:11.



صورة (47): سبل حفرة أبو علي الفرجاني، درجة حرارة الأجواء 7°م، طريق النوار-المخيلي، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:08.

### 3- توثيق جريان سيول في أودية تتجه شرقاً ثم جنوب شرق وتنصرف مياهها في سهول جنوب الجبل الأخضر، صور (من 49 إلى 57):

السيول المتابعة والموثقة في الميدان في هذا التوثيق تخص الروافد الوسطى، الموجودة في محيط منطقة حولان، لحوض وادي الرملة؛ ففي غرب حولان نلاحظ جريان سيل وادي الفارغ، صورة (49)، وفي قرية حولان نلاحظ جريان سيل وادي المحجة الممثل للرفد العلوي الرئيسي لوادي الرملة، صورة (50)، حيث يتعاضم الجريان في عبارة حولان السفلية التي يأخذ عندها الوادي اسم وادي الرملة، صورة (51)، وفي شرق حولان يلاحظ جريان سيول عدة روافد لوادي الرملة مثل الشحيمي، صورة (52)، وشبوة، صورة (53)، وأودية أخرى تقع إلى الشرق من وادي شبوة، صورة (54)، هذه الروافد الموثق جريانها، وغيرها من الأودية التي لم يستطع الباحث توثيق سيولها، تصب في وادي الرملة الذي تتوحد فيه مياه السيول الرافدة له قبل خروجه من السفح الجنوبي للجبل في أعالي قرية المخيلي، صورة (55)، وعند دخول وادي الرملة في السهل يجتاز عبارة المخيلي لطريق المخيلي-الخروبة، حيث يبدو سيل وادي الرملة هنا في غزارة جيدة، صورة (56)، عند دخوله السهل متجهاً نحو مصبه المتمثل في بلطة الرملة في جنوب السهل.

إن أقوى غزارة لسيل وادي الرملة نتجت عن أمطار المنخفض الجوي الغربي وثقتها المكتب الإعلامي في المخيلي في أسفل عبارة المخيلي، صورة (57).



صورة (50): سيل وادي المحجة، لاحظ العذوة على الجانب الأيمن للوادي التي تدل على أن الجريان كان في يوم الخميس أكبر بعدة أضعاف منه في وقت التقاط الصورة، خولان، الجمعة الساعة 15:17، 30.12.2016



صورة (49): سيل وادي الفارغ، درجة حرارة الأجواء 5.5 م°، أجواء غائمة مطرة، غرب خولان، الجمعة 30.12.2016، الساعة 15:13



صورة (52): سيل وادي الشحيمي، رافد وادي الرملية، شرق خولان، الجمعة 30.12.2016، الساعة 15:30



صورة (51): سيل وادي الرملية، أجواء غائمة مطرة، جنوب شرق خولان، الجمعة الساعة 15:23، 30.12.2016



صورة (54): سيل وادي آخر، برفد وادي الرملية ويقع شرق وادي شبوة، أجواء غائمة مطرة، شرق خولان، الجمعة 30.12.2016، الساعة 15:40.



صورة (53): سيل وادي شبوة، رافد وادي الرملية، أجواء غائمة مطرة، شرق خولان، الجمعة 30.12.2016، الساعة 15:36.



صورة (56): سيل وادي الرملية، درجة حرارة الجو 10.5°م، عبارة المخيلي، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:43.



صورة (55): سيل وادي الرملية، الجو تملأه غيوم سمحاق، شمال المخيلي، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:33.





صورة (57): سيل وادي الرملة، أسفل عبارة المخيلي، موقع فيس بوك؛ المكتب الإعلامي  
المخيلي، الأربعاء 30.12.2016.

#### 4- توثيق حدوث جريان سيول في أودية تتجه جنوباً وتنصرف مياهها في سهول جنوب الجبل الأخضر، صور (من 58 إلى 65):

في هذا التوثيق لبعض ما تبقى من جريان السيول التي جرت في يوم الخميس الموافق  
29.12.2016، والتي نضبت مياه جريان البعض منها في يوم الجمعة مثل سيل وادي بلعطر  
وسيل وادي الخريف وسيل وادي تناملو، إن استدامة جريان السيول في البعض من تلك  
الأودية الجنوبية في يوم الجمعة راجع لكون هذه السيول تستمد مياهها من أمطار ظهر الجبل  
الأخضر المغطى شبه كلياً بالغيوم الماطرة على طول يوم الجمعة، كسيل وادي القوس، صورة

(58)، سيل وادي القرنة، صورة (59)، سيل وادي الثعبان، صورة (60)، وسيل وادي الحليمة، الصورتان (61 و62)، هذه السيول كلها تجري في منطقة السروال.

إذن إن استمرار غطاء الغيم المزي الماطر فوق قمم ظهر الجبل هو الذي كان يمد هذه السيول بالمياه المؤدية لجريانها في السروال والسهول الجنوبية للجبل الأخضر، كما يبدو في الصور (من 62 إلى 65)، والذي يؤكد ذلك أن الأجواء كانت ثلجية في قمة سيدي محمد الحمري عند حوالي الساعة 19:00 ودرجة حرارة الجو سجلت هناك 1.5°م.

إن درجات حرارة تلك الأجواء الماطرة من مدينة البيضاء الواقعة على المصطبة الثانية من الجبل الأخضر إلى قرية المخيلي الموجودة في أعالي السروال عند قدم السفح الجنوبي للجبل الأخضر، ذهاباً وإياباً بشكل دورة مغلقة، كانت حوالي 4°م في البيضاء عند الساعة 13:00، 5°م في الوسيطة على المصطبة الأولى، 3.5°م في لالي على المصطبة الثالثة، حيث كان الهطول ثلجياً، 5°م في حولان على السفح الجنوبي الشرقي للجبل، والجو كان ماطرًا، 6°م في النوار، 7°م عند حفرة أبي علي الفرجاني، 10.5°م في المخيلي، 11°م في السهل الجنوبي عند وادي القرنة، وكان الجو صحواً، 4.5°م في جردس الجرابي على الحافة الثالثة، وكان الجو ماطرًا، 1.5°م في منطقة سيدي الحمري حيث كان الهطول ثلجياً في بداية الليل، وفي داخلي جامعة عمر المختار، في البيضاء، كانت الحرارة حوالي 3.5°م على حوالي الساعة 19:30.

إن فارق حرارة الأجواء الدافئة نسبياً (11°م) بين أعالي السهول الجنوبية (200م) وقمة سيدي الحمري في أعلى الجبل الأخضر (881 م فوق سطح البحر)، ذات الأجواء

الباردة القريبة من الصفر ( $1.5^{\circ}\text{C}$ )، البالغ نحو  $9.5^{\circ}\text{C}$ ، كفيلاً بأن التوصيل الحراري بوساطة تيارات الحمل الحرارية يتم بفعل نشوء تيارات صاعدة على كامل عرض وارتفاع السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، من الجنوب نحو الشمال، في ظل تطور انخفاض الضغط الجوي المحلي لأجواء ظهر الجبل المنعمة بالرطوبة المتكاثفة، والتي تعمل على تخفيض ذلك الضغط بحسب تطورات ظروف الأجواء الرطبة الباردة وتكاثفاتها مع تقدم الوقت، لذلك يلاحظ الناظر بأن الأجواء الشمالية للسهل الجنوبي والسفوح الجنوبية للجبل تتطور فيها غيوم السمحاق، التي تزداد كثافةً كلما قربت من أجواء ظهر الجبل المتحكمة رطوبة إشباع أجوائه المتفوقة نسبياً في تخفيض ضغطها الجوي المحلي ليجذب الهواء والرطوبة الجوية نحوه من المناطق المجاورة، صور (من 58 إلى 65).



صورة (59): سيل وادي القرنة، درجة حرارة الجو  $11^{\circ}\text{C}$ ، صورة باتجاه الجنوب، طريق المخيلي-الخروبة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 17:14.



صورة (58): سيل وادي القوس، غيوم سمحاق في الأجواء، صورة باتجاه الجنوب، طريق المخيلي-الخروبة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 16:55.



صورة (61): سيل وادي الحليقيمة، صورة باتجاه الشمال، طريق تناملو-جردس الجراري، الجمعة 30.12.2016، الساعة 17:41.



صورة (60): سيل وادي الثعبان، صورة باتجاه الجنوب الغربي، طريق المخيلي-الخروبة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 17:23.



صورة (62): بركة مياه يكونها أحد الروافد لوادي الحليقيمة على يسار طريق تناملو-جردس الجراري، درجة حرارة الجو 7°م، لاحظ غطاء الغيم المزني فوق ظهر الجبل والجشة في الشمال، الجمعة 30.12.2016، الساعة 18:00.



صورة (64): تطور غيوم الركام النامية رأسياً من غطاء الغيوم المتصل، لمسافة طويلة جداً، فوق ظهر الجبل الأخضر كما يبدو في الأفق الشمالي البعيد من الصورة، طريق المخيلي- الخروبة، وادي القرنة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 17:17.



صورة (63): غطاء غيم متصل فوق ظهر الجبل الأخضر في الشمال، وتتطور منه الغيوم الركامية النامية رأسياً، في حين نرى غيوم سمحاق طبقي منفصلة عن بعضها فوق السهول الجنوبية، طريق المخيلي-الخروبة، وادي الخريف، الجمعة 30.12.2016، الساعة 17:08



صورة (65): محاولة الجمع بين الصورتين السابقتين لظهور مدى تطور غطاء الغيوم المزنية الممطرة فوق ظهر الجبل الأخضر في شمال السهول الجنوبية، طريق المخيلي-الخروبة، وادي القرنة، الجمعة 30.12.2016، الساعة 17:14.

توثيق تكوين برك مائية مؤقتة وقياس أمطار المنخفضات الجوية الغربية في سهل المرج-بطة، صور (من 66 إلى 75):

وظيفة هذا التوثيق يتمثل في توضيح أهمية ما تحلفه المنخفضات الجوية والحالات الجوية الماطرة من برك مائية أو بحيرات مائية مؤقتة ذات قيمة مائية وبيئية وحيوية كبيرة في

مناطق تشكيلها، فهذه البرك المائية المؤقتة تكون بيئات مائية مؤقتة تعيش فيها مجموعة من النباتات المائية والحيوانات المائية والبرمائية لحين نضوبها، ثم إن أماكن تواجدها تعد من الناحية البيئية والجغرافية والرغوية مهمة جداً لو طبقت فيها التقنيات وطرق استغلال المياه لجعلها من المسطحات المائية الدائمة فيما لو أديرت بحكمة وفق المعطيات الجغرافية والجيولوجية.

تكثر عادة هذه البرك المائية وأمثالها في المناطق السهلية ضعيفة الصرف المائي، وبذلك تشكل أحواض مائية محلية مجمعة للمياه في أعقاب الهطولات المطرية عالية الشدة أو الغزارة، والبعض من هذه البرك المائية قد ينتج من السيول والفيضانات الفجائية، كما مر ذكره سابقاً، وسهل بطة-المرج-فرزوعة-الأبيار يعد أنموذجاً يحوي الكثير من هذه البرك المائية المؤقتة، إن تكوين هذه البرك من جراء سقوط أمطار المنخفضات الجوية، يعد مؤشرات مهمة لكميات الأمطار التي تولدها تلك المنخفضات الجوية، وحالات الطقس الأخرى الماطرة بحال عدم توفر محطات قياس مطرية في أي منطقة جغرافية.

في هذا التوثيق استهدفت دراسة الباحث البعض منها في منطقة العقابيل من سهل بطة على المصطبة الأولى من الجبل الأخضر، صور (من 66 إلى 68، ومن 70 إلى 73)، لمعرفة كيفية تطورها من جراء مرور منخفضين جويين متتابعين فوق الجبل الأخضر خلال موسم 2016-2017، فالبرك المائية التي تكونت من جراء مرور المنخفض الأول من يوم 27.12.2016 إلى نهاية يوم 31.12.2016، صور (من 66 إلى 68) قيست كمية الأمطار الساقطة التي أنتجتها، بوسائل ميدانية بسيطة، فبلغت نحو 60 ملم/5 أيام ماطرة، صورة

(69)، وتظهر أهمية ذلك فيما لو اعتبرنا أن أمطار ذلك المنخفض، الموثقة آثاره الرطوبية والمائية فيما سبق، روت بالكمية نفسها بانتظام نحو 10000 كم<sup>2</sup> فقط من مساحة كتلة الجبل الأخضر البالغة نحو 23000 كم<sup>2</sup> (الباحث، فصل 11)، ذلك يعني أن تلك المساحة لوحدها تلقت نحو 600 مليون م<sup>3</sup> من مياه الأمطار خلال 5 أيام فقط، أي بما يعادل مورداً مائياً دائماً على طول السنة (كالنهر) تصريفه المنتظم نحو 19 م<sup>3</sup>/ثا.

إن الأمر أكثر بلاغة فيما لو علمنا أن منخفضاً جويماً ثانياً تبع المنخفض الجوي الأول وتطورت فيه البرك المائية خلال 5 أيام أخرى ماطرة، صور (من 70 إلى 73)، من خلال سقوط أمطار المنخفض الثاني اللاحق التي تراوحت بين 100 و 125 ملم مطر خلال خمسة أيام في بداية عام 2017، الصورتان (74 و 75)، ذلك يعني أن مساحة العشرة آلاف كم<sup>2</sup> من الجبل استقبلت نحو مليار م<sup>3</sup>، على الأقل، من مياه الأمطار في 5 أيام ماطرة عبر خلالها المنخفض الجوي الثاني المساحة المفترضة، وهذا يعدل مورداً مائياً سنوي دائماً يبلغ تصريفه نحو 31.7 م<sup>3</sup>/ثا، أي أن المنخفضين الجويين المتلاحقين أمطرا مساحة العشرة آلاف كم<sup>2</sup> المفترضة من الجبل الأخضر خلال عشرة أيام ماطرة بما يعادل تصريف نهر دائم الجريان على طول السنة بتصريف منتظم قدره 50 م<sup>3</sup>/ثا، وكيف لو علمنا أن أمطار المنخفضات الجوية الغربية في الغالب تروي غالبية مساحة كتلة الجبل الأخضر والمساحة المحيطة من حوضه، ثم كم من المنخفضات الجوية العابرة لفضاء الجبل الأخضر في الموسم الواحد.





صورة (67): بركة مياه من جراء سقوط أمطار المنخفض الجوي الغربي العابر لأجواء الجبل الأخضر ما بين الثلاثاء 27.12.2016 و السبت 31.12.2016، سهل المرج، بطة، العقائل، الأربعاء 04.01.2017، الساعة 15:04.



صورة (66): برك مياه متجمعة من جراء أمطار المنخفض الجوي، أمطار المنخفض مقاسة بوساطة 8 مقاييس مطر خاصة، موزعة على مساحة 35 هكتار في مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري بلغت نحو 60 ملم/5أيام ممطرة، صورة (69)، سهل المرج، بطة، العقائل، الأربعاء 04.01.2017، الساعة 15:02.



صورة (69): قياس ارتفاع أمطار المنخفض الجوي، 5 أيام ممطرة، حوالي 60 ملم تبعها يومين صحو، سهل المرج، بطة، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 04.01.2017، الساعة 15:07.



صورة (68): برك مياه متجمعة من أمطار المنخفض الجوي الغربي، سهل المرج، بطة، العقائل، الأربعاء 04.01.2017، الساعة 15:33.



صورة (71): لاحظ الفرق بين هذه الصورة والصورة (67) كيف ازدادت مساحة البركة المائية بفعل سقوط حوالي 100 ملم مطر إضافي في المنخفض الثاني، سهل المرج، بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 16:04.



صورة (70): بركة مياه من جراء هطول أمطار منخفض جوي ثان دام 5 أيام تبعه صحو لمدة 3 أيام، سهل المرج، بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 15:58.



صورة (73): برك مائية جديدة تتكون بفعل غزارة أمطار المنخفض الجوي الثاني، سهل المرج، بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 16:06.



صورة (72): اتساع مساحة برك المياه من جراء إضافة أمطار في المنخفض الجوي الثاني بمقدار حوالي 100 ملم، سهل المرج، بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 16:07.



صورة (74): قياس أمطار المنخفض الجوي الغربي الثاني لخمسة أيام ممطر، أكثر من 100 ملم/5 أيام، سهل المرج، بطة، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الجمعة 13.01.2017، الساعة 16:10.



صورة (75): لاحظ ارتفاع المياه في مقياس المطر، ارتفاع المطر الساقط من المنخفض الجوي الثاني، محسوب من تقسيم حجم المياه في المقياس على مساحة سطح فوهة المقياس، والبالغ نحو 125 ملم من جراء سقوط أمطار المنخفض الجوي في 5 أيام ممطرة، سهل المرج، بطة، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الجمعة 13.01.2017، الساعة 16:19.

توثيق ومتابعة تغير حالات رطوبة الأجواء والطقس لمنخفض جوي غربي ربيعي منبثق من الجبهة القطبية بعد هبوب رياح القبلي، صور (من 76 إلى 145):

في هذا التوثيق تتم متابعة تغير حالات الطقس وتطور أجواء الرطوبة الجوية وما نتج عنها من أمطار استقبلها يابس الجبل الأخضر، والتي ولدها منخفض جوي غربي، ذلك المنخفض قدم من الجبهة القطبية لشمال المحيط الأطلسي، بحسب نشرات الأرصاد الجوية، وذلك بعد هبوب رياح القبلي على الجبل الأخضر بتسع أيام، حيث تابعت رياح القبلي هبوبها نحو الشمال فوق البحر المتوسط في 25.02.2017، صور (من 18 إلى 32 من فصل 8)، لتعبر كامل الشمال الأوربي وليلقح هواؤها المداري الدافئ كتلة الهواء القطبي البارد في مكان تولد الجبهة القطبية، حيث بدأت مؤثرات الرطوبة للمنخفض الجوي الرطوبي الغربي تظهر واضحة في أجواء الجبل الأخضر في يوم الأحد الموافق 05.03.2017 والتي تطورت لأجواء رطبة ماطرة، من يوم الثلاثاء إلى يوم الأحد الموافق 12.03.2017، أغنت خلالها غرب الجبل الأخضر بنحو 60 ملم/6 أيام على المصطبة الأولى في سهل بطة-المرج، صورة (145)، وأغنت وسط الجبل بما يزيد عن 90 ملم/5 أيام على المصطبة الثانية في شمال مدينة البيضاء، صورة (141)، حيث قيست تلك الأمطار والجو كان ما يزال كريماً بالمطر في اليوم السادس، الأحد 12.03.2017، صورة (144).

صورة (76):  
غيوم ركامية  
صغيرة تتزايد  
أعدادها عند  
الغروب كدليل  
على قدوم  
منخفض جوي  
غربي، غرب  
داخلي الجامعة،  
الأحد  
05.03.2017  
الساعة 18:35

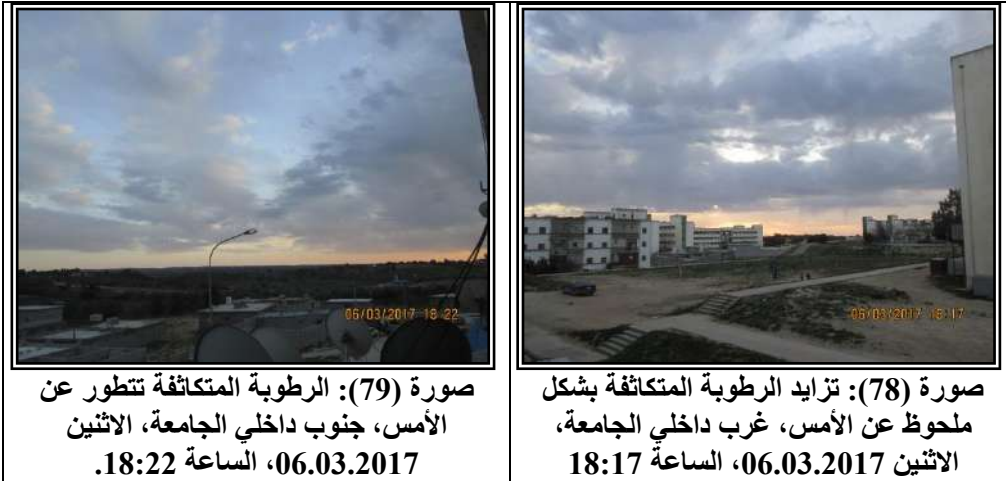


صورة (77):  
وصول بشانر  
الغيوم الركامية  
للمنخفض الجوي  
من الغرب، جنوب  
داخلي الجامعة،  
الأحد  
05.03.2017  
الساعة 18:38



لقد استهل هذا التوثيق بدايات ظهور رطوبة الأجواء في يوم الأحد الموافق 05.03.2017 على هيئة غيوم ركامية طبقية متفرقة، صغيرة الحجم وبأعداد كبيرة نسبياً، تتقدم في سماء مدينة البيضاء ببطء من الغرب نحو الشرق خلال ساعات الغروب، الصورتان (76 و 77).

تبع ذلك في مساء اليوم التالي، أي الاثنين، تطور في تكاثف الرطوبة الجوية التي تنامت بشكل ملحوظ عن اليوم السابق، الصورتان (78 و 79)، في يوم الثلاثاء يصبح غطاء الغيم متطور جداً، بحيث يغطي سماء أجواء المصطبتين الثانية والثالثة، من الجبل، بالكامل بغيوم مزنية ممطرة، صورة (80).





صورة (80): تغطية كاملة للسماء بالغيوم مع هطول مطر خفيف، وهواء دافئ يحتل فضاء السطح الجنوبي للجبل، جنوب داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 08:53.

في التوثيق التالي، على طول نهار يوم الثلاثاء الموافق 07.03.2017، تبدي الصور (من 81 إلى 97) مع الشرح الوافي في هوامشها، زخم الرطوبة الجوية التي يحملها المنخفض الجوي الغربي، وكيف تعمل الحافتان الجبليتان الشماليتان، للجبل الأخضر على اعتراض الرطوبة الجوية القادمة، مع المنخفض الجوي الرطوبي، من جهة البحر، ومن ثم تجميعها في أجوائها ورفعها نحو الأعلى لتزود رطوبة الغطاء العلوي من الغيوم بالرطوبة السفلية التي تظهر، بكثافتها على هيئة طرد طولي ضخم يحيم على الحافة الثانية ويوازيها، وكأنها جبهة رطوبة

سفلية تعلو الحافة الثانية، إن البياض الناصع لتلك الغيوم فوق الحافة دليل على صعود الرطوبة الجوية السفلية على جسم الحافة وحادثة تكاثفها، صور (من 81 إلى 83 ومن 85 إلى 90، 94)، هذه الرطوبة المتكاثفة عند اجتيازها لأجواء الحافة الثانية ودخولها لأجواء المصطبة الثانية، تضيف طباقاً جديداً سفلياً من الغيوم، بحيث يظهر غطاء الغيم، فوق الجبل، متطبقاتاً أو متلبداً فوق بعضه البعض في أكثر من طباق من الغيوم المزنية المخصبة والناضحة المولدة للهطول، إن الأجواء في هذه الحالة تتميز بالهدوء النسبي لكون الرطوبة هذه قادمة مع الجبهة الدافئة في مقدمة المنخفض الجوي، لذلك فالتيارات الهوائية الأفقية الدافعة للهواء الرطب من الغرب، أي من فوق البحر، ليست عنيفة، بما يسمح للرطوبة السفلية بالصعود والتكاثف بتمهل على أجسام الحافات الجبلية لتتروود بها رطوبة وتكاثفات الأجواء العلوية، وفي هذا خير دليل على أن الأمطار الساقطة من أعلى الغيوم ناتجة عن التزويد المستمر للرطوبة المتكاثفة العلوية بكميات من الرطوبة السفلية التي تسعى دوماً لإشباع الهواء العلوي بالرطوبة وإدكاؤه بها حتى يتم الهطول، وفي حال لو لم يتم تزويد الهواء الرطب المشبع العلوي بالرطوبة من الأسفل لتشتت رطوبته ولتلاشت تكاثفاته في الهواء العلوي، كما يحدث في كثير من الحالات التي تنشط فيها التيارات الهوائية الأفقية التي تحمل الرطوبة السفلية بعيداً، مانعة وصولها لآفاق العلوية التي تحمل التكاثفات الممطرة من الغيوم، التي بدورها تنشتت لعدم تجديدها رطوبتها، بما لا يسمح باستمرار سقوط الأمطار منها.

إن تتابع طرود الغيم السفلية المجتازة للحافة والداخلية بهدوء نسبي في أجواء المصطبة الثانية من الجبل تساهم إذن في زيادة رطوبة أجواء المصطبة بما يؤدي لظهور غيوم مزنية ممطرة



أحياناً، صور (من 81 إلى 84 ومن 90 إلى 95)، وذلك ناتج إما بتزويد طرود الغيوم الداخلة لأجواء المصطبة من الرطوبة الجوية المتواجدة في هوائها، وإما أن زيادة الرفع لطرود الغيم القادمة لفوق المصطبة يحرض على التكاثر بفعل زيادة برودة أجواء المصطبة، بما يسمح بزيادة تكاثف رطوبة الطرود القادمة لتصبح مزنية المظهر والنسيج.



صورة (81): وجود ثلاثة طوابق من الغيوم نتيجة تقدم الرطوبة من البحر في الشمال، ونتيجة فعل الحافة الجبلية الثانية في اعتراض ورفع الرطوبة الجوية السفلية وتراكمها على هيئة جبهة رطوبة تملأ أجوائها بالغيوم البيضاء، التي تثبت أن إشباع الأجواء العليا بالرطوبة لا يتم إلا بتجديد تزويدها بالرطوبة من الأسفل، شمال مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:16.



صورة (82): تابع الصورة (81) السابقة؛ فعل الحافة الثانية للجبل في اعتراض وتجميع الرطوبة وتراكمها فوقها، شمال غرب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:16.



صورة (83): تابع الصورتان (81 و 82)؛ امتداد أثر الحافة الثانية في رفع الرطوبة الجوية المتكاثفة من الجهة الغربية ل فوق المصطبة الثانية في غرب مدينة البيضاء لانخفاضها النسبي طبوغرافياً من جهة البلنج ومسة، غرب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:16.



صورة (84): الغيوم التي تجاوزت الحافة الثانية تنبسط فوق المصطبة الثانية كطابق سفلي من الرطوبة المتمثلة بغيوم طبقية مزنية، شمال شرق مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:22.



صورة (85): البداية الشرقية لطرد الغيوم التي ساهمت بتجميعه وتكوينه الحافة الثانية من الجبل الأخضر، شمال مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:23.



صورة (86): تابع الصورة (85)؛ امتداد طرد الغيوم بموازاة الحافة الثانية نحو الغرب، تأكيد على تزويد التكتاتفات العلوية بالرطوبة من الأسفل حتى تنضج الغيوم العلوية ويتم الهطول، شمال شمال غرب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:23.



صورة (87): تجاوز رطوبة الطرف الشرقي لطرد الغيوم، الذي كان أبيض اللون في الصورة (85)، الحافة الثانية لتسير منبسطة فوق المصطبة الثانية على هيئة غيوم طبقية وسمحاق طبقي، شمال مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:28.



صورة (88): سير الرطوبة السفلية من طرد الغيوم الذي كونته الحافة الثانية فوق المصطبة الثانية من الجبل، شمال شمال غرب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:28.





صورة (89): تابع للصورة (88) السابقة، عمل الحافة الجبلية الشمالية الثانية في رفع الرطوبة الجوية للأعلى حتى يشبع الهواء بها وتظهر تكاثفاتها في أجواء الحافة على هيئة طرود غيوم طولية ضخمة موازية لها، شمال غرب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:28.



صورة (90): تابع امتداد للظاهرة في الصور (89) السابقة، وتقدم الغيوم المزنية من الشمال الغربي والغرب نحو أجواء مدينة البيضاء، غرب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:28.



صورة (91): حالة الطقس والأجواء للجبهة الدافئة من المنخفض الجوي الرطوبي الغربي فوق مدينة البيضاء، جنوب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:29.



صورة (92): تقدم الرطوبة فوق المصطبة الثانية من الشمال نحو الجنوب بعد تجاوزها للحافة الثانية على هيئة مزن طبقي منخفض يوازي الحافة، شرق مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:29.



صورة (93): تحويل طرد الغيوم من ركامي أبيض إلى مزن طبقي مخصب وممطر عند تجاوزه للحافة الثانية وسيره فوق المصطبة الثانية، شمال مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 09:30.



صورة (94): ظهور طرد جديد من الرطوبة البحرية الواصلة والمتكاثفة، أو جبهة محلية، على هيئة غيوم ركامية بيضاء بفعل الحافة الثانية الشمالية للجبل الأخضر، شمال مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 10:28.



صورة (95): كثافة غطاء الغيم فوق مدينة البيضاء يكاد يحجب أشعة الشمس كلياً من الوصول للأرض، جنوب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 11:15.



صورة (96): طابقيين من الغيوم على الأقل فوق الجبل الأخضر، جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 12:02.

في الصورة (97) يظهر توثيق كيفية تأثير التضاريس الموجبة في غيوم الجبهة الدافئة للمنخفض الجوي؛ إذ تؤدي حركة الهواء المتقدم من الغرب نحو الشرق على السفح الغربي لتل فرشيطة بضغطة، ومن ثم رفع حرارته، مما يقلل من قدرته على التشبع، لذلك تظهر فوقه ثغرة في الغيوم القادمة من أجواء مسه، كما في الصور (108 و 109 و 146).





صورة (97): غيوم طبقية وركامية طبقية فوق المصطبة الثانية مباشرة لاحقاً بأمطار غزيرة، غيوم طبقية فوق وادي البلنج في الغرب تتحول لغيوم ركامية في الشرق بفعل صعود الهواء على منحدر فرشبيطة الفاصل ما بين وادي البلنج ووادي الحاسي، غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 16:47.

في ما يلي يظهر توثيق كيفية عمل التيارات الهوائية الأفقية في تشتيت الرطوبة المتكاثفة، تلك التيارات تدفع بالرطوبة المتكاثفة بعيداً عن مكان تولدها، بما يمنع من تراكمها الراسي في الأجواء وتضييع فرصة تولد الهطول من تلك التكاثرات لعدم السماح لها في النضج في مكان نشوئها الأولي، أي أن تكاثرات الأجواء تفشل في مثل هذه الحالات الجوية في تكوين الأمطار.

والتوثيق التالي يتناول حالة تكوين جبهة رطوبة محلية في أجواء السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، صور (من 98 إلى 101)، في ظل سيادة المنخفض الجوي الغربي الرطوبي المتناول في هذا التوثيق، إن تفوق عمل التيارات الهوائية الأفقية باتجاه الشمال والشمالي الشرقي، على عمل التيارات الهوائية الصاعدة، يؤدي لدفع جبهة الرطوبة المحلية باتجاه الشمال والشمالي الشرقي، بحيث يرى المراقب المستعب للحالة الجوية، خلال 92 دقيقة، كيف تتزحزح جبهة الرطوبة المحلية ببطء نحو الشمال الغربي للجبهة، صور (من 98 إلى 102)، (107)، ورغم تزويد الأجواء بطرود غيوم ركامية عرضية تتقدم نحو الجبهة من جهة الغرب، صور (من 103 إلى 106)، فجبهة الرطوبة المتكونة تتلاشى وتفشل في إنتاج المطر نتيجة تزحزحها من مكانها لجهة الشمال الشرقي، صورة (107).



صورة (98): ظهور جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر تتزحزح جهة الشمال الشرقي، لاحظ كيف يتزحزح الطرف الجنوبي للجبهة بالنسبة لعمود الكهرباء القريب من الكاميرا في الصور (من 99 إلى 107) التالية، حيث تنتفخ الغيوم الركامية البيضاء بفعل انتشار حرارة التكاثف بداخلها، جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 16:54.



صورة (99): تابع الصورة (98) السابقة؛ امتداد جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي الشرقي للجبل نحو الشمال، لاحظ الغيوم الركامية المنتفخة كيف يتحكم ضغطها المحلي المنخفض بجذب السمحاق نحوها من الغرب والذي يتحول لركام طبقي مزني كلما اقترب من قباب الغيوم الركامية المنتفخة، شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 16:54.



صورة (100): قارن موقع الطرف الجنوبي لجبهة الرطوبة المحلية فوق السطح الجنوبي الشرقي للجبل مع عمود الكهرباء، في الصورة (98)، الذي يدل على مدى انزياح الجبهة المحلية نحو الشمال خلال فترة 8 دقائق، جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 17:02.



صورة (101): التتمة الشمالية لجبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السطح الشمالي الشرقي للجبل الأخضر، لاحظ كيف يجذب منخفض الضغط المحلي للجبهة الرطوبة المتمثلة بغيوم السمحاق إليه من الغرب في الأعلى والسمحاق الطبقي والمزن الطبقي إليه في الأسفل، شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 17:02.



صورة (102): زيادة مدى انزياح الجبهة شمالاً بعد مضي 29 دقيقة من لحظة توثيق الصورة (98) لاحظ كيف تنسج الرطوبة على هيئة غيوم سمحاق تتوجه من الغرب ومن الجنوب الغربي نحو الضغط المنخفض المحلي لجبهة الرطوبة المحلية، شرق جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 17:23.



صورة (103): تقدم طرد رطوبة من ركام مزني منخفض من جهة الغرب نحو جبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر، شرق داخلي جامعة عمر المختار، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 17:27.



صورة (105): الجزء الأوسط من طرد الغيوم  
الركامية المزنية المنخفض، شرق داخلي  
الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة  
17:36



صورة (104): الطرف الجنوبي لطرد الغيوم  
الركامية المزنية المنخفضة المتقدم من جهة  
الغرب نحو جبهة الرطوبة المحلية المتكونة  
فوق السفح الجنوبي الشرقي للجبل، جنوب  
داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017،  
الساعة 17:36



صورة (107): فشل جبهة الرطوبة المحلية  
فوق السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر  
وعدم نضجها في تغذية الجبل بالأمطار نتيجة  
تزحزحها نحو البحر في جهة الشمال الشرقي  
قبل تجميع الرطوبة الكافية في المكان نفسه،  
جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء  
07.03.2017، الساعة 18:28



صورة (106): الطرف الشمالي من طرد غيم  
الركام المزني المنخفض المتقدم من الغرب نحو  
جبهة الرطوبة المحلية المتكونة فوق السفح  
الجنوبي الشرقي للجبل، شمال شرق داخلي  
الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة  
17:36

في التوثيق التالي، الصورتان (108 و109) في مساء يوم 08.03.2017 وفي صباح يوم 09.03.2017 يظهر تأثير تل فرشيطة، الممتد باتجاه شمال-جنوب، والفاصل بين وادي البنج الواقع غرب التل ووادي الحاسي الواقع شرق التل، على الرطوبة الجوية المتكاثفة، للمنخفض الجوي، القادمة من جهة مسة نحو مدينة البيضاء، أي من الغرب نحو الشرق، بوجود ثغرة فوق التل أي باتجاه شمال-جنوب، يحتلها الهواء الدافئ الذي يفصل الغيوم الغربية عن الغيوم الشرقية للثغرة، هذه الثغرة التي تظهر فيها السماء زرقاء صافية، في وسط شبه متواصل من الغيوم، ناتجة عن انضغاط الهواء المتسلق على السفح الغربي للتل، بما يؤدي لتسخينه التدريجي لحين وصوله لقمة التل ونتيجة التسخين يصعد الهواء الدافئ رأسياً للأعلى فيصبح غير مشبع بالرطوبة، لذلك تظهر ثغرة فراغ طولية تفصل التكاثرات الغربية من الغيوم عن التكاثرات الشرقية منها. بعد تجاوز الهواء قمة التل لجهة الشرق يصبح فوق وادي الحاسي، حيث يصبح الفضاء فوق الوادي أوسع فيتمدد الهواء هنا، وبالتالي يبرد نسبياً، بما يؤدي لتشبعه بالرطوبة، التي تتكاثف من جديد وتظهر غيومها في شرق الثغرة التي تعلو التل على طول امتداده.



صورة (108): استمرار تجديد رطوبة الأجواء من جهة الغرب والتحضير لليلة ماطرة يتلوها الأربعاء والخميس والجمعة بزخم مطري جيد، لاحظ ثغرة الهواء الدافئ التي تفصل الغيوم الغربية عن الغيوم الشرقية فوق تل فرشيطة، غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 07.03.2017، الساعة 18:26.





صورة (109): أجواء ماطرة بشكل خفيف، لاحظ استمرار وجود ثغرة الهواء الدافئ التي تفصل الغيوم الغربية عن الغيوم الشرقية فوق تل فرشيطة، غرب داخلي الجامعة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 07:55.

في الصورة (110) التالية، يظهر كيف تتجدد رطوبة أجواء المصطبة الثانية، من الجبل الأخضر، الماطرة بالرطوبة الجوية السفلية المتكاثمة القادمة من جهة البحر، الموجود في الشمال.



صورة (110): أجواء ماطرة على المصطبة الثانية، مع تجديد الرطوبة الجوية، من الأسفل، بغيوم ركامية تجاوزت أجواء الحافة الشمالية الثانية من جهة الشمال البحرية، شرق داخلي الجامعة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 10:31.

في التوثيق الآتي يظهر أثر الحافة الأولى، الشمالية المطلة على الساحل والبحر، على الرطوبة الجوية للمنخفض الجوي الغربي، المتمثل باعتراض الرطوبة والتكاثفات ورفعها لتحويلها لما يشبه جبهة رطوبة جوية تملأ أجواء الحافة، على طولها، لتدخل تلك التكاثفات أجواء المصطبة الأولى في سهل بطة-المرج على هيئة طرود طولية ضخمة جداً من غيوم مزنية تغطي أجواء المصطبة وتمطرها بما تيسر من المطول بحسب تطور ظروف التكاثفات المزنية

وحالات الطقس، صور (من 111 إلى 117)، بعد تجاوز طرود الغيوم المزنية والتكاثفات المتنوعة المتبقية، بعد الهطول، في أجواء المصطبة الأولى، تعترضها الحافة الجبلية الثانية فتحدث فيها تطورات بنتيجة الاعتراض والتجميع والرفع وزيادة التكاثف، بما يضيف أجواء رطوبة وتكاثفات خاصة عند الحدود ما بين أجواء جنوب المصطبة الأولى وبداية الحافة الثانية، غاية في الجمال وغناً بتطورات آليات تكاثف محلية تولد هطولاً غزيراً على المصطبة الأولى بحسب المتابعة والمشاهدات الميدانية للباحث، صور (من 118 إلى 124).



صورة (111): جزء من الطرف الشرقي لجبهة رطوبة محلية يبين أثر الحافة الأولى للجبل الأخضر في اعتراض رطوبة المنخفض الجوي الغربي القادمة من البحر الواقع في الشمال وتراكمها ليتم تخصيبها ونضجها قبل دخولها لأجواء سهل المرج - بطة، شمال يمين طريق أسطاطة- بطة، سهل المرج-بطة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 12:18.



صورة (112): تتمة جبهة الرطوبة المحلية التي تكونها الحافة الجبلية الأولى للجبل المبين جزء من طرفها الشرقي في الصورة (111)، شمال يمين طريق أسطاطه- بطة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 12:18.



صورة (114): تابع الصور (113) السابقة، شمال غرب يسار طريق أسطاطه-بطة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 12:18.



صورة (113): تتمة جبهة الرطوبة المحلية، في صورتين (111 و 112) التي تكونها الحافة الأولى للجبل الأخضر، شمال طريق أسطاطه-بطة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 12:18.



صورة (116): طرد سفلي من الغيوم المزنية الممطرة بعد تجاوزه الحافة الأولى من الجبل الأخضر ودخوله لأجواء سهل بطة-المرج، العقائل، شمال غرب مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 12:58.



صورة (115): الطرف الغربي لجبهة الرطوبة المحلية التي تساهم بتكوينها الحافة الأولى الشمالية للجبل الأخضر، لاحظ وجود عدة طوابق من الرطوبة الجوية بفعل الحافة الجبلية، شمال غرب يسار طريق أسطاطه-بطة، سهل المرج، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 12:19.



صورة (117): أمطار طرد الغيوم الظاهر في الصورة (116) السابقة تلطخ زجاج السيارة، سهل بطة، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 13:03.



صورة (118): أثر الحافة الثانية في اعتراض رطوبة وتكاثفات أجواء المصطبة الأولى؛ تطور ضغط جوي محلي منخفض في منطقة انتفاخ طرد الغيوم الركامية، بنتيجة انتشار حرارة التكاثف في الغيمة، والذي يحاول التحكم في توجيه الهواء والرطوبة في الأجواء المحيطة القريبة نحوه، المصطبة الأولى ، سهل بطة، شرق مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:03.



صورة (119): لاحظ كيف تتوجه الغيوم الركامية من الاتجاهات الشمالية والشمالية الغربية نحو انتفاخ طرد الغيوم الركامية الذي يتمتع بالضغط الجوي المحلي المنخفض المتحكم في الأجواء المحلية المحيطة بالمكان، سهل بطة، شرق مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:06.





صورة (120): تقدم رأس طرد متطاوّل من الغيوم نحو مركز انتفاخ الغيوم الركامية، على هيئة مخروط، والنتاج عن انتشار حرارة التكاثف، مظهر الطرد متقطع نتيجة اختلاف قوى جذبته من الضغط المحلي المنخفض، سهل بطة، شرق مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:07.

من المفيد لفت انتباه القارئ لمتابعة تطورات تجميع وتكاثف الرطوبة الجوية في أجواء الحدود الجنوبية للمصطبة الأولى والبداية الشمالية للحافة الثانية لسهل بطة-المرج خلال 19 دقيقة، في حال سيادة منخفض جوي غربي بطئ التقدم من الغرب نحو الشرق فوق الجبل الأخضر، من الصورة (118) إلى الصورة (124).



صورة (121): توحيد وارتصاص طرد الغيوم المتقدم وتطور منخفض جوي محلي آخر في نصفه العربي والكل يسعى لخلق ضغط محلي واحد، سهل بطه، شرق مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:10.



صورة (122): بعد التحام طرد الغيوم بمركز الضغط المحلي المنخفض للطرد السابق أخذ الطرد ينكمش على نفسه وأصبحت تظهر فيه الانتفاخات الناتجة عن انتشار حرارة التكاثف والمسببة بانخفاض الضغط المحلي الذي يستدعي الرطوبة الإضافية من المحيط الأبعد، سهل بطه، شرق مزرعة راف الله أبو مريم، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:12.



صورة (123): تقدم رطوبة מזنية من جهة الغرب نحو مركز الضغط المحلي المراقب وانسحابنا من المكان نحو السيارة في الغرب بسبب تغير الطقس الفجائي الذي أخذ ينذر بأمطار غزيرة ستحدث في المكان، سهل بطة، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:12.



صورة (124): تغير حالة طقس المكان الذي كان يتطور بهدوء لحالة طقس ماطر عنيف بحيث تملأ غيوم المزن سماء المكان وتمطر الأرض بشدة عالية، وها هو قوس القزح يفسر ما حدث خلال 8 دقائق فقط، سهل بطة، شرق مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:22.

فيما يأتي توثيق تطور حالات تكاثف الرطوبة في أجواء المصطبة الثانية المطلة على سهل بطة- المرج، الصورتان (125 و 126).



صورة (125): أثر الحافة الثانية للجبل الأخضر في اعتراض وتراكم الرطوبة الجوية وتكاثفاتها فوق المصطبة الثانية في جنوب سهل المرج بعد تجاوزها للمصطبة الأولى المتمثلة بسهل المرج، جنوب طريق بطة-أسطاطه، سيدي سعيد، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:49.



صورة (126): تابع الصورة (125) السابقة، اعتراض الحافة الثانية لرطوبة المنخفض الجوي القادمة من الغرب والشمال الغربي والعمل على رفعها وتجميعها وتراكمها فوق بداية المصطبة الثانية في جنوب سهل المرج، جنوب شرق طريق بطة-أسطاطة، الأربعاء 08.03.2017، الساعة 16:49.

يخصص التوثيق التالي لمتابعة مراقبة تطور حالات الطقس ورطوبة وتكاثفات الأجواء الماطرة فوق المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، صور (من 127 إلى 146)، في محيط مدينة البيضاء وكميات الأمطار (مطر وبرد) التي ولدها المنخفض الجوي الرطوبي الغربي المفعم أو المثقل بالرطوبة والتكاثفات، التي لا تسمح في كثير من الحالات بوصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض، صورة (130)، تلك الأمطار تراوحت كمياتها من 60 ملم/6 أيام ماطرة على

المصطبة الأولى في سهل بطة-المرج، صورة (145)، إلى أكثر من 90 ملم في أم الصنصاف على قمة الحافة الثانية والبداية الشمالية للمصطبة الثانية في شمال مدينة البيضاء، صورة (141)، وذلك ما بين 09.03.2017 و13.03.2017، حيث تعمل الحافتان الجبليتان الشماليتان المطلتان على الجهة البحرية والسفوح الغربية للجبل باعتراض رطوبة وتكاثفات المنخفض الجوي وتجميعها وتراكمها في أجوائها، صور (من 139 إلى 143)، لتدخل أجواء المصاطب مزنية ناضجة ماطرة، صور (من 127 إلى 129، من 130 إلى 135، 138، من 142 إلى 144)، تغذي يابس الجبل الأخضر بزخات متتابة من الأمطار والبرد أعطت بتراكمها كميات لا يستهان بها من الأمطار خلال نحو أسبوع واحد فقط، إنه في كل مرة يحدث فيها هطول غزير يعقبها تبخر يثير الضباب غالباً، صورة (134)، وفيما بعد تنقشع محلياً الغيوم الماطرة ليفصل بين ما تبقى منها فرجات يحتلها الهواء الدافئ الصاعد الذي تحيط به الغيوم الركامية التي تنمو رأسياً، بحيث يبدو مظهرها في الأجواء كالجبال، الصورتان (136 و137).



صورة (127): أجواء مطرة في البيضاء وأغلب مناطق حوض الجبل الأخضر من جراء المنخفض الجوي الغربي، غرب داخلي الجامعة، الخميس 09.03.2017، الساعة 10:25.



صورة (128): أكثر من طابق من الغيوم المزنية الممطرة في أجواء البيضاء وكامل حوض الجبل الأخضر، جنوب شرق داخلي الجامعة، الخميس 09.03.2017، الساعة 15:36.





صورة (129): جو مطر بغزارة في مدينة البيضاء، غرب داخلي الجامعة، الجمعة  
10.03.2017، الساعة 11:30.



صورة (131): استمرار الأجواء الماطرة في مدينة البيضاء، غرب داخلي الجامعة، الجمعة 10.03.2017، الساعة 17:57.



صورة (130): أشعة شمس الظهيرة لا تصل إلى الأرض إلا بصعوبة بسبب كثافة الرطوبة الجوية في سماء مدينة البيضاء الماطرة، أجواء داخلي الجامعة، الجمعة 10.03.2017، الساعة 12:44



صورة (133): أجواء أدفأ نسبياً فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، حيث تظهر الغيوم البيضاء، في حين تغطي الغيوم المزنية المفعمة بالرطوبة كل الأجواء الشمالية للجبل، جنوب داخلي الجامعة، السبت 11.03.2017، الساعة 07:42.



صورة (132): أجواء صباحية ماطرة في مدينة البيضاء، لاحظ كمية المياه المتجمعة في الساحة التي توجد فيها السيارة الحمراء، غرب داخلي الجامعة، السبت 11.03.2017، الساعة 07:39.



صورة (134): انتشار الضباب نتيجة التبخر الناتج عن هطول المطر والبرد في أجواء البيضاء، لاحظ تكون برك المياه في المناطق المنخفضة والمنبسطة، غرب داخلي الجامعة، السبت 11.03.2017، الساعة 09:58.



صورة (135): اغلب عقد الطرق سالكة بصعوبة في مدينة البيضاء بسبب السيول الناشئة على الشوارع وبرك المياه المتكونة في المناسيب الطبوغرافية المنخفضة، مدخل مدينة البيضاء الغربي، عقدة سيدي رويغف الأنصاري، السبت 11.03.2017، الساعة 10:07.



صورة (136): تطور وتنامي الغيوم الركامية البيضاء الضخمة المحملة بالرطوبة الجوية رأسياً باتجاه الأعلى لتتخلص من الحرارة الكامنة عن طريق آلية التكاثف، مخرج البيضاء الغربي، جنوب غرب العمارات العشرة، السبت 11.03.2017، الساعة 14:34.



صورة (137): سيادة الغيوم الركامية الضخمة المحملة بالرطوبة الجوية في الأجواء، جنوب داخلي الجامعة، السبت 11.03.2017، الساعة 14:41.



صورة (138): تخصيب ونضج الغيوم الركامية لغيوم مزنية مطرة في أجواء مدينة البيضاء، جنوب شرق داخلي جامعة عمر المختار، السبت 11.03.2017، الساعة 14:48.



صورة (139): منسوب قواعد الغيوم القادمة من فوق البحر أقل ارتفاعاً من قمة الحافة الثانية الشمالية للجبل الأخضر، شمال الحافة الثانية، أم الصفصاف، أرض يونس الحمري، الأحد 12.03.2017، الساعة 14:08.





صورة (140): لاحظ فرق ارتفاع قواعد الغيوم ما بين أجواء المصطبة الأولى فوق الوسيطة وأجواء الحافة الثانية الشمالية التي تجبر الهواء ورطوبته على التسلق التدريجي القسري كلما اقتربا من الحافة الجبلية، الحافة الثانية، صورة باتجاه شمال شرق، أم الصفصاف، أرض يونس الحمري، الأحد 12.03.2017، الساعة 14:08.



صورة (141): قياس أمطار المنخفض الجوي البالغة 90.56 ملم/5أيام، ولازالت الأمطار تتساقط  
بغزارة بين فينة وأخرى، قمة الحافة الثانية، أم الصفصاف، أرض يونس الحمري، الأحد  
12.03.2017، الساعة 14:11.



صورة (142): أثر الحافة الثانية في زيادة تكاثف الرطوبة الجوية، التي يحملها المخفض الجوي الغربي، وتحويلها لغيوم مزنية ماطرة فوق المصطبة الثانية، الحافة الثانية، لقطة باتجاه شمال غرب، أم الصفصاف، أرض يونس الحمري، الأحد 12.03.2017، الساعة 14:18.



صورة (143): أجواء وطقس رطب ماطر في مدينة البيضاء على المصطبة الثانية من جراء عمل الحافة الثانية على تجميع الرطوبة الجوية، القادمة من الغرب ومن الشمال البحري، وتراكمها وتخصيب الغيوم المزنية المنتجة للمطر في أجوائها، جنوب قمة الحافة الثانية الشمالية، أم الصفصاف، الأحد، 12.03.2017، الساعة 14:25.



صورة (144): أمطار غزيرة مع برد تفرغها الغيوم المزنية فوق مدينة البيضاء، هذه الأمطار لم تقدر في مقياس المطر الذي حسبت أمطاره على الساعة 14:11، في الصورة (141)، الشارع الغربي المحاذي لمستشفى الثورة، الأحد 12.03.2017، الساعة 14:53.



صورة (145): أمطار المنخفض الجوي الغربي بلغت في سهل بطة -المرج 60.37 ملم/6 أيام  
مطرة، بطة، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الجمعة 17.03.2017، الساعة  
11:35.

توثيق آثار شكل الطبوغرافيا الأرضية على أشكال الرطوبة الجوية، صورة (146):



صورة (146): تأكيد على دور الطبوغرافيا الموجبة في ضغط الهواء ليصبح أدفأ فيستوعب قدراً أكبر من الرطوبة حتى يشبع منها ويكتفها، لذلك يفصل الهواء الدافئ طبقة الغيوم القادمة من الغرب من فوق مسة إلى جزأين غربي وشرقي بالنسبة لخط تقسيم المياه، المار بفرشيطة والذي بنيت عليه الجامعة السنوسية حديثاً، الفاصل بين وادي البلنج في الغرب والوادي المار بجامعة عمر المختار ومزرعة أبو خير الله في الشرق والمسمى عند الحافة الثانية وادي الحاسي، مع أن الفرق بالارتفاع الطبوغرافي ما بين قيعان الأودية المذكورة وخط تقسيم المياه لا يتجاوز 40م، وهذه الظاهرة مكررة في أوقات مختلفة، ومثبتة في الصور (97 و 108 و 109)، غرب داخلي الجامعة، الاثنين 13.03.2017، الساعة 18:54.

## 7- الفصل السابع

أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية شمالية غربية

د. محمد غازي الحنفي



7- الفصل السابع

أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية شمالية غربية

د. محمد غازي الحنفي

- \*- توثيق تقدم جبهة الرطوبة الجوية لمنخفض جوي شمالي غربي من الأجواء الشمالية نحو الأجواء الجنوبية للجبل الأخضر، صور (من 1 إلى 4).
- \*- توثيق تقدم طرود الغيوم الطولية الموازية للحافات الجبلية الشمالية من الأجواء الشمالية نحو الأجواء الجنوبية للجبل الأخضر، صور (من 5 إلى 8).
- \*- توثيق الصعود القسري للهواء الرطب على منحدر الجبل والحافات الجبلية ورفع الرطوبة المتكاثفة فوق مياه الساحل عند تقدمها نحو أجواء السفح الشمالي للجبل وإجبارها على الهطول، الصورتان (9 و 10).

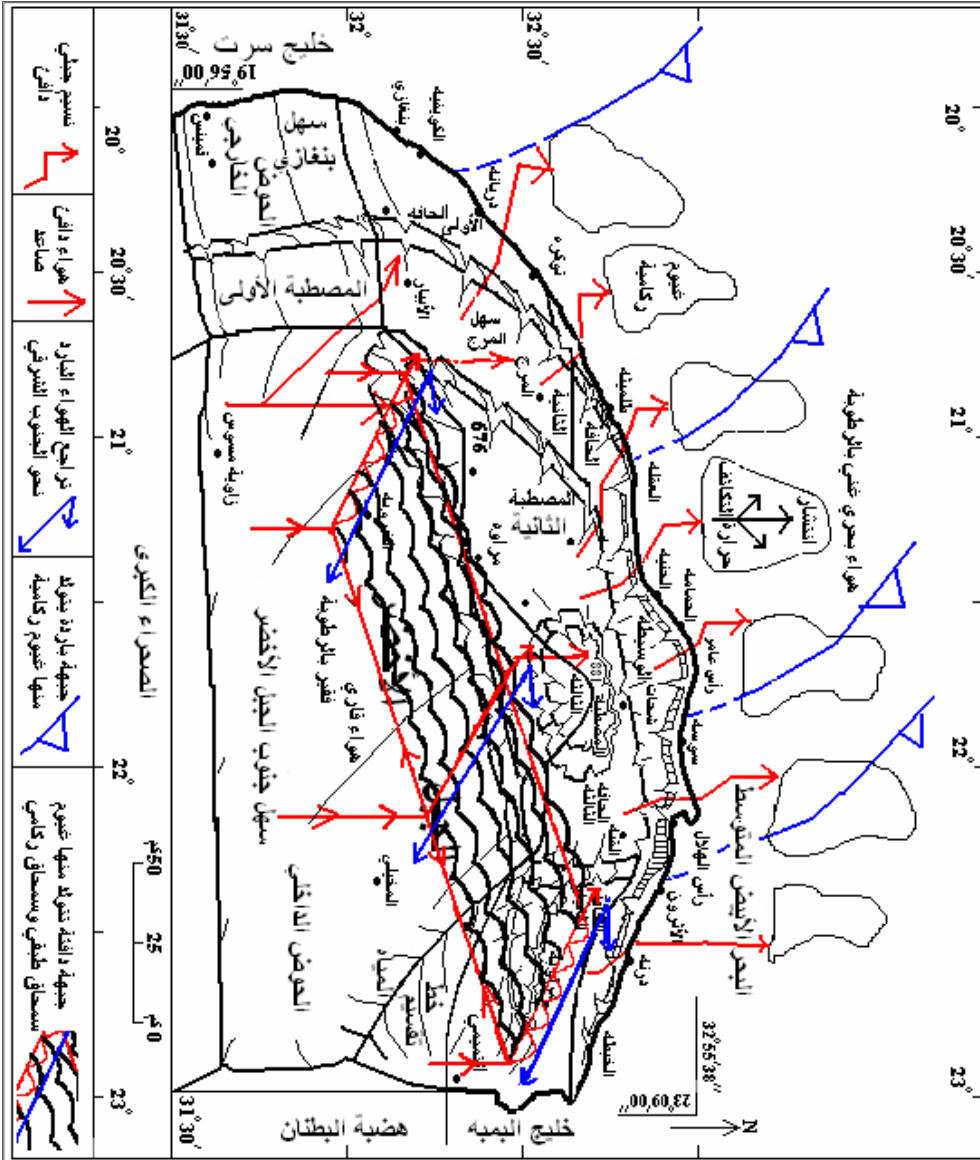
### أمطار مرافقة لرياح ومنخفضات جوية شمالية غربية

تساهم الرياح الباردة القادمة من اليابس الأوربي والمنخفضات الجوية الشمالية الغربية في الفصل البارد من السنة بنصيب من أمطار الجبل الأخضر أقل من أمطار الرياح والمنخفضات الجوية الغربية، لكون هذه المنخفضات ناشئة بالأصل من كتل هوائية مكونة فوق يابس بارد لذلك تكون كمية الرطوبة فيها قليلة نسبياً، ثم إن هبوب الرياح الباردة المندفعة منها تهب على الأجواء الدافئة للساحل الشمالي للبحر المتوسط لتعبره متجهة نحو الجنوب والجنوب الشرقي، وخلال مرورها فوق المياه الدافئة لمسطح مياه البحر المتوسط تتزود ببخار الماء والرطوبة خلال رحلة ومسافة لا تتجاوز 1000 كم، يتطور خلالها المنخفض الجوي الشمالي الغربي فوق البحر قبل وصوله للشواطئ الجنوبية للبحر للمتوسط؛ فهواء الرياح الشمالية الغربية يصل أحياناً لأجواء الجبل الأخضر محمل بالرطوبة غير الكافية لإشباعه، لذلك لا تظهر التكاثرات به، وتعمل وحدات تضاريس الجبل الأخضر الشمالية كالحافتين الأولى والثانية على إعاقه تقدم الرياح رافعةً الهواء وما به من رطوبة نحو الأعلى فيبرد ويشبع بالرطوبة وينخفض ضغطه وتظهر به التكاثرات من غيوم متنوعة تتطور وتنضج وتولد أمطاراً تروي الأماكن التي تمر فوقها، في حين يصل هواء المنخفضات الجوية الشمالية الغربية لأجواء الجبل الأخضر رطباً ومحملاً بالتكاثرات المتنوعة باتجاه متعامد مع الحافات الجبلية الشمالية الأولى والثانية اللتين تعملان على اعتراض الهواء ورطوبته وإعاقه تقدمه نحو الجنوب فقسم من الهواء يتوجه شرقاً والقسم الآخر يتابع مسيره نحو الجنوب مجبوراً على الصعود القسري فوق أجسام الحافات فيرتفع للأعلى فيبرد وينخفض ضغطه فيتمدد ويبرد

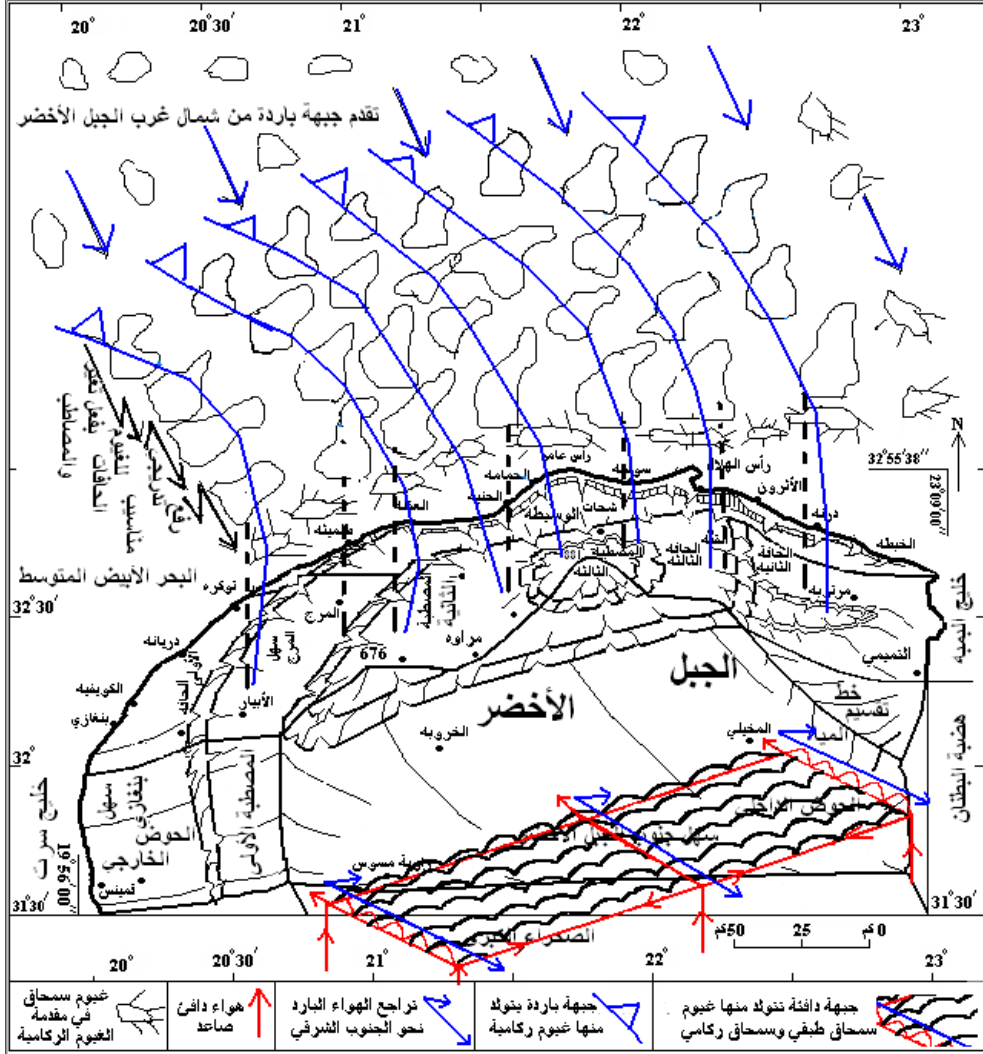
ذاتياً وتنفرز نتيجة ذلك كله رطوبته التي تتكاثف على هيئة غيوم متنوعة فتخفض الضغط الجوي المحلي للأجواء فوق الحافات، مما ينشط عمليتي التبخر من مياه الساحل ومن البحيرات والسبخات الشاطئية ومن الرطوبة الأرضية فتغني الأجواء المحلية للحافات بالرطوبة المتكاثفة والمتراكمة، ونتيجة نقصان الضغط الجوي المحلي في أجواء الحافات الشمالية يتجه أحياناً نحوها هواء ظهر الجبل المحمل بالرطوبة المتكاثفة ليقابلها في أجواء الحافات الشمالية نتيجة تطور ضغطها المنخفض، كما تؤكد المشاهدات الميدانية في حالات كثيرة، حيث تنضم رطوبة أجواء الجبل لرطوبة أجواء الحافات فيزداد تطور تكاثف الرطوبة بها لتدخل أجواء المصاطب ناضجة وماطرة على هيئة طرود طولية ضخمة موازية للحافات الجبلية الشمالية، صور (من 1 إلى 10)، وكل من هذه الطرود قد يتطور، خلال رحلته فوق الجبل بفعل تأثير التضاريس الأرضية عليه من جهة، وبفعل زيادة الرطوبة به التي يجذبها ضغطه المحلي الذاتي المنخفض من الأجواء المحيطة أو من رطوبة التربة المتبخرة، ليولد كل من هذه الطرود أمطاراً متفرقة تسقط هنا وهناك، إن توحد الطرود والتحامها ببعضها يشكل أحياناً غطاءً واحداً متصلاً من الغيم يغطي سماء غالبية الجبل الأخضر، أشكال (من 1 إلى 4).

إن الضغط المحلي المنخفض الذي يتكون بفعل تراكم الرطوبة في أجواء الحافات الشمالية يجذب إليه في حالات كثيرة الهواء من الجنوب على هيئة رياح قبلي جنوبية محلية تعترض تقدم الهواء الرطب البارد القادم من فوق الحافات فتتكون بذلك جبهة رطوبة محلية باتجاه عام شرق-غرب أو شمال شرق-جنوب غرب يتعلق مكان وجودها بمدى فعالية تقدم أي من الهواءين نحو الآخر، صور (من 1 إلى 4)، فقد تتكون مثل هذه الجبهات فوق السفح

الجنوبي، صورة (4)، وقد تتكون فوق المصطبة الثانية أو فوق الساحل؛ تكوين مثل هذه الجبهات المحلية يوقف تقدم الهواء البارد نحو الجنوب، مما يسمح بتجميع أكبر للرطوبة الجوية، وتتطور آليات التكاثف التي تؤدي لتخفيض الضغط الجوي المحلي عما هو عليه في الأجواء، فينشط ذلك التبخر من الرطوبة الأرضية وعملية النتح من النباتات، لتصبح الرطوبة الجوية ناضجة أكثر فأكثر، بما يسمح بتخليص الهواء من قسم لا بأس به من الرطوبة الجوية يهطل على هيئة أمطار تغذي يابس الجبل الأخضر بالمياه.



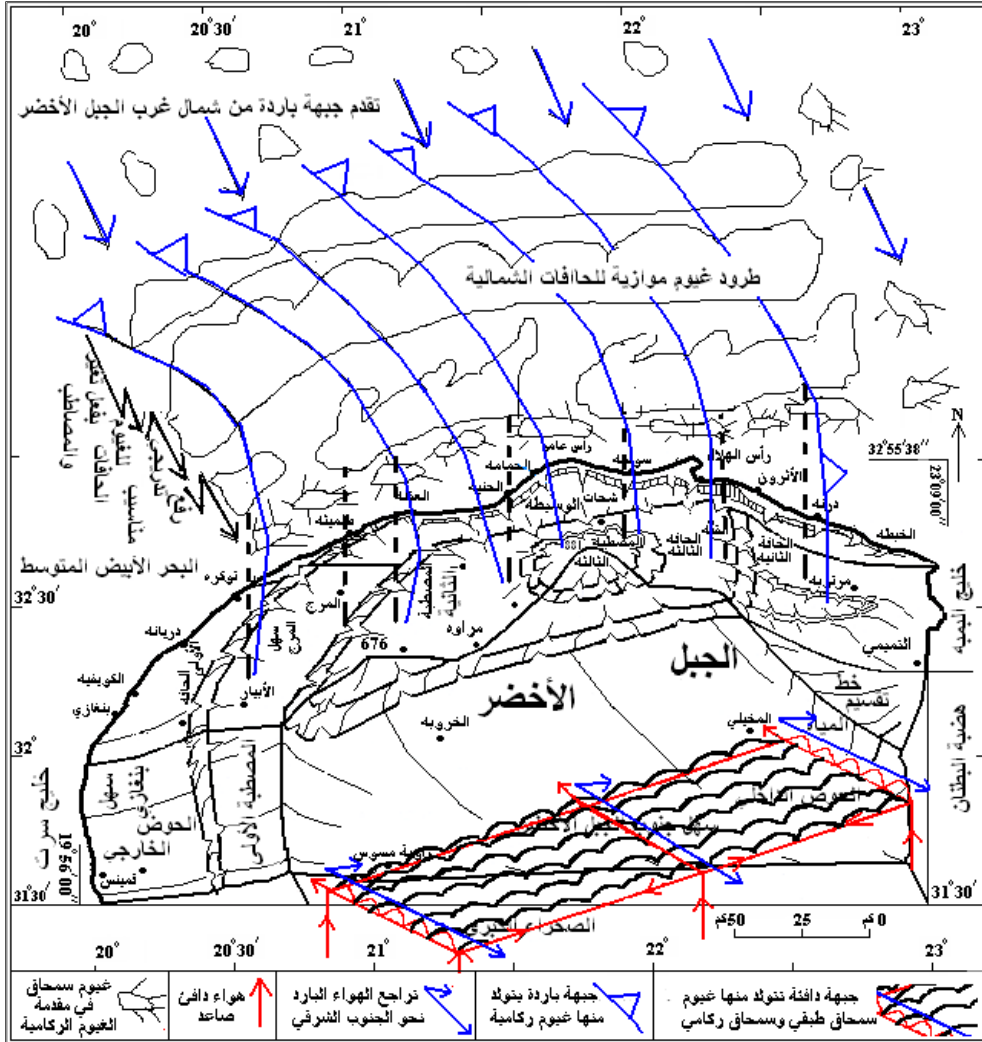
شكل (1): تكوين رطوبة محلية دافئة فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، وتكوين جبهة رطوبة محلية ساحلية في شمال الجبل، تشكلان البنيان الأساسي للمنخفض الجوي، من عمل الباحث.



شكل (2): تراجع جبهة الرطوبة الجنوبية نحو الجنوب مع تقدم جبهة الرطوبة الباردة للمنخفض الجوي الشمالي أو الشمالي الغربي نحو أجواء الجبل الأخضر، وكيفية عمل الهافات في رفع الرطوبة المتكاثفة وتطورها كلما توغلت نحو أجواء الجبل في الجنوب، من عمل الباحث.

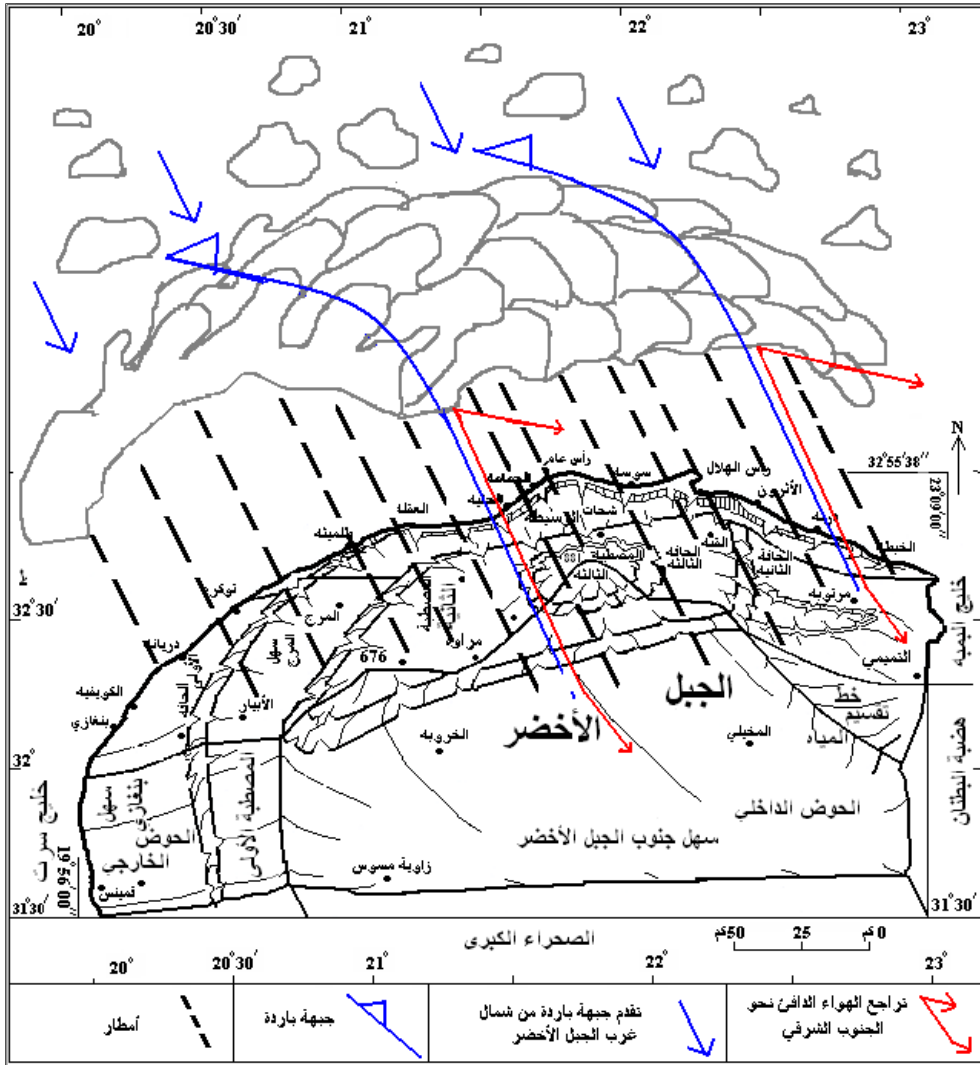
إن قدوم المنخفض الجوي الشمالي الغربي من فوق البحر في الشمال وعرقلته بفعل الحافات الجبلية الشمالية يقابله أحياناً رياح محلية دافئة على هيئة نسيم يهب من جنوب الجبل الأخضر ويعبر كامل فضائه من الجنوب إلى الشمال ليصل أحياناً إلى الساحل، حيث تعمل حرارته مع جفافه النسبي على تنشيط عملية التبخر من سطح مياه الساحل مكونةً بذلك غيوم متنوعة تتطور إلى ركاب وجبهة رطوبة محلية يتزود بها المنخفض الجوي القادم من الشمال عند وصوله لسواحل الجبل الأخضر، الشكلان (1 و 2).

كثيراً ما يحدث أن يستقر المنخفض الجوي إلى حين فوق الجبل الأخضر بحيث تتقدم الجبهة الباردة من الشمال في حين تتراجع أمامها الجبهة الدافئة نحو الجنوب، أشكال (2 و 3 و 4)، لا تدوم أمطار المنخفضات الجوية الشمالية الغربية فوق الجبل الأخضر لأكثر من يومين، حيث تغطي سماء الجبل بغطاء واحد متصل من الغيوم، شكل (4)، لذلك تكون أمطارها مهمة لكن أهميتها أقل من أمطار المنخفضات الجوية الغربية التي تدوم أمطارها لأكثر من 5 أيام على الأغلب. في حالات أخرى كثيرة يؤدي نشوء منخفض جوي محلي فوق الجبل الأخضر لاستدعاء رياح شمالية شرقية أو رياح شمالية أو شمالية غربية وأحياناً غربية على هيئة نسيم لطيف يهب من فوق البحر يحمل معه الرطوبة البحرية التي تستفيد منها أجواء الجبل في تكاثفها وتراكمها وتطورها حتى النضج والهطول العاصفي أحياناً، الصورتان (9 و 10).



شكل (3): فعل حافات الجبل الشمالية في اعتراض الرياح الشمالية والشمالية العربية البحرية والرطوبة التي تحملها وتطور أشكال تكاثف الرطوبة على هيئة طرود من غيوم ركامية طولية موازية للحافات ومواقع سقوط أو توزيع الأمطار المتولدة منها، من عمل الباحث.





شكل (4): توزيع الأمطار على الجبل الأخضر في حال اكتمال تغطية شبه كاملة للجبل بالغيوم المزنية الماطرة المرافقة لمنخفض جوي شمالي أو شمالي غربي يزور الجبل الأخضر، من عمل الباحث.

توثيق تقدم جبهة الرطوبة الجوية لمنخفض جوي شمالي غربي من الأجواء الشمالية نحو الأجواء الجنوبية للجبل الأخضر، صور (من 1 إلى 4):

في هذا التوثيق لحالات الطقس وتكاثفات الرطوبة الجوية، التي ترافق مرور منخفض جوي رطوبي شمالي أو شمالي غربي من أجواء شمال الجبل الأخضر إلى أجوائه الجنوبية، تبدو أحياناً الرطوبة المتكاثفة تتقدم فوق ظهر الجبل، المصطبة الثانية والدرجة الثالثة، من الشمال نحو الجنوب على هيئة جبهة من غيوم مزنية ماطرة، أي جبهة باردة، تتقدم من الشمال وتسوق أو تدفع أمامها الهواء السفلي الدافئ نحو الجنوب، صورة (1)، كما أنه في حالات أخرى يلاحظ أن الرطوبة المتكاثفة المتراكمة المتقدمة من الشمال فوق ظهر الجبل تسعى، بفعل ثقل رطوبتها، لأن تكون أخفض ما يمكن أو أقرب ما يمكن من سطح الأرض كي لا تسمح للهواء الدافئ السفلي بأن يتسلل لخلفها ويفشلها في توليد المطر، وبذلك تعمل على سوقه أمامها نحو الجنوب، صورة (2)، وذلك لتحقيق تغطية كاملة من الغيوم المزنية على كامل ظهر الجبل، صورة (3)، وفي حالات أخرى يقابل رطوبة المنخفض الشمالي أو الشمالي الغربي المتقدمة من الشمال تيار هواء دافئ صاعد على السفوح الجنوبية فتظهر نتيجة ذلك تكاثفات رطوبة الجبهة الدافئة للمنخفض الجوي فوق السفوح الجنوبية على هيئة جبهة رطوبة محلية تحتل أجواء تلك السفوح، صورة (4).



صورة (1): تقدم جبهة من غيوم مزنية مشبعة بالرطوبة الجوية من شمال مدينة البيضاء نحو جنوبها وهي تترد الهواء الدافئ أمامها نحو الجنوب، جنوب داخلي الجامعة، الثلاثاء 29.11.2016، الساعة 16:32.



صورة (2): لاحظ كيف يسعى الهواء البارد المحمل بالرطوبة الركامية على طرف الجبهة الشرقي ، في يسار الصورة، الهبوط لأدنى مستوى ممكن لكي يطرد الهواء الدافئ أمامه نحو الجنوب، شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 29.11.2016، الساعة 16:32.



صورة (3): أحوال طقس ذات غيوم طبقيّة مزنيّة ضعيفة التخصيب، تشكّل تغطية شبه كاملة لظهر الجبل، تولد أمطاراً خفيفة متقطعة مرافقة لمنخفض جوي شمالي غربي، جوب شرق داخلي الجامعة، البيضاء، الخميس 01.12.2016، الساعة 16:51.



صورة (4): أحوال طقس لمنخفض جوي شمالي يولد أمطاراً خفيفة متقطعة؛ غيوم ركامية بيضاء مبعثرة قليلة الكثافة وصغيرة الأحجام، وبوادر تكوين جبهة محلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، تمثل الجبهة الدافئة للمنخفض الجوي، جنوب القيقب، الجمعة، 02.12.2016، الساعة 11:00.

توثيق تقدم طرود الغيوم الطولية الموازية للحافات الجبلية الشمالية من الأجواء الشمالية نحو الأجواء الجنوبية للجبل الأخضر، صور (من 5 إلى 8):

يتضمن التوثيق التالي أحوال طقس الأجواء التي تعبرها طرود الغيوم الركامية الطولية من الشمال نحو الجنوب فوق ظهر الجبل الأخضر في حال مرور وسيادة منخفض جوي رطوبي شمالي غربي، أشكال هذه الطرود الطولية، باتجاه عام غرب-شرق، ناتجة عن اعتراض الحافتين الجليتين الشمالييتين من الجبل لرطوبة المنخفض وإجبارها على الصعود القسري الذي يؤدي لتجميعها وتراكمها في أجوائها على طول كافة أطوالها، من الغرب للشرق، الموازية للبحر، هذه الطرود تدخل أجواء المصاطب مخرصة وناضجة في بعض الأحيان، صور (5، 6، 7)، بحيث تولد أمطاراً متقطعة، غير منتظمة التوزيع المكاني، فوق يابس المصاطب بحسب تطور حالات الأجواء الرطوبية التي تمتع كل منها بضغط جوي محلي ذاتي منخفض يؤهلها لجذب الرطوبة الأرضية، الناتجة من التبخر والنتح، ورطوبة الأجواء لتتزوّد بما يكفي من الرطوبة لتوليد أمطار خفيفة تسقط هنا وهناك، لذلك تكون تلك الطرود من الغيوم طويلة ضخمة في شمال الجبل بالقرب من الجهات البحرية، وتتناقص أطوالها وأحجامها كلما تقدمت نحو الأجواء الجنوبية للجبل إلى حين تلاشي البعض منها بالكامل فوق السفح الجنوبي، بسبب دفع الهواء الذي يتطلب رطوبة كبيرة حتى يصبح مشبعاً صورة (8).



صورة (5): أحوال طقس ذات طرود غيوم ركامية طولية باتجاه غرب-شرق، مرافقة لمنخفض جوي شمالي غربي، تولد أمطاراً متقطعة فوق المصطبة الثانية والسفوح الشمالية للجبل الأخضر، القيقب، 02.12.2016، الساعة 14:43.





صورة (6): أحوال طقس مرافقة لمنخفض جوي شمالي غربي تولد أمطاراً متقطعة فوق المصطبة الثانية، الغيوم الركامية تتطور فوق منسوب نقطة الندى الذي يمثل قواعده هذه الغيوم ذوات الأشكال القبابية نتيجة تحرير الحرارة الناتجة من عملية تكاثف الرطوبة، لذلك تتطور الغيمة، فوق منحدر الحافة الثالثة، لتصبح منتفخة كالفقاعة الهوائية نحو الجوانب والأعلى، لالي، الجمعة 02.12.2016، الساعة 15:41.



صورة (7): طرود الغيم الطولية في الجهة الشمالية من أجواء المصطبة الثانية تولد أمطاراً متقطعة تبلل زجاج السيارة، وردامة، الجمعة، 02.12.2016، الساعة 16:08.



صورة (8): أحوال طقس مرافقة لمنخفض جوي شمالي غربي يولد أمطاراً متقطعة، ويظهر في الصورة كيف تتشبت رطوبة طرود الغيوم فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر عند المساء بسبب دفئ هواء أجوانها، الحرارة في البيضاء 12.5°م، داخلي الجامعة، البيضاء، الجمعة 02.12.2016، الساعة 17:47.

توثيق الصعود القسري للهواء الرطب على منحدر الجبل والحافات الجبلية ورفع الرطوبة المتكاثفة فوق مياه الساحل عند تقدمها نحو أجواء السفح الشمالي للجبل وإجبارها على الهطول، الصورتان (9 و 10):

يبدو في التوثيق الآتي كيف أن الهواء الرطب البارد القادم مع المنخفض الجوي الرطوبي الشمالي الغربي الأوربي، من فوق البحر المتوسط، عند وصوله لساحل البحر

المتوسط، في خليج جرجار أمه، الملامس ليابس الجبل الأخضر؛ والمكون من الحافة الأولى، ارتفاعها المطل على البحر مباشرة لا يتجاوز 30م فقط، والحافة تعلوها المصطبة الأولى المتدرجة في الارتفاع في شرق منطقة ميراد مسعود والعقلة، يكتف الرطوبة الناتجة من البخار الصاعد من سطح مياه خليج جرجار أمه فور صعوده من سطح الماء الحر، عند منسوب الصفر، ليشكل غيمة ضخمة زاحفة على سطح مياه الساحل، صورة (9)، تلك الغيمة كلما توغلت أو تقدمت نحو يابس الجبل كلما زاد الارتفاع الطبوغرافي بوجهها فتجبر على الصعود الذي يؤدي لزيادة تشبع الهواء بالرطوبة وتحسين ظروف تكاثفها، ثم إن تدرج ارتفاع المصطبة الأولى يعيق حركة تقدم الغيمة فيزداد بذلك تجميع الرطوبة، التي تؤدي لانخفاض الضغط الجوي المحلي في الغيمة فتصعد تكاثفاتها في الأعلى مكونة غيمة ركامية ضخمة جداً تنتصب رأسياً أو عمودياً في أجواء السفح الشمالي الساحلية للجبل الأخضر، مثل هذه الغيوم تلعب دورين رئيسيين؛ فهي، من ناحية، تزود رطوبة الأجواء والتكاثفات العلوية من الغيوم بالرطوبة السفلية التي تهيئ أو تنضج ظروف تلك التكاثفات لإنتاج واستمرار الهطول الغزير، وإشباع اليابس بمياه المطر، ومن ناحية ثانية، فإن هذه الغيوم الركامية السفلية تعمل في تطور تناقص الضغط الجوي المحلي الذاتي لتلك الغيوم في مستويات ومناسيب دنيا قريبة من سطح البحر، بما يستدعي وباستعجال الرطوبة الجوية السفلية البحرية نحو أجواء الساحل الممطرة لتزودها، أو بالأحرى لتعوضها، عن ما ينقص من رطوبة الأجواء نتيجة الخسارة من الرطوبة الجوية التي تكاثفت وتحولت إلى هطول من مطر أو برد، فهي بذلك تحدد رطوبة الأجواء وتحديد الهطول ما دامت حالة الطقس وظروفه مناسبة.

في الصورة (10) يوثق تأكيد ما ذكر آنفاً، بصورة جريان السيول في تلك المنطقة مع استمرار حالة الطقس الماطرة بزخات متتابة وبغزارة جيدة من الصباح الباكر إلى ما بعد الظهر.



صورة (9): طقس لمنخفض جوي رطوبي شمالي غربي؛ تأثير السفح الشمالي للجبل الأخضر، الحافة الأولى والمصطبة الأولى، بالرفع التدريجي للهواء الرطب الملامس لسطح مياه ساحل البحر وتكوين غيوم ركامية مزنية ممطرة في الطابق السفلي من الغيوم فوق الجبل، شرق ميراد مسعود، الاثنين 12.12.2016، الساعة 14:33.



صورة (10): جريان سيل وادي بالخشب من جراء الأجواء الممطرة للمنخفض الجوي الشمالي الغربي، تابع الصورة (9)، ميراد مسعود، الاثنين 12.12.2016، الساعة 14:40.

## 8- الفصل الثامن

أمطار ناشئة بفعل تكوين جبهات رطوبة محلية تكونها رياح القبلي فوق الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي





8- الفصل الثامن

أمطار ناشئة بفعل تكوين جهات رطوبة محلية تكونها رياح القبلي فوق الجبل الأخضر  
د. محمد غازي الحنفي

\*- توثيق أجواء رياح قبلي غبارية ربيعية وما يتبعها من أجواء رطبة، صور (من 1 إلى 8).

\*- توثيق جهات محلية وأجواء تكونها رياح القبلي في أجواء الجبل الأخضر، صور (من 9 إلى 13).

\*- توثيق ومتابعة حالة منخفض جوي شمالي غربي يتحول لمنخفض غربي فوق الجبل الأخضر بفعل رياح القبلي، صور (من 14 إلى 17).

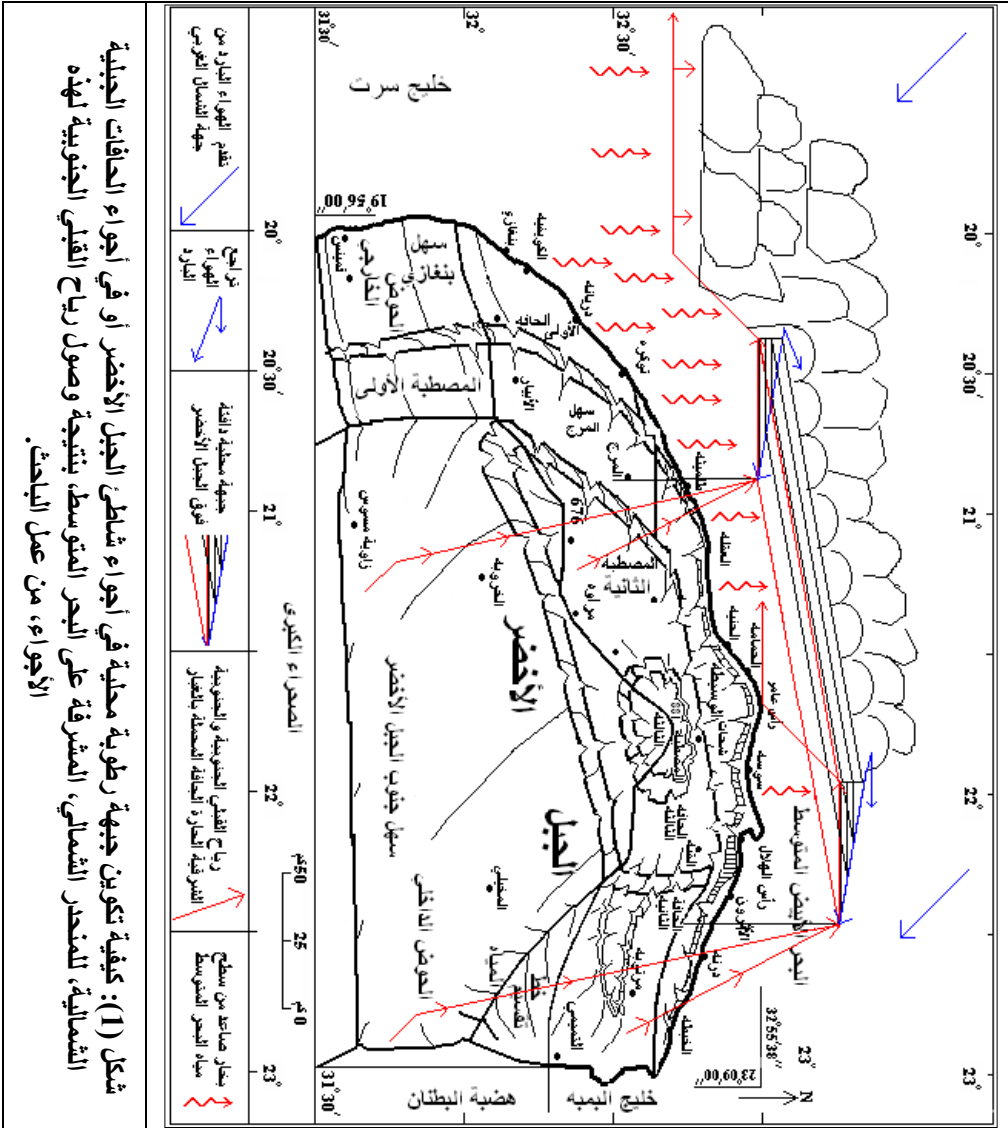
\*- توثيق ومتابعة تطور أجواء هبوب رياح القبلي على حوض الجبل الأخضر يتلوها منخفض جوي غربي منبثق عن الجبهة القطبية فوق شمال الأطلسي وصل بعد 9 أيام وأمطر الجبل الأخضر بمدينة البيضاء بنحو 91 ملم مطر/6 أيام، تمتد من الثلاثاء 07.03.2017 إلى الأحد 12.03.2017، صور (من 18 إلى 43).

\*- توثيق متابعة أجواء رياح قبلي ربيعية تغني أجواء الجبل الأخضر بالجهات والرطوبة والغبار، صور (من 44 إلى 59).

أمطار ناشئة بفعل تكوين جبهات رطوبة محلية تكونها رياح القبلي فوق الجبل الأخضر  
 إن رياح القبلي القادمة من الصحراء الكبرى في الجنوب على حوض الجبل الأخضر  
 تهب عادةً في مقدمات المنخفضات الجوية القادمة من غرب أو من شمال غرب البحر  
 المتوسط، فهي تكون على الغالب جافة باردة في بعض الأحيان، ودافئة غبارية في أحيان  
 أخرى، وذلك بحسب أوقات هبوبها من السنة، ففي الشتاء والربيع تهب هذه الرياح لتحتاز  
 كامل حوض الجبل الأخضر من الجنوب إلى الشمال مستمرة فوق البحر نحو أجواء اليابس  
 الأوربي، صور (من 1 إلى 59)، لتلقح في بعض الأحيان الهواء البارد في الجبهة القطبية  
 الشمالية في أجواء شمال أوربا والتي ينتج عنها انفصال منخفضات جوية موجية تنفصل عن  
 الجبهة القطبية لتتجه نحو الشرق أو الجنوب الشرقي مجتازة البحر المتوسط ومؤثرةً بشكل فعلي  
 في رطوبة وأمطار حوض الجبل الأخضر، وفي حال سيادة أجواء منخفض جوي محلي فوق  
 المتوسط فإن رياح القبلي قد تتوقف عند ساحل البحر مكونة جبهة محلية فوق ساحل  
 المتوسط، شكل (1)، وإذا كان المنخفض الجوي المحلي يتقدم من الشمال نحو الجنوب فوق  
 حوض الجبل فقد تلتقي رياح القبلي مع الرياح الرطبة فوق أي من أماكن ظهر الهضبة  
 الجبلية، حيث تظهر في كثير من الأحيان جبهة رطوبة محلية واضحة اتجاهها العام شرق-  
 غرب أو جنوب شرق-شمال غرب، صور (9، 11، 15، 16، 17، 22، 23، 38، 44، 45،  
 47، ومن 48 إلى 51)، وفي الخريف تكون عادةً رياح القبلي جافة غبارية ساخنة تملأ الأجواء  
 بالغبار وترفع من حرارتها، وهذا قد يحدث في الربيع أيضاً، صور (من 1 إلى 4، ومن 8 إلى  
 10، ومن 54 إلى 56)، مما يؤثر سلباً على الزراعة المحصولية والنباتات الحولية بتحريضها على

النتح من جهة، وتبخير رطوبة التربة من جهة ثانية مما يؤدي لذبول النباتات وأحياناً يبسهها، نواتج التبخير من التربة والنتح من النباتات تزود الهواء الدافئ بالرطوبة الجوية التي ترفعها رياح القبلي نحو الأجواء العليا لتتكاثف على هيئة غيوم متنوعة ما بين السُمحاق والسُمحاق الطبقي والطبقي وأحياناً الركام الطبقي الذي يتخلل بين غيومه عادة الهواء الدافئ، مما يجعل الأجواء في بعض الأحيان في غاية الجمال عندما تزينها تلك الغيوم، صور (من 5 إلى 7، 20، 46، ومن 51 إلى 53)، إن التكاثرات الجوية تظهر عادةً فوق السفح الجنوبي وقبل كل شيء في أجواء الحافة الثالثة الجنوبية والمصطبة الثالثة لارتفاعها النسبي، لأن هواء رياح القبلي القادم من الجنوب يتسلق صاعداً على السفح الجنوبي فيحدث له تبريد وانخفاض بالضغط ويتمدد وبرد ذاتياً ويشبع بالبخار فتتكاثف الرطوبة التي يحملها مكونةً أفقاً من الغيوم يتطور على ما يشبه جبهة الرطوبة المحلية التي تتطور أحياناً فيما بعد لجبهة رطوبة تملأ أجواء السفح الجنوبي وتمتد من الغرب نحو الشرق على طول مسافة تزيد عن 50 كم في الغالب، تزحف هذه الجبهة مع الرياح المتقدمة نحو الشمال لتغطي أحياناً غالب سماء المصطبة الثانية الممثلة لظهر الجبل الشمالي، صور (من 18 إلى 23، ومن 44 إلى 54)، وعادة ما تظهر تكاثرات مرافقة لرياح القبلي في أجواء الساحل وبالتحديد في أجواء الحافتين الثانية والأولى بنتيجة الهبوط المفاجئ لهواء رياح القبلي، المتجهة شمالاً، على أجسام الحافات مما يؤدي لانضغاطه وزيادة حرارته ورفع الرطوبة، التي يحملها والتي يجرى على تبخيرها، نحو الأعلى، بالتيارات الهوائية الدوامية الصاعدة والمرتدة نحو الخلف في الأعلى، أي نحو الجبل في الجنوب، فتتكاثف مكونة جبهتين من الرطوبة المتكاثفة في أجواء الحافتين الثانية والأولى أحياناً واللتين تتحدان

فيما بعد لتكونان معاً جبهة واحدة تغطي أجواء الجبل الشمالية، صور (8، من 10 إلى 13، 24، 25، 27، 28، 46، 47، 52، 53، ومن 55 إلى 59). وبذلك تساهم رياح القبلي بنصيب لا يستهان به من أمطار الجبل الأخضر، صور (11، 15، 16، 17، 22، 23، 24، 34، 35، 36، 38، 40، 41، 43، 54، 55، 56، 58، 59)، سواء بتكوين تكاثفات الجبهات المحلية التي تشكلها فوق الجبل، أو باعتراض الرياح الرطبة فوق الجبل الأخضر إلى حين تتطور تكاثفات رطوبة جبهات محلية للنضج والهطول، أو يجلب رطوبة المنخفضات الجوية، في ما بعد هبوبها، من أجواء البحر المتوسط المجاورة، أو من أجواء الجبهة القطبية من شمال الأطلسي، صور (من 76 إلى 147، من الفصل السادس).



شكل (1): كيفية تكوين جبهة رطوية محلية في أجواء شاطئ الجبل الأخضر أو في أجواء الحافات الجبلية الشمالية، للمنحدر الشمالي، المشرفة على البحر المتوسط، ونتيجة وصول رياح القليبة الجنوبية لهذه الأجزاء، من عمل الباحث.

توثيق أجواء رياح قبلي غبارية ربيعية وما يتبعها من أجواء رطبة، صور (من 1 إلى 8):

يتضمن هذا التوثيق، في الصور (من 1 إلى 8)، ما بين 17.04.2012 و20.04.2012، حالة عنف هبوب رياح القبلي المحلية الجنوبية، في مقدمات المنخفضات الجوية الغربية والشمالية الغربية، على الجبل الأخضر من الجنوب الصحراوي ومن السهول الجنوبية المحاذية للجبل الأخضر من جهة الجنوب، وكيف يجذب الضغط الجوي المنخفض، لتلك المنخفضات الجوية البحرية الرطبة الهواء الدافئ الصحراوي وشبه الصحراوي من جنوب الأجزاء الجنوبية بقوة، مما يجعل هواء جنوب الجبل يصعد بعنف شديد فوق السهول والسفوح الجنوبية للجبل، على هيئة عواصف غبارية، تختلف كثافة الغبار فيها بحسب سرعتها التي ترتبط بفروق الضغط الجوي ما بين أجزاء جنوب الجبل التي يكون ضغطها الجوي المحلي مرتفع نسبياً، فيما يكون الضغط الجوي في مقدمات المنخفضات الجوية فوق البحر منخفض نسبياً؛ وعليه فسرعة هبوب رياح القبلي قد تكون بطيئة التقدم فوق الجبل في بعض الحالات، وقد تكون سريعة في حالات أخرى لتتجاوز 100 كم/سا عندما يكون فارق الضغط الجوي للأجزاء بين البحر وجنوب الجبل كبيراً، وعليه يتقدم الهواء الدافئ المحمل بالغبار من جنوب الجبل نحو شماله ليقابل الهواء الرطب ذا الضغط المنخفض فوق البحر ويلقحه وليخصبه بنويات التكاثف الغبارية التي تلعب دوراً مهماً في تكاثف الرطوبة الجوية وفي نشوء الهطول، عند تقابل الهواءين وتعادل فروق الضغط الجوي تهدأ الرياح وتبقى الأجزاء مليئة بالغبار المعيق للرؤية فوق غالبية الجبل الأخضر إلى حين استيعاب الرطوبة الجوية لقسم من الغبار، الذي تتخذ حبيباته المعلقة في الهواء نويات تكاثف لها، فتظهر تكاثفاتهما على

هيئة غيوم متنوعة بديعة الأشكال والكثافات والترتيب بالآفاق العلوية، صور (من 5 إلى 7)،  
والقسم الباقي من الغبار يترسب على سطح الأرض وأسطح الاعتراض الأخرى كأسطح  
المباني وأوراق النباتات وغيرها، الصورتان (2 و 3)، ونتيجة نعومة الحبات الغبارية التي تلوث  
الهواء فهي تدخل في أجواء المنازل والمباني وترسب بداخلها، وهذه الأجواء الغبارية، التي  
تثيرها رياح القبلي المحلية، تمنع الكثير من الناس عن الحركة في حال سيادتها في أجواء الجبل  
الأخضر التي تبدو مغبرة بنية محمرة أحياناً، صورة (1)، وبيضاء مشوبة بالغبار في أحيان  
أخرى، وقد تصبح بيضاء حليبية سمراء عندما تصبح الرطوبة الجوية المتكاثفة على هيئة  
سمحاق كثيف أو طبقية رقيقة يحجب نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي من الوصول لسطح  
الأرض، صورة (8).

ففي الصورة (1) تبدو أجواء مدينة البيضاء مليئة بالغبار البني المحمر على المصطبة  
الثانية من الجبل الأخضر، كما لو أن المدينة موجودة في وسط الصحراء، في يوم  
17.04.2012، في يوم 19.04 أي بعد مرور رياح القبلي خلال يومين وهدوئها فيما بعد  
تبدى الصورتان (2 و 3) مخلفات من بقايا رواسب الغبار، التي أثارها رياح القبلي، على  
أوراق النباتات وعلى أرضية شرفة المنزل الخارجية الواقعة في الجهة المعاكسة لجهة هبوب رياح  
القبلي، في الصورة (4) يتبين مدى كثافة الغبار المترسبة على أرضية الشرفة وحساب كميتها  
وسماكتها التي قاربت 1.5 ملم.

في ما بعد هبوب رياح القبلي العنيفة وهدوئها في 19.04 بدأت تتكون وتظهر  
تكاثفات رطوبة الجبهة الدافعة للمنخفض الجوي، الذي وصلت بوارده لأجواء الجبل

الأخضر في هيئة قطع، كثيرة وكثيفة تبدو مرصوفة متقاربة من بعضها البعض، من الغيوم الركامية الطبقيّة التي تزين ببدعة الخالق سماء الجبل بلوحات جمالية لا نظير لها، هذه الغيوم بمظهرها الخلاب تفسر عمل رياح القبلي في استجلاب الخير والبركة من الرطوبة الجوية نحو أجواء الجبل الأخضر من فوق البحر المتوسط، صور (5 و 6 و 7)، تتطور هذه الأجواء الرطبة نسبياً شيئاً فشيئاً، فيما بعد مع تقدم الوقت وزيادة تقدم رطوبة المنخفض الجوي الرطوبي، لتصبح تكاثفات الأجواء مكونة من غيوم طبقية، صورة (8)، تعلن انتهاء عمل رياح القبلي باستجلاب رطوبة المنخفض الجوي لأجواء الجبل الأخضر في يوم 20.04.2012.





صورة (1): أجواء كثيفة الغبار، الذي تجلبه رياح القبلي الجنوبية المحلية، التي تهب في مقدمة المنخفضات الجوية، من أجواء الصحراء الكبرى ومن أجواء سهول جنوب الجبل الأخضر، تغطي كافة الجبل الأخضر حتى ساحل البحر في الشمال، مدينة البيضاء، غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 17.04.2012، الساعة 15:10.



صورة (2): تراكم غبار رياح القبلي على أوراق النباتات في شرفة المنزل، مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، الخميس 19.04.2012، الساعة 14:57.



صورة (3): غبار رياح القبلي المتراكم يكاد يغطي بلاط أرضية شرفة المنزل، مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، الخميس 19.04.2012، الساعة 14:57.



صورة (4): كمية الغبار المجموعة من نحو 4م<sup>2</sup> في الجهة الشمالية المعاكسة لجهة هبوب رياح القبلي، حيث تكون شرفة المنزل في حماية المبنى المكون من أربعة طوابق، تساوي نحو 63سم<sup>3</sup>، وعليه فالطبقة الغبارية المتراكمة تقارب سماكتها حوالي 1.5 ملم من التراب، داخلي الجامعة، الخميس 19.04.2012، الساعة 17:10.



صورة (5): ما بعد الغبار إلا المطر؛ وصول الجبهة الدافئة للمنخفض الجوي، أجواء في غاية الجمال من الغيوم الركامية الطبقيّة تخيم على الجبل الأخضر بعد هبوب رياح القبلي الغبارية الساخنة لتي تهب في مقدمات المنخفضات الجوية الماطرة، مدينة البيضاء، غرب داخلي الجامعة، الخميس 19.04.2013، الساعة 17:32.



صورة (6): بدعة الخالق في تكوين صورة من رصف غيوم ركامية طبقية على هيئة ريش الطائر، تظهر في الجبهة الدافئة لمقدمة المنخفض الجوي الذي استجلبته رياح القبلي، أجواء غرب مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، الخميس 19.04.2012، الساعة 17:46.



صورة (7): تطور الطقس الغائم الذي يتبع هدوء رياح القبلي، بعدة ساعات من هبوبها، في أجواء الجبل الأخضر، مدينة البيضاء، الخميس 19.04.2012، الساعة 18:37.



صورة (8): طقس ما بعد هبوب رياح القبلي بثلاثة أيام، وما بعد هدونها بيوم واحد؛ وصول رطوبة وتكاثفات المنخفض الجوي الرطوبي البحري لأجواء الجبل الأخضر، غرب الوسيطة، الجمعة 20.04.2012، الساعة 18:09.

توثيق جهات محلية وأجواء تكونها رياح القبلي في أجواء الجبل الأخضر، صور (من 9 إلى 13):

في التوثيق الآتي يتبين كيف تتكون بعض جهات الرطوبة المحلية بنتيجة هبوب رياح القبلي الغبارية الدافئة فوق الجبل الأخضر بنتيجة تقابل رياح القبلي الجنوبية مع الرياح الرطبة البحرية، التي قد تكون مقدمات للمنخفضات الجوية الشمالية الغربية، فوق ظهر الجبل الأخضر، مما يجعل الاتجاه العام لتلك الجهات غرب-شرق، الصورتان (9 و 11)، في حال

تكوين هذه الجبهات تكون حركة رياح القبلي الجنوبية السفلية الدافئة الغبارية نحو الشمال تحت الجبهة، في الوقت الذي تكون فيه حركة الرياح الرطبة الباردة العلوية نحو الجنوب فوق الجبهة، وتتكون جبهة الرطوبة عند منسوب أو أفق الاحتكاك بين الهواءين؛ الذي يمثل منسوب التكاثف أو قاعدة غيوم تكاثفات الجبهة الناشئة، إذ يرفع الهواء الدافئ رطوبته نحو أسفل الجبهة فتكاثف بفعل البرودة في الأعلى من جهة، وبفعل زيادة الرطوبة التي يحملها ويجلبها الهواء الشمالي البحري البارد من جهة ثانية، وعادةً تكون رياح القبلي في هذه الحالات غير عنيفة بسبب فروق الضغط الجوي الضعيفة نسبياً ما بين أجواء جنوب الجبل الأخضر الصحراوية وشبه الصحراوية، وأجواء شمال الجبل البحرية، لذلك فإن كميات الغبار التي تحملها رياح القبلي المحلية الجنوبية تكون قليلة نسبياً، وتأثيرها في الرؤية يكون ضعيفاً إلى حد ما، لذلك يمكن تشبيهه بتأثير الشابورة، حيث يتمكن المشاهد من الرؤية لمسافات بعيدة تتجاوز 3 كم أحياناً، إن تكاثف الرطوبة الجوية على نويات التكاثف الغبارية تمنح الأجواء مظهر أبيض حليبياً مسمرًا بفعل تكاثف الرطوبة على هيئة سمحاق كثيف أو غيوم طبقية مزنية ضعيفة التخصيب، تحجب قسماً لا بأس به من إشعاع شمس النهار من الوصول إلى سطح الأرض، وعادةً تتبع هذه الأجواء فيما بعد أجواء ماطرة بفعل وصول مؤثرات رطوبة المنخفضات الجوية الشمالية والشمالية الغربية إلى أجواء الجبل، صورة (10)، وبحسب تقدم كل من الهواءين؛ الجنوبي الجاف والبحري الرطب، نحو الآخر يتحدد مكان تولد جبهة الرطوبة الجوية فوق الجبل؛ فعندما تكون الغلبة لرياح القبلي الجنوبية تتكون الجبهة في الجهات الشمالية من سماء الجبل، صورة (9)، في حين نجد أنه عندما تكون غلبة التقدم لصالح الرياح



الشمالية البحرية نجد أن جبهة الرطوبة تتكون في الجهات الجنوبية من سماء ظهر الجبل، صورة (11)، وعادةً في مثل هذه الحالات تتطور الأجواء وتحسن رطوبتها بشكل سريع فتمتلئ السماء بالتكاثفات من الغيوم التي تساهم في تخفيض ضغط أجواء الجبل، صورة (12)، بما يستدعي استجرار الرطوبة البحرية للمنخفض الجوي على هيئة رطوبة متكاثفة ناضجة من طرود الغيوم الركامية الماطرة، التي تساعد في تكوينها الحافات الجبلية الشمالية، والتي يراها المراقب تتقاطر خلف بعضها البعض من أجواء الشمال البحري إلى أجواء اليابس الجبلي للجبل الأخضر، صورة (13).



صورة (9): تكوين جبهة رطوبة جوية شمال مدينة البيضاء، باتجاه غرب-شرق، نتيجة تجاوز رياح القبلي الغبارية الجنوبية الدافئة السريعة لظهر ولقمم الجبل الأخضر، غرب المنطقة الصناعية، المحلق الغربي لمدينة البيضاء، شهر 09.2003.



صورة (10): بعض من أجواء رياح القبلي الربيعية الغبارية التي تسبق الأجواء الماطرة في الجبل الأخضر، طريق أشنيش-سد المحجة، هذه الحالة تبعثها أمطار في يومي 02 و03.03.2016، الاثنين 29.02.2016، الساعة 18:03.



صورة (11): ظهور جبهة محلية فوق جنوب البيضاء من الجبل الأخضر بفعل رياح القبلي التي توقف تقدم رطوبة مقدمة المنخفض الجوي الشمالي القادمة من أجواء الشمال البحري لكي يتم نضج الغيوم المزنية فيها، جنوب داخلي الجامعة، السبت 17.12.2016، الساعة 10:00.



صورة (12): امتلاء الأفق العلوي من سماء شمال الجبل الأخضر بالغيوم الطبقيّة والسماق الطبقي بعد هبوب رياح القبلي، وظهور الغيوم الركامية فوق الحافة الأولى الشمالية في المستوى المنخفض، من الجهة البحرية، كطابق سفلي، مجمع شهداء الجبل، السبت 17.12.2016، الساعة 10:23.



صورة (13): انتظام تقدم طرود الغيوم الركامية المزنية الكثيفة نحو أجواء الجبل الأخضر من الشمال الغربي بعد هبوب رياح القبلي الجنوبية، شمال شرق مجمع شهداء الجبل، السبت 17.12.2016، الساعة 14:11.

توثيق ومتابعة حالة منخفض جوي شمالي غربي يتحول لمنخفض غربي فوق الجبل الأخضر بفعل رياح القبلي، صور (من 14 إلى 17):

في هذا التوثيق يظهر دور رياح القبلي بالتحكم، في بعض الحالات، بتوجيه حركة تقدم رطوبة المنخفضات الجوية البحرية الشمالية الغربية الماطرة، لتصبح غربية؛ تتجه من الغرب نحو الشرق فوق الجبل الأخضر، وذلك بنتيجة اعتراض رياح القبلي الربيعية الباردة

الجافة لرتوبة ولتكتاثفات المنخفضات الجوية الشمالية الغربية فوق الجبل الأخضر، وصمودها في الجهات الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية من الجبل إلى حين تتشكل جبهة رطوبة جوية فوق ظهر الجبل وفق ذلك الاتجاه الجغرافي، وذلك راجع لبرودة ولجفاف هواء رياح القبلي القادمة من الجنوب، إي من أجواء الصحراء الباردة نسبياً فيما تكون الرياح الشمالية الغربية رطبة دافئة، صور (14، 15، 16).

تحافظ الجبهة المتكونة فوق ظهر الجبل على مكانها لعدة ساعات إلى حين تصبح حرارة الهواء في الجهات الجنوبية الغربية من الجبل أكثر تجانساً أو أكثر دفئاً فتنهار جبهة الرطوبة في تلك الجهات ويتقهقر هواء رياح القبلي أمام زخم تقدم رطوبة الهواء الشمالي الغربي، صورة (17)، الذي يعمل برطوبته المتجمعة والمتراكمة على تخفيض الضغط الجوي المحلي هناك، فيتولد على المستوى المحلي ما يشبه الموجة، التي تتكون، بطريقة معاكسة لاتجاهات الرياح، في الجبهة القطبية التي تنفصل موجاتها على هيئة منخفضات جوية موجية متلاحقة من طرفها الجنوبي الغربي فوق شمال المحيط الأطلسي.

ووفق هذا التفسير يمكن استنباط أن هواء رياح القبلي تحت الجبهة المتكونة بنتيجة قربه من الأجواء البحرية الدافئة في الشمال الغربي من الجبهة أو من الجبل، ونتيجة احتكاكه أو تلامسه مع الهواء الدافئ الشمالي الغربي الموجود فوق الجبهة يصبح أدفأ ويتجه على طول الجبهة من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي لأجواء الجبل، ليكون كتلة هوائية دافئة نسبياً في الطرف الجنوبي الغربي للجبهة ذات ضغط جوي محلي ضعيف نسبياً ينهار أمام ضغط تقدم الهواء البارد البحري ويتراجع نحو الشرق، في البداية، عند الطرف الجنوبي الغربي

للجبهة، وفيما بعد تتطور الظاهرة بالتدرج نحو الشمال الشرقي لجبهة الرطوبة المحلية المتشكلة.

إن تقدم الهواء الرطب الدافئ البحري تدريجياً نحو خلف جبهة الرطوبة المتكونة، يؤدي لتجانس حرارة هوائها بالتدرج من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي، بما يسمح لتكاثفاتها بالتقدم شيئاً فشيئاً نحو الشرق، مما يجعل حركة تقدم رطوبة وتكاثفات المنخفض الشمالي الغربي تتجه من الغرب نحو الشرق، كأنها متقدمة في منخفض غربي في أجواء الجبل الأخضر، بعد التغلب على مجال عمل رياح القبلي الذي ينحسر بالتدرج نحو أجواء جنوب الجبل الأخضر.



صورة (14): أجواء هبوب رياح القبلي الباردة الجافة من جنوب الجبل الأخضر نحو البيضاء والسفوح الشمالية الممطرة، داخلي الجامعة، الاثنين 23.01.2017، الساعة 17:09.



صورة (15): جبهة رطوبة باتجاه شمال شرق جنوب غرب، تتكون نتيجة تقابل رياح القبلي الصحراوية الباردة الجافة مع الرياح الشمالية البحرية الدافئة الرطبة الممطرة لمنخفض جوي شمالي غربي فوق الجزء الشمالي من المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، من شرق البيضاء وحتى غرب مسه، الجزء الغربي من الجبهة، داخلي الجامعة، الاثنين 23.01.2017، الساعة 17:12.





صورة (16): تابع الصورة (15) السابقة؛ الجزء الشرقي من الجبهة الناتجة من اعتراض رياح القبلي الجنوبية الشرقية لرياح المنخفض الجوي الشمالي الغربي، داخلي الجامعة، الاثنين 23.01.2017، الساعة 17:14.



صورة (17): تقدم الغيوم الركامية في الجهة الجنوبية الغربية للجبهة من الغرب نحو الشرق لتصبح الحركة العامة للمنخفض الجوي من الغرب نحو الشرق بعد أن كانت حركة تقدمه في البداية من الشمال والشمال الغربي نحو الجنوب والجنوب الشرقي، وذلك راجع لصمود رياح القبلي في الجهات الشمالية الشرقية وتفقرها في الجهات الجنوبية الغربية أمام تقدم الرياح البحرية الرطبة، داخلي الجامعة، الاثنين 23.01.2017، الساعة 17:12.

توثيق ومتابعة تطور أجواء هبوب رياح القبلي على حوض الجبل الأخضر يتلوها منخفض جوي غربي منبثق عن الجبهة القطبية فوق شمال الأطلسي وصل بعد 9 أيام وأمطر الجبل الأخضر بمدينة البيضاء بنحو 91 ملم مطر/6أيام، تمتد من الثلاثاء 07.03.2017 إلى الأحد 12.03.2017، صور (من 18 إلى 43):

في هذا التوثيق تظهر كيفية تطور الطقس وتطور التكاثرات وتغير أجواء الرطوبة في سماء الجبل الأخضر في حال هبوب رياح قبلي تتجه من الصحراء الكبرى مروراً بأجواء الجبل الأخضر لتعبر مسطح مياه البحر المتوسط على كامل عرضه من الجنوب إلى الشمال، والتي تجتاز اليابس الأوربي حتى تكون كتلة هوائية قارية دافئة مدارية هناك، هذه الكتلة الهوائية تلقح الكتلة الهوائية القطبية الباردة البحرية في أجواء شمال المحيط الأطلسي على طول الجبهة القطبية التي تنفصل منها المنخفضات الجوية الموجية التي تتجه نحو الشرق والشمال الشرقي لتروي بأمطارها العروض المعتدلة في أوربا وحوض إقليم البحر المتوسط وبلاد المشرق العربي، في لبنان وفلسطين وسوريا والعراق، واليابس الآسيوي الممتد ما بين الخليج العربي وجبال الهملايا في الشرق.

بحسب المتابعة الميدانية للباحث لمثل هذه الحالات والتقلبات الجوية الرطوبية المرافقة لها، فقد تبين أن رياح القبلي الجنوبية التي نشطت في يوم 25.02.2017 والموثقة تأثيراتها الجوية المتتالية في أجواء الجبل الأخضر في الصور (من 18 إلى 32)، قد استغرقت رحلة ذهابها إلى الشمال الأوربي وعودة تأثير إيجابها بوصول المنخفض الجوي الرطوبي الغربي إلى سماء الجبل الأخضر نحو تسعة أيام، تلاها ستة أيام ماطرة؛ وثقت تقلباتها الجوية في الصور

(من 76 إلى 146 في الفصل السادس)، حيث غذى خلالها المنخفض الجوي مدينة البيضاء بحوالي 91 ملم مطر، صورة (141 من الفصل السادس)، وسهل بطة-المرج بنحو 60 ملم/6 أيام مطرة، صورة (145 من الفصل السادس).

في الفترة ما بين هبوب رياح القبلي التي تستحلب، في هذه الحالات، الرطوبة الجوية من الشمال البعيد، على مستوى الدورة العامة للرياح في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، ووصول المنخفض الجوي الرطوبي لفضاء الجبل الأخضر، فإن التأثيرات الجوية الرطوبية المحلية والإقليمية لرياح القبلي تبقى نشطة كما هو موثق بالصور (من 33 إلى 43) ، إذ تغتني أجواء الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية المتكاثفة المتنوعة إلى حين وصول المنخفض الجوي الغربي الرطوبي المطر المستحلب من جبهة الرطوبة القطبية الشمالية من الكرة الأرضية.



صورة (18): أجواء غائمة في حال هبوب رياح قبلي غير عنيفة بعد أجواء مطرة، هذه الرياح تنشط عمليتي التبخر من رطوبة التربة والنتح من النباتات، وبالتالي تزود أجواء الجبل بالرطوبة المتكاثفة على هيئة غيوم سمحاق طبقي وركامي، وتعمل على تجميع وتراكم الرطوبة الجوية فوق السفوح الجنوبية من الجبل أكثر مما هي عليه فوق السفوح الشمالية، جنوب داخلي الجامعة، السبت 25.02.2017، الساعة 14:33.



صورة (19): تكاثف الرطوبة فوق الجبل الأخضر في حال هبوب رياح القبلي على هيئة غيوم سمحاق وسمحاق طبقي، شرق شمال شرق داخلي الجامعة، السبت 25.02.2017، الساعة 14:33.



صورة (20): تكاثف الرطوبة الجوية في حال هبوب رياح القبلي من هامش الصحراء الكبرى، من جنوب الجبل الأخضر، على هيئة سمحاق ركامي وركام طبقي، شمال غرب داخلي الجامعة، السبت 25.02.2017، الساعة 14:33.



صورة (21): تجمع وتراكم الرطوبة الجوية على هيئة غيوم طبقية تتحول إلى ركامية في حال هبوب رياح القبلي من جنوب الجبل الأخضر، غرب جنوب غرب داخلي الجامعة، السبت 25.02.2017، الساعة 14:38.



صورة (23): كيفية تراكم الرطوبة الجوية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر بفعل هبوب رياح القبلي، مدينة البيضاء، جنوب المنطقة الصناعية، السبت 25.02.2017، الساعة 15:05



صورة (22): تراكم واضح للرطوبة فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر بفعل هبوب رياح القبلي من الجنوب وتطور الأجواء نحو الغيوم المزنية المخضبة، جنوب داخلي جامعة عمر المختار، السبت 25.02.2017، الساعة 14:38



صورة (25): تزايد الرطوبة الجوية المتكاثفة من جهة الجبل في الجنوب، على يمين الناظر للصورة، وتناقصها من جهة البحر في الشمال، على يسار الناظر للصورة، بفعل زيادة انضغاط الهواء القادم مع رياح القبلي من الجنوب، السفوح الشمالي للجبل الأخضر، الوسيطة، السبت 25.02.2017، الساعة 15:48



صورة (24): أجواء وطقس شمال البيضاء أقل رطوبة متكاثفة، سمحاق وسمحاق طبقي، من رطوبة أجوائها الجنوبية المتمثلة بغيوم طبقية تظهر في طابقين كما في الصورة (23) السابقة، مدينة البيضاء، شمال المنطقة الصناعية، السبت 25.02.2017، الساعة 15:06



صورة (26): أجواء البحر المتوسط في شمال الجبل الأخضر خالية من الرطوبة المتكاثفة بفعل انضغاط هواء رياح القبلي، القادمة من الجنوب والتي تصبح عند هبوطها التدريجي على السفح الشمالي أكثر دفناً فوق البحر وأكثر شراهة لاستيعاب الرطوبة الناتجة عن التبخير من مياه سطح البحر، لاحظ عدم وجود أمواج على الشاطئ لأن رياح القبلي تدفع بالمياه السطحية أمامها نحو داخل البحر أي نحو الشمال، السفح الشمالي للجبل الأخضر، الحافة الشمالية الأولى، شمال عقبة الحمامة، السبت 25.02.2017، الساعة 15:59.



صورة (27): لاحظ كيف تظهر الرطوبة المتكاثفة فوق يابس شاطئ الجبل الأخضر بفعل الهبوط المفاجئ لرياح القبلي، القادمة من الجبل في الجنوب، خلف الحافة الجبلية الأولى في جنوب شرق الحمامة الذي يحرض تيار محلي صاعد ومرتد يساهم في رفع الهواء وتبريده ومن ثم تكاثف رطوبته، شمال شرق عقبة الحمامة، السبت 25.02.2017، الساعة 15:59.



صورة (28): لاحظ التزايد النسبي في الرطوبة المتكاثفة فوق الحافة الجبلية الأولى وتناقصها كلما اقتربنا من الساحل الواقع على يسار الناظر للصورة لأن الهواء الدافئ لرياح القبلي فوق المصطبة الأولى أبرد نسبياً من الهواء فوق الساحل الأخفض طبوغرافياً بنحو 200م، شرق عقبة الحمامة، السبت 25.02.2017، الساعة 15:59.



صورة (29): لا أمواج تظهر على الشاطئ ولا رطوبة متكاثفة تظهر فوق البحر لكون رياح القبلي الدافئة، القادمة من الجنوب والهابطة على المنحدر الشمالي للجبل الأخضر، تدفع أمامها مياه سطح البحر نحو داخل البحر، أي نحو الشمال، شاطئ ما بين الحمامة والحنية، خليج شق عبد الرازق، السبت 25.02.2017، الساعة 16:42.





صورة (31): الرطوبة المتكاثفة على هيئة سمحاق طبقي لا تكفي لحجب أشعة شمس الغروب بفعل دفيء هواء رياح القبلي، مدينة البيضاء، غرب مجمع شهداء الجبل، الطريق الدائري، السبت 25.02.2017، الساعة 18:20.



صورة (30): تشتت الرطوبة الجوية المتكاثفة عند ما قبل الغروب، مدينة البيضاء، غرب المنطقة الصناعية، السبت 25.02.2017، الساعة 18:03.



صورة (33): طقس غائم غير كافي لحجب أشعة شمس الصباح كلياً في ما بعد رياح القبلي بليلة واحدة، شرق داخلي الجامعة، الأحد 26.02.2017، الساعة 08:52.



صورة (32): غياب الرطوبة المتكاثفة من الأجواء بفعل هضم هواء رياح القبلي الدافئ لها وعدم السماح لها من أن تنضج لحالة الهطول في كامل منطقة جنوب مدينة البيضاء، جنوب شرق داخلي الجامعة، السبت 25.02.2017، الساعة 18:35.



صورة (35): أمطار خفيفة فوق الجبل بعد هبوب رياح القبلي الجنوبية بيوم واحد، جنوب داخلي الجامعة، الأحد 26.02.2017، الساعة 16:48.



صورة (34): تزويد أجواء مدينة البيضاء، بعد رياح القبلي بيوم، بالرطوبة المتمثلة بطابقين من الغيوم؛ طابق علوي متصل على كامل مساحة الأجواء وطابق سفلي متقطع الأوصال، الطريق الدائري، غرب شركة أجميمة، الأحد 26.02.2017، الساعة 15:05.



صورة (37): رطوبة غير كافية لتغطية السماء عند الغروب، غرب داخلي الجامعة، الاثنين 27.02.2017، الساعة 18:06.



صورة (36): أجواء ماطرة بشدة خفيفة فوق الجبل بعد هبوب رياح القبلي الجنوبية بيومين، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 27.02.2017، الساعة 08:53.



صورة (39): رطوبة متمثلة بغيوم سمحاق تحجب جزئياً أشعة الشمس في الأعلى وغيوم ركامية في الأسفل تنمو رأسياً وتتطور في أجواء مدينة البيضاء، الطريق الدائري، جنوب مجمع شهداء الجبل، الثلاثاء 28.02.2017، الساعة 11:20.



صورة (38): أجواء رطبة ناضجة للهطول بأمطار خفيفة فوق الجبل بعد هبوب رياح القبلي الجنوبية بثلاثة أيام، جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 28.02.2017، الساعة 08:54.



صورة (41): تقدم الغيوم الركامية من الشمال نحو أجواء جنوب الجبل، شمال شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 28.02.2017، الساعة 16:33.



صورة (40): طرود من غيوم ركامية يتخللها الهواء الدافئ، وفرصة الهطول ضعيفة، جنوب شرق داخلي الجامعة، الثلاثاء 28.02.2017، الساعة 18:32.



توثيق متابعة أجواء رياح قبلي ربيعية تغني أجواء الجبل الأخضر بالجبهات والرطوبة والغبار، صور (من 44 إلى 59):

يبدو في هذا التوثيق التغيرات أو التقلبات السريعة في الطقس وتطورات تكاثفات الرطوبة الجوية السريعة على طول يوم واحد تسود فيه رياح القبلي أجواء ظهر الجبل الأخضر في محيط مدينة البيضاء؛ ففي ساعات الصباح من يوم 03.04.2017 تظهر تكاثفات الرطوبة الجوية على هيئة جبهة محلية تعلو السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، الصورتان (44 و45)، وبذات الوقت تتكاثف الرطوبة على هيئة سمحاق وركام طبقي يزين بحماله أجواء مدينة البيضاء، صورة (46)، ويلى ذلك تكوين جبهة رطوبة جوية محلية من سمحاق طبقي وغيوم طبقية تغطي أجواء الحافات الشمالية والساحل في شمال الجبل الأخضر، صورة (47)، ثم تتقدم جبهة الرطوبة الجنوبية نحو الشمال لتغطي سماء مدينة البيضاء عند منتصف النهار،

صور (48، 49، 50، 51)، ويرافق ذلك تطورات في تكاثف الرطوبة الجوية التي تبدو واضحة في تحولاتها التدريجية من سمحاق الذي يتولد منه الركام، والذي يتحول فيما بعد إلى ركام طبقي في الأجواء الغربية لمدينة البيضاء، الصورتان (52 و 53)، وفي ساعات ما بعد الظهر تخيم على أجواء ظهر الجبل شابورة كثيفة، نوعاً ما، ومغبرة تملأ سماء ظهر الجبل بسبب كثرة تكاثف الرطوبة الجوية على النويات الغبارية التي جلبتها رياح القبلي من جنوب الجبل وهامشه الصحراوي، صور (54، 55، 56)، وعند ساعات الغروب، من ذات اليوم، تنجلي الشابورة من الأجواء بنتيجة وصول هواء رطب يتقدم بتكاثفاته من غرب أجواء الجبل نحو شرقها، صورة (57)، لتتقلب الأجواء إلى غائمة رطبة في اليوم التالي الموافق 04.04.2017 بنتيجة تقدم الرطوبة الجوية وتكاثفاتها، من الغيوم الطبقيّة التي تملأ الأفق، من جهة الغرب، الصورتان (58 و 59).



سورة (44): ظهور الرطوبة الجوية، نتيجة تقدم رياح القبلي من الجنوب، على هيئة جبهة رطوبة محلية تغطي سماء السفح الجنوبي من الجبل الأخضر، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 03.04.2017، الساعة 10:32.



صورة (45): تابع الصورة (44) السابقة؛ امتداد جبهة الرطوبة المحلية، الناتجة عن هبوب رياح القبلي الربيعية، فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر نحو الشرق، جنوب جنوب شرق داخلي جامعة عمر المختار، الاثنين 03.04.2017، الساعة 10:33.



صورة (46): تكوين تكاثفات من غيوم سمحاق ركامي وركام طبقي، عالية وجميلة المظهر، في أجواء غرب مدينة البيضاء تمتد وتتطور من الجنوب نحو الشمال بنتيجة رفع الهواء الدافئ لبخار الماء الناتج عن التبخير وتكاثفه عند منسوب نقطة الندى، شمال داخلي الجامعة، الاثنين 03.04.2017، الساعة 10:42.





صورة (47): تكوين جبهة رطوبة محلية من سمحاق طبقي في أجواء الساحل في شمال مدينة البيضاء بفعل هبوط الهواء الدافئ لرياح القبلي على حافات المنحدر الشمالي للجبل، ورفع نواتج التبخير التي تتكاثف في أعلى الأجواء، شمال مجمع شهداء الجبل، الاثنين 03.04.2017، الساعة 11:21.



صورة (48) التقدم السريع لجهة الرطوبة المحلية من فوق السطح الجنوبي، في الجنوب، نحو أجواء مدينة البيضاء في الشمال، بفعل نشاط رياح القبلي الجنوبية، الطرف الغربي لجهة الرطوبة المحلية، جنوب غرب مجمع شهداء الجبل، الاثنين 03.04.2017، الساعة 11:24.



صورة (49): تابع الصورة (48) السابقة؛ الجزء الأوسط من جهة الرطوبة الجنوبية المحلية يصل لأجواء مدينة البيضاء، جنوب مجمع شهداء الجبل، الاثنين 03.04.2017، الساعة 11:24.



صورة (50): تابع الصورتان (48 و 49): السابقتين؛ الطرف الشرقي لجبهة الرطوبة المحلية الجنوبية يغطي أجواء مدينة البيضاء والبيضاء الجديدة، جنوب شرق مجمع شهداء الجبل، الاثنين 03.04.2017، الساعة 11:24.



صورة (51): تطور تكاثف الرطوبة الجوية من غيوم السمحاق لغيوم ركامية طبقية، والتي تتطور بدورها لغيوم طبقية تنضم للأطراف الشمالية لجبهة الرطوبة المحلية الجنوبية الناشئة بفعل هبوب رياح القبلي فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، شرق داخلي جامعة عمر المختار، الاثنين 03.04.2017، الساعة 13:00.



صورة (52): كيفية تطور تكاثف الرطوبة الجوية من سمحاق إلى ركام، أجواء داخلي الجامعة، الاثنين 03.04.2017، الساعة 13:00.



صورة (53): تطور تكاثف رطوبة الأجواء من سمحاق يتكون ويتراص على بعضه من الغرب نحو الشرق، أي من يمين الناظر للصورة نحو يساره، وتحوله لركام طبقي ناعم في جهة الجنوب كما يبدو في أسفل الصورة، أجواء داخلي الجامعة، الاثنين 03.04.2017، الساعة 13:01.



صورة (55): امتلاء كامل أجواء مدينة البيضاء الجنوبية والشمالية بالرطوبة والغبار الذي جلبته رياح القبلي الجنوبية، المنطقة الصناعية، الطريق المحلق الغربي لمدينة البيضاء، شمال سيدي رويغ الأنصاري، الاثنين 03.04.2017، الساعة 14:24.



صورة (54): امتلاء الأجواء الجنوبية بالرطوبة والغبار الذي جلبته رياح القبلي الجنوبية، جنوب مدينة البيضاء، المنطقة الصناعية، جنوب ورشة أكرم الهرش، الاثنين 03.04.2017، الساعة 13:38.



صورة (57): زوال الغبار الذي ساقته رياح القبلي الجنوبية من أجواء ظهر المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، وهيمنة الرطوبة المتكاثفة على الأجواء قبل الغروب، بعد تحويل الرياح لغربية، غرب داخلي الجامعة، الاثنين 03.04.2017، الساعة 19:05.



صورة (56): أجواء رطوبة مغبرة تصنعها رياح القبلي الجنوبية المتقدمة في أجواء ظهر الجبل الأخضر من جنوبه وحتى شماله، جنوب داخلي الجامعة، الاثنين 03.04.2017، الساعة 15:47.



صورة (58): تجديد تكاثف الرطوبة الجوية التي تملأ أجواء الجبل الأخضر بعد رياح القبلي بيوم واحد بفعل هبوب رياح غربية رطبة تتبع هبوب رياح القبلي، غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 04.04.2017، الساعة 15:00.



صورة (59): تأثير طبوغرافيا الظهر أو خط تقسيم المياه الواقعة عليه منطقة فرشيطة وجامعة محمد بن علي السنوسي، ما بين وادي الحاسي ووادي البلنج على تكاثف الرطوبة الجوية، حيث يتخلل الهواء الدافئ الناتج عن الظهر بين طرود الغيم الغربية والشرقية القادمة من الغرب، غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 04.04.2017، الساعة 18:44.

إن سقوط الثلوج وتراكمها على اليباس الأوربي يجعل درجة حرارة أجوائه تهبط لما دون درجة الصفر مئوية والتي سجلت في سويسرا نحو  $-37^{\circ}\text{C}$  و  $-25^{\circ}\text{C}$  في أجواء باريس في فرنسا، إن استمرار سقوط الثلج منذ الإثنين 05.03.2018 ولمدة أسبوع كامل على أوروبا الغربية، ثم سقوطها فيما بعد على شمال اليونان والجبل الأسود ويوغوسلافيا السابقة وبعض أجزاء من أوروبا الشرقية في منتصف العشرينيات، 25.03.2018، من ذات الشهر، وعودة



سقوطه فوق ألمانيا الغربية في نهاية الشهر، 29.03.2018، جعل اليباس الأوربي خاضعاً خلال ذلك الشهر لموجة صقيع باردة طويلة، تطلبت هبوب رياح قبلي دافئة توجهت من الصحراء الكبرى على طولها ما بين موريتانيا ومصر، ورياح سموم من شبه الجزيرة العربية والعراق نحو الشمال الأوربي المتجمد، بحسب النشرات الجوية لبعض القنوات الإخبارية كالجريدة، والتي خضعت خلالها أجواء الجبل الأخضر لهبوب رياح القبلي الغبارية شبه اليومية على طول شهر مارس، الذي راقب الباحث تغيرات أجوائه اليومية في مدينة البيضاء يوماً بيوم على طول ذلك الشهر، بما يعني أن استقرار كتلة هواء باردة متجمدة فوق اليباس الأوربي تجعل رياح القبلي تتجه نحوها يومياً ما دامت الحرارة منخفضة هناك حتى تعمل على رفعها للمعدلات الفصلية المطلوبة التي تهيئ ظروف عودة رياح القبلي بمنخفض جوي غربي أو شمالي غربي من الجبهة القطبية، والذي تتكون كتلته الهوائية الدافئة فوق يابس شمال أوربا وكتلته الهوائية الباردة فوق شمال المحيط الأطلسي، ويجلب معه الأمطار نحو اليباس الليبي، وعلى طول الشهر المذكور لم يتحقق تعادل حرارة أجواء أوربا، مما جعل رياح القبلي تتجه متتابعة يومياً شمالاً ليضيع تأثيرها الحراري هناك دون رجوعها على أجواء الجبل الأخضر في شيء يذكر من الأمطار، إذ أنه على طول الشهر المراقب لم تتجاوز كمية الأمطار الساقطة بحسب تقديرات الباحث في الجبل الأخضر 5 ملم؛ توزعت على ثلاثة أيام هي: الخميس 22.03 والجمعة 23.03 والأربعاء 28.03.2018.



## 9- الفصل التاسع

رطوبة وأمطار مرافقة للرياح الشرقية الربيعية فوق الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي

9- الفصل التاسع

رطوبة وأمطار مرافقة للرياح الشرقية الربيعية فوق الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي

\*- توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر بفعل هبوب الرياح الشرقية الشتوية، الصورتان (1 و 2).

\*- توثيق ومتابعة تكوين جبهات رطوبة محلية وأجواء رطبة وأمطار مرافقة للرياح الشرقية الربيعية في الجبل الأخضر، صور (من 3 إلى 22).

### رطوبة وأمطار مرافقة للرياح الشرقية الربيعية فوق الجبل الأخضر

تساهم الرياح الشرقية في رفع معدل أمطار الجبل الأخضر بشكل طفيف، لكون تكرار حدوثها قليل جداً، مقارنةً مع الرياح الغربية أو الشمالية الغربية أو مع تأثير الجبهات والرياح المحلية التي تتكون في أجواء ظهر الجبل الأخضر وسفحيه الشمالي والجنوبي بنتيجة عمل الحافات على التحكم بحركة الرياح المحلية والرطوبة التي تحملها.

تنشأ الرياح الشرقية في حالات نادرة عندما يتركز ضغط منخفض فوق النصف الغربي لحوض البحر الأبيض المتوسط يستدعي نحوه الرياح من أجواء أماكن الضغط المرتفع الذي يكون سائداً في حينها على جبال شرق المتوسط التي تكون مستقبلية مسبقاً كميات كبيرة من الثلوج التي تتراكم على قمم جبال لبنان الغربية والشرقية وسلسلة جبال الساحل السوري وجبال الأمانوس وطوروس وامتداداً نحو الشرق لتضم هضبة الأناضول في تركيا، أو آسيا الصغرى، وجبال زاغروس في غرب إيران، الثلوج المتراكمة على الجبال تجعل هواء الأجواء بارداً وجافاً لذلك يكون ثقيلاً ويخلق مع الوقت سيطرة كتلة هوائية باردة في أجواء شرق المتوسط ذات ضغط مرتفع نسبياً يلي استدعاء أجواء غرب البحر المتوسط ذات الضغط المنخفض له، فتتسبب الرياح الباردة من الجبال الشرقية للمتوسط نحو الغرب فوق المياه الدافئة للحوض الشرقي للمتوسط فتتزود بالرطوبة كلما تقدمت غرباً لتصل فوق الجبل الأخضر الذي تعمل سفوحه الشرقية وحافته الجبلية على رفع الهواء تدريجياً حتى يشبع بالرطوبة التي تتكاثف مخلقة بعض الهطولات المطرية التي تتوزع هنا وهناك.

هذه الرياح الشرقية التي يصادف هبوبها أحياناً بدايات فصل الصيف ترطب أجواء الجبل الأخضر بزخات مطرية ضعيفة جداً، وتلطف درجات الحرارة عند قدومها لذلك تسمى في الجبل الأخضر بريح البحري.

إن متابعة أجواء الرياح الشرقية في الجبل تبين أن الأمطار قد تسقط على كافة مساحة الجبل الأخضر من شرقه وحتى سهل بنغازي في الغرب كالحالة الربيعية المرفقة بهذه الدراسة والمتابعة ما بين مدينة البيضاء وسهل بطة-المرج والتي بلغت أمطارها، التي قاسها يونس الحمري، نحو 6 ملم في يوم واحد في مدينة البيضاء عملت فيه الرياح الشرقية على تزويد أجواء الجبل بالرطوبة، صور (من 1 إلى 22).

**توثيق تكوين جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر بفعل هبوب الرياح الشرقية الشتوية، الصورتان (1 و 2):**

في هذا التوثيق يتبين عمل الحافات والسفوح الجنوبية والشمالية للجبل الأخضر في التحكم في توجيه الرياح الشرقية الرطبة وتكاثفاتها في أجواء الجبل الأخضر، ثم يظهر عمل هذه الحافات في رفع الرطوبة الجوية على طولها لتتجمع تدريجياً في أجوائها كلما زاد تقدمها نحو الغرب بحيث تظهر تكاثفات الرطوبة الجوية فوق الحافات في هيئة ما يشبه جبهة رطوبة محلية تعلو تلك الحافات على كامل أطوالها، كما هو موثق بالصورتين (1 و 2)، حيث تبدو في كلتا الصورتان التكاثفات الجوية للجبهة فوق السفح الجنوبي في أفق متصل داكن يعلو يابس ظهر الجبل في الأفق البعيد السفلي من الصورتان.

ثم إن تأثيرات السفوح الشرقية للجبل تبدو واضحة على رطوبة الهواء القادم من الشرق؛ إذ كلما تقدم الهواء نحو الغرب فوق تلك السفوح كلما زاد ارتفاعه وتناقصت حرارته ليصبح مشبعاً بالرطوبة التي تتكاثف في الطابق السفلي من الغيوم على هيئة غيوم ركامية متتابعة تبدو واضحة وهي متجهة نحو الغرب، كما هو ظاهر في الصورتان (1 و 2).



صورة (1): جبهة رطوبة محلية تظهر في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر من جراء هبوب الرياح الشرقية، لاحظ وجود طباقين من الغيوم، جنوب داخلي الجامعة، السبت 01.02.2014، الساعة 14:05.



صورة (2): امتداد جبهة الرطوبة المحلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر نحو الشرق، الرطوبة الجوية قادمة مع الرياح الشرقية في طابقين، جنوب شرق داخلي الجامعة، السبت 01.02.2014، الساعة 14:05.

توثيق ومتابعة تكوين جبهات رطوبة محلية وأجواء رطبة وأمطار مرافقة للرياح الشرقية الربيعية في الجبل الأخضر، صور (من 3 إلى 22):

في التوثيق الآتي يبدو كيف أن الهواء الرطب، الغني بالتكاثفات المخصصة من الغيوم المزنية القادمة مع الرياح الشرقية فوق الجبل الأخضر والموضحة في الصور (3 و 4 و 5)، تتحكم به الحافات الجبلية للسفوح الجنوبية؛ إذ أنه كلما تقدم الهواء فوق تلك السفوح نحو الغرب كلما أجبرته الحافات على مسايرتها، بما يؤدي لرفعه التدريجي كلما تقدم نحو الغرب،



على أجسام تلك الحافات، مما ينتج عنه زيادة في برودة الهواء المتقدم المرتفع ليصبح أكثر تشبهاً بالرطوبة التي يزداد تكاثفها فوق تلك الحافات لتظهر هناك الرطوبة المتكاثفة على هيئة ما يشبه جبهة رطوبة تعلو تلك الحافات وتمتد على كامل أطوالها من الشرق نحو الغرب، كما تؤكد المتابعة الميدانية ما بين مدينة البيضاء ومنتزه وادي الكوف على طريق البيضاء-المرج، صور (6، 7، 9، 10، 12، 13 و14)، إن عمل الحافات والسفوح الشمالية للجبل الأخضر يماثل عمل الحافات والسفوح الجنوبية في التحكم بتيارات هواء الرياح الشرقية وما تجلبه معها من رطوبة جوية تجمعها وتراكمها الحافات الشمالية وتعمل على تكاثفها في هيئة جبهة رطوبة ممتدة على كامل أطوال الحافات الجبلية الشمالية من شرق إلى غرب الجبل الأخضر كما تؤكد المشاهدات والمتابعة الميدانية ما بين مدينة البيضاء وحتى سهل المرج على طول مسافة تقارب 100 كم، والموثقة بالصور (11، 15، 16 و17).



صورة (3): غطاء من الغيم المزني قادم مع الرياح الشرقية من شرق البحر المتوسط لتمرکز منخفض جوي فوق غرب البحر المتوسط، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09.02.



صورة (4): رياح شرقية، محملة بالرطوبة المتمثلة بغيوم مزنية، تهب من فوق السفوح الشرقية نحو السفوح الغربية للجبل الأخضر، شرق جنوب شرق داخلي جامعة عمر المختار، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09.02.



صورة (5): لاحظ كيف تتقدم الرياح الشرقية المحملة بالرطوبة من الشرق والشمال الشرقي نحو الغرب والجنوب الغربي للجبل لتتطور جبهة رطوبة محلية على طول أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر، شرق داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:17.



صورة (6): تابع الصورة (5) السابقة امتداد جبهة الرطوبة المحلية من الشرق نحو الغرب، فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر بفعل تجميع حافته لرطوبة الرياح الشرقية وتراكمها في أجوانها، شرق جنوب شرق داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:17.



صورة (7): فرز واضح لجبهة الرطوبة المحلية فوق السفوح الجنوبية للجبل الأخضر بفعل عمل حافات السفح الجنوبي على تجميع وتراكم الرطوبة في أجوائها، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:16.



صورة (8): عمل حافات السفح الشمالي للجبل الأخضر في تجميع وتراكم الرطوبة في أجوانها على هيئة رطوبة محلية تحتل أجواء السفوح الشمالية للجبل الأخضر، شمال داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:14.



صورة (9): امتداد استمرار عمل الحافلات الجنوبية للسفح الجنوبي في تجميع وتراكم الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية على هيئة جبهة محلية في أجوائها يفصلها عن رطوبة أجواء الجبل هواء دافئ نسبياً، فرشيطة، جنوب جنوب شرق جامعة محمد بن علي السنوسي، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:28.





صورة (10): امتداد جبهة الرطوبة المحلية لحافات جنوب الجبل نحو الغرب نتيجة تقدم الرطوبة مع الرياح الشرقية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، فرشيطة، جنوب جامعة محمد بن علي السنوسي، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:27.



صورة (11): تركز الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية فوق الحافة الثانية الشمالية للجبل الأخضر التي تبدو على هيئة جبهة محلية، لاحظ وجود طابقيين من الغيوم، طريق البيضاء-بنغازي، فرشيطة، شمال جامعة محمد بن علي السنوسي، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:28.



صورة (12): امتداد تأثير عمل حافات السفح الجنوبي للجبل الأخضر في تجميع وتراكم الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية في أجوائها، طريق البيضاء-بنغازي، جنوب شرق متنزه الكوف الوطني، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:48.



صورة (13): تابع الصورة (12) السابقة؛ عمل السفح الجنوبي بتراكم الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية في أجوانه، طريق البيضاء-بنغازي، جنوب جنوب شرق متنزه الكوف الوطني، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:48.



صورة (14): تابع الصورتان (12 و 13) السابقتين؛ عمل حافات السفح الجنوبي للجبل الأخضر في تجميع وتراكم الرطوبة الجوية القادمة مع الرياح الشرقية على امتداد الجبل من الشرق نحو الغرب، طريق-البيضاء-بنغازي، جنوب منتزه الكوف الوطني، الجمعة 17.03.2017، الساعة 09:48.



صورة (15): استمرار عمل الحافة الأولى الشمالية للجبل الأخضر في تجميع وتراكم الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية في أجوائها من شرق الجبل وحتى غربه، سهل بطة-المرج، شمال شمال غرب أسطاطة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 10:47.



صورة (16): تابع الصورة (15) السابقة، استمرار عمل الحافة الأولى الشمالية غرب شمال غرب سهل بطة-المرج في تراكم الرطوبة الجوية القادمة مع الرياح الشرقية في أجوائها، غرب شمال غرب أسطاطة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 10:47.



صورة (17): تراكم الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية فوق الحافة الأولى للجبل على هيئة غيوم ركامية، لاحظ كيف يرتبط شكل الغيوم بشكل طوبوغرافية المقطع العرضي للوادي وجوانبه، شمال غرب سهل بطة-المرج، شمال العقائل، الجمعة 17.03.2017، الساعة 11:07.

إن هبوب الرياح الشرقية الربيعية الرطبة، على الجبل الأخضر على طول يوم الجمعة الموافق 17.03.2017، بحسب متابعته الميدانية ما بين البيضاء وسهل المرج ذهاباً وإياباً، يغني أجواء الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية والتكاثفات من الغيوم المزنية ضعيفة التخصيل وضعيفة الأمطار لكونها لم تتزود بحمولة مهمة من الرطوبة لكون منشعها شرق المتوسط القاري من جهة، ولكونها لم تحتاز سوى مسافة قصيرة فوق مياه شرق البحر المتوسط من جهة ثانية، لذلك فأمطارها لم تتجاوز، في مدينة البيضاء على المصطبة الثانية من الجبل، 6 ملم/ يوماً



واحدًا، حيث أن ظروف التكاثف التي تولد الهطول لا تتحقق إلا عند ملائمة الظروف الجوية الرطوبية المؤدية لذلك؛ لذا نصادف أحياناً زخات مطرية خفيفة في أسطاطة عند مشارف الحافة الثانية لسهل المرج، صورة (18)، تلك الأمطار الخفيفة يلاحظها المسافر ما بين فينة وأخرى على السفوح الغربية للجبل على طول الطريق ما بين سهل المرج ومدينة البيضاء في ساعات ما بعد العصر، صورة (19)، ثم إن توجه تكاثفات الرطوبة من الغيوم نحو الجنوب والجنوب الغربي لمدينة البيضاء يدل على تساقط الأمطار فوق السطح الجنوبي هناك، صورة (20)، والتي توثق تأكيده الصورة (21)، هذه الرياح الشرقية الرطبة التي استمر هبوبها على طول يوم الجمعة وقسط من ليل السبت، زال تأثيرها في صباح يوم السبت، الذي أصبحت الرياح فيه غربية رطبة في أجواء مدينة البيضاء، صورة (22).



صورة (18): أجواء ماطرة في أسطاطة في جنوب سهل بطة-المرج، بفعل تأثير الحافة الثانية المطلة على السهل، والتي تعمل على تجميع وتراكم الرطوبة القادمة مع الرياح الشرقية وتطورها حتى النضج والهطول، طريق بطة-أسطاطة، جنوب منطقة سيدي سعيد، الجمعة 17.03.2017، الساعة 15:21.



صورة (19): أجواء مطرة ما بين سهل المرج والبيضاء والرياح ما تزال شرقية، أمطار قاسها  
يونس الحمري في العمارات البيض يوم الجمعة في البيضاء قدرها 6 ملم، مدينة البيضاء،  
الرطوبة تتجه من الشرق والشمال الشرقي نحو الغرب والجنوب الغربي لتتراكم فوق السطح  
الجنوبي للجبل، شرق داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 17:06.



صورة (20): توجه الرطوبة من الشرق والشمال الشرقي نحو الغرب والجنوب الغربي حيث تتحكم أجواء السفح الجنوبي في تجميع وتراكم الرطوبة، شرق جنوب شرق داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 17:06.



صورة (21): تراكم الرطوبة القادمة من الشرق ومن الشمال الشرقي للجبل فوق أجواء السفح الجنوبي الماطرة بفعل إعاقاة سرعة الرياح الشرقية على السفح الجنوبي ورفعها للهواء الرطب قدر الإمكان نحو الأعلى، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 17.03.2017، الساعة 17:06.



صورة (22): تغير اتجاه الرياح الحاملة للرطوبة الجوية إلى غربية في صباح اليوم التالي، غرب داخلي الجامعة، السبت 18.03.2017، الساعة 09:32.

## 10- الفصل العاشر

أجواء رطوبة وتكاثفات خاصة تتمتع بها أجواء الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي

## 10- الفصل العاشر

### أجواء رطوبة وتكاثفات خاصة تتمتع بها أجواء الجبل الأخضر

#### د. محمد غازي الحنفي

- \*- توثيق تطور تراكم الرطوبة الجوية السفلية محلياً في المكان نفسه في حال وجود طابق علوي من غيوم سمحاق خطية الشكل قد تكون بعلاقة مع التيار النفاث في الغلاف الجوي العلوي للجبل الأخضر، صور (من 1 إلى 16).
- \*- تكوينات حبكة بديعة من تكاثف الرطوبة الجوية تبشر بأمطار لاحقة، صور (من 17 إلى 25).
- \*- من غرائب تكوينات تكاثف الرطوبة الجوية في أجواء الجبل الأخضر، الصورتان (26 و 27).
- \*- من عجائب تكوينات تكاثف الرطوبة الجوية في الجبل الأخضر، صورة (28).
- \*- أجواء رطوبة خاصة: الثلج أحد مظاهر تساقط الرطوبة الجوية المتكاثفة في الجبل الأخضر، صور (من 29 إلى 36).
- \*- ظاهرة الندى الليلي ومساهمتها في الرطوبة الأرضية والجوية للجبل الأخضر والدورة المائية المحلية.
- \*- توثيق بعض مظاهر الندى الخريفي على المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، صور (من 37 إلى 39).
- \*- توثيق تطور تغير رطوبة أجواء ريفية مشمسة هادئة ما بين الندى الصباحي وحزم أو شعب من غيوم مسائية تتطور بسبب تبخر رطوبة الأودية والتي قد تكون بعلاقة مع التيار النفاث، صور (من 40 إلى 55).
- \*- توثيق تطور تغير رطوبة أجواء صيفية رطبة حتى تكوين الندى الليلي والصباحي، ويتبع ذلك تكوين جبهة رطوبة محلية فوق المصطبة الأولى من الجبل الأخضر بفعل التبخر والنتح من المحاصيل الزراعية، صور (من 56 إلى 65).
- \*- توثيق جريان سيول مهمة ناتجة عن حالات جوية خاصة تحدث فيضانات غير معتادة في بعض بيئات مناطق الجبل الأخضر في عام 2018، صور (من 66 إلى 77):
- \*- توثيق تكرار حالات طقس خريفية لجبهات رطوبة محلية ماطرة تحدث سيول عارمة في أحواض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الصورتان (77 و 78).
- \*- توثيق تجدد تكرار الظاهرة الجوية في خلق جبة رطوبة محلية تمطر السفح الجنوبي للجبل الأخضر بأمطار غزيرة جداً وتحدث أضخم فيضان مياه سيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في 27.09.2018، صور (من 79 إلى 90).



- \*- توثيق جريانات سيول ضخمة غير مألوفة في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، في يوم الخميس الموافق 27.09.2018، صور (من 82 إلى 90)
- \*- تقصي وتوثيق نتائج أمطار الجبهة الجنوبية المحلية ومتابعة آثار فيضان جريان السيول الضخمة غير المعتادة التي نتجت عنها على السفح والسهل الجنوبيين للجبل الأخضر، صور (من 91 إلى 116) .
- \*- توثيق بعض أضرار أهالي بلدة المخيلي من فيضان سيل وادي الرملة، صور (من 108 إلى 110)
- \*- توثيق جمع مياه سيول فيضان الأودية في بلطة الرملة الغربية وتكوين بحيرة مياه مؤقتة فيها، صور (من 111 إلى 116).
- \*- من الطائرة متابعة وتوثيق أجواء الجبل الأخضر وتقصي مصير فيضان سيول السفح الجنوبي للجبل الأخضر المتجمعة في البلط على هيئة بحيرات مائية مؤقتة صور (من 117 إلى 140).
- \*- توثيق تكرار الحالة الجوية والأمطار وحدوث السيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 10.2018، صور (من 141 إلى 143).
- \*- توثيق شكل وأبعاد عبارة المخيلي ورسوبيات أرضية فتحات العبارة الثلاث، صور (من 144 إلى 147)
- \*- قياس وتوثيق تراجع منسوب بحرة مياه بلطة الرملة الغربية بعد 45 يوم من امتلائها الأخير في 08 و09.10.2018، صورتين (148 و 149).
- \*- توثيق صورة لجامعة عمر المختار من الأجواء، صورة (150) .

توثيق تطور تراكم الرطوبة الجوية السفلية محلياً في المكان نفسه في حال وجود طابق علوي من غيوم سمحاق خطية الشكل قد تكون بعلاقة مع التيار النفث في الغلاف الجوي العلوي للجبل الأخضر، صور (من 1 إلى 16):

يتناول هذا التوثيق تكاثف الرطوبة الجوية في سماء الجبل الأخضر في ظروف جوية تسود فيها الأجواء المشمسة الهادئة التي لا رياح أفقية فيها، وتصادف أيام الانقلاب الشتوي، إذ يلاحظ المراقب للأجواء وجود طابق علوي تتكاثف رطوبته على هيئة غيوم سمحاق خطية اتجاهها العام شرق-غرب، صور (من 1 إلى 16)، قد يكون تكوينها مرتبطاً بالتيار النفث الذي يحدث في الطبقات العليا من الغلاف الجوي، هذا التيار نتيجة سرعته الفائقة التي تزيد عن 300 كم في الساعة، قد يجذب خلفه طبقة الهواء السفلية الدافئة من التروبوسفير نحو الأعلى، فتتكاثر رطوبتها الضعيفة نسبياً عند المستوى الملاحظ على هيئة سمحاق خطي الشكل، صور (1، 2، 3، 16)، إن جذب طبقة الهواء الدافئة السفلية ورفعها نحو الأعلى، تجعل الهواء الأبرد نسبياً يحتل مكانها بالأسفل فيحدث انقلاب حراري في الغلاف الجوي؛ بحيث يصبح الهواء البارد في الأسفل ويعلوه الهواء الدافئ في الأعلى، ووفق ذلك فالرطوبة الجوية الموجودة في الهواء السفلي المنخفض، والتي تنزود من البخار الناتج من مياه الصرف الصحي في منطقة الغريقة الواقعة جنوب شرق مدينة البيضاء ومن الرطوبة الأرضية ومن نتج النباتات، لا تستطيع الصعود في الهواء العلوي الأدفأ الموجود فوقها، لذلك تتكاثف في طبقة الهواء السفلي الأبرد على هيئة طرود غيوم ركامية منخفضة تنمو وتكبر وتتطور في الأجواء السفلى، ولا يمكنها التحرك إلا أفقياً بنتيجة فروق الضغوط الجوية المحلية

لطرود الغيوم المتكونة؛ أي أن طرد الغيم الركامي المتمتع بضغط جوي ذاتي محلي أخفض يستطيع جذب الرطوبة الجوية المحيطة المجاورة له بشكل أسرع وبكمية أكبر؛ ومن ثم يستطيع جذب وهضم طرود الغيم المجاورة، ذوات الضغوط الجوية الذاتية المحلية المرتفعة نسبياً، والقريبة منه، وبذلك يكبر طرد الغيم الركامي ويتضخم على حسابها في المكان نفسه من الأجواء.



إن متابعة الباحث لتطور تكاثف الرطوبة الجوية المحلية في أماكنها المختلفة من أجواء الجبل الأخضر على هيئة غيوم ركامية سفلية وتوثيقها في الصور (من 3 إلى 16) خلال حوالي 92 دقيقة تمتد من الساعة 12:38، صورة (3)، إلى 14:09، صورة (15)، من يوم الثلاثاء الموافق 12.06.2016، وعلى طول فترة، حوالي ساعتين، تمتد من الساعة 12:13، صورة (1) إلى الساعة 14:14، صورة (16)، تدل على أن الرطوبة الجوية المحلية ذات تأثير حيوي لا يمكن تجاهله على مكونات الأنظمة البيئية المحلية المتنوعة في الجبل الأخضر، ومن المفروض الاستفادة منها قدر المستطاع في تنمية موارد تلك الأنظمة البيئية المحلية.



صورة (1): غيوم سمحاق خطية الشكل باتجاه غرب شرق تحتل الطابق العلوي من تكاثف الرطوبة الجوية في سماء الجبل الأخضر، وغيوم ركامية في الطابق السفلي تبدو هادئة الحركة وتتطور أفقياً في أماكنها بفعل اختلافات الضغط الجوي المحلي بينها وبين محيطها، غرب داخلي الجامعة، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:13.



صورة (2): غيوم سمحاق علوية خطية باتجاه شرق غرب وغيوم ركامية سفلية، تحافظ على مظهر الحالة الجوية نفسه للصورة (1) السابقة، المنطقة الصناعية، شمال ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:37.

<p>صورة (3): مراقبة تطور الغيوم الركامية في المكان نفسه من الأجواء السفلية التي تعلو منطقة الغريقة التي تصرف نحوها مجاري الصرف الصحي لمدينة البيضاء، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء، 06.12.2016، الساعة 12:38.</p>	
<p>صورة (4): متابعة تطور الغيوم الركامية في المكان نفسه، نتيجة تكاثف الرطوبة الجوية الناتجة من تبخير الرطوبة الأرضية والنتح، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء، 06.12.2016، الساعة 12:42.</p>	



صورة (5): تطور الغيوم الركامية في المكان نفسه؛ ظهور غيمتين صغيرتين في مقدمة طرد الغيم المتناول، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:46.



صورة (6): تطور الغيمتين الصغيرتين في مقدمة طرد الغيوم المتناول لجهة الشمال في يسار الصورة، ثم عملية هضم الطرد الأكبر لهما شيئاً فشيئاً، بسبب فروق الضغط المحلي الذاتي لكل غيمة، لاحظ كيف تتكون نواة غيمة صغيرة في أعلى مقدمة المنظر وكيف ستتطور بسرعة في الصورة (7) التالية خلال دقيقة واحدة، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:50.



صورة (7): تطور نواة الغيمة في مقدمة المنظر لغيمة ظاهرة بفعل انخفاض الضغط الجوي المحلي الخاص بها وجذبه للرطوبة من محيط نواة الغيمة، كما يبدو تطور طرد الغيم المتناول على حساب الغيوم الصغيرة عند مقدمته الجنوبية، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:51.



صورة (8): جذب رطوبة الغيمة الصغيرة في مقدمة المنظر نحو طرد الغيم الأكبر ومن ثم تلاشيتها التدريجي مقابل تضخم طرد الغيم المتناول في جهته الجنوبية، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:54.





صورة (9): شبه تلاشي للغيمة الصغيرة في مقدمة المنظر، وتطور طرد الغيم المتطاوول، وتطور طرد غيم يقع خلف أوراق شجرة الأوكالبتوس، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 12:58.



صورة (10): تطور طرد غيم خلف شجرة الأوكالبتوس ومنافته في جذب الرطوبة لطرد الغيم المتطاوول بسبب الضغط الأخفض في داخله وعلى محيطه، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 13:14.



صورة(11): لاحظ توقف دخان الحريق، على يمين شجرة الأكاسيا، عن الحركة في أي من الاتجاهات مما يدل على الهدوء شبه التام للرياح في مكان الدراسة، وتطور الغيوم في ذات المكان نتيجة التزويد بالرطوبة على حساب التبخر من مياه الصرف الصحي، ومن رطوبة التربة ومن نتح نباتات غابة الجبل الأخضر، المنطقة الصناعية، جنوب شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 13:14.



صورة (12): تطور طرد الغيم من خلف أوراق شجرة الأوكالبتوس نحو الجنوب بجذبه القدر المهم من رطوبة المكان، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 13:29.



صورة (14): تطور تراكم الرطوبة المحلية في ذات المكان عن طريق التحام طرود الغيوم ببعضها البعض والتقاءها عند نقطة أخفض ضغط جوي محلي يقع إلى الجنوب الشرقي من شجرة الأكاسيا كما في الصورة (15) التالية، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 14:09.



صورة (13): تطور تكاثف وتراكم الرطوبة في المكان نفسه لطرود الغيم الركامية المراقبة كما في الصور (من 3 إلى 12) السابقة، المنطقة الصناعية، شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 13:43.



صورة (16): استمرار حالة طقس الصباح فوق مدينة البيضاء وشمالها بسيادة انتشار غيوم السمحاق الخطي الشكل باتجاه شرق غرب كما في الصورة (2) على مدى حوالي 97 دقيقة من المراقبة في ذات المكان، المنطقة الصناعية، شمال ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 14:14.



صورة (15): التقاء طرود الغيوم المتطورة في مكانها في منطقة الضغط الجوي المحلي الأخفض، المتحكم الوحيد بحركتها في هذه الحالة الخاصة والذي يقع مكانه جنوب شرق شجرة الأكاسيا، المنطقة الصناعية، شرق- جنوب شرق ورشة الحنش، الثلاثاء 06.12.2016، الساعة 14:09.

تكوينات حبكة بديعة من تكاثف الرطوبة الجوية تبشر بأمطار لاحقة، صور (من 17 إلى 25):

في التوثيق الآتي يبدو أن تكاثف الرطوبة الجوية يأخذ شكلاً بديعاً نادر الحدوث في أجواء الجبل الأخضر، إذ تبدو الغيوم متمثلة بحبكة جميلة من الغيوم الركامية الطبقيّة التي تتكون في أعقاب أجواء صحو مشمسة ربيعية في الصباح، بحيث تتكاثف الرطوبة الجوية اليومية في أجواء ما بعد العصر على هيئة غيوم ركامية طبقيّة في مستوى واحد، صورة (17)، وتنظم الغيوم بطريقة تشبه الحصيصة أو بساط الشعر المحبوك، صورة (18)، لتغطي السماء كاملة بحيث لا تسمح لأغلب أشعة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض، هذه التكاثفات يبدو أنها قد تتكون فجأة بتأثير تيار نفاث علوي يعمل على رفع الهواء السفلي الدافئ الرطب نحو الأعلى نتيجة تخلخل الضغط الجوي عند وبعد مروره فوق أجواء الجبل، بما يسمح لرطوبة الهواء السفلي بالمرور بآليات التكاثف المتتالية؛ من انخفاض في درجة الحرارة، وانخفاض الضغط الجوي، والتمدد، والتبريد الذاتي، والتشبع بالرطوبة التي تتكاثف بالنهاية على النحو الموثق بالصور (من 17 إلى 22)، إن ما يدعم هذا الرأي للباحث ملاحظة وجود تيار هوائي يحدث في مستوى الغيوم الركامية المتكاثفة، وتبدو آثاره واضحة جلية متمثلة بتيار من غيوم سمحاق تتولد من الغيوم الركامية، هذا التيار يخترق الغيوم الركامية ويتجه من الغرب نحو الشرق، الصورتان (19 و 20)، وكلما تقدم تيار الهواء المتمثل بغيوم السمحاق نحو الشرق كلما بدت تأثيراته في أجواء حبكة الرطوبة المتكاثفة ركامياً أكثر وضوحاً، فهو في الصورة (20) يخترق الحبكة ويربك انتظام غيومها على جانبيه الأيمن

والأيسر؛ حيث تبدو غيوم الحبكة تنجر أو تنجذب على جانبي التيار نحو الأمام الشرقي الذي يتقدم نحوه تيار غيوم السمحاق، لتصبح الغيوم الركامية في المقدمة الشرقية تنتظم وتتهيكل على هيئة غيوم موجية تساير وتجاور تيار الهواء المكون للسمحاق من الجانبين، الصورتان (21 و 22)، والذي يطردهما بعيداً نحو الجانبين عند مقدمته الشرقية نتيجة تباطؤ حركة تقدمه.

هذه الأجواء الرطبة وتطورات انخفاض الضغط الجوي للأجواء المحلية تبشر عادةً بأجواء مطرة فوق الجبل بعد يوم أو يومين من حدوث الظاهرة، لكونها تستدعي وتستجلب رطوبة الأجواء البحرية المجاورة من جهة الشمال ليراهها المراقب تتقدم على هيئة غيوم ركامية سفلية، تظهر تحت حبكة الغيوم الركامية العلوية، وتزود الأجواء بمزيد من الرطوبة، صورة (23)، ويستمر تزويد الأجواء بالرطوبة الجوية البحرية المتكاثفة في اليوم التالي لحدوث الظاهرة، صورة (24)، يلي ذلك في اليوم الثالث أجواء مطرة نتيجة نضج تكاثف الرطوبة الجوية في أجواء المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، في محيط مدينة البيضاء، صورة (25).



صورة (17): غيوم ركام طبقي تغطي سماء مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، الجمعة  
25.03.2016، الساعة 17:14.



صورة (18): حبكة نادرة الحدوث من غيوم ركام طبقي تملأ سماء جنوب وغرب البيضاء وتولد أمطاراً بعد يومين، بلغراء، الجمعة 25.03.2016، الساعة 17:30.

<p>صورة (19): اضطراب حبكة الغيوم بتيار ما، قد يكون ناتج عن تأثير تيار نفاث في أعلى الغلاف الجوي، متجه من الغرب نحو الشرق، الجزء الغربي من الظاهرة، جنوب غرب حي التفاح، قلمنية، الجمعة 25.03.2016 الساعة 18:00.</p>	
<p>صورة (20): تابع الصورة (19) السابقة من جهة الشرق، نثر الغيوم الركامية بتأثير التيار على هيئة غيوم سمحاق خطية تتخلل حبكة الغيوم الركامية وتتجه من الغرب نحو الشرق، الجزء الشرقي من الظاهرة، قلمنية، الجمعة 25.03.2016 الساعة 18:00.</p>	





صورة (21): تابع الصورة (20) السابقة من جهة الشرق، لاحظ كيف أن تيار غيوم السمحاق الخطي المتجه من الغرب نحو الشرق في الوسط يعيد ترتيب الغيوم الركامية على جانبيه، ويطردها نحو يمينه ويساره لتأخذ شكل أمواج متباعدة عن مركز الظاهرة، قلمنية، الجمعة 25.03.2016، الساعة 18:16.



صورة (22): تأكيد وتوضيح لما ذكر في الصورة (21) السابقة بأن تيار السمحاق الخطي يتقدمه نحو الشرق يعيد هيكلة وانتظام الغيوم الركامية لتأخذ شكل الأمواج، ويطردها نحو جانبيه، قلمنية، الجمعة 25.03.2016، الساعة 18:16.



صورة (23): تقدم الرطوبة السفلية الظاهرة حديثاً، تحت الحبكة، على هيئة غيوم ركامية متطاولة من الأجواء البحرية المجاورة، من فوق مدينة البيضاء إلى جهة جنوب شرق، شمال قلمنية، الجمعة 25.03.2016، الساعة 18:17.



صورة (25): نضج تكاثف الرطوبة الجوية بعد يومين من حدوث ظاهرة الحبكة، وخلق أجواء ماطرة في مدينة البيضاء، شرق داخلي الجامعة، الأحد 27.03.2016، الساعة 11:57.



صورة (24): أجواء البيضاء الغائمة تتزود بالرطوبة الجوية البحرية المتكاثفة في اليوم التالي لحدوث ظاهرة الحبكة، موقع بلغراي الأثري، السبت 26.03.2016، الساعة 17:00.

من غرائب تكوينات تكاثف الرطوبة الجوية في أجواء الجبل الأخضر، الصورتان (26 و27):

في هذا التوثيق تتجلى ظاهرة تكاثف فريدة وغريبة جداً للرطوبة الجوية في أجواء الجبل الأخضر؛ إذ تأخذ التكاثرات الجوية شكل حزمة ضخمة؛ عرضها قليل شبه منتظم يقارب 500 م، وطويلة جداً من غيوم السمحاق الكثيفة المزينة التي تمتد من فوق سهل بنغازي في الغرب لمسافة تقارب 90 كم نحو الشرق، لتتجاوز في طولها كل سهل المرح-بطة، تلك الحزمة من التكاثرات تبدو بعيدة عن تأثيرات الحافتين الأولى والثانية للجبل الأخضر، لكون مكانها في الأجواء يتوسط المصطبة الأولى، ولكونها تعبر الحافة الأولى الغربية التي تفصل الجبل عن سهل بنغازي دون أي تأثير ملحوظ للحافة في شكلها، ثم إن شكلها

ونظام نسج تكاثفاتها لا يشبه أشكال جبهات الرطوبة المحلية المتوسطة التي تغطي عادةً طولياً أجواء الحافات بعرض يتعدى بضعة كيلومترات، لذلك يرى الباحث أن تشكل هذه الظاهرة قد يكون مرتبطاً بشعبة من شعب التيار النفث السريع الذي يحدث في الغلاف الجوي العلوي في فترة ما بعد العصر، بما يحرض حدوث تيار من الهواء السفلي على متابعة شعبة التيار النفث العلوي، نتيجة تخلخل الضغط الجوي فوقه في الأعلى، فيسير هذا التيار السفلي خلفها من الغرب نحو الشرق صاعداً تدريجياً مع تقدمه نحو الأعلى، مما يجعل رطوبته تمر بآليات التكاثف المتتابعة، إلى حين تكاثف رطوبته على نحو يؤدي لخلق هذه الظاهرة الفريدة المدهشة، الصورتان (26 و 27).



صورة (26): طرد غيم من الرطوبة المتكاثفة على هيئة حزمة خطية ضخمة من سمحاق طبقي مزني كثيف ممتد فوق سهل بنغازي وسهل المرج وبطة من الغرب نحو الشرق لأكثر من 80 كم، قد يكون ناتج عن تيار نفاث في الغلاف الجوي العلوي، النصف الغربي من طرد الغيوم، بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 17:40



صورة (27): تابع الصورة (26) السابقة، الجزء الشرقي من طرد غيوم السمحاق الطبقي الخطي، بطة، الجمعة 13.01.2017، الساعة 17:40.

من عجائب تكوينات تكاثف الرطوبة الجوية في الجبل الأخضر، صورة (28):

في التوثيق الآتي تبدو حالة عجيبة فريدة جداً من أشكال تكاثفات الرطوبة الجوية في أجواء الصحو المسائية للمصطبة الثانية من الجبل الأخضر، إذ يظهر في الأجواء طرد غيم خطي منفرد أو وحيد، في سماء المصطبة، وعلى علو منخفض، من غيوم ركامية، هذا الطرد يمتد عرضياً باتجاه شمال-جنوب فوق المصطبة الثانية بطول يقارب 10 كم، وعرضه لا يتجاوز عشرات الأمتار، بحيث يأخذ شكله العام الشكل الهندسي الأسطواني، ويتقدم بكامل طوله

بانتظام وببطء شديد من الغرب نحو الشرق، فعلى الرغم من وجود تكاثفات من غيوم سمحاق تظهر في الصورة (28) بالأفق الغربي البعيد من الأجواء، فإن المشاهدة الميدانية تدل على أن لا علاقة لتكاثفات السمحاق البعيدة بطرد غيم الركام الخططي العرضي الغريب المذكور المشاهد والمراقب فوق شرق البيضاء الجديدة، صورة (28)، وعليه من الصعب تفسير حدوث هذه الظاهرة التي يمكن أن يحدث ما يشابهها خلف الطائرات النفاثة التي تطلق خلفها نواتج الاحتراق من بخار ماء، ونواتج حرق أخرى يتكاثف حولها البخار في الأجواء العليا من التروبوسفير، عند مستوى الطيران، في مظهر مشابه لطرد الغيم المنخفض المراقب في الأجواء السفلية القريبة من سطح الأرض، حيث لم يلاحظ أي حركة للطيران في الأجواء خلال فترة المراقبة، وعليه؛ فهل هذا الطرد ناتج عن حركة دوران للهواء حول محور اسطواني، ساعد على تكاثف الرطوبة الجوية على هذا النحو لطرد الغيم الشبيه إلى حد ما بالخصيرة الملتفة على بعضها حول محور مركزها؟ من خلال المراقبة والمتابعة لا تبدو على الطرد ومكوناته من التكاثفات مثل تلك الحركة الدورانية المفترضة. إن التفسير الشافي لحدوث وتكوين مثل هذا الطرد الأسطواني العرضي من الغيم الركامي يمكن أن يكون نتيجة الرابطة الهيدروجينية لجزيئات الماء المتكاثفة حديثاً في الجو، والتي تربط أو تنسج جزيئات الماء في سلاسل خطية أفقية طويلة جداً، بحيث يولد ضعفها حبلاً، (أو كابلاً)، مكوناً من عدد من سلاسل السمحاق الخطية الطولية، ففي حين يكون في أحد طرفي الحبل قطب كهربائي ساكن موجب يجذب إليه الشحنات السالبة لجزيئات الماء المتكاثفة حديثاً في الجو، يتشكل في الطرف الثاني منه قطب كهربائي ساكن سالب يجذب إليه الشحنات الموجبة من جزيئات الماء المتأينة المتكاثفة حديثاً، ووفق ذلك ينمو طرد الغيم من جهتي الشمال والجنوب ويزداد طولاً، في حين يتضخم طرد الغيم قطرياً؛ لأن السيالة الكهربائية الساكنة التي تسير



على طول سلاسل السمحاق الخطية، (حبل أو كابل السمحاق)، من القطب السالب إلى القطب الموجب، تخلق حولها حقلاً مغناطيسياً اسطوانياً الشكل يحيط كابل السمحاق على طوله، هذا الحقل يؤثر على كل جزيئات الماء، ثنائية القطب، المتأينة أو المشحونة، الموجود في مجاله بقوة كهرومغناطيسية مماسية تجذب جزيئات الماء المتكاثفة نحو مركز الحقل مما يجعلها تلتف حول الحبل، بما يؤدي لنمو وتضخم طرد الغيم قطرياً، إن تشابك تكاثفات السمحاق تولد غيوم الركام، راجع الفصل الثاني، لذلك فطرده الغيم المراقب يبدو ركامي الغيوم.



صورة (28): طرد غيم ركامي خطي منفرد منخفض يمتد من الشمال نحو الجنوب على عرض المصطبة الثانية للجبل الأخضر، بحيث يتجاوز طوله 20 كم يمر فوق البيضاء الجديدة، طريق شحات-البيضاء، غرب رأس التراب، الجمعة 09.01.2015، الساعة 17:42.

أجواء رطوبة خاصة: الثلج أحد مظاهر تساقط الرطوبة الجوية المتكاثفة في الجبل الأخضر، صور (من 29 إلى 36):

إن الثلج واحد من مظاهر تكاثف الرطوبة الجوية في الجبل لأخضر، والثلج يتساقط عند انخفاض درجة حرارة هواء الأجواء الرطبة، الذي تجلبه معها بعض المنخفضات الجوية الغربية والشمالية الغربية إلى ما دون درجة الصفر مئوية، حيث تتجمد الرطوبة الجوية عند تكاثفها إلى بلورات ثلج تتساقط وتتراكم في الليل ليضفي على الأرض حلةً بيضاء في الصباح، لا تلبث أن تختفي في ساعات المساء بسبب ذوبان الثلج تحت تأثير أشعة ضوء النهار، إن الثلج الذي يتساقط في النهار على الجبل الأخضر قلما يغطي وجه الأرض بسبب ذوبانه السريع، وعادةً يلاحظ الثلج على المصطبتين الثانية والثالثة من الجبل، وهو نادر الحدوث دون سواهما من حوض الجبل الأخضر، لكون حرارة الأجواء تبقى غالباً فوق درجة الصفر مئوية بفعل العوامل الجغرافية المحلية والإقليمية؛ كالبحر المتوسط في الشمال والصحراء الكبرى في الجنوب، تلك العوامل لا تسمح في أغلب الأحيان بهبوط حرارة الأجواء إلى ما دون درجة التجمد، ورغم تساقط الثلج على الجبل الأخضر فإن تكرار حدوثه قليل على الجبل؛ فهو يسقط بمعدل مرة واحدة في كل ثلاث سنوات تقريباً، وذلك بحسب ملائمة الظروف الجوية وحالات تكاثف الرطوبة ومساعدة تغيرات الطقس على ذلك، ويصادف سقوط الثلج الفصل الشتوي البارد من السنة؛ ففي عام 2016 صادف سقوطه الشهر الأول من السنة المدنية، وفي عام 1998 صادف سقوطه الشهر الثالث من السنة، وفي الحالة المتناولة والموثقة في هذا التوثيق صادف سقوط الثلج الشهر الثاني من السنة المدنية 2008،

صور (من 29 إلى 36)، وعادةً لا تتعدى سماكة طبقة الثلج المتراكمة على سطح الأرض في الجبل الأخضر 10 سم، لذلك فهو يذوب سريعاً خلال يوم واحد ونادراً ما يبقى أو يستمر غطاء الثلج على أرض الجبل خلال يومين متتاليين، وبذلك فهو يقيد حرية حركة الناس في الجبل عند حدوثه، وتأكيداً على ما سبق ذكره فإن التوثيق بالصور (29 و 30 و 31) تبين أن تراكم الثلج خلال الليل يضيف على الأرض حلة ثلجية بيضاء تحد بشكل كبير من حركة الناس في فترة الصباح الباردة، الصورة (32) توثق سماكة طبقة الثلج المتراكمة على سطح الأرض بنحو 6 سم فقط سقطت في ليلة الجمعة/السبت الموافقة 16.05.2008، ورغم استمرار تساقط الثلج في ساعات التوثيق الصباحي في الصورتان (33 و 34) فإن سرعة ذوبان طبقة الثلج، تحت تأثير أشعة ضوء شمس النهار، تفوق ما يضاف إليها من ثلج متساقط، حديثاً، وعليه فإن اضمحلالاً تدريجياً يبدو بوضوح في تناقص سماكة طبقة الثلج مع تقدم ساعات النهار كما هو موثق في الصورتان (35 و 36)، إن تكوين الثلج يمتص حرارة من الأجواء لذلك يعمل على تبريدها، ثم إن ذوبانه وتبخره يحرر طاقة حرارية في الأجواء تعمل على تدفئتها، مما يؤدي لصعود هواء سفلي دافئ نسبياً ورطب في الأجواء الغائمة يغنيها بالرطوبة ويحسن من ظروف التكاثرات الجوية، الصورتان (36 و 36).



صورة (29): أجواء ثلجية في مدينة البيضاء، شمال غرب داخلي الجامعة، الإدارة العامة لجامعة  
عمر المختار، كاميرا محمود التواتي، السبت 16.02.2008، الساعة 8:44.



صورة (30): أجواء رطوبة ثلجية في مدينة البيضاء، غرب داخلي الجامعة، صرح جامعة عمر  
المختار، كاميرا محمود التواتي، السبت 16.02.2017، الساعة 08:44.



صورة (31): أجواء ثلجية في مدينة البيضاء، جنوب غرب داخلي الجامعة، كلية الزراعة، كاميرا محمود التواتي، السبت 16.02.2008، الساعة 08:46.



صورة (32): سماكة عطاء الثلج الساقط على الأرض تقارب 6 سم، أي ما يقارب 6 ملم مطر، كاميرا محمود التواتي، مدينة البيضاء، داخلي الجامعة، 16.02.2008، الساعة 09:13.



صورة (33): تساقط الثلج في أجواء مدينة البيضاء، شرق داخلي الجامعة، كاميرا محمود التواتي، السبت 16.02.2008، الساعة 09:19.



صورة (34): تساقط الثلج في مدينة البيضاء، جنوب داخلي الجامعة، د.عباس الحديثي واحد من المساهمين في نضج قسم الجغرافيا، كاميرا محمود التواتي، جنوب داخلي الجامعة 13.02.2008، الساعة 09:42.



صورة (35): الرطوبة السفلية من الغيوم الركامية التي يعمل الهواء الأدفأ نسبياً، في وقت الظهيرة، على رفعها في الأجواء نحو الأعلى لتسد الخلل، الذي تظهر منه زرقة السماء، بين الغيوم، بفعل صعود الهواء الدافئ، كاميرا محمود التواتي، جنوب غرب الجامعة، السبت 16.02.2008، الساعة 13:32.



صورة (36): قواعد الغيوم السفلية توافق منسوب نقطة الندى، حيث تكون الجسيمات المكونة للغيوم سائلة، والهواء الدافئ نسبياً يحاول رفعها للأعلى لتتجاوز نقطة التجمد حيث تتكون الغيوم من الجسيمات أو البلورات الثلجية، كاميرا محمود التواتي، جنوب غرب داخلي الجامعة السبت 16.02.2008، الساعة 14:48.

ظاهرة الندى الليلي ومساهمتها في الرطوبة الأرضية والجوية للجبل الأخضر والدورة المائية المحلية

يتكون الندى الليلي الذي نراه في الصباح في أعقاب أجواء هادئة لا رياح فيها عندما يبرد الهواء بسبب انخفاض درجة الحرارة الناتجة عن الإشعاع الأرضي المنعكس والمسمى



الألبيدو، حيث أن برودة سطح الأرض في الليل تؤدي لبرودة الهواء الرطب الذي يعلوه فيثقل ويهبط لمستوى سطح الأرض، وبتيجة برودة سطح الأرض والأجسام الملاصقة له إلى ما دون نقطة الندى؛ التي تمثل درجة الحرارة التي يتحول عندها بخار الماء إلى سائل، يصبح الهواء البارد الملامس لسطح الأرض مشبعاً بالرطوبة التي تتكاثف وتتجمع على أسطح الأجسام المشعة الباردة بفعل الرابطة الهيدروجينية التي يتمتع بها جزيء الماء السائل الثنائي القطبية الكهربائية، لذلك يلاحظ الندى أو الطل ظاهراً على زجاج وأسطح السيارات، والأسطح الإسمنتية والحجرية والمعدنية، وأوراق النباتات، والورق المصنوع من السليلوز، والتربة الزراعية مكوناً مصدراً لا يستهان به من الرطوبة التي تستفيد منها كثير من الكائنات كالنباتات الصحراوية المعمرة التي يعد الندى مصدر مياه استمرار حياتها الوحيد، إذ أن نقط الماء أو قطرات الندى المتكاثفة على أوراق المجموع الخضري للنبته تسيل بفعل الجاذبية الأرضية على سوق أغصان النبتة ثم على جذعها، على هيئة جريان ساقى، لتصل إلى قاعدة النبتة فتبلل تربة قاعدة النبتة لتتغذى الجذور أو المجموع الجذري للنبته تحت الأرض بالمياه اللازمة للحياة.

إن الندى الصباحي المتكاثف على تلك الأسطح تبخره أشعة شمس الصباح ليتحول إلى رطوبة جوية من جديد تظهر في الصباح الباكر على هيئة تكاثف من الضباب الذي يتركز أحياناً في أجواء بعض الأودية والذي يتلاشى تدريجياً مع تقدم دقائق ساعات شروق الشمس التي تسخن من جديد سطح الأرض والهواء الذي تصبح مقدرته على استيعاب الرطوبة أكبر، فيصعد للأعلى فيبرد في الأجواء العلوية لتتكاثف الرطوبة من جديد على هيئة غيوم سمحاق أحياناً. إن متابعة ظاهرة الندى من الباحث على ترب حمراء في مدينة البيضاء

في الجبل الأخضر تبين أن الندى الليلي أو الصباحي ظاهرة مهمة متكررة جداً وتحدث في ليالٍ كثيرة في كل فصول السنة، وإن كميتها المحسوبة بفرق الوزن ما بين المساء والصباح وتحويلها لبعده سماكة أو ارتفاع تتراوح بين 0.055 غ ندى/سم<sup>2</sup> من سطح التربة، أي نحو 0.55 ملم في ليلة الأربعاء/الخميس 04/03 من شهر 11/1999 و 0.144 غ ندى/سم<sup>2</sup> من سطح التربة، أي نحو 1.44 ملم/ في ليلة السبت/الأحد 05/04 من شهر 12/1999 ولذلك تبدو التربة الزراعية في صباح بعض الليالي رطبة لدرجة يحسبها الإنسان كأنها مروية بماء المطر، كما يلاحظ سيلان الندى الليلي على أجسام السيارات مكوناً بقع مهمة من الرطوبة تحتها في الصباح. إن كمية الندى الليلي المتكونة على سطح الأرض مرتبطة بمدى كمية رطوبة الأجواء الهادئة، ومدى برودة سطح الأرض المشع في الليل، وبالتالي بمدى رطوبة الهواء السفلي الملاصق لسطح الأرض، وعليه فإن الندى يعد مورداً مائياً مهماً في تزويد الرطوبة الأرضية والجوية على السواء، صور (من 37 إلى 65).

توثيق بعض مظاهر الندى الخريفي على المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، صور (من 37 إلى 39):

في هذا التوثيق يتبين كيف أنه في أعقاب الأيام الماطرة الخريفية، أي عندما تحتوي التربة السطحية على نسبة جيدة من الرطوبة التي تتبخر وتغني الهواء بكمية من الرطوبة الجوية، التي تتكاثف في الليالي الباردة الهادئة التي لا تحدث اضطرابات جوية في أجوائها، يتشكل الندى الليلي والصباحي على أوراق النباتات وعلى أسطح الترب والصخور وكل الأجسام المشعة المعرضة للهواء الجوي، فيظهر الندى أو الطل عند الصباح على تلك

الأسطح بوضوح، وعند شروق الشمس ومع الارتفاع التدريجي لحرارة أجواء صباح النهار تبدأ قطرات الندى بالتبخير، والبخار الصاعد في الهواء الجوي يغني من جديد الأجواء بالرطوبة التي يتكاثف قسم منها في المستوى السفلي القريب من سطح الأرض، ليظهر واضحاً على هيئة ضباب محلي يغطي أجواء الأودية، صورة (37)، حيث يبقى الضباب يغطي أجواء وادي الكوف، على المصطبة الثانية من الجبل الأخضر، لساعة متأخرة من الصباح، وذلك بحسب درجة حرارة الهواء ورطوبته وكمية الندى المتكونة على السطح والتي تغذي الهواء ببخار الماء، وعندما تكون كمية الندى المتبخرة كبيرة نسبياً وترتفع عالياً في الأجواء تدعم رطوبة الهواء الأصلية وتساهم بتكاثفها أحياناً في تكوين غطاء علوي من غيوم السمحاق الطبقي الذي يظهر على هيئة طابق علوي من تكاثف الرطوبة الجوية، الصورتان (37 و 38)، كما يلاحظ مثل ذلك فوق السهول الزراعية، بصفة خاصة، والأراضي التي تكون نباتاتها العشبية الطبيعية كالنجيل كثيفة لدرجة أنها أحياناً تغطي وجه الأرض بخضرة أوراقها، الصورتان (38 و 39)، هذه النباتات التي تنتج بخار الماء، الناتج من عملية تنفسها الليلي، وتطلقه في جو الليل البارد يزيد من رطوبة الأجواء من جهة، وبنتيجة برودة الهواء المحيط يتكاثف سريعاً مع الرطوبة الجوية المتكاثفة من جهة ثانية، ويتوضع على أوراق تلك النباتات على شكل نقاط أو قطرات مائية تلتصق، بفعل قوى توترها السطحي، بأسطح تلك الأوراق لتبدو عند الصباح في مظاهر جميلة خالابة تزين النباتات بما يشبه حبات اللؤلؤ المرصوفة بدعة الخالق، لتضفي على الحقل الأخضر بنباتاته بريقاً أبيض لامعاً عندما تنعكس أشعة شمس الصباح عليها، الصورتان (38 و 39)، والصورة (41)، وذلك نتيجة كثرة وكثافة قطرات

الندى واختلاف أحجامها لدرجة أن اللامس بيده لها يحسب، من تبللها بالرطوبة، أن تلك النباتات استقبلت وابلًا من المطر أغناها بتلك الزينة من قطرات الماء، إن الكثير من قطرات الندى يسيل على أوراق النباتات نحو سيقان النباتات ليشكل جريان مائي ساقى يبلى تربة النبتة، ويغذي مجموعها الجذري بما تيسر من الرطوبة اللازمة لاستمرار الحياة، وعليه فإن تبخر الرطوبة المتكونة من الندى سواء من على أوراق النباتات أو من سطح التربة أو من أي مكان آخر يعد إذن مصدرًا مهمًا من مصادر الرطوبة الجوية المحلية، والتي لا يمكن أن يغفل دورها في تجديد الرطوبة الأرضية في حوض إقليم الجبل الأخضر ككل.



صورة (37): ضباب خريفي في أجواء وادي الكوف من الجبل الأخضر ينشأ من الندى الذي تبخره شمس الصباح ليتحول إلى رطوبة جوية محلية تتكون من ضباب سفلي وغيوم علوية تتكون من السمحاق الطبقي، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 20.11.2015، الساعة 09:21.



صورة (38): تكاثف الندى أو الطل الليلي الخريفي على نباتات النجيل، والذي يؤدي تبخره لإغناء الجو بالرطوبة الجوية، يمين طريق البيضاء-شحات، رأس التراب، الجمعة 20.11.2015، الساعة 09:44.



صورة (39): تكبير صورة ظاهرة الندى أو الطل على نباتات النجيل المبينة في الصورة (38) السابقة، يمين طريق البيضاء-شحات، رأس التراب، الجمعة 20.11.2015، الساعة 09:44.

توثيق تطور تغير رطوبة أجواء ربيعية مشمسة هادئة ما بين الندى الصباحي وحزم أو شعب من غيوم مسائية تتطور بسبب تبخر رطوبة الأودية والتي قد تكون بعلاقة مع التيار النفاث، صور (من 40 إلى 55):

قد يستغرب البعض من ما ذكر سابقاً عن تأثير ظاهرة الندى السطحي في الرطوبة الأرضية والجوية المحلية في الجبل الأخضر، لذلك أورد الباحث التوثيق الآتي ليتبين كيف تتطور أشكال تكاثف الرطوبة الجوية وفق متابعة الباحث المستمرة على طول نهار ربيعي مشمس هادئ الأجواء؛ يبدأ بتكاثفات الندى السطحية الصباحية وتبخرها التدريجي الذي يغني

جزئياً هواء المصطبة الثانية من الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية، التي تتكاثف عند المساء على هيئة حزم خطية طولية أو شعب من غيوم سمحاق تزيد أطوالها عن 40 كم، تتجه من أجواء مسة في الغرب نحو أجواء الفائية في الشرق؛ ففي الصباح الباكر أي قبل شروق الشمس تبدو السماء صافية ولا يشوبها من الرطوبة الجوية المتكاثفة سوى خيمة بيضاء من الضباب تغطي وادي الكوف تظهر واضحة في المستوى الذي يعلو وجه الأرض المحصور ما بين التلال القريبة من مكان الكاميرا في الشمال، وتلال الحافة الثالثة المحاذية لوادي الكوف من جهة الجنوب البعيدة عن الكاميرا، صورة (40)، إن وادي الكوف يسوق مياه مجاري مدينة البيضاء باتجاه البحر نحو الشمال الغربي للمدينة، وبذلك فمن الطبيعي أن يتطور الضباب الصباحي في أجوائه، لكن الحالة المدروسة والموثقة تبين أن تبخير مياه المجاري لوحده قد لا يكفي لتكوين أو لحدوث ذلك الضباب، بل يشاركه أو يساهم معه تبخير لا يمكن إغفاله من الندى السطحي الليلي الكثيف المتكون في عقب الليلة السابقة للنهار المراقب والموثق، كما هو مؤكد في الصورة (41)، إن كثافة الندى الصباحي الظاهر على أوراق النباتات في الصورة يدل على أن كمية من البخار تنطلق في الجو من كامل مساحة المصطبة الثانية من الجبل الأخضر في لحظات شروق الشمس وما يليها من الدقائق والساعات خلال النهار، كما يجب أخذ العلم بأن الندى السطحي الليلي والصباحي المتكون هو ناتج من تكاثف عدة مركبات داعمة أو مزودة للرطوبة الجوية، عندما يبرد الهواء وتهبط حرارته لما دون نقطة الندى، تلك المركبات يمكن توضيحها على النحو الآتي:



**1-** ندى ليلي ناتج من تكاثف الرطوبة الجوية الأصلية المتواجدة في الهواء المحلي القريب نسبياً من البحر، والتي تظهر بشكل واضح في هيئة ضباب مسائي وليلي وصباحي يحدث تكراره بكثرة في أجواء مختلف بيئات الجبل الأخضر.

**2-** ندى ليلي ناتج من تكاثف بخار الماء المنطلق؛ من سطح الماء الحر عند وجوده في الأودية، ومن المياه المعترضة من أسطح أوراق النباتات بعد سقوط الأمطار، ومن الندى الذي يتبخر من على أسطحها..

**3-** ندى ليلي ناتج من تكاثف بخار الماء المنطلق من الترب الرطبة.

**4-** ندى ليلي ناتج من تكاثف بخار الماء الذي تطلقه النباتات خلال عملية تنفسها في الليل، ومن نتج النباتات لبخار الماء عند تعرقها في النهار.

**5-** ندى ليلي ناتج من تكاثف بخار الماء المنطلق من سطح التربة؛ بنتيجة وصول ماء التربة الصاعد من أسفل قطاع التربة بالخاصة الشعرية إلى سطحها.

وعليه فكمية بخار الماء التي تزود هواء الجبل الأخضر بالرطوبة الجوية سواء على طول النهار وسواءً على طول الليل ليست بالكمية القليلة بدليل دوام خضرة نباتات وأشجار غابة ماكي الجبل الأخضر الطبيعية، ويضاف دليل علمي آخر يزيد من التأكيد على وفرة الرطوبة الجوية في أجواء الجبل؛ وهو نمو بعض أنواع نباتية من الإشنيات المحبة للمياه؛ أي التي لا يمكن عيشها إلا في أوساط تتمتع بوفرة مائية، هذه الإشنيات المائية تتطفل أو تتعايش مع أشجار غابة الجبل؛ وتظهر عليها كلباس يحيط بجذوعها وأغصانها على هيئة مرض يفتك في أشجار العرعر الفينيقي التي تعد المكون الرئيس من بين أشجار غابة الجبل الأخضر الدائمة الخضرة.

إن دوام تبخر مياه رطوبة التربة الصاعدة بالخاصة الشعرية، من أسفل قطاع التربة إلى سطحه في الأعلى على طول ساعات النهار الصحو المشمس الهادئ، يزود الهواء المحلي ببخار لا يمكن الاستهانة بكميته المنطلقة في الجو، بدليل اختبارات الباحث على التبخر من أسطح الطين الرطب في أجواء الغرفة في مدينة البيضاء، (راجع فصل 21)، التي أكدت على أن سماكة طبقة المياه المتبخرة من أسطح الطين الرطب المشبع بالماء في الجو الطبيعي تعادل 2 ملم ماء في اليوم، ذلك يعني أن 1 كم<sup>2</sup> فقط من سطح التربة الرطبة يبخر ما يقارب 2000 م<sup>3</sup>/اليوم أي أنه يغني الأجواء المحلية بما يزيد عن (111000) مئة وأحد عشر ألف مول من بخار الماء الذي يزود الهواء بالرطوبة الجوية على طول اليوم، هذه الكمية من الرطوبة كافية لإشباع حوالي 115600 م<sup>3</sup> من الهواء بالرطوبة عند درجة حرارة 20°م وضعف ذلك الحجم تقريباً من الهواء عند درجة 10°م، وحوالي أربعة أمثل ذلك عند درجة حرارة صفر° م ، ولو علمنا أن حجم الهواء السفلي من الغلاف الجوي، الذي تتكاثف ضمنه الرطوبة الجوية ما بين سطح الأرض ومنسوب نقطة التجمد، (عند ارتفاع حوالي 4000 م فوق سطح الأرض)، فوق مساحة الكيلومتر المربع المفترض من سطح الأرض، يقارب 4 مليار م<sup>3</sup>، لتبين كيف تتشتت الرطوبة الجوية في ذلك الحجم الضخم من الهواء ولا تبدو للعيان إلا في بعض الحالات التي تتكون فيها سحب السمحاق الرقيقة عند آفاق تكاثف معينة، لكن لو أخذت مساحة أسطح ترب الجبل الأخضر بالحسبان لبرزت حقيقة أهمية الرطوبة الأرضية في تزويد وتحديد الرطوبة الجوية المحلية عندما تسمح الظروف بتجميعها في نطاقات محددة من أجواء الجبل الأخضر، كما أن تبخر مياه المركبات المائية الأرضية الأخرى التي تزود الهواء بالرطوبة

الجوية المحلية المتحددة تزيد من كمية رطوبة الأجواء التي يفسر تكوين الندى الصباحي حقيقة كميته وأهميتها، إن هدوء الرياح الأفقية عن الحركة يجعل الرطوبة الناتجة من تبخر الرطوبة الأرضية بمحمل مركباتها تتراكم وتتوافر في الأجواء المحلية لأوقات طويلة أو لعدة أيام متتالية تسمح باستمرار حياة الإشنيات المائية المتطفلة على أشجار الغابة دائمة الخضرة، كما يتراكم الدخان في أجواء المدن عند هدوء الرياح أو سكونها، وتراكم الرطوبة في الأجواء يعمل في زيادة تخزين الرطوبة الأرضية في الترب بفعل توالي أو تكرار تكاثف الرطوبة خلال فترات أيام الصحو المشمس ذوات الأجواء الهادئة المتتالية أو المتتابعة.

إن الرطوبة الجوية بعد شروق الشمس بنحو ساعة ونصف تصبح غير مرئية وينقشع الضباب بكليته من فوق وادي الكوف، صورة (42)، بسبب ارتفاع حرارة الهواء تدريجياً والتي تجعل مقدرة الهواء على استيعاب الرطوبة الجوية غير المتكاثفة أكبر، بما يجعل البعض يتخيل أن الأجواء فقيرة بالرطوبة الجوية التي ربما تصبح مع تقدم ساعات النهار أكثر وفرة منها عما كانت عليه في الصباح بسبب التزويد المستمر بالبخار الناتج من الرطوبة الأرضية في الجو الصحو الهادئ، بما يجعل الهواء مشبعاً بالبخار، ثم إن أي كمية زائدة، من بخار الماء تصل للهواء المشبع بالرطوبة، تتكاثف في الهواء وتتحول إلى جسيمات معلقة فيه من الماء السائل، تلك الجسيمات تترابط فيما بينها بالرابطة الهيدروجينية لتظهر على هيئة غيوم ذوات أشكال متعددة تسبح في الفضاء، ودليل زيادة الرطوبة الجوية مع تقدم ساعات النهار الهادئ حصول تكاثف للرطوبة الجوية التي تبدو ظاهرة للعيان على شكل غيوم متفرقة في أجواء جنوب وادي الكوف من الحافة الثالثة في وسط النهار المراقب، حيث تكون أشعة الشمس أقوى ما

يمكن خلال اليوم المدروس وحرارة الأجواء مرتفعة نسبياً، وقدرة الهواء على استيعاب الرطوبة تكون كبيرة، صورة (43)، وفي ساعات العصر تتواصل عملية تكاثف الرطوبة الجوية في أجواء جنوب وادي الكوف لتصبح على هيئة شريط شبه متصل من الغيوم التي تتطور وتمدد من الشرق نحو الغرب، الصورتان (44 و 45)، إلى الشمال من التكاثرات السابقة، أي فوق الجزء الشرقي من وادي الكوف، تتطور تكاثفات الرطوبة الجوية على هيئة حزمة من الغيوم التي تنتظم وفق خط مواز، صورة (46)، بما يدل على أن الهواء مشبع تماماً بالرطوبة وأن ما يصل إليه من بخار ماء، ناتج من مجاري وادي الكوف أو من الرطوبة الأرضية بكافة مركباتها، يتكاثف لينتج تلك الغيوم المرئية في الصور، تتطور تلك التكاثرات وتمدد من الشرق نحو الغرب، في تلك الأجواء الهادئة، بسبب التناقص التدريجي لحرارة أشعة الشمس المتناقصة طاقة أشعتها تدريجياً كلما قربت من المغيب من الشرق نحو الغرب، مما يجعل حرارة الهواء في تناقص تدريجي من الشرق نحو الغرب، وذلك يجعل الهواء في الشرق أبرد نسبياً منه في الغرب، فتنقص درجة إشباعه بالرطوبة تدريجياً، مما يجعل الرطوبة الزائدة عن إشباعه تتكاثف بالتدريج وفق ذات الاتجاه، لذلك تنمو وتتطور حزمة التكاثرات من غيوم السمحاق بالتدريج من الشرق نحو الغرب، لتصبح على هيئة شريط من الغيم قد يتجاوز عرضه 1 كم وطوله يقارب 40 كم يمتد من سماء الفائدية في الشرق إلى سماء مسة في الغرب، صور (من 47 إلى 51)، إن ما يستدعي الانتباه تولد شعبة أو حزمة خطية أو شريط خطي من التكاثرات يتفرع من الشريط المذكور سابقاً فوق مسة ويتجه بتطوره ونموه من الغرب نحو أجواء مدينة البيضاء في الشرق بطول يزيد عن 15 كم، وعرض يتجاوز 300 م في الغرب،

صورة (52)، ويضيق ليصبح على هيئة رأس حربة فوق البيضاء في الشرق، صورة (55)، وعلى الرغم من أن هذا الفرع من التكاثرات يوازي الحافة الثانية إلا أنه يوجد إلى الجنوب من أجوائها بنحو 2 كم فوق المصطبة الثانية، صور (من 51 إلى 55)، ثم إن تكاثراته من الغيوم تنمو وتتطور وتمدد من الغرب نحو الشرق على عكس نمو تطور الشريط الجنوبي الذي يحتل أجواء وادي الكوف، وعلى الرغم من قرب الشريط الأخير من التكاثرات لأجواء الحافة الثانية من الجبل وموازاته ومساييرته لها، فإن الحافة قد لا تكون هي المسئولة عن تكوينه، في ظل أجواء هادئة لا رياح فيها، لأن تأثير الحافة على حركة الهواء الرطب الصاعد بفعل فرق الكثافة فقط ما بين الهواء الرطب والهواء الجاف يكون محدوداً أو قليلاً جداً، لذلك من المحتمل أن يكون نشوء وتطور هذه التكاثرات من حزم الغيوم الخطية أو الشريطية مرتبطاً بشعب من التيار النفاث الذي يحدث في أعلى الغلاف الجوي ويجذب نحوه الهواء السفلي الذي تتكاثف رطوبته بسبب زيادة برودته عند ارتفاعه للأعلى خلف شعب التيار النفاث.



صورة (40): تكاتف ضباب ربيعي صباحي يخيم فوق وادي الكوف، الذي تجري فيه مياه الصرف الصحي لمدينة البيضاء، ويطو الضباب جو صحو، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 06:42.



صورة (41): تكاثف الندى أو الضباب الربيعي الصباحي على نباتات النجيل، تبخر الضباب يتحول لرتوية ترتفع في هواء الأجزاء ويساهم في تجديد الدورة المائية المحلية في الجبل الأخضر، داخلي جامعة عمر المختار، الجمعة 24.03.2017، الساعة 06:50.



صورة (42): انقشاع الضباب جزئياً من أجواء وادي الكوف بعد شروق شمس الصباح على الساعة 06:52 لارتفاع حرارة هواء أجواء الجبل الأخضر تدريجياً، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 08:23.



صورة (43): ظهور الرطوبة الجوية المتكاثفة على هيئة غيوم متفرقة في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر الواقعة جنوب وادي الكوف الذي تنبخر منه مياه الصرف الصحي مساهمة في تزويد الهواء المحلي بالرطوبة الجوية، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 13:30.





صورة (44): تمتد الرطوبة المتكاثفة في أجواء جنوب وادي الكوف من الشرق نحو الغرب على شكل خط رقيق شبه متصل من الغيوم، جنوب غرب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 15:29.



صورة (45): شكل الرطوبة المتكاثفة في أجواء جنوب وادي الكوف والتي تتمدد غرباً كما توضحه الصورة (44) السابقة، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 15:32.



صورة (46): ظهور خط ثانٍ من الغيوم فوق أجواء وادي الكوف يقع إلى الشمال من التكتافات الجوية لوقت الظهيرة، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 16:51.



صورة (47): تطور تكتاف الرطوبة الجوية في سماء وادي الكوف على هيئة حزمة طولية من الغيوم تمتد من الغرب نحو الشرق على مدى الأفق الذي تلتقطه عدسة الكاميرا من أجواء مسة في الشمال والشمال الغربي إلى أجواء الفاندية في الشرق والجنوب الشرقي، الطرف الشرقي من حزمة الغيوم، جنوب شرق داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:30.



صورة (48): تابع الصورة (47) السابقة؛ امتداد الطرف الشرقي لحزمة الغيوم نحو الغرب، جنوب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:30.



صورة (49): تابع الصورة (48) السابقة؛ استمرار امتداد حزمة الرطوبة المتكاثفة في أجواء وادي الكوف نحو الغرب، جنوب جنوب غرب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:29.



صورة (50): تابع الصورة (49) السابقة، الطرف الغربي من حزمة الرطوبة الجوية المتكونة في سماء وادي الكوف نتيجة تبخر مياه الصرف الصحي وتكاثفها في الأجواء الهادئة، غرب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 19:29.



صورة (51): توحد الطرف الغربي لحزمة الغيوم المبينة بالصور (من 47 إلى 50) السابقة مع حزمة ثانية شمالية في أجواء مسة، التي توجد في جنوبها محطة التنقية التي تفيض مياهها ويتبخر قسم منها قبل وصوله إلى وادي الكوف، شمال غرب مدينة البيضاء، بحيث تسير الحزمة الشمالية الحافة الجبلية الثانية، شمال غرب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:29.



صورة (52): تابع الصورة (51) السابقة؛ امتدد حزمة الغيوم الثانية الشمالية من الغرب نحو أجواء مدينة البيضاء في الشرق التي قد تكون على علاقة بإحدى شعب تيار نفاث بالأجواء العليا من الغلاف الجوي، شمال شمال غرب داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:29.



صورة (53): تابع الصورة (52) السابقة؛ استمرار امتداد حزمة الغيوم الثانية الشمالية بموازاة الحافة الثانية الشمالية نحو الشرق في أجواء مدينة البيضاء، شمال داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:32.



صورة (54): تابع الصورة (53) السابقة؛ امتداد حزمة الغيوم الثانية الشمالية لأجواء مدينة البيضاء، شمال شمال شرق داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:32.



صورة (55): تابع الصور (من 51 إلى 54) السابقة؛ الطرف الشرقي لحزمة الغيوم الشمالية في أجواء المصطبة الثانية فوق مدينة البيضاء، شرق داخلي الجامعة، الجمعة 24.03.2017، الساعة 18:32.

توثيق تطور تغير رطوبة أجواء صيفية رطبة حتى تكوين الندى الليلي والصبحي ويتبع ذلك تكوين جبهة رطوبة محلية فوق المصطبة الأولى من الجبل الأخضر بفعل التبخر والتتح من المحاصيل الزراعية، صور (من 56 إلى 65):

في ما يلي حالة توثيق لأشكال تكاثف الرطوبة الجوية المحلية في أعقاب ليلة صيف رمضان ندية توافق 12/11 من شهر 06.2017 في سهل بطة على المصطبة الأولى من الجبل الأخضر، هذه الليلة من ليالي الانقلاب الصيفي؛ حيث تكون زاوية ورود أشعة شمس النهار السابق أقل ما يمكن فيما لو قارناها مع زوايا ورود أشعة شمس أيام باقي الأشهر من فصول السنة الشمسية، لذلك تكون حدة أشعة الشمس عالية، وبذلك تكسب يابس الجبل الأخضر قدرًا جيدًا من الإشعاع الشمسي، الذي يسخن اليابس على طول نهار طويل نسبيًا، من بين باقي أيام السنة، بحرارة تلك الأشعة، هذه الحرارة التي يكسبها يابس الجبل على طول النهار يخسر قسماً كبيراً منها على طول الليل على هيئة إشعاع أرضي منعكس (ألبيدو)، بما يترتب عليه تبريد سطح الأرض والأجسام المشعة المرتكزة عليه والهواء السفلي الملاصق والقريب من سطح الأرض، وهذا يؤدي لتشبع الهواء السفلي الرطب بالرطوبة التي تتكاثف عند بلوغ درجة حرارة الهواء نقطة الندى، فتتكاثف الرطوبة الجوية الفائضة عن تشبع الهواء بالبخار على سطح الأرض والأجسام الملاصقة له على هيئة ندى أو ظل، يراه الإنسان بيسر عند الصباح، وقد يتشكل الضباب على طول الليل، وذلك تابع لتغيرات الطقس وملائمة الظروف والعوامل الجوية، في حين تتكاثف الرطوبة الجوية في الأجواء الأعلى نسبيًا، على الأغلب، في هيئة ضباب يخيم على البيئة المحلية، والذي قد يدوم تكوينه هو

الآخر على طول الليل عندما تساعد ظروف الطقس والأحوال الجوية على ذلك، وكل ذلك يحدث ويمكن مشاهدته ومراقبته بسهولة في حال عدم تهيئة حالات الطقس وظروف التكاثف لسقوط الأمطار، مع أخذ العلم أنه حتى في حال سقوط المطر لا يستبعد تكوين كل من الطل والضباب في ذات الوقت الذي تسقط فيه الأمطار من السحب والغيوم، لكون الأجواء الممطرة تكون مشحونة بكثرة بالرطوبة التي تهيئ ظروف الطقس الماطرة لتكاثفها في كل مستويات الهواء السفلي من الغلاف الجوي أحياناً.

إن أجواء الليلة الصيفية الندية تلك، في موسم حصاد القمح والشعير، راقبها الباحث على طولها فكانت صاحبة، لا مطر فيها، لكنها باردة نوعاً ما بنتيجة هبوب نسيم بحري رطب من جهة الشمال البحرية، بحيث يشعر الإنسان بارتفاع نسبة الرطوبة في الجو التي تمثلت في ساعات السحر في آخر الليل السابق لبزوغ شمس النهار بتكاثف الرطوبة الجوية العلوية نسبياً على هيئة جبهة من غيوم تغطي سماء سهل بطة-الموج من المصطبة الأولى من الجبل الأخضر، والتي وثقتها الكاميرا الساعة 05:05، صورة (56).

في لحظة بداية بزوغ أشعة الشمس على مكان الكاميرا الساعة 05:38، يبدو كيف تراجعت جبهة الغيوم فوق المصطبة الجبلية من جهة الشمال البحرية نحو جهة الجنوب الجبلية، بفعل تسخين أشعة الشمس لأجواء البحر على مدى عدة دقائق سابقة لوصول تأثير إشراقها على الجهة البرية من السفح الغربي من الجبل الأخضر، الذي يتواجد في ظل الجبل خلال دقائق إشراق الشمس على سفوحه الشرقية الأعلى نسبياً، والذي يفسره انقشاع الغيوم الشمالية المتاخمة لأجواء البحر من جبهة الرطوبة نتيجة تسخين أشعة الشمس للهواء الشمالي القريب من البحر، وجعل مقدرته أكبر على استيعاب الرطوبة الجوية التي لا يبقى ظاهراً منها في الجهة الشمالية البحرية من سماء المصطبة سوى ضباب قليل الكثافة كما تدل



عليه ألوان أشعة الشمس المنعكسة والمنتشرة عن جسيماته بأطياف بيضاء فضية وصفراء برتقالية، صورة (57)، في لحظة اكتمال شروق قرص الشمس على مكان الكاميرا الساعة 05:41، أي بعد ثلاث دقائق من بداية ظهور أعلى قرصها، تبدو التغيرات في تموضع الرطوبة الجوية المحلية المتكاثفة للجبهة سريعة؛ فمن المقارنة مع أوضاعها في الصورة (57) يلاحظ كيف تسعى قطع الغيوم المتبقية، من انقشاع الغيوم الشمالية للجبهة، جاهدة لتنضم إلى بعضها البعض من جهة، ومن ثم تنضم لجبهة الرطوبة التي أخذت تتراجع بسرعة نحو أجواء الجنوب الأبرد نسبياً للمضطربة من جهة ثانية، بفعل تأثير زخم تقدم الهواء الدافئ الصاعد في شمال الجبهة، صورة (58).

إن رطوبة أجواء تلك الليلة الصيفية المراقبة أدت لتكاثف الندى بشكل ملفت للنظر على سطح الأرض وعلى أجسام النباتات، لدرجة أنه شكل بركاً مائية صغيرة تجمعت على غطاء البلاستيك المخصص لجمع المحصول، والذي وضع على أرض مائلة قليلاً، فسالت عليه مياه الندى الليلي الصيفي وكونت تلك التجمعات المائية الصغيرة، الصورتان (59 و 60)، ثم إن حبات الشعير التي كانت على السطح البلاستيكي باتت مبللة غارقة في مياه الندى من كل جوانبها كما لو أنها استقبلت مياه المطر، من خلال تقدير حجم مياه بعض البرك المائية المتجمعة من المساحة التي تحيط فيها تبين أن سماكة طبقة الندى المتشكلة تزيد عن 0.3 ملم، بما يعني أن كل 1 كم<sup>2</sup> من أرض السهل اكتسب طلاً ليلياً يعادل 300م<sup>3</sup> من المياه المتكاثفة من الرطوبة الجوية، أهمية كمية تلك الرطوبة الجوية المتكاثفة ظهرت أيضاً على جانب خيمة الحقل، المبنية تحت شجرة خروب، المكشوف للسماء من ناحية الجهة البحرية، فبدأ ذلك الجانب في الصباح مبللاً بالندى كما لو أن المطر أصابته، صورة (61)، ومن مراقبة ذلك الجانب المائل المواجه للبحر من الخيمة، تبدو قطرات الندى على وبر خيوط

نسيج الخيمة أو المتجمعة حول الغبار العالق بالجانب كبيرة الحجم، بحيث يقارب قطر بعضها 5 ملم.

إن تزايد تبخر الندى التدريجي والرطوبة الأرضية بكافة مركباتها، مع تقدم ساعات شمس الصباح تغني الرطوبة الجوية بالبخار الذي يصعد نحو الأعلى ويتكاثف على هيئة سمحاق يبدو واضحاً على طول شمال مقدمة جبهة الرطوبة الجوية المحلية المتشكلة، والتي أخذت معالمها توضح بالتدرج كلما تراجعت في أجواء المصطبة نحو الجنوب، وارتفع منسوب نقطة الندى في الأجواء بفعل حرارة النهار المتزايدة باضطراد، كما هو موثق بعد ساعة واحدة من لحظات شروق الشمس على المصطبة في الصور (63 و 64 و 65).



صورة (56): شكل الغيوم التي يولدها نسيم البحر في وقت السحر من الفجر على هيئة ما يشبه جبهة رطوبة في أجواء المصطبة الأولى في أعقاب ليالي الانقلاب الصيفي، لاحظ مكان تمركز الغيوم بالنسبة للمكان الذي ستظهر منه الشمس ثم قارن مع ما يبدو ويحدث من تغيرات في الصورتين التاليتين (57 و 58)، سهل بطة-المرج، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 05:05.



صورة (57): تبديد الغيوم في الجهة الشمالية البحرية وتراجع جبهتها نحو الجنوب عند بداية بزوغ شمس الصباح على سطح الأرض، سهل بطة-المرج، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 05:38.



صورة (58): تكوين غطاء متصل من الغيم على ما يشبه جبهة رطوبة فوق المصطبة الأولى من الجبل الأخضر بفعل تبخر الرطوبة الأرضية، وبفعل زيادة تبخر الطل الذي تكون خلال الليل على التربة وأوراق النباتات بفعل أشعة وحرارة شمس الصباح، قارن الفرق في كثافة الغيوم في الصورة (57) السابقة، سهل بطة-المرج، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 05:41.



صورة (59): تجميع مياه الندى الصباحي في أعقاب ليالي الصيف في ما يشبه البرك الصغيرة على غطاء البولي إيثيلين (البلاستيك)، سهل بطة-المرج، العقاب، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 05:45.



صورة (60): سيلان وتجميع مياه الندى الصباحي المتكاثف في ليالي الانقلاب الصيفي من جراء هبوب نسيم البحر الرطب المكون للضباب الليلي والغيوم، سهل بطة-المرج، العقايل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين، 12.06.2017، الساعة 05:58.



صورة (61): تبلل جانب الخيمة المقابل لنسم البحر بالطل الصباحي في ليالي الانقلاب الصيفي التي ينشط فيها نسيم البحر الذي تتكاثف رطوبته على هيئة ضباب ليلي وغيوم وندى على الجبل الأخضر، سهل بطة-المرج، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 06:49.



صورة (62): كيفية تكوين قطرات كبيرة من الندى الصباحي على جانب الخيمة المائل، المقابل لجهة هبوب نسيم البحر، في أعقاب ليالي الانقلاب الصيفي الرطبة، سهل بطة، العقائل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين، 12.06.2017، الساعة 06:52.



صورة (63): انتظام رطوبة الأجواء المتكاثفة الناتجة عن نسيم البحر وعن التبخر من الرطوبة الأرضية التي كونها الندى الليلي على هيئة جبهة رطوبة محلية على طول أجواء الأجزاء الجنوبية لسهل بطة-المرج، الجزء الشرقي من الجبهة، العقابيل، قارن مع الصورة (56)، شرق مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 06:38.





صورة (64): الجزء الأوسط من جبهة الرطوبة الجوية المتكونة بفعل تكاثف رطوبة نسيم البحر الليلي وتبخر الطل الصباحي والرطوبة الأرضية، وتكاثفها في أجواء المصطبة الأولى من سهل بطة-المرج، قارن شكل الجبهة وارتفاعها ومكان تموضعها مع الصور (56 و 57 و 58)، العقابيل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 06:38.



صورة (65): الطرف الغربي من جبهة الرطوبة الجوية المحلية المتكونة بفعل تكاثف رطوبة نسيم البحر وناتج التبخر من الرطوبة الأرضية التي كونها الطل الليلي والصباحي في أجواء المصطبة الأولى، سهل بطة-المرج، العقابيل، مزرعة راف الله أبو مريم الدغاري، الاثنين 12.06.2017، الساعة 06:41.

توثيق جريان سيول مهمة ناتجة عن حالات جوية خاصة تحدث فيضانات غير معتادة في بعض بيئات مناطق الجبل الأخضر في عام 2018، صور (من 66 إلى 77):

في صيف 2018 وفي شهر 6 نتجت حالات جوية متكررة من حاصل تقدم تكاثفات لمنخفض جوي غربي غير ماطر فوق الجبل، هذه التكاثفات تتمثل في غيوم متنوعة ركامية بغالبيتها، اعترضت حركة تقدمها من الغرب نحو الشرق رياح القبلي الغبارية فأعاقت حركة تقدمها وخفضت من سرعتها بما سمح للرطوبة الجوية أن تتراكم في أجواء السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وتكرر تكوين جبهات رطوبة محلية أمطرت السفح الجنوبي بأمطار صيفية أثارت في أحواض غالبية الأودية سيول عارمة وصلت مياهها إلى مصباتها في البحر وفي البلط (التي كانت جافة منذ شهر 05.2016) على هامش الصحراء في الجنوب، فسيل وادي الدواي جرى على مدى يومي الاثنين 18.06 والثلاثاء 19.06.2018 وكذلك وادي الرملة، وتكررت الحالة الجوية في يوم الأربعاء 20.06.2018 حتى وصل جريان وادي الرملة في يوم الخميس 21.06 لبلطة الرملة التي تغطت كل أرضيتها بالمياه وامتألت القوضوس بمياه جريان السيول. ثم تكرر حدوث الجريان في الأودية في يومي الاثنين 25.06 والثلاثاء 26.06.2018، بفعل هطول عنيف حدث في ليلة الاثنين، إن ما يحدث في هذه الحالات المتكررة هو منع تكاثفات المنخفض الجوي غير الماطر من أن تتجاوز التيارات الصاعدة الجنوبية لظهر الجبل نحو الشمال، وجعل جبهة التماس بينهما تتم فوق السفح الجنوبي، صورة (66)، بما يسمح بتراكم الرطوبة هنا ومساعدة حالة الطقس في إنضاج عملية زيادة التكاثف والتخصيب التي تؤدي لهطول الأمطار العاصفية الغزيرة التي تحدث سيول عارمة في أودية السفح الجنوبي للجبل، صور (من 66 إلى 76).



صورة (66): تكاثفات من غيوم المنخفض الجوي الغربي الصيفي غير الماطر فوق الجبل الذي يعبر أجواء الجبل الأخضر من الغرب نحو الشرق، والملاحظ أن الرطوبة الجوية تزداد تراكمًا كلما اقتربت من أجواء السفح الجنوبي للجبل بفعل تصدي الهواء الصاعد على السفح الجنوبي لها، جنوب داخلي الجامعة، الثلاثاء، 19.06.2018، الساعة 18:27.



صورة (67): سيول صيفية ناتجة عن أمطار جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر؛ تلاقي سيل وادي المحجة مع سيل وادي الفارغ؛ الرافدين العلويين لوادي الرملة في خولان، تصوير طارق سليمان، الاثنين 25.06.2018. في الصباح.



صورة (68): مازالت بحيرة مياه غدير أعالي عبارة المخيلي متبقية في وادي الرملة بعد مضي أربعة أيام من حدوث جريانه الأخير، عبارة المخيلي، الجمعة 29.06.2018، الساعة 16:04.



صورة (69): ما زال القليل من مياه سيل وادي الرملة يجري في أسافل عبارة المخيلي رغم مضي أربعة أيام على حدوث الجريان الأخير، عبارة المخيلي، الجمعة، 29.06.2018، الساعة 16:05.



صورة (70): أرضية بلطة الرملة مغطاة بمياه سيول الجريان الصيفي، لأودية الرملة والقوس وبلعطر والخريف، الحادث ما بين يومي الاثنين والخميس، لاحظ تجدد الرطوبة الجوية الناتجة من تبخر مياه المسطح المائي للبلطة، هذه الرطوبة تساهم بشكل فعال في تزويد تكاثفات المنخفض الجوي العابرة بالرطوبة التي تساعد على تنشيط الهطول فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، تصوير خليفة أمراجع، جنوب المخيلي، بلطة الرملة الغربية، الخميس 21.06.2018. ساعة ما قبل الغروب.



صورة (71): انحسار المياه عن أرضية بلطة الرملة الغربية بفعل امتصاص طين الأرضية لها والتبخير النشط للمياه الضحلة، وبقاء المياه مخزنة في القضين الشرقيين من البلطة، القرض القريب للناظر باتجاه شمال غرب- جنوب شرق، والقض البعيد في الصورة باتجاه غرب-شرق، لاحظ عمل الرطوبة المتكاثفة فوق البلطة كما سيبتين لاحقاً، الصورة مأخوذة باتجاه الغرب، جنوب المخيلي، بلطة الرملة، الجمعة 29.06.2018، الساعة 17:43.



صورة (72): إن التبخير الناتج من التربة الرطبة، ومن سطح الماء الحر للقضوض المحفورة في البلطة ومن مياه برك السهل، يغني الجو المحلي جزئياً بالرطوبة الجوية التي تؤدي عند تكاثفها في الأعلى لخلق ضغط جوي محلي منخفض في الأعلى يعمل على جذب الهواء الدافئ من أسفل، مما يحرض تيار هواء صاعد بعنف نحو الأعلى يثير العواصف الغبارية، التي تغني الأجواء بنويات التكاثف الغبارية، والتي تساعد في حالات ملانمة على تنشيط تكاثف الرطوبة الجوية حتى الهطول، بلطة الرمل، شمال القرض القديم الجنوبي، الجمعة 29.06.2018، الساعة 18:10.

إن أرضية البلط المكونة من سيلت وطين قوامهما يتألف من اتحاد الألومينوسيليكات تجعلها أكثر حرارة من الأرض التي حولها، فعلى سبيل المثال كانت درجة حرارة الجو على طريق القطران المجاور لبلطة الرمل تساوي 31°م في يوم 18.07.2018، وعند وصول الباحث للبلطة أصبحت حرارة الجو تساوي 41°م وفق مقياس الحرارة المزودة به



السيارة، ذلك يؤدي لنشاط حركة الهواء الحار والحمل برطوبة التبخير من أرضية البلطة الرطبة، تكاثف الرطوبة وتجميعها في الجو العلوي يخلق منخفض جوي محلي، ينشط بفعالية حركة التيار الصاعد فيؤدي ذلك لإثارة عواصف الغبار في أجواء البلط وما يجاورها، الغبار الصاعد مع تيار الهواء يساهم بعملية تكاثف الرطوبة الجوية في أجواء البلط والسهل، الصورتان (72 و 73).



صورة (73): إثارة العاصفة الغبارية في السهل وعلى أرضية البلطة تفسر نشاط تيار الهواء الصاعد بفعل انخفاض الضغط المحلي في الأعلى، الذي تساهم في خلقه تكاثفات الرطوبة الجوية المحلية على هيئة غيوم ركامية طبقية تتكون كبدائية ميلاد جبهة رطوبة محلية، بلطة الرملة الغربية، غرب القرض القديم الجنوبي، الجمعة 29.062018، الساعة 18:19.



صورة (74): مازالت أرضية الجزء الغربي من بلطة الرملة الغربية رطبة ومبللة، في حين ظهرت التشققات والقشور الطينية في جزئها الشرقي بفعل جفاف مياهه خلال ثمانية أيام بفعل امتصاص الطين للمياه وبفعل التبخر، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملة الغربية، الجمعة، 29.06.2018، الساعة 18:29.



صورة (75): أثر الرسوبيات من الزيل والنفايات العضوية (العدوة) على الردميات الموجودة على يسار القض الشمالي تبين المنسوب الذي بلغته مياه البلطة من جراء الفيضان من جهة، وسرعة تراجع منسوب مياه البلطة خلال ثمانية أيام فقط من جهة ثانية، وذلك بفعل امتصاص طين أرضية البلطة للمياه، وبفعل التبخر النشط في الصيف، ليصبح منسوب المياه على ما هو عليه في القض الشمالي، بلطة الرملة الغربية، الجمعة، 29.06.2018، الساعة 18:50.



صورة (76): مساهمة الحمزة الحنفي وأحمد خليفة أمراجع في إنجاز المهمة الميدانية، فلهما من الباحث جزيل الشكر والعرفان بالجميل، بلطة الرملة الغربية، القرض الشمالي، الجمعة، 29.06.2018، الساعة 19:13.

المياه المتبقية في قروض بلطة الرملة هي المياه القليلة التي نجت من تبخير مياه البلطة خلال تسعة أيام من تاريخ ملئها بمياه السيول، صورة (70)، أي ما بين آخر جريان وصل بلطة الرملة في 20.06.2018 وحتى تاريخ الصورة (76)، وأرضية بلطة الرملة كما يلاحظ في الصور (من 71 إلى 76) جفت واختفت بحيراتهما المائية تماماً بفعل عاملي امتصاص طين أرضية للمياه والتبخير، ولا زال شيء من الرطوبة يبدو على أرضية الجزء الغربي من البلطة، كما في الصورة (74).

توثيق تكرار حالات طقس خريفية لجبهات رطوبة محلية ماطرة تحدث سيول عارمة في أحواض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الصورتان (77 و 78):



صورة (77): جريان وادي الرملة في عبارة خولان بنتيجة أمطار جبهة رطوبة محلية خريفية، رغم أن العبارة تتكون من تسعة فتحات تتوزع على عرض حوالي 50م تحت جسم الطريق، فغزارة السيل فاقت أكثر من ضعفي استيعابها؛ فسماعة مياه السيل فوق القطران تزيد عن نصف متر، وعرض السيل فوق العبارة يزيد عن 80 متر، عن طارق سليمان، طريق خولان-النوار، وادي الرملة، عبارة أسافل خولان، الأربعاء، 12.09.2018.

إن تركز الهطول المطري الغزير من جبهة الرطوبة المحلية، المتكونة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، ما بين قمة الجبل وخولان جعل جريان وادي المحجة في القطاع العلوي لوادي الرملة غزير جداً في يوم 12.09 كما يبدو في عبارة خولان السفلية في أعالي وادي الرملة، الذي يأخذ اسمه من عند هذه العبارة وما دون حتى المخيلي، صورة (77)، ثم إن استمرار تراكم الرطوبة الجوية في الجبهة المتكونة خلق هطول ثانٍ مهم جداً، مما ولد جريان

لاحق في صباح يوم 13.09 كما هو موثق في الصورة (78) في عبارة أعالي خولان، مياه سيول هذين الجريانيين المتلاحقين مع مياه سيول القوس وبلعطر والحريف وبعض فروع القرنة وصلت بلطة الرملة وعوضت ما نقص من مياه القوض وتكونت بحيرة مائية مؤقتة فوق أرضيتها انتهى عمرها يوم 25.09، حيث جفت أرضية البلطة تماماً بحسب إفادة حسان خليفة أمراجع من أهالي المخيلي.



صورة (78): جريان وادي المحجة في خولان؛ الرافد العلوي لوادي الرملة، لقطة مقتطعة من فيديو طارق سليمان، صباح الخميس 13.09.2018.

توثيق تجدد تكرار الظاهرة الجوية في خلق جبة رطوبة محلية تمطر السفح الجنوبي للجبل الأخضر بأمطار غزيرة جداً وتحدث أضخم فيضان مياه سيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في 27.09.2018، صور (من 79 إلى 90):



صورة (79): عمل التيارات الهوائية الصاعدة من الجنوب نحو الشمال على عرقلة تقدم غيوم المنخفض الجوي الغربي غير الماطر فوق الجبل، ومن ثم إعطاء فرصة لتراكم الرطوبة الجوية وتكاثفها فوق السفوح الجنوبية لتكوين جبهة رطوبة محلية خريفية تمطر السفح الجنوبي في فجر اليوم التالي بكميات ضخمة من الأمطار التي تشير السيول العارمة بغزارة غير معتادة، جنوب مدينة البيضاء، الأربعاء 26.09.2018، الساعة 12:11.

يبدو في الصورة (79) كيف أن عرقلة حركة تقدم غيوم المنخفض الجوي الغربي غير الماطر فوق الجبل تجعل تكاثفات الرطوبة السفلية تلحق بركب الغيوم العلوية المتعرقلة فتزودها بالرطوبة من أسفل فتعمل على زيادة إشباعها ونضجها حتى تسقط أمطارها.



صورة (80): تراكم الرطوبة فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر وتكوين جبهة رطوبة محلية خريفية تمطر الجبل بغزارة تولد أضخم جريان في وادي الرملة عرفته المخيلي، حيث مات اثنين من شبابها غرقاً بفعل عدم استيعاب العبارة لغزارة الجريان الذي فاق 2000 م<sup>3</sup>/ثا، وفاضت المياه على منازل البلدة والمشفى، جنوب شرق داخلي الجامعة، الخميس، 27.09.2018، الساعة 16:54.

في الصورة (80) يبدو أن الرطوبة الجوية عند منسوب غيوم السمحاق العلوية تنجذب نحو الضغط المنخفض المحلي لجهة الرطوبة المحلية التي تعلن تكاثفات الغيوم السفلية تكوينا فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر.



صورة (81): تراكم الرطوبة الجوية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وتكوين جبهة الرطوبة المحلية الخريفية المولدة لأكثر فيضان في وادي الرملة عرفته بلدة المخلي في جنوب الجبل، جنوب رأس التراب، الخميس، 27.09.2018، الساعة 18:18.

في الصورة (81) يبدو تكاثف الرطوبة الجوية من غيوم يجلبها المنخفض الجوي الخريفي غير الماطر فوق الجبل، مع التكاثفات من غيوم جبهة الرطوبة المحلية الضخمة السفلية المتكونة بسبب عرقلة حركة تقدم غيوم المنخفض الجوي العابر نحو الشرق، بما أدى لهطول



أمطار غزيرة جداً أحدثت فيضانات غير عادية وغير مألوفة عند أهالي السفح الجنوبي للجبل، فسيل وادي الرملة أغرق جزء من بلدة المخيلي بسبب عدم استيعاب عبارة المخيلي لذروة فيضان السيل التي فاقت 2000 م<sup>3</sup>/ثا، واحتنق من أهلها شبابين، ولحقت أضرار الفيضان منازل وأمالك المواطنين، الذين يؤكدون أن مثل هذا الفيضان لم يعهدوه منذ عام 1986.

توثيق جريانات سيول ضخمة غير مألوفة في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، في يوم الخميس الموافق 27.09.2018، صور (من 82 إلى 90):



صورة (82): الرافد العلوي لوادي الرملة؛ سيل وادي المحجة في عبارة خولان العليا، العبارة ذات الفتحتين لم تستوعب غزارة مياه السيل، لذلك تجاوزت المياه على الطريق العام بعرض يزيد عن 100م، لقطة من فيديو طارق سليمان، صباح الخميس، 27.09.2018.

بحسب متابعة الباحث للميدان، فإن موجة الفيضان في وادي الرملة تستغرق ما بين 6 و 7 ساعات من الوقت حتى تصل من حولان إلى المخيلي المتباعدتين عن بعضهما بمسافة حوالي 70 كم، وموجة الفيضان وصلت المخيلي الساعة 12:00 ظهراً.



صورة (83): ضخامة فيضان سيل مياه وادي الرملة عند دخوله، من الشمال أي من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، في عبارة المخيلي، لاحظ مسطح البحيرة المائية، في المستوى البعيد من الصورة التي تتمدد نحو بلدة المخيلي في الغرب، لقطة من فيديو من فيسبوك، الخميس، 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00، بحسب ما يروي أهالي المخيلي.



صورة (84): ضخامة فيضان مياه سيل وادي الرملة عند مخرجه من عبارة المخيلي ودخوله في سهل جنوب المخيلي، لقطة من فيديو من فيسبوك، الخميس، 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00.



صورة (85): المسطح المائي المتكون في أعالي عبارة المخيلي بفعل فيضان سيل وادي الرملة في أعالي عبارة المخيلي لسبب عدم استيعاب العبارة ذات الأبعاد: العرض 50 م، الارتفاع حوالي 5 متر بسبب الرواسب، الضاغظ المائي على طبقة المياه السفلى من المجري يؤدي لسرعة جريان في العبارة، بحسب علاقة بيرنولي، مساوية 9.9 م/ثا وعلية فالغزارة أو التدفق في العبارة يقارب  $2400 \text{ م}^3/\text{ثا}$ ، دون الأخذ في الحسبان المياه التي تجاوزت فوق طريق القطران بسماكة نحو 20 سم، ومسافة طولية على جسم الطريق تجاوزت 1200 غرب العبارة، ناهيك عن المياه التي سايرت الطريق العام نحو شرق العبارة لمسافة ليست قصيرة، لقطة من فيديو، من فيسبوك، الخميس 27.09.2018، الصورة مأخوذة من الغرب نحو العبارة في الشرق، ما بين الساعة 12:00 و 16:00، بحسب ما يروي أهالي المخيلي.



صورة (86): سماكة مياه الفيضان العابرة للطريق العام من الشمال للجنوب تزيد عن 20 سم، في لحظة التقاط الفيديو، في وقت تناقص الجريان قليلاً، لأن المياه غمرت الطريق على مسافة تزيد عن 1200م، ما بين غرب العبارة وشرق الجامع الغربي للمخيلي، انحدار المياه على الجانب الجنوبي للطريق عمل بنحت فعال وخطير لذلك الجانب، لقطة من فيديو من فيسبوك، المخيلي، طريق المخيلي-الخروبة، الخميس 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00.



صورة (87): فيضان مياه سيل وادي الرملة في أسافل عبارة المخيلي جعل السهل على عرض أكثر من 2كم يتحول إلى مجرى واحد لمياه السيل، عبارة المخيلي، لقطة من فيديو من فيسبوك، الخميس، 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00.



صورة (88): فيضان مياه سيل وادي الرملة وتجاوزها على المنازل والشوارع في شرق بلدة المخيلي بسبب عدم استيعاب عبارة المخيلي لغزارة فيضان السيل الذي تجاوزت غزارة ذروة فيضانه 2000م<sup>3</sup>/ثا، بعد مكان الصورة عن العبارة حوالي 1كم، لاحظ من العذوة على جدران الشارع هبوط منسوب مياه الجيرة بما يقارب 40سم، أمام منزل عبد العزيز الحبيب سليمان، من فيسبوك، عن المكتب الإعلامي المخيلي، الخميس 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 16:00.

إن غمر الشوارع بمياه السيول مشهد غير مألوف من أهالي بلدة المخيلي رغم تكرار سيول وادي الرملة من الجبل على طول الزمن المعهود لديهم، ويؤكد أهالي البلدة أن فيضاناً ضخماً حصل في عام 1986 لكنه لم يفعل ما رأوه في هذه المرة الأخيرة.



صورة (89): فيضان مياه سيل وادي الرملة في أعالي عبارة المخيلي بسبب عدم استيعاب العبارة لغزارة الجريان المفاجئ، وتكوين بحيرة مائية في أعالي العبارة تمددت نحو البلدة في الغرب بما يزيد عن 1 كم، والسيارة الظاهرة في الصورة كانت متوقفة على طريق القطران الفرعي الممثل للمدخل الشرقي للبلدة الواقع على بعد نحو 250 م غرب العبارة، منسوب هذه الطريق يرتفع عن منسوب قاعدة العبارة بنحو 4 م، بما يعني أن منسوب المياه الذي وصل لمنسوب سطح السيارة في لحظة التصوير زاد عن 5 م فوق منسوب قاعدة العبارة، من الشباب العالقين في السيارة، قلع كروزر، غرق ثلاثة منهم، فنجي واحد، فيما جرف الاثنان الآخرين تيار الماء نحو العبارة فأختنقا غرقاً، ورحمة الله عليهما، المخيلي، الخميس، 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00.



صورة (90): توقف أو تعطل حركة مرور السيارات على الطريق العام المخيلي-الخروبة على الجناح الشرقي لعبارة المخيلي بسبب فيضان وادي الرملة على الطريق في شرق وغرب العبارة، لكون العبارة أعلى من جسم الطريق في السهل بأكثر من مترين فلجأت السيارات لهذا الجناح من العبارة، عبارة المخيلي، الخميس، 27.09.2018، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00.

إن تجاوز مياه سيل وادي الرملة فوق جسم طريق المخيلي-الخروبة الممتد في السهل أرغم السيارات أن تلجأ لجناح العبارة الشرقي لتتوقف فوقه عن الحركة، لكون سطح العبارة يرتفع عن مستوى السهل بحوالي 2 م، حيث غمرت مياه فيضان السيل مسافات كبيرة من جسم الطريق السهلي.



تقصي وتوثيق نتائج أمطار الجبهة الجنوبية المحلية ومتابعة آثار فيضان جريان السيول الضخمة غير المعتادة التي نتجت عنها على السفح والسهل الجنوبيين للجبل الأخضر، صور (من 91 إلى 116):



صورة (91): في اليوم التالي للفيضان الذي حدث في المخيلي، فإن الأجواء تهيئ لتراكم الرطوبة الجوية في أجواء السفح الجنوبي، وتكرر تكوين جبهة رطوبة محلية جديدة تعمل على تخفيض الضغط الجوي فوق السفح، والذي يحرض بدوره التيارات الهوائية الصاعدة لتتجذب نحوه، من فوق السهل الجنوبي نحو السفح في الشمال، وإثارة الغبار في سهول جنوب الجبل كما يبدو واضحاً في الصور (من 92 إلى 100 ومن 102 إلى 116) التالية، مدينة البيضاء، جنوب شرق داخلي الجامعة، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 10:40.

إن الرطوبة المضافة للسهل في جنوب الجبل، صور (من 92 إلى 100 ومن 102 إلى 116) من جراء سيول يوم الخميس الموافق 27.09.2018 تغني الأجواء بالرطوبة الجوية المحلية بفعل تبخير الرطوبة الأرضية، والتي يدفعها تيار الهواء الصاعد نحو السفح في الشمال حيث تتكون جبهة الرطوبة المحلية وبفعل ذلك يمكن أن تتحدد الدورة المائية محلياً.



صورة (92): الرافد العلوي لوادي الدواري؛ بركة وادي لاكنش عامرة بالمياه بفعل أمطار الأمس، يلاحظ من هذه الصورة وما يتلوها تعكر الأجواء بالغبار على كامل السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 14:11.



صورة (93): المناسيب المنخفضة نسبياً في بينات جوانب الطرق عامرة بمياه أمطار الأمس، النوار، يمين طريق النوار-المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 14:21.



صورة (94): غوط الرحيبية في أعالي المخيلي عامر بمياه أمطار الأمس، يسار طريق النوار-المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 14:25.



صورة (95): بحيرة مياه بركة أبو على الفرجاتي مليئة بمياه السيل الناتج من أمطار الأمس، والذي مازال يجري لحين لحظة التقاط الصورة، أعالي المخيلي، يمين طريق النوار-المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 14:32.



صورة (96): منخفض هوى بو حضرة مليء بمياه أمطار الأمس، يمين طريق النوار-المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 14:36.



صورة (97): عقاير جوانب الطرق عامرة بمياه أمطار الأمس، أعالي المخيلي، يمين طريق النوار-المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 14:48.



صورة (98): مازال سيل وادي الرملة يجري من جراء أمطار الأمس التي سببت فيضان بلدة المخيلي، التصريف حوالي 4 م<sup>3</sup>/ثا، أعالي المخيلي بنحو 6كم، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:13.



صورة (99): عبارة المخيلي المخصصة لعبور سيول وادي الرملة القادمة من الجبل الأخضر في الشمال، العرض 50م مقسمة إلى ثلاثة فتحات، ارتفاع العبارة 6 م عند التصميم والإنشاء، سقفها يرتفع عن منسوب الطريق الممتد بالسهل بحوالي 2م، بما يجعل الفيضان الذي يفوق استيعاب العبارة يتجاوز الطريق العام المخيلي-الخروبية من الشمال نحو الجنوب على جناحي العبارة الشرقي والغربي من الطريق على طول السهل، وإلا لجرف السيل في يوم الأمس، الخميس، العبارة والطريق بسرعة دفع ذروة غزارة فيضانه التي زادت عن تصرف نهر النيل، 1760 م<sup>3</sup>/ثا، عند دخوله مصر في مدينة أسوان، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:31.



صورة (100): يمثل أعلى منسوب انجراف الطمي والرمل، القريب من حافة يمين الطريق، المنسوب الذي بلغه فيضان سيل الأمس على الجناح الشرقي لعبارة المخيلي، وهذا المنسوب يعد منسوب مياه البحيرة التي تكونت في أعالي العبارة وتمددت شرقاً وغرباً، حتى طغت مياهها على جزء ليس صغير من البلدة في شمال جسم الطريق، قد يتهدد للبعض أن انجراف الطمي والرمل ناتج عن أمطار وجه مياهها جسم الطريق نحو الجانب الشمالي له فأدت لنشوء ظاهرة الانجراف هذه، وهذا ظن خاطئ لكون السيل قدم من الأعالي وهو كما يسمى محلياً نقل، أي سيل قادم من بعيد، ولم يحدث في حينها أمطار في المخيلي، على الجناح الغربي للعبارة توجد عذوة من نفايات عضوية ترسم معالم منسوب البحيرة التي شكلها الفيضان، انظر الصورة (101) التالية، الصورة باتجاه الغرب، المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:33.



صورة (101): حيث يقف خليفة أمراجع وصل منسوب بحيرة فيضان وادي الرملة في ما بعد ظهر يوم الخميس الموافق 27.09.2018، والتي دامت لمدة أربع ساعات متواصلة، ما بين الساعة 12:00 والساعة 16:00، ولاحظ أن المنسوب الذي بلغته بحيرة الفيضان أعلى بحوالي نصف متر من سقف العبارة، الجناح الغربي لعبارة المخيلي، الجمعة 23.11.2018، الساعة 15:25.

لم يتمكن الباحث في 28.09 من توثيق مقارنة منسوب بحيرة المياه التي شكلها الفيضان الذي طغت بحيرته في أعالي العبارة في يوم الخميس الموافق 27.09 مع منسوب سقف العبارة، بفعل بحيرة مياه غدير الوادي والأوحال الزلقة الجانبية التي تمنع من المشي فوقها، لذلك تأجل ذلك لجولة الجمعة الموافقة 23.11.2018 حيث سمحت الظروف بعد جفاف المكان من الرطوبة.





صورة (102): مدخل مجرى سيول وادي الرملية من الأعلى في الشمال إلى عبارة المخيلي، تراكم كبير جداً للرسوبيات السيلية على يسار الصورة أو الجانب الغربي للوادي، وظهور مجرى جديد إضافي، على يمين الصورة في جهة الشرق، يشق طريقه في الرسوبيات الناعمة والأكمات القديمة، المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:34.



صورة (103): مخرج مجرى سيول وادي الرملية من عبارة المخيلي نحو السهل في الجنوب، حيث يشق المجرى طريقه في مروحة إرسابية رباعية تتكون من رمل ومواد حصوية وحجرية خشنة قبل وصوله للسهل الفيضي الزراعي الخصب الذي تتكون مواده من الإرساب الناعم من الطمي، فيضان السيل الضخم في أمس غير معالم المجرى في أسافل العبارة كما في أعاليها بفعل حمولته التي تركها أو رسبها من المجروفات الخشنة، السيل مازال جاري بغزارة تقارب 4 م<sup>3</sup>/ثا، أي تضاعلت غزارته عن يوم أمس بحوالي 600 مرة خلال 24 ساعة، المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:39.



صورة (104): نعجتين نافقتين خنقاً بفعل فيضان سيل وادي الرملة في يوم الأمس الخميس؛ الأولى تظهر واضحة في الأعلى تركها منسوب مياه بحيرة الفيضان فوق الواقية الخرسانية للجناح الغربي لعبارة المخيلي، والثانية أسفل منها مباشرة وملقاة عند أسفل الواقية الخرسانية، والكلب يحاول أن يتغذى على السفلى، وقد ابتعد عنها عند وصول الباحث للمكان، الجناح الغربي لعبارة المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:35.



صورة (105): تهديد جوانب الطريق العام والطرق المحلية المتفرعة عنه، بفعل تجاوز مياه الفيضان لأجسام الطرق وانحدارها العنيف على الجانب الجنوبي، حيث ينشط النحت الرأسى، غرب عبارة المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 15:51.



صورة (106): رسوبيات ناعمة وأوحال بكميات ضخمة خلفها فيضان الأمس في مكان بحيرة الفيضان التي تشكلت في أعالي عبارة المخيلي، كما هو حال طريق القطران الممثل للمدخل الشرقي لبلدة المخيلي، حيث توجد سيارة الرحلة الميدانية، الظاهرة مرآتها في الصورة، وعلى مقربة من هذا المكان على هذه الطريق كانت توجد سيارة القلع الكروزر الظاهرة في الصورة رقم (89)، لاحظ بعد عبارة المخيلي المقابلة للناظر، وقارن منسوبها مع موقع التقاط الصورة، مدخل المخيلي الشرقي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 16:16.



صورة (107): مخلفات فيضان الخميس الموافق 27.09.2018 من الرمال والوحل على طريق المخيلي-الخروبة، في بلدة المخيلي، موقع الصورة غرب عبارة المخيلي بأكثر من 500م، المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة، 16:19.

توثيق بعض أضرار أهالي بلدة المخيلي من فيضان سيل وادي الرملية، صور (من 108 إلى 110):



صورة (108): مخلفات فيضان الأمس والأضرار التي لحقت بمنازل المواطنين في بلدة المخيلي، لاحظ العذوة أي العلام الذي خلفه منسوب مياه بحيرة فيضان الأمس على الجدار الأيسر للمنزل، البعد عن العبارة يزيد عن 600م ويعد مكان المنزل مرتفع نسبياً لكونه يوجد عند بداية السفح الجبلي، منزل عبد العزيز الحبيب سليمان، المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 18:36.



صورة (109): هذه السيارة التي كانت غارقة في الشارع القريب والواضحة في الصورة رقم (88)، لاحظ العذوة التي خلفها منسوب بحيرة فيضان الأمس على جدار المنزل الواقع خلف السيارة وعلى يمينها، بما ينبه إلى أن السيارة تغطت كلياً بمياه بحيرة الفيضان في لحظة ما من يوم أمس، كما يؤكد صاحبها عبد العزيز الحبيب سليمان، وأجمل ما بعد المصائب التي تجلب الخير في طياتها ابتسامات لطيفة تظهر على وجوه الكبار وحركات برينة تبدر عن الصغار ممن عانوا وصبروا على أمل أكيد أن الله يعوض دوماً بالخير وبالحسن، المخيلي، أمام منزل عبد العزيز الحبيب سليمان، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 18:41.



صورة (110): نزع المخلفات من الرواسب والأوحال التي خلفها فيضان سيل الرملة في يوم أمس بالآلات الهندسية من شوارع بلدة المخيلي، أمام مستشفى المخيلي، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 18:49.

توثيق جمع مياه سيول فيضان الأودية في بلطة الرملة الغربية وتكوين بحيرة مياه مؤقتة فيها، صور (من 111 إلى 116):

من الغريب ملاحظته في ظروف هذه الأرض هو الغياب السريع للرطوبة الأرضية من المكان بسرعة فائقة، إذ بعد حدوث الجريان بيوم أو يومين ترى أن مظهر الأرض لا يدل على رطوبة حدثت بالماضي القريب، ثم إن البحيرات المائية المتشكلة في البلط والمكونة من عشرات ملايين الأمتار المكعبة لا تعمر إلا أيام معدودة، تتراوح ما بين أسبوع وخمسة أشهر في أفضل حالاتها.



صورة (111): مياه فيضان سيل وادي الرملة في يوم أمس الخميس يملأ بلطة الرملة بالمياه، سهل جنوب المخيلي، هامش الصحراء الكبرى، بلطة الرملة، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 17:08.



صورة (112): العذوة، من النفايات العضوية والزبل، التي تجلبها مياه السيول ترسم حدود ومنسوب مياه بحيرة المسطح المائي المؤقت للبلطة التي تصبح مزاراً للسياح وهواة الصيد، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملة الغربية، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 17:08.



صورة (113): حدود مياه بحيرة بلطة الرملة المؤقتة سوف يجري تتابع انحسار منسوبها أو ازدياده في جوار شجرة السدر التي ستكون نقطة مرجعية في قياس تغير مناسيب مياه البلطة مع تقدم زمن الدراسة، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملة، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 17:07.



صورة (114): سخر الله هذه السيارة للباحث لتذليل مهمة التنقل من مدينة البيضاء في شمال الجبل إلى بلطة الرملة التي كانت في صباح أمس أرض صحراوية جافة، واليوم بحيرة داخرة بالمياه السماوية المباركة، فله الحمد والشكر، سهل جنوب المخيلي، شرق بلطة الرملة، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 16:55.





صورة (115): تمتد المسطح المائي المؤقت لبلطة الرملة الغربية نحو عقيرة الرملة الواقعة في شمال شرق البلطة من جهة سلك حكيم الذي يعد المزود الشرقي للبلطة بمياه السيول، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملة الغربية، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 17:52.



صورة (116): حسان خليفة أمراجع ساعد في إنجاز المتابعة الميدانية لميدان الدراسة ما بين بلدة المخيلي وبلطة الرملة، فله جزيل الشكر والامتنان من الباحث، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملة الغربية، الجمعة، 28.09.2018، الساعة 16:53.

من الطائرة متابعة وتوثيق أجواء الجبل الأخضر وتقصي مصير فيضان سيول السفح الجنوبي للجبل الأخضر المتجمعة في البلط على هيئة بحيرات مائية مؤقتة صور (من 117 إلى 140):



صورة (117): أجواء صباحية من غيوم سمحاق متشعب تغطي السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، جنوب طريق البيضاء-شحات، الثلاثاء، 02.10.208، الساعة 09:35.

نظراً لأهمية الحدث المائي الذي صار في يوم الخميس الموافق 27.09.2018 في أحواض أودية السفح والسهل الجنوبيين للجبل الأخضر، والضجة الشعبية والإعلامية التي عمت في الإقليم، اهتمت الإدارات والسلطات المحلية بذلك الوضع المائي الاستثنائي كاهتمام الباحثون العلميون من قسم الجغرافيا بجامعة عمر المختار، وطلب قسم الجغرافيا من

عمادة كلية الآداب، ومن ثم من رئاسة الجامعة بطلب تعاون وتدخل القوى الجوية العربية الليبية في قاعدة الأبرق بتسخير طائرة هيلوكوبتر عمودية تساعد بحاث الجامعة في إنجاز مهمة جوية استطلاعية تجوب أجواء السفح الجنوبي والسهول الجنوبية للجبل الأخضر، حيث تتوزع في ربوع هذه المساحات الشاسعة بلطات جمع مياه السيول؛ من بلطة برير في أعالي العزيرات في الشرق وحتى بلطة الزلق في غرب السهل مروراً بأجواء بلطة الرملة ثم بلطتي الشلطان والشليطيمة، ثم بلطة ابشادة وبلطة بورقيص، حيث تزيد المسافة بين تلك البلطات من الشرق حتى الغرب عن 100 كم، والتي يحتاج استطلاعها الأرضي بسيارات صحراوية مجهزة أكثر من شهر كامل، اختصرته الطائرة بزمن قياسي مقدار 149 دقيقة فقط ما بين وقت إقلاع الطائرة ووقت رجوعها بسلام إلى قاعدة انطلاقها، صور (من 118 إلى 140)، بذلك تمكن الفريق البحثي من الاطلاع على الوضع المائي العام في جنوب الجبل، على أمل أن يسخر ذلك في البحث العلمي بوضع تصور تنموي مستقبلي للموارد الطبيعية في الإقليم يحقق أكبر فائدة ممكنة للمواطن وللمجتمع المحلي.

لقد حرص الدكتور محمود الصديق التواتي من قسم الجغرافيا على القيام بالمهمة الجوية العلمية المائية ونشط بجمته الصادقة بالتواصل ما بين المسؤولين الإداريين في الجامعة أمثال الدكتور مفتاح بو خشيم؛ رئيس قسم الجغرافيا، وعميد كلية الآداب: محمد بو عبيد الله، ومسجل الكلية وأمينها الإداري، الذين تواصلوا مع رئيس الجامعة؛ عبد المطلب أبو فروة، والمسجل العام سليمان بو حويش الذين تعاونوا مع الأخ علي الصالحين حماد الصالحين آمر المطار ومساعديه ومأموريه حتى تمت المهمة العلمية في يوم الثلاثاء الموافق

02.10.2018 بنجاح بتوفيق الله وحفظه بمساعدة الأخ المصور الإعلامي محمد المنصوري، ولكل هؤلاء، وللمساهمين المساعدين لهم، من الباحث ومن فريق العمل الميداني الشكر والتقدير على التعاون العلمي المشرف.



صورة (118): الاستعداد لرحلة جوية لاستطلاع المسطحات المائية التي كونها فيضان الأودية في البلط في يومي الخميس والجمعة 27 و 28.09.2018 في سهول جنوب الجبل الأخضر، مطار الأبرق، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 11:12.



صورة (119): بحيرة مياه بلطة بريبر في أعالي العزيات، لاحظ أجواء غيوم السمحاق المتشعب فوق ظهر الجبل في شمال البلطة، الصورة باتجاه الشمال، أعالي العزيات، السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:03.



صورة (120): شبكة المجاري التي تزود بلطة بريبر بمياه السيول القادمة من شمال البلطة، لاحظ تفرع المجاري المائية في ما بعد البلطة التي تصرف فائض مياه البلطة نحو السهول الجنوبية، السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر، أعالي العزيات، بلطة بريبر، صورة باتجاه الجنوب، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:04.



صورة (121): من الشمال الغربي باتجاه الجنوب الشرقي لبحيرة مياه بلطة الرملة الغربية، المساحة التي تظهر من بحيرة البلطة تمثل حوالي ثلاثة أرباع البلطة التي تقدر بنحو 25 كم<sup>2</sup>، والتي امتلأت بفيضان يومي الخميس والجمعة، 27 و 28.09.2018، ويظهر في الصورة معالم رديم القضين الغربيين في البلطة بارزة فوق منسوب مياه بحيرة البلطة؛ القض القديم الشمالي وهو في المستوى القريب من الصورة، فيما يظهر القض الجديد في المستوى الأبعد من الكاميرا، واتجاه القضين العام شمال جنوب، سهل جنوب المخيلي، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:14.



صورة (122): باتجاه شرق-شمال شرق تظهر فيها معالم رديم القرض القديم الجنوبي في جنوب بحيرة مياه البلطة التي امتلأت من فيضان يومي الخميس والجمعة 27 و 28.09.2018، من الطائفة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:16.



صورة (123): القرضين الجديدين في جنوب شرق بلطة الرملة الغربية، أحدهما باتجاه غرب شرق، والثاني باتجاه عام شمال جنوب، وتظهر ردمياتهما بارزةً فوق منسوب مياه البحيرة المائية الموقنة لبلطة الرملة الغربية، سهل جنوب المخيلي، من الطائفة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:17.



صورة (124):الجهة الجنوبية الشرقية لبلطة الرملة الغربية، يبدو هنا كيف تتمدد بحيرة المياه المؤقتة نحو شرق البلطة بفعل الرياح التي تساهم بتجفيف مياه البلطة وتقصير عمرها، لكون الطين الجاف للأرضية يمتص المياه، التي تسوقها الرياح على الأرض المستوية من الأجزاء المبللة إلى الأجزاء الجافة من البلطة، بشراهة ونهم، بلطة الرملة الغربية، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:18.





صورة (125): الجهة الغربية من بلطة الرمل الغربية، من هنا تتغذى بلطة الرمل الغربية بمياه سيول بعض فروع وادي القرنة وسيول أودية الخريف وبلعطر والقوس، ومن جهة الشمال تتغذى بمياه سيول وادي الرمل، حيث يبدو تحت الطائرة مباشرة أحد فروع سلك الحريقة المتفرع من وادي الرمل في غرب سهل المخيلي الزراعي، يلاحظ في المستوي القريب من البحيرة وأعلىها شكل العذوة المتبقية الدالة على مدى سرعة انحسار مياه البحيرة بعد مضي 4 أيام فقط من تاريخ ملئها بالمياه في يومي الخميس والجمعة، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرمل الغربية، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:22.



صورة (126): بينة المصارين المتكونة من آلاف المجاري المانية الصغيرة المتجاورة والمتوازية والمتفرعة من السيول الأم، واحدها مصران، هذه المصارين تغذي بحيرة بلطة الرملية بالمياه من الغرب عند حدوث جريان السيول المهمة، أعالي بلطة الرملية الغربية، غرب بلطة الرملية الغربية، من الطائفة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:22.



صورة (127): غرب بلطة الرملة تظهر بلطة الشلطوم (حوالي 1 كم<sup>2</sup>) هي الكبيرة الموجودة على يسار الصورة، وبلطة الشليطيمة على اليمين، بالإضافة لبلطة خايبة وهي الصغيرة جداً والتي تظهر بالجوار الأيمن لبلطة الشليطيمة، وبحيرات المياه المؤقتة لهذه البلطات الثلاث تتغذى بمياه سيول بعض فروع وادي الخريف، لاحظ التكوينات البديعة للغيوم المتشكلة في سماء السهل بفعل التبخير النشط للرطوبة الأرضية، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائفة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:25.



صورة (128): الجزء الشرقي من بحيرة بلطة بو رقيص ومعالم القرض الشرقي فيها، لاحظ أشجار الطرفاء التي نمت على جوانب القرض، البحيرة المائية المؤقتة تتغذى من مياه سيول أودية بعض فروع القرنة، وادي الثعبان، وادي تناملو ووادي الحمامة، مساحة البلطة حوالي 11 كم<sup>2</sup>، بحيرات مياه بلطة بو رقيص تعمر أكثر من بحيرات الرملة والزلق، لكون مساحة بلطة بو رقيص أصغر مساحةً وأعمق نسبياً، البحيرة المائية المقابلة تكونت من جريان مياه سيول حدثت في يومي الخميس والجمعة 27 و 28.09.2018، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائفة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:30.



صورة (129): الجزء الأوسط من بحيرة مياه بلطة بو رقيص المؤقتة، يظهر في يمين أو غرب الصورة الطرف الشرقي للقض الغربي في البلطة، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:31.



صورة (130): باتجاه الجنوب ومن بعيد صورة شبه كاملة لبحيرة مياه بلطة بو رقيص المؤقتة، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:43.



صورة (131): بحيرة مياه بلطة الزلق جنوب غرب بلطة بو رقيص، تتزود هذه البلطة من مياه وادي سمالوس القادم من الشمال الغربي، كما تتزود بمياه سيول أودية ذروة وذريوة والشبيكة، بالإضافة إلى أنها تتزود بالمياه التي تفيض من بلطة بورقيص بوساطة سلك اميز عروق، تبلغ مساحة البلطة حوالي 45 كم<sup>2</sup>، لذلك فإن بحيراتها المائية المؤقتة قصيرة العمر عن سابقتها بفعل الرياح التي تسوق مياهها الضحلة من جهة الرطوبة نحو الجهات الجافة التي يمتص طين أرضيتها المنبسطة المياه بشراهة، لاحظ سرعة تراجع وانحسار مياه بحيرة البلطة خلال أربعة أيام فقط من تاريخ امتلائها في يومي الخميس والجمعة بفعل عاملي امتصاص الطين للماء والتبخر، سهل جنوب الجبل، من الطانرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:33.

<p>صورة (132): تحوي بلطة الزلق خمسة قضوض يظهر منها في الصورة ثلاثة قضوض فقط، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:35.</p>	
<p>صورة (133): الجزء الغربي من بحيرة مياه بلطة الزلق يظهر فيه القض الرابع، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:39.</p>	



صورة (134): الطرف الغربي من بحيرة مياه بلطة الزلق يظهر عنده القرض الخامس المحفور من أجل تأمين مياه شرب الأتعام لأكثر مدة ممكنة من السنة، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:41



صورة (135): باتجاه الغرب، بحيرة مياه بلطة إيشادة يظهر فيها القرض الوحيد الذي نبتت على ضفافه أشجار الطرفاء، مساحة البلطة 2 كم<sup>2</sup> فقط، يزود البلطة بالمياه سيول وادي تناملو، والمياه التي تفيض منها ترفد بلطة بو رقيص في الجنوب، سهل جنوب الجبل الأخضر، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:47.





صورة (136): الدكتور محمود الصديق التواتي مدرس بقسم الجغرافيا، جامعة عمر المختار، البيضاء، هو مقرر القيام بالرحلة الجوية لأهميتها البحثية والعلمية، والمصور الإعلامي محمد المنصوري، أجواء جنوب الجبل الأخضر، في الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:38.



صورة (137): أحد حماة الديار في القوى الجوية العربية الليبية الموقرة والمحترمة، من أجواء جنوب الجبل الأخضر، في الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:39.



صورة (138): مساعد قائد الطائرة والملاح، في غرفة قيادة الطائرة، من أجواء جنوب الجبل الأخضر، في الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:39.



صورة (139): كاميرا المصور الإعلامي محمد المنصوري، في أجواء جنوب الجبل الأخضر، في الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 12:39.



صورة (140): بعد إنجاز المهمة العلمية بفعل التعاون الناجح ما بين الفريق البحثي العلمي من جامعة عمر المختار وحماة الديار الأفاضل، يكيل الباحث، للجميع ممن ساهموا في إنجاز المهمة العلمية في أجواء الجبل الأخضر، ومتابعة خيرات السماء التي أفاضت أرض الجبل ببيركاتها، كل الشكر والمحبة والود والاحترام، مع فانق التقدير لهؤلاء الرجال وزملائهم من أمرين وأمورين والذين تبرعوا بجهدهم وتحملوا مسؤولية كبيرة وشاقة في سبيل دفع البحث العلمي نحو الأفضل في ما يخص تنمية الموارد الطبيعية في إقليم الجبل الأخضر، وما دامت هذه الأرض المباركة والبلد الطيب تنجب من هؤلاء الرجال الكرام، واسعي الصدور برحابة متميزة، ومتواضعي النفوس، وكرام الأخلاق وأصحاب همم عالية صادقة في المواقف، فلا بد للعبد أن يحمد الله على أمل أنه سيبارك بخيراته عليهم ويعم هذا البلد الرخاء والخير والبركات إنه سميع مجيب، الجبل الأخضر، الأبرق، الثلاثاء، 02.10.2018 ، الساعة 13:41.

توثيق تكرار الحالة الجوية والأمطار وحدوث السيول في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في شهر 10.2018، صور (من 141 إلى 143):

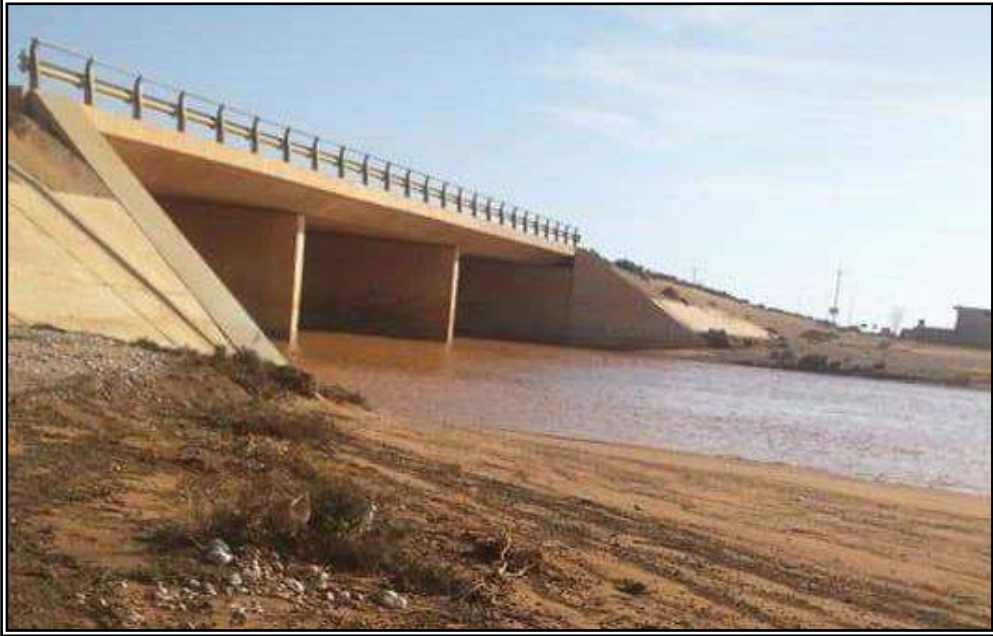


صورة (141): أجواء غائمة لمنخفض جوي غربي غير ماطر فوق الجبل الأخضر، تعمل أجواء السفح الجنوبي بتياراتها الصاعدة على إجبار هذه الغيوم على التخلي عن بعض رطوبتها الجوية، التي تمطر السفح الجنوبي بما يكفي من أمطار تحدث سيول عارمة في أغلب أودية السفح الجنوبي على مدى ثلاثة أيام متتالية، شرق داخلي جامعة عمر المختار، السبت، 06.10.2018، الساعة 17:51.

إن مياه السيول التي تولدها أمطار هذه الجبهات للرطوبة المحلية تعوض ما ينقص من مياه بحيرات البلط، بنتيجة ما يحدث لها من جفاف وانحسار سريع لمياهها، وعليه فإن جريان مياه سيول الأودية خلال ثلاثة أيام مطرة متتابة من 06 إلى 08.10 أضافت لمياه بحيرة بلطة الرملية قدر من المياه رفع منسوب مياهها، بحسب العذوة الدالة على منسوبها، الصورتان (143، 148)، بمقدار 20 سم فوق منسوب 28.09.2018، وذلك يمثل حجم يساوي نحو  $5000000 \text{ م}^3$  من المياه، لكن منسوب البحيرة المائية انخفض ما بين 28.09 و 06.10.2018 أي خلال ثمانية أيام، بمعدل 4.66 ملم/يوم، أي بنحو ما يقارب 4 سم/8 أيام، وهذا يعادل  $1000000 \text{ م}^3$  إضافي، وبالمجمل فإن جريان السيول في بداية الأسبوع الثاني من شهر 10 قد أضاف لبحيرة بلطة الرملية الغربية نحو 6 ملايين متر مكعب من مياه السيول الناتجة عن جبهة الرطوبة الجوية المحلية الأخيرة، فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الصورتان (141 و 142).



صورة (142): جبهة رطوبة محلية فوق السفح الجنوبي للجبل الأخضر تمطر السفح بغزارة على مدى ثلاثة أيام متتالية تؤدي لنشوء جريان سيول مهمة في الأودية في أيام السبت والأحد والاثنين، شرق داخلي جامعة عمر المختار، الأحد 07.10.2018، الساعة 16:41.



صورة (143): بعد الفيضان الشهير الذي حدث في 27 و 28.09.2018، أعقبه جريان سيول مهمة بعد عشرة أيام أي في بداية الأسبوع الثاني من شهر 10؛ جريان سيل مياه وادي الرملة عند مخرج عبارة المخيلي، لاحظ منسوب العذوة التي تدل على مدى وصول منسوب مياه الجريان على الجناح الغربي للعبارة والقريب من الكاميرا، عبارة المخيلي، عن المكتب الإعلامي المخيلي، الاثنين 08.10.2018.

توثيق شكل وأبعاد عبارة المخيلي ورسوبيات أرضية فتحات العبارة الثلاث، صور (من 144 إلى 147):



صورة (144): عبارة المخيلي ذات العرض البالغ 50م لم تستوعب فيضان سيل مياه وادي الرملة في يوم الخميس الموافق 27.09.2018، السيل تكرر جريانه في أيام السبت والأحد والاثنين؛ 06 و07 و 08.10.2018 أي بعد 9 أيام من جريان الفيضان الشهير الذي لم يعهد أهالي المنطقة مثله منذ 1986 على ما يقولون، وعليه فالرسوبيات في أعالي العبارة متوضعة في مستوى واحد، المدخل الشمالي لمياه سيول وادي الرملة في عبارة المخيلي، الجمعة، 23.11.2018، الساعة 15:37.





صورة (145): هذه هي عبارة المخيلي التي لم تستوعب مياه فيضان سيل وادي الرملية في ظهيرة الخميس الموافق 27.09.2018، قارن ، ارتفاع سقف العبارة بالنسبة لطول خليفة أمراجع الواقف تحت سقف العبارة، فكم كانت غزارة الجريان إذن؟!، مخرج مياه سيول وادي الرملية من عبارة المخيلي، الجمعة، 23.11.2018، الساعة 15:18.



صورة (146): بحيرة مياه مؤقتة خلفها سيل وادي الرملة في يوم الاثنين الموافق 08.10.2018 أي أن عمرها المفترض 45 يوماً وما زالت تحتفظ بالمياه على مروحة إرسابية رملية وحصوية وحجرية عالية النفاذية المانية، ورغم أنها تعد مشرباً رئيسياً لحيوانات وقطعان الأنعام في المنطقة، فمنسوبها لم يهبط سوى 40 سم/45 يوم أي بمعدل 8.88 ملم/يوم فماذا يعني ذلك؟!.. المخيلي، المروحة الإرسابية، أسافل عبارة المخيلي، الجمعة، 23.11.2018، الساعة 15:52.



صورة (147): مخرج الفتحة الغربية من عبارة المخيلي، ارتفاع جدار الجناح الغربي، للفتحة الغربية، على يسار الصورة 6 م، المنسوب العلوي على اليمين أي خلف خليفة أمراجع 4 م، وفي الوسط 5 م، عرض الفتحة الواحدة حوالي 16.5 م، الجمعة، 23.11.2018، الساعة 15:20.

من الجدير ذكره، كتكملة على معلومات الصورة (147)، أن ارتفاع الفتحة الشرقية ما بين السقف ومنسوب الردميات الرسوبية أسفل جدار الجناح الشرقي لعبارة المخيلي يساوي 5م، في حين أن ارتفاع السقف بالجوار الغربي للجدار الفاصل ما بين الفتحتين الشرقية والوسطى للعبارة يساوي 5.5م، وباقي عرض العبارة فيساوي ارتفاع سقف العبارة فوق الرسوبيات 4م، وهذا الوضع ضمن العبارة أنتجه جريان سيل شهر 10 الذي شوه شكل المجرى في العبارة بعد مرور سيل 27.09 من خلالها.

قياس وتوثيق تراجع منسوب بحرة مياه بلطة الرملة الغربية بعد 45 يوم من يوم امتلائها الأخير في 08 و 09.10.2018، صورتين (148 و 149):



صورة (148): جهاز مناسب بسيط (تيدويلايت ماني من تصميم الباحث) لمعرفة مقدار هبوط منسوب بحيرات المياه، وبمساعده تبين أن منسوب بحيرة بلطة الرملة الغربية ما بين تاريخ الاثنين 08.10.2018، حيث حصل الجريان الأخير، وتاريخ الجمعة 23.11.2018، أي خلال 45 يوم هبط منسوب البحيرة بمقدار 21سم، أي بمعدل 4.66 ملم/يوم، برفقة خليفة أمراجع، بلطة الرملة، الجمعة 23.11.2018، الساعة 14:36.

الحالات الجوية الرطبة الممطرة المولدة للسيول في أحواض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر في صيف وخريف عام 2018 تبعها حالات مشابحة حدثت فوق السفوح الغربية للجبل؛ ففي يوم الاثنين الموافق 12.11.2018 أغرقت مياه سيل حوض وادي النو،

الذي يبدأ حوضه من شمال غرب المصيلية ويتجه نحو الغرب، الطريق العام ومنازل قرية البيضاء على جانبي طريق البيضاء-المرج المار في وسط البلدة خلال الفترة المستمرة من قبل الغروب لحوالي الساعة 21:00، وسبب ارتباك حركة مرور السيارات على طول مسافة تزيد عن 3 كم تمتد ما بين شرق القرية وغربها، كذلك حدثت حالة مشاجمة في منطقة الأبيار وما حولها سببت خنق رجل في الجحيشية، وأدي فيضان مياه سيل حوض القطاع السفلي لحوض وادي القطارة لطغيان مياه السيل على الكثير من منازل مدينة بنغازي في أحياء القوارشة وقاريونس وبنينة وغيرها من أحياء المدينة.



صورة (149): موقع العذوة التي تدل على هبوط منسوب بحيرة مياه بلطة الرملية الغربية عند مدخل فرع سلك حكيم للبلطة من جهتها الشمالية الشرقية، سهل جنوب المخيلي، بلطة الرملية الغربية، الجمعة، 23.11.2018، الساعة 14:48.

إن ما تبقى من شتاء موسم 2018-2019 استقرت فيه الأجواء الشتوية التي تتولد غالبية أمطارها من المنخفضات الجوية الغربية التي تفرغ بالغالب حملتها من الرطوبة الجوية فوق ظهر الجبل وشماله، ولا نصيب يذكر من الهطول فوق السفح الجنوبي فيما لو قارناه بهطول شبه يومي يحدث فوق ظهر الجبل والسفوح الشمالية ما بين 20.12.2018 و18.02.2019 حيث دونت هذه المعلومة، وللتنويه عن أمطار شتاء 2018-2019 فقد بلغت في مقياس محطة جامعة عمر المختار في البيضاء بحسب محمد على أبو حديدة 196 ملم في شهر 12/2018، و 233 ملم في شهر 01/2019 و 201.8 ملم خلال الفترة من

01 إلى 20.02.2019، حيث قيست الأمطار، أي أن الهطول بلغ خلال نحو 82 يوم حوالي 631 ملم، أي بما يزيد عن المعدل السنوي لأمطار مدينة البيضاء بنحو 70ملم، وللإضافة فإنه في يوم 14.02.2019 جرت السيول في كل الأودية، الصغيرة والكبيرة، الشمالية والجنوبية والغربية والشرقية في الجبل الأخضر، لدرجة أن سيول أودية السفح الجنوبي بلغت البلط في ليلة الخميس/الجمعة الموافقة 14/15.02.2019، حيث تجدد امتلاؤها للمرة الثالثة في هذا الموسم؛ ما بين 27.09.2018 و 15.02.2019.

والملاحظة الهامة هو أنه لا يوجد على السفح الجنوبي كله أداة قياس مطرية واحدة، ولا أية أداة قياس هيدرومترية تقيس تصاريف مياه الجريان.

توثيق صورة لجامعة عمر المختار العريقة من الأجواء، صورة (150):



صورة (150): الصرح العلمي العريق؛ جامعة عمر المختار، أجواء مدينة البيضاء، من الطائرة، الثلاثاء، 02.10.2018، الساعة 13:16.



## 11- الفصل الحادي عشر

دراسة طبوغرافية وهييسومترية للحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا

## 11- الفصل الحادي عشر

دراسة طبوغرافية وهييسومترية للحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا

- مقدمة.
- الموقع الجغرافي والفلكي.
- الوضع الطبوغرافي للجبل الأخضر.
- المظهر الدرجي للجبل الأخضر.
- الدراسة الهييسومترية لحوض الجبل الأخضر.
- حوض الصرف المائي الخارجي من الجبل الأخضر.
- حوض الصرف المائي الداخلي من الجبل الأخضر.
- مقارنة حوضي الصرف المائي الداخلي والخارجي للجبل الأخضر.
- النتائج والمناقشة.
- مراجع الدراسة.

## الوضع الطبوغرافي والهيسومتري للحوض المائي لإقليم الجبل الأخضر في ليبيا

### مقدمة:

يعد الجبل الأخضر في ليبيا ظاهرة طبيعية فريدة في شمال شرق القارة الإفريقية، وما يميزه عن محيطه الطبيعي هو انفراده كنهوض جبلي ما بين الصحراء الإفريقية الكبرى وحوض البحر الأبيض المتوسط على طول المنطقة الساحلية الممتدة ما بين جبال تونس في الغرب وحتى جبال فلسطين في الشرق، إذ يؤدي ارتفاع الجبل البالغ 881م في بعض أجزائه بمنطقة سيدي الحمري، وإطلالته المباشرة شمالاً على البحر المتوسط بطول يزيد عن 200 كم، وجنوباً على الصحراء الكبرى، إلى خلق بيئة شبه رطبة على سفوحه الشمالية المواجهة للرياح البحرية الشمالية الغربية الرطبة في الشتاء، مقابل بيئة شبه جافة وجافة على سفوحه الجنوبية المطلّة على الصحراء الكبرى، مما يجعل حوض الجبل الأخضر ينقسم إلى حوضي صرف مائيين رئيسين:

- أحدهما خارجي الصرف المائي ويتمثل بالسفوح الشرقية والشمالية والغربية المطلّة على البحر، ويكون 40% من مجمل مساحة الحوض الكلي، ومياهه تنصرف عبر الأودية الكثيرة في البحر المتوسط من دون جدوى.

- والآخر داخلي الصرف المائي، وتمثله السفوح الجنوبية المطلّة على الصحراء الكبرى، ويكون 60% من مساحة حوض الجبل، ومياهه تنصرف عبر الأودية نحو الصحراء مكونةً مصبات تتجمع فيها مياه الأودية عند استواء الطبوغرافيا في أماكن تدعى محلياً بالبَلَط تفصل

بين الصحراء وحوض الجبل، بحيث يفقد القسم الأكبر من مياه هذه البَلَط عن طريق التبخر.

وبالتالي يهدف هذا البحث إلى توسيع قاعدة البيانات الهيسومترية الرقمية منها والبيانية الخاصة بالجبل الأخضر وحوضيه الداخلي والخارجي، وتوضيح تفاصيل الوضع الطبوغرافي الخاص بالجبل وحوضيه معاً، ومساهمة هذا الوضع في توزيع موارد الجبل المائية السطحية وتشتتها دون أن يستخدم أي منها في الزراعة المروية، لكي يستفاد من ذلك في توجيه السياسة المائية مستقبلاً.

تناول هذه الدراسة طبوغرافية الجبل، وتغيراتها عبر المقاطع العرضية والطولية لمختلف قطاعات الجبل، وذلك بعد اللجوء للخرائط التي توفرت بين أيدينا، وقمنا بحساب المساحات لقطاعات الجبل من أجل توظيفها للدراسة الهيسومترية بواسطة بلانيمتر (Ott.) على مقياس الخريطة التي تقرأها هذه الدراسة، وعليه بلغت مساحة حوض الجبل الأخضر 37625 كم<sup>2</sup> (الحنفي، 2005)، تساهم مساحة الجبل وحده بحوالي 23000 كم<sup>2</sup> منها (الباحث)، ورافق ذلك جولات ميدانية كثيرة في نواحي الجبل المختلفة تمتد على مدى ثماني سنوات من الدراسة، وجمع المعلومات والبحث، ورافق ذلك دراسات مستفيضة للساحل، ولعدد من الأودية في الجبل، وقياسات متعددة لقدراتها المائية، بالإضافة لمتابعة البيانات المناخية للمحطات الرئيسة فيه، والاطلاع على مقتطفات متعددة من الدراسات التي تمت عليه. وبذلك اتبع الباحث في هذه الدراسة المنهج العلمي التحليلي الرياضي والبياني في إظهار النتائج التي يتضمنها هذا البحث، وعليه يتبين جلياً أن لطبوغرافية الجبل الدور

الأكبر في تشتيت موارده المائية السطحية، التي تتطلب تدخلاً سريعاً وغير مكلف في مجال إدارة أحواضه المائية الفرعية في كل من حوضيه الداخلي والخارجي عند أحاضيس الحافات، وفي السهل الساحلي وفي منطقة السروال التي تعلقو البَلَط، لكي يتسنى استثمار مياه الجريان السطحي في التنمية، والتي تزيد كميتها عن 0.005<sup>(1)</sup> من معدل الهطول السنوي الذي يعادل 7 مليار متر مكعب<sup>(2)</sup> من المياه الساقطة على الجبل بدلاً من ضياع تلك الكمية من المياه في الغلاف الجوي عن طريق التبخر من جهة، أو في البحر سواء بالطريق المباشر عن طريق الجريان السطحي أو بالطريق غير المباشر عن طريق الرشح من جهة ثانية.

### الموقع الجغرافي والفلكي

يحتل نهوض الجبل الأخضر الهضبي الواقع في الشمال الشرقي من ليبيا الحيز الجغرافي المحصور بين سهل بنغازي في الغرب وخليج البمبه وهضبة البطنان في الشرق، وما بين البحر المتوسط في الشمال ومنطقة البلط السهلية التي تفصله عن الصحراء الأفريقية الكبرى في الجنوب، شكل (1).

ومنطقة الجبل الأخضر كحوض مائي فهي تمتد بين خليج البمبة في الشرق وخليج سرت في الغرب، وهو يبدو على الخرائط كشبه جزيرة تحيطها مياه البحر المتوسط من الجهات

(1) - نتيجة حسبها الباحث من معطيات:

-Hydrogeo, Baydah-Bayyaddah Area, Main Report, Pisa, 1992, pp. 49 - 53.

هذه النسبة قد تصل في بعض المواسم لنحو 0.05 % من قيمة الأمطار الساقطة فوق الجبل، وذلك بحسب التوزيع المكاني للعواصف المطرية، كموسم 2015 - 2016 حيث قدر الباحث تصريف وادي الرملة لوحده بنحو 240 مليون م<sup>3</sup> في خمس جريانات حصلت في صيف وخريف 2015 وشتاء 2016.

(2) - نتيجة حسبها الباحث اعتماداً على معطيات المحطات المطرية المبينة في المصدر نفسه، ص.32.

الشرقية والشمالية والغربية، أما من الناحية الجنوبية عند استواء السطح الطبوغرافي ما بين السفوح الجنوبية للجبل والصحراء الكبرى، تبدو المعالم التي تفصل حوض الصحراء عن حوض الجبل غير واضحة، وبذلك فإن البحيرات المائية المؤقتة التي تتجمع فيها مياه أودية السفوح الجنوبية والتي تسمى البَلَط تمثل الحدود الجنوبية لحوض الجبل الأخضر والتي يوجد بعضها (بلاطة عبد الحفيظ) في منطقة زاوية مسوس على خط عرض  $31^{\circ}30'$  شمالاً، وبذلك اعتبر هذا الخط ممثلاً للحدود الجنوبية لحوض الجبل الأخضر، في حين يمثل خط العرض  $32^{\circ}55'38''$  شمالاً المار برأس عامر حدود الحوض الشمالية، ويمتد حوض الجبل من خط الطول  $19^{\circ}56'$  شرقاً الذي يفصله عن مياه خليج سرت في الغرب، وحتى خط الطول  $23^{\circ}09'$  شرقاً والذي يفصله في رأس التين عن مياه خليج البمبه في الشرق. واعتمد في هذه الدراسة حدود الحوض الشرقية على خط الطول  $23^{\circ}10'35''$  الذي يفصل حوض الجبل عن هضبة البطنان.

### الوضع الطبوغرافي للجبل الأخضر

تظهر الخارطة، شكل (1)، المستمدة من خارطة دوكسيادس الكنتورية <sup>(1)</sup> أن طبوغرافية الجبل تتجسد على هيئة هضبة طولية الشكل اتجاهها شمال شرق - جنوب غرب بطول يبلغ حوالي 290 كم ما بين رأس التين في الشمال الشرقي وبنينا في الجنوب الغربي، وبعرض في الوسط يبلغ حوالي 110 كم يتناقص في الجهات الشرقية ليبلغ حوالي 60 كم عند خط طول مرتوبة، شكل (2). في حين يبلغ عرضه في الجهات الجنوبية الغربية عند خط طول

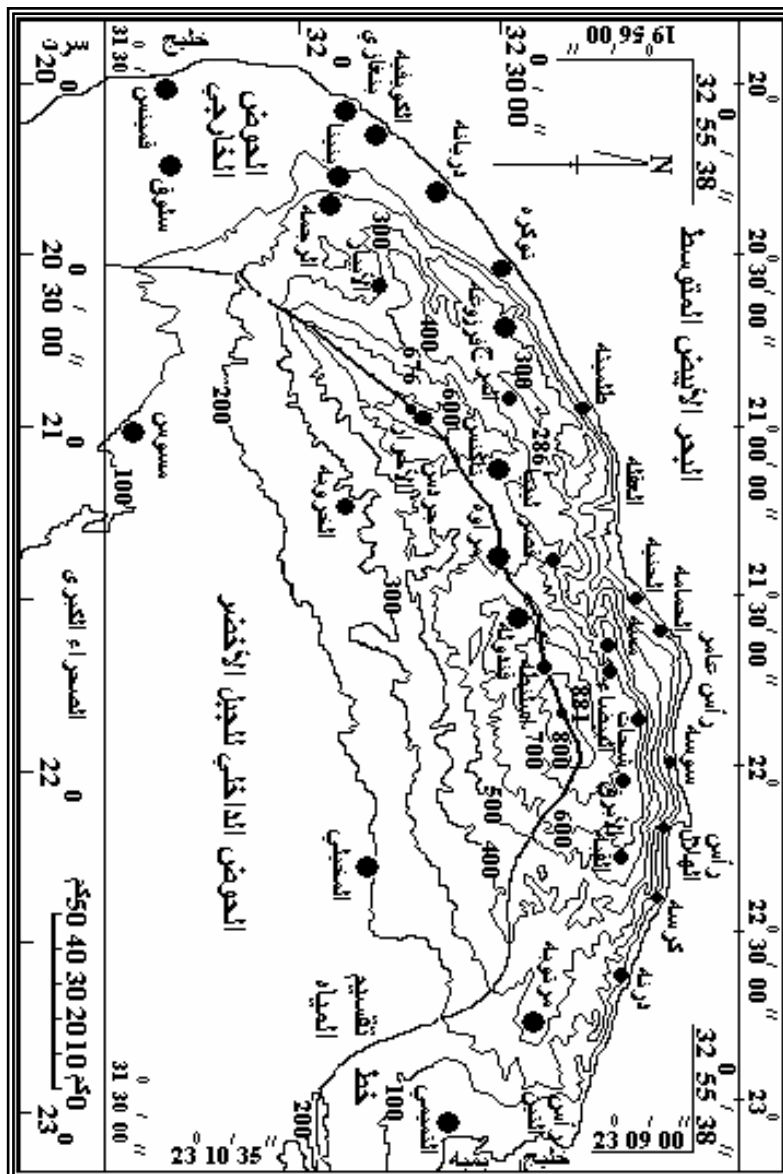
(1) -Doxiadis Associates Internationl, Benghazi Region, Beidha subregion,1979, vol. 1, p.6.

العقورية حوالي 90 كم، شكل (3)؛ وعليه فإن عرض الجبل في الجهات الجنوبية الغربية يزيد عن عرضه في الشمال الشرقي بنحو 30 كم. وبالتالي فإن خطوط الكنتور تأخذ أشكالاً حلقية متطاولة تشبه القطوع الناقصة ابتداءً من خط 200 م وحتى 800 م كما تبدو واضحة في الشكل (1).

وترتفع أعلى قمة في الجبل لنحو 881 م في سيدي الحمري، التي تقع في الثلث الشرقي من الجبل ويقابلها قمة جردس الأحرار المرتفعة لنحو 676 م في الثلث الغربي، ويفصل القمتين عن بعضهما مناطق تلالية يتوسطها ما بين مراوة وتاكنس منطقة سهلية (500 م) هي منطقة المصليية، شكلين (4 و 5).

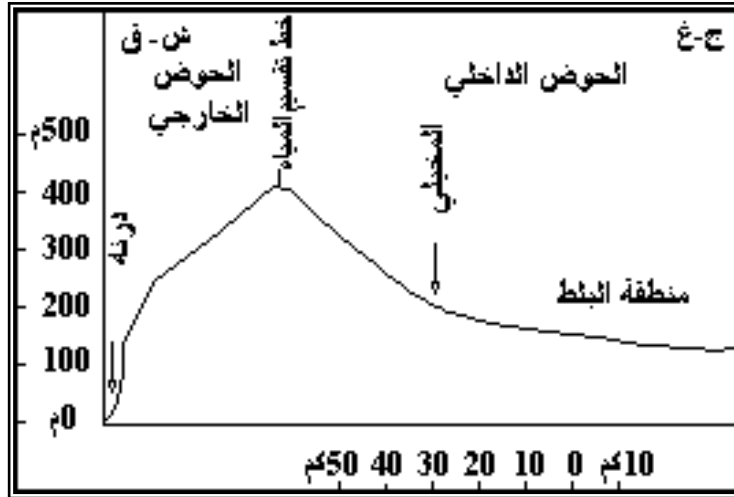
وعليه تكون ميل الطوبوغرافيا العامة من قمة سيدي الحمري للسفوح الشمالية حوالي  $0.025^{(1)}$ ، وميل السفوح الجنوبية حوالي 0.012، وميل السفوح الشرقية حوالي 0.0073، أما السفوح الغربية فتبلغ ميلها 0.0048، ومن هذا العرض يبدو أن السفوح الشمالية هي الأكثر انحداراً من بقية جهات الجبل، تليها في المرتبة الثانية السفوح الجنوبية، الشكلان (5 و 6). وتبدو على السفوح الشمالية للجبل معالم الطوبوغرافيا الدرجية أكثر وضوحاً من بقية الجهات الأخرى، شكل (7).

(1) - ميل الطوبوغرافيا العام للسفوح الشمالية محسوب بين مستوى صفر م على الشاطئ، و 881 م في قمة سيدي الحمري، وطول المسافة الأفقية على الخريطة تساوي 35240 م.

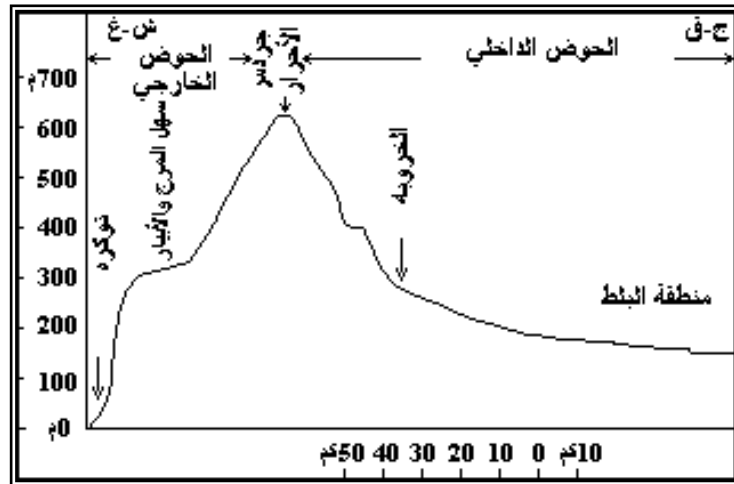


شكل (1): الوضع الطبوغرافي والفلكي للجبل الأخضر وحوضه الماني، من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية.

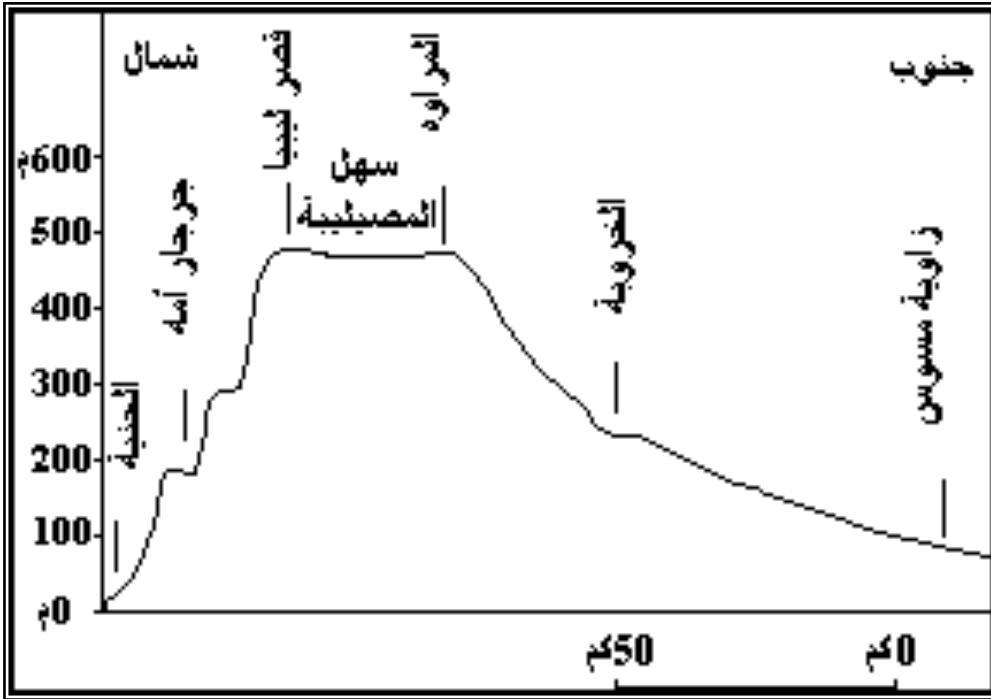




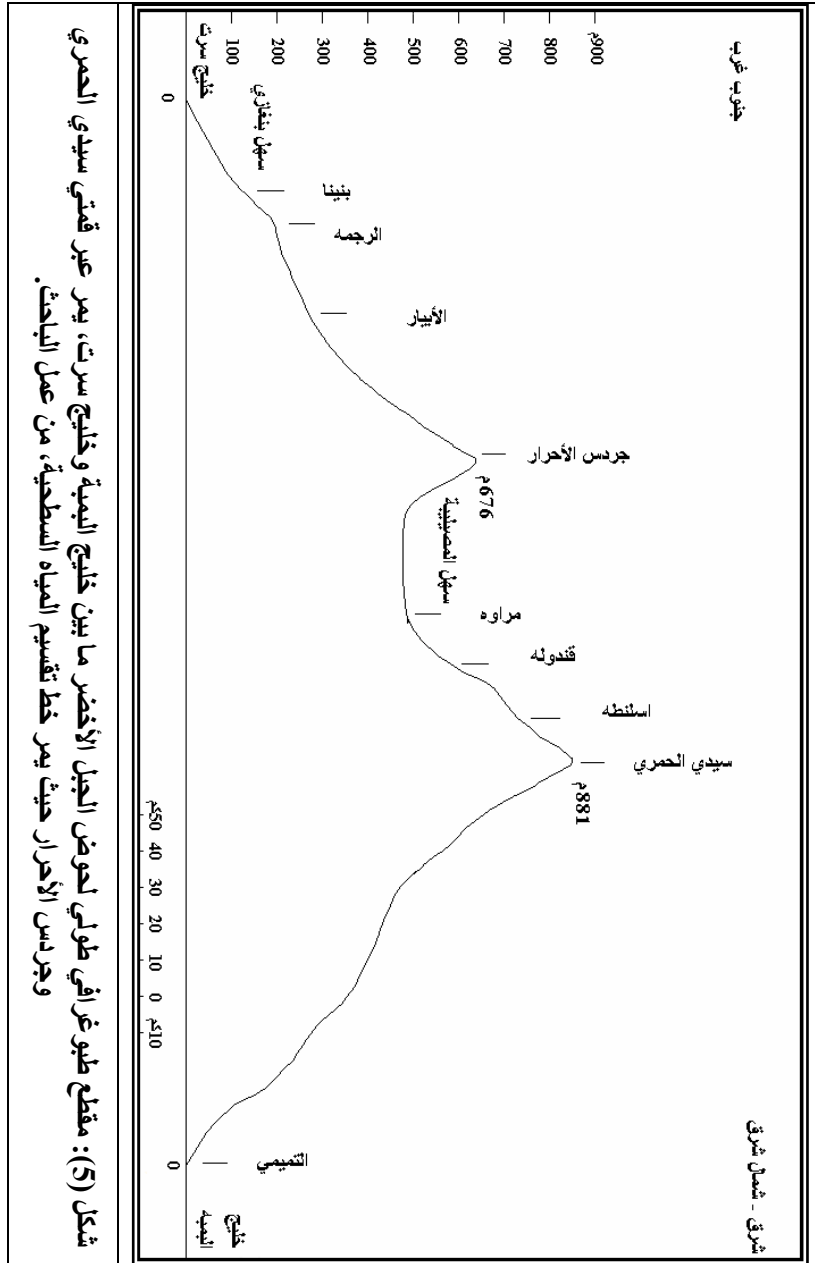
شكل (2): مقطع طبوغرافي عرضي لحوض الجبل الأخضر في جهته الشرقية، ما بين درنة في الشمال الشرقي والمخيلي في الجنوب الغربي، من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية.



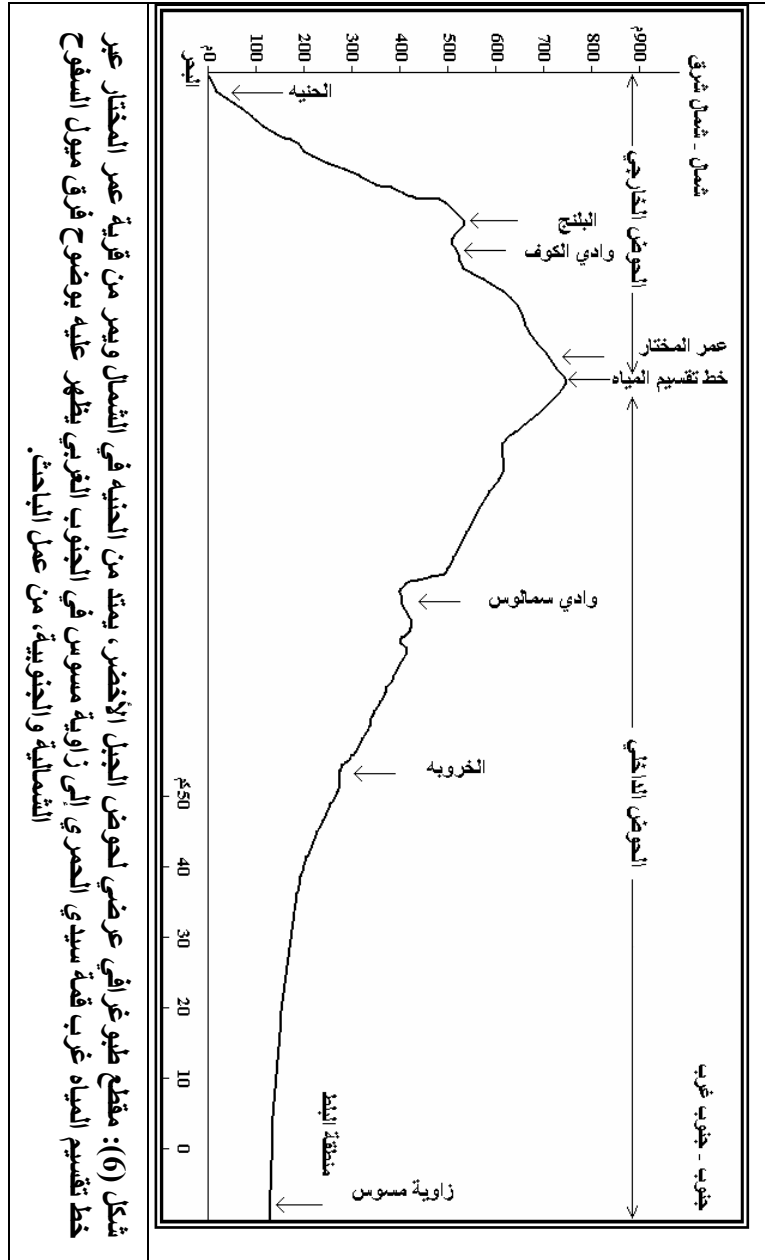
شكل (3): مقطع طبوغرافي عرضي لحوض الجبل الأخضر في جهته الغربية، يمر ما بين توكرة في الشمال الغربي والخروبة في الجنوب الشرقي، من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية.



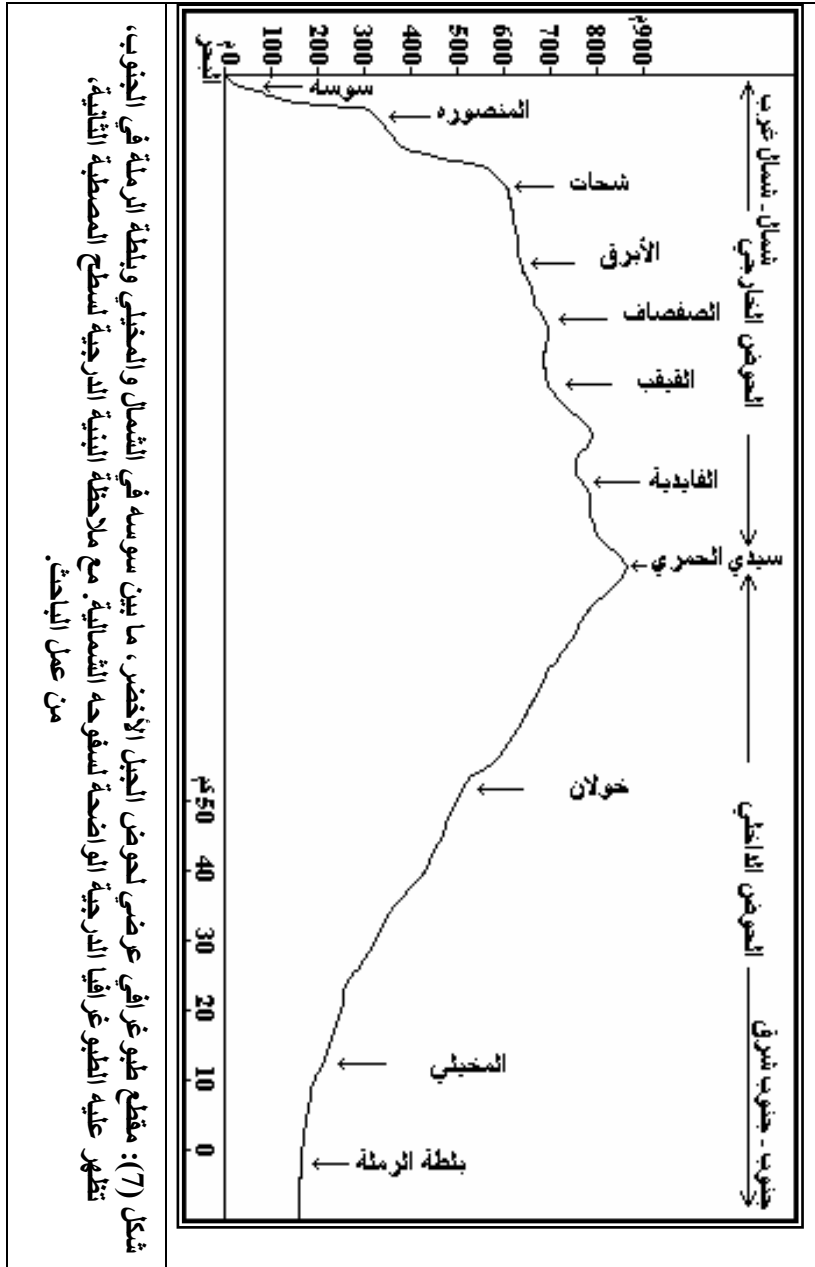
شكل (4) مقطع طبوغرافي عرضي لحوض الجبل الأخضر، يمر ما بين الحنية في الشمال والخروبة في الجنوب عبر سهل المصيلية، من عمل الباحث.



شكل (5): مقطع طوبوغرافي طولي لحوض الجبل الأخضر ما بين خليج البنية وخليج سرت، يمر عبر قمتي سيدي الحمري وجردهس الأحرار حيث يمر خط تقسيم المياه السطحية، من عمل الباحث.



شكل (6): مقطع طوبوغرافي عرضي لحوض الجبل الأخضر، يمتد من قرية عسر المختار عبر خط تقسيم المياه غرب قمة سيدي العمري، إلى زاوية مسوس في الجنوب الغربي يظهر عليه بوضوح فرق ميول السفوح الشمالية والجنوبية، من عمل الباحث.



إذ تبدو على الشكل (7) درجة ثانوية واضحة في منطقة الصفصاف، وهذه الدرجة يمكن ملاحظتها بوضوح في منطقة القبة، كما أنها تمثل خط تقسيم المياه ما بين وادي الكوف المتجه غرباً ووادي درنة المتجه شرقاً من جهة، والأودية المتجهة شمالاً نحو البحر من جهة ثانية. إضافة لظهور درجتين ثانويتين ما بين القيقب وسيدي الحمري على سطح الدرجة الثالثة، وعمد في إظهار الوضع الطبوغرافي ما بين شحات والفايدية المتباعدتين بمسافة 7 كم عن طريق المقطع الطبوغرافي المنكسر ما بين شحات في الغرب والأبرق في الجنوب الشرقي ثم الصفصاف في الغرب ومن ثم القيقب في الجنوب ثم الفايدية وسيدي الحمري في الغرب.

### المظهر الدرجي للجبل الأخضر

تنهض الطبوغرافيا في الجبل الأخضر أحياناً من خط الشاطيء مباشرة شرق درنة وفي الأثرون وفي العقلة، ومن السهل الساحلي مباشرة في أحيان أخرى على هيئة ثلاث درجات متتالية وواضحة المعالم خصوصاً في الجهات الشمالية من الجبل، وهي ملحوظة ومتميزة في جهات الجبل الأخرى، شكل (8). هذه الدرجات الثلاثة تبدأ كل منها بحافة ذات انحدار شديد نسبياً تعلوها مصطبة منحدره بلطف أو مستوية، وتتخلل هذه المصاطب كثير من الأودية مما يعطي هذه المصاطب سطوحاً متموجة أو تلالية. تخترق الأودية الحافات بمقاطع عرضية خانقية ذات جوانب شديدة الميل وبتضرس يزيد في حالات كثيرة عن 100م، بينما تتجاز المصاطب عند أقدم الحافات بمقاطع عرضية ضحلة العمق وبتضرس ضعيف جداً يتراوح ما بين 1 و 10م وعند تقدمها في سطح المصطبة أي عند ابتعادها عن أقدم الحافات تعمق مجاريها من جديد كي تتجاز الحافة التالية في الأسفل، إلى أن تصل لمصباتها الرئيسة في

البحر أو في السهل الساحلي أو في بحيرات وسبخات شاطئية، أو في البلط في جنوب الجبل أو في أحواض مغلقة كسهل المرج وفرزوغه على المصطبة الأولى.

تأخذ الحافة الأولى شكل قوس دائري يحيط بالجبل من جهات الشمال والغرب وهي بذلك تميز الجبل عن الشريط الساحلي الضيق الذي لا يتجاوز عرضه 1 كم إلا نادراً في الجهات الشمالية الممتدة ما بين الخطبة في الشرق وطلميثة في الغرب، من طلميثة يتسع الشريط الساحلي على شكل سهل نتيجة ابتعاد الحافة الأولى أي السفلى للجبل عن خط الشاطئ، والتفافها جنوباً عند العقورية تاركَةً إلى الغرب منها سهل بنغازي المثلاثي المعقوف الشكل الذي يشكل خط العرض  $31^{\circ}30'$  جنوب سلوق وقمينس قاعدته، في هذه الأماكن تختفي معالم الحافة وتدوب في معالم الصحراء الكبرى، وبذلك لا يلاحظ أي أثر لهذه الحافة على السفوح الجنوبية للجبل، بينما يظهر امتداد هذه الحافة في جنوب شرق الجبل، حيث تستمر شرقاً موازية للشاطئ جنوب خليج البمبه، وعلى طول هضبة البطنان، ثم تدخل بعيداً نحو الشرق في الأراضي المصرية. ويمكن ملاحظة ومتابعة الحافتين الثانية والثالثة على شكل حزامين يحيطان الجبل من نواحيه الأربعة، ويمكن متابعتها بوضوح على السفوح الجنوبية كما هو الحال على السفوح الشمالية، فالحافة الثانية تبدو واضحة جنوب مراوة في منطقة الكرم والخليطة، وفي الجشة وجنوب حولان، وفي شرق وادي الحمر الواقع جنوب القبة، وتبلغ أعلى ارتفاعاتها في معلى قصر الجماهير، وفي معلى زولاز، ومعالم هذه الحافة تظهر في دراسة (فولغير Volger) التي تناولها رسالة سعيد إدريس نوح<sup>(1)</sup> والحافة الثالثة يمكن ملاحظتها ومتابعتها من قرية عمر المختار، لتمر بين قندولة، وأسلنطة حتى جردس

(1) - سعيد إدريس نوح، مناخ الجبل الأخضر: دراسة تحليلية لأصناف المناخ، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قارونس، 1998، ص. 32.

الجراري، وخولان، والقيقب، ولالي، والفائدية، وتأخذ قمم هاتين الحافتين اسماً محلياً (معلی) في الناحية الجنوبية من الجبل.

إن حافات الجبل الأخضر غير متناسقة الميول والإرتفاعات على طول الحافة الواحدة؛ فالحافة الأولى يبلغ ارتفاعها حوالي 250 م شرق درنة، ترتفع لأكثر من 450 م في منطقة الأثرون وراس الهلال، لتصبح على هيئة ثلاث درجات واضحة المعالم ارتفاع كل منها نحو 100 م في جنوب سوسة وعلى امتداد حوالي 5 كم، ثم إلى الغرب من سوسة يتراوح ارتفاعها بين 300 و 330 م بطول 30 كم لتتحول إلى منحدر أقل انحداراً من قبل، ويمتد من الحمامة حتى العقلة على طول حوالي 35 كم، ومن ثم تعود لوضعها كحافة مطلة على البحر والسهل الساحلي متجهة غرباً بارتفاع يتراوح بين 250 و 300 م حتى جنوب توكرة (ويصل ارتفاع إحدى قممها إلى 408 م شمال المرج)، ثم تستمر من توكرة جنوباً على هذه الحال، مطلةً بمثل هذه الارتفاعات على سهل بنغازي بطول حوالي 100 كم لتتلاشى عند حدود الجبل الجنوبية الغربية. وباقتراب الحافة ودخولها في مياه البحر في منطقتي الأثرون والعقلة يجعلها تتحكم في عرض الشريط الساحلي من جهة، وبعرض مصطبعتها من جهة ثانية. ففي حين يبلغ عرض المصطبة الأولى 1 كم فقط في منطقة الدبوسية فإنه يزيد عن 10 كم في منطقة الفتاح جنوب شرق مدينة درنة، ويزيد عن 16 كم في الوسيطة شمال مدينة البيضاء، ويبلغ حوالي 12 كم في سهل المرج بحسب معطيات الزوام<sup>(1)</sup>، ويبلغ عرض المصطبة أكثر من ذلك بكثير في منطقة الأبيار في الغرب.

(1) - سالم محمد الزوام، الجبل الأخضر: دراسة في الجغرافية الطبيعية، منشورات جامعة قارونوس، بنغازي، 1995، ص. 30.



تنتهي المصطبة الأولى عند ارتفاع حوالي 450 م فوق سطح البحر، لتبدأ هنا الحافة الثانية التي تبلغ قمته حوالي 625 م في مدينتي البيضاء وشحات، وبذلك فهي أقل ارتفاعاً وانحداراً من الحافة الأولى، يعلو هذه الحافة المصطبة الثانية من الجبل، والتي تتمركز عليها مدن تحوي تجمعات سكنية مهمة مثل: القبة، وشحات، والبيضاء. بالإضافة لتجمعات سكنية كثيرة لكنها أصغر حجماً مثل عين ماره وملوده والأبرق والصفصاف ومسه وقصر ليبيا وقندولة ومرارة والبياضه. تنتهي حدود هذه المصطبة عند ارتفاع يقترب من 750 م فوق سطح البحر، ويظهر عليها درجة ثانوية ارتفاعها يقارب 700 م وهي واضحة المعالم جنوب شحات حيث يسايرها طريق البيضاء. درنه هنا، وهي تستمر شرقاً إذ ترتفع محلة الصفصاف عليها، وكذلك الجزء الجنوبي من مدينة القبة يتربع على هذه الدرجة الثانوية، شكل (7). في الجهات الغربية من الجبل تبدو الحافة الثانية واضحة المعالم جنوب سهل المرج ما بين أسطاطه ومدينة الأبيار حيث يحدد فائق المرج، شمال شرق - جنوب غرب اتجاه هذه الحافة التي ترتفع في منطقة البنية إلى 650 م وفي منطقة جردس الأحرار إلى 676 م. تلي الحافة الثانية الحافة الثالثة من الجبل ذات الانحدار الألف من سابقتيها، والمصطبة التي تعلوها تأخذ شكل منحدر درجي مكون من درجتين بفارق حوالي 50 م لكل منهما، شكل (7) بحيث تكون أربع قمم متجاورة بالمكان والارتفاع أعلاها قمة سيدي الحمري البالغة 881 م سقف هذه الدرجة، وقمة الجبل الأخضر. ولإعطاء صورة عن تغير الطبوغرافيا الدرجية للجبل يمكن متابعة الشكل (9)<sup>(1)</sup> والجدول (1). حيث تظهر من الشكل (9) العناصر الدرجية الرئيسة

(1) - الشكل (9) والجدول (1) ناتج من المقطع الطبوغرافي المأخوذ على الخريطة الطبوغرافية (لوحة سوسة، 1:62500).

من الجبل، والتي يوضح الجدول (1) قيم أبعاد هذه العناصر وتغير ميولها الطبوغرافية المحسوبة للسفح الشمالي على خط الطول المار في وردامة، الواقعة بين شحات والبيضاء على النحو الآتي:

السفح الشمالي للجبل الأخضر البالغ عرضه 32562.5 م، وارتفاعه يصل إلى 881 م، وانحداره المتوسط يبلغ 2.7 %، فهو يتألف من العناصر الطبوغرافية أو التضاريسية الآتية:

1- السهل الساحلي: ارتفاعه يتراوح ما بين 0 و 35 م، وعرضه 720 م، وانحداره يبلغ 4.66 %.

2- الدرجة الأولى: ما بين 35 و 425 م، أي أن ارتفاعها يبلغ 390 م، وعرضها 9687.5 م، وانحدارها العام 4.02 %، و تتكون من:

أ- الحافة الأولى: ارتفاعها ما بين 35 و 210 م، وعرضها 562.5 م، وانحدارها يبلغ 31.1 %.

ب- المصطبة الأولى: ما بين 210 و 425 م، وعرضها 9125 م، وانحدارها 2.36 %.

3- الدرجة الثانية: ما بين 425 و 745 م، ارتفاعها العام 320 م، وعرضها 17812.5 م، وانحدارها العام 1.8 %، وتتكون من:

أ- الحافة الثانية: ما بين 425 و 600 م، وعرضها 1937.5 م، وانحدارها 9.03 %.

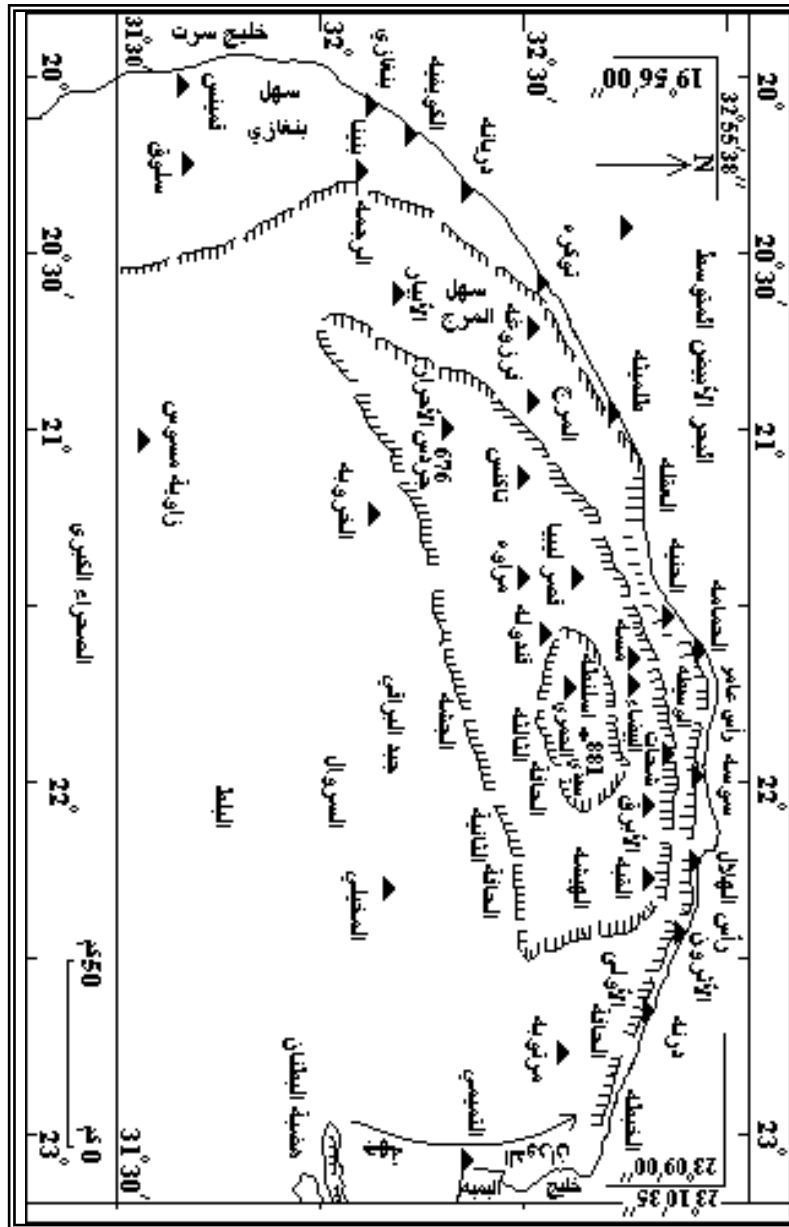
ب- المصطبة الثانية: ما بين 600 و 745 م، وعرضها 15875 م، وانحدارها 0.9 %.

4- الدرجة الثالثة (الجزء الشمالي فقط): ما بين 745 و 825 م، وارتفاعها العام 80 م، وعرضها 4312 م، وانحدارها العام 1.86 %، وهي تتكون من:

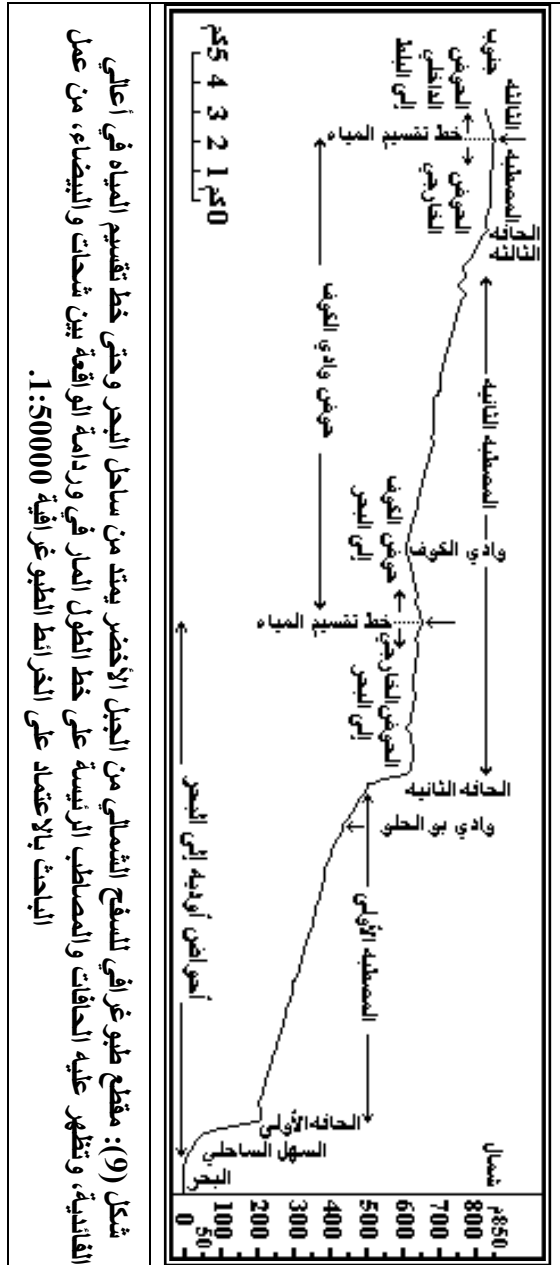
أ- الحافة الثالثة: ما بين 745 و 810 م، وعرضها 2187.5 م، وانحدارها 2.97 %.

ب- الجزء الشمالي من المصطبة الثالثة: ما بين 810 و 825 م، وعرضها 2125م، وانحدارها 0.7%.

وفي حال اعتبرنا ارتفاع هذه الدرجة مساوياً 881 م في قمة سيدي الحمري، (أي خارج مجال المقطع الطبوغرافي المدروس) فإن ارتفاعها يصبح ما بين 745 و 881 م، وارتفاعها 136 م، وانحدارها العام 3.15%.



شكل (8): الحافات الثلاث المميزة للجبل الأخضر واتجاه دورانه عبر مراحل نهوضه، من عمل الباحث.



شكل (9): مقطع طوبوغرافي للمسطح الشمالي من الجبل الأخضر يمتد من ساحل البحر وحتى خط تقسيم المياه في أعالي القاندية، وتظهر عليه الحافات والمصاطب الرئيسية على خط الطول المار في وردامة الواقعة بين شحات والبيضاء، من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية 1:50000.

جدول (1): العناصر الطبوغرافية الرئيسية من السفح الشمالي للجبل الأخضر ما بين ساحل البحر في الشمال وخط تقسيم المياه في أعالي الفاندية في الجنوب، والميول الطبوغرافية وفق المقطع المستند للخارطة الطبوغرافية، لوحة سوسة، 62500 : 1 والمار وفق خط طول وردامه ما بين شحات والبيضاء، وكذلك وفق الوضع الطبيعي حيث قمة سيدي الحمري البالغة 881 م، من عمل الباحث.

العنصر	القطاع	أسفل نقطة (م)	أعلى نقطة (م)	فرق الارتفاع (م)	المسافة الأفقيه (م)	الانحدار	الانحدار %	زاوية الانحدار (درجة)
السهل الساحلي	السهل الساحلي	0.0	35	35	750	0.0466	4.66	2.7 °
الدرجة الأولى	الحافة الأولى كاملة	35	210	175	562.5	0.311	31.1	17.28 °
	المصطبة الأولى كاملة	210	425	215	9125	0.0236	2.36	1.349 °
	الدرجة الأولى كاملة	35	425	390	9687.5	0.04026	4.03	7.03 °
الدرجة الثانية	الحافة الثانية كاملة	425	600	175	1937.5	0.0903	9.03	5.16 °
	المصطبة الثانية ما بين الحافة الثانية وخط تقسيم المياه مع وادي الكوف	600	660	60	5125	0.012	1.2	0.7 °
	المصطبة الثانية من خط تقسيم مياه وادي الكوف حتى وادي الكوف	660	595	-65	2312.5	-0.028	-2.8	-1.6 °
	المصطبة الثانية من وادي الكوف حتى بداية الحافة الثالثة	595	745	150	8437.5	0.0177	1.77	1.1 °
	المصطبة الثانية كاملة	600	745	145	15875	0.009	0.9	0.52 °
	الدرجة الثانية كاملة	425	745	320	17812.5	0.01796	1.8	1.03 °

العنصر	القطاع	أسفل نقطة (م)	أعلى نقطة (م)	فرق الارتفاع (م)	المسافة الأفقية (م)	الانحدار	الانحدار %	زاوية الانحدار (درجة)
الجزء الشمالي من الدرجة الثالثة	الحافة الثالثة كاملة	745	810	65	2187.5	0.0297	2.97	1.7 °
	المصطبة الثالثة حتى خط تقسيم المياه	810	825	15	2125	0.007	0.7	0.4 °
	الجزء الشمالي من الدرجة الثالثة المقطع الطبوغرافي	745	825	80	4312.5	0.01855	1.85	1.063 °
	الجزء الشمالي من الدرجة الثالثة كاملاً وفق الوضع الطبيعي	745	881	136	4312.5	0.0315	3.15	1.8 °
الشفح الشمالي كاملاً	الشفح الشمالي للجبل الأخضر وفق المقطع الطبوغرافي	0.0	825	825	32562.5	0.0253	2.53	1.45 °
	الشفح الشمالي وفق الوضع الطبيعي	00	881	881	32562.5	0.027	2.7	1.55 °

### الدراسة الهيسومترية لحوض الجبل الأخضر

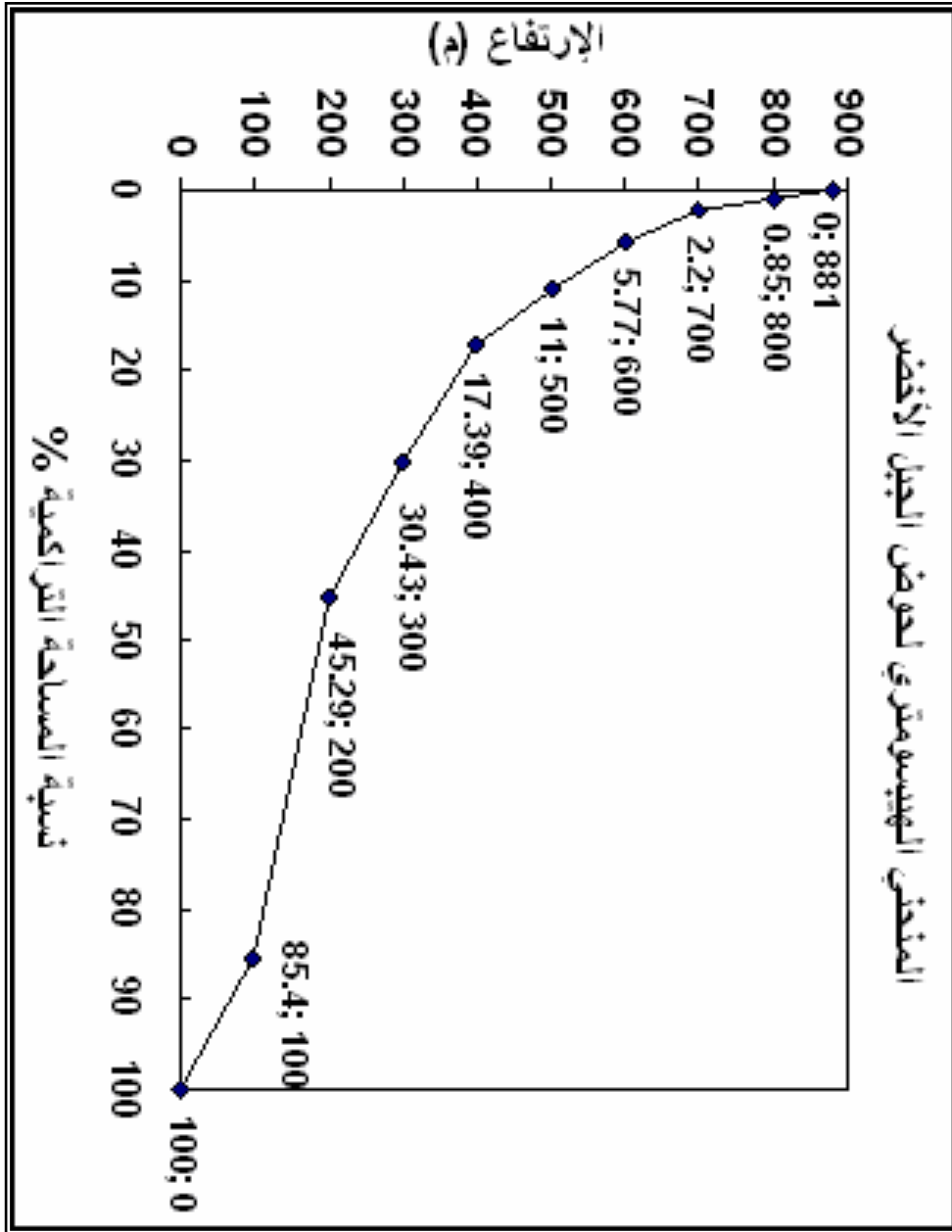
يبين الجدول (2) كيفية تقسيم قطاعات الارتفاع لحوض الجبل الأخضر وكيفية توزيع المساحة لكل من القطاعات التسعة من الحوض؛ فمساحات القطاعات العليا تكون صغيرة المساحة مقابل كبر مساحات القطاعات ذوات الارتفاعات المنخفضة، ففي حين تبلغ مساحة الحوض الكلي للجبل 37625 كم<sup>2</sup> يساهم فيها القطاع (100 - 200م) بحوالي 40% بسبب وجود السهل الجنوبي من الحوض والذي يحتوي على منطقة البلط في هذا

القطاع. وكل من القطاعات الثلاث الأخرى التي تقل ارتفاعاتها عن 400م تساهم بحوالي 14%، بينما تبلغ مساهمة القطاعات الخمسة العليا مجتمعة حوالي 17.5%. هذا ويبلغ متوسط ارتفاع الحوض 248.07م. ويظهر الشكلين (10 و 11) كيفية توزيع المساحة مع تغير الارتفاع للجبل. هذا وتفرض الطبوغرافيا تقسيم الحوض الكلي للجبل الأخضر بحسب الميول الطبوغرافية وتوجيه الجريان السطحي إلى حوضين رئيسيين هما الحوض الخارجي الذي تنصرف مياهه في البحر، والحوض الداخلي الذي تنصرف مياهه في البلط، والفاصل الطبوغرافي الطبيعي ما بين الحوضين يتمثل بخط تقسيم المياه بينهما، شكل (1).

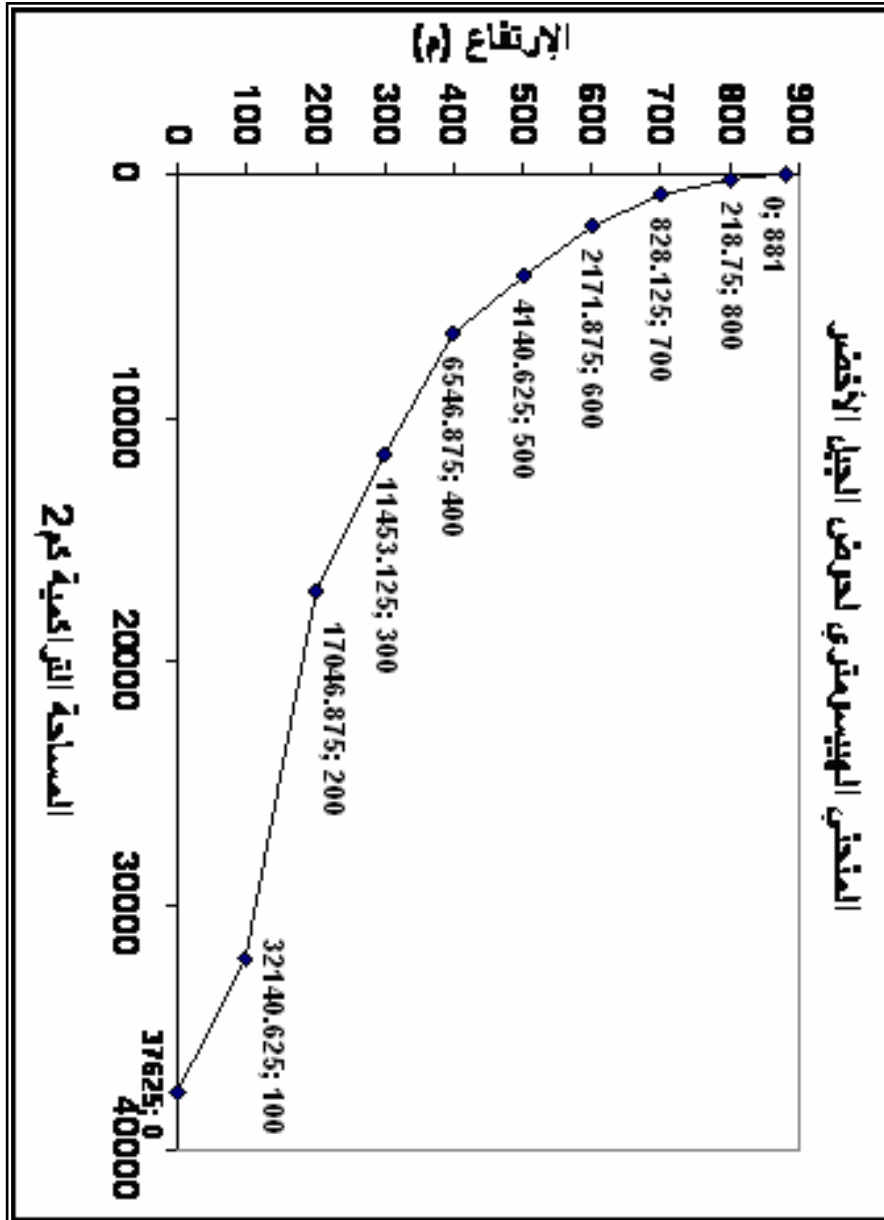


جدول (2): المعطيات الهيسومترية وكيفية توزيع المساحة بدلالة الارتفاع في حوض الجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا، حيث تم حساب مساحات القطاعات من الباحث بواسطة البرنامج A. OTT Kempten, Type 30115 N.141207.

المساحة التراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (%)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	متوسط ارتفاع القطاع (م)	القطاع الطبوغرافي من (م) إلى (م)
218.75	0.58	218.75	840.5	800-881
828.125	1.62	609.375	750	700-800
2171.875	3.57	1343.75	650	600-700
4140.625	5.23	1968.75	550	500-600
6546.875	6.39	2406.25	450	400-500
11453.125	13.04	4906.25	350	300-400
17046.875	14.86	5593.75	250	200-300
32140.625	40.11	15093.75	150	100-200
37625	14.6	5484.375	50	000-100
الارتفاع الواسطي المكافئ (م)	الحجم التراكمي (م <sup>3</sup> ) <sup>6</sup> 10	الحجم (م <sup>3</sup> ) <sup>6</sup> 10	المساحة التراكمية %	القطاع الطبوغرافي من (م) إلى (م)
840.5	183859.375	183858.375	0.58	800-881
773.9	640890.625	457031.25	2.2	700-800
697.24	1514328.125	873437.5	5.77	600-700
627.2	2597140.625	1082812.5	11.00	500-600
562.09	3679953.125	1082812.5	17.39	400-500
471.2	5397140.625	1717187.5	30.43	300-400
398.6	6795578.125	1398437.5	45.29	200-300
281.9	9059640.625	2264062.5	85.4	100-200
248.07	9333859.375	274218.75	100	000-100



شكل (10): كيفية توزيع المساحة (%) مع الارتفاع لحوض الجبل الأخضر، من عمل الباحث.



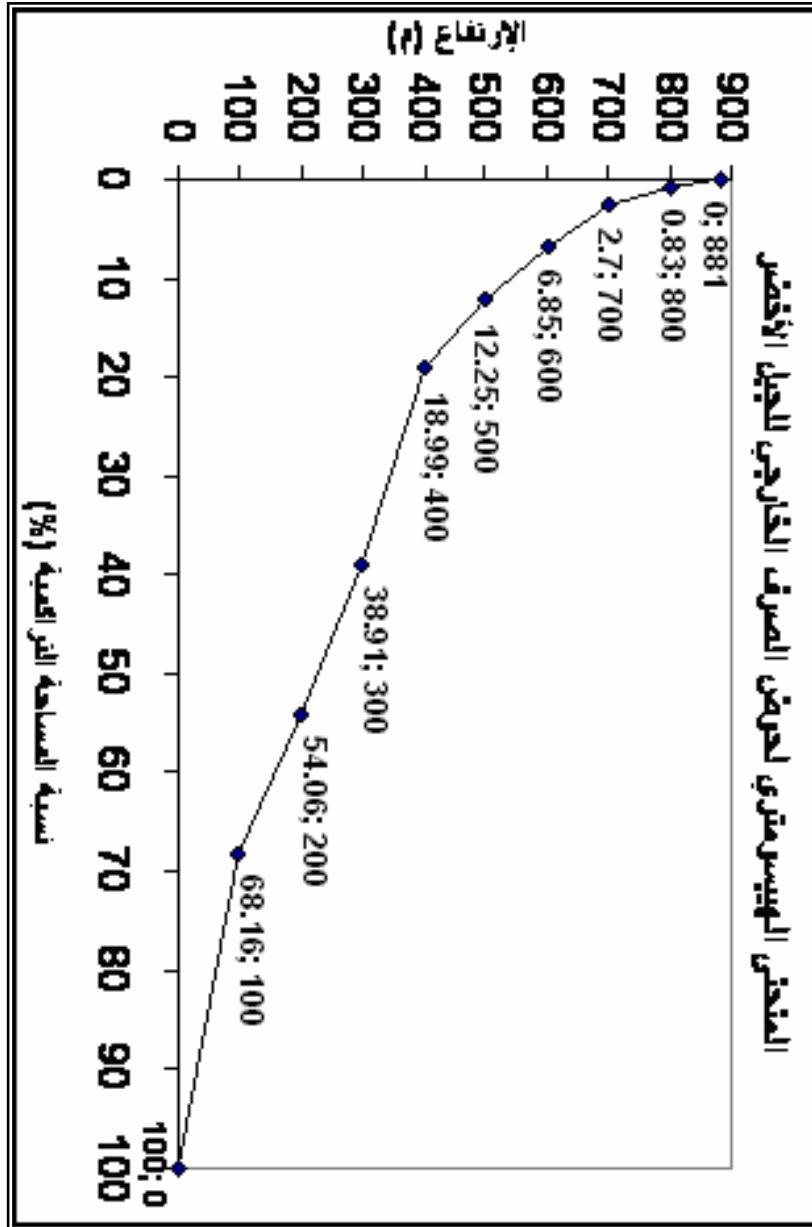
شكل (11): كيفية توزيع المساحة (كم<sup>2</sup>) مع الإرتفاع في حوض الجبل الأخضر، من عمل الباحث.

### حوض الصرف المائي الخارجي من الجبل الأخضر

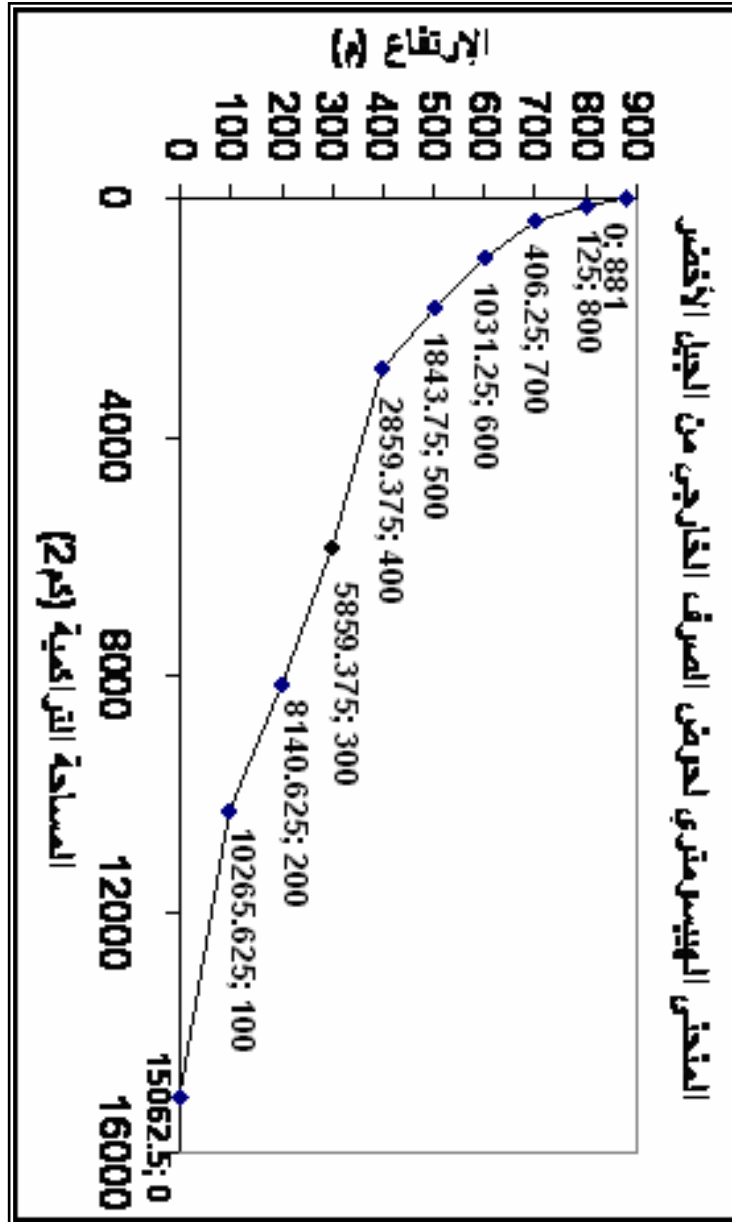
يبين الجدول (3) كيفية توزيع المساحة في القطاعات التسعة لهذا الحوض الذي تبلغ مساحته 15062.5 كم<sup>2</sup> ويبلغ متوسط ارتفاعه حوالي 252.62 م؛ إذ يستأثر القطاع السفلي من الحوض (000 - 100 م) الذي يضم السهل الساحلي من التميمي وحتى سهل بنغازي بحوالي 31.84% من مجمل مساحته، يليه القطاع (300 - 400 م) الذي يساهم بحوالي 19.92% نتيجة وجود أغلب مساحة المصطبة الأولى في هذا القطاع الذي يضم قسم كبير من سهل الفتائح ومرتوبة والوسيطه وسهل المرج والأبيار، ثم القطاع (200 - 300 م) يساهم بحوالي 15.9%، والقطاع (100 - 200 م) يستأثر بحوالي 14.1%، هذا وتشارك القطاعات الخمسة العليا من الحوض بحوالي 19% فقط من مساحة هذا الحوض. ويوضح الشكلان (12 و13) كيفية توزيع المساحة مع تغير ارتفاع هذا الحوض من الجبل الأخضر.

جدول (3): يبين المعطيات الهيسومترية وكيفية توزيع المساحة بدلالة الارتفاع في حوض الصرف الخارجي للجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا، من عمل الباحث.

المساحة التراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (%)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	متوسط ارتفاع القطاع (م)	القطاع الطبوغرافي من (م) إلى (م)
125	0.83	125	840.5	800-881
406.25	1.87	281.25	750	700-800
1031.25	4.15	625	650	600-700
1843.75	5.4	812.5	550	500-600
2859.375	6.74	1015.625	450	400-500
5859.375	19.92	3000	350	300-400
8140.625	15.95	2281.25	250	200-300
10265.625	14.1	2125	150	100-200
15062.5	31.84	4796.875	50	000-100
الارتفاع الوسطي المكافئ (م)	الحجم التراكمي (10 <sup>6</sup> م <sup>3</sup> )	الحجم (10 <sup>6</sup> م <sup>3</sup> )	المساحة التراكمية (%)	القطاع الطبوغرافي من (م) إلى (م)
840.5	105062.5	105062.5	0.83	800-881
777.85	316000	210937.5	2.7	700-800
700.36	922250	406250	6.85	600-700
630.1	1169125	446875	12.25	500-600
568.71	1626356.25	457031.25	18.99	400-500
456.73	2676156.25	1050000	38.91	300-400
398.8	3246468.75	570312.5	54.06	200-300
347.3	3565218.75	318750	68.16	100-200
252.62	3805062.5	239843.75	100	000-100



شكل (12): كيفية توزيع المساحة (%) مع الارتفاع للحوض الخارجي من الجبل الأخضر، من عمل الباحث.



شكل (13): كيفية توزيع المساحة (كم<sup>2</sup>) مع الارتفاع في حوض الصرف الخارجي من الجبل الأخضر، من عمل الباحث.

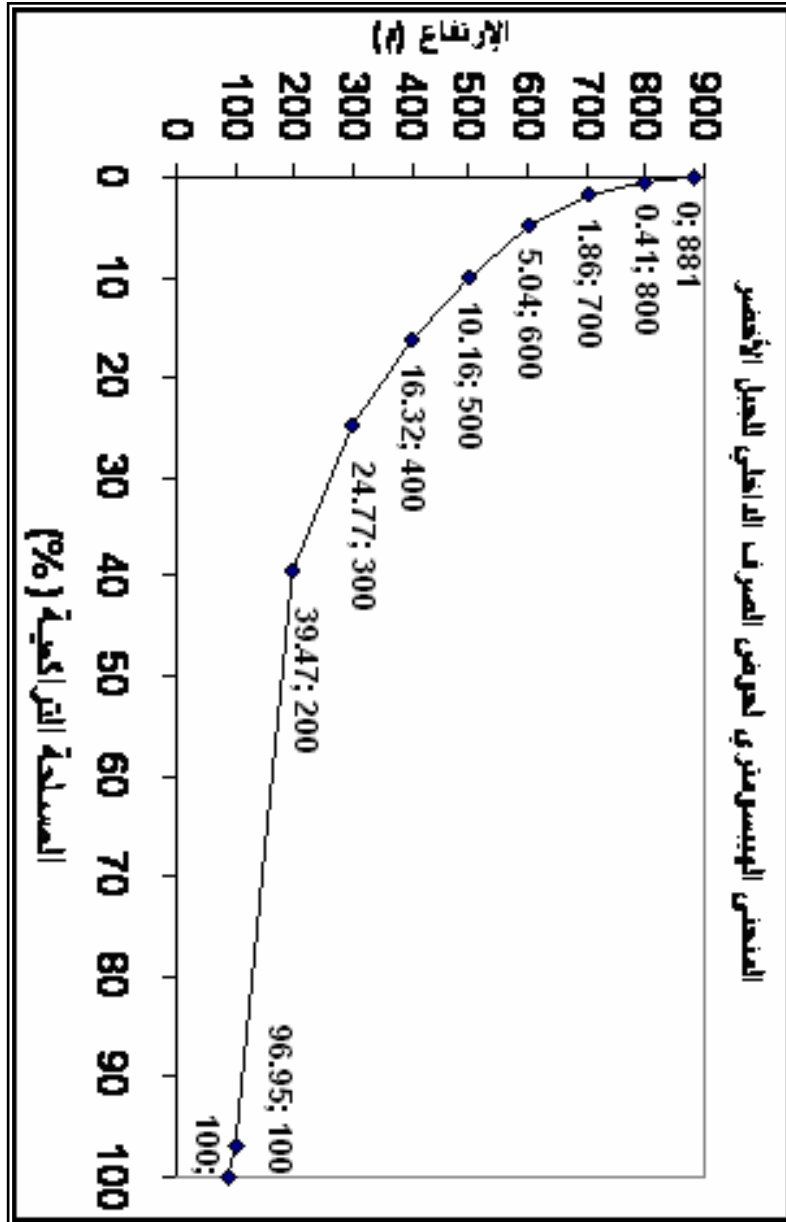
### حوض الصرف المائي الداخلي من الجبل الأخضر

يبين الجدول (4) أن مساحة الحوض الداخلي من الجبل تبلغ 22562.5 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 60% من مجمل مساحة حوض الجبل الكلية، ويستأثر القطاعان في النطاق السفلي المكونان لسهل البلط في الجنوب أي ما دون 200 م حوالي 60 % من مساحة الحوض الداخلي أي ما يعادل 13656.25 كم<sup>2</sup>، بينما تساهم القطاعات السبع العليا المكونة للسفوح الجنوبية للجبل بنحو 40 % فقط من مساحة هذا الحوض؛ أكبر هذه القطاعات مساحةً هو القطاع (200 – 300م) الذي يساهم بنحو 14.7% من مساحة هذا الحوض، يليه القطاع (300 – 400م) الذي يشارك بحوالي 8.45%. ويبلغ الارتفاع الوسطي للحوض الداخلي 246.07 م. والشكلان (14 و 15) يظهران كيفية توزيع مساحة الحوض الداخلي مع تغير ارتفاع قطاعاته الطبوغرافية. مع ملاحظة أنه لم يتم التمكن من معرفة ارتفاع أخفض نقطة من القطاع السفلي في هذه النواحي من الحوض، إلا أن مرور الخط الطبوغرافي 100 م في منطقة مسوس جعل الباحث يقدر أخفض نقطة هنا بحوالي 90 م كما تظهر على الأشكال والتي مثلت بعلامة استفهام في الجدول (4).

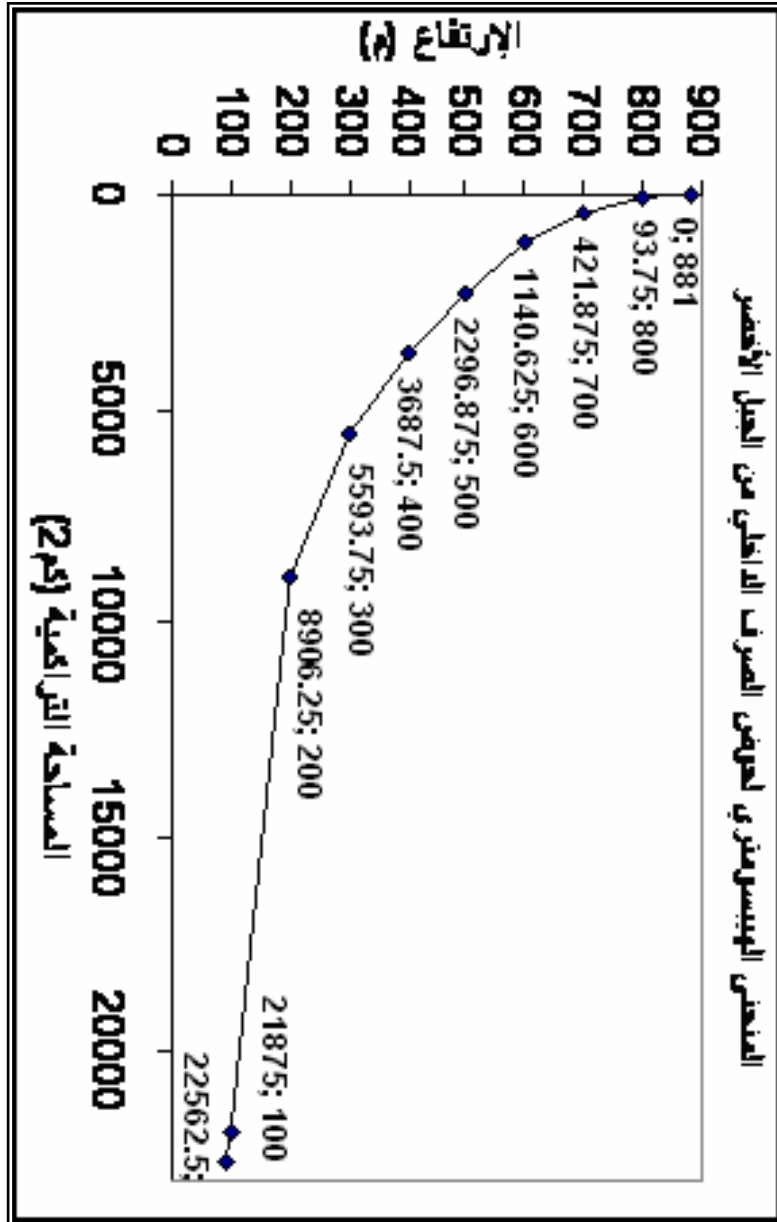


جدول (4): المعطيات الهيبسومترية وكيفية توزيع المساحة بدلالة الارتفاع في حوض الصرف الداخلي للجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا، من عمل الباحث.

المساحة التراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (%)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	متوسط ارتفاع القطاع (م)	القطاع الطبوغرافي من (م) إلى (م)
93.75	0.41	93.75	840.5	800-881
421.875	1.45	328.125	750	700-800
1140.625	3.18	718.75	650	600-700
2296.975	5.12	1156.25	550	500-600
3697.5	6.16	1390.625	450	400-500
5593.75	8.45	1906.25	350	300-400
8906.25	14.7	3312.5	250	200-300
21875	57.48	12968.75	150	100-200
22562.5	3.05	687.5	100	???-100
الارتفاع الوسطي المكافئ (م)	الحجم التراكمي (م <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )	الحجم (م <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة التراكمية (%)	القطاع الطبوغرافي من (م) إلى (م)
840.5	78796.875	78796.875	0.41	800-881
770.1	324890.625	246039.75	1.86	700-800
694.4	792078.125	467187.5	5.04	600-700
616.93	1417015.625	624937.5	10.16	500-600
553.9	2042515.625	625500	16.32	400-500
484.4	2709703.125	667187.5	24.77	300-400
397.2	3537828.125	828125	39.47	200-300
250.7	5483140.625	1945312.5	96.95	100-200
246.07	5551890.625	68750	100	???-100



شكل (14): كيفية توزيع المساحة (%) مع الارتفاع لحوض الصرف الداخلي من الجبل الأخضر، من عمل الباحث.



شكل (15): كيفية توزيع المساحة (كم<sup>2</sup>) مع الارتفاع لحوض الصرف الداخلي من الجبل الأخضر، من عمل الباحث.

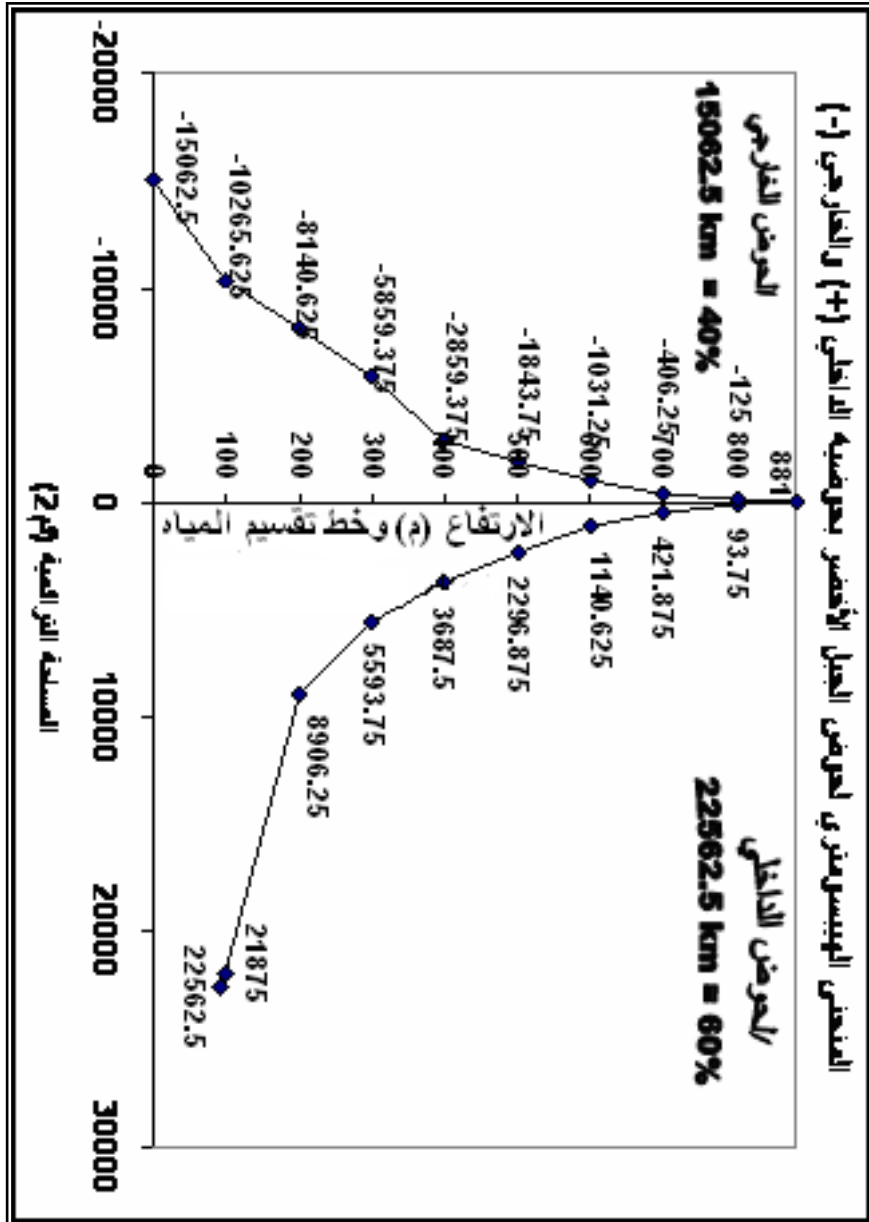
## مقارنة حوضي الصرف المائي الداخلي والخارجي للجبل الأخضر

من خلال متابعة الجدول (5) والشكلين (16 و17) يبدو أن حوض الصرف المائي الخارجي للجبل الأخضر يساهم بحوالي 40% من مساحة الحوض الكلي للجبل، في حين تبلغ مشاركة حوض الصرف المائي الداخلي بنحو 60%، مع العلم بأن حدود الجبل الجنوبية تنتهي في هذا الحوض عند ارتفاع حوالي 200م فوق منسوب البحر، وبذلك يكون حوالي 60% من مساحة الحوض الداخلي خاضعة لمناخ جاف شبه صحراوي لا يساهم بشكل فعلي في التغذية المائية للحوض، أي بمعنى أن المساحة الجنوبية البالغة 13656.25 كم<sup>2</sup> تعد منطقة صرف وتبديد المياه الواصلة إليها من نطاق التغذية شبه الجاف المتمثل بسفوح الجبل الجنوبية البالغة 8906.25 كم<sup>2</sup> فقط، عن طريقي التبخر العالي والرشح.

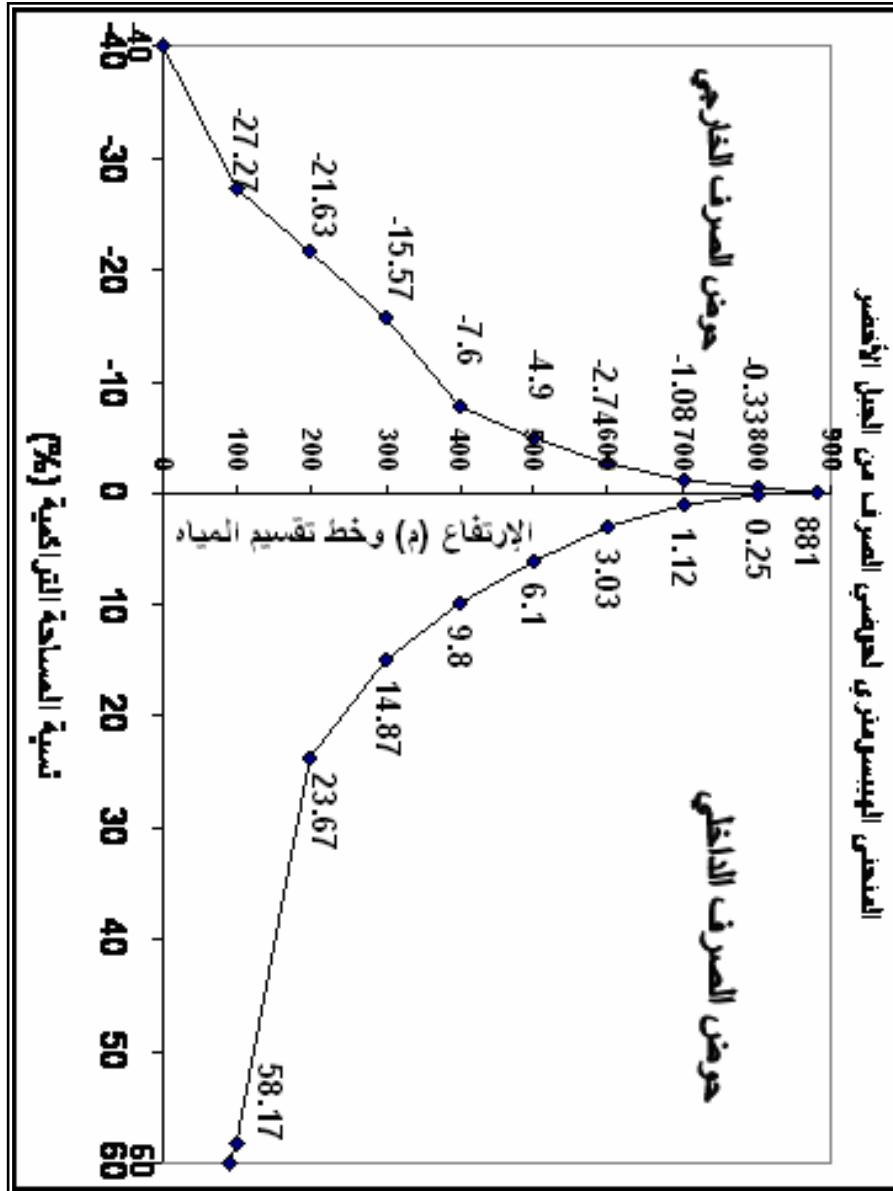
في الجهة الشمالية المقابلة أي في الحوض الخارجي، حيث تكون مساحة المنطقة السفلى المتمثلة بالشريط الساحلي وسهل بنغازي المقدرة بهذه الدراسة بحوالي 3593.75 كم<sup>2</sup> والتي تمثل منطقة الصرف لمنطقة التغذية شبه الرطبة وشبه الجافة المتمثلة بسفوح الجبل الشمالية البالغة 11468.75 كم<sup>2</sup>، من المفروض أن تتمتع بوفرة مائية جيدة، لكن بحكم مجاورتها للبحر فهي تبدد مياهها فيه من جهة ويتبدد قسم لا بأس به من مياهها بالرشح في سهل بنغازي من جهة ثانية دون فائدة تستحق الذكر.

جدول (5): كيفية توزيع مساحات قطاعات حوضي الصرف الداخلي والخارجي (كم<sup>2</sup>) ونسبها المئوية مع الارتفاع في حوض الجبل الأخضر وكذلك المساحات ونسبها المئوية لقطاعات الحوض الإجمالي للجبل، من عمل الباحث.

حوض الصرف الخارجي للجبل الأخضر						
مساحة تراكمية (%)	مساحة تراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (%)	مساحة القطاع (كم <sup>2</sup> )	القطاع من (م) إلى (م)		
0.33	125	0.33	125	800-881		
1.08	406.25	0.75	281.25	700-800		
2.74	1031.25	1.66	625	600-700		
4.9	1843.75	2.16	812.5	500-600		
7.6	2859.375	2.7	1015.625	400-500		
15.57	5859.375	7.97	3000	300-400		
21.63	8140.625	6.06	2281.25	200-300		
27.27	10265.625	5.64	2125	100-200		
40	15062.5	12.73	4796.875	000-100		
الحوض الكلي للجبل الأخضر		حوض الصرف الداخلي للجبل الأخضر				
المساحة (%)	مساحة تراكمية (كم <sup>2</sup> )	مساحة تراكمية (%)	مساحة تراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (%)	مساحة القطاع (كم <sup>2</sup> )	القطاع من (م) إلى (م)
0.58	218.75	0.25	93.75	0.25	93.75	800-881
2.2	828.125	1.12	421.875	0.87	328.125	700-800
5.77	2171.875	3.03	1140.625	1.91	718.75	600-700
11.00	4140.625	6.1	2296.875	3.07	1156.25	500-600
17.4	6546.875	9.8	3687.5	3.7	1390.625	400-500
30.44	11453.125	14.87	5593.75	5.07	1906.25	300-400
45.3	17046.875	23.67	8906.25	8.8	3312.5	200-300
85.44	32140.625	58.17	21875	34.5	12968.75	100-200
100	37625	60	22562.5	1.83	687.5	000-100



شكل (16): كيفية توزيع المساحة مع الارتفاع في حوضي الصرف الداخلي والخارجي لحوض الجبل الأخضر المائي، من عمل الباحث.



شكل (17): كيفية توزيع المساحة (%) مع الارتفاع في حوضي الصرف الداخلي والخارجي لحوض الجبل الأخضر الماني حيث يشكل الحوض الداخلي 60 % والحوض الخارجي (-) يشكل 40 (%) من مجمل حوض الجبل اعتباراً من خط تقسيم المياه، من عمل الباحث.

## النتائج والمناقشة:

1- إن الشكل الطبوغرافي الذي يتمتع به الجبل الأخضر يعد صورة، ونتيجة العمل الجيولوجي الطويل لكل من عوامل البناء الداخلية، وعوامل الهدم الخارجية خلال تاريخه الجيولوجي، والجبل يظهر كنهوض هضبي متطاوّل باتجاه شمال شرق - جنوب غرب، وطوله وفق هذا الاتجاه يجعله يزيد عن عرضه بحوالي ثلاثة أضعاف، وكذلك ضيقه في الجهات الشرقية عن جهاته الغربية بأكثر من 30 كم، كما أن ظهور حافته الأولى إلى الغرب من رأس التين عند خليج البمبة، وغياها تماماً على الشاطئ الغربي للخليج، ثم ظهورها في الجهة الجنوبية من الخليج على طول هضبة البطنان، والتفافها حول الجبل في الجهات الغربية، عند توكره (العقورية) في سهل بنغازي، نحو الجنوب لتحتفي على أطراف الصحراء، كما أن نهوض قمته في سيدي الحمري لحوالي 881 م الذي يبدو أنه وصل لهذا الحد على ثلاث مراحل بنيوية رئيسية أعطت كل منها حافة تترجم هذا النهوض والتاريخ البنيوي للجبل، وكأنه رافق هذا النهوض استدارة للجبل بعكس عقارب الساعة في جهته الشرقية حول مركز دوران يقع في جهاته الجنوبية الغربية، تولد عنها خليج البمبة الذي أصبح يشكل فاصلاً بين حافة البطنان، وحافة الجبل الأولى، وما يدعم هذا التصور هو دخول الحافة الأولى للجبل في البحر في الجهات الشمالية الشرقية، والوسطى، من الجبل وتراجعها عنه نحو الصحراء في الجهات الغربية، مما ولد في الجبل ما يمكنه من بنيات صدعية شعاعية كثيفة وسهلة التمييز على طول الحافات الشمالية والغربية التي تأخذ أسطحها في الجهات الشمالية من الجبل أشكال الكويستات بنتيجة ميل طبقاتها الصخرية بلطف نحو الجنوب، وكذلك منخفض سهل المرج



والأبيار الانكساري الناتج في الجهات الشمالية الغربية من الجبل بنتيجة الإزاحة والحركة التفاضلية للكتل الرئيسية للجبل بنتيجة هذا الدوران، الذي تولد عنه سهل بنغازي المثلثي المعقوف والذي يزداد اتساعه من طلميثة في شماله الشرقي نحو سلوق في جنوبه، مع لفت النظر إلى أن الشكل المثلثي لسهل بنغازي الساحلي يساير ويشابه إلى حد بعيد سهل المرج والأبيار الواقع على المصطبة الأولى من الجبل، مما يدعم فكرة دوران الجبل بعكس عقارب الساعة. لذلك يبدو الجبل ككتلة فريدة ناهضة على طرف المجال الفسيح من اللوح الأفريقي الذي يغوص كله نحو أو تحت لوح البحر المتوسط ما بين تونس وحتى سيناء، وهذا قد يعزى لوجود مفصل انكساري يجعل كتلة الجبل تنفرد بحركتها عن اللوح العظيم للصحراء الكبرى.

2- تبدو خطوط الطبوغرافيا للجبل حلقيه متطاولة الشكل وقرينة أشكالها من القطوع الناقصة المتمركزة في قمتين هما قمة سيدي الحمري 881م وقمة جردس الأحرار 676م، وبذلك تحوي خارطة الجبل 8 خطوط تسوية بفارق 100م عدا خط الساحل المساوي لخط صفر.

3- وبنتيجة الوضع الطبوغرافي تبدو الميول العامة للجبل من قمة سيدي الحمري بحسب درجة ميولها وفق الجهات الأربع على النحو التالي:

- أ- السفوح الشمالية هي الأكثر انحداراً وميلها العام بحدود 0.025.
- ب- السفوح الجنوبية وميلها العام بحدود 0.012.
- ج- السفوح الشرقية وميلها العام حوالي 0.007.
- د- السفوح الغربية يبلغ ميلها العام حوالي 0.005.

4- إن الطبوغرافيا تتحكم بوجود حوضي صرف رئيسين للمياه السطحية في حوض الجبل الأخضر وهما:

أ- الحوض الخارجي والذي تصب مياهه كلها في البحر المتوسط على طول شاطئ هذا الحوض الذي يزيد عن 400 كم، وهذا الحوض يستأثر بكل أحواض الأودية الفرعية للسفوح الشرقية والسفوح الشمالية وكذلك السفوح الغربية. تبلغ مساحة هذا الحوض 15062.5 كم<sup>2</sup>، أي حوالي 40% من الحوض الكلي للجبل، وتشكل منه منطقة الصرف المتمثلة بالسهل الساحلي وسهل بنغازي حوالي 3593.75 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 23.86%، بينما تبلغ مساحة منطقة التغذية حوالي 11468.75 كم<sup>2</sup>، والمتمثلة بالسفوح الشمالية والغربية شبه الرطبة وشبه الجافة من الجبل.

ب- الحوض الداخلي والذي تتجمع مياهه في جنوب الجبل في المنخفضات الطبيعية المسماة محلياً بالبلط، وهو يحتوي أحواض الأودية للسفوح الجنوبية فقط. وتبلغ مساحته 22562.5 كم<sup>2</sup>، حيث تشكل منطقة الصرف منه حوالي 13656.25 كم<sup>2</sup>، أي ما نسبته 60.53%، وهذه المنطقة تخضع لمناخ جاف شبه صحراوي يساهم في ضياع القسم الكبير من مياهه عن طريق التبخر، بينما تبلغ مساحة منطقة التغذية شبه الجافة والجافة في هذا الحوض حوالي 8906.25 كم<sup>2</sup>.

وعليه فإن مناطق الصرف في حوض الجبل الأخضر تساهم في تشتيت المياه الواصلة إليها من مناطق التغذية؛ ففي الحوض الخارجي رغم صغر مساحة منطقة الصرف، التي يفترض أن تكون غنية بالمياه بسبب اتساع المنطقة شبه الرطبة، وشبه الجافة المغذية لها بالمياه،

إلا أن قربها من ساحل البحر يجعلها تفقد هذه الخاصية بسبب تشتت المياه الواصلة إليها في مياه البحر. أما في الحوض الداخلي فإن كبر واتساع منطقة الصرف الجافة المناخ يجعلها أيضاً تعمل على تشتيت المياه الواصلة إليها من منطقة التغذية شبه الجافة الصغيرة المساحة نسبياً عن طريق التبخر. مما يعطي الانطباع الجاف، وشبه الجاف على حوض الجبل الأخضر ككل، وفقره العام بالمياه السطحية والذي يشكل غطاءه الغابوي المستديم الخضرة على سفوحه الشمالية ثمرة نسيم البحر ورطوبته الجوية التي لا تنضب على طول ليالي أيام فصول السنة.

مراجع الدراسة:

أولاً: المراجع العربية:

- 1- سالم محمد الزوام، الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا الطبيعية، منشورات جامعة قارونس، بنغازي، 1995.
- 2- سعيد إدريس نوح، مناخ الجبل الأخضر: دراسة تحليلية لأصناف المناخ، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قارونس، 1998.
- 3- لوحة طبوغرافية لسوسة: 1:62500.
- 4- محمد غازي الحنفي، حوض الجبل الأخضر: دراسة طبوغرافية هيسومترية مائية، الملتقى الجغرافي التاسع، 09 - 11 / 2004م، جامعة قارونس، بنغازي، 47 صفحة.
- 5- محمد غازي الحنفي، الحوض المائي للجبل الأخضر "دراسة طبوغرافية هيسومترية"، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، عدد 8، 2010، 27 صفحة.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- 6- Hydrogeo, Baydah-Bayyaddah Area, Surface water resources evaluation, Main Repor, Pisa, 1992.
- 7- Doxiadis Associates Internationl, Benghazi Region, Beidha subregion, vol. 1, 1979.

## 12- الفصل الثاني عشر

تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي

في حوض الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي

## 12- الفصل الثاني عشر

### تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي

#### في حوض الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي

- مقدمة.
- أهمية وهدف البحث.
- تساؤلات الدراسة.
- منهج البحث.
- أسلوب الدراسة.
- تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على شبكة الصرف المائي في حوض الجبل الأخضر.
- أولاً: شبكة التصريف السطحي والأحواض الفرعية لحوض الصرف الداخلي.
- ثانياً: شبكة التصريف السطحي والأحواض الفرعية لحوض الصرف الخارجي.
- مشاكل الجريان السطحي في أودية الجبل الأخضر.
- كيفية التغلب على مشكلة تبديد مياه الأودية في الجبل الأخضر.
- دراسة حالة للعواصف المطرية والجريان الناشئ عنها.
- نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث في الفترة الأولى من العاصفة.
- نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث في الفترة الثانية من العاصفة.
- تأكيد نتائج معامل الرشح في قيعان الأودية من طريق آخر.
- نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث خلال العاصفة كلها.
- الخلاصة.
- ملحق الصور (من 1 إلى 33).

## تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي في حوض الجبل الأخضر

### مقدمة:

تتحكم الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية بمصير موارد المياه في حوض الجبل الأخضر الذي يعد الجوهرة المناخية في ليبيا، إذ يتلقى معدل مطري سنوي يقدر بنحو 7 مليار متر مكعب (الحنفي ونوح، 2012)، حيث يستقبل معدلات مطرية على سفوحه الشمالية والغربية يصل مداها في شحات، على المصطبة الثانية، إلى 560 ملم/سنة في حين تستقبل سواحل الجبل نحو 300 ملم/سنة، أما السفوح الجنوبية والشرقية التي تقع في ظل المطر فتتراوح أمطارها ما بين 400 ملم/سنة على القمم في جهات أسلنطة وقندولة و50 ملم/سنة عند أسافل تلك السفوح ما بين الخروبة والمخيلي. ميزة أمطار الجبل بأنها شتوية الحدوث، تهطل على هيئة زخات شديدة الغزارة بنتيجة اعتراض حافات درجات تضاريس السفوح الغربية والشمالية لرياح الأعاصير الشتوية الرطبة التي تعبر البحر المتوسط من الغرب والشمال الغربي نحو الشرق والجنوب الشرقي فتجبرها على الصعود القسري، مما يهيئ الفرصة لزيادة تكاثف رطوبة الهواء وهطول أمطار أطلق عليها الباحث اسم الأمطار الإعصارية التضاريسية.

رغم أن الجبل يلعب دور إيجابي يتمثل في رفع منسوب الهطول من 300 ملم/سنة على الساحل لنحو 560 ملم/سنة على المصطبة الثانية من السفوح الغربية، إلا أنه يلعب على مستوى إقليمه دوراً مائياً سلبياً يتمثل بطبوغرافيته الهضبية البيضاوية المفلطحة التي تحتل حوالي 23000 كم<sup>2</sup>، بطول 290 كم وفق الاتجاه شمال شرق - جنوب غرب وعرض وسطي

معدله حوالي 80 كم، والتي تعمل على توزيع وتشتيت مياه الجبل السطحية طاردةً إياها في جميع الاتجاهات والبيئات المحيطة بالجبل الأخضر والمكونة لمساحة حوضه المقدرة بحوالي 37625 كم<sup>2</sup>، هذا الحوض تقسمه الطبوغرافيا بحسب خط تقسيم المياه إلى:

حوض خارجي يشكل 40% من مساحة حوض الجبل الأخضر تضيع مياهه في البحر المتوسط المالحة. وحوض داخلي يحتل 60% من مساحة حوض الجبل وتضيع غالبية مياهه بالرشح والتبخر من مئات الغدران وآلاف البرك والمصارين المتواجدة في بيئات السروال والسلوك والعقائير والبلط المنبسطة الأرض الواقعة على الأطراف الشمالية للصحراء الكبرى، مما يوهم بأن بيئة الجبل الأخضر فقيرة بالمياه، هذا من ناحية، ثم إنه من ناحية ثانية؛ فالبنية الجيولوجية التي أنتجت الشكل الهضبي للجبل الأخضر نتجت بفضل إنزياحات رأسية وفق شبكة صدعية معقدة للغاية، لدرجة أنها استطاعت التحكم شبه الكامل بشبكة الصرف الهيدروغرافي في كامل مساحة إقليم الجبل الأخضر، مما جعل مسارات الأودية الرئيسية والفرعية منطبعة على شبكة الصدوع والفوالق المتحركة في بناء الجبل. ذلك أدى لخلق أنماط كثيرة من الأحواض الفرعية الخاصة بالأودية بحيث استأثر كل من هذه الأحواض الفرعية بمياه المساحة الحوضية الخاصة به مساهماً بتشتيت مياه الجبل السطحية نحو المصببات الداخلية كالبلط في الجنوب والسبخات على الشواطئ، أو نحو المصببات الخارجية المتمثلة بالبحر الأبيض المتوسط، كما أن انطباع أودية الأحواض على الصدوع والفوالق الضاربة للحجر الجيري جعل ظاهرة الكارست تتطور بشكل مدهش خلال مسارات الأودية مما عمقها حتى أعطاها مقاطع خانقية شديدة انحدار الجوانب الجدارية الشكل، بحيث أن التضرس بين قيعان



وجوانب الأودية يزيد في حالات كثيرة عن 100م وزوايا انحدار تلك الجوانب كثيراً ما تتراوح بين 70 و 90 درجة عند عبورها للحافات الجبلية كما هو حال الكثير منها على السفوح الشمالية كأودية الكوف والحولة ودرنة وغيرها الكثير، وذلك بنتيجة تجوية المياه المتسربة للصخور الجيرية، وفق معامل رشح كبير من سرا يرها نحو الخزان الجوفي الذي تنصرف مياهه جوفياً في البحر المتوسط الذي يمثل منسوب القاعدة لمياه خزان حوض الجبل الأخضر، مما جعل المتتبع لجريان أودية الجبل يلاحظ بوضوح حدوث جريانات في الأحباس العليا للأودية دون أن يبلغ ذلك الجريان المصب في حالات كثيرة، لأن قدرة قيعان الأودية على ابتلاع مياه الجريان كبيرة بسبب النفاذية ومعامل الرشح العالين في كارست القاع، وعليه فإن الملاحظ أن جريان أودية الجبل لا يبلغ مصبات الأودية إلا إذا تغلبت غزارة الجريان على معامل الرشح على طول مجرى الوادي، كما أن الجريان لا يحدث في الأودية ما لم تمتلئ البرك التي توجد في قاع الوادي وتتصل ببعضها مما يجعل أي دفقة جريان إضافية تساهم في إزاحة مياه البرك وفق ميل الوادي مساهمةً في توجيه حركة المياه ومن ثم جريان السيول. وهذا تثبتته هذه الدراسة التطبيقية لمتابعة وقياس جريان الأربع روافد العليا التي تستمد مياهها من مساحة تقدر بنحو 20.975 كم<sup>2</sup> من الدرجة الثانية، والتي تبدأ من المصطبة الثانية حيث يوجد القسم الشمالي الحضري من مدينة البيضاء، والتي ترفد وادي الجديدي في منطقة الوسيطة أسفل الحافة الثانية من الجبل، وذلك خلال عاصفة مطرية استمرت من 3/10 وحتى 3/29 - 1998 أعطت 248.5 ملم، لم تعانِ خلالها التربة من نقص في الرطوبة بسبب حدوث الهطول يومياً، قسمت إلى فترتين:

الفترة الأولى تمتد على مدى خمسة أيام بلغ فيها التساقط المطري 95.3 ملم، وبلغ خلالها متوسط تصريف الأربع روافد مجتمعة 414.5 ل/ثا دون أن يبلغ الجريان مصب الوادي، مع أن التصريف النوعي بلغ 8526.9 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/5 أيام، أي ما يعادل 8.5 ملم/5 أيام، أو 1.7 ملم/اليوم.

الفترة الثانية امتدت على مدى ثلاثة أيام بلغت أمطارها 102.2 ملم، بلغ خلالها تصريف الأربع روافد 930 ل/ثا في يوم الجمعة فقط، مما جعل الجريان السطحي يتغلب على معامل الرشح في وادي الجديدي ليصل فعلاً إلى المصب في البحر في اليوم الثالث فقط، وهو اليوم الأخير من العاصفة، وفق تصريف نوعي بلغ في ذلك اليوم 3830 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/يوم واحد أي حوالي 3.83 ملم/يوم، أي حوالي 80430 م<sup>3</sup>/يوم واحد/21 كم<sup>2</sup>، مع أن الجريان كان مستمراً في الروافد العليا طيلة يومي الأربعاء والخميس السابقين لذلك اليوم دون أن يبلغ المصب، وبالنتيجة بلغت مركبة الرشح من المساحة المدروسة 204.44 ملم، ومركبة التبخر 23.56 ملم/العاصفة كلها، ومركبة الجريان 20.5 ملم، التي لم يبلغ منها المصب في البحر إلا 1.067 ملم فقط نتيجة معامل الرشح العالي لقيعان الأودية الصدعية التي تبتلع نحو 849 ل/ثا من الجريان الحادث على طول 20 كم. وعليه فإن الجريان النوعي المحلي يبلغ 20500 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/8 أيام حدث فيها جريان خلال العاصفة، أي بمعدل 2562.5 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/يوم عاصفي.

وبالفعل أكدت، متابعة الباحث لأحواض آبار السماء في الجبل الأخضر أنه في السنوات التي لا يحدث فيها جريانات تبلغ مصبات الأودية، وتمتلى خلالها الآبار بمياه

الجريان المحلي، أن التصريف النوعي في أحواض تلك الآبار لا يتجاوز 10000 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/ السنة، أي 10 ملم/ السنة من مجموع المياه السنوية الساقطة، بسبب النفاذية ومعامل الرشح العالين جداً لصخور الجبل الجيرية، ولتأكيد ذلك ضرب الباحث مجموعة من الأمثلة مأخوذة من الحالة الواقعية للجبل تبين أنه ليس بالإمكان استثمار مثالي ومستدام لمياه الجريان السطحي في الجبل إلا في نطاق محلي على غرار تقنية آبار السماء، أو بالتغلب على معامل الرشح عن طريق تجميع مياه مجموعة روافد متقاربة بالمكان والمناسيب في رافد واحد عند أسفل المنحدرات الشديدة للحافات الجبلية وحجز مياهه ببناء سدود صغيرة غير عالية التكلفة.

لقد اتبع الباحث في هذه الدراسة المنهج العلمي الوصفي والكمي التحليلي والبياني بالاستناد على الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية التي تم بمساعدتها رسم الأحواض المائية والمقاطع الطبوغرافية والمراجع العلمية والصور الفضائية وبيانات الأرصاد الجوية في محطتي شحات والبلنج، كما دعم البحث بالقياسات الهيدرولوجية الموثقة بالصور الرقمية لقياسات الجريان السطحي في نقاط عديدة من الروافد والأودية والتي على أساسها حسبت الموازنة المائية للعاصفة المطرية.

يعالج هذا البحث مشكلة عدم ظهور واضح لمياه وافرة على سطح أرض حوض الجبل الأخضر رغم هطول معدلات مطرية سنوية عالية نسبياً، والتي من المفروض أن تؤدي لخلق أنهار دائمة الجريان على طول العام كما هو الحال في جبال شرق البحر المتوسط المشابه إلى حد ما في المناخ المتوسطي والتكوين الصخري الجيري، وإن ما ينتج في بعض حنايا الجبل

الأخضر من ينابيع صغيرة في مناطق جيرية تتجاوز أمطارها 500 ملم/سنة وأودية دائمة الجريان لا تتجاوز تصاريف أكبر ينابيعها 200 ل/ثا كوادي الأثرون ووادي درنة لا يعكس فعل المناخ شبه الرطب وشبه الجاف للجبل الأخضر، كما أن ظهور ينابيع كبيرة كعين زيانة المالحة، 5500 ل/ثا، على شاطئ البحر في سهل بنغازي، يحتم توجيه الأنظار نحو البنية الجيولوجية ودور الكارست في اختفاء المياه السطحية من حوض الجبل الأخضر، تلك البنية التي خلقت طبيعة طبوغرافية جعلت مياه الجبل السطحية تتوزع في حوضين كبيرين أحدهما صرفه داخلي والآخر صرفه خارجي، وكل من الحوضين ينقسم بدوره إلى مئات لأحواض الفرعية الخاصة بالأودية التي تشتت مياه حوض الجبل في الجهات الأربعة؛ بحيث أن كل حوض فرعي يفرغ واديه الخاص حمولته المائية في مصبه الخاص به والذي يفضي إليه؛ سواء في البحر أو في السبخات المالحة، أو في بحيرات البلط الداخلية المتواجدة على أطراف الصحراء الكبرى، حيث تتبخر المياه بسرعة فائقة، لبدو المظهر الجاف وشبه الجاف هو العام والسائد والمعهود في حوض وبيئة الجبل الأخضر الغاية دائمة الخضرة.

#### أهمية وهدف البحث:

تتمثل أهمية هذا البحث في توضيح دور الطبوغرافيا في تشتيت المياه السطحية في حوض الجبل الأخضر على المستوى الإقليمي العام، وكذلك في توضيح دور البنية الجيولوجية في ابتلاع مياه الحوض فور سقوط الأمطار إلى باطن الأرض على طول وامتداد الشبكة الصدعية التي تنطبع عليها الأودية العابرة لسفوح إقليم الجبل الأخضر، وصرف تلك المياه وتشتيتها باطنياً نحو البحر شرقاً وشمالاً وغرباً، حتى يتم تفادي دورها الإقليمي السلبي وتوجيه

الإدارة المائية واستثمار المياه في مواضع قريبة من أماكن سقوطها وسهل التحكم بها في أسافل الحافات والسفوح والمنحدرات التي تسهل جريانها، عن طريق توحيد أكبر كمية منها في تلك المواضع في بحيرات اصطناعية سهلة الإنجاز وقليلة التكلفة تنشأ على كل واحد من مجموعة أودية متقاربة بالمكان والمنسوب، لتفادي ضياعها بالرشح على طول كامل شبكة الأودية في الجبل الأخضر. ذلك يعني بأنه من المفضل أن يستفاد من الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية محلياً، حتى تتفادى الدور الإقليمي العام السلبي لها والمتمثل بتشتيت المياه على مستوى الإقليم ككل، وتحويله لدور إيجابي يساعد محلياً في جمع أكبر قدر من المياه، على غرار قض سيدي أرحومة المنشأ في سهل المرج وآبار السماء والمواجن الموزعة في مختلف مناطق الجبل الأخضر، إن جمع المياه عند أسفل المنحدرات في كثير من أحباس كثير من أحواض الأودية يساهم في توفير المياه وإتاحتها فيما يخدم التنمية المستدامة لموارد الجبل الأخضر.

### تساؤلات الدراسة:

- 1- ما مدى الدور الإيجابي والسلبي لطبوغرافيا الجبل الأخضر على الوضع المائي في حوض الجبل؟
- 2- ما مدى الدور السلبي الذي تلعبه البنية الجيولوجية في تبديد مياه الجريان السطحي الذي ينشأ في الجبل؟
- 3- ما مدى تضافر عملي الهياة الطبوغرافية والبنية الجيولوجية في التأثير على الوضع المائي العام؟

4- كيف يمكن التغلب على مشاكل تبدد مياه الجبل حتى يتم تسخير المياه في خدمة التنمية المستدامة؟

### منهج البحث:

إن هذا البحث يعد جزءاً من نتائج دراسة وعمل مضني ومتابعة ميدانية استمرت نحو 16 عام أنجزها الباحث خلالها مئات الجولات الميدانية التي تمت في مختلف أيام وأشهر وفصول السنة وفي أغلب مناطق الجبل الأخضر، لازم ذلك دراسة ومتابعة مكثبية تناولت الكثير من المواضيع البحثية التي استخدمها الباحث لإنجازها المنهج العلمي التطبيقي، والوصفي، والرياضي التحليلي والإحصائي والبياني والهندسي، باستخدام الخرائط المتوفرة والأدوات اللازمة للقياس، إن عدم وجود محطات قياس هيدرومترية على الأودية صاعب من مشقة البحث في كيفية حساب تصارييف الأودية تحت الطرق في ممرات عبارات ذات أشكال فتحات هندسية متنوعة، منها المركبة والبسيطة، والمتباعدة في المكان حتى تطلب في أحيان كثيرة مشاركة الكثير من طلبة قسم الجغرافيا في المساعدة في إنجاز رفع القياسات اللازمة لحساب تصارييف الأودية في أجواء مطرية شتوية باردة وفي بيئة طبيعية معقدة، وعلى مسافات متباعدة جداً سهلت السيارات من اختصارها، كما تم توثيق الكثير من الجريانات لأودية كثيرة في مختلف أودية ومناطق الجبل الشمالية والجنوبية، وتوثيق كيفية رفع القياسات بصور الكاميرات الرقمية وكاميرات الفيديو والتي يحوي هذا البحث جزءاً منها لإثبات الواقع، كذلك تمت متابعة الرصد الجوي والحصول على بيانات التبخر والأمطار من محطتي شحات والبلنج خلال فترة العاصفة المطرية التي يتناول هذا البحث دراستها وتحليلها وحسابات مركبات موازنتها المائية.

## أسلوب الدراسة:

تتناول هذه الدراسة تصنيف وتنوع أنماط الأودية بحسب أشكالها ومساحاتها وأسمائها المحلية في كل من الحوضين الداخلي والخارجي للجبل الأخضر واللذان تناولهما الفصل الأول من هذا الكتاب، وكذلك تنوع مصباتها في البيئات المحيطة بالجبل كالبلط والسبخات الشاطئية والبحر. كذلك دعم هذا لبحث بشكلين لمقطعين طبوغرافيين لعرفي الحافتين الأولى والثانية من الجبل يظهران أنماط المقاطع العرضية الخانقية المميزة لمجموعة من أودية السفح الشمالي للجبل بين شحات والبيضاء مرفقة بأسماء روافدها وأسماء أصولها التي تفضي للمصب في البحر. كما تم تحديد شكل حوض ومساحة الأربع روافد العليا من وادي الجديدي بخريطة طبوغرافية خاصة بالمساحة المدروسة لحساب مركبات الموازنة المائية، وجدولة البيانات الخاصة بالعاصفة المطرية المدروسة والجريان الناتج عنها من تلك المساحة، ومن ثم حساب مركبات الموازنة المائية لتلك العاصفة في أعالي الوسيطة. ثم إن كل ما هو وارد في هذه الدراسة من أشكال وأرقام وبيانات من عمل الباحث وعلى مسؤوليته، إلا بعض الأشكال المقتبسة من دراسات بحاث آخرين حيث تم التنويه إلى ذلك كل في موضعه من هذه الدراسة. ثم إن الصور المرفقة الموثقة للجريان وثقت بعدسة فيديو خالد الصغير أحد طلاب قسم الجغرافيا والتي عولجت على الكمبيوتر وتم اختيارها من الباحث.

## تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على شبكة الصرف المائي في حوض الجبل الأخضر

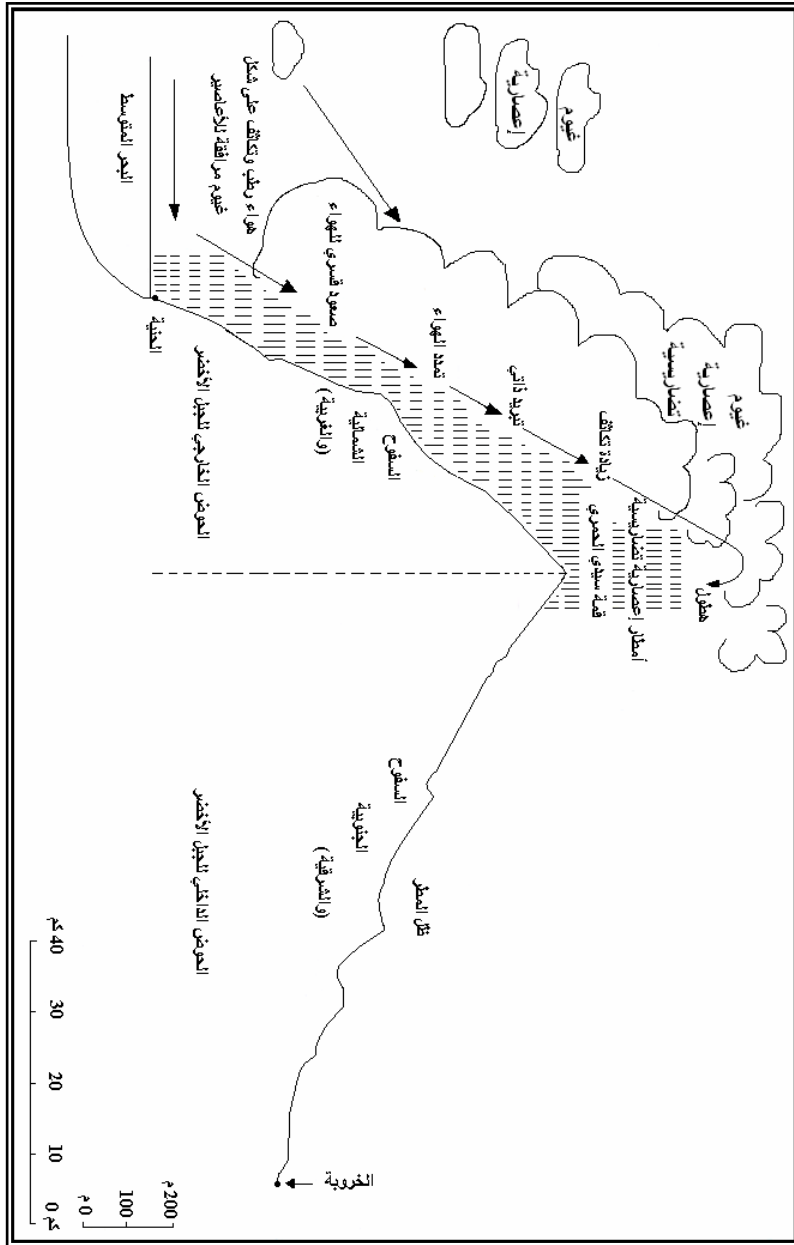
إن الوضع الطبوغرافي في الجبل الأخضر يتحكم في توزيع أمطاره المتوسطة التي يستقبلها في النصف الشتوي البارد نسبياً من السنة؛ فبنتيجة تعرض السفوح الشمالية والغربية المطلة بغالبيتها على البحر مباشرة للرياح الغربية والشمالية الغربية الرطبة، والتي تهب من جراء عبور الأعاصير أي المنخفضات الجوية للبحر الأبيض المتوسط، تنجبر تلك الرياح على الصعود القسري للأعلى، مما ينتج عنه تمدد للهواء، ومن ثم تبريد ذاتي له يؤدي لزيادة تخصيب الغيوم وتكاثف الرطوبة التي يحملها، مما ينتج عنه هطولات مطرية عنيفة لكونها إعصارية من جهة وتضاريسية من جهة أخرى، لذلك يصطلح تسميتها بالأمطار الإعصارية التضاريسية للجبل الأخضر، هذه الأمطار يتركز هطولها على السفوح الغربية والشمالية من الجبل مما يجعل بقية سفوح الجبل الأخرى تقع في ظل المطر. ومن ثم فإن تضاريس الجبل المتمثلة بسفوحه الشمالية والغربية تجبر الرياح الإعصارية التي تغذي السواحل الغربية من الجبل بنحو 250 و 300 مم/سنة على أن تزيد من تفرغ المزيد من حمولتها من الرطوبة لتحصل على ضعف الكمية تقريباً من الأمطار التي تسقط على السواحل الغربية، بحيث تستقبل شحات والبيضاء ومسه الواقعة على الدرجة الثانية ما بين 550 و 570 مم/سنة، شكل(1).

كذلك تتحكم الطبوغرافيا، بمشاركتها مع الوضع البنيوي، في الجبل الأخضر بنظام تصريف المياه السطحية (الشبكة الهيدروغرافية) الذي يأخذ بمجمله نموذج التصريف الشعاعي وفق الجهات الأربعة، والطبوغرافيا هي التي تقسم حوض الجبل الأخضر السطحي

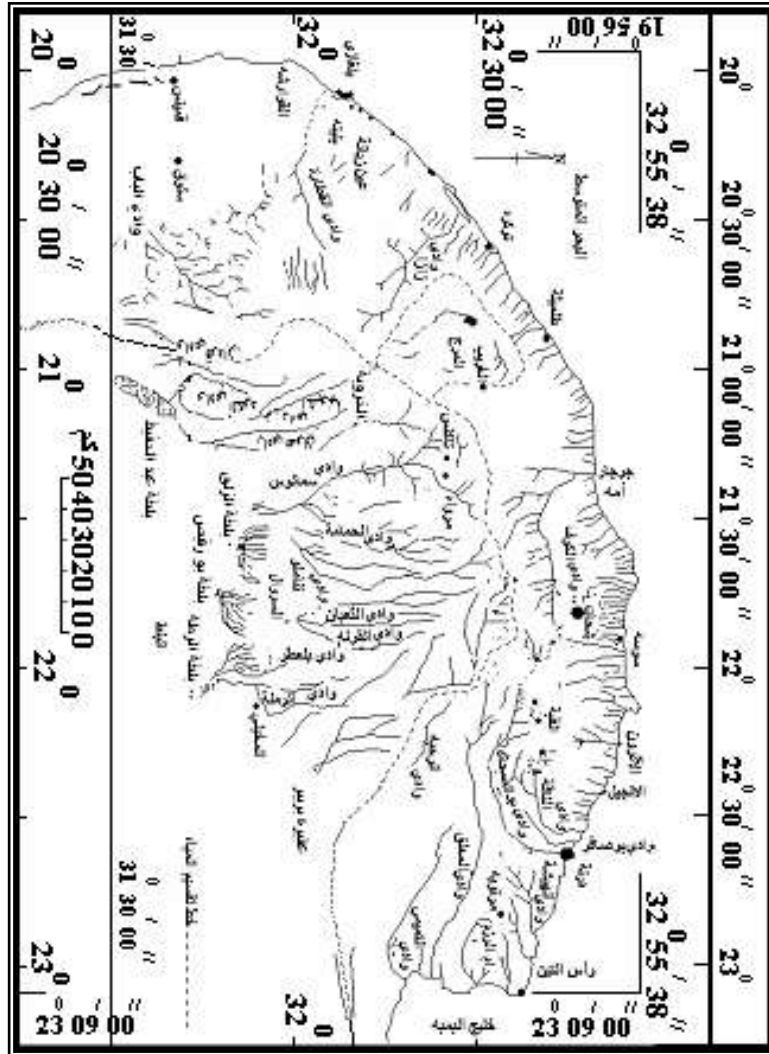


لحوضين رئيسيين هما الحوض الخارجي الذي تنصرف مياه أوديته في البحر، والحوض الداخلي الذي تنصرف مياه أوديته جنوباً في إقليم البلط المجاور للصحراء الكبرى عند ارتفاعات تتراوح بين 100 و 150 م فوق منسوب البحر، أشكال (2، 3، 4، 5، 6)، حيث تمثل البلطة الواحدة مصب لأكثر من وادي، والبلطة نفسها تعد بحيرة مائية مؤقتة تحتل أرض منبسطة محاطة بتلال من نواحيها الجنوبية تؤدي لتجميع مياه الجريان على مساحتها المتسعة، من 2.5 كم<sup>2</sup> في بلطة بشادة وحتى 45 كم<sup>2</sup> في بلطة الزلق، (عوض عبد الواحد، 2009)، أرضية البلطة تتكون من المواد الناعمة الكتيمة، من السلت والطين، التي تساعد على منع رشح المياه من أرضية البلطة، هذه المواد الناعمة تترقد بعد تبخر المياه من البلطة، عمق المياه في البلطات بحال ملئها بالمياه لا يتجاوز 1م، وبناءً على ذلك فإن كل 1 كم<sup>2</sup> من مساحتها يستوعب 1000000 م<sup>3</sup> من المياه التي يستحكم التبخر بها، مما يمنع من استمرار وجود المياه بها لأكثر من أربعة أشهر.

إن شبكة الصرف الهيدرولوجية الشعاعية في الجبل الأخضر، المنطبعة بغالبيتها على البنات الصدعية، والتي يظهر الشكل (2) إلى حد ما صورتها، تجعل حوضيه الداخلي والخارجي ينقسمان إلى أحواض فرعية كثيرة العدد ومختلفة المساحات والأطوال، وهي أحواض بغالبيتها مستقلة ومنفصلة عن بعضها البعض أي لا تتحد أوديتها في مصارفها، إلا في حالات نادرة لبعض أودية الحوض الداخلي التي تعطي عند توحيدها في المصب تجمعات مائية تتمثل في البلط، مما يجعل هذه الأحواض الفرعية بكثرة عددها تساهم بشكل فعال في توزيع وتبيد مياه الجبل في النواحي الجغرافية الأربعة على مساحة تقدر بنحو 37625 كم<sup>2</sup>، مما يعطي انطباعاً عاماً بأن الجبل لا ينتج مياهاً سطحية وافرة لأن أغلبها يضيع في البحر على أطراف الجبل الشرقية والشمالية والغربية من الحوض الخارجي.



شكل (1): كيفية تكوين الأمطار الإعصارية التضاريسية على الجبل الأخضر، من عمل الباحث.



شكل (2): نظام تصريف المياه السطحية (الشعاعي) في حوض الجبل الأخضر، (الزوام، 1995)<sup>(1)</sup>  
بتصرف من الباحث.

<sup>(1)</sup> - سالم محمد الزوام، (1995) الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا الطبيعية، منشورات جامعة قار يونس، بنغازي، ص. 33.

### أولاً: شبكة التصريف السطحي والأحواض الفرعية لحوض الصرف الداخلي:

إن الاتجاه العام للأودية ولأحواضها الخاصة بها تأخذ الأشكال الطولية بغالبيتها، وغالبية هذه الأحواض الفرعية تتجه جنوباً لتلقي مياهها في نطاق البلط، وتمتاز بأطوالها التي تزيد عموماً عن 70 كم، ويمكن تصنيف الأودية في الحوض الداخلي من الجبل الأخضر كالتالي:

أ- أودية أحواض فرعية تتجه في أحباسها العليا شرقاً بفعل تأثير البنية للحافات العليا ثم تعكف جنوباً كوادي الرملة، شكل (3).

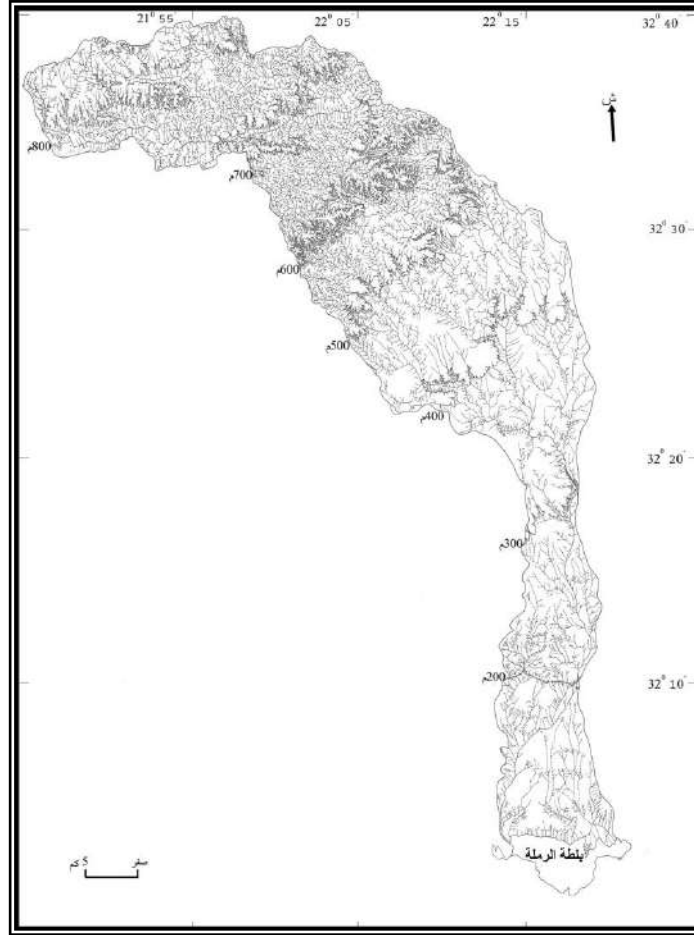
ب- أودية أحواض فرعية تتجه في أحباسها العلوية غرباً وعند اجتيازها للحافات تعكف جنوباً، كوادي سمالوس، شكل (4)، الذي يعد أكبر الأحواض الفرعية في الجبل الأخضر، وهو بحسب شكله يجمع نمطي (أ مع ب).

ج- أودية أحواض تتجه جنوباً بحسب البنية الصدعية لتفرغ حمولتها المائية في البلط بعد أن تجتاز المروحة الإرسابية لمنطقة السروال، وهذه الأودية لها الغالبية في هذه الواجهة من الجبل، وأمثالها وادي بلعطر، القرنة، الثعبان، تناملو، الحمامة، الخروبة، عدوان، الشبوليه، الكود، قردان، ووادي المعفور، شكل (5).

د- أودية أحواض تتجه جنوب غرب مثل وادي الباب.

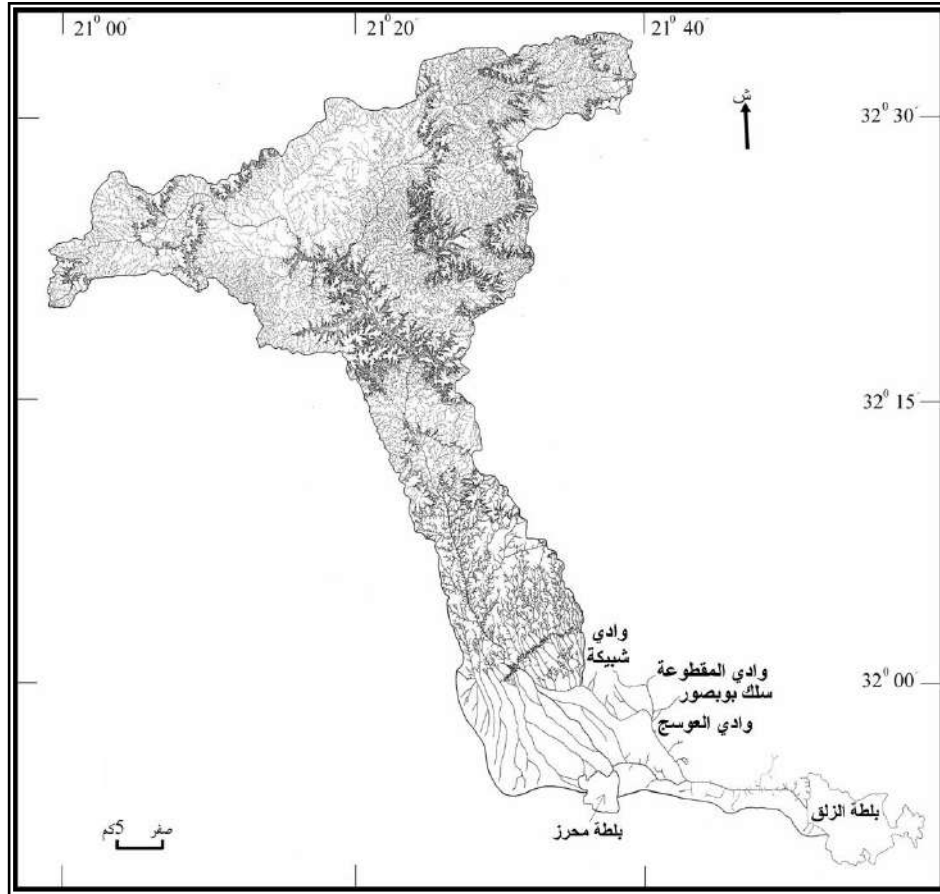
إن هذه الأودية قادرة على تجميع كميات لا بأس بها من المياه في منطقة البلط أي في بلطاتها الخاصة بها، لكن تعترضها مشكلة تشتت كبير لمياهها في منطقة السروال، حيث يتوزع جريان الوادي على المروحة الإرسابية هنا إلى عشرات بل مئات من الجداول الصغيرة،

كما أنها تتوزع في العقائير قبل بلوغها البلط في مئات وآلاف من المجاري الصغيرة التي تسمى محلياً بالمصارين، التي تبدد كميات كبيرة من مياهها ما بين الرشح والتبخر، ولا يصل إلى البلط إلا المياه الزائدة عن هاتين المركبتين، ولتفادي عملية ضياع مياه البلط عن طريق التبخر العالي بمعدل 3.43 ملم/اليوم من سطح المياه الحر المنتشرة في البلطات القليلة العمق (الباحث)، استخدمت تقنيات القوض الطويلة على هيئة أقنية (خنادق) ضخمة، مقاطعها العرضية على هيئة شبه منحرف، منحز منها اثنين في بلطة الرملية، وواحد في بلطة بشاده، واثنين في بلطة بو رقيص، وثلاثة في بلطة الزلق، (طول القوض 1000 م، والعرض من الأعلى 30 م ومن الأسفل 6 م، والعمق 6 م) لحفظ حوالي 120000 م<sup>3</sup> من مياه البلطات في كل قوض لأطول وقت ممكن والتي تخدم الثروة الحيوانية عادةً لفترة عام كامل، وقد يكون من المفيد توحيد جريان مياه الوادي في منطقة السروال في مجرى واحد يؤدي بمياه الوادي مباشرةً إلى البلطة كي لا تبدد المياه على طول يناهز 10 كم في عشرات بل مئات وآلاف المجاري الصغيرة، شكل (6).



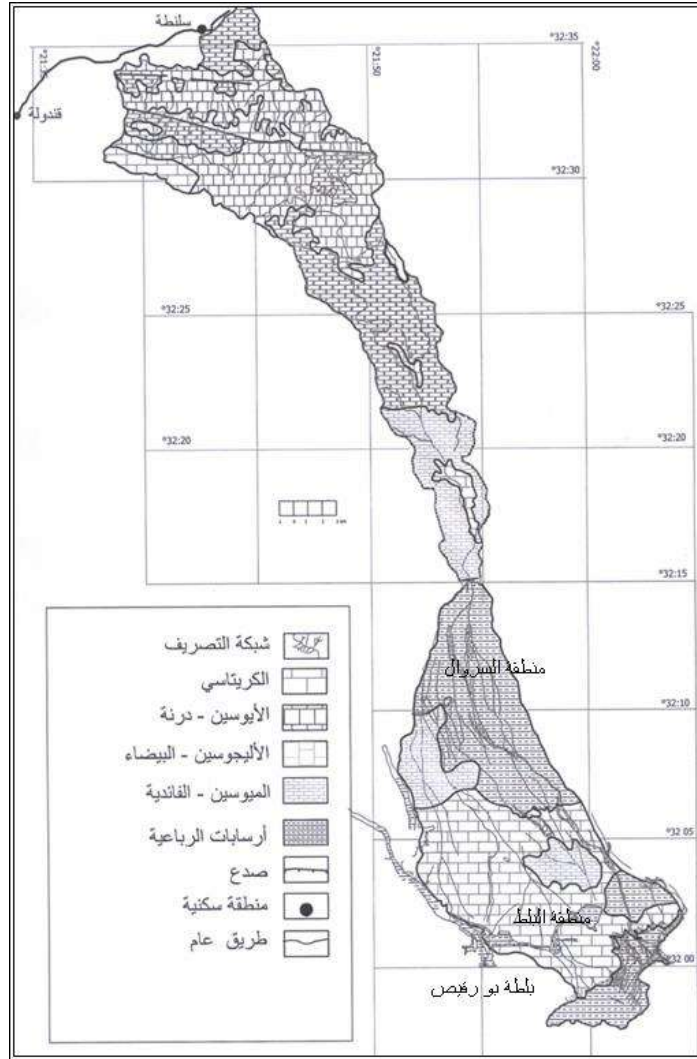
شكل (3): حوض وادي الرملة، الطول 85 كم، المساحة 1088.8 كم<sup>2</sup>، (عن عوض عبد الواحد، (2009)<sup>(1)</sup>.

(2) - عوض عبد الواحد عوض، (2009) جيومورفولوجية أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، ص. 41.



شكل (4): حوض وادي سمالوس يعد أكبر أحواض أودية الجبل الأخضر، الطول 101.26 كم، المساحة 1549.23 كم<sup>2</sup>، (عن عوض عبد الواحد، 2009)<sup>(1)</sup>.

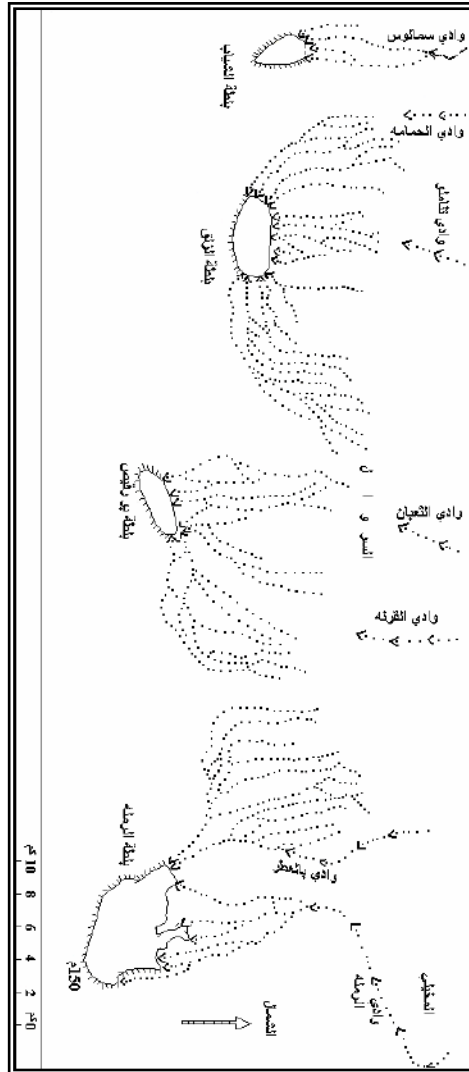
(1) - عوض عبد الواحد عوض، (2009) جيومورفولوجية أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، ص. 55.



شكل(5): حوض وادي تناملو على السفح الجنوبي من الجبل الأخضر، الطول 72 كم، المساحة 608 كم<sup>2</sup>، (عن الحنفي والتواتي، 2007)<sup>(1)</sup>.

(1) - محمد غازي الحنفي ومحمود الصديق التواتي، (2012) حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء ليبيا، عدد 11، 2010، ص. 10.





شكل (6): بعض البلطات في الجهة الجنوبية من حوض الصرف الداخلي من الجبل الأخضر وكيفية تغذيتها من الأودية الرئيسية والأودية المتفرعة منها والتي تبدد المياه في منطقة السروال، (Ministero delle colonie, 1920)<sup>(1)</sup>، بتصريف من الباحث.

(1) -Ministero delle colonie, (1920) Itinerari del. Cirenaica. Roma, 13 p

يفيد المواطنون أنه عندما تكون مياه الأودية غزيرة فإن مياه البلط تتصل ببعضها لتكون مسطحاً مائياً واحداً وذلك حصل في بعض سنوات الستين من القرن العشرين الماضي وفي عام 1992 بحسب إفادة الأخ نوح الجالي من سكان جردس الحراري، حيث تتجه المياه نحو التيمي وتصرف في البحر، وذلك يعني بأن حوض الجبل يتحول بكامله في مثل هذه الحالة لحوض خارجي، وقد لاتصل مياه الأودية للبلط في سنوات أخرى. إن تفرع الوادي الرئيسي في السروال لمجري عديدة يضعف طاقة الجريان لحدودها الدنيا مما يهيئ الفرصة لترسيب كل المواد المخروفة والثقيلة، ولا يسمح إلا للمواد الخفيفة والمعلقات الغروية الطينية الناعمة والمواد المنحلة بالوصول إلى البلط مما يجعل أرضيتها كتيمة وقادرة على جمع وحفظ المياه لفترات، طويلة نسبياً، قد تتجاوز 4 أشهر.

#### ثانياً- شبكة التصريف السطحي والأحواض الفرعية لحوض الصرف الخارجي:

إن هذا الحوض يتميز بوجود شبكة تصريف من أودية رئيسية مستقلة، بحيث يكون لكل واد حوضه المستقل والمحدد بخط تقسيم مياهه عن الأحواض المجاورة، ومصرفه المنفرد في البحر، أو في بحيرات وسبخات شاطئية غير مستفاد من مياهها. إن هذه الأحواض الفرعية متنوعة جداً في أطوالها ومساحاتها واتجاهاتها وأشكالها:

1- ففي الجهة الشرقية من الحوض توجد أودية تتجه شرقاً تصب في خليج البمبة وتأخذ أحواضها أشكال طويلة مثل وادي المعلق ووادي التيمي ووادي أم الرزم، شكل (7).

2- في الجهة الشمالية من الحوض الخارجي الرئيسي يمكن تمييز ثلاث مجموعات من الأودية والأحواض الخاصة بها:

أ- أودية تتجه شرقاً في أحباسها العليا إذ تفرض عليها بنية الحافات هذا الوضع ثم تعكف شمالاً عند اختراقها للحافة الأولى لتصب في البحر مثل حوض وادي درنة (6.570 كم<sup>2</sup>)، شكل (8)، وحوض وادي الناقة ومساحتها تكون كبيرة نسبياً، بالإضافة لوادي الخليج ووادي الهمسة الواقعان في المنطقة الشرقية من درنة.

ب- أودية تتجه غرباً في أحباسها العليا ثم تعكف شمالاً لتصب في البحر، وأكبرها حوض وادي الكوف ويدعى عند المصب جرجار أمه، (988 كم<sup>2</sup>، هيدروجيو 1992)، شكل (9)، وأصغرهما حوض وادي المهبول، ومن أمثاله حوض وادي بو جراح.

ج- أودية تتجه شمالاً تحت تأثير البنيات الصدعية لتصب في البحر، وأطوال هذه الأحواض صغيرة عادةً (من 2 وحتى 14 كم) إذ لا تتجاوز إلا نادراً 35 كم، وهي كثيرة جداً وغالبيتها أحواض طولية قليلة العرض والمساحة، ونادراً ما يوجد منها أحواضاً متسعة في أعاليها لكنها ضيقة جداً كلها بالقرب من مصباتها، بحيث يبدو للمتبع للساحل أن المسافة الوسطى ما بين مصبات أودية هذه الأحواض لا تتعدى 1.6 كم بين كل مصبين على طول الساحل الشمالي للجبل. ومن أمثاله حوض وادي الأثرون، قرطابلس، النسورية، الحولة، القعادي، المشهور، بوثن، طيارة، عربية، الشميسي، المملوح، أم كراع، (الجليدي)، الضبع، العطيواني، البيضاء، المنشى، غافر روحه، سيف، الطير، نقره سعيد، بوزنقوق، بلعارض، واللولب وهو أكبرها مساحة 575 كم<sup>2</sup> (هيدروجيو، 1992)، شكل (8)، الملكة، حيون،

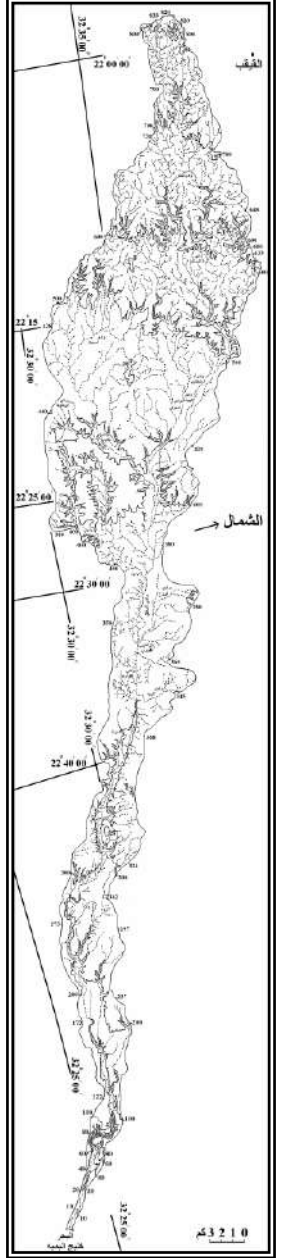
زوانة، المللا، الشعبة، (1.772 كم<sup>2</sup>)، المنخشخش، الحمامة والسلايب، وغيرها كثير لا يستوعبه هذا الإملاء، إضافة لأودية صغيرة تنحصر أحواضها على واجهة الحافة الأولى تأخذ محلياً اسم حلق وهي كثيرة جداً أيضاً، بالإضافة لأودية أطول قليلاً من الحلوق تبدأ أحواضها من سطح الحافة الأولى تأخذ هي الأخرى اسم الرقبة محلياً وهي كثيرة أيضاً، شكلين (10) و(11).

3- في الجهة الغربية من الحوض الخارجي يمكن تصنيف الأودية على النحو التالي:

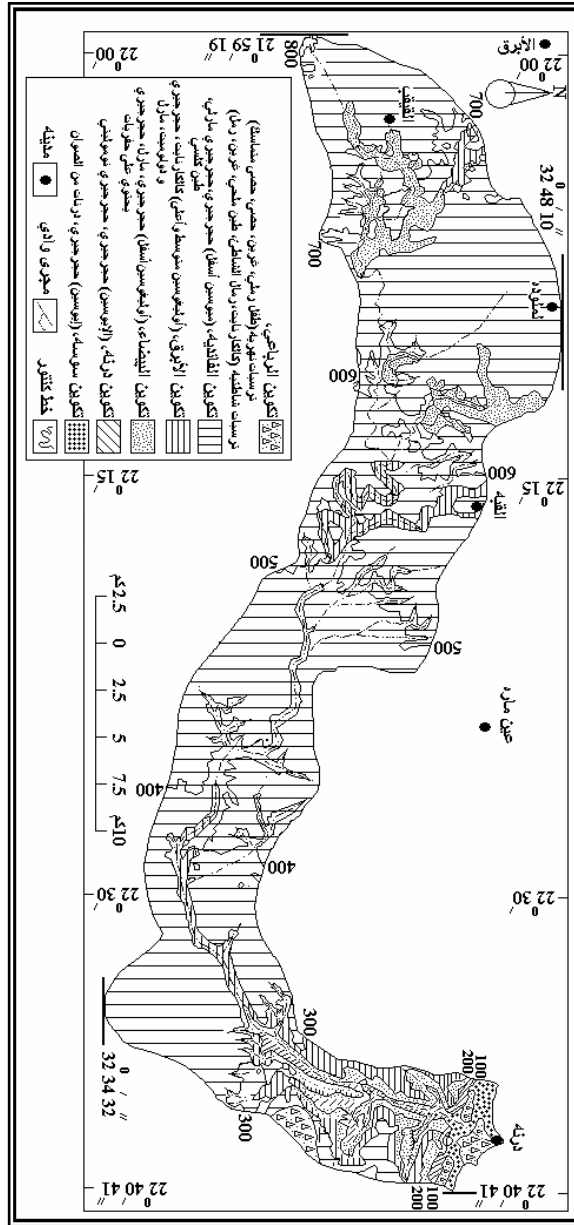
أ- أودية تتجه غرباً أو شمال غرب لتصب في سبخات شاطئية في سهل بنغازي مثل وادي الجزير، وادي مريغان وواي برسيس وواي زازا، شكل (12).

ب- أودية تتجه غرباً لتصب في البحر مثل وادي القطارة الذي يعد حوضه ثاني أكبر الأحواض الفرعية في الجبل الأخضر، إذ تبلغ مساحته بحسب جوده والنزوم 1350 كم<sup>2</sup>، شكل (13).

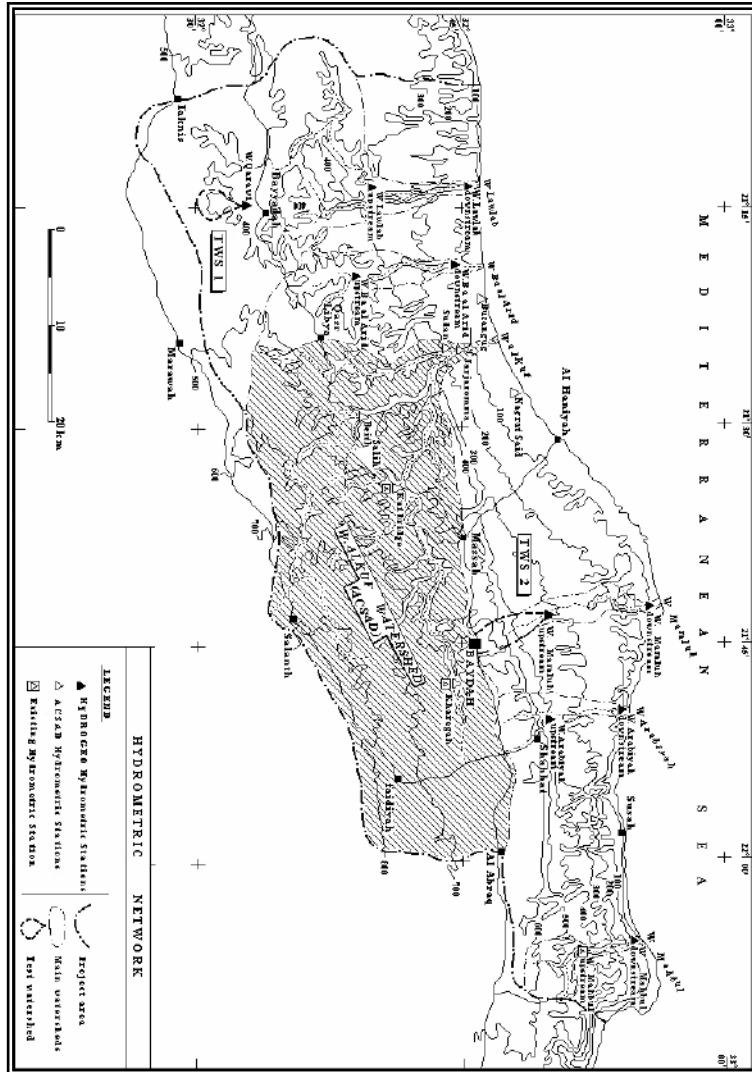
ج- أودية تتجه غرباً وتضيع مياهها، عن طريق الرشح، في سهل بنغازي مثل وادي زاد، البويرات، العويلات، الأوعار، الجوبيا، الفج، الدرجاتي، الدليعي وواي الفيا، بالإضافة لأودية أخرى (حلوق و رقاب) صغيرة وكثيرة.



شكل (7): حوض وادي المعلق، الطول 105.2 كم ، المساحة 723 كم<sup>2</sup>، من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية، المساحة حسبها الباحث بواسطة برنامج دجيترال Placom.

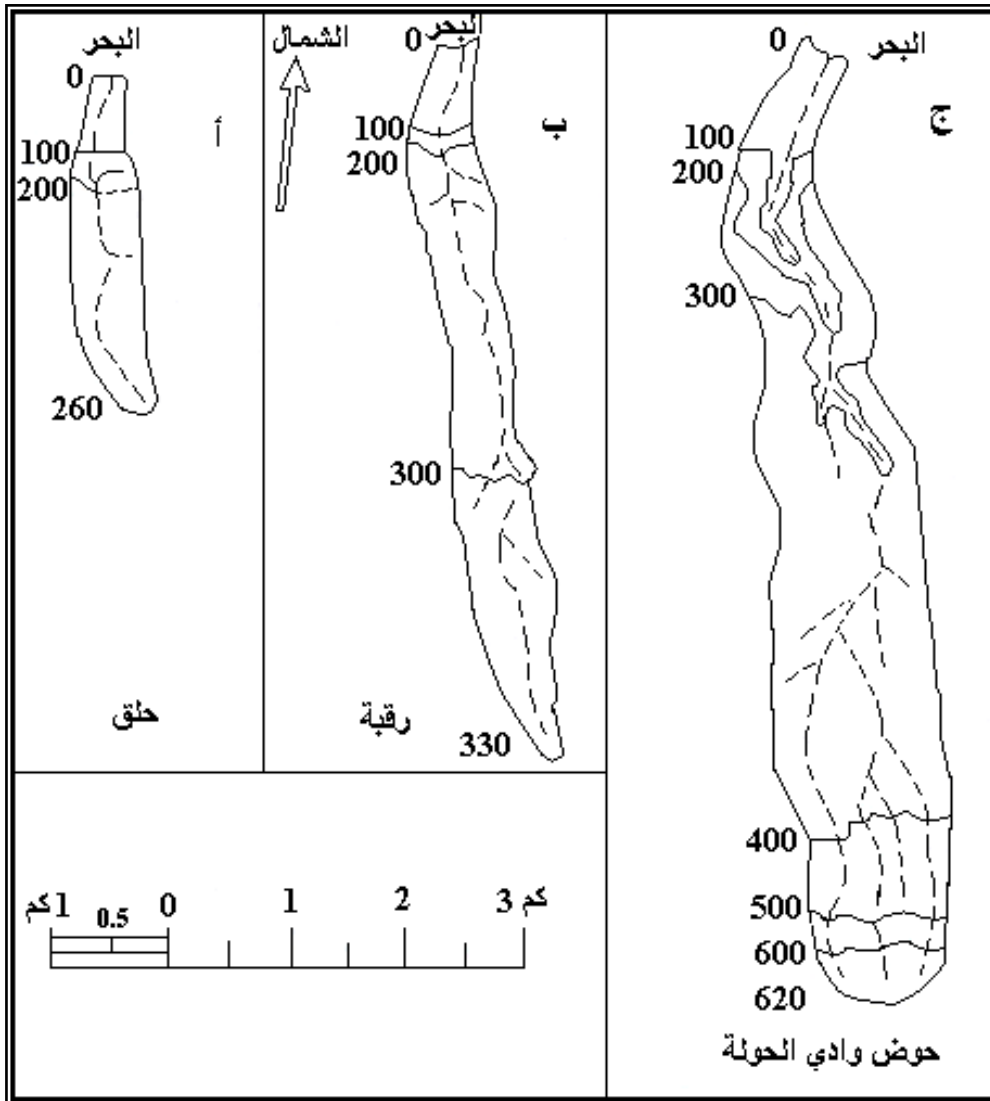


شكل (8): حوض وادي درنة: الطول 83 كم، المساحة 570.6 كم<sup>2</sup>، من عمل الباحث، المساحة حسبها الباحث بوساطة بلايتمتر دجيتال Placom.



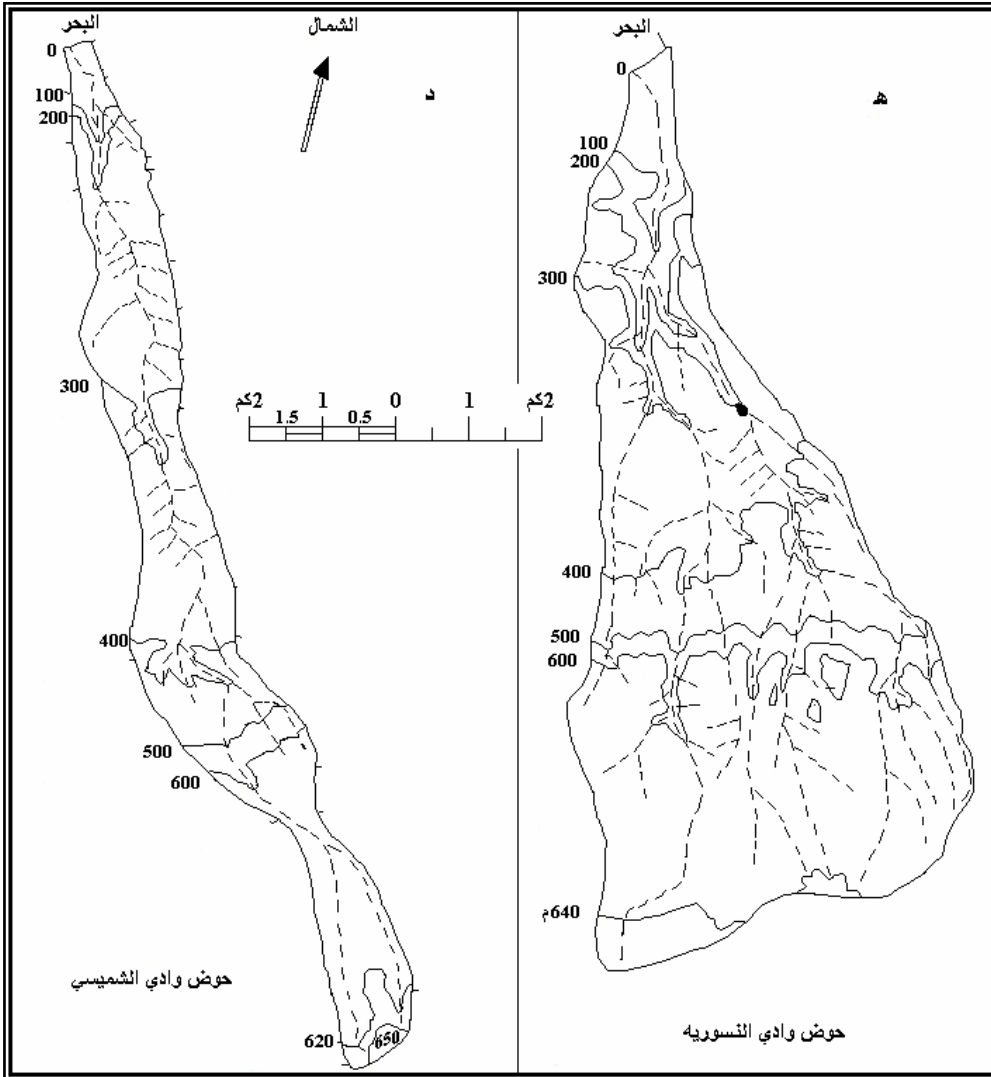
شكل (9): حوض وادي الكوف، الطول 56 كم والمساحة 988 كم<sup>2</sup>، والمهبول، والمملوح، وبلعارض، واللولب، ( عن هيدروجيو، 1992)(1).

(1) -Hydrogeo, (1992) Baydah – Bayyadah area, Surface water resources evaluation, Pisa, 102 p.

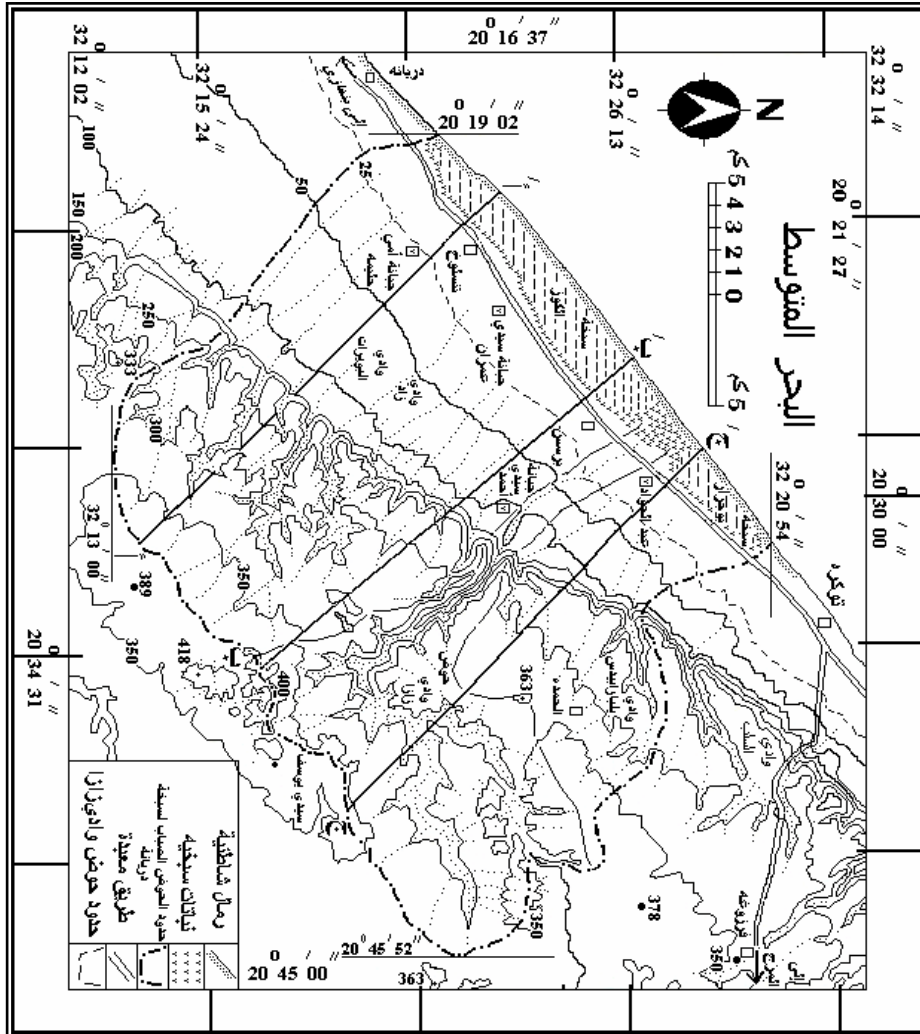


شكل (10): ثلاثة أحواض لأودية صغيرة تتمتع بأسماء محلية هي: أ- الحلق: طوله 2.8125 كم ومساحته 1.285 كم<sup>2</sup>، ب- الرقبة: طوله 6.25 كم ومساحته 3.32 كم<sup>2</sup>، ج- وادي (الحولة): وطوله 8.750 ومساحته 9.215 كم<sup>2</sup>، من عمل الباحث.



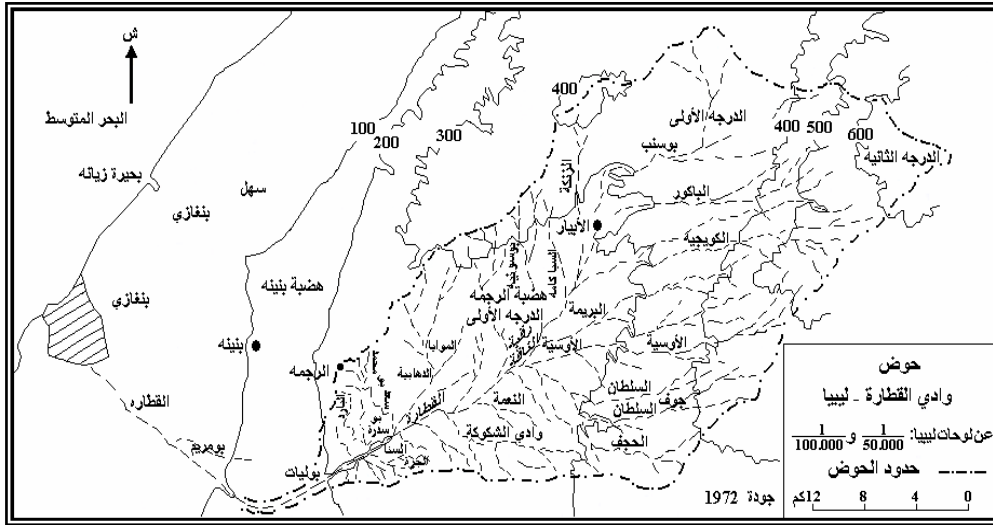


شكل (11): حوضان طوليان لأودية: الشميسي طولي الشكل: وطوله 14.6875 كم ومساحته 15.957 كم<sup>2</sup>، والنسورية طولي متسع من الأعلى: طوله 12.5 كم ومساحته 37.6133 كم<sup>2</sup>، من عمل الباحث.



شكل (12): حوض سبخة دريانة (637 كم<sup>2</sup>): المتكونة من سبختي بو جرار والكوزفي سهل بنغازي، وتكون مصب وادي مريغان، وادي الجزير، وادي برسس ووادي زازا وهو الأهم في حوض السبخة، مساحته 154.19 كم<sup>2</sup>، (عن الحنفي و آغا، 2012)<sup>(1)</sup>.

(1) - محمد غازي الحنفي وعامر مجيد آغا، (2012) السبخات الشاطئية دراسة بيئية لسبخة دريانة في سهل بنغازي، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، عدد 15، 2011، ص. 7.



شكل (13): حوض وادي القطارة: طوله 52 كم (الزوام، 1995)<sup>(1)</sup>، ومساحته 1350 كم<sup>2</sup>  
(عن جودة، 1988)<sup>(2)</sup>.

### مشاكل الجريان السطحي في أودية الجبل الأخضر:

إن الجريان السطحي في الجبل لا ينشأ إلا في أعقاب العواصف المطرية عالية الشدة، أو في حال استدامة أمطار بعض الأعاصير لعدة أيام متتالية بحيث تشبع التربة من الرطوبة وتمتلئ البرك بالمياه على طول قيعان الأودية، صورة (16). وتنقسم المياه الزائدة عن رطوبة التربة ما بين مياه راشحة ومياه جاررية في هذه الأودية، وعليه فلا يوجد في الجبل أودية تتمتع

(1) - سالم محمد الزوام، (1995) الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا الطبيعية، منشورات جامعة قارونس، بنغازي، ص. 31.

(2) - جودة حسنين جودة، (1988) دراسات في الجغرافيا الطبيعية للصحاري العربية، دار النهضة العربية، بيروت، ص. 297.

بجريان دائم يبلغ المصب في البحر إلا إذا احتوت هذه الأودية على عيون مائية طبيعية كوادي درنة ووادي الأثرون، ومياه عيون هذين الوادين تظهر في أحباسهما الدنيا وهي مستثمرة كلياً في الشرب والزراعة، ورغم وجود عيون في أعالي أودية أخرى كوادي الناقة الحاوي على عيون مائية في عين مارة، ووادي قرطابلس الحاوي على عيون الحليب، ووادي المهبول الحاوي على عين استوة، فجريان مياه عيون هذه الأودية يرشح في سرايرها ولا يبلغ المصب. وجفاف أودية الجبل في الفصل الجاف من السنة يعد سمة طبيعية لجبال البحر المتوسط الخاضعة لمناخه الإقليمي المتوسطي الجاف في الصيف والرطب في الشتاء، لذلك ينحصر الجريان السطحي الدائم في هذا الإقليم المناخي في الأودية التي تتمتع بينابيع غزيرة التصريف فقط، وهذا هو حال كل الأنهار المنبثقة من سلاسل شرق المتوسط في لبنان وسوريا وفلسطين، علماً بأن الدراسات تثبت أن الجريان السطحي في نهر بردى، (بجمل معدل تصريفه 14280 ل/ثا، Al Hanafi, 1995)، الخاضع لظروف مناخية مشابهة لظروف الجبل الأخضر لا تشكل سوى 10% فقط، بينما تكون مياه الينابيع الكارستية الناتجة من مركبة الرشح حوالي 90% من كمية الجريان الدائم لهذه الأنهار، وهذا هو السبب في ديمومة جريانها على طول العام، مع ملاحظة أن غالبية الينابيع الكارستية الغزيرة، (من 3000 إلى 8000 ل/ثا) تظهر في تلك الأحواض على ارتفاعات تناهز 800 م فوق سطح البحر، مما يستدعي القول بأن غالبية مياه الجبل ترشح نحو الخزان الجوفي لتنبثق في البحر الذي يشكل مستوى أساسها الإقليمي كعين زيانة التي تنتج 5.5 م<sup>3</sup>/ثا (أي 5500 ل/ثا، الباحث)، وذلك بفعل الصدوع الكثيرة والمهمة في أطوالها وكثافتها وأعماقها وتطور الانحلال وظواهر

الكارست في مجالات تواجدها، وخصوصاً أن الدراسات تبين أن غالبية أودية الجبل الأخضر منطبعة على تلك الشبكة الضخمة من الصدوع التي تبتلع الكمية الكبيرة من مياهها الجارية ولإثبات ذلك يمكن للباحث ذكر الأمثلة الآتية:

1- أن عاصفة شهر 3 - 1998 أنتجت جرياناً في الغريقة أسفل مدينة البيضاء مقداره 2912 ل/ثا لم يعبر منها في وادي الكوف جنوب غرب مسه إلا 1387 ل/ثا، أي أن سرير الوادي ابتلع منها بالرشح حوالي 1525 ل/ثا، أي ما نسبته 52.37% على طول 21 كم ما بين نقطتي القياس، أي بمعدل 72.62 ل/ثا/كم طولي، وذلك من دون معرفة حساب الضياع من ما يرفد الوادي، من جانبيه، صورة (14)، على طول 21 كم، مما يستدعي القول أن الفاقد في سرير الوادي يزيد عن 100 ل/ثا/كم طولي، صور ( من 1 إلى 15 ومن 28 إلى 30).

2- في الغريقة تبلغ مياه الصرف الصحي حوالي 120 ل/ثا لا يعبر منها في بلغرة، على بعد حوالي 5 كم، إلا حوالي 35 ل/ثا، ولا يصل منها شيء لعبارة وادي الكوف جنوب غرب مسه.

3- في وادي الشيصو الذي تنصرف به مياه مجاري البيضاء الجديدة عند بداية الحافة الثانية والمقدرة بحوالي 50 ل/ثا تختفي هذه المياه كلياً خلال عبورها 1.5 كم من مصطبة الوسيطة.

4- في وادي المهبول حيث توجد عين استوة التي تبلغ إنتاجيتها 23 ل/ثا، لا تجري في الوادي لأكثر من 1.2 كم حيث تختفي مياهها تماماً بقاع الوادي.

- 5-** في وادي بلغدير يبلغ صرف مجاري شحات الغربية حوالي 40 ل/ثا، لا يصل منها للبطحة على بعد حوال 2 كم إلا 2 ل/ثا تضيع هي الأخرى على أبعاد قريبة.
- 6-** في وادي الزنادي الرافد لوادي اشغلو ثم المشهور، فإن مياه الصرف الصحي الشرقية لشحات تبلغ حوالي 35 ل/ثا تضيع كلياً في الوادي ولا يصل منها شيء لعبارة الروزات على بعد حوالي 2 كم.
- 7-** في وادي الجريولة في القبة تضيع مياه المجاري الزائدة عن 30 ل/ثا بعد أقل من 3 كم من جريانها في سرير الوادي.
- 8-** في وادي قرطابلس عند شلال راس الهلال البالغ تصريفه حوالي 25 ل/ثا لا يصل منها لأسفل الوادي شيء.
- 9-** يفيد الإحوة المختصون في درنه (عبد الجواد بو بيضه) أن وصول دفقة فيضان في إحدى السنوات لبحيرة سد بو منصور قدرت بحوالي 1.3 مليون م<sup>3</sup> رشحت كلياً من قاع البحيرة خلال فترة 70 يوم فقط.
- 10-** سد المحجة في الفايديية جمع حوالي ربع مليون م<sup>3</sup> في عام 2008 من جريان أعالي وادي الرملة اختفت كلياً في بالوعات أرضية بحيرة السد خلال أقل من ستة أشهر.
- كل ذلك يدل على أن معامل الرشح في سراير الأودية كبير جداً، بسبب الصدوع الطولية الرئيسة التي تنطبع عليها هذه الأودية، وكذلك الصدوع العرضية التي تتقاطع معها بحيث تنشط أيضاً ظواهر الانحلال وتتطور ظواهر الكارست على طول هذه الصدوع وعند نقاط تقاطعها مع بعضها البعض، صور (31 و 32 و 33)، وهذا هو السبب الكامن وراء

اختفاء الجريان الحاصل في حالات كثيرة في الأحباس العليا من أحواض الأودية عقب بعض العواصف المطرية دون أن يبلغ الأحباس الدنيا منها، وهذا القول يعد صحيحاً على كل الأودية في حوض الجبل الأخضر، والحالة الوحيدة التي يبلغ فيها جريان الأودية مصباتها الرئيسية هو أن تكون كمية المياه الجارية في الوادي أكبر من معامل الرشح في سريره.

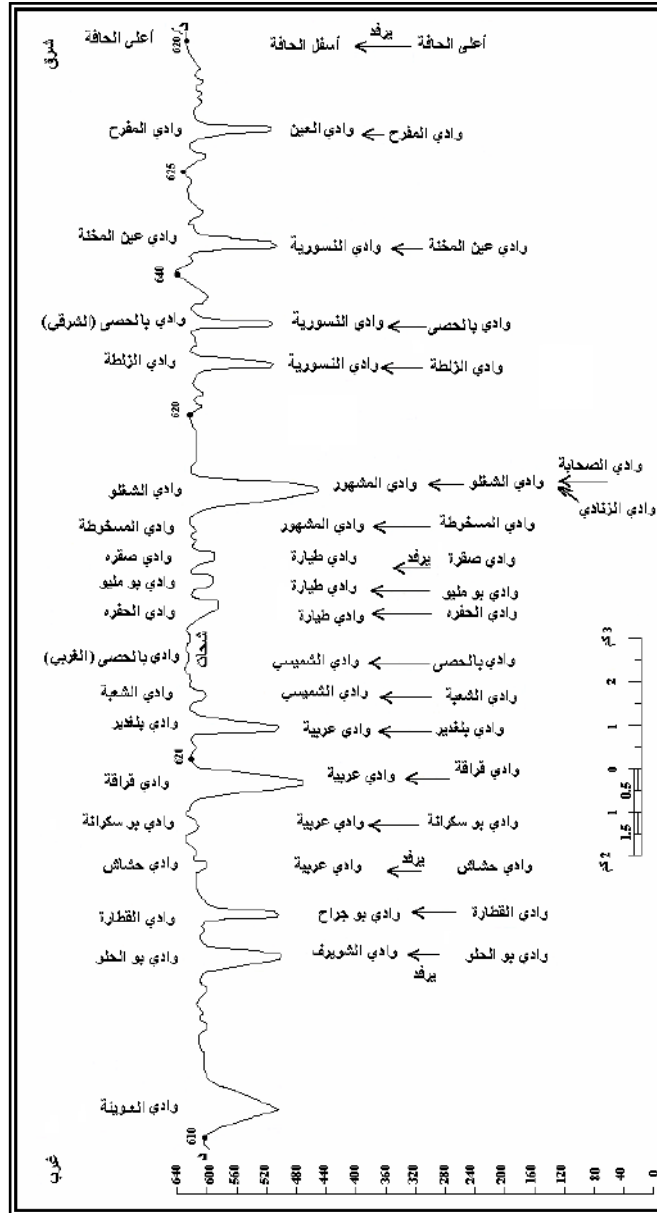
### كيفية التغلب على مشكلة تبدد مياه الأودية في الجبل الأخضر:

عند تتبع المقاطع الطولية للأودية وأحواضها على الطبيعة في الجبل الأخضر يبدو بوضوح عمل الجريان في تعميق مجاري الأودية بشدة عند عبورها للحافات بحيث تجتازها بمقاطع عرضية خانقية عميقة وضيقة، ليزيد تضرس المقاطع العرضية للأودية، ذات الجوانب الجدارية الشكل، هنا عن 100 م، الشكلاان (14 و 15) والصورة (32). بينما تدخل هذه الأودية المصاطب والسهل الساحلي بمقاطع عرضية ضحلة جداً، بحيث لا يتجاوز تضرس المقطع العرضي للوادي بضعة أمتار قليلة، وفي حالات كثيرة جداً لا يتجاوز 1م أو قد يختفي تضرس مقطع الوادي تماماً هنا بسبب المراوح الإرسائية للأودية عند أقدم الحافات وبدايات المصاطب أو السهل الساحلي، من ناحية ثانية تكون الأودية المتجاورة عند مداخلها للمصاطب وللسهل الساحلي متقاربة المناسيب فيما بينها. وهذا يشجع أن يقترح جمع وتوحيد عدد من مجاري هذه الأودية المتجاورة في المكان والمنسوب عند أقدم الحافات وبدايات المصاطب وتوجيهها نحو المجرى الأخفض كي يتم بواسطته جمع أكبر كمية من المياه واستثمارها سواء في السهل الساحلي أو على المصاطب، إن هذا العمل غير مكلف من ناحية، وهو يتيح فرصة لجمع كميات كبيرة من المياه والطيني الناعم الذي يستفاد منه مع

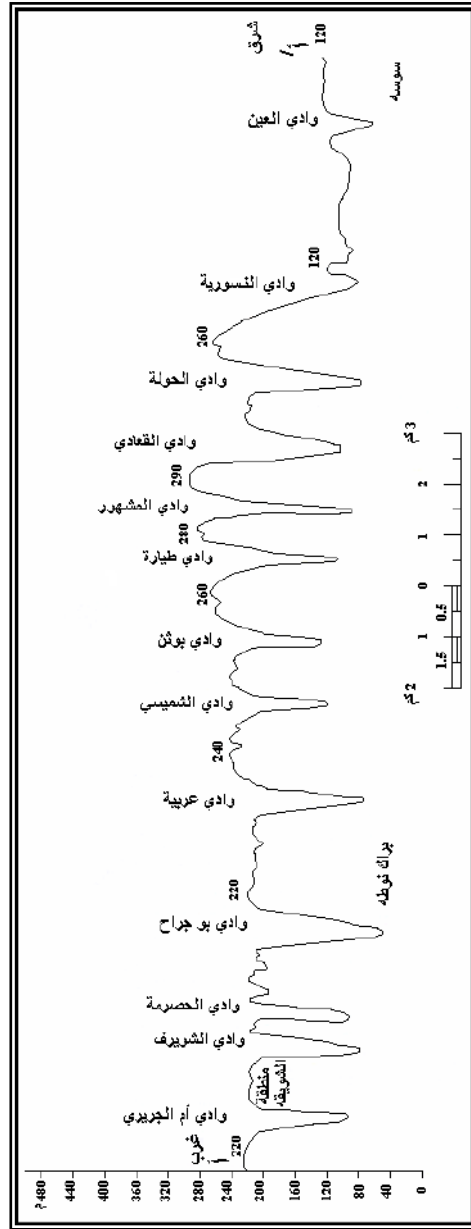
تقدم الوقت في تكتيم بحيرات التخزين في الأودية المستثمرة بهذه الطريقة لو تمت، بدلاً من ضياع كميات الطمي مع المياه في البحر، صور (17، 18، 24، 25، 26، 27)، من دون جدوى، إضافةً إلى أن تحويل مياه هذه الأودية يحمي الأراضي الزراعية المجتازة من قبلها من الانجراف ومن تشتت التربة وموادها العضوية التي تشكل خصوبتها مع مياه هذه الأودية المتعددة.

إن فكرة إنشاء سدود كبيرة على الأودية في الجبل الأخضر قد لا تلقى إقبالاً من قبل الإخوة العاملين في هذا المجال بعد تجارب بنائها على بعض الأودية وفشلها في جمع المياه للري كسدود وادي درنة مثلاً، لذلك يقترح بناء سدود ركامية صغيرة تجريبية لجمع مياه بعض الأودية كمشروع رائد، وفي حال نجاحها تعمم التجربة على مناطق أخرى.





شكل (14): مقطع طبوغرافي طولي لعرف الحافة الثانية من الجبل الأخضر تظهر عليه المقاطع العرضية للأودية الخانقية الصدعية المنطبعة في منطقة شحات، من عمل الباحث.

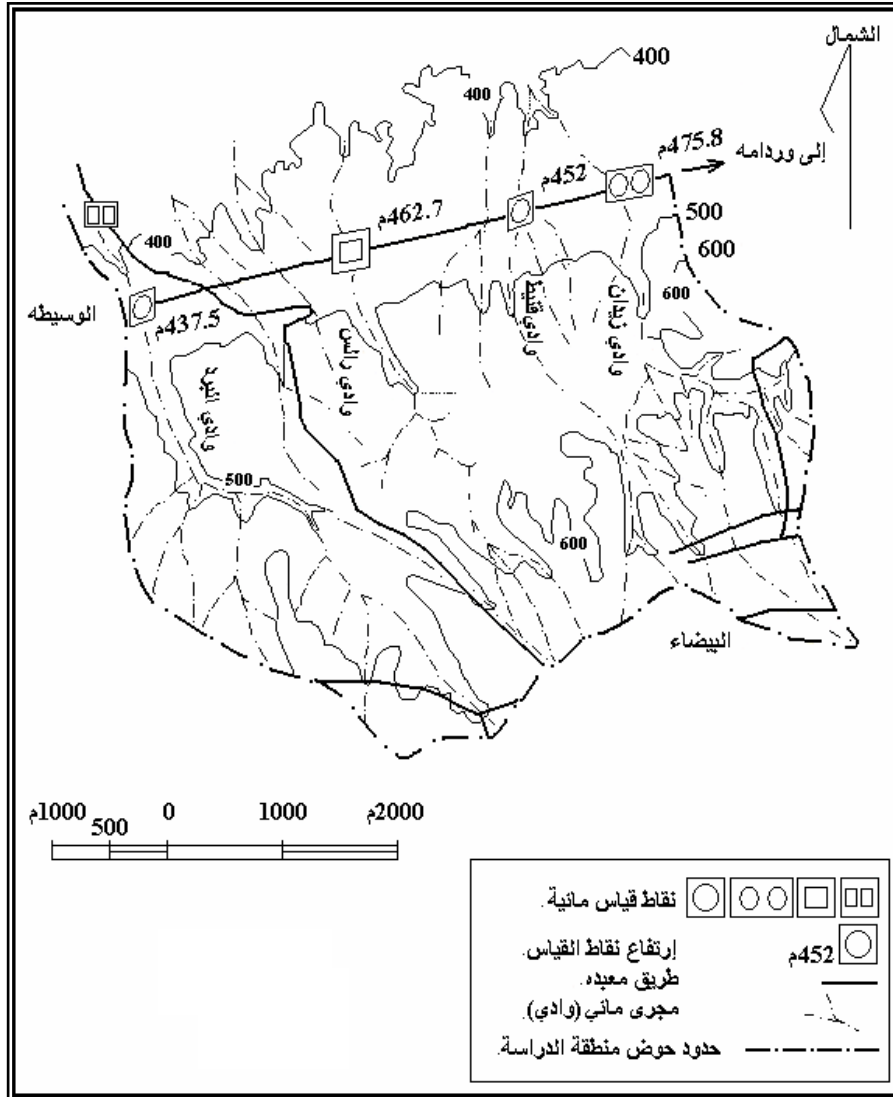


شكل (15): مقطع طبوغرافي طولي لعرف الحافة الأولى للجبل الأخضر في المنطقة الغربية من سوسة تبدو عليه المقاطع العرضية للأودية الخانقية الصدعية المنطبعة، من عمل الباحث.

### دراسة حالة للعواصف المطرية والجريان الناشئ عنها:

لهذا الغرض تتناول هذه الدراسة منطقة من المصطبة الأولى أي أسفل الحافة الثانية من الوسيطة في شمال البيضاء تحوي 4 أودية هي وادي زيدان، وادي قنيط، وادي رالس، ووادي البرد، هذه الأودية الأربعة تشكل بعض من الروافد العلوية لوادي الجديدي المسمى في الحمامة وادي أم كراع، بحيث يبلغ مجموع مساحة أحواضها العلوية التي تبدأ من المنطقة الحضرية لمدينة البيضاء 20.975 كم<sup>2</sup>، التي تساهم في تكرار الجريان بهذه الأودية عند أقدم الحافة الثانية وبداية المصطبة الأولى في الأسفل عقب أكثر العواصف المطرية، والتي لا تصل مياهها في حالات كثيرة إلى الأحباس السفلى لهذه الأودية ولا إلى وادي الجديدي الذي يجمع مياهها، بحيث يبدو على الشكل (16) تقارب مناسب عبارات هذه الأودية على طريق الوسيطة- المنصورة (ما بين 475.8 م و 437.5 م)، والتي يمكن تحويل مياهها كلها نحو وادي البرد ذو المنسوب الأقل، بالإضافة لتحويل مياه الأودية المجاورة لهذا الأخير من الجهة الغربية.

ولإعطاء فكرة عن الإمكانية المائية لهذه المساحة تناولت قياسات الباحث مركبات الموازنة المائية عن طريق قياس تصريف هذه الأودية في نقاط عبورها لطريق الوسيطة- المنصورة من خلال 15 قياس، أخذت على مرحلتين أو فترتين من العاصفة المطرية الممتدة من يوم الأحد الموافق 15 وحتى الخميس 29 - 1998/3 والمسجلة أمطارها في محطة البلنج القريبة، شكل (17)، إذ يبين الجدول (1) نتائج المرحلة الأولى من العاصفة الممتدة على خمسة أيام، ، والملاحظ أن الجريان لم يبلغ المصب في هذه الفترة الأولى من العاصفة رغم أنه بلغ في يوم 3/18 حوالي 874 ل/ثا.

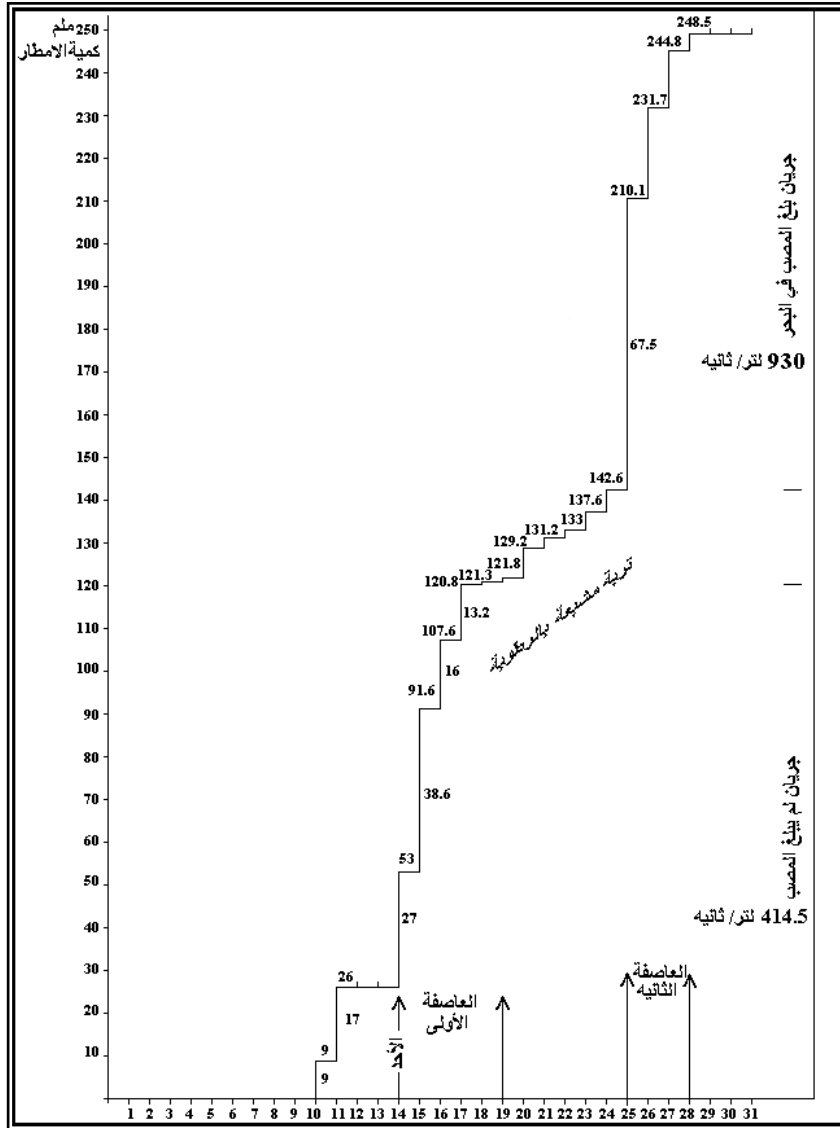


شكل (16): الحوض المائي لأربع أودية تنحدر من سطح المصطبة الثانية من شمال مدينة البيضاء والحافة الثانية وترفد وادي الجديد، والمقاسة موازنتها المائية لعاصفة شهر 3 - 1998 على طريق الوسيطة- وردامة، من عمل الباحث.

جدول (1): مركبات الموازنة المائية لمساحة حوض، (يبلغ 20.975 كم<sup>2</sup> والمقربة مساحته إلى 21 كم<sup>2</sup> تمت وفقها بيانات الجدول)، لأربع أودية في أعالي الوسيطة هي وادي زيدان، قنيط، رالس، ووادي البرد، الرقم (414.5) يمثل متوسط التصريف لثلاثة أيام فقط (17 و 18 و 19 /03/ 1998) من خلال 13 قياس، وعلى أساسه حسب حجم الجريان في يومي 15 و 16، والتبخر اليومي مأخوذ من محطة شحات، من عمل الباحث.

متوسط حجم التصريف (م <sup>3</sup> /يوم)	متوسط تصريف 4 أودية (ل/ثا)	التبخر (مم)	الأمطار (مم)	تاريخ اليوم
؟	؟	1.6	27	1998/ 3- 15
؟	؟	0.3	38.6	3-16
28399.7	328.7	1.0	16.0	3-17
75536.5	874.265	1.3	13.2	3-18
3507.8	40.6	(1)(2)	0.5	1998/ 3-19
35812.8	(414.5)	6.2	95.3	المجموع
---	---	6.5	100	النسبة (%)
الرشح إلى الخزان الجوفي (م <sup>3</sup> )	حجم المياه الجارية (م <sup>3</sup> /يوم)	حجم المياه المتبخرة (م <sup>3</sup> )	حجم الأمطار الهائلة (م <sup>3</sup> )	تاريخ اليوم
---	(35812.8)	033600	567000	1998/ 3- 15
--	(35812.8)	006300	810600	3-16
--	28399.7	021000	336000	3-17
--	75536.5	0.27300	277200	3-18
--	3507.8	0.42000	010500	1998/ 3-19
1692030.4	179069.6	130200	2001300	المجموع
84.6	8.9	6.5	100	النسبة (%)

(1) - قيمة مقدرة من الباحث لتعذر الحصول عليها من محطة الأرصاد.



شكل(17): الأمطار التراكمية من تاريخ 10.03.1998 إلى 29.03.1998 ، وفق رصد محطة البلنج، يظهر عليه عاصفة الفترة الأولى وعاصفة الفترة الثانية اللتان أحدثتا جريان في أربعة أودية مدروسة في أعالي الوسيطة، وأسافل الحافة الثانية من الجبل الأخضر، وترفد كلها وادي الجديدي، على محور (س) موقعة أيام الشهر (3)، وعلى محور (ص) الأمطار (ملم)، من عمل الباحث.

### نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث في الفترة الأولى من العاصفة:

إن حجم الجريان المحسوب من الباحث لهذه الأودية والمقدر بحوالي 179069.6 م<sup>3</sup> في الوسيطة لم يبلغ منه البحر شيء، الجدولان (1 و2)، بل إن كل هذه الكمية رشحت في أسفل المساحة المدروسة في قيعان الأودية قبل أن تصل للبحر لتوزيعها زمنياً على خمسة أيام ومكانياً على أربع أودية، وما نسبة الرشح العالية البالغة 84.6%، جدول (1) في المساحة المدروسة في هذه المرحلة من العاصفة إلا دليل على ذلك.

جدول (2): مركبات الموازنة المائية للأربع روافد العليا لوادي الجديد خلال الفترة الأولى من العاصفة التي بلغت أمطارها 95.3 ملم/5أيام، نتج عنها جريان بمعدل 414.5 ل/ثا على مدى 5 أيام أي بمعدل 1.7 ملم/اليوم، لم يبلغ منها المصب شيء، رغم أن تصرف الأربع أودية بلغ 874 ل/ثا في يوم 18.03.1998، من عمل الباحث.

وادي الجديدي (68 كم <sup>2</sup> )	حوض الأربع روافد العليا، البرد + رالس + قنيط + زيدان (21 كم <sup>2</sup> )				
صرف المصب	الرشح	جريان سطحي	التبخر	الهطول	المركبة
صفر	1692030.4	179069.6	130200	2001300	الحجم (م <sup>3</sup> )
صفر	80.6	8.5	6.2	95.3	الارتفاع (ملم)
صفر	84.6	8.9	6.5	100	النسبة (%)
نتيجة موازنة الفترة الأولى من العاصفة حيث لم يبلغ الجريان المصب في البحر					
معامل جريان المصب	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالأعلى	معامل الجريان الناشئ بالأعلى تتلعه قيعان الأودية بأكمله بالأسفل إذا لم تتغلب الغزارة على معامل رشح قاع الوادي على مسافة حوالي 20 كم.		
صفر	100%	100%			
معامل رشح قيعان الأودية في الأسفل	حجم الرشح في الأسفل	حجم الجريان السطحي	معامل الرشح في قيعان الأودية في أسفل الحوض العلوي للأربع روافد يبلغ 35813.92 م <sup>3</sup> /اليوم، في حال لم يبلغ الجريان المصب.		
35813.92 م <sup>3</sup> /اليوم	179069.6 م <sup>3</sup> /5 أيام	179069.6 م <sup>3</sup> /5 أيام			

### نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث في الفترة الثانية من العاصفة:

في المرحلة الثانية من ذات العاصفة التي استمرت حتى 29 - 3 - 1998 وتمت عليها قياسات الجريان يوم الجمعة في 27- 3 - 1998 بلغ مجموع تصريف هذه الأربعة أودية 930 ل/ثا في المساء، ما بين الساعة 17:30 والساعة 18:00، صور (من 19 إلى 23)، جداول (3 و 4 و 5)، أي بعد اضمحلال الجريان الذي بلغ ذروته في الساعة العاشرة صباحاً، إذ لم يتمكن الباحث حينها من قياسه في هذا الوقت (أي في الصباح) بسبب تتبع جريان مجموعة أودية على الساحل. وبذلك يكون حجم الجريان الذي حدث يوم الجمعة لوحده يزيد عن 80000 م<sup>3</sup> حتى استطاع أن يتغلب على الرشح ويصل إلى البحر، علماً بأن الجريان استمر في أعالي هذه الأودية يومي الأربعاء والخميس دون بلوغه البحر.

ويبدو من معطيات الجدول (3) أن تصريف الروافد الأربعة لوادي الجديدي في يوم الجمعة الموافق 27.03.1998 حيث بلغ الجريان المصب في البحر في زاوية الحمامة، بتصريف حوالي 3258.4 ل/ثا على الساعة 15:00، (أي ما يعادل 4.14 ملم/يوم واحد على مستوى الحوض ككل)، في هذه الفترة الثانية من العاصفة والذي استمر لمساء يوم السبت 28.03.1998 متناقصاً بمقدار 73% عن يوم الجمعة إذ بلغ تصريفه 815 ل/ثا عند الساعة 18:00، مما يجعل التصريف على مستوى الحوض يبلغ 5.17 ملم في يومين أي 2.08% من العاصفة كلها، في حين كان مجموع تصريف الروافد الأربعة يوم السبت في المساء 7.65 ل/ثا فقط، والذي يمثل تصريف وادي زيدان لوحده.



جدول (3): بيانات نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث في الفترة الثانية من العاصفة حيث بلغ الجريان المصب في البحر في يومي الجمعة 3/27 والسبت 1998/03/28، من عمل الباحث.

الرافد	الموقع	شكل العبارة	المنسوب (م)	يوم الجمعة	ساعة القياس	التصريف (ل/ثا)
وادي البرد	طريق الوسيطة - الحمامة	فتحتين مربعتين 1م × 1م	437.5	27.03.1998	17:30	147.8
وادي رالس	طريق الوسيطة - وردامة	مستطيل عرضه 2.5م	462.7	27.03.1998	17:40	26.5
وادي قنيط	طريق الوسيطة - وردامة	أنبوب قطره 1م	452	27.03.1998	17:50	78.5
وادي زيدان	طريق الوسيطة - وردامة	أنبوبين قطر الواحد 1م	475.8	27.03.1998	18:00	677.2
تصريف 4 روافد				27.03.1998	17:30 - 18:00	930

جدول (4): يبين مقارنة نسبي (نسبة مساهمة مساحة وتصريف الحوض الفرعي للأربع روافد العليا في مساحة وتصريف حوض وادي الجديد اللتان تبديان تقارب معقول لاعتماد نتائج الموازنة المائية، من عمل الباحث).

مساحة حوض وادي الجديد	مساحة حوض الأربع روافد العليا	نسبة مساهمة مساحة حوض الأربع روافد	تصريف مصب وادي الجديد	تصريف الأربع روافد العليا	نسبة مساهمة تصريف الأربع روافد العليا
68 كم <sup>2</sup>	21 كم <sup>2</sup>	30.9 %	3258.4 ل/ثا	930 ل/ثا	28.5 %

إن النتائج المبينة في الجدول (5) الآتي تبين بأن مساهمة الجريان للأربعة الروافد العليا في مصب وادي الجديدي لا تبلغ 28.5 % المبينة في الجدول (4) إذ لا تتعدى مساهمتها 4%، أي لا تساهم إلا بنحو 129.7 ل/ثا من تصريف وادي الجديدي، جدول (5)، في يوم الجمعة الموافق 1998/03/27، عند المصب في البحر البالغ 3258.4 ل/ثا، مما يؤكد بأن دفقة الجريان الواصلة للبحر ناتجة عن انزياح مياه البرك التي تتكون في الجرى الرئيس وفي المخاري الفرعية من جراء غزارة الأمطار ومن جراء الجريان النشط الناشئ على الجوانب الصخرية والحدارية الشكل للأودية، الصورتان (14 و 16)، ودليل ذلك هو أن الجريان المقدر في المصب يوازي 4.14 ملم لو حسب ليوم واحد، كما أنه يوازي 5.17 ملم لو حسب ليومين على كامل حوض وادي الجديدي، في حين نشأ الجريان في الحوض العلوي عن جريان 3.83 ملم/اليوم أي عن 11.48 ملم /3 أيام. ويبين الجدول (5): مركبات الموازنة المائية للفترة الثانية من العاصفة البالغة أمطارها 102.2 ملم/3 أيام، لم يبلغ منها المصب سوى 0.53 ملم/يوم واحد، ناتجة عن جريان ناشئ في الأعلى على مدى 3 أيام بمعدل 3.83 ملم/اليوم، ومصحح لقيمة 4.01 ملم/اليوم، والنتيجة الأهم هو أن معامل الرشح لقيعان الأودية يتلغ على طول الوادي في أسفل الوسيطة حوالي 95.59% من الجريان الناشئ في الأعلى، ولا يبلغ المصب منه سوى 4.41%، الموازنة محسوبة باعتماد معامل رشح 84.6% ثابت على الحوض المدروس في الجدول (1).

جدول (5): مركبات الموازنة المائية للفترة الثانية من العاصفة المطرية البالغة أمطارها 102.2 ملم/3 أيام، من عمل الباحث.

المركبة	الهطول	التبخر	جريان سطحي	الرشح	واصل للمصب من (21 كم <sup>2</sup> )
الحجم (م)3	2146200	78120	241056	1815817.38	11206.62
الارتفاع (ملم)	102.2	3.72	11.48	86.47	0.53
النسبة (%)	100	3.64	11.23	84.6	0.53
جريان مصحح	102.2	3.72	12.01 ملم	85.94	0.53
نتيجة الموازنة المصححة للفترة الثانية من العاصفة حيث بلغ الجريان المصب في البحر					
معامل الرشح في قيعان الأودية يتراوح ما بين 100% عندما يكون الجريان ضعيف و 95.59% عندما يكون غزيراً ويبلغ المصب على طول 20كم					
معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب	معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب
100 %	95.59 %	4.41 %	100 %	95.59 %	4.41 %
موازنة الجريان في 3 أيام (ملم)					
معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب	معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب
12.01 ملم	11.48 ملم	0.53 ملم	12.01 ملم	11.48 ملم	0.53 ملم
حدود الجريان اللازم حتى يبلغ الجريان اليومي الناشئ في الأعلى المصب في البحر على طول 20كم					
يلزم جريان يومي = رشح نوعي في قيعان الأودية بالأسفل مقداره 72863.38 م <sup>3</sup> /اليوم					
معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب	معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب
4	3.47	0.53	4	3.47	0.53
رشح في قيعان الأودية بين أسفل الحوض العلوي والمصب يعادل 844.3 ل/ثا					
معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب	معامل جريان بالأعلى	معامل رشح بالأسفل	معامل جريان بالمصب
973 ل/ثا	844.3 ل/ثا	129.7 ل/ثا	973 ل/ثا	844.3 ل/ثا	129.7 ل/ثا
النسبة %					
100 %	86.67 %	13.33 %	100 %	86.67 %	13.33 %

### تأكيد نتائج معامل الرشح في قيعان الأودية من طريق آخر:

إن ضياع 844.3 ل/ثا، جدول (5) في قيعان الأودية أسفل الحافة الثانية في الوسيطة يشير الدهشة والاستغراب لكن الحقيقة هي تقريباً كذلك، لأن تصريف المساحة المدروسة يوم الأربعاء 16.03.1998 بلغ 874 ل/ثا في الفترة الأولى من العاصفة ولم يبلغ البحر، ولتأكيد هذه النتيجة بني الجدول (6) الذي يتناول الموازنة المائية للمركبات التراكمية للجريان في الأعلى وفي المصب على مدى أربعة أيام متتالية بحيث تم جريان الأربعة الروافد العليا على مدى ثلاثة أيام هي الأربعاء والخميس والجمعة في حين بلغ الجريان المصب في يومين فقط هما الجمعة والسبت، وتبين نتيجة الحساب أن ذلك الضياع في قيعان الأودية ما بين المساحة المدروسة في أعالي الوسيطة والمصب على طول 20 كم يبلغ حوالي 849 ل/ثا من الجريان الناشئ، أي بمعدل 42.45 ل/ثا/كم طولي من الأودية.

جدول (6): يؤكد أن مركبة الرشح في وادي الجديد لليومين الثالث والرابع، أي الجمعة والسبت، الحادث خلالهما الجريان تعادل 146740 م<sup>3</sup>/يومين كما هو مبين في العمود 7، وعليه فالرشح النوعي اليومي من قاع الوادي يوازي 73370 م<sup>3</sup>/اليوم، كما في العمود 8، أي حوالي 849 ل/ثا المبين في العمود 9 من الجدول، أي ما يقارب 3.493 ملم/اليوم وهي نتائج مقارنة جداً للنتيجة المحسوبة في الجدول (5)، من عمل الباحث.

ترتيب	1	2	3	4	5
اليوم	تراكم الجريان الناشئ في الأعلى (ملم)	تراكم حجم حريان 3 أيام في أسفل حوض الأربع روافد (م <sup>3</sup> )	تراكم الجريان الناشئ في المصب (ملم)	تراكم حجم جريان وادي الجديد في المصب (م <sup>3</sup> )	نسبة مساهمة حوض الأربع روافد في المصب %
الأول	4.003	84070	صفر	صفر	صفر%
الثاني	8.006	168140	صفر	صفر	صفر%
الثالث	12.01	252210	4.14	281526	30%
الرابع	12.01	252210	5.17	351566	30%
ترتيب	6	7	8	9	10
اليوم	تراكم حجم نسبة مساهمة جريان الأربع روافد (م <sup>3</sup> )	حجم الرشح التراكمي على الطريق (م <sup>3</sup> )	رشح نوعي (م <sup>3</sup> /يوم)	رشح نوعي (ل/ثا)	التصريف المقاس في المصب (م <sup>3</sup> /ثا)
الأول	صفر	84070	84070	973	صفر
الثاني	صفر	168140	84070	973	صفر
الثالث	84458	167752	55917	647.2	3.2584
الرابع	105470	146740	73370	849	0.815

يمكن الحصول على معامل الرشح في قيعان الأودية أسفل نقاط القياس في الوسيطة من معادلتين للموازنة المائية؛ الأولى تمثل الموازنة المائية للمساحة المدروسة على النحو التالي:

$$P = R + E + I \quad \text{معادلة (1) لمساحة الأربع روافد العليا}$$

حيث أن: P الأمطار، R الجريان السطحي، E التبخر، I الرشح، كل المركبات مقدرة بوحدة ملم

$$I + 3.72 + .48 \ 11 = 102.2$$

$102.2 = I - 15.2 = 87$  ملم هذا يمثل الرشح من المساحة المدروسة  
المعادلة الثانية تمثل الموازنة المائية على المصب:

$$P = R + E + I \quad \text{معادلة (2) للمصب}$$

$$I + 3.72 + 0.53 = 102.2$$

$97.95 = 102.2 - 4.25 = I$  ملم مركبة الرشح هذه تمثل مجموع مركبتي الرشح في مساحة 21 كم<sup>2</sup> والمحسوبة في المعادلة (1) السابقة، أما المركبة الثانية فتمثل مركبة الرشح في قيعان الأودية في الوسيطة أسفل الحافة الثانية والتي يمكن حسابها على النحو الآتي:

$$97.95 \text{ ملم} = 87 \text{ ملم} + \text{رشح قيعان الأودية}$$

$$\text{رشح قيعان الأودية} = 97.95 \text{ ملم} - 87 \text{ ملم} = 10.95 \text{ ملم}$$

هذه القيمة تمثل 97.5 % من الجريان السطحي الناشئ في الأعلى أي ما يعادل 906.7 ل/ثا فيما لو حسب الرشح في يوم واحد فقط، أما لو حسب على مدة يومين فسيكون:

$$102.2 \text{ ملم} = 1.06 + 3.72 + I$$

$I = 102.2 - 4.78 = 97.48$  ملم هذه مركبة الرشح الكلي في الأعلى وفي قيعان الأودية في الأسفل، وعليه فإن:

رشح قيعان الأودية في الأسفل =  $97.48$  ملم -  $87$  ملم =  $10.48$  ملم على طول مدة يومين، وهذا يمثل  $91.3\%$  من الجريان السطحي الناتج بالأعلى، أي ما يعادل  $849$  ل/ثا.

**نتائج الموازنة المائية للجريان الحادث خلال العاصفة كلها:**

إن التصريف النوعي للجريان المحلي الناشئ في الأربعة الروافد العليا لوادي الجديدي عند أسفل الحافة الثانية للجبل الأخضر يعادل  $20500$  م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/العاصفة المدروسة، أي ما يعادل  $20.5$  ملم/ العاصفة الممتدة على مدى  $19$  يوم والبالغة أمطارها  $248.5$  مم، والمستمر فيها تساقط الأمطار خلال  $15$  يوم متتابعة لم تعان خلالها التربة من نقص في الرطوبة، شكل (16)، وحدث فيها جريان خلال فترتين الأولى تعد  $5$  أيام والثانية تعد  $3$  أيام، ما بين  $15$  و  $29.03.1998$ ، وعليه فإن مركبة الجريان السطحي منها تبلغ  $20.5$  ملم فقط/  $8$  أيام، مقابل مركبة رشح إلى الخزان الجوفي تقدر بنحو  $204.44$  ملم أي ما تعادله نسبة  $82.27\%$  متضمنة رطوبة التربة، ومركبة تبخر تقدر بنحو  $23.56$  ملم وفق معدل التبخر المحسوب لخمسة أيام في الجدول (1)، ومركبة الجريان التي بلغت المصب في البحر بلغت حوالي  $1.067$  ملم، أي ما يعادل نسبة  $0.43\%$  فقط من مياه العاصفة، الممتدة ما بين  $10.03$  و  $29.03.1998$  أي خلال  $19$  يوم، جدول (7) و شكل (16).

جدول (7): مركبات الموازنة المائية لحوض الأربع روافد العليا لوادي الجديد خلال العاصفة المطرية الممتدة على 19 يوم من 10 إلى 29/03/1998، معدل التبخر 1.24 ملم/اليوم من العاصفة الممتدة على 19 يوم، تبين كيف أن الجريان الناشئ في أعلى الحوض يتلغ منه أرضية الأودية في الأسافل القسم الأكبر وفق معامل رشح يبلغ 94.8 % على طول 20كم، أي بمعامل رشح نوعي نسبي مقداره 4.74 %/كم طولي، من عمل الباحث.

المركبة	الهطول	التبخر	الجريان	الرشح	واصل للمصب
الحجم (م <sup>3</sup> )	5218500	494760	430500	4293240	22413.24
الارتفاع (ملم)	248.5	23.56	20.5	204.44	1.067
النسبة (%)	100	9.48	8.25	82.27	0.43
نتيجة موازنة العاصفة المطرية					
الجريان الناشئ من 248.5 ملم خلال العاصفة الممتدة على 19 يوماً في حوض الروافد العليا يضيع منه في قاع الوادي بالأسفل 94.8 % على طول 20 كم، ولا يبلغ منه المصب سوى 5.2 % فقط.					
معامل جريان بالمصب (%)	معامل رشح قيعان الأودية في الأسفل (%)	معامل جريان العاصفة في الأعلى (%)	معامل جريان العاصفة في الأعلى (%)	معامل رشح قيعان الأودية في الأسفل (%)	معامل جريان بالمصب (%)
5.2	94.8	100	100	94.8	5.2
معدل معامل الرشح النوعي في الأودية يبلغ حوالي 20404.3 م <sup>3</sup> /كم طولي من العاصفة المدروسة المقدر فيها الجريان الحادث في 8 أيام.					
حجم الجريان في الأعلى (م <sup>3</sup> )	حجم الرشح في قيعان الأودية في الأسفل (م <sup>3</sup> )	حجم الجريان في الأعلى (م <sup>3</sup> )	حجم الجريان في الأعلى (م <sup>3</sup> )	حجم الرشح في قيعان الأودية في الأسفل (م <sup>3</sup> )	حجم الجريان البالغ المصب (م <sup>3</sup> )
430500	408086.76	430500	430500	408086.76	22413.24
623 (ل/ثا)	493.3 (ل/ثا)	623 (ل/ثا)	623 (ل/ثا)	493.3 (ل/ثا)	129.7 (ل/ثا)
20.5 (ملم)	19.943 (ملم)	20.5 (ملم)	20.5 (ملم)	19.943 (ملم)	1.067 (ملم)

إن نتائج الجدول (7) تؤكد على أن أفضل استغلال لمياه الجريان السطحي يكون في أعالي الأحواض المائية في الجبل الأخضر لأن الجريان الناشئ في الأعلى أو المحلي الممكن تجميعه بنسبة 100% محلياً تتناقص كميته بنسبة حوالي 5% على طول كل كيلومتر من قيعان الأودية السفلى في الجبل الأخضر.



## الخلاصة:

تلعب الطبوغرافيا في الجبل الأخضر، والتي تعد الخلاصة والصورة النهائية التي أنتجها التاريخ الجيولوجي الطويل لعوامل البناء الداخلية وعوامل الهدم الخارجية، الدور المؤثر والفعال في تبديد مياه الجبل الأخضر السطحية، في النواحي الأربعة من الجبل عبر مئات الأودية أو الأحواض المائية الفرعية الصغيرة عموماً، هذه الأودية في غالبيتها وخاصةً في الحوض الخارجي تتخذ وجهتها نحو البحر القريب، لتلقي بكل حملتها فيه من مياه ومن مواد تربة مجروفة، وفي الحوض الداخلي تتفرع الأودية إلى مئات الجداول الصغيرة في منطقة السروال، وآلاف المصارين في العقابر في أعالي البلط، التي تساهم هي الأخرى بتبديد قسم كبير من المياه عن طريق الرشح والتبخر دون أن تبلغ بحيرات البلط. ناهيك عن أن كل أودية إقليم الجبل الأخضر تنطبع على بنيات صدعية تمتاز صخورها الجيرية الكارستية بقدرة رشح عالية كفيلة بأن تبتلع ما بين 100 % و 95.59 % من الجريان المحلي الناشئ في أعالي الأودية في حال عدم أو بلوغ الجريان للمصب عند عبور العواصف المطرية المهمة، مما يتطلب من العاملين في مجال تنمية الموارد المائية في الجبل الأخضر توجيه جهدهم إلى الأماكن الطبوغرافية الإيجابية من الناحية المائية، لتتم الاستفادة من الجريان السطحي المحلي الناشئ في الأعالي عند أسفل الحافات ومداخل الأودية للمصاطب وللسهل الساحلي التي تمكنهم من جمع مياه عدة أودية متقاربة بالمكان والمنسوب لكي يستفاد هنا من المياه بدل من أن تتبدد في الأسفل في سراير الأودية وفي البحر، كما إن تبديد مياه أودية الحوض الداخلي في مئات الجداول من منطقة السروال وأعالي البلط تستوجب التدخل في توحيد تلك الجداول للمحافظة على المياه وجمعها في منطقة البلط أو عند أحاضيض سفوح الجبل الجنوبية.

ملحق الصور(من 1 إلى 33):



صورة (1): الرافد الأيمن، من حي الفاتح وأبو الدورين (مدينة البيضاء) لوادي الكوف، قبل مدخل العبارة مباشرة، في أعالي محطة التنقية في منطقة الغريقة.



صورة (2): الرافد الأيمن لوادي الكوف من حي الفاتح وسوق أبو الدورين قبل محطة تنقية الغريقة، قياس عرض المجرى، الجمعة 27.03.1998 الساعة 9:45، التصريف 911 ل/ثا.



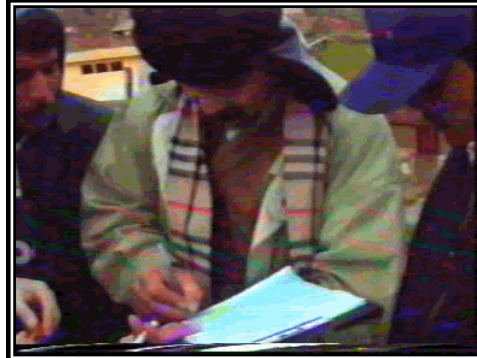
صورة (4): قياس طول المجرى على طول العبارة لاستنباط سرعة التيار بعد قياس زمن مرور لوحة خشبية ما بين مدخل المياه ومخرجها من العبارة.



صورة (3): قياس عمق الجريان (ارتفاع الجريان) المار خلال العبارة عند مخرجها.



صورة (6): مخرج عبارة رافد حي الفاتح وأبو الدورين في أعالي محطة التنقية في الغريقة، فريق العمل، جامعة عمر المختار، قسم الجغرافيا، 27.03.1998 الساعة 09:45، التصريف 911 ل/ثا.



صورة (5): إجراء الحساب لمعرفة التصريف (التدفق) بعد أخذ القياسات الضرورية؛ التصريف 911 ل/ثا الساعة 09:45 من يوم الجمعة 27.03.1998.



صورة (8): قياس عرض المجرى، وعمق الجريان، والسرعة لاستنتاج التصريف الناتج من شوارع القسم الجنوبي من مدينة البيضاء، تحت عبارة محطة تنقية مياه البيضاء في منطقة الغريقة، قبل دخوله لوادي الكوف، الجمعة 27.03.1998.



صورة (7): الرافد الأيمن الرئيس لوادي الكوف يجمع مياه المنطقة الصناعية ورافد حي الفاتح وأبو الدورين من مدينة البيضاء، في منطقة الغريقة عند مدخل عبارة محطة التنقية، جنوب شرق البيضاء، الجمعة 27.03.1998. الساعة 09:51.



صورة (10): وادي الكوف، طريق مسه - بنغازي، وصول الجريان إلى عبارة وادي الكوف بعد قطعها مسافة 21 كم من الغريقة، الجريان أعلى العبارة المكونة من أنبوبين قطر الواحد منهما 1.5 م، الجمعة 27.03.1998، الساعة 11:40.



صورة (9): مخرج مياه صرف شوارع المنطقة الجنوبية لمدينة البيضاء من عبارة محطة التنقية، في منطقة الغريقة الواقعة في جنوب شرق البيضاء، قبل وصولها لوادي الكوف، الجمعة 27.03.1998، الساعة 10:15، التصريف 2912 ل/ثا.



صورة (12): قياس عرض سطح الجريان في الأنبوب، بقطر 1.5م، الجمعة 27.03.1998، الساعة 11:45.



صورة (11): مخرج عبارة وادي الكوف، قياس عمق الجريان في كل من الأنبوبين، الجمعة 27.03.1998، الساعة 11:45.



صورة (14): ردف وادي الكوف بالمياه من جوانبه الصخرية، الجانب الشمالي، أي البحري من الوادي، بالقرب من محطة عبارة وادي الكوف، شرق جسر الكوف، الجمعة 27.03.1998، الساعة 11:40.



صورة (13): صرف عبارة وادي الكوف، شرق جسر الكوف، عند مخرجها بلغ 1387 ل/ثا، أي أن التصريف هنا ينقص بمقدار 1525 ل/ثا عن تصريف محطة الغريقة، بما يعادل 52.37%، هذه المركبة الأخيرة تضيع في الوادي عن طريق الرشح بمعدل 72.62 ل/كم طولي من مجرى الوادي، دون الأخذ بالحسبان المياه التي ترصد الوادي من جوانبه الصخرية على مسافة 21 كم بين محطتي القياس، مع العلم أن هذه المياه ذاهبة لتضيع في البحر في جرجار أمه، الجمعة 27.03.1998، الساعة 11:45.



صورة (16): تجميع مياه أمطار العواصف الإعصارية التضاريسية، في المناطق المنخفضة نسبياً والمستوية من المصببة الثانية من السفوح الشمالية للجبل الأخضر، على هيئة برك في منطقة البلنج على يسار طريق البيضاء - مسه، الجمعة 27.03.1998، الساعة 11:10، لاحظ كيفية اتصال مياه البرك ببعضها كلما تقدمت وتطورت العاصفة المطرية.



صورة (15): أحد الروافد اليسارية لوادي الكوف، قادم من جهة اهبيرة، التصريف حوالي 10 ل/ثا، الموقع جنوب جسر وادي الكوف، الجمعة 27.03.1998، الساعة 12:00.



صورة (18): ضياع مياه وادي البيضاء، حوالي 3000 ل/ثا، مع المواد الطينية الناعمة ومواد التربة المغذية، في البحر، الموقع منطقة بيست، الجمعة 27.03.1998، الساعة 14:00.



صورة (17): فائض المياه من وادي البيضاء، أنبوب قطره 0.8 م، تصريفه 592.11 ل/ثا، الجمعة 27.03.2998، الساعة 14:00.



صورة (20): رفع القياسات الضرورية لمعرفة تصريف وادي البرد في الوسيطة، الجمعة 27.03.1998، الساعة 17:30.



صورة (19): قياس الجريان في الرافد العلوي لوادي الجديد، اسم الرافد وادي البرد، موقع العبارة، (1م × 1م)، الوسيطة، طريق الوسيطة - الحمامة، الارتفاع الطبوغرافي 437.5 م، التصريف 147.8 ل/ثا، الجمعة 27.03.1998، الساعة 17:30.



صورة (22): الرافد العلوي لوادي الجديد (أم كراع)، اسم الرافد وادي قنيط، محطة القياس الوسيطة، طريق الوسيطة- المنصورة، الارتفاع 452 م، المجرى أنبوب قطر 1 م، التصريف 78.5 ل/ثا، الجمعة 27.03.1998، الساعة 17:50.



صورة (21): القياسات لحساب تصريف الرافد العلوي لوادي الجديد، الرافد: وادي رالس، محطة القياس الوسيطة، طريق الوسيطة- المنصورة، الارتفاع 462 م، عرض المجرى 2.5 م، التصريف 26.5 ل/ثا، الجمعة 27.03.1998، الساعة 17:40.



صورة (24): الرافد الأيسر لوادي الجديد، يقع غرب وادي البرد ويقطع طريق الوسيطة- الحمامة في وسط المسافة بين الحمامة ومركز الوسيطة، يغسل هذا الرافد منطقة بروانة وحرم جامعة عمر المختار، ومنطقة فرشيطه، مدخل العبارة، التصريف حوالي 300 ل/ثا، الجمعة 27.03.1998، الساعة 16:41.



صورة (23): الرافد العلوي لوادي الجديد (أم كراع)، اسم الرافد وادي زيدان، محطة القياس الوسيطة، طريق الوسيطة-المنصورة، الارتفاع الطبوغرافي 475.8 م، المجرى أنبوبين قطر كل منهما 1 م، التصريف 677.2 ل/ثا، الجمعة 27.03.1998، الساعة 18:00.



صورة (26): وادي الجديد في زاوية الحمامة، الجمعة، 27.03.1998. الساعة 15:15، التصريف 3.2584 م<sup>3</sup>/ثا، التصريف النوعي 47.7 ل/ثا/كم<sup>2</sup>، مساحة الحوض 68 كم<sup>2</sup>.



صورة (25): جريان الرافد السابق أسفل العبارة، التصريف حوالي 300 ل/ثا، الجمعة 27.03.1998 وليس 1999 كما هو وارد خطأ في الكاميرا، الساعة 16:42.





صورة (28): الرافد حي الفاتح وأبو الدورين، المحطة الغريقة، التصريف تقديري بحوالي 150 ل/ثا، على الساعة 18:25، من ذات يوم الجمعة الموافق 27.03.1998 وليس 1999.



صورة (27): ضياع مياه وادي الجديد (أم كراع)، 3258 ل/ثا، ومواد التربة الناعمة في المصب في البحر أسفل زاوية الحمامة، الجمعة 27.03.1998، الساعة 15:15.



صورة (30): حوالي 600 ل/ثا من مياه شوارع مدينة البيضاء تجري من عبارة الغريقة لترفد وادي الكوف عند محطة التنقية في جنوب شرق البيضاء، الجمعة 27.03.1998 وليس 1999 كما هو وارد خطأ في الكاميرا، الساعة 18:28.



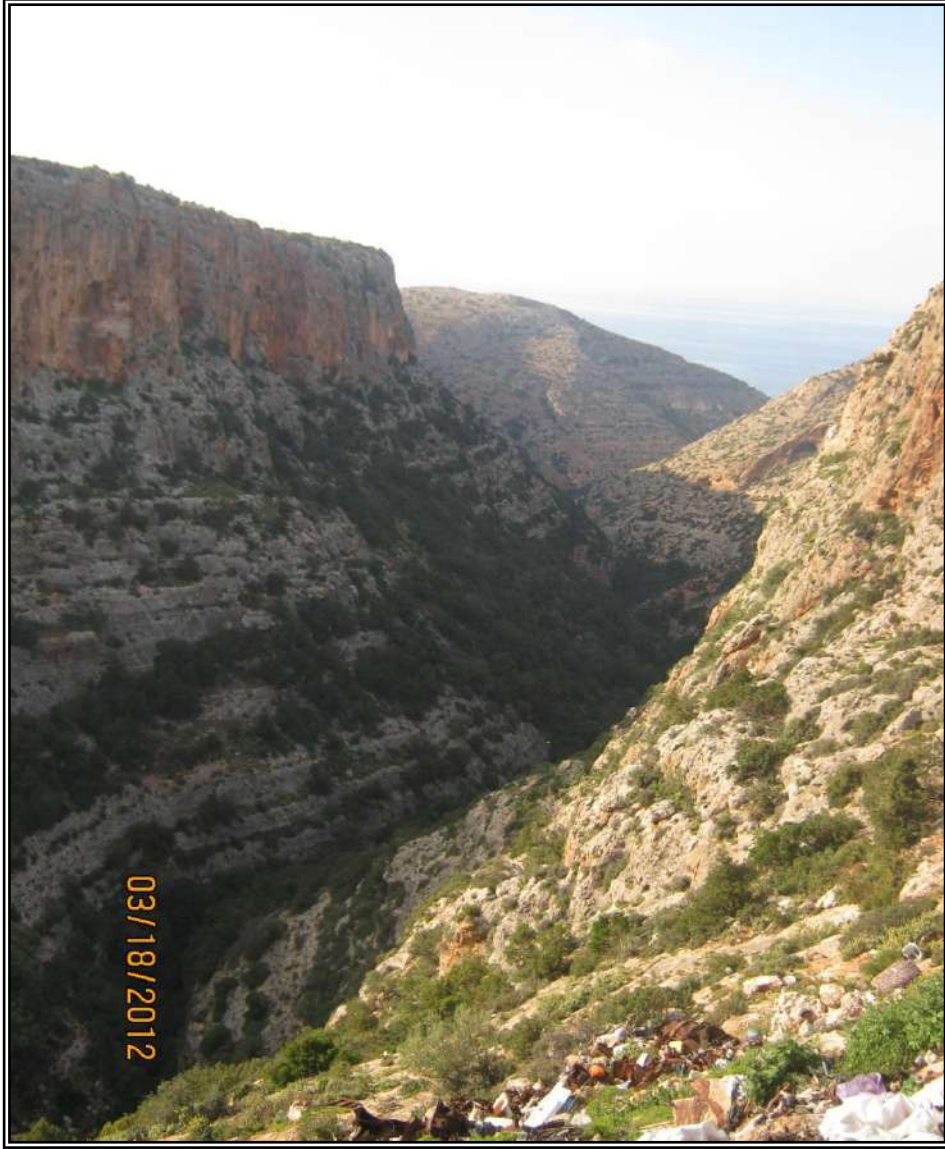
صورة (29): الرافد من المنطقة الجنوبية لمدينة البيضاء، محطة التنقية في الغريقة في جنوب شرق البيضاء، التصريف تقديري بحوالي 600 ل/ثا، على الساعة 18:27، الجمعة 27.03.1998 وليس 1999 كما هو وارد خطأ في الكاميرا.



صورة (31): وادي الكوف غرب مسه، أسفل الجسر المعلق، 29.10.2009.



صورة (32): تعقد الطبوغرافيا تبعاً لتعقد البنية الصدمية جنوب شرق جسر الكوف المعلق، غرب مسه، 29.10.2009.



صورة (33): وادي الحولة إلى الغرب من سوسة عند اجتيازه للحافة الأولى من الجبل الأخضر،  
أنموذج من الأودية الخانقية، ذات الجوانب الجدارية الشكل، والمنطبعة على البنية الصدمية في  
الجبل، 18.03.2012.

مراجع الدراسة:

أولاً - مراجع عربية:

- 1- جودة حسنين جودة، (1988) دراسات في الجغرافيا الطبيعية للصحاري العربية، دار النهضة العربية، بيروت.
- 2- سالم محمد الزوام، (1995) الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا الطبيعية، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي.
- 3- محمد غازي الحنفي، (2003) دور أسطح الاعتراض الحضرية كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد المائية المحلية، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، عدد 10، 2010.
- 4- محمد غازي الحنفي، (2005) حوض الجبل الأخضر دراسة طبوغرافية هيسومترية، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء ليبيا، العدد 8، 2010.
- 5- عوض عبد الواحد عوض، (2009) جيومورفولوجية أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- 6- محمد غازي الحنفي ومحمود الصديق التواتي، (2012) حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء ليبيا، عدد 11، 2010.
- 7- محمد غازي الحنفي وعامر مجيد آغا، (2012) السبخات الشاطئية دراسة بيئية لسبخة دريانة في سهل بنغازي، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، عدد 15، 2011.

8- محمد غازي الحنفي، تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي في حوض الجبل الأخضر، المؤتمر الدولي الأول حول موارد المياه في الجبل الأخضر 05-07/06/2012، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

9- محمد غازي الحنفي، تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي في حوض الجبل الأخضر، المجلة الدولية للمركز الليبي للبحوث الزراعية والحيوانية، (L. A. R. C. J. I.)، Libyan Agriculture Research Center Journal international 3(S), 1189- 1234, 2012.

#### ثانياً - مراجع أجنبية:

- 10- Ministero delle colonie, (1920) Itinerari del. Cirenaica. Roma, 13 p.  
 11- Hydrogeo, (1992) Baydah – Bayyadah area, Surface water resources evaluation, Pisa, 102 p.  
 12- Al Hanafi M. G., (1995) Hydrologie du Bassain versant de Barada en Syrie, these de doctorat, Un. Nancy II, France, 570 p.

#### ثالثاً- الخرائط :

- 13- مركز البحوث الصناعية، (1973) لوحات جيولوجية: لوحة، درنة ولوحة البيضاء 1: 250000، طرابلس، ليبيا.  
 14- أمانة اللجنة العامة للتخطيط ، مصلحة المساحة الليبية، (1977) لوحات طبوغرافية: 1:50000 لوحة البيضاء، لوحة سوسة، لوحة الفائدية، لوحة القيقب، لوحة بئر المعاصر، لوحة حقفة الزوتين، لوحة العزيات، لوحة مرتوبة، لوحة وادي درنة، لوحة التميمي، لوحة طلمیثة، طرابلس، ليبيا.

**15-** أمانة اللجنة العامة للتخطيط، مصلحة المساحة الليبية، (1977) لوحة طبوغرافية لسهل بنغازي : 1:250000، طرابلس، ليبيا.

**16-** أمانة اللجنة العامة للتخطيط، مصلحة المساحة الليبية، (1977) لوحة طبوغرافية لسوسة: 1:62500، طرابلس، ليبيا.



### 13- الفصل الثالث عشر

حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة من  
السفح الجنوبي للجبل الأخضر

"دراسة حالة تطبيقية جيومورفولوجية بيئية هيسومترية"

د. محمد غازي الحنفي و أ. محمود الصديق التواتي





### 13- الفصل الثالث عشر

حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة

من السفح الجنوبي للجبل الأخضر

"دراسة حالة تطبيقية جيومورفولوجية بيئية هيسومترية"

د. محمد غازي الحنفي و أ. محمود الصديق التواتي

- مقدمة.
- حوض وادي تناملو: الموقع الجغرافي والأبعاد.
- الموقع الجغرافي.
- الموقع الفلكي.
- مساحة وأبعاد حوض وادي تناملو.
- حوض النحت وحوض الإرساب في وادي تناملو.
- التكوينات الجيولوجية في حوض وادي تناملو.
- المعطيات الهيسومترية لحوض وادي تناملو.
- الشبكة النهرية في حوض وادي تناملو.
- حوض النحت من وادي تناملو.
- القطاع الأعلى من حوض النحت وأحواض روافده.
- القطاع الأوسط من حوض النحت وأحواض روافده من وادي تناملو.
- القطاع الأوسط من حوض النحت وأحواض روافده من وادي تناملو.
- المقاطع الطبوغرافية في حوض النحت من حوض وادي تناملو.

- 
- معالجة المقاطع الطبوغرافية في حوض النحت الأعلى من تناملو لاستخراج معامل نحت الحوض.
- 1- حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع السفلي من حوض النحت.
  - 2- حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع الأوسط من حوض النحت.
  - 3- حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع الأعلى (حوض منطقة المشل).
  - 4- حجم النحت الكلي من حوض النحت.
  - 5- حساب معدل سمك الطبقة المنحوتة من حوض النحت.
- اختبار معامل النحت.
- النتيجة.
- ملحق الصور: من (1 إلى 32).

حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة  
من السفح الجنوبي  
للجبل الأخضر  
" دراسة حالة تطبيقية جيومورفولوجية بيئية هيسومترية "

مقدمة:

يمثل حوض وادي تناملو حالة لكثير من الأحواض المائية الجافة العابرة للسفح الجنوبي من الجبل الأخضر، هذه الأحواض تمتاز بغرابة في أشكالها وخصائصها، لكونها تجتاز بيئات مناخية متنوعة، وتظهر آثار هذه البيئات في تنوع بيئات النحت والإرساب على طول هذه الأودية، ففي حين يلاحظ في الأعالي تطور في مظاهر النحت، وقوة فائقة في نقل المواد من حصى وحجارة وجملاميد في المنطقة الوسطى، الواقعة أسفل الجشة عند أقدم الحافة الثانية، يوجد في القطاع السفلي من هذه الأحواض تصنيفاً واضحاً في بيئة الترسيب تبدأ بالمواد الخشنة من الجلاميد والحجارة في أعالي السروال، وتنتهي بالمواد الناعمة من السيلت والطين في بيئة المصب المتمثلة في البلط. كل ذلك يعكس وضعاً بيئياً متنوعاً يبدو واضحاً على حالات التربة التي تعرضت لكل مراحل التدهور والانجراف الممكن ملاحظتها في القطاعات العليا، وبروز الصخور الأم على السطح في كل الأماكن من بيئات النحت العليا، سواء على القمم من خطوط تقسيم المياه أو على السفوح بكافة ميولها، أوفي الكثير من بطون الأودية على طول هذه الأحواض. كل ذلك أنتج بيئات لتجمعات نباتية متنوعة

متدهورة تتراوح من أشجار الشعرة وشجيرات الشبرق في البيئة العليا شبه الجافة من هذه الأحواض، مروراً ببيئة أشجار السدر وشجيرات الشيح والرمث في الوسط، ووصولاً لبيئات نباتية أخرى تتمثل بشجيرات الرتم والقطف والقزاح وأنواع أخرى في بيئي السروال والبلط الجافتين. وكل ذلك يتحكم في النشاط الرعوي والزراعي.

في بيئة الإرساب يساهم الغطاء النباتي والرياح والمياه بخلق أشكال جيومورفولوجية من أكمام وأخاديد وتفرعات نهريّة شقيقة للدراسة من حيث المنشأ والتنوع، إضافةً لتدخل هذه العوامل في تحويل وتغيير أماكن المجاري المائية على المراوح الإرسابية شرقاً وغرباً باستمرار، مما يضيف على هذه المراوح جمالاً واتساعاً بيئياً خاصاً لا يوجد نظيره في كل أحواض أودية الجبل الشمالية التي تضيع رسوبياتها في البحر المتوسط. إن عملية تفرع المجاري وهجرتها شرقاً وغرباً على المروحة الإرسابية يخلق حالة من تداخل الأحواض المتجاورة ببعضها البعض لدرجة صعوبة تمييز حوض عن آخر في أعالي بيئة البلط، إضافة إلى خلق بيئات ترسيبية خاصة توجد بين السروال والبلط تجمعت فيها الرسوبيات على طول الحقب الرابع، فأخذت أشكال أحوض مستديرة الشكل، سطوحها أخفض بقليل عما يجاورها، مما جعلها تأخذ كفايتها من مياه الجريان، وأصبحت بذلك بيئات مستقلة تزرع بالشعير في سنوات الخير (الصابة) وتسمى هذه البيئات من قبل أهل المنطقة بالعقاير. إن العامل البشري في بناء الطريق المعبدة (المخيلي - الخروبة) أدخل حالة استقرار للأسرة المجاري في بيئة السروال في أعالي الطريق وتحديد مساراتها عبر العبارات المشيدة لهذا الغرض، ملحق الصور (من 1 إلى 32).

هذه العوامل الجغرافية والبيئية والمائية المتنوعة لهذه الأحواض قادت الباحثين لدراسة حوض وادي تناملو دراسة جغرافية ميدانية تطبيقية متعددة الجوانب لإبراز أهم الخصائص البيئية والهيدروغرافية والمورفولوجية والهيسومترية، كما قام الباحثان بتطبيق تقنيات حسابية لاستنباط معامل النحت في الحوض كي يصار إلى تقدير أحجام المواد المزالة من كلٍ من قطاعات الحوض العلوي بالنحت من كل بيئة، حيث بلغت سماكة الطبقة المنحوتة في حوض النحت 30.5م، من أجل معرفة أحجام المواد المترسبة في بيئة الإرساب في منطقتي السروال والبلط واستنباط سماكة هذه الرسوبيات التي بلغ تقديرها بنحو 71.823م.

يقع وادي تناملو في المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر. شكل (1)، ويمتد على طول 72 كم من الشمال إلى الجنوب، من أعالي منطقة الجورة (833 م) الواقعة شمال جردس الجراري وجنوب أسلنطة على أطراف الحافة الثالثة من الجبل وبلطة بورقيص (145م)<sup>\*</sup> الواقعة عند أطراف الصحراء الكبرى، فهو يصل ما بين البيئة شبه الجافة العليا في الشمال وبيئة البلط الجافة السفلى في الجنوب، بمساحة تقدر بحوالي 608 كم<sup>2</sup>، وتتكشف في الحوض الصخور الجيرية التابعة للكريتاسي من الزمن الثاني والأيوسين والأليجوسين والميوسين من الزمن الثالث ورسوبيات من الزمن الرابع تغطي أجزاء من قيعان الأودية وجزء كبير من بيئة الإرساب في أسفل الحوض. تخضع منطقة الحوض إلى المناخ شبه الجاف (400 - 502 ملم) عند أعالي الحوض، وإلى المناخ الجاف (250 - 50ملم) عند أسافل الحوض.

(\* - إن الارتفاع في بلطة بورقيص حسب قراءة 136 G.P.S. م في 08 - 04 - 2008 م.

إن الشكل العام للحوض متطاوول ويتميز بغرابة شكله الذي يتسع من الأعلى ويتسع من الأسفل مع وجود ضيق خانقي ملحوظ في الوسط، حيث تمثل المنطقة الضيقة الوسطى مرحلة انتقالية عند اسفل الحافة الثانية وبداية منطقة السروال، لذلك قسم الباحثان حوض وادي تناملو من الناحية الجيومورفولوجية والبيئية إلى حوضين شبه متساويين في المساحة بحسب وضعية الحوض الطبيعية؛ هما حوض النحت في الأعلى وحوض الإرساب في الأسفل لوجود خصائص هيدروغرافية مميزة لكل من الحوضين، ففي حين تشكل شبكة المجاري المائية في حوض النحت العلوي شبكة ذات نمط متوازي قريب من شبه الشجري في القطاع العلوي، مراتب هذه الشبكة النهرية متوالية تصل إلى خمس مراتب تقوم بتوحيد المجاري النهرية نحو المرتبة الخامسة، داعمة التيار ودافعة من طاقة المياه وعاملة في النحت وقوة النقل، يلاحظ أنه في حوض الإرساب السفلي شبكة تصريف نهرية تتشعب باتجاه جنوب شرق وجنوب غرب موزعة المياه الجارية على رتب نهرية متدنية من المرحلة الخامسة نحو المرحلة الأولى أي بشكل معاكس لما هو في حوض النحت العلوي، إذ تبدو الشبكة النهرية هنا على هيئة جذور الأشجار التي تتفرع وتصغر كلما تم التوجه نحو أطراف الجذور، إن تفرع الشبكة النهرية على هذا النحو يضعف التيار المائي، ويؤدي إلى تصنيف الرواسب وتشتيت المياه وضياعها، كلما اقترب من المصب.

لقد اجتهد الباحثان باتباع تقنية رياضية لحساب حجم المواد المنحوتة من قطاعات حوض النحت المختلفة لمعرفة حجم الرسوبيات التي تمثل حوض الإرساب في البيئة الجافة، وعلى ذلك تمت الدراسة التفصيلية لكل من الحوضين مبينة الخواص الهيدروغرافية

والجيومورفولوجية والبيئية والهيسومترية، وإبراز مزايا حوض وادي تناملو كحالة يمكن تعميمها على غالبية أحواض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر بما يخدم الدراسات البحثية والتطبيقية والتنموية في المستقبل.

لقد اتبع الباحثان المنهج العلمي في هذه الدراسة التطبيقية مستخدمين التقنيات الحديثة من صور فضائية وصور فوتوغرافية وخرائط ومعالجتها ببرنامج الأوتوكاد، وحسبت أبعاد ومساحات الحوض وقطاعاته المختلفة باستخدام تقنيات المربعات الميليمترية والأوتوكاد والبلانيميتز الرقمي، وتم استخراج الخصائص الشكلية والهيسومترية للحوض باستخدام برنامج إكسيل، كما أدخلت تقنية خاصة لحساب حجم الجزء المنزال من الحوض بالنحت المائي باستخدام المنهج الرياضي، وتم تقدير حجم الإرساب وسماكته الوسطية. يجوي هذا البحث كل ما يلزم من وسائل الإيضاح والرسومات الكفيلة بتغطية علمية بحتة جادة لكل جوانبه العلمية.

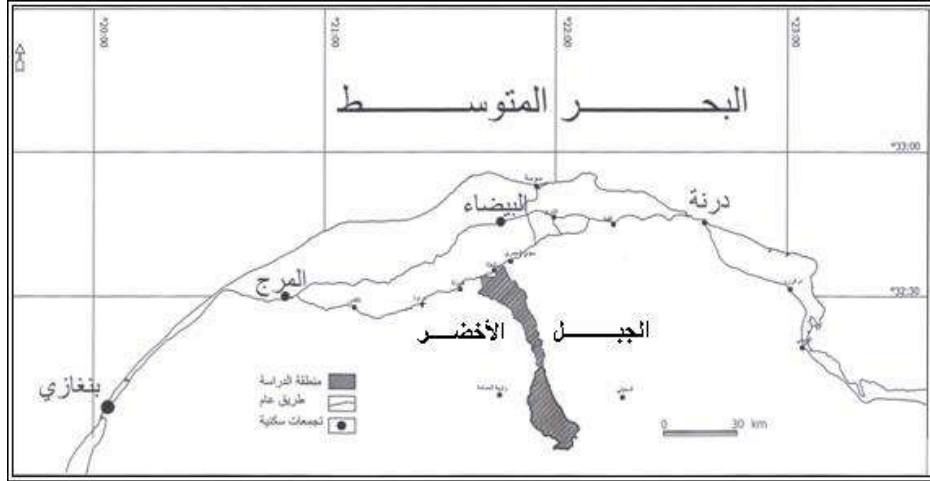
تمثل مشكلة عمليتي النحت والإرساب المائي المستمرتين في أحواض السفح الجنوبي للجبل الأخضر تغيرات مستمرة في مكونات الأنظمة البيئية؛ فهي تغير باستمرار أشكال السطح بنتيجة تغير أشكال سفوح وانحدارات جوانب وأسرة المجاري المائية، وذلك يحدث تغيراً مستمراً لمكونات التربة، ومن ثم ينعكس تأثير ذلك على المجتمعات النباتية في قطاعي النحت والإرساب من تلك الأحواض، مما يجعل لذلك أثر بالغ الأهمية على الحياة الرعوية في المنطقة الجنوبية من الجبل الأخضر.



تهدف هذه الدراسة لحوض وادي تناملو الوصول لتقدير كمي لمنحوتات الأودية الوسطى شبه الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر بسبب الجريان المائي الفجائي الحاصل خلال الحقب الرابع، ومن ثم تقدير سماكة الرسوبيات القارية الرباعية وتطور انتشارها على المروحة الإرسابية في بيئي السروال والبلط الجافتين.

تكمن أهمية هذه الدراسة التطبيقية التفصيلية لحوض وادي تناملو في وضع خطة منهجية لدراسة أحواض الأودية الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر تظهر فيها قطاعات أحواض الأودية وشبكاتها الهيدروغرافية في البيئات شبه الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر في الأعلى في الشمال وفي البيئات الجافة للسروال والبلط في الجنوب، وتقدير كل من كميات النحت والإرساب المائي في كل قطاع على حده، لتوضيح كيفية حصول التغيرات في مكونات الأنظمة البيئية باستمرار في هذا المجال من الأرض، ليستفاد من هذه الخطة في الدراسات البحثية الهيدرولوجية والجيومورفولوجية والجغرافية والبيئية الهادفة لتحسين وتنمية مختلف موارد الأنظمة البيئية في بيئات جنوب الجبل الأخضر.

حوض وادي تناملو: الموقع الجغرافي والأبعاد، شكل (1)



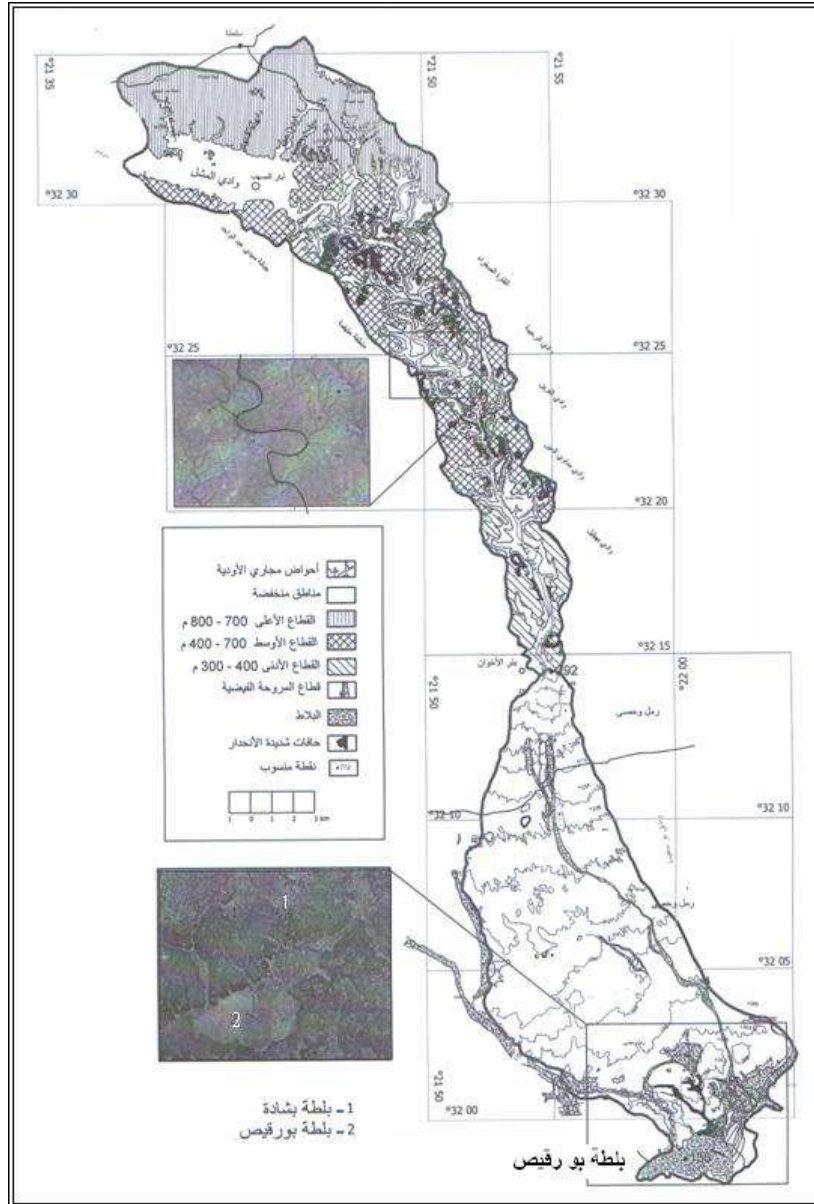
شكل (1): الموقع الجغرافي لحوض وادي تناملو على السفح الجنوبي من الجبل الأخضر، من عمل الباحثين.

الموقع الجغرافي:

يقع وادي تناملو على السفح الجنوبي من الجبل الأخضر، يحده من الشمال منطقة سيدي الحمري في أعالي الجورة التي تمثل جزءاً من الحافة الثالثة، ومن الجنوب تحده الصحراء الكبرى في منطقة البلط، ويحد الحوض من الشرق وادي الشعبان ووادي بوسعيدة ومن الغرب يحده وادي الشريدي والحليقيمة والحمامة.

الموقع الفلكي:

ينحصر حوض وادي تناملو بين خطي طول  $21^{\circ}38'06''$  و  $22^{\circ}04'45''$  شرقاً، وبين دائرتي عرض  $31^{\circ}57'48''$  و  $32^{\circ}36'33''$  شمالاً، شكل (2).



شكل (2): خريطة للشكل العام للحوض تظهر عليه معالم الطبوغرافيا وتضاريس الحوض، مع صورتين فضائيتين مميزتين؛ الأولى لمنطقة الحنوة المتميزة في حوض النحت، والثانية لبلطتي بشادة وبورقيص الممثلتين لمصب وادي تتاملو، من عمل الباحثين.

### مساحة وأبعاد حوض وادي تناملو:

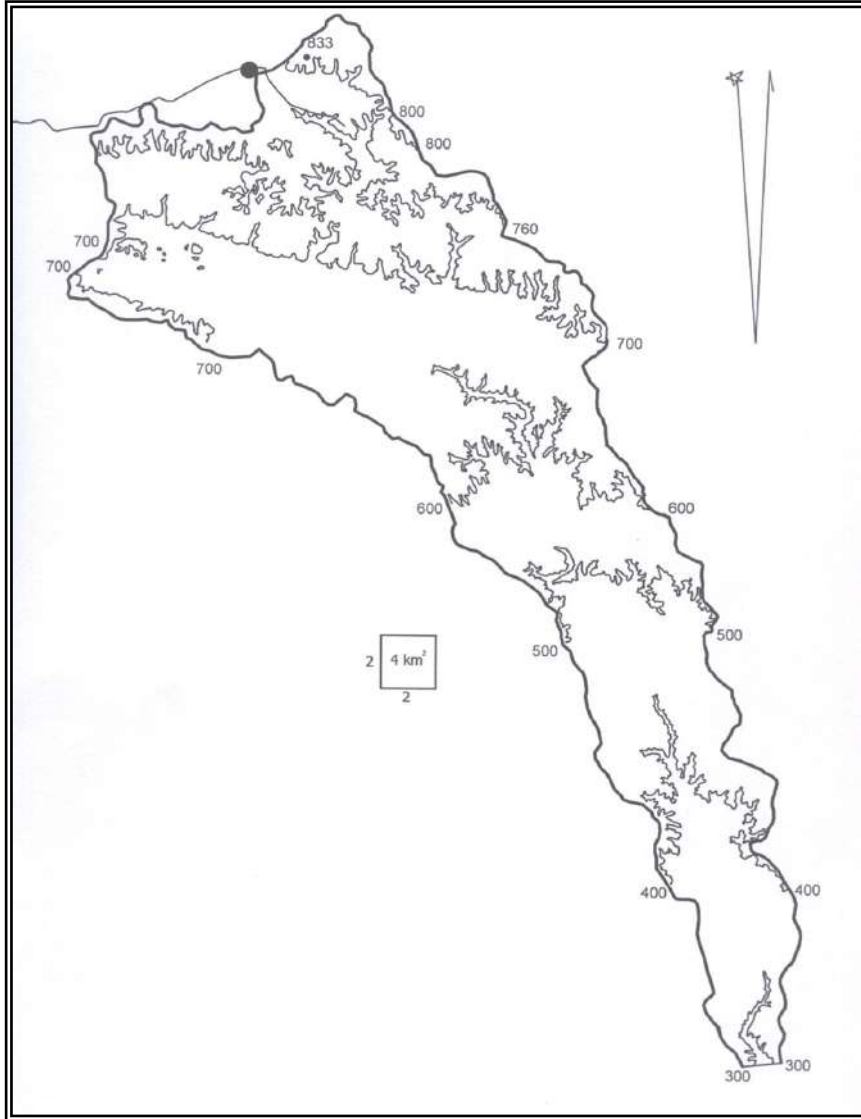
يحتل حوض وادي تناملو مساحة تقدر بحوالي 608 كم<sup>2</sup> من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، جدول (1)، ويبلغ طوله حوالي 72.764 كم، وعليه فإن متوسط عرض الحوض يبلغ 8.356 كم، في هذه الدراسة تم تقسيم الحوض إلى جزئين:

1. الجزء الشمالي من الحوض يبلغ طوله 41.314 كم، والذي سمي في هذه الدراسة حوض النحت لاحتلاله جزء من بنية الجبل الجنوبية المنحدرة من منسوب 833 م في أعلى الحوض إلى 292 م في أسفله عند أقدم منطقة الجشة وأعلى منطقة السروال، حيث يبدأ يفرغ وادي تناملو حمولته من الرسوبيات، تبلغ مساحة حوض النحت الممثل لهذا الجزء من الحوض 306 كم<sup>2</sup>. وعليه فإن متوسط عرض هذا الجزء من الحوض يساوي 7.40 كم، شكل (3).

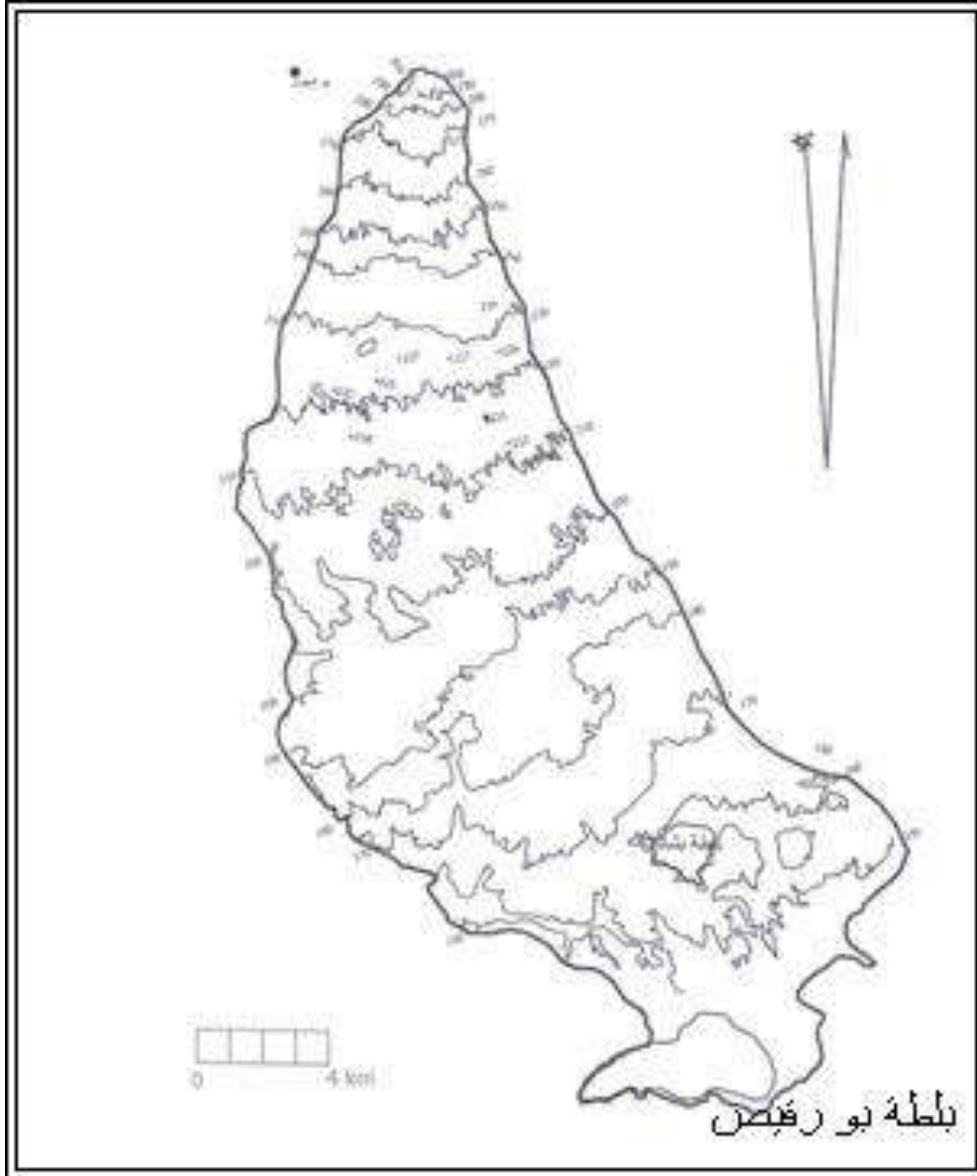
2. الجزء الجنوبي من الحوض ويبلغ طوله 31.45 كم، والذي سمي في هذه الدراسة بحوض الإرساب لكونه يمثل بيئة إرساب حوض تناملو، هذا الجزء يمتد بين منسوبي 292 م في أعلاه و 145 م عند مصبه في بلطة بورقيص، مساحة حوض الإرساب تبلغ حوالي 302 كم<sup>2</sup>. متوسط عرض حوض الإرساب يبلغ 9.603 كم. يتميز حوض الإرساب عن حوض النحت بانبساط الطبوغرافيا وقلة الانحدار، شكل (4).

على ما تقدم فإن للحوض شكلاً خاصاً؛ فهو متسع في أعلاه ومنتسع في أسفله ويميزه ضيق واضح في منتصفه حيث يتناقص عرضه إلى 1.9 كم عند الحدود الفاصلة بين جزئيه المتمثلين بموضيه النحت والإرساب. من الناحية الطبوغرافية فإن الجزء العلوي من حوض تناملو تتباعد خطوط الكنتور بفارق رأسي مقداره 100 م ما بين 300 و 800 م، أما الجزء السفلي فقد رسمت خطوطه الكنتورية بفارق رأسي مقداره 10 م بسبب انبساط الطبوغرافيا في هذا الجزء الممثل لحوض الإرساب.

حوض النحت وحوض الإرساب في وادي تناملو: شكلين (3 و 4).



شكل (3): الخريطة الكنتورية لحوض النحت من وادي تناملو، الذي يمثل الجزء الأعلى من حوض تناملو، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية 1:50000.



شكل (4): الخريطة الكنتورية لحوض الإرساب من وادي تاملو، الذي يمثل الجزء الأسفل من حوض تاملو، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية 1:50000.

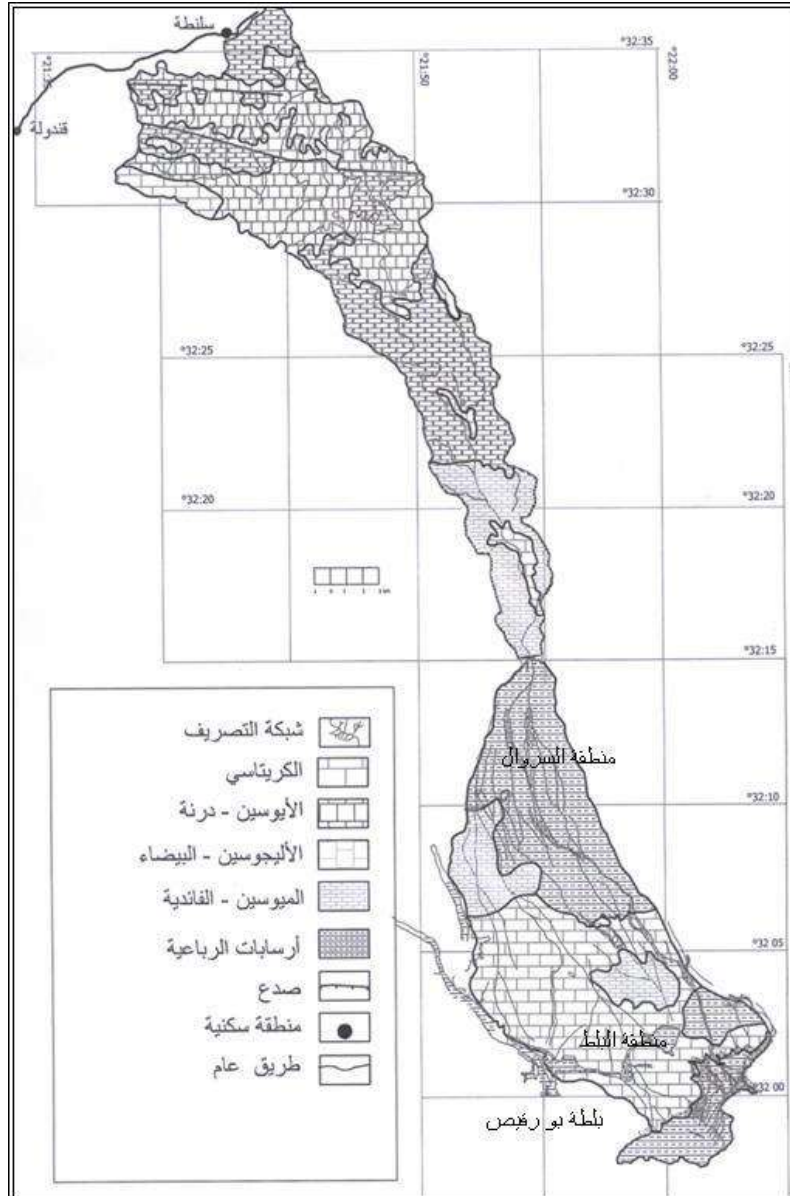
### التكوينات الجيولوجية في حوض وادي تناملو:

يتراوح عمر التكوينات الجيولوجية لحوض تناملو بين الكريتاسي والرباعي، إذ تنكشف تكوينات الكريتاسي في مساحات محددة من القطاع الأعلى ويتكشف بمساحات أكبر في حوض والإرساب، بينما تسود تكوينات الإيوسين المتمثلة بتكوين درنة في القطاع الأعلى، ويظهر الأليجوسين المتمثل بتكوين البيضاء بمساحات لا بأس بها في القطاعين الأعلى والأوسط من حوض النحت، ويسود الميوسين المتمثل في تكوين الفايدية في القطاع الأسفل من حوض النحت كما يظهر في منطقة السروال وفي أعالي منطقة البلط من حوض الإرساب، بينما تغطي الإرسابات الرباعية قيعان الأودية وتشكل غطاءً سميكاً من الرواسب المتمثلة بالرمل والحصى في منطقة السروال، ومن الطمي الذي يغلب على تركيبه الطين في منطقة البلط، شكل (5).

ويلخص الجدول (1) المساحات والنسب المئوية للتكوينات الجيولوجية في حوض وادي تناملو.

جدول (1): المساحات والنسب المئوية للتكوينات الجيولوجية التي تغطي حوض وادي تناملو، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية.

التكوين الجيولوجي	الكريتاسي	الإيوسين	الأليجوسين	الميوسين	إرسابات رباعية قارية	المجموع
المساحة (كم <sup>2</sup> )	147	150	119	62	130	608
المساحة (%)	24.2	24.7	19.6	10.2	21.4	100.0



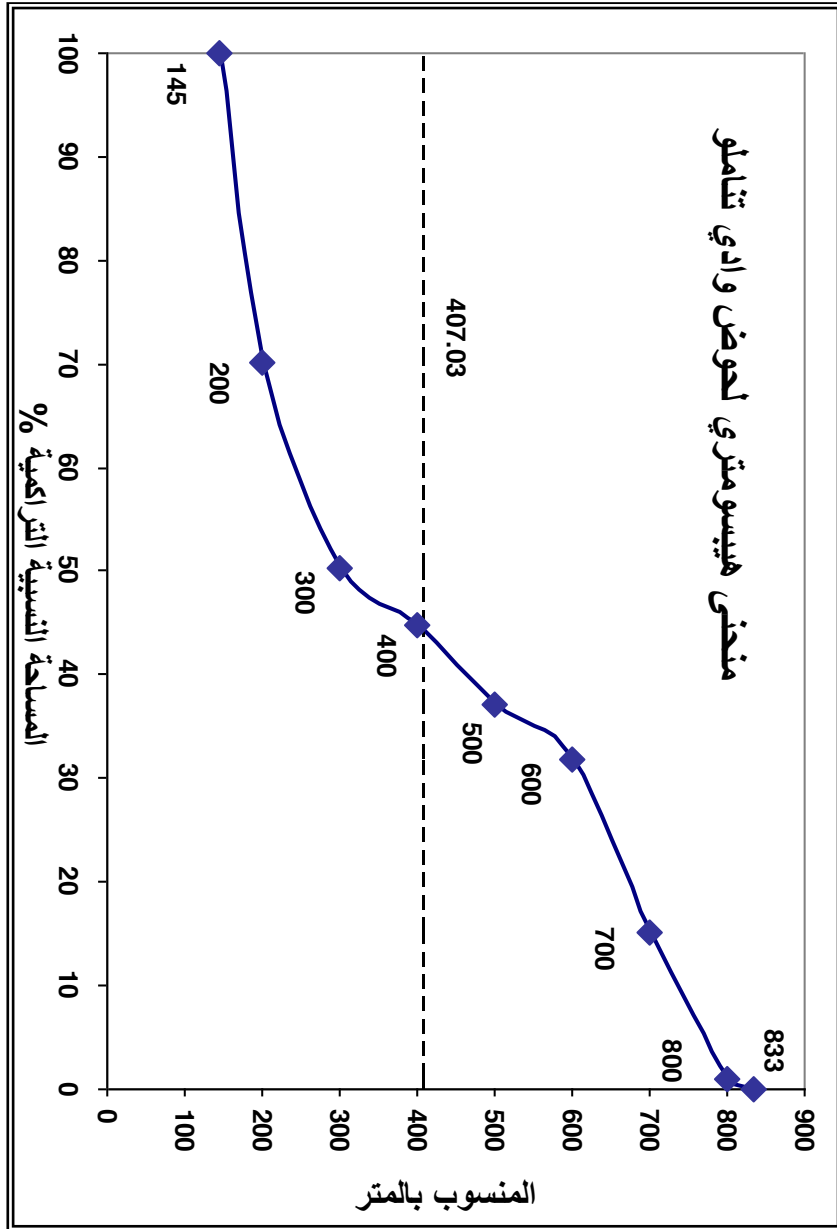
شكل (5): التكوينات الجيولوجية في حوض وادي تناملو، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية.



المعطيات الهيسومترية لحوض وادي تناملو: جداول (2 و 3 و 4)، وأشكال (6 و 7 و 8).

جدول (2): البيانات الهيسومترية لبنية حوض وادي تناملو ومتوسط ارتفاع الحوض، من عمل الباحثين.

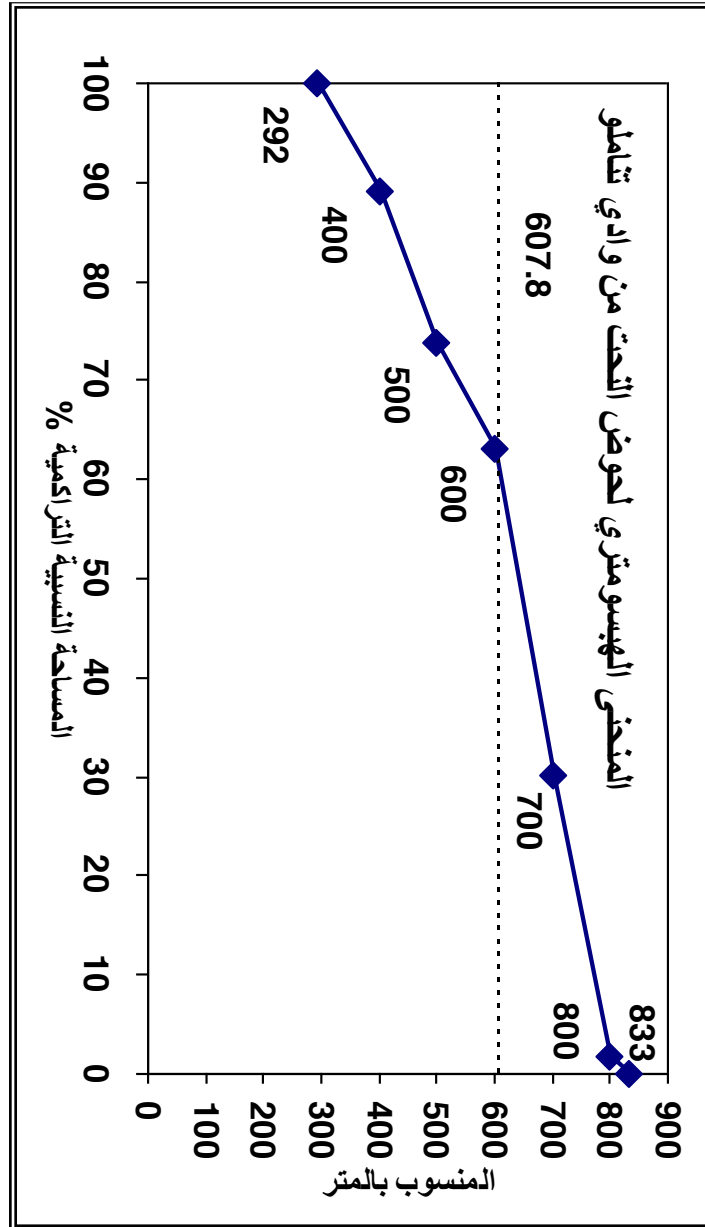
النسبة النئوية (%)	مساحة التراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (كم <sup>2</sup> )	متوسط الارتفاع (م)	القطاع
0.9	5.6	<b>5.6</b>	816.5	800 - 833
14.3	92.3	86.7	750	700 - 800
16.6	193.6	<b>101.3</b>	650	600 - 700
5.4	226.4	<b>32.8</b>	550	500 - 600
7.6	272.7	46.3	450	400 - 500
5.5	306.2	33.5	350	300 - 400
19.9	427.1	120.9	250	200 - 300
29.8	608	180.9	172.5	145 - 200
<b>100</b>	<b>608</b>	<b>608</b>	<b>497.3</b>	<b>المجموع</b>
متوسط ارتفاع الحوض (م)	الحجم التراكمي (كم <sup>3</sup> )	الحجم (كم <sup>3</sup> )	المساحة النسبية التراكمية (%)	القطاع
831.08	4.65405	4.5724	0.9	800 - 833
754.03	69.5974	65.025	15.2	700 - 800
699.60	135.4424	65.845	31.8	600 - 700
677.93	153.4824	18.04	37.2	500 - 600
639.23	174.3174	20.835	44.8	400 - 500
607.58	186.0424	11.725	50.3	300 - 400
506.36	216.2674	30.225	70.2	200 - 300
407.03	247.47265	31.20525	100	145 - 200
<b>407.03</b>	<b>247.47265</b>	<b>31.20525</b>	<b>100</b>	<b>المجموع</b>



شكل (6): المنحنى الهيبسومتري لحوض وادي تاملو يظهر عليه متوسط ارتفاع الحوض، من عمل الباحثين.

جدول (3): البيانات الهيسومترية لبنية حوض النحت (الجزء الأعلى من حوض وادي تناملو) ومتوسط ارتفاع الحوض، من عمل الباحثين.

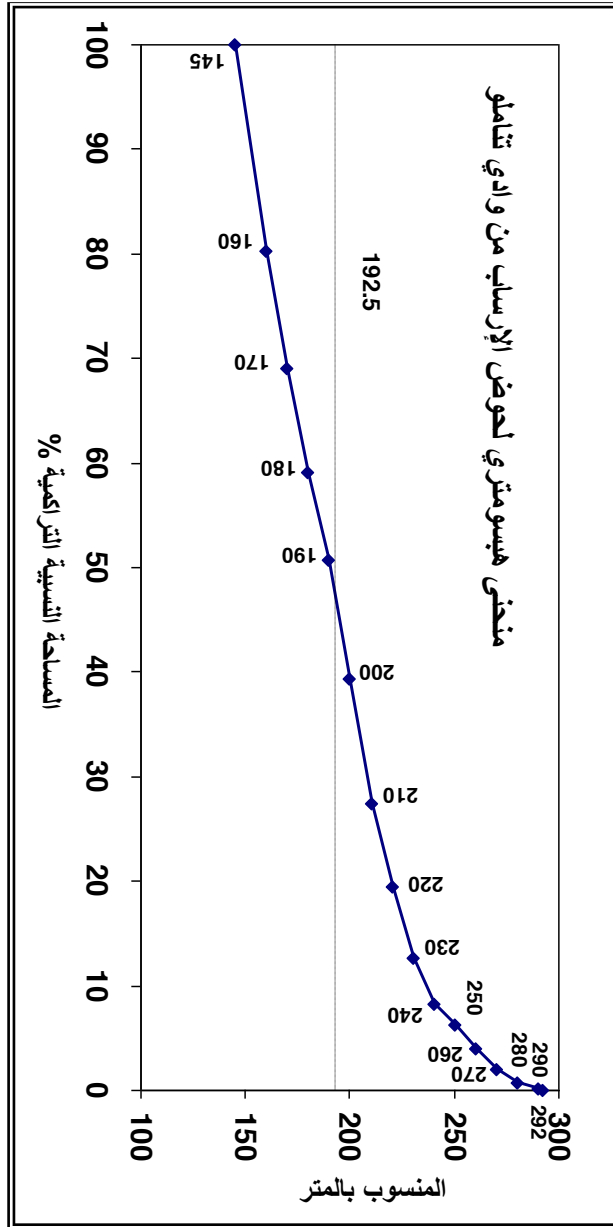
النسبة المئوية (%)	مساحة تراكمية (كم <sup>2</sup> )	المساحة (كم <sup>2</sup> )	متوسط الارتفاع (م)	القطاع
1.8	5.6	5.6	816.5	800 - 833
28.3	92.3	86.7	750	700 - 800
33.1	193.6	101.3	650	600 - 700
10.7	226.4	32.8	550	500 - 600
15.1	272.6	46.2	450	400 - 500
11	306	33.4	346	292 - 400
<b>100</b>	<b>306</b>	<b>306</b>	<b>562.5</b>	<b>المجموع</b>
متوسط الارتفاع (م)	حجم تراكمي (كم <sup>3</sup> )	الحجم (كم <sup>3</sup> )	المساحة النسبية التراكمية (%)	القطاع
816.5	4.5724	4.5724	1.8	800 - 833
754	69.5974	65.025	30.1	700 - 800
700.4	135.599	65.845	63.2	600 - 700
678.6	153.639	18.04	73.9	500 - 600
639.9	174.429	20.79	89	400 - 500
607.8	185.9854	11.5564	100	292 - 400
<b>607.8</b>	<b>185.8288</b>		<b>100</b>	<b>المجموع</b>



شكل (7): المنحنى الهيسومتري لحوض النحت من وادي تاملو يبين عليه متوسط ارتفاع الحوض، من عمل الباحثين.

جدول (4): البيانات الهيسومترية لبنية حوض وادي الإرساب السفلي لوادي تناملوا ومتوسط ارتفاعه، من عمل الباحثين.

القطاع	متوسط الارتفاع (م)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	المساحة التراكمية (كم <sup>2</sup> )	النسبة المئوية (%)	المساحة النسبية التراكمية (كم <sup>2</sup> )	الحجم (كم <sup>3</sup> )	الحجم التراكمي (كم <sup>3</sup> )	متوسط الارتفاع (م)
290 - 292	291	0.6	0.6	0.2	0.2	0.1746	0.1746	291
280 - 290	285	1.5	2.1	0.5	0.7	0.4275	0.6021	286.7
270 - 280	275	4	6.1	1.3	2	1.1	1.7021	279.0
260 - 270	265	6	12.1	2	4	1.59	3.2921	272.1
250 - 260	255	7	19.1	2.3	6.3	1.785	5.0771	265.8
240 - 250	245	6	25.1	2	8.3	1.47	6.5471	260.8
230 - 240	235	13	38.1	4.3	12.6	3.055	9.6021	252
220 - 230	225	20.5	58.6	6.8	19.4	4.6125	14.2146	242.6
210 - 220	215	24	82.6	8	27.4	5.16	19.3746	234.6
200 - 210	205	36	118.6	11.9	39.3	7.38	26.7546	225.6
190 - 200	195	34.5	153.1	11.4	50.7	6.7275	33.4821	218.7
180 - 190	185	25.5	178.6	8.4	59.1	4.7175	38.1996	213.9
170 - 180	175	30	208.6	10	69.1	5.25	43.4496	208.3
160 - 170	165	34	242.6	11.2	80.3	5.61	49.0596	202.2
145 - 160	152.5	59.4	302	19.7	100	9.0585	58.1486	192.5
المجموع	218.5	302	302	100	100		58.1486	192.5

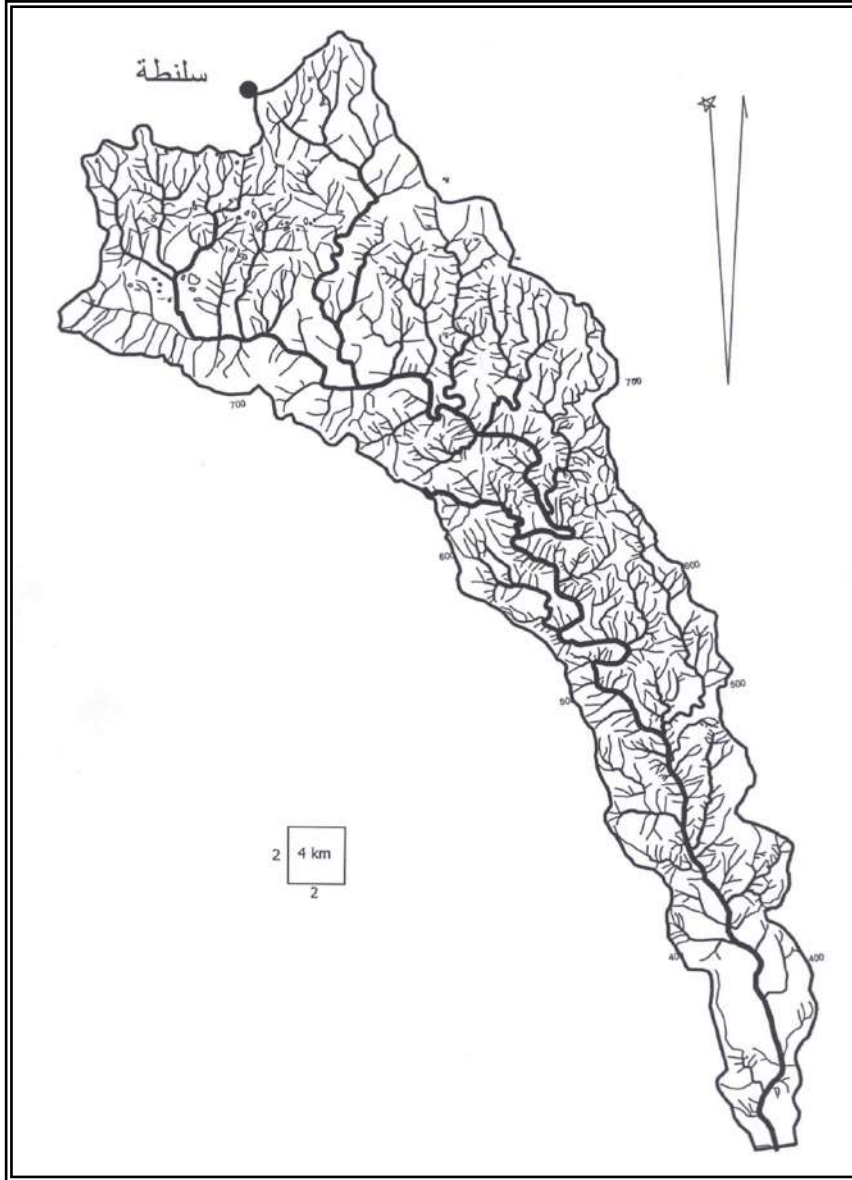


شكل (8): المنحنى الهيسومتري لحوض الإرساب يظهر عليه متوسط ارتفاع الحوض، من عمل الباحثين.

### الشبكة النهرية في حوض وادي تناملو:

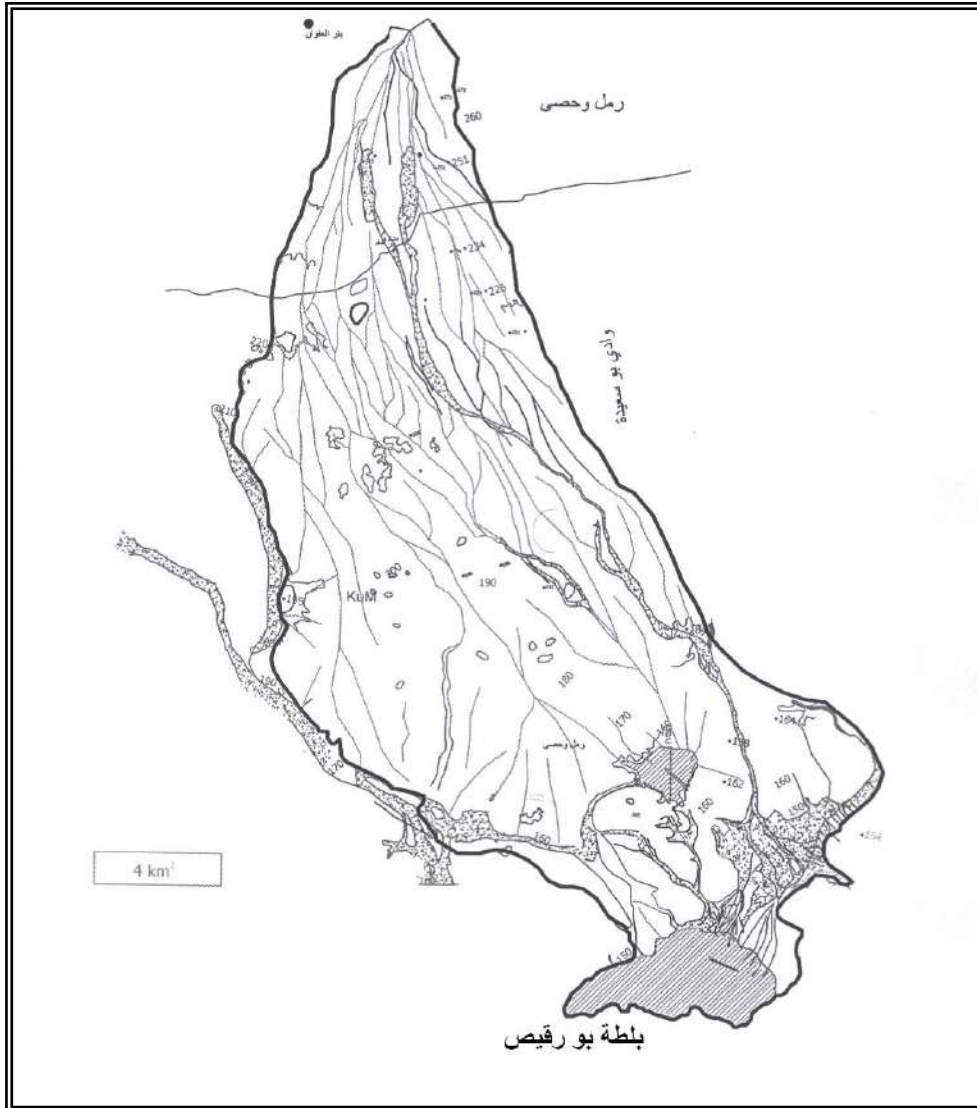
إن شبكة التصريف النهري في حوض تناملو لها أيضاً ميزتان:

1. في حوض النحت يلاحظ تدرج المراتب النهرية من مرتبة 1 في أعالي الحوض إلى مرتبة 5 في أسفل الحوض، شكل (9).
2. في حوض الإرساب يلاحظ تدرج عكسي (تدني) للمراتب النهرية التي تبدأ في أعالي الحوض بالمرتبة 5 وتنتهي في البلط بالمرتبة 1 على هيئة جداول تتفرع وتصغر كلما اقتربت من المصب (بلطة بو رقيص)، مما يذكر بتفرع جذور الأشجار على هذا النحو، شكل (10).



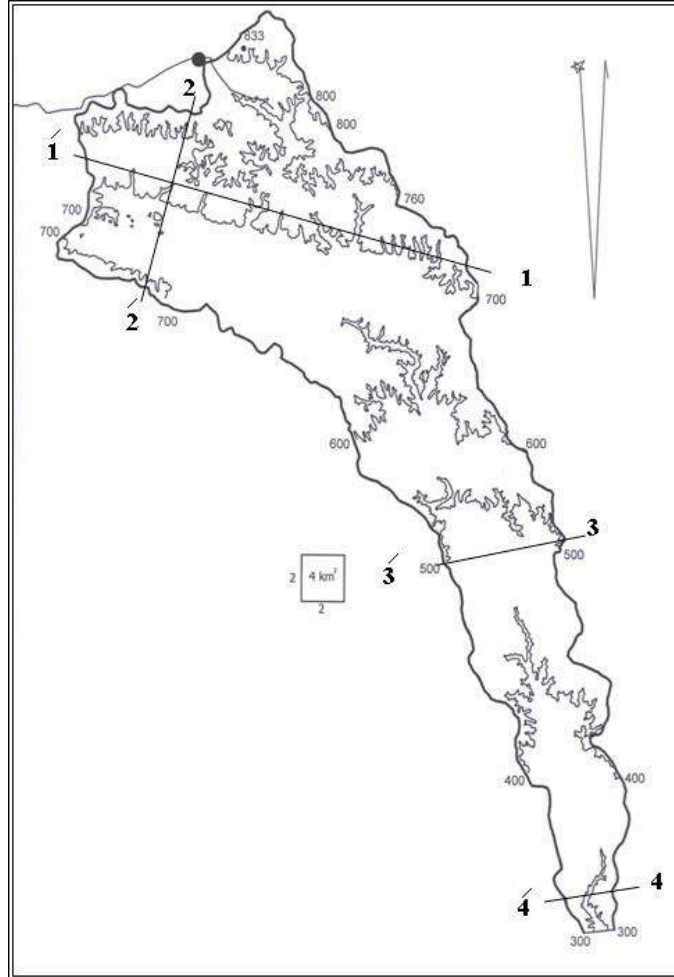
شكل (9): شبكة التصريف المائي في حوض النحت من وادي تناملو، تمثل الجزء الأعلى من حوض تناملو، الشبكة النهرية تتكون من خمس مراتب ويغلب عليها نمط التصريف المتوازي مع تمييز نمط شجري في الأعلى، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية 1:50000.





شكل (10): شبكة الصرف المائي في حوض الإرساب من وادي تناملو، لاحظ كيف تتفرع الشبكة النهرية التي تدخل أعالي الحوض بمرتبها الخامسة ثم تتفرع إلى المرتبة الرابعة ثم الثالثة ثم الثانية ثم المرتبة الأولى التي تنتهي على هيئة جداول صغيرة أعدادها بالآلاف تصب في البلط، في حوض الإرساب، هنا وعلى النحو المذكور فإن الشبكة النهرية تشابه شبكة جذور الأشجار التي تصغر وتضمحل كلما ابتعدت عن الجذر الأصل للشجرة، من عمل الباحثين.

حوض النحت من وادي تناملو:  
دراسة خصائص حوض النحت وقطاعاته الثلاث واستخراج معامل نحت الحوض من  
المقاطع الطبوغرافية: شكلين (11 و 12).

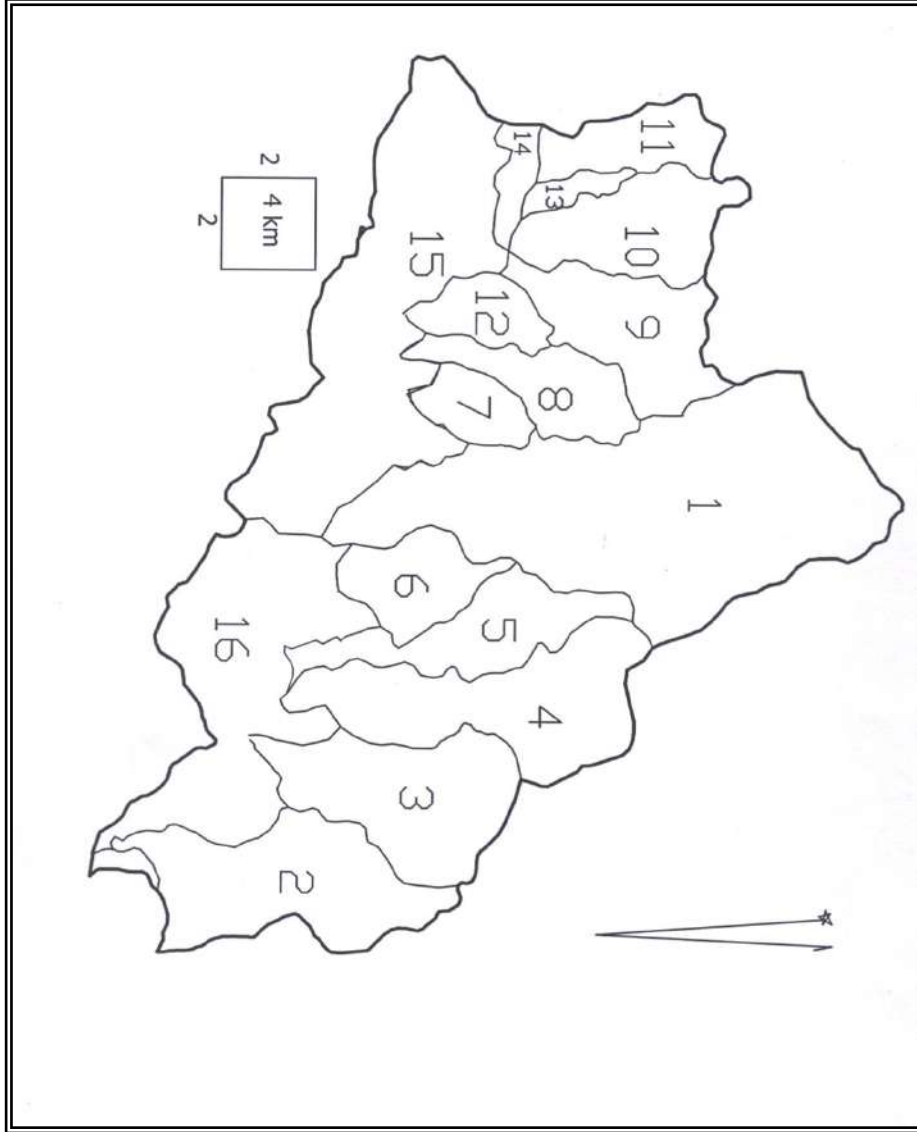


شكل (11): الخريطة الكنتورية لحوض النحت من وادي تناملو، الذي يمثل الجزء الأعلى من حوض تناملو، تظهر عليها مواقع المقاطع الطبوغرافية التي تمت عليها الدراسة اللازمة لاستخراج معامل نحت الحوض، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة الطبوغرافية  
1:50000

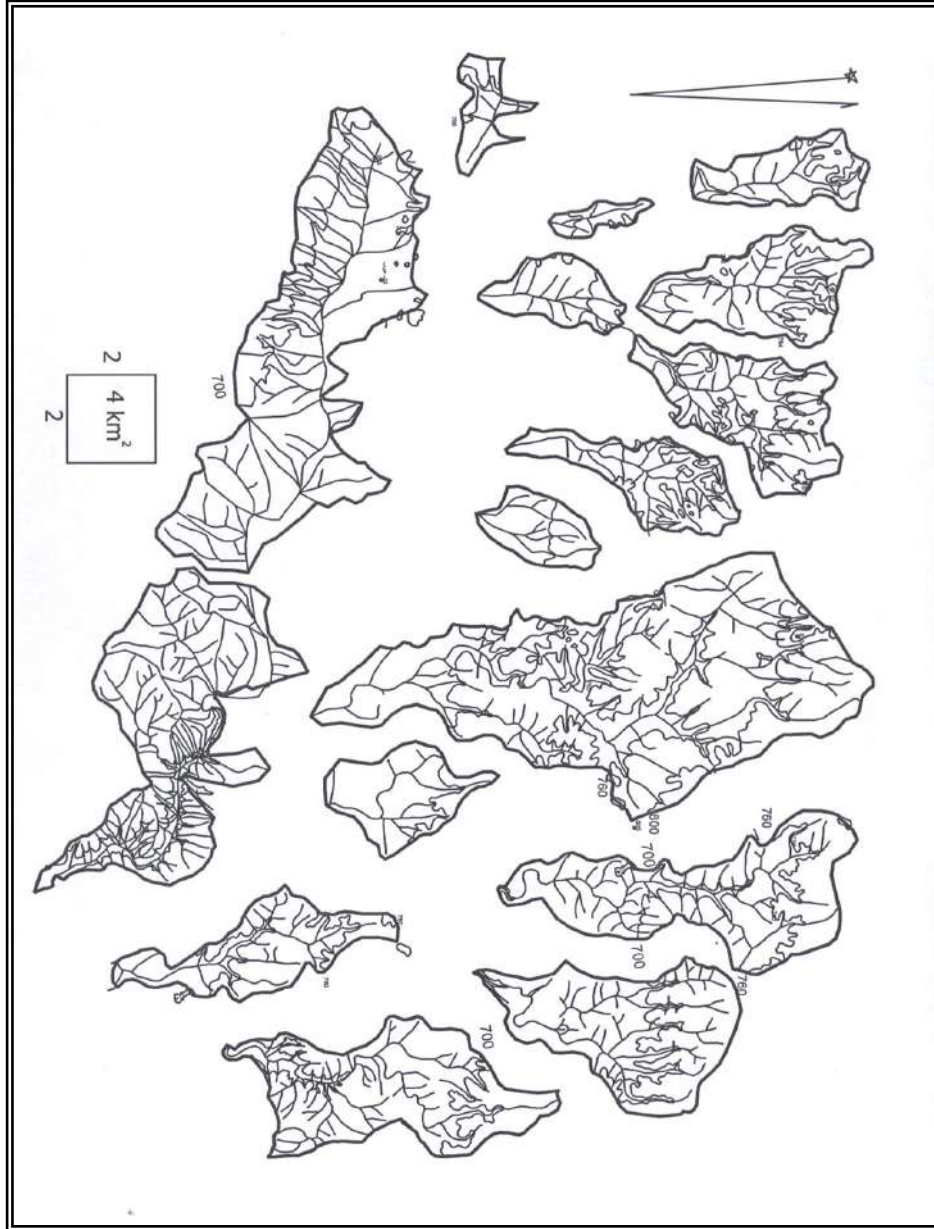


شكل (12): القطاعات الثلاث الرئيسية التي يتكون منها حوض النحت، من عمل الباحثين.

القطاع الأعلى من حوض النحت وأحواض روافده: شكلين (13 و 14)، وجدول (5).



شكل (13): خريطة للقطاع الأعلى من حوض النحت في وادي تناملو، تظهر على الخريطة أرقام الأحواض الفرعية لهذا القطاع التي يوضحها الشكل الذي يليه، من عمل الباحثين.

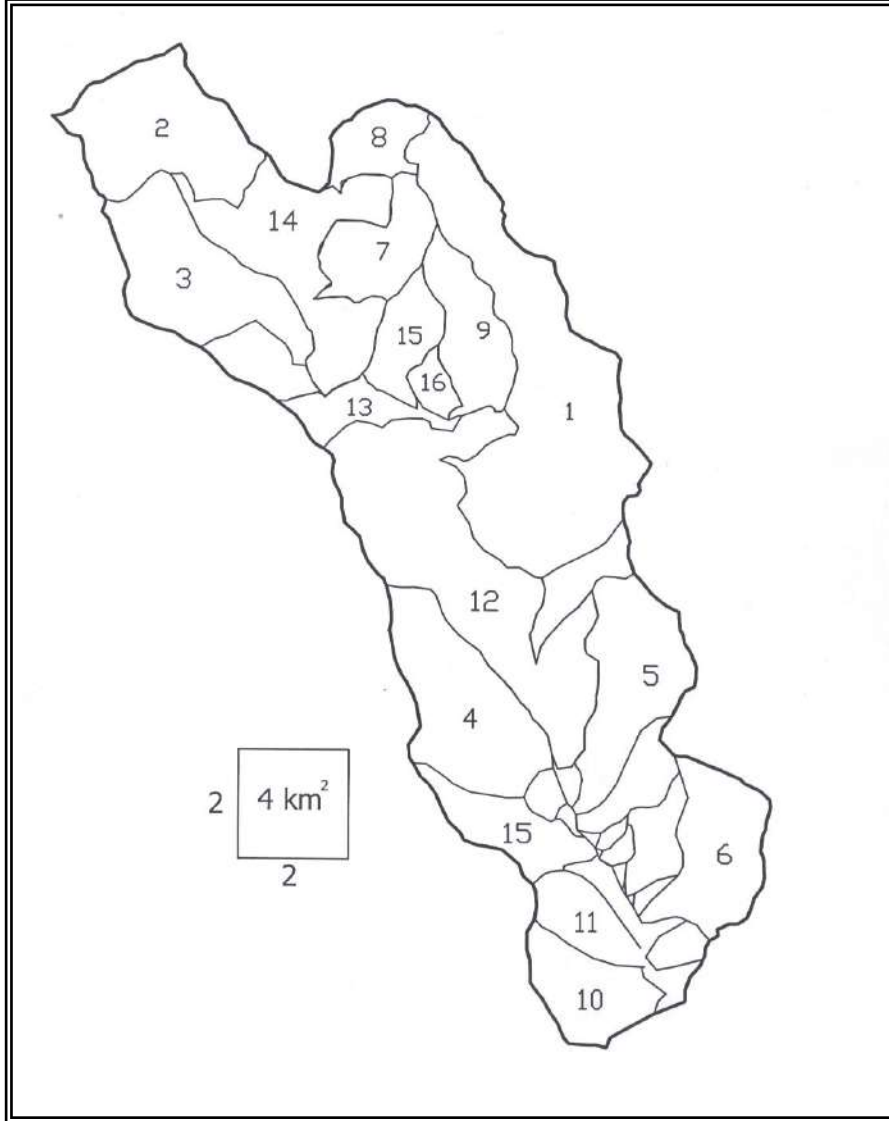


شكل (14): أشكال الأحواض الفرعية لروافد القطاع الأعلى من حوض النحت من وادي تناملو، أرقام هذه الأحواض ظاهرة على الشكل (13) السابق، من عمل الباحثين.

جدول (5): مساحات الأحواض الفرعية للقطاع الأعلى من حوض النحت الذي يمثل حوض منطقة المشل في أعالي وادي تناملو، وإجمالي مساحة القطاع، وفروق مناسيب هذه الأحواض بين منابعها ومخارجها، وأطوالها ومتوسطات عروض هذه الأحواض، ومعدل انحدارات مجاريها المائية الرئيسية، من عمل الباحثين.

رقم الحوض	حوض وادي	المساحة (كم <sup>2</sup> )	أعلى منسوب (م)	أخفض منسوب (م)	فرق المنسوب (م)	الطول (كم)	متوسط العرض (كم)	معدل انحدار المجرى
1	عطير	39.36	833	624	209	13.6	2.89	0.015
2	جرهمان	14.29	740	558	182	8.32	1.72	0.022
3	العقاب	12.91	760	584	176	6.32	2.04	0.028
4	جردس	15.34	805	594	211	8.8	1.74	0.024
5	فطناس	7.62	800	718	82	6.9	1.10	0.012
6	العريجة	5.82	772	620	152	4.08	1.43	0.037
7	أبيار الصهب	3.49	765	656	109	2.9	1.20	0.038
8	الصهيلي	6.35	780	665	115	5.76	1.10	0.020
9	السيرة	9.52	812	680	132	6	1.59	0.022
10	سيدي أحمد بورويق	8.47	793	680	113	5.76	1.47	0.020
11	السقاف	4.87	774	680	94	4.16	1.17	0.023
12	المشل 1	3.70	760	665	95	3.4	1.09	0.028
13	المشل 2	1.16	760	685	75	2.3	0.50	0.033
14	المشل 3	2.12	705	675	30	2.5	0.85	0.012
15	حلق المشل الجنوبية 1	28.57	725	624	101	10.64	2.69	0.009
16	حلق المشل الجنوبية 2	20.53	720	558	162	8	2.57	0.020
	حلق مشل 1 + 2	49.1	725	558	167	18.64	2.63	0.009
	المجموع	184.12	833	558	275	21.53	8.5517	0.013
16	القطاع الأعلى لتناملو	184.12	833	558	275	21.53	8.5517	0.013

القطاع الأوسط من حوض النحت وأحواض روافده من وادي تناملو: شكلين (15) و(16)، وجدول (6).



شكل (15): خريطة للقطاع الأوسط من حوض النحت في وادي تناملو، تظهر على الخريطة أرقام الأحواض الفرعية لهذا القطاع التي يوضحها الشكل الذي يليه، من عمل الباحثين.



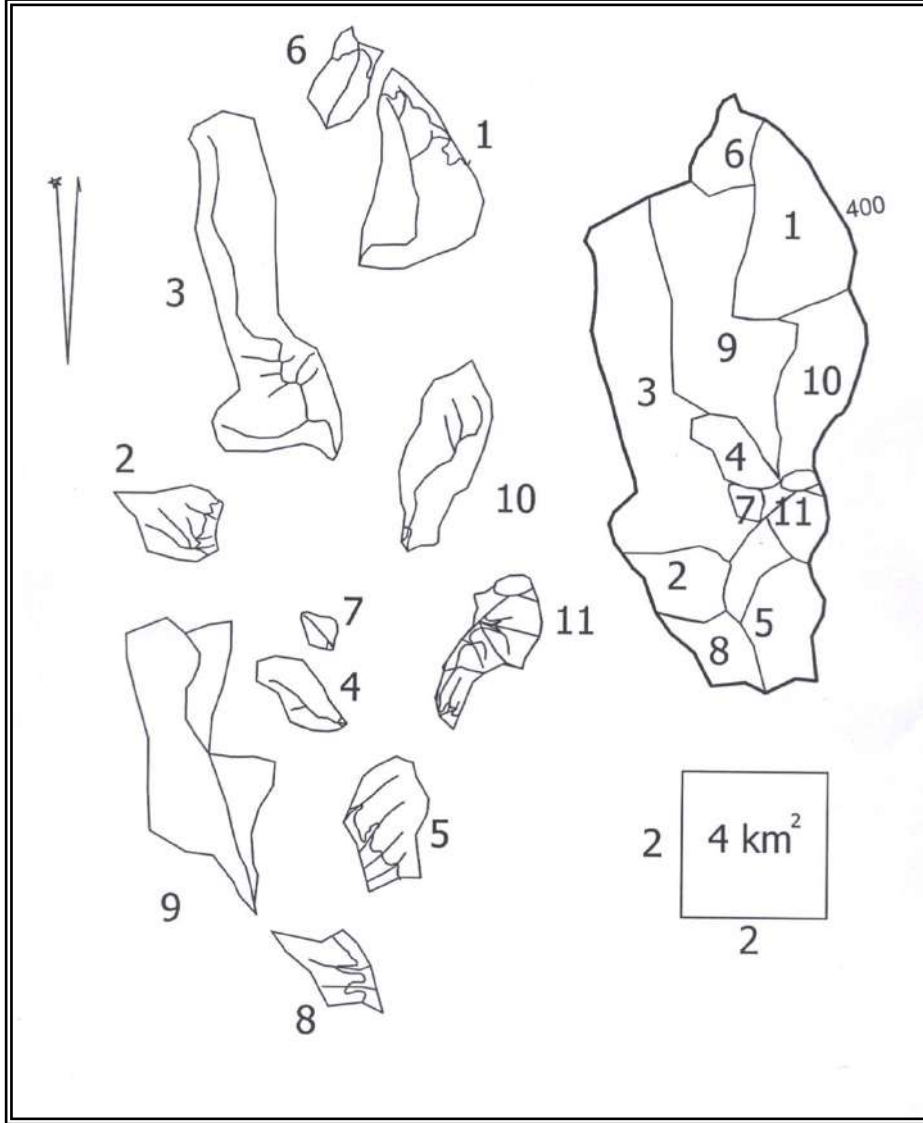
شكل (16): أشكال الأحواض الفرعية لروافد القطاع الأوسط من حوض النحت من وادي تناملو، أرقام هذه الأحواض ظاهرة على الشكل (15) السابق، من عمل الباحثين.



جدول (6): مساحات الأحواض الفرعية للقطاع الأوسط من حوض النحت في وادي تتاملو، وإجمالي مساحة القطاع، وفروق مناسيب هذه الأحواض بين منابعها ومخارجها، وأطوالها ومتوسطات عروض هذه الأحواض، ومعدلات انحدارات مجاريها المائية، من عمل الباحثين.

رقم الحوض	حوض وادي	المساحة (كم <sup>2</sup> )	أعلى منسوب (م)	أخفض منسوب (م)	فرق المنسوب (م)	الطول (كم)	متوسط العرض (كم)	معدل انحدار المجرى
1	عائلة حسين	16.12	680	415	265	9.3	1.73	0.028
2	جبرني	7.04	643	530	113	3.8	1.85	0.030
3	القريضة	8.32	620	449	171	5.4	1.54	0.032
4	المنسلم	6.87	470	382	88	4.7	1.46	0.019
5	شطيب العدسة	6.99	507	376	131	4.8	1.46	0.027
6	العدسة	4.8	495	376	119	3.3	1.45	0.036
7	7	3.2	600	490	110	3.07	1.04	0.036
8	وادي ينبع من معلى جولاز	2.11	680	550	130	2.3	0.92	0.057
9	9	3.54	640	575	65	3.9	0.91	0.017
10	10	3.59	422	340	82	3.3	1.09	0.025
11	11	2.17	420	340	80	2.6	0.83	0.031
12	الصفاق	13.39	470	380	90	7.9	1.69	0.011
13	13	2.55	---	---	---	3.2	0.80	---
14	الحنوة	7.09	560	490	70	4.9	1.45	0.014
15	شطيب الزهيري	2.15	580	475	105	2.7	0.80	0.039
16	16	0.74	400	370	30	1.3	0.57	0.023
17	17	1.55	---	---	---	2.8	0.55	---
18	أحواض صغيرة بينية	7.23	---	---	---	---	---	---
	المجموع	99.45	680	347	265	19.864	5.01	0.013
16	القطاع الأوسط لتتاملو	99.45	680	347	265	19.864	5.01	0.013

القطاع الأسفل من حوض النحت وأحواض روافده من وادي تناملو: شكل (17)  
وجداول (7).

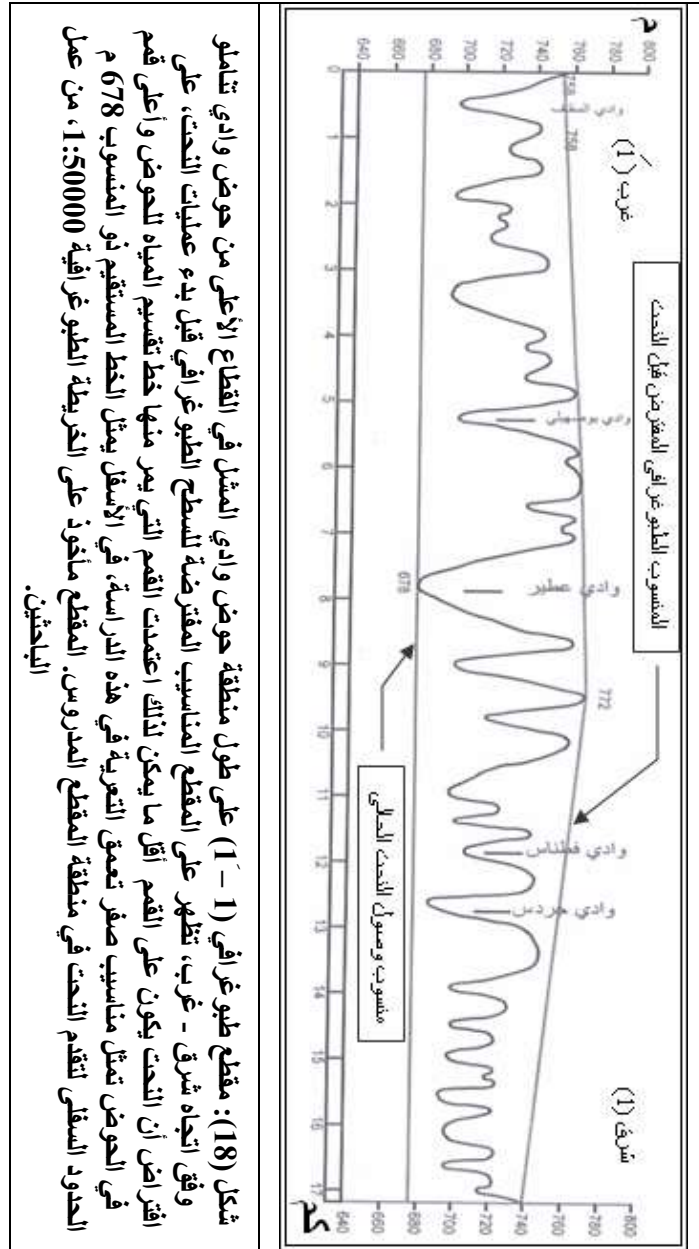


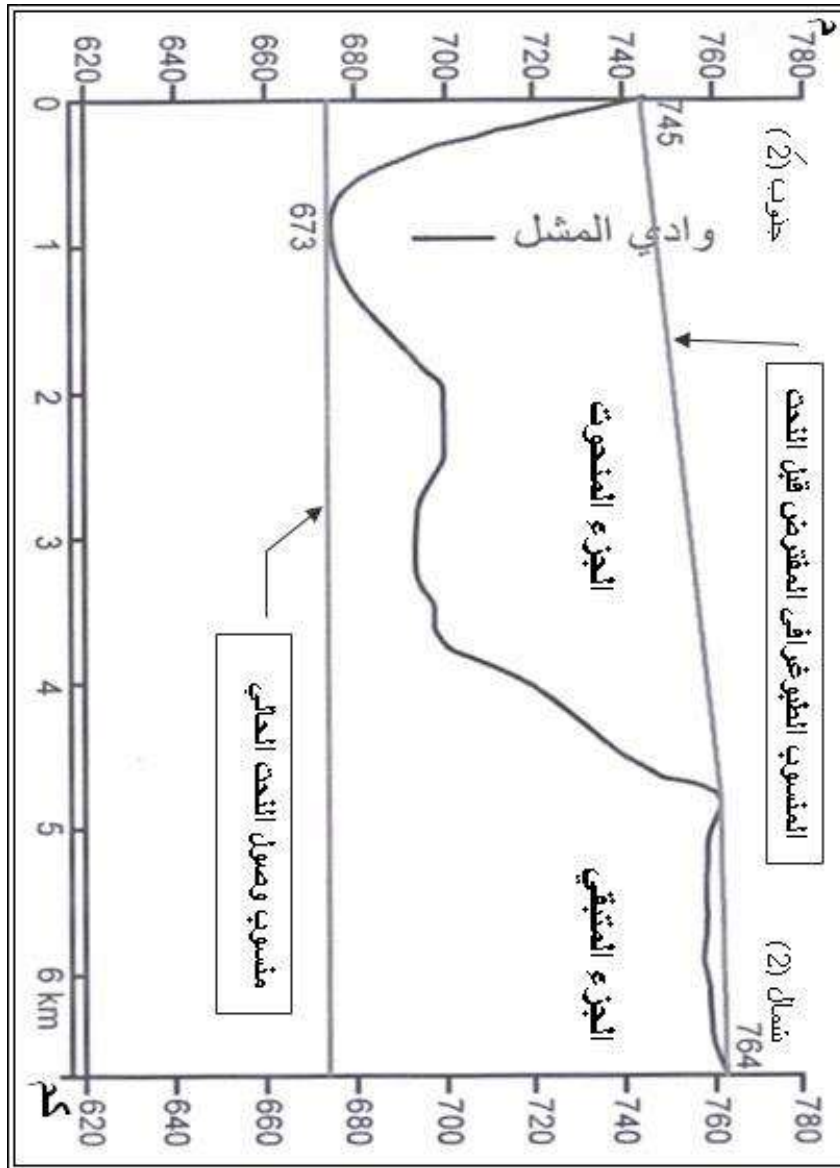
شكل (17): خريطة للقطاع الأسفل من حوض النحت وأحواض روافده الفرعية مرفقة بأرقامها، من حوض وادي تناملو، من عمل الباحثين.

جدول (7): مساحات الأحواض الفرعية للقطاع الأسفل من حوض التحت في وادي تتاملو، وإجمالي مساحة القطاع، وفروق مناسيب هذه الأحواض بين منابعها ومخارجها، وأطوالها ومتوسطات عروض هذه الأحواض، ومعدلات انحدارات مجاريها المائية، من عمل الباحثين.

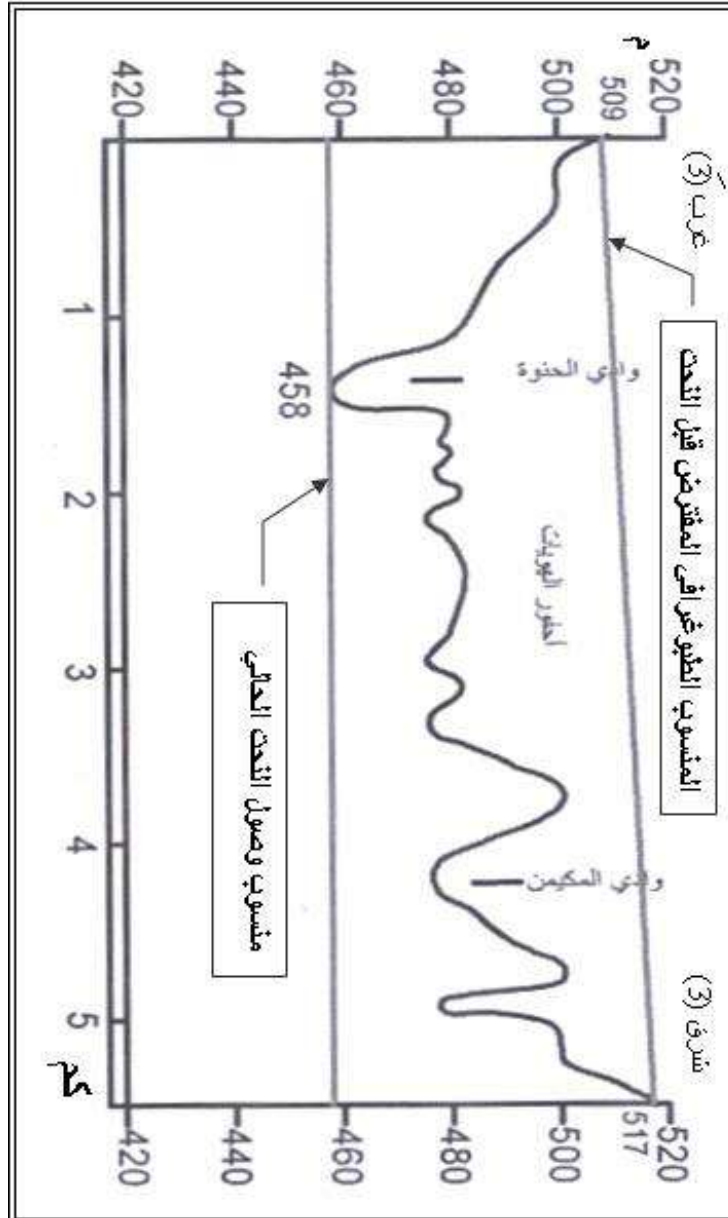
رقم الحوض	حوض وادي	المساحة (كم <sup>2</sup> )	أعلى منسوب (م)	أخفض منسوب (م)	فرق المنسوب (م)	الطول (كم)	متوسط العرض (كم)	معدل انحدار المجرى
1	1	3.05	405	320	85	2.9	1.05	0.029
2	2	0.81	340	315	25	1.5	0.54	<b>0.017</b>
3	3	6.91	422	310	112	5.3	<b>1.30</b>	0.021
4	4	0.6	360	310	50	1.5	0.40	0.033
5	5	0.63	330	292	38	1.3	0.48	0.029
6	6	0.2	405	335	70	1.4	0.14	0.050
7	7	0.73	340	292	48	0.6	1.22	<b>0.080</b>
8	8	0.53	330	295	35	1.6	0.33	0.022
9	9	5.13	410	310	100	4.4	1.17	0.023
10	10	0.84	400	307	93	2.8	0.30	0.033
11	أحواض بينية	3	320	298	22	0.84	3.57	0.026
	المجموع	22.43	422	292	130	8.9	2.52	<b>0.015</b>
	القطاع الأسفل لتتاملو	22.43	422	292	130	8.9	2.52	<b>0.015</b>

المقاطع الطبوغرافية في حوض النحت من حوض وادي تاملو: أشكال (9 و 11 و 18 و 19):

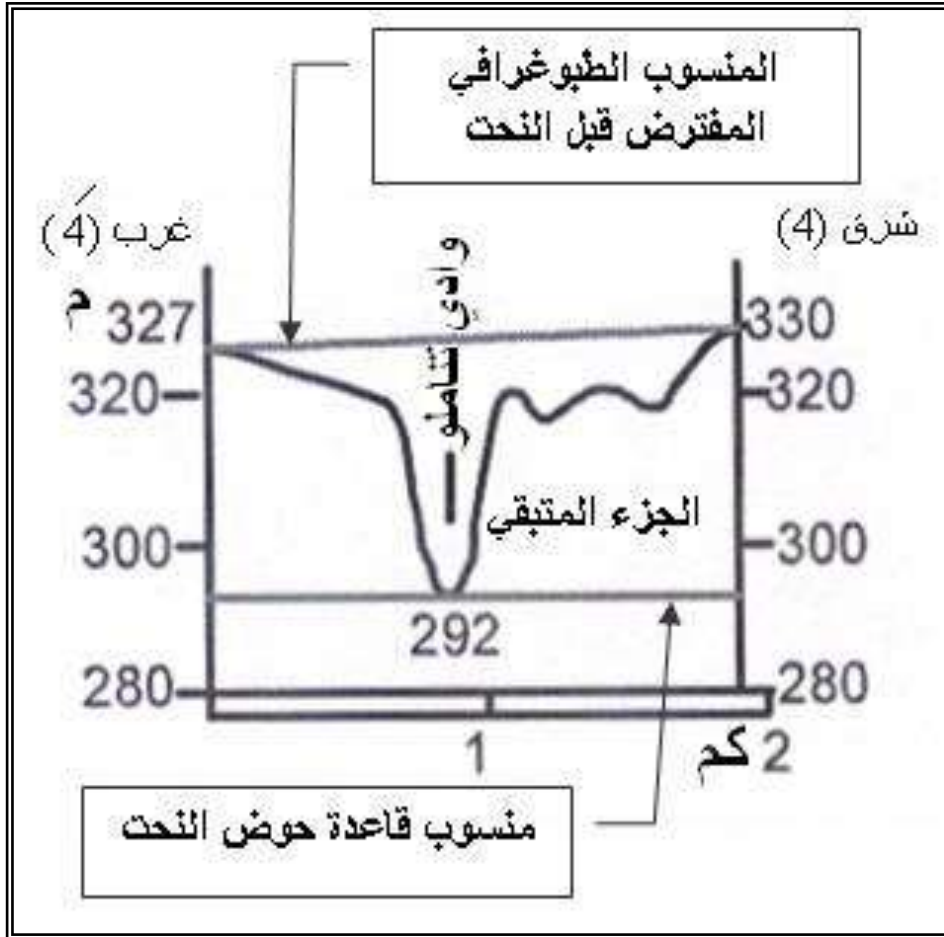




شكل (19): مقطع طبوغرافي (2-2) على عرض منطقة حوض المثل من الشمال إلى الجنوب، يتعامد مع المقطع 1-1 في القطاع الأعلى من حوض وادي تناملو، مع مناسيب الطبوغرافيا المفترضة قبل النحت ومنسوب النحت الحالي (673 م). المقطع مأخوذ على الخريطة الطبوغرافية 1:50000، من عمل الباحثين.



شكل (20): مقطع طبوغرافي (3-3) على عرض حوض وادي تناملو في القطاع الأوسط وفق الاتجاه شرق - غرب، المقطع مأخوذ على الخريطة الطبوغرافية 1:50000، من عمل الباحثين.



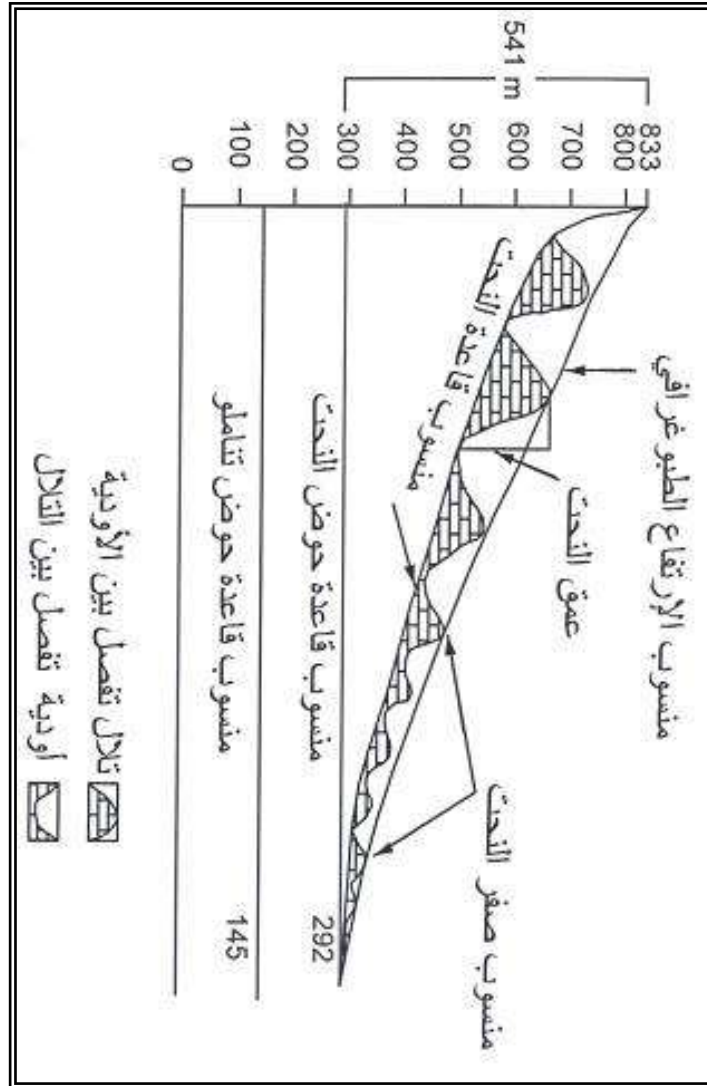
شكل (21): مقطع طبوغرافي (4 - 4) على عرض حوض وادي تناملو في أسفل الجشة وفق الاتجاه شرق غرب، أي في القطاع الأسفل من حوض النحت لوادي تناملو، هذا المقطع يمثل المنطقة الفاصلة بين حوض النحت وحوض الترسيب لوادي تناملو في أعلى منطقة السروال، إن منسوب 292 م الواضح على الشكل يمثل منسوب قاعدة نحت الحوض في حوض وادي تناملو، المقطع مأخوذ على الخريطة الطبوغرافية 1:50000، من عمل الباحثين.

معالجة المقاطع الطبوغرافية في حوض النحت الأعلى من تناملو لاستخراج معامل نحت الحوض: جدول (8) وشكل (22).

جدول (8): متوسط الارتفاع الطبوغرافي للحوض عن منسوب النحت (أي المنسوب المفترض لبنية الحوض قبل النحت)، ومساحات المقاطع الطبوغرافية الأربعة وحساب المساحات المنحوتة من المقاطع الطبوغرافية لكل مقطع في قطاعات الحوض الثلاث، ومساحات الأجزاء المتبقية من صخور الحوض في كل مقطع، وحساب مناسب قواعد نحت القطاعات الثلاثة بحسب المقاطع الأربعة، وحساب عمق النحت في الجزء المتأثر بالنحت، واستخراج معامل النحت لكل مقطع، وسماكة الطبقة المنحوتة في كل مقطع طبوغرافي، من عمل الباحثين.

المقطع الطبوغرافي	طول المقطع (م)	متوسط الارتفاع الطبوغرافي عن منسوب قاعدة النحت (م)	منسوب قاعدة النحت (م)	عمق النحت (م)	مساحة المقطع الطبوغرافي (م <sup>2</sup> )
1 - 1	17184	756.67	678	78.67	1351865.28
2 - 2	6993	754.5	673	81.55	570279.15
3 - 3	5481	513	458	55	301455
4 - 4	1906	328.5	292	36.5	69569
المقطع الطبوغرافي	مساحة الجزء المنحوت (م <sup>2</sup> )	نسبة الجزء المنحوت (%) (معامل النحت)	مساحة الجزء المتبقي من المقطع (م <sup>2</sup> )	نسبة الجزء المتبقي (%)	سماكة الطبقة المنحوتة (م)
1 - 1	495727.98	36.67	856137.3	63.33	28.85
2 - 2	263321.55	46.17	306957.6	53.83	37.66
3 - 3	148624.3	49.30	152830.7	50.70	27.12
4 - 4	20554.5	29.55	49014.5	70.45	10.78





شكل (22): يوضح مجال عمل النحت في حوض النحت الذي يمثل الجزء الأعلى من حوض تاملو، يظهر على الشكل منحنى المنسوب الطبوغرافي قبل النحت يبين عليه كيفية اعتماد مناسيب صفر النحت في الحوض، ومنحنى مناسيب قاع النحت في الحوض، بالنسبة لمنسوب قاع نحت الحوض (292 م)، ويظهر على الشكل وضعية التلال البينية الفاصلة ما بين الأودية التي تنشأ بها عمليات النحت، لاحظ كيفية حساب عمق النحت بين منسوب صفر النحت ومنسوب قاع النحت في الجزء المتأثر بالنحت في القطاعات الثلاثة من حوض النحت، من عمل الباحثين.

وبناءً على معطيات الجدول (8) السابق، تم حساب حجم الجزء المنحوت من الحوض واستخراج السماكة الوسطية المنحوتة من كامل مساحة الحوض، كالتالي:

**1- حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع السفلي من حوض النحت**  
من المقطعين 4-4 و 3-3 ومعطيات الجدول السابق تم حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع السفلي كالتالي:

$$0.4250485Km^3 = 22.43Km^2 \times \frac{0.02712Km + 0.01078Km}{2}$$

متوسط سماكة النحت في المقطعين 4-4 و 3-3 مضروباً في مساحة القطاع السفلي

**2- حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع الأوسط من حوض النحت**  
من المقطعين 3-3 و 1-1 ومعطيات الجدول السابق ينتج:

$$2.78509725Km^3 = 99.45Km^2 \times \frac{0.02712Km + 0.02889Km}{2}$$

**3- حساب حجم الجزء المنحوت من القطاع الأعلى (حوض منطقة المشل)**

$$6.126593Km^3 = 184.12Km^2 \times \frac{0.03766Km + 0.02889Km}{2}$$

من المقطعين 2-2 و 1-1 ومعطيات الجدول السابق ينتج:

**4- حجم النحت الكلي من حوض النحت:**

يساوي مجموع حجوم النحت المحسوبة من القطاعات الثلاثة، أي:

$$9.33673875Km^3 = 0.4250485Km^3 + 2.78509725Km^3 + 6.126593Km^3$$

**5- حساب معدل سمك الطبقة المنحوتة من حوض النحت:**

يساوي الحجم المنحوت من الحوض مقسوماً على مجمل مساحة الحوض، أي:

$$30.5m \approx 0.0305122181Km = \frac{9.33673875Km^3}{306Km^2}$$

اختبار معامل النحت: جدول (9):

جدول (9): معطيات اختبار معامل النحت على عرض المقاطع الطبوغرافية لإثبات فاعلية معامل النحت في إمكانية حساب عرض الجزء المنحوت من المقطع الطبوغرافي على كامل عمق النحت، وكذلك يبين الجدول مساحة وعرض الجزء المنحوت من المقطع، وكذلك مساحة الجزء المتبقي من القطاعات المدروسة في حوض النحت. لاحظ تساوي قيم المساحات المحسوبة المتبقية و المنحوتة في هذا الجدول مع قيمها في الجدول (8) السابق، مع مراعاة أن اختلاف الأرقام في المراتب المتدنية من الأرقام الدالة على المساحات الناتجة ناشئ عن اختلاف الكسور العشرية لعمليات الضرب والتقسيم، وعليه يمكن حساب حجم الجزء المنحوت من الحوض ومقارنته مع القيم المحسوبة سابقاً، من عمل الباحثين.

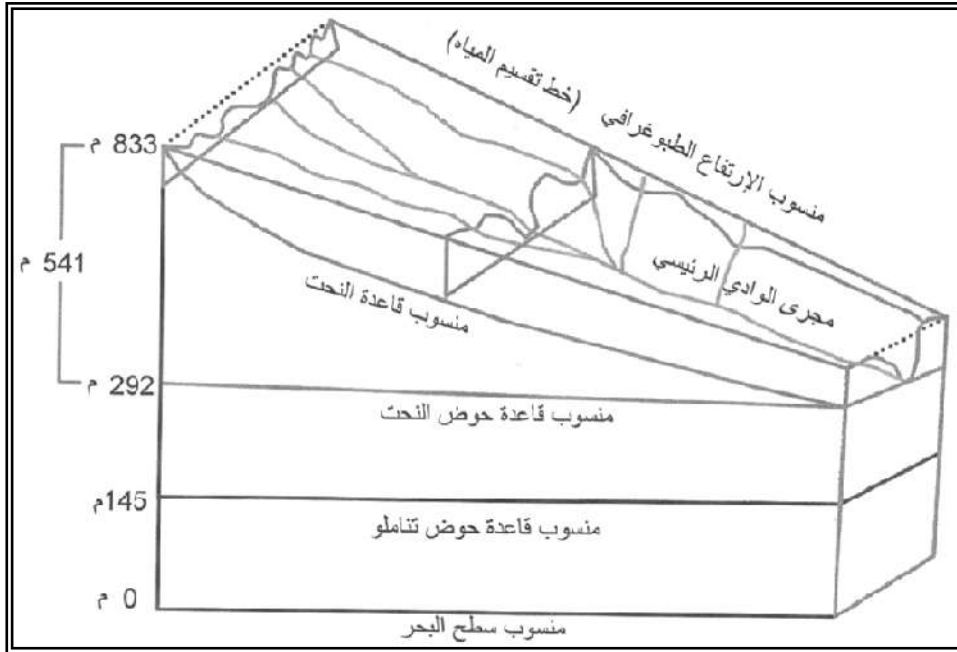
عمق النحت (م)	منسوب قاعدة النحت (م)	متوسط المنسوب الطبوغرافي عن قاعدة النحت (م)	مساحة المقطع (م <sup>2</sup> )	عرض المقطع (م)	المقطع الطبوغرافي
78.67	678	756.67	1351865	17184	1 - 1
81.55	673	745.5	570279.2	6993	2 - 2
55	458	513	301455	5481	3 - 3
36.5	292	328.5	69569	1906	4 - 4
عرض الجزء المنحوت من المقطع (م)	المساحة المتبقية (م <sup>2</sup> )	عرض الجزء المتبقي من المقطع (م)	المساحة المنحوتة (م <sup>2</sup> )	معامل النحت %	المقطع الطبوغرافي
6301.4	855340.9	10882.6272	495731.14	36.67	1 - 1
3228.7	306957.6	3764.3319	263297.88	46.17	2 - 2
2702.1	152830.7	2778.867	148617.32	49.30	3 - 3
563.22	49014.5	1342.777	20557.64	29.55	4 - 4

**النتيجة:**

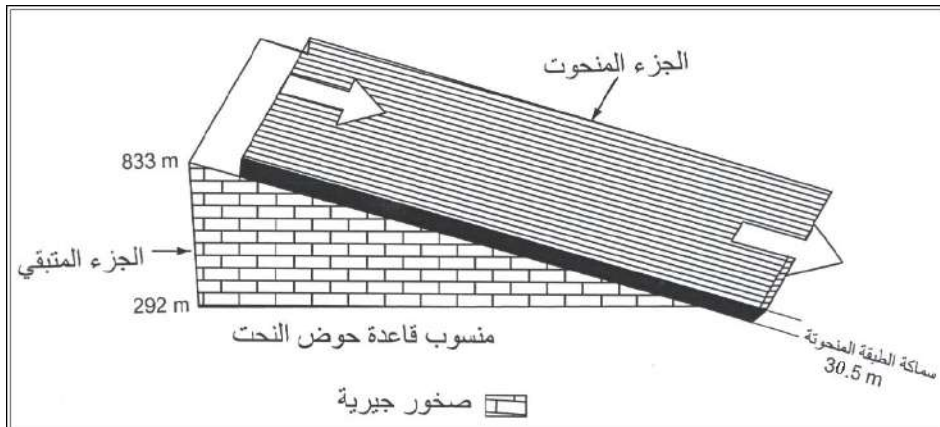
إن حجم الجزء المنحوت من حوض النحت من وادي تناملو وبالباغة سماكة الطبقة الممثلة له 30.5 متر، هذا الحجم هو نفسه حجم الإرسابات المتوضعة في حوض الإرساب الممثل للجزء السفلي من حوض تناملو، هذه الإرسابات الممثلة لتكوين الرباعي في حوض الإرساب البالغة مساحته 130 كم مربع لذلك فإن متوسط سماكة الرسوبيات الرباعية بين البلط والسروال يبلغ 71.823 م، وعليه يمثل الجدول (10) والشكلين (23 و 24) هذه النتيجة.

**جدول (10):** أحجام ونسب وسماكات كل من الجزء المنحوت من الحوض والجزء المتبقي، حيث تبين الأشكال اللاحقة (23 و 24) تمثيل فراغي لبيانات هذا الجدول، من عمل الباحثين.

حوض النحت لوادي تناملو	
41.314	طول الحوض (كم)
7.407	عرض الحوض (كم)
607.3	متوسط الارتفاع (م)
306	المساحة التراكمية (كم <sup>2</sup> )
185.8288	الحجم التراكمي (كم <sup>3</sup> )
292	منسوب قاعدة الحوض (م)
96.4818	الحجم فوق منسوب قاعدة النحت (كم <sup>3</sup> )
9.337	حجم الجزء المنحوت (كم <sup>3</sup> )
87.1471	حجم الجزء المتبقي (كم <sup>3</sup> )
284.8	سماكة الجزء المتبقي (م)
315.3	السماكة الفعلية للجزء المتبقي (م)
30.530.5	سماكة الطبقة المنحوتة (م)
9.6775	الجزء المنحوت بالنسبة المئوية (%)
62.855	سماكة الجزء المتأثر بالنحت (م)



شكل (23): شكل فراغي تمثيلي لحوض النحت لوادي تناملو يظهر عليه المناسيب الرئيسية التي تمت عليها الحسابات الهيسومترية، وحسابات أحجام الأجزاء المنحوتة والمتبقية (الجزء المتأثر بالنحت) فوق مناسيب قاع النحت، من عمل الباحثين.



شكل (24): تمثيل سماكة الطبقة المنحوتة من سطح حوض النحت من وادي تناملو، ويبين أيضاً الجزء الحالي المتبقي من صخور الحوض فوق منسوب قاعدته البالغ 292 م، من عمل الباحثين.

ملحق الصور: من (1 إلى 32):



صورة (1): فضائية تبين وادي المشل في حوض النحت من القطاع الأعلى لوادي تناملو.

صورة (2): فضائية تبين مجموعة من الأودية الفرعية التي تخترق الحافة وتصب في وادي المشل في القطاع الأعلى من حوض النحت.



صورة (3): فضائية توضح ظاهرة الثنيات النهرية من القطاع الأوسط من حوض النحت، لاحظ تميز شبكة التصريف من النمط الشجري المختلط مع النمط المتوازي.

صورة (4): فضائية تبين جزء من وادي تناملو في حوض النحت من القطاع الأوسط، وتظهر الصورة جوانب شديدة الانحدار لمجرى وادي تناملو، لاحظ خلو قاع الوادي من النباتات وتمركزها على حواف المجرى.



صورة (5): فضائية في حوض الإرساب تبين كيفية تفرع وادي تناملو عند دخوله منطقة السروال عند أسفل السفح الجنوبي للجبل الأخضر. لاحظ كيفية توجيه سرير فرعي الوادي نحو العبارتين المنشأتين تحت طريق المخيلي- الخروبة منذ إنشائهما.



صورة (6): فضائية توضح بيئة الإرساب في محيط بلطة بورقيص في حوض الإرساب من وادي تناملو، لاحظ في شمال شرق البلطة كيفية اصطفاف نباتات الرتم والقطف على هيئة أقواس متوازية فيما بينها ومتعامدة مع مجرى الوادي بنتيجة الترسيب التدريجي لدفقات المياه التي تصل غزيرة في بعض الحالات وضعيفة في بعضها الأخر بحسب السنوات التي يحدث فيها جريان.



صورة (7): في البيئة شبه الجافة (350-400 ملم مطر في السنة) من أعالي حوض النحت من وادي تاملو، الغطاء النباتي يتكون من أشجار شعرة وشجيرات شبرق وأعشاب نجيلية تغطي بخضرتها سطح الأرض.



صورة (8): تبين البيئة شبه الجافة (300 ملم مطر في السنة) في الجهة الشمالية من جردس الجراري، في المستوى القريب وادي من المرتبة الأولى (انحدار 0.15) ثم أمام الناظر مباشرةً وادي من مرتبة ثانية (انحدار 0.06)، ثم يقابل الناظر وادي جردس من المرتبة الثالثة (انحدار 0.004)، الغطاء النباتي يتكون من أشجار شعرة متفرقة وشجيرات من الشبرق وأعشاب النجيلية.





صورة (10): تظهر وادي من المرتبة الثانية في الجهة الشمالية من جردس، لاحظ التطور السريع في النحت ليصبح الوادي خانقي، ويسبب الميل الشديد للجوانب الانجراف السريع للتربة وظهور الصخور الأم الذي يتبعه اختفاء الأشجار من البيئة.



صورة (9): تبين كيفية تدهور التربة وانجرافها عن جذور أشجار الشعرة وظهور الصخور المخلخلة عند أسفل جذع الشجرة، ومن ثم تدهور حالتها، الملاحظ أن هذه الأشجار منفردة الجذع من الأسفل ولا تحوي خلفات تجدد للشجرة بسبب مكوث حيوانات الرعي في ظل الشجرة في الصيف والتهامها لبراعم الخلفات الجديدة التي تظهر عند أسفل الجذع.



صورة (12): قطعان حيوانات الرعي في البيئة شبه الجافة شمال جردس الجراي في وادي جردس.



صورة (11): لوادي جردس من المرتبة الثالثة في الجهة الشمالية من جردس الجراي، لاحظ كثافة أشجار الشعرة في أرضية الوادي وفي أودية المرتبة الأولى وانحسارها خارج الأودية، أرضية الوادي مكونة من رسوبيات رباعية متصلبة.



صورة (14): تبين انهيارات و تساقط الكتل الصخرية من تكوين البيضاء على الجانب الأيمن من وادي جردس.



صورة (13): لبئر تجميع مياه جوفية (معطن) تتغذى من تكوين البيضاء في وادي جردس، مياه البئر مستخدمة في سقاية حيوانات الرعي.



صورة (16): للمنطقة الحدودية بين البينة الجافة وشبه الجافة عند نهاية المشل حيث يخترق وادي تناملو الجهة الشمالية أي الخلفية للحافة الثانية للجبل مشكلاً بداية وأعلى منعطفات الحنوة التي تمثل بداية المرتبة الخامسة من الوادي.



صورة (15): تبين تناقص أعداد أشجار الشعرة وغياب شجيرات الشبرق مقابل بداية ازدهار شجيرات الشيح في الجهة الجنوبية من وادي المشل من حوض النحت، البينة تمثل الحدود بين البينتين الجافة وشبه الجافة في أعلى الجشة.



صورة (18): لقمة الحافة الثانية من الجبل تمثل البيئة الجافة (أمطار أقل من 200 ملم) لاحظ غياب الأشجار وتدهور حالة التربة، حيث تبذل هنا محاولات للحفاظ على ما تبقى منها باستخدام السدود الحجرية.



صورة (17): للجهة الشمالية من الحافة الثانية لاحظ تضاول أعداد أشجار الشعرة مقابل ازدهار أشجار السدر في بطون أودية المرتبة الثالثة. تتكون أرضية الأودية هنا من الرسوبيات الرباعية.



صورة (20): في البيئة الجافة (أمطار أقل من 100 ملم) تظهر انحسار شجيرات الحرمل على رسوبيات رباعية تحتل أرضية الوادي، وتبدو هذه الشجيرات على شكل شريط ضيق جداً في قاع وادي الحليقيمة المجاور لوادي تناملو من جهة الغرب.



صورة (19): في البيئة الجافة على المنحدر الجنوبي للحافة الثانية من الجبل، لاحظ تجديد النحت في الرسوبيات الرباعية المكونة لأرضية الوادي، هذه الصورة في أعالي وادي الحليقيمة المجاور لوادي تناملو من ناحية الغرب في الأعلى، والرافد في الأسفل لوادي الحمامة من جهة الشرق.



صورة (22): تظهر جفاف البيئة (أمطار حوالي 50 ملم) وانسباط الأرض في منطقة السروال الممثلة لأعالي حوض الإرساب.



صورة (21): لعقيرة البجاجته في البيئة الجافة من جنوب الجبل (منسوب 330 م)، يظهر عليها مقطع للرسوبيات الرباعية بسماكة حوالي 4 م، هذه العقاير تتجمع فيها مياه السيول وتصبح صالحة لزراعة الحبوب (شعير) في سنين المطر، هذه العقيرة تجاور حوض تناملو من الجهة الغربية.



صورة (24): لآثار خزانات تجميع مياه بجانب مساكن حجرية قديمة مهجورة من عهد غير بعيد تدل على ملائمة البيئة للعيش في وقت سابق، صورة مأخوذة بالقرب من بئر الأخوان في وادي الحليقيمة.



صورة (23): تبين ازدهار شجيرات الحرمل مع أشجار السدر وانحسارها في أرضية وادي الحليقيمة عند خروجه من الجبل ودخوله أعلى منطقة السروال في البيئة الجافة.



صورة (26): يبدو فيها قسوة البيئة من جهة وزيادة ضغط قطعان الماشية من جهة ثانية في محيط صوندة تناملو، لاحظ غياب الغطاء النباتي من المنطقة.



صورة (25): للبنىر المسماة صوندة تناملو في أعالي السروال، مياه البئر مالحة فيها حوالي 5 غ/لتر أملاح، وهي مستثمرة في سقاية حيوانات الرعي.



صورة (28): تبين انحسار الغطاء النباتي من نباتات الحرمل والسدر والرمث في أسرة أودية السروال في حوض الترسيب، صورة لوادي الحليقيمة.



صورة (27): لمصطبة رباعية متصلة (كونجلوميرا) في وادي فطناس من حوض النحت جنوب جردس، ارتفاع المصطبة عن أرضية الوادي يبلغ 6 م؛ تتكون من رسوبيات رملية وحجرية خشنة تحوي حصى جيرية تحتفظ بآثار الحريق من لون أسود ورائحة دخان عضوي المنشأ (حصى الحنفي)، رسوبيات أرضية وادي فطناس الحديثة تتكون من مواد مختلفة الأحجام تتراوح من الناعم إلى الخشن، وتحوي حصى الحنفي ضمنها أيضاً، مما يدل على تكرار الحرائق في البيئة شبه الجافة، تلك الحرائق كانت العامل الأهم في انجراف مكونات التربة وتجديد النحت على كامل مساحة حوض النحت.



صورة (29): تبين فعالية التربة المكسوة بغطاء نباتي في معاندة التيار المائي للوادي مهما كانت قوته، تبقى التربة ثابتة وتجبر التيار المائي على التفرع وتحويل مجرى الوادي يميناً ويساراً عنها في بيئة السروال، لذلك يلاحظ تفرع الكثير من الأودية في هذا النطاق البيئي، مما يكسب الأودية هنا عرضاً يتجاوز في كثير من الحالات 50 متراً، صورة في وادي القرنة شرق وادي تناملو.



صورة (30): تكوين ظاهرة الأكمات حول نباتات المجاري المائية في منطقة السروال، تتكون الأكمة على السطح من الرسوبيات الناعمة التي تتخلى عنها المياه، ومن ترسيب الغبار الناعم على التربة الرطبة للنبتة بعد جريان الوادي، وتزود النبتة الغبار الجديد بنفايات عضوية تعمل عند تحللها على تماسك الغبار الجديد وتحوله إلى تربة في بينتها، الغبار الذي يترسب بعيداً عن النبتة تنسفه الرياح بعد جفافه فتبقى أخاديد بين النباتات أرضياتها حصوية، وتفصل الأكمات النباتية بين تلك الأخاديد، يحدث نمو إضافي للأكمة عند تكوين الندى الصباحي في بيئة النبتة الذي يعمل على مسك الغبار على السطح.



صورة (31): تبين كيفية تكاتف الإرساب المائي والإرساب الريحي في تكوين بيئة النبتة وتربتها؛ في الأسفل يبدو الترسيب المائي يحوي على ارتفاع أكثر من متر رسوبيات مائية ناعمة وحصوية تعلوها رسوبيات ناعمة غبارية ذات منشأ ريحي، النبات رتم في وادي القرنة، يلاحظ هنا كثرة الحصى المحروقة (حصى الحنفي) في الرسوبيات على أرضية الوادي وعلى جوانبه مما يدل على مساهمة الحرائق في تكثيف انجراف التربة من أعالي أحواض السفح الجنوبي للجبل الأخضر.



صورة (32): تبين أثر إنشاء العبارات لطريق المخيلي- الخروية في تحديد مجاري الأودية في بيئة السروال الجافة نحو العبارات، ومن ثم ملئ أرضية الأودية بالحصى، بنتيجة جرف المواد الناعمة من بينها مع التيار المائي بعد خنق النباتات التي كانت تحتل المجرى، يلاحظ هنا كثافة الحصى المحروقة في الرسوبيات الحصوية، مما يؤكد ما ذكر سابقاً من أثر الحريق على انجراف التراب في الأعلى، صورة لوادي القرنة.



## المراجع:

1. محمد غازي الحنفي، (2006) شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر خلال الحقب الرابع، ندوة الكوارث الطبيعية والتخفيف من آثارها، 23 - 25 / 3 / 2006 م، جامعة قارونس والمركز الوطني للأرصاد الجوية بنغازي، ليبيا، منشور في مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 13، 2011، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
2. محمد غازي الحنفي، (2010) الحوض المائي للجبل الأخضر في ليبيا "دراسة طبوغرافية هيسومترية"، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 8، 2010، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
3. مصلحة المساحة، (1977) خرائط طبوغرافية، مقياس 1:50000، اللوحات التالية: لوحة الفائدية، لوحة أسلنطة، لوحة بئر الوشكة، لوحة بئر مازق، لوحة تناملو، لوحة المقطوعة، لوحة ماجن بشادة، طرابلس.
4. مركز البحوث الصناعية، (1974) خريطة جيولوجية، مقياس 1:250000، لوحة البيضاء، طرابلس.
5. صور فضائية، موقع [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com).
6. محمد غازي الحنفي و محمود الصديق التواتي، (2007) حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر "دراسة حالة تطبيقية جيومورفولوجية بيئية هيسومترية"، الملتقى الحادي عشر لجمعية الجغرافيين الليبيين، 09 - 11/04/2007، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا<sup>(\*)</sup>.

(\*) - تم نشر هذا البحث في مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 11، 2010، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

#### 14- الفصل الرابع عشر

المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل

الأخضر - ليبيا

د. محمد غازي الحنفي و د. سعيد إدريس نوح



## 14- الفصل الرابع عشر

المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل

الأخضر - ليبيا

\* - مقدمة.

\* - تساؤلات الدراسة.

\* - التعريف بحوض إقليم الجبل الأخضر وموقعه الجغرافي والفلكي.

\* - المحطات المطرية المعتمدة في الدراسة.

أولاً- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري وفق طريقة تيسن.

1- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري لمعدل الساقط المطري

السنوي على حوض الجبل الأخضر.

2- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري للسنة الرطبة أي الأكثر مطراً

على حوض الجبل الأخضر.

3- حساب المتوسط وحجم الساقط المطري خلال السنة الجافة أي الأقل مطراً على

حوض الجبل الأخضر.

ثانياً- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري وفق خطوط تساوي المطر

فوق حوض الجبل الأخضر.

1- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري لمعدل الساقط المطري

السنوي على حوض الجبل الأخضر.

2- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري للسنة الرطبة أي الأكثر مطراً على حوض الجبل الأخضر.

3- حساب المتوسط وحجم الساقط المطري خلال السنة الجافة أي الأقل مطراً على حوض الجبل الأخضر.

\*- النتائج والمناقشة.

\*- خاتمة وتوصية.

\*- المراجع.

## المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل الأخضر - ليبيا

### مقدمة:

تشكل ندرة المياه السطحية في ليبيا هاجساً كبيراً يعيق تنفيذ البرامج والخطط الإنمائية المختلفة، ويمثل الجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا منذ أقدم الأزمنة التاريخية أهم المناطق الزراعية في ليبيا، إضافة إلى تفردته بغطاء نباتي مميز على الساحل الجنوبي الشرقي للبحر المتوسط. وتتميز أمطار الجبل الأخضر بتباينها المكاني وتباينها الزمني حسب مجموعة من العوامل المحددة لكمية الأمطار وتوزيعها الزمني. وهذا يتطلب بالضرورة فهم ومعرفة طبيعة هذا التباين من أجل تحقيق إدارة سليمة لتخطيط موارد المياه المتاحة.

تقوم هذه الدراسة على عنصرين هما:

**أولاً -** تحديد المتوسط المكافئ للأمطار الساقطة على مجمل الحوض المائي للجبل وفقاً لبيانات الأمطار التي تم تجميعها من 38 محطة مطرية ومناخية وذلك من أجل تحديد حجم ما يستقبله من أمطار سنوياً. وقد استخدم الباحثان بعض الطرق الهندسية في تقدير كمية المياه مثل طريقة تيسين، واستخدام طريقة القطاعات المطرية لخطوط تساوي المطر، بالإضافة إلى طريقة المتوسط الحسابي الإحصائية حتى تم التوصل إلى حجم معدل التساقط المطري على حوض الجبل الأخضر.

ثانياً- لبيان الاختلافات الزمنية في أمطار الجبل الأخضر تم دراسة طبيعة توزيع السنوات الجافة والرطوبة وحساب المتوسط المكافئ لأكثر السنوات جفافاً، وأكثر السنوات أمطاراً بالطرق السابقة نفسها.

وبناء على ما سبق وضعت خرائط مطرية للجبل الأخضر تبين المتوسطات المطرية وحدود الجفاف أو الرطوبة، مما يسهم في إمكانية وضع الخطط المناسبة لإدارة المياه المتاحة. اتبع الباحثان في هذا البحث المنهج العلمي الرياضي الكمي والهندسي والإحصائي في تحليل المعطيات المطرية واستنباط النتائج ودعم الجداول والأشكال اللازمة لاستيفاء هذه الدراسة حقها.

يحتل حوض الجبل الأخضر الشمال الشرقي من ليبيا، ويغطي مساحة تقدر بنحو 37625 كم<sup>2</sup>، (الحنفي، 2010)، ترتفع فيه الطبوغرافيا إلى 881 م فوق سطح البحر، وتساهم تضاريسه الجبلية الشمالية والغربية باعتراض الرياح البحرية المتوسطة الرطوبة في النصف الرطب من السنة لتجبرها على تفريغ قسم من رطوبتها فوق الحوض، مما يكسبه ميزة وغنى بالرطوبة لا تضاهيها أي منطقة في المساحة الممتدة على طول السواحل الجنوبية للمتوسط ما بين جبال تونس في الغرب وجبال فلسطين في الشرق، هذه المنطقة الفريدة بطبوغرافيتها وأمطارها جعلت من الجبل منطقة متميزة بغابة ماكي متوسطة دائمة الخضرة في وسط شبه صحراوي واسع الامتداد والمساحة، إنما المظهر العام لبيئة الجبل يوحي بفقر نسبي بالمياه يبدو واضحاً في تخلف الزراعة والصناعة ونقص مياه الخدمات المنزلية ومياه الشرب

رغم سقوط أمطار سنوية تختلف كمياتها من مكان لآخر ليتراوح مداها ما بين 963.4 ملم في شحات على المصطبة الثانية و 10.8 ملم في المخيلي عند نهاية السفح الجنوبي للجبل، إن تغير الأمطار بحسب المكان يرافقه تغير في كميات الأمطار ما بين سنة وأخرى في المكان الواحد وهذه طبيعة أمطار المناخ المتوسطي بشكل عام، على سبيل المثال تتغير كميات الأمطار السنوية في محطة شحات ما بين 963.4 ملم في سنة 1954 و 283.7 ملم في سنة 1958 خلال فترة الرصد الممتدة على 58 سنة، من عام 1945 إلى عام 2002، وعليه فإنه في حوض الجبل الأخضر يمكن تمييز مناطق شبه رطبة ومناطق جافة بحسب الموقع والمؤثرات المتحركة في كميات الساقط المطري، كما يمكن تمييز سنوات رطبة وافرة الأمطار وسنوات جافة قليلة الأمطار. إن السنوات الجافة بكميات أمطارها القليلة تعد من العوامل المحددة لأية خطة تنمية يراد تنفيذها في حوض الجبل الأخضر ما لم تراعى كيفية الاستفادة المثلى من كميات الساقط المطري في السنوات الرطبة لتغطية الندرة والعجز المائي في السنوات والفترات الجافة، والتي تتكفل بالنهوض بالواقع الزراعي والاقتصادي لهذه المنطقة التي تعد جوهر الأراضى الليبية.

ينصب جهد الباحثين في هذه الدراسة على المنهج العلمي الرياضي الكمي الإحصائي الهندسي لتقدير متوسط مكافئ فعلي للأمطار التي يستقبلها حوض الجبل الأخضر لكل من السنتين الحديتين الجافة والرطبة، وكذلك المتوسط المكافئ لسنة المعدل المطري التي على أساسها يقدر حجم الساقط المطري على الحوض ككل.



إن البيانات المطرية في هذه الدراسة تم جمعها من مصادر متعددة بحيث تم اختيار سلسلة السنوات الأطول في حال تضمنت تلك المصادر لسلاسل مختلفة من السنوات المدنية والهيدرولوجية، وعليه تم حصر بيانات مطرية شبه كاملة في 28 محطة اعتبرت رئيسية في هذه الدراسة، وبيانات مطرية ناقصة في 10 محطات اعتبرت هذه الدراسة ثانوية مساعدة في إنجاز هدف هذه الدراسة، حيث حسبت البيانات المطرية الناقصة من الباحثان وضمنت بين قوسين في الجدول (1) للعشر محطات الأخيرة، وعليه فهذه الدراسة تتناول المعطيات المطرية التي توفرت عن 38 محطة، لسلاسل سنوات مطرية تصل في بعض المحطات إلى 69 سنة، جمعت بياناتها على مدى فترة طويلة تمتد على نحو 15 عاماً استهلكت الكثير من الجهد والتدقيق والعمل المكتبي اللازم لظهور نتائج هذه الدراسة الكمية عن أقطار الجبل التي تعد الأولى من نوعها في الدراسات المناخية والهيدرولوجية الخاصة بحوض الجبل الأخضر في ليبيا، خصوصاً أنها دعمت بالجداول وبالخرائط المطرية الضرورية واللازمة لأية خطة تنمية مائية يتطلب تنفيذها في حوض الجبل الأخضر.

تتمثل مشكلة هذه الدراسة في ندرة مياه بعض أجزاء من الجبل الأخضر رغم استقباله معدل مطري سنوي يبلغ حوالي 7 مليار متر مكعب في السنة، هذا المعدل ناتج عن تأرجح قيم حجم الساقط المطري فوق حوض الجبل ما بين 2.5 مليار متر مكعب في السنة المطرية الحدية الجافة الأقل مطراً و 13.85 مليار متر مكعب في السنة المطرية الحدية الرطبة، هذه الكمية الأخيرة وكذلك كمية المعدل تستدعيان الفكر والجهد لتغيير وضع الندرة والفقر

والعوز المائي الواضح في كل نواحي الجبل وكل مجالات النشاطات الحيوية والبشرية فيه، سواءً في سنوات الجفاف أو في سنوات الكفاف المائي أو في سنوات الرطوبة الوفيرة القادرة على تعديل الوضع المائي العام في حوض الجبل لو أديرت برشد وحكمة.

يهدف هذا البحث لتوضيح الصورة والوضع المائي الذي يتمتع به حوض الجبل الأخضر، لتحفيز همم الباحثين ومقرري السياسات التنموية والعاملين في إدارة الموارد المائية، لوضع خطط وتنفيذ مشاريع تنموية مائية كفيلة بتغيير كلي لواقع الفقر المائي الحالي الناجم عن الإهمال وسوء إدارة الموارد المائية وباقي الموارد الحيوية، وتكفل أيضاً النهوض بالوضع الحيوي والاقتصادي العام عن طريق تنشيط المجتمع المحلي للمشاركة بمشاريع تنموية شاملة.

يكتسب هذا البحث أهميته من كونه يقدم تقديراً لحجم الساقط المطري الذي يظهر لأول مرة عن حوض الجبل الأخضر وفق طرق علمية منهجية مدروسة ودقيقة كطريقة مضلعات تيسن وقطاعات خطوط تساوي المطر، والتي يتلمس الباحثان دقتها من خلال معطيات ونتائج الجداول (من 1 إلى 8) والأشكال (من 1 إلى 8) والمحسوبة بدقة وفق بلانيمتر رقمي Placom وبلانيمتر عادي Ott، بعيداً عن التخمينات والتكهنات والتقديرات العشوائية التي توجد في بعض المجالات المنشورة ويسمع عنها في بعض المؤتمرات العلمية، والتي لا علاقة لها بالواقع المائي في حوض الجبل الأخضر، الذي يمثل الدرة المناخية والمائية من بين أحواض الأراضي الليبية، لذلك يعد هذا البحث ركيزة علمية يمكن أن تقوم

عليها الخطط المائية السليمة في حوض الجبل الأخضر بحال توفر الإرادة والجهد اللازمين لتنفيذها.

### تساؤلات الدراسة:

- 1- ما قيم المتوسط المكافئ للأمطار الساقطة على مساحة حوض الجبل الأخضر في سنوات المعدل المطري، أو عند حدود الجفاف والرطوبة في السنوات الجافة والرطبة؟
- 2- كم تبلغ قيمة معدل حجم الساقط المطري السنوي على حوض الجبل الأخضر؟
- 3- ما مدى تغير حجم الساقط المطري بين الحدود الدنيا والعليا في السنتين الحديتين؛ الجافة الأقل مطراً والرطوبة الأكثر مطراً في مجمل مساحة حوض الجبل الأخضر؟

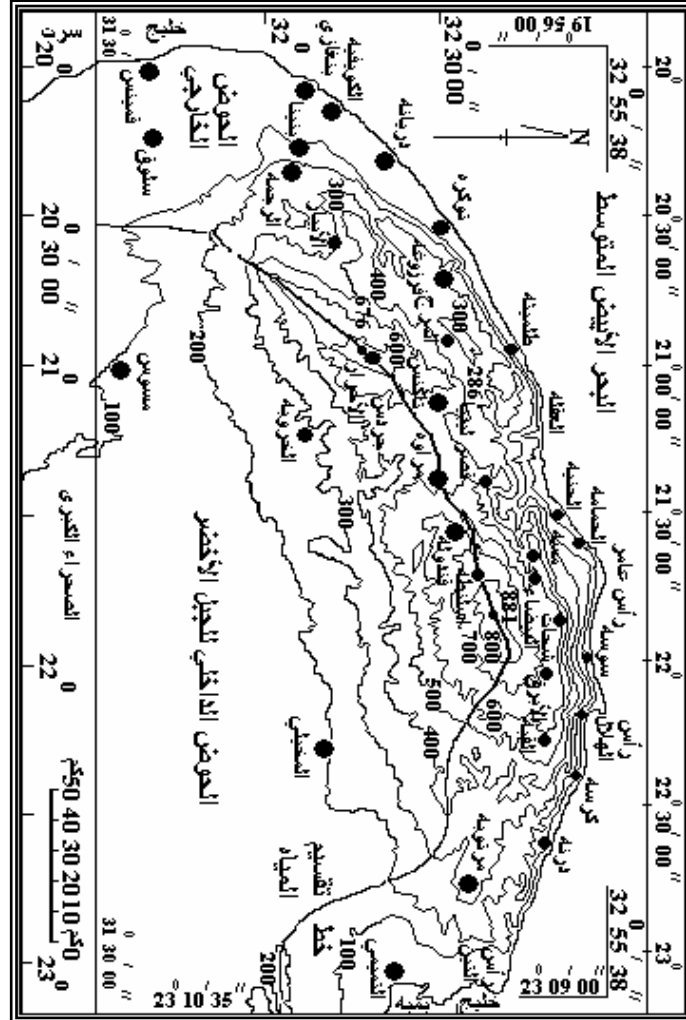
يحاول الباحثان جاهدين في هذه الدراسة الإجابة على هذه التساؤلات وفق منهج علمي دقيق باستخدام الأدوات المكتبية والمساحية اللازمة، وتوضيح النتائج في جداول وخرائط كفيلة بالإجابة العلمية الدقيقة الشافية.

### التعريف بحوض إقليم الجبل الأخضر وموقعه الجغرافي والفلكي:

يحتل حوض الجبل الأخضر مساحة تقدر بنحو 37625 كم<sup>2</sup> تمثل شبه جزيرة تقع في شمال شرق ليبيا يحدها من الشرق خليج البمبة، ومن الغرب خليج سرت، ومن الشمال البحر الأبيض المتوسط، ومن الجنوب الصحراء الكبرى، تساهم كتلة الجبل الأخضر الهضبية البيضاوية الشكل بنحو 23000 كم<sup>2</sup>، هذه المساحة تمثل منطقة التغذية المائية الرئيسة في الحوض، أما باقي المساحة المقدرة بنحو 14625 كم<sup>2</sup>، والمتمثلة بالشريط الساحلي الشرقي والشمالى للجبل وسهل بنغازي والسهل الجنوبي الحاوي للبلط التي تتجمع فيها مياه السيول

المنحدرة من السفوح الجنوبية للجبل الأخضر، فتمثل منطقة الصرف المائي في حوض الجبل الأخضر.

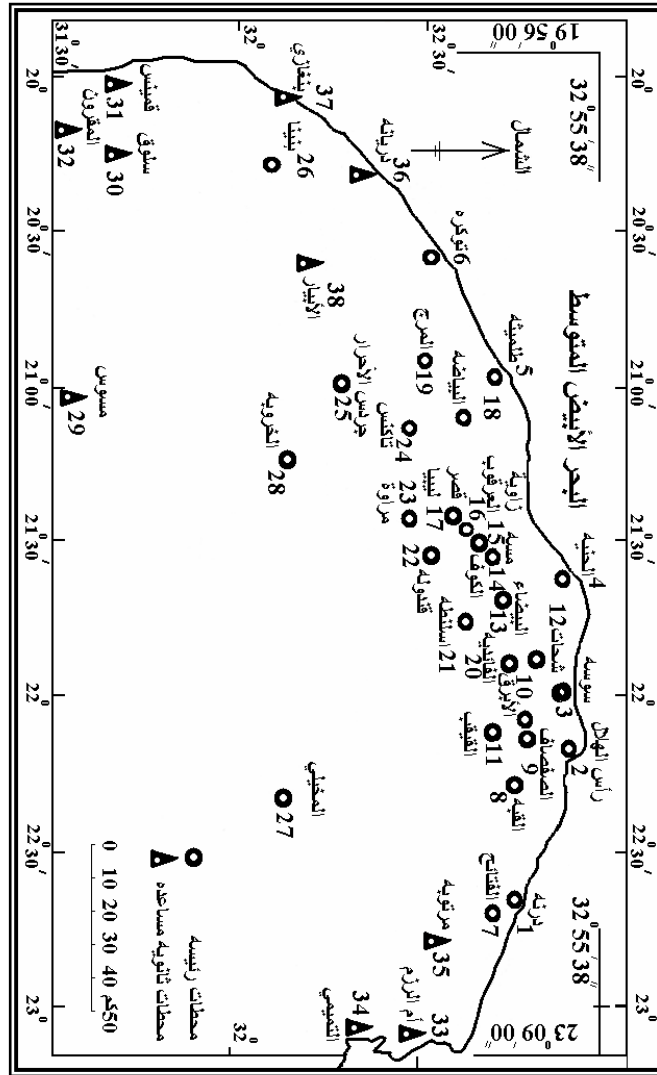
من الناحية الفلكية فإن حوض الجبل الأخضر ينحصر ما بين دائرة العرض  $31^{\circ}30'00''$  شمالاً، حيث توجد بلطة عبد الحفيظ بالقرب من زاوية مسوس، و دائرة عرض  $32^{\circ}55'38''$  المارة برأس عامر شمالاً، كما يحده من الغرب خط الطول  $19^{\circ}56'00''$  شرقاً الذي يفصله عن خليج سرت، ومن الشرق خط الطول  $23^{\circ}09'00''$  شرقاً الذي يفصله عن خليج البمبة شرقاً، شكل(1).



شكل (1): خارطة الوضع الطبوغرافي والفلكي للجبل الأخضر في ليبيا، وحوضه المائي مبين عليه خط تقسيم المياه وحوضيه الداخلي والخارجي، (عن الحنفي، 2010)<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>- محمد غازي الحنفي، (2010) الحوض المائي للجبل الأخضر، دراسة طبوغرافية هيسومترية، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 8، جامعة عمر المختار، البيضاء.

المحطات المطرية المعتمدة في الدراسة: شكل (2) وجدول (1).



شكل (2): خارطة مواقع وأسماء المحطات المدروسة أمطارها في حوض الجبل الأخضر، وأرقامها الإشارية المعتمدة في هذه الدراسة، من عمل الباحثين.

جدول (1): الأرقام الإشارية ومصادر بيانات المحطات الرئيسية والثانوية المدروسة أمطارها لحساب المتوسط المكافئ للأمطار والتقدير الكمي للتساقط المطري على حوض الجبل الأخضر، القيم (13)، (145.6) حسبها الباحثان بالاعتماد على انحراف أمطار المخيلي عن المعدل.

الرقم الإشاري	المحطة	الارتفاع (م)	سلسلة سنوات الرصد المطري	السنة الأكثر مطراً	أمطارها (ملم)	السنة الأقل مطراً	أمطارها (ملم)	المعدل السنوي (ملم)	السنوات المسجلة أمطارها	المصدر
1- محطات رئيسية كاملة البيانات										
1	درنة	8	2000-1946	1998	562.7	1951	124.4	292.5	55	الأرصاد
2	رأس الهلال	15	2000-1959	1960	613.2	1977	138.5	362.9	42	الأرصاد
3	سوسة	10	2000-1930	1932	570.5	1977	134.5	360.1	55	الأرصاد
4	الحنية	6	2000-1934	1978	664.7	1960	84.1	335.3	50	الأرصاد
5	ظلمينة	5	2000-1933	1957	897	1933	87.1	346.2	64	الأرصاد
6	توكره	13	2000-1929	1966	702.8	1958	75.1	319.1	58	الأرصاد
7	الفتاح	----	2000-1970	1991	919.8	1970	153.7	343.6	31	الأرصاد
8	القبّة	607	1990-1960	1978	584.9	1990	150.9	378.8	31	سعيد
9	الصفصاف	653	1975-1965	1968	548	1975	372.5	446.8	11	سعيد
10	الأبرق	682	2000-1963	1988	548.7	1993	215	392.9	38	الأرصاد
11	القيقب	----	1999-1932	1981	631.6	1967	142.6	336.8	44	الأرصاد
12	شحات	625	2002-1945	1954	963.4	1958	283.7	563.6	58	محمود
13	البيضاء	602	2000-1931	1957	838.2	1980	271.9	518	55	الأرصاد
14	مسّة	504	1995-1933	1938	866.3	1982	180	573.5	49	الأرصاد
15	الكوف	451	1995-1981	1981	713.6	1993	252.7	413.5	15	سعيد
16	زاوية العرقوب	465	-71/70 2004/2003	81/80	444.8	76/75	97.2	271.4	33	عطيه
17	قصر ليبيا	462	-71/70 2004/2003	72/71	484.4	94/93	123	293	33	عطيه
18	البيضاء	350	1981-1955	1961	531	1970	109	299.7	27	الأرصاد
19	المرج	300	2000-1919	1929	773.3	1958	171.8	415.4	69	الأرصاد
20	الفاندية	748	1992-1960	1991	782.1	1970	139	451.5	33	الأرصاد
21	أسلنطة	800	2000-1921	1994	814	1933	191.5	433	50	الأرصاد
22	قندولة	608	-71/70 2004/2003	92/91	557	85/84	170.1	275.5	33	عطيه
23	مرواه	510	1993-1927	1928	523.1	1931	105.3	281.6	46	الأرصاد
24	تاكنس	440	1981-1928	1929	594	1967	95.1	278.1	32	الأرصاد
25	جرديس الأحرار	600	1975-1966	1966	397	1967	161	258	10	سعيد
26	بنينا	132	2000-1945	1996	454.1	1958	105.2	292.9	56	الأرصاد

المصدر	السنوات المسجلة أمطارها	المعدل السنوي (ملم)	أمطارها (ملم)	السنة الأقل مطراً	أمطارها (ملم)	السنة الأكثر مطراً	سلسلة سنوات الرصد المطري	الارتفاع (م)	المحطة	الرقم الإشاري
C. Lotti	18	55.3	10.8	1937	120.9	1934	1980-1925	180	المخيلي	27
سعيد	4	92.7	40.9	1979	199	1981	1982-1979	285	الخروية	28
2- محطات ثانوية مساعدة ناقصة البيانات تمت الاستعانة بها										
Selkh	4	66.6	(13)		(145.6)		1982-1979		مسوس	29
لامه		176.8	(34.5)		(386.5)			61	سلوق	30
محسن		154.6	(31.1)		(338)				قمينس	31
محسن		159.5	(31.2)		(348.7)				المقرون	32
محسن		166.4	(32.4)		(360.8)				أم الرزم	33
محسن		78.7	(15.4)		(172)				التميمي	34
محسن		155.2	(31.1)		(339)				مرتوية	35
Selkh		219.2	(42.7)		(479)				دريانه	36
الهادي		266	(51.9)		(581.5)				بنغازي	37
محسن		252.7	(49.3)		(532.4)				الأيبار	38

أولاً- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري وفق طريقة تيسن:

1- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري لمعدل الساقط المطري

السنوي على حوض الجبل الأخضر:

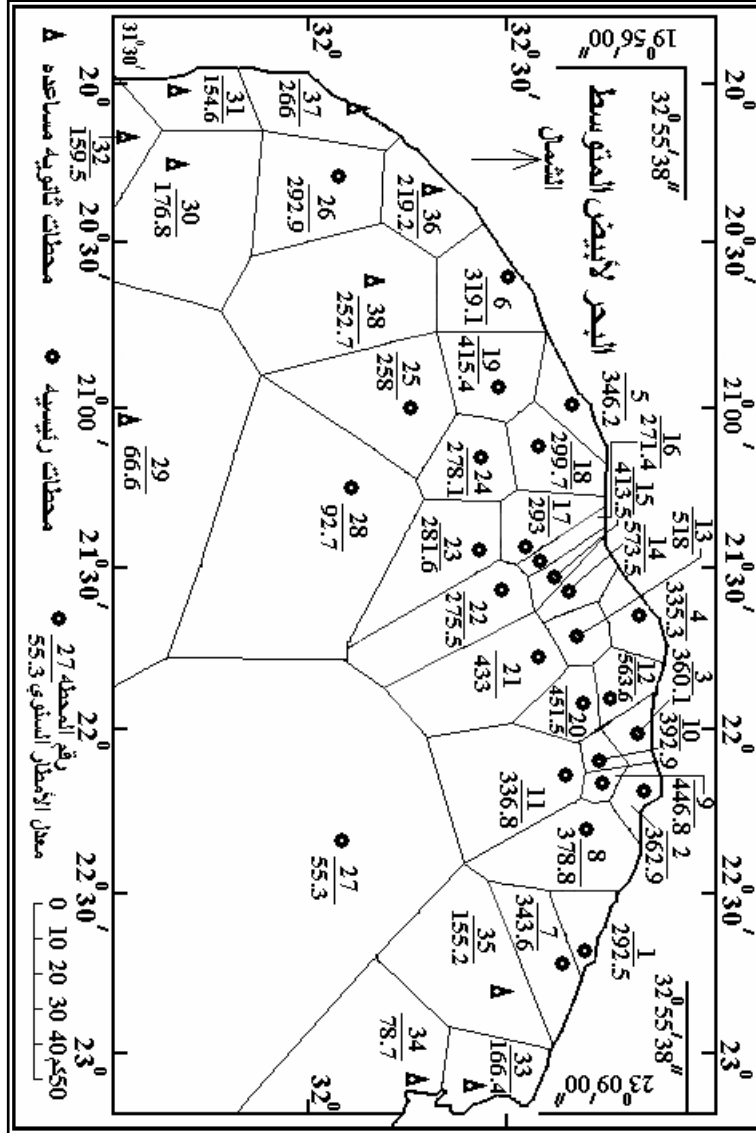
من خلال الجدول (2) يظهر أن المتوسط المكافئ للأمطار الحوض يبلغ حوالي 188.61 ملم/السنة، وحجم معدل التساقط يبلغ حوالي 7.096 مليار متر مكعب في السنة، مع ملاحظة أن المتوسط الحسابي البالغ نحو 299.4 ملم/سنة لا يمثل المعدل الفعلي للأمطار المسجلة في 38 محطة، والتي تتغير فيها الأمطار مكانياً ما بين 563.6 ملم في محطة شحات الحاملة رقم 12، و 55.3 ملم في محطة المخيلي ذات الرقم الإشاري 27، شكل (3) وجدول (2).



## 2- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري للسنة الرطبة أي الأكثر مطراً على حوض الجبل الأخضر:

إن المتوسط المكافئ المحسوب للسنة الأكثر مطراً وفق طريقة تيسن في 38 محطة مسجلة أمطارها في الحوض المدروس، يبلغ حوالي 368.27 ملم/سنة، وحجم الساقط المطري السنوي الرطب يبلغ حوالي 13.856 مليار متر مكعب في السنة، في حين أن المتوسط الحسابي للأمطار في هذه السنة الرطبة يبلغ نحو 552.2 ملم/ السنة، وهو لا يمثل المعدل الفعلي للأمطار الساقطة على الحوض بسبب كثافة المحطات العالية نسبياً في الجبل مقابل كثافة ضعيفة للمحطات في المنطقة الجافة شبه الصحراوية في جنوب الجبل، في السنة الرطبة ذات الأمطار السنوية الأكثر تتغير الأمطار مكانياً من 963.4 ملم في شحات و 120.9 ملم/سنة رطبة في المخيلي، شكل (4) وجدول (3).

## 3- حساب المتوسط وحجم الساقط المطري خلال السنة الجافة أي الأقل مطراً على حوض الجبل الأخضر: يتراوح التغير المكاني للأمطار السنة الجافة الأقل مطراً في محطات الجبل المتناولة في هذه الدراسة بين 372.5 ملم في الصفصاف و 10.8 ملم/ سنة جافة في المخيلي وفق البيانات التي تم الحصول عليها والمعتمدة في هذه الدراسة، بحسب طريقة تيسن فإن المتوسط المكافئ للأمطار السنة الجافة الساقطة على حوض الجبل يبلغ حوالي 65.4 ملم/ السنة الجافة الأقل مطراً، في حين يبلغ حجم الساقط المطري لهذه السنة الأقل مطراً حوالي 2.4588 مليار متر مكعب/السنة الجافة وفق طريقة تيسن، إن المتوسط الحسابي للأمطار 38 محطة مسجلة أمطارها يبلغ حوالي 119.4 ملم/ السنة الجافة، كذلك فهو بعيد جداً عن قيمة المعدل أي المتوسط المكافئ اللازم لتقدير حجم الساقط المطري على حوض الجبل الأخضر، شكل (5) و جدول (4).

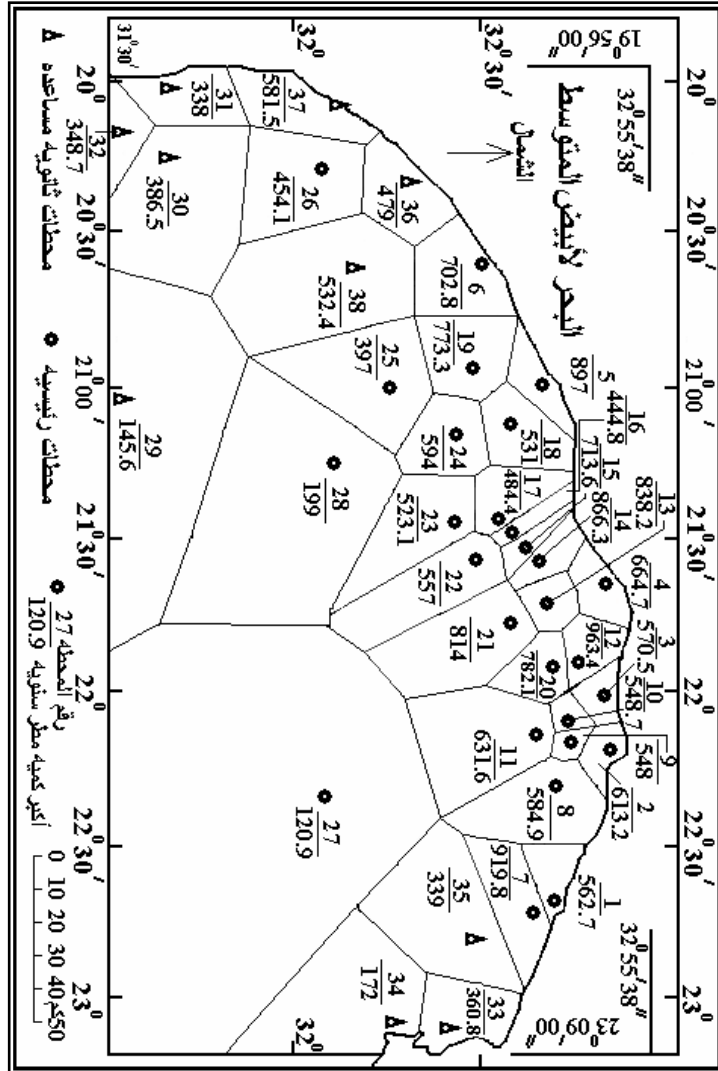


شكل (3): خارطة لحوض الجبل الأخضر مزوده بمضلعات تيسن ومعدلات الأمطار السنوية في 38 محطة من أجل حساب المتوسط المكافئ لمعدلات الأمطار على حوض الجبل الأخضر، وحساب حجم المعدل السنوي للساقط المطري على الحوض، من عمل الباحثين.

جدول (2): المتوسط المكافئ للأمطار، وحجم معدل الساقط المطري السنوي فوق حوض الجبل الأخضر وفق طريقة تيسن، بالإضافة للمتوسط الحسابي لمعدل الأمطار في 38 محطة، من عمل الباحثين.

حجم معدل الساقط المطري السنوي (م <sup>3</sup> )	معدل الأمطار السنوي		مساحة المضلع		رقم المحطة أو رقم المضلع	اسم المحطة
	(م)	(مم)	(م <sup>2</sup> )	(م <sup>2</sup> )		
69582561.75	0.2925	292.5	237889100	237.8891	1	درنة
62785445.13	0.3629	362.9	173010320	173.01032	2	رأس الهلال
54513389.2	0.3601	360.1	151384030	151.38403	3	سوسة
101518130.5	0.3353	335.3	302768060	302.76806	4	الحنيه
97331256.54	0.3462	346.2	281141700	281.1417	5	ظميثة
200127528.2	0.3191	319.1	627162420	627.16242	6	توكره
215493000.6	0.3436	343.6	627162400	627.1624	7	الفتاح
344065631	0.3788	378.8	908304200	908.3042	8	القبة
48313109.52	0.446.8	446.8	108131400	108.1314	9	الصفصاف
50981800.33	0.3929	392.9	129757700	129.7577	10	الأبرق
378754165.6	0.3368	336.8	1124567000	1124.567	11	القيقب
146262924.5	0.5636	563.6	259515480	259.51548	12	شحات
112024026.8	0.5180	518	216262600	216.2626	13	البيضاء
161234805.1	0.5735	573.5	281141770	281.14177	14	مسة
80482238.24	0.4135	413.5	194636610	194.63661	15	الكوف
41085617.6	0.2714	271.4	151384000	151.3840	16	زاوية العرقوب
152076053.7	0.2930	293	519030900	519.0309	17	قصر ليبيا
136109384.4	0.2997	299.7	454152100	454.1521	18	البيضاء
242556147.5	0.4154	415.4	583909840	583.90984	19	المرج
156228323.5	0.4515	451.5	346020650	346.02065	20	الفاندية
449480802.7	0.4330	433	1038061900	1038.0619	21	أسلنطة
214489549.7	0.2755	275.5	778546460	778.54646	22	قندولة
243598536.2	0.2816	281.6	865051620	865.05162	23	مرواه
162385315.4	0.2781	278.1	583909800	583.9098	24	تاكنس
290138311.8	0.2580	258	1124567100	1124.5671	25	جرسد الأحرار
297713987.2	0.2929	292.9	1016435600	1016.4356	26	بنينا
509205572	0.0553	55.3	9208057360	9208.05736	27	المخيلي

حجم معدل الساقط المطري السنوي (م <sup>3</sup> )	معدل الأمطار السنوي		مساحة المضلع		رقم المحطة أو رقم المضلع	اسم المحطة
	(م)	(ملم)	(م <sup>2</sup> )	(كم <sup>2</sup> )		
330784839.9	0.0927	92.7	3568337000	3568.337	28	الخروبة
207404721	0.0666	66.6	3114185000	3114.185	29	مسوس
317352817.6	0.1768	176.8	1794982000	1794.982	30	سلوق
63525065.79	0.1546	154.6	410899520	410.89952	31	قمينس
34493932.55	0.1595	159.5	216262900	216.2629	32	المقرون
89965358.08	0.1664	166.4	540657200	540.6572	33	أم الرزم
119139231.6	0.0787	78.7	1513840300	1513.8403	34	التميمي
204740414.2	0.1552	155.2	1319203700	1319.2037	35	مرتوبة
118512058.2	0.2192	219.2	540657200	540.6572	36	دريانه
143814831.2	0.2660	266	540657260	540.65726	37	بنغازي
448127010.7	0.2527	252.7	1773355800	1773.3558	38	الأبيار
7096397896			37625000000	37625		المجموع
		299.4052632				المتوسط
<b>188.608582</b>			<b>المتوسط المكافئ للأمطار (ملم)</b>			

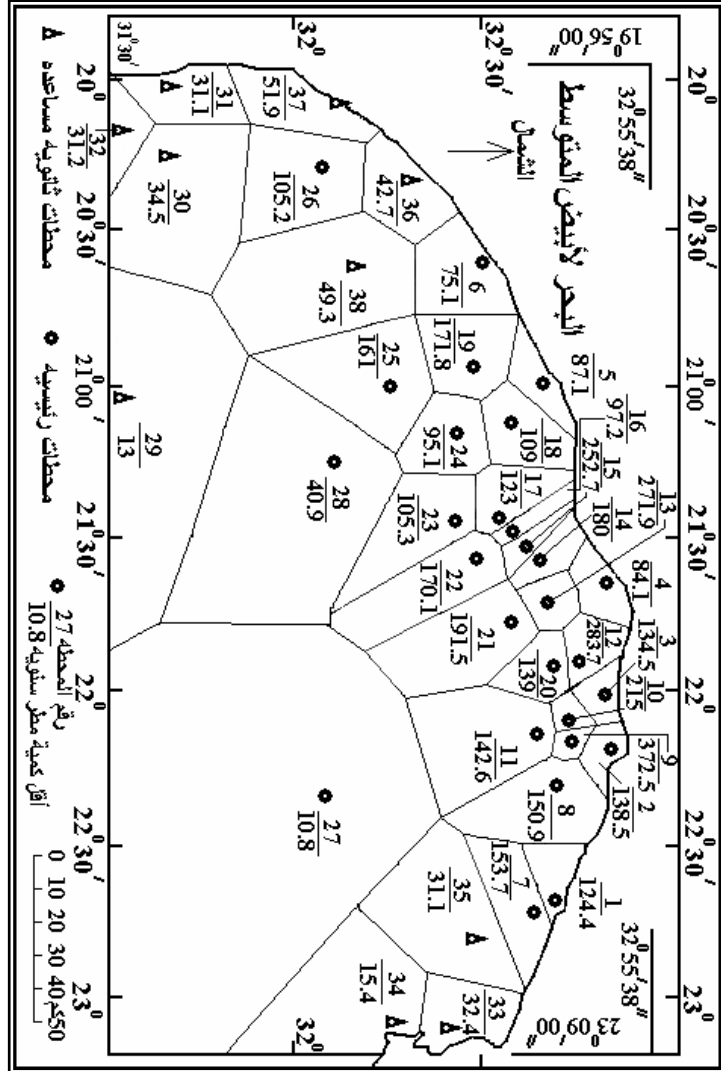


شكل (4): خارطة لحوض الجبل الأخضر مزوده بمضلعات تيسن وأكبر كمية أمطار سنوية في 38 محطة من أجل حساب المتوسط المكافئ لمعدلات الأمطار على حوض الجبل الأخضر، وحساب حجم المعدل السنوي للساقط المطري على الحوض في السنة الرطبة الأكثر مطراً، من عمل الباحثين.

جدول (3): المتوسط المكافئ لأمطار السنة الأكثر مطراً وحجم الساقط المطري وفق طريقة تيسن فوق حوض الجبل الأخضر، بالإضافة للمتوسط الحسابي لأمطار السنة الرطبة في 38 محطة مطرية، من عمل الباحثين.

حجم أكبر كمية للساقط المطري السنوي (م3)	أكبر كمية أمطار سنوية		مساحة المضع		رقم المحطة أو رقم المضع	اسم المحطة
	(م)	(مم)	(م <sup>2</sup> )	(كم <sup>2</sup> )		
133860196.6	0.5627	562.7	237889100	237.8891	1	درنة
106089928.2	0.6132	613.2	173010320	173.01032	2	رأس الهلال
86364589.12	0.5705	570.5	151384030	151.38403	3	سوسة
201249929.5	0.6647	664.7	302768060	302.76806	4	الحنية
252184104.9	0.897	897	281141700	281.1417	5	ظلمينة
440769748.8	0.7028	702.8	627162420	627.16242	6	توكره
576863975.5	0.9198	919.8	627162400	627.1624	7	الفتاح
531267126.6	0.5849	584.9	908304200	908.3042	8	القبة
59256007.2	0.548	548	108131400	108.1314	9	الصفصاف
71198049.99	0.5487	548.7	129757700	129.7577	10	الأبرق
710276517.2	0.6316	631.6	1124567000	1124.567	11	القيقب
250017213.4	0.9634	963.4	259515480	259.51548	12	شحات
181271311.3	0.8382	838.2	216262600	216.2626	13	البيضاء
243553115.4	0.8663	866.3	281141770	281.14177	14	مسة
138892684.9	0.7136	713.6	194636610	194.63661	15	الكوف
67335603.2	0.4448	444.8	151384000	151.3840	16	زاوية العرقوب
251418568	0.4844	484.4	519030900	519.0309	17	قصر ليبيا
241154765.1	0.531	531	454152100	454.1521	18	البيضاء
451537479.3	0.7733	773.3	583909840	583.90984	19	المرج
270622750.4	0.7821	782.1	346020650	346.02065	20	الفاندية
844982386.6	0.814	814	1038061900	1038.0619	21	أسلنطة
433650378.2	0.557	557	778546460	778.54646	22	قندولة
452508502.4	0.5231	523.1	865051620	865.05162	23	مرواه
346842421.2	0.594	594	583909800	583.9098	24	تاكنس
446453138.7	0.397	397	1124567100	1124.5671	25	جردس الأحرار
461563406	0.4541	454.1	1016435600	1016.4356	26	بنينا
1113254135	0.1209	120.9	9208057360	9208.05736	27	المخيلي

حجم أكبر كمية للساقط المطري (السنوي (م3)	أكبر كمية أمطار سنوية		مساحة المضلع		رقم المحطة أو رقم المضلع	اسم المحطة
	(م)	(ملم)	(م <sup>2</sup> )	(كم <sup>2</sup> )		
710099063	0.199	199	3568337000	3568.337	28	الخروبة
453425336	0.1456	(145.6)	3114185000	3114.185	29	مسوس
693760543	0.3865	(386.5)	1794982000	1794.982	30	سلوق
138884037.8	0.338	(338)	410899520	410.89952	31	قمينس
75410873.23	0.3487	(348.7)	216262900	216.2629	32	المقرون
195069117.8	0.3608	(360.8)	540657200	540.6572	33	أم الرزم
260380531.6	0.172	(172)	1513840300	1513.8403	34	التميمي
447210054.3	0.339	(339)	1319203700	1319.2037	35	مرتوبة
258974798.8	0.479	(479)	540657200	540.6572	36	درياته
314392196.7	0.5815	(581.5)	540657260	540.65726	37	بنغازي
944134627.9	0.5324	(532.4)	1773355800	1773.3558	38	الأبيار
13856179212		20983.6	3762500000	37625		المجموع
		552.2				المتوسط
<b>368.270544</b>		<b>المتوسط المكافئ للأمطار (ملم)</b>				



شكل (5): خارطة لحوض الجبل الأخضر مزوده بمضلعات تيسن وأقل كمية أمطار سنوية في 38 محطة من أجل حساب المتوسط المكافئ لمعدلات الأمطار على حوض الجبل الأخضر، وحساب حجم المعدل السنوي للساقط المطري على الحوض في السنة الجافة الأقل مطراً، من عمل الباحثين.



جدول (4): المتوسط المكافئ لأمطار السنة الجافة الأقل مطراً، وحجم الساقط المطري خلالها على حوض الجبل الأخضر وفق طريقة تيسن، بالإضافة للمتوسط الحسابي لأمطار السنة الجافة في 38 محطة مطرية، من عمل الباحثين.

حجم أقل كمية للساقط المطري السنوي (م3)	أقل كمية أمطار سنوية		مساحة المضلع		رقم المحطة أو رقم المضلع	اسم المحطة
	(م)	(مم)	(م <sup>2</sup> )	(كم <sup>2</sup> )		
29593404.04	0.1244	124.4	237889100	237.8891	1	درنة
23961929.32	0.1385	138.5	173010320	173.01032	2	رأس الهلال
20361152.04	0.1345	134.5	151384030	151.38403	3	سوسة
25462793.85	0.0841	84.1	302768060	302.76806	4	الحنية
24487442.07	0.0871	87.1	281141700	281.1417	5	ظلمية
47099897.74	0.0751	75.1	627162420	627.16242	6	توكره
96394860.88	0.1537	153.7	627162400	627.1624	7	الفتانح
137063103.8	0.1509	150.9	908304200	908.3042	8	القبة
40278946.5	0.3725	372.5	108131400	108.1314	9	الصفصاف
27897905.5	0.215	215	129757700	129.7577	10	الأبرق
160363254.2	0.1426	142.6	1124567000	1124.567	11	القيقب
73624541.68	0.2837	283.7	259515480	259.51548	12	شحات
58801800.94	0.2719	271.9	216262600	216.2626	13	البيضاء
50605518.6	0.18	180	281141770	281.14177	14	مسة
49184671.35	0.2527	252.7	194636610	194.63661	15	الكوف
14714524.8	0.0972	97.2	151384000	151.3840	16	زاوية العرقوب
63840800.7	0.123	123	519030900	519.0309	17	قصر ليبيا
49502578.9	0.109	109	454152100	454.1521	18	البياضة
100315710.5	0.1718	171.8	583909840	583.90984	19	المرج
48096870.35	0.139	139	346020650	346.02065	20	الفاندية
198788853.9	0.1915	191.5	1038061900	1038.0619	21	أسلنطة
132430752.8	0.1701	170.1	778546460	778.54646	22	قندولة
91089935.59	0.1053	105.3	865051620	865.05162	23	مرواه
55529821.98	0.0951	95.1	583909800	583.9098	24	تاكنس
181055303.1	0.161	161	1124567100	1124.5671	25	جرديس الأحرار
106929025.1	0.1052	105.2	1016435600	1016.4356	26	بنينا
99447019.49	0.0108	10.8	9208057360	9208.05736	27	المخيلي
حجم أقل كمية	أقل كمية أمطار سنوية		مساحة المضلع		رقم	اسم

المحطة	المحطة أو رقم المضلع	(كم <sup>2</sup> )	(م <sup>2</sup> )	(مم)	(م)	للساقط المطري السنوي (م3)
الخروبة	28	3568.337	3568337000	40.9	0.0409	145944983.3
مسوس	29	3114.185	3114185000	(13)	0.0013	4048440.5
سلوق	30	1794.982	1794982000	(34.5)	0.0345	61926879
قمينس	31	410.89952	410899520	(31.1)	0.0311	12778975.07
المقرون	32	216.2629	216262900	(31.2)	0.0312	6747402.48
أم الرزم	33	540.6572	540657200	(32.4)	0.0324	17517293.28
التميمي	34	1513.8403	1513840300	(15.4)	0.0154	23313140.62
مرتوية	35	1319.2037	1319203700	(31.1)	0.0311	41027235.07
دريانه	36	540.6572	540657200	(42.7)	0.0427	23086062.44
بنغازي	37	540.65726	540657260	(51.9)	0.0519	28060111.79
الأبيار	38	1773.3558	1773355800	(49.3)	0.0493	87426440.94
المجموع		37625	3762500000	4536.2		2458799384
المتوسط				119.3736842		
				<b>65.35015</b>		
<b>المتوسط المكافئ للأمطار (مم)</b>						

ثانياً- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري وفق خطوط تساوي المطر فوق حوض الجبل الأخضر:

1- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري لمعدل الساقط المطري السنوي على حوض الجبل الأخضر:

إن المتوسط المكافئ لمعدل الأمطار الساقطة، والمسجلة في 38 محطة في حوض الجبل الأخضر والمستخدمة بياناتها المطرية في هذه الدراسة، والموزعة بين 6 قطاعات مطرية بفارق 100 ملم بين كل خطي مطر، ما عدا القطاعين الحديين؛ القطاع الأعلى يبدأ من 573.5 إلى 500 ملم، حيث القيمة 573.5 ملم تمثل أعلى معدل للأمطار في مسة، القطاع الأدنى محصور بين 100 و 55.3 ملم التي تمثل القيمة الدنيا لمعدل الأمطار في المخيلي على مستوى حوض الجبل الأخضر ككل، بلغ المتوسط المكافئ لمعدل أمطار الحوض حوالي 183.37 ملم/السنة، وبلغ حجم معدل الساقط المطري السنوي حوالي 6.899 مليار متر مكعب في السنة، إن المتوسط الحسابي لمعدلات الأمطار السنوية البالغ 302.4 ملم/السنة لا يمثل معدل الساقط المطري فوق الحوض، شكل (6) و جدول (5).

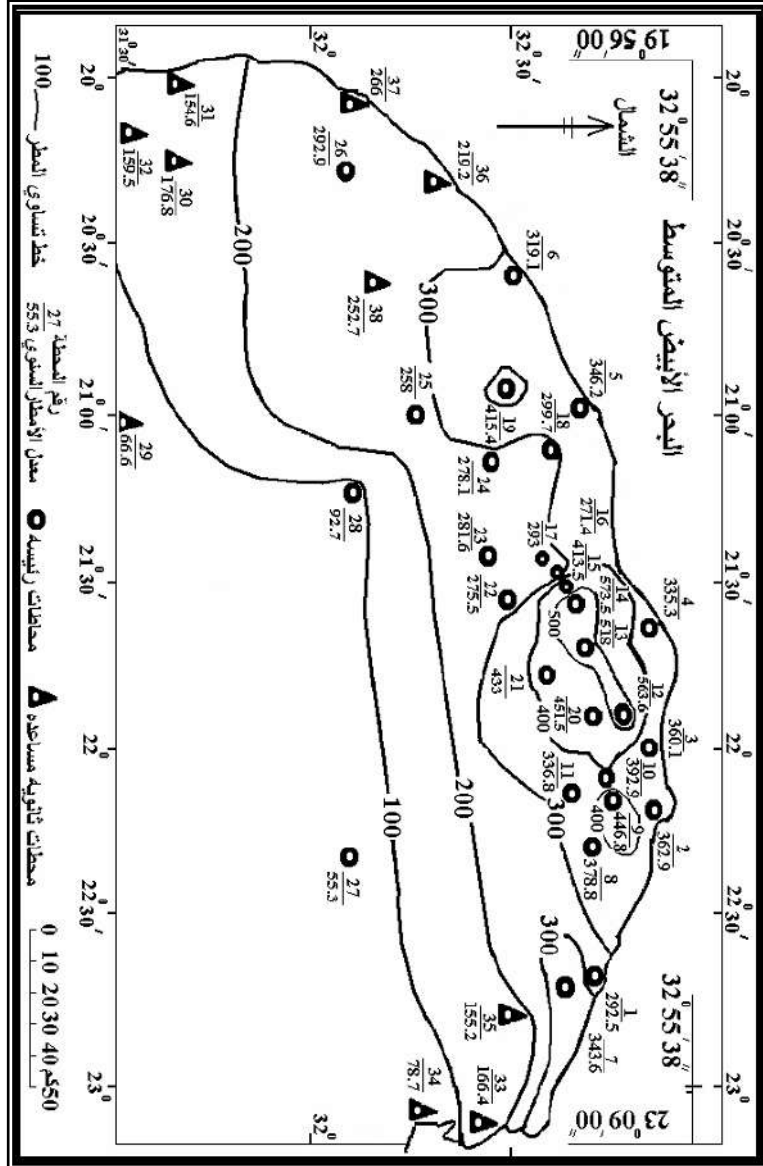
2- حساب المتوسط المكافئ وحجم الساقط المطري للسنة الرطبة أي الأكثر مطراً على حوض الجبل الأخضر:

تتوزع أمطار السنة الرطبة أي الأكثر أمطاراً في حوض الجبل الأخضر في تسع قطاعات مطرية بفارق 100 ملم بين كل خطي مطر، ما عدا القطاع الأعلى الذي ينحصر بين 963.4 ملم في شحات وخط 900 ملم، والقطاع الأدنى ينحصر بين خط 200 ملم و

120.9 ملم الممثلة لأمطار المخيلي في السنة الرطبة في حوض الجبل، إن المتوسط المكافئ لأمطار السنة الرطبة الأكثر مطراً بلغ حوالي 368 ملم/السنة الرطبة، وبلغ حجم الساقط المطري السنوي الرطب حوالي 13.847 مليار متر مكعب في السنة الرطبة، إن المتوسط الحسابي لأمطار السنة الرطبة يبلغ 552.2 ملم/ السنة، وهو بعيد كثيراً عن قيمة المعدل الفعلي للساقط المطري على الحوض، وذلك راجع لعدم انتظام التغير المكاني لتوزيع الأمطار، شكل (7) وجدول (6).

### 3- حساب المتوسط وحجم الساقط المطري خلال السنة الجافة أي الأقل مطراً على حوض الجبل الأخضر:

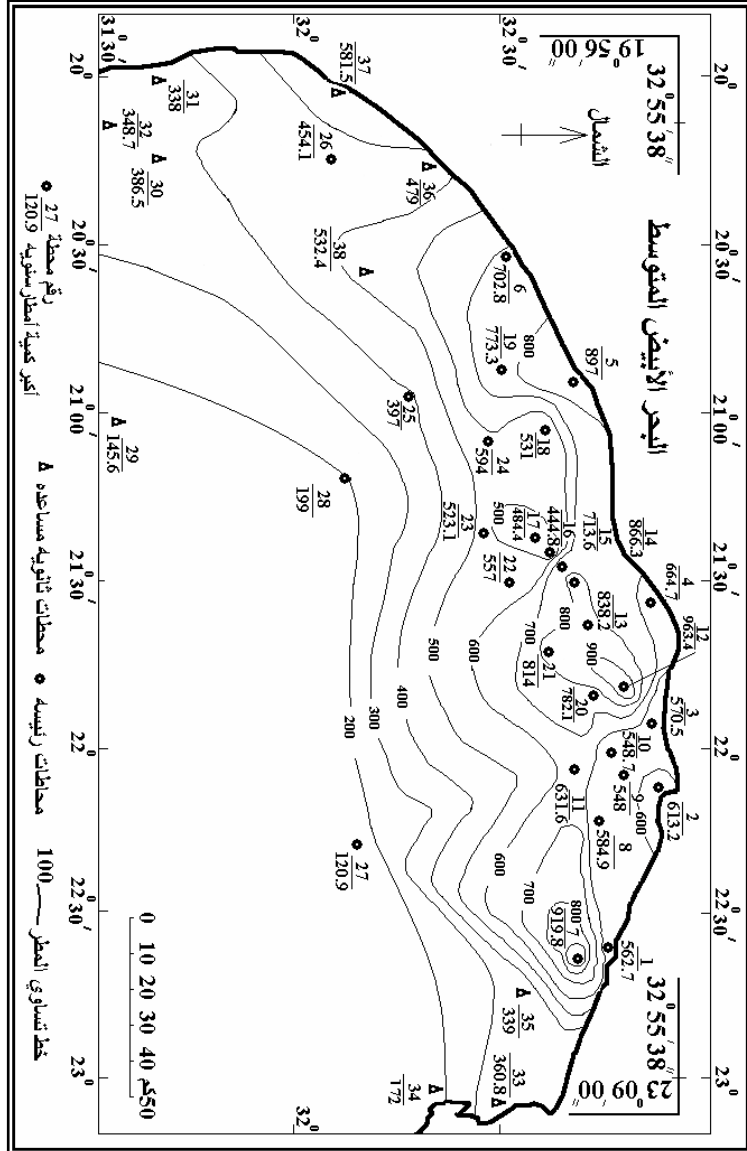
تحدد الخارطة المطرية للسنة الجافة ذات الأمطار الأقل في الجبل الأخضر في أربع قطاعات مطرية فقط بفارق 100 ملم بين كل خطي مطر، القطاع الأعلى يتراوح بين 372.5 ملم في الصفصاف وخط 300 ملم، القطاع الأدنى ينحصر بين خط 100ملم و 10.8 ملم في محطة المخيلي، يبلغ المتوسط المكافئ لأمطار السنة الجافة الأقل مطراً في الجبل حوالي 80.3 ملم/ السنة الجافة، وحجم الساقط المطري يبلغ حوالي 3.022 مليار متر مكعب في السنة الجافة الأقل مطراً في حوض الجبل الأخضر، إن المتوسط الحسابي للأمطار السنة الجافة قليلة المطر يبلغ نحو 119.4 ملم لعدد 38 محطة معتمدة بياناتها في هذه الدراسة، وهذه القيمة بعيدة أيضاً عن الحقيقة، شكل (8) وجدول (7).



شكل (6): الخارطة المطرية لمعدل الأمطار السنوية في حوض إقليم الجبل الأخضر، من عمل الباحثين.

جدول (5): المتوسط المكافئ للأمطار، وحجم معدل الساقط المطري السنوي فوق حوض الجبل الأخضر وفق طريقة خطوط تساوي المطر، بالإضافة للمتوسط الحسابي لمعدل الأمطار في 38 محطة، من عمل الباحثين.

رقم القطاع	القطاع المطري (مم)	المتوسط الحسابي للأمطار (مم)	المتوسط الحسابي للأمطار (م)	مساحة القطاع (كم <sup>2</sup> )
1	500-573.5	536.75	0.53675	367.28706
2	400-500	450	0.45	1176.974595
3	300-400	350	0.35	4176.97189
4	200-300	250	0.25	9643.392565
5	100-200	150	0.15	7896.6716
6	55.3-100	77.65	0.07765	14363.70229
المجموع				37625
المتوسط		302.4		
رقم القطاع	مساحة القطاع (م <sup>2</sup> )	حجم الساقط المطري (م <sup>3</sup> )	المتوسط المكافئ للأمطار (مم)	
1	367287060	197141329.5		
2	1176974595	529638567.8		
3	4176971890	1461940162		
4	9643392565	2410848141		
5	7896671600	1184500740		
6	14363702290	1115341483		
المجموع	37625000000	6899410423		
المتوسط			183.37303	

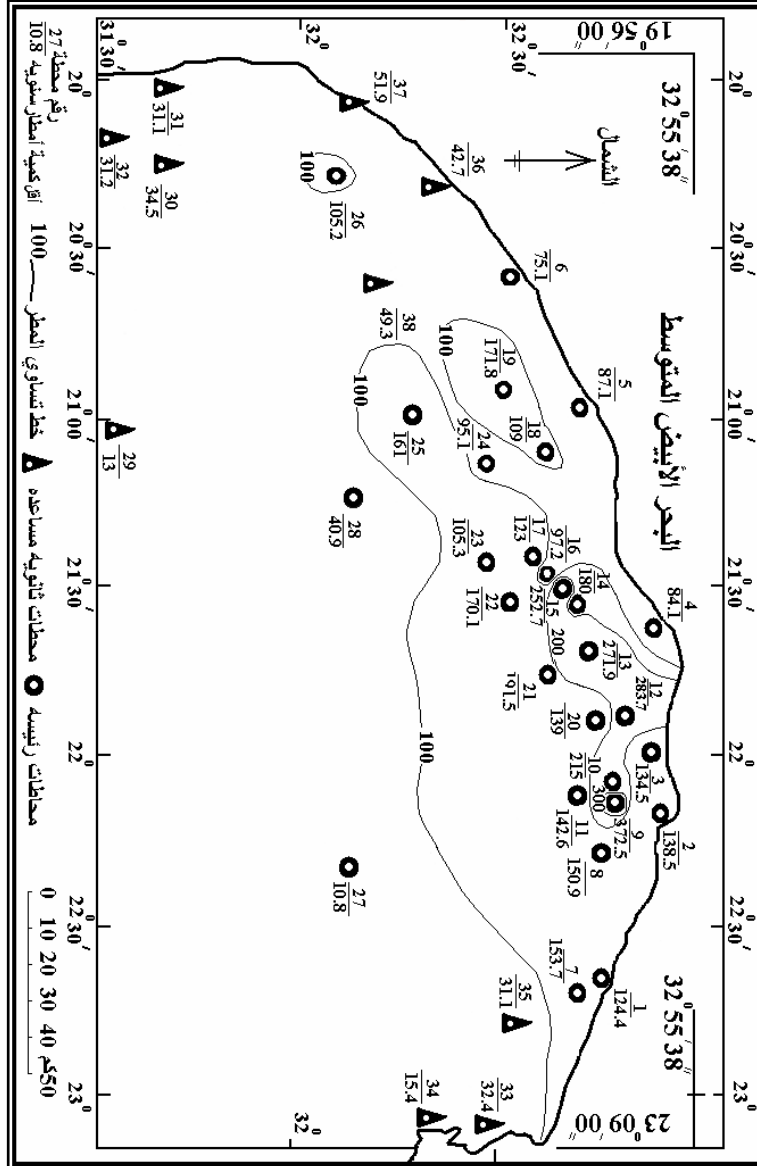


شكل (7): الخارطة المطرية لأكثر كمية أمطار سنوية في حوض إقليم الجبل الأخضر، من عمل الباحثين.

جدول (6): المتوسط المكافئ لأمطار السنة الأكثر مطراً وحجم الساقط المطري وفق طريقة خطوط تساوي المطر فوق حوض الجبل الأخضر، بالإضافة للمتوسط الحسابي لأمطار السنة الرطبة في 38 محطة مطرية، من عمل الباحثين.

رقم القطاع	القطاع المطري (مم)	المتوسط الحسابي للأمطار (مم)	المتوسط الحسابي للأمطار (م)	مساحة القطاع (م <sup>2</sup> )	مساحة القطاع (م <sup>2</sup> )	حجم الساقط المطري (م <sup>3</sup> )
1	900-963.4	931.7	0.9317	106.55868	106558680	99280722.16
2	800-900	850	0.850	852.44933	852449330	724581930.5
3	700-800	750	0.750	2408.22630	2408226300	1806169725
4	600-700	650	0.650	2706.59069	2706590690	1759283949
5	500-600	550	0.550	4582.02338	4582023380	2520112859
6	400-500	450	0.450	4390.21773	4390217730	1975597979
7	300-400	350	0.350	5221.37530	5221375300	1827481355
8	200-300	250	0.250	3900.047	3900047000	975011750
9	120.9-200	160.45	0.16045	13457.51159	13457511590	2159257735
المجموع					3762500000	13846778003
المتوسط		552.2				
				<b>المتوسط المكافئ للأمطار (مم)</b>		
				<b>368.020678</b>		





شكل (8): الخارطة المطرية للسنة الأقل مطراً في حوض إقليم الجبل الأخضر، من عمل الباحثين.

جدول (7): المتوسط المكافئ لأمطار السنة الجافة الأقل مطراً، وحجم الساقط المطري خلالها على حوض الجبل الأخضر وفق طريقة خطوط تساوي المطر، بالإضافة للمتوسط الحسابي لأمطار السنة الجافة في 38 محطة مطرية، من عمل الباحثين.

رقم القطاع	القطاع المطري (ملم)	المتوسط الحسابي للأمطار (ملم)	المتوسط الحسابي للأمطار (م)	مساحة القطاع (كم <sup>2</sup> )	مساحة القطاع (م <sup>2</sup> )	حجم الساقط المطري (م <sup>3</sup> )
1	300-372.5	336.25	0.33625	42.62347	42623470	14332141.79
2	200-300	250	0.250	809.84601	809846010	202461502.5
3	100-200	150	0.150	8119.77168	8119771680	1217965752
4	10.8-100	55.4	0.0554	28652.75884	28652758840	1587362840
المجموع					37625000000	3022122236
المتوسط		119.4				
				<b>المتوسط المكافئ للأمطار (ملم)</b>		
				<b>80.322186</b>		

### النتائج والمناقشة:

من خلال استخدام طريقتي تيسن وخطوط تساوي المطر في الحوض المطري للجبل الأخضر، يبدو أن المتوسط المكافئ لأمطار السنة الرطبة يتساويان في قيمة تتراوح بين 368 و368.27 ملم/سنة حدية رطبة وفق الطريقتين، وحجم لكمية الأمطار الساقطة على الحوض متساوية تقريباً وتتراوح بين 13.856 و 13.847 مليار متر مكعب في السنة الحدية الرطبة وفق طريقة تيسن وخطوط تساوي المطر على التوالي، في حين وجد اختلاف بسيط للمتوسط المكافئ لأمطار السنة الحدية الجافة الذي يتراوح بين 65.4 ملم/سنة حدية جافة وفق طريقة تيسن و 80.3 ملم وفق طريقة خطوط تساوي المطر، يرافق ذلك اختلاف بسيط

في حجم الساقط المطري في السنة الحدية الجافة يتراوح بين 2.4588 مليار متر مكعب وفق طريقة تيسن و 3.022 مليار متر مكعب وفق طريقة خطوط تساوي المطر في حوض الجبل الأخضر، جدول (8).

في سنة المعدل المطري تتقارب أيضاً نتائج حساب المتوسط المكافئ وفق الطريقتين إذ تتراوح بين 188.61 ملم/سنة وفق طريقة تيسن و 183.37 ملم/سنة وفق طريقة خطوط تساوي المطر، مما يجعل التقارب كبير في حجم معدل كمية الساقط المطري السنوي على الحوض الذي يتراوح بين 7.096 مليار متر مكعب وفق طريقة تيسن و 6.899 مليار متر مكعب في السنة وفق طريقة خطوط تساوي المطر، جدول (8).

إن طريقة المتوسط الحسابي للأمطار الساقطة لا تصلح للاستخدام في تقدير المتوسط المكافئ، ولا في تقدير حجم الساقط السنوي للأمطار على حوض الجبل الأخضر، لسبب عدم انتظام توزيع وعدم تساوي كثافة المحطات المطرية في كتلة الجبل الأخضر الممثل لنطاق التغذية المائية في حوض الجبل الأخضر، وباقي المنطقة شبه الصحراوية التي تمتد على طول جنوب وشرق حوض الجبل الأخضر الممثلة لنطاق الصرف المائي في الحوض، جدول (8).

جدول (8): النتيجة الختامية لقيم المتوسطات المكافئة لأمطار السنوات المطرية؛ السنة الحدية الرطبة الأكثر مطراً، والسنة الحدية الجافة الأقل مطراً، وسنة المعدل المطري، بالإضافة لأحجام الساقط المطري لسنة المعدل، وللسنتين الحديتين، وفق البيانات المطرية المعتمدة في 38 محطة متناولة في دراسة أمطار حوض الجبل الأخضر البالغة مساحته 37625 كم<sup>2</sup>، من عمل الباحثين.

السنة الجافة الأقل مطراً		سنة المعدل المطري		السنة الرطبة الأكثر مطراً		السنة المطرية
حجم الساقط (مليار م <sup>3</sup> /سنة)	المتوسط المكافئ (ملم/سنة)	حجم الساقط (مليار م <sup>3</sup> /سنة)	المتوسط المكافئ (ملم/سنة)	حجم الساقط (مليار م <sup>3</sup> /سنة)	المتوسط المكافئ (ملم/سنة)	الطريقة الحسابية
2.4588	65.4	7.096	188.61	13.856	368.27	طريقة تيسن
3.022	80.3	6.899	183.37	13.847	368	طريقة خطوط تساوي المطر
2.7404	72.85	6.9975	185.99	13.8515	368.135	المعدل المستنبط من الطريقتين

#### خاتمة وتوصية:

في سنوات المعدل المطري والسنوات الرطبة يستقبل حوض الجبل الأخضر كمية من الأمطار يتراوح حجمها بين 7 و 13.85 مليار متر مكعب في السنة، هذه الكمية من الأمطار من الواجب الاستفادة منها في تغطية العجز المائي المصادف للسنة الجافة، التي يتراوح حجم أمطارها بين 2.46 و 7 مليار متر مكعب في السنة، وعليه من المفروض أن خطط التنمية المائية في الحوض تضع في حساباتها إدارة نحو 7 مليار متر مكعب من الساقط المطري في السنة للتمكن من تنمية مستدامة للموارد المائية وباقي الموارد الحيوية والبشرية في الحوض.

## المراجع:

إن مصادر البيانات المطرية التي اعتمدها هذه الدراسة متنوعة كما هو منوه إليه في العمود الأخير في الجدول (1).

1- الهادي مصطفى بو لقمة وسعد خليل القزيري، (1995) الجماهيرية (دراسة في الجغرافيا)، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، الطبعة الأولى، سرت.

2- سعيد إدريس نوح، (2007) المناخ وتأثيره على الغطاء النباتي في الجبل الأخضر، أطروحة دكتوراه غير منشورة، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة.

3- عطية أكرم المبروك، (2006) إمكانية استغلال الجريان السطحي لمياه الأمطار في حوض وادي الكوف، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قار يونس، بنغازي.

4- محسن فتح الله بن علي، (2007) خصائص الأمطار في منطقة الجبل الأخضر (دراسة في الجغرافيا المناخية)، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قار يونس، بنغازي.

5- مصلحة الأرصاد الجوية، طرابلس، 18 جدول.

6- محمد عبد الله لامه، (2002) سهل بنغازي (دراسة في الجغرافيا الطبيعية)، منشورات جامعة قار يونس، بنغازي.

7- محمد غازي الحنفي، (2010) الحوض المائي للجبل الأخضر، دراسة طبوغرافية هيسومتريّة، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 8، جامعة عمر المختار، البيضاء.

8- محمد غازي الحنفي وسعيد إدريس نوح، (2012) المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل الأخضر- ليبيا، المؤتمر الدولي الأول حول موارد المياه في الجبل الأخضر، 05- 2012/06/07، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

9- محمد غازي الحنفي وسعيد إدريس نوح، المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض إقليم الجبل الأخضر- ليبيا، المجلة الدولية للمركز الليبي للبحوث الزراعية والحيوانية (L. A. R. C. J. I.)،

Libyan Agriculture Research Center Journal international 3(S), 1133-1153, 2012,  
Libyan Agriculture Research Center Journal international 3(S), 1168-1188, 2012.

10- محمود سعد إبراهيم، (2009) تدهور الأحياء البرية في إقليم الجبل الأخضر وإمكانية تنميتها، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء.

11- C. Lotti & Associati, secretariat of agricultural reclamation, contract n<sup>0</sup> 17/88/sc, Mikili area, Rome, 1981, 57 p..

12- Selkhozprom Export 1980: Soil studies in the western zone, the eastern zone and the pature zone of the S.P.L.A.J Secretariate of the Reclamation and the Land Development, Tripoli.



15- الفصل الخامس عشر

تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي و أ. عوض جبريل غيث



15- الفصل الخامس عشر

تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر  
د. محمد غازي الحنفي و أ. عوض جبريل غيث

\*- مقدمة.

\*- أهداف الدراسة.

\*- تساؤلات الدراسة.

\*- تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا.

أولاً- تقنيات جمع المياه الحجرية والصخرية الأثرية.

1- خزانات تلميثة.

2- خزان السليط الصخري.

3- خزانات صخرية أخرى أقل أهمية.

ثانياً- تقنيات جمع المياه المستعملة حالياً.

أ- تقنيات جمع المياه السطحية.

1- آبار السماء التقليدية.

2- آبار سماء خرسانية صغيرة حديثة في الجبل.

3- آبار السماء الخرسانية الحديثة الكبيرة في بيئة السلوك.

4- المواجن الإسمنتية.

5- الحفر الاصطناعية.

6- الغدران الناتجة بفعل عبارات الطرق.

7- تقنية القوض في البلط.

8- القوض الضخمة.

ثالثاً- تقنيات جمع المياه الجوفية.

1- المعاطن.

2- جمع مياه العيون الصغيرة وإدارتها.

3- تقنية الأنفاق.

4- تقنية الفجارات.

رابعاً- السدود

\*- النتائج والتوصيات.

\*- ملحق بحثي مهم:

\*- تقنيات جمع مياه سطحية صخرية وحجرية تعمل أو معطلة.

\*- منظومة خزانات مياه مدينة شحات الأثرية.

\*- المراجع.

## تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر

### مقدمة:

إن جفاف مناخ الصيف والحريف وندرة مياه هذه الفترة الجافة من السنة في إقليم الجبل الأخضر أرغمت الإنسان منذ القدم على ابتكار تقنيات لتجميع المياه الممكن توفرها من أمطار فصل الشتاء في خزانات مائية تحميها من التبخر والضياع لتسد حاجاته الضرورية في فصل الجفاف الطويل والذي يدوم لأكثر من ستة أشهر أحياناً في ظل المناخ المتوسطي السائد. إن تجميع مياه الشتاء في الجبل الأخضر يتم وفق تقنيات متعددة ومتنوعة بحسب الحاجة ومواكبة التطور.

يتناول هذا البحث تقنيات جمع المياه السطحية في حوض الجبل الأخضر و التي تناولها هذا البحث في ثلاثة مجموعات رئيسة؛ المجموعة الأولى؛ تتمثل بتقنيات حجرية وصخرية أثرية تعود للعهدين اليوناني والروماني كخزانات طلميثة التي تعد الأكبر في شمال إفريقيا في زمانها، والسليط بالقرب من المنصورة الذي يعد من التحف الأثرية النادرة، وخزانات أخرى أصغر وأقل أهمية، المجموعة الثانية تضم تقنيات جمع مياه تعمل حالياً منها ما يجمع مياه الجريان المباشر الناشئ على السفوح المنحدرة كآبار السماء الرومانية القديمة والإسمنتية الحديثة، ومنها ما يجمع مياه الجريان غير المباشر الناشئ في الأودية كالمواجن الإسمنتية بسعة 4000م<sup>3</sup> والحفر الاصطناعية الجانبية والمعتزضة بسعة تتراوح ما بين 3000 و20000م<sup>3</sup> والسدود الإسمنتية والحجرية والركامية والترابية التي تزيد سعتها التخزينية عن

مليون م<sup>3</sup>، والمجموعة الثالثة تضم تقنيات جمع المياه في الأحواض الداخلية التي تستقر فيها مياه الجريان عن الحركة والمتمثلة في القضوض الكبيرة بسعة 120000 م<sup>3</sup>، مثل قضوض البلط في جنوب الجبل الأخضر والقضوض الضخمة بسعة حوالي 800000 م<sup>3</sup> كقض سيدي أرحومة في سهل المرج.

كما يتناول البحث تقنيات جمع المياه الجوفية كالمعاطن في خولان وجردس الحراري والقيقب، والأنفاق كنفق أبو منصور في وادي درنه الذي ينتج 61 ل/ث، والفتحات كفتحة القيقب التي تنتج 1 ل/ث، بالإضافة لتجميع وإدارة مياه العيون الصغيرة كعين الحفرة في منطقة شحات التي تنتج 1.5 ل/ث.

ينصب جهد الباحثين في هذه الدراسة على إظهار دور مختلف التقنيات المذكورة أعلاه لجمع المياه في الجبل الأخضر وما تقدمه من خدمة للمجتمع المحلي المستوطن والرعي، ليستفيد منها في حل مشاكل مناطق مشاهمة بظروفها على المستوى المحلي والإقليمي.

اعتمد الباحثان في إنجاز هذه الدراسة المنهج العلمي الوصفي والكمي والهندسي، على أساس دراسة ميدانية تمتد على أكثر من 15 سنة تغطي بيئات عديدة ومختلفة تنتشر على مناطق واسعة من حوض الجبل الأخضر وتتناول كل من هذه التقنيات حسب أماكن وجودها وميزات كل منها وما يطرأ عليها خلال المواسم المختلفة، ودُعم ذلك بالأشكال والتوثيق بالصور الرقمية الكفيلة بإعطاء هذا البحث الصبغة العلمية الواضحة.

يفرض المناخ المتوسطي ذو الفصل الجاف والطويل صيفاً على الإنسان في الشرق الأوسط عامةً وفي ليبيا خاصةً إدارة حكيمة لموارد المياه المتاحة والنادرة عادةً في هذا الفصل، مما يجبره على اتباع تقنيات تتحكم بجمع وحفظ مياه فصل الشتاء الناتجة عن الأمطار الشتوية، والجبل الأخضر المتميز بمناخ رطب في الشتاء والربيع وجاف في الصيف والخريف جعل الإنسان منذ القدم يسعى جاهداً لتأمين حاجاته المائية في الفصل الجاف من السنة الذي يمتد لأكثر من ستة أشهر أحياناً، عن طريق ما يستطيع تخزينه من مياه أمطار الفصل الرطب، ويبدو ذلك جلياً في طلميثة التي تحوي خزانات مياه قديمة يونانية ورومانية، تحت أرضية تُعد الأكبر في شمال إفريقيا في وقتها بحسب ما يفيد خبير الآثار عبد السلام بازامه. وكذلك آبار السماء المستخدمة منذ القدم لتغطية الحاجات البشرية والحيوانية في مختلف مناطق الجبل، وكذلك جمع مياه أسطح المنازل في صهاريج وخزانات تحت أرضية لتغطية حاجات المنازل من المياه، كما أن المناطق التي يتوفر فيها منسوب مياه جوفي قريب من السطح تستخدم فيها تقنية المعاطن لتأمين المياه اللازمة لبعض التجمعات البشرية كما في القيقب وجرديس الجرابي وخولان.

كما تستثمر مياه العيون الطبيعية النادرة والصغيرة عادةً بإدارة جيدة في السقاية والري كما هو معمول به في عين الحفرة في منطقة سنبر بالمنصورة، وعين أبولو في آثار شحات، وعين القبة، والينابيع الموجودة في عين ماره، وعين الدبوسية، كذلك تستثمر مياه وادي درنة منذ القدم لتغطية حاجات الإنسان والزراعة. إن زيادة الطلب على المياه في حوض الجبل الأخضر مقابل ندرتها حتم على السكان والمجتمع المحلي إدخال تقنيات حديثة

لجمع مياه الجريان لحفظها من التبخر والضياع كتقنية القوض المستخدمة في حوض المرج في منطقة سيدي أرحومة لمنع غرق الأراضي الزراعية السهلية الطبيعية الطبوغرافية، وفي جنوب الجبل الأخضر استعملت تقنية القوض بعمق 6 أمتار في بحيرات البلط المنبسطة الأرض، التي تتعرض مياهها للتبخر السريع في ظل مناخ الصحراء الكبرى، لحفظ جزء من مياه البلطة في القوض لخدمة الأنعام طيلة سنة كاملة، إضافة إلى أن مياه القوض تنقل عند توفرها بالسيارات والجرارات لخدمة المنازل والسكان، حيث يستوعب القوض الواحد حوالي 120000 م<sup>3</sup>، كما أضيفت مؤخراً تقنية المواجن الإسمنتية الجانبية والمعتضة لمياه السيول بسعة 4000 م<sup>3</sup>/الماجن لحفظ جزء من مياه جريان السيول لخدمة المواشي والسكان، ثم استخدمت أيضاً تقنية الحفر الاصطناعية لجمع ما يتراوح بين 3000 م<sup>3</sup> و 10000 م<sup>3</sup>/البحيرة وذلك بحسب قدرة استيعاب كل منها، من أجل خدمة السكان وحيوانات الرعي لأطول فترة ممكنة في الفصل الجاف.

في وادي درنة استخدمت تقنية الأنفاق في السبعينيات لجمع المياه الجوفية واستخراجها على شكل قناة مائية من نفق بومنصور البالغ طوله 1000 متر، والذي ينتج حالياً 61 ل/ثا، كما استخدمت هذه التقنية من قبل في عهد الاحتلال الإيطالي في عين ماره لاستخراج حوالي 20 ل/ثا في عين شعيب.

كما استخدمت تقنية السدود الحجرية والإسمنتية في وادي درنه بالإضافة إلى عدد من السدود الترابية التي أنشئت في محابس بعض الأودية، هذه السدود تعترضها مشكلة

الرشح العالية من أرضيات بحيرات خزاناتها، لكنها تؤمن جزء من حاجة السكان والأنعام لفترات تزيد عن 3 أشهر وقد تصل إلى سنة كاملة كما هو الحال في سد الهيشة.

يتناول هذا البحث أحد عشر تقنية لجمع المياه في إقليم الجبل الأخضر يستخدم أغلبها في الوقت الحاضر، ماعدا خزانات طلميثة وخزان السليط الواقع بين وردامة والمنصورة على الحافة الثانية للجبل، هاتين التقنيتين أصبحتا من المعالم الأثرية في الوقت الحاضر، بالإضافة لبعض الخزانات الصخرية الأصغر التي تدهورت حالتها بسبب التصدع وتآكل جدرانها وتشققها.

وبحسب توظيف تقنيات جمع المياه وأهميتها في الجبل الأخضر فقد قسم موضوع الدراسة لثلاث أجزاء رئيسية: الجزء الأول يتناول تقنيات جمع المياه السطحية، والجزء الثاني يتناول تقنيات جمع المياه الجوفية، وجمع وإدارة مياه والعيون، كما أفرد الجزء الثالث للسدود بسبب أهميتها الكبرى في جمع أحجام كبيرة من المياه السطحية.

وبما أن البحث يتناول ظواهر متغيرة المعالم والخصائص مع تغير الزمن فقد اعتمد الباحثان أسلوب التوضيح والتوثيق بالرسومات اللازمة والصور الفوتوغرافية والرقمية لإعطاء الموضوع ما يلزم لإبراز أهميته في إقليم الجبل الأخضر، والمشاكل التي تتعرض لها هذه التقنيات لتتم معالجتها في الوقت المناسب، وعليه فهذا البحث يستقي المعلومات من واقع الميدان الحقلية الذي جمعت منه بيانات هذه الدراسة كلها، لذلك لم يعتمد على المصادر المكتبية، ولا المنشورة لعدم توفرها، وفي بعض الحالات استعان الباحثان في بعض المقابلات الشخصية مع بعض المتخصصين في علم الآثار، وبعض خبراء المياه في درنة، وبعض السكان حول

بعض المعلومات الخاصة ببعض تقنيات جمع المياه في منطقة الدراسة لإثراء معلومات البحث، وقد تم التنويه إلى ذلك كلاً بحسب موضعه في البحث، ومن ثم تكون هذه الدراسة فاتحة وقاعدة بيانات أولية، في حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا، والتي يمكن الاعتماد عليها مستقبلاً في توجيه البحث والدراسات فيما يخص تقنيات جمع وإدارة الموارد المائية فيما يخص وظيفتها الحيوية والمشكلات التي تتعرض لها.

يعالج هذا البحث مشكلة التغلب على ندرة المياه وتأمينها في الفصل الجاف الطويل نسبياً من السنة في إقليم الجبل الأخضر؛ سواءً من الجريان البسيط المباشر الناشئ على السطح الطبوغرافي الهين الميل للأرض، سواءً من الجريان المهم الناشئ في سيول بعض الأودية، أو المتجمع في مصبات البلط والأحواض الداخلية، لحفظ جزء من تلك المياه الشتوية في مجمعات مياه مسقوفة أو مكشوفة تؤمن جزء من حاجات المجتمع المحلي على طول فترة تمتد لعدة أشهر، والتي قد تتجاوز الفصل الصيفي الجاف في أحيان قليلة، كما يتناول مشكلة التغلب على ندرة المياه في بعض المناطق عن طريق تأمين المياه بتقنيات تجمع المياه الجوفية البسيطة الضحلة العمق والعيون الصغيرة بإدارة تؤمن الكفاف في سد الاحتياجات المحلية للسكان والأنعام.

تسلط هذه الدراسة الضوء على حوالي 12 تقنية متنوعة من تقنيات جمع وحفظ وإدارة الموارد المائية في إقليم حوض الجبل الأخضر في ليبيا ذو المناخ الشتوي المتوسطي، ودور وأهمية كل من هذه التقنيات في تقديم وتأمين المياه للمجتمع المحلي في فترات ندرتها من الفصل الصيفي الجاف الطويل نسبياً، والمرتبط بشكل وثيق في مناخ الإقليم النادر المطول



صيفاً. إن عدم تناول الموضوع من قبل باحثين أو مختصين في هذا المجال يجعل من موضوع الدراسة بادرة أولية تفتح مجال للبحث العلمي في تطور دراسة تقنيات جمع المياه وحفظها وإدارتها وتؤمن له قاعدة بيانات ضرورية للمكتبة المحلية والعربية يمكن الوقوف عليها لإعطاء دفعة تطويرية وتنموية للموارد المائية التي على أساسها تبني وتصمم خطط التنمية المستدامة لموارد الأراضي الجافة العربية.

### أهداف الدراسة:

تكن هذه الدراسة في صفحاتها مجموعة من الأهداف هي:

- 1- التعرف على أنواع التقنيات المستخدمة لجمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر الجاف صيفاً.
- 2- التعرف على دور ووظيفة كل من التقنيات المستعملة في تأمين المياه للمجتمع المحلي في وقت الحاجة الماسة.
- 3- التعرف على البيئة والمكان المناسب لاستخدام كل من تقنيات جمع المياه في مختلف مناطق الجبل الأخضر.
- 4- الاستفادة من تقنيات جمع المياه في البيئات والظروف المتشابهة محلياً ودولياً.
- 5- التعرف على المشاكل التي تتعرض لها تقنيات جمع المياه ليتم معالجتها في الأوقات والأساليب المناسبة.
- 6- تأمين قاعدة بيانات ومعلومات ووثائق تشخص وتوضح الوظائف والمشاكل المرتبطة بكل تقنية على حده.

## تساؤلات الدراسة:

تدور هذه الدراسة حول الافتراضات التالية:

- 1- هل تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر تؤدي الوظيفة التي أنشئت من أجلها؟
- 2- هل تقنيات جمع المياه في الإقليم كافية لتغطية حاجات المجتمع المحلي في الوقت الحاضر؟
- 3- ثم هل تلك التقنيات تجيب متطلبات المجتمع المتنامية حاجاته المائية مستقبلاً؟
- 4- هل تكفي تلك التقنيات المستخدمة في الجبل بوضعها وتنوعها الحالي، أم يجب تطويرها وإدخال تقنيات جديدة؟
- 5- هل يجب الاستسلام لظروف ندرة المياه والجفاف في الصيف، أم من الواجب اقتحام الواقع بإرادة وتقنيات حديثة مبنية على أسس أكثر علمية تستطيع أن تستفيد من الإمكانية الاقتصادية للدولة في تنمية مائية كفيلة بتطور موارد الجبل الحيوية والبشرية تنمية مستدامة؟
- 6- ثم هل التقنيات الحالية لجمع المياه في حوض الجبل الأخضر ستستمر في تقديم وظائفها مع تطاول الزمن، أم ستندثر وتصبح معالم أثرية بنتيجة الإهمال كما حدث لغيرها من سابقاتها.

هذه التساؤلات يحاول الباحثان الإجابة عليها في هذه الدراسة من خلال شرح وافٍ موثق بالأشكال والصور الرقمية وتتبع الظاهرة في مختلف مناطق وبيئات الجبل الأخضر، وفي مختلف فصول السنة، وفي السنوات الرطبة والجافة، ودورات سنوات الجفاف والرطوبة السائدة والمتحكمة في موارد مياه الإقليم، مستنبطين النتيجة الحتمية بأنه كلما ندرت الموارد

المائية في أي منطقة كلما تحسنت إدارتها وتنوعت أساليب جمعها وحفظها، وبالمقابل كلما توفرت الموارد المائية في منطقة كلما تدهورت مستويات إدارة جمعها وحفظها وقل مستوى الاهتمام فيها.

**تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر في ليبيا:**

**أولاً- تقنيات جمع المياه الحجرية والصخرية الأثرية:**

**1- خزانات تلميثة:**

تشكل هذه الخزانات منظومة واحدة يجمعها سقف واحد م 51 × 56م، تتكون من 6 خزانات بطول 50م لكل خزان، شكل (1)، ثلاثة منها متجاورة تقع في الجهة الشرقية من المنظومة وثلاثة خزانات مماثلة لها تناظرها من الجهة الغربية من المنظومة ويتوسط هذه الخزانات الستة ثمان خزانات عرضية بطول 18م لكل خزان، أربعة توجد في الجهة الجنوبية من المنظومة وأربعة خزانات أخرى مماثلة تناظرها في الجهة الشمالية ويتوسط هذه الخزانات الثمانية خزان وسطي بعرض حوالي 1 م وطول 18م، فيه مأخذ مياه على هيئة بئر عمقه 6 أمتار بحيث أن ضخ المياه يتم من وسط المنظومة، وبحيث أن آخر دلو ماء يؤخذ من المنظومة تكون المنظومة كلها قد فرغت من المياه لأن الخزانات متصلة ببعضها بفتحات توصل المياه بين الخزانات والتي يتجلى عملها بأن تملأ المجموعة كلها معاً وتفرغ كلها معاً، صورة (4)، شكل أرضية الخزانات مستطيل من الأسفل وتنتصب الجدران لحوالي مترين ونصف عمودياً وتعلو الخزان الواحد قناطر قوسية ليصل ارتفاعها لحوالي 4.5 م، مزودة منظومة خزانات تلميثة بمدخل مزود بدرج في الزاوية الجنوبية الشرقية من المنظومة، صورة (1)، ومدخل آخر

يقع في سقف ووسط الخزان ويتم الدخول منه للمنظومة بدرج حجري أيضا، سقف منظومة الخزانات مزود بنحو 85 فتحة تهوية 20×40 سم ومزين بلوحات فسيفسائية لازالت معالمها واضحة، صور (2، 3، 4)، تحتل منظومة خزانات طلميثة المبنية وسط المدينة الأثرية.

يفيد عبد السلام بازامه العامل بالآثار في طلميثة بأن هذه الخزانات كانت توجه المياه إليها بقناة قديمة كانت تجر مياه عين الملكة الواقعة على بعد حوالي 15 كم شرق طلميثة. كما يفيد بان هذه الخزانات بنيت في العهد اليوناني ورممت وأصلحت في العهد الروماني وإنها هي الأكبر في شمال أفريقيا خلال تاريخ تلك الحضارتين، هذه الخزانات اليوم لا تعمل لأن القناة تقطعت أوصالها ولم تعد مياه عين الملكة تصل لخزانات طلميثة، لذلك تعد هذه الخزانات اليوم احد المعالم الأثرية المهمة في طلميثة بشكل خاص وفي ليبيا بوجه عام. بحسب خط علام المياه على جدار الخزان الجنوبي والبالغ 3.71 سم فان سعة هذه المنظومة عند امتلائها بالمياه تزيد عن 9000 م<sup>3</sup>.



صورة (2): سقف الخزانات الأثرية في ظلميثة، يحوي السقف على فتحة لنضح المياه من الخزانات، ومدخل مزود بدرج، و85 فتحة تهوية تبدو إحداها أمام الشخص المتوجه نحو الكاميرا، 2003.



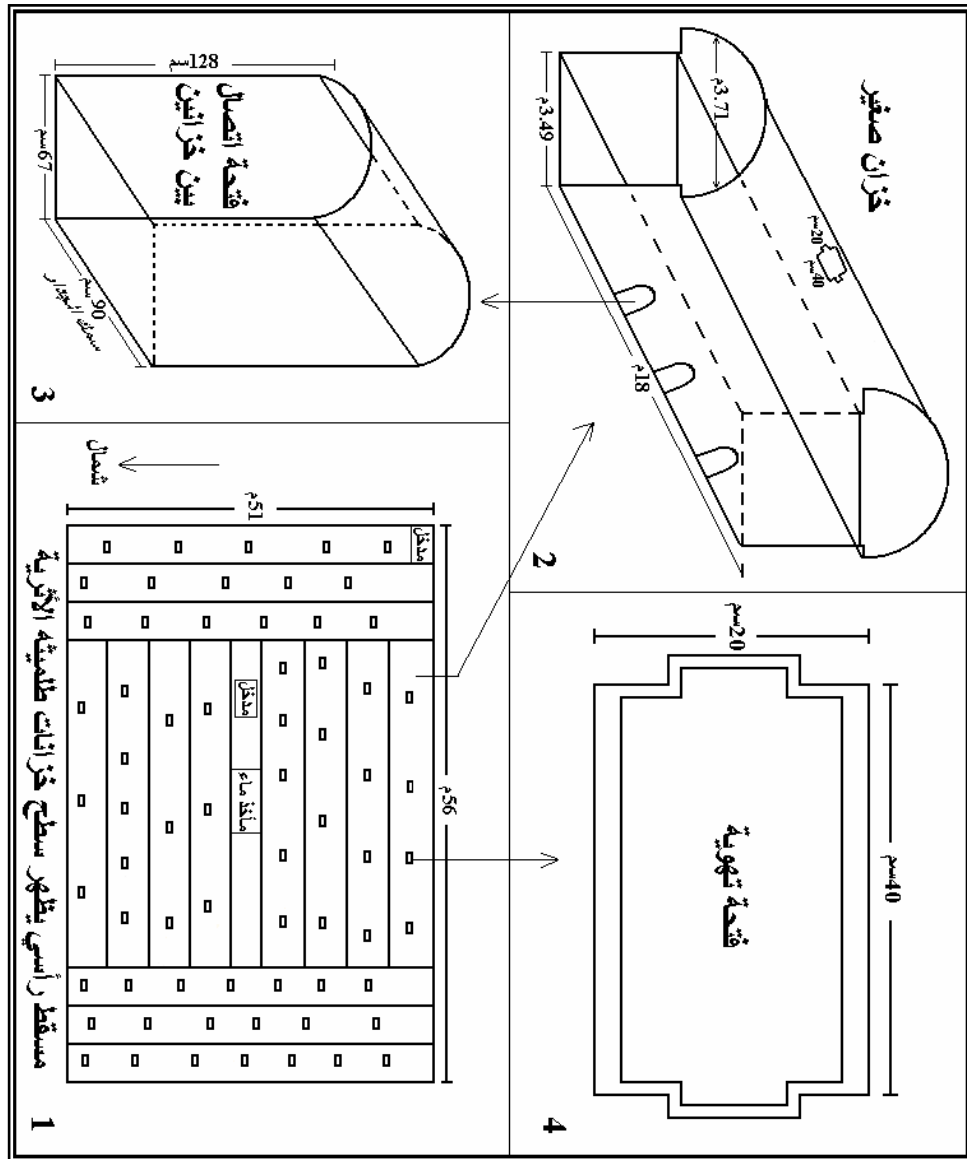
صورة (1): المدخل الرئيس الجنوبي الشرقي لخزانات ظلميثة الأثرية، شهر 2003/11.



صورة (4): واحدة من فتحات الاتصال المائي في الجدران الفاصلة بين خزائين مياه أثريين في ظلميثة، شهر 2003 / 11.



صورة (3): فتحة تهوية 20 م × 40 سم في سقف خزانات ظلميثة الأثرية، شهر 2003/11.



شكل (1): خزانات تلميثه الأثرية من العهد اليوناني والمرممة والمجددة في العهد الروماني وهي الأكبر في شمال أفريقيا في الحضارتين: (1) وضعية ارتصاف 15 خزان تحت سقف واحد، (2) شكل الواحد من الخزانات، (3) شكل فتحات الاتصال في كل جدار فاصل بين كل خزانين (4) فتحات التهوية والتنفيس في السطح الجامع للخزانات، عن الواقع الميداني من عمل الباحثين.

## 2- خزان السليط الصخري

يوجد خزان السليط الصخري الأثري والذي لا يزال وضعه مقبولاً وقابلاً للاستعمال في الثلث السفلي من الحافة الثانية من الجبل الأخضر في وسط المسافة تقريبا بين وردامه والمنصورة على يمين وادي المصدير ويشرف على الوسيطة، الخزان محفور بالصخر ويتوجه شرق - غرب، مسقطه الراسي على هيئة مستطيل يبلغ طوله 36.6 م وعرضه 28.9 م وعمقه 470 سم ، حوالي ثلثي الخزان يتمتع بسقف صخري على هيئة كهف بينما ثلثه الشمالي مكشوف، توجد في الخزان 4 أعمدة صخرية متبقية منذ حفر الخزان، الأعمدة كانت أكثر من ذلك إذ يلاحظ وجود آثار لثلاثة صفوف من الأعمدة كانت موجودة كل صف منها يتألف من 4 أعمدة، لكن يبدو أن عوامل التشقق أزالت مجموعة منها والتي تدل عليها آثار قواعدها في الخزان.

إن خط آثار علام المياه في الخزان تبدو واضحة إذ يبلغ ارتفاعه 3.35 م وعليه فالسعة التخزينية للسليط تبلغ حوالي 3543 م<sup>3</sup>. يبدو أن خزان السليط كان يملأ من جراء جر المياه من عيون كانت موجودة على الجهة الغربية منه في وادي المصدير لان قناة هذه الجهة التي كانت تزود السليط والمحفورة بالصخر بعرض حوالي 60 سم في الصخر تأتيه من هذه الجهة وهي واضحة حتى الآن على امتداد أكثر من 200 م، كما كان يتغذى الخزان أيضا من عين السليط التي توجد في أعلى الخزان بحوالي 200 م وفي وسط الحافة التي كانت تجري مياهها للخزان بقناة أخرى تأتي للخزان من الشرق ومعالم القناة وان كانت تلاشت أسفل العين، إلا أن متابعتها في الصخر تبدو واضحة على امتداد يزيد عن 200 م ويعرض

يتراوح بين 40 سم و 60 سم، القناة الشرقية والغربية لخزان السليط قبل دخول المياه للخزان بحوالي 4 م أو 5 م مزودة بحفر تصفية وترقيد للمياه بطول 2.7 م وبعرض 190 سم وعمق 105 سم. جدران الخزان والأرضية مبلط ومليس جيداً، إلا أن آثار الشقوق وبعض التصدعات تبدو ظاهرة في جدران الخزان، السليط مزود بدرجين للدخول إليه منحوتين بالصخر ويبدو على الدرج الغربي منهما أثر الصيانة والإسمنت، عرض الدرج الغربي حوالي 220 سم وعرض الدرج الوسطي كذلك، إلا أن هذا الدرج تزيد فيه عرض الكتلة الصخرية الحاوية للدرج عن 3 م، في الزاوية الشمالية الشرقية لخزان السليط توجد بركة تصرف منها مياه الخزان، هي أعمق من الخزان بحوالي 1 م، عرض بركة الصرف 302 سم وطولها 552 سم، تخرج منها مياه الخزان من فتحة مثقوبة بالصخر على عمق حوالي 4.5 م، والجهة الخلفية لمأخذ المياه هذا محفورة بالصخر بعرض 220 م، هذا العمق يتضاءل مع ميل الأرض على طول حوالي 12 م ليلعب سطح الأرض بحيث تخرج المياه وتجري بالراحة للاستخدام، صور (من 5 إلى 18).

### 3- خزانات صخرية أخرى أقل أهمية

توجد في الجبل الأخضر خزانات مياه محفورة بالصخر وفي أماكن متعددة لاحظ الباحثان العديد منها خلال الدراسات الميدانية كخزان شخنو الذي يبلغ طوله وفق الاتجاه شرق - غرب حوالي 27 م وعرضه حوالي 15 م وعمقه حوالي 3 م، يتسع لحوالي 1200 م<sup>3</sup>، هذا الخزان يحمل اسم هوى الوسير، ويضره صدع بنيوي ظاهر على جداره الشمالي أدى إلى خروجه من نطاق الاستعمال، صورة (19).

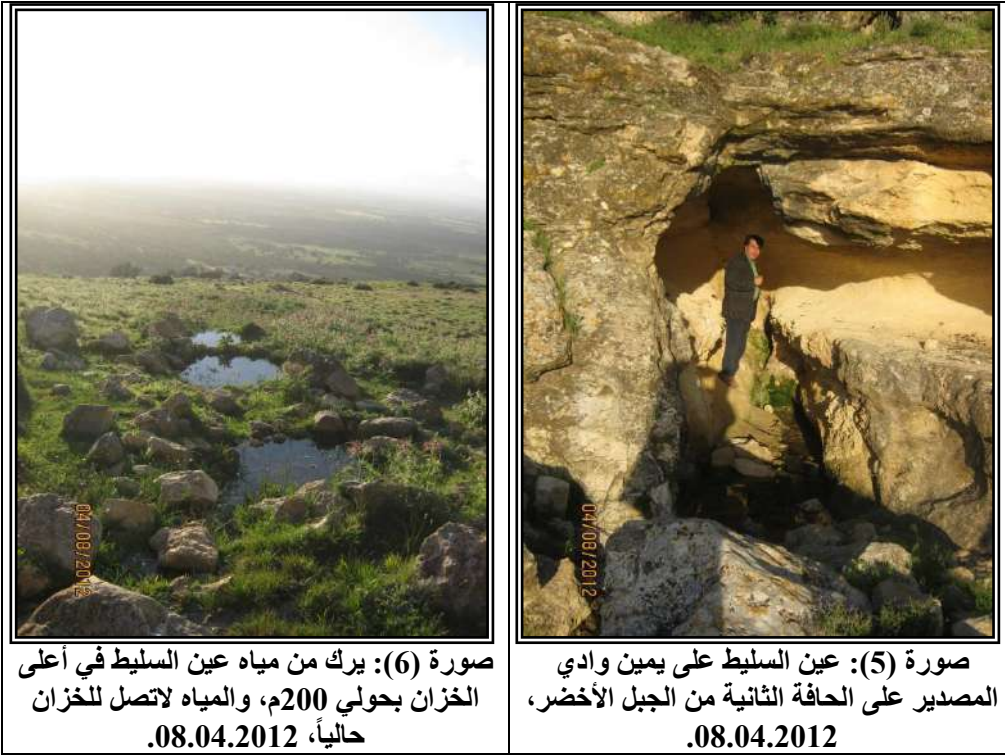


في منطقة قصر ارتش الأثرية يوجد خزان أيضا محفور بالصخر نجمي الشكل قطره حوالي 8 م وعمقه حوالي 3 م يبدو انه كان مسقوف وتعرض للهدم مع تقدم الزمن، (20). في شرق ملوودة تبدو بعض الخزانات الصخرية الصغيرة التي كانت تسد حاجات المنازل، في الأبرق وفي مشروع الوحدة الثالثة يوجد أيضا خزان صخري طوله أكثر من 10 م وعرضه حوالي 5 م وعمقه 2 م في منطقة أثرية، (21) .

في أم اسريغين في قندولة نظف أحد الخزانات الصخرية الذي كان مردوم في مزرعة السنوسي جاد الله في السبعينيات من القرن الماضي، أبعاده 20 م × 18م، البعد الأطول يوافق الاتجاه شرق - غرب، وعمق حوالي 3م، وسعة تخزينية بحوالي 1000م<sup>3</sup>، مجهز بدرج في زاويته الشمالية الغربية، يبدو أن الخزان كان يجمع المياه من سطح الصخر الجيري، من الجهة الغربية، صورة (22).

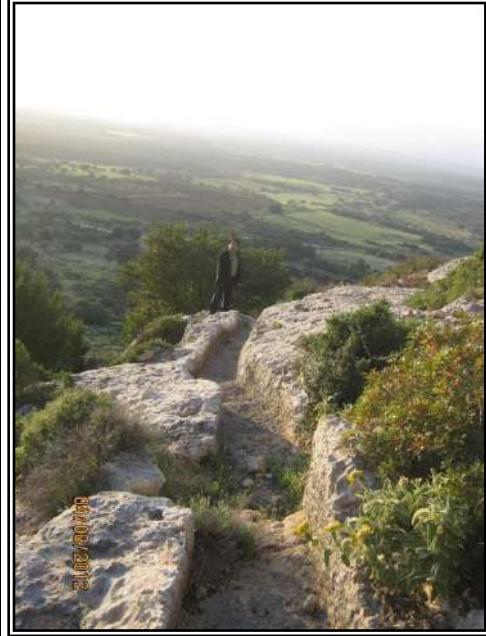
في منطقة شونة بالوسيط في مزرعة نصيب الطلحي يوجد خزان محفور في الصخر ومبنية جدرانها بالحجر بارتفاع حوالي 2م، عرض الخزان من الجهة الشرقية يبلغ 20.90م، وعرضه من الجهة الغربية حوالي 40.5 م، طول الخزان حوالي 50.7 م، الخزان مقسوم بجدار صخري طوله 32.5 م سمكه 1م، إلى خزانين؛ شرقي طوله 23.5 م، وغربي طوله 27.2 م، يتصلان ببعض بفتحة في وسط الجدار القاسم للخزان، بحيث أن الخزانين كانا يمتلئان مع بعض، سعة الخزان الكلية حوالي 3100م<sup>3</sup>، صورة مزدوجة (23)، شكل (2)، كان يمتلئ الخزان بمياه المطر التي يجمعها سطح الصخر الجيري من الجهة الغربية والذي تكثر على

سطحه، في محيط الخزان، القنوت المحفورة في الصخر والتي تغذي مجموعة من آبار السماء الموجودة في محيط الخزان في الجهتين الشمالية والغربية.  
هذه المجموعة السابقة الذكر كلها تقنيات خارج نطاق الاستعمال وتعد اليوم من المعالم الأثرية.





صورة (8): القناة الغربية وبركة ترقيد المياه  
الغربية على جانب خزان السليط،  
.08.04.2012



صورة (7): القناة الغربية لخزان السليط،  
العرض من 40 إلى 60 سم، 08.04.2012.



صورة (10): تدهور حالة الأعمدة، 135 سم × 120 سم، والارتفاع 470 سم، في خزان السليط، 08.04.2012.



صورة (9): خزان السليط الزاوية الجنوبية الشرقية، الضلع الشرقي الممثل لعرض الخزان يساوي 28.9 م، ويظهر في طرفه الشمالي أثر المياه الوارد من قناة التغذية الشرقية للخزان، 08.04.2012.



صورة (12): الأعمدة الصخرية في خزان السليط، الأعمدة الثلاثة الموجودة على صف واحد يوازي الضلع الجنوبي الممثل لطول الخزان البالغ 36.6 م، ارتفاع الخزان 4.7 م، وعلام الماء عند امتلاء الخزان بالمياه يبلغ 3.35 م، 08.04.2012.



صورة (11): الزاوية الشمالية الغربية للسليط يبدو فيها الدرجين وفي الجهة اليمنى المقابلة تبدو قناة المياه الغربية، 08.04.2012.



صورة (14): الجزء الشرقي لخزان السليط الأثري، 08.04.2012.



صورة (13): الجزء الغربي لخزان السليط الأثري، العمود الأيسر هو العمود القريب من الشخص الظاهر في الصورة المجاورة، 08.04.2012.



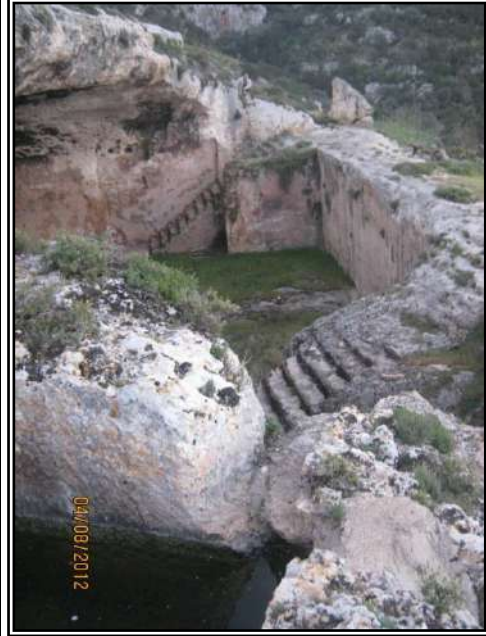
صورة (16): بركة صرف المياه، في الزاوية الشمالية الشرقية، من خزان السليط 302 سم  $\times$  552 سم وعمق الماء 90 سم، 08.04.2012.



صورة (15): واجهة خزان السليط، وسقفه الصخري، 08.04.2012.



صورة (18): حفرة قناة الصرف من خزان السليط، توجد خارج الزاوية الشمالية الشرقية للخزان، 08.04.2012.



صورة (17): بركة ترقيد القناة الشرقية قبل دخول المياه لخزان السليط، والواجهة الشمالية ودرجي الدخول لخزان السليط، 08.04.2012.



صورة (20): خزان جمع مياه، محفور بالصخر، آثار قصر أرتش وادي الحليقيمة، السفح الجنوبي من الجبل الأخضر،  
23.04.2006



صورة (19): خزان ماء (هوى الوسير)، محفور في الصخر الجيري، الوسيطة - شخنو، الطول حوالي 27 م، العرض حوالي 15 م، العمق حوالي 3 م،  
26.04.2007



صورة (22): هوى أم اسريغين، خزان ماء قديم محفور بالصخر في أم اسريغين في قندولة، أبعاده حوالي 18 × 20م والعمق حوالي 4.5 م من جهة الغرب، و3م من جهة الشرق، السعة حوالي 1000م<sup>3</sup>، تصوير السنوسي جاد الله  
20.03.2012



صورة (21): خزان ماء صغير، محفور بالصخر، في آثار شرق لملودة،  
30.05.2007

خزان شونة: الجهة الشرقية

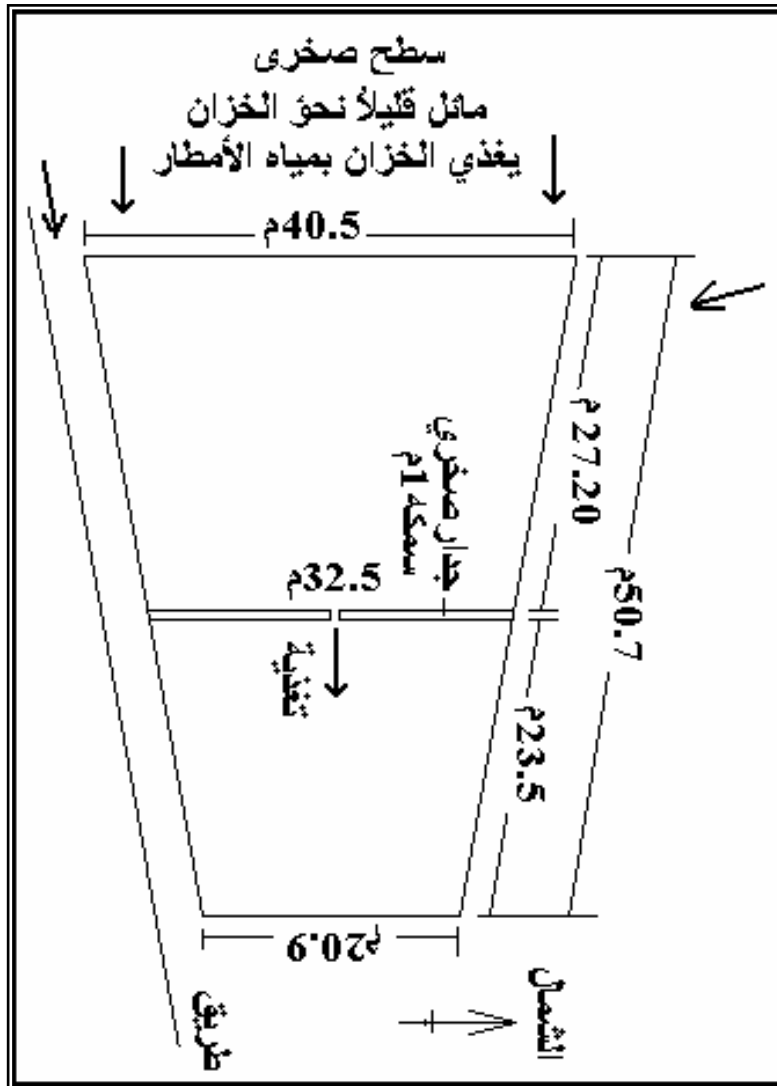


خزان شونة: الجهة الغربية



صورة مزدوجة (23): خزان شونه في الوسيطة، محفور في الصخر، ومبنية جدرانه بالحجر بارتفاع حوالي مترين، الخزان طولي وفق الاتجاه شرق غرب، عرضه من الشرق 20.9م، عرضه من الغرب 40.5م، طوله 50.7م، مقسوم بجدار صخري، طوله 32.5م و سمكه 1م، لجزأين؛ الشرقي طوله 23.5م، والغربي طوله 27.20م، يتصل الجزءان ببعضهما بواسطة فتحة في وسط الجدار الصخري القاسم للخزان الكلي، بحيث أنه كان يمتلئ الخزائين مع بعض، السعة التخزينية تفوق 3000 م<sup>3</sup>، 11.05.2012.





شكل (2): مسقط رأسي لخزان شونه في الوسيطة، محفور في الصخر، ومبنية جدرانته بالحجر بارتفاع حوالي مترين، الخزان طولي وفق الاتجاه شرق غرب، عرضه من الشرق 20.9م، عرضه من الغرب 40.5م، طوله 50.7م، مقسوم بجدار صخري، طوله 32.5م وسمكه 1م، لجزأين، الشرقي طوله 23.5م، والغربي طوله 27.20م، يتصل الجزءان في بعضهما بواسطة فتحة في وسط الجدار الصخري القاسم للخزان الكلي، بحيث أنه كان يمتلئ الخزائين مع بعض، السعة التخزينية تفوق 3000 م<sup>3</sup>، عن الواقع الميداني من عمل الباحثين.

## ثانياً- تقنيات جمع المياه المستعملة حالياً:

### أ- تقنيات جمع المياه السطحية:

#### 1 - آبار السماء التقليدية:

آبار السماء هي التقنية الأكثر شيوعاً لجمع المياه في الجبل الأخضر إذ يوجد آلاف من هذه الآبار التي توجد في كل الأماكن التي تسمح بجمع مياه الجريان السطحي المحلي الناشئ على السفوح الجبلية، وأطراف الأودية، والميول الطبوغرافية، حيث توجه مياه السفوح بواسطة ميوح تقود المياه إلى بوابخ البئر وتسمح بتجميع مياه المطر وحفظها بهذه الخزانات، صور (24، 25، 26، 27، 94)، اختار الباحثان بئر يقع على طريق الملوذة - مرتوبة يقع جنوب منطقة بشارة وعلى بعد حوالي 15 كم جنوب الملوذة لتناوله بدراسة وافيه تبين كيفية إنشاء البئر وبناء ميوحه في أسفل حوض صباب تقارب مساحته 1 هكتار، صورة (27) وشكلين (3 و 4)، بحيث تجمع المياه في البئر وتتجدد عند كل عاصفة مطرية تحدث جريان على سطح الحوض، كما تبين الأشكال أبعاد البئر وأبعاد مشرب المياه للحيوانات وكل ما يخص عملية استخدام البئر في وظيفته الحيوية.

كما تم اختيار بئر مدرسة الكرم والخليطة الموجود على يسار طريق مراوة - ذرود، وفي منتصف المسافة بينهما، يشكل البئر منظومة جمع مياه أمطار تعد الأفضل في إدارة جمع المياه الخاصة بآبار السماء في الجبل الأخضر، إذ تتكون المنظومة من خزانين الأول يستقبل مياه الميوح الجامعة لمياه جريان سطح الحوض الصباب الواقع جنوب المدرسة، والذي يحتل الجهة الشمالية لخلفية جبال الجشة المكونة للحافة الثانية الجنوبية للجبل الأخضر، صور (28)

و(29) وشكل (5)، وعند امتلاء هذا البئر المرقم ب (1) في الشكل (5) تفيض مياهه في باحة المدرسة لتتوجه نحو خزان المدرسة (2)، خزان المدرسة يجمع المياه الفائضة من الخزان (1) ويجمع مياه سطح المدرسة ومياه سطح مستودع المدرسة المسمى بالشكل المخزن، كما إنه يجمع مياه الجهة الخلفية للأرض الموجودة خلف المدرسة.

إن القدرة الاستيعابية لآبار السماء التقليدية صغيرة عادةً، لكنها فعالة بفضل كثرة عددها وانتشار توزعها الواسع وتحدد مياهها وملئها في كل مرة تحدث فيها العواصف المطرية جريان محلي تستفيد منه تلك الآبار، البعض من هذه الآبار يستوعب حوالي 15م<sup>3</sup> في حين يستوعب البعض الكبير منها ما يربو عن 300م<sup>3</sup> كبئر وادي القلثة في قصر الجاهير وبئر وادي الحليقيمة.

تستثمر مياه آبار السماء بالدلو عادةً، لكن بعض الرعاة مزودين بمضخات بنزين، صورة (24)، تضخ من مياه البئر ما يكفي لشرب القطيع في مشرب الحيوانات حين ورود القطعان على البئر، لا تعترض آبار السماء مشاكل سوى الحاجة للتنظيف والتطهير بين سنة وأخرى، أغلب هذه الآبار تلقى عناية كصيانتها الدورية وتدعيم جدرانها وميوحها بالإسمنت.



صورة (25): بئر سماء الصورة السابقة في الجبل الأخضر، أعلى المخيلي بحوالي 23 كم، على يمين طريق المخيلي - النوار،  
11.11.1999.



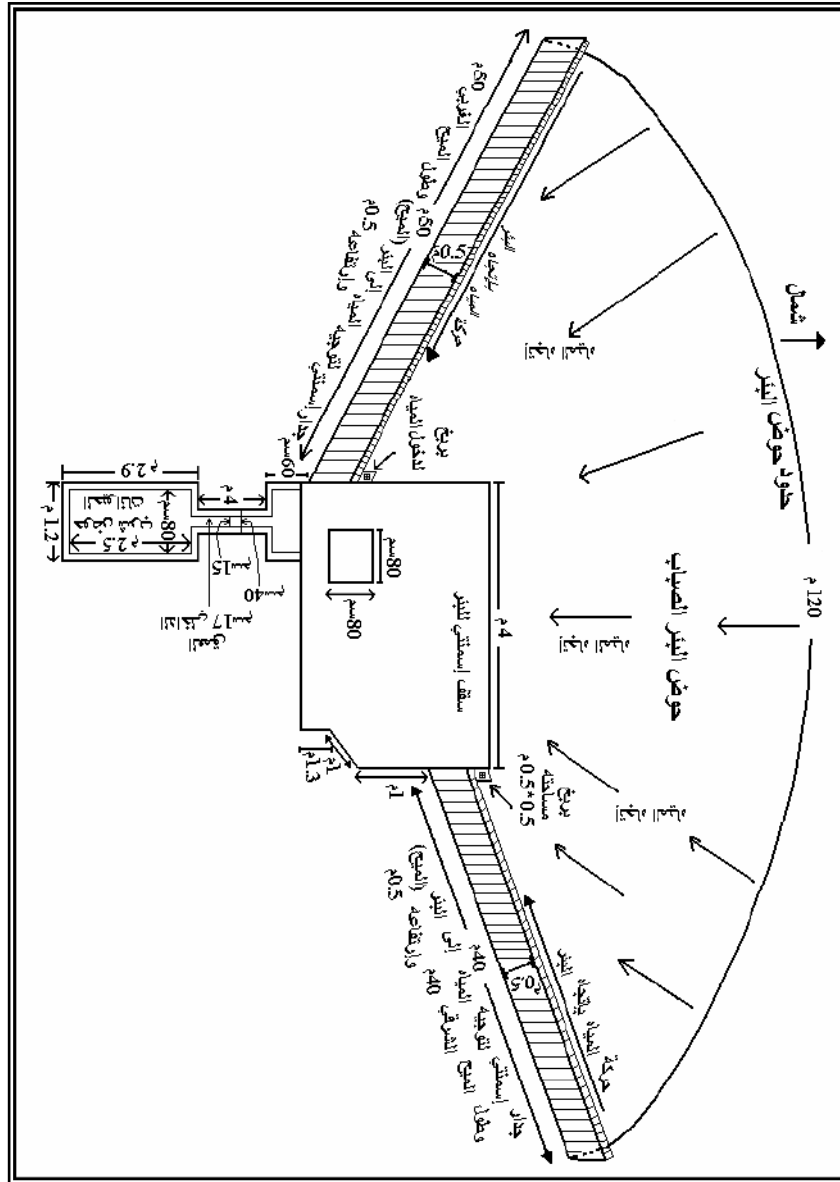
صورة (24): الضخ من بئر سماء (بئر الأشهب) بمضخة البنزين لكي تشرب القطعان. على يمين طريق المخيلي - النوار،  
11.11.1999.



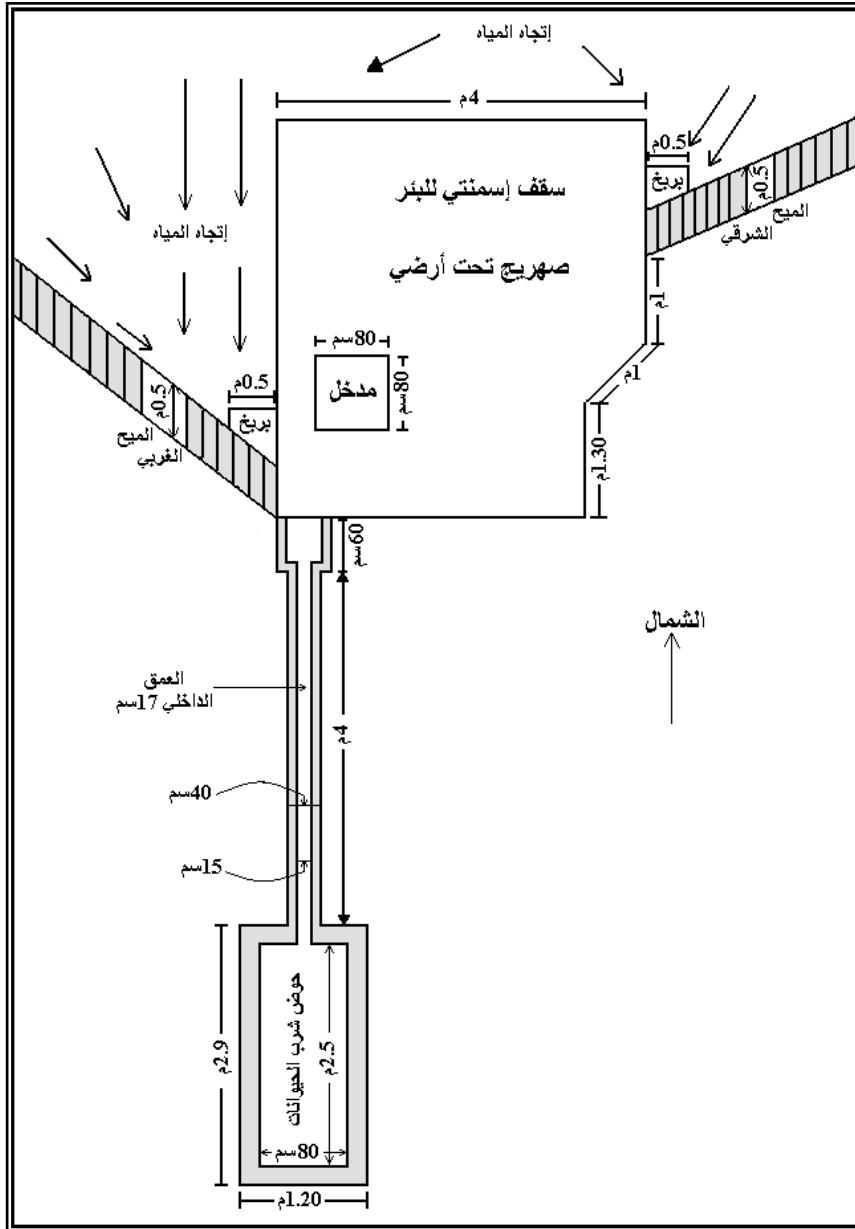
صورة (27): بئر سماء في الجبل الأخضر، جنوب منطقة بشارة، على يسار طريق لملودة - مرتوبة، 03.03.2000.



صورة (26): تجمع قطيع الأغنام والماعز حول بئر الصورتين السابقتين لأحد الآبار شمال المخيلي بحوالي 23 كم (بئر الأشهب) وتصحر التربة في محيط منطقة البئر، 11.11.1999.



شكل (3): رسم توضيحي لبئر جنوب بشارة، وحوضه الصباب، وميوح البئر التي تجمع المياه من يمينه وشماله، موقع البئر على يسار طريق لملودة- مرتوبة، ويبعد حوالي 15 كم من لملودة، ويقع إلى الجنوب الشرقي منها، عن الواقع من عمل الباحثين.



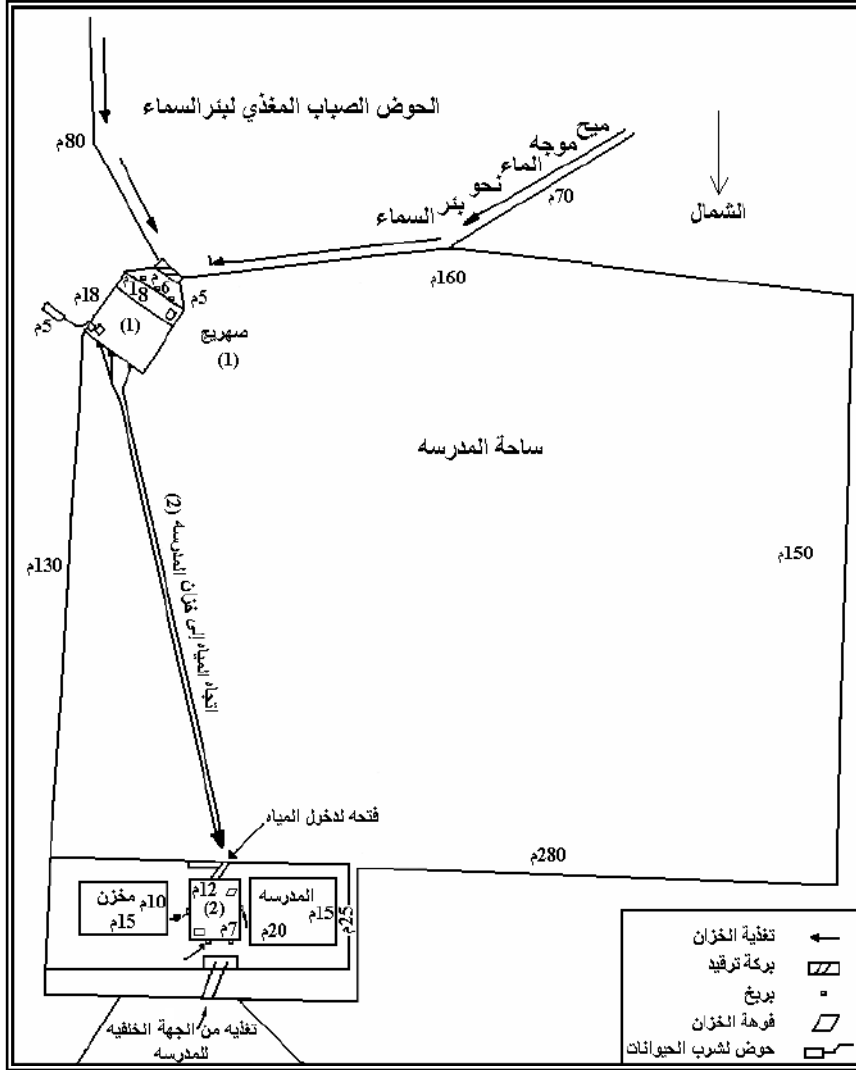
شكل (4): رسم توضيحي لبئر سماء جنوب يشارة، مبين عليه الأبعاد للبئر ومشرب الحيوانات، ومواقع البرابخ، مياه البئر تسحب بالدلو وبمضخات البنزين، عن الواقع من عمل الباحثين.



صورة (28): بئر سماء مدرسة الكرم والخليطة على يسار طريق مراوة- ذروة، يتكون هذا النظام من البئر القريب من الناظر والذي يقع في باحة المدرسة والبئر الثاني يقع ضمن بناء المدرسة، وفائض المياه من بئر الباحة يسيل ليملاً بئر المدرسة الذي يستمد المياه من سطح المدرسة أيضاً، وعليه فهذا البئر يتمتع بأفضل إدارة مائية لآبار السماء في الجبل الأخضر، عام 2000.



صورة (29): بئر باحة مدرسة الكرم والخليطة الذي يجمع مياه السفح الجنوبي من المدرسة، لاحظ بركة الترقيد في مقدمة البئر، عام 2000.



شكل (5): رسم توضيحي لبئر سماء مدرسة الكرم والخليطة في الجبل الأخضر، يقع البئر على يسار طريق مراوة-ذروة، في منطقة الكرم والخليطة، يتمتع هذا البئر بأفضل إدارة مائة من بين آبار السماء في الجبل الأخضر لأنه يتكون من نظام مزدوج لبئرين الأعلى (1) يستقبل ماء السطح الجبلي، والفائض منه يسيل في باحة المدرسة ليملاً بنرها (2)، ثم إن بئر المدرسة (2) يجمع مياه سقفي المدرسة والمخزن، عن الواقع من عمل الباحثين.

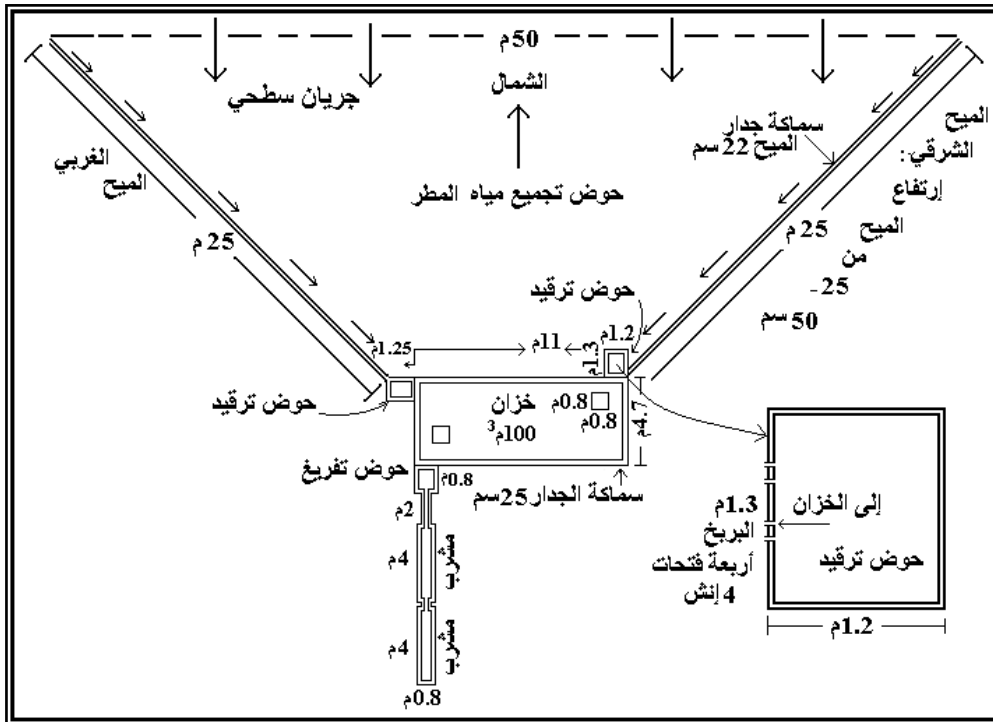


## 2 - آبار سماء خرسانية صغيرة حديثة في الجبل:

أُنجزت مجموعة الغطاء النباتي في الجبل الأخضر بعد عام 2000م مجموعة من الآبار الصغيرة بسعة 100م<sup>3</sup>/بئر، هذه الآبار مجهزة بميوح توجه مياه الجريان السطحي المباشر الناشئ على السفوح إلى بركتي ترقيد حيث يستعاض فيها عن البربخ التقليدي بأربع فتحات أنبوبية بقطر 4 إنش/للأنبوب، توجد الفتحات على منسوب يعلو أرضية بركة الترقيد بأكثر من نصف متر، مما يؤمن مياه نقية قدر الإمكان لداخل البئر، صورة (30) وشكل (6).



صورة (30): بئر سماء إسمنتي سعة 100م<sup>3</sup>، الأبعاد الخارجية: الطول 11م، العرض 4.7م، إنجاز مجموعة الغطاء النباتي بعد سنة 2000، منطقة الجورة، شهر 11. 2005.



شكل (6): بئر سماء إسمنتية سعة 100م<sup>3</sup>، الأبعاد الخارجية: الطول 11م، العرض 4.7م، إنجاز مجموعة الغطاء النباتي بعد سنة 2000، منطقة الجورة، شهر 11. 2005، عن الواقع من عمل الباحثين.

### 3- أبار السماء الخرسانية الحديثة الكبيرة في بيئة السلوك:

يختلف هذا النوع من الآبار عن آبار السماء التقليدية التي تجمع الجريان مباشرة من سفوح أحواضها التي تحددها ميوعها، إلا في بعض الحالات النادرة التي يتغذى فيها البئر من الجريان غير المباشر الحاصل بالأودية المجاورة لبعض الآبار كحالة بئر وادي القلثة والبئر القريب من قصر أرتش في وادي الحليمة، إن آبار السماء الخرسانية الحديثة تجمع مياه

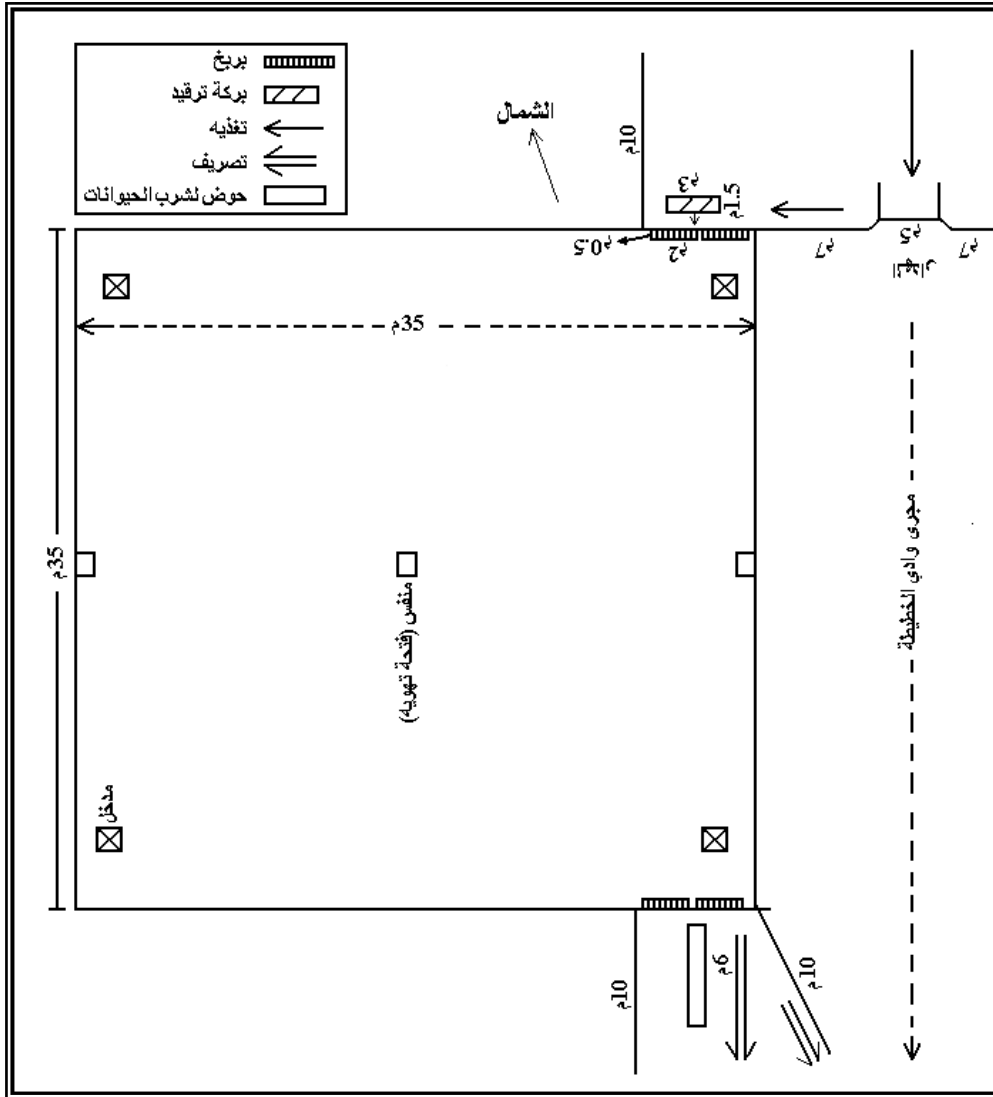
الجران غير المباشر الذي تجلبه الأودية لذلك فهي تتوسط الحال ما بين آبار السماء التقليدية والمواجن؛ تجمع هذه الآبار مياه السلوك المنبسطة الأرضية في أعالي البلط، والتي يوجد أعداد منها في أعالي بلطة بشادة وعقيرة أكريم وفي منطقة السروال من وادي الشعبان ووادي تناملو، توجه المياه نحو البئر إما بواسطة ميوح موجهه للمياه أو أن البئر يعترض السلك عندما يكون السلك قليل العرض، بحيث تدخل المياه للبئر من البرابخ المقابلة لجهة ورود المياه في السلك، ويخرج الفائض من فتحات الصرف الموجودة في الجهة المقابلة، هذه الآبار تزيد أطوالها عن 25 م وعرض البعض منها يصل لحوالي 12 م وأعماق هذه الآبار يبلغ 4 م وعليه فسعة استيعابها تصل لحوالي 1200م<sup>3</sup> وهي تخدم الثروة الحيوانية عادةً، صور (31، 32، 33 و34). تعترض هذه التقنية مشكلة زيادة كميات النفايات العضوية ذات المنشأ الحيواني فيها كالزبل والبعر فتكسب المياه طعم غير مستساغ.



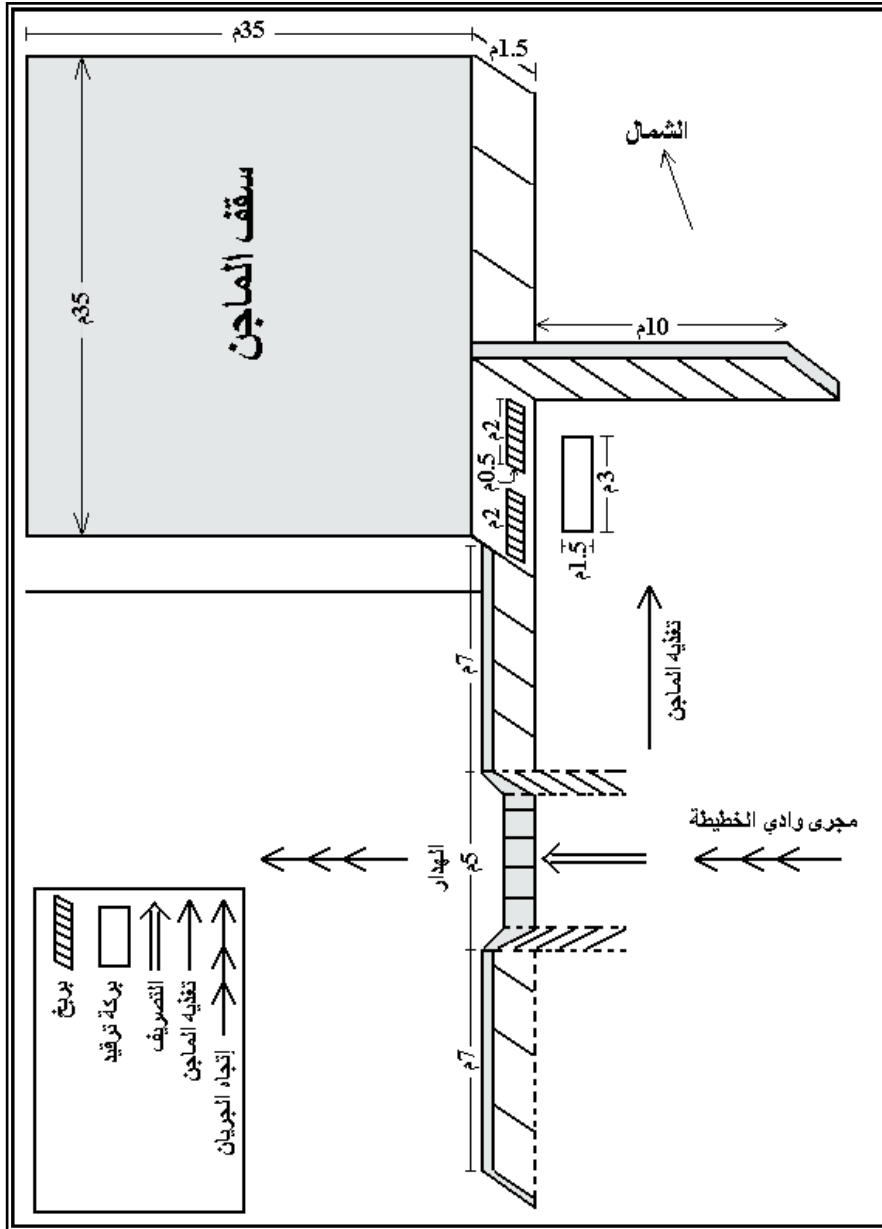
#### 4- المواجن الإسمنتية:

المواجن تقنية مدخلة حديثاً مع مشروع جنوب الجبل الأخضر وهي تقنيات تجمع مياه الجريان السطحي للأودية، وعادةً تبنى المواجن على أحد جانبي الوادي، إذ توجه المياه للماكن بواسطة سد إسمنتي يعترض تيار مياه الوادي فيرفع منسوبها ويوجهها جدار السد نحو

بركة الترقيد التي تتقدم الماكن، ومن ثم تدخل المياه للماكن من برباخ خاصة، وعند امتلاء الماكن تخرج المياه من فتحات صرف خلفية تنصرف منها المياه الفائضة من الماكن في الوادي نحو أسفل الماكن، والماكن مزودة بفتحات تهوية ومداخل من السقف للتنظيف ولنضح المياه بالدلو، يوجد مجموعة من هذه الماكن في مراوة وذروه ووادي العقارة، وتعد هذه التقنية ذات جدوى حيوية، إذ أن أبعاد المسقط الرأسي للماكن 35م×35م، وعمقه 4م، وعليه فإن الماكن الواحد منها يتسع لأكثر من 4000م<sup>3</sup>، عند ملئه لحدود 3.5م فقط، هذه المياه تخدم الثروة الحيوانية طيلة العام، اختار الباحثان مكن وادي الخطيطة في جنوب مراوة لتوضيح كيفية تزويد الماكن بالمياه وأبعادها الضرورية لأداء وظيفتها الحيوية في خدمة الحيوانات والمجتمع المحلي، شكلين (7 و 8).



شكل (7): يبين ماجن مراوة  $35 \times 35$  م وعمق 4م، وكيفية تغذيته بمياه سيل وادي الخطيطة، وكذلك كيفية الصرف من الماجن إلى الوادي، عن الواقع من عمل الباحثين.



شكل (8): شكل مجسم لجسم سد اعتراض مياه الوادي لتغذية ماكن مراوة، والعناصر الرئيسية للخزان، عن الواقع من عمل الباحثين.

## 5- الحفر الاصطناعية:

الحفر الاصطناعية تقنية داخلية حديثا في الجبل الأخضر، وهذه الحفر محفورة إما لهدف تجميع جزء من مياه جريان الأودية، وإما للاستفادة من مواد رسوبيات الأودية لرصف ودمك الطرق، حيث تبقى هذه الأماكن المحفورة فارغة تشغلها مياه الجريان الناشئ في الأودية ويمكن تمييز نوعين منها:

أ. النوع الأول هو حفر معترضة: أي أن الحفرة ذاتها تقع في وسط الوادي بحيث أن مياه جريان الوادي تدخلها من جهة وتخرج منها من الجهة المقابلة بحيث أن جريان الوادي يؤدي لملئها مباشرة نتيجة لعبوره إياها من جهة لأخرى، وهذا النوع من الحفر يوجد في أعالي المخيلي كحفرة أبو علي الفرجاني في أعالي المخيلي بنحو 37 كم، وحفرة وادي تناملو، والبعض منها يوجد على فروع وادي الرملة، والبعض منها يعترض السلوك في أعالي البلط، صور (35، 36، 37، 38، 39 و 40) و شكل (9).

ب. النوع الثاني هو حفر جانبية: أي توجد على أحد جانبي الوادي وتوجه المياه بسد حجري نحوها من الجهة العليا، وتخرج منها المياه من فتحة سفلي تعيد فائض مياه البحيرة نحو الوادي. وهذا النوع هو السائد في وادي الرملة وبالعطر والقوس والخريف وغيرها، صور (41، 42، 43، 44، 45 و 46).

إن الحفر الاصطناعية تجمع كميات لا يستهان بها من المياه لأن أبعادها تتراوح بين 40م×40م أو 40م×50م و60م×50م ويصل طول البعض منها لحوالي 100 كما في حفرة أبو علي في أعالي المخيلي، وحفرة الخريف الواقعة جنوب طريق المخيلي - الخروبة، وحفرة



الحليقيمة القريبة من استراحة تناملو جنوب الطريق العام وعليه فكميات المياه التي تجمعها هذه الحفر تتراوح بين 4000 و8000م<sup>3</sup>، وقد يصل إلى 10000 م<sup>3</sup> في حفرة تناملو أسفل الطريق العام المخيلي - الخروبة، ويتجاوز 20000 م<sup>3</sup> في بحرة أبو علي الفرجاني، ويوفر البعض منها المياه للحيوانات حتى نهاية شهر 5، إلا أن نقل المياه من الحفر بالسيارات لملء صهاريج البيوت يقلل من زمن وجود المياه بها، كما إن عمليات الإرساب والردم لهذه الحفر بنواتج إرساب الجريان يؤدي لقلّة المياه المجموعة بها وكذلك لقلّة زمن بقاء المياه فيها، إذ لاحظ الباحثان أن حفرة وادي القوس التي كان عمقها بحسب إفادة بعض الأهالي عند حفرها 4 م أصبح بعد ردمها 2.5 م وهذه الحفرة التي كانت تنضح حوالي 300 سيارة، بسعة 12 م<sup>3</sup>/سيارة، أصبحت لا تغذي سوى قدر 200 سيارة فقط حتى 2007، صورة (45)، كما إن البعض منها قد يخرج قريبا من نطاق الاستعمال بسبب الردم، مثل حفرة وادي الرملة الموجودة أسفل المخيلي، صور (47 و48) كذلك فإن النحت الأخدودي الناتج من فرق منسوب أرضيات الحفر الاصطناعية عن مستوى سطح الأرض يؤدي لردمها بالمواد الناعمة بسبب عنف الجريان، صورة (49)، الناتج عن فرق المنسوب، الداخلة لها ومن ثم تنقيص عمر استخدامها.

في تلميشة وعلى يمين وادي الشعبة بحوالي 200 م توجد تقنية الحفر الاصطناعية 40م×40م على سطح طبوغرافي منحدر؛ حيث يحفر الجزء العلوي من المنحدر ليتساوى منسوبه مع الجزء السفلي، ويستعمل ناتج الحفر في رفع جدران الحفرة من الناحية السفلية، لذلك فهذه التقنية تعد مركبة إذ أن ناتج الحفر يستعمل كجدران ترايبية، للحفرة من الجهة

السفلى أي الشمالية للمنحدر الطبوغرافي المقامة عليه الحفرة، هذه الجدران تساعد في حجز المياه فيها بعمق حوالي 2.5 م والحفرة تتغذى بالمياه من الجهة الطبوغرافية الأعلى للمنحدر أي من الجهة الجنوبية الغربية، وتنصرف منها مياه الفائض من الجهة الأخرى أي من الجهة الجنوبية الشرقية للحفرة لتصب في حفرة أخرى سفلية تقع في السهل الساحلي، صورة (50) وشكل (10).

#### 6- الغدران الناتجة بفعل عبارات الطرق:

تتكون بعض الغدران بفعل قواعد بعض العبارات الإسمنتية التي تعلق منسوب أرضيات الأودية العابرة لها، ومن ثم تلعب قاعدة العبارة الإسمنتية أحياناً دور حيوي في حجز كميات كبيرة من المياه يصل لأكثر من 10000 م<sup>3</sup> تخدم الحياة الحيوانية والمجتمع المحلي لأكثر من أربعة أشهر، كما هو الحال في وادي لاكنش العابر لعبارة الـ 14 من طريق الملوذة- مرتوبة التي تكون غدير ماء يزيد طوله عن 450 م، صور (51 و 52).



صورة (36): لوحظ بقاء مياه حفرة أبو علي الاصطناعية حتى 07.05.2009 مع العلم أنها ملئت في 14.10.2008، أي أنها تمسك بالمياه لفترة 206 أيام في الشتاء والربيع،  
30.03.2012



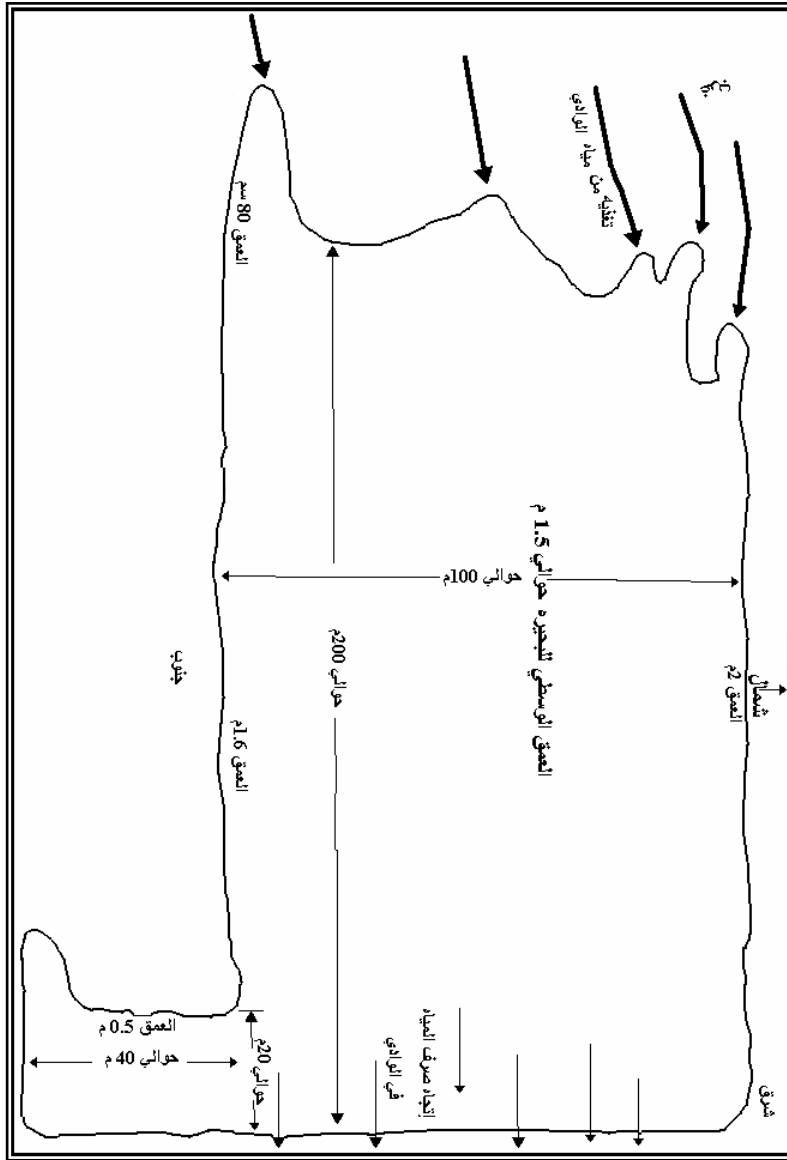
صورة (35): بحيرة أبو علي الفرجاني الاصطناعية في أعالي المخيلي إلى الشمال منها بحوالي 23 كم، وعلى يسار طريق المخيلي-النوار، 26.11.2008.



صورة (38) : حفرة أبو علي الاصطناعية،  
18.10.2007



صورة (37): قياس العمق في بحيرة أبو علي في النوار، العمق الوسطي 1.5م،  
03.03.2000



شكل (9): رسم توضيحي لأبعاد وتغذية وصرف مياه بحيرة أبو علي الفرجاني الاصطناعية المحفورة اعتراضياً على أحد الأودية في أعالي المخيلي بحوالي 37 كم، وتقع على يسار طريق المخيلي- النوار، البحيرة تمسك المياه لحوالي 206 يوم، وتجف في أواخر شهر 5 بحسب التغذية، عن الواقع من عمل الباحثين.



صورة (39): بحيرة حفرة اصطناعية 50م × 60م تعترض مجرى وادي تناملو جنوب طريق المخلي-تناملو، 06.06.2006.



صورة (40): مداخل الماء إلى بحيرة تناملو الاصطناعية في الوادي المنبسط الأرض على هيئة سلك، 06.06.2006.



صورة (42): حفرة اصطناعية في وادي الرملة بالمخيلي تملأ بمياه الجريان الحاصل في تاريخ التقاط الصورة الموافق 05.06.2006.



صورة (41): حفرة اصطناعية تستمد مياهها من وادي الرملة بأعالي المخيلي بنحو 7 كم، توثيق محمود التواتي، 05.06.2006.



صورة (44): بحيرة الحفرة، الجانبية لوادي بلعطر، الاصطناعية 50 م × 40 م تنقل منها الماء بالسيارات للمنازل، السعة 200 سيارة بسعة 12 م<sup>3</sup>/سيارة، عمق البحيرة عند حفرها 4 م أصبح 2.5 م بتاريخ التقاط الصورة 06.06.2006.



صورة (43): بحيرة الحفرة الجانبية الاصطناعية، لوادي القوس، 08.10.2007.



صورة (46): تظهر انخفاض منسوب مياه بحيرة القوس بمقدار 60سم خلال يوم واحد من توقف الجريان، ويبدو ذلك من ترسب المواد العضوية على هيئة شريط يعلو منسوب مياه البحيرة، 06.06.2007.



صورة (45): السيارات تنقل المياه لملء صهاريج المنازل في منطقة المخيلي من بحيرة القوس 40 م × 50م، 06.06.2006.



صورة (48): حفرة وادي الرملة، مياه قليلة متبقية بالحفرة بسبب الردم خلال 46 يوم، الحفرة ملنت بمياه جريان 14-15.10.2008، تاريخ الصورة 30.11.2008.



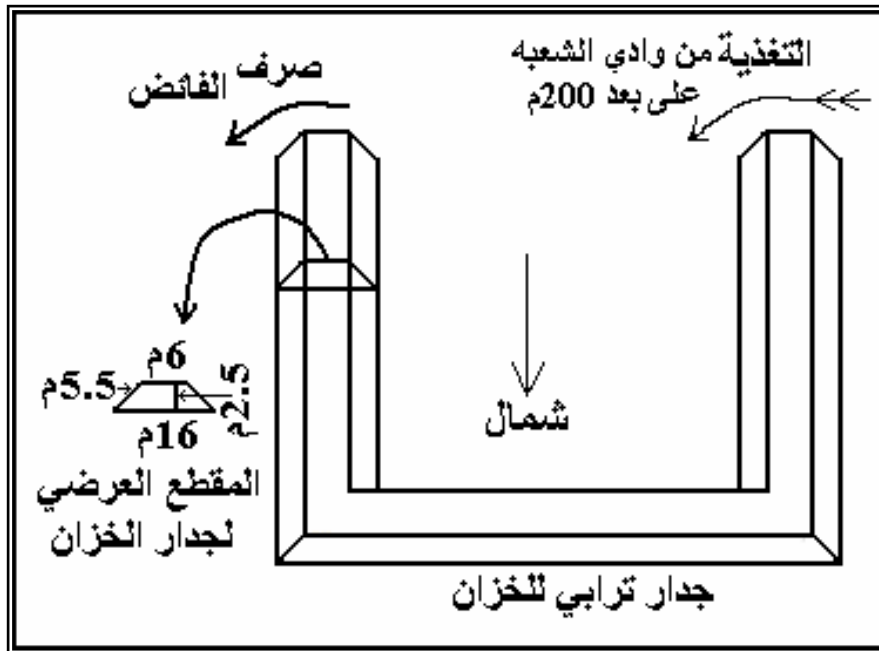
صورة (47): حفرة اصطناعية معترضة على أحد فروع وادي الرملة على المروحة الإرسابية في المخيلي، لاحظ حجم ردميات الطمي، 30.11.2008.



صورة (50): خزان تجميع مياه وادي الشعبة في أعلى السهل الساحلي في ظلمية، شهر 2003/11.



صورة (49): مشكلة ردم الحفر الاصطناعية بنواتج النحت الأخدودي الذي ينشأ من جراء فرق المنسوب بعد حفر البحيرات، بحيرة شرق استراحة تناملو 40 م × 50 م، تقع على شمال طريق المخيلي-تناملو، 06.06.2006.



شكل (10): رسم توضيحي لخزان تجميع مياه سيل وادي الشعبة أسفل الحافة الأولى للجبل الأخضر في أعلى السهل الساحلي في ظلمية، عن الواقع من عمل الباحثين.





صورة (52): غدير ماء متكون بفعل اعتراض قاعدة عبارة طريق لملودة- مرتوية لوادي لاكنش 05.12.2009.



صورة (51): جمع مياه وتكوين غدير ماء في رافد وادي لاكنش بفضل عبارة ال 14 لطريق لملودة-مرتوية، مياه الغدير تبقى لنهاية شهر 5، تاريخ الصورة 24.10.2007.

#### 7- تقنية القوض في البلط:

أدخلت في سنوات التسعين (ما بين 1992 و 1994 بحسب ما يفيد الأخ سالم إبراهيم؛ سائق البلدوزر الذي حفر القوض) تقنيات فعالة لجمع مياه البلط التي تكون بحيرات مائية مؤقتة تصب فيها مياه سيول الأودية العابرة للسفح الجنوبي للجبل الأخضر عند توقفها عن الجريان والحركة، الصورتان (64 و76)، إن التبخر السريع لمياه البلط وجفافها باكراً ألجأ الإدارة المائية في إقليم الجبل لاستعمال تقنيات القوض المحفورة على هيئة خندق أو قناة ذات مقطع عرضي شبه منحرف بعرض 30 م من الأعلى وعرض 6 م من الأسفل ليسهل شرب الحيوانات منها عند تناقص منسوب مياه القوض، عمق القوض 6 م وطوله يتراوح من 900 م في القوض الجنوبي لبلطة الرملة إلى 1000 م في باقي القوض البالغ عددها 9 قوض موزعة على 5 بلطات، شكلين (11 و12)، وعليه فالقوض الواحد يجمع داخله

حوالي 120000م<sup>3</sup> تخدم المجتمع المحلي وقطعان الغنم والإبل لمدة سنة كاملة، بحيث تنقل المياه في أحيان كثيرة من القوض بالسيارات لخدمة المجتمع المحلي في كافة أغراضه، صور (من 53 إلى 75). تتعرض تقنية القوض لعدة مشاكل أهمها تكوين الخنادق على أطرافها، إذ تتطور تلك الخنادق لتأخذ أشكال عديدة مع كل جريان بسبب نعومة مواد أرضية البلط المكونة من السلت والطين، ويسبب فرق المنسوب بين أرضية القوض وسطح أرض البلطة، وعليه تتراكم المواد المنقولة الناتجة عن النحت الأحدودي بأرضيات القوض، مما يعمل في ردمها مع تقدم الوقت، ومن ثم تتناقص قدرتها على حفظ المياه لفترات طويلة، صور (68، 69، 70، 71، 72، 73 و74)، فرغم أن الخنادق المتطورة على أطراف القوض تساهم في توسيع رقعة المياه، صور (59، 61، 73)، إلا أن ذلك يساهم في تناقص عمق المياه ومن ثم مساهمة التبخر في تسريع ضياعها خلال فترات زمنية أقصر. إن قياسات الباحثين بينت أن مركبة التبخر من القوض والبلط تبلغ 3.43 ملم/يوم من أيام الشتاء والربيع، إن تقنية القوض رغم أهميتها في سنوات المطر والجريان إلا أنها تصبح عديمة الجدوى في السنوات الجافة خاصة إذا تكررت على شكل دورة تستمر لسنتين وأكثر كالفرة الحالية التي تمتد من 2009 وحتى 2012، حيث بقيت القوض جافة وما تزال حتى اليوم لعدم وصول المياه إلى البلط خلال 3 سنوات متتالية في دورة الجفاف الحالية، صور (53، 65، 66، 67، 68، 69 و70). لقد تابع الباحثان حالات القوض في بلطة بشادة وبو رقيص والرملية وأحوالها خلال فترة تمتد من 1998 وحتى الآن، وتمت زيارتها في فصول مختلفة من السنة، وعليه فإن أكبر مشكلة تتعرض لها القوض في البلط هو الردم بالمواد الناعمة، إذ يقدر الباحثان أن

سماكة الردم في القرض الجنوبي في بلطة الرملة تتراوح ما بين 2.5م في جهة القرض الشمالية الغربية و2م في جهته الجنوبية الشرقية، كذلك يقدر سمك الردم في القرض الشمالي من ذات البلطة 2م في جهته الشمالية و 1.5م في جهته الجنوبية، كما تم من خلال تلك الزيارات إعطاء ما أمكن عن تطورها وتغير مظاهرها وتأدية وظائفها خلال فترة دراستها.



صورة (53): القرض الجنوبي في بلطة الرملة فارغ من المياه بتاريخ 07.05.1999.



صورة (54): القرض الشمالي في بلطة الرملة ترد عليه الإبل، اتجاه الصورة من الجنوب إلى الشمال، محتوى القرض من المياه بين 5 و 6 آلاف متر مكعب، التاريخ 07.05.1999.



صورة (55): الإبل في بلطة الرملة تصدر من بلطة الرملة بعد شربها من مياه القوض الشمالي،  
07.05.1999.



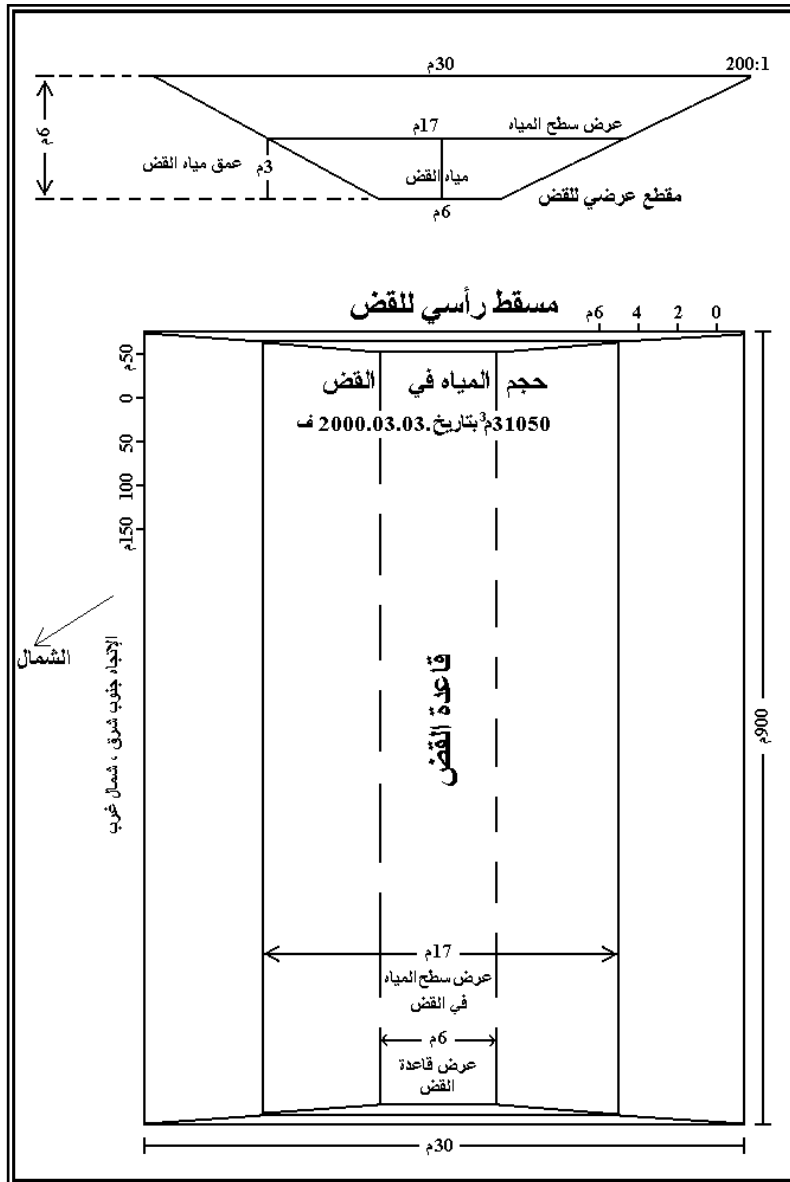
صورة (56): القوض الشمالي في بلطة الرملة ترد عليه الأغنام، محتوى القوض من المياه بين 5 و  
6 آلاف متر مكعب، لاحظ إثارة العاصفة الترابية في مقدمة القطيع، ولاحظ ظاهرة الأخاديد وهي  
في أطوارها البدائية على أطراف القوض المحفور في 1992، تاريخ الصورة 07.05.1999.



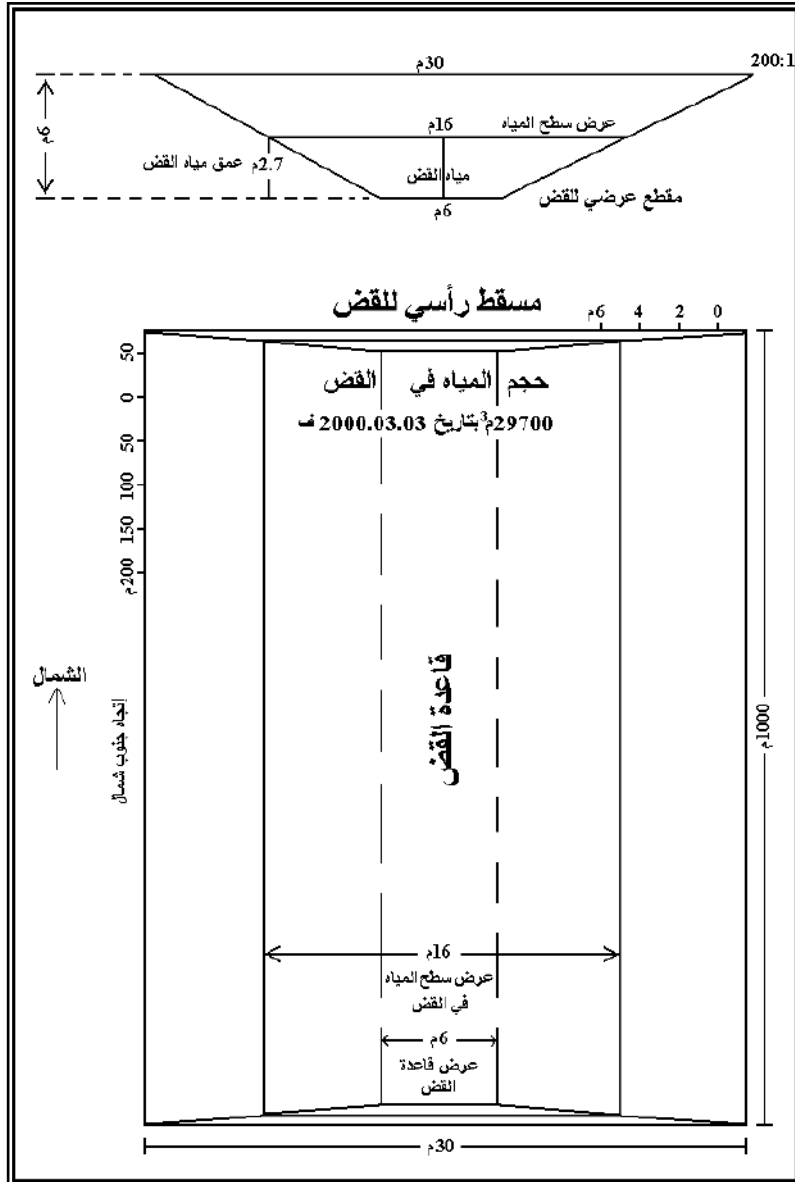
صورة (57): القوض الجنوبي في بلطة الرملة اتجاهه شمال غرب-جنوب شرق، لاحظ بدايات الترسيب على أطراف القوض، حجم المياه فيه حوالي 31050 م<sup>3</sup>، حُسب على أساس طول القوض 900 م، عرض سطح المياه 17 م، عرض القوض من الأعلى 30 م، وعرض قاعدة القوض 6 م، ومن ثم يبلغ سمك طبقة الماء في القوض 3 م، بتاريخ 03.03.2000.



صورة (58): القوض الشمالي في بلطة الرملة اتجاهه شمال-جنوب، حجم المياه فيه 29700 م<sup>3</sup>، حسب على أساس أن طول القوض 1000 م، عرض سطح مياه القوض 16 م، وعرض قاعدة القوض 6 م. وعليه يبلغ سمك طبقة المياه بالقوض 2.7 م، بتاريخ 03.03.2000.



شكل (11): مسقط رأسي للقض الجنوبي في بلطة الرمل، يوضح أبعاده، ومنسوب مياه القض بتاريخ 03.03.2000، بالإضافة لمقطع عرضي للقض يحتل أعلى وسط الشكل، الاتجاه يدل على الاتجاه الطولي للقض في البلطة، عن الواقع الميداني من عمل الباحثين.



شكل (12): مسقط رأسي للفيض الشمالي في بلطة الرمل، موضح عليه الأبعاد ومنسوب المياه في الفيض وحجمها بتاريخ 03.03.2000، وفي الأعلى مقطع عرضي أي مسقط أمامي للفيض، الاتجاه الطولي للفيض شمال جنوب، عن الواقع من عمل الباحثين.



صورة (60) : القض الشمالي في بلطة الرملة،  
الطرف الشمالي للقض، اتجاه القض شمال  
جنوب مليء بالمياه، 03.12.2008.



صورة (59) : القض الجنوبي في بلطة الرملة  
جنوب غرب - شمال شرق مليء بالمياه،  
03.12.2008



صورة (62) : قض بلطة الرملة الشمالي،  
انخفاض منسوب مياه القض عن منسوبه في  
الصورة السابقة خلال فترة 156 يوم،  
07.05.2009



صورة (61) : القض الجنوبي في بلطة الرملة،  
انخفاض منسوب مياه القض عن منسوبه في  
الصورة السابقة خلال فترة 156 يوم،  
07.05.2009





صورة (64): بلطة الرملة مليئة بحوالي 30 مليون م<sup>3</sup> من مياه السيول في تاريخ .21.10.2007



صورة (63): ورود قطع الغنم على القض الجنوبي في بلطة الرملة، لاحظ جفاف وقسوة بيئة البلط، .07.05.2009



صورة (66): قض بلطة الرملة الشمالي، لاحظ تطور الأخاديد على الطرف الشمالي للقض ومساهمتها بردم القض .05.12.2009



صورة (65): القض الجنوبي في بلطة الرملة، اتجاهه شمال غرب- جنوب شرق .05.12.2009



صورة (68): الطرف الشمالي للقض الشمالي من بلطة الرملة، لاحظ تأثير الجفاف لثلاث سنوات في تطوير مظاهر جوانب الخنادق بين هذه الصورة وسابقتها؛ صور (60، 62، 66)، تاريخ الصورة 30.03.2012.



صورة (67): قارن تغير شكل أرضية القض الجنوبي في بلطة الرملة بفعل الأمطار مع الصورة (65) السابقة، 30.03.2012.



صورة (70): الطرف الجنوبي للقض الشمالي في بلطة الرملة، القض جاف منذ خريف 2009 ومردوم بحوالي 2م بسبب تطوير الخنادق والأخاديد، ولادة وتطور أخاديد جديدة على الطرف الجنوبي للقض، 30.03.2012.



صورة (69): الطرف الجنوبي الشرقي للقض الجنوبي في بلطة الرملة، القض جاف منذ خريف 2009 ومردوم بعمق حوالي 3م، بمساهمة تطوير الخنادق الجانبية، تطور أخاديد جديدة على الطرف الجنوبي الشرقي للقض، 30.03.2012.



صورة (72): تطور الأخاديد على جوانب القوض في البلط، بلطة الرملة،  
05.12.2009



صورة (71): ظهور بواذر النحت الأخدودي في أرضية البلطة على أطراف القوض المحفورة في 1992 في البلط، تاريخ الصورة  
11.11.1999



صورة (74): تطور الأخاديد على جوانب القوض الشمالي من بلطة الرملة،  
05.12.2009

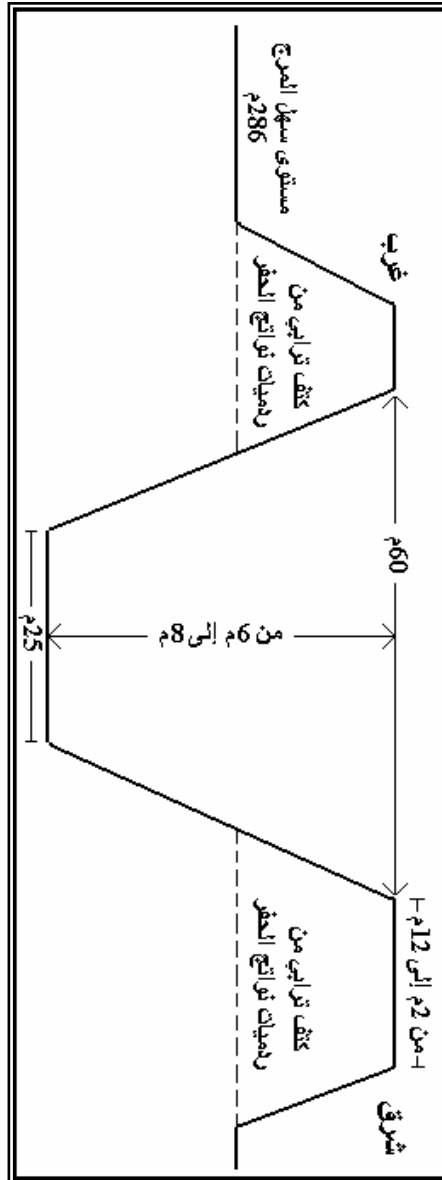


صورة (73) : قوض بلطة ابشادة، لاحظ تطور الأخاديد على أطراف القوض، ودورها الإيجابي في توسيع رقعة المياه، وبنفس الوقت دورها السلبي في ردم القوض،  
14.03.2008



#### 8- القوض الضخمة:

في سهل المرج وبالتحديد في غوط سيدي أرحومة حيث كانت تطوف الأراضي الزراعية وتغرق بمياه السيول ذات الصرف الداخلي التي تتجمع مياهها في سهل الغوط، تم حفر قرض بطول 6 كم على هيئة قناة مقطوعها العرضي شبه منحرف وعمقها يتراوح بين 6م و8 م وعرض أعظمي في أطرافها الشمالية يصل إلى 60 م في الأعلى ويعرض لقاعدة القرض يصل لنحو 25 م، وهذا القرض يجمع ما يزيد عن 800000 م<sup>3</sup> وتبقى فيه المياه حتى نهاية شهر 6، إن قياسات الباحثين على القرض تبين أن مركبة الرش والتبخير من القرض يبلغ معدلها حوالي 7.1 ملم/يوم من أيام فصل الربيع، شكل (13) وصور (من 77 إلى 82).



شكل (13): مقطع عرضي لقض سيدي أرحومة في سهل المرج عند طرفه الشمالي الغربي، الطول 6 كم، الغرض حماية سهل المرج من الغرق، وجمع حوالي 800000 م<sup>3</sup> من مياه السيول التي تصرف مياهها داخلياً في السهل، عن الواقع من عمل الباحثين.



صورة (78): قرض سيدي أرخومة في سهل المرج، الجهة اليمنى من طريق البيضاء-المرج، تاريخ الصورة 25.02.2004.



صورة (77): قرض سيدي أرخومة في سهل المرج على يسار طريق البيضاء-المرج، حجم المياه قدر بنحو 400000 م<sup>3</sup> على أساس عمق المياه ضمن عبارة الطريق 2 م، والطول 6000 م، وعرض سطح الماء 33.3م، تاريخ الصورة 25.02.2004.



صورة (80): قرض سيدي أرخومة على يمين طريق البيضاء-المرج، في سهل المرج، لاحظ انخفاض منسوب المياه بمقدار 40 سم عن منسوب الصورة السابقة خلال 56 يوم، تاريخ الصورة 22.04.2004.



صورة (79): قرض سيدي أرخومة في سهل المرج، على يسار طريق البيضاء-المرج، هبوط منسوب مياه القرض عن الصورة السابقة بمقدار 40 سم خلال 56 يوم أي أن معدل الرش والتبخر معاً يبلغ 7.1 ملم/يوم من أيام الربيع، تاريخ الصورة 22.04.2004.



صورة (81): الجهة الجنوبية من قرض سيدي أرحومة، تصوير رافع المنفي 27.04.2012.



صورة (82): الجهة الشمالية من قرض سيدي أرحومة، تصوير رافع المنفي 27.04.2012.

## ثالثاً- تقنيات جمع المياه الجوفية:

### 1- المعاطن:

المعاطن هي آبار ضحلة لا يزيد عمقها عن 5م تجمع مياه الرشح الجوي الجانبي الأفقي الذي توفره بعض الطبقات المارنية والطينية التي تحفظ المياه فوقها وتمنعها من التوغل نحو الأعماق، صورة (88)، والتي تكون قريبة من سطح الأرض، وبالتالي تتجمع المياه في هذه الآبار وتوفر مياه في خزاناتها تخدم المجتمع المحلي والأنعام في كل من جردس الجرازي وخولان وسيدي الحمري والقيقب، صور (من 83 إلى 93)، هذه التقنية فعالة جداً وتوفر المياه حتى في أوقات الجفاف إذ يعتمد عليها الناس في نقل المياه بالسيارات لبيوتهم، ولا يوجد مشاكل تعترض هذه التقنية، إلا في بعض حالات النزاع التي تؤدي لردمها بالحجارة كما هو حال 4 معاطن مردومة بالحجارة في وادي فطناس في جردس الجرازي.





صورة (84): معطني خولان (2 و3).



صورة (83): معطن خولان (1) الغربي الأقرب للبلد، تضخ منه المياه لخدمة بعض المنازل، وتنقل المياه منه بالسيارات.



صورة (86): المعطن (4) في خولان،  
30.03.2012



صورة (85): معطن خولان (3) إلى الشرق من المعطن (1).



صورة (88): معطني خولان (3 و4)، لاحظ طبقة الطفلة الصفراء المتكشفة في أرضية الوادي، هي التي تكون الطبقة الكتيمة الحافظة للمياه المغذية للمعاطن فوقها، 30.03.2012.



صورة (87): المعطن (5) في خولان.



صورة (90): المآخذ الثاني في المعطن (5) في خولان، 30.03.2012..



صورة (89): عمق سطح المياه في المعاطن في خولان يصل لمنسوب سطح الأرض تقريباً، 30.03.2012.



صورة (92): معطن جردس الجراري في وادي جردس الذي يستمد ويجمع مياه المنسوب الجوفي لتكوين البيضاء، 26.04.2006.



صورة (91): معطن سيدي الحمري، عمق منسوب المياه 1.7 م تحت سطح الأرض بتاريخ 30.03.2012.



صورة (94) : بئر النيسي، بئر سماء أسفل عقيرة البجاجة في أعالي بيئة السروال، لاحظ الفرق بين بيئات المعاطن الخضراء، وبيئات آبار السماء الجافة غالباً في جنوب الجبل، 08.10.2007.

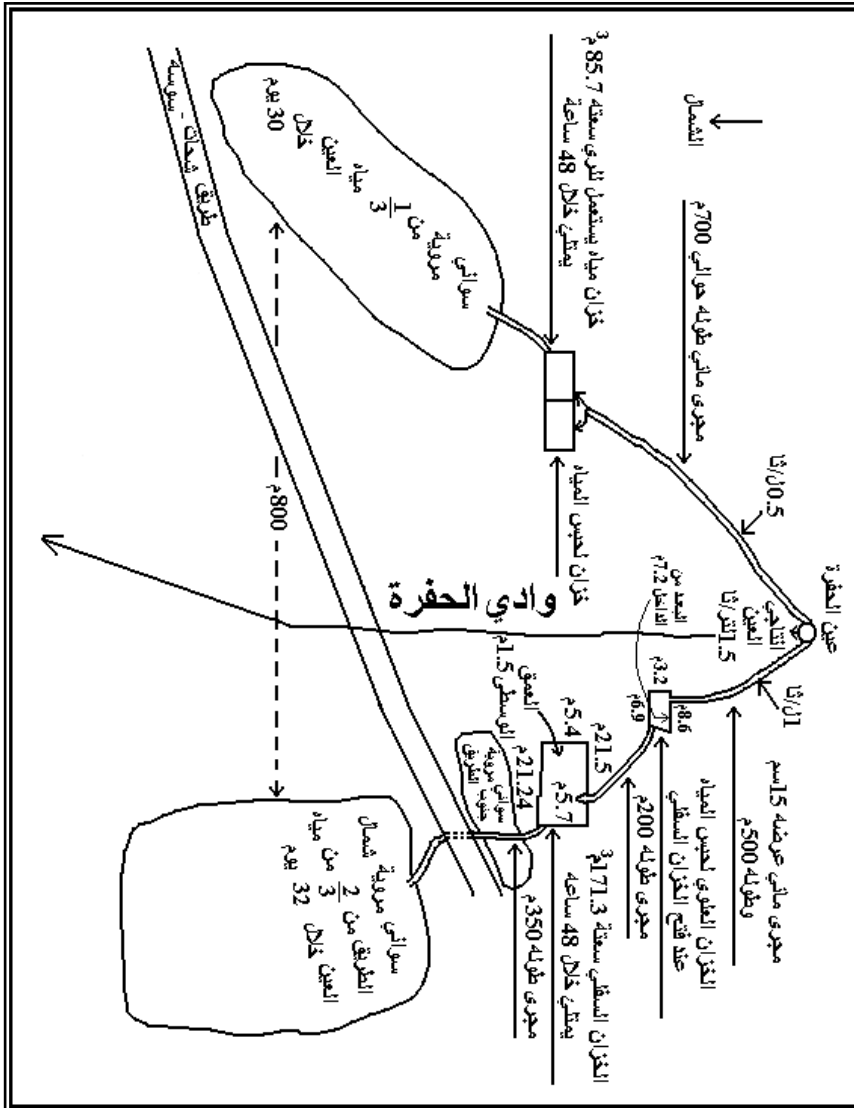


صورة (93): معطن القيقب شمال-شرق النادي، منسوب المياه على سطح الأرض، 30.03.2012.

## 2- جمع مياه العيون الصغيرة وإدارتها:

تدار كثير من مياه العيون في الجبل عن طريق بناء خزانات تجمع فيها مياه العيون، بحيث يتم استثمار المياه في هذه الخزانات مثل مياه عيون ماره وعين القبة وعين البلاد في

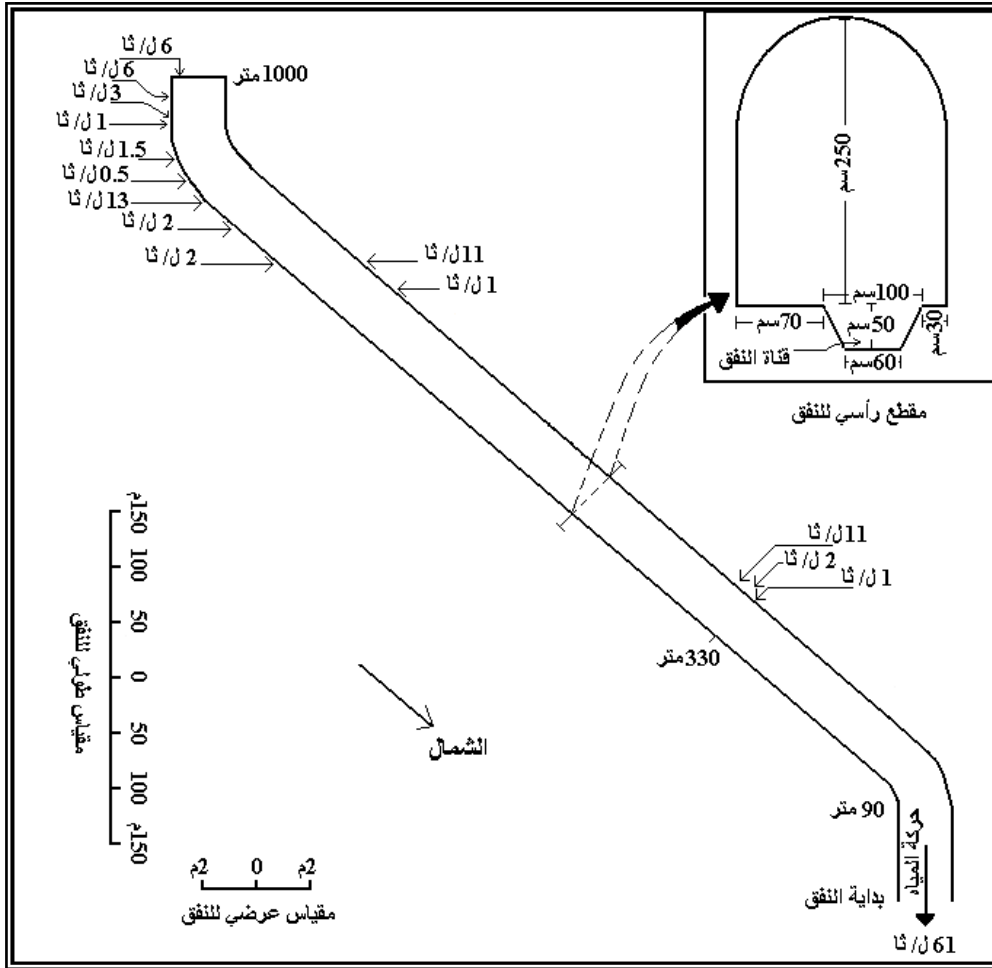
وادي درنه وعين الدبوسية المستعملة مياهها في الشرب والاستعمال المنزلي عادةً . إن عين الحفرة البالغ تصريفها 1.5 ل/ثا والموجودة إلى الشمال الشرقي من شحات في وادي الحفرة، تتمتع هذه العين بإدارة مائية فريدة؛ لأن مياه العين تروي سواني منطقة سنبر على يمين ويسار وادي الحفرة عن طريق بناء منظومتين من الخزانات، فعلى يمين الوادي يوجد خزان مقسوم لجزأين، يروي هذا الخزان 5 سواني عن طريق جر ثلث مياه العين نحوه بقناة يزيد طولها عن 700م، وتقسم حصص الري للسواني عن طريق ملئ جزء من الخزان خلال 48 ساعة في وقت تفريغ الجزء الثاني منه. إن ثلثي مياه العين الأخرى البالغة حوالي 1 ل/ثا تروي السواني جنوب الطريق وشماله على يسار وادي الحفرة عن طريق جر قناة مائية بطول حوالي 500م لتصب في منظومة من خزانين مربوطين على التسلسل (التوالي) بقناة طولها 200م، بحيث يمتلئ الخزان العلوي خلال 48 ساعة عندما يكون الخزان السفلي بحالة تفريغ، وعند ملئ الخزان العلوي يفتح للملئ الخزان السفلي الذي يتم منه جر المياه لري 16 سانية، وفي حاله منظمه حصصها بحسب حجم الخزان السفلي الذي يملئ كل 48 ساعة من الخزان العلوي، تمثل حصة لكل ثانية، مساحة السانية الواحدة تبلغ حوالي 1 هكتار، ومن ثم فإن العين البالغة إنتاجيتها 1.5 ل/ثا تروي ما يزيد عن 20 هكتاراً من السواني المزروعة بمختلف أشجار الفاكهة، بالإضافة لتأمين مياه مجموعة من البيوت تجر إليها المياه بأنايب حديدية في غوط اشغلو على بعد أكثر من 1.5 كم من العين، إن دورة الري على منظومة عين الحفرة اليمنى تبلغ 30 يوم، في حين تساوي 32 يوم في منظومتها اليسرى للوادي، شكل (14).



شكل (14): خزانات جمع وإدارة مياه عين الحفرة في سنبر الواقعة شرق المنصورة، إنتاجية العين 1.5 ل/ثا، ثلث المياه يغذي الخزان الشرقي الذي يروي 6 سواني، ثلثي مياه العين يغذيان الخزائين الغربيين المكونان لمنظومة واحدة تروي 16 سانية، مساحة السانية الواحدة حوالي 1 هكتار، هذه العين تتمتع بأفضل إدارة مائية من بين عيون الجبل الأخضر، عن الواقع من عمل الباحثين.

### 3- تقنية الأنفاق:

هذه التقنية موجودة في وادي درنه عند ارتفاع حوالي 200م، فعلى الجهة اليسرى من الوادي تم حفر نفق بومنصور في عام 1974م، نفذت حفر النفق شركة هيدرولوجكت بحسب ما يفيد الأخ عبد الجواد بو بيضة؛ خبير المياه في مدينة درنه، يبلغ طول النفق 1000 م وتجمع قنواته التي تخرج من النفق 61 ل/ثا، عمل الباحثان من خلال زيارة داخل النفق على طوله تحديد عدد العيون المزودة لمياه قناة النفق والبالغ عددها 14 عين، كما تم تحديد وتقدير إنتاجية كل من هذه العيون على حده، شكل (15) والصورتان (95 و96). كما أن الطليان أنجزوا حفر نفق في عين مارة بعمق حوالي 400 م ينتج حوالي 20 ل/ثا في عين شعيب بحسب ما يفيد الأهالي.



شكل (15): رسم توضيحي لمقطع طولى لنفق أبو منصور في الجهة اليسرى من وادي درنه البالغ طوله 1000 متر، وكيفية توزيع 14 عين ماء على جانبي النفق، وإنتاجية كل من العيون، بوحدّة ل/ن، تشير إليها الأسهم، تنتج هذه العيون بمجمّلها 61 ل/ن تخرج من قناة النفق، بالإضافة لمقطع رأسي للنفق يحتل أعلى يمين الشكل، عن الواقع من عمل الباحثين.



صورة (96): إحدى العيون الجانبية بنفق أبو منصور بوادي درنه، العين تخرج من صدع عرضه حوالي 15 سم محشو بمواد التربة التي تجلبها المياه والجاذبية الأرضية من سطح الأرض، 1998.



صورة (95): إحدى العيون في نفق أبو منصور بوادي درنه، 1998.

#### 4- تقنية الفجارات:

عن طريق الصدفة تم اكتشاف فجارة في مزرعة عمر يونس في المنشية في بلدة القيقب، وذلك خلال حفر الأرض من أجل زراعة الأشجار إذ أن سهولة الحفر شجعت على التعميق في المكان الذي أظهر معالم الفجارة التي نظف منها حتى الآن حوالي 30م طولي، والتي تجمع المياه حاليا بإنتاجية حوالي 1 ل/ثا في الربيع وتقل عن ذلك في الصيف.



الفجارة تختلف عن الأنفاق بكونها مزودة بفتحات تستعمل كمداخل لتنظيف الفجارة ولاستهلاك مياهها، الصورتان (97 و 98)، وبالفعل توجد في الصخر معالم في المنطقة لأربع فتحات مردومة على طول مسافة حوالي 50 م، حيث تتباعد المسافة بين كل فتحتين بحوالي 18 م، إن الفجارة تجمع المياه الراشحة من الصخر الحامل للماء وتجمعها في قناة تحتل وسط قاعدة الفجارة التي يحاذيها ممران للمشاة على يمين ويسار القناة، قناة فجارة القيقب يبلغ عرضها حوالي 80 سم وممشاتين بمقدار 25 سم على اليمين وعلى الشمال، بحيث أن عرض الفجارة في الصخر من الأسفل يبلغ حوالي 130 سم، عمق قناة المياه حوالي 25 سم، ارتفاع الفجارة حوالي 4.5 م، صورة (99)، إن فجارة القيقب يبدو من المعالم والفتحات أنها تتجه بميول لطيفه من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي، والتي يبدو أنها كانت تغذي قلعة القيقب الموجود فيها خزان مائي يعمل حتى الآن، ويدعم ذلك خروج الماء حالياً على سطح الأرض بإنتاجية حوالي 1 ل/ثا من أمام القلعة عند زاويتها الشمالية الشرقية، صورة (100)، كما أن المياه الجوفية يصل منسوبها في معطن القيقب إلى سطح الأرض عند أسافل الفجارة، يؤكد الأخ مفتاح الشلماني رئيس قسم الآثار بأن فجارة القيقب ترجع للعهد الروماني، صور (من 97 إلى 100).



صورة (98): أحد مداخل فجارة المنشية في القيقب، وهو المدخل الوحيد المنظف والمستعمل منذ عام 2000، ويلاحظ آثار 4 مداخل أخرى مردومة البعد بين المدخل والآخر حوالي 18م، 30.03.2012.



صورة (97): فجارة القيقب العمق 4.5 م، عمق المياه 1.03م، عرض قناة الفجارة 70 سم، عرض الفجارة 1.3م، فتحة البربخ 1.5م × 1.5م، الإنتاجية حوالي 1 ل/ثا، بتاريخ 30.03.2012.



صورة (100): مياه صرف فجارة المنشية المقدر بنحو 1 ل/ثا في الربيع أمام قلعة القيقب على بعد حوالي 1.5 كم جنوب-شرق موقع مدخل الفجارة، وتضمحل من بعد شهر 7، تاريخ الصورة 30.03.2012.



صورة (99): فجارة المنشية في القيقب في مزرعة الحاج عمر يونس، لاحظ القناة في الوسط، وممر مشاة على اليمين واليسار بعرض 30 سم لكل منهما، المسافة المستكشفة من الفجارة 30م فقط من طول حوالي 2 كم مردوم، عمق المياه في قناة الفجارة 103 سم، الاتجاه جنوب شرق-شمال غرب، 30.03.2012.

## رابعاً- السدود:

إن السدود الركامية الحجرية والإسمنتية والترابية توجد في الجبل الأخضر، والسدود تقنية مهمة جداً في جمع مياه جريان الأودية التي ينشأ فيها جريان مهم، إن البنية الجيولوجية في الجبل الأخضر، وبعد تجارب بناء سدود عدة حجرية وإسمنتية أو ركامية، أفشلت تقنية السدود في حفظ المياه في بحيراتها لفترات طويلة، لذلك أوقف تطور وتقدم هذه التقنية في الجبل رغم أهميتها الكبيرة، لقد تناول الباحثان في هذه الدراسة سد وادي بومنصور الركامي المبني لوقاية مدينة درنه من الفيضان، وهذا السد رغم أهميته وأهمية وادي درنه لا تحتفظ بحيرته بالمياه لفترة طويلة، إذ يفيد خبير المياه بدرنة؛ عبد الجواد بو بيضة بأن إحدى دفعات الجريان جمعت في بحيرة سد بومنصور حوالي 1.3 مليون م<sup>3</sup> من المياه فرغت كلها من قاع بحيرة السد بالرشح خلال 70 يوم فقط، ويلاحظ أن قمع تفريغ فائض المياه الذي يرتفع منسوبه بمقدار 30م عن أرض بحيرة السد لم يعمل نهائياً منذ إنشائه في السبعينات وحتى الآن، صور (110، 111 و 112)، إن سد وادي درنة السفلي والمسمى سد البلاد هو سد إسمنتي وقائي تمتلئ بحيرته ويعمل قمع تفريغ الفائض به لكن بحيرته هي الأخرى لا تحتفظ بالمياه لفترة طويلة رغم تكتيمها بالإسمنت، صورتين (113 و 114).

إن تقنية السدود الترابية طبقت على وادي المحجة ووادي الدواي ووادي أم وثاب وأعطت نتائج معقولة في سد الدواي والهيشة المقام في وادي أم وثاب، إذ أن البحيرة المائية لسد الهيشة تخدم المجتمع المحلي على طول العام، صور (107، 108 و 109)، وسد الدواي هو الآخر الذي تجمع بحيرته حوالي 0.62 مليون م<sup>3</sup> يقدم خدمة للمجتمع المحلي تقدر بحوالي

6 أشهر، (الباحثان)، صورة (106)، أما سد المحجة الذي تجمع بحيرته نحو 0.2 مليون م<sup>3</sup>، الصورتان (101 و 102)، فلا تحتفظ بحيرته بالمياه لأكثر من ثلاثة أشهر بسبب وجود خمس بالوعات موجودة في بحيرة السد؛ ثلاثة منها في أرضية البحيرة واثنان على الجانب الأيمن للبحيرة، صور (103، 104 و 105)، بالإضافة لمعامل الرشح العالي في صخور أرضية بحيرة السد، هذه السدود الثلاثة الأخيرة يصرف فائض بحيراتها عن طريق مجاري فتحت خصيصاً على الجهة اليمنى الجنوبية لبحيرتي المحجة والدواي، في حين يصرف فائض بحيرة سد الهيشة من وادي جانبي طبيعي، بحيث تجتاز المياه عرضياً سطح طريق العزيات-درنة الذي يكون جسمه دعامة سد الهيشة. من خلال الدراسة الميدانية والزيارات للسدود وإن كانت متقاربة بالمكان فليس من الضروري أن تمتلئ بحيرات السدود في وقت واحد من جراء العاصفة نفسها أو الموسم المطري، وتؤكد ذلك حالة 24.10.2008 حيث امتلأت بحيرات سدود المحجة والدواي والهيشة وبقيت بحيرة سد أبو منصور فارغة، صور (101، 102، 106، 107، 108، 109 و 110).



صورة (102): سد المحجة، لاحظ كميات المواد العضوية المتراكمة في مياه بحيرة السد من جراء عدة جريانات حدثت بعد إنشاء السد في سنوات الثمانينات، 23.10.2007.



صورة (101): سد المحجة جنوب أشنيشن يحوي حوالي 0.2 مليون م<sup>2</sup> من مياه سيل وادي المحجة، 23.10.2007.



صورة (104): سد المحجة جنوب شرق أشنيشن لاحظ بقعة أثر المياه لآخر جريان من موسم 2011-2012، التاريخ 30.03.2012.



صورة (103): سد المحجة فارغ بسبب الرش ووجود خمس بالوعات واضحة؛ ثلاثة في أرضيته واثنين على جانبه الجنوبي، 21.04.2009.



صورة (106): سد وادي الدواري في أعالي وادي المعلق، يجمع أكثر من 600000 م<sup>3</sup> من مياه وادي المعلق، 24.10.2007.



صورة (105): أحد بالوعات المياه في أرضية سد المحجة في أشنيشن، شهر 4/2004.



صورة (108): مصرف فانض بحيرة سد الهيشة في وادي أم وثاب من فوق طريق العزيات- درنه 24.10.2007.



صورة (107): سد الهيشة، وادي أم وثاب، المتكون من جسم طريق العزيات- درنة، يجمع أكثر من 1 مليون م<sup>3</sup> والسد مكون من جسم الطريق، 24.10.2007.



صورة (110): بحيرة سد أبو منصور بوادي درنة فارغة من المياه في 24.10.2007.



صورة (109): ازدهار أشجار السدر في بحيرة سد الهيشة التي تمتد لأكثر من 1.5 كم غرب السد ومياه البحيرة تخدم المجتمع المحلي والأنعام على طول السنة، 24.10.2007.



صورة (112): قمع تفريغ الفائض في سد أبو منصور بوادي درنة، هذا القمع لم يعمل منذ إنشائه لعدم وصول منسوب البحيرة لمستواه البالغ حوالي 30 م، تاريخ الصورة 2012..02.03



صورة (111): سد أبو منصور بوادي درنة، الجهة الخلفية للسد 24.10.2007.



صورة (114): خلفية سد البلاد بوادي درنة، لاحظ بركة الماء الناتجة عن تفريغ الفائض لآخر مرة امتلأ فيها السد من القمع، تصوير زهران الرواشدة، 19.04.2012.



صورة (113): سد وادي درنة السفلي، (سد البلاد) السد إسمنتي وقائي يجمع مياه، وعمل فيه قمع التفريغ لأكثر من مرة وكتمت بحيرة السد بالإسمنت، لكن عملية التكتيم لم تكن فعالة، تصوير زهران الرواشدة، 19.04.3012.



## النتائج والتوصيات:

- 1- يبدو أنه كلما تعمقت مشكلة ندرة المياه في بعض الفترات من السنة أو في بعض البيئات كلما احتاج الإنسان لأساليب ووسائل أكثر تنوعاً وتطوراً لجمع أكبر قدر من المياه حتى يستطيع التغلب على المشكلة واجتياز فترة الجفاف المفروضة عليه بأقل الأضرار الممكنة.
- 2- إن وجود تقنيات متنوعة لجمع المياه في الجبل الأخضر منذ القدم يدل على أن مشكلة نقص المياه في الإقليم هي مشكلة مزمنة، لذلك يجب التصدي لها بجهود كبيرة ورعاية من الدولة تعتمد على خطط ووسائل وتقنيات تغطي حاجات الناس والمجتمع المحلي وتؤمن استقرارهم.
- 3- إن تقنية آبار السماء هي الأكثر شيوعاً وانتشاراً في الجبل بسبب تراكم الزمن وتوالي الحضارات التي جددت الكثير منها، ولأنها الأقل تكلفة من ناحية وكفيلة بأن تغطي حاجات مائة لعدد بسيط من أفراد المجتمع المحلي المنفرد بنفسه ببيئات محلية تؤمن له الكفاف.
- 4- إن المواجن الإسمنتية وآبار السماء الإسمنتية الكبيرة المدخلة في العقدين الأخيرين تساهم بشكل فعال في تأمين مياه الثروة الحيوانية في الفترات الجافة والحرارة من السنة.
- 5- إن الحفر الاصطناعية رغم أهميتها التي لا تنكر تعجز عن تأمين المياه لتغطية الحاجة في أوقات الصيف بسبب جفافها في وقت زيادة الطلب على المياه.

- 6- إن القوض تقنية فعالة في تأمين المياه على مدى سنة كاملة في حال امتلائها، لكنها بتعرضها لدورات السنوات الجافة المميزة للمناخ المتوسطي يجعلها فاشلة في سنوات الجفاف لجفافها على مدى أكثر من 3 سنوات كالدورة الجافة الحالية المستمرة منذ 2009 والتي انتهت في حريف 2013، لذلك من المفروض تخطيط أحسن لجعلها تجمع وتحتفظ بالمياه لأربع أو خمس سنوات متتالية على الأقل.
- 7- المعادن تقنية فعالة في أماكن وجودها لكنها غير قابلة للتطوير إلا في الأماكن التي يوجد فيها منسوب ماء جوفي قريب من السطح.
- 8- الأنفاق تعد تقنيات يمكن أن يبنى عليها الأمل في المستقبل لو طورت وتم الاهتمام بها.
- 9- كذلك الفجارات التي من الممكن أن تحل مشاكل نقص المياه في مناطق تتمتع بصخور حاملة للمياه قريبة من السطح وخاصةً في تكوين الفايديّة.
- 10- السدود الترابية الصغير بسعة مليون متر مكعب هي تقنية فعالة في تأمين مياه لعدة أشهر من السنة بسبب جفاف قيعانها بالرشح، وهذه التقنية من الواجب تطويرها في الجبل بسعات أقل أو مقارنة حتى يمكن الاعتماد عليها لسنة واحدة على الأقل وذلك عن طريق اختيار الأماكن الجيولوجية المناسبة لإنشائها.

## ملحق بحثي مهم:

تقنيات جمع مياه سطحية صخرية وحجرية تعمل أو معطلة: صور (من 115 إلى 140):  
توجد في الجبل الأخضر تقنيات لجمع المياه الجوفية الراشحة من طبقات صخرية سطحية جيرية مارنية مشبعة مساميتها بالمياه على غرار تقنية المعاطن، لكن هذه التقنية تتمثل بخزانات مائية محفورة بالصخر وفق أشكال هندسية نظامية، صور (من 117 إلى 122)، وفي بعض الحالات تكون على هيئة جور أو حفر واسعة غير منتظمة الأشكال، وبأعماق تتراوح ما بين 1.5م و 5م، وأغلبها مكشوفة لا أسقف لها، الصورتان (115 و 116)، ماعدا البعض منها المبني جيداً بالحجر المقصب والمبطن (المليّس)، صورة (120)، تنتشر هذه التقنية في بلدة الصفصاف وفي قرنادة، ويبدو أن هذه التقنية قديمة ازدهرت في فترة ما من تاريخ حضارات الجبل، وقد تتزامن بالوقت مع تقنية خزانات المياه الحجرية الموجودة في شحات والصفصاف، أو قد تكون مستنسخة عنها فيما بعد، ولا تزال هذه التقنية فعالة حتى اليوم في بعض المناطق التي تغذي فيها المياه الجوفية القريبة من السطح هذه الخزانات بالمياه الجوفية الراشحة على طول السنة، لذلك تعتمد عليها بعض المنازل في تأمين حاجاتها المائية، وبحسب رطوبة الصخر قد تبقى هذه التقنية عاملة بفعالية، صور (من 115 إلى 118)، أو أنها تخرج من نطاق الاستعمال عندما لا يستطيع الصخر تأمين مياهها، صور (من 119 إلى 122) فتتضب مياهها وتصبح جافة.



صورة (115): خزان مياه بجمع مياه منسوب المياه الجوفية من الطبقة الصخرية الجيرية المارنية تحت السطحية على عمق نحو 2م تحت سطح الأرض، وتستخدم مياهه في تغذية الحيوانات وتربية البط، ويخدم المنزل المجاور، شرق قرنادة، على يسار الطريق الواصل بين قرنادة وطريق الأبرق-القيقب، مزرعة منعم أبو نايف، الثلاثاء 13.10.2015، الساعة 16:15.



صورة (116): تابع الصورة (115) السابقة، لاحظ كيف تظهر الرطوبة التي تؤمنها المياه الجوفية للخزان على الجانب الصخري الجيري المارني السفلي الذي يعلو منسوب مياه الخزان، تنمو في هذه الخزانات النباتات المانية الطافية والمغمورة، لذلك نادراً ما تستعمل مياهها للشرب في المنازل، شرق قرنادة، على يسار الطريق الواصل بين قرنادة وطريق الأبرق-القيقب، مزرعة منعم أبو نايف، الثلاثاء 13.10.2015، الساعة 16:18.



صورة (117): خزان جمع مياه من رشح طبقة صخرية جيرية مارنية تزود الخزان بالمياه الجوفية السطحية، طول الخزان باتجاه غرب-شرق حوالي 25م العرض حوالي 6م عمق المياه تتراوح ما بين 0.5م و1.2م بحسب الفصل من العام، عمق المياه في وقت الزيارة حوالي 0.7م، رغم أن الخزان قد يتزود من مياه سيل محلي، لكنه يجمع مياه الرشح على طول العام، يمين طريق الأبرق-القيقب، أرض عبد السلام عبد الجواد الجمعة 21.06.2013، الساعة 16:29.



صورة (118): بالجوار الغربي للخزان الظاهر في الصورة (117) السابقة يتجاور هذان الخزانان الطوليان باتجاه شمال-جنوب بطول 16م وعرض الواحد منهما 3م اللذان تزودهما الطبقة الصخرية الجيرية المارنية من منسوب المياه الجوفية السطحية، على طول العام، هذه المياه تتزود منها المنازل المجاورة عن طريق استعمال المضخات الكهربائية، الصفصاف، يمين طريق الأبرق-القيقب، كورفة العجايز، أرض عبد السلام عبد الجواد، الجمعة 21.06.2013، الساعة 16:27.



صورة (119): خزان صخري سطحي رابع يقع غرب وبموازاة الخزائين السابقين الظاهرين في الصورة (118) السابقة، لكن هذا الخزان يجمع مياه في الشتاء ويجف في الصيف لكون منسوب المياه الجوفية أخفض من أرضيته في منطقة مجال وجوده بسبب انحداره نحو الغرب والجنوب، الصفصاف، يمين طريق الأبرق-القيقب، كورفة العجايز، أرض عبد السلام عبد الجواد، الجمعة 21.06.2013، الساعة 16:24.



صورة (120): خزانان متجاوران محفوران بالصخر ومبنيان بالحجر المقصب أو المحكم، يبدو أن هذه التقنية كانت تستفيد من منسوب المياه الجوفية السطحية التي غارت نحو الأعماق بفعل الزلازل والتجوية وتطور الكارست، مما جعل هذه المنظومة خارج الاستعمال وتعاني الإهمال المفرط لعدم جدواها، طول المنظومة باتجاه غرب-شرق حوالي 25م وعرضها حوالي 10م ويرتفع سقفها المقوس لحوالي 4م، يوجد في مزرعة مجاورة خزان واحد بحالة معقولة بحسب إفادة وليد علي المايح، وهو جاف الآن. هذه التقنية يبدو أنها متزامنة مع التقنيات المشابهة الموجودة في آثار شحات والصفصاف، قرنادة، مزرعة علي المايح، الاثنين 23.10.2017، الساعة 14:27.



صورة (121): منظومة من خزانين صخريين أثريين بطول وفق الاتجاه شمال-جنوب حوالي 20م للخزان الكبير الشرقي وحوالي 18م للخزان الصغير الغربي، عرض الخزان الكبير الشرقي حوالي 7م، وعرض الخزان الصغير الغربي نحو 3م، غرب هوى القصر، الأبرق، المشروع الزراعي الوحدة الثالثة، قصر الطوقات، برفقة شريف أمراجع، الثلاثاء 03.07.2018، الساعة 19:37.



صورة (122): خزان صخري أثري طوله باتجاه شمال جنوب حوالي 27م وعرضه حوالي 15م، مردوم، كان على ما يبدو يجمع مياه رشح الصخور المجاور من جهة الغرب، لعدم وجود بركة ترقيد للمياه على جوانبه التي عادة تنشأ بجوانب الخزانات التي تستقبل المياه الجارية على الأسطح الصخرية المجاورة، الأبرق، شرق المدينة الأثرية (مقارنس)، برفقة طاهر العوكلي، الثلاثاء، 03.10.2017، الساعة 16:18.

منظومة خزانات مياه مدينة شحات الأثرية: صور (من 123 إلى 140) وأشكال (من 16 إلى 20):

تعد هذه المنظومة أكبر منظومة مائية أثرية في الجبل الأخضر، وهي تعلو مدينة قورينا الأثرية (شحات) من جهة الشرق، وتمثل هذه المنظومة الأثرية لجمع المياه قديماً بخزان مكشوف مستطيل الشكل مبني من الحجر الجيري الماريني المقصب أو المحكم، شكل (16)؛ طول القطعة الحجرية الواحدة تساوي 125 سم وسمكها حوالي 40 سم وعرضها حوالي 60 سم للقطعة الصخرية الجيرية المارينية الواحدة، صور (126، 128، 129)، يتكون عرض الخزان المكشوف على طول جداره من الجنوب للشمال من حوالي 90 قطعة صخرية؛ أي أن طول هذا الضلع من الخزان يبلغ نحو 113م، صورة (124)، بينما يتكون طول الجدار الممثل لضلع الخزان باتجاه غرب-شرق من 138 قطعة صخرية مقصبة، وعليه فطول الخزان يقارب 173م وفق هذا الاتجاه الجغرافي، شكل (16) و صور (127، 128، 130، 140)، وعليه فمساحة المنظومة تقارب 19549م<sup>2</sup> أي تقارب نحو 2 هكتار من الأرض المنبسطة، يوجد اليوم على أرضية الخزان ملعب كرة قدم نظامي الأبعاد للشباب، وملعب صغير آخر للأشبال، والملعبين ضمن حدود الخزان ولا يزال هناك متسع من المساحة بداخله، ارتفاع جدران الخزان، التي تكون محيطه، في الوضع الحالي فوق الأرضية المردومة يزيد عن 2.5م، شكل (16) و صور (125، 126، 127، 128)، يتوسط عرض الخزان في الجهة الغربية منظومة مكونة من خزانين مبنيين بالحجر المقصب مقطعهما العرضي قوسي على هيئة نصف دائرة يبلغ أقصى ارتفاعها القوسي في الوسط نحو 6م، وعرض الواحد منهما 8م شكل (17)، وطولهما باتجاه غرب-



شرق يقارب 80م عند الإنشاء، شكل (18) و صور (123، 130، 131، 136، 137، 138، 140)، وبفعل تدهور حالتها بمرور المصائب والإهمال مع تطاول الزمن لم يبق منهما إلا ما يظهر بالصور (131، 136، 137، 138، 139، 140)، هذين الخزانين المسقوفين بإحكام تتخللهما فتحات بين الحجر المبني تبدو في مستويين صورة (135)، المستوى السفلي للفتحات يوجد تحت منسوب الأكتاف الحجرية الداعمة للجوانب بما ينبى بان هذه الفتحات كانت مصممة لتمرير الماء بين الخزانين عند امتلاء أحدهما فيغذي الآخر بما يفيض عن استيعابه من الماء، والمستوى العلوي للفتحات التي تعلو منسوب الامتلاء بالماء وظيفتها التهوية، صور (من 132 إلى 135)، وربما كان من وظائفها تزويد الناس بالماء، الخزانان تبدو على جدرانهما الداخلية بطانة من الكلس (كلس ومونة) لتأمين تكتيم الحجر وحفظ المياه، الصورتان (132، 134)، المنظومة من الخزانين الحجريين المسقوفين كانت تمثل، على ما يبدو، المأخذ الرئيس الوحيد للماء من المنظومة ككل نحو المدينة الموجودة غرب المنظومة وعلى مناسيب طبوغرافية منخفضة عنها، عند التأمل بجدران محيط الخزان الكبير المكشوف يلاحظ أن التجوية الكيميائية والكيميائية قد لعبت وعملت فعلها الذي يبدو واضحاً على الحجر المبني، لكن تبدو التجوية أكثر فاعلية وبشكل شديد الوضوح على ما هو ظاهر من الجدار الشمالي للخزان الكبير المكشوف، صور (من 125 إلى 129)، وذلك يتمثل بتجاويف متطورة بالحجر الجيري المارني المبني المقصب المكون للجدار، صورة (126)، وتغير في لونه الذي أصبح مصفر مائل للبي والاحمرار بفعل رشح المياه الباطنية السطحية من التربة التي يتجاوز منسوبها أعلى جدار الخزان الشمالي، وهذا الرشح يحمل في محاليله الكيميائية أكاسيد

وكربونات الحديد، التي يجلها الماء من التربة، والتي تضفي بفعل استقرارها في كربونات الحجر المقصب للجدار اللون البني الأحمر المصفر الواضح على طول واجهة الجدار المشرفة على الخزان وعلى كامل ارتفاعه فوق أرضية الخزان الفسيح المكشوف، ثم يبدو أن الوجه الداخلي للجدار الشمالي؛ أي داخل الخزان الشمالي في المنظومة المسقوفة رطب والماء يرشح بوضوح على أغلب طوله، ضمن ما تبقى قائماً من هذا الخزان، من ارتفاع يزيد عن 2.5م، حيث هذا المنسوب قريب من منسوب التربة المجاورة لجدار الخزان المذكور من جهة الشمال، شكلين (19 و 20)، وهذا الرشح يرطب ويبلل أرضية الخزان، صورتان (132، 133)، ورشح الماء لا يوجد على الجدار الداخلي المقابل أي الجنوبي لذات الخزان، صورتان (134 و 135)، ثم إن ما تبقى قائماً من الخزان الجنوبي المسقوف لا أثر لرشح المياه على جدرانه الداخلية لعدم مجاورته للتربة على الجوانب، صورة (137)، من ذلك يمكن استنباط أن هذه المنظومة المائية الأثرية وإن كانت تعتمد على مصدر مائي كان يساق من بعيد كما هو الظن السائد، من الصفصاف أو من القيقب، فذلك لا يمكن القبول به لأن المياه التي تجر من بعيد وبكلفة باهظة جداً لا يمكن أن تخزن في خزان مكشوف مساحته كبيرة يضيع تلك المياه في التبخر الذي ليس من الممكن تفاديه، ثم لو أن بعض مياه السيول كانت توجه نحو منظومة شحات المائية الأثرية فكان لا بد من استكمال التقنية بحفر ترقيد تخلص المياه من الطين والأوحال قبل دخولها للمنظومة المائية، وهذا شيء غير معروف في المنطقة ولا آثار تدل عليه، ثم إن بنية المنظومة بهذا الشكل يدل ومن دون شك أن المياه التي كانت تغذي منظومة مياه شحات الأثرية كانت تصلها عذبة صافية غير عكرة، بدليل أن منسوب أرضية الخزائين

المسقوفين المتجاورين يمثل أخفض منسوب للمنظومة بكاملها المكشوف منها والمسقوف، شكل (17)، ولو كانت تصلها المياه عكرة لتجمعت الرواسب في أرضية الخزانين المسقوفين، ومن ثم فما كان من داعي لسقفهما بإحكام حتى يسهل تنظيفهما بتكرار مستمر مع تقدم السنوات والأيام، وإذا كانت المياه تصل لمنظومة شحات المائية الأثرية من مصدر عذب نظيف بعيد فلا بد للمياه من أن تدخل المنظومة من شلال مائي يغذيها من ارتفاع أعلى جدران الخزان التي ترتفع على الأقل 2.5م فوق سطح الأرض، وذلك يتطلب إنشاء قناة من الحجر المقصب يرتفع منسوبها أو يساوي منسوب أعلى جدران الخزان الكبير المكشوف المبني بالحجر، وآثار مثل هكذا قناة لا يمكن إزالتها كلياً من الأماكن المجاورة بسهولة، ثم إن ضخامة المنظومة بخزاناتها لتأمين المياه اللازمة للمعابد والقصور والمسارح ومنازل السكان لم تكن بالقدر الغزير، وإلا فما كان من لازم لتضخيمها على النحو الذي كانت عليه أو الذي نلاحظه من آثارها المتبقية في المكان، إن ضخامة منظومة شحات المائية والكلفة العالية المسخرة لبنائها تدل على أن شحاً مائياً كان يعتري المنطقة التي يبدو أنها كانت تعاني من ندرة مائية في أوقات جفاف خلال بعض فصول السنة، مما أجبر القائمين في ذلك الوقت على استثمار مصادر عيون طبيعية ليست بالغزيرة لكنها تسد الكفاف وتؤمن الحاجات والمتطلبات المائية للناس لو أديرت بحكمة بالغة كالتى يلمسها الزائر لشحات في أي وقت، تلك العيون كانت موجودة في مكان المنظومة أو بالقرب القريب منها، وإلا كيف كانت تعيش الناس وكيف استقرت في مكان قورينا قبل بناء المنظومة المائية، فيما لو علمنا أن عين أبولو بعيدة ومنخفضة المنسوب وأيضاً عين الحفرة بعيدة أكثر ومنخفضة المنسوب أيضاً.

إن البنية الجيولوجية لظهر الحافة الثانية والبداية الشمالية للمصطبة الثانية من الجبل الأخضر، والتي تربعت عليها قورينا الأثرية قديماً وتربع عليها مدينة شحات الحالية، تمثل من الناحية البنيوية والجيومورفولوجية ما يسمى كويستا أي حافة جبلية تميل بانحدار هين نحو الجنوب بعكس ميلان انحدار واجهتها الشديد نحو الشمال، شكلين (19 و 20)، ثم إن التكوين الصخري للطبقات العليا المستقبلية لرشح مياه المطر من التربة السطحية تتكون من طبقات صخرية جيرية تابعة لتكوين البيضاء (عضو البيضاء من عصر الأوليغوسين) وهي طبقات حاملة للمياه، وهذه الصخور تتربع فوق طبقات طينية أقدم، وهي من عمر الأوليغوسين أيضاً، (عضو شحات)، شكلين (19 و 20)، هذه الطبقات الصخرية من الطين (أو الطفلة) لا تسمح للمياه الراشحة أن تتغلغل بداخلها نحو الأعماق بفعل كثامتها، لذلك يوجه سطح هذه الصخور الطينية بميله البسيط الهين (بزاوية تتراوح ما بين درجة أو درجتين) نحو الجنوب المياه الباطنية الواصلة إليه، بيسر وببطء شديد لا يسمح باستنزاف سريع لمحتوى الصخر من الرطوبة والمياه، من الصخور الجيرية التي تعلوه، وفق ميل أو انحدار الطبقات الصخرية التي تفرضها الكويستا نحو الجنوب حتى تصل إلى سطح الأرض المائل في ظهر الكويستا فتنبثق المياه على ظهر الأرض في ثلاث ظواهر للعيون المائية على النحو الآتي، شكلين (19 و 20):

**1-** مياه راشحة تظهر على السطح بشكل رطوبة واضحة في المكان وتزدهر عليها النباتات المحبة للرطوبة مثل الطحالب والإشنيات والسراخس والنجيلية والديس والعطين والكرموس، هذا النوع من الرشح عند قطع صخور المنحدر على شكل جدار يتحسن وتتحسن معه

كمية المياه الراشحة وتزداد غزارتها فتكون برك مائية محلية في أسفل ذلك الجدار الصخري لو تم إنجازها، وهناك مثال حي في حقفة يمين طريق البقارة في جنوب غرب شحات والذي فيه منظومة أقنية في أسفل جدران الحقفة الصخرية تجمع المياه الراشحة من الجدران وتوجهها نحو بئر خاص محفور ومصمم إنشاؤه داخل الحقفة، وإن ما يلاحظ من رطوبة ورشح على الجدار الشمالي بسبب ملامسته من الخارج للتربة من جهة الشمال، في داخل الخزان الشمالي من منظومة الخزائين المسقوفين لخير دليل على ذلك، ثم إن هذه الظاهرة تبدو جلية في وعلى أسفل جدران كهوف عين ميثرا والكهوف أو الحفاف المجاورة لعين أبولو (8ل/ثا) وللحمامات الأثرية والمسرح الرماني للمدينة الأثرية.

2- مياه راشحة من الفاصل الطبقي ما بين الحجر الجيري في الأعلى والصخر الطيني في الأسفل، وذلك يؤدي لنشوء برك مائية تتعلق أهميتها المائية بمدى قابلية الصخر الجيري على تمرير المياه من خلاله وميل للطبقات الصخرية نحو المنحدر الذي تظهر على سطحه المياه، لذلك تظهر رطوبة الصخر ومياهه على طول خط واحد قد تجري منه المياه على المنحدر بحسب غزارتها، صورة (116). ومثل ذلك كان ملاحظ في بركة أبو عثمان الفوقا، في جنوب شرق غابة شحات، شرق المقهى الحالي، على الجانب الأيمن لوادي بالغدير في شمال وأسفل منظومة شحات المائية الأثرية بما لا يزيد عن 50م، شكل (20)، وبفارق منسوب ما بين أرضية المنظومة والبركة لا يتعدى 3م، حيث كانت تظهر مياه البركة على مسافة تقارب 50م، وهذه البركة تقع جنوب البداية الشرقية لمنظومة شحات المائية الأثرية المتناولة في هذه الدراسة، شكل (20).

3- في حال وجود تشققات وتصدعات في الصخور الجيرية التي تعلو الصخر الطيني تأخذ المياه، على الحد الفاصل بينهما، إي بين الطبقتين الصخريتين، مسار الصدع ممراً طبيعياً لها لتنبثق منه عند تلاقيه مع سطح الأرض المنحدرة على هيئة نبع صغير أو غزير بحسب تغذية الصخر الحامل للماء، وهذه الحالة تمثلها عين أو بركة أبو عثمان السفلى الواقعة جنوب غابة شحات على يمين وادي بالغدير أيضاً، وهذه البركة أو العين المائية تقع تماماً جنوب النهاية الغربية لمنظومة شحات المائية الأثرية ولا تبعد عنها سوى حوالي 100م ومنسوبها لا ينخفض عن منسوب أرضية المنظومة بأكثر من 6م، هذه البركة المائية ردمت اليوم وضاعت معالمها، ما بين بركتي أبو عثمان الفوقا والسفلى تظهر عين صغيرة في غابة شحات جنوب منظومة شحات المائية الأثرية بحوالي 60م وبفارق منسوب لا يتجاوز 4م تحت أرضية المنظومة، شكل (20).

بحسب العرض السابق، يبدو أن منظومة شحات المائية الأثرية الحجرية استهدفت عند إنشائها رشح المياه الباطنية من ظهر الكويستا، بدليل قطع سفح الطرف الجنوبي للمنحدر وبناء جدار الخزان الشمالي على طول القطع الذي ما زال يبدو حتى اليوم أخفض بقليل من الأرض الشمالية التي تعلو جدار الخزان الكبير المكشوف وتلامسه، وبذلك ربما كان الخزان يستفيد من أصناف العيون الثلاثة المذكورة أعلاه والتي تؤمن كلها مياه عذبة صافية لا عكر فيها ولا أوحال، ويبدو أن الجدار الشمالي، للخزان الكبير المكشوف، والمردوم أغلب طوله من الجهة الغربية حالياً، كانت تتخلله فتحات مصممة بين حجارته لتمرير مياه الرشح، ثم إن اتساع مساحة الخزان المكشوف لحوالي ما يقارب هكتارين من الأرض للدليل

على الحرص على اكتساب الخزان ما يزيد عن 11000 م<sup>3</sup>/سنة من المياه العذبة الصافية التي يؤمنها مباشرةً من السماء موسم المطر وفق المعدلات المطرية السنوية المعهودة حالياً، شكل (19).

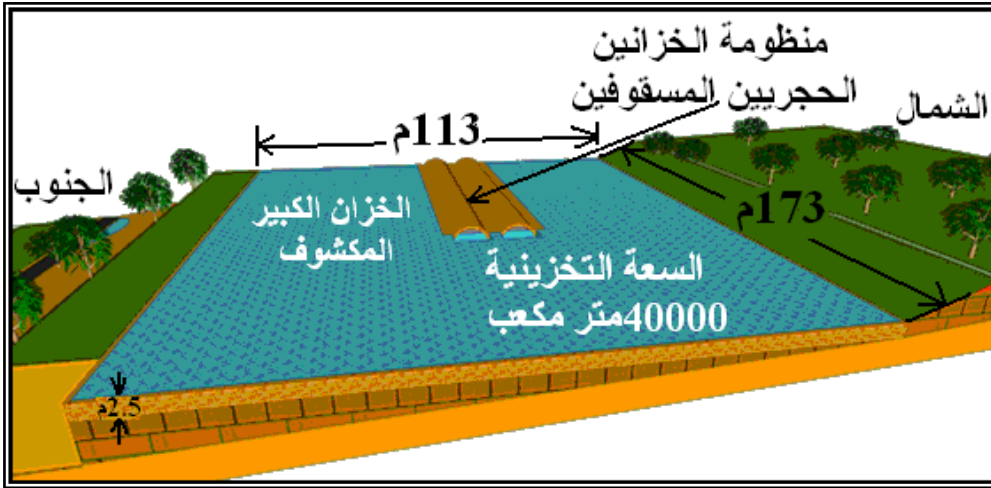
إن الحجر الجيري المارني المقصب، بحسب لونه الأبيض الكريمي المصفر ومكوناته المعدنية الظاهرية، صورة (129)، والذي بنيت منه جدران خزانات منظومة شحات المائية الأثرية المكشوفة والمسقوفة، يملك مواصفات الحجر الجيري المارني لتكوين البيضاء في المناطق المجاورة للمنظومة، وعليه فمن غير المستبعد أن تكون حجارة بناء خزانات المنظومة قطعت من مكان المنظومة نفسها، وبالتحديد من طرفها الشمالي من أجل توفير من الكلفة الزائدة، في عمليات النقل، والاستفادة من مساحة أو حجم الصخر المقطوع في جمع ما يقابله من حجم المياه الطبيعية الضرورية لسد الاحتياجات الحضرية، ثم إن عملية قطع الصخر من الطرف الشمالي للخزان يوفر عند صقله أرض صخرية تغني عن التبليط الذي يزيد من تكاليف الإنشاء.

من خلال الشرح والتوضيح السابقين المستمدان من معطيات ميدان الدراسة، يبدو أن منظومة مياه شحات الأثرية التي لا تقل سعة استيعابها عن نحو 40000 م<sup>3</sup> كانت تستثمر المياه الجوفية الراشحة المحلية وتجمعها في المنظومة التي أنشئت لذلك الغرض في التاريخ الماضي، شكل (16)، ويبدو أن الزلازل وتطور التجوية ونشاط عمليات الكارست في صخور المنطقة جعلت قسم من مياه رشح المنطقة على ظهر الكويستا يغور قليلاً عن منسوبه السابق الذي كان يغذي المنظومة، لتنبثق المياه عند مناسيب متدنية عن أرضية المنظومة، ممثلةً في بركتي أبو عثمان والعين الصغيرة الواقعة بينهما، عين غابة شحات، على

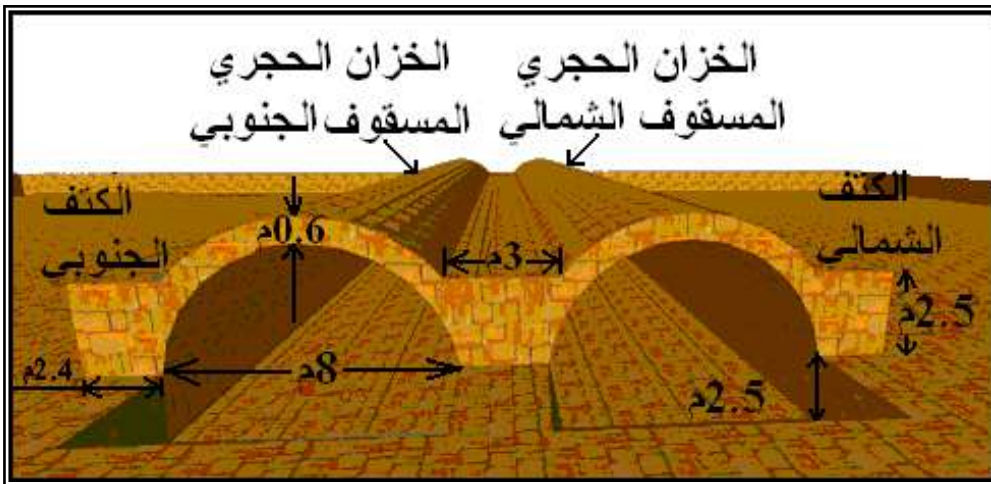
الجانب الشمالي الأيمن لوادي بالغدير المصنف بأنه صدعي ينطبع على فالق بنيوي يضرب الحافة الثانية هنا خلف ظهر الكويستا ليجتازها من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي كمجرى مائي تصنيفه الجيومورفولوجي والهيدروغرافي "تالي"، شكل (20)، وهذا الصدع البنيوي نشيط الحركة بفعل الزلازل المسؤولة عن نهوض متفاضل للجوانب الصخرية على جانبي الوادي، وذلك ينشط من تسهيل مرور الماء الجوي في مسار الصدع البنيوي، والصدوع الثانوية المتعامدة عليه، والذي يترتب عليه تنشيط عملية إذابة الحجر الجيري على جانبي الصدع، مما يجعل المياه الجوفية تغوص مناسيبها نحو الأعماق كلما عمقت مجاريها وتطاول عليها الزمن، ثم إن قطع وادي بالغدير بشكل مائل للحافة الجبلية الثانية من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي يجعله يجتاز تل الحافة التي تقع عليها المدينة الأثرية من جهة الجنوب، فيقطع مجموعة صدوع بنيوية تضرب الحافة بشكل عمودي باتجاه شمال-جنوب، هذه الصدوع الأخيرة تستلم قسم من مياه صدع وادي بالغدير وتخرجها على هيئة عيون متعددة تظهر في حقاف وكهوف مدينة شحات الأثرية مساهمةً بذلك في تغذية عين أبولو أيضاً، والتي تنصرف مياهها في وادي بالحصى نحو المنصورة، وهذا التحليل العلمي يؤكد التلوث البيولوجي لمياه عين أبولو التي تظهر على جسم التل جنوب الآثار، لكون وادي بالغدير يمثل اليوم مصرف مجاري الصرف الصحي لشمال وغرب مدينة شحات المأهولة حالياً، شكلين (19 و 20).

يتوجه الباحثان في ختام هذا البحث بالشكر الجزيل إلى محمد ربيع أبو حمزة التدمري بمساهمته ومساعدته الفاعلة في استخدام برنامج سكتش أب لإخراج الأشكال (من 16 إلى 20)، كما يتوجهان إلى الابنة ريم الحنفي بمساعدتها الجديدة على برنامج الرسام.

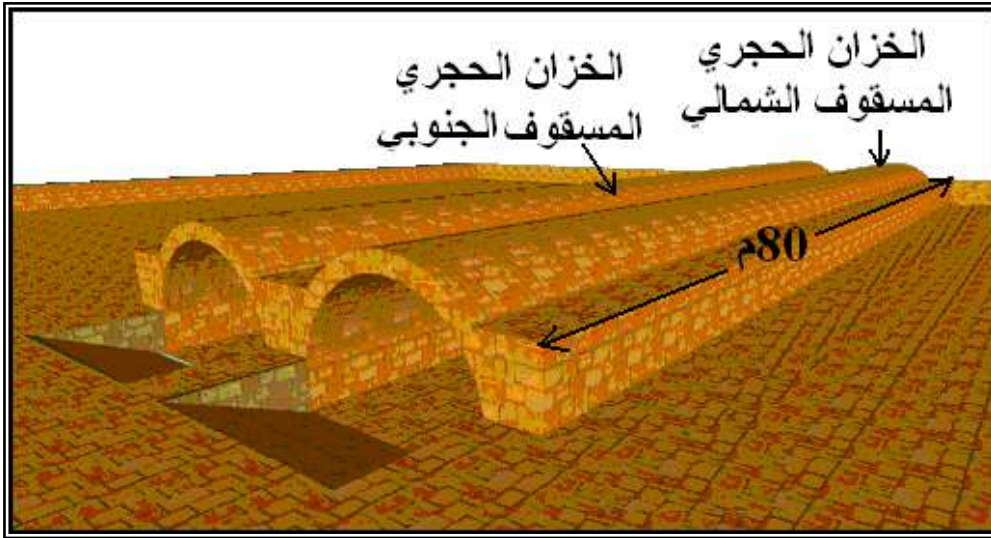




شكل (16): منظومة جمع مياه شحات الأثرية المكونة من الخزان الكبير المكشوف ومنظومة الخزائين الحجريين المسقوفين، موضح عليها أبعادها والسعة التخزينية للمنظومة، عن الحنفي، من واقع الميدان الأثري.



شكل (17): الواجهة الأمامية الشرقية لمنظومة الخزائين الحجريين المسقوفين من منظومة جمع مياه شحات الأثرية، مبين عليها الأبعاد التقريبية، عن الحنفي، من واقع الميدان الأثري.



شكل (18): منظور من الزاوية الجنوبية الشرقية لمنظومة الخزائين الحجريين المسقوفين من منظومة جمع مياه شحات الأثرية، يظهر عليهما البعد الطولي، 80م باتجاه شرق- غرب للمنظومة عندما كانت تعمل في الماضي، عن الحنفي، من واقع الميدان الأثري.



صورة (123): الزاوية الجنوبية الشرقية للخزان الكبير المكشوف من منظومة مياه شحات الأثرية، لاحظ فساحة فضاء الخزان الذي تظهر في وسطه عند الطرف الغربي البعيد منظومة الخزائين المسقوفين المبنيين بالحجر المقصب وفق مقطع عرضي قوسي نصف دائري، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:29.



صورة (124): ما تبقى من أساس الجدار الحجري لخزان جمع المياه المكشوف في منظومة جمع مياه شحات الأثرية، طول الجدار نحو 113م عين عدسة الكاميرا موجهة نحو الزاوية الشمالية الشرقية للخزان، مدينة شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:29.



صورة (125): الزاوية الشمالية للخزان الكبير المكشوف، لاحظ لون حجر جدار الخزان الشمالي البني المصفر المائل للأحمر بفعل نشاط التجوية الناتجة عن رشح المياه من الأرض الشمالية المجاورة التي يعلو منسوبها الجدار، مدينة شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 17:58.



صورة (126): فعالية التجوية الكيميائية على الأسطح الداخلية لأحجار جدار الخزان الكبير الشمالي المكشوف، بفعل المياه الراشحة والمحملة بكربونات وأكاسيد الحديد من التربة والصخور المجاورة للجدار من جهة الشمال بما يكسبه هذا اللون البني المحمر، مدينة شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:00.



صورة (127): الجدار الجنوبي للخران الكبير المكشوف في منظومة مياه شحات الأثرية، الكاميرا تلتقط الصورة من الزاوية الجنوبية الغربية للخران باتجاه الشرق، طول الجدار حوالي 173م، حالة الحجارة الصخرية للجدار لا توجد عليها آثار تجوية فعالة كما هو الحال للجدار الشمالي للخران، مدينة شحات، الأحد، 10.02.2019، الساعة 18:45.



صورة (128): رغم مظاهر تآكل تبدو على الأسطح الداخلية للحجارة الجيرية المكونة للجدار الجنوبي للخران الكبير المكشوف، فإنه لا يبدو أي تغير ملموس في اللون ناتج عن عمليات استعاضة أو إبدال في مادة الحجر بفعل التجوية الكيميائية، شحات الأحد 10.02.2019، الساعة 18:27.



صورة (129): اللون الأبيض الكريمي الطبيعي للحجر الجيري المقصبة منه الحجارة المستخدمة في بناء جدران منظومة مياه شحات الأثرية في الماضي، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:37.



صورة (130): لاحظ الفراغ الفسيح للخزان الكبير المكشوف من المنظومة، والتي يظهر في غربها الخزائين الحجريين المسقوفين والمصممين وفق مقطع عرضي قوسي نصف دائري، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 17:57.



صورة (131): بقية من منظومة من خزانين حجريين متجاورين مقاطعهما العرضية قوسية نصف دائرية بقطر 8م، تحتل منتصف الجهة الغربية من منظومة جمع مياه قورينا الأثرية، منسوب أرضيتهما يمثل أدنى منسوب لكامل المنظومة، طول الخزانين عند الإنشاء حوالي 80م، إذ تمثل شجرة الكرموس بداية الخزانين من الجهة الشرقية، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:04.



صورة (132): داخل الخزان الشمالي من منظومة الخزانين المسقوفين، لاحظ إحكام بناء الخزان بالحجر الجيري المارني المقصب، البعد بين جداري الخزان 8م، الارتفاع حوالي 6م، الطول المتبقي من الخزان حوالي 35م، لاحظ كيفية توزيع فتحات التهوية على جانبي السقف، الأرضية مردومة، الخطوط التي تظهر على الأرضية ناتجة عن غسل مياه نقط المطر، التي تتسرب من بين خطوط حجارة السقف، للتراب عن حصى الأرضية شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:06.



صورة (133): الجدار الشمالي الملاصق للتربة يظهر عليه فعل رشح المياه الجوفية من التربة المجاورة للجدار الشمالي للخزان الشمالي من المنظومة إلى داخل الخزان عبر حجارة هذا الجدار، لاحظ الفرق بين فعل الرشح عند مناسيب الأكتاف الخارجية للجدار في الأعلى وأسفل منسوب التربة المجاورة للجدار في الأسفل، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:06.



صورة (134): الجدار الجنوبي للخزان الشمالي البعيد عن التربة لا تظهر عليه مظاهر الرشح من الداخل بفاعلية كالوجود على الجدار المقابل الظاهر في الصورة (133) السابقة، لاحظ بقية من البطانة، اللياسة، التي تبطن الجدار، داخل الخزان الشمالي المسقوف، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:07.





صورة (135): منسوب سفلي لفتحات تمرير الماء في الأسفل ارتفاعه عن منسوب الأرض الحالية حوالي 220سم، وفتحات التهوية في منسوب أعلى داخل الخزان المسقوف الشمالي، والتي ربما كانت تمثل مأخذ للمياه من الخزان، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:08.



صورة (136): مظهر جانبي للخزان الحجري المسقوف من الخارج من الزاوية الجنوبية الشرقية، حالة الخراب التي تعرضت لها الخزانات الحجرية المسقوفة في منظومة جمع مياه شحات الأثرية نتيجة تطاول زمن الإهمال لهذه المنظومة الفريدة، لاحظ منسوب فتحات تمرير المياه بين الخزائين تحت منسوب الأكتاف، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:09.



صورة (137): مظهر بعض ما تبقى قائماً من الخزان الجنوبي المسقوف من منظومة الخزائين الحجريين المسقوفين من منظومة جمع مياه شحات الأثرية، صورة للطرف الشرقي، يظهر في الطرف الغربي للخزان جدار نهاية المنظومة، شحات، الأحد، 10.02.2019، الساعة 18:10.



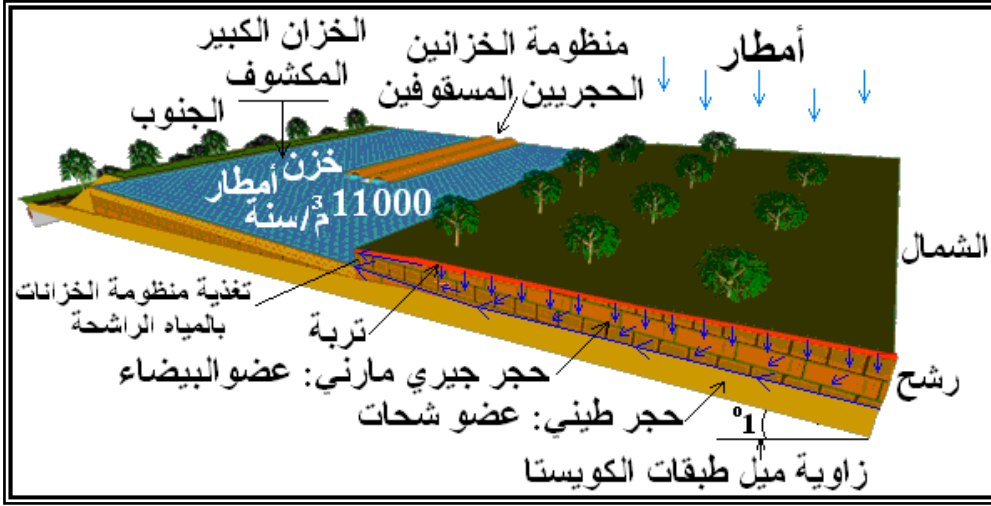
صورة (138): مظهر الخزائين والأكتاف الرابطة بينها والسائدة للجدارين المتجاورة للخزائين المسقوفين في منظومة جمع مياه شحات الأثرية، برفقة عوض عبد الواحد، شحات، الأحد، 10.02.2019، الساعة 18:22.



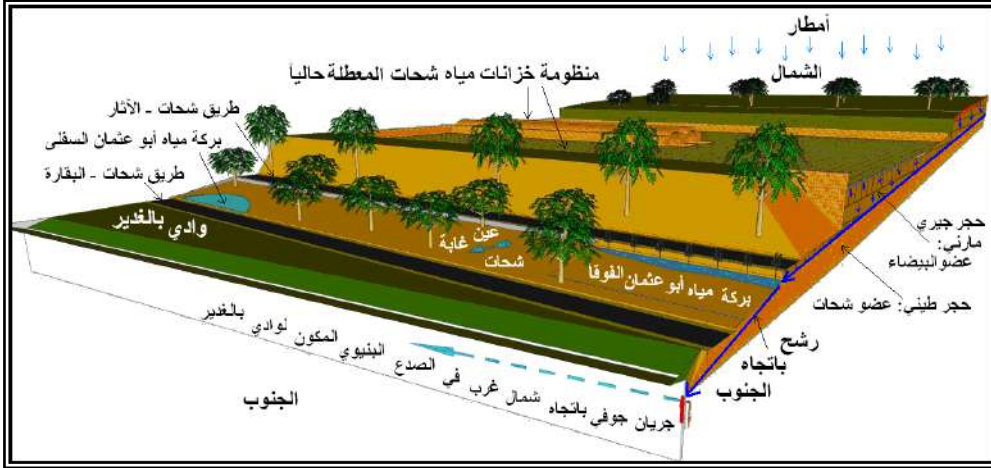
صورة (139): الكتف الحجري الجانبي السائد للجدار الشمالي للخزان المسقوف الشمالي من منظومة الخزائين الحجريين المسقوفين من منظومة جمع مياه شحات الأثرية، لا حظ منسوب التربة المجاورة لجدار الخزان التي يأتي منها رشح المياه عبر الجدار نحو داخل الخزان، شحات، الأحد، 10.02.2019 الساعة 18:13.



صورة (140): من جهة الغرب نحو الشرق، الأكتاف الحجرية الداعمة والمساندة لجداري الخزائين، الحجريين المسقوفين، المتجاورين من منظومة جمع مياه قورينا الأثرية التي تتربع مدينة شحات الحالية في جوار آثارها، الفراغ الفسيح خلف هذين الخزائين يحتله الخزان الكبير المكشوف للمنظومة، برفقة عوض عبد الواحد، شحات، الأحد 10.02.2019، الساعة 18:20.



شكل (19): مجسم يوضح كيفية تغذية منظومة خزانات مياه شحات الأثرية بالمياه الجوفية الراشحة من طبقات الكويستا، الممثلة للبداية الشمالية للمصطبة الثانية من الجبل الأخضر، عندما كانت تعمل في الزمن الماضي، عن الحنفي.



شكل (20): مجسم يوضح كيفية تعطيل عمل منظومة خزانات مياه شحات الأثرية بفعل غور مياه الرشح بفعل الزلازل وتطور الكارست على ظهر الكويستا، وتوجه المياه الراشحة نحو بركتي أبو عثمان وعين غابة شحات والصدع البنيوي المنطبع عليه وادي بالغدير، عن الحنفي.

## المراجع:

- 1- محمد غازي الحنفي وعضو جبريل غيث، تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر، المؤتمر الدولي الأول حول موارد المياه في الجبل الأخضر، 05-07/06/2012، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- 2- مقابلات شخصية مع:
  - أ- عبد الجواد بو بيضة، جيولوجي، الهيئة العامة للمياه، درنة، 14.03.1998.
  - ب- فرج الحبيب سليمان، جغرافي ومدرس، المخيلي، 07.05.1999.
  - ج- عبد السلام بازاه، مصلحة الآثار، طلميثة، شهر 11/2003.
  - د- منعم عمر يونس، جغرافي ومدرس، القيقب، 03.03.2012.
  - هـ- السنوسي جاد الله، جغرافي ومدرس، قندوله، 20.03.2012.
  - و- عيد أحمددين، جغرافي، راس التراب، 08.04.201.
  - ز- الحاج نصيب الشنكروف الطلحي، وردامة، 11.05.2012.
- ح- مئات المقابلات الشخصية مع أفراد المجتمع المحلي الموزعين في منطقة الدراسة ما بين 1995 و2012.
- 3- مئات الزيارات الميدانية الموثقة بالصور وغير الموثقة ما بين 1995 و2012.



## 16- الفصل السادس عشر

دور أسطح الاعتراض الحضرية كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد

المائية المحلية

دراسة مائية ميدانية تحليلية في البيئة الحضرية

لجامعة عمر المختار - البيضاء - الجبل الأخضر - ليبيا

د. محمد غازي الحنفي





16- الفصل السادس عشر

دور أسطح الاعتراض الحضرية كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد المائية المحلية

دراسة مائية ميدانية تحليلية في البيئة الحضرية

لجامعة عمر المختار - البيضاء - الجبل الأخضر - ليبيا

د. محمد غازي الحنفي

\* - مقدمة.

\* - منطقة الدراسة.

\* - أمطار منطقة الدراسة.

\* - حوض جمع مياه المصرف الرئيسي المدروس في مجمع الوثيقة الخضراء.

\* - قياس التصريف.

\* - كيفية حساب التصريف الكبيرة في الأنوب.

\* - نتائج قياس التصريف.

\* - ربط التصريف بالأمطار الساقطة.

\* - النتائج والمناقشة.

\* - المقترحات والتوصيات.

\* - المراجع.

## دور أسطح الاعتراض الحضرية كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد المائية المحلية

### دراسة مائية ميدانية تحليلية في البيئة الحضرية

#### لجامعة عمر المختار - البيضاء - الجبل الأخضر - ليبيا

##### مقدمة:

إن عملية تشجير الحرم الجامعي تتطلب ري الأشجار بالصيف، إلا أن كمية مياه آبار الجامعة لا تكفي للري، لأن المجمع السكني والجامعة يعانيان من نقص المياه المنزلية على طول السنة، لذلك تم التفكير جدياً بأنه كفي لتحسن البيئة في الحرم الجامعي يجب تأمين موارد مائية إضافية وخاصة في فصل الجفاف الذي يدوم لحوالي خمسة أو ستة أشهر، حيث يمكن تأمينها من أسطح الاعتراض التي تملكها جامعة عمر المختار كما توضحه هذه الدراسة. علماً أن أمطار هذه المنطقة في البيضاء تعادل حوالي 500 ملم / سنة وبذلك فإنه يمكن جمع نصف متر مكعب من مياه الأمطار خلال السنة من كل متر مربع مبني أو مبلط. وقد تناولت هذه الدراسة حساب كميات المياه الجارية على الشوارع المبلطة باتجاه إحدى نقاط الصرف الرئيسة لعدة عواصف مطرية، وتم رسم منحنيات تغير التصريف مع الزمن، مع إمكانية التوصل لمعرفة كمية الأمطار المؤدية إلى كمية المياه المنصرفة عن طريق رصد مزدوج مطري من ناحية وهيدرومترية من ناحية أخرى.

إن التصريف الناتج عن عاصفة مطرية يبلغ هطولها 18.3 ملم تؤدي إلى تصريف تصل ذروته إلى 180 ل/ثا وحجم مياه يزيد عن 570 م<sup>3</sup> من شوارع مبلطة تبلغ مساحتها 2.3 هكتار في ظروف مدينة البيضاء المناخية. مما يشجع على المبادرة على تشجير أراضي الحرم الجامعي لتضفي على بيئته رونق الخضرة وجمال الطبيعة. وبذلك يستفاد من البيئة الحضرية في تأمين موارد مائية إضافية تساهم في تحسين البيئة الطبيعية المحلية.

تمثل أسطح المنازل مجمعات جيدة وعملية لمياه الأمطار، وبذلك تعد في كثير من المناطق الجافة مجمعات ذات أهمية في تأمين المورد المائي الرئيس للشرب في مثل هذه المناطق، بحيث تخزن المياه المتجمعة من أسطح هذه الأبنية في خزانات مجاورة كما هو الحال في كثير من المناطق الفقيرة بالمياه العذبة المتاحة مثل طرق وكثير من جهات الجبل الأخضر. إن هذه التقنية مطبقة في كلية الزراعة في جامعة عمر المختار حيث تتجمع مياه أسطح الكلية في خزان أرضي يستفاد من مياهه في ري جنائن الكلية فقط.

إن الشوارع التي صممت على أساس تسهيل المواصلات بين مناطق البيئة الحضرية الواحدة، أو بين مناطق البيئة الواحدة، قد تكون ذات أهمية كبيرة أيضاً في تجميع مياه الأمطار الساقطة عليها إذا جمعت في خزانات مجاورة للمدينة، مشكلة موارد مائية إضافية يستفاد منها في تحسين بيئة المدينة كغسل شوارعها وري أشجار الحدائق والطرق في فصل الجفاف، إضافة إلى أنها تساعد على التنمية الزراعية عندما تكون كمياتها كبيرة.

إن نسبة الجريان السطحي الناشئ على شوارع المدن تزيد عن 100% من كمية أمطار العواصف التي تستقبلها هذه الشوارع، كما هو ملاحظ في مدينة البيضاء حيث تشكل في بعض الحالات سيول عارمة تخرج من المصارف الرئيسة للمدينة، ففي منطقة الغريقة عند مخرج مياه شوارع البيضاء إلى وادي الكوف يزيد التصريف عن 5 م<sup>3</sup>/ثا من جراء مرور العواصف المهمة، والعاصفة التي تبلغ أمطارها ما بين 20 و 25 ملم تؤدي لنشوء جريان في هذه المنطقة يعادل 3 م<sup>3</sup>/ثا.

من أجل إبراز أهمية أسطح الاعتراض في جمع مياه الأمطار الساقطة عليها تناولت هذه الدراسة بيئة حضرية فيها بناء وشوارع يتخللها أرض أغلبها بور وهي بيئة السكن الجامعي لجامعة عمر المختار في مدينة البيضاء في الجبل الأخضر والمسمى بمجمع الوثيقة الخضراء. حيث قام الباحث في هذه الدراسة مستعيناً ببعض الطلبة بحساب مساحات أسطح الأبنية والأراضي الخاصة بالحرم الجامعي مستعينين بمخطط هندسي للجامعة مقياسه 1500:1 ومخطط للبناياات العشر بمقياس 500:1 كما قام بحساب مساحات الشوارع والمساحات مستخدمين عجلة مترية وشريط متري طوله 10م وآخر بطول 3م. كما قام بمراقبة إحدى نقاط الصرف الرئيسية لمياه شوارع المجمع السكني خلال مرور عدة عواصف مطرية، واستطاع حساب التصريف الناتجة عن أمطار هذه العواصف التي رصدت أمطارها بشبكة أرصاد مطرية محلية خصصت لهذا الغرض. كي يتجلى للباحث ومنتخذ القرار الهدف من هذه الدراسة، وهو جمع الكميات الكبيرة من مياه الشوارع وتخزينها من أجل تأمين موارد

مائية إضافية تعتمد عليها الزراعة في موسم الجفاف ويستفاد منها في تنمية البيئة المحلية بدل من ضياعها هدرًا باتجاه الأودية المؤدية إلى البحر.

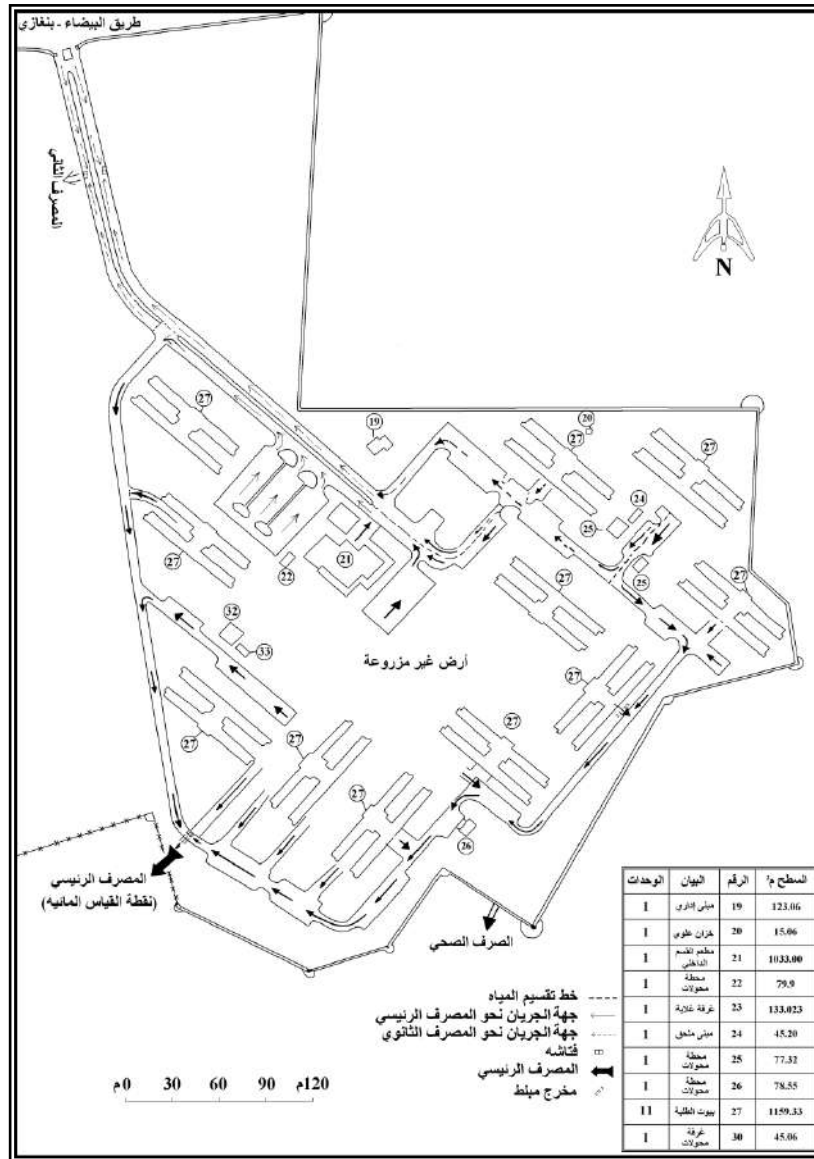
### منطقة الدراسة:

يبين الشكل (1) مخطط منطقة الدراسة وكيفية توزيع السكن والمباني الإدارية والمطعم الجامعي، بالإضافة إلى الساحات وشبكة الشوارع التي تربط أجزاء المجمع ببعضها، وكذلك الأرض الممكن زراعتها. كما يظهر على المخطط نقطي صرف مياه الشوارع ومياه بعض الأبنية المطلة عليها، بالإضافة لنقطة صرف مياه مجاري الصرف الصحي من المجمع، وتبين الأسهم كيفية اتجاه جريان الماء الناشئ عن الأمطار على الشوارع حتى وصولها لنقاط الصرف الرئيسية. إن مياه أسطح العمارات الخاصة بالسكن والبالغ عددها 11 عمارة، مساحة كل منها 1159.33م<sup>2</sup>، تصرف مع مياه الصرف الصحي ولا تساهم في الجريان الناشئ على الشوارع.

ويبين الجدول (1) كيفية توزيع المساحات بين أراضٍ زراعية وأسطح اعتراض في حرم جامعة عمر المختار، ورغم وفرة الأرض الممكن استزراعها في الحرم الجامعي البالغ حوالي 100هكتار، فالغطاء النباتي قليل، والبيئة الحضرية لا تعكس وضع الخضرة التي يتمتع بها الجبل الأخضر واسمه المميز بذلك، لذلك يتردد الصدى بين عماراته، وتفتقر شوارعه للظل الطبيعي، والذي إن وجد يضيف على هذه البيئة شيئاً من الجمال ومنتعة الطبيعة وراحة النفس للطلاب والمعلم والزائر على السواء.

جدول (1): توزيع مساحات أسطح الاعتراض من أبنية وطرق، وأراضي زراعية في بيئة الحرم الجامعي لجامعة عمر المختار، باستثناء الإدارة العامة للجامعة، من عمل الباحث.

المساحة (م <sup>2</sup> )	المنطقة البيئية
<b>334068.29</b>	<b>أ- مجمع الوثيقة الخضراء</b>
22924.29	1- أسطح الاعتراض (أسطح الأبنية فقط)
33040	2- أسطح الاعتراض (طرق وأرصفة)
278104	3- أرض غير مبنية
<b>22997</b>	من ضمنها أسطح اعتراض تمثل منطقة الدراسة (طرق وأرصفة)
<b>50600</b>	<b>ب- مجمع الراية الخضراء (البنائيات العشر)</b>
4970	1- أسطح اعتراض (أبنية)
45630	2- أرض غير مزروعة
<b>560278.125</b>	<b>ج- الحرم الرئيس للجامعة</b>
32358.68	1- أسطح اعتراض الأبنية فقط ماعدا الإدارة العامة
527919.445	الطرق والمساحات والأراضي الزراعية
<b>944946.415</b>	<b>المجموع الكلي لمساحة الحرم الجامعي ماعدا الإدارة العامة</b>



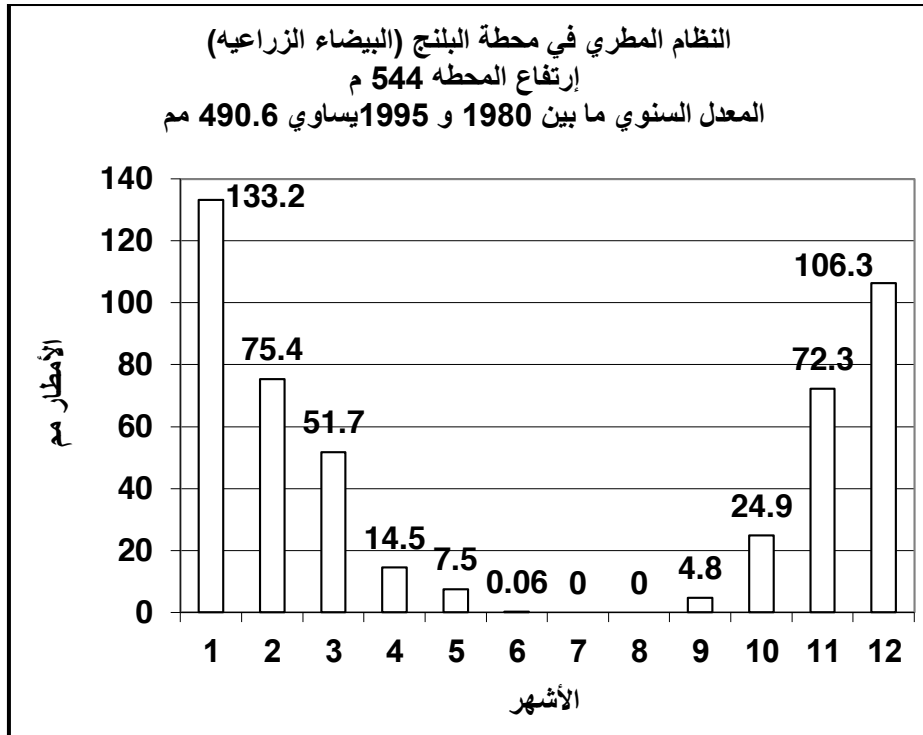
شكل (1): مخطط لمجمع الوثيقة الخضراء في جامعة عمر المختار موضح عليه المصرف الرئيسي المدروس وحوضه المائي، واتجاهات جريان مياه الشوارع نحو المصرفين الرئيسي والثانوي، وخط تقسيم المياه بين حوضي المصرفين، بالإضافة لمصرف الصرف الصحي للمجمع، من عمل الباحث.

## أمطار منطقة الدراسة:

تخضع منطقة البيضاء الواقعة على الدرجة الثانية من الجبل الأخضر، على ارتفاع حوالي 600م، لنظام الأمطار المتوسطي الذي تتركز فيه الأمطار في النصف الشتوي البارد من السنة، وتبلغ أعلى معدلات لها في أكثر الشهور برودة كشهري (1) و(12)، وتوافق أقل معدلات للأمطار خلال الأشهر الحارة من السنة لدرجة انعدامها في أشهر الصيف، كما يوضحه النظام المطري لمحطة البلنج (البيضاء الزراعية)، شكل (2).

يبلغ معدل الأمطار في محطة البلنج حوالي 490.6 ملم/سنة خلال فترة 15 عام تمتد من بداية عام 1980 إلى نهاية 1995. وعادة يكون سقوط الأمطار على شكل زخات مطرية عاصفية غزيرة تتجاوز في كثير من الأحيان 20 ملم للعاصفة الواحدة، والتي تكون مرافقة بالرعد والبرد في كثير من الحالات. إن المنطقة يسودها مناخ شبه رطب إلا أنها تعاني من متاعب في تأمين مياهها عن طريق الآبار التي لا يقل عمقها عن 350 و400م، وإنتاجيتها القليلة التي لا تتجاوز 4ل/ثا، وبذلك فإن منطقة البيضاء عامة وحرم الجامعة خاصة يعانيان من عجز واضح في المياه المتاحة لسد الاحتياجات الضرورية للاستقرار.





شكل (2): النظام المطري في محطة البنج (البيضاء الزراعية) ، من عمل الباحث.

من أجل معرفة كمية الأمطار التي يستقبلها حرم الجامعة، قام الباحث بتوزيع مجموعة مقاييس مطرية وعددها 7، تغطي كافة زواياها وذلك خلال موسم 1998-1999. هذه المقاييس عبارة عن قوارير مشروبات بلاستيك قطرها 10سم، بحيث يقطع القسم العلوي منها ليصبح على شكل قمع يركب مقلوب وبإحكام على القارورة ويوضع فوق الأبنية على قواعد خاصة ضمن علب معدنية من الصفيح للحماية، شكل (3). وتحسب كميات الأمطار الساقطة في هذه المقاييس عن طريق قسمة حجم المياه المتجمعة في المقياس

على مساحة فوهة القمع البالغة (78.5سم<sup>2</sup>) وتقارن بأمطار محطة أرصاد البلنج المناخية، جدول (2).

إن المياه الساقطة على الأرض الزراعية تتوزع ما بين تبخر وشرح وفتح من النباتات الحولية ونادراً ما يحدث جريان سطحي على التربة إلا في بعض العواصف المهمة. لكن المياه الساقطة على الشوارع سرعان ما تذهب بغالبيتها باتجاه المصارف الرئيسية مكونة جريانات مهمة في أغلب الحالات. وفي مجمع الوثيقة الخضراء المطبقة عليه الدراسة يوجد مصرفين أحدهما يجمع مياه الشوارع البالغة مساحتها 22997م<sup>2</sup> ويقع في الجهة الجنوبية الغربية من المجمع وهو الذي تمت عليه الدراسة، لذلك أطلق عليه المصرف الرئيسي، والثاني يقع جهة البوابة الرئيسية للمجمع وتتجه إليه مياه الشوارع البالغة مساحتها 10043م<sup>2</sup> والذي لم تتناوله القياسات لذلك سمي المصرف الثاني أو الثانوي، شكل (1).

ويبين الجدول (2) مقارنة القياسات المطرية للمقياسين (1) و (6) مع الأمطار الشهرية لمحطة البلنج خلال فترة الدراسة الممتدة من بداية شهر 11/1998 وحتى نهاية شهر 4/1999 حيث يظهر انخفاض في كميات الأمطار المسجلة في المقاييس المطرية البدائية التكوين وذلك قد يرجع إلى ثلاثة أسباب:

**الأول:** إن القارورة ذات القطر المساوي 10 سم تعد صغيرة من أجل قياس الأمطار مقارنة بالمقياس النظامي لمحطة أرصاد البلنج.

**الثاني:** الاضطرار لوضع المقاييس المطرية فوق الأبنية على ارتفاعات تتراوح ما بين 4 و 12م فوق سطح الأرض، كي لا تتعرض للاعتداء والتخريب، وذلك يجعل الأمطار تسقط بشكل

مائل على القارورة. وبالفعل بعد تركيب سبع مقاييس مطرية في مختلف مناطق الحرم الجامعي لم يتمكن الباحث من الحفاظ إلا على مقياسين فقط من التخریب.

**الثالث:** إن وضع المقاييس ضمن علب معدنية وبملاسة الهواء الجوي قد يؤدي لمساهمة عملية التبخر في تقليل كميات الأمطار المسجلة. وهذا قد يكون أهم الأسباب المؤدية لنقص كميات الأمطار المسجلة من قبل الباحث عن أمطار محطة أرصاد البلنج، التي توجد غرب منطقة الدراسة بحوالي 5 كم فقط، بنسبة 24% في المقياس رقم 6 وبنسبة تعادل 21.6% في المقياس رقم (1).

إن استعمال القارورة نفسها كمقياس مطري للعاصفة يوم الثلاثاء الموافق 1998/12/15، عند وضعها على سطح الأرض، وقياس كمية الأمطار مباشرة بعد انتهاء العاصفة سجل المقياس 18.3 ملم مقابل 19 ملم للعاصفة نفسها في محطة البلنج مما يدل على صلاحية هذه المقاييس عند استعمالها بعناية.



شكل (3): مقياس الأمطار رقم (1) المستخدم في الدراسة في مجمع الوثيقة الخضراء.

جدول (2): كميات الأمطار الشهرية المقاسة (ملم) في جامعة عمر المختار ومقارنتها بأمطار محطة أرصاد البلنج خلال ستة أشهر من موسم 1998-1999، من عمل الباحث.

البنج (البيضاء الزراعية) (مم)	الجامعة مقياس رقم (2) (مم)	الجامعة مقياس رقم (1) (مم)	مقياس المطر (مم) الشهر
49.9	42.6	44.4	1998-11
177.2	139.4	133.9	1998-12
116.5	73.1	98.5	1999-01
36.4	35.2	34.3	1999-02
73.2	55.2	55.2	1999-03
09.0	06.0	06.0	1999-04
462.2	351.5	372.3	المجموع

#### حوض جمع مياه المصرف الرئيس المدروس في مجمع الوثيقة الخضراء:

تبلغ مساحة الشوارع والساحات وأسطح بعض الأبنية المطلة عليها، والتي تشكل حوض تجميع مياه المطر المتجهة نحو المصرف الجنوبي الغربي المدروس حوالي 22997م<sup>2</sup>، أي حوالي 2.3 هكتار. بحيث تتجه مياه الشوارع نحو فتاشة ينبثق منها ثلاثة أنابيب إسمنتية بقطر 30 سم وطول 15 م مدفونة تحت الأرض وتعبّر الطريق العام، وتتجه مياهها جهة الجنوب الغربي بحيث تجد طريقها لأحد الأودية الرافدة لوادي الكوف الذي يقود المياه نحو البحر، واحد من الأنابيب الثلاثة يمر عبره أنبوب تغذية المياه القادم من مضخة كلية الزراعة إلى السكن الجامعي وقطره 4 بوصة، شكل (4).



شكل (4): أنابيب التصريف لنقطة القياس الهيدرومترية مع وعاء (4 لتر) لقياس التصريف الصغيرة.

## قياس التصريف:

استعمل في قياس التصريف الصغيرة أواني عادية وهي عبارة عن علب أحدها بسعة لتر واحد، والثانية بسعة 4 لتر، والثالثة بسعة 18 لتراً وهي عبارة عن سطل دهان يمثل مقطع مخروطي. في حال حدوث تصريف تزيد عن سعة هذه الأواني، اعتمدت طريقة هندسية من أجل معرفة التصريف الناتج من الأنبوب، وذلك عن طريق معرفة مساحة المقطع المائي في الأنبوب وضربه في سرعة الجريان المحسوبة عن طريق معرفة زمن مرور قطعة خشبية طافية من بداية الأنبوب في الفتاشة وحتى نهاية الأنبوب عند المصب، أي على طول 15م.

من معرفة تصريف الأنابيب الثلاثة وجمعها يتحصل منها على التصريف الإجمالي من الفتاشة، ثم يحسب متوسط التصريف ما بين كل قياسين، ومن ثم يحسب حجم المياه الجارية خلال المدة الفاصلة بين القياسين. من حاصل جمع الأحجام المحسوبة ينتج حجم المياه الناتجة من العاصفة المطرية.

بما أن نقطة الصرف الرئيسة غير مجهزة بمحطة هيدرومترية آلية فقد كان العمل الخاص بقياس التصريف مجهداً من ناحيتين:

**الأولى:** مراقبة الصرف باستمرار وذلك مما لا يمكن عمله لأن الأمطار تسقط في الليل وفي النهار حسب مرور العواصف التي قد تصادف انشغال الباحث بأمر أخرى، لذلك لم يستطع أن يكمل بعض منحنيات التصريف نتيجة لوجود ثغرات في القياسات.

**والثانية:** هي أن قياس التصريف لثلاثة أنابيب معاً كل 3 دقائق أو كل 5 دقائق أو كل 10 دقائق كما كان حال العمل الميداني، فهو كذلك مضمناً، ناهيك على أن هذه القياسات يتم أغلبها في ظل سقوط الأمطار والبرد مما يترتب عليه متاعب صحية.

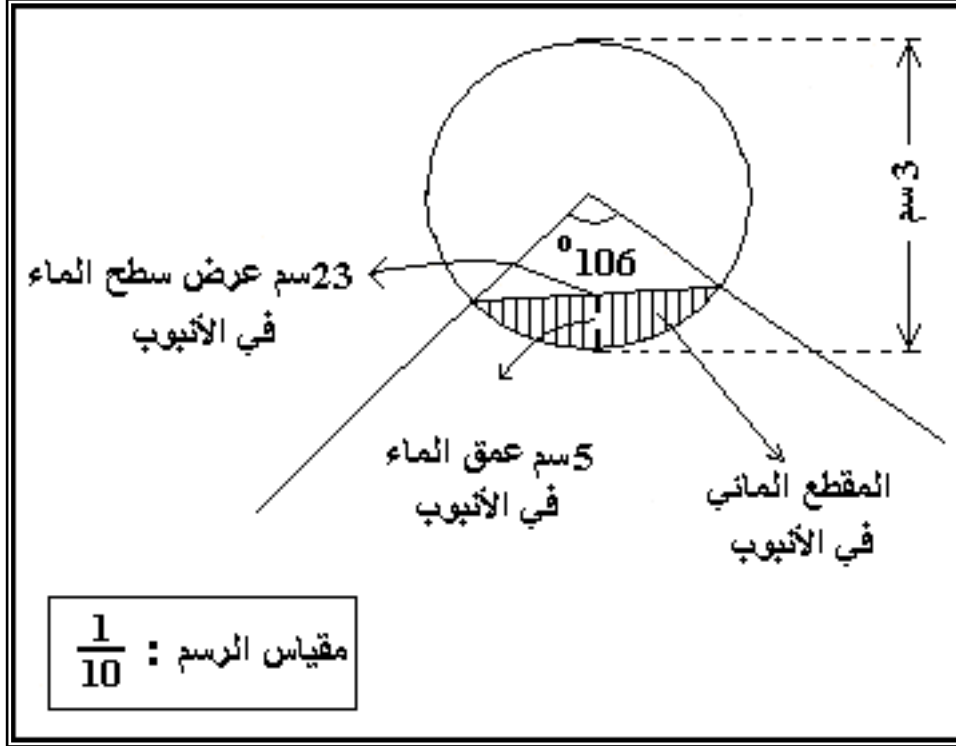
### كيفية حساب التصريف الكبيرة في الأنبوب:

عندما يصبح التصريف يزيد عن 10 ل/ثا يصبح من الصعب تحديد الزمن وقد ترتكب أخطاء في تقدير المياه المنصرفة في وحدة الزمن، لذلك اعتمدت في هذه الدراسة طريقة هندسية عملية لحساب التصريف من الأنابيب الدائرية ذات الجريانات الفجائية، وطبقت على جريانات فجائية لبعض الأودية في الجبل الأخضر عند عبورها لأنابيب تتراوح أقطارها ما بين 0.80 و 1.5م وأعطت نتائج لا بأس بها. ولتوضيح هذه الطريقة اختيرت الحالة الآتية من القياسات الموضحة في الجدول (3) سطر (4) والتي تمت وفق الخطوات الآتية:

**1-** يقاس زمن مرور قطعة خشبية طافية على المياه من بداية وحتى نهاية الأنبوب وبذلك تحسب سرعة الجريان في الأنبوب من قسمة طول الأنبوب (15م) على الزمن المساوي 7 ثوان.

**2-** حساب مساحة المقطع المائي في الأنبوب وذلك عن طريق قياس عمق الماء في الأنبوب (5سم) وعرض سطح الماء (23 سم) في الأنبوب عند المصب.





شكل (5): الطريقة الهندسية المعتمدة لحساب التصاريح الكبيرة بالأنابيب الدائرية المقطع عن طريق حساب المقطع المائي في الأنبوب بمعرفة عمق الماء وعرض سطح الماء في الأنبوب، من عمل الباحث.

إن مساحة المقطع المائي يتم حسابها هندسياً وذلك برسم دائرة بمقياس معين

(10:1)، شكل (5) ومن ثم فان :

مساحة المقطع المائي في الأنبوب = مساحة القطاع الدائري الذي تحصره الزاوية المركزية - مساحة المثلث لنفس الزاوية

من أجل حساب مساحة القطاع الدائري تقاس الزاوية المركزية (106°) التي يحددها

عرض سطح الماء ومن ثم فان :

$$\text{الدائرة} = \frac{360}{106} = 3.3962 \text{ مرة للقطاع الذي تحده الزاوية المركزية.}$$

إن مساحة الدائرة : سط =  $\pi$  نق<sup>2</sup> حيث نق نصف قطر الأنبوب (15 سم).

$$\text{سط} = 3.14 \times 225 \text{ سم}^2 = 706.5 \text{ سم}^2.$$

إن مساحة قطاع الدائرة التي تحصرها الزاوية  $106^\circ = \frac{706.5}{3.3962} = 208.027 \text{ سم}^2$

والتي يمكن حسابها من العلاقة

$$\text{سط} = \frac{1}{2} \text{ نق}^2 \times \theta \quad \text{حيث: سط} = \text{مساحة قطاع الدائرة.}$$

$$\text{نق} = \text{نصف قطر الدائرة.}$$

$$\theta = \text{الزاوية المركزية بالراديان.}$$

$$\text{إذاً سط} = 1.849111111 \times 225 \times \frac{1}{2} =$$

$$= 208.025 \text{ سم}^2$$

إن مساحة المثلث لنفس الزاوية =  $\frac{10 \times 23}{2} = 115 \text{ سم}^2$

$$\text{إذاً مساحة المقطع المائي} = 208.027 \text{ سم}^2 - 115 \text{ سم}^2 = 93.027 \text{ سم}^2$$

3- التصريف = السرعة × مساحة المقطع المائي في الأنبوب

$$= \frac{1500}{7} \text{ سم}^3/\text{ثا} \times 93.027 \text{ سم}^2 = 19934.357 \text{ سم}^3/\text{ثا}.$$

$$= 19.934 \text{ ل/ثا}.$$

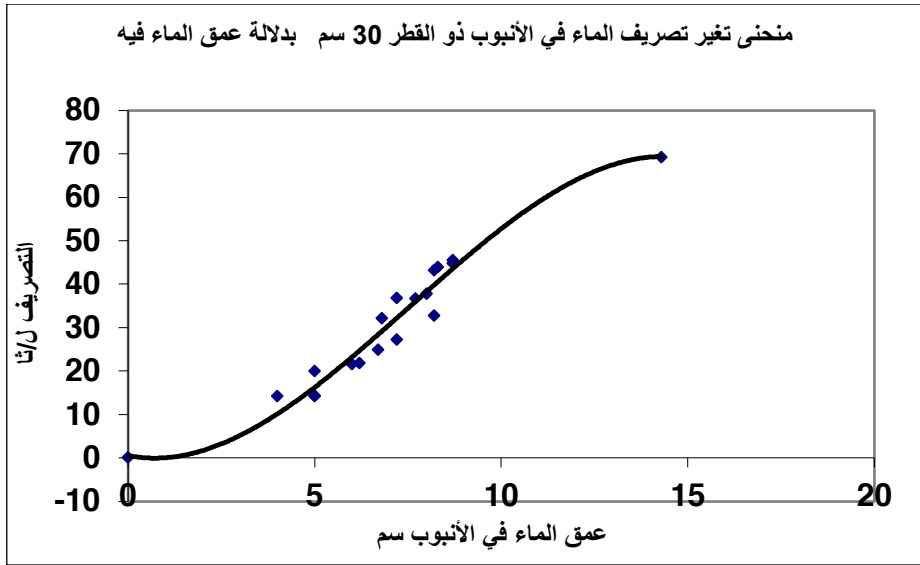
وعلى أساس ذلك نظم الجدول (3) الذي يربط ما بين عمق الماء في الأنبوب

وعرض سطح الماء في الأنبوب ذو القطر 30سم، والشكلين (6) و(7) يوضحان منحنى

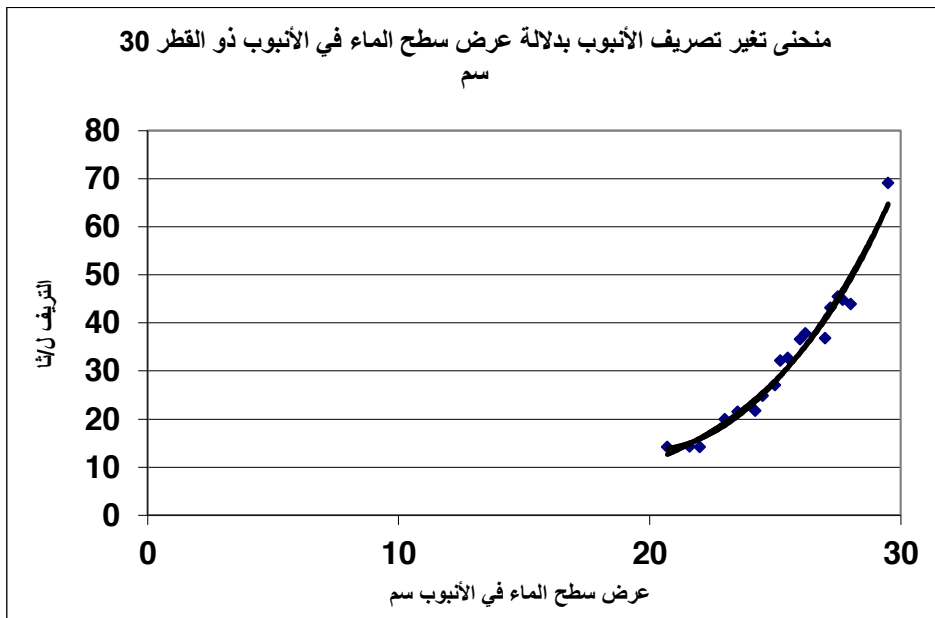
تغير التصريف مع عمق الماء وعرض سطح الماء في الأنبوب للنقطة الهيدرومترية التي تشكل المصرف المدروس في مجمع الوثيقة الخضراء في جامعة عمر المختار في البيضاء.

جدول (3): التصاريح الموافقة لعمق وعرض سطح الماء في الأنابيب الثلاثة (طولها 15م) بناءً على الطريقة الهندسية، للنقطة الهيدرومترية المدروسة في مجمع الوثيقة الخضراء، من عمل الباحث.

التصريف (ل/ثا)	الزمن (ثانية)	عمق الماء في الأنبوب (سم)	عرض سطح الماء في الأنبوب (سم)
14.16	7	4.0	20.7
14.30	7	5.0	21.6
14.207	7	5.0	22.00
<b>19.93</b>	<b>7</b>	<b>5.0</b>	<b>23.00</b>
21.495	7	6.0	23.5
21.79	7	6.2	24.2
24.8	7	6.7	24.5
27.11	7	7.2	25.00
32.123	7	6.8	25.2
32.743	7	8.2	25.5
36.625	6	7.7	26.00
37.77	6	8.0	26.2
36.775	6	7.2	27.00
43.105	6	8.2	27.2
45.5	6	8.7	27.5
44.77	6	8.7	27.7
43.9	6	8.3	28.00
69.128	7	14.3	29.5



شكل (6): منحنى تغير التصريف مع تغير عمق الماء في الأنبوب، من عمل الباحث.



شكل (7): منحنى تغير التصريف مع تغير عرض سطح الماء في الأنبوب، من عمل الباحث.

نتائج قياس التصريف:

إن نتائج قياس التصريف دونت في جداول على غرار الجدول (4)، وذلك خلال 8 أيام مطرية حيث كان يمثل القياس الواحد ثلاثة قياسات لتصريف الثلاث أنابيب، وعلى أساس هذه الجداول تم رسم منحنيات تغير التصريف المقاس مع الزمن للنقطة الهيدروميتيرية الرئيسة مرتبة بحسب تواريخ أمطارها، أشكال (15،14،13،12،11،10،9،8). حيث أوجزت هذه النتائج في الجدول رقم (5).

جدول (4): نتائج قياس تصريف عاصفة يوم الثلاثاء الموافق 1998/12/15م البالغة أمطارها 18.3 ملم، وحجم التصريف البالغ 577079.43 ل/5:29 ساعة، أي نحو 577.079 م<sup>3</sup>/5.29 ساعة، والمبينة في الشكل (14)، من عمل الباحث.

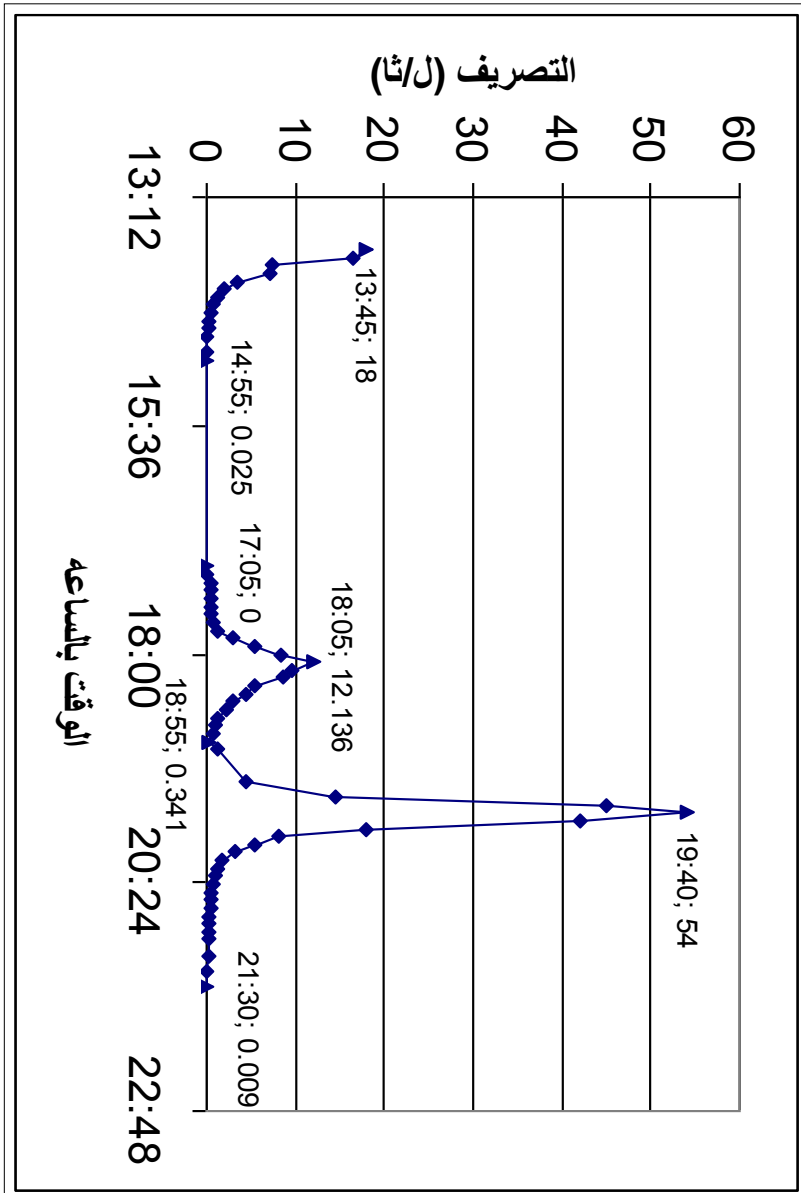
القياس	تصريف الأنابيب الثلاثة ( $\frac{ل}{ثا}$ )			التصريف الكلي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	الزمن (د:سا)	التصريف الوسطي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	حجم الجريان (ل)
	3	2	1				
1	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{15}$	2.266	13:43		
2	$\frac{4}{6}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{25}$	1.630	13:50	1.948	818.16
3	$\frac{4}{10}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{54}$	1.045	13:57	1.3375	561.75
4	$\frac{1}{18}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{1}{35}$	0.484	14:05	0.7645	366.96
5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0.387	14:17	0.4355	313.56
6	ضعيف	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{60}$	0.216	14:35	0.3015	325.62

حجم الجريان (ل)	التصريف الوسطي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	الزمن (د:سا)	التصريف الكلي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	تصارييف الأنابيب الثلاثة ( $\frac{ل}{ثا}$ )			القياس
				3	2	1	
74.1	0.1235	14:45	0.031	ضعيف	$\frac{1}{32}$	ضعيف	7
34.2	0.057	14:55	0.083	ضعيف	$\frac{1}{12}$	ضعيف	8
21.75	0.0725	15:00	0.062	ضعيف	$\frac{1}{16}$	ضعيف	9
61.5	0.1025	15:10	0.143	ضعيف	$\frac{1}{7}$	ضعيف	10
802.8	1.338	15:20	2.533	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{5}$	11
3309.9	5.5165	15:30	8.500	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{2}$	12
4425.0	14.75	15:35	21.00	$\frac{18}{2}$	$\frac{18}{2}$	$\frac{18}{6}$	13
9395.25	31.3175	15:40	41.635	14.14	21.495	$\frac{18}{3}$	14
16376.7	54.589	15:45	67.543	1.493	28.05	$\frac{18}{1}$	15
17796.45	59.3215	15:50	51.10	14.3	27.8	$\frac{18}{2}$	16
12819.0	42.73	15:55	34.36	14.16	14.3	$\frac{18}{3}$	17
10886.4	22.68	16:03	11.00	$\frac{18}{4}$	$\frac{18}{4}$	$\frac{4}{2}$	18
2790.0	9.3	16:08	07.60	$\frac{18}{5}$	$\frac{18}{6}$	$\frac{4}{4}$	19

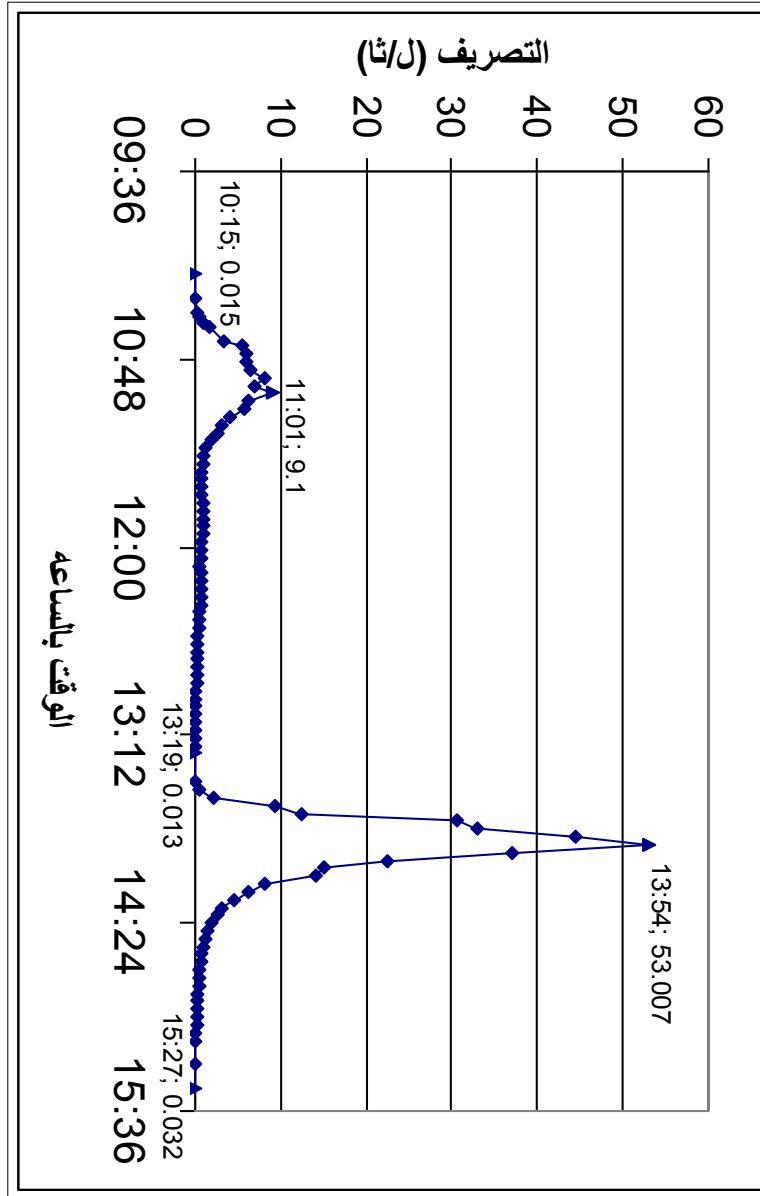
حجم الجريان (ل)	التصريف الوسطي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	الزمن (د:سا)	التصريف الكلي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	تصارييف الأنابيب الثلاثة ( $\frac{ل}{ثا}$ )			القياس
				3	2	1	
2608.41	6.2105	16:15	4.421	$\frac{18}{8}$	$\frac{18}{9}$	$\frac{4}{7}$	20
1546.2	5.154	16:20	5.487	$\frac{18}{7}$	$\frac{18}{8}$	$\frac{4}{6}$	21
2598.15	8.66	16:25	11.833	$\frac{18}{3}$	$\frac{18}{4}$	$\frac{4}{3}$	22
6499.95	21.6665	16:30	31.5	$\frac{18}{1}$	$\frac{18}{2}$	$\frac{18}{4}$	23
13506.75	45.0225	16:35	58.545	21.495	28.05	$\frac{18}{2}$	24
18957.75	63.1925	16:40	67.84	21.79	28.05	$\frac{18}{1}$	25
22563.75	75.2125	16:45	82.585	27.11	36.775	18.7	26
26987.25	89.9575	16:50	97.33	32.43	45.5	19.4	27
28586.25	95.2875	16:55	93.245	27.11	36.775	18.7	28
31845.0	106.15	17:00	119.055	43.105	43.9	32.05	29
36546.75	121.825	17:05	124.59	37.77	44.77	32.05	30
75637.5	126.0625	17:15	127.535	32.43	43.105	32.0	31
46268.55	154.2285	17:20	180.922	69.12	<b>69.122</b>	42.687	32
79101.6	131.836	17:30	82.75	28.05	36.0	18.7	33
47256.0	78.76	17:40	74.77	24.77	32.0	$\frac{18}{1}$	34
30081.0	50.135	17:50	25.5	$\frac{18}{1.5}$	$\frac{18}{2}$	$\frac{18}{4}$	35
12012.3	20.0355	18:00	14.571	$\frac{18}{3}$	$\frac{18}{3}$	$\frac{18}{7}$	36
07101.3	11.8355	18:10	9.1	$\frac{18}{4}$	$\frac{18}{5}$	$\frac{4}{4}$	37

حجم الجريان (ل)	التصريف الوسطي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	الزمن (د:سا)	التصريف الكلّي ( $\frac{ل}{ثا}$ )	تصارييف الأتابيب الثلاثة ( $\frac{ل}{ثا}$ )			القياس
				3	2	1	
3669.3	6.1155	18:20	3.131	$\frac{18}{13}$	$\frac{18}{13}$	$\frac{4}{11}$	38
1319.1	2.1985	18:30	1.266	$\frac{4}{8}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{1}{16}$	39
572.1	0.9535	18:40	0.641	$\frac{1}{4}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{1}{35}$	40
306.9	0.5115	18:50	0.382	$\frac{1}{15}$	$\frac{4}{13}$	$\frac{1}{110}$	41
174.6	0.291	19:00	0.200	ضعيف	$\frac{4}{20}$	ضعيف	42
93.3	0.1555	19:10	0.111	ضعيف	$\frac{1}{9}$	ضعيف	43
51.48	0.0715	19:22	0.032	ضعيف	$\frac{1}{31}$	ضعيف	44
<b>577079.43</b>	<b>29.23401</b>	<b>5:29</b>	-----	<b>44 قياس 3 ×</b>			<b>المجموع</b>

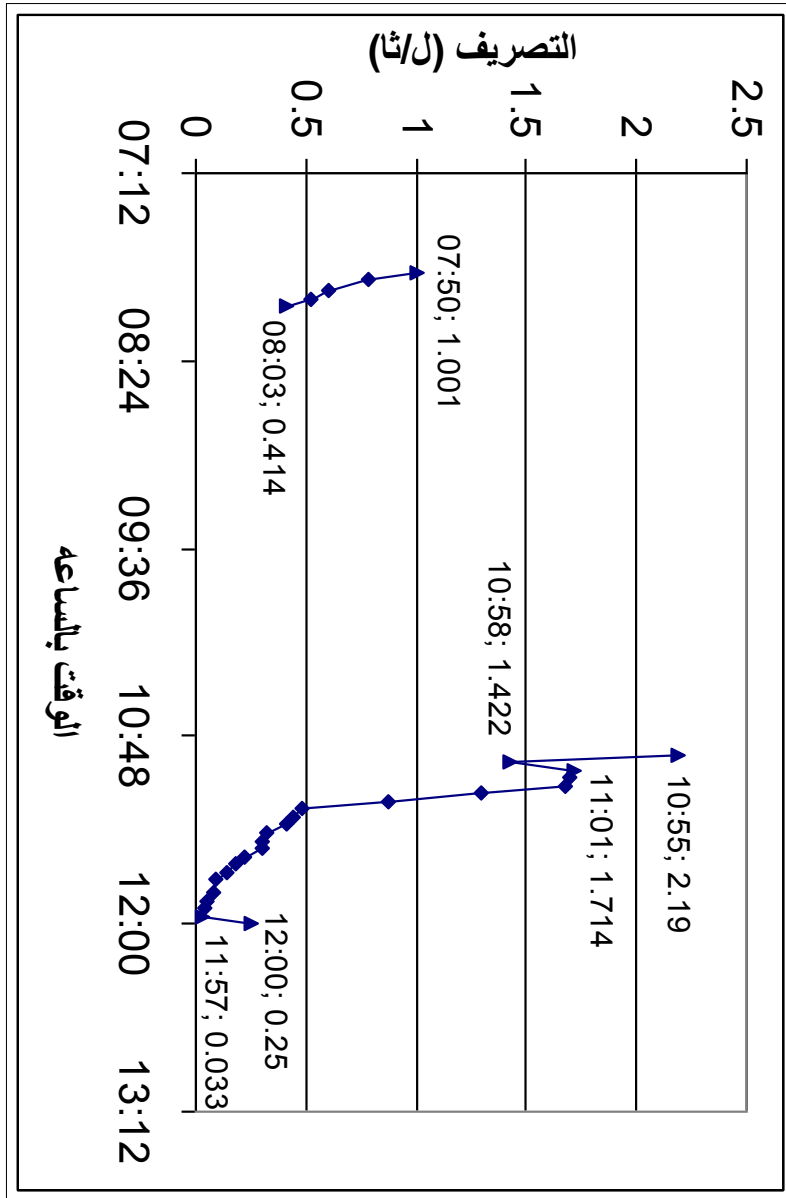




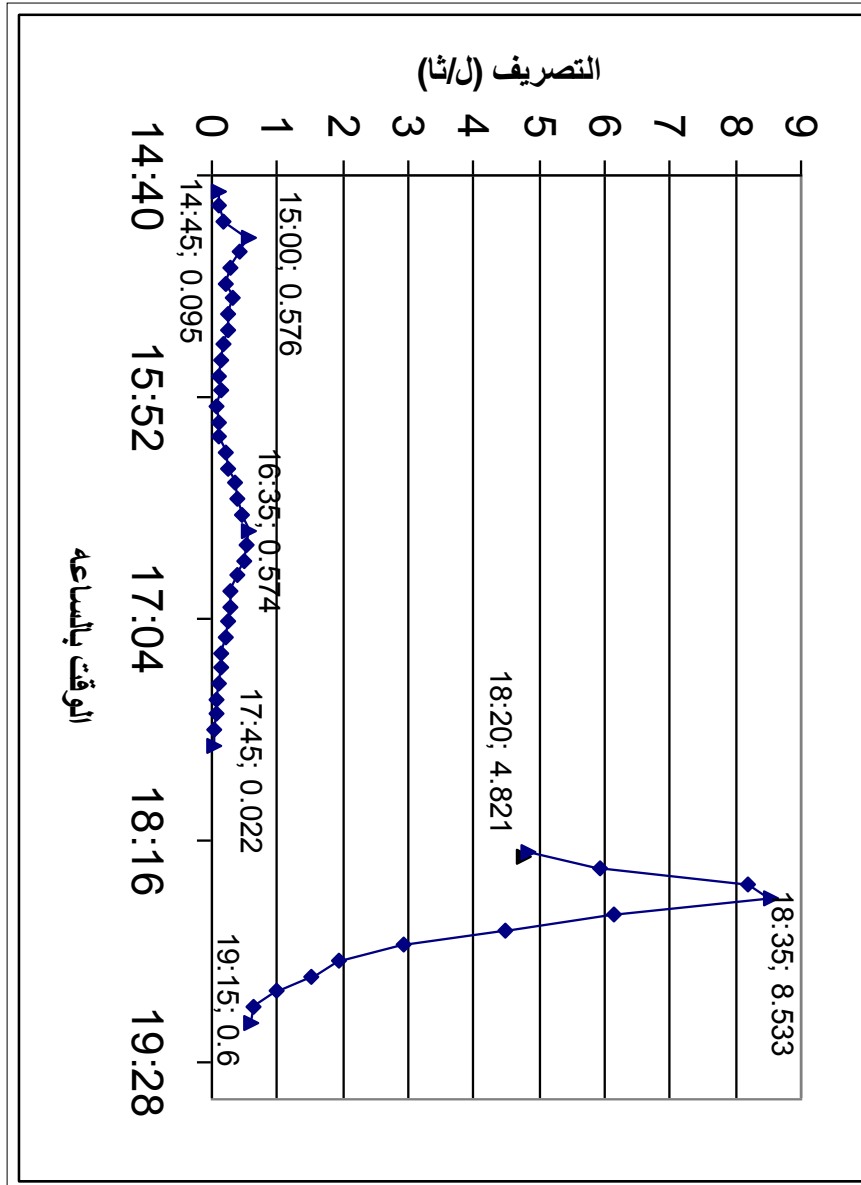
شكل (8): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الخميس الموافق 1998/11/26م، حيث بلغ حجم المياه المنصرفة 102112.05 ل/5:35 ساعة، من عمل الباحث.



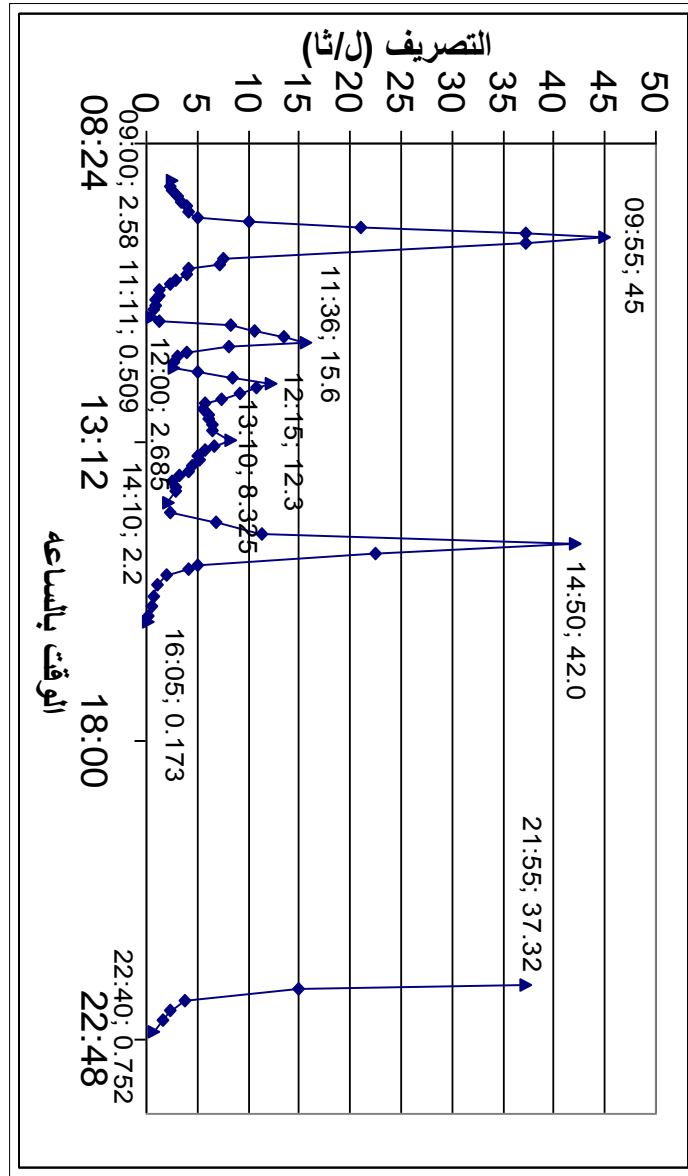
شكل (9): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الأحد 19/11/1998م، حيث بلغ حجم المياه المنصرفة 74353.05 ل/5 ساعة، من عمل الباحث.



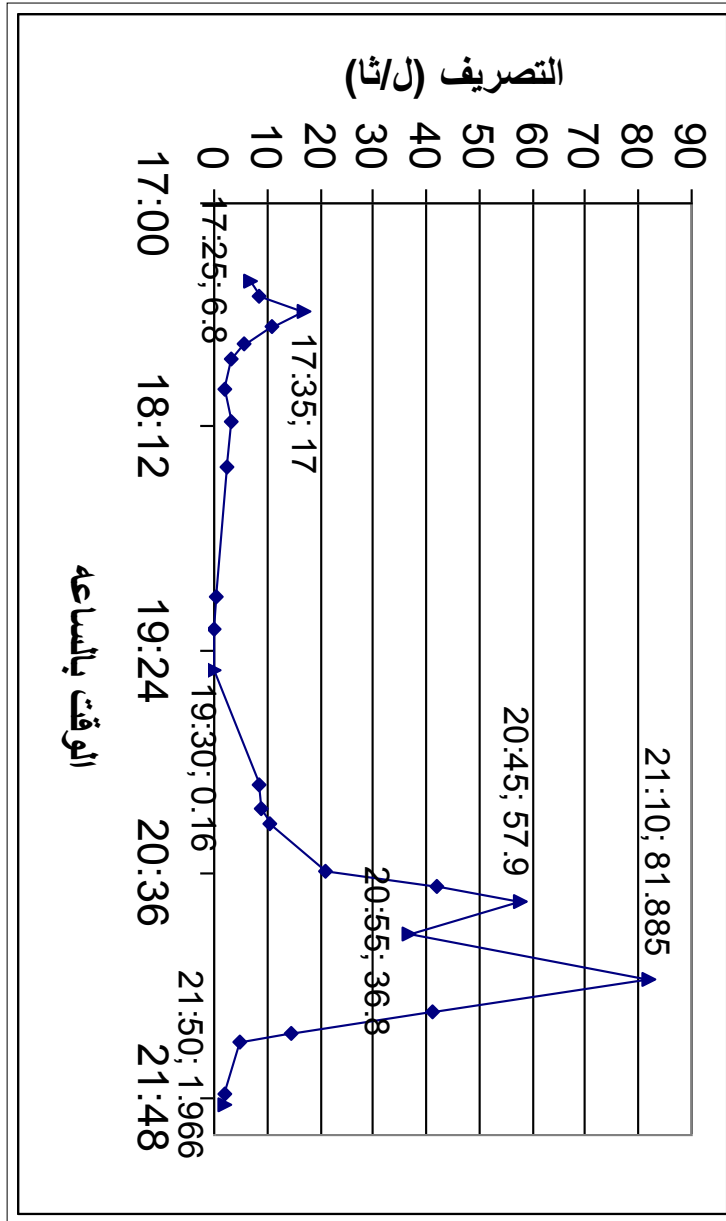
شكل (10): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الاثنين 1998/12/07م، إذ بلغ التصريف المقاس 2786.436 ل/1:18 ساعة، من عمل الباحث.



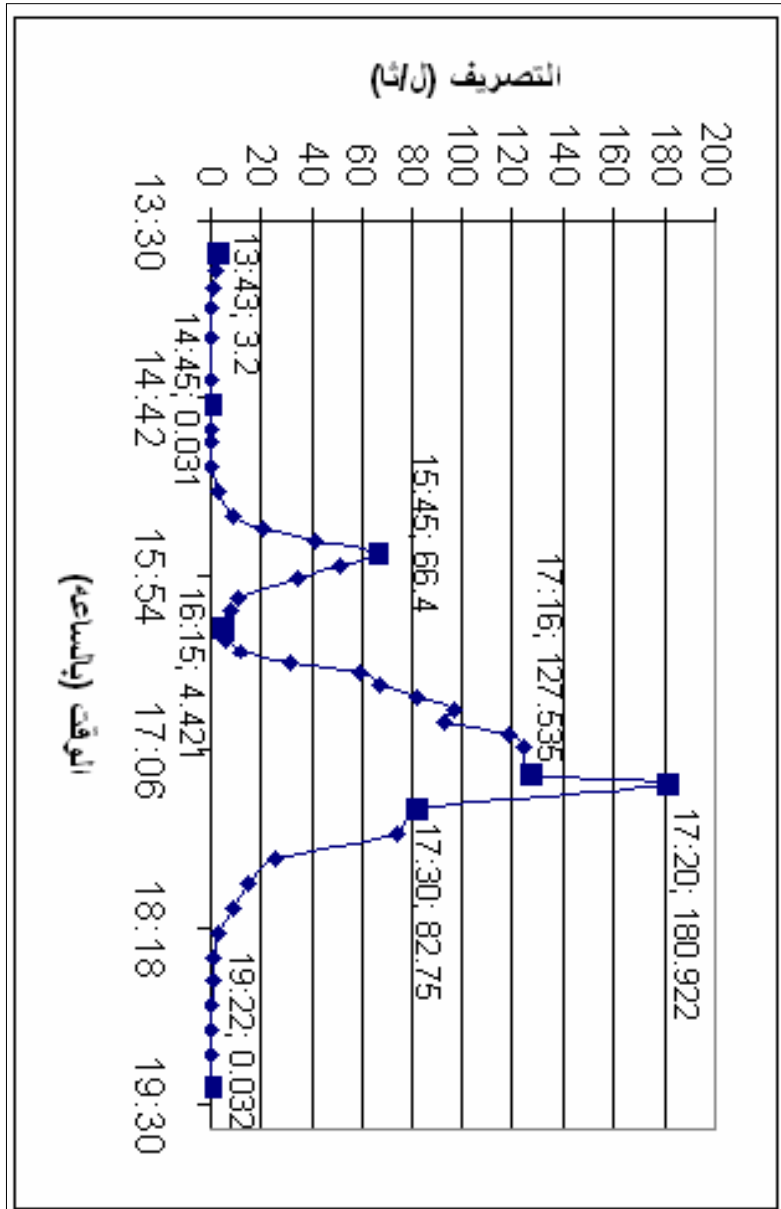
شكل (11): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الثلاثاء 1998/12/08م، إذ بلغ تصريف المياه 15791.8 ل/3:55 ساعة، من عمل الباحث.



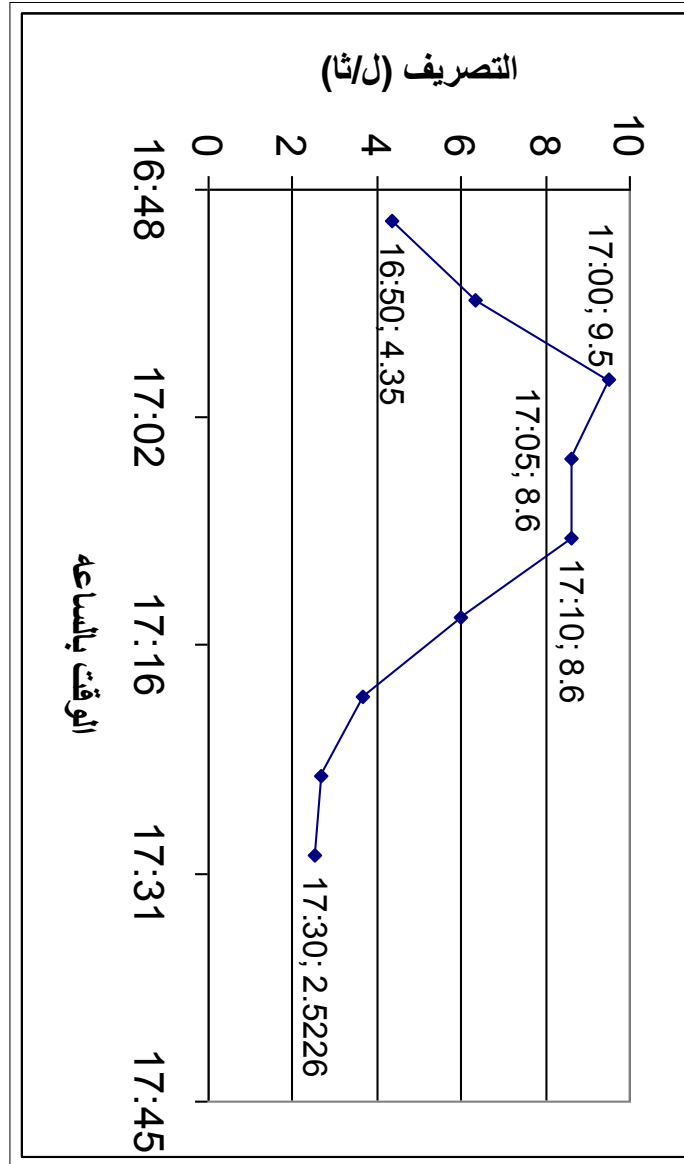
شكل (12): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الأربعاء 1998/12/09م، حيث بلغ تصريف المياه المنصرفة والمسجلة 203097.05 ل/ 7:50 ساعة، من عمل الباحث.



شكل (13): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الاثنين 1998/12/14م، حيث بلغ تصريف المياه 179348.85 ل/4:25 ساعة، من عمل الباحث.



شكل (14): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم الثلاثاء 1998/12/15م، إذ بلغ حجم المياه المنصرفة 577079.34 ل/5:29 ساعة، من عمل الباحث.



شكل (15): منحنى تصريف مياه عاصفة يوم السبت 1999/02/06م، حيث بلغ حجم المياه المنصرفة 16248.3 ل/40 دقيقة، من عمل الباحث.



جدول (5): نتائج قياس التصارييف المائية من الشوارع عند نقطة القياس الهيدرومترية الرئيسية في مجمع الوثيقة الخضراء في جامعة عمر المختار بالبيضاء خلال ثمانية أيام مطرية من موسم 1998-1999، من عمل الباحث.

اليوم	التاريخ	عدد القياسات	عدد فترات القياس	طول فترات القياس (دقيقة)	زمن بدء القياس : دقيقة : ساعة	زمن نهاية القياس : دقيقة : ساعة
الخميس	1998/11/26	61	3	75 110 155	13:45 17:05 18:55	14:55 18:55 21:30
الأحد	1998/11/29	96	2	175 134	10:15 13:13	13:10 15:27
الاثنين	1998/12/7	27	2	13 65	7:50 10:55	8:30 12:00
الثلاثاء	1998/12/8	49	3	70 105 55	14:45 15:55 18:20	15:55 17:45 19:15
الأربعاء	1998/12/9	78	4	130 190 105 045	9:00 11:10 14:20 21:55	11:10 14:20 16:05 22:40
الاثنين	1998/12/14	25	2	125 140	17:25 19:30	19:30 21:50
الثلاثاء	1998/12/15	44	3	152 115 72	13:43 16:15 18:10	16:15 18:10 19:22
السبت	1999/2/6	9	1	40	16:50	17:30
المجموع	8 أيام	389×(3)	20	2071		

التصريف الوسطي ل / ثا	ارتفاع طبقة الجريان (ملم)	حجم الجريان الناتج (لتر)	ذروة التصريف (لتر / ثا)	عدد القياسات	التاريخ	اليوم
3.21 3.157 7.185	0.6284 0.906 2.906	14452.50 20834.7 66824.85	54	61	1998/11/26	الخميس
1.79 6.91	0.817 2.416	18794.19 55558.86	53.007	96	1998/11/29	الأحد
00.60 00.59	0.02 0.1007	470.97 2315.466		27	1998/12/7	الاثنين
00.22 00.26 4.00	0.040 0.072 0.575	921.75 1654.9 13215.15	8.533	49	1998/12/8	الثلاثاء
8.21 5.76 8.93 6.36	2.783 2.856 2.446 0.746	64010.75 65677.2 56243.7 17165.4	42	78	1998/12/9	الأربعاء
3.16 18.53	1.030 6.769	23687.34 155661.51	81.885	25	1998/12/14	الاثنين
9.19 70.6 1.43	3.643 21.181 0.269	83787.51 487105.05 6186.78	180.982	44	1998/12/15	الثلاثاء
6.77	0.706	16248.3	9.5	9	1999/2/6	السبت
9.42	50.09	1170816.876		389×(3)	8 أيام	المجموع
1170.817 م <sup>3</sup> / 34:31 ساعة قيس خلاها الجريان			حجم المياه العابرة للعبارة خلال 2071 دقيقة حدث فيها جريان (م <sup>3</sup> )			

### ربط التصريف بالأمطار الساقطة:

لقد تمكن الباحث من معرفة كمية الأمطار الناتجة من إحدى العواصف المطرية عن طريق وضع مقياس مطر بالقرب من نقطة الصرف الرئيسة المدروسة وذلك في تمام الساعة 14:50، حيث بدأت العاصفة، من يوم الثلاثاء الموافق 1998/12/15 وسجل المقياس 18.3 ملم عند نهاية العاصفة على الساعة 17:20 مقابل 19 ملم في محطة أرصاد البلنج. إن المياه الجارية على الشوارع والمنصرفات من النقطة الهيدرومترية بلغ حجمها 577.07934 م<sup>3</sup> والتي يحتوي الجدول (4) قياساتها، والشكل (14) يمثل منحنى تغير التصريف مع الزمن، وبذلك كان حجم المياه المنصرفة من مساحة قدرها 22997 م<sup>2</sup> من الشوارع يعادل 25.1 ملم مطر، وذلك يعني بأن منحدرات أراضي المجموع نحو الشوارع تساهم في زيادة الجريان نحو نقطة الصرف الرئيسة بحوالي 6.8 ملم خلال تلك العاصفة، مما يؤكد بأن المياه الممكن جمعها من شوارع المجموع تزيد عن كمية الهطول الحاصل فوق هذه الشوارع، نتيجة لرفد مياه الأراضي المجاورة للشوارع مما يعوض الفاقد عن طريق التبخر من أسطحها. لذلك مما لاشك فيه بأن الجريان الناشئ على الشوارع يمكن اعتباره مساوياً للأمطار الساقطة عليها.

### النتائج والمناقشة:

وبناءً عليه فإن القياسات للمياه المنصرفة من حوض التجميع البالغ 22997 م<sup>2</sup> أي حوالي 2.3 هكتار من الشوارع، والتي بلغت خلال 8 أيام مطرية 1170816.876 ل أي 1170.817 م<sup>3</sup> تكون ناتجة من سقوط 50.1 ملم مطر، أي أن النقطة الهيدرومترية صرفت من المياه ما مقداره 8561.8 م<sup>3</sup> مياه بناء على أمطار الموسم المسجلة في المقياس المطري رقم

(1) المستقبل 372.3 ملم/ستة أشهر، أو 8083.45م<sup>3</sup> بناء على أمطار المقياس رقم (6) للفترة نفسها، وبذلك فإنها قد تكون صرفت حوالي 10629.21م<sup>3</sup>/ستة أشهر بناء على معدل أمطار محطة البلنج، جدول (2). أي أن هذه المساحة من شوارع المجموع تصرف من المياه ما حجمه 11282.33م<sup>3</sup>/سنة بناء على معدل أمطار محطة البلنج، شكل (2). إن المصرف الثانوي الذي تبلغ مساحة حوض تجميعه 10043م<sup>2</sup> يصرف هو الآخر 4927.1م<sup>3</sup>/سنة. إضافة إلى أن مجموع مساحات أسطح العمارات البالغة 11 عمارة، مساحة سطح كل منها 1159م<sup>2</sup>، يبلغ 12749م<sup>2</sup> تصرف مياهها مع مياه الصرف الصحي، والتي لو صرفت مياهها باتجاه مصارف الشوارع لشكلت هي الأخرى مورد مائي مقداره 6254.660م<sup>3</sup>/سنة، أي أنه يمكن جمع مورد مائي من مجمع الوثيقة الخضراء يقدر معدله بحوالي 22464.09م<sup>3</sup>/سنة أي بحوالي 2 ل/ثا يفيد في الري التكميلي لمدة 150 يوماً خلال فترة الجفاف، أي أن هذا المورد يكفي لري 37440 شجرة خلال 15 رية متباعد بفارق 10 أيام بين كل ريتين وتستفيد الشجرة بحوالي 40 ل/رية، أي أن هذا المورد المائي يكفي لري مساحة مزروعة بالأشجار تزيد عن 200 هكتار، مع العلم بأن مساحة الحرم الجامعي كله تقارب 100 هكتار مع المباني والطرق، وبذلك فإنه حتى في السنوات الجافة فإن هذه الشوارع تؤمن ما يزيد عن حاجة أراضي الجامعة المائية إذا شجرت بكاملها، وفي حال استثمرت كافة أسطح أبنية الحرم الجامعي المبينة في الجدول (1) فإنه يمكن جمع ما مقداره 45769م<sup>3</sup>/السنة من المياه الضائعة والتي تشكل مورد مائي يعادل 3.5ل/ثا، الذي يكون فائض مائي لدى الجامعة في فترة الجفاف من السنة بدلاً من العجز الذي تعاني منه بيئتها في الوقت الحاضر.

### المقترحات والتوصيات:

- 1- العمل على جمع مياه الأمطار الساقطة على الشوارع وتخزينها في خزانات مناسبة قريبة من المدن ليستفاد منها في الري التكميلي في فصل الجفاف، وفي ري حدائق وأشجار شوارع المدينة، وغسل شوارعها في الصيف لتلطيف أجوائها.
- 2- العمل على جمع مياه الأمطار الساقطة على أسطح اعتراض البيئات الحضرية كالجوامع، والمصانع، والأمانات، والتجمعات السكنية وغيرها، وتخزينها لتنمية الموارد المائية المحلية بهذه البيئات كي يستفاد منها في تحسين البيئات المحلية عن طريق تشجيرها وري حدائقها في فصل الجفاف.
- 3- العمل على عدم هدر مياه البيئات الحضرية في الأودية المجاورة كي لا تسبب في زيادة الجريان السطحي بجوار هذه البيئات، وكي لا تؤدي إلى انجراف التربة مع التيار المائي، وبالتالي كي لا تؤدي لاستفحال التصحر بجوار هذه البيئات.
- 4- القيام بالنشاط الإعلامي المكتوب والمسموع والمرئي لنشر الوعي بين المواطنين على أهمية أسطح منازلهم وزرائب حيواناتهم في تنمية مواردهم المائية لتحسين بيئاتهم المحلية عن طريق استثمارهم لمياه أسطح الهناجر والمنازل.

## المراجع:

- 1- بولقمة الهادي مصطفى والقزيري سعد خليل، (1995). الجماهيرية، دراسة في الجغرافيا الطبيعية. ط1، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلام، سرت.
- 2- الزوام سالم محمد، (1995). الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا الطبيعية. ط1، منشورات جامعة قارونس، بنغازي.
- 3- محمد غازي الحنفي، (1996)، خصائص أمطار المنحدر الشمالي للجبل الأخضر، بحث غير منشور، جامعة عمر المختار.
- 4- محمد غازي الحنفي، (1998) الموارد المائية الطبيعية في منطقة الفرع البلدي البيضاء، بحث غير منشور، جامعة عمر المختار.
- 5- محمد غازي الحنفي، (1999) حصاد مياه الأمطار على شوارع حرم جامعة عمر المختار، بحث غير منشور، جامعة عمر المختار.
- 6- محطة البلنج، بيانات مناخية، (1998) جدولين، (1999) أربع جداول.
- 7- المكتب الفني للجامعة، مخطط عمراني للجامعة عمر المختار مقياس 1:1500.
- 8- المكتب الفني للجامعة، مخطط عمراني لمجمع الراية الخضراء مقياس 1:500.
- 9- محمد غازي الحنفي، (2010) دور أسطح الاعتراض الحضرية كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد المائية المحلية "دراسة مائية ميدانية تحليلية في البيئة الحضرية للجامعة عمر المختار"، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد10، البيضاء، ليبيا،

10- محمد غازي الحنفي، (2003) دور أسطح الاعتراض الحضرية كالأبنية والشوارع في جمع مياه الأمطار وتنمية الموارد المائية المحلية "دراسة مائية ميدانية تحليلية في البيئة الحضرية لجامعة عمر المختار"، الملتقى الثامن للجمعية الجغرافية الليبية، 11-13/03/2003، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا.

17- الفصل السابع عشر  
عين زيانة في سهل بنغازي  
"الموازنة المائية وإمكانية الاستثمار"  
د. محمد غازي الحنفي



17- الفصل السابع عشر

عين زيانة في سهل بنغازي

"الموازنة المائية وإمكانية الاستثمار"

د. محمد غازي الحنفي

\*- مقدمة.

\*- عرض وتحليل نتائج الدراسات السابقة حول الموازنة المائية لعين زيانة.

\*- مناقشة الموازنات المائية للدراسات السابقة وتصحيحها.

\*- الموازنة بين التغذية والصرف في عين زيانة.

\*- الخطأ المرتكب في تقدير كمية المياه العذبة في عين زيانة.

\*- تصحيح الخطأ في الموازنة المائية في عين زيانة.

\*- عرض الحالة التي يتم وفقها الاختلاط في الخزان المائي الجوفي لعين زيانة.

\*- إمكانية فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة.

\*- اختبار فعالية الرمل في فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة.

\*- مقترحات وتوصيات.

\*- ملحق صورتين.

\*- الهوامش.

## عين زيانة في سهل بنغازي: الموازنة المائية وإمكانية الاستثمار

### مقدمة:

إن الوضع البيئي الذي تعاني منه الأراضي شبه الجافة بين العقورية وبنغازي، والمتمثل في انتشار السبخات على طول الشواطئ، وتلوث المياه الجوفية بمياه البحر، وتدهور الغطاء النباتي، وانجراف التربة، وتفاقم ظاهرة التصحر وظهور الطبقات الصخرية على سطح الأرض، في منطقة تكاد تكون الأغنى بالمياه الجوفية العذبة في ليبيا إذا ما أخذت مساحتها في الاعتبار، لجدير باهتمام كل الباحثين في مجال تنمية موارد الأراضي الجافة وإدارتها في ليبيا، وذلك من أجل تنمية حوالي 20000 هكتار من هذه الأراضي شبه الجافة تنميةً مستدامة وتحويلها إلى واحدة من جنات الدنيا اعتماداً على المصادر المائية العذبة الذاتية لسهل بنغازي.

إن الموازنة المائية لسهل بنغازي قد درسها A.Guerre<sup>(1)</sup> في 1978، ودرسها T.S. Raju<sup>(2)</sup> في عام 1978م، وأيضاً أحمد عبد الوارث<sup>(3)</sup> في عام 1979م، كما درس الموازنة المائية لعين زيانة الطاهر ميلود أبو فيلة<sup>(4)</sup> في عام 1993م، ووقع الجميع في خطأ فادح عند تقديرهم للموازنة المائية في السهل، وذلك بسبب إغفالهم لواحد من أهم مبادئ الصرف في الأنظمة المائية القارية عندما تناولوا في دراساتهم عين زيانة، لذلك تقدر هذه الدراسة النقص البالغ في الموازنة المائية عند الأول 87 مليون م<sup>3</sup>/ سنة، وعند الثاني 101.7 مليون م<sup>3</sup>/ سنة،

وعند الثالث 113.9 مليون م<sup>3</sup>/ سنة؛ أي أن ما يتراوح بين 2.76 و 3.6 م<sup>3</sup>/ثا لم تحسب في موازنات الباحثين المذكورين.

هذه الكميات من المياه رغم وجودها الفعلي والملموس في السهل لم تحسب من هؤلاء الباحثين، وذلك عند تطبيق دراساتهم على منطقة سهل بنغازي عامة وعين زبانة خاصة، لأنهم أهملوا مبدأ الدفع الهيدروديناميكي الذي يقتضي بأن يتساوى الصرف مع التغذية في أنظمة الينابيع القارية.

إن ظهور عجز في الميزان المائي عند هؤلاء الباحثين، كما هو موضح في دراساتهم السابقة، وعدم وضع تصور صحيح لاستثمار طاقة المصادر المائية العذبة في السهل استثماراً كاملاً كان له أثر سلبي كبير على المشاريع التنموية في أراضي سهل بنغازي، مما أدى إلى حرمان جزء كبير من أراضيه من المساهمة في الإنتاج الوطني، كما أثر أيضاً على خطة إدارة الموارد المائية من الهيئات المختصة فيما يخص التنمية الزراعية واستثمار الموارد المائية في خدمة النشاطات المختلفة وتنميتها.

إن إدارة ترشيد استثمار المصادر المائية في السهل بشكل صحيح، حسب المعطيات الحالية لهذه الدراسة، سوف يجعل تحت تصرف أراضيه ما مقداره 475200 متر مكعب من المياه العذبة في اليوم، أي حوالي 173.5 مليون م<sup>3</sup>/سنة. هذه الكمية من المياه العذبة الضائعة والمهدورة إذا استغلت فإنها كفيلة بتنمية وحل المشاكل البيئية لمساحة الأراضي المذكورة أعلاه، ناهيك عن أن هذه الكمية من المياه قبل وضعها تحت تصرف الأراضي الزراعية يمكن أن تغطي الحاجات البشرية إلى ما يقارب 2.5 مليون إنسان، وتغطي حاجات 5 ملايين إنسان عند الضرورة. ولذلك يمكن استنتاج أن التقييم غير الصحيح للموازنة المائية

في سهل بنغازي هو السبب في عدم تنمية الأراضي وتفاقم مشاكلها البيئية ما بين بنغازي والعقورية.

ويتجلى الهدف من هذا البحث في تصحيح كمية المياه العذبة المنصرفة من عين زيانة بناءً على مبدأ الدفع الهيدروديناميكي والأواني المستطرقة، ووضع مقترح وخطة لاستثمار مياه عين زيانة عن طريق فصل المياه العذبة بالرمل عن المياه المالحة.

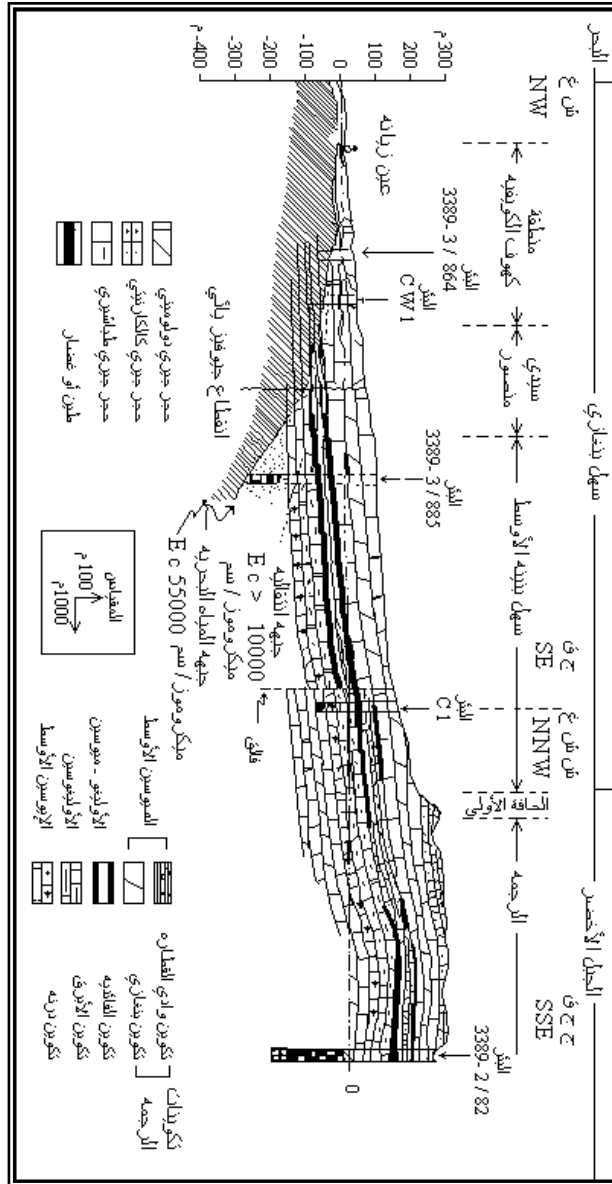
### عرض وتحليل نتائج الدراسات السابقة حول الموازنة المائية لعين زيانة:

إن عين زيانة التي تتبع على بعد حوالي 1.5 كم جنوب الشاطئ في منطقة الكويفية، وعلى بعد حوالي 15 كم شمال شرق مدينة بنغازي وعلى يسار طريق المرج- بنغازي، هي أهم وأكبر نبع في ليبيا، شكل (1). وهذه العين تمثل أكبر مصرف للمياه الجوفية لخزانات الإيوسين والميوسين الجيرية، المتمتعة بنفاذية ثانوية عالية، للجبل الأخضر وسهل بنغازي، شكل (2)، حيث يتراوح المعدل السنوي للأمطار بين 200 و 400 ملم فوق حوض التغذية المقدرة مساحته بحوالي 4180 كم<sup>2</sup> (5).

إن إنتاجية العين المنتظمة في سنة 1977 حوالي 5.58 م<sup>3</sup>/ثا، من المياه المائلة للملوحة، والتي تقدر كمية الملح الكلية فيها بحوالي 16.5 غرام / لتر. هذه الملوحة ناتجة عن اختلاط المياه الجوفية القارية العذبة بالمياه الجوفية المالحة البحرية المصدر في خزان العين في منطقة كهوف الكويفية النشطة، والتي تقع جنوب الشاطئ بحوالي 4 كم (6).

إن الدراسات المتتابة التي أجريت على العين منذ 1966 (7) لم تجن ثمارها حتى هذا التاريخ، ومياه العين ما زالت تذهب هدرًا في مياه البحر المتوسط دون أية فائدة، بسبب نسبة الملوحة المرتفعة فيها.





شكل (2): مقطع هيدروجيولوجي يمتد من عين زيانة وحتى منطقة الرجمة من الجبل الأخضر، تظهر عليه نوعيات المياه بحسب التوصيل الكهربائي في خزان الكوفيبة الذي تنبتق منه عين زيانة، الجزء المهشر من الشكل يمثل جبهة المياه البحرية الحالية المسببة في تلوث مياه عين زيانة، (عن A. Guerre, 1978, p. 688) بتصرف من الباحث.

إن تقديرات الباحثين لنسبة المياه العذبة من المياه الكلية المنصرفة من العين قد شابها بعض الأخطاء المهمة؛ إذ بلغت أحسن التقديرات بحسب معادلة المعايرة الهيدروكيميائية 3 م<sup>3</sup>/ثا<sup>(8)</sup>، مما أثر سلباً على خطط استثمار هذا المورد المائي المهم والحيوي للبلاد، أيضاً فقد طالت الأخطاء الموازنة المائية الجوفية لسهل بنغازي بمجمله بمقدار يتراوح من 87 وحتى 113.9 مليون متر مكعب من المياه سنوياً، وذلك بحسب الباحثين والمقيمين للموازنة المائية لسهل بنغازي، مما عكس سلبية تلك النتائج على خطط تنمية الموارد المائية، ومحمل موارد البيئة الطبيعية للسهل. ولذلك أوجزت النتائج تقدير هؤلاء الباحثين في الجداول (1 و 2 و 3):

جدول (1): تقدير كمية المياه العذبة من إجمالي تصريف عين زيانة (م<sup>3</sup>/ثا) بحسب مختلف الباحثين، من عمل الباحث.

تسلسل	الباحث (أو المصدر)	تصريف العين من المياه المختلطة (م <sup>3</sup> /ثا)	مياه مالحة بحرية (م <sup>3</sup> /ثا)	مياه عذبة قارية (م <sup>3</sup> /ثا)
1	A.Guerre (9) 1978	5.5	2.5	3.0
2	الطاهر ميلود بوفيله (العين) (10) 1993	5.0	3.00 - 3.35	2.00 - 1.65
	(البحيرة الزرقاء)	6.0	3.72 - 4.20	2.28 - 1.80
3	الهيئة العامة للمياه <sup>(11)</sup> 1991	4.2	3.15	1.05

جدول (2): الموازنة المائية الجوفية العذبة لسهل بنغازي حسب A. Guerre، وحسب  
.T. S. Raju

الميزان المائي الجوفي لسهل بنغازي حسب A. Guerre <sup>(12)</sup>		الداخل (مليون م <sup>3</sup> /سنة)	الخارج (مليون م <sup>3</sup> /سنة)
88.7	عن طريق الضخ		
86.5	صرف مياه عذبة من عين زيانة	018.0	شحن من خارج الحوض
175.2		175.2	المجموع
الميزان المائي الجوفي لسهل بنغازي حسب T. S. Raju <sup>(13)</sup>		الداخل (مليون م <sup>3</sup> /سنة)	الخارج (مليون م <sup>3</sup> /سنة)
164.4	بخر- نتح		
81.6	ضخ من الخزان الجوفي	009.9	جريان سطحي
71.8	صرف مياه عذبة من عين زيانة	111.5	جريان جوفي
		012.2	شحن من خارج الحوض
317.8		317.8	الكلي
153.4	ضخ + صرف مياه جوفية	153.4	مخزون مياه جوفية

جدول (3): الميزان المائي الجوفي لسهل بنغازي حسب التقرير النهائي للهيئة الاستشارية،  
(أحمد عبد الوارث، 1979).

الميزان المائي لسهل بنغازي حسب أحمد عبد الوارث <sup>(14)</sup>		الداخل (مليون م <sup>3</sup> /سنة)	الخارج (مليون م <sup>3</sup> /سنة)
81.6	عن طريق الضخ		
74.0	صرف مياه عذبة من عين زيانة		
155.6		141.2	المجموع
14.4	مليون م <sup>3</sup> /سنة		العجز المائي



### مناقشة الموازنات المائية للدراسات السابقة وتصحيحها:

حسب معطيات A. Guerre، فإن المخزون الجوفي لسهل بنغازي يقدره بحوالي 175.2 مليون متر مكعب، وحسب T. S. Raju فإنه يقدر مخزون السهل بحوالي 153.4 مليون متر مكعب في السنة بما في ذلك ما ينصرف من عين زيانة من المياه العذبة. لكن صرف العين (5.5 م<sup>3</sup>/ثا) إذا اعتبر بموجب هذه الدراسة يساوي تماماً التغذية والذي يؤكد الباحث تقديرها بحوالي 173.5 مليون متر مكعب في السنة، فإن فرق الميزانية 87 مليون متر مكعب في السنة عند A. Guerre والتي يجب تصحيحها إلى 262.2 مليون متر مكعب في السنة. أما بالنسبة للقيمة المحسوبة عند T. S. Raju فإن الفرق بالميزانية أكبر إذ يصل إلى 101.7 مليون متر مكعب في السنة، والتي يجب تصحيحها إلى 255.1 مليون متر مكعب في السنة. هذا إذا لم يكتشف لاحقاً مصارف أخرى في السهل غير عين زيانة.

إن انعكاس سلبية هذه النتائج يظهر على خطة استثمار عين زيانة فيما لو طبقت المشاريع المقترحة ونُجحت حسب تصور الهيئات المختصة التي تتوقع استثمار 135400 م<sup>3</sup> من المياه يومياً في عام 2000 وحتى عام 2014م. وذلك بحسب التقرير النهائي للهيئة الاستشارية<sup>(15)</sup>، أي حوالي 27% فقط من الطاقة الكامنة التي يقدرها الباحث بهذا المورد المائي. كما تظهر سلبية نتائج تلك الموازنات عندما يلاحظ عند أحمد عبد الوارث عجزاً في الميزان المائي لسهل بنغازي يقدره بحوالي 14.4 مليون متر مكعب في السنة، والذي يبلغ الخطأ في موازنته للسهل بمقدار 113.9 مليون متر مكعب في السنة، والتي يجب تصحيحها لنحو 255.1 مليون متر مكعب في السنة بحسب المعطيات الحالية عن عين زيانة فقط.

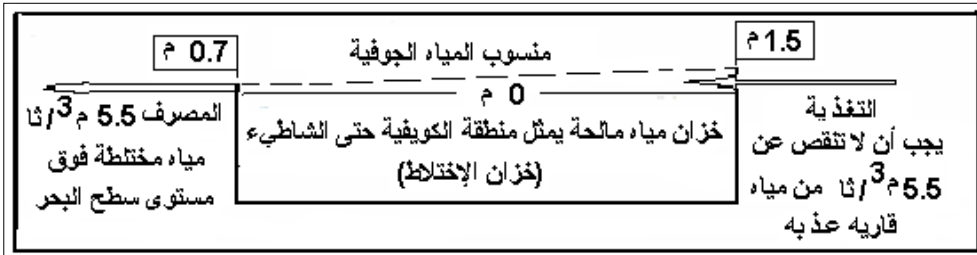
وبذلك يؤكد الباحث أن استثمار المياه العذبة لهذه العين، في حال فصلها عن المياه المالحة ومعالجتها إن اضطر الأمر، يؤمن للشعب العربي الليبي ما مقداره 475200 م<sup>3</sup> (أي حوالي نصف مليون متر مكعب) من المياه العذبة في اليوم؛ أي ما يغطي حاجات 2.376 مليون إنسان في الحالات العادية، بواقع 200 ل/فرد/يوم، وفي الحالات الضرورية يغطي هذا المورد حاجات 5 ملايين إنسان، بواقع 95 ل/فرد/يوم. وبحال استثمار هذا المورد في إنتاج المحاصيل والتي يعتبر القطن والذرة أكثرها استهلاكاً للمياه (500 مم/هكتار في الموسم) فإنه يروي حوالي 35000 هكتار من الأراضي. وهذا المورد كفيلاً بالتنمية المستدامة لحوالي 20000 هكتار من الأراضي بواقع 8672 م<sup>3</sup>/هكتار/سنة

لذلك لا يمكن التفريط بهذا المورد المائي العذب والمهم الذي يتحمل عبء تنمية سهل بنغازي في كل المجالات الزراعية والبشرية والصناعية، كذلك فإن هذا المورد يحمل عبئاً كبيراً عن النهر الصناعي العظيم في منطقة مدينة بنغازي وما حولها، كما أن حسن استثمار هذا المورد سيؤدي إلى تحسين البيئة الطبيعية في المنطقة التي يسيطر عليها تداخل المياه المالحة على طول الشاطئ الممتد من سيدي خليفة حتى مدينة بنغازي، التي يزيد طول السبخات فيها عن 30 كم. ولا مبالغة في القول بأن استثمار هذا المورد واستغلاله أحسن استغلال سيحسن وسيعيد التوازن البيئي للسهل الذي يتفاقم فيه التصحر يوماً بعد يوم.

### الموازنة بين التغذية والصرف في عين زيانة

إن كمية المياه العذبة التي تغذي المنطقة التي يحصل فيها التملح أو التلوث بالأملح يجب أن لا تنقص عن كمية المياه المنصرفة من العين والمقدرة بحوالي 5.5 م<sup>3</sup> / ثا، حيث تتم

التغذية في نظام الكارست في كهف الجبح عند منسوب يتراوح من 1.5 م إلى 1.7م، فوق منسوب البحر، في حين يتم الصرف على ارتفاع يزيد عن نصف متر فوق مستوى سطح البحر (0.7 – 1م) في عين زيانة<sup>(16)</sup>. وبالاعتماد على مبدأ أن الصرف يساوي (أو ينقص عن) التغذية في كل الأنظمة المائية القارية، فإنه يتم التأكيد بأن عين زيانة التي تنتج 5.5م<sup>3</sup>/ثا من المياه المختلطة يتغذى خزائنها الجوفي الذي يتم فيه الاختلاط (خزان الاختلاط في الكوفية الذي يمثل منطقة الصرف التي تغذي العين) بنفس الكمية (أو أكثر) من المياه القارية العذبة، وإلا فإذا كانت التغذية لمنطقة الكوفية تساوي 3 م<sup>3</sup>/ثا من المياه العذبة فيجب أن يكون تصريف العين محدود 3 م<sup>3</sup>/ثا أيضاً وفق مبدأ الدفع الهيدروديناميكي، شكل (3).



شكل (3): نموذج يمثل الدخل أو التغذية بمياه قارية عذبة إلى المنطقة التي يحدث فيها التلوث بالمياه المالحة البحرية، وكذلك المصرف الذي ليس بإمكانه أن يحقق فوق مستوى سطح البحر إلا قيمة التغذية وذلك وفق مبدأ الدفع الهيدروديناميكي والأواني المستطرقة، حيث يمثل 1.5م منسوب المياه العذبة في كهف الجبح، و 0.7 م يمثل منسوب صرف المياه المخلوطة في عين زيانة، من عمل الباحث.

وبرهان ذلك يمكن توضيحه حسب المثال الآتي:

لو افترض أن صحناً مليء تماماً بمياه مالحة بحرية، وأضيف إليه حجم كأس من مياه عذبة، فإنه سوف ينزاح منه حجم كأس من مياه مختلطة. وبذلك ينجلي الالتباس حول كمية المياه العذبة التي تستهدفها هذه الدراسة، بعد أن تبين الخطأ المرتكب من الباحثين السابقين:

### الخطأ المرتكب في تقدير كمية المياه العذبة في عين زبانة

لقد اعتمد A. Guerre<sup>(17)</sup> والطاهر ميلود أبو فيلة<sup>(18)</sup> على المعادلتين الآتيتين في

حساب كمية المياه العذبة في عين زبانة وذلك عند المصرف:

$$QC = Q_1C_1 + Q_2C_2 = 5.5m^3 / \text{sec} \times 16.5g / l$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 5.5m^3 / \text{sec}$$

أي:  $(Q_2)$  مياه مالحة +  $(Q_1)$  مياه عذبة =  $(Q)$  مياه مخلوطة منصرفة من العين

حيث أن  $Q_2, Q_1, Q$  كميات المياه المختلطة، والعذبة، والمالحة على التوالي

$C_2, C_1, C$  محتويات المياه من الكلوريد أو الأملاح بحسب ترتيبها

وتم حل هاتين المعادلتين على المياه المنصرفة من العين ومن ثم استخراجت كميات المياه المبينة ونسبها في جداول دراساتهم الخاصة، والتي تتضمنها الجداول (1، 2، 3) من هذه الدراسة.

### تصحيح الخطأ في الموازنة المائية في عين زبانة:

1- إن الصرف يتم فوق مستوى سطح البحر وعليه فإن كمية المياه المنصرفة من العين  $Q$ ، بغض النظر عن نوعيتها، يجب أن تساوي كمية المياه العذبة  $Q_1$  الداخلة لخزان العين وذلك

بمقتضى مبدأ الدفع الهيدروديناميكي ومبدأ الأواني المستطرقة، أي أن الدخل يجب أن يساوي الخرج أو أن التغذية يجب أن تساوي الصرف أي:

$$Q = Q_1 = 5.5m^3 / \text{sec}$$

كما هو واضح من المثال المذكور من إضافة كأس ماء عذب لصحن مياه مالحة والذي ينتج عنه إزاحة كأس مماثل من مياه مخلوطة.

2- حساب المعايرة بين المياه العذبة والمياه البحرية المالحة التي تنتج عنهما المياه المخلوطة، يجب أن تتم على كافة الحجمين في خزان الاختلاط وليس عند المصرف أي أن الاختلاط يتم بين حجم ماء الكأس وماء الصحن معاً، وليس عند الصرف في حجم الكأس المنزاح من المياه فقط، كما اعتمده الباحثون المذكورون. وعليه فإن معادلة المعايرة لخزان الاختلاط يجب حلها على النحو الآتي:

$$(Q_1 + Q_2)C = Q_1C_1 + Q_2C_2$$

أي: مياه مالحة بحرية + مياه عذبة قارية = مياه مخلوطة في خزان الاختلاط ككل

$$(5.5 + Q_2) \times 16.5 \text{ g/l} = 5.5 \times 0.768 \text{ g/l} + Q_2 \times 35 \text{ g/l}$$

ومنه ينتج أن كمية المياه المالحة  $Q_2$  الداخلة في الخزان:

$$Q_2 = 4.677m^3 / \text{sec}$$

لذلك فالاختلاط يتم بين 4.677 حجم مياه مالحة و 5.5 حجم مياه عذبة في خزان الكيفية؛ وعليه يجب إضافة المعادلة الآتية التي تمثل حجم المياه الكلي  $q$  في خزان

$$q = Q_1 + Q_2 \quad \text{الاختلاط حصراً:}$$

$$q = 5.5(m^3 / \text{sec}) + 4.677(m^3 / \text{sec}) = 10.177(m^3 / \text{sec}) \quad \text{أي:}$$

وهذه المعادلة يمكن وضعها بالنسبة المئوية على النحو الآتي:

$$100\% \text{ مياه مخلوطة في الخزان} = 45.96\% \text{ مياه مالحة} + 54.04\% \text{ مياه عذبة}$$

وهذه المعادلة الأخيرة تبقى ثابتة عند المصرف لأنه يفرغ ما ينتج عن نسب الاختلاط في

الخزان، أي أن معادلة الصرف تصبح على النحو الآتي:

$$5.5 \text{ م}^3/\text{ثا} \text{ مياه مخلوطة في المصرف} = 2.53 \text{ م}^3/\text{ثا} \text{ مياه مالحة} + 2.97 \text{ م}^3/\text{ثا} \text{ مياه عذبة}$$

وعليه فإن كمية أو جزءاً من المياه العذبة تساوي تماماً كمية المياه المالحة المتزاحة من خزان

الاختلاط، تبقى في الخزان وتنصرف جوفياً في البحر دون أن تظهر في العين، كما هو الحال

بأن حجم الكأس المنزاح من الصحن المذكور يحوي نسبة من المياه العذبة المضافة للصحن،

والباقى المساوي لكمية المياه المالحة المتزاحة من الصحن، يبقى منخلطاً في مياه الصحن

المتبقية. ومنه ينتج أن المياه العذبة الداخلة للخزان تنقسم لمركبتين على النحو الآتي:

$$Q_1 = q_1 + q_2$$

$$5.5(m^3 / \text{sec}) = 2.53m^3 / \text{sec} + 2.97m^3 / \text{sec} \quad \text{أي:}$$

$$5.5 \text{ م}^3 / \text{ثا} \text{ مياه عذبة داخلة للخزان} = 2.53 \text{ م}^3/\text{ثا} \text{ منصرفه جوفياً} + 2.97 \text{ م}^3/\text{ثا} \text{ منصرفه}$$

سطحياً من عين زيانة.

**عرض الحالة التي يتم وفقها الاختلاط في الخزان المائي الجوفي لعين زيانة:**

يتم اختلاط المياه العذبة القادمة من الجريانات الجوفية من الجبل الأخضر مروراً

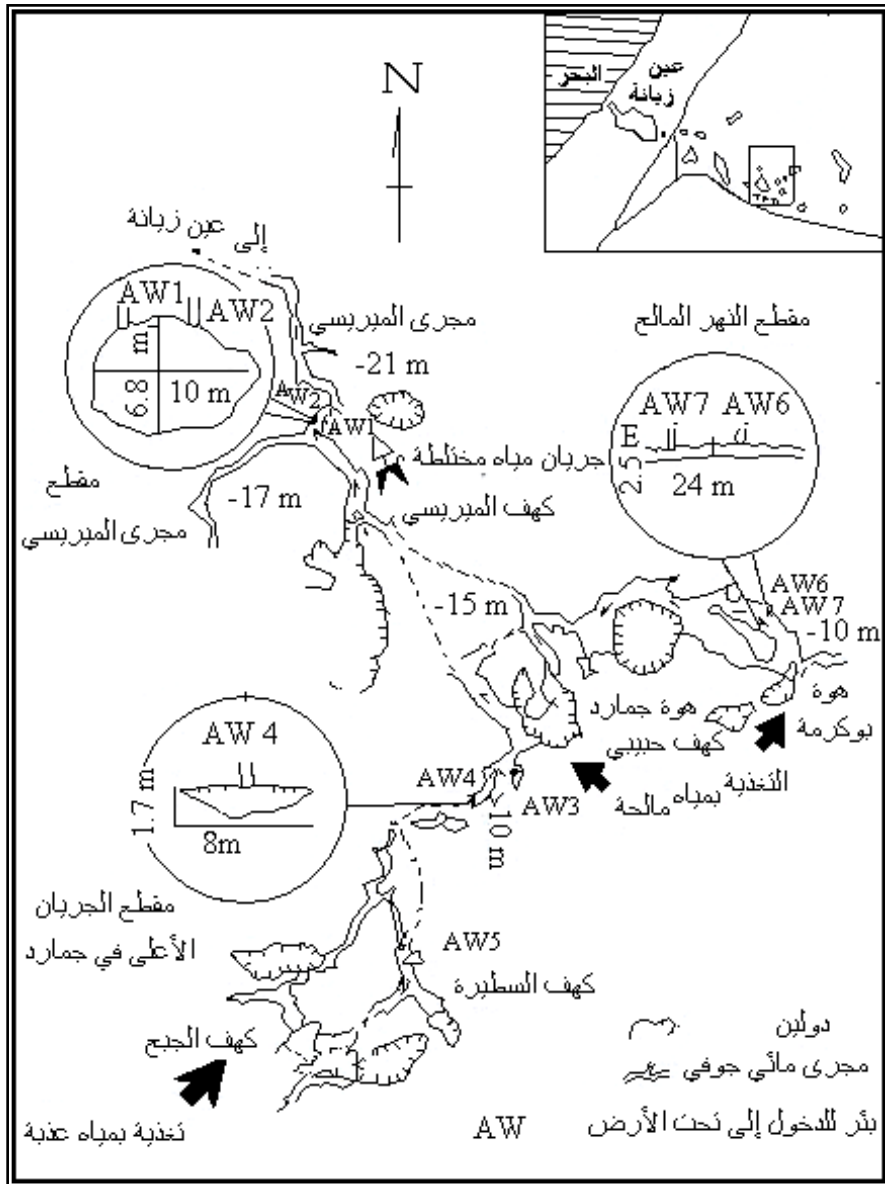
بسهل بنغازي بالمياه المالحة البحرية المصدر في منطقة كهوف الكوفية، في أعالي عين زيانة،

إذ تتغلغل جبهة المياه البحرية لحوالي 4 كم جنوب الشاطئ، شكل (2)، حيث تنتشر ظواهر

الكارست بكثافة، والمتمثلة بحوالي 40 دولين، وحفر انحلال ضخمة مثل هوى حمد، وكهوف

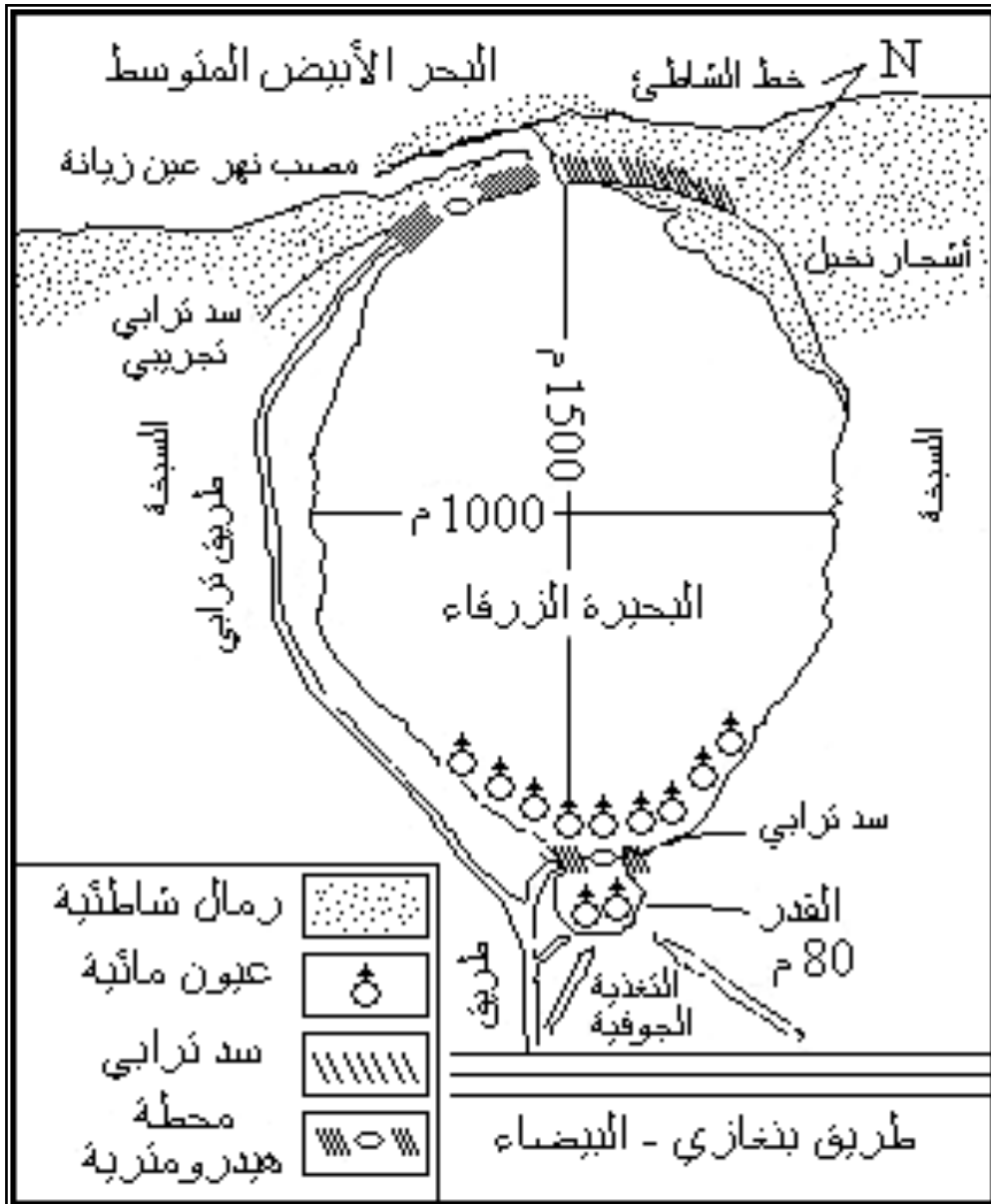
ضخمة جداً، مثل كهف أبو كرمه، وكهف الجبح، وكهف حبيبي، وكهف جمارد، وكهف الميريسي، التي يظهر فيها منسوب المياه الجوفية، وتتصل ظواهر الكارست هذه ببعضها تحت سطح الأرض بوساطة شبكة معقدة من الأفنية الكارستية النشطة التي تم اكتشاف ما يزيد عن 4 كم منها عن طريق غوص بعض من غطاسين فرنسيين محترفين، بحيث تبلغ مساحة مقاطع بعض المجاري الجوفية الرئيسة أكثر من 50 م<sup>2</sup> كما هو موضح في دراسة A. Guerre، شكل (4)<sup>(19)</sup>.

مجموعة من هذه المجاري المائية الكثيرة تتوحد في نطاق كهف الميريسي لتشكّل مجرى الميريسي الرئيس (طوله حوالي 800 م، يبلغ التدفق به ما بين 2.6 و 4.7 م<sup>3</sup>/ثا، A. Guerre)<sup>(20)</sup> الذي يؤدي إلى عين زبانة، بحيث تغوص هذه المجاري من عمق 10 م، كما هو الحال في مجرى النهر المالح (Salt River) في محيط كهف أبو كرمه وفي مجرى السطيرة الواصل بين كهف السطيرة وكهف جمارد، وحتى أعماق تصل لحوالي 21 م<sup>(21)</sup> تحت مستوى سطح البحر في أعالي عين زبانة، ومن ثم تخرج المياه من هذه المجاري بشكل مائل أو عمودي من الأسفل إلى الأعلى مكونة العين المذكورة على منسوب يتراوح ما بين 0.7 و 1 م فوق مستوى سطح البحر، والتي تتمثل بعدد كبير من الشقوق التي تشكل مخارج المياه التي يزيد عددها عن مئة مخرج، وتراوح تصاريفها من 6 إلى 250 ل/ثا.، بحسب الملاحظات الميدانية. تتجمع مياه هذه الشقوق في بحيرتين (حفرتي انحلال) إحداها جنوبية وهي صغيرة قريبة من الشكل الدائري وقطرها بحدود 80 م وتسمى محلياً القدر، والبحيرة الأخرى تقع إلى الشمال مباشرةً من القدر، شكل (5)، وهي كبيرة المساحة إذ يبلغ عرضها حوالي 1 كم وطولها بحدود 1500 م، وتسمى البحيرة الزرقاء أو الهور الأزرق، والتي يبلغ التصريف عند أسفلها 5.5 م<sup>3</sup>/ثا، شكل (6).

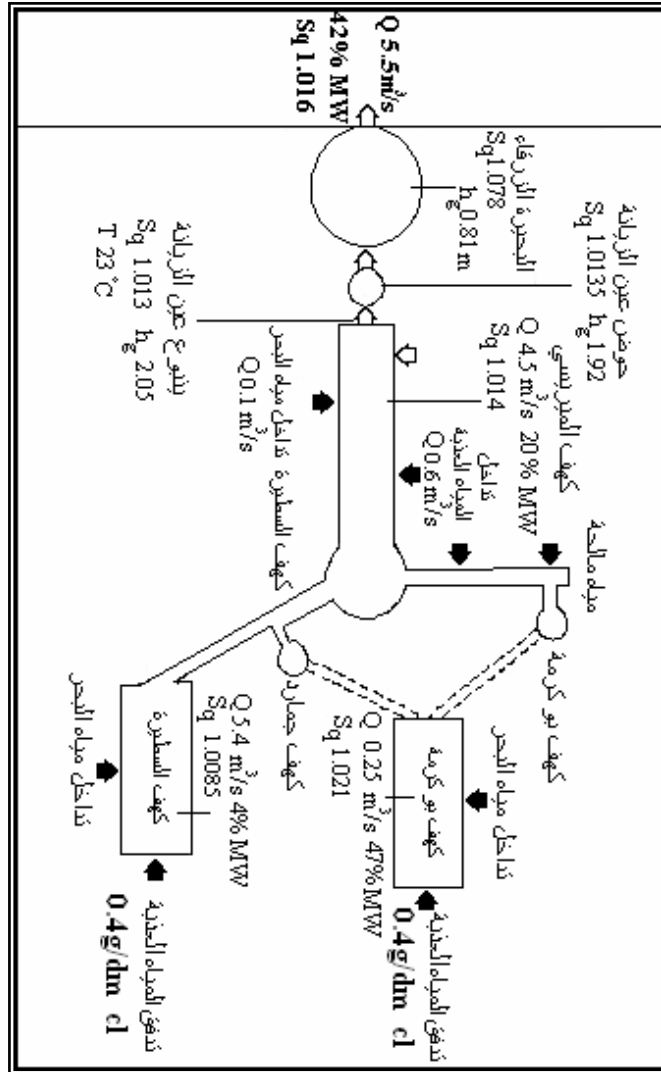


شكل (4): نظام الكارست، من الكهوف الرئيسية، والمجري المائية الجوفية، مع بعض مقاطعها المكتشفة، وأعماقها، والتغذية المائية، في خزان المياه المختلطة في الكوفية، والذي يغذي عين زيانة، (عن A. Guerre, 1978, p. 690) بتصرف من الباحث.





شكل (5): رسم يوضح عين زيانة وبحيرتها؛ الصغيرة المسماة محلياً القدر، والكبيرة المسماة البحيرة الزرقاء أو الهور الأزرق، عن الواقع من عمل الباحث.



شكل (6): تمثيل بياني لمجري المياه في منطقة الكويتية وعين زيانة كما هي معروفة من حيث التدفق: (Q in m³/s)، والكثافات: (S<sub>q</sub> in at g/cm³ 17.5<sup>0</sup> c)، والمناسيب البيزومترية للمياه: (h<sub>g</sub> in m) فوق مستوى سطح البحر، ودرجات الحرارة: (T in °C) ونسب مياه البحر: (MW in %) من إجمالي التدفق، وتركيزات الكلوريد في المياه: (C in g/dm³)، نقلاً عن عوض يوسف الحداد<sup>(22)</sup>.

يفصل البحيرتين عن بعضهما حاجز صخري طور فوقه سد ترابي وممر مائي إسمتي (بعرض 580 سم) ليوصل مياه البحيرة الصغيرة إلى البحيرة الكبيرة. تنصرف مياه العين من أسفل البحيرة الزرقاء إلى البحر في منطقة تدعى الخزمة بعد أن تكون نحرأً بمعنى الكلمة يزيد عرضه في أحيان كثيرة عن 20 م، ويصل طوله ممتداً جهة الغرب في بعض الأحيان لأكثر من 500 م نتيجة تكوّن حاجز رملي شاطئي يمنعه من الإتصال المباشر في البحر، ويزيد تصريفه في بعض الأوقات عن 8 م<sup>3</sup>/ثا<sup>(23)</sup>، صور (1، 2، و 3). وقد تم إنشاء سد ترابي بطول يزيد عن 200م عند الأطراف الشمالية للبحيرة الزرقاء تتخلله محطة هيدرومترية لقياس تصريف العين عند مستوى يعلو 1 م فوق مستوى سطح البحر.



صورة (1): نهر عين زيانة ومصبه في البحر، الأحد 04.07.1999، حيث يبلغ طول النهر حوالي 120م، وعرضه 18م، والتصريف حوالي 6 م<sup>3</sup>/ثا.

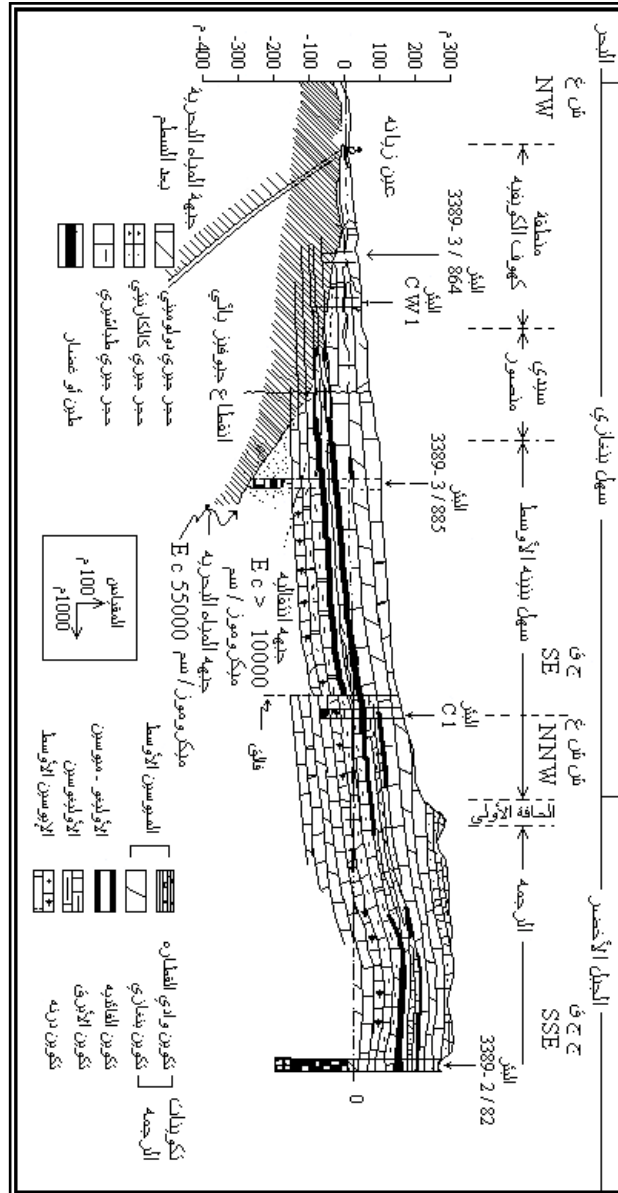
### إمكانية فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زبانة:

بحسب العرض السابق، يرى الباحث أنه من السهل استثمار المياه العذبة لهذه العين عن طريق سطم مخارج المياه الرئيسة من الداخل بالرمل؛ أي عن طريق حقن الرمل في الجحري الكارستي الرئيس المؤدي إلى العين. حيث تقوم المياه الجوفية الجارية (بغزارة تزيد عن 4 متر مكعب/ثا (A. Guerre)<sup>(24)</sup> بحمل الرمل وجرفه إلى أماكن الشقوق فتمتلئ به الفجوات والشقوق الموجودة في الحجر الجيري شيئاً فشيئاً، مما يؤدي إلى سد المصرف من الأسفل والتحكم به عند مستوى معين يكفل خروج المياه العذبة بغزارة العين، دون الخوف من انجراف الرمل بعيداً لاحتلاله فجوات وفراغات موجودة تحت مستوى سطح الأرض. وبعد نجاح عملية السطم بالرمل المحقون، يثبت الرمل بحقنه بالإسمنت فيما بعد. إن الرمل متوفر على الشاطئ القريب والعملية لا تكلف إلا نقله وحقنه في الجحري الكارستي قبل وصوله إلى العين.

إن عملية السطم هذه ستؤدي إلى منع قسم كبير من المياه من الخروج من الشقوق المكونة للعين بنتيجة تحويل حركة المياه المضطربة والسريعة إلى حركة رشحية صفحية بطيئة جداً، وبالتالي سوف تتجمع المياه في منطقة أعالي العين وسيرتفع منسوبها في السهل، حيث يصل لأكثر من 20 متراً فوق منسوبه الحالي (1.2 - 1.5م) في منطقة كهوف الكوفية حيث يتم التملح الحالي. ومن ثم ستمتلئ أكثر الحفر الكارستية بالمياه وكذلك ستعيد الشبكة الكارستية نشاطها وحياتها. وبعد فني خلال فترة قصيرة (شهر) سيتحقق بنتيجة ارتفاع منسوب المياه العذبة بالقارة دفع المياه المالحة باتجاه الشاطئ وتقدم المياه العذبة بالاتجاه نفسه تحت سطح الأرض. وبحسب مبدأ كين-هيرزبرغ سوف يؤدي ارتفاع منسوب المياه العذبة

بمقدار 1م إلى غوص جبهة المياه البحرية نحو العمق بمقدار 40 م، ويتوقع الباحث ارتفاع المنسوب بمقدار 20م في أعالي منطقة التملح بالكوفية فذلك سيؤدي لغوص جبهة المياه البحرية، التي يوضحها A. Guerre في الشكل (2)، بمقدار 800 م تحت سطح البحر، والتي سيتغير شكلها المستوي أو المحذب للأعلى كما تبدو في الشكل (2) إلى الشكل المقعر كما يبدو في الشكل (7) حسب المبدأ المذكور.

وعليه ستتحسن بإذن الله البيئة الطبيعية وستنحل أغلب مشاكلها على الساحل في محيط عين زيانة وفي سهل بنغازي، مؤكدين أن عملية استثمار عين زيانة سهلة وقليلة التكاليف، وتتم بأيدي وطنية، وبفترة زمنية قصيرة لا تتجاوز بضعة أشهر.



شكل (7): كيفية تراجع جبهة المياه البحرية نحو البحر، وغوصها نحو العمق وتغير شكلها المحذب للأعلى إلى الشكل المقعر، وذلك بفعل ارتفاع منسوب المياه العذبة بعد السطم وتقدمها نحو البحر بحسب مبدأ كيبين- هيرزبرغ (25).

### اختبار فعالية الرمل في فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة:

إن المياه تخضع في جريانها المضطرب في مجاري الكوفية المفتوحة لقوانين بيرنولي، لذلك يكون تصريفها عالياً (4.5 - 4.7 م<sup>3</sup>/ثا) في مجرى الميريسي البالغ مقطعه 43 م<sup>2</sup> (أبو فيلة، 1993، 122) المؤدي لعين زيانة، وعملية السطم بالرمل سوف تعمل على تحويل حركة المياه المضطربة إلى حركة رشحية صفحية بطيئة جداً تخضع لقوانين دارسي في المجرى المذكور، والرمل رغم نفاذيته المعروفة قادر على تبطئ سرعة المياه آلاف المرات بما يغطي الغرض المطلوب.

لقد أجرى الباحث تجربة مخبرية لهذا الغرض على الرمل ذو المسامية 0.32، كانت

نتائجها على النحو الآتي:

أنبوب دائري قطره 1.5 إنش أي 3.81 سم وضع بشكل عمودي (رأسي)، على غرار أنبوبة كامنسكي، وملئ بفلتر رملي، مساميته المحسوبة مخبرياً تساوي 0.32 وطوله 30.5 سم، وخضع لضغط هيدروليكي مقداره 46 سم، وبلغ التصريف (Q) من الفوهة السفلى للأنبوب (0.69 cm<sup>3</sup>/sec)، حيث يمر مستوى المقارنة للتجربة، عند حالة الاستقرار: أي عند ثبات كل من التصريف، والتدرج الهيدروليكي، والضاغط المائي، وسرعة الرشح، كما هو مبين:

$$Q = \frac{200cm^3}{290sec} = 0.69cm^3 / s$$

وعلى أساس ذلك تم حساب معامل الرشح للرمل أي ما يسمى معامل التوصيل الهيدروليكي

K كما هو مبين تالياً:

حيث  $K = \frac{V}{I}$  : تمثل سرعة الرشح (سرعة دارسي) عبر الفلتر الرملي، و  $I$  هو التدرج الهيدروليكي

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0.69 \text{ cm}^3 / \text{s}}{11.4 \text{ cm}^2} = 0.0605 \text{ cm} / \text{s} = n \times V_a$$

$$V_a = \frac{V}{n} = \frac{0.0605 \text{ cm} / \text{s}}{0.32} = 0.189 \text{ cm} / \text{s} \quad \text{ومنه فإن}$$

حيث  $n$  : تمثل مسامية الرمل، و  $V_a$  : تمثل سرعة الرشح الفعلية للمياه ضمن مسامات الرمل، و  $S$  تمثل مساحة مقطع الأنبوب.

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{46 \text{ cm}}{30.5 \text{ cm}} = 1.5082$$

حيث  $L$  طول الفلتر الرملي بالأنبوب،  $H_2$  الضاغط المائي على الفوهة العليا للأنبوب،  $H_1$  الضاغط المائي على الفوهة السفلى للأنبوب ويساوي الصفر في هذه التجربة،  $\Delta H$  فرق الضاغط المائي.

$$K = \frac{V}{I} = \frac{Q}{S \times I} = \frac{Q \times L}{S \times \Delta H} = 0.04 \text{ cm} / \text{s} = 0.0004 \text{ m} / \text{s} \quad \text{وعليه فإن}$$

ففي حال كون الأنبوب فارغ من الرمل، وخضع وهو في نفس وضعيته السابقة لنفس فرق الضغط الهيدروليكي أي:  $\Delta H = 46 \text{ cm}$ ، فإن الماء يجري في الأنبوب وفق علاقة بيرنولي بسرعة السقوط الحر تحت تأثير الجاذبية:

$$V = \sqrt{2g\Delta H} = \sqrt{2 \times 981 \text{ cm} / \text{sec}^2 \times 46 \text{ cm}} = 300.42 \text{ cm} / \text{s} \approx 300 \text{ cm} / \text{s}$$

ومن ثم فإن تصريف الأنبوب بهذه الحالة يعطى من علاقة الاستمرار:



$$Q = V \times S = 300 \text{ cm/s} \times 11.4 \text{ cm}^2 = 3420 \text{ cm}^3 / \text{s} = 3.42 \text{ l/s}$$

أي أنه بحال وجود فلتر رملي مساميته 0.32، ترشح ضمنه المياه بتصريف يساوي 3420 سم<sup>3</sup>/ثا، والذي يعطيه الأنبوب الفارغ من الرمل ذو المقطع 11.4 سم<sup>2</sup>، تحت تأثير الضاغظ المائي نفسه، فيجب أن تكون مساحة مقطعه كما هو محسوب تالياً:

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{3420 \text{ cm}^3 / \text{s}}{0.0605 \text{ cm/s}} = 56528.925 \text{ cm}^2 \approx 56529 \text{ cm}^2 = 5.6529 \text{ m}^2$$

ذلك يبين أن الفلتر الرملي 0.32 بطول 30.5 سم يخفف سرعة الجريان، ومن ثم التصريف للأنبوب المفتوح، ذو المقطع 11.4 سم<sup>2</sup>، بمقدار 4958 مرة تحت تأثير الضاغظ الهيدروليكي نفسه للحالة المدروسة.

إن تصريف مجرى الميريسي المفتوح ذو المقطع 43 م<sup>2</sup> (أبو فيلة، 1993: 122) يبلغ

تصريفه 4.7 م<sup>3</sup>/ثا، (A. Guerre, 1978, p. 699) وسرعة المياه به :

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4.7 \text{ m}^3 \text{ l sec}}{43 \text{ m}^2} = 0.1093 \text{ ml sec} \approx 0.11 \text{ ml sec}$$

ففي حال أن منسوب عين زيانة يساوي 0.7 م، ومنسوب مياه كهف الجبح يبلغ 1.5 م، شكل (3)، والمسافة بينهما تبلغ حوالي 4 كم، فيكون التدرج الهيدروليكي للنظام المائي في الكوفية:

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1.5 \text{ m} - 0.7 \text{ m}}{4000 \text{ m}} = \frac{0.8 \text{ m}}{4000 \text{ m}} = 0.0002$$

في حال ملئ مجرى الميريسي بالرمل ذو المسامية 0.32 % تصبح فيه سرعة المياه الراشحة (سرعة دارسي) تحت تأثير فرق الضغط الهيدروليكي ما بين بداية ونهاية الفلتر الرملي:

$$V = K \times I = 0.0004 \text{ ml sec} \times 0.0002 = 0.0000008 \text{ ml sec}$$

أي أن فلتر رملي على طول النظام المائي يخفض سرعة المياه بمقدار 137500 مرة تحت هذه الظروف من الضغط الهيدروليكي. وعليه فتصريف العين سيصبح:

$$Q = V \times S = 0.0000008 \text{ ml sec} \times 43 \text{ m}^2 = 0.0000344 \text{ m}^3 \text{ l sec}$$

أي أن التصريف ينخفض في مجرى الميريسي بمقدار 136628 مرة أيضاً. يعني ذلك سد شبه تام لمجرى الميريسي.

لو اعتبر مقطع مجرى الميريسي ثابتاً فإن فلتر رملي طوله 200 م في نهايته يكفي لتبطين سرعة المياه ويعمل على تجميعها في أعالي الفلتر وارتفاع منسوبها تدريجياً، مما يؤدي للتزايد الطردي في الضاغط المائي ما بين طرفي الفلتر الرملي، حيث يمكن توضيح نتائج ذلك على النحو الآتي:

$$\Delta H = 1 \text{ m} - \text{أ}$$

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_2 - H_1}{200 \text{ m}} = \frac{1.7 \text{ m} - 0.7 \text{ m}}{200 \text{ m}} = 0.005 \quad \text{فإن:}$$

وعليه فإن سرعة الرشح:

$$V = K \times I = 0.0004 \text{ ml sec} \times 0.005 = 0.000002 \text{ ml sec}$$

والتصريف من الفلتر:

$$Q = V \times S = 0.000002 \text{ ml sec} \times 43 \text{ m}^2 = 0.000086 \text{ m}^3 \text{ l sec}$$

$$Q = 0.00043 \text{ m}^3 \text{ l sec} \quad V = 0.00001 \text{ ml sec} \quad I = 0.025 \quad \Delta H = 5 \text{ m} - \text{ب}$$

$$\text{ج- } Q = 0.00086m^3lsec \quad V = 0.00002mlsec \quad I = 0.05 \quad \Delta H = 10m$$

$$\text{د- } Q = 0.00172m^3lsec \quad V = 0.00004mlsec \quad I = 0.1 \quad \Delta H = 20m$$

أي أن التصريف من خلال فلتر رملي، والذي يفضل إنشاؤه بطول 200م في أسفل مجرى الميريسي، يبلغ 1.7 ل/ ثا فقط، بعد ارتفاع المنسوب لحوالي 20 م أمام الفلتر الرملي موازنةً مع نهايته، وتباطؤ في سرعة الجريان، وتناقص في التصريف بمقدار 2750 مرة عن الوضع الحالي، مما يؤكد نجاح عملية السطم بالرمل ونجاح عملية فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة عن طريق رفع منسوبها، مع التنويه إلى أن ارتفاع منسوب المياه الجوفية بمقدار (1 م) في كهوف الكوفية يكفي لتأمين فصل تام للمياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة، (الحنفي، 2010).

#### مقترحات وتوصيات:

1- الاهتمام بمياه عين زيانة العذبة المهدورة في مياه البحر الأبيض المتوسط، (نصف مليون متر مكعب في اليوم)، والتي تشكل مورداً مائياً عذباً حيويًا ومتجدداً، بحيث يمكن الاعتماد عليه في التنمية الشاملة والمستدامة لسهل بنغازي في كافة المجالات الزراعية والبشرية والصناعية.

2- إعادة النظر في الموازنات المائية في سهل بنغازي، وتصحيح الأخطاء المرتكبة من الباحثين السابقين، بالخصوص في عين زيانة بالاعتماد على مبدأ أن الصرف يساوي (أو لا يمكن أن يكون أكثر من) التغذية في أي نظام مائي مادام الصرف فوق مستوى سطح البحر.

3- تشجيع المتخصصين الوطنيين على البحث وتمكينهم من الفرص المناسبة ليتحملوا مسؤوليتهم في تنمية الموارد المائية، وليساهموا في دفع عجلة التنمية في البلاد.  
ملحق: الصورتان (2 و 3).



صورة (2): حفر قناة اتصال حديثة للمياه ما بين القدر والهور الأزرق في عين زيانة، التصريف يزيد عن 3م<sup>3</sup>/ثا، الجمعة 31.07.2012، الساعة 15:26.



صورة (3): مصب نهر عين زيانة في البحر في منطقة الخرمة، التصريف حوالي 5.5 م<sup>3</sup>/ثا، الجمعة 31.07.2012، الساعة 15:51.

الهوامش:

- 1- A. Guerre: Hydrogeological study of the coastal Karstic Spring of Ayn Az Zayanah, Eastern Libya. geol. of Libya, Academic Press, London, 1978. vol. II, p. 699.
- 2- T. S. Raju: Hydrology water balance of the Binghazi plain. geol. of Libya, Academic Press, London, 1978. vol. II, p. 682
- 3- أحمد عبد الوارث، الهيئة الاستشارية، بنغازي - القاهرة : المخطط العام لمرفق مياه مدينة بنغازي حتى عام 2014، التقرير النهائي، مصادر المياه لمدينة بنغازي، غير منشور، 1979، ص.ص. 60 - 61.
- 4- الطاهر ميلود أبو فيلة: الأنظمة الكارستية في الجماهيرية العظمى، أعمال الملتقى الجغرافي الأول، 25 - 29 / 5 - 1993، منشورات جامعة السابع من أبريل، الزاوية، الجزء الثاني، ص. 125.
- 5- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 686.
- 6- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 686.
- 7- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.
- 8- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.
- 9- معدل تصريف العين خلال 1976 - 1977 حسب (A. Guerre, 1978، مصدر سابق، P. 699).
- 10- الطاهر ميلود أبو فيلة: الأنظمة الكارستية في الجماهيرية العظمى، أعمال الملتقى الجغرافي الأول، 25 - 29 / 5 - 1993، منشورات جامعة السابع من أبريل، الزاوية، الجزء الثاني، ص 125.

- 11-** الهيئة العامة للمياه، فرع المنطقة الشرقية، تقرير عن مشروع عين الزيانة، غير منشور، بنغازي، 1991م، ص. 1.
- 12-** A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.
- 13-** T. S. Raju, 1978, vol. op. cit., p. 682.
- 14-** أحمد عبد الوارث، الهيئة الاستشارية، بنغازي - القاهرة، 1979، مصدر سابق، ص.ص. 60 - 61.
- 15-** أحمد عبد الوارث، الهيئة الاستشارية، بنغازي - القاهرة، 1979، مصدر سابق، ص. 63.
- 16-** A. Guerre, 1978, op. cit., p. 692.
- 17-** A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.
- 18-** الطاهر ميلود أبو فيلة، 1993، مصدر سابق، ص.ص. 123 - 125.
- 19-** بتصرف من الباحث عن A. Guerre, 1978, op. cit., p. 690.
- 20-** A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699
- 21-** A. Guerre, 1978, op. cit., p. 690.
- 22-** Ernst. H. Doerpinghius ترجمة: عوض يوسف الحداد، تلوث مصادر المياه الجوفية من خلال الينابيع البحرية كما هو ممثل ببئر عين الزيانة/بنغازي، مجلة قاريونس العلمية، العدد الثالث والرابع، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي، 2001م، ص. 209.
- 23-** الطاهر ميلود أبو فيلة، 1993، مصدر سابق، ص. 122.
- 24-** A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.

**25-** محمد غازي الحنفي، استثمار عين زيانة في سهل بنغازي هو الحل المناسب لتنمية أراضي سهل بنغازي، الملتقى الجغرافي الخامس، 19-22 /05/ 1998م، سرت، ليبيا، 9 صفحات.

**26-** محمد غازي الحنفي، عين زيانة في سهل بنغازي "الموازنة المائية وإمكانية الاستثمار"، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، عدد 9، 2010، 22 صفحة.



18- الفصل الثامن عشر

شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي

الغابي للجبل الأخضر خلال الحقبة الرابع

د. محمد غازي الحنفي

18- الفصل الثامن عشر

شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي  
الغابي للجبل الأخضر خلال الحقب الرابع  
د. محمد غازي الحنفي

- \*- مقدمة.
- \*- أهداف الدراسة.
- \*- تساؤلات الدراسة.
- \*- الآليات التدهورية التي تصيب النظام البيئي بعد تعرضه للحريق.
- \*- دور العوامل الفيزيائية في تفكك وهجرة مواد التربة التي تتعرض غابتها للحريق.
  - أ- الرياح.
  - ب- المياه.
  - ج- الثقالة الأرضية.
  - د- الثقالة الأرضية والمياه.
- \*- شواهد جيولوجية دالة على تكرار حريق النظام البيئي الغابي في رسوبيات الرباعي في الجبل الأخضر.
  - \*- النتائج.
  - \*- المناقشة.
  - \*- التوصيات .
  - \*- ملحق بحثي مهم.
  - \*- المراجع.

## شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر خلال الحقب الرابع

### مقدمة:

يتناول هذا البحث المشاكل البيئية الكثيرة المترابطة التي تنتج عن حريق نظام الغابة في الجبل الأخضر، وسلسلة الكوارث المتتالية التي تحل بكل مكونات النظام البيئي والغلاف الحيوي، والآليات التدهورية المتتالية التي تخضع لها مكونات النظام البيئي المعرض للحريق، ابتداءً من التلاشي الآني للغطاء النباتي في مرحلة التعاقب المتعرضة للحريق وتخريب دورات العناصر البيوجيوكيميائية وانفتاحها على الغلاف الغازي والغلاف المائي، وما يعقب ذلك من سلسلة تدهورية تصيب كافة مكونات التربة من تفكك وإذابة وهجرة وانجراف مكثف وتشتت لمكوناتها من أماكن نشأتها، وحتى طور التصحر التام المتمثل بتكشاف الصخور الأم في أماكن نشأة التربة المعرضة للحريق.

إن المواد المنجرفة من تربة متأثرة بالحريق بوساطة المياه أو تحت تأثير الجاذبية الأرضية تتكدس عند مناسيب أدنى على شكل ركاميات ومرواح إرسائية في بطون الأودية وعند مصباتها، أو على شكل مصاطب رباعية متكونة من صخور كونغلوميرالية رباعية. ويتضاعف خطر الانجراف المكثف لمواد التربة عقب الحريق من مناسيب مرتفعة إلى مناسيب منخفضة عندما يؤدي إلى دفن تربة ناضجة قديمة تحت تلك الركاميات عند أحاضيض

الحافات كما يظهر في بعض مواقع منطقة الدراسة. هذه الرواسب الركامية غير متجانسة التصنيف مفككة كانت أو متصخرة فإنها تحوي في كامل عمودها الطبقي شواهد جيولوجية متحجرة من حصى وحجارة جيرية أو مارنية محروقة أي تبدو عليها آثار الحريق المتمثلة بلونها الأسود (الفحمي) وبرائحة الحريق المميزة عند خدشها، هذه الشواهد تحتفظ بتاريخ الحرائق التي أصابت النظام البيئي على طول الحقب الرابع، ومن ثم يمكن الاستفادة منها في تحديد تواريخ حرائق الرباعي في الجبل الأخضر ومناطق أخرى من العالم. وبناءً على هذه الشواهد الجيولوجية استطاعت هذه الدراسة استقراء أسباب ومراحل تدهور النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر عبر الحقب الرابع لوصولها إلى مرحلة غابة الماكي الحالية.

هذا البحث يسلط الضوء على الشواهد الجيولوجية التي تدل على الدور السليبي للحرائق وأفعالها الكارثية المؤثرة على مكونات النظام البيئي الطبيعي لغابة الجبل الأخضر في ليبيا، والآليات التدهورية التي تخضع لها مكونات النظام البيئي الذي يتعرض للحريق، ابتداءً من مراحل التعاقب التي تخضع للحريق، وحتى طور التصحر التام المتمثل بانجراف مكثف لمكونات التربة من أماكن نشأتها، وظهور الصخور الأم على السطح في هذه الأماكن التي تحتل عادة مناسيب مرتفعة نسبياً، وتكُدس تلك المجروفات عند المناسيب المنخفضة من السفوح وفي بطون الأودية وعند أحاضيس الحافات وفي المنخفضات الداخلية، أو ضياعها في البحر الأبيض المتوسط. إن تلك المجروفات تحوي في خباياها كثير من حصى جيرية، وبعض الجلاميد الجيرية الحجرية، والكتل الصخرية التجمعية التي تجمع عناصر حصوية وحجرية جيرية مختلفة الأحجام، هذه العناصر الحصوية والحجرية تتميز بلونها الأسمر والأسود

الناتج عن تركيز غاز الكربون العضوي في المسامات البينية لحبيبات نسيجها، وبراءحة غاز الكربون العضوي التي تفوح منها عند خدشها بألة حادة، مما يدل أن أثر الحريق الذي يصيب النظام البيئي في أي وقت يبقى أثره محفوظاً على هيئة غاز كربون عضوي المنشأ متشرب في مسامات الحجر الجيري، وعليه فيمكن تحديد عمر الحرائق التي تعرض لها النظام البيئي من معرفة العمر المطلق للكربون المشع  $^{14}\text{C}$ ، وعليه يمكن استقراء واستنباط التاريخ التطوري للحرائق التي تعرض لها نظام بيئة الغابة المتوسطة في الجبل الأخضر.

لذلك ينصب الجهد في هذا البحث على تتبع الآثار التي تركتها الحرائق على بعض الحصى الجيرية والصخور الجيرية في الرسوبيات الرباعية المفككة و في الصخور التجمعية للمصاطب الرباعية الأقدم نسبياً في أودية ومواقع كثيرة في الجبل الأخضر، وعلى صخور وحجارة المواقع المحروقة غابتها حديثاً في السنوات الأخيرة، وخاصة ما حرق منها خلال العقدين الأخيرين الماضيين. إن تتبع شواهد الحريق في خلال الكثير من الجولات الحقلية للباحث تدل على أن الحرائق تكررت كثيراً في غابة الجبل الأخضر، وطالت تأثيراتها السلبية كل مكونات النظام البيئي، مما أدى لحدوث انجراف مكثف لمواد التربة من الأماكن المرتفعة المناسب وتركت صخور تلك المواقع متكشفة على سطح الأرض، كما أدى تراكم مجروفات التربة في المناسب المنخفضة عند أحاضيس الحافات في بعض الحالات لدفن تربة رباعية ناضجة كانت قد تكونت في فترات جيولوجية قديمة من الحقب الرابع. إن هذه الدراسة تقوم على أساس جمع الأدلة من الميدان الحقلية والتعامل مع الشواهد التي يحتفظ فيها ميدان العمل واستقراء بعض من أحداث الماضي التي ترتبت عليه نتائج هذه الدراسة الأصلية في

مجالها وفق المنهج الوصفي التحليلي والعمل الميداني المعتمد التوثيق بالصور الدالة على الشواهد التي جمعت كل مادة دراستها من الميدان الكانز والمحتفظ بشواهد هذه الدراسة التي تعد الأولى في هذا المجال.

إن مشكل وجود غابة الماكي المتوسطة في الجبل الأخضر في ظل مناخ متوسطي شبه رطب مثير للاستغراب، لأن هذا المناخ يزود الغابة بالرطوبة الجوية، غير المطرية، في أغلب ليالي السنة بوفرة عالية من الرطوبة تبدو آثارها من الندى الليلي والصبحي في أغلب أيام السنة، وفي حال أخذ العامل الأخير بالحسبان مع مجاورة البحر لغابة الجبل الأخضر، فالمناخ يرقى لأكثر من أن يكون شبه رطب، وغابة الجبل الأخضر ترقى أيضاً عن غابة الماكي إلى الغابة المعتدلة الرطبة أو شبه الرطبة على الأقل، وعليه فإن هذا البحث ينقب وبدقة عن الأسباب الخفية والكامنة وراء وجود غابة الماكي الحالية في الجبل الأخضر في غير مكانها المفروض أن تحتله لأنها لا تعكس بأي حال نتاج فعل المناخ المعتدل المتوسطي شبه الرطب في تطور الموارد الحيوية كالنبات والتربة، إن متابعة الدلائل والشواهد من واقع ميدان العمل الحقلية المستمر طيلة أكثر من 15 عام تثبت أن الحرائق المتكررة في نظام بيئة غابة الجبل الأخضر هي المسبب الرئيس، ومنذ زمن، في تدهور مكونات النظام البيئي الغابي، الذي كان ناضجاً بترتبه ونباته في زمن ما من الحقب الرابع إلى وضع غابة الماكي الحالية المتدهورة التربة والنبات.

### أهداف الدراسة:

- 1- محاولة تحديد وتفسير الفعل التدميري للحرائق على مكونات النظام البيئي الطبيعي للجبل الأخضر وبالذات في العصر الحديث.
  - 2- بيان ومعرفة آليات هذا الفعل التدميري وذلك بغية الحد منها أو عكس اتجاهها بما يخدم صيانة التربة بشكل خاص والبيئة بشكل عام. وبما يؤدي إلى إيجاد استراتيجية مناسبة للحماية من كوارث الحريق الآتية وما يترتب عليها من كوارث طبيعية لاحقة.
  - 3- كما أن البحث يهدف إلى توجيه أنظار الباحثين ومتخذي القرار نحو تعقد المشكلة البيئية المترتبة على الحرائق في منطقة الدراسة للعمل على حيلولة حدوثها.
- تكمن الأهمية العلمية التطبيقية لهذه الدراسة في كونها تحدد بصورة دقيقة مدى استنزاف خصوبة التربة وآليات هذا الاستنزاف بسبب هذه الحرائق وما يترتب عليها، وهذا يعني أنها تمثل سبباً حقيقياً من الأسباب الكامنة وراء انخفاض القدرة الإنتاجية للترب في المنطقة وما يترتب عليه من عجز غذائي.
- كما أن البحث بعملية تحديده لأماكن تأثير الحرائق وخصائصها والعمليات التالية الناتجة عنها، وأماكن ظهور نتائجها فقد وفر مجالات بحثية مستقبلية للباحثين وطلبة الدراسات بما يخدم حماية وتنمية الموارد الطبيعية في إقليم الجبل الأخضر وفق مفاهيم التنمية المستدامة.
- ويمكن القول أن أهم نتائج البحث هو استطاعته تحديد شواهد جيولوجية من ترب مدفونة، ومن حصى وحجارة جيرية محروقة تحتفظ بكاربون الحريق، وتدل على تعرية وانجراف

التراب في مختلف مناطق إقليم الجبل الأخضر، والناجمة أصلاً بسبب حرائق الغابات المتكررة على طول زمن الحقب الرابع. هذه الشواهد تسمح بإمكانية تحديد تواريخ مطلقة لهذه الحرائق باستخدام الكربون المشع ( $C^{14}$ ) ومن ثم متابعة آثارها التدميرية.

### تساؤلات الدراسة:

- 1- لماذا تسود في بيئة الجبل الأخضر غابة الماكي المتوسطة التي من المفروض أن تكون غابة بلوط في ظل المناخ المتوسطي المعتدل وشبه الرطب؟
- 2- ما الأسباب الكامنة وراء استمرار تدهور مكونات النظام البيئي الغابي الماكي في الجبل الأخضر مع تقدم الوقت؟ وبقائه على هيئة غابة ماكي متدهورة نحو الأسوأ؟
- 3- لماذا تتكشف الصخور وتزال التربة عنها في بيئة غابة الجبل الأخضر ذات المناخ المتوسطي شبه الرطب، الذي تنتج وتضيف فيه التحوية الكيميائية والكيميائية الحيوية مواد جديدة للتربة أكثر من الفاقد منها عن طريق عوامل الهدم والتعرية؟
- 4- هل لعناصر المناخ المتوسطي شبه الرطب وشبه الجاف السائد في إقليم الجبل الأخضر دور في تدهور التربة، وتصحر إنتاجيتها الحيوية، وحتى إزالتها تماماً من مكانها؟
- 5- هل حرق غابة الجبل الأخضر يلعب دوراً تدميراً في باقي مكونات النظام البيئي الحيوية كالتربة مثلاً؟
- 6- ما مدى تأثير حرق الغابة على بقية مكونات النظام البيئي في بيئة غابة الجبل الأخضر؟



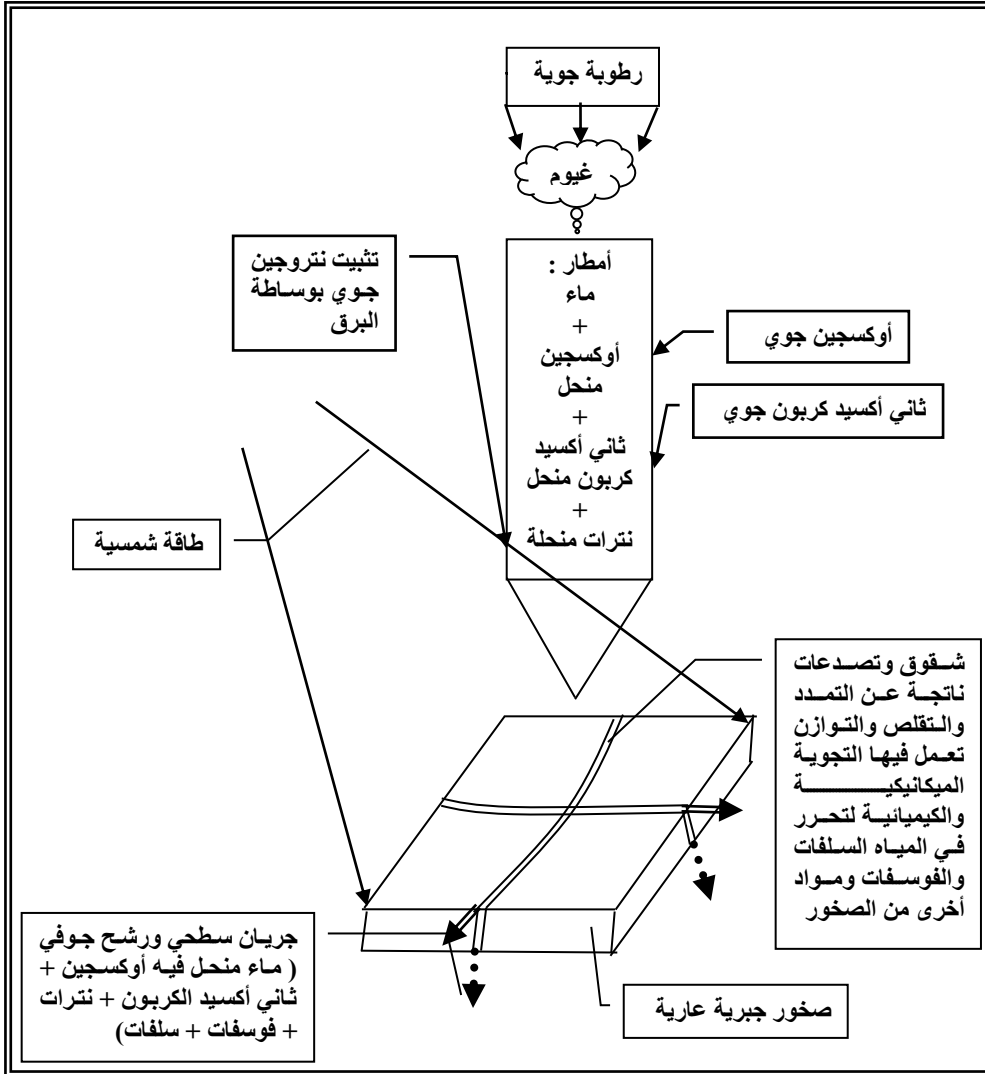
7- ما سبب تلون الحصى والحجارة الجيرية الموجودة برسوبيات الرباعي باللون الأسمر والأسود، أو بتلطخها موضعياً بمشحات سوداء أو زرقاء، سواءً المفككة منها، أم المتصخرة، أم المتواجدة على سطح الأرض، والتي تكون عادةً بألوان بيضاء فاتحة؟

للإجابة على هذه التساؤلات لا بد من معرفة واستقراء الواقع في الحقل بمراقبة ومعرفة ما كان يجري على ضوء ما يجري حالياً، من خلال الآثار الناشئة والطارئة على بعض مكونات النظام البيئي بترو وتأن، وخاصة فيما يخص دورة النحت والإرساب التي تحمل مكونات التربة من مكانها لتوضعها في أماكن أخرى، هذه المكونات تبقى حاملة في ثناياها آثار وصفات متعلقة بالعوامل التي أدت لاقتلاعها وتحركها من مكانها بواسطة آليات النقل المختلفة، لتشرح للباحث وتدله على الأسباب والآليات التسلسلية التي خضعت لها خلال تاريخ تطور حركتها. إن الدلائل الميدانية والشواهد الجيولوجية في كل نقاط البحث التي طالتها هذه الدراسة في مختلف مناطق الجبل الأخضر تبين، ومن دون ريب، أن الحرائق عملت في الماضي وما زالت تعمل حتى الآن في تدمير مكونات النظام البيئي الغابي بالجبل الأخضر، وهي وراء كل مظاهر التدهور لبيئة الغابة ككل، بسبب أن الحريق يفتح سلسلة طويلة من الآليات التدهورية التي ترافق الحريق وتعمل فيما بعد بسببه حتى الوصول للحالة التي نشاهدها في غابة ماكي الجبل الأخضر الحالية.

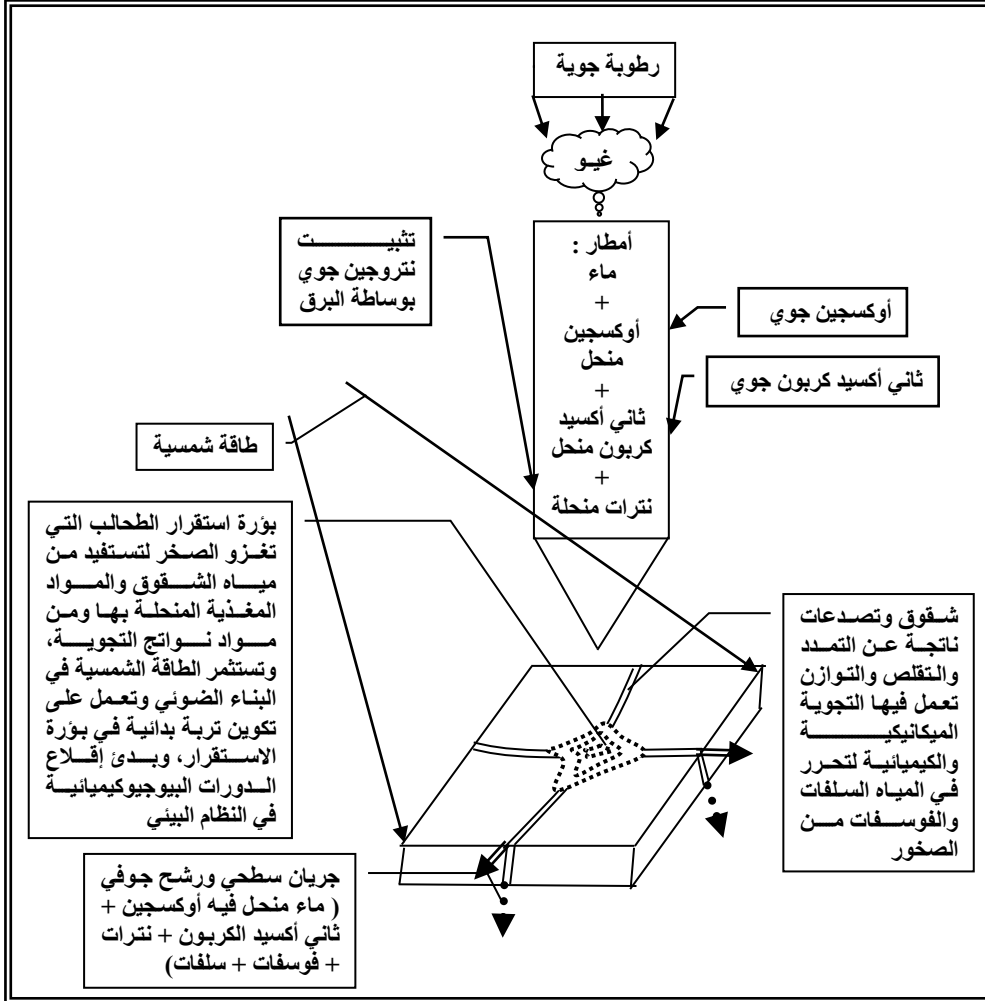
**الآليات التدهورية التي تصيب النظام البيئي بعد تعرضه للحريق:**

إن النظام البيئي الغابي الذي يصل لطور الذروة من خلال العمليات الحيوية ومراحل التعاقب الأولى المتمثلة بتثبيت الطاقة الشمسية والعناصر البيوجيوكيميائية في الغلاف

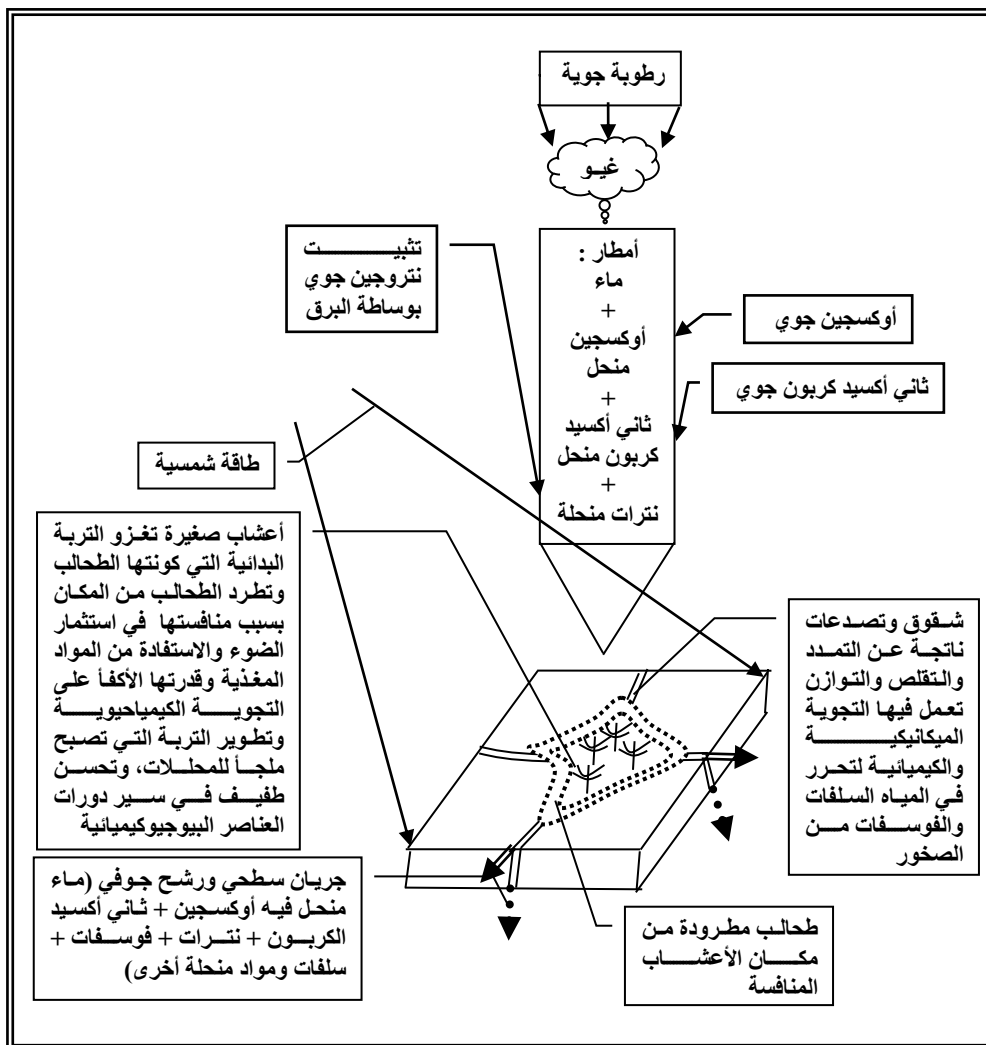
الحيوي وفي غلاف التربة وفق دورات حيوية متوازنة خلال مئات وآلاف السنين، أشكال (1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9) تقضي عليه الحرائق في ساعات قليلة، إذ تعمل نيران الحرائق هذه على تفكيك وتكسير الروابط الكيميائية للعناصر الكيميائية العضوية المكونة للخلايا والأنسجة الحيوية، ومن ثم تتفاعل هذه العناصر مع الأوكسجين الجوي لتنتقل في الغلاف الغازي على هيئة دخان يتكون بغالبية من بخار ماء وأكاسيد معدنية لتلك العناصر المتمثلة بأكاسيد الكربون، والنتروجين، والكبريت والفوسفور، والتي تعد العناصر الأساسية التي يتوقف عليها تشكيل المادة العضوية للكائنات الحية، الشكلان (10 و 11).



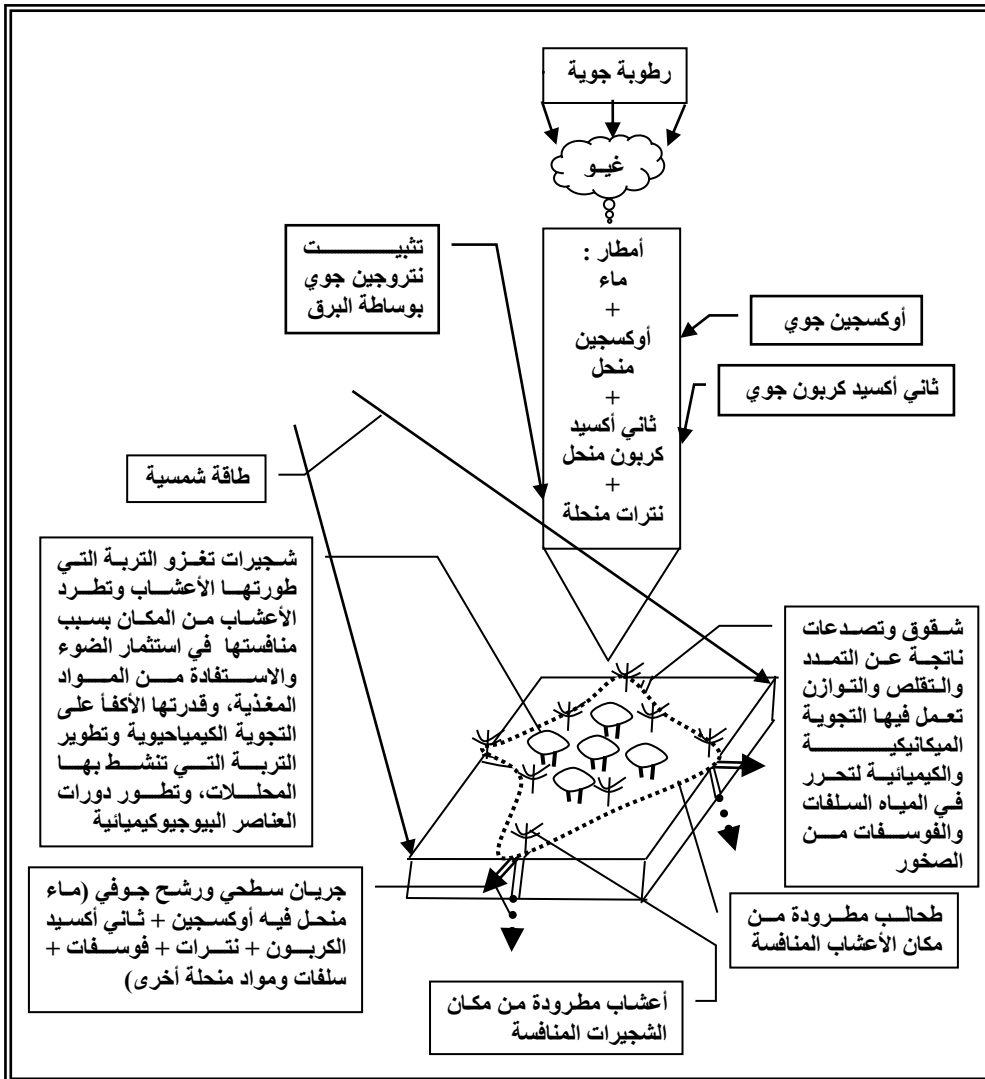
شكل (1): بدء تفاعل الغلاف الجوي والغلاف المائي مع الغلاف الصخري وتهيئة الظروف لغزو الغلاف الحيوي للصخور، (من عمل الباحث).



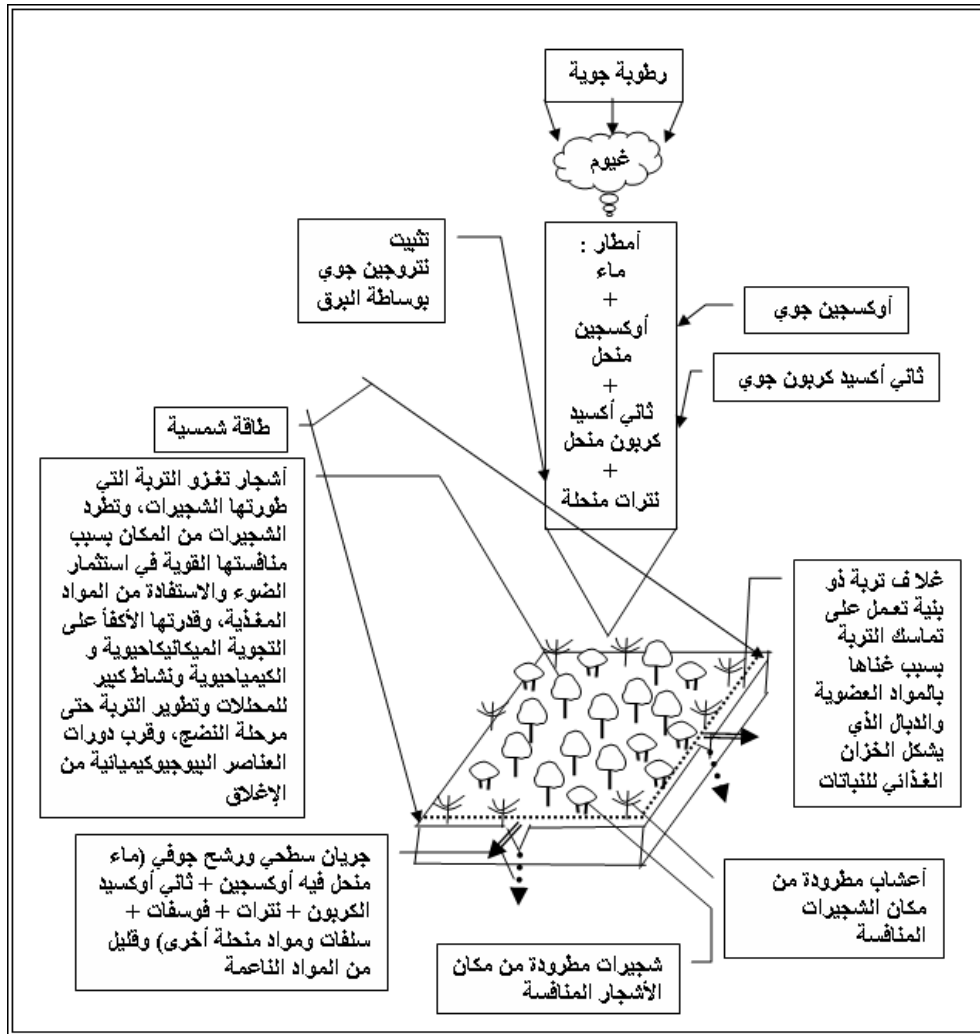
شكل (2): غزو الغلاف الصخري من قبل (الغلاف الحيوي) منتجات ضوئية بسيطة كالطحالب التي تثبت الطاقة الشمسية و تستفيد من مياه الشقوق وما تحويه من مواد منحلّة مغذية كالنترات والسلفات والفوسفات وباقي العناصر الغذائية التي تؤمنها التجوية الكيميائية، وإقلاع الدورات البيوجيوكيميائية للعناصر الرئيسية في النظام البيئي. ويتعزز الغلاف الحيوي بوجود مثبتات بيولوجية للنيتروجين، ومحللات بسيطة تعمل على تحويل نفايات الطحالب لمادة عضوية تعمل على تكوين تربة بدائية، (من عمل الباحث).



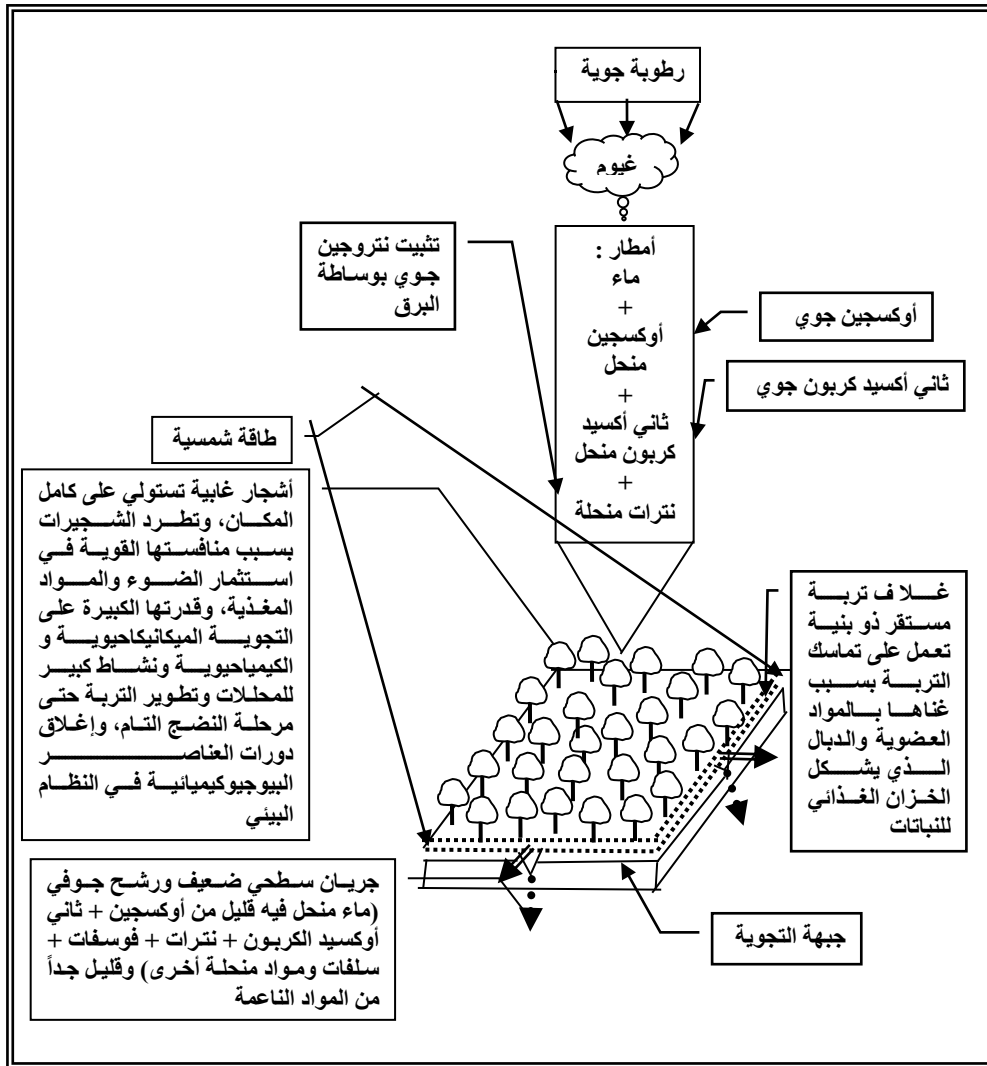
شكل (3): تعزيز الغلاف الحيوي بغزو نباتات عشبية تحجب الضوء عن الطحالب وذات كفاءة أحسن على استثمار الماء والمواد المغذية المنحلّة به، وتقدم وتطور التجوية الكيميائية عن طريق مساهمة محلات جديدة في تقدم التجوية وتطوّر تربة أغنى بالمواد الغذائية، (من عمل الباحث).



شكل (4): تطور الغلاف الحيوي بغزو تربة الأعشاب من قبل شجيرات ذات كفاءة أحسن باستثمار الضوء والاستفادة من الماء والمواد المغذية التي تحملها المياه، والتي تنتج من التجوية الكيميائية، وتطور التجوية الكيميائية وبدء عمل التجوية الميكانيكاحيوية، ونشاط أفضل للمحللات وتطوير أفضل للتربة، (من عمل الباحث).

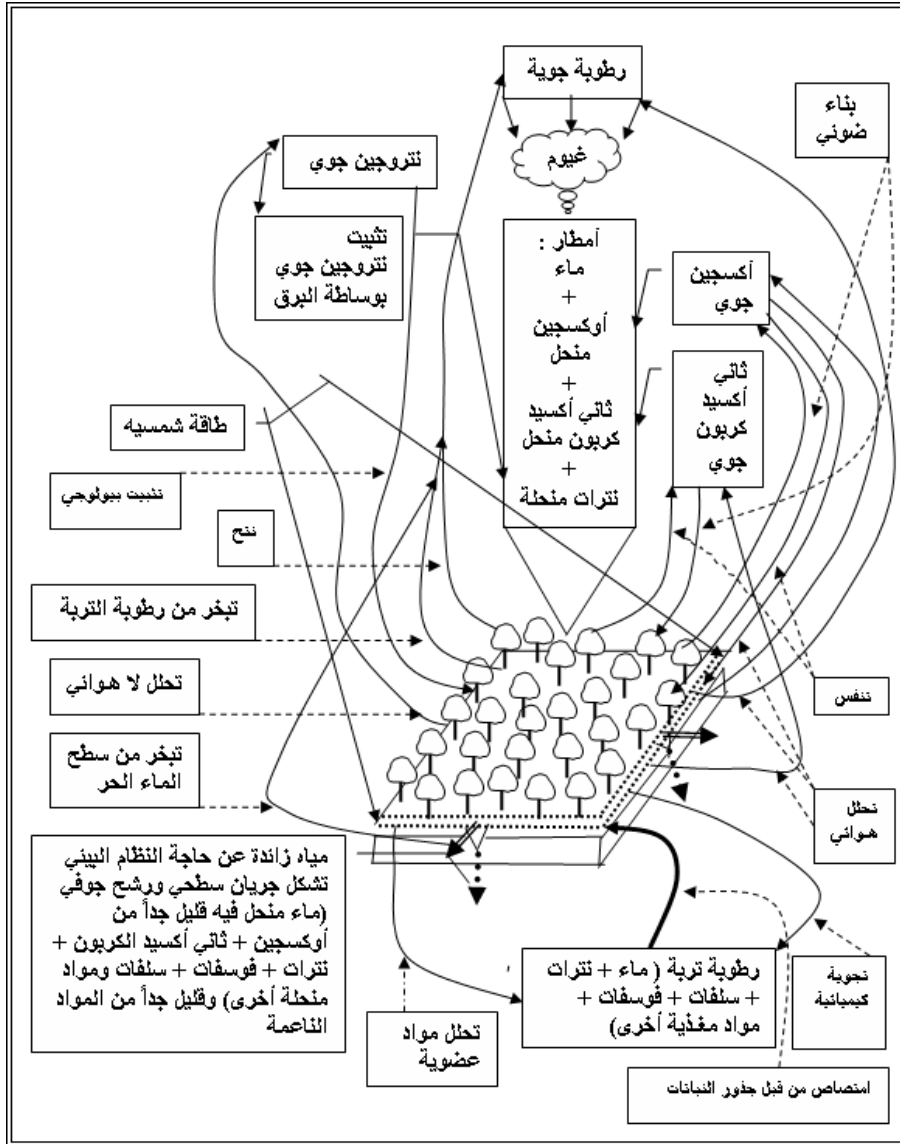


شكل (5): تطور أفضل للغلاف الحيوي بغزو أشجار لمكان الشجيرات، هذه الأشجار ذات كفاءة عالية في تثبيت الطاقة واستثمار الماء والمواد الغذائية من التربة، ولها القدرة الكبيرة على تغلغل ومد جذورها في أوصال الصخور الأم وتقدم التجوية الكيميائية والميكانيكاحيوية وتطوير تربة سميكة ناضجة غنية بالديبال وبالأحياء المحللة، (من عمل الباحث).

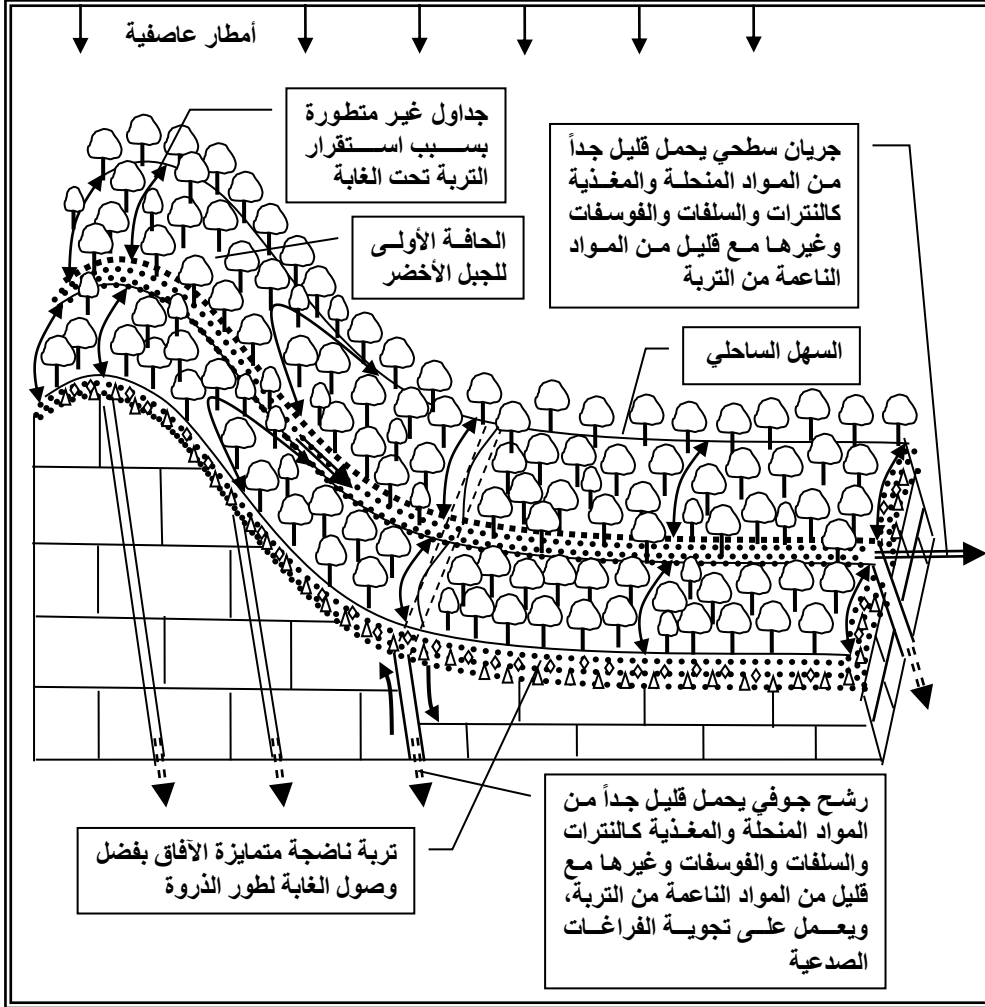


شكل (6): وصول النظام البيئي لمرحلة النضج والاستقرار بسيادة أشجار غابية راقية تستثمر أكبر قدر ممكن من الضوء ومن المياه ومن المواد الغذائية، ولها القدرة على تجديد ذاتها في المكان، ولها القدرة العالية على تقدم التجوية الحيوية في جسم الصخر الأم والمحافظة على تربة غنية بالمواد العضوية وبالكائنات المحللة والمواد المغذية، هذه التربة سميكة ناضجة الأفاق والبنية ولها القدرة على الاحتفاظ بأكبر قدر من المياه ولا تسمح إلا للمياه الزائدة عن حاجتها بمتابعة الدورة المائية نحو الغلاف المائي، (من عمل الباحث).

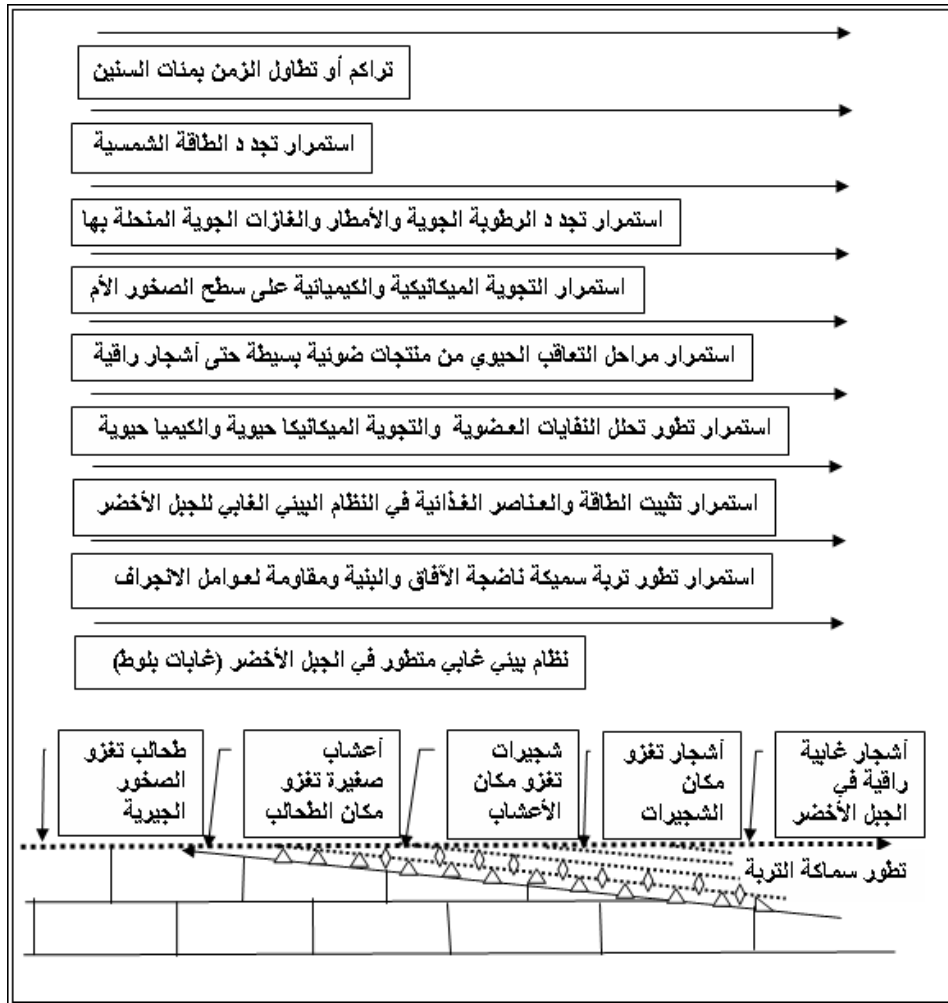




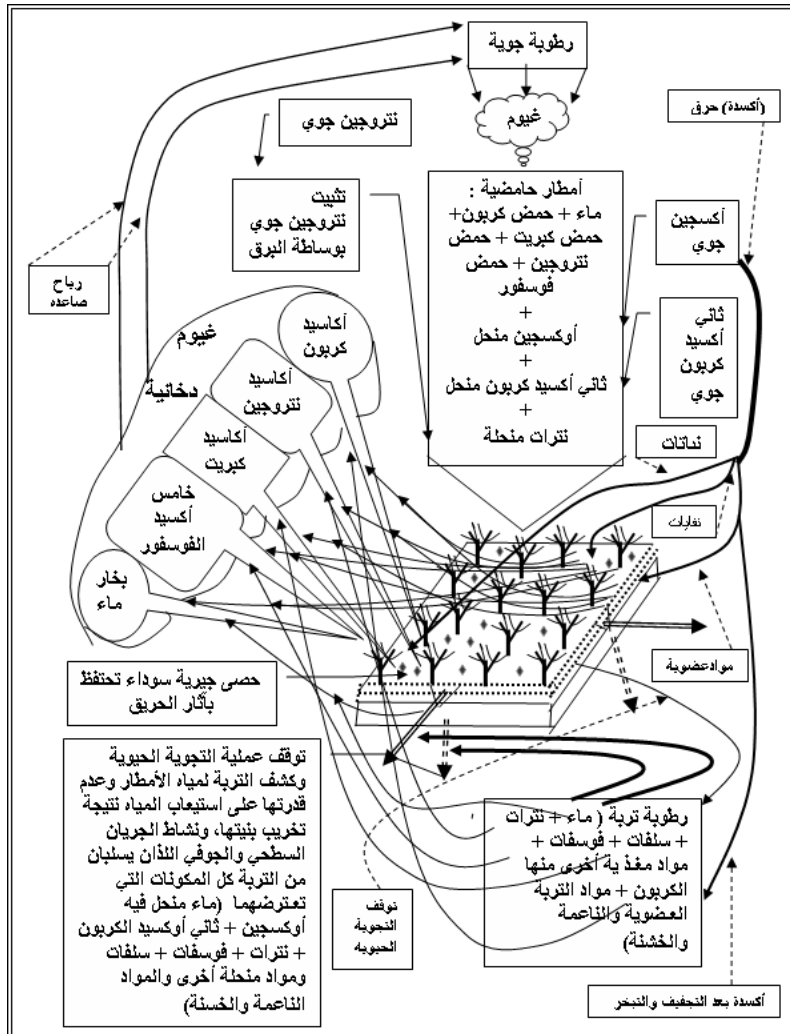
شكل (7): تخزين جيد للطاقة الشمسية والمادة في النظام البيئي وإغلاق دورات العناصر البيوجيوكيميائية بين كل من الغلاف الغازي والغلاف المائي والغلاف الصخري وغلاف التربة بفضل استقرار نباتات الذروة للغلاف الحيوي، واكتمال مكونات النظام البيئي الغابي واستقرارها، (من عمل الباحث).



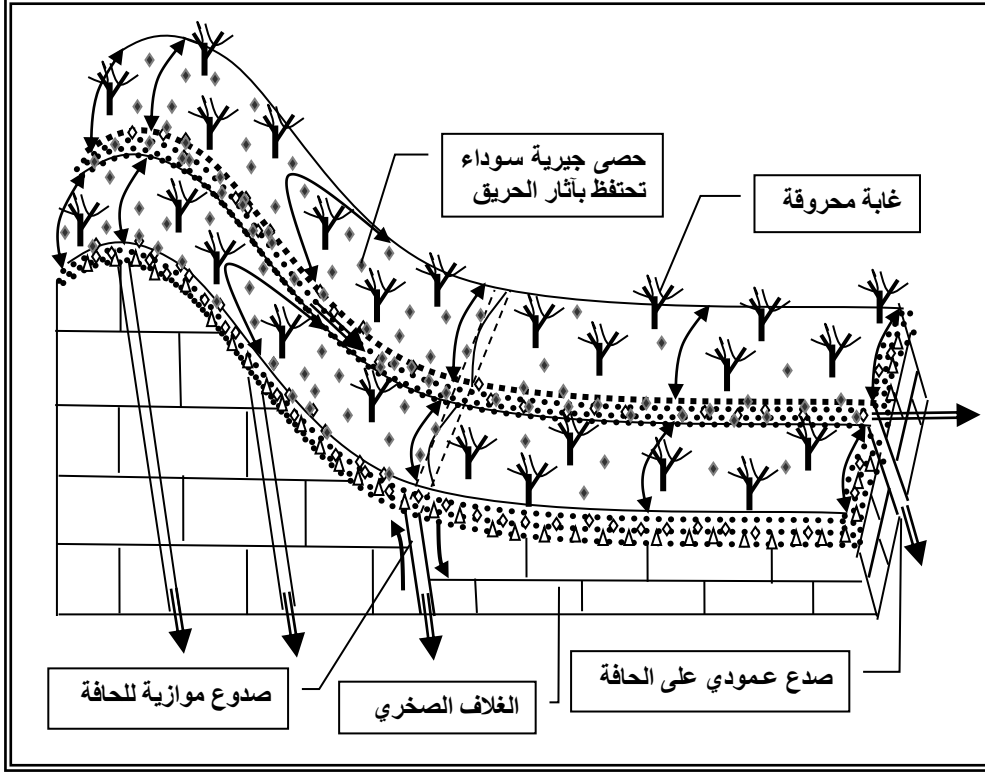
شكل (8): يمثل السهل الساحلي والحافة الأولى من الجبل الأخضر، ووصول النظام البيئي لطور الذروة بنتيجة الاستقرار وانتظام تثبيت الطاقة الشمسية والعناصر البيوجيوكيميائية من قبل أشجار الغابة والتربة التي تبلغ مرحلة نضج الأفاق والبنية بفضل حمايتها التامة من قبل الأشجار الغابية، بحيث لا تتمكن مياه الجريان السطحي ومياه الرش الزائدة عن حاجة النظام البيئي أن تغسل من التربة إلا القليل من المواد المنحلة والمواد الناعمة فقط، (من عمل الباحث).



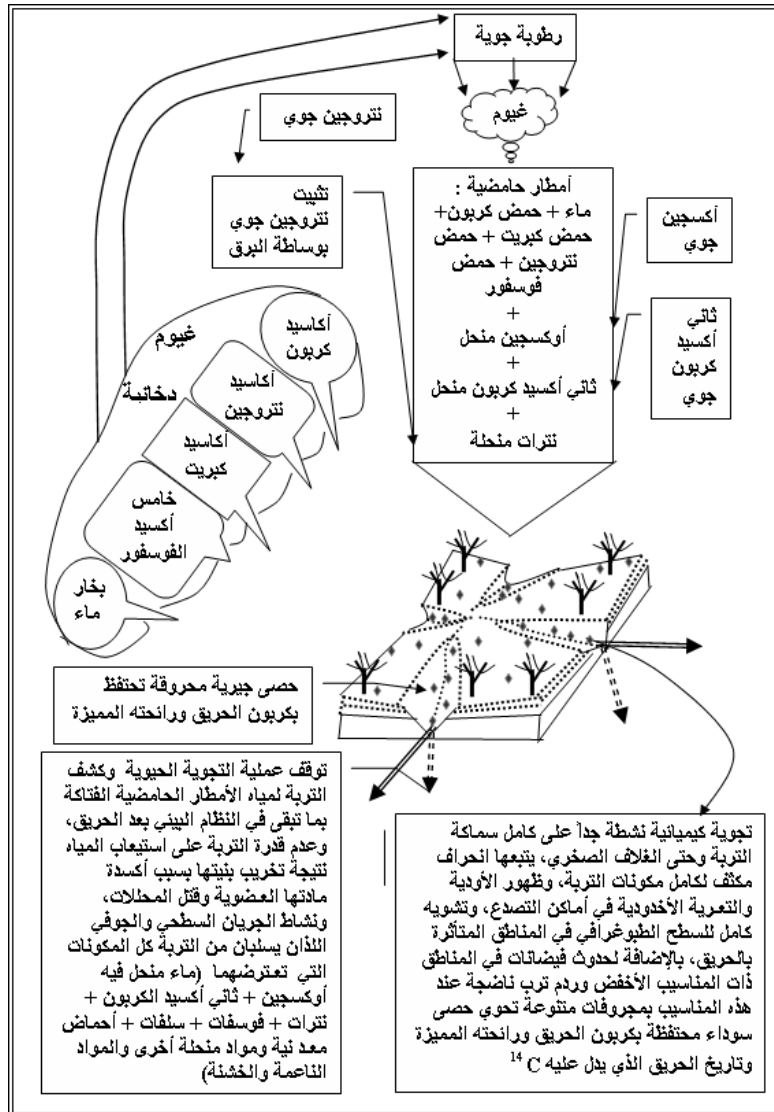
شكل (9): شروط وآليات أساسية لبلوغ النظام البيئي الغابي في الجبل الأخضر إلى طور الذروة وتجديد موارده والمحافظة عليها من التدهور. في الأسفل تتبين مراحل التطور والتعاقب الحيوي الأولى اللازم استمراره لتطور التربة فوق الصخور الأم، يشير السهم الطويل السفلي لجبهة التجوية بين أسفل التربة والصخور الأم، كما يظهر اتجاه بدايات التعاقب وعملية طرد المنتجات الضوئية البسيطة أمام غزو المنتجات الضوئية الأكفأ، حيث تدل الأسهم الصغيرة المرافقة لتعاريف المنتجات إلى مراحل وكيفية الاستيلاء على المكان. ويشير السهم المنقط الطويل في الأعلى الممثل لسطح التربة إلى اتجاه تطور التربة، في الأعلى تمثل الأسهم المتجهة لليمين الاتجاه الإيجابي لتطور النظام البيئي، (من عمل الباحث).



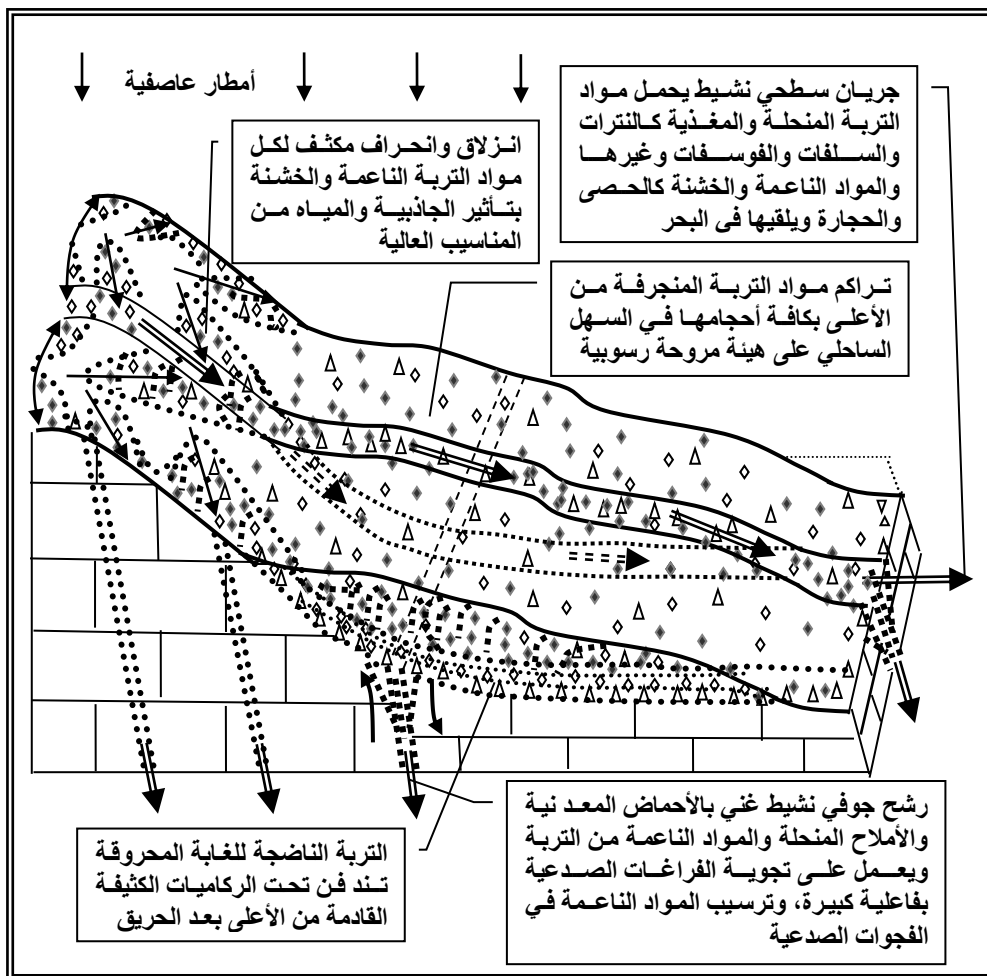
شكل (10): النظام البيئي بتعرضه للحريق تفتت دورات العناصر البيوجيوكيميائية على الغلافين المائي والجوي و يخسر كل ما جناه طيلة مراحل تكوينه: فالمادة العضوية الخضراء الحية والمادة العضوية الجافة من نفايات وغيرها والمادة العضوية في التربة والمحللات تموت و تتأكسد متحولة إلى غازات ودخان كما تشير له الأسهم، وتتوقف التجوية الحيوية، وتتدمر بنية التربة، وتصبح مكوناتها تحت رحمة الرياح والجريان السطحي والرشح الجوفي بعد كشفها المباشر للأمطار ومن ثم تهاجر مكونات التربة بكامل أحجامها وفق الجاذبية الأرضية وطاقة الدورة المائية، (من عمل الباحث).



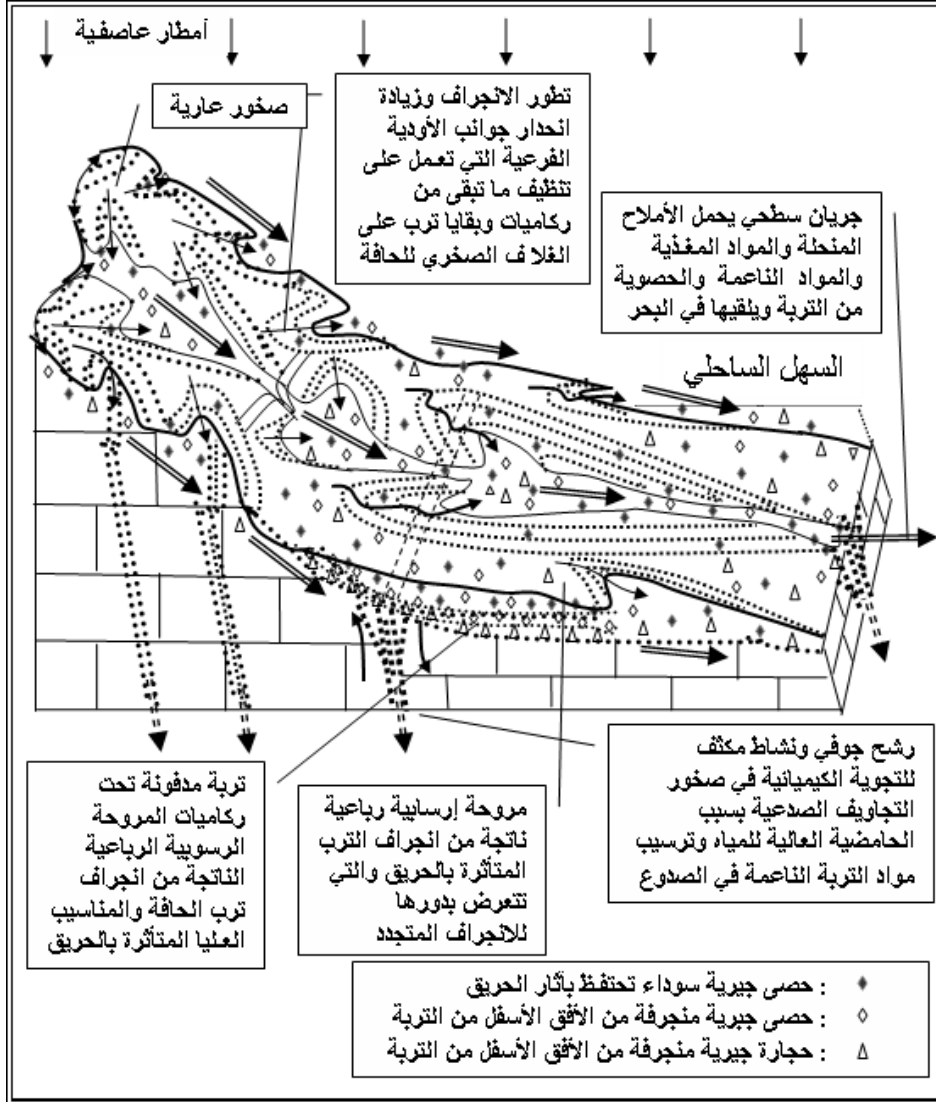
شكل (11): بعد تعرض نظام الغابة للحريق وتأكسد المواد العضوية في التربة وتحويلها لأكاسيد كربون وكبريت ونتروجين وفوسفور تتصاعد في الغلاف الجوي لتسقط على هيئة أمطار حامضية، وما ينحل من هذه الأكاسيد في مياه الرشح يشكل أحماض الكربون والكبريت والنتروجين والفوسفور وغيرها، هذه الأحماض تفتك بمواد التربة والغلاف الصخري، ومن ثم انكشاف التربة لعوامل التدمير كالغسل والهدم والنقل والهجرة والتشنت لكافة مكوناتها بالاتجاهين الجانبي والرأسي. تبقى آثار الحريق وتاريخه محتفظة بمكونات التربة الحصوية الجيرية التي تتأثر بالحريق، (من عمل الباحث).



شكل (12): نشاط مكثف لعملية التجوية الكيميائية بسبب غنى المياه بالأحماض المعدنية الفتاكة، ونشاط الجريان السطحي والجوفي بسبب كشف التربة وعدم قدرتها على استيعاب المياه، وانجراف مكونات التربة المتأثرة بالحريق ونشرها وتكديسها في المستويات الطبوغرافية الدنيا على هيئة رسوبيات تحوي حصى جيرية مسودة اللون تحتفظ بكاربون نباتي يدل على الحريق ويحتفظ بتاريخه، (من عمل الباحث).



شكل (13): نتائج العملية التدميرية لحريق الغابة في الجبل الأخضر على غلاف التربة بعد تفكيك مادتها العضوية وتخريب بنيتها، ومن ثم انعدام قدرتها على الاحتفاظ بالمياه التي تعمل على انجراف التربة ونقل مكوناتها القابلة للانحلال والناعمة من الأفاق العلوية أولاً ثم الحصى والحجارة من الأفق السفلي ثانياً، عملية النقل عندما تشارك بها الجاذبية مع المياه تحدث الانجراف المكثف لمكونات التربة كافة من المناسيب العليا على هيئة انزلاق لهذه المكونات التي تتكدس في أسفل المنحدرات والسهل الساحلي لتندفن تحتها الترب الناضجة في المناطق السهلية المنخفضة، (من عمل الباحث).

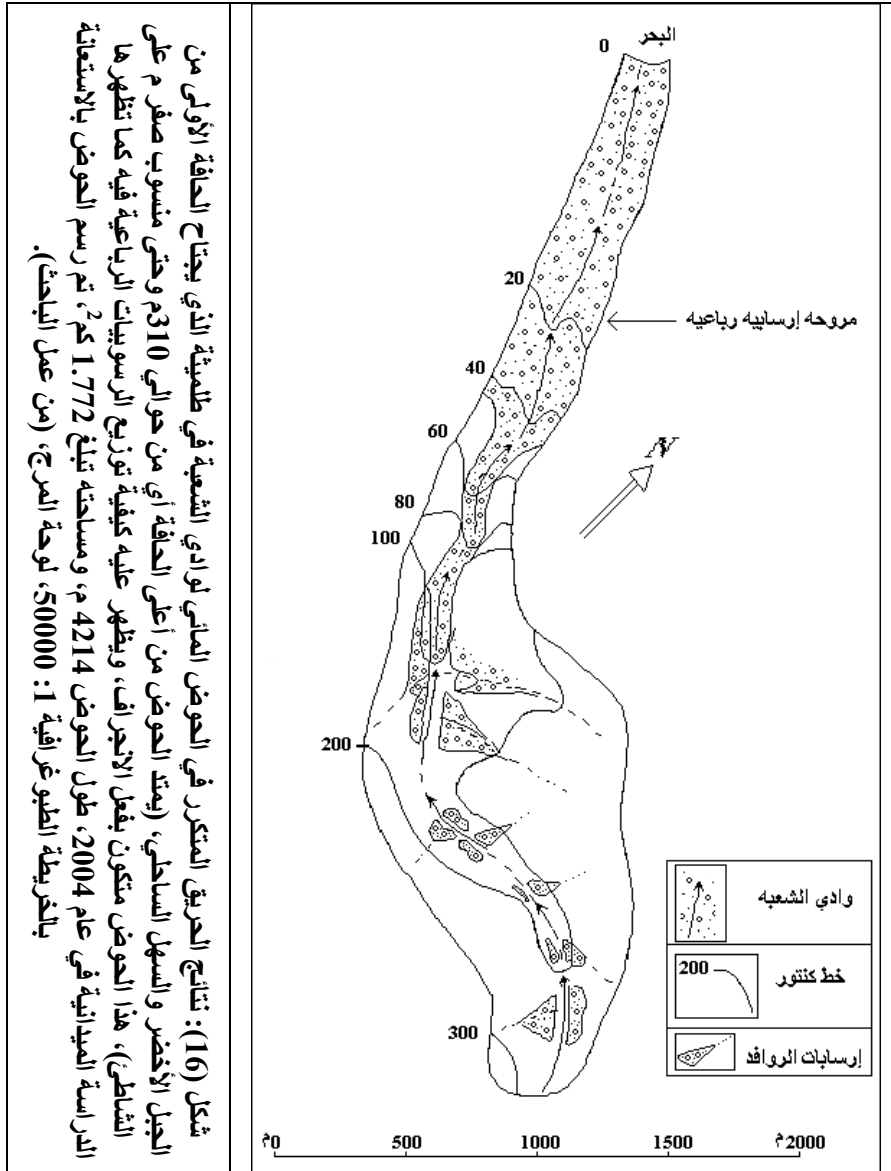


شكل (14): تطور عملية انجراف التربة بالاتجاهين الجانبي والرأسي مع تقدم الزمن في الجبل الأخضر، ومع تقدم عملية سلب مواد التربة بالمياه وظهور الصخور الأم عند المناسيب العليا من الحافة، وتطور جوانب الأودية وتجديد النحت فيها بسبب عدم احتفاظها للمياه، وكذلك عمليات تجديد النحت في المراوح الرسوبية الرباعية وانتشار الحصى المحروقة على طول الأودية وفي رسوبياتها الجانبية وفي مراوحها الإرسابية ومصباتها البحرية والقارية وعلى كافة سماكاتها، (من عمل الباحث).





شكل (15): ارتباط مراحل التعاقب الثانوي في النظام البيئي للجبل الأخضر بمجروفات التربة المتأثرة سابقاً بالحريق ومن ثم الانجراف والترسيب، (من عمل الباحث).



شكل (16): نتائج الحريق المتكرر في الحوض المائي لوادي الشعبة في ظلمية الذي يجتاح الحافة الأولى من الجبل الأخضر والسهل الساحلي، (يمتد الحوض من أعلى الحافة أي من حوالي 310 م وحتى منسوب صفر م على الشاطئ)، هذا الحوض متكون بفعل الانجراف، ويظهر عليه كيفية توزيع الرسوبيات الرباعية فيه كما تظهرها الدراسة الميدانية في عام 2004، طول الحوض 4214 م، ومساحته تبلغ 1.772 كم<sup>2</sup>، تم رسم الحوض بالاستعانة بالخريطة الطبوغرافية 1: 50000، لوحة المرج، (من عمل الباحث).



شكل (17): النواتج والآليات التدهورية الخاضع لها النظام البيئي الغابي الحالي في الجبل الأخضر بسبب الحرائق المتكررة خلال الحقب الرابع. الأسهم المتجهة إلى اليسار تمثل الخسارة، (من عمل الباحث).

- ويمكن إنجاز عمل الحرائق في النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر وما يترتب عليه من آليات تدهورية لغلاف التربة، شكل (17)، على النحو الآتي:
- 1- حرق الغطاء النباتي الأخضر بمختلف مراحل تطوره، وبمختلف مستوياته من سطح الأرض، الشكلان (10 و 11).
  - 2- حرق النفايات النباتية المتراكمة على أرضية الغابة.
  - 3- حرق المخزون من البذور والثمار المتواجدة على سطح التربة وفي داخلها.
  - 4- حرق جذور النباتات السطحية والمتواجدة على أعماق ضحلة في التربة.
  - 5- حرق وقتل الكائنات المحللة المسؤولة عن تحلل النفايات العضوية وتحويلها لمادة غذائية، تمتصها جذور النباتات من التربة، ومادة عضوية ودبالية مسؤولة عن تماسك التربة وفق بنية محددة.
  - 6- كشف التربة للرياح التي تعمل على سلب المواد المعدنية والعضوية الخفيفة والناعمة وإلقائها بعيداً في أماكن ركودها.
  - 7- كشف التربة وتعرضها المباشر للأمطار العاصفية التي ينتج عنها فيضانات وانحرافات مكثفة لمواد غلاف التربة وبمختلف الأحجام من المناسيب المرتفعة، وتكسد تلك الجروفات عند المناسيب المنخفضة، لتخرب كل ما تأتي عليه.
  - 8- حرق المادة العضوية التي اكتسبتها التربة خلال مراحل التعاقب أثناء تاريخ تكوينها الطويل عن طريق أكسدتها. والذي يترتب عليه:
  - 9- تخريب بنية التربة المكتسبة من مدى محتوى التربة من المادة العضوية. وهذا يترتب عليه:

10- تفكك مكونات غلاف التربة وجعلها عرضة للهجرة والانجراف من أماكن نشأتها نحو مواطن أخرى، تحت تأثير العناصر الفيزيائية كالرياح والمياه والجاذبية الأرضية.

**دور العوامل الفيزيائية في تفكك وهجرة مواد التربة التي تتعرض غابتها للحريق:**

**أ- الرياح:**

1- تتكلف بإعادة الكربون العضوي المتأكسد على هيئة أول وثاني أكسيد الكربون وتعيده إلى الغلاف الجوي ليساهم في تلوثه ورفع درجة حرارته وتكوين الأمطار الحامضية.

2- تتكلف بإعادة نتروجين التربة العضوي إلى الغلاف الغازي بعد تأكسده وتحويله إلى غازات أول وثاني أكسيد النتروجين الذي يساهم في تكوين الأمطار الحامضية.

3- تتكلف بإعادة الكبريت العضوي إلى الغلاف الغازي بعد تأكسده وتحويله إلى غازات أول وثاني وثالث أكسيد الكبريت ليساهم في تكوين الأمطار الحامضية.

4- تتكلف بإعادة الفوسفور العضوي إلى الغلاف الغازي بعد تأكسده وتحويله لخامس أكسيد الفوسفور ليساهم في تكوين الأمطار الحامضية، شكل (10).

5- تتكلف بإعادة ماء رطوبة التربة إلى الغلاف الغازي وذلك بعد تحوله بفعل الحرارة إلى الحالة الغازية، ومن ثم يساهم عند تكاثفه في تكوين الرطوبة الجوية التي تذيب مجمل الغازات السابقة لتسقطها على هيئة أمطار حامضية؛ تحوي حمض الكربون وحمض النتروجين وحمض الكبريت وحمض الفوسفور، هذه الأحماض المعدنية الفتاكة تفتك بكل ما تأتي عليه الدورة المائية من غلاف حيوي وغلاف تربة وغلاف صخري، إذ تتمثل عملية الفتك هذه بتجوية مائية كيميائية نشطة تفتك بما تبقى من هذه الأغلفة الثلاثة الأخيرة، شكل (12).

6- تتكلف بنسف الرماد المتبقي من الغلاف الحيوي والناتج من المادة العضوية المتأكسدة من على سطح التربة، لتلقي به في أماكن ركودها، ليستقر في الرواسب المائية أو في القبعات الجليدية أو يبقى معلقاً في الغلاف الغازي ليتبع الدورة المائية.

7- تتكلف بنسف الحبيبات من المواد الناعمة من على سطح التربة وتحملها على هيئة غبار لتلقي به بعيداً في المسطحات المائية، أو ترسبها على هيئة ترب اللويس في أماكن ركودها.

### ب- المياه:

ب-1- تتكلف بتخليص التربة المتأثرة بالحريق من كافة الأملاح القابلة للذوبان لتدخلها قسراً في دورتها المائية ولتلقى بها بعيداً عند مستقراتها ومصباتها متخذةً عدة اتجاهات:

\*- الأول: جوفي يساهم في تلويث المياه الجوفية بتلك الأملاح، هذه الأملاح قد تساهم في ملوحة مياه البحر، أو قد تساهم في زيادة ملوحة الترب التي تروى بها، الشكلان (10، 13).

\*- الثاني: سطحي ينتهي في البحر ويزيد من ملوحته، الشكلان (10 و 12).

\*- الثالث: سطحي ينتهي في مصبات داخلية وأحواض مغلقة يساهم في زيادة ملوحة التربة بعد تبخر المياه من على سطح التربة، أو قد يزيد من ملوحة مياه السبخات التي تحتل أواسط هذه المنخفضات، الشكلان (10 و 12).

إن الأملاح التي تسلبها المياه من التربة المتأثرة بالحريق يمكن إجمالها على النحو

الآتي:

1- الأملاح المعدنية القابلة للذوبان مثل الأملاح الهالوجينية كملح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم وكلوريد الماغنيزيوم وغيرها.

- 2- أملاح الكربونات مثل بيكربونات الصوديوم وبيكربونات الكالسيوم وبيكربونات الماغنيزيوم وغيرها.
  - 3- أملاح النترات مثل نترات الكالسيوم ونترات الماغنيزيوم وغيرها.
  - 4- أملاح الكبريتات مثل كبريتات الكالسيوم وكبريتات الماغنيزيوم (الماغنيسيوم) وكبريتات الصوديوم وغيرها.
  - 5- أملاح الفوسفات مثل فوسفات الكالسيوم وفوسفات الماغنيزيوم وغيرها.
  - 6- أملاح ناتجة من أحماض (كربونية) عضوية كحمض الخل الذي ينتج عنه خلات الصوديوم وخلات الكالسيوم وغيرها من الأملاح الناتجة من تفاعل الأحماض العضوية الدبالية مع مواد التربة أو مواد الصخور الأم.
- إن عملية إذابة الأملاح السابق ذكرها من التربة في المياه يعني فقد التربة للمواد الأساسية ذات المنشأ العضوي التي تمثل المواد الغذائية ومخزون التربة من الدبال الذي يشكل الركيزة الأساسية العاملة على تماسك التربة وفق بنية محددة طيلة فترات ومراحل التعاقب الحيوي الأولي، وذلك يعني أيضاً تدمير كامل أو شبه كامل لتلك البنية، مما يترتب عليه تفكك كامل أو شبه كامل لبنية التربة وجعل موادها عديمة الترابط والتماسك، مما يجعل هذه المواد سهلة الحركة الميكانيكية تحت تأثير أي عامل فيزيائي يعمل على تحريكها من مكان نشأتها، فبعض المكونات الناعمة تتحرك مهاجرة من أماكنها وفق الآليات السابق ذكرها، وأما باقي هذه المكونات فتعمل المياه على سلبها من الترب المتأثرة بالحريق على النحو الآتي:

ب-2- تتكفل المياه بغسل ونقل المواد المعدنية الناعمة من مكونات التربة المحروقة كالتين والسلت والرمل وفق اتجاهين:

\*- الاتجاه الأول رأسي أي نحو الأعماق وذلك ضمن الصدوع ذات الانزياح الأفقي والفجوات الكارستية، حيث تملأ هذه المواد الفجوات الصخرية بمختلف أحجامها، إذ تمكن الباحث من مشاهدتها تملأ صدوع تزيد انزياحاتها عن 15 سم في داخل نفق بو منصور في وادي درنه، صورة (1)، كما استطاع متابعتها في كل الصدوع الظاهرة في أعالي الحافة الأولى على جانبي طريق شحات-سوسة، حيث تملأ هذه المواد صدوع تبلغ انزياحاتها الأفقية بين بضع سنتيمترات و 70سم، صورة (2). وتبدو هذه المواد متحجرة أي متصلبة ضمن تلك الصدوع، وكذلك تملأ هذه المواد صدعاً يقع شرق قرية الحمامة بحوالي 3 كم، يجتاز الحافة الأولى للجبل، بحيث يزيد انزياحه الأفقي عن 1م ويزيد طوله عن 300م. من الملاحظ في مثل هذه الأماكن من الغابة عدم وجود غطاء مستمر من ترب ناضجة أو ذو سماكة تذكر، وإنما تكون الصخور عادةً معرأة من التربة، وأشجار الغابة هنا تحتل الفراغات بين صخور نائية فوق سطح الأرض عادةً، بحيث تستفيد النباتات من بقايا تربة تحتل الفراغات والتجاويف البينية للصخور.

\*- الاتجاه الثاني جانبي باتجاه الميل الطبوغرافي: ويمكن تمييز حالتين:

**الحالة الأولى:** تتمثل بجران مائي ضعيف الطاقة ينشأ على منحدرات هينة الميل:

حيث تعمل المياه على نقل المواد الناعمة المذكورة من التربة التي تعرضت للحريق وترسبها في بطون الأودية المجاورة التي تتمتع جوانبها بانحدارات خفيفة تقل عن 15% كما هو



الحال في أودية قندولة والقيقب والفايدية والمناطق العليا المجاورة لقمة سيدي الحمري، وكما هو في المناطق السهلية من المصاطب الرئيسة من الجبل كمنطقة الصليبية والجورة وصحيحيف الواقعة جنوب قمة سيدي الحمري، وبعض مناطق الوسيطة من المصطبة الأولى، وخاصة في الغيطان كخوط بوثن في المنصورة والمنافع التي تعلو منطقة الحمامة وكذلك في المنخفضات الداخلية كسهل المرج، وفي السهل الساحلي حيث تتكدس المواد الناعمة للترب المحروقة في بطون بعض الأودية الصغيرة التي ترشح مياهها في السهل دون أن تبلغ البحر، إضافة إلى أن بعض هذه المحروفات الناعمة تحملها بعض السيول لتشكل الجزء الأكبر من ترب السبخات القريبة من الساحل الممتد من العقورية إلى بنغازي.



صورة (1): إحدى العيون الجانبية بنفق بو منصور بوادي درنه، العين تخرج من صدع عرضه حوالي 15 سم محشو بمواد التربة التي تجلبها المياه والجاذبية الأرضية من سطح الأرض بفعل الحركة الرأسية للمياه نحو الأسفل، السبت 14.03.1998.



صورة (2): صدع يزيد انزياحه الأفقي عن 70 سم ويمتلئ بمجروفات تربة بسبب الهجرة الرأسية لمكونات التربة نحو الأعماق بعد الحريق والذي يدل عليه إزالة كاملة لغطاء التربة من فوق الصخور الأم، الموقع طريق شحات - سوسة في أعلى الحافة الأولى من الجبل الأخضر، 2003.

إن المياه في هذه الحالات تكون ضعيفة الطاقة بسبب قلة انحدار السفوح المجاورة للأودية، مما يهيئ فرصة لعدم تكوين جريانات سطحية قوية بنتيجة الرشح العالي نسبياً نحو الخزان الجوفي من جهة، واتساع بطون الأودية التي تأخذ مقاطعها العرضية شكل U مع ضعف انحدارات قيعانها التي لا تسمح باندفاع كبير للمياه من جهة ثانية، إضافة إلى أن المسافة التي تقطعها المياه بين ظهور التلال وبتون الأودية صغيرة لا تسمح بتكوين جريانات ذات طاقة كبيرة من جهة ثالثة.

**الحالة الثانية:** تتمثل في جريان مائي قوي الطاقة ينشأ على منحدرات كبيرة الميل وتضرس كبير:

في هذه الحالة تسمح الميول الشديدة للطبوغرافيا التي تتجاوز 15% وتضرس الأرض المتمثل بفرق مناسب عالي نسبياً باندفاع سريع للمياه من السفوح نحو الأودية التي تتمتع هي الأخرى بعرض قليل لقيعائها والتي تتميز عادة بمقاطع عرضية تأخذ شكل V وبميول لقيعائها تزيد عن 2%، مما يجعل المياه قادرة على حمل الجروفات الناعمة من مكونات التربة المتأثرة بالحريق لتلقي بها بعيداً عن مكان نشأتها، فإما أن تلقي بها في البحر المتوسط ليخسرهما كلياً النظام البيئي للجبل، وإما تلقي بها في منطقة البلط التي تشكل مصبات أودية السفح الجنوبي البعيدة بيئياً عن النظام البيئي للجبل الأخضر أيضاً، وقد تلقي البعض منها في سبخات شاطئية مالحة مخالفة أيضاً لبيئة الجبل الأخضر.

إن عملية غسل ونقل المكونات الناعمة من الترب المحروقة يعني إزالة تامة للآفاق العلوية من التربة من جهة، وتحرير الأفق السفلي من التربة من مكوناته الفتاتية الناعمة، مما يعني تحرير القطع الحصوية والحجرية والصخرية المكونة للأفق C السفلي من التربة وتعريضها لعامل الثقالة الأرضية، وكذلك تعرية الصخور الأم من أي غطاء يحميها مما يجعلها هي الأخرى مكشوفة على سطح الأرض لتخضع إلى عمليات التعاقب الثانوي من جديد، الشكلا (14 و 15).

### ج- الثقالة الأرضية:

تتكفل الثقالة الأرضية على السفوح ذات الميول الكبيرة التي تزيد عن 15% بتحريك الحصى والحجارة والكتل الصخرية المتحررة وغير المترابطة، والتي عملت التجوية على

تكوينها مسبقاً، وغسلت المياه المواد الفتاتية الناعمة من حولها، من أماكن نشأتها ذات المناسب العالية نحو أحاضيض تلك السفوح، حيث يمكن تمييز حالتين:

\*- كتل حصوية وحجرية وصخرية صادرة من سفوح الحافات لتتجمع عند أحاضيض حافات الجبل كما هو ملاحظ في أسفل الحافة الأولى المشرفة على السهل الساحلي، إذ يمكن ملاحظة هذه المجروفات بكل الأحجام التي تتراوح أبعادها من عدة سنتيمترات وحتى عشرة أمتار وذلك على طول المنطقة الواقعة ما بين سوسة والحمامة.

وهنا تجدر الملاحظة بأن الغلاف الصخري عندما يتكون من صخور جيرية شديدة الصلابة تتميز القطع الصخرية الناشئة منه بأكبر أحجامها، أما عندما يتكون الغلاف الصخري من صخور مارنية أو جيرية مارنية لينة أو حوارية فإن القطع الصخرية الكبيرة المتحررة منه تصبح غير موجودة، ويقتصر الأمر على الحصى والحجارة التي لا تتجاوز أبعادها الـ 50 سم إلا نادراً، كما هو الحال على طول الحافة الممتدة من رأس الهلال وحتى كرسية، صورة (3).

\*- كتل حصوية وحجرية وصخرية صادرة من السفوح المكونة لجوانب الأودية لتتجمع في بطون تلك الأودية، لتسلمها إلى التيارات المائية التي تنشأ فيما بعد في هذه الأودية، هذه التيارات تنقل هذه الكتل نحو مصباتها لتوضعها على طول امتدادات مجاريها فارزةً إياها بحسب تناقص قدرة الجريان على دفعها من أعالي الأودية نحو أسافلها، الشكلان (14 و 16).



صورة (3): انجراف التربة من أعلى إلى أسفل على سفوح حافة رأس الهلال والأثرون نتيجة حريق الغابة في عام 1995، تاريخ الصورة، الاثنين 17.12.2009.

#### د- الثقالة الأرضية والمياه:

يتضافر عمل الثقالة الأرضية والمياه بعد الحريق في نقل مكونات التربة الثقيلة وذات الأحجام الكبيرة من الحصى والحجارة والقطع الصخرية على طول الأودية ليظهر عملهما المشترك على النحو الآتي:

1- كتل صخرية ضخمة الأحجام (جلاميد تصل أقطارها لأكثر من 10 م أحياناً) تبقى عند أسفل الشلالات والجنادل كما هو الحال في وادي قرطابلس ووادي البطوم وبعض أودية

وردامة ووادي الحفرة شرق المنصورة وغيرها من الأودية التي تحتاز الحافات بأودية خانقية شديدة ميل القيعان.

2- كتل حصوية وحجرية تفرش أرضية الأودية على طولها، حيث تعمل التيارات المائية المتتابعة على زحزحتها، وذلك بحسب أهمية الجريانات الفجائية التي تنشأ من جراء عواصف مطرية في بعض السنوات دون غيرها، وعليه يمكن تمييز الحالات الآتية:

\*- تنظيف كامل لأرضية المجرى المائي من أي شكل من أشكال الرسوبيات وظهور الصخور الأم للقاع عارية من أي رسوبيات تغطيه. وهذا من السهل ملاحظته في الكثير من بعض من أجزاء المقاطع الطولية لأودية الجبل على سفحيه الشمالي والجنوبي، خصوصاً في المقاطع الضيقة والمنحدرة بشكل فجائي، كوادي الضبع الواقع غرب الحمامة ووادي الشعبة في تلميشة على السفح الشمالي، شكل (16)، ووادي القلنة الواقع في منطقة قصر الجماهير على السفح الجنوبي من الجبل.

\*- تراكم رسوبيات الوادي من الحصى والحجارة وتكدسها عند الأكواع (النهرية) لبعض الأودية وذلك عندما تضعف طاقة الجريان على إحدى الضفتين مقابل شدتها عند الضفة المقابلة، وهذا يمكن ملاحظته في الأودية عند اجتيازها للحافة الأولى وقبل دخولها للسفح الساحلي في الأودية الواقعة غرب براك نوط كوادي المملوح، ووادي رأس عامر، ووادي الجديدي في الحمامة، ووادي الناقة الواقع غرب درنة.

\*- تراكم الرسوبيات الحصوية والحجرية عند مناطق خروج الأودية من الحافات ودخولها في المصاطب، وذلك حادث بنتيجة ضعف طاقة الجريان وتشتتها بسبب اتساع عرض المجرى

من جهة وانبساط طوبوغرافيته من جهة ثانية، وهذا سهل ملاحظته في أغلب أودية الوسيطة عند أسفل الحافة الثانية من الجبل، كوادي قنيط في الوسيطة ووادي اشغلو شرق المنصورة.

\*- تراكم المجروفات الحصوية والحجرية فيما دون مصبات الأودية على هيئة مراوح إرسابية تشكل فرشاة رسوبية تغطي المناطق شبه السهلية والسهلية المحيطة بالجبل الأخضر، فهي تغطي كامل أعالي سهل بنغازي في غرب الجبل، وكامل السهل الساحلي المحيط بالجبل الأخضر من ناحيتي الشمال والشرق، وكامل أعالي منطقة البلط التي تسمى محلياً السروال، من وادي سمالوس في الغرب وحتى وادي الرملة في الشرق، التي تمثل الحدود الجنوبية للجبل الأخضر، صور (من 4 إلى 9)، شكل (16).





صورة (4): تبين تراكم المجروفات الحصوية والحجرية على يسار وادي الشعبة في ظلمية عند مخرج الوادي من الحافة الجبلية، حيث تبدأ المروحة الإرسابية في أعلى السهل الساحلي، تاريخ الصورة، الاحد 15.11.2009.



صورة (5): تراكم المجروفات الحصوية والحجرية وبقايا مواد التربة المنجرفة في أسفل الحافة الجبلية الأولى للجبل الأخضر في منطقة الأثرون شرق رأس الهلال، تاريخ الصورة، الخميس 17.12.2009.



صورة (6): دمج الإرسابات الخشنة والناعمة يبدو واضحاً بنتيجة تآكل الرسوبيات الرباعية القديمة للمروحة الإرسابية لمنطقة السروال في وادي الرملة في منطقة المخيلي جنوب-شرق الجبل الأخضر، الأحد 30.11.2008.



صورة (7): تجدد النحت في المروحة الإرسابية لوادي الرملة في منطقة السروال وتعمق مجرى الوادي فيها، الأحد 30.11.2008.



صورة (8): تناوب فرشات عدسية الشكل من رسوبيات سيلية خشنة وناعمة في مروحة إرساب وادي الرملية في المخيلي، الخشنة ناتجة عقب الحرائق في الأعلى وهي زاخرة بالحصى المحروقة التي تبدو هنا زرقاء اللون، في حين يتوضع الإرساب الناعم في حال عدم حدوث الحرائق في النظام البيئي للجبل الأخضر في الأعلى، الأحد 30.11.2008.

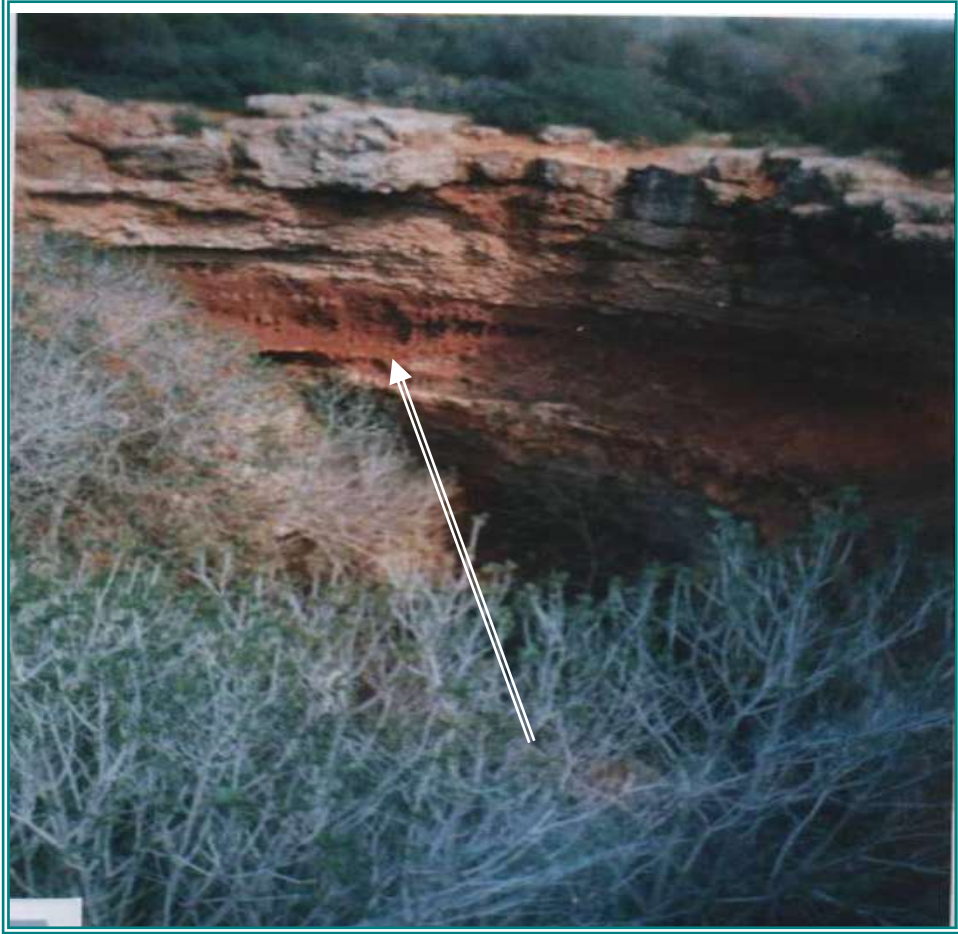


صورة (9): ترسيب المواد الناعمة فوق الرسوبيات الخشنة في مؤخرة جريان وادي الرملة ووضوح كيفية حدوث عدم فرز الرواسب وعدم تصنيفها على طول مجاري أودية الجبل الأخضر، الأحد 30.11.2008.

3- يتضافر عمل الجاذبية الأرضية والمياه بعد الحريق على السفوح شديدة الميول، والتي تتكون صخورها الأم من صخور جيرية مارنية ومارنية في حدوث جرف مكثف في آن واحد لكامل مكونات التربة المتعرضة للحريق، وهذا يتمثل فيما يسمى بانزلاق التربة عندما تتشبع بمياه العواصف المهمة. في هذه الحالة تدفع التربة المنزلقة من أعلى السفح كل ما هو في طريقها محدثةً انهيارات ومن ثم تتراكم المكونات بكامل أحجامها عند أسفل السفوح، شكل (13)، وشكل (16)، وعليه يمكن تمييز حالتين:

\*- الحالة الأولى: تتراكم مجروفات السفوح المنزلقة عند أحاضيض الحافات وينتج عن ذلك دفن ترب رباعية قديمة ناضجة تحتها، بحيث يصل سمك هذه الترب لحوالي مترين، إذ تحدد هذه الدراسة موقعين دفنت فيهما ترب قديمة نتيجة لذلك:

- الموقع الأول يقع على يمين وادي الشعبة عند أسفل الحافة الأولى في طلميثة.
- الموقع الثاني يقع في هوى المثقوب الواقع على يمين طريق سوسة- رأس الهلال في منطقة الأصباب الواقعة غرب رأس الهلال بحوالي 5 كم. حيث تتركز هذه الترب على صخور أم جيرية مارنية كريتاسية في كلا الموقعين وتغطيها صخور من كونغلوميرا وركاميات رباعية، صورة (10)، إن التحريات الميدانية تثبت وجود ترب رباعية مدفونة في مواقع أخرى من الجبل الأخضر (ملحق صور 25، 26 و 27).



صورة (10): تربة رباعية مدفونة سمكها حوالي 2 متر و تتركز على صخور مارنية من الكريتاسي الأعلى، تعلو التربة صخور كونجلوميرا رباعية أحدث منها عمراً، المكان هو المتقوب في منطقة الأصلاب غرب رأس الهلال بحوالي 5 كم، 2005.

ومن السهل تمييز تلؤل كثيرة جداً تقع عند أسافل الحافتين الأولى والثانية ناتجة من انزلاقات الترب المتأثرة بالحريق كما هو ظاهر وواضح على يمين طريق العقورية- المرح عند صعود الباكور لبداية الحافة الأولى، وكما هو الحال على يمين وادي اشغلو الواقع شرق



المنصورة عند أسفل الحافة الثانية. هذه التلوي تبدو في أحيان كثيرة متصلبة السطح مما يجعل الدارس يظن أنها رسوبية بحرية المنشأ. لكن عند التأكد منها تبدو موادها عبارة عن ركاميات من أحجام مختلفة ذات ترسيب رباعي قاري.

**الحالة الثانية:** تتراكم مجروفات الترب المنزلة على سفوح بعض الروافد الجانبية للأودية لتتراكم في بطن الوادي الرئيس محدثةً في بعض الحالات قطع الطريق أمام الجريان القادم من أعالي الوادي الرئيس إلى حين، مما يسمح بترسيب مجروفاته خلف تلك الركاميات لتبدو على هيئة مصاطب أو مدرجات رباعية متصلبة أحياناً و تملأ قاع الوادي الرئيس، حيث تميز هذه الدراسة البعض من هذه الظاهرة في وادي الشعبة في طلميشة، شكل (16)، وفي وادي الأثرون أسفل عين الدبوسية بحوالي 3 كم حيث يلتقي الرافد الشرقي المنحدر من قرية الدبوسية مع وادي الأثرون. وما الرسوبيات القارية الرباعية التي تعلو شلال وادي درنة إلا نتيجة لسد وادي درنة بمجروفات سابقة قذفها فجأة الرافد الشرقي المسمى (وادي قحام) في وادي درنة عند الشلال.

4- كتل حصوية وحجرية تلقيها الأودية في البحر وذلك في حالات قلة عرض السهل الساحلي الذي يجتازه الأودية المنحدرة من الأعالي، صورة (11)، هذه الكتل تتراكم عند مصبات تلك الأودية على هيئة حجارة وحصى تعمل أمواج البحر على صقلها وتهذيبها لتأخذ عندما، تكون مفككة، أشكال (بودنك) كروية وقرصية ملساء، هذه الرسوبيات يمكن ملاحظتها بسهولة في مصبات الأودية على طول خط الشاطئ الصخري الممتد من وادي الخليج الواقع شرق درنة مروراً بأودية منطقة كرسة ومنطقة الأثرون ورأس الهلال وسوسة

وحتى وادي جرجار أمه الواقع غرب قرية الحنية. حيث توجد أجمل مظاهر لهذه الحجارة المصقولة بفعل أمواج البحر في مصبات أودية غرب سوسة اعتباراً من وادي المشهور وحتى وادي السوتة الواقع شرق الحمامة، صورة (12).



صورة (11): كيفية ضياع مجروفات مواد التربة، المتصلبة والتمتيزة بلونها الأحمر (بنتيجة الأكسدة التي لا تتم إلا على القارة)، التي يلقيها وادي النسورية في البحر في غرب سوسة، تاريخ الصورة 17.12.2009.



صورة (12): حصى مصقولة بأمواج البحر، في مصب وادي السوتة شرق الحمامة، تحتفظ بآثار الحريق، 2005.

إن الرواسب المذكورة سابقاً لا تتميز بالتصنيف الترسيبي المعروف في أودية الأنهار دائمة الجريان حيث يرسب النهر حمولته الأثقل والأكبر أولاً ثم الأصغر فالأصغر وهكذا بحسب تناقص طاقة الجريان كلما اقترب من المصب. وإنما يوجد غالباً في رسوبيات أودية الجبل الأخضر خليط غير متجانس من الرسوبيات الناعمة والخشنة معاً في أي جزء من أجزاء المقاطع الطولية للأودية والحالات المذكورة آنفاً، وهذا يرجع لأسباب نشوء الجريان الفجائي في بعض السنوات وغيابه في سنوات أخرى، ثم إن الشدة المطرية للعواصف التي

ينشأ عنها الجريان هي التي تتحكم بحجم الجريان وطاقته واستمراريته الوقتية، ففي حال كان الجريان بسيطاً لا يصل إلى المصب فإنه في هذه الحالة يرسب حمولته من المواد الناعمة فوق مواد خشنة أقدم وهذه الحالة هي الأعم في كل أودية الجبل الأخضر؛ حيث لا يصل جريان الأودية في أغلب السنوات إلى مصباتها، مما يسمح للرسوبيات بالتماسك والتصلب في قيعان الأودية في بعض الأحيان، صور (6، 7، 8)، مع اكتساب ركاميات جديدة تقدمها الثقالة من سفوح الجوانب إلى الأودية التي تجمعها في قيعانها. أما في حالات نشوء جريانات مهمة تبلغ مصبات الأودية في بعض السنوات القليلة نسبياً، فإن المياه في مقدمة الجريان تنحر الرواسب القديمة السابقة الموجودة في طريقها وتشق طريقها خلالها، صورة (7) وعند تناقص شدة التيار لنفس الجريان يحدث ترسيب لكامل حمولة المياه في مؤخرة الجريان، صورة (9)، لذلك يجد الدارس لرسوبيات أودية الجبل الأخضر ترسيب غير مصنف ولا متجانس على طول الأودية، صورة (6)، ويستثنى من ذلك بعض السبخات الشاطئية التي تمثل مصبات بعض الأودية كوادي زازا في سهل بنغازي، ومنطقة البلط التي تبلغها المياه ضعيفة الطاقة والتي تقتصر حمولتها على المواد الناعمة من السلت والطين، إذ تمثل هذه الأماكن مناطق ترقيد المواد الناعمة والأملاح الذائبة التي لا تتخلى المياه عنها إلا في حالات التبخر و الركود من الحركة عند الأطراف البعيدة للمناطق السهلية التي تبلغها المياه في نهاية رحلتها عند انتهاء طاقتها الحركية.

## شواهد جيولوجية دالة على تكرار حريق النظام البيئي الغابي في رسوبيات الرباعي في الجبل الأخضر:

يتكلم الكثيرون عن أسباب كثيرة مؤدية لتدهور النظام البيئي الطبيعي في الجبل الأخضر دون معرفة السبب الرئيس الخفي الذي ترجع إليه هذه الدراسة كل ما ذكر سابقاً من انحراف مكثف للتربة وهجرة كل مكوناتها بمختلف الأحجام وبكامل السماكات من مختلف أماكن نشأتها، وإبقاء الصخور الأم متكشفة على السطح في كل المواقع عالية المناسيب نسبياً سواءً في الأماكن الطبوغرافية السهلية أو غير السهلية من إقليم الجبل الأخضر، وذلك بعد هجرة التربة من فوق صخورها الأم وتشتت مكوناتها المختلفة في كل الاتجاهات ونحو كل البيئات المحيطة بالجبل بوساطة كل عناصر النقل الطبيعية كما تقدم في هذه الدراسة. ناهيك عن أن غابة الجبل الأخضر المتاخمة لمياه البحر الأبيض المتوسط الذي يزودها بالرطوبة الجوية على طول أيام السنة، والمصنفة كغابة ماكي تابعة لإقليم البحر المتوسط لا تعكس الوضع المناخي المعتدل شبه الرطب لهذا الإقليم، هذه الغابة المكونة من أشجار بلوط وبطوم و سرو وصنوبر وعرعر وخرروب وزيتون وشماري وسخاب وغيرها تبدو متدهورة ليس بسبب الظروف الطبيعية والمناخية التي استقرت في ظلها طيلة الحقب الرابع، وإنما يبدو تدهورها راجع لكون هذه الأشجار لا تستقر على مهد من تربة مستقرة واسعة الامتداد وناضجة السماكة تستطيع أن تقدم لها اللازم من العناصر الكافية لغذائها، بل تستقر هذه الأشجار بفضل أنظمة جذور خاصة قوية على بقايا من تربة تنحصر بين أجزاء صخرية تعلو أحياناً سطح التربة لأكثر من متر، ولهذا الجذور القدرة على أن تتغلغل بعيداً في

الصدوع وفجوات الصخور الجيرية والمارنية لأعماق بعيدة كي تحصل على ما يكفيها من مياه ومواد تغطي حاجاتها الغذائية، لذلك فليس من الغريب أن تكون هذه الغابة متدهورة مادام هناك من عوامل كالحرائق ذات المنشأ الطبيعي أو المنشأ البشري تتكفل بتدمير تربتها في أوقات قصيرة، في حين تعمل تلك النباتات جاهدة على تطور تربتها التي تمثل مهدها من خلال عمليات التعاقب طويلة الزمن.

فليطرح الإنسان على نفسه الأسئلة الآتية:

\*- يا ترى هل أمطار مناخ الجبل شبه الرطب وشبه الجاف التي نادراً ما تتجاوز 800 مم في السنوات المطيرة الاستثنائية كافية لإزالة تربة تغطيها غابة دائمة الخضرة عن طريق التعرية المائية؟

لا يمكن لأي باحث مناخي أو مائي أو زراعي أو بيئي أن يقبل بهذا فرضية، لأن المسلم به أن الأمطار تنشط عملية التجوية الكيميائية والكيمياء حيوية وبالتالي فهي تساعد على إضافة مواد إلى التربة أكثر مما تغسل منها من أملاح ومواد ناعمة طينية، خصوصاً أن الصخور الأم بغالبيتها جيرية تعمل بها التجوية الكيميائية بسهولة.

\*- يا ترى هل رياح مناخ الجبل الأخضر يمكن أن تزيل التربة من تحت هكذا غابة؟

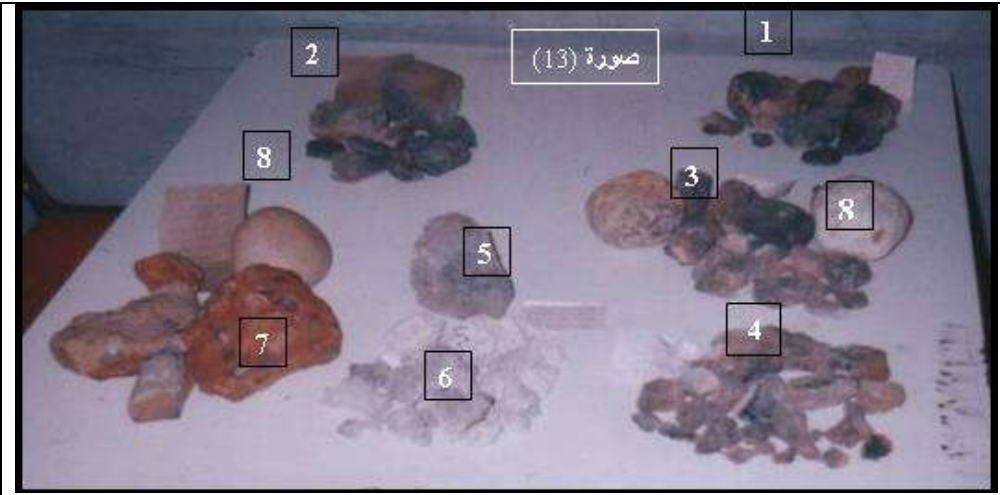
لا يمكن أن يسلم أحد بمثل هكذا فرضية في ظل المناخ السائد في الإقليم.

\*- هل من الممكن أن تزال التربة من تحت غابة بوجود أشجار غابية تتمتع بأنظمة جذور يزيد تغلغلها في باطن الصخور الأم عن 25م تحت تأثير الثقالة الأرضية المطبق على مختلف سفوح الجبل وبمختلف ميولها؟

\*- لا يمكن القبول بذلك أيضاً لأن جذور هذه النباتات تتوزع أفقياً وبكثافة في الآفاق السطحية من التربة كجذور العرعر (الشعرة) مثلاً، بالإضافة لجذور نباتات تخترق كافة سماكة التربة وتتغلغل في الصخور الأم لمسافات بعيدة كالبطوم والبلوط والسرور والخروب والشماري وغيرها، وذلك يؤمن حماية ممتازة للتربة من الانجراف بوساطة كافة العوامل الطبيعية.

إن تأكيد هذه الدراسة على عمل الحرائق التدميري للتربة وانجرافها وفق الآليات الموضحة أعلاه وتدهور النظام البيئي في الجبل إلى مراحل غابة الماكي الحالية، تدعمه المشاهدات الميدانية ومتابعة الرسوبيات والركاميات الحصوية والحجرية في كثير من المواقع المختلفة التي طالتها هذه الدراسة.

إن الحريق الذي يصيب الغطاء النباتي والمواد العضوية التي تتحول بسرعة لأكاسيد وبخار ماء ورماد تختفي بسرعة فائقة من المكان في وقت الحريق، ذلك الحريق الذي لم يدركه الإنسان المعاصر يترك أثر على الحصى والحجارة وحتى على الصخور التي تتأثر بذلك الحريق، صورتين (13 و14)، هذا الأثر لا يمكن أن تزيله الظروف الطبيعية عن هذه الحجارة مهما طال الزمن. إن نار الحريق تطرد بخار الماء من مسامات تلك الحجارة لتمتلئ تلك المسامية بغاز ثاني أكسيد الكربون الذي يبقى محتلاً لفراغات هذه المسامية مكسباً الحجر اللون الأسود الفحمي والذي يؤكد ذلك ويميزه رائحة الحريق (رائحة الفحم النباتي) التي تنتج عند خدش تلك الحجارة بألة حادة كالموس مثلاً.



صورة (13): نماذج من:

- 1- حصى محروقة من مروحة إرسابية في وادي قرطابلس.
- 2- حصى محروقة من مروحة إرسابية في وادي مرقص.
- 3- حصى محروقة في المروحة الإرسابية لوادي الأثرون.
- 4- حصى محروقة من مروحة إرسابية شرق كرسة.
- 5- حجر عليه آثار حريق حديث نتيجة طبخ الزراد في السهل الساحلي في ظلميثة.
- 6- متحجرات حصوية مارنية رباعية محروقة في وادي الشعبة في ظلميثة.
- 7- حجر تجمعي رباعي قديم يحوي بداخله حصى تحتفظ بآثار الحريق من رأس الهلال.
- 8- حصى جيرية في مصبات الأودية مصقولة من قبل أمواج البحر لا تزال تحتفظ بآثار الحريق.





صورة (14): آثار حريق 1996 على أشجار الشعرة في وادي الشقلوف في ركاب مسعود وتعرية التربة وظهور القطع الصخرية الأم، ولا يزال آثار الحريق على الصخور الأم المجاورة للأشجار المحروقة، وظهور التعاقب الثانوي لنباتات البريش في عام 2005.

إن لون الحجارة الأسود قد يظن البعض بأنه ناتج عن هباب الفحم النباتي الذي ينطبع على الحجارة، لكن تجربة حرق حجارة جيرية مارنية من قبل الباحث على غاز الطبخ المنزلي لمدة دقيقتين، ثم غسلها باستعمال الفرشاة يؤكد أن اللون الأسود الباقي على الحجر ناتج عن غاز الفحم الذي يملأ مسامية الصخر، صورة (15).



صورة (15): إثبات أن اللون الأسود الذي تكتسبه الحجارة الجيرية المحروقة ناتج عن تغلغل غاز ثاني أكسيد الكربون في مسامات المادة الحجرية وليس ناتج عن هباب الفحم، 2006.

لقد تابع الباحث هذه الشواهد في كثير من المواقع المذكورة أعلاه وتوصل إلى

الملاحظات المهمة الآتية:

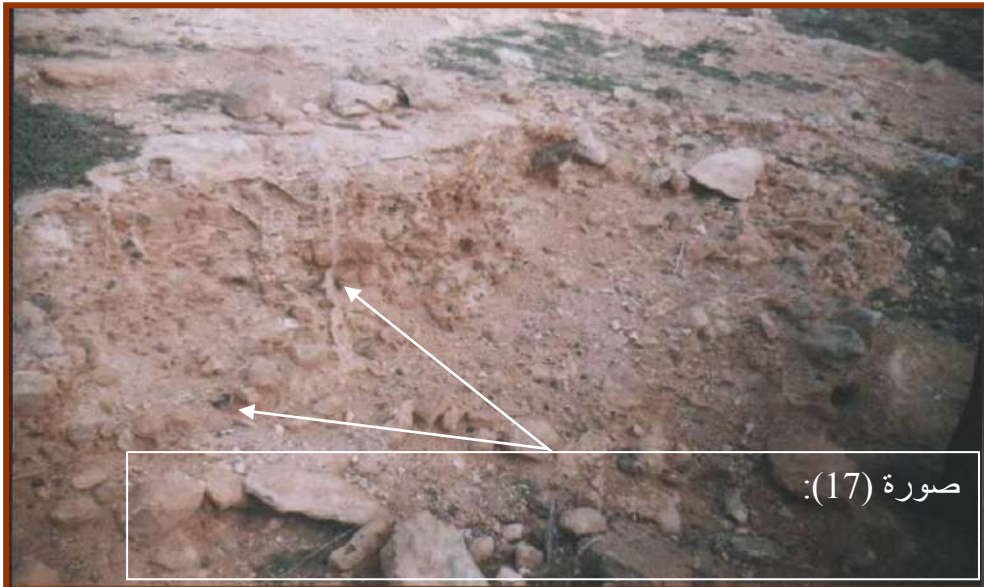
1- يبدأ ترسيب الحصى المحروقة للمروحة الإرسابية الرباعية القارية فوق أحد الأرصفت الرملية الرباعية الأقدم مباشرة على طريق سوسة- رأس الهلال، وتعلو تلك الحصى رسوبيات رباعية من صخور كونغلوميرا يزيد سمكها عن أربعة أمتار، وتعلوها رسوبيات مفككة أي غير متحجرة سماكتها حوالي 2م، صورة (16).



صورة (16): رصيف رملي بحري متحجر تتوضع عليه أي فوقه مروحة إرسابية رباعية قارية أحدث، يبدأ الترسيب القاري بحصى جيرية سوداء تحتفظ بآثار الحريق، طريق سوسة - رأس الهلال، 2006.

2- عند مصبات الأودية في منطقة شرق كرسة، وفي رأس الهلال، وفي منطقة الحمامة، وفي أغلب المراوح الإرسائية الممتدة بموازاة الساحل ما بين درنة وحتى الحمامة تحتفظ صخور الكونغلوميرا الرباعية بحصى محروقة سوداء وتحتفظ برائحة الحريق حتى الآن، صورة (13 رقم 7).

3- في وادي الأثرون بجانب عين الدبوسية، وفي أسفل وادي مرقص شرق رأس الهلال، وفي وادي الشعبة في طلميثة، وعلى يسار وادي فطناس الرافد لوادي تناملو أسفل جردس الجراري من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، تحتفظ الصخور التجمعية (الكونغلوميرا) الرباعية لهذه الأودية بحصى محروقة، صور (13 و 17 و 18 و 19).



صورة (17): مصطبة من رسوبيات رباعية متحجرة توجد على يسار وادي فطناس، الرافد لوادي تناملو، أسفل جردس الجراري على السفح الجنوبي للجبل الأخضر، تحوي المصطبة حصى جيرية تحتفظ بأثار الحريق، 2006.



صورة (18): حجر عليه آثار حريق حديث نتيجة طبخ الزراد في السهل الساحلي لظلمية، في عام 2004، ومتحجرات حصوية مارنية رباعية محروقة مجموعة من وادي الشعبة.



صورة (19): مصطبة رباعية متحجرة (كونجلوميرا) تحوي حصى جيرية سوداء محروقة يشير إليها الشخص بيده اليمنى تعلوها ركاميات من ترب رباعية أحدث تحوي أيضاً حصى محروقة، المكان وادي الشعبة- الضفة اليمنى ، عند عبور الوادي للحافة الأولى من الجبل الأخضر، 2004.

4- في الأودية السابقة الذكر نفسها تحتفظ الرسوبيات المفككة والركاميات الرباعية القارية الحديثة التي تعلو الصخور التجمعية حصى محروقة في كل المستويات من تلك الرسوبيات. وهذا النوع من الحصى المحروقة لا يخلو منه مكان طالته هذه الدراسة.

- 5- في الركاميات الرباعية اليسرى لوادي قرطابلس عثر الباحث على قطعة صغيرة من فحم نباتي ضمن الركاميات وعلى عمق أكثر من متر من سطح الأرض، حيث يكشف جانب طريق رأس الهلال- مملودة المقطع الرأسي لهذه الركاميات.
- 6- كذلك عثر الباحث على قطعة صغيرة من فحم نباتي في الركاميات الرباعية لوادي القلثة في منطقة قصر المجاهير من السفح الجنوبي على عمق حوالي نصف متر من سطح تلك الرسوبيات التي ينحرفها الوادي، وأيضاً عثر الباحث على عدة قطع من فحم نباتي في مزرعة محمد عطية بالوسيطه على عمق حوالي 60 سم ضمن مجروفات التربة المائلة للصدوع بين الصخرية عند انكشافها بآلات هندسية.
- 7- إن آثار الحرائق الحديثة التي نشبت عام 1996<sup>(1)</sup> لاتزال واضحة على بعض الصخور الأم الجيرية في منطقة ركاب مسعود في أعالي وادي المهبول من السفح الشمالي، الصورتان (14 و 20).

---

(1) - حدد تاريخ الحريق عز الدين عبد الرسول من سكان ركاب مسعود.



صورة (20): آثار حريق 1996 على نبات الشعرة وتعرية الصخور الأم، وظهور تعاقب ثانوي من نباتات نجيلية صغيرة محاطة بالصخور وشجيرات الزهيرة، منطقة وادي الشقلوف في ركاب مسعود في أعالي وادي المهبول، 2005.





صورة (21): آثار حريق 2003 على الأشجار والتربة والحجارة في منطقة الشعرايا غرب قندولة في عام 2005.



صورة (22): نماذج من حجارة محروقة مجموعة من مختلف مناطق قندولة، 2005.

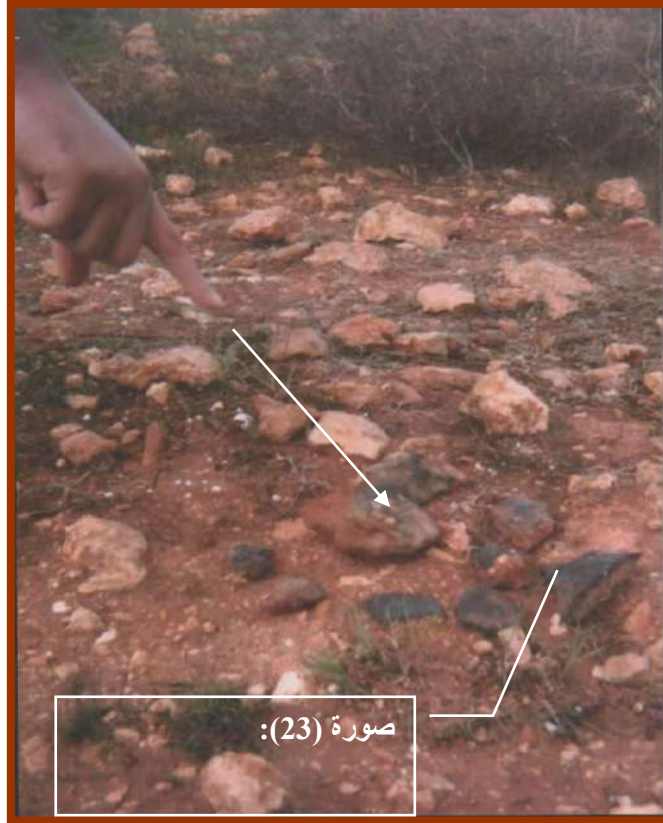
- 8- إن آثار الحريق الحادث في قندولة في عام 2003<sup>(1)</sup> لاتزال تحتفظ به الصخور الأم الجيرية والحصى والحجارة الموجودة على أرضية الغابة، صورتين (21 و 22).
- 9- إن الحصى المحروقة التي تعرضت للغسل المائي البحري في مصب وادي السوته شرق الحمامة وشق عبد الرازق الواقع غربها لاتزال تحتفظ بآثار الحريق حتى اليوم، صورتين (12 و 13).

(1)- حدد تاريخ الحريق السنوسي جاد الله من سكان قندولة.

- 10- إن الحصى المصقولة بفعل مياه السيول والتي يصبح لونها أزرق بفعل الغسل لاتزال تحتفظ بآثار الحريق حتى الآن في وادي القلثة على السفح الجنوبي، صورة (22).
- 11- تبدو آثار الحريق واضحة على صخور الكهوف في منطقة الدراسة كما هو الحال بجانب عين سليون في مسة.
- 12- إن الغابة المزالة من شرق منطقة مراوة على يسار طريق مراوة- قندولة من السفح الجنوبي للجبل لايزال في موقعها بقايا تربة تحوي على سطحها وفي داخلها حصى تحتفظ بآثار الحريق حتى الآن، الصورتان (22 و 23).
- 13- لا تزال بعض الجذوع النباتية المحروقة (المتفحمة) في أماكنها في منطقة براك نوط غرب سوسة وفي بعض الأودية منذ حريقها في عام 1986<sup>(1)</sup> وكذلك في منطقة ركاب مسعود المحروقة في عام 1996، وفي منطقة رأس الهلال والأثرون المحروقة في عام 1995<sup>(2)</sup> وكذلك الحال في المناطق المحروقة في فترات أحدث.
- 14- في سهل المرج في قض سيدي أرحومة على عمق 3 متر من سطح التربة الطينية يظهر أفق حصوي فيه حجارة تحتفظ بآثار الحريق.
- 15- في شرق الحمامة حيث كانت تنشط صناعة الفحم النباتي في هذه المنطقة تظهر على الصخور الجيرية بوضوح آثار التفحيم وتحتفظ بآثار الحريق القشور الجيرية في هذه المنطقة، صورة (24).

(1)- حدد تاريخ الحريق عيسى النهوم من سكان سوسة..

(2)- حدد تاريخ الحريق فتح الله القبائلي من سكان رأس الهلال.



صورة (23): حجارة تحتفظ بآثار الحريق على أرضية غابية مزالة تماماً شرق مراوة، 2005.



صورة (24): قشور حجرية تحتفظ بآثار الحريق على يمين وادي السوتة في شرق الحمارة،  
2005.

#### النتائج:

- 1- الحريق الذي يحدث في فترة ما في الغابة تبقى آثاره وتاريخه محتفظة في حجارة وحصى الموقع الذي يمكن الاستدلال منه على تاريخ الحريق بواسطة الكربون المشع.
- 2- تدل الحصى المحروقة في رسوبيات الرباعي على كامل سماكاتها وانتشاراتها على تكرار الحرائق في غابة الجبل الأخضر على طول الحقب الرابع.

- 3- إن نظام غابة الماكي الحالية في الجبل الأخضر غير مرتبط بالظروف الطبيعية بقدر ما هو مرتبط بالتأثير السلبي لهذه الظروف عقب الحرائق المتكررة التي تهاجم هذا النظام. وعليه فالغابة الحالية في الجبل الأخضر تمثل أطوار مختلفة من مراحل التعاقب الثانوي.
- 4- كل الآثار السلبية ومظاهر التدهور الملاحظة في النظام البيئي للجبل الأخضر كانكشاف الصخور السطحية وانحراف كل مكونات الترب وترسيبها في المناسيب المنخفضة وفي بطون الأودية راجعة أصلاً إلى تكرار الحرائق التي تهاجم النظام البيئي.
- 5- إن المصاطب الرباعية في أودية الجبل الأخضر، والتي يعتبرها البعض تابعة للفتحات الدافئة والباردة من الحقب الرابع، ناتجة عن انحرافات ترب الغابات المحروقة والتي سيثبتها العمر المطلق للكربون المشع المحتفظ بحصويات تلك الرسوبيات.
- 6- إن الانحراف المتمثل في الأودية الخانقية في الجبل الأخضر هو نتيجة لحرق الغابة وغنى المياه بالأحماض المعدنية الفتاكة التي تقضى على الجذور القوية والفاعلة بتجوية كيميائية فعالة في الحجر الجيري مما يهيئ الظروف لتعميق تلك الأودية بمياه الجريان السطحي.
- 7- إن الترب التي تغطي بطون الأودية والمنخفضات في الجبل ليست ترب حقيقية بمعنى الكلمة وإنما هي مكونات لترب محروقة من مناسيب أعلى.
- 8- يتبع حريق الغابة انحراف مكثف لمكونات التربة وفيضانات في المناسيب المنخفضة.
- 9- تفتح هذه الدراسة مجالاً واسعاً للدراسات البحثية والمعمقة في مجال جيومورفولوجيا الحقب الرابع، والمجالات الباليوجغرافية والبيئة.

## المناقشة

إن ما تقدم من شواهد حصوية متحجرة تحتفظ بآثار الحريق في كامل رسوبيات الرباعي القديمة والحديثة وعلى كامل سماكتها تؤكد على تكرار الحريق في النظام الغابي للجبل الأخضر وفي مختلف بقاعه الجغرافية التي تحوي على تعاقبات حيوية ثانوية في كامل النظام البيئي للجبل الأخضر. إن وجود ترب رباعية مدفونة سماكتها حوالي 2 متر فوق الصخور الجيرية الرسوبية وتحت رسوبيات الرباعي تدل على وصول هذا النظام البيئي في بداية الحقب الرابع إلى طور الذروة من غابة راقية تدهور وضعها فيما بعد تكرار الحرائق خلال الفترات الأحدث من الحقب الرابع، مما أوصل هذا النظام إلى غابة الماكي المتدهورة الحالية، شكلين (14 و 15).

إن الشواهد الجيولوجية والملاحظات الميدانية، منذ 1998 وحتى اليوم، تدل على أن مهاجمة النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر بالحريق كان قديماً وما يزال حتى يومنا الحاضر، والحرائق المتكررة في هذا النظام ترجع للأسباب الآتية:

- أ- أسباب طبيعية: كالرياح الجافة وصواعق البرق والنيازك.
- ب- أسباب بشرية قديمة: ناتجة عن الغزوات والغارات والحروب في تاريخ المنطقة.
- ج- أسباب بشرية اقتصادية: ناتجة عن صناعة الفحم النباتي وما قد ينتج عنه من أخطاء.
- د- أسباب بشرية متعمدة: كإخلاء الغابة بالحريق.
- هـ- أسباب بشرية ثقافية: كالتى نراها اليوم من محاولات حرق الأعشاب الشوكية والنباتات غير المرغوب فيها من حول المنازل والحظائر والمزارع.

و- أسباب بشرية سياحية: كنار الطبخ والتدفئة في وسط الغابة.

هذه الأسباب قد تؤدي لنشوب حريق في غابة الجبل، والحريق قد يقضي على مساحات كبيرة من الغابة، لكن الملاحظ في الوقت الحاضر أن نار الحرائق لا تقضي على كامل غابة الجبل الأخضر دفعة واحدة، بل إن الحريق في الجبل الأخضر يقضي على بقعة من الغابة، والحريق التالي يقضي على بقعة أخرى قد تكون مجاورة أو بعيدة من الأولى.. وهكذا، كالذي نلاحظه في حريق 1942<sup>(1)</sup> في منطقة أسلنطة وجردرس الجراري وسيدي الحمري حتى مشارف الفايدية، وحريق حدث في الستينيات من القرن العشرين؛ إذ تؤكد الدراسة الميدانية من خلال استطلاعات القاطنين بالمنطقة أنه، كما يفيد الحاج (أكرم المبروك)، قضى على أعشاب السفح الجنوبي للجبل بين جردرس الجراري والبلط الواقع في جنوب الجبل، وحريق 1986 في غرب سوسة، وحريق 1996 في منطقة ركاب مسعود في أعالي وادي المهبول، وحريق 1995 الذي امتد من رأس الهلال وحتى كرسة في الشرق، وحريق 2002<sup>(2)</sup> لغابة وادي قرطابلس في أعالي رأس الهلال، وحريق 2003 في قندولة، وكذلك حرائق متعددة أصغر مساحة لاحظها الباحث في منطقة الوسيطة، وشحات، وفي منطقة طلميثة.. وغيرها.

ذلك يعني بأن البقعة من الغابة التي لم تحترق اليوم سيأتيها يوم قد يكون قريب ستحترق به، فمن خلال الملاحظات الميدانية للغطاء النباتي في مختلف نواحي الجبل يبدو أنه

(1)- حدد تاريخ الحريق نوح الجالي من سكان جردرس الجراري.

(2)- حدد تاريخ الحريق فتح الله القبائلي من سكان رأس الهلال.



لا توجد أشجار غابية من بلوط أو سرو أو صنوبر يزيد عمرها عن 100 عام إلا بعض من أشجار زيتون في منطقة غريب، هذا يعني أنه في خلال حوالي 100 عام تقضي الحرائق دورة كاملة على غابة الجبل الأخضر، بحيث تزال كامل أشجار غابة الجبل الأخضر بالحريق في فترة 100 عام، مما يجعل التربة والغطاء النباتي في هذا النظام البيئي تكافحان الخسارة على الدوام من خلال عمليات ومراحل التعاقب الثانوي لنباتات تستقر على مجروفات وركاميات رباعية مجروفة أصلاً من ترب قديمة، أو تستقر على بقايا من ترب تملأ الفجوات الصدعية والفراغات بين الصخرية لتبقى على قيد الحياة على هيئة غابة ماكي لا تتطور عن ذلك في ظل استمرار ظروف معاناتها.

#### التوصيات :

- 1- حتى يتم صيانة وتنمية جيدة ومستدامة للموارد الطبيعية في النظام البيئي للجبل الأخضر يجب العمل على أخذ تدابير حازمة وتطبيق قوانين صارمة لمكافحة افتعال الحرائق في الجبل الأخضر لمساعدة النظام البيئي على تطوره باتجاه طور الذروة وتعقيد الشبكات الغذائية وتحقيق الأمن الغذائي فيه.
- 2- إن وجود ترب رباعية مدفونة سماكتها حوالي 2 متر تشير لوصول غابة الجبل الأخضر لطور الذروة في فترة ما من الحقب الرابع، لذلك نؤكد على أخذ التدابير لحماية هذا النظام حتى يتوجه نحو الذروة دون قطع مسار تطوره.
- 3- إعادة النظر للدراسات الجيومورفولوجية وتعميق الدراسات الباليوجغرافية والبيئية في الجبل الأخضر بالاعتماد على الحصى الجيرية المحروقة المحتفظة بالكربون الناتج عن حرق المادة العضوية وربطها بالغزوات والحروب بتاريخ المنطقة.

- 4- بالاعتماد على الكربون المشع ( $^{14}\text{C}$ ) المحفوظ في الحصى الجيرية المحروقة لإعطاء العمر المطلق للحرائق التي تعرض لها النظام البيئي يتم استقراء تاريخ تدهور النظام البيئي في الجبل الأخضر وفي مناطق أخرى مجاورة لتفادي الأخطار المماثلة مستقبلاً.
- 5- العمل على تعميم هذه النتائج على بحاث الجيولوجيا وعلوم الأرض والبيئة ليستفاد منها في مناطق أخرى من العالم.
- 6- إعطاء الحصى المحروقة في رسوبيات الرباعي اسم (حصى الحنفي) حفظاً لحقوق اكتشافها.

#### ملحق بحثي مهم:

لقد تم الاستدلال في التحريات الميدانية على وجود ترب رباعية مدفونة على الساحل ما بين الحنية والحمامة، وعلى يسار مصب وادي البيضاء إلى الغرب من خليج بيست وإلى الشرق من خليج صيد الأسماك، هذه الترب يزيد سمكها عن 4 م، وهي تبدو مدفونة بوضوح تحت رصيف رملي رباعي أحدث عمراً ومتحجراً يغطي تلك الترب على امتداد عدة مئات من الأمتار وتتراوح مناسبيها ما بين 0 م على الساحل و25 م على التل فوق سطح البحر، صور (من 25 إلى 27).



صورة (25): تربة رباعية مدفونة تحت رصيف رملي رباعي، الموقع ساحل الحمامة-الحنية ما بين خليج بيست وخليج صيد الأسماك، عن الحنفي، الأربعاء 12.02.2014.



صورة (26): سماكة التربة الرباعية المدفونة الظاهرة في الصورة السابقة تحت الرصيف الرملي الرباعي الأحدث في العمر تزيد سماكتها عن 4 م، عن الحنفي، الأربعاء 12.02.2014.



صورة (27): تربة رباعية مدفونة على ساحل خليج صيد الأسماك غرب خليج بيست، لاحظ الرصيف الرملي الصخري الذي يعلو التربة المدفونة التي تعكر موادها مياه أمواج البحر، عن الحنفي، الأربعاء 12.02.2014.

كما تم الاستدلال على نشوب حريق هائل حدث خلال الحقب الرابع في غرب وشمال غرب منقع مسلقون الغربي أدى إلى تغيير لون التربة وصبغ حجارتها باللون الأسود في مساحة تزيد عن 1 كم<sup>2</sup>، ومن المفروض متابعة البحث العلمي في هذه البقعة من الوسيطة لمعرفة ماهية هذا الحريق الضخم الذي حدث في مكونات النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر، وربط أسباب وتاريخ حدوثه بمنقع مسلقون الذي قد يكون ناتج عن سقوط نيازك في هذه المنطقة خلال الحقب الرابع.

## المراجع:

- 1- أمانة اللجنة الشعبية العامة للتخطيط، مصلحة المساحة، طرابلس، خريطة طبوغرافية مقياس 1:50000، لوحة المرج، 1977.
- 2- محمد غازي الحنفي، شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر خلال الحقب الرابع، ندوة الوقاية من الكوارث الطبيعية والتخفيف من آثارها، 23 - 25/03/2006، جامعة قارون، كلية الآداب، قسم الجغرافيا والمركز الوطني للأرصاد الجوية، بنغازي، ليبيا.
- 3- محمد غازي الحنفي، شواهد جيولوجية تبين الأثر الكارثي للحرائق المتكررة على مكونات النظام البيئي الغابي للجبل الأخضر خلال الحقب الرابع، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 13، 2011، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.



## 19- الفصل التاسع عشر

### السبخات الشاطئية

دراسة بيئية لسبخة دريانه في سهل بنغازي . ليبيا  
د. محمد غازي الحنفي و د. عامر مجيد آغا





## 19- الفصل التاسع عشر

### السيخات الشاطئية

دراسة بيئية لسيخة دريانه في سهل بنغازي . ليبيا  
د. محمد غازي الحنفي و د. عامر مجيد آغا

- 1- مقدمة.
- 2- الهدف من الدراسة.
- 3- منهجية الدراسة.
- 4- النتائج والمناقشة.
- 1-4 الموقع الفلكي والجغرافي لسيخة دريانه.
- 2-4 منشأ سيخة دريانه.
- 3-4 مصادر مياه السيخة.
- 1-3-4 مياه الأمطار.
- 4- 2-3 المياه الجوفية القارية.
- 4- 3-3 المياه البحرية.
- 4- 4-3 المياه الجارية.
- 4-4 الخواص الطبوغرافية والمورفو لوجية لحوض سيخة دريانه.
- 4- 1-4 الدراسة الهيسومترية لحوض سيخة دريانه.
- 4- 2-4 الدراسة الهيسومترية لحوض وادي زازا.
- 4- 3-4 الوضع الطبوغرافي لسيخة دريانه.
- 4- 5-4 المناخ.

- 4- 1-5 الحرارة.
- 4- 2-5 الأمطار.
- 4- 3-5 الرطوبة النسبية.
- 4- 4-5 معامل الجفاف أو القيمة الفعلية للأمطار.
- 4- 5-5 معامل الجفاف الشهري.
- 4- 6-4 التربة.
- 4- 1-6 الأس الهيدروجيني pH.
- 4- 2-6 التوصيل الكهربائي Ec.
- 4- 3-6 التحليل الميكانيكي للتربة وتصنيفها بحسب القوام (نسيج التربة).
- 4- 7-4 المياه وتغير نوعيتها في بيئة سبخة دريانه.
- 4- 8-4 الغطاء النباتي.
- أ- مجموعة نباتات الترب الرملية (الكثبان الرملية).
- ب- مجموعة نباتات الترب المالحة.
- 4- 9-4 الحياة الحيوانية.
- 5- المقترحات والتوصيات:
- \*- ملحق الصور:
- 6- المراجع.
- 1-6 المراجع العربية.
- 2-6 المراجع الأجنبية.

## السبخات الشاطئية

## دراسة بيئية لسبخة دريانه - سهل بنغازي - ليبيا

## 1- مقدمة:

تحتل السبخات الشاطئية مساحة لا بأس بها من السواحل الليبية، فهي تتواجد في مناطق سهلية شاطئية ذات مناخ متوسطي شبه جاف، تفصلها في كثير من الأحيان عن البحر تلال صخرية وكثبان رملية شاطئية، وتتمتع ببيئاتها بتنوع كبير في نوعية المياه المتواجدة في مناطق هذه السبخات، مما يعكس تنوعاً ملحوظاً وتغيراً كبيراً في ملوحة الترب، وذلك يترتب عليه تنوعاً حيويًا من الناحية النباتية، هذا التنوع النباتي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بتنوع المياه والترب في بيئات هذه السبخات الشاطئية، الأمر الذي يستدعي اهتماماً علمياً خاصاً ببيئاتها وتنمية مواردها لما لها من أهمية بيئية واقتصادية كبيرة، سواء في التنوع الحيوي أو في مجال استخدامها كمراعي تنمو فيها أنواع نباتية ذات قيمة غذائية جيدة للحيوانات الأليفة والبرية، وأخرى اقتصادية تفيد في تنشيط بعض الصناعات اليدوية المحلية.

من أجل إلقاء الضوء حول أهمية هذه السبخات الشاطئية في غرب وشرق أو في المنطقة الوسطي من الساحل الليبي قام الباحثان بدراسة إحدى هذه السبخات في منطقة سهل بنغازي، وهي سبخة دريانه الممتدة من منطقة جنوب غرب العقورية وحتى مدينة دريانه بطول 23 كم، ومساحة مقدارها 2884 هكتار، والتي تتكون من جزئين هما سبخة بو جرار في الشمال الشرقي وسبخة الكوز في الجنوب الغربي. حيث تناولت هذه الدراسة مصادر

المياه في هذه السبخة واختلاف نوعيتها من الداخل نحو الشاطئ، وما يترتب عليه من تغير في قوام وكيميائية التربة وتنوع ملحوظ في الغطاء النباتي، بالإضافة إلى إبراز دورها كموطن دائم أو مؤقت لبعض أنواع الأحياء البرية، إضافة إلى كونها مصدر للوحدات التكاثرية للأنواع النباتية المحبة للملوحة التي تصلح للاستخدام ضمن مشاريع مكافحة التصحر وخاصة الاستصلاح الحيوي للأرض المالحة وتثبيت الكثبان الرملية.

قلما يطل الإنسان على حيز من الساحل الليبي دون أن تعترضه إحدى السبخات الشاطئية، هذه السبخات المحاذية للبحر من غرب إلى شرق ليبيا رغم كثرتها إلا أن أهميتها البيئية والاقتصادية لم تدرك حتى اليوم، فمن بعض هذه السبخات مثل الملاحه في طرابلس وجليانة في بنغازي ما استثمر قديماً في استخراج ملح الطعام خلال العهدين التركي والإيطالي، واليوم تقتصر أهمية السبخات الاقتصادية على مشروع المجمع الكيماوي بابي كماش (في الغرب) الذي ينتج الملح والكيماويات (بو لقمة والقزيري، 1997)، كما أن أهمية أكثر هذه السبخات محلياً لا تتجاوز صيد بعض الطيور والرعي من قبل الإبل والماعز والأغنام، على الرغم أن الذي يرد هذه السبخات متأملاً حالها يجدها تمثل بيئات خاصة ذات موارد كثيرة، وأهميتها البيئية والاقتصادية قد تفوق أهمية غيرها من الأراضي المستغلة في أغراض التنمية المختلفة، ففي بيئات هذه السبخات يوجد تنوعاً كبيراً للمياه المالحة وعلى نطاق ضيق، يرافقه تنوع في الترب المالحة وغير المالحة والذي يتبعه تغيراً كبيراً في الغطاء النباتي المتلائم مع بيئة السبخات من جهة، ومع المناخ المتوسطي السائد على الشواطئ الجنوبية للبحر الأبيض المتوسط من جهة أخرى. فالترب هنا يغلب عليها التكوين الطيني من جهة

والرمل من جهة أخرى وفي كلتا الحالتين توجد تجمعات نباتية ذات أهمية بيئية كبيرة من حيث التنوع الحيوي الكبير في هذه البيئات المحلية الضيقة، والتي تكتنز الكثير من الصفات الوراثية التي قد تفيد في أمور كثيرة، فعلى سبيل المثال قد يستفاد من إكثار الأنواع النباتية النامية على الرمال في تثبيت الكثبان الرملية الزاحفة بالقرب من السواحل، وكذلك في مكافحة التصحر في مثل هذه المناطق. كذلك قد يستفاد من أنواع أخرى في تشجير المناطق الساحلية المستغلة كمراعي وبالتالي الاستفادة منها في تنمية الثروة الحيوانية على الشواطئ الليبية. إضافة إلى أنه قد يستفاد من بعض الأنواع في الصناعات المحلية والتي قد تروج بعض الصناعات الريفية والتراثية.

إن هذه السبخات بحقيقتها تمثل بيئات تتلاقى فيها المؤثرات القارية مع المؤثرات البحرية، فبالرغم من وجودها على أطراف القارة من جهة، فهي أيضا ملازمة للبحر من جهة أخرى، ولا يفصلها عنه إلا تلال صغيرة تعلوها الكثبان الرملية، فهي تختلف عن البحيرات الشاطئية (لاغونات) المتصلة بالبحر لعدم وجود حياة بحرية فيها كالأسمك مثلا، وذلك راجع لارتفاع ملوحة مياهها نتيجة التبخير، ولأن مياهها غالبا ما تكون ذات أصل مشترك قاري وبحري بنفس الوقت، إضافة إلى مياه الأمطار الساقطة فوقها مباشرة. فتأثيرات القارة تتمثل من حيث تزويدها بالمياه القارية السطحية والجوفية والمواد المنحلة كالأملاح، والناعمة كالطين، وغير ذلك مما تحمله المياه والذي يكون في هذه السبخات أسطحا كتيمة تؤدي إلى تجميع المياه القارية في منخفضات شاطئية متحولة إلى سبخات مع الزمن، ولذلك فأكثر هذه السبخات على ارتباط بيئي بما يجري على القارة من تأثيرات مناخية قارية إما أن تغنيها

بالمياه وإما أن تؤدي إلى جفافها. وبالمقابل يلاحظ أن للمؤثرات البحرية تأثير واضح في بيئة هذه السبخات والتي تؤدي إلى تركيز الكثبان الرملية البحرية على حوافها المطلة على البحر، وقد تؤدي إلى تزويدها بالمياه المالحة عند هيجان الأمواج، وكذلك تزودها بالرطوبة الجوية العالية أثناء فصل الجفاف الصيفي. والذي يجمع هذين الشطرين من المؤثرات هو المناخ السائد على السواحل الليبية والذي بدوره يعد أهم المؤثرات البحرية في تكوين هذه البيئات. ومن خلال تداخل هذه المؤثرات مع بعضها تنتج بيئة سبخية ذات طبيعة خاصة، تحوي ضمن طياتها التنوع الغريب من المياه والترب والتجمعات النباتية والحيوانية.

## 2- الهدف من الدراسة :

تهدف هذه الدراسة إلى إلقاء الضوء حول أهمية السبخات الشاطئية في غرب وشرق والمنطقة الوسطى من سواحل ليبيا، حيث تم اختيار سبخة دريانه كنموذج للدراسة، وقام الباحثان بدراسة بيئية لهذه السبخة الواقعة في شمال شرق سهل بنغازي، ما بين العقورية ودريانه، وذلك لإعطاء لمحة عن موارد هذه البيئات وتنوعها وإمكانية الاستفادة منها في التنمية البيئية الشاملة.

## 3- منهجية الدراسة:

من أجل إتمام هذه الدراسة تم تنفيذ ما يأتي:

- دراسة الموقع الفلكي والجغرافي للسبخة.
- منشأ السبخة.
- مصادر مياه السبخة.

- الخواص الطبوغرافية والمورفولوجية لحوض السبخة: والتي تتضمن دراسة هيبسومترية لحوض السبخة ودراسة هيبسومترية لحوض وادي زازا الذي يعد أهم الأودية في حوض السبخة.

- دراسة المناخ: وتتضمن:

\*الحرارة: وتشمل النظام الحراري والدورة الحرارية السنوية في بيئة السبخة.

\*الأمطار: وتشمل النظام المطري السنوي في بيئة السبخة.

\*الرطوبة النسبية.

\*معامل الجفاف: أو ما يسمى بالقيمة الفعلية للأمطار حسب دي مارتون، وبالاتي تحديد المناخ السائد في بيئة السبخة، وتصنيف مناخ الفصول (الأشهر) على مدار السنة.

- دراسة التربة: وتتضمن:

\*تصنيفها حسب درجة الحموضة (pH).

\*تصنيفها حسب درجة التوصيل الكهربائي (Ec).

\*تصنيفها حسب القوام.

- دراسة المياه: وتتضمن دراسة تغير نوعية المياه في بيئة السبخة وتصنيفها اعتماداً على التوصيل الكهربائي Ec، وعلى قياس تركيز الأملاح في المياه، واعتمد تصنيف التربة والمياه على

المواصفات القياسية المعتمدة من قبل (U.S.D.A). United States Department of Agriculture.

- دراسة النبات الطبيعي: حيث تمت دراسة نباتية لتحديد ماهية المجتمعات النباتية السائدة في مناطق الكثبان الرملية، وكذلك الترب المالحة المحيطة بالسبخة، من خلال عينات مختارة مثلت الجهات الجنوبية والجنوبية الشرقية والشمالية من السبخة.



- الحياة الحيوانية: لقد تم من خلال استبيان حقلي، والمشاهدات الحقلية في أوقات مختلفة من السنة، وكذلك المراجع تحديد بعض أنواع الحيوانات والطيور البرية.

لقد اتبع في هذه الدراسة الأسلوب العلمي من حيث البحث الميداني واختيار عينات التربة والمياه وتحليلها معملياً في مختبرات جامعة عمر المختار. فيما يخص دراسة المناخ اعتمدت هذه الدراسة على البيانات المناخية المدونة في الدراسة الروسية Selkhozprom Exp. للمنطقة الشرقية من ليبيا (1980) وتم تحليل هذه البيانات من قبل الباحثان فيما يخص الدورة الحرارية ومعامل الجفاف لمحنة العقورية.

أما الدراسة الطبوغرافية فقد اعتمدت على التحليل المكتبي والمنهجي ابتداءً من الخريطة الطبوغرافية الصادرة عن مصلحة المساحة بمقياس 1:250000 لسهل بنغازي وباستخدام البلانمتر A.OTT KMPTEN TYPE 30115-No.41207 في حساب المساحات على الخريطة.

#### 4- النتائج والمناقشة:

##### 4-1 - الموقع الفلكي والجغرافي لسبخة دريانه:

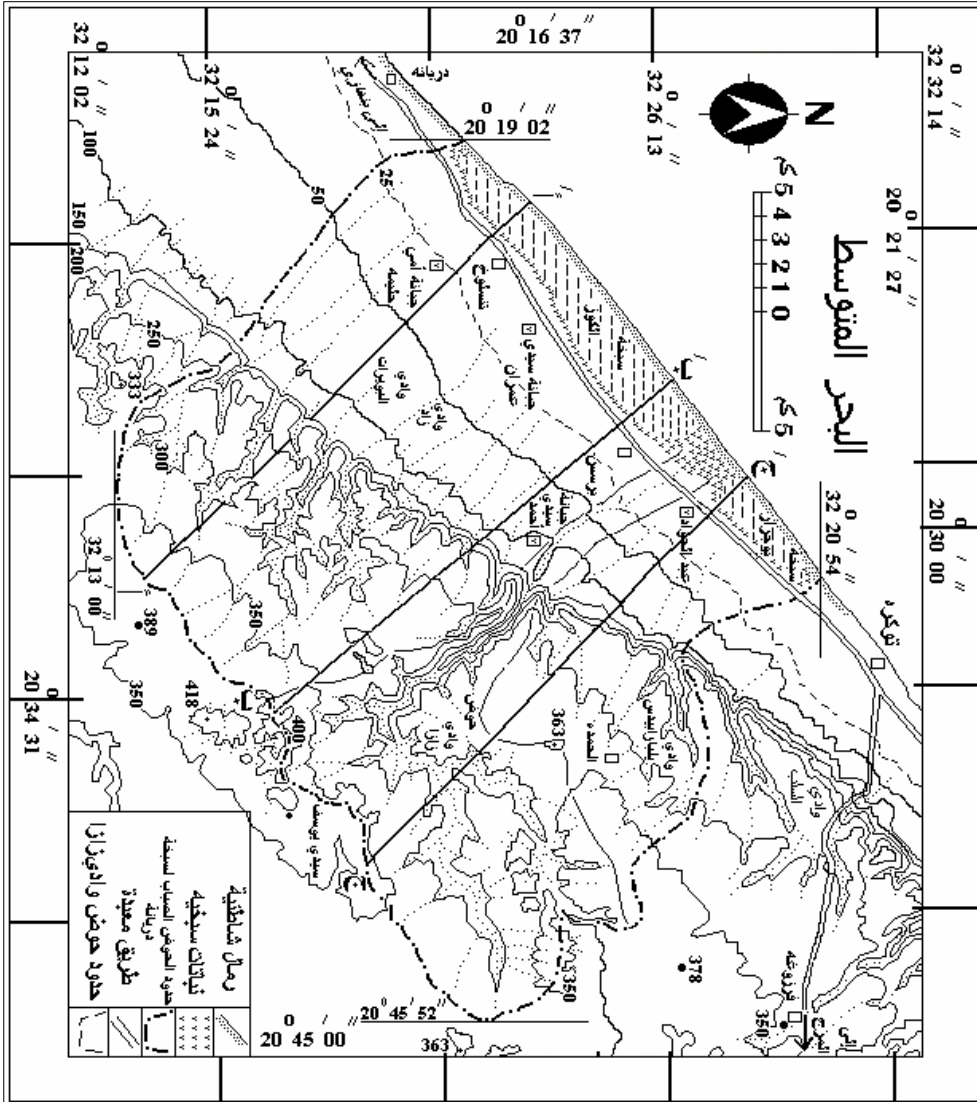
تم تحديد الموقع الفلكي لسبخة دريانه بمساعدة الخريطة الطبوغرافية لسهل بنغازي ذات المقياس 1:250000 والصادرة عن مصلحة المساحة عام 1975، فهي تمتد بين خطي الطول  $20^{\circ}19'21''$  و  $20^{\circ}31'08''$  شرقاً، وبين خطي العرض  $32^{\circ}21'21''$  و  $32^{\circ}29'27''$  شمالاً، تقع السبخة بين مدينتي العقورية ودريانه، مع العلم بأن اتجاه السبخة العام هو شمال شرق - جنوب غرب أي بموازاة شاطئ البحر، فحدودها الشمالية

الشرقية تبدأ على بعد حوالي 5 كم من مدينة العقورية (توكرة) الواقعة في الشمال الشرقي، وحدودها الغربية تنتهي على بعد حوالي 5 كم من مدينة دريانه الواقعة في الجنوب الغربي من السبخة، شكل رقم (1). وهذه السبخة تمثل نهاية امتداد السهل الساحلي عند التلال الشاطئية في شمال شرق سهل بنغازي.

تتكون سبخة دريانه من سبخة بو جرار في الشمال الشرقي وسبخة الكوز في الجنوب الغربي، وتفصل بينهما منطقة جافة (عند قرية المبنى) في السنوات متوسطة وقليلة الأمطار، أما في السنوات المطيرة تتصل السبختان ببعضهما لتكونا سبخة واحدة يصل طولها لحوالي 23 كم، ومساحتها تبلغ حوالي 28.84 كم<sup>2</sup>، أي ما يعادل 2884 هكتار، والجدول رقم (1) يبين أبعاد ومساحات أجزاء سبخة دريانه ومعدل حجم مياه كل من هذه الأجزاء.

جدول رقم (1): أبعاد ومساحات أجزاء سبخة دريانه، وحجم المياه المتجمعة في السبخة اعتماداً على متوسط هطول الأمطار والبالغ 311.2 ملم/سنة، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية.

أجزاء سبخة دريانه	الطول (كم)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	العرض الوسطي (كم)	المساحة (هكتار)	حجم المياه (م <sup>3</sup> )
سبخة بو جرار	5.75	7.8	1.3575	780	2400060
سبخة الكوز	14.75	18.44	1.25	1844	5673988
الجزء الجاف	2.5	2.6	1.04	260	800020
المجموع الكلي	23	28.84	1.254	2884	8874068
السبختين بدون الجزء الجاف	20.5	26.24	1.28	2624	8074048



شكل رقم (1): موقع سبخة دريانه الفلكي والجغرافي، وحدود الحوض الصباب للسبخة كذلك حدود حوض وادي زازا. بالإضافة إلى المقاطع الطبوغرافية 'ا' ، ب' ج' و'ج' ، من عمل الباحثين بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية.

يفصل سبخة دريانه عن البحر تلال صخرية مغطاة بكثبان رملية يصل ارتفاعها لحوالي 8 أمتار فوق مستوى سطح البحر، عرض هذه التلال يتراوح من 300 م وحتى 1 كم في الجهة الجنوبية الغربية. هذه التلال تتخللها بعض المناطق المنخفضة والتي تشكل أحياناً ممرات مائية (كانت في الأغلب مصبات لأودية قديمة في البحر) منسوبها أعلى من منسوب أرض السبخة بحوالي 1.5م، بحيث تؤدي بعض أمواج البحر العاتية إلى وصول قسم من مياهها للسبخة عن طريق التسرب عبر الرمال الشاطئية لهذه الممرات، وفي سبخة الكوز يلاحظ أن مياه هذه الأمواج تتسرب من تحت كثبان الرمال الشاطئية لتظهر جارية نحو السبخة، صورة (1).

#### 4-2 منشأ سبخة دريانه:

تعد سبخة دريانه مصب لعديد من الأودية التي تنحدر من الحافة الغربية للجبل الأخضر عبر جروف شديدة الانحدار مختترقة السهل الساحلي حتى تصب في السبخة، من هذه الأودية وادي أمريغان ووادي برسس ووادي زازا، هذا الوادي الأخير الذي يعد أهم الأودية التي تصب في السبخة قد فقد أهميته في السنوات الأخيرة كمصدر لتغذية السبخة بالمياه القارية وذلك بعد إقامة سد في أعالي السهل الساحلي. هذه الأودية ساهمت بما تحمله من مياه ومواد ناعمة قارية (سيلت وطين) في السنوات المطيرة أن تكون بحيرة شاطئية ضحلة في أرض منخفضة عما يجاورها موازية للبحر.

إن المواد الناعمة المتراكمة في أرض السبخة من سيلت وطين بالإضافة للأملاح المتراكمة نتيجة التبخر جعلت من أرض السبخة سطحاً كثيفاً يمنع تسرب الماء إلى الأسفل،

بحيث يساهم التساقط المباشر للأمطار فوق سطح السبخة في ارتفاع منسوب مياهها وزيادة اتساعها على الأراضي المجاورة لها، وبمرور الزمن وبتوالي تجمع المياه والمواد الناعمة وتراكم الأملاح في هذه المنطقة حولتها إلى سبخة تتجمع فيها المياه في الأشهر الرطبة، وتجف السبخة تماماً في الأشهر الجافة من السنة، وتزهو الأملاح في وسطها طيلة أشهر الصيف. إن جفاف السبخة تماماً في فصل الصيف هو دليل على أن مصدر نشوء هذه السبخة هو قاري وليس بحري؛ إذ أنه لو كان مصدر نشوئها بحرياً لما جفت مياهها في فصل الصيف، وبذلك يتبين أن منسوب أرض السبخة أعلى من منسوب سطح البحر، رغم كل ذلك فإنه من الناحية العملية لا يمكن أن يذكر أن بعض صفات البحيرات الساحلية (لاغونات) تكاد تنطبق على سبخة دريانه، فهناك الكثبان الرملية الشاطئية الموازية للساحل، والممرات المائية التي تصل البحر بالسبخة كما ذكر سابقاً، وكذلك بعض بقايا الإشنيات والطحالب والأصداف البحرية التي تظهر بين الحين والآخر في أنحاء متفرقة من السبخة، صور (2 و3 و4).

#### 3-4 مصادر مياه السبخة:

##### 1-3-4 مياه الأمطار:

تعد مياه الأمطار التي تسقط مباشرةً فوق سطح السبخة المصدر الرئيس لمياه السبخة في السنوات متوسطة وقليلة الأمطار. ومن خلال دراسة معدلات الأمطار لمخطة العقورية القريبة من السبخة يتبين بأن معدلات الأمطار السنوية فيها تساوي 311.2 ملم/ سنة وذلك خلال فترة 12 سنة تمتد من 1929 إلى 1940 (Selkhozprom Exp.).

وأنها بلغت 305.7 ملم /سنة وذلك خلال فترة 23 سنة تمتد من 1956 إلى 1978 (Selkhozprom Exp.) وبناءً عليه فإن متوسط الأمطار السنوي في العقورية هو بحدود 307.6 ملم/ سنة وذلك خلال الفترتين المتضمنتين 35 سنة (غير مستمرة). هذا يعني أن متوسط حجم المياه الساقطة فوق السبخة تقدر بحوالي 8.87 مليون متر مكعب/ سنة. منها 2.4 مليون متر مكعب تمثل مياه سبخة بو جرار، 5.67 مليون متر مكعب/ سنة تمثل مياه سبخة الكوز، جدول (1). هذه المياه تجف مع حلول فصل الصيف، إذ تجف السبخة تماماً ويلاحظ تزهير الأملاح في وسطها، صور (1 و 2 و 3 و 4). إن أعرق نقطة للمياه في سبخة الكوز تبلغ 48 سم (شهر 3/1998) وهي تساوي 42 سم في سبخة بو جرار، مع العلم بأن الارتفاع الوسطى لمياه السبختين لا يتجاوز 30 سم.

#### 4-3-2. المياه الجوفية القارية:

إن منسوب المياه في سبخة دربانة يمثل منسوب المياه الجوفية في المنطقة، مع العلم بأن الميل الهيدروليكي لمستوى المياه الجوفية من الداخل باتجاه السبخة يساهم بتزويد السبخة بالمياه العذبة التي تختلط بالمياه المالحة عند اقترابها من منطقة السبخة، وجدير بالذكر وجود عين طبيعية عند مصب وادي أمريغان في سبخة بو جرار. إن تغذية المياه الجوفية للسبخة يتم في الشتاء فقط، أما في الصيف وعند هبوط منسوب مياه السبخة وجفافها فلا يبقى للمياه الجوفية أي تأثير يذكر في مياه السبخة، والمياه الجوفية، التي يكون منسوبها أخفض من أرضية السبخة في هذا الفصل، تصرف بالسبخة عن طريق التبخر نتيجة وصولها إلى سطح تربة السبخة عن طريق الخاصة الشعرية. إن منسوب المياه الجوفية ما بين الشتاء والصيف في بئر

بو جرار يتراوح ما بين 1.1م في الشتاء إلى 1.52م في الصيف من سطح الأرض، أي يتأرجح بمقدار 42 سم.

#### 3-3-4 المياه البحرية:

تنزود السبخة بالمياه البحرية عن طريق ممرات رملية تقطع التلال الشاطئية، حيث تنساب مياه البحر نحو السبخة خلال رمال هذه الممرات في أوقات المد البحري والأمواج العاتية وقد استطاع الباحثان تمييز خمسة ممرات يتراوح عرضها ما بين 50م و 200 م، صورة (1)، بالإضافة إلى تسرب مياه الأمواج العالية من تحت الكثبان الرملية إلى سبخة الكوز في جهاتها الشمالية الشرقية.

#### 4-3-4 المياه الجارية:

تنزود السبخة بالمياه السطحية الجارية من الوديان التي تنحدر من الجهة الشمالية الغربية للجبل الأخضر، والتي تمثل الحوض الصباب للسبخة، وذلك في السنوات المطيرة عندما تحدث عواصف مطرية ذات شدة مطرية كبيرة تؤدي لحدوث جريان سطحي في تلك الأودية، ويلاحظ في الوديان التي تعبر الطريق العامة (المرج - بنغازي) آثار جريان مياه في هذه الأودية، ولكن بكميات قليلة بعد العواصف المطرية، كما هو الحال في عام 1998 و1999. إن هذه الأودية تلعب دوراً مهماً في تزويد السبخة بالمياه القارية في السنوات المطيرة وارتفاع منسوب مياهها على المناطق المجاورة، إن مياه الأودية عندما تصب في السبخة تجعل مياهها عكرة، وتدوم عكورة مياه السبخة لفترة قد تزيد عن شهرين لحين ترقيد الرسوبيات، هذه العكارة هي الدليل على وصول الجريان السطحي للسبخة، وهي التي تميز مصدر المياه

الجارية عن بقية مصادر مياه السبخة، لذلك تناولت هذه الدراسة الخواص الطبوغرافية والمورفولوجية للحوض الصباب لسبخة دريانه ولحوض وادي زازا.

#### 4-4 الخواص الطبوغرافية والمورفو لوجية لحوض سبخة دريانه:

إن المياه القارية الجارية السطحية (والجوفية) التي تصل لسبخة دريانه تأتيها من حوض تجميع المطر البالغة مساحته 637 كم<sup>2</sup> (محسوبة بوساطة البلانيمتر من الخريطة المذكورة سابقاً، شكل رقم (1)). حيث تبلغ أعلى نقطة ارتفاع في هذا الحوض 410م في منطقة سيدي يوسف (من الدرجة الأولى من الجبل الأخضر) الواقعة في الجهة الجنوبية الشرقية من السبخة، وأقل نقطة ارتفاع تمثل شاطئ البحر عند المنسوب صفر م. يمتد هذا الحوض بين خطي الطول  $20^{\circ}19'02''$  و  $20^{\circ}43'52''$  شرقاً، و بين خطي العرض  $32^{\circ}13'00''$  و  $32^{\circ}20'54''$  شمالاً. ويستقبل معدلاً سنوياً من الأمطار يعادل 200 مليون م<sup>3</sup>.

من أجل توضيح تغير معالم السطح من الجبل باتجاه السهل ومروراً بالسبخة حتى شاطئ البحر تم رسم خطوط التسوية بفارق 50 م بين كل خطي كنتور، إضافة إلى رسم خط الكنتور 25م على هيئة خط متقطع لبيان كيفية تدرج ميل السهل ناحية السبخة. كما تم رسم ثلاث مقاطع طبوغرافية تبدأ من خط تقسيم المياه للحوض وتنتهي عند الشاطئ، واتجاهها العام شمال غرب - جنوب شرق هي 'ا' ، 'ب' ، 'ج' ، ج' موقعة على الخريطة المذكورة (شكل رقم 1) وتوضحها الأشكال (2، 3، 4)، إذ يظهر في هذه الأشكال تغير المعالم الطبوغرافية الغربية للمصطبة الأولى من الدرجة الأولى للجبل ذات الميل اللطيف والتي



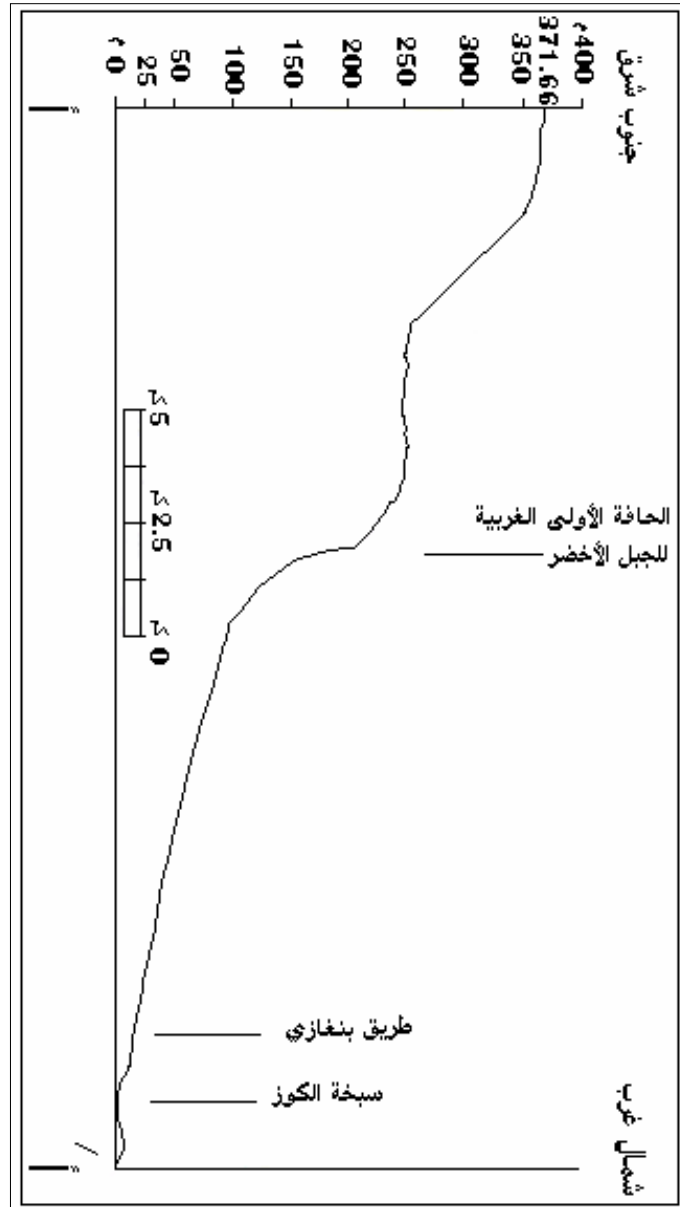
تنتهي عند ارتفاع 250 م. إذ يتراوح الميل الطبوغرافي لها بين 13.94م/كم في المقطع ا' ا' في الجنوب الغربي للحوض، و13.67 م /كم في المقطع ب ب' في وسط الحوض، و7.27م/كم في المقطع ج ج' في الشمال الشرقي للحوض.

ما بين ارتفاع 250م و100 م فوق سطح البحر تظهر على هذه المقاطع معالم الحافة الأولى، من الدرجة الأولى، للجبل مطلة على السهل بميل يتراوح ما بين 60 م /كم في الجهة الجنوبية الغربية أي في المقطع ا' ا'، وحوالي 107 م/كم في المقطع ب ب'، وحوالي 93.75 م/كم في شمال شرق الحوض. كما أن معالم السهل الساحلي الذي يبدأ عند ارتفاع 100م وينتهي بشاطئ البحر يتراوح الميل فيه ما بين 8.3 م/كم في الجهة الجنوبية الغربية للحوض و 9.8 م/كم في الوسط و 9.52 م/كم في شمال شرق الحوض.

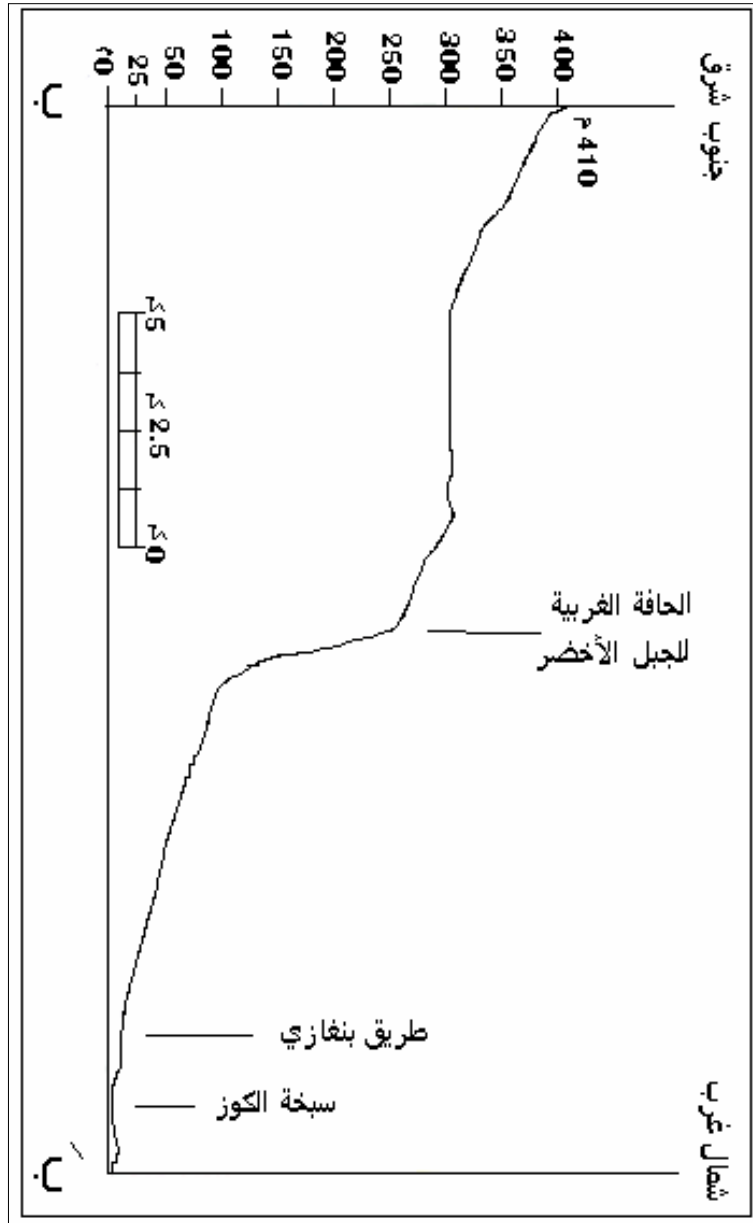
في منطقة السبخة يقل ميل السهل الساحلي كلما تم الاقتراب من السبخة حيث يتراوح الميل في القطاع 0 - 25 م ما بين 6.25 م/كم في الجنوب الغربي، و5.38 م/كم في الشمال الشرقي للحوض، والجدول رقم (2) الآتي يبين كيفية تغير الميول الطبوغرافية للحوض حسب المقاطع المذكورة أعلاه. إن وجود التلال الشاطئية والمغطاة بالكتبان الرملية يؤدي إلى حجز مياه الحوض ضمن المنطقة المنخفضة المكونة للسبخة، صورة (6).

جدول رقم (2): تغير المعالم الطبوغرافية (الميل بوحدة م/كم) لحوض سبخة دريانه حسب المقاطع الطبوغرافية، من عمل الباحثين.

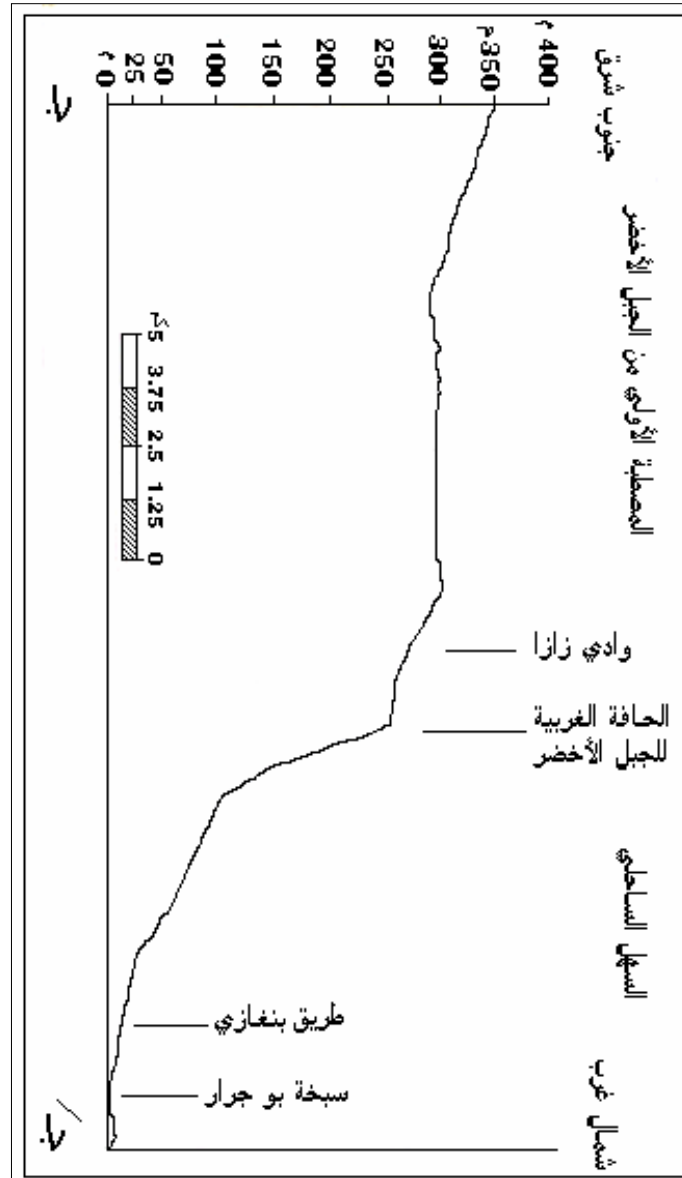
المقطع ج ج' 0 - 350 م (م/م)	المقطع ب ب' 0 - 410 م (م/م)	المقطع ا ا' 0 - 372 م (م/م)	التضرس (م)	القطاع من الحوض
7.27	13.67	13.94	250 - 410	السهل العلوي (المصطبة الأولى)
93.75	107	60	100 - 250	الحافة الأولى للجبل
9.52	9.8	8.3	0 - 100	السهل الساحلي (السهل السفلي)
5.38	5.83	6.25	0 - 25	نطاق السبخة



شكل رقم (2): المقطع الطبوغرافي 11 في حوض سبخة دريانه (الجهة الجنوبية الغربية)، من عمل الباحثين.



شكل رقم (3): المقطع الطبوغرافي ب ب' في وسط حوض سبخة دريانه، من عمل الباحثين.



شكل رقم (4): المقطع الطبوغرافي ج ج ا في حوض سبخة دريانه (الجهة الشمالية الشرقية) ، من عمل الباحثين.

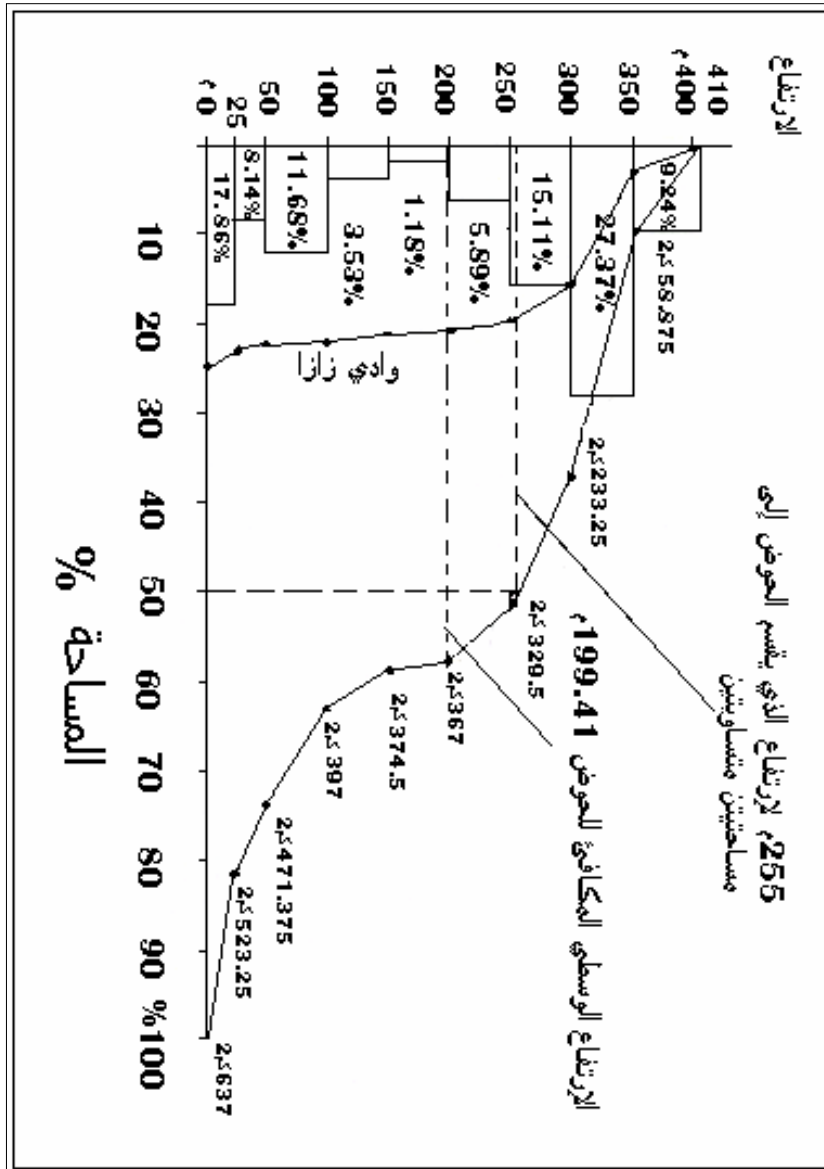
من أجل معرفة أهمية الحوض الصباب في تغذية السبخة بالمياه القارية تطلب هذا البحث دراسة هيسومترية للحوض الصباب للسبخة، وكذلك دراسة هيسومترية لحوض وادي زازا، الذي يعد أهم الأودية في حوض السبخة، والذي تبلغ مساحته 154.19 كم<sup>2</sup> أي حوالي 24.2% من مساحة الحوض الصباب للسبخة، شكل (5). هذه الدراسة تبين كيفية توزيع المساحات مع الارتفاع ومدى مساهمة كل قطاع من المساحة بتزويد السبخة بالمياه الجارية، وبذلك فقد تم تقسيم كل حوض إلى 9 قطاعات بفارق رأسي مقداره 50 متر لكل قطاع ما عدا القطاع الأخير 0-50م فقد تم تقسيمه لقطاعين 0-25م و25-50م، والقطاع الأول بفارق رأسي مقداره 60م أي ما بين 350-410 م. بالإضافة إلى أنه تم حساب الارتفاع المتوسط لكل حوض على حده كما هو موضح بالجدولين (3 و4).

#### 1.4.4. الدراسة الهيسومترية لحوض سبخة دربانة:

من خلال توقيع المساحة التراكمية للقطاعات بالنسبة المئوية على محور س، وارتفاع القطاعات على محور ص، يظهر لنا المنحنى الهيسومتري للحوض والذي تتوضح عليه المساحات التراكمية، بالإضافة لتوضيح النسبة المئوية لكل قطاع على حده مقابل محور الصادات، وقيمتها ضمن مستطيل يتناسب والنسبة المئوية لمساحة القطاع، جدول (3)، وشكل (5).

جدول رقم (3): بيانات حساب الارتفاع المتوسط للحوض الصباب لسبخة دريانه وكذلك توزيع المساحات بحسب الارتفاع، من عمل الباحثين.

المساحة التراكمية (م <sup>2</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة (%)	المساحة (م <sup>2</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة (ملم <sup>2</sup> )	المتوسط الحسابي للارتفاع (م)	فرق الارتفاع (م)	القطاع
58.875	9.24	58.875	942	380	350-410	1
233.25	27.37	174.375	2790	325	300-350	2
329.5	15.11	96.25	1540	275	250-300	3
367	5.89	37.5	600	225	200-250	4
374.5	1.18	7.5	120	175	150-200	5
397	3.53	22.5	360	125	100-150	6
471.375	11.68	74.375	1190	75	50-100	7
523.25	8.14	51.875	830	37.5	25-50	8
637	17.86	113.75	1820	12.5	0-25	9
637	100	637	10192	205	0-410	المجموع
الارتفاع المتوسط المكافئ (م)	الحجم التراكمي (م <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )	الحجم (م <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة التراكمية (%)	فرق الارتفاع (م)	القطاع	
380	22372.5	22372.5	9.24	350-410	1	
338.9	79044.375	56671.875	36.61	300-350	2	
320.2	105513.125	3648.75	51.72	250-300	3	
310.49	113950.625	8437.5	57.61	200-250	4	
307.78	115263.125	1312.5	58.79	150-200	5	
297.42	118075.625	2812.5	62.32	100-150	6	
262.33	123653.75	5578.125	74	50-100	7	
240.04	125599.0625	1945.3125	82.14	25-50	8	
199.41	127020.9375	1421.875	100	0-25	9	
199.41	127020.9375	127020.9375	100	0-410	المجموع	



شكل رقم (5): منحنى توزيع المساحات مع الارتفاع بحوض سبخة دريانه، موضعا عليه المنحنى الهيبسومتري لحوض وادي زازا، والارتفاع المتوسط المكافئ للحوض (199.41 م)، ومنسوب الارتفاع (255 م) الذي يقسم الحوض لمساحتين متساويتين، من عمل الباحثين.



- من خلال ملاحظة القيم المبينة في الجدول (3) والمنحنى الهيسومتري الموضح في الشكل (5) لحوض سبخة دريانه تستنتج الملاحظات الآتية:
- أ- يستأثر القطاع 300-350م بأكبر قدر من مساحة الحوض والتي بلغت 174.375 كم<sup>2</sup>، أي ما يعادل نسبة قدرها 27.37% من المساحة الإجمالية للحوض.
- ب- إن أقل قيمة للمساحة يمتلكها القطاع 150-200م والتي بلغت 7.5 كم<sup>2</sup>، أي ما يعادل نسبة قدرها 1.18% فقط من مساحة الحوض.
- ج- إن المنحنى الهيسومتري يأخذ شكل المقطع الطوبوغرافي لحوض السبخة أي أنه يكون قليل الانحدار ما بين 410 و 250 م ثم ينحدر بشدة عند القطاعات 100-250م بسبب صغر نسب مساحات هذه القطاعات.
- د- إن القطاع 0-50م من السهل السفلي للحوض يستأثر بحوالي 26% من المساحة الإجمالية، منها 17.86% أي حوالي 113.75 كم<sup>2</sup> ضمن القطاع 0-25م، وبذلك فإن السبخة تشكل ما نسبته 25.4% من مساحة هذا القطاع أي حوالي 4.52% من مساحة الحوض ككل.
- هـ- إن متوسط ارتفاع الحوض المحسوب من الجدول (3) يساوي 199.41 م وبالتالي فالحوض غير متناظر، إذ أن حوالي 57.61% من مساحة الحوض تقع فوق هذا الارتفاع.
- و- من المنحنى الهيسومتري يظهر أن الارتفاع الذي يشطر الحوض لمساحتين متساويتين تبلغ قيمته 255م أي أن نصف مساحة الحوض تقع فوق هذا الارتفاع، وذلك ما يعزز وضع السبخة المائي؛ لأن تغذية السبخة بالجريان السطحي تكون أكبر كلما زادت نسبة

التضاريس المرتفعة بالحوض. وهذا ما يؤكد على الواقع كثرة الأودية الخانقية التي تحترق الحافة الغربية للجبل الأخضر والتي من أهمها وادي زازا.

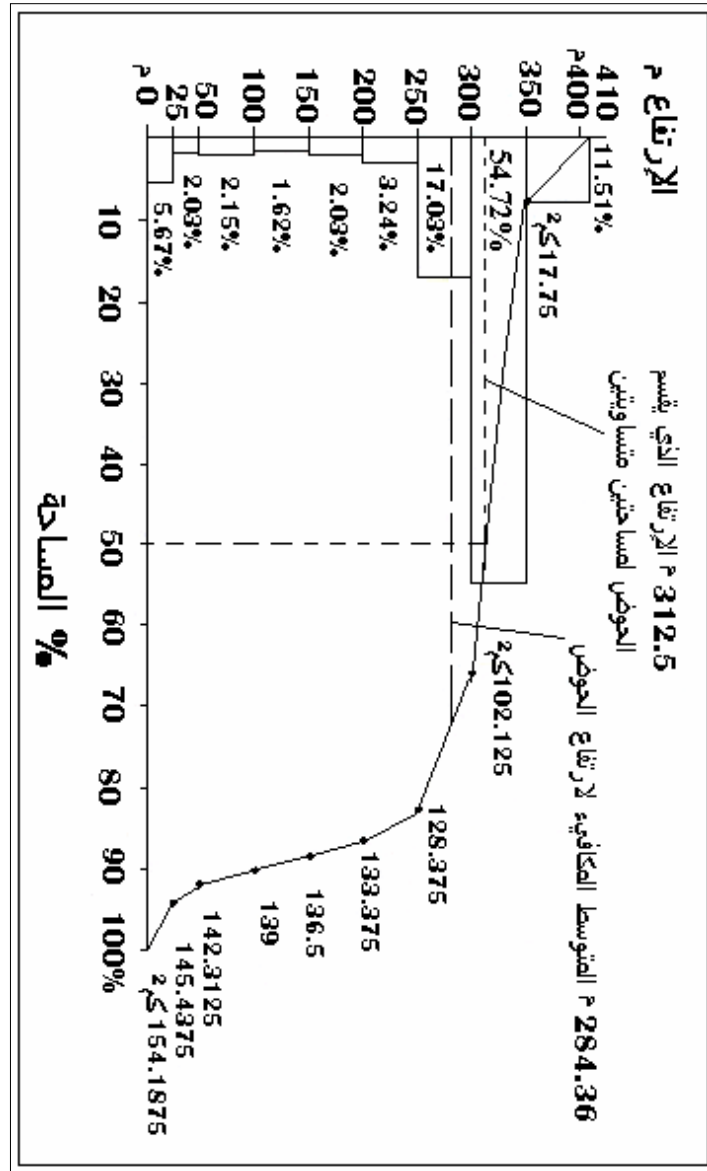
#### 2.4.4 . الدراسة الهيسومترية لحوض وادي زازا:

من ملاحظة الجدول رقم (4) والشكل رقم (6) يمكن استنتاج الملاحظات الآتية:

أ- إن القطاعات العليا من حوض هذا الوادي تستأثر بالنسب الكبيرة من مساحة الحوض، فمساحة القطاع 300-350م تستأثر بأكثر من نصف مساحة الحوض، إذ تبلغ 84.375 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 54.72%، وبذلك فإن حوالي 79.26% من مساحة وادي زازا تقع على المصطبة الأولى للجبل الأخضر أي ما بين 410م و250 م. أما بقية القطاعات في هذا الحوض فلا تشكل إلا نسباً صغيرة من المساحة فهي تتراوح ما بين 1.62% للقطاع 100-150 م، و 7.7% للقطاع 50-0 م. إن صغر مساحات هذه القطاعات راجع لصغر عرض حوض الوادي نتيجة شدة ميله اعتباراً من حافة الجبل مروراً بالسهل، كما أن الكبر النسبي للقطاع السفلي من الوادي (50-0م) يرجع إلى قلة ميل هذا القطاع، أي إلى كبر طول الوادي ضمن هذا القطاع وخاصة ضمن القطاع (25-0م) والذي تبلغ نسبته 5.67%.

جدول رقم (4): حساب متوسط ارتفاع حوض وادي زازا، ما بين صفر و 410 م، كذلك توزيع المساحات لهذا الحوض بحسب الارتفاع، من عمل الباحثين.

المساحة التراكمية (م <sup>2</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة (%)	المساحة (م <sup>2</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة (ملم <sup>2</sup> )	المتوسط الحسابي للارتفاع (م)	فرق الارتفاع (م)	القطاع
17.75	11.51	17.75	284	380	350-410	1
102.125	54.72	84.375	1350	325	300-350	2
128.375	17.03	26.25	420	275	250-300	3
133.375	3.24	5	80	225	200-250	4
136.5	2.03	3.125	50	175	150-200	5
139	1.62	2.5	40	125	100-150	6
142.3125	2.15	3.3125	53	75	50-100	7
145.4375	2.03	3.125	50	37.5	25-50	8
154.1875	5.67	8.75	140	12.5	0-25	9
154.1875	100	145.1875	2467	205	0-410	المجموع
الارتفاع المتوسط المكافئ (م)	الحجم التراكمي (م <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )	الحجم (م <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )	المساحة التراكمية (%)	المتوسط الحسابي للارتفاع (م)	فرق الارتفاع (م)	القطاع
380	6745	6745	11.51	380	350-410	1
334.559	34166.875	27421.875	66.23	325	300-350	2
322.38	41385.625	7218.75	83.26	275	250-300	3
318.73	42510.625	1125	86.5	225	200-250	4
315.439	43057.5	564.875	88.53	175	150-200	5
312.01	43370	312.5	90.15	125	100-150	6
306.49	43618.4375	248.4375	92.3	75	50-100	7
300.717	43735.625	117.1875	94.33	37.5	25-50	8
284.36	43845	109.375	100	12.5	0-25	9
284.36	43845	43845	100	205	0-410	المجموع



شكل رقم (6): منحنى توزيع المساحات مع الارتفاع بحوض وادي زازا، والارتفاع المتوسط المكافئ للحوض (284.36م)، ومنسوب الارتفاع (312.5 م) الذي يقسم الحوض لمساحتين متساويتين، من عمل الباحثين.

ب- إن متوسط ارتفاع حوض وادي زازا المبين في الجدول (4) يبلغ 284.36م، وهذا هو السبب في عدم تناسب المنحنى الهيسوممترى لهذا الحوض نتيجة بعده عن التناظر، شكل (6)، وذلك ناتج عن كبر المساحات التي تحتلها الأجزاء العليا من الحوض، وهذا ما يعزز وضعه المائي كما تم توضيحه سابقاً.

ج- إن الارتفاع الذي يقسم الحوض لشطرين متساويين يبلغ 312.5م، وهذا من الأسباب التي تجعل وادي زازا أهم الأودية في حوض السبخة، إذ تستقبل المساحات العليا من هذا الحوض كميات لا بأس بها من الأمطار التي تؤدي إلى نشوء الجريان في هذا الوادي. د. إن متوسط ارتفاع حوض وادي زازا أكبر من متوسط ارتفاع حوض السبخة ككل، وذلك يرجع إلى أن وادي زازا يستأثر بأغلب المناطق الهضبية المرتفعة لحوض السبخة ولم يدخل في حسابه إلا القليل من المناطق السهلية قليلة الارتفاع.

إن مياه هذه الأودية يرشح قسم كبير منها في السهل الساحلي، البالغة مساحته 240 كم<sup>2</sup> أي حوالي 37.68% من مساحة حوض السبخة، والتي ينصرف قسم كبير منها في السبخة عن طريق الخاصة الشعرية والتبخر، وقسم قليل من هذه المياه الجارية يصل مباشرة إلى السبخة عند مصبات هذه الأودية حاملاً معه المواد الناعمة و الأملاح المنحلة ليرسبها في أرض السبخة.

#### 4-4-3 الوضع الطبوغرافي لسبخة دريانة:

إن الميل في السبخة نفسها غير متناظر، ففي الجهات الجنوبية منها يكون الميل من الداخل (جانب السهل الساحلي) باتجاه وسط السبخة مساوياً 0.06% في سبخة بو جرار،

و 0.07% في سبخة الكوز. أما الميل من الشمال (جانب الشاطئ) باتجاه وسط السبخة يساوي 0.01% فقط، وبالتالي عند انحسار مياه السبخة تتركز الأملاح وتتركز في الجزء الأقل ارتفاعاً والأقرب من حوافها الشمالية، الصورتان (1 و 3).

#### 5-4 المناخ:

تخضع منطقة سبخة دريانه الشاطئية، الواقعة على خط عرض  $32^{\circ}$ ، للمناخ المتوسطي شبه الجاف السائد في المنطقة الشاطئية لسهل بنغازي، وبمساعدة معطيات محطة العقورية المناخية يظهر أن المناخ في هذه المنطقة يبدو حسب علاقة دي مارتون شبه رطب كما تبينه الدراسة المناخية الآتية، جدول (5).

#### 1-5-4 الحرارة:

يوضح الشكل رقم (7) النظام الحراري لمحطة العقورية القريبة من السبخة وذلك خلال فترة الرصد الممتدة من 1929 وحتى 1940 (Selkhozprom Exp.)، إذ تنخفض درجات الحرارة الوسطية الشهرية في فصل الشتاء لتصل لأقل معدل لها في شهر يناير (1)، حيث تبلغ  $14^{\circ}\text{م}$ ، كما ترتفع في فصل الصيف لتبلغ أعلى قيمة لها في شهر أغسطس (8)، حيث تبلغ  $25.8^{\circ}\text{م}$ ، وبناءً على متوسطات درجات الحرارة الشهرية فإن متوسط درجة الحرارة السنوية للمنطقة يساوي  $20.1^{\circ}\text{م}$ . إن متوسط درجات الحرارة العظمى تتراوح ما بين  $17.8^{\circ}\text{م}$  في شهر يناير و  $29.3^{\circ}\text{م}$  في شهر أغسطس. كذلك تصادف أقل قيمة لمتوسط درجات الحرارة الدنيا في شهري يناير وفبراير إذ تبلغ  $10.3^{\circ}\text{م}$ ، وتبلغ أعلى قيمة لها في شهر (8) أيضاً، إذ تبلغ  $22.3^{\circ}\text{م}$ .

من خلال ذلك يتبين أن المدى الحراري اليومي وهو الفرق ما بين متوسط درجات الحرارة العظمى والدنيا يتراوح ما بين 7°م في شهر أغسطس و10.4°م في شهر أبريل، وبناءً عليه فتغير المدى الحراري اليومي في هذا المناخ الساحلي لا يتجاوز 4°م كما توضحه الدورة الحرارية لمحطة العقورية، شكل (8).

#### 4-5-2 الأمطار:

تخضع منطقة السبخة لنظام الأمطار المتوسطي، شكل (9). حيث تصادف الأمطار الأشهر الباردة من السنة وتبلغ ذروتها في شهر (12)، إذ تبلغ 80.5 ملم، وفي شهر (1) تبلغ 79ملم، وتتناقص كمياتها في الأشهر الحارة من السنة حتى تنقطع تماماً في أشهر الصيف كما هو الحال في شهر (7)، إن قيمة الأمطار السنوية في هذه المنطقة بحدود 310 ملم.

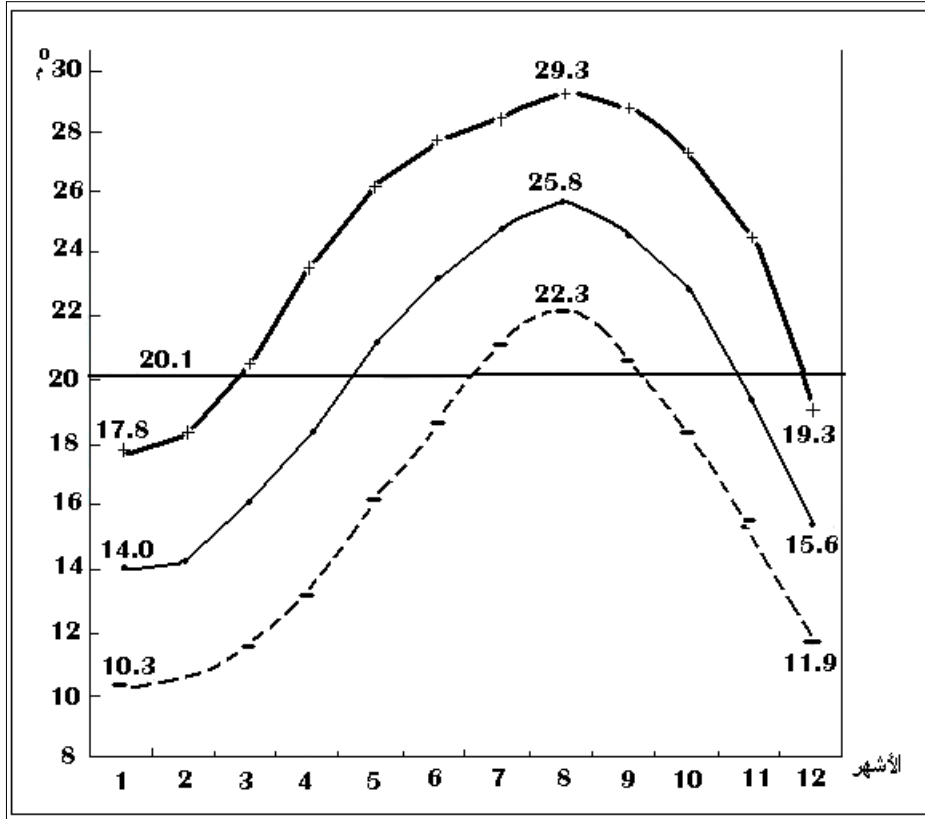
#### 4-5-3 الرطوبة النسبية:

إن معدلات الرطوبة النسبية لا تعاني من تغيرات شهرية كبيرة، شكل رقم (9)، فهي تتراوح ما بين 57% في شهر (4)، حيث يرتفع المدى الحراري اليومي، و70% في شهري (7 و8) وذلك لقرب البحر وشدة التبخر الصيفي نتيجة ارتفاع درجات الحرارة.

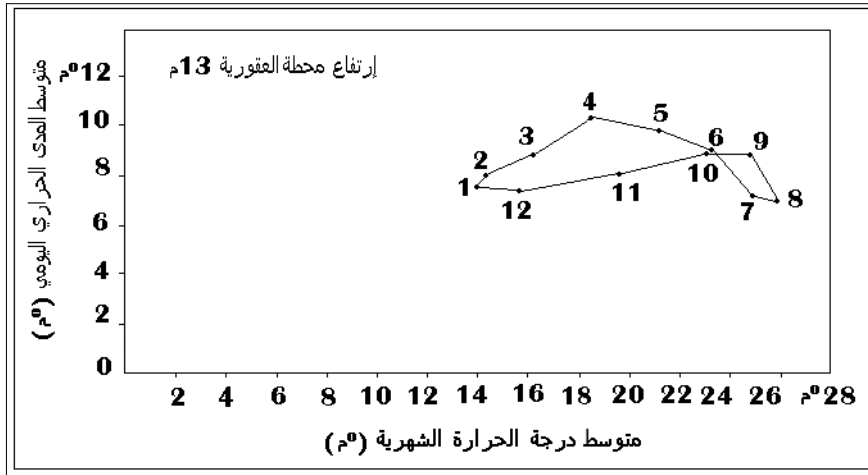
جدول رقم (5): بعض البيانات المناخية لمحطة العقورية المحاذية لسبخة دريانه خلال فترة الرصد لسلسلة 12 سنة تمتد من 1929 حتى 1940، من عمل الباحثين.

	6	5	4	3	2	1	الأشهر
	23.3	21.3	18.5	16.2	14.3	14.0	متوسط درجة الحرارة $\frac{M + m}{2}$
	27.8	26.3	23.7	20.6	18.3	17.8	متوسط درجة الحرارة العظمى M
	18.8	16.4	13.3	11.7	10.3	10.3	متوسط درجة الحرارة الصغرى m
	9.0	9.9	10.4	8.9	8.0	7.5	المدى الحراري اليومي M-m
	0.1	2.8	9.4	25.7	41.8	79.0	الأمطار P
	67	65	57	62	65	66	الرطوبة النسبية RH
	0.03	1.1	3.9	11.7	20.6	39.5	معامل الجفاف (a <sub>i</sub> ، a)
السنوي	12	11	10	9	8	7	الأشهر
(م <sup>0</sup> ) 20.1	15.6	19.6	23.1	24.8	25.8	24.9	متوسط درجة الحرارة $\frac{M + m}{2}$
(م <sup>0</sup> ) 24.3	19.3	23.7	27.5	28.9	29.3	28.5	متوسط درجة الحرارة العظمى M
(م <sup>0</sup> ) 15.8	11.9	15.6	18.6	20.8	22.3	21.3	متوسط درجة الحرارة الصغرى m
(م <sup>0</sup> ) 8.4	7.4	8.1	8.9	8.1	7.0	7.2	المدى الحراري اليومي M-m
311.2 (ملم)	80.5	46.1	23.3	2.4	0.1	0.0	الأمطار P
(%) 65	67	61	61	67	70	70	الرطوبة النسبية RH
10.3	37.7	18.6	8.4	0.8	0.03	0.0	معامل الجفاف (a <sub>i</sub> ، a)

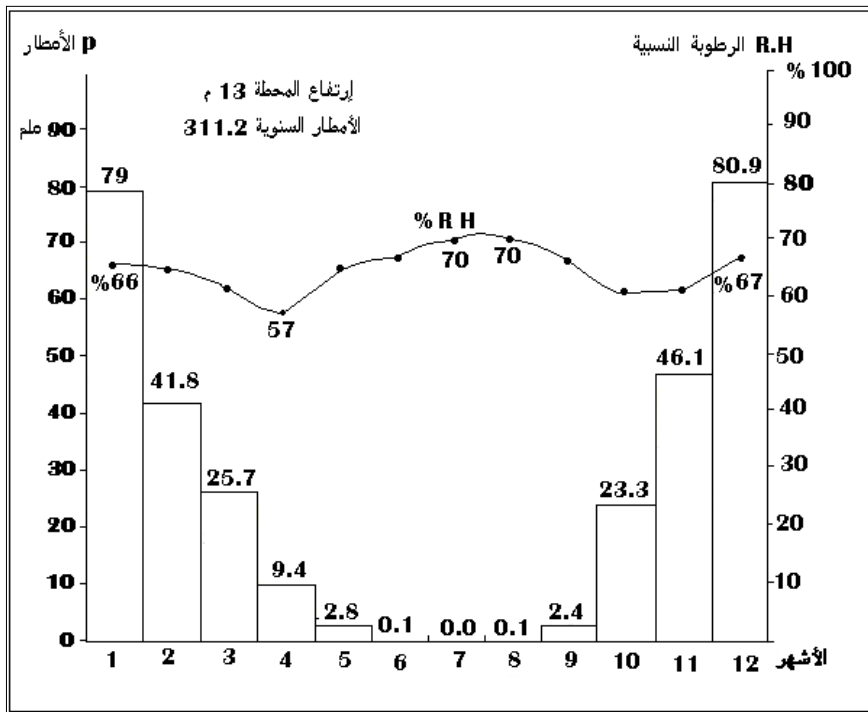




شكل رقم (7): النظام الحراري لمحطة العقورية، من عمل الباحثين.



شكل رقم (8): الدورة الحرارية لمحطة العقورية، من عمل الباحثين.



شكل رقم (9): النظام المطري والرطوبة النسبية في محطة العقورية، من عمل الباحثين.

#### 4-5-4 معامل الجفاف أو القيمة الفعلية للأمطار:

من خلال دراسة معامل الجفاف السنوي حسب علاقة دي مارتون

$$a = \frac{P}{10 + T}$$

حيث a : معامل الجفاف أو القيمة الفعلية للأمطار (بدون وحدة).

T : متوسط درجة الحرارة السنوية (بالدرجة المثوية).

P : معدل الأمطار السنوية (ملم).

يظهر بأن قيمة معامل الجفاف السنوية الموضحة في الشكل رقم (10) تساوي

10.3، ومنه يتبين أن منطقة السبخة تقع على الحدود الفاصلة ما بين المناخ المتوسطي شبه

الجاف، الذي حدوده (a من 5 إلى 10) والمناخ المتوسطي شبه الرطب، وهي أقرب لأن تقع

في بداية الحدود الدنيا للمناخ شبه الرطب الذي تحدده قيمتي معامل الجفاف (a من 10 إلى

20)، شكل (10).

$$a_i = \frac{12P_i}{10 + T_i} \quad \text{5.5.4. معامل الجفاف الشهري:}$$

حيث  $a_i$  : معامل الجفاف الشهري للشهر i.

$P_i$  و  $T_i$  : أمطار ودرجة حرارة الشهر الموافق.

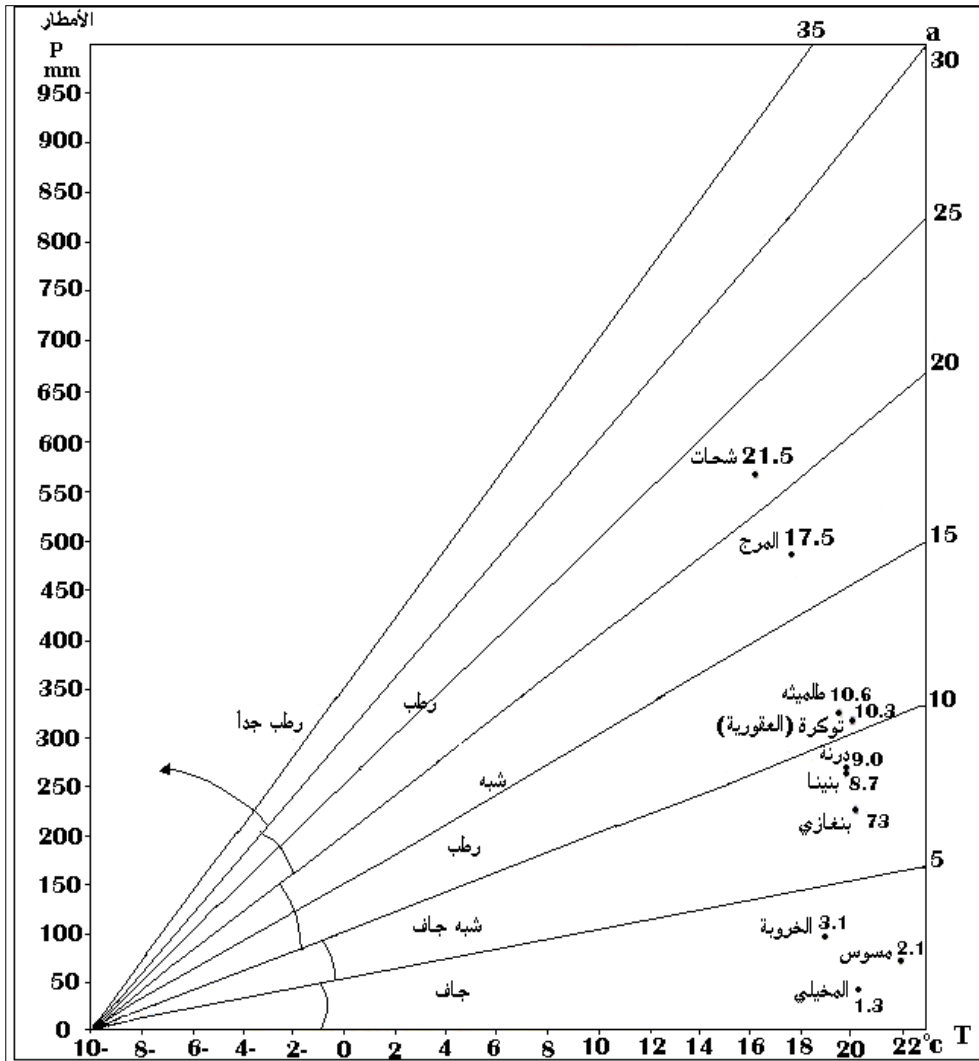
من أجل توضيح كيفية تغير المناخ الفصلي للمنطقة تم اعتماد دراسة قيم معاملات

الجفاف (القيمة الفعلية للأمطار الشهرية) لأشهر السنة، ورسم منحني معامل الجفاف

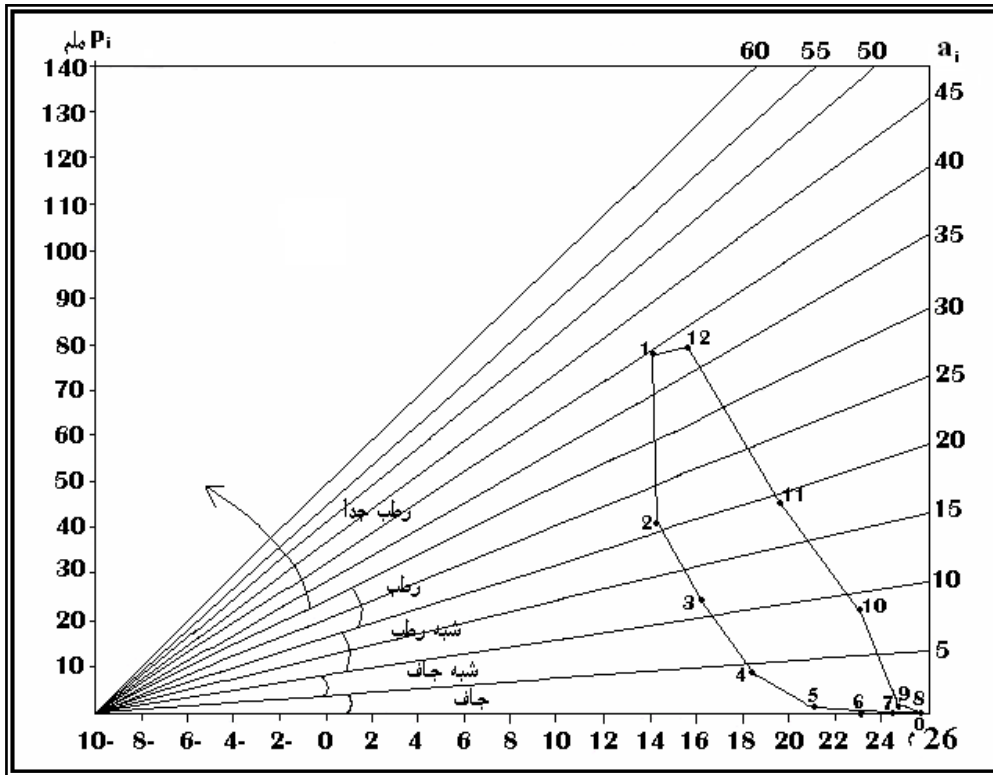
الشهري الذي يمثل الدورة المناخية للمنطقة خلال سنة، شكل (11). وبناءً عليه فإن الأشهر

(1) و(2) يمثلان الفصل الرطب جداً في منطقة محطة العقورية خلال فترة الرصد المعتمدة، والشهر (2) يمثل الفصل الرطب، أما شهر (11) وشهر (3) فمناخهما شبه رطب، والشهر (10) يمثل الفصل شبه الجاف، أما الأشهر (4)، 5، 6، 7، 8 و9 فتمثل الفصل الجاف الذي يمتد لفترة ستة أشهر في هذه المنطقة.

وبحسب القيمة الفعلية للأمطار فإن الأشهر ذات المناخ الرطب جداً هي التي يحتمل فيها حدوث جريان الأودية وهي شهري (1) و(12)، يليها بالأهمية شهر (11) ثم شهر (2)، أما بقية الأشهر فاحتمال حدوث الجريان فيها يكون ضعيفاً إلى معدوم. تجدر الإشارة إلى أن المناخ شبه الجاف السائد في بيئة السبخة يعد وليد تتابع هذه الفصول المناخية على مدار السنة.



شكل رقم (10): تصنيف مناخ محطة العقورية (توكرة) بحسب معامل الجفاف السنوي (a) ، من عمل الباحثين.



شكل رقم (11): تصنيف المناخ الفصلي في محطة العقورية بحسب منحنى معامل الجفاف الشهري ( $a_i$ )، من عمل الباحثين.

#### 6-4 التربة:

لقد تمت دراسة التربة في بيئة سبخة دريانية من خلال 9 عينات أخذت من مواقع مختلفة والتي يوضح مواقعها الشكل (12). لقد تناول هذا البحث دراسة درجة الحموضة pH، وكذلك التوصيل الكهربائي EC، بالإضافة للتحليل الميكانيكي من أجل معرفة وتصنيف الترب بحسب قوامها، وتمت هذه القياسات في مختبر قسم التربة والمياه بجامعة عمر المختار.

#### 4-6-1 الأس الهيدروجيني pH :

من خلال قيم ال pH المتقاربة لجميع العينات المختارة من بيئة السبخة يتبين أن هذه التربة هي قاعدية إذ تبلغ قيمة ال pH 7.7 في العينة رقم (5) وترتفع إلى 8.8 في العينة رقم (7)، جدول رقم (6).

#### 4-6-2 التوصيل الكهربائي Ec:

تصنف التربة حسب قيم Ec إلى الأصناف الأربعة الآتية:

0.4 مليموز/سم خالية من الأملاح.

4.8 مليموز/سم متوسطة الملوحة.

8.15 مليموز/سم ملحية.

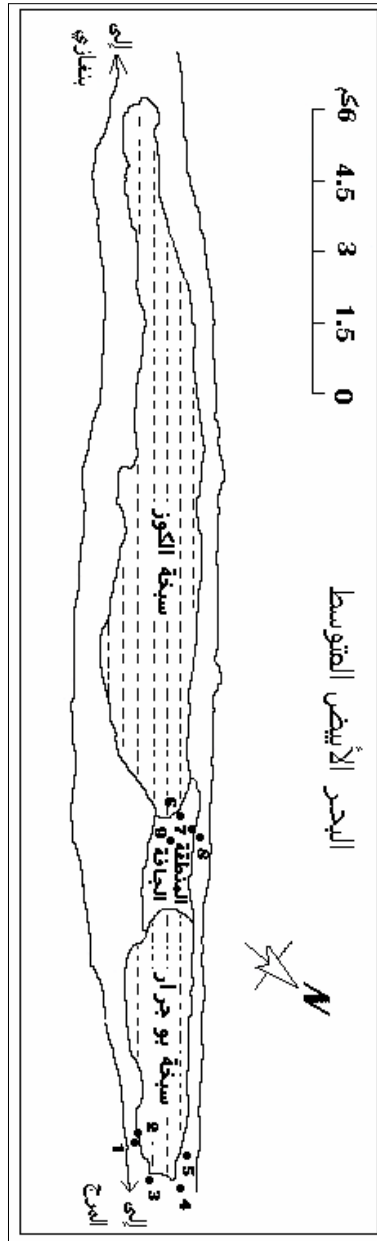
أكثر من 15 مليموز/سم تربة شديدة الملوحة.

إن مقارنة قيم التوصيل الكهربائي لعينات تربة سبخة دريانه مع التصنيف الأمريكي الصادر عن الجمعية الأمريكية لعلوم التربة (U.S.D.A)، يظهر بأن العينات التي أخذت من الجهات القريبة من السبخة كانت شديدة الملوحة، وكلما ابتعدنا عن السبخة تقل الملوحة في التربة. فالتربة شديدة الملوحة تمثلها العينات (1، 2، 4، 5، 6 و 9)، أما التربة الخالية من الأملاح فتمثلها العينات (3، 7 و 8)، جدول رقم (6).

وبالنتيجة تتركز التربة الخالية من الأملاح في المناطق ذات القوام الرملية والتي تغطيها الكثبان الرملية التي تفصل السبخة عن البحر (عينة 7 وعينة 8)، لذلك فهي معرضة للغسل بواسطة مياه الأمطار، وذلك هو الحال بالنسبة للعينة رقم (3) التي أخذت من الضفة

الشرقية لسبخة بو جرار، إذ يسود الرمل على قوام تربة هذه الضفة التي تعلو قليلاً أرض السبخة (وتحوي على بقايا أصداف بحرية) وتبلغ نسبة الرمل في هذه العينة 75 % ولذلك فهي تربة غير ملحية مع أنها محاطة بترب طينية ملحية، مما يؤكد بأن الرمل يساعد على غسل الأملاح من التربة على ضفاف السبخة المرتفعة قليلاً عن منسوبها. أما الترب شديدة الملوحة فتتواجد في المناطق ذات القوام الطيني في جنوب وجنوب شرق السبخة والتي لا تتعرض للغسيل، لذلك فهي ترب شديدة الملوحة، جدول (6).





شكل رقم (12): مواقع عينات التربة المدروسة في بيئة سبخة دريانه، من عمل الباحثين.

#### 4-6-3 التحليل الميكانيكي للتربة وتصنيفها بحسب القوام (نسيج التربة):

من أجل تصنيف الترب بحسب قوامها في بيئة سبخة دريانه اعتمد في هذا البحث حساب النسب المئوية للمكونات المعدنية للتربة وهي الرمل (Sand) والغرين (Silt) والطين (Clay) وهذه المكونات تصنف عادةً اعتماداً على مقاييس حبيباتها كالاتي:

الرمل : وقطر حبيباته يتراوح ما بين 2000 و 50 ميكرون.

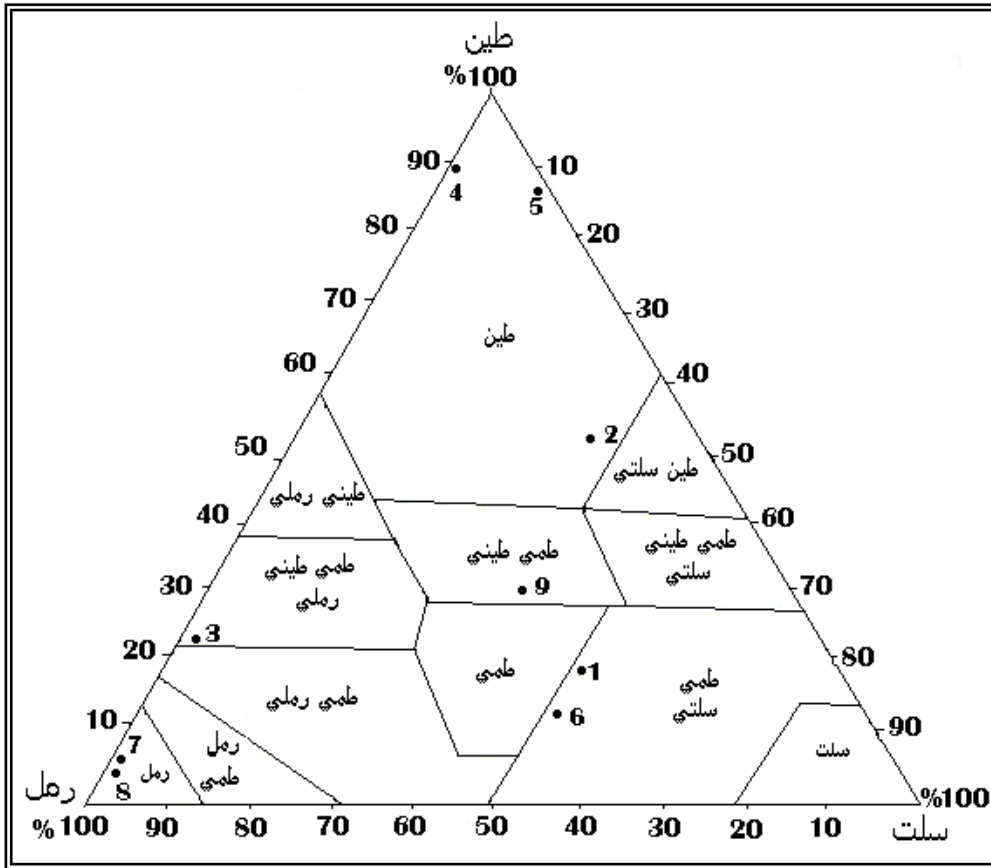
الغرين (السيلت) : وقطر حبيباته يتراوح ما بين 50 و 2 ميكرون.

الطين : وقطر حبيباته أقل من 2 ميكرون.

يبين الجدول (6) نتائج التحليل الميكانيكي لعينات ترب سبخة دريانه وتصنيفها بحسب قوامها، كما يبين الشكل (13) كيفية تصنيف عينات هذه الترب حسب مثلث القوام المعتمد في التصنيفات والمختبرات الأمريكية U.S.D.A وهذا المثلث يقسم إلى 12 قطاع كل منها يمثل قوام واحد للتربة.

من خلال النتائج المدونة في جدول رقم (6) يظهر بأن أرض السبخة تغلب عليها التربة الطينية كما تؤكد العينات (2، 4، و 5)، أما الأطراف الشرقية فتغلب عليها الترب الطميية السلتية كما هو الحال في العينة (1) والعينة (6)، وفي المنطقة الجافة الفاصلة ما بين السبختين تغلب عليها التربة الطميية الطينية المتمثلة في العينة (9). في الجهات الشمالية من السبخة تسود التربة الرملية المتمثلة في العينتين (7 و 8). على ضفاف السبخة الجنوبية الشرقية (سبخة بو جرار) يظهر تأثير الرياح الشمالية الغربية بوجود تربة طينية رملية والتي يغلب على تركيبها الرمل وذلك هو حال العينة رقم (3). وبالنتيجة تسود التربة الرملية في الجهات

الشمالية من السبخة، أما في الجهات الجنوبية والشرقية منها فتسود الترب الطينية والطينية والطينية الطينية خلف ضفاف السبخة، وفي الجهات الشرقية وعلى الضفاف الشرقية والجنوبية الشرقية تسود ترب طميية طينية رملية وترب طميية سلتية.



شكل رقم (13): تصنيف عينات ترب سبخة دريانة حسب مثلث القوام.

جدول رقم (6): نتائج التحاليل المختلفة وتصنيف عينات ترب بيئة سبخة دريانه، من عمل الباحثين.

تصنيف التربة حسب Ec	التوصيل الكهربائي Ec مليموز/سم	القوام (نسيج التربة)	المفصولات (%)			pH	رقم العينة
			رمل	سلت	طين		
شديدة الملوحة	45.1	طميية سلتية	33	51	16	7.9	1
شديدة الملوحة	26.7	طينية	14	36	50	7.8	2
خالية من الأملاح	1.6	طميية طينية رملية	75	2	23	8.0	3
شديدة الملوحة	19.9	طينية	9	2	89	7.8	4
شديدة الملوحة	34.7	طينية	1	14	85	7.7	5
شديدة الملوحة	24.7	طميية سلتية	34	52	14	7.8	6
خالية من الأملاح	1.0	رملية	92	1	7	8.8	7
خالية من الأملاح	0.5	رملية	93	0	7	8.5	8
شديدة الملوحة	23.6	طميية طينية	32	41	27	7.7	9

#### 4-7 المياه وتغير نوعيتها في بيئة سبخة دريانه:

من أجل معرفة تغير نوعية المياه (جوفية وسطحية) في منطقة السبخة من الداخل باتجاه الشاطئ أخذت عشر عينات مائية موضحة أماكنها في الشكل رقم (14) وهذه العينات مأخوذة على الشكل الآتي:

العينات (1، 2 و5) مأخوذة من سبخة بو جرار.

العينة (3) مأخوذة من شاطئ البحر الأبيض المتوسط.

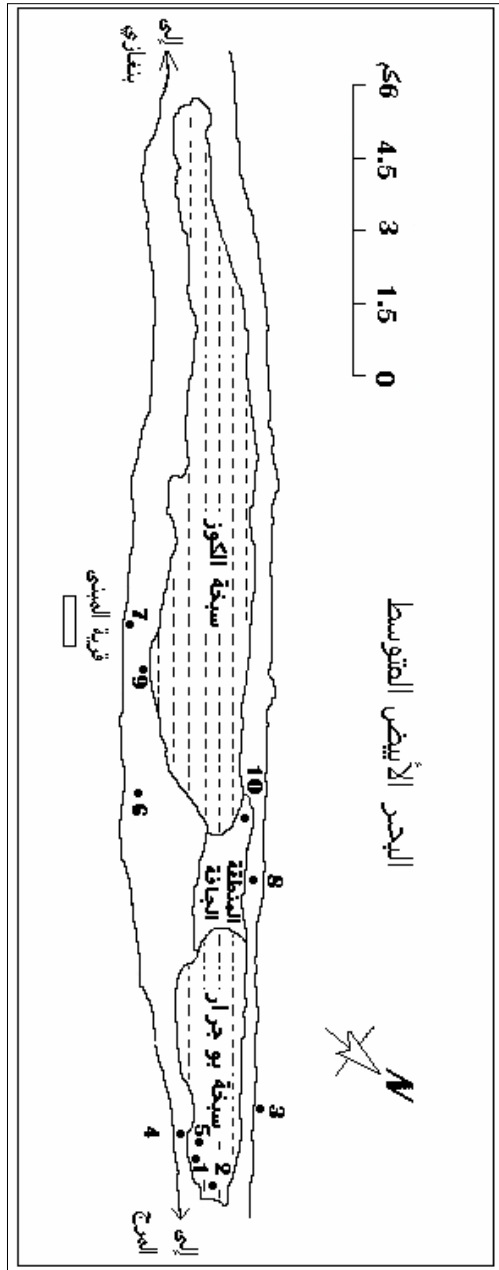
العينة (4) مأخوذة من بئر بو جرار (أبعاده 10م × 15م) ويقع على بعد حوالي 300 م جنوب شرق سبخة بو جرار، ويظهر فيه على عمق 1.1م من سطح الأرض منسوب المياه الجوفية.

العينات (6، 7 و 9) مأخوذة من آبار موجودة بالمزارع المحاذية للطريق العام (على يمين طريق المرج - بنغازي) وعلى أعماق تتراوح ما بين 10 و 15 م من سطح الأرض.

العينتان (8 و 10) مأخوذتان من أحد الممرات التي توصل مياه أمواج البحر بسبخة الكوز.

لقد تمت دراسة تغير الملوحة في مياه بيئة السبخة عن طريق قياس التوصيل الكهربائي Ec بوحدة مليموز/سم، وكذلك عن طريق قياس تركيز الأملاح بوحدة غ/مل؛ ومن ثم بالنسبة المثوية وبوحدة جزء بالمليون، وذلك بعد قياس وزن الأملاح المنحلة في المياه المترسبة بعد التجفيف على درجة حرارة 105<sup>0</sup>م.

إن الجدول رقم (7) يبين نتائج تحليل هذه العينات المائية، إذ يظهر فيه أنه بحسب قيم Ec المعتمدة من قبل الجمعية الأمريكية لعلوم التربة فإن هذه العينات المائية تصنف كلها أنها مالحة جداً لأن قيم الـ Ec تزيد فيها جميعاً عن 2.25 مليموز/سم، مع العلم بأن أقل قيمة للتوصيل الكهربائي توافقت في العينة رقم (7) وتساوى 3.3 مليموز/سم، وهذه العينة تمثل المياه الجوفية في قرية المبنى على بعد حوالي 1.5 كم جنوب السبخة، كما أن أكبر قيمة للتوصيل الكهربائي تظهر في العينة رقم (5) وتساوى 101.1 مليموز/سم وهذه العينة تمثل مياه السبخة.

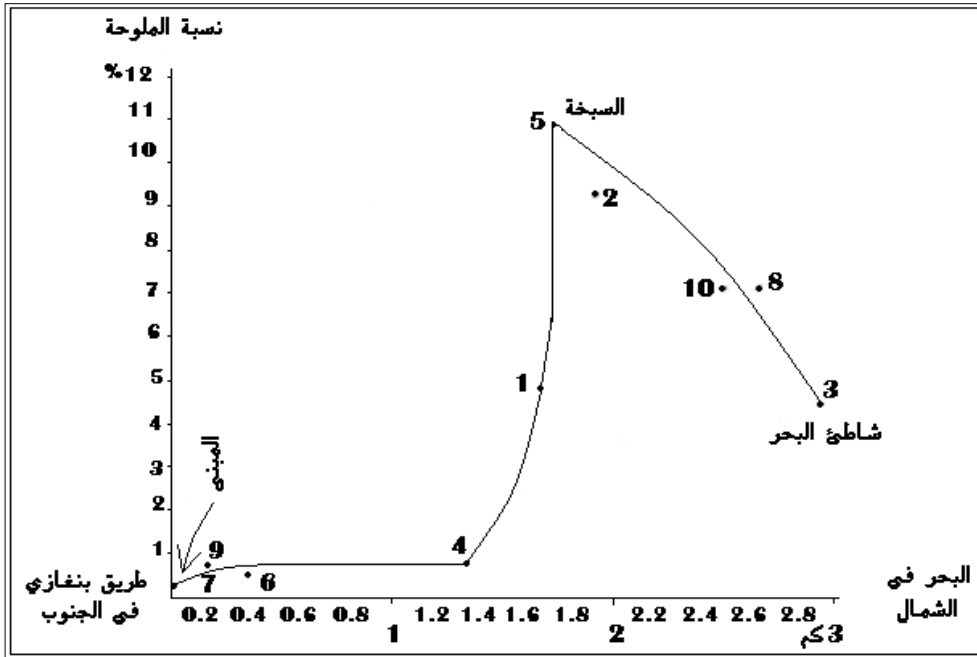


شكل رقم (14): مواقع عينات المياه المدروسة في بيئة سبخة دريانه، من عمل الباحثين.

جدول رقم (7): يبين نتائج التحليلات المخبرية وتصنيف عينات مياه بيئة سبخة دريائه، من عمل الباحثين.

رقم العينة	Ec مليموز/سم	تركيز الأملاح (غ/مل)	النسبة المئوية للأملاح %	تركيز الأملاح (جزء بالمليون) ppm	تصنيفها بحسب Ec
1	100.6	0.0959	9.59	95900	مالحة جداً
2	98.5	0.093	9.3	93000	مالحة جداً
3	53	0.04322	4.32	43220	مالحة جداً
4	11.8	0.00784	0.784	7840	مالحة جداً
5	101.1	0.10866	10.866	108660	مالحة جداً
6	7.7	0.00512	0.512	5120	مالحة جداً
7	3.3	0.00168	0.168	1680	مالحة جداً
8	71.5	0.0731	7.31	73100	مالحة جداً
9	11	0.0082	0.82	8200	مالحة جداً
10	77.9	0.0728	7.28	72800	مالحة جداً

من أجل إيضاح كيفية تغير تركيز الأملاح (الملوحة) في مياه السبخة، أسقطت مواقع العينات على محور س (الذي يمثل المسافة) وتركيز الأملاح (%) على محور ص، وذلك لمعرفة كيفية تغير منحنى تركيز الأملاح بحسب البعد عن السبخة، شكل رقم (15). إذ يظهر من هذا المنحنى أن المياه الجوفية للمنطقة التي تقع على يمين طريق المرج - بنغازي يزداد فيها تركيز الأملاح كلما اقترب من السبخة، حيث يبلغ ذروته في السبخة في العينة رقم (5) والذي يبلغ 10.866% وهذا التركيز يقل كلما اتجه جنوباً حتى يبلغ 0.168% في العينة رقم (7). وكذلك فإنه يتناقص كلما اتجه من السبخة باتجاه البحر الذي يبلغ تركيز الأملاح في مياهه 4.32% المتمثلة في العينة رقم (3).



شكل رقم (15): منحنى تغير نسبة الملوحة (%) لمياه بيئة سبخة دريانه من جانب طريق المرج - بنغازي مرورا بالسبخة وحتى شاطئ البحر، أرقام العينات مدونة على المنحنى، من عمل الباحثين.



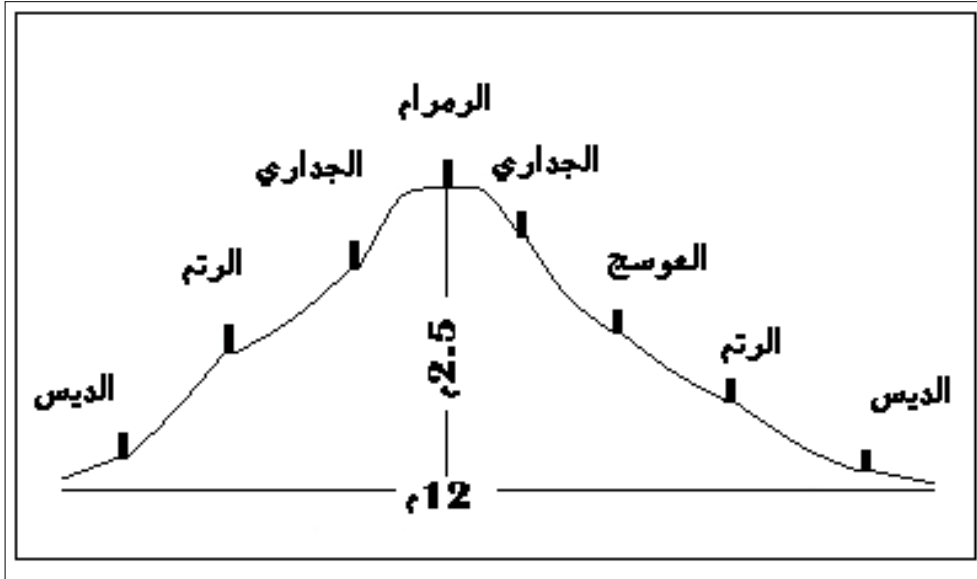
#### 4-8 الغطاء النباتي:

نتيجة الحصر الأولي لنباتات المنطقة المحيطة بالسبخة تمكن الباحثان من تمييز مجموعتين من الأنواع النباتية هما:

أ- مجموعة نباتات الترب الرملية (الكثبان الرملية) والتي اشتملت على الأنواع التي يضمها الجدول رقم (8)، كما يوضح الشكل رقم (16) انتشار هذه الأنواع على كثيب رملي.

جدول رقم (8): الأنواع النباتية النامية على الكثبان والترب الرملية في منطقة الدراسة، عن الواقع من عمل الباحثين.

اسم النوع المحلي	الاسم العلمي
الديس	<i>Juncus maritimus lam.</i>
الجداري	<i>Rhus tripartita usria.</i>
الرتم	<i>Retama reatam l.</i>
العوسج	<i>Lycium spp.</i>
المرار	<i>Centaurea eryngioides lam.</i>
بو كروبة	<i>Zygophyllum album l.</i>
البخترى (إبرة العجوز)	<i>Erodium cicutareum (l) pher.</i>
المرام	<i>Chenopodium murala l.</i>
الحلبوب	<i>Euphorbia paralias l.</i>



شكل رقم (16): توزيع الأنواع النباتية على كثيب رملي في المنطقة المدروسة، ارتفاع الكثيب حوالي 2.5 م، وعرضه حوالي 12 م، من عمل الباحثين.

ب- مجموعة نباتات الترب المالحة والتي اشتملت على الأنواع التي يوضحها الجدول رقم (9) الآتي:

جدول رقم (9): الأنواع النباتية المنتشرة على الترب المالحة في منطقة بيئة سبخة دريانه، عن الواقع من عمل الباحثين.

اسم النوع المحلي	الاسم العلمي
الزيتا (تفاح البحر)	<i>Limonistrum monopetalum l.</i>
الطرفاء (الأتل)	<i>Tamarix spp.</i>
السويذة	<i>Suaeda spp.</i>
البلبال	<i>Salsola tetragona Delilie.</i>
الريسول	<i>Italoenemum strobilaceum (pall)M. Bieb.</i>
التليث	<i>Halocnemum strobilaceum (pall) M. Bieb.</i>
الرمث	<i>Hammada scopria (pomal).(haloxylon articulatum)</i>
القطف المحلي	<i>Atriplex halimus L.</i>
الزهيرة	<i>Phlomis phlocosa L</i>
الثرتوت	<i>Cistanche phalypea L.</i>
-	<i>Arthocoemum perenne (Nill) Moss.</i>
العنصل	<i>Asphodelus microcarpus</i>
بصل فرعون	<i>Urgenia maritima</i>

واعتماداً على كثافة النوع وطبيعة نموه أمكن تمييز المجتمعات النباتية الآتية في كلا المجموعتين:

أ - مجموعة نباتات الترب الرملية (الكثبان الرملية):

1- مجتمع الرتم والديس *Retama reatam – Juncus maritimus*.

2- مجتمع الجداري والرمرام *Rhus tripartita - Chenopodium cicutarium*.

ب- مجموعة نباتات الترب المالحة:

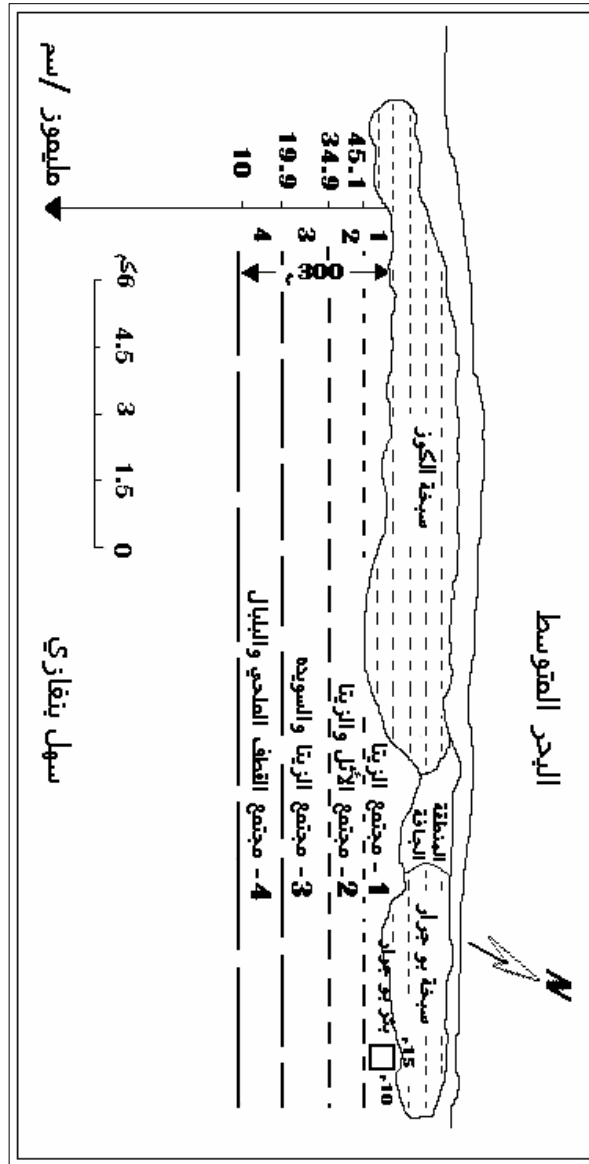
1- مجتمع الزيتا (الزيانه أوتفاح البحر) *Limnistrum monopetalum*.

2- مجتمع الطرفاء والزيتا *Tamarix spp- Limnistrum monopetalum*.

3- مجتمع الزيتا والسويده *Limnistrum monopetalum - Suaeda spp.*

4- مجتمع القطف المحلي والبلبال *Atriplex halimus- Salsola tetragona*.

حيث أمكن تمييز الترتيب السابق للمجتمعات النباتية بارتباطها مع ملوحة التربة، وذلك في منطقة تمتد بعرض 300 م ما بين طرف السبخة وبئر بو جرار، حيث تم ربطها مع نتائج تحاليل عينات التربة التي تمت في منطقة السبخة، والجدول رقم (10) والشكل رقم (17) يوضحان ذلك.



شكل رقم (17): تتالي ظهور المجتمعات النباتية حسب ملوحة التربة (Ec) ابتداءً من أطراف السيخة الجنوبية وبتجاه الطريق العام (المرج - بنغازي) خلال مسافة 300 م، هذه المسافة على الشكل مكبرة بمقدار 10 مرات عن مقياس الرسم، من عمل الباحثين.

جدول رقم (10): علاقة الأنواع النباتية بقوام التربة وقيمة Ec و pH ومكانتها ضمن المجتمع النباتي في منطقة بيئة سبخة دريانه، من عمل الباحثين.

ملاحظات	قيمة pH	قيمة Ec مليموز/سم	قوام التربة	الاسم المحلي للنوع النباتي
عنصر رئيسي	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	الديس
عنصر رئيسي	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	الجداري
عنصر رئيسي	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	الرتم
عنصر مرافق	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	العوسج
عنصر مرافق	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	المرار
عنصر مرافق	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	بو كروبة
عنصر مرافق	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	البخترى
عنصر رئيسي	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	الرمرام
عنصر مرافق	8.8 – 8	1.6-0.5	رمل	الحلبوب
عنصر رئيسي	7.9 -7.7	45.1-19.9	طيني طمي- طيني	الزيتا (تفاح البحر)
عنصر رئيسي	7.8 -7.7	34.7-19.9	طيني طمي- طيني	الأثل
عنصر رئيسي	7.8 -7.7	34.7-19.9	طيني طمي- طيني	السويدة
عنصر مرافق	7.8- 7.7	34.7-19.9	طيني طمي- طيني	السويدة المصرية
عنصر رئيسي	7.8- 7.7	34.7-19.9	طيني طمي- طيني	البلبال
عنصر مرافق	7.8- 7.7	34.7-19.9	طيني طمي- طيني	الريسول
عنصر مرافق	7.8- 7.7	أقل من 19.9	طيني طمي- طيني	الزهيرة
عنصر مرافق	7.8- 7.7	أقل من 19.9	طيني طمي- طيني	الثروت
عنصر مرافق	7.8- 7.7	أقل من 19.9	طيني طمي- طيني	العنصل

اعتمادا على ما سبق تتضح القيمة البيئية للأنواع النباتية المنتشرة بشكل طبيعي في منطقة السبخة، من حيث إمكانية استخدامها في التثبيت الحيوي للكثبان الرملية، والاستصلاح البيولوجي للترب المالحة، وما لذلك من دور مهم في الحد من التصحر، ووقف زحف الرمال، وتدهور التربة، والمحافظة على البيئة، وحماية الحياة البرية. إن دور هذه النباتات

لا يقتصر على الدور البيئي فقط، وإنما لها قيمة اقتصادية؛ إذ يمكن أن تؤمن الأعلاف في أوقات الحاجة، وكذلك حطب الوقيد، ويمكن أيضاً الحصول على مواد تستخدم في بعض الصناعات الريفية، مما يجعلها تساهم أيضاً في تأمين دخل إضافي للسكان المحليين، وقد يؤدي ذلك بشكل غير مباشر إلى استقرار السكان في المنطقة، والجدول رقم (11) يوضح القيمة الاقتصادية والبيئية لبعض الأنواع النباتية المنتشرة طبيعياً في منطقة سبخة دريانه.

جدول رقم (11): الأهمية الاقتصادية والبيئية والاستعمالات لبعض الأنواع النباتية المنتشرة طبيعياً في منطقة بيعة سبخة دريانه، من عمل الباحثين.

الأهمية الاقتصادية والبيئية والاستعمالات	الاسم المحلي للنوع النباتي
مرعى للأغنام والإبل وهو ذو قيمة علفية جيدة ويستخدم في تشجير المناطق المالحة والجافة بهدف مكافحة التصحر والاستصلاح البيولوجي للترب المالحة.	القطف الملحي
ترعاه الماعز والإبل ويستخدم كمصدر للثمار التي تستعمل كبهارات لحموضتها وكذلك يستخدم الخشب كخشب وقيد وهو يعتبر من الأنواع التي يمكن أن تساهم في تثبيت الكثبان الرملية وتشجير المناطق الساحلية.	الجداري
مرعى جيد للأغنام والماعز والإبل نظراً لقيمته العلفية ويستخدم في تثبيت الكثبان الرملية الساحلية وتشجير المناطق الجافة.	الرتم
يستخدم في تثبيت الكثبان الرملية في المناطق الساحلية ويستخدم محلياً لصناعة الحصائر.	الديس
مرعى جيد للإبل ويستخدم خشبة كوقيد كما يستخدم لتثبيت الكثبان الرملية وتشجير المناطق الجافة.	العوسج
يرعى من قبل الإبل ويستخدم خشبة كوقيد.	الزيتا (تفاح البحر)
مرعى للإبل ويستخدم خشبة كوقيد كما يستخدم في تثبيت الكثبان الرملية الشاطئية وتشجير الترب المالحة وهو نبات للزينة.	الأثل (الطرفاء)
قيمه العلفية ممتازة وهو مرغوب من قبل الأغنام.	البخثري
له قيمة علفية جيدة إلى ممتازة ويستخدم في تثبيت الرمال الشاطئية وتشجير المناطق الجافة.	المرام
مرعى لنحل العسل ونبات زينة.	الزهيرة

#### 4-9 الحياة الحيوانية:

يمكن اعتبار السبخات (الشاطئية، القارية) نظم بيئية خاصة باعتبار أنها تتميز بغطاء نباتي ينتشر على أطرافها ويختلف عن نباتات المناطق المجاورة، صور (5 و6 و7 و8)، مما جعلها أنظمه بيئية خاصة على الشواطئ الليبية، إذ تعتبر السبخات المنتشرة في المنطقة الساحلية في ليبيا وما يحيط بها من نباتات مكانا مناسباً لاستضافة عدد كبير من الطيور المائية المهاجرة التي تقضي الشتاء في المنطقة الساحلية المتميزة بالدفع مقارنة بالمناطق الداخلية الليبية، من هذه الطيور عدد من أنواع اللوزيات والقلقيات والنورسيات (توسكي 1981، العوامي 1997، Hermann & et. al.1979).

بينت نتائج الاستبيان، وكذلك المشاهدات الحلقية في أوقات مختلفة من السنة، والمراجع المتعلقة بموضوع الدراسة انتشار العديد من أنواع الطيور والحيوانات في بيئة السبخة المدروسة، حيث يوضح الجدول رقم (12) أهمها.



جدول (12): أهم الحيوانات والطيور البرية التي سجلت في منطقة سبخة دريانة، من عمل الباحثين.

الاسم العلمي	الاسم المحلي للحيوان أو الطير
	<b>الحيوانات</b>
<i>Lepus capensis</i>	الأرنب الليبي
<i>Vulpes vulpes</i>	ثعلب احمر
<i>Testudo spp.</i>	سلحفاة
<i>Hystrix cristata</i>	شيهم- (صيد الليل)
<i>Paraechinus aethiopicus</i>	قنفذ
	<b>الطيور</b>
<i>Philomachus pugnax</i>	الحجولة
<i>Carduelis carduelis</i>	حسون ذهبي
<i>Anas spp.</i>	بط خضاري
<i>Gallinula chloropus</i>	دجاجة الماء
<i>Tringa spp.</i>	طيوطي
<i>Laurus spp.</i>	نورس
<i>Numenius arquata</i>	كروان الماء

فيما تقدم من هذه النتائج يتبين أهمية المنطقة بالنسبة لأنواع الطيور المائية المهاجرة من شمال البحر المتوسط نحو جنوبه، إذ أن قرب المسافة البحرية (مسافة الطيران فوق الماء بين الشواطئ الأوربية والشواطئ الليبية)، جعل مناطق البيئات السبخية مناسبة للتوقف أثناء الهجرة، وهذا ما تشير إليه وتؤكدته المراجع (توسكي 1981 ، العوامي 1997).

## 5- المقترحات والتوصيات:

- استنادا إلى النتائج التي قدمتها هذه الدراسة يقترح ويوصي بما يأتي :
- يوصي بعدم إقامة مشاريع هندسية إضافية على الأودية المتواجدة في حوض السبخة من اجل استمرار تغذية السبخة بالمواد الناعمة الآتية من جوانب القارة المجاورة للسبخة وذلك حفاظا على بيئتها.
  - نظرا للقيمة البيئية والاقتصادية للعديد من الأنواع النباتية المنتشرة في منطقة السبخة يقترح اختيارها ضمن برامج التشجير للكثبان الرملية الشاطئية والترب المالحة لما لها من خصائص ومميزات.
  - نظرا لأهمية الحصول على وحدات تكاثرية (بذور) لا جل مشاريع التشجير الوقائي يقترح الاهتمام بمنطقة السبخة كمصدر لبعض أنواع البذور على سبيل المثال الرتم.
  - نظرا لاعتبار منطقة السبخة مهمة للتطوير المهاجرة وكذلك للحياة البرية يوصي بالاهتمام بهذه المنطقة ومنع التعديلات عليها.
  - يقترح وضع برنامج لإجراء دراسات لبيئات السبخات الشاطئية في المناطق الأخرى من الساحل الليبي لما لهذه الدراسات من قيمة بيئية واقتصادية وعلمية.

ملحق الصور:



صورة (1): الضفاف الشمالية من جهة البحر لسبخة بو جرار تظهر الكثبان الرملية وغطاؤها النباتي، مع وجود ممر مائي لمياه البحر نحو السبخة يفصل بين الرمال، لاحظ تزهر الأملاح (اللون الأبيض) في الجهة الشمالية من السبخة . تاريخ الصورة، السبت 11.09.1999.



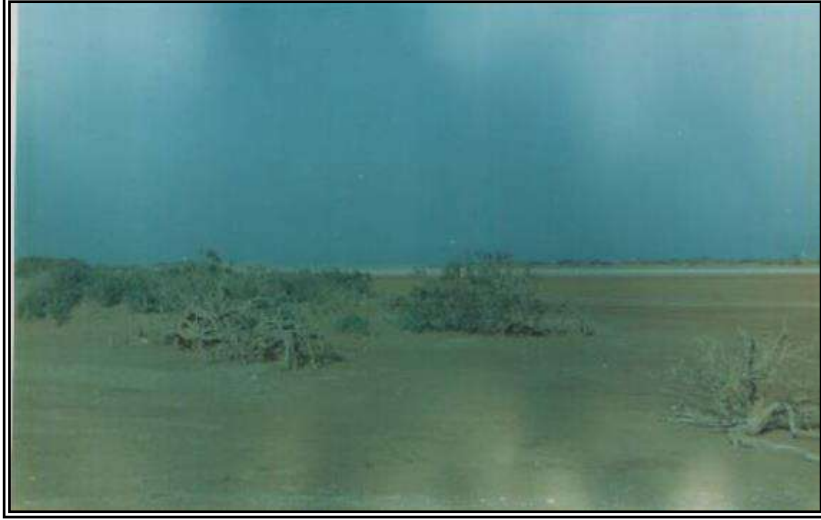
صورة (2): الجزء الجنوبي من سبخة بو جرار يظهر فيها الغطاء النباتي على الضفاف الجنوبية للسبخة، ثم امتداد سهل بنغازي الساحلي أسفل الحافة الأولى الغربية للجبل الأخضر التي تظهر في المستوى البعيد، تاريخ الصورة، السبت 11.09.1999.



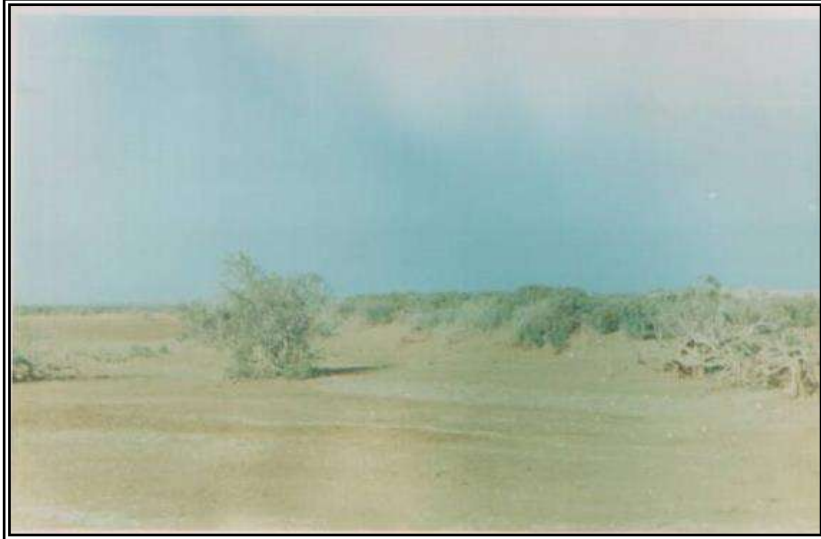
صورة (3): سبخة بو جرار، أرضية السبخة تتكون من السلت والطين، في المستوى الآتي تظهر طبقة ملحية ناتجة عن تبخر مياه السبخة، وفي المستوى الشمالي الأبعد تبدو بيئة الكثبان الرملية الشاطئية، تاريخ الصورة، السبت 11.09.1999.



صورة (4): تزهر الأملاح في سبخة بو جرار، تاريخ الصورة، السبت 11.09.1999.



صورة (5): الجهة الجنوبية لسبخة بو جرار تبدو فيها أشجار الأثل التي تتدهور حالتها نتيجة غمر جذورها بالمياه لفترة طويلة مما يؤدي لخنقها ثم لموتها، تاريخ الصورة، السبت 11.09.1999.



صورة (6): الجهة الشمالية من سبخة بو جرار تظهر أهمية البيئة الرملية التي تفصل السبخة عن البحر، تاريخ الصورة السبت 11.09.1999.



صورة (7): الضفة الجنوبية لسبخة بو جرار، لاحظ كيفية غزو النباتات لأرضية السبخة من جهة السهل وتدرجها وفق ثلاثة طوابق ، إذ تتقدم النباتات العشبية الصغيرة، تتبعها النباتات الشجيرية الأكبر، فالأشجار الأكبر على هيئة تعاقب إيكولوجي واضح، تاريخ الصورة السبت 11.09.1999.



صورة (8): الغطاء النباتي على ضفاف سبخة بو جرار الجنوبية أي من جهة السهل، لاحظ مدى ازدهار الأشجار وكثافتها، تاريخ الصورة السبت 11.09.1999.

## 6- المراجع:

### أولاً: المراجع العربية:

- 1- العوامي عياد (1997) الحيوانات البرية الليبية، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء.
- 2- الهادي مصطفى أبو لقمة وسعد خليل القزيري (1997) الساحل الليبي، منشورات مركز البحوث والمنشورات، جامعة قاريونس، بنغازي.
- 3- توسكي اوجستو (1981) الطيور الليبية، ترجمة عياد موسى العوامي، الدار العربية للكتاب، طرابلس.
- 4- حنا إبراهيم وعامر مجيد آغا (1997) الحياة البرية، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، كلية الزراعة الثانية، جامعة حلب.
- 5- مصلحة المساحة (1975) لوحة سهل بنغازي، خريطة طبوغرافية 1:250000، طرابلس.
- 6- محمد غازي الحنفي وعامر مجيد آغا، السبخات الشاطئية "دراسة بيئية لسبخة دريانه في سهل بنغازي"، المؤتمر العلمي الأول حول الموارد الطبيعية بمنطقة خليج سرت، 27-30/11/1999 - سرت، ليبيا<sup>(1)</sup>.

### ثانياً: المراجع الأجنبية:

- 7- Al Hanafi .M .G.(1995) Le Bassin Versant du Barada (Syrie), These France. Nancy, de doctorat,
- 8- The Birds of Britain H. R., Fitter and J. Parslow (1979) - Hermenn London. , and Europe with N. Africa and the Middle East Collins.
- 9- Selkhozprom Export (1980) Soil studies in the western zone, the eastern zone and the pature zone of the S.P.L.A.J Secretariate of the Reclamation and the Land Development, Tripoli.
- 10- Soil Survey Staff (1951) Soil Survey Manual, U.S Dept. Agric. Handbook No. 18.

(1) - تم نشر هذا البحث في مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 15، 2011، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

## 20- الفصل العشرون

مشاكل الجريان السطحي في بيئات أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح

الجنوبي للجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي و أ. عوض عبد الواحد عوض





20- الفصل العشرون

مشاكل الجريان السطحي في بيئات أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح  
الجنوبي للجبل الأخضر

د. محمد غازي الحنفي و أ. عوض عبد الواحد عوض

- \* - مقدمة.
- \* - مشكلة الدراسة.
- \* - فروض الدراسة.
- \* - أهمية البحث.
- \* - هدف البحث.
- \* - التعريفات الإجرائية.
- \* - موقع منطقة الدراسة.
- \* - منهج وأسلوب الدراسة.
- \* - الأهمية المائية في بيئات أحواض وسط جنوب الجبل الأخضر.
- \* - الأحواض المائية الفرعية والنطاقات والبيئات الملازمة لها.
- \* - البلطات الرئيسة والقضوض.
- \* - عواصف مطرية تم رصد أمطارها.
- \* - توثيق متابعة جريان العاصفة الثانية.
- \* - مشاكل الجريان السطحي في أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر.

- \* - لسهولة توثيق متابعة مشاكل الجريان تم تقسيمها وتوثيقها بالصور إلى مجاميع هي:
- \* - توثيق دلائل شدة غزارة ذروة دفقة الجريان.
- \* - نماذج العبارات في منطقة الدراسة.
- \* - توثيق مشاكل انسداد العبارات وغرق القرى وتخريب جوانب الطرق.
- \* - توثيق مشاكل غرق القرى وتلف الممتلكات.
- \* - توثيق مشاكل تخريب جوانب الطرق لأسباب تجاوز مياه الجريان لأجسام الطرق وعدم استيعاب العبارات لدفقة الجريان.
- \* - توثيق مشاكل فيضان المياه على الطرق وترسيب المواد الناعمة والعضوية عليها.
- \* - توثيق مشاكل تعميق النحت في أعالي وأسافل العبارات وتهديد البيئة الشريطية للأشجار.
- \* - توثيق مشاكل تهديد البيئات الشريطية للأشجار.
- \* - توثيق مشاكل عدم استقرار مناسيب رسوبيات أرضيات العبارات.
- \* - توثيق مشاكل ردم الأراضي الزراعية والحفر الاصطناعية والقضوض في البلط.
- \* - توثيق مشاكل النحت الجانبي والرأسي على المراوح الرسوبية وانجراف ترب المزارع وتكوين الأخاديد والأكمات فيها.
- \* - توثيق مشاكل انجراف المواد الناعمة من ترب السلوك والعقاير وترسيبها في قضوض البلط، وتكوين الأخاديد في محيط القضوض ودمها في البلط.
- \* - توثيق مشاكل ترسيب المواد الناعمة ودم قضوض البلط.
- \* - توثيق مشاكل تشتت مياه الجريان على المراوح الرسوبية، وفي سهول، المزارع والسلوك، وفي مصارين العقاير، والبلط.

- \* - توثيق مشاكل ضياع المياه بالتبخر والرشح من البرك وسقوط أعمدة الكهرباء.
- \* - توثيق مشاكل ضياع المياه بالتبخر والرشح من الغدران والأخاديد، والهبوط السريع لمنسوب مياه الحفر الاصطناعية.
- \* - توثيق مشاكل مساهمة الرياح وأخاديد جوانب القوض في سرعة جفاف مياه البلط.
- \* - توثيق مشاكل انحسار مياه البلط يليها هبوط مناسب مياه القوض حتى الجفاف المطلق.
- \* - توثيق مشاكل أخرى تتمثل في حبس الناس عن الحركة في وقت الجريان وغرق الآليات والمباني وتخريب محاصيل الحبوب في أوقات النضج والحصاد.
- \* - توثيق مشاكل تتعلق بجفاف البيئة وإثارة العواصف الغبارية والرملية، وحاجة الناس لنقل المياه من بعيد بالسيارات.
- \* - توثيق بعض إمكانيات البيئة في إنتاج المحاصيل الزراعية العلفية في موسم حدث فيه ثلاثة جريانات، صور (من 135 إلى 140).
- \* - الخلاصة.
- \* - المراجع.

## مشاكل الجريان السطحي في بيئات أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر

### مقدمة:

إن منطقة جنوب الجبل الأخضر المحاذية للهامش الشمالي للصحراء الكبرى تتناوب عليها من الجنوب المؤثرات الصحراوية الجافة، ومن الشمال مؤثرات رطوبة الجبل الأخضر، مما يجعل تلك المنطقة تتمتع بموارد وبيئات تتغير مكوناتها بسرعة وعلى الدوام ما دامت تلعب فيها تلك المؤثرات بالتناوب فيما بينها تقدماً وتراجعاً. يتناول هذا البحث مساحة، المنطقة الوسطى من الحوض الداخلي الجنوبي للجبل الأخضر، تقدر بحوالي 6948 كم<sup>2</sup> تشمل أحد عشر حوضاً، أصغرهما حوض وادي بالعر بمساحة 132 كم<sup>2</sup>، وأكبرها حوض وادي سمالوس بمساحة 1549 كم<sup>2</sup>، تمتد هذه الأحواض من خط تقسيم المياه في الظهر، مروراً بالجشة والقليعات والسروال، إلى البلط البالغة مساحتها 112 كم<sup>2</sup> والتي تمثل ثمانية بحيرات مؤقتة تصب فيها مياه الأودية، وتجمع نحو 100 مليون م<sup>3</sup> من المياه ذات الأهمية القصوى في هذه البيئة الجافة وحياة الأنعام والمجتمع المحلي.

من خلال تتبع أربع جريانات حدثت بين عامي 2007 و2008، وتبع عاصفتين مطريتين، أحدثتا جرياناً فجائياً للأودية خلق مشاكل كثيرة على امتداد بيئات الظهر والسروال والسلوك والعقاير والبلط، مثل انسداد العبارات وفيضان المياه على الطرق وتهديد جوانبها، وغرق بعض القرى مثل قندولة، وتخریب الأراضي الزراعية في بيئة الظهر، وتعميق النحت الأخدودي في أعالي العبارات وفي أسافلها وتهديد بيئة الأشجار الشريطية، وردم

الحفر الاصطناعية، وانحراف مواد الأراضي الزراعية في أعالي السروال لتردم أراضي زراعية في وسط السروال، وتقتصر الأفاق السطحية من تربة بيئة السلوك، وتطور النحت الأحودودي في محيط قضوض البلط، وردمها وخفض طاقتها الاستيعابية، وتشتت مياه الجريان على مساحات سهلية شاسعة في بيئي السلوك والعقاير لتضيع في آلاف المصارين بالتبخر وبالرشح، وفي مئات البرك والغدران تضيع بمعدل 50 ملم/يوم، وتضيع من البلط المنبسطة والضحلة بمعدل 3.43 ملم/اليوم، وفوق هذا كله تظهر مشكلة غرق القطعان وحنق الرعاة أحيانا وغرق الآليات، وحبس بعض السكان في بيوتهم بسبب إحاطتهم بمياه الجريان المفاجئ، يضاف لذلك مشكلة جفاف البلط التي تؤدي إلى الضغط على النقاط المائية، ونقل المياه من أماكن بعيدة لتغطية حاجات السكان والأنعام، أو إجبارهم على استخدام المياه المالحة المستخرجة من بعض الآبار العميقة، ثم إن جفاف البيئة ينشط العواصف الترابية والرملية وتدهور سطح التربة وتطاير موادها الغذائية الناعمة في الجو.

يستند هذا البحث على دراسة ميدانية خلال فترة تزيد عن 15 عاماً من الدراسة، والعمل الميداني، والزيارات الحقلية المتكررة للمنطقة، والعمل المكتبي الموازي والملازم، ومراقبة الظواهر والمكونات المختلفة وتطوراتها في مختلف فصول السنة، وكذلك في مختلف دورات السنوات الجافة والرطبة، متبعاً المنهج العلمي الوصفي التحليلي والكمي والاستقرائي والوظيفي المدعم بكل وسائل الإيضاح المستندة إلى الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والمرئيات الفضائية للمنطقة، والموثق بالصور الرقمية الضرورية لظواهر الجريان والمشاكل الناتجة عنه، مما

جعل منه وثيقة علمية تحتوي قاعدة بيانات يمكن الارتكاز عليها في حال تطبيق أي خطة تنموية مستقبلية تستهدف تجنب المشاكل التي تعيق تنمية موارد بيئة المنطقة ومجتمعها المحلي. إن منطقة جنوب الجبل الأخضر المحاذية للهامش الشمالي للصحراء الكبرى تتناوب عليها من الجنوب المؤثرات الصحراوية الجافة في الصيف وفي دورات سنوات الجفاف، ومؤثرات رطوبة الجبل الأخضر من الشمال والغرب في الخريف والشتاء والربيع وفي دورات السنوات الرطبة، مما يجعل تلك المنطقة تتمتع بموارد وبيئات تتغير مكوناتها بسرعة وعلى الدوام ما دامت تلعب فيها تلك المؤثرات بالتناوب فيما بينها تقدماً وتراجعاً، لذلك فإن أي خطة تنمية في هذه المنطقة تتعرض للفشل ما لم تؤخذ التدابير اللازمة لتفادي آثار كل الأخطار والمشاكل السلبية التي تجلبها المؤثرات الإقليمية على منطقة بيئات جنوب الجبل الأخضر، وبما أن مؤثرات الجبل الأخضر أكثر إيجابية على المنطقة ومكوناتها البيئية فإن هذا البحث يتناول مساحة من الحوض الداخلي للجبل الأخضر تقدر بحوالي 6948.3 كم<sup>2</sup> تشمل أحد عشر حوضاً لأودية رئيسة أصغرها حوض وادي بالعطر بمساحة 132.5 كم<sup>2</sup>، وأكبرها حوض وادي سمالوس بمساحة 1549.23 كم<sup>2</sup>، تحتل هذه الأحواض المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر ابتداءً من خط تقسيم المياه مروراً بالجشة والقليعات والسروال وصولاً إلى البلط البالغة مساحة ستة بلطات رئيسة منها 110.39 كم<sup>2</sup> وبلطتي خاوية والشليطيمة الصغيرتين البالغة مساحتهما 1.379 كم<sup>2</sup>، هذه البلطات تشكل المصببات الرئيسية لتلك الأودية. إن هذا البحث صنف هذه الأحواض في ستة أنماط رئيسية كما أنه صنف تلك الأحواض بحسب مصباتها في البلط، التي يتوحد في البلطة الوحيدة منها أكثر من

وادي، مما يجعل منها ثمانية بحيرات مائية مؤقتة وشبه دائمة في أعقاب جريان مياه تلك الأودية، تلك البلطات تساهم بشكل فعال في إعطاء بيئة جنوب الجبل الأخضر الجافة شبه الصحراوية نوع من الحيوية والغنى بالموارد الطبيعية، كما أنها تمثل موارد مائية وبيئية ذات أهمية كبيرة جداً في حياة الأنعام والمجتمع البشري المحلي، لذلك تتطلب جهوداً فعالة في تنمية مجمل موارد البيئة والمجتمع المحلي على أساس الجريان السطحي لأودية تلك الأحواض الذي يزيد إيراده في بعض السنوات عن 200 مليون م<sup>3</sup>، لأن بحيرات البلط عند ملئها لوحدها تتسع لحوالي 100 مليون م<sup>3</sup>، ناهيك عن آلاف البرك والغدران المؤقتة والحفر الاصطناعية التي تتوزع على كافة مناطق تلك البيئة، والتي تشتت فيها عشرات الملايين من الأمتار المكعبة من المياه التي تلقى مصيرها بين مركبتي الرش نحو الخزان الجوي المالح والتبخر في الغلاف الجوي، على سبيل المثال إن حساب التبخر من سطح الماء الحر في بلطة بورقيص بلغ معدله 3.43 ملم/يوم خلال فترة 169 يوم من فصلي الشتاء والربيع.

إن متابعة الباحثين للوضع البيئي العام في بيئات جنوب الجبل الأخضر، في أكثر من 20 جولة ميدانية تؤكد أن الجريان السطحي يلعب دوراً فعالاً في تشكيل وتخلق بيئات محلية متنوعة خاصة في السنوات التي تتخللها جريانات متتابعة، مثل جريان شهر يونيو من عام 2007م، وجريانين حدثا في شهر أكتوبر من عام 2007م، وجريان شهر أكتوبر من عام 2008م، وتتبع عاصفتين مطريتين مجدولة أمطارهما، في هذه الدراسة، في أكثر من محطة وموقع قيست فيه الأمطار من الباحثين، تلكما العاصفتين خلفتا جريان الأودية على مجمل المساحة في تلك البيئات، تؤكد تنوع مظاهر الحياة البرية والمائية في أعقاب الجريان؛ لدرجة أن



الغطاء النباتي المتكون من الزفره والرمث والقزح والحرمم والقوس العجرم والرتم والقطف والسدر والحفلش (القبار)، التي تمثل النباتات المستوطنة والمتأقلمة مع البيئية الجافة، تزدهر مع تلك النباتات بعد الجريان نباتات أخرى تتأقلم مع البيئات الرطبة وشبه الرطبة مثل الخبيزة والقريص (الحريق) والنجيله وشقائق النعمان والكود والشبرق وغيرها، بالإضافة لازدهار نباتات الزراعة البعلية كالقمح والشعير، إضافة إلى أن بيئات البرك والغدران والقضوض والبحيرات الاصطناعية تزدهر فيها الحياة المائية، لذلك تلاحظ الضفادع ودجاج الماء والبط والإوز المهاجرين وطيور مهاجرة كثيرة أليفة المياه، بالإضافة لازدهار النباتات المائية المغمورة من الإشنيات والطحالب، وازدهار حياة حشرية لأنواع كثيرة من البعوض في بيئات تلك المجمعات المائية، ذلك يعني أن شكل البيئة الجاف المعهود في هذه المنطقة من الأرض يتغير ليأخذ أشكال أخرى تتنوع فيها البيئات المحلية لدرجة أن الباحثين استطاعا تمييز حوالي 40 بيئة محلية متميزة كلاً منها بمكوناتها عن غيرها في منطقة صرف وادي الرملة في محيط منطقة المخيلي، ما بين شمالها وجنوبها حتى بيئة بلطة الرملة على طول مسافة حوالي 20 كم من الأرض وعرض لا يتجاوز 10 كم، كما تم تأكيد وجود أكثر من سلسلة تعاقب حيوي في تلك المنطقة، إن ذلك يستدعي تدخلاً جاداً لاستثمار وتخطيط سليم للموارد المائية في هذه المنطقة ذات الأرض الخصبة التي تتجدد خصوبتها مع كل جريان بالمواد الغذائية والمعدنية والعضوية التي تنقلها المياه من سفوح أحواض الجبل إلى أوديتها ومن ثم تنشرها على ترب تلك البيئات السهلية، تابع الباحثان منتوج الشعير في عقيرة الزفره، في شهر مايو من عام 2008م، الذي بلغ مردوده حوالي 35 ضعف، مما يؤكد على ضرورة تنمية أراضي المنطقة

الجنوبية من الجبل والتي يناهز إنتاجها في سنوات الخير إنتاج أية منطقة زراعية أخرى في ليبيا التي من ضمنها سهل المرج.

إن خطط تنمية أراضي وموارد بيئات جنوب الجبل الأخضر يتطلب الأخذ في الحسبان مجموعة كبيرة من المشاكل، التي تخلقها دفقات جريان الأودية الفجائية، التي تكون غزيرة عادة وتفوق في بعض الحالات لبعض الأودية 500 م<sup>3</sup>/ثا كالرمل والحمامة وسمالوس، لتفادي مشاريع أية خطة تنمية لتلك المشاكل حتى تؤدي لنجاح تلك الخطط مع مرور الزمن. إن المشاكل التي يحدثها الجريان السطحي في بيئات جنوب الجبل يمكن تلخيصها على النحو الآتي:

**1-** إن أودية السفح الجنوبي شكلت خلال الحقب الرابع مروحة إرسابية حصوية وحجرية أسفل حضيض الجبل ضخمة الحجم وواسعة المساحة يزيد سمكها عن 70م، كانت تلعب عليها مياه الجريان بحرية مغيرة مجاريها يمينا وشمالا بحسب السنوات وغزارة الجريان، وكانت تسير بحرية على سطح المروحة نحو الجنوب خلال أفرع المجاري المؤدية لبيئة البلط، لكن إنشاء طريق المخيلي-الخروبة المعبدة المنشأة في الثمانينيات من القرن الماضي حددت سلوك مجاري المياه ضمن العبارات المنشأة تحت الطريق، مما جعل مجاري الأودية محددة قسراً ضمن العبارات ومنحها فرصة لتعميق مجاري رئيسة في جسم المروحة يتم من خلالها وصول المياه لبيئة جنوب الطريق، لذلك اشتملت هذه الدراسة على دراسة وافية لأشكال وأبعاد ومقاطع العبارات ما بين المخيلي وسمالوس على مسافة حوالي 80 كم.

- 2- من المفيد ذكر أنه لا يوجد على أي من الأودية أية محطة قياس هيدرومترية، رغم أهمية وجود مثل تلك المحطات للحصول على تقدير معقول لحجم الجريان الفجائي الذي يستمر عادة ما بين يومين أو ثلاثة أيام.
- 3- تهديد مياه جريان السيول للعبارات وجوانب الطرق والمنازل والآليات وغرق وخنق الحيوانات والرعيان والبدو أحياناً.
- 4- تهديد مجروفات السيول من الرمل والحصى والحجارة للأراضي المزروعة والقابلة للزراعة بردمها، أو بإزالة التراب من مكانها وجرفها نحو أسافل الأحواض، مما يؤدي في أحيان كثيرة إلى ردم المواجن والحفر الاصطناعية التي تعترض مياه السيول وتخرجها من نطاق الاستعمال، كما يؤدي تراكم المواد الناعمة في القوض إلى تناقص قدرتها الاستيعابية من المياه.
- 5- إن انبساط الأرض يجعل مياه جريان السيول تنتشر وتنبسط على مساحات كبيرة من الأرض سواء في السروال أو في العقاير أو في السلوك مما يؤدي لتشتتها وضياعها بسرعة بين مركبتي الرشح نحو الخزان الجوفي المالح والتبخر في الجو.
- 6- إن وجود آلاف البرك الطبيعية المتخلقة من الطبوغرافيا أو بسبب إنشاء الطرق، وكذلك آلاف الخنادق وشبكات ضخمة جداً من المصارين، تستهلك كميات تقدر بمئات عشرات الملايين من الأمتار المكعبة تشتت على كامل المنطقة في هذه المجمعات المائية، التي تضيع مياهها هي الأخرى بسرعة ( شهر أو شهرين ) بين مركبتي الرشح والتبخر.
- 7- إن انبساط أراضي البلط تجعل المياه المتجمعة فيها ضحلة لا تتجاوز أعماقها 1م إلا قليلاً، مما يجعل التبخر يتحكم فيها في ظل مناخ جاف شبه صحراوي تبلغ قدرته التبخرية

حوالي 3.43 ملم/يوم في فصلي الشتاء والربيع، مما يؤدي إلى ضياع مياه البلط في الجو خلال فترات لا تتجاوز فترة 5 إلى 6 أشهر بسبب المشكلة الأخرى الآتية وهي:

8- أن الرياح تعمل على إزاحة مياه البلطة وفق اتجاه هبوبها، مما يجعل المياه تتشرب في المواد الناعمة لأرضية البلطة الناشفة على الحواف، مما يعجل في تقصير عمر البحيرات المائية في البلط، على سبيل المثال إن بلطة الرملة التي ملئت بالمياه بتاريخ 21 و22-10-2007م تبخرت مياهها كاملة وظهر فيها نبات الكود مزدهراً بتاريخ 09.04.2008م، في حين بقيت بحيرة بلطة أبو رقيص تحوي مياه وبكميات جيدة، وعليه يمكن إضافة المشكلة الأخرى الآتية:

9- كلما كانت مياه البلطة ضحلة والبلطة واسعة كلما سهل على الرياح تحريك مياهها وجفافها بوقت أسرع؛ كما هو ملاحظ من مقارنة بقاء مياه بحيرة بلطة بورقيص البالغة مساحتها 11.9 كم<sup>2</sup> مقابل جفاف مياه بحيرة بلطة الرملة البالغة مساحتها 33.5 كم<sup>2</sup> في ظل نفس الظروف والوقت.

10- إن مشكلة جفاف البلط والمجمعات المائية الطبيعية الموجودة في المنطقة بشكل عام يوافق فصل الصيف الجاف والذي تتطلب فيه الناس والأنعام كميات كبيرة من المياه ليس من السهل توفرها في هذه البيئات الجافة، لذلك يزداد الضغط على آبار السماء والمواجن والقضوض المحفورة في البلط، وتتوجه الناس نحو الآبار العميقة التي تنتج مياه مالحة كسوندة تناملو، أو لنقل المياه بالسيارات من آبار بعيدة كآبار بو هندي والعزيات.

11- إن النظام البيئي لمنطقة جنوب الجبل بشكل عام يعاني من نقص وندرة المياه المتاحة في كثير من دورات السنوات الجافة التي تجتاح المنطقة، مما يتطلب التدخل بخطة تنمية مائية تمتاز بالجودة والرشد وحسن التخطيط لتأمين مياه هذه المنطقة في كل الأوقات دون أن تقع في عجز مائي يؤثر على تنميتها.

12- إن عدم انتظام سقوط المطر في الإقليم يؤدي في بعض الحالات لحدوث سيول في وقت نضج المحصول الزراعي من الحبوب، أو في وقت الحصاد، فتخرب مياه السيول الطينية المحاصيل بسبب سقوط الزرع على الأرض وتشبعها بالأوحال فتأبى أكله الأنعام، وإذا حدث الفيضان والزرع محسود فتنقله المياه وفق جريانها من الأعالي نحو الأسافل، مما يؤثر سلباً على الناحية النفسية والاقتصادية للمزارعين.

يسلط هذا البحث الضوء على أكثر المشاكل الناتجة عن الجريان السطحي لأودية جنوب الجبل الأخضر في مختلف بيئاته، ويلفت أنظار الباحثين المهتمين بموارد المياه وباقي موارد ومكونات البيئة الطبيعية لتوجيه الجهد نحو التعمق في البحث العلمي في مختلف تلك المجالات، وتحديد اتجاه الخطط التنموية الكفيلة بتنمية فعالة لموارد البيئة والمجتمع المحلي.

يستند هذا البحث على كم هائل من المعلومات المجموعة والمستنبطة من دراسة ميدانية عن المنطقة التي تم رصدها واستقراء خفايا حناياها خلال فترة تزيد عن 15 عاماً من الدراسة، والعمل الميداني، والزيارات الحقلية المتكررة للمنطقة، والعمل المكتبي الموازي والملازم، ومراقبة الظواهر والمكونات المختلفة وتطوراتها في مختلف فصول السنة، وكذلك في مختلف دورات السنوات الجافة والرطبة، متبعاً المنهج العلمي الوصفي التحليلي والكمي والاستقرائي

والوظيفي المدعم بأشكال أحواض التصريف وبجيرات البلط وأبعادها ومساحتها المستندة إلى الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والمرئيات الفضائية للمنطقة والموثق بالصور الرقمية الضرورية لطواهر الجريان والمشاكل الناتجة عنه، ولجوانب من البيئة الطبيعية في مختلف نواحيها مما جعل منه وثيقة علمية تحتوي قاعدة بيانات يمكن الارتكاز عليها في حال تطبيق أي خطة تنمية مستقبلية تستهدف تجنب المشاكل التي تعيق تنمية موارد بيئة المنطقة ومجتمعها المحلي.

لقد تضافرت جهود كبيرة من مجموعة غير قليلة من الأفراد الذين قدموا العون المشكور في إنجاز هذا البحث خلال الزيارات الميدانية في منطقة الدراسة، مثل الإخوة في مراكز الشرطة في كل من المخيلي والقيقب والفايدية وأسلنطة ومرأوة وقندولة، الذين زدوا البحث بالبيانات المطرية، والإخوة السائقين المكلفين من الجامعة مثل صلاح عاشور وصالح الطيب، والأخوة الذين سخروا سياراتهم للعون في تذليل مصاعب العمل الميداني كالإخوة السنوسي جاد الله، وعوض جبريل غيث، وفرج الحبيب سليمان، وعبد الواحد عوض، وزهران الرواشدة، وفريق آخر ساعد الباحثين في العمل الميداني من معيدين وأساتذة وطلبة من قسم الجغرافيا كالأخ محمود الصديق التواتي، السنوسي جاد الله، عوض جبريل غيث، مفتاح بو خشيم، جمال النعاس وخالد بن عمور، بالإضافة لإخوة كثر ساعدوا في تذليل الصعاب في الميدان، مثل صالح العقاب، صلاح عبد الله، عبد الكريم الحمري، سعيد وسالم الدكماك، إدريس و أرحيم يونس أرحيم العريفي، عبد الصادق بو خشيم، خليفة أمراجع علي حامد، منصور مفتاح بدر، زهير وهاشم منصور، وهارون صالح عبد الجواد، وغيرهم من

أهالي منطقة الدراسة الذين يكيل لهم الباحثان كل الشكر على مساعدتهم في العمل الميداني.

### مشكلة الدراسة:

إن منطقة الدراسة تعاني من ندرة واضحة في المياه تعيق مشاريع التنمية، هذه الندرة الملاحظة ليست ناتجة عن قلة مياه المنطقة، إنما سوء استثمار مياه جريان الأودية في بيئة سهلية جافة، وإهمال المشاريع المائية فيها هو المسؤول عن تلك الندرة غير المبررة بوجود جريانات سخية فجائية تحدث بين وقت وآخر انقلاب شامل في مكونات بيئات السروال والبلط لتقلب المظهر البيئي العام من مظهر جاف شبه صحراوي إلى مظهر رطب وشبه رطب مرتبط ببيئة الجبل الأخضر، مما يتطلب تدخلاً جاداً في إدارة موارد مياه المنطقة ليخفف قدر الإمكان من ندرة المياه ويطلق عملية تنمية شاملة مستدامة للموارد الحيوية والبيئية والمجتمع المحلي.

### فروض الدراسة:

- 1- هل من المفروض ترك البيئات الجنوبية للجبل الأخضر على حالها تحت رحمة المؤثرات الصحراوية الجافة؟
- 2- أم من المفروض حسن تخطيط استثمار الجريان السطحي المفاجئ والسخي في تطوير موارد المنطقة؟
- 3- هل من الواجب التدخل لحماية موارد البيئة الموجودة من سلطان الجريان السطحي الذي يفتك بها؟

4- أم من الأفضل تحويل نقمة الجريان إلى نعمة تتطور بها موارد المنطقة وتخفف من عبء الجفاف الصحراوي؟

#### أهمية البحث:

تتمتع منطقة السروال والبلط رغم جفاف مناخها بتربة لحقية رسوبية تتجدد خصوبتها مع تجدد جريان السيول، وتحوي غطاء نباتي حولي ودائم الخضرة يجعلها منطقة رعوية مهمة جداً في حوض الجبل الأخضر، ترتادها قطعان الإبل والغنم على طول العام بالإضافة لقليل من الماعز والأبقار، لذلك تلعب هذه البيئة الجافة دوراً اقتصادياً هاماً في حياة المجتمع المحلي بوجه خاص وإقليم الجبل الأخضر بوجه عام، لذلك يطرح الباحثان في هذه الدراسة المشاكل التي تعترض مياه الجريان في جنوب الجبل الأخضر، لكي تتوجه سياسات التنمية المائية والموارد الحيوية في هذه المنطقة بتدخل سريع لإدارة موارد المياه وحفظها من الضياع، كي تتاح وتستثمر في خطط التنمية المستدامة للموارد الطبيعية والبشرية.

#### هدف البحث:

يتناول هذا البحث دراسة مساحة 6948.3 كم<sup>2</sup> تتوزع في نطاقين: أحدهما شبه جاف إلى جاف، يغطي السفح الجنوبي الأوسط من الجبل الأخضر الذي يمثل نطاق التغذية المائية، في منطقة الدراسة، التي تعادل حوالي 60% من مساحة المنطقة المدروسة التي تبدأ في الشمال من خط تقسيم المياه ما بين الحوض الخارجي والحوض الداخلي للجبل الأخضر وتنتهي عند أحاضيض السفوح الجنوبية للجبل، والثاني يمثل بيئات منطقتي السروال والبلط



الجافتين اللتين تمثلان منطقة الصرف، والمستهدفتين للتنمية في هذه الدراسة لكونهما تشكلان حوالي 40% من منطقة الدراسة ذات الطبيعة السهلية والأراضي القابلة لإدخال تقنيات التنمية المستدامة للموارد الطبيعية.

### التعريفات الإجرائية:

اعتمد هذا البحث بعض التسميات المحلية المستخدمة من قبل السكان والتي يمكن إعطاؤها التعريف العلمي على النحو الآتي:

**الظهر:** تعني الجهات العليا من الجبل ما بين خط تقسيم المياه، حيث يتراوح الارتفاع بين 881م و 650م، فوق مستوى سطح البحر.

**الجشنة:** هي المنطقة الوعرة التضاريس من الأرض التي يتراوح ارتفاعها ما بين 650م و 400م، فوق منسوب سطح البحر، وهي تمثل الحافة الجنوبية الثانية من الجبل الأخضر.

**القليعات:** وهي تمثل نطاق انتقالي بين الجشنة والسروال ما بين ارتفاع 400م و 200م، فوق مستوى سطح البحر، والتي توافق الدرجة الأولى الجنوبية من الجبل الأخضر.

**السروال:** هي المنطقة التي تحوي الإرسابات الحصوية عند مخارج الأودية من الجبل الأخضر وانتشار المياه في السهل الجنوبي للجبل، حيث يتراوح الارتفاع الطبوغرافي بين 300م و 170م، فوق سطح البحر.

**العقاير:** هي المناطق المستوية الأرض والواسعة نسبياً، والمحاطة عادة من بعض جهاتها بتلال جبلية بحيث تضعف فيها سرعة الجريان نتيجة لانبساط الأرض وانحدارها بما لا يزيد عن 0.002، ويمكن تمييز منها عقاير في الجبل مثل عقيرة البجاجة وعقيرة الدوير وعقيرة الزفرة،

وعقاير كثيرة في السهل الرسوبي ما بين السروال والبلط؛ مثل عقيرة أكريم وعقيرتي الرملية وعقيرة بوعبياد وغيرها الكثير في أعالي البلط، وتمتاز العقاير عن البلط بغناها بالغطاء النباتي من الشجيرات أليفة الجفاف ودائمة الخضرة.

**السلك:** هو عبارة عن وادٍ منبسط الأرض محصور ما بين تلين عن اليمين والشمال، بحيث يتراوح عرض السلك ما بين 50م و300م أحياناً، انحدار أرضية السلك تتراوح ما بين 0.003 و0.004، بحيث تجري فيه المياه ببطء شديد، تصل السلوك المياه ما بين العقاير والبلط، كما تمتاز السلوك بغناها بالغطاء النباتي كالعقاير.

**الصلب:** هو عبارة عن تل يجانب السلك ويحدد مساره ويرتفع منسوبه عن أرض السلك ما بين 4 م و10م.

**البلط:** هي أرض منبسطة سهلية واسعة محاطة عادة من الجهات الجنوبية بتلال جبلية تمنع المياه من الاستمرار في الجريان وتجبرها على التوقف في هذه الأرض السهلية، حيث تتكون في البلط بحيرات مائية مؤقتة تترسب فيها المواد الناعمة من السلت والطين والمعلقات الغروية والأملاح، مما يكون أرضية ناعمة جداً من تلك الرسوبيات.

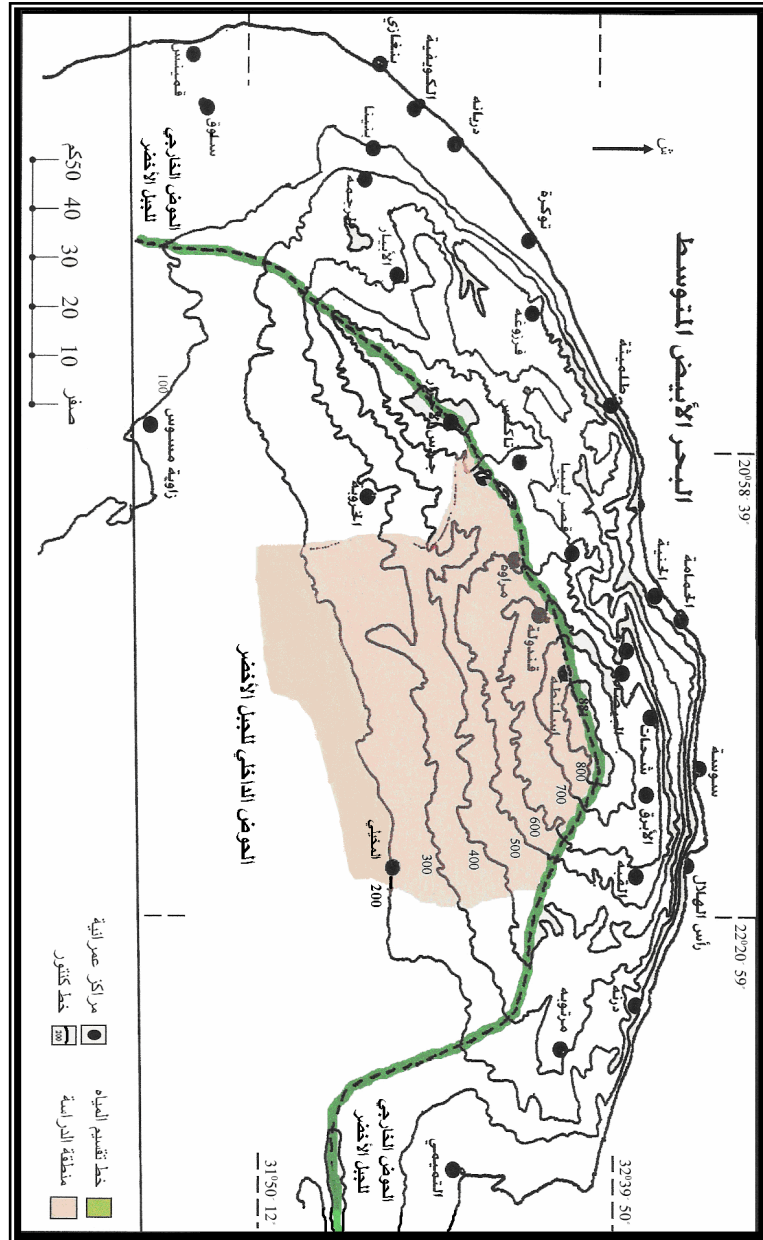
**المصارين:** جمع مصران وهي عبارة عن أحاديث صغيرة متشابكة ومتضافرة تكثر في العقاير وتمتلئ بالمياه عند حدوث الجريان.

**القض:** هو عبارة عن خندق شبيه بقنوات الري مقطعه شبه منحرف، عمقه 6م وطوله 1000م، عرضه من الأعلى 36م وعرضه من الأسفل 6م، حفر في البلط للتغلب على

الجفاف السريع لمياه البلط، يستوعب القرض حوالي 120000م<sup>3</sup> تؤمن سقاية الثروة الحيوانية لفترة عام كامل.

### موقع منطقة الدراسة:

تحتل منطقة الدراسة المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي من الجبل الأخضر شكل (1)، وتحتل مساحة 6948.3 كم<sup>2</sup> من الحوض الداخلي للجبل الأخضر، تحوي أحد عشر حوضاً فرعياً لأودية تمتد من خط تقسيم المياه في الظهر في الشمال وحتى بيئة البلط المنبسطة الأرض، في الجنوب، على الأطراف الشمالية لهامش الصحراء الكبرى، هذه الأحواض مرتبة من الشرق نحو الغرب ما بين المخيلي وسمالوس على النحو الآتي: وادي الرمل، القوس، بلعطر، خريّف، القرنة، الثعبان، تناملو، الحمامة، المقطوعة، شببكة ووادي سمالوس، أشكال (من 2 إلى 12)، تحوي المنطقة تجمعات سكانية مهمة مثل الفايدية، أسلنطة، قندولة، مراوة، أشنيشن، جردس الجراري، خولان، المخيلي، مشروع الثعبان، الحمامة، سمالوس والخويمات. إن منطقة الدراسة محددة بخطي الطول "20°58'39" و "22°20'59" شرقاً، وبدائرتي العرض "31°50'12" و "32°39'50" شمالاً، يمارس سكان المنطقة مهنة الرعي بشكل رئيسي تتبعها الزراعة في الدرجة الثانية.



شكل (1): خارطة للجبيل الأخضر محدد عليها موقع منطقة الدراسة، من عمل الباحثين.

## منهج وأسلوب الدراسة:

ينصب الجهد في هذا البحث على دراسة مشاكل جريان أحد عشر حوضاً مائياً فرعياً من الحوض الداخلي للجيل الأخضر، تمتد من حوض وادي الرملة شرقاً وحتى حوض وادي سمالوس غرباً، مروراً بأودية القوس وبالعطر وخرّيف والقرنة والثعبان وتناملو والحمامة والمقطوعة وشبيكة، أشكال (من 2 إلى 12)، حيث تم دراسة الشبكة الهيدروغرافية في ستة أنماط من هذه الأحواض وتمت متابعة الجريان في أكثر من فترة على طول بعض تلك الأودية وكذلك متابعة الآثار الناجمة عن جريانها سواء في المنطقة العليا ما بين الفايدية ومرارة مروراً بمنطقة سيدي محمد الحمري وأسلنطة وقندولة وجردس الجراي، أو في المنطقة السفلى أي في بيئات السروال والسلوك والعقاير والبلط، كما تم توثيق أكثر من جريان حدث في أودية هذه المنطقة ما بين عامي 2007م و2010م، كذلك تم رصد كيفية ضياع المياه من البرك والغدران والمجري السيلية والمصارين عن طريق التبخر والرشح، كما تم رصد التبخر من بلطة أبو رقيص ما بين يومي 2007/10/22م و 2008/04/09م أي على طول 169 يوم والذي بلغ 58سم، إذ بقيت بلطة أبو رقيص تحوي مياه في حين جفت تماماً مياه بلطة الرملة خلال تلك الفترة، أي أن التبخر اليومي من سطح مياه البلط يبلغ حوالي 3.43 ملم/يوم في هذه الفترة من السنة. إن جفاف مياه البلط يكون أسرع كلما كانت مياه البلطة ضحلة بسبب تحريك الرياح لها وفق اتجاهها مما يؤدي لنشر المياه على المناطق الجافة من البلطة وبالتالي يساهم في تبخيرها السريع من أرضية البلطة، كذلك تم توثيق الجريان الناتج عن عاصفتين مطريتين في شهر أكتوبر من عام 2007م على ثمانية أودية وروافد البعض منها ابتداءً من جردس الجراي

وحتى بلطة الرملة جنوب المخيلي ، كما تمت متابعة الجريان على وادي الرملة خلال عواصف 05.06.2007 و 14-15/10/2008م و 14.05.2012 على طول الجزء السفلي من وادي الرملة شمال المخيلي بحوالي 6 كم وحتى بلطة الرملة الواقعة جنوب المخيلي بحوالي 14 كم، وتم مراقبة المشاكل والآثار التي تخلقها دفقة الجريان على طول تلك المسافة ما بين أسافل سفح الجبل الجنوبية والمروحة الإرسابية الحصوية (السروال) وسلكي الحريقة وحكيم، وعقيرتي الرملة الغربية والشمالية الشرقية، وبلطة الرملة.

### الأهمية المائية في بيئات أحواض وسط جنوب الجبل الأخضر:

إن سيطرة المناخ شبه الصحراوي على منطقة جنوب الجبل الأخضر في بيئتي السروال والبلط الواقعة على الهوامش الشمالية للصحراء الكبرى تستقبل في سنوات دون أخرى كميات كبيرة من مياه الجريان السطحي للأودية التي تستمد مياهها من النطاق شبه الجاف من السفح الجنوبي من الجبل الأخضر، إذ ينسكب أحياناً ما يزيد عن 200 مليون م<sup>3</sup> من المياه في فترة يومين أو ثلاثة من مياه الأودية في السروال وفي سلوك وعقاير أعالي البلط وتنتشر على مساحات سهلية واسعة جداً، إذ لا يتجاوز ميل الأرض فيها 0.004، وفي حال غزارة الجريان تصب المياه الفائضة عن تلك السهول في مصبات البلط الطبيعية لتلك الأودية التي كونت أرضيتها الرواسب الناعمة من السلت والطين وشكلت طبقة كتيمة سمكها يزيد عن 7م تحفظ المياه فوقها من الرشح مشكلة بحيرات مائية مؤقتة واسعة المساحة، حيث تصل مساحة البعض منها إلى 45 كم<sup>2</sup> في بلطة الزلق و33.5 كم<sup>2</sup> في بلطة الرملة، وأقل من ذلك في بلطات أخرى، إن جفاف المناخ وشدة الرياح يساهمان بشكل فعلي في ضياع عشرات الملايين من الأمطار المكعبة من تلك المياه في الجو عن طريق التبخر، مما يجعل مياه بحيرات

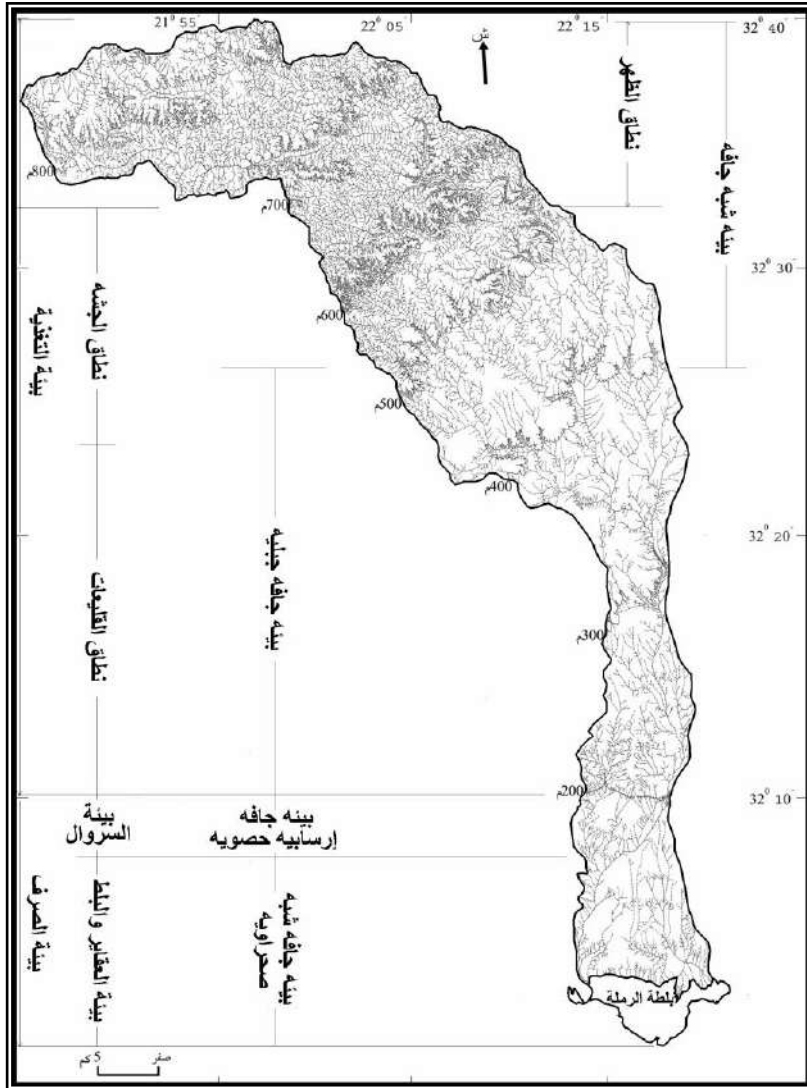
البلط تتبخر بكاملها بين شهرين وثلاثة أشهر عندما تكون كمياتها قليلة وقد تبقى أحياناً لستة أشهر، عولجت مشكلة سرعة تبخر المياه من البلط عن طريق حفر 9 قوض في ستة بلطات، هذه القوض ذات مقاطع عرضية شبه منحرفة بعمق 6م وطول 1000م/قوض لحفظ حوالي 120000م<sup>3</sup> من المياه في القوض الواحد، تستثمر من قبل السكان والمجتمع المحلي الرعوي لفترة سنة كاملة، إن انتشار المياه في المناطق السهلية من السروال والعقار والسلوك يؤدي لتكوين مئات البرك المائية الطبيعية المؤقتة التي ترشح مياهها بسرعة بمعدل يتراوح بين 5 و7 سم/اليوم، ومئات الغدران التي تخدم الثروة الحيوانية لفترات قصيرة لا تتجاوز شهراً أو شهرين بسبب ضياع المياه من تلك المجمعات المائية الطبيعية بفعل عملي التبخر والرشح، ثم إن توزيع جريان السلوك على أراضٍ منبسطة وفي آلاف المجاري المائية الصغيرة في العقار والتي تسمى محلياً المصارين يؤدي لتشتت وضياع مياه الجريان عن طريق التبخر والرشح على طول شبكة مصارين تبلغ أطوال مجاريها مرتبة 10000 كم. وفيما يلي توضيح بالأشكال (من 2 إلى 12) للأحواض الرئيسة المتناولة في هذه الدراسة، كما تبين الجداول (من 1 إلى 3) أهم السمات الرئيسة لهذه الأحواض وشبكاتها الهيدروغرافية، كما يوضح الشكل (13) أشكال البلطات الرئيسة في منطقة الدراسة، ويبين الجدول (4) الأبعاد والمساحات والارتفاع الطبوغرافي والقوض التي تحويها تلك البلطات. كما تم رصد أمطار عاصفتين من مجموعة عواصف، تمتد من 2007 وحتى 2010، أحدثت جريان سيول في الأودية المذكورة سابقاً وخلقت مشاكل كثيرة تم متابعتها في هذا البحث، الجدولان (5 و6)، صور (من 1 إلى 8).

#### الأحواض المائية الفرعية والنطاقات والبيئات الملازمة لها:

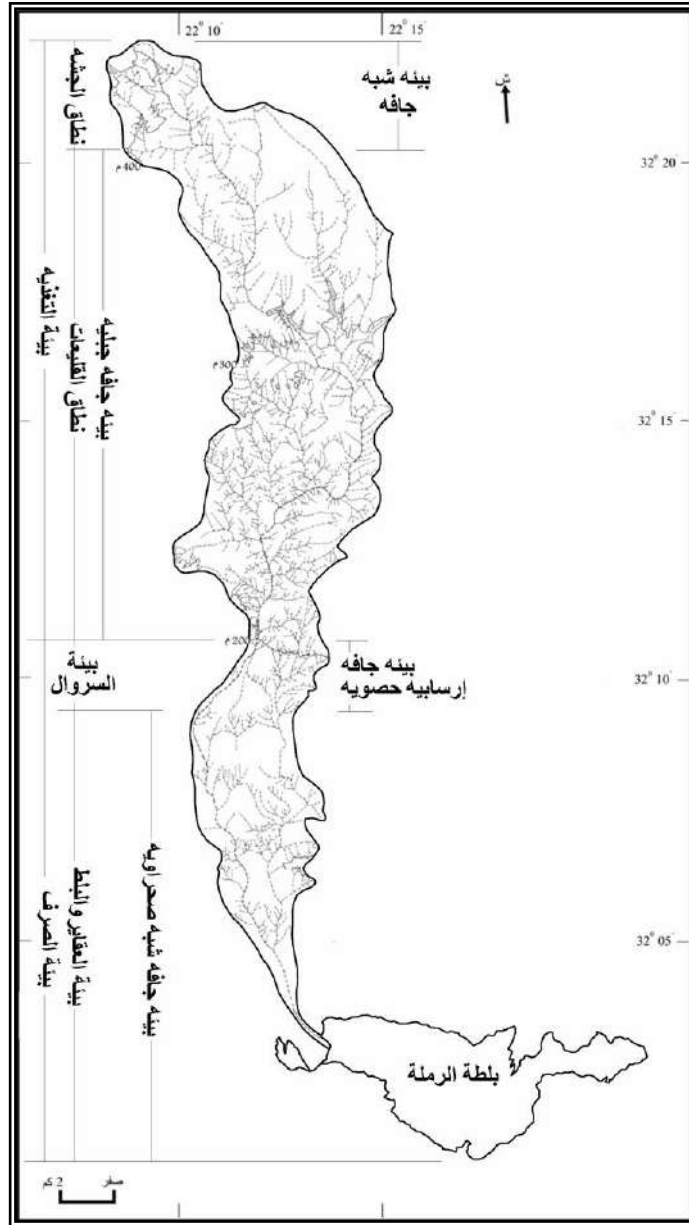
تناولت هذه الدراسة أحد عشر حوضاً مائياً تبدأ بحوض وادي الرمل في الشرق وتنتهي بحوض وادي سمالوس في الغرب، أشكال (من 2 إلى 12)، هذه الأحواض تأخذ

الأشكال الطولية، أي التي يزيد طولها عن عرضها بأكثر من ثلاثة أضعاف، لكونها تستمد مياهها من بيئة ظهر الجبل الأخضر شبه الجافة في الشمال وتتجه نحو الجنوب وفق الانحدار الطبيعي للسفح الجنوبي للجبل الأخضر مجتازةً بيئات الجشة والقلبيعات الجبلية، والسروال شبه السهلية الجافة، لتنتهي في بيئات سهول السلوك والعقاير والبلط الجافة شبه الصحراوية في الجنوب، أشكال (من 2 إلى 12)، حيث يؤدي تجميع مياه السيول، التي تجري في هذه الأحواض، عند نهايات مجاريها لتكوين مصبات تمثل بحيرات مائية مؤقتة تسمى محلياً بالبلط، شكل (13)، والتي يبلغ عددها ثمان بلطات تختلف مساحاتها بحسب اختلاف مساحات الأحواض المائية المزودة لها بمياه السيول الفجائية الناتجة عادة عن العواصف المطرية عالية الشدة التي يستقبلها عادةً السفح الجنوبي للجبل الأخضر، والتي تُخلق عند حدوثها مشاكل متعددة في كل بيئات السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وبالاستعانة بالخرائط الطبوغرافية الخاصة بمنطقة الدراسة تم حساب ومعرفة وتحديد أهم الميزات الجيومورفولوجية والمورفومترية للأحواض والبلطات المدروسة، كما يظهر في بيانات الجداول (1 و 2 و 3) التي تبين كل من أبعاد ومساحات وتضرس الأحواض، وأعداد مجاري كل منها بحسب الرتب النهريّة التي تبلغ الرتبة السابعة في أكبر هذه الأحواض كما في أحواض الرملة والحمامة وسمالوس، جدول (2)، كما حسبت أطوال المجاري الرئيسة وأطوال مجاري الرتب الفرعية في كل حوض على حده، جدول (3)، كما حسبت وحددت المساحات والمناسيب الطبوغرافية للبلطات في جنوب المنطقة الوسطى للجبل الأخضر، وكذلك حددت الأودية المزودة لكل بلطة بالمياه، جدول (4).

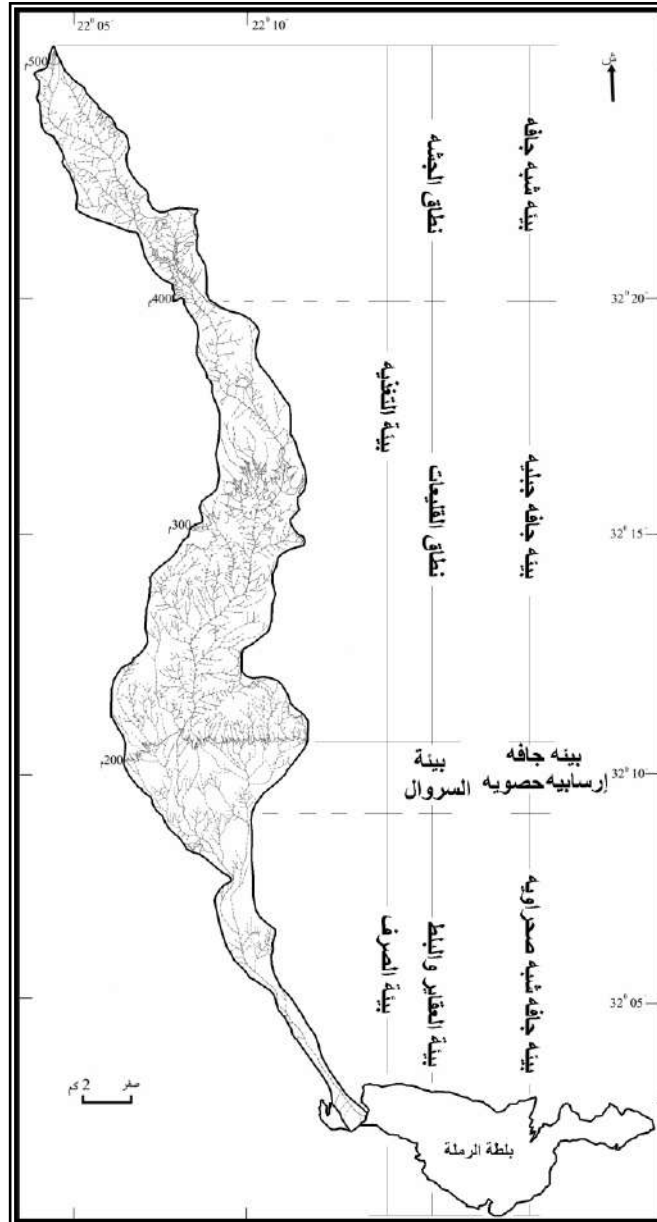




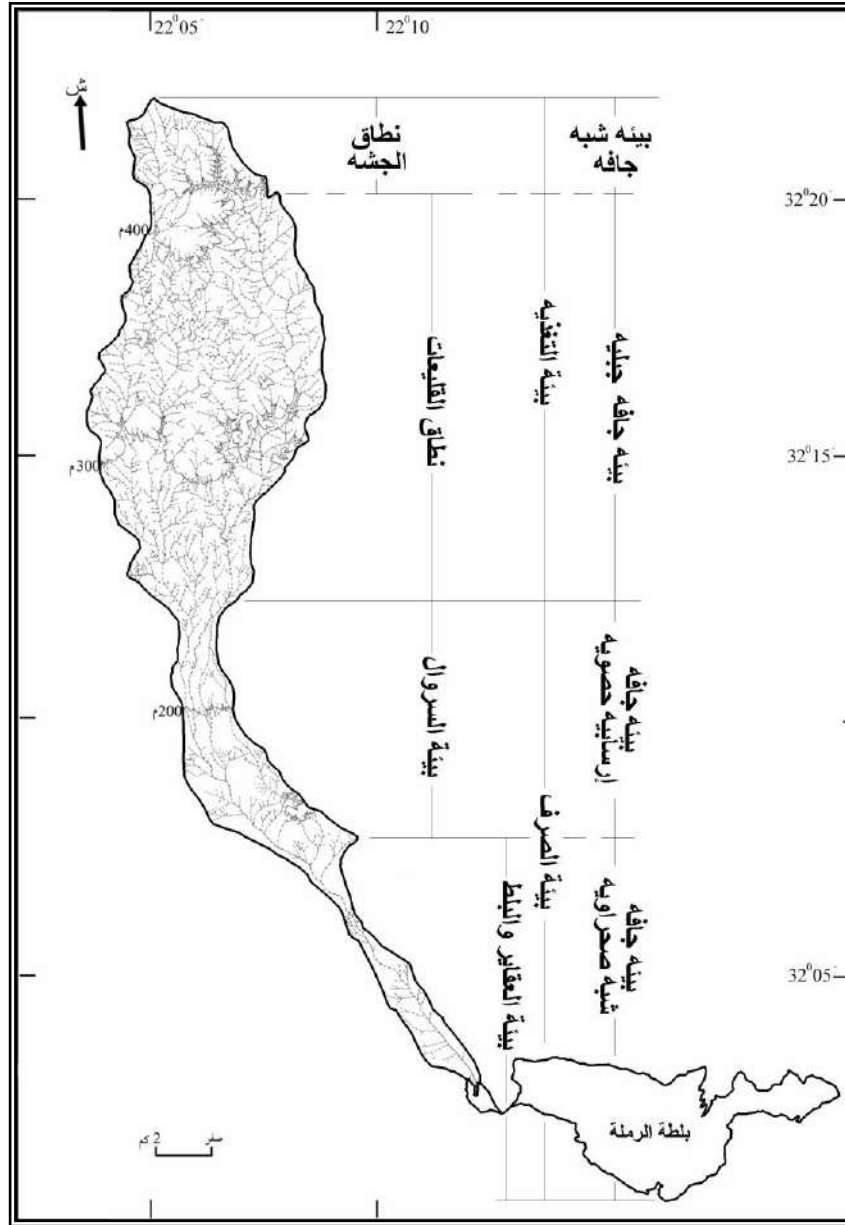
شكل(2): حوض وادي الرمله ومصبه في بلطة الرمله مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسة على طول الحوض، من عمل الباحثين.



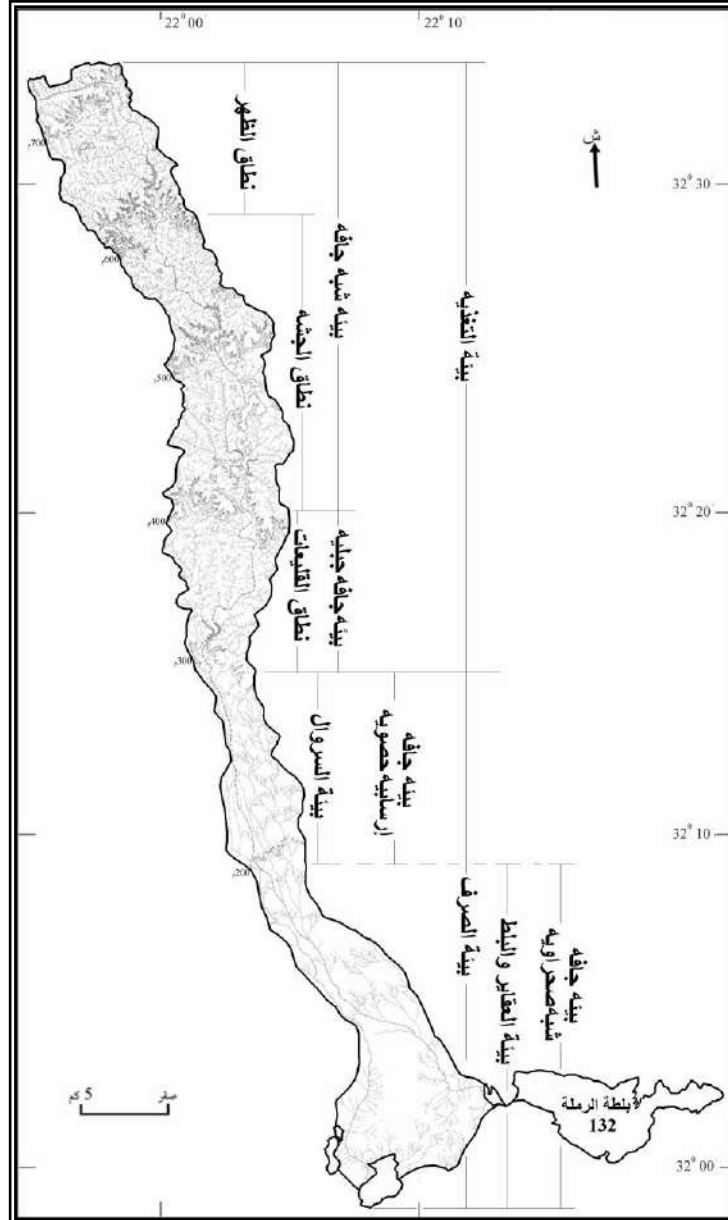
شكل (3): حوض وادي القوس مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسية على طول الحوض، من عمل الباحثين.



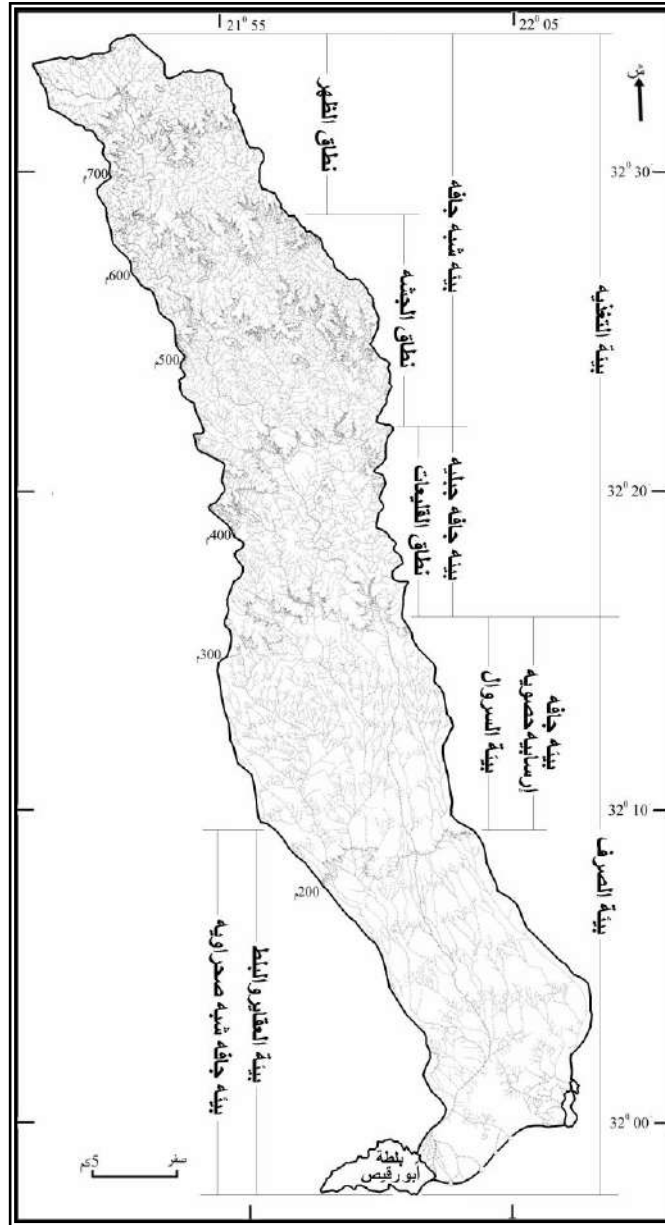
شكل (4): حوض وادي بلعطر مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسة على طول الحوض، من عمل الباحثين.



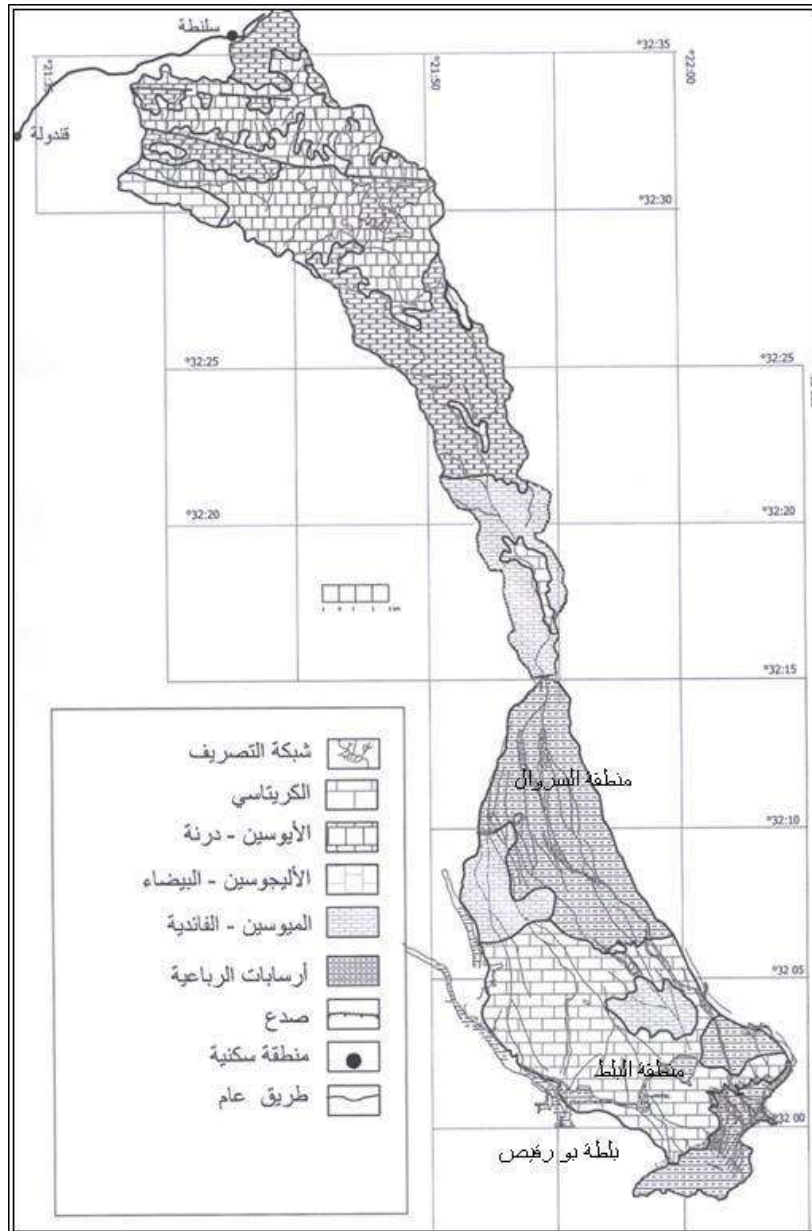
شكل (5): حوض وادي خريّف مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسة على طول الحوض، من عمل الباحثين.



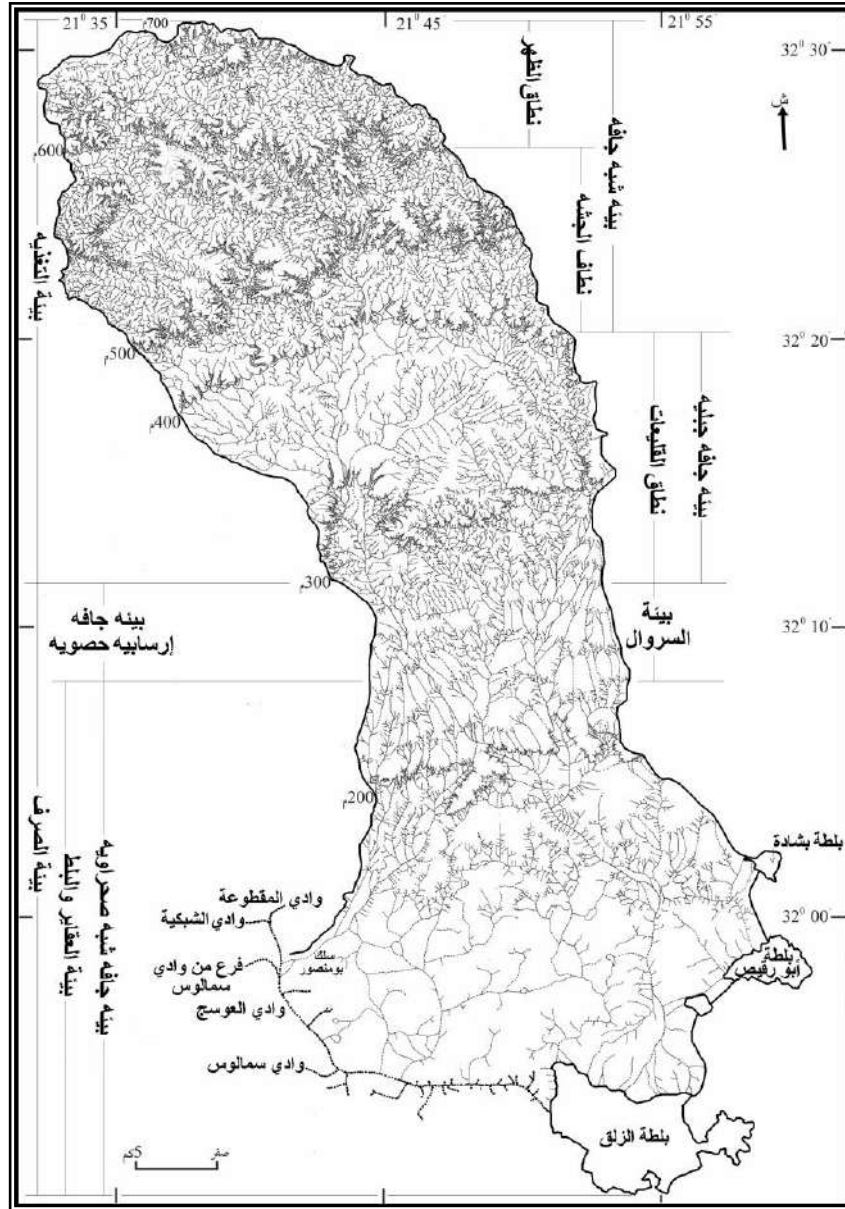
شكل (6): حوض وادي القرنة مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسية على طول الحوض، من عمل الباحثين.



شكل (7): حوض وادي الثعبان مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسية على طول الحوض، من عمل الباحثين.

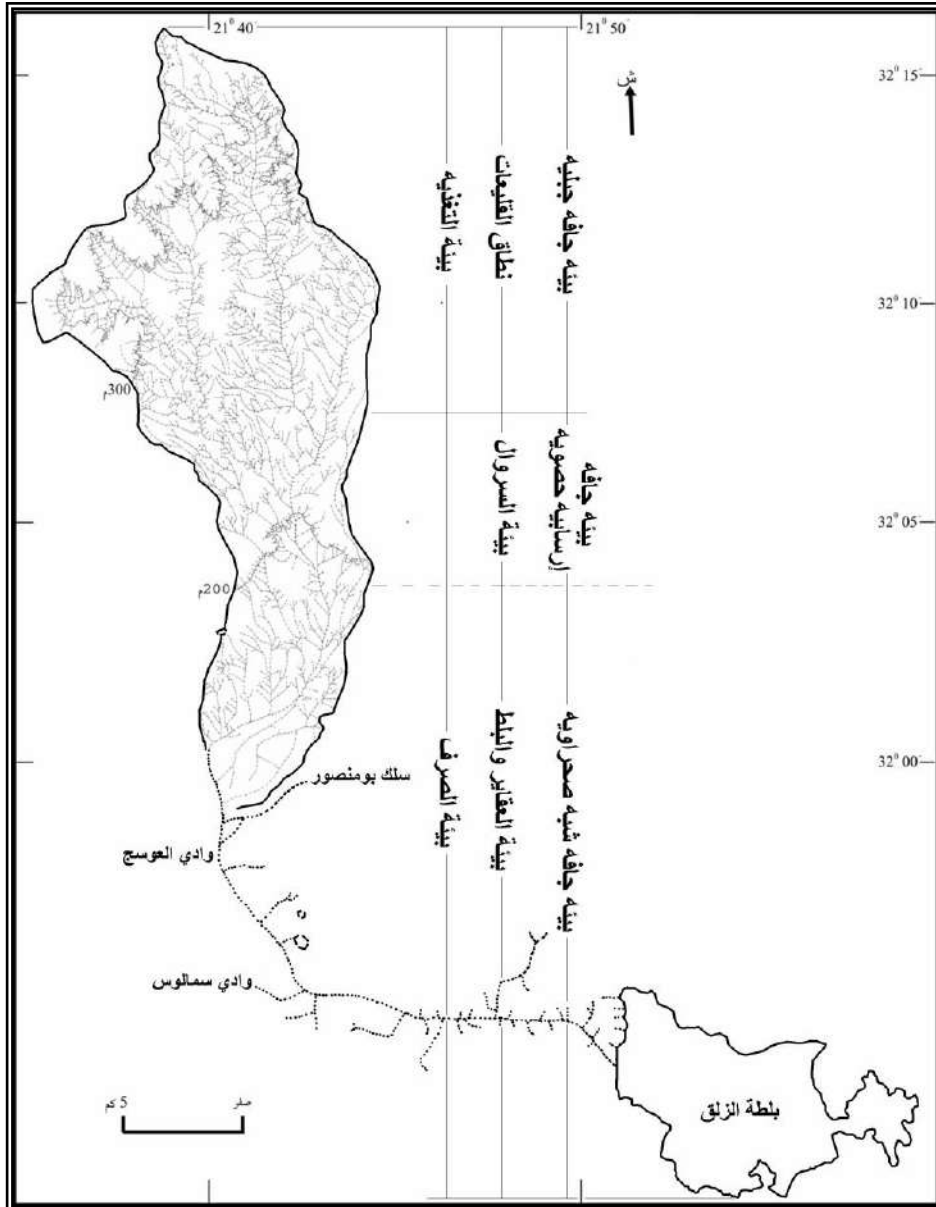


شكل (8): خارطة جيولوجية لحوض وادي تاملو، عن التواتي والحنفي.

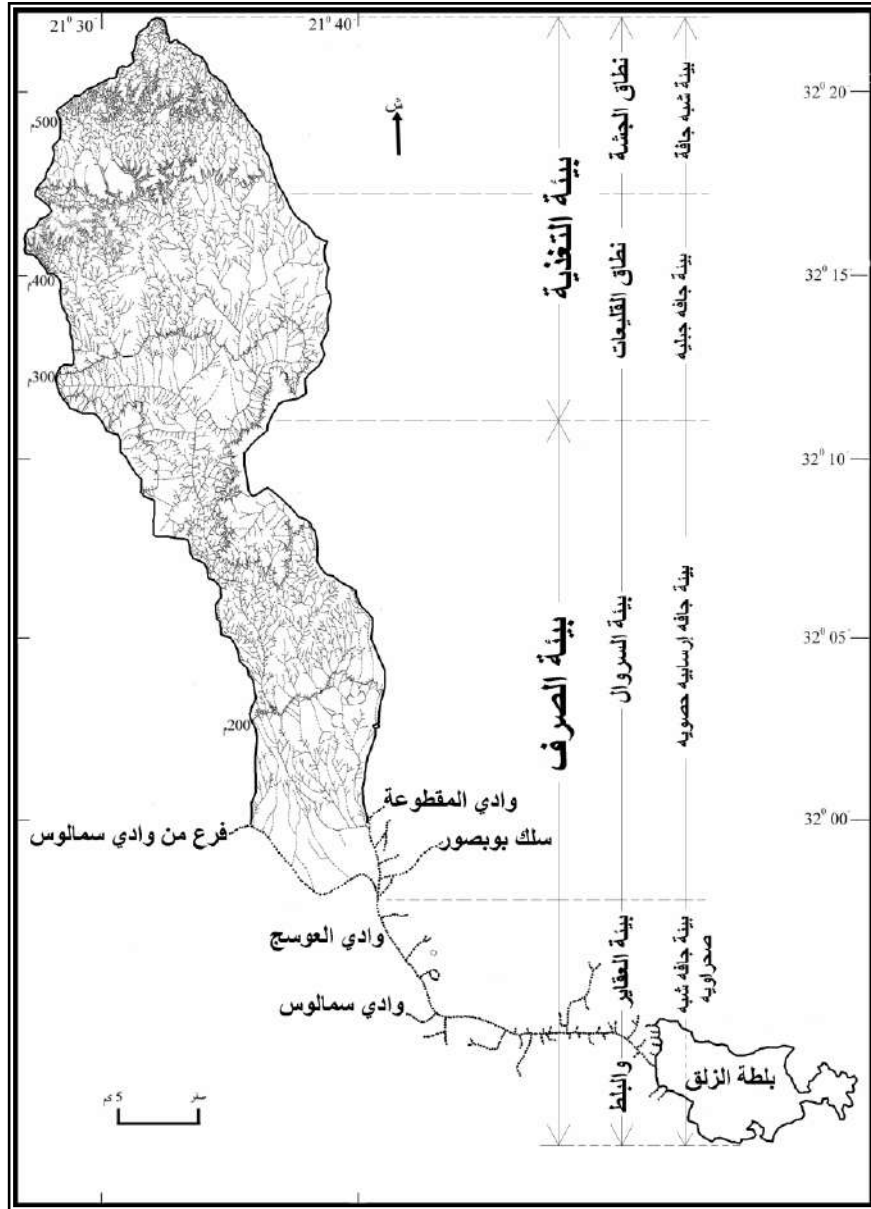


شكل (9): حوض وادي الحمامه مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسية على طول الحوض، من عمل الباحثين.

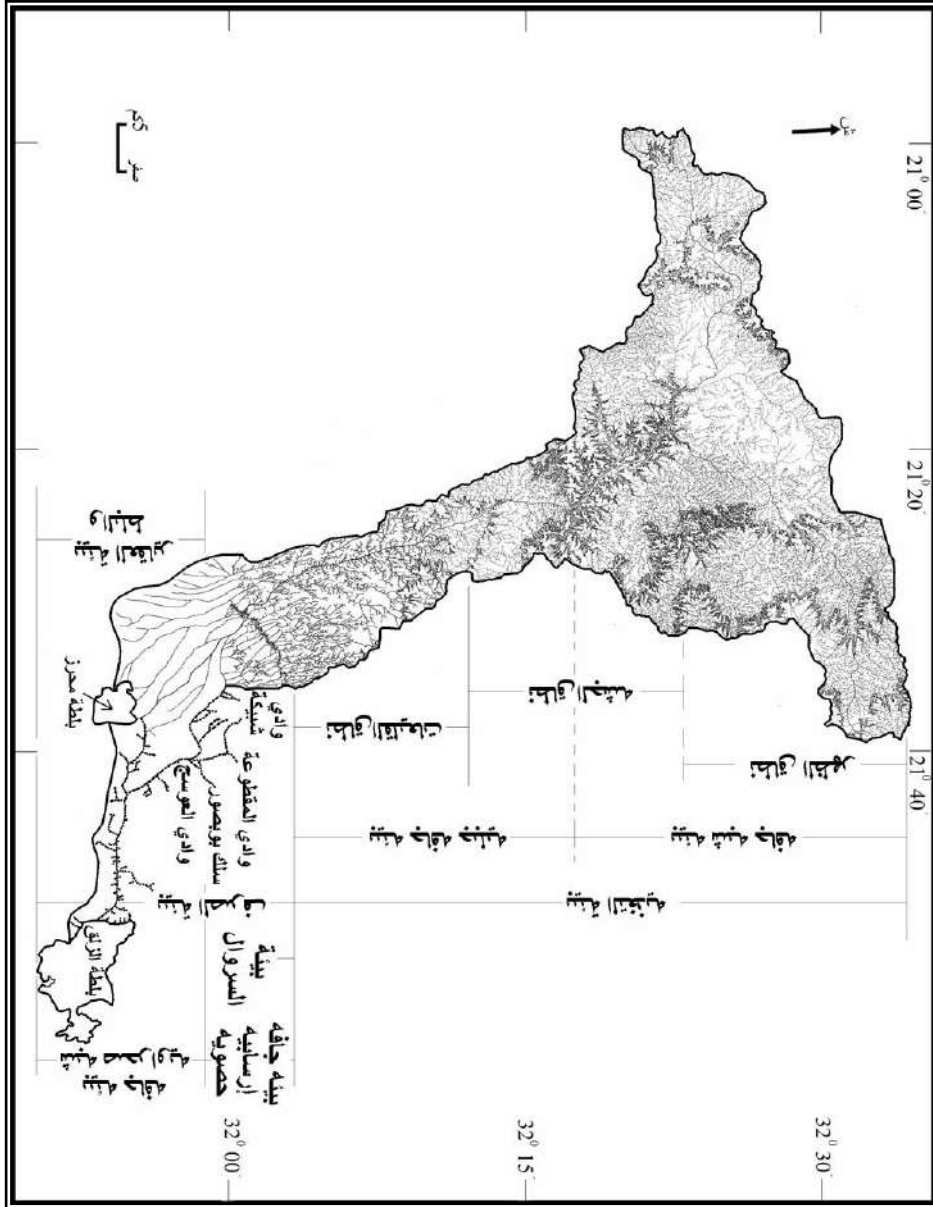




شكل (10): حوض وادي المقطوعة مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسية على طول الحوض، من عمل الباحثين.



شكل (11): حوض وادي الشبكة مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسية على طول الحوض، من عمل الباحثين.



شكل (12): حوض وادي سمالوس مرفق معه البيئات والنطاقات الرئيسة على طول الحوض، من عمل الباحثين.

جدول (1): المساحات والأبعاد الرئيسية للأحواض المدروسة، ومناسيب منابعها ومصباتها، من عمل الباحثين.

منطقة المصب	منطقة المنبع	أدنى نقطة (م)	أعلى نقطة (م)	متوسط العرض (كم)	الطول (كم)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	الحوض
بلطة الرملة	الظهر	132	881	12.81	85	1088.8	الرملة
بلطة الرملة	الجشة	132	440	4.311	37.83	163.1	القوس
بلطة الرملة	الجشة	132	520	2.85	46.5	132.5	بالعطر
بلطة الرملة	الجشة	132	450	3.584	37.5	134.4	خريف
بلطة الرملة- بلط الشلطان والشليطيمة وخايبية	الظهر	130	755	4.98	71	353.5	القرنة
بلطات الشليطيمة وخوايبية- بلطة بورقيص	الظهر	136	792	11.675	72.4	845.3	الثعبان
بلطة بشادة- بلطة بورقيص	الظهر	136	833	5.924	72.6	430.1	تناملو
وادي العوسج- بلطة بورقيص- بلطة الزلق	الظهر	120	725	19.1	73.4	1402.3	الحمامة
وادي العوسج	القليعات	145	343	6.77	33.3	225.4	المقطوعة
وادي العوسج	الجشة	145	625	9.55	53.6	511.9	شبيكة
وادي العوسج- بلطة محرز- بلطة الزلق	الظهر	120	774	15.3	101.26	1549.23	سمالوس
8 بلطات					684.39	6836.53	المجموع

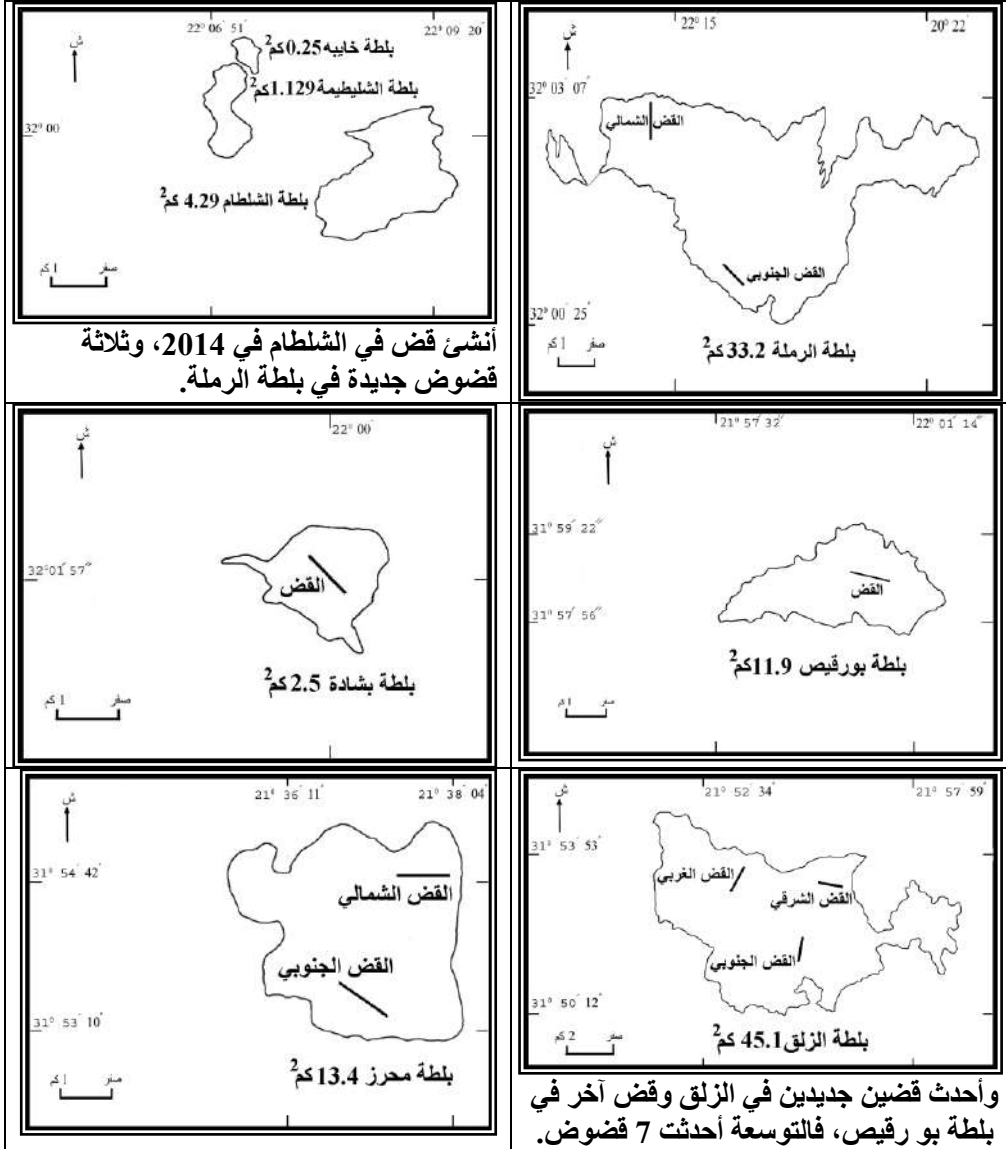
جدول (2): أعداد المجاري لكل من رتب مجاري الشبكة الهيدرولوجرافية لستة أنماط من أحواض التصريف في منطقة الدراسة، بالإضافة لمجموع أعداد مجاري كل من هذه الأحواض، من عمل الباحثين.

حوض الرتبة	حوض الرملة وادي	حوض بالعطر وادي	حوض القرنة وادي	حوض الحمامة وادي	حوض المقطوعة وادي	حوض سمالوس وادي
الأولى	6296	918	2757	7287	1324	13191
الثانية	1372	193	637	1547	266	2648
الثالثة	292	38	126	333	45	573
الرابعة	58	8	26	73	10	121
الخامسة	12	2	6	16	2	25
السادسة	3	1	1	4	1	6
السابعة	1	-	-	1	-	1
مجموع عدد مجري الحوض	8034	1160	3553	9261	1648	16565

جدول (3): مجموع أطوال رتب مجاري كل من أنماط الأحواض المدروسة (كم)، والأطوال الكلية للشبكة الهيدرولوجرافية في كل منها، بالإضافة لطول المجرى الرئيس في كل نمط، من عمل الباحثين.

حوض الرتبة	حوض الرملة وادي	حوض بالعطر وادي	حوض القرنة وادي	حوض الحمامة وادي	حوض المقطوعة وادي	حوض سمالوس وادي
الأولى	2010.5	243.75	622.75	2257.25	344.25	3162
الثانية	778	103.25	271.25	940	168	1402.5
الثالثة	370	50.5	133.75	509.75	89.25	693
الرابعة	170.5	15.25	60	252.25	24.75	306.25
الخامسة	117	39.5	53	118.5	23.5	168.75
السادسة	40	9.25	63.5	106.5	13	89
السابعة	83	-	-	47.25	-	88.75
مجموع الأطوال (كم)	3569	461.5	1204.25	4231.5	662.75	5910.25
طول المجرى الرئيس (كم)	110.75	53	81.5	87	32	128.25

البلطات الرئيسية والقضوض:



شكل (13): البلطات الرئيسية في منطقة الدراسة مبين على كل منها مساحتها، وقضوض جمع المياه، قبل عام 2014، لخدمة الثروة الحيوانية والمجتمع المحلي، عدد القضوض زاد من 9 في 2012، كما يبدو في الأشكال، إلى 16 قض في عام 2018، من عمل الباحثين.

جدول (4): الأبعاد والمساحات والمناسيب الطبوغرافية للبلطات في منطقة الدراسة، والأودية التي تصب في البلط، من عمل الباحثين.

البلطة	المساحة (كم <sup>2</sup> )	الطول (كم)	العرض الوسطي (كم)	الارتفاع الطبوغرافي (م)	الأودية التي تصب فيها
الرملة	33.2	13.55	2.45	132	الرملة، القوس، بالعطر، خريّف، فرع القرنة الشرقي
الشاطم	4.29	2.25	1.9	130	القرنة، خريف
خايبة	0.25	0.55	0.45	130	القرنة، الثعبان، خريف
الشليطيمة	1.129	1.5	0.75	130	القرنة، الثعبان، خريف
بورقيص	11.9	7.2	1.65	136	الثعبان، تناملو، الحمامة
بشادة	2.5	2.65	0.49	154	تناملو
الزلق	45.1	12.52	3.6	120	الحمامة، سمالوس
محرز	13.4	4.68	2.86	128	سمالوس
المجموع	111.769	-	-	-	9 أودية رئيسة

عواصف مطرية تم رصد أمطارها:

يوضح الجدولان (5 و6) الأمطار المسجلة في مراكز الشرطة لعاصفتين مطريتين؛

الأولى حدثت في 15.10.2007 وتراوحت أمطارها من 8 ملم في مراوة إلى 40 ملم في الفايدية، هذه العاصفة الليلية التي لم تتجاوز فترة سقوط أمطارها 3 ساعات أحدثت جريانات هائلة في الأودية المدروسة، كانت دفقات الذروة للبعض منها تزيد عن 500 م<sup>3</sup>/ثا

كما في أودية الحمامة والرملية، مما أدى لإغراق السهول الجنوبية بالمياه ولتغير كبير في كل مكونات النظام البيئي في المنطقة المدروسة، وخلق مشاكل كثيرة سيسلط عليها الضوء في هذه الدراسة، العاصفة الثانية حدثت في ليل 2007.10.22/21 وتراوحت أمطارها بين 4.5 ملم في المخيلي و28 ملم في أسلنطة، حيث سبق الباحثان على العاصفة بتكيب مقياس مطر المخيلي، ومقياس آخر تقليدي في كسارة الدكماك في أعالي السروال، هذه العاصفة التي دامت أمطارها نحو ساعتين أحدثت جريانات كبيرة في كل الأودية، وتم في هذه الدراسة توثيق متأخر لمتابعة الجريان على أغلب الأودية وبعض روافدها من الظهر في الشمال وحتى البلط في الجنوب، صور(من 1 إلى 8).

جدول (5): عاصفة مطرية تم متابعة مصير الجريان الناتج عنها على سفوح جنوب الجبل الأخضر حتى البلط، بيانات الأمطار مسجلة في مراكز شرطة المحلات، من عمل الباحثين.

رقم العاصفة	التاريخ	المحطة المطرية	الأمطار (ملم)
1	15.10.2007	قندولة	30
1	15.10.2007	أسلنطة	38
1	15.10.2007	القيقب	صفر
1	15.10.2007	الفايدية	40
1	15.10.2007	مراوة	8

جدول (6): عاصفة مطرية تم متابعة الجريان الناتج عنها في أودية السفح الجنوبي من الجبل الأخضر وحتى البلط، بيانات الأمطار مسجلة في مراكز شرطة المحلات، من عمل الباحثين.

رقم العاصفة	التاريخ	المحطة المطرية	الأمطار (ملم)
2	21.10.2007	القيقب	6
2	21.10.2007	المخيلي	4.5
2	21.10.2007	الفايدية	20
2	21.10.2007	أسلنطة	28
2	21.10.2007	قندولة	15
2	21.10.2007	بركة مؤقتة (الجشة منسوب 547 م)	19.4
2	21.10.2007	كسارة دكماك (السروال منسوب 292 م)	21



توثيق متابعة جريان العاصفة الثانية:



صورة (2): جريان وادي تناملو في بيئة  
السروال، حوالي 3 م<sup>3</sup>/ثا، الاثنين  
22.10.2007



صورة (1): جريان وادي الحليقيمة، رافد  
الحمامة في بيئة السروال، حوالي 4 م<sup>3</sup>/ثا،  
الاثنين 22.10.2007



صورة (4): جريان وادي القرنة في بيئة  
السروال أسفل العبارة، الاثنين 22.10.2007



صورة (3): جريان وادي القرنة في بيئة  
السروال في أعلى العبارة، حوالي 15 م<sup>3</sup>/ثا،  
الاثنين 22.10.2007



صورة (6): جريان وادي القوس في بيئة  
السروال، حوالي 13 م<sup>3</sup>/ثا، الاثنين  
22.10.2007



صورة (5): جريان وادي بالعطر في بيئة  
السروال أسفل العبارة، حوالي 7 م<sup>3</sup>/ثا، الاثنين  
22.10.2007



صورة (8): تظهر مياه جريان سلك الحريقة  
عند عبارة مشروع سلك الحريقة في مشروع  
المخيلي الزراعي، تاريخ الصورة، الاثنين  
22.10.2007



صورة (7): جريان وادي الرملية في بيئة  
السروال أسفل عبارة المخيلي، حوالي 80  
م<sup>3</sup>/ثا، الاثنين 22.10.2007

## مشاكل الجريان السطحي في أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر:

- لتوضيح المشاكل التي ينتجها الجريان المفاجئ في منطقة الدراسة، تم متابعة جريان 05.06.2007 وجريان 14-15/10.2008 وجريان 14.05.2012 على طول الجزء السفلي من وادي الرملة على طول 20 كم، وعليه يمكن رفع المشاكل الموثقة الآتية:
- 1- إن جريان وادي الرملة الناتج عن عاصفة 14-15/10/2008م قد بلغت ذروته وبدون مبالغة 500م<sup>3</sup>/ثانية والتي وافقت الساعة السادسة صباحا قبل وصول الباحثين للموقع بجوالي خمس ساعات وآثار ذلك كانت تبدو على حواف الوادي، صورة (10) وعلى عضائتي عبارة وادي الرملة ذات الثلاث فتحات بارتفاع 6 م وعرض 50م، صورة (12).
  - 2- عند وصول الباحثين للوادي بجانب كسارة حنش وأمويله على نحو الساعة الحادية عشرة كان تصريف الوادي بحدود 100م<sup>3</sup>/ثانية، صورة (11)، إن دفقة الجريان رسبت فرشاة من الحصى والحجارة على المروحة الإرسابية العليا تحت العبارة بسمك أكثر من 1.5م.
  - 3- إن الإرسابات الحصوية تمددت على شكل ألسنة من المروحة الإرسابية الحصوية نحو المزارع في العديد من المجاري الفرعية التي تنبثق من المروحة الإرسابية وتدخل في المزارع.
  - 4- زيادة سمك الإرسابات الطينية والرملية في الحفر الاصطناعية.
  - 5- فيضان مياه الجريان على أرض أغلب المزارع المنبسطة.

- 6-** تعميق الأحاديث القديمة في المزارع وتحويلها إلى غدران مليئة بالمياه، هذه الغدران تمتد في بعض المزارع لأكثر من 300م.
- 7-** إن سلك الحريقة هو الفرع الرئيس الغربي من وادي الرملة أسفل المروحة الإرسابية يكون حاجزاً مائياً يمنع من حركة الناس والسيارات والمواشي المستقرة عادة على الصلب (أي المناطق المرتفعة نسبياً) ذهاباً وإياباً.
- 8-** إن تراكم القش والنباتات التي يجلبها الجريان تتجمع على حواجز الأسلاك الشائكة في المزارع ومن ثم تخرّبها.
- 9-** تكوين كميات كبيرة من الطمي على شكل أكمات عند مدخل عبارة مزارع سلك الحريقة.
- 10-** إن قوة الجريان أسفل العبارة تعمل على تعميق النحت التراجعي أسفل العبارة.
- 11-** إن اندفاع التيار أسفل العبارة يكون قويا جداً، ومن ثم يؤدي إلى تعميق الجرى وإزالة التراب من حول الأشجار المستقرة مما يجعل طبوغرافية أرض الوادي ممتلئة بأكمات متبقية من تراب تلك الأشجار.
- 12-** يعمل الجريان على تعرية جوانب الأشجار والنباتات تاركة مظاهر متبقية بارزة تستقر عليها النباتات تشبه الأكمات لكنها ليست كذلك.
- 13-** في مناطق الاتصال بين السلوك والعقابر تتكون أحاديث عميقة نتيجة لفرق المنسوب الذي لا يتجاوز 50سم.

14- ترسيب طبقات رقيقة من الطمي يتراوح سمكها من 1 ملم إلى 3 ملم وذلك بحسب دفقة كل جريان وغزارته، يسهل ملاحظة ذلك في البلط والغدران بعد جفافها وكذلك في المزارع على طول السلوك والعقابر.

15- إن جفاف المواد الناعمة يسهل على الرياح حملها ونقلها ومن ثم إثارة الزوابع الترابية والعواصف الرملية التي تشاهد بكثرة ويومياً في الأيام الحارة من السنة، كما يلاحظ في جهات أخرى من منطقة الدراسة في كل بيئات الأحواض، ما بين الظهر والسروال، مشاكل إضافية لما ذكر سابقاً، من خلال متابعة جرياني شهر أكتوبر 2008، والتي يمكن إجمالها في الآتي:

16- إن صغر العبارات تحت الطرق قد لا تستوعب دفقة الجريان عند ذروتها فتجعل المياه تجتاز الطرق العامة مؤدية إلى فيضانها على المنازل كما حدث في قندولة، إذ غرق أغلب منازل السكان الذين توجد مساكنهم في بطن الوادي محدثة أضراراً في الممتلكات وتلف الأوراق الرسمية وتهجير السكان ليلاً من بيوتهم.

17- إن سد العبارات بأجسام النباتات التي يقتلعها تيار الماء وتراكم القش عليها يؤدي لسد العبارات حتى لو كانت كبيرة الفتحة، وخاصة عندما يجرف التيار أشجار السدر، مما يؤدي لعبور الماء من فوق الطرق المعبدة وفي أحيان كثيرة يصنع شلالات يؤدي نحتها التراجعي عند المصب لتدمير جوانب الطرق وتهديد سلامة السيارات المارة، وهذا يلاحظ في قندولة على طريق قندولة- مراوة وفي وادي العقارة على طريق مراوة- ذروه وفي وادي المشل أسفل جردس الجراي على طريق جردس- تناملو، وفي وادي سمالوس والحمامة والشعبان على طريق

المخيلي - الخروبة، كما لوحظ إزالة الطريق بشكل كامل مع العبارة بالقرب من القارة الحمراء على الطريق المؤدية لنجع عائلة أرحيم.

**18-** إن حراثة الأراضي العليا من السروال وخاصة عند دخول الأودية من الجبل إلى السروال تؤدي دفقات الجريان القوية إلى نشاط فعال في الحفر والتعميق وحمل المفتتات الصخرية ودفع الرسوبيات الرملية والحصوية باتجاه الميل مع الجريان نحو الأسفل، مما يوصلها إلى الطريق العام والعبارات، حيث يسد الرمل جزئياً أو كلياً الكثير من العبارات الدائرية المقطع بقطر 1م مما يؤدي لتراكم الرسوبيات على الجانب الشمالي للطريق العام لدرجة تبلغ فيها الرسوبيات منسوب أعلى من الطريق العام، مما يجعل المياه تسير فوق جسم الطريق لتصب على الجهة الجنوبية على شكل شلالات تمتد أحيانا لأكثر من 300م، والتي تخرب بنحتها التراجعي ذلك الجانب من الطريق، وأوضح مظهر لهذه المشكلة يبدو على طول أكثر من 500م في منطقة مشروع وادي الثعبان، وهي أيضا واضحة بالقرب من استراحة تناملو من جهتي الغرب والشرق، وهذه المشكلة تخلق مشاكل أخرى هي:

**19-** تراكم الرسوبيات الناعمة وأحيانا المواد العضوية على الطريق العام المؤدية عند جفافها لإثارة الغبار من جراء مرور السيارات على الطريق.

**20-** إن انسداد العبارات يؤدي في أحيان كثيرة بان تعمل دفقة المياه على التوسع عرضياً بفعل جسم الطريق مما يهيئ الفرصة للنحت تحت الطبقة الإسمنتية، مما يؤدي لانتهيار الطبقة الإسمنتية الواقية لجسم الطريق في جهة ورود الماء إلى العبارة، وذلك ملاحظ عند عبارات الحمامة وسمالوس.

- 21-** في القطاعات التي يكون فيها منسوب الطريق أعلى بقليل من منسوب الأرض تتجمع المياه في برك طبيعية في جهة ورود المياه، مما يؤدي لملء تلك البرك ومن ثم فيضان الماء على الطريق العام، وهذه ظاهرة سهل ملاحظتها على طريق المخيلي - الخروبة وطريق جردس الجراي- تناملو، وخاصة في الأماكن التي لم يجهز الطريق فيها بعبارات لتصريف المياه.
- 22-** إن تكوين برك ضخمة من المياه تزيد مساحتها أحيانا عن 1 كم<sup>2</sup> تؤدي في بعض الأحيان لسقوط أعمدة الكهرباء وانقطاع التيار الكهربائي كالذي تم توثيقه في منطقة ذروه.
- 23-** إن دفعات جريان الأودية الضخمة التي تتجاوز في بعض الحالات 500 م<sup>3</sup> / ثانية كجريان وادي الحمامة وسمالوس والرملة تؤدي لغرق وحنق قطعان عديدة من الغنم وأحيانا الرعيان، كما حدث في عام 2007م.

لسهولة توثيق متابعة مشاكل الجريان تم تقسيمها وتوثيقها بالصور إلى مجاميع هي:

أولاً: مشاكل ناتجة عن شدة غزارة ذروة الجريان في بعض الأودية كالرملة والحمامة وسمالوس، والتي تتجاوز 500 م<sup>3</sup>/ثا، وارتباطها بنماذج العبارات التي لا تتسع لدفقة الجريان العظمى، فضلاً عن انسدادها في بعض الأحيان، مما ينتج عنه غرق بعض القرى، والمزارع التي تعلو العبارات، وتخريب الطرق الرئيسة المعبدة، صور (من 9 إلى 38).

توثيق دلائل شدة غزارة ذروة دفقة الجريان:



صورة (10): جريان وادي الرملة عند دخوله عبارة المخيلي، يوم الثلاثاء الموافق الثلاثاء 14.10.2008، الساعة 14 بعد الظهر، التصريف قدر بنحو  $100 \text{ م}^3/\text{ثا}$ ، ذروة الفيضان وافقت الساعة السادسة صباحاً، وقدرت بخمس أضعاف التدفق المبين في الصورة، لاحظ ذلك من أثر شريط الرواسب المتبقية على الجانب الإسمنتي الأيسر للعبارة، والتربة المبللة التي تحتفظ بالرواسب الطينية.



صورة (9): نباتات متبقية على عمود الكهرباء في أعلى عبارة وادي الحمامة في بيئة السروال ارتفاعها يزيد عن 2 م فوق سطح أرض الوادي، مع أخذ العلم بان عرض المجرى الذي يحتفظ بأثر الجريان يزيد عن 200 م مما يدل على دفقة جريان ضخمة قد تتجاوز  $500 \text{ م}^3/\text{ثا}$  عند ذروه الفيضان، الجمعة 19.10.2007.



صورة (12): صورة لجريان وادي الرملة خلال مروره تحت عبارة المخيلي يوم الثلاثاء 14.10.2008. على الساعة 14، لاحظ أثر ذروة الفيضان عند الساعة السادسة صباحاً لا يزال ظاهراً فوق سطح المياه بأكثر من 2 م على عمودي العبارة، عرض العبارة 50 م وارتفاعها 6 م.



صورة (11): صورة لجريان وادي الرملة أسفل الكوع النهري، في أعالي المخيلي، التصريف حوالي  $100 \text{ م}^3$ ، تصريف ذروة الجريان حوالي  $380 \text{ م}^3/\text{ثا}$  وفق مقطع ماني عرضي بلغ  $116 \text{ م}^2$  وحسب وفق علاقة ماننغ، الثلاثاء 14.10.2008.





صورة (14): ترسب المواد العضوية على هيئة شريط يعلو منسوب مياه البحيرة الاصطناعية، 40م × 50م وعمق 4م عند الإنشاء، بمقدار 60 سم بعد توقف جريان وادي بالعطر بيوم واحد، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (13): جريان المياه في سلك الحريقة أسفل عبارة المزارع، لاحظ تراكم النفايات العضوية التي تدل على مدى ارتفاع منسوب المياه عند الساعة الثامنة صباحاً، عرض المجرى نحو 150م، وقت الصورة الساعة 15، يوم الثلاثاء 14.10.2008.

### نماذج العبارات في منطقة الدراسة:



صورة (16): عبارة من أنبوبين قطر الواحد منهما 1 م، الأحد 21.10.2007.



صورة (15): عبارة من أنبوب واحد قطره 1 م موجود منها غرب وشرق استراحة تناملو، الأحد 21.10.2007.



صورة (18): عبارة من فتحة واحدة 5 م × 1 م، طريق جردس الجراري - تناملو، بيئة السروال، أعلى استراحة تناملو، وادي الحليقيمة، رافد الحمامة، الاثنين 22.10.2007



صورة (17): عبارة من ثلاثة أنابيب قطر الواحد منها 1 م، بيئة السروال غرب المخيلي، الأربعاء 06.06.2007



صورة (20): عبارة من ثلاثة فتحات الواحدة منها 3م × 1.5م، وادي الثعبان فرع ابهليل، بيئة السروال، الأربعاء 06.06.2007



صورة (19): عبارة من فتحتين الواحدة منها 4 م × 3 م، السروال، وادي تناملو، العبارة الشرقية، الأربعاء 06.06.2007



صورة (22): عبارة من ثلاث فتحات  
4م × 1.5م، وادي شريدي رافد لوادي الحمامة،  
الأحد 21.10.2007.



صورة (21): عبارة من ثلاث فتحات الواحدة  
منها 3م × 2م، غرب وادي الخريف، بيئة  
السروال، سد العبارة بالبلوك لزرب الحيوانات،  
الأربعاء 06.06.2007.



صورة (24): عبارة من ثلاث فتحات الواحدة  
منها 4م × 3م، بيئة السروال، وادي تناملو  
العبارة الغربية، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (23): عبارة من ثلاث فتحات 4م × 2م،  
وادي القرنة، الأحد  
21.10.2007



صورة (26): عبارة من أربع فتحات الواحدة منها 4م×3م، وادي الحمامة؛ العبارة الغربية، بيئة السروال، تهديد العبارة بالانسداد بالحجارة، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (25): عبارة من ثلاث فتحات 16.5م×6م، بيئة السروال، وادي الرملية في المخيلي، يتغير شكل المجرى مع كل جريان، الأحد 21.10.2007.



صورة (28): عبارة من فتحتين؛ الفتحة الواحدة 2م×1.5م، وادي الرملية، سلك الحريقة، الخميس 04.12.2008.



صورة (27): عبارة من ست فتحات؛ الفتحة الواحدة منها 2م×1م، وادي القوس، بيئة السروال، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (30): عبارة من 4 فتحات دائرية قطر الواحدة منها 1م، بينة الظهر، طريق قندولة - مراوة، وادي المويلح، الرافد الشرقي الأعلى لوادي سمالوس، الجمعة 19.10.2007.



صورة (29): عبارة من 3 فتحات؛ الواحدة منها 2م×1.5م، وادي الرملة، سلك الحريقة، الخميس 04.12.2008.

توثيق مشاكل انسداد العبارات وغرق القرى وتخریب جوانب الطرق:



صورة (32): أشجار السدر التي يجلبها الجريان تسد العبارات الكبيرة 4م×3م، وتخریب الحماية الخرسانية لجوانب الطريق العام في وادي الحمامة، بينة السروال، الجمعة 19.10.2007.



صورة (31): نموذج لانسداد العبارات بالنفايات النباتية أسفل قندولة وفيضان المياه فوق الطريق وتخریب الأراضي الزراعية، الجمعة 19.10.2007.



صورة (34): مشكلة تقدم الرسوبيات الناعمة نحو عبارة مزارع سلك الحريقة، فرع وادي الرمل، في المخيلي وتراكمها على هيئة أكمات ضخمة أمامها، الاثنين 22.10.2007.



صورة (33): انسداد شبه كامل للعبارات بالرمل غرب المخيلي بنحو 6 كم، الأربعاء 06.06.2007.

توثيق مشاكل غرق القرى وتلف الممتلكات:



صورة (36): تلف الأوراق الرسمية في بيوت قندولة بسبب غرق البيوت نتيجة انسداد العبارة في أعلى القرية، الجمعة 19.10.2007.



صورة (35): غرق البيوت في منطقة قندولة بسبب انسداد عبارة وادي المويلح، الجمعة 19.10.2007.

توثيق مشاكل تخريب جوانب الطرق لأسباب تجاوز مياه الجريان لأجسام الطرق وعدم  
استيعاب العبارات لدفقة الجريان :



صورة (38): تدمير الجانب الجنوبي لطريق  
المخيلي - الخروبة بسبب فيضان مياه وادي  
الثعبان على الجانب الشمالي من الطريق، الأحد  
21.10.2007



صورة (37): تخريب الحماية الخرسانية  
لجوانب الطريق بسبب الانسداد الجزئي أو  
الكلي للعبارات وتعدى المياه على جسم الطريق  
وسقوطها على هيئة شلالات على الجانب  
الجنوبي من الطريق في بيئة السروال في وادي  
الحمامة، الفتحة الإجمالية للعبارة 4م × 3م  
6 × فتحات، تفيض مياه السيول أحيانا على  
الطريق العام لمسافة تزيد عن 500 م وتؤدي  
لقطع حركة المرور كما يفيد بعض الإخوة  
(السنوسي جاد الله)، الجمعة 19.10.2007.

ثانياً: مشاكل فيضان المياه على الطرق العامة، وترسيب المواد الناعمة والعضوية وحتى النباتات على الطرق، مما يؤدي لإعاقة حركة المرور وإثارة الزوابع عند مرور السيارات، صور (من 39 إلى 42).

توثيق مشاكل فيضان المياه على الطرق وترسيب المواد الناعمة والعضوية عليها:



صورة (40): تراكم النفايات العضوية على طريق المخيلي الخروبة بسبب فيضان المياه على الطريق، السروال، وادي الحليقيمة، الأحد  
21.10.2007



صورة (39): مخلفات الجريان من المواد الترابية الناعمة على طريق المخيلي- الخروبة، السروال، وادي الحليقيمة، السبت  
20.10.2007



صورة (42): فرشاة من النفايات العضوية ترسبها المياه على رصيف طريق المخيلي- الخروبة، بسبب عدم استيعاب العبارة للجريان، السروال، وادي الحليقيمة، الأحد  
21.10.2007



صورة (41): أثر تجاوز مياه الجريان من الشمال للجنوب لجسم طريق المخيلي- الخروبة، السروال، وادي الحمامة، الأحد  
21.10.2007



ثالثاً: مشاكل تعميق المجاري المائية في أعالي العبارات و أسافلها بسبب تحديد ممرات قسرية للمياه من خلال العبارات، وتهديد البيئة الشريطية للأشجار، وعدم استقرار مناسب أرضيات العبارات، صور (من 43 إلى 52).

توثيق مشاكل تعميق النحت في أعالي وأسافل العبارات وتهديد البيئة الشريطية للأشجار:



صورة (44): تحويل مجرى المياه نحو الغرب من السد الحجري التعويقي في السروال، وادي بالعطر وتجديد النحت في هذه الجهة من أعالي العبارة، وتهديد البيئة الشريطية للأشجار، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (43): تعميق مجرى وادي القرنة في المروحة الإرسابية الحصوية في منطقة السروال بفعل تحديد اتجاه الجريان في أعالي العبارة، وتهديد البيئة الشريطية للأشجار في المجرى الجديد، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (46): صورة لبيئة النحت أسفل إحدى العبارات الثلاث تحت طريق مشروع سلك الحريقة المتفرع من وادي الرمل في المخيلي، المياه تجمعت من جريان 14 و 15/10/2008، تاريخ الصورة، الخميس 04.12.2008.



صورة (45): عنف الجريان أسفل العبارات يؤدي لانجراف الإرسابات القديمة وتعميق المجرى في حين تسعى الأشجار ببيئة وبنية تربتها التي كونتها الشجرة على البقاء على هيئة أكمة متبقية في وسط المجرى، بيئة السروال، وادي القوس، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (48): تهديد الجهة السفلية للعبارة بسبب النحت الرأسى التراجعي، السروال، وادي القرنة، الأحد 21.10.2007.



صورة (47): انجراف مواد التربة الناعمة أسفل أحد عبارات وادي الحليقيمة، الأحد 21.10.2007.

توثيق مشاكل تهديد البيئات الشريطية للأشجار:



صورة (50): إزالة أشجار السدر من بطون الأودية من بيئة الجشة والقليعات، وادي الحمامة، بيئة السروال، الجمعة 19.10.2007.



صورة (49): تراكم النفايات النباتية وترسيب أشجار السدر على الطريق العام، بيئة السروال، وادي الحمامة، الجمعة 19.10.2007.

توثيق مشاكل عدم استقرار مناسيب رسوبيات أرضيات العبارات:



صورة (52): تساوي مستوى الرسوبيات الحصوية تحت عبارة المخيلي وانخفاض قدرة استيعاب العبارة، السروال، وادي الرملة، الأحد 30.11.2008



صورة (51): عدم تساوي مستوى الرسوبيات تحت عبارة المخيلي، السروال، وادي الرملة، الأحد 21.10.2007

رابعاً: مشاكل ردم الأراضي الزراعية والحفر الاصطناعية والقضوض في البلط، صور (من 53 إلى 58).

توثيق مشاكل ردم الأراضي الزراعية والحفر الاصطناعية والقضوض في البلط:



صورة (54): دفقة من الحصى أسفل عبارة المخيلي جلبها جريان وادي الرملة بتاريخ الأربعاء 06.06.2007



صورة (53): ردم الأراضي الزراعية في بيئة السروال أعلى طريق المخيلي-الخروبة، وادي الحليقيمة شرق استراحة تناملو، الأحد 21.10.2007



صورة (56): مشكلة ردم القوض في البلط، إن القوض الجنوبي من بلطة الرملة مردوم بأكثر من مترين ونصف في جهته الشمالية الغربية وحوالي مترين في جهته الجنوبية الشرقية، في حين أن القوض الشمالي في بلطة الرملة أيضا مردوم منه حوالي مترين في جهته الشمالية وحوالي متر ونصف في جهته الجنوبية، الجمعة 30.03.2012



صورة (55): ردم حفرة اصطناعية وتكوين بيئة بركة مائية مؤقتة على أحد الفروع الغربية من مروحة وادي الرملة الإرسابية في المخيلي، هذه البيئة تحتفظ بالرسوبيات الناعمة، وتحتوي طحالب وأشنيات وطفادع، وشاهدنا فيها طير بط، إضافة إلى أنها بيئة ملائمة جداً لنمو نبات الحنظل الذي تبدو ثماره في الصورة، الأحد 30.11.2008



صورة (58): ردم الحفر الاصطناعية بمواد الطمي الناعمة، لسان من الرواسب الناعمة طوله 10م وعرضه 6م أسفل الجشة، وادي الحليقيمة، السبت 20.10.2007



صورة (57): نشاط كبير للنحت الأخدودي في مواد التربة المنقولة الناعمة في أعالي الحفرة الاصطناعية، السروال، وادي الحليقيمة، الجمعة 21.10.2007

خامساً- مشاكل الإرساب وتكوين الأكمات الإرسابية، وانجراف ترب المزارع والسلوك والعقار، وتعميق النحت الأحدودي في المراوح الإرسابية، وفي المزارع، وأطراف القوض في البلط، صور (من 59 إلى 84).  
توثيق مشاكل النحت الجانبي والرأسي على المراوح الرسوبية وانجراف ترب المزارع وتكوين الأخاديد والأكمات فيها:



صورة (60): عمل تيار الماء على كشط سطح الرسوبيات والتراب القديمة، السروال، المروحة الإرسابية، وادي الرملة، المخيلي، الأحد  
30.11.2008



صورة (59): تلقي بينة شجرة السدر والعوسج صدمة عنف التيار القادم من العبارة، فتقسم تيار الماء لتضعف شدته مما يسمح بتطور أكمات نباتية صغيرة خلف بينة الشجرة على اليمين وعلى اليسار، السروال، المروحة الإرسابية، وادي الرملة، المخيلي، الأحد  
30.11.2008



صورة (62): تعاظم نحت التراب والإرسابات القديمة أسفل المروحة الإرسابية، السروال، وادي الرملة، المخيلي، الأحد  
30.11.2008



صورة (61): تطور النحت والتعرية الجانبية والرأسية مقابل تقدم الرسوبيات الحصوية والحجرية الخشنة، بينة السروال، المروحة الإرسابية، وادي الرملة، المخيلي، الأحد  
30.11.2008



صورة (64): تكوين الأخاديد في مزارع مشروع المخيلي أسفل المروحة الإرسابية، الأحد 30.11.2008



صورة (63): تكوين الأخاديد وتهديد تربة مزارع مشروع المخيلي الزراعي، وادي الرملية، أسفل السروال، الأحد 30.11.2008



صورة (66): مدى تعمق الأخاديد على حساب التربة الزراعية في مشروع المخيلي الزراعي، الأحد 30.11.2008



صورة (65): تعميق الأخاديد بعمق 3م وإزالة كاملة للترب وتكوين غدران بطول حوالي 300م في بيئة مزارع مشروع المخيلي الزراعي، أسفل السروال، الغدير ملئ يوم 15.10.2008. مركبة الرش مع التبخر هنا تزيد عن 7سم/اليوم، الأربعاء 26.11.2008



صورة (68): تركيز تيار الماء في المزارع، يجعل النباتات تصطف خلف بعضها لتخفف شدة التيار قدر الإمكان عن طريق ترسيب المواد الناعمة على هيئة أكمات نباتية، وادي الرملة، مشروع المخيلي الزراعي، الأحد  
30.11.2008



صورة (67): انتشار تيار الماء على المزارع، تجبره النباتات على أن يفرغ حمولته من المواد الناعمة على هيئة أكمات نباتية ضخمة تتخللها شبكة المصارين، مما يشوه بيئة المزرعة، بيئة المزارع، أسفل المروحة الإرسابية، وادي الرملة، مشروع المخيلي الزراعي، الأحد  
30.11.2008



صورة (70): جانب من البيئة النباتية الطبيعية الخصبة، خبيزة، نجيلة، حريق، شبرق، سدر.. وغيرها في مزارع المخيلي، الأربعاء  
26.11.2008



صورة (69): تضامن عمل النباتات في تكوين رصف من الأكمات يخفف قدر الإمكان من شدة تيار الماء في وسط مزارع مشروع المخيلي الزراعي، الأحد  
23.11.2008

توثيق مشاكل انجراف المواد الناعمة من ترب السلوك والعقاير وترسيبها في قضوض  
البلط، وتكوين الأخاديد في محيط القضوض وردمها في البلط:



صورة (72): تقشر سطح التربة الزراعية في  
سلك حكيم في أعالي عقيرة الرملية، الأربعاء  
.03.12.2008



صورة (71): تقشر سطح التربة الزراعية في  
سلك حكيم بسبب عنف الجريان، وادي الرملية،  
الأربعاء .03.12.2008



صورة (74): تطور الانجراف لتكوين المصارين  
في بيئة عقيرة الرملية الغربية، الخميس  
.04.12.2008



صورة (73): تقشر سطح التربة الزراعية في  
سلك حكيم بفعل عنف الجريان، الأربعاء  
.03.12.2008





صورة (76): انجراف التربة السطحية في بيئة الاتصال بين المزارع وسلك الحريقة، الخميس .04.12.2008



صورة (75): تطور الأخاديد في بيئة الاتصال بين سلك الحريقة وعقيرة الرملية الغربية، الخميس .04.12.2008



صورة (78) : ازدهار أشجار الطرفاء في البيئة المائية لقض ابشادة، لاحظ تطور الأخاديد في محيط القوض التي تعمل مع تقدم الزمن في ردم القوض، الجمعة 14.03.2008.



صورة (77): تشقق تربة البلطة في محيط القوض بفعل الجفاف يؤدي لنشوء أخاديد في طور الطفولة المبكرة، الجمعة 30.03.2012.

توثيق مشاكل ترسيب المواد الناعمة و ردم قوض البلط:



صورة (80): سماكة الطبقة الأخيرة من الإرسابات الناعمة في أحد غدران مزارع المخيلي، حوالي 3 سم، وادي الرملة، الأربعاء 26.11.2008



صورة (79): سماكة الرسوبيات الناعمة التي يخلفها الجريان، السروال، وادي الرملة، المخيلي، الثلاثاء 05.06.2007



صورة (82): أرضية القض الجنوبي من السيلنت والطين في بلطة الرملة، التربة تحوي رطوبة من الأمطار المحلية لذلك لا تظهر فقاعات المسامية، الجمعة 30.03.20012

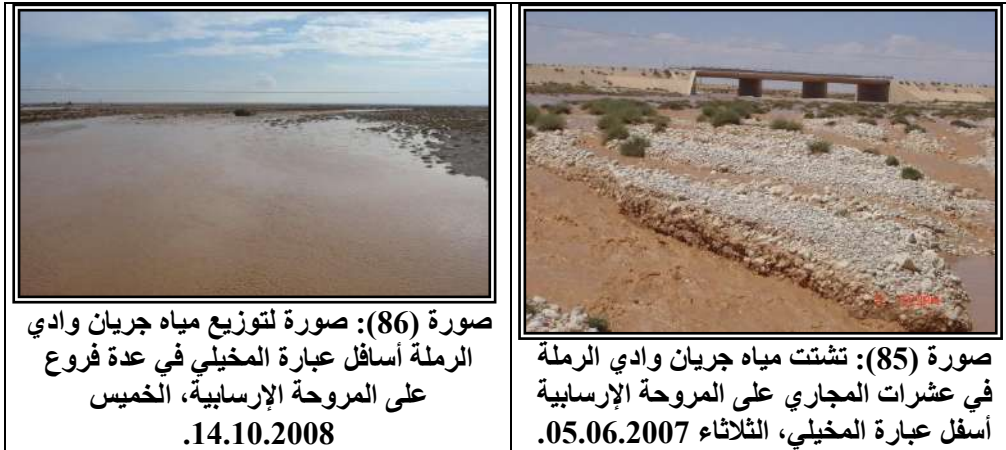


صورة (81): أرضية القض الشمالي، في بلطة الرملة، من الرسوبيات الناعمة من السيلنت والطين، المسامية العالية ناتجة عن تفجير فقاعات البخار عند التبخر، السبت 05.12.2009



سادساً- مشاكل تشتت مياه الجريان على المراوح الإرسابية في السروال، وفي السلوك وانتشارها على مساحات واسعة في المزارع السهلية ومصارين العقاير ومسطحات البلط، وضياعها بالتبخر والرشح بسرعة، صور (من 85 إلى 94):

توثيق مشاكل تشتت مياه الجريان على المراوح الرسوبية، وفي سهول المزارع والسلوك، وفي مصارين العقاير، و البلط:





صورة (88): انتشار مياه جريان وادي الرملة على مساحات واسعة في بيئة المزارع العليا من سلك الحريقة في المخيلي، مما يساهم في ضياع كميات كبيرة من المياه عن طريق التبخر والرشح، الاثنين 22.10.2007.



صورة (87): انتشار مياه سلك الحريقة على مساحات واسعة في المزارع السفلى لمشروع المخيلي أسفل العبارة، الساعة 15، يوم الثلاثاء الموافق 14.10.2008.



صورة (90): ضياع مياه البلط بالتبخر، وتراجع مساحة انتشار مياه بحيرة بلطة الرملة، بسبب التبخر من مسطح مائي ضحل وواسع نسبياً، الأربعاء 26.11.2008.



صورة (89): تشتت مياه الجريان في بيئة المصارين في جنوب بيئة العقيرة الغربية من بلطة الرملة، الاثنين 05.06.2007.



صورة (92): قرض بلطة بشادة التي جفت، يظهر نمو أشجار الطرفاء في القرض معلنة تطور بيئة القرض الذي حفر في منتصف التسعينات، تاريخ الصورة، الأربعاء 09.04.2008



صورة (91): بلطة أبو رقيص تظهر فيها أشجار الطرفاء في القرض في وسط البلطة التي امتلأت بالمياه في 22.10.2007، ومنسوبها انخفض بمقدار 58 سم، بحسب قياسنا بوساطة الشقطة المائية، حتى تاريخ الصورة في الأربعاء 09.04.2008



صورة (94): جفاف بحيرة مياه بلطة الرملية وازدهار نبات الكود البقولي المدخل من أستراليا، والمزروع بالطيران في سنوات الثمانينيات، غسلت مياه السيول بذور نبات الكود البقولي، هذه البذور استقرت ونبتت بكثافة في البلطة بعد جفاف بحيرتها التي امتلأت في 21.10.2007 أي منذ 169 يوم من تاريخ الصورة، الأربعاء الموافق 09.04.2008



صورة (93): بلطة الرملية مليئة بالمياه، السعة حوالي 20 مليون م<sup>3</sup>، الاثنين 22.10.2007

**سابعاً-** مشاكل ضياع المياه بالتبخر والرشح من تجمعات المياه المتبقية في البرك الطبيعية أو المتكونة بفعل الطرق، والغدران والأحاديث في المزارع، وانخفاض مناسيب بحيرات الحفر الاصطناعية بسرعة، وسقوط أعمدة الكهرباء، صور (من 95 إلى 106):

توثيق مشاكل ضياع المياه بالتبخر والرشح من البرك وسقوط أعمدة الكهرباء:



صورة (96): ضياع مياه البرك الطبيعية بالتبخر والرشح في غرب وادي الحليقيمة في بيئة السروال، الثلاثاء 06.06.2007.



صورة (95): بركة طبيعية ناتجة عن جريان وادي الخريّف جنوب طريق المخيلي- تناملو، تاريخ الصورة، الثلاثاء 06.06.2007.



صورة (98): بركة طبيعية تكونت بفعل طريق المخيلي- الخروبة في وادي الحليقيمة في بيئة السروال بالقرب من استراحة تناملو تضيع مياهها بالتبخر والرشح، الثلاثاء 06.06.2007.



صورة (97): جريان وادي المشل أسفل جردس الجراري وتكوين البرك المانية بفعل طريق جردس الجراري- تناملو، الاثنين 22.10.2007.



صورة (100): بركة مياه متكونة بسبب طريق جردس الجراري- تناملو، حسبت أمطار العاصفة الثانية على هذه البركة وبلغت 19.5 ملم، الاثنين 22.10.2007.



صورة (99): دور برك جوانب الطرق في ضياع مياه الجريان بالتبخّر والرشح في بيئة السروال، وادي الحمامة، الجمعة 19.10.2007.



صورة (102): بركة طبيعية شمال طريق المخيلي- الخروبة إلى الشرق من وادي الحمامة في بيئة السروال، الاثنين 22.10.2007.



صورة (101): تكوين البرك الطبيعية الموقّعة على جانبي طريق المخيلي - الخروبة، التي تضيع منها مياه الجريان بالرشح والتبخّر، ومياه البرك تؤدي لسقوط أعمدة الكهرباء، بيئة السروال وادي الشبيكة، الجمعة 19.10.2007.

توثيق مشاكل ضياع المياه بالتبخر والرشح من الغدران والأخاديد، والهبوط السريع لمنسوب مياه الحفر الاصطناعية:



صورة (104): ضياع مياه غدران وادي الحمامة في بيئة السروال عن طريق التبخر والرشح، الثلاثاء 06.06.2007.



صورة (103): ضياع مياه الجريان في غدران وادي الرملة بالتبخر والرشح في بيئة السروال في المخيلي، الثلاثاء 06.06.2007.



صورة (106): أثر المواد والنفايات العضوية الدالة على عنف الجريان والمدى السريع في تراجع منسوب البحيرة خلال أقل من يوم، السروال، بحيرة وادي القوس، الأحد 21.10.2007



صورة (105): بيئة النحت الأخدودي في مزارع مشروع المخيلي، ضياع مياه الغدير بالتبخر والرشح التي كان يبلغ عمقها حوالي 2م في 15.10.2008 وهذا ما تبقى خلال 42 يوم من تاريخ حدوث الجريان، أي أن معدل الرشح مع التبخر يعادل 4.8 سم/يوم، طول هذا الغدير حوالي 300م عند امتلائه، الأربعاء 26.11.2008



ثامناً- مشاكل انتشار المياه بفعل الرياح على أراضي البلط الجافة ومساهمة ذلك في سرعة جفاف مياه البلط، وتغير بيئة الأحاديث في محيط القوض، ومساهمة الأحاديث الجانية في ردم القوض وتوسيع رقعة المياه، مما يسرع هو أيضا في جفاف مياه البلط بالتبخر، صور (من 107 إلى 118):

توثيق مشاكل مساهمة الرياح وأحاديث جوانب القوض في سرعة جفاف مياه البلط:





صورة (110): تحرك مياه بلطة الرملة نحو الغرب بفعل الرياح مما يعمل على بلل المناطق الجافة وتشتيت المياه، وإعادة ملئ القوض الجنوبي من جديد، الخميس 04.12.2008.



صورة (109): جفاف الجهات الغربية من بلطة الرملة الممتلئة بمياه عاصفة 14- 2008/10/15، خلال 42 يوم، تاريخ الصورة، الأربعاء 26.11.2008.



صورة (112): أهمية مياه القوض في خدمة الثروة الحيوانية، الخميس 04.12.2008.



صورة (111): استقرار المياه في الأخاديد الجانبية للقوض الجنوبي من بلطة الرملة يخلق بيئات مائية غنية بالإشنيات والطحالب، الخميس 04.12.2008.

توثيق مشاكل انحسار مياه البلط يليها هبوط مناسيب مياه القوض حتى الجفاف المطلق:



صورة (114): القوض الجنوبي في بلطة الرملة مليء، لاحظ تخلق بينات الطحالب والإشنيات في الأخاديد الجانبية للقوض، الخميس 04.12.2008



صورة (113): القوض الشمالي في بلطة الرملة مليء، والبلطة جافة، الخميس 04.12.2008



صورة (116): القوض الجنوبي من بلطة الرملة، انخفاض منسوب المياه بمقدار 1.2 م عن منسوب يوم 04.12.2008، لاحظ تراكم الرسوبيات في الطرف الغربي من القوض بفعل النحت الأخدودي في أرضية البلطة على أطراف القوض، تاريخ الصورة، الخميس 07.05.2009



صورة (115): القوض الشمالي من بلطة الرملة، لاحظ انخفاض منسوب مياه القوض بحوالي 1.5 م عن منسوب يوم 04.12.2008، عرض سطح مياه القوض 20 م، تاريخ الصورة، الخميس 07.05.2009



صورة (118): القز الجنوبي في بلطة الرملة فارغ منذ تاريخ الصورة وحتى 08.11.2013 حيث جددت مياه البلطة، تاريخ الصورة، السبت 05.12.2009  
لقد بقيت قضوض بلطة الرملة جافة حتى تاريخ 08.11.2013



صورة (117): القز الشمالي في بلطة الرملة جاف منذ تاريخ الصورة وحتى يوم الجمعة الموافق 08.11.2013، تاريخ الصورة، السبت 05.12.2009  
لقد بقيت هذه القضوض جافة حتى تاريخ 08.11.2013، حيث جددت مياه البلطة وزاد عدد القضوض فيها من 2 إلى 5 قضوض

تاسعاً- مشاكل تتعلق بحياة السكان وإعاقة حركتهم وحبسهم في بيوتهم في وقت جريان السيول في بيئة السروال، وغرق بعض الآليات التي تفاجئ بمياه السيول، صور (من 119 إلى 124):

توثيق مشاكل أخرى تتمثل في حبس الناس عن الحركة في وقت الجريان وغرق الآليات والمباني وتخریب محاصيل الحبوب في أوقات النضج والحصاد:



صورة (120): غرق الآليات الهندسية التي فاجأها جريان وادي الرملة، المروحة الإرسابية، السروال، المخيلي، الاثنين 05.06.2007



صورة (119): تكوين البرك الطبيعية في محيط استراحة تناملو في بيئة السروال، أعالي طريق المخيلي-الخروبة، الجمعة 19.10.2007.



صورة (122): تعثر حركة الناس بسبب فيضان وادي الرملة في المشروع الزراعي، سلك الحريقة، المخيلي، الاثنين 22.10.2007.



صورة (121): مشروع المخيلي الزراعي بين المزارع العليا والدنيا، يتعذر على الأهالي الوصول إلى بيوتهم بسبب الجريان الذي قد يستمر لعدة أيام، سلك الحريقة، الثلاثاء 14.10.2008.

	
<p>صورة (124): تخريب موسم الحصاد في العقاير بفعل غدق الترب بمياه السيول الناجمة عن العاصفة المطرية، يمين طريق النوار- المخيلى، أعالي المخيلى، الاثنين 14.05.2012</p>	<p>صورة (123): تخريب الجريان لموسم الحصاد، في عقاير ومنخفضات جوانب الطرق، هوى بو حضرة، يمين طريق النوار- المخيلى، أعالي المخيلى، الاثنين 14.05.2012. جريان السيول الذي حصل في الأودية الجنوبية رغم أهميته فلم يصل إلى البلط بحسب التحري الميداني للباحث في بلطة الرملية.</p>

عاشراً- مشاكل ندرة المياه وجفاف البيئة، في دورات الجفاف، التي تنعكس تأثيراتها السلبية على مجمل موارد البيئة الطبيعية وحياة الأنعام والسكان الذين يعرضون نقص المياه باستعمال مياه الآبار المالحة، أو بنقل المياه بالسيارات من مناطق بعيدة لسد حاجاتهم وأنعامهم، كدورة الجفاف الحالية التي دام فيها جفاف البلط والقضوض منذ خريف 2009 وحتى خريف 2013، ويضاف إلى ذلك مشكلة إثارة العواصف الغبارية والرملية في أجواء المنطقة كلها التي تخسر تربها المواد الناعمة المعدنية والعضوية المغذية التي تنسفها الرياح بعيداً عن بيئة ارسابها،  
صور (من 125 إلى 134):

توثيق مشاكل تتعلق بجفاف البيئة وإثارة العواصف الغبارية والرملية، وحاجة الناس لنقل المياه من بعيد بالسيارات:





صورة (128): إثارة الغبار والعواصف الرملية وترسيب الرمال على الطرق، بسبب الجفاف في مزارع سلك الحريقة، مشروع المخلي، الخميس 04.12.2008.



صورة (127): صورة تظهر أثر العاصفة الغبارية ليوم 04.06.2007 على منطقة المخلي، المثارة من الصحراء الكبرى في مقدمة المنخفضات الجوية المتوسطة، لذلك فهي أثرت في مقدمة منخفض 05.06.2007 الذي أنتج الجريان في 05.06.2007، تصوير محمود الصديق التواتي، الاثنين 04.06.2007.



صورة (130): جفاف البيئة بجانب البلط ينشط حركة الغبار والرمل، اللذان يثبتهما نبات الرمث في أكماته، السبت 30.03.2012.



صورة (129): جفاف بيئة بلطة الرملة والقضوض، القوض الجنوبي فارغ من المياه منذ أكثر من ثلاث سنوات سابقة لتاريخ الصورة، السبت الموافق 30.03.2012.





صورة (132): نشاط عواصف الغبار في كل مكان عند جفاف البيئة، السروال، ذروة، الجمعة 02.05.2008.



صورة (131): أثر جفاف البيئة يظهر في إزالة الرياح للرسوبيات الناعمة من الأودية، السروال، ذروة، الجمعة 02.05.2008 .



صورة (134): السيارات تنقل المياه لملء صهاريج المنازل في منطقة المخيلي من بحيرة القوس 40 م × 50 م، الأربعاء 06.06.2007.



صورة (133): اعتماد الناس على السيارات لنقل المياه لسقاية قطعانهم، منطقة النوار، الأحد 30.11.2008.

توثيق بعض إمكانات البيئة في إنتاج المحاصيل الزراعية العلفية في موسم حدث فيه  
ثلاثة جريانات، صور (من 135 إلى 140):



صورة (136): نضج الشعير في عقيرة الزفرة،  
الجمعة 02.05.2008



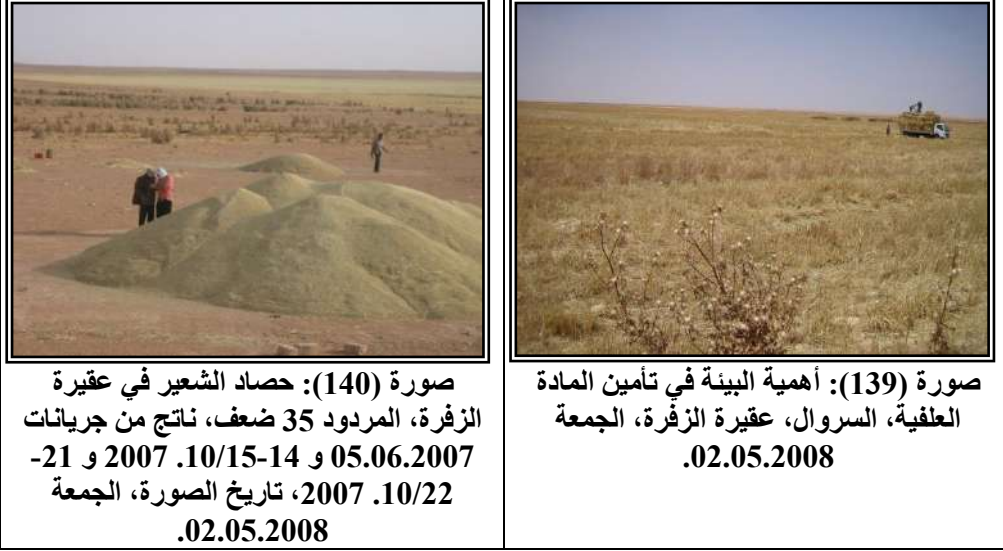
صورة (135): زراعة الحبوب في مزارع  
مشروع المخيلي، سلك الحريقة، الخميس  
04.12.2008



صورة (138): إمكانات البيئة من الناتج  
العلفي، عقيرة الزفرة، السروال، الجمعة  
02.05.2008



صورة (137): إمكانية بيئة العقابر الإنتاجية  
من الحبوب في سنوات الخير، عقيرة الزفرة،  
الجمعة 02.05.2008



#### الخلاصة:

إن المنطقة الجنوبية من الجبل الأخضر تتمتع ببيئتها في السروال والسلوك والعقاير والبلط، بترت تتحدد خصوبتها مع كل جريان مائي يأتيها من أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وهذه المنطقة تتصف بسهولة الأرض وعدم تعقيد طوبوغرافيتها وغناها بتنوع بيولوجي يجمع ما بين التنوع الموجود في الجبل والتنوع المميز للهامش الصحراوي، إن العواصف المطرية التي تدوم لساعتين بشدة 15 ملم/ساعة فوق الأحواض الفرعية لأودية الجبل الجنوبية كافية لحدوث جريان سطحي في تلك الأودية يغرق هذه السهول بالمياه ويملئ منخفضات البلط، ويحدث تغير مفاجئ في كل مكونات النظام البيئي للمنطقة، مياه الجريان السطحي تلك كفيلة بتنمية مجمل الموارد الحيوية من تربة ونبات، إن هذا النظام البيئي الجاف شبه

الصحراوي يكفيه ما بين ست وعشر ساعات مطرية في السنة على الجبل ليعطي إنتاجاً زراعياً غايةً في الأهمية الاقتصادية، فيما لو تم تفادي مشاكل تشتت مياه الجريان وضياعها بالتبخّر والرشح، وتفادي مشاكل انجراف التربة والمواد الناعمة والخشنة، وتفادي مشاكل طول فترة الجفاف، ولا يتم ذلك إلا بتدخل جاد ومدروس لإدارة موارد مياه الجريان السطحي وفق خطة رشيدة حكيمة ومحكمة، تكفل استبعاد مشكلة نقص المياه وندرتها على المستويين الفصلي والسنوي، وتؤمن المياه في كل وقت لإنتاج موارد ومحاصيل زراعية متجددة كفيلة بالنهوض الزراعي والاقتصادي في المنطقة، ضمن إطار خطة تنمية اقتصادية مستدامة شاملة للموارد الطبيعية والمجتمع المحلي.

## المراجع:

- 1- أمانة اللجنة الشعبية العامة للتخطيط، مصلحة المساحة الليبية، (1997) الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000: لوحة الفائدة، لوحة أسلنطة، لوحة بئر الوشكة، لوحة بئر مازق، لوحة تناملو، لوحة المقطوعة، لوحة ماجن بشادة، لوحة المخيلي، لوحة القيقب، لوحة بئر الرمل، لوحة العزيات، لوحة بئر المعاصر، لوحة النيان، لوحة مراوة، لوحة البيضاء، لوحة قصر بوهندي، لوحة تاكنس، طرابلس.
- 2- مركز البحوث الصناعية، (1973) خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس 1:250000 لوحة البيضاء، طرابلس.
- 3- عوض عبد الواحد عوض، (2009) جيومورفولوجية أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عمر المختار، البيضاء.
- 4- محمد غازي الحنفي ومحمود الصديق التواتي، (2007) حوض وادي تناملو عامل نحت في البيئة شبه الجافة وعامل إرساب في البيئة الجافة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، الملتقى الحادي عشر لجمعية الجغرافيين الليبيين، 9-11/04/2007، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- 5- محمد غازي الحنفي، (2010) الحوض المائي للجبل الأخضر في ليبيا، دراسة طبوغرافية هيسومتريّة، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، عدد 8، 2010، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

6- محمد غازي الحنفي وعوض عبد الواحد عوض، (2012) مشاكل الجريان السطحي في  
بيئات أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، المؤتمر الدولي  
الأول حول موارد المياه في الجبل الأخضر، 05-07 / 2012.06، كلية الموارد الطبيعية وعلوم  
البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

7- مرثيات فضائية عن منطقة جنوب دائرة عرض 32 درجة من Google Earth.



## 21- الفصل الحادي والعشرون

اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتصاص الماء في بلطة الرملة الغربية

د. محمد غازي الحنفي و د. محمود الصديق التواتي





21- الفصل الحادي والعشرون

اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتصاص الماء في بلطة الرملية الغربية

د. محمد غازي الحنفي و د. محمود الصديق التواتي

- \* - مقدمة.
- \* - مشكلة البحث.
- \* - هدف البحث.
- \* - أهمية البحث.
- \* - فروض الدراسة.
- \* - صعوبات تعترض البحث.
- \* - موقع بلطة الرملية الجغرافي والفلكي.
- \* - أهم مشاكل طين أرضية بلطة الرملية الغربية:
- \* - حالات طقس تؤدي لعواصف مطرية تحدث جريان في أودية الأحواض المغذية لبلطة الرملية بالمياه.
- أولاً - حالة حدوث جريانات مهمة لا تصل مياهها لبلطة الرملية الغربية رغم غزارتها.
- \* - فيضان مياه سيول الأودية الرئيسة والأودية الصغيرة المحلية على طريق المخيلي-الخروبة من وادي حنبلش الواقع غرب المخيلي مباشرةً وحتى وادي الثعبان الواقع غرب وادي القرنة، لعدم استيعاب العبارات لغزارة المياه ما بين الساعة 14:15 والساعة 16:00 يوم الاثنين 09.06.2014
- \* - بلطة الرملية الغربية و دواعي ومبررات البحث.
- \* - اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتصاص الماء في أرضية بلطة الرملية الغربية.
- \* - أهم ميزات العينة الأولى المختبرة من طين وسلت بلطة الرملية الغربية في امتصاص الماء.
- \* - أهم ميزات العينة الثانية المختبرة من طين وسلت بلطة الرملية الغربية في امتصاص الماء.
- \* - تقدير معدل التبخر من المواد الناعمة السلتية والطينية المكونة لأرضية القرض القديم الشمالي في بلطة الرملية الغربية.

- \*- نتائج البحث الأولية.
- \*- مقترح وتوصية.
- ثانياً- حالة حدوث جريانات مفاجئة مهمة تصل مياهها لبلطة الرملة الغربية:
  - 1- غزارة سيول أودية السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر والمغذية لبلطة الرملة الغربية.
  - 2- تزويد بلطة الرملة الغربية بمياه جريان 03.11.2015: صور (من 41 إلى 51).
  - 3- مشاهد تبين كيفية تغذية وتزويد بلطة الرملة الغربية بمياه السيول الخيرة.
  - 4- قياسات سماكة المياه المتبقية واختبار عمق طين أرضية البلطة المشبع بالمياه: صور (من 53 إلى 58).
  - 5- ملاحظات ونتائج جرياني شهر نوفمبر 2015/11.
  - 6- تقدير حجم المياه الواصلة للأرضية الجافة للبحيرة المائية المؤقتة لبلطة الرملة الغربية.
- \*- مقترح نحو أسلوب أفضل لإدارة مياه بلطة الرملة الغربية.
- \*- ملحق صور.
- \*- الخاتمة.
- \*- شكر وتقدير.
- \*- المراجع.

## اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتنصص الماء في بلطة الرملية الغربية

### مقدمة:

تم في هذا البحث اختبار طين أرضية بلطة الرملية الغربية لامتنصص المياه باستخدام ميزان حساس، وباختيار عينتين أخذتا من مواد أرضية القرض لقديم الشمالي الجافة والسليمة من التشقق؛ العينة الأولى بلغت مساميتها نحو 42.39% وامتصت مياه زودت إليها نقطة بنقطة بما يقارب 96.27% من حجمها الجاف، العينة الثانية بلغت مساميتها 46.53% وامتصت مياه تعادل نحو 88.37% من حجمها الجاف، وتم خلال الاختبار حساب كل من حجم العينتين جافتين ومبللتين حتى الإشباع بالماء، وأوزانهما النوعية في الحالتين، كما تم اختبار معدل التبخر من سطح العينة الثانية عن طريق تناقص وزنها بدلالة الزمن، والذي بلغ نحو 2 ملم/يوم في شهر أبريل في جو الغرفة بمدينة البيضاء، من هذه الاختبارات تبين أن وحدة حجم من طين أرضية بلطة الرملية الغربية قادرة على امتصاص نحو 92.32% من حجمها من مياه السيول التي تصل للبلطة وتغذيها بمياه الجريان السطحي المؤقت الذي يكون في حالات كثيرة بحيرة مائية مؤقتة تحوي في أفضل الحالات نحو 25 مليون م<sup>3</sup>؛ لا تدوم في أحسن حالاتها لخمسة أشهر تخدم خلالها الثروة الحيوانية، إن مراقبة غزارة مياه السيول وتكرار حدوثها في أعقاب أكثر من عاصفة مطرية تدل على أن ما يصل للبلطة من مياه السيول قد يزيد عن حجم بحيرتها المؤقتة بأكثر من أربعة أضعاف يمتصها طين أرضية البلطة وتبتلعه الشقوق الطينية في أرضية البلطة المقدر حجم رسوبياتها من المواد الناعمة الرباعية من

السلت والطين بنحو 100 مليون م<sup>3</sup>، والتي تخفي في بطنها حوالي 92.32 مليون م<sup>3</sup> من المياه الواجب التدخل للاستفادة من القسم الأكبر منها قبل أو حين وصول مياه السيول للبلطة، لكي يستفاد من تلك المياه في تنمية مستدامة، على طول الزمن، للأنظمة البيئية شبه الصحراوية الجافة على الهامش الشمالي للصحراء الكبرى التي تلتقي مع الحدود الجنوبية الحيرة لحوض الجبل الأخضر الداخلي.

إن بلطة الرملة واحدة من حوالي عشر بلطات توجد في السهول الجنوبية للجبل الأخضر، صورة (1)، هذه البلطة تصب فيها مياه السيول العكرة التي تنتهي في البلطة مكونة بحيرات مؤقتة تخلف بعد جفافها رواسب العكورة المتمثلة في المعلقات الغروية من السلت والطين، هذه المواد الناعمة التي تتخلى عنها المياه بعد جفافها شكلت خلال الحقب الرابع أرضية بلطة الرملة بسماكة حوالي 4 متر، ومساحة تقدر بنحو 25 كم<sup>2</sup>، إن جفاف مواد الطين الورقية سداسية الشكل يجعلها تتميز بشراحتها للمياه، لذلك فهي تمتصها وتنتفخ بما يقارب حجمها الجاف، إن مياه البحيرات المؤقتة في بلطة الرملة تجمع في أحسن حالاتها حوالي 25 مليون م<sup>3</sup> لا تدوم في أحسن الحالات لأكثر من ستة أشهر إذا لم تتجدد مياهها، بسبب انتشار المياه على مساحة أرضية البلطة الواسعة وتعرضها للجفاف، هذا ما يبدو لعين الناظر لكن الواقع المائي يبدو غير ذلك فيما لو أخذت خواص طين وسلت أرضية البلطة الجافة قبل وصول الجريان بعين الاعتبار، لاستنتج علمياً أن الطين يمتص قسماً كبيراً من المياه تؤكد هذه الدراسة بأنه يعادل 92.32% من حجم العينتين الجافتين غير المتشققتين اللتين تم عليهما الاختبار في تزويدهما بالماء نقطة بنقطة بوساطة سيرنك واستخدام ميزان حساس

استعمل لغرض معرفة وزن الماء الممتص وحجمه في كل من العينتين المأخوذتين من أرضية البلطة، كما استفيد منه في تقدير التبخر من سطح الطين المبلل والمشبع بالماء والذي يؤدي لتناقص وزن الطين بدلالة الزمن، حيث تبين أن قيمة التبخر من سطح الطين المشبع يساوي 2 ملم/يوم في جو الغرفة في مدينة البيضاء.

إن ما يعترى مواد الطين الجافة في أرضية البلطة من تشقق كلما طال الزمن وازداد الجفاف زادت الشقوق اتساعاً وتطوراً على كامل مساحة أرضية البلطة ومماكتها بسبب فقدان الطين للرطوبة، مما يجعل مياه الجريان الواصل للبلطة تتسرب بسرعة تحت تأثير الجافية الأرضية في شبكة الشقوق المعقدة واللامتناهية والمتصلة ببعضها في كامل حجم رسوبيات البلطة والتي تؤمن سرعة اتصال هيدروليكي في كامل الشبكة، صورة (8)، هذا يؤدي لاختفاء حجم من المياه عن عين الناظر في باطن المواد الطينية المكونة لأرضية البلطة، مما يجعل بحيرة المياه السطحية ضحلة وقليلة الحجم بالنسبة لما تسوقه السيول من مياه إلى البلطة، في هذه الدراسة تبين أن حجم الماء الذي تخفيه مواد الطين الناعمة في أرضية بلطة الرملة الغربية يساوي تقريبا 6.3 مرة/يوم حجم المياه المفقودة من بحيرة مياه البلطة السطحية عن طريق التبخر، لذلك يهدف هذا البحث لتوجيه الأنظار نحو حجم المياه الممكن استثمارها قبل أو في حين وصولها للبلطة، ويقترح وضع خطة استثمار مائة تنمية تؤدي لتطوير موارد البيئة المحلية، وتأمين المياه الكافية للمجتمع الرعوي المحلي، ولإقامة مشاريع تنمية تؤمن الغذاء والأعلاف في منطقة الدراسة ومحيطها على طول الزمن.

نظراً لتعدد الموضوع وصعوبته وأهميته العلمية والتنموية وما يكتنف موارد مياه البلط من غموض، فقد خرج هذا البحث مركباً نتيجة تعقد وتركب المشكلة التي عالجها، إذ اتبع في هذا البحث المنهج العلمي الوصفي والمنهج الكمي والمنهج التحريبي التطبيقي باستخدام الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية للمنطقة المحيطة ببلطة الرملة، وتوثيق كثير من حالات جريان سيول بعض الروافد الفرعية وسيول الأودية الرئيسة المغذية للبلطة، ومتابعة بعضها حتى وصولها للبلطة، ومتابعة كيفية انتشار المياه على أرضيتها، ثم متابعة بعض حالات جفاف مياه وبحيرات أرضية البلطة، وهبوط مناسيب مياه بحيرات القوض في فترات متباعدة والمأخوذة من الواقع الميداني من الباحثين أو من بعض الأصدقاء المحليين، ذلك الواقع الظاهر والمألوف مشهده من الكثيرين يجده القارئ للبحث متابع بالصور الرقمية لعدة مواسم تبدأ من عام 2007 وحتى اليوم، كما يكتشف، من خلال الاختبار الذي أنجزه هذا البحث في تبيان دور طين أرضية بلطة الرملة الغربية في سبر عمقه المبلل نتيجة امتصاص وكنز الكميات الهائلة من المياه التي تصله وتخفيه عن عين الناظر، بوضوح و بصورة جلية أن ما يراه من مياه في بحيرة البلطة مهما بلغت كميتها فهي لا تساوي سوى ربع ما تخبؤه البلطة في طين أرضيتها أو في بطنها من مياه ثارت سيول الأودية بغزارة لتوضع في حسابان خطة تنموية تخدم المجتمع وموارد البيئة المحلية عند وقبل وصولها للبلطة، وليس من أجل تركها فريسة يمتصها ويهضمها طين البلطة ليبددها بهدوء فيما بعد عن طريق التبخر غير المباشر.

## مشكلة البحث:

إن أرضية البلط الناتجة والمكونة من مواد رسوبية ناعمة سلتية وطينية سماكتها تزيد عن 4 م، ومساحتها المنبسطة التي تزيد في أغلبها عن 20 كم<sup>2</sup> للبلطة الواحدة، والتي تكون في أغلب أوقات السنة جافة ومشققة أحياناً حتى كعب سماكتها قادرة على شرب وامتصاص قدر من الماء قد يساوي أو يفوق حجم تلك الرسوبيات الطينية، و هي قادرة على إخفاء ذلك الحجم من الماء وبسرعة عن عين الناظر ، لذلك أهملت مياه البلط من الخبراء والقائمين على خطط التنمية المائية في حوض إقليم الجبل الأخضر، إذ لم تساهم المياه الواصلة للبلط، بشكل جدي وفعال، في خطط التنمية حتى الآن رغم الحاجة الضرورية والماسة للمياه في كل الأماكن والأنظمة البيئية المحلية شبه الصحراوية الجافة المحيطة بالبلط.

إن مساحة كم<sup>2</sup> واحد من أرضية البلطة يعادل 1000000م<sup>2</sup> وإذا اعتبر أن سماكة الرسوبيات الجافة المتشققة تساوي 4 م فإن وصول مياه السيول للبلطة سوف يختفي منه في بطن السلت والطين نحو 4 ملايين متر مكعب في أول يوم من مكوث المياه في ذلك الكيلومتر المربع من البلطة، وعليه فعندما تؤخذ بلطة الرملة كحالة للتطبيق فيجب الأخذ بالحسبان أن ما يصل للبلطة قد يساوي 3 أو 4 أضعاف حجم البحيرة المائية التي تبدو على سطح الأرض واضحة للعيان، يدعم ذلك تكوين بحيرة مائية على كامل أرضية بلطة الرملة الغربية عقب جريانين متعاقبين في شهر 11/2015 بلغت سماكة مياهها 31 سم وحجمها بلغ نحو 7750000م<sup>3</sup> نضبت في 19 يوم فيما بلغ حجم الماء الواصل للبلطة نحو 22077200م<sup>3</sup> أي ما يفوق حجم البحيرة بنحو 2.85 مرة، من المفترض أن امتصاص الطين



السطحي للمياه في البداية يجعل منه في الأسفل طبقة عجينية كثيفة توقف عملية استمرار امتصاص الماء في المستويات السفلى من الطين، لكن الدراسة والقياسات الميدانية لهبوط منسوب مياه برك الخنادق الجانبية للقضوض في بلطة الرملة تؤكد استمرار عملية امتصاص الطين السفلي الناعم وغير المشقق والمطحون بجزائير البلدوزرات للمياه حتى بلوغ درجة إشباعه بالرطوبة، صورة (3)، كما أن وجود التشققات المهمة على كامل سماكة الرواسب الطينية في أرضية البلطة قد يسمح بوصول المياه المتسربة نحو أعماق تلك الرسوبيات، لسلوكتها عبر شبكة الشقوق المعقدة والمتصلة ببعضها أفقياً ورأسياً في كامل مساحة وحجم أرضية البلطة، صور (من 4 إلى 8، صورة 34)، والتي تؤمن اتصال هيدروليكي سريع يوصل المياه لمستويات عميقة نسبياً ضمن الرواسب الطينية؛ وبذلك يلغى تماماً فرض عمل الطبقة الطينية السطحية العجينية على توقف الرشح أو توقف امتصاص الماء من جهة السطح فقط، ثم إن سرعة انتشار المياه على سطح أرضية البلطة، عند وصولها، وفق الاتجاهات الأربعة في مستوي أفقي من البديهي أن تكون أبطأ بكثير من سرعة جريان المياه الرأسية المتسربة ضمن الشبكة اللامتناهية من الشقوق، المفتوحة والمتسعة نسبياً، والتي تلعب دور الغريال في تهريب المياه تحت تأثير الجاذبية الأرضية نحو الأعماق، الصورتان (44 و46)، وبناءً على هذا يجب التنويه إلى كل من يهمل الأمر أن من الواجب العمل على استغلال كميات هائلة من المياه قبل أو حين وصولها للبلط الذي لا تساهم مياهه إلا في شرب الحيوانات خلال فترات لا تتجاوز ستة أشهر في أحسن الحالات، صورة (2)، إن كميات المياه الواصلة للبلط من السيول في جنوب الجبل الأخضر لو أديرت بحكمة توفر ما لا يقل عن 200

مليون م<sup>3</sup> من المياه في بلطة الرملة لوحدها، فيما لو جمعت في خزانات لشكلت مسطحات مائية دائمة على الهامش الشمالي للصحراء الكبرى، ولخففت من وطأة المناخ المحلي شبه الصحراوي الجاف، ولدفعت عجلة التنمية المستدامة المحلية نحو الأمام، ومن هنا تبرز أهمية هذا البحث والهدف منه.

### هدف البحث:

إلغاء دور طين أرضية بلطة الرملة المتكرر في شرب وامتصاص الماء عن طريق تكوين مسطح مائي دائم فوقه يمنع من الجفاف والتشقق وتضييع المياه عن طريق التبخر غير المباشر المتكرر لتوفير أكثر من 100 مليون م<sup>3</sup> من المياه تساهم في التنمية المستدامة.

### أهمية البحث:

جمعت مياه السيول التي تغسل المواد الناعمة من أحواض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر، على طول الحقب الرابع، كميات رسوبية من مواد السلت والطين تتجاوز سماكتها 4م فشكلت بذلك أرضية بحيرات البلط المؤقتة التي تنتهي إليها جريانات تلك السيول، هذه الرسوبيات تزداد تشققاً كلما زاد جفافها، والشقوق تتعمق في أرضية البلط بشكل ملحوظ لدرجة أن مياه السيل الجديد تحفر خنادق في أرضيات البلط يصل عمها أحياناً لأكثر من 1م، وقد يتعمق الجريان تحت قشرة رواسب سطحية جافة تبقى تغطيه لفترة، وهذه الظواهر تبدو مشاهدتها سهلة في أعقاب الجريان على جوانب القوض، القنوات، المحفورة في البلط، صور (من 5 إلى 8).

يتجمع على أرضية بلطة الرملة الغربية البالغة مساحتها حوالي 25 كم<sup>2</sup> أحياناً بحيرة مائية مؤقتة تجف مياهها قبل انتهاء 5 أشهر، صورة (1)، ذلك يعني أن نحو 25 مليون م<sup>3</sup>

من مياه سيول الرملة والحصييص والقوس وبالعطر والحريّف وبعض فروع القرنة الشرقية تتبخّر وتذهب هباءً دون أن يستفاد منها باعتبار أن هذه المياه الواصلة للبلطة قليلة ولا تستحقّ العناية والاستثمار في التنمية، دون الأخذ في الحسبان الكفاءة العالية على امتصاص وكنز كميات كبيرة من المياه في مواد أرضيتها الناعمة من السلت والطين قد تبلغ على الأقل أكثر من 4 أضعاف حجم مياه البحيرة الظاهرة على سطح أرضية البلطة، صورة (25)، لذلك يمكن طرح التساؤلات التي تتبناها فروض هذه الدراسة.

#### فروض الدراسة:

- 1- هل كميات المياه التي تجلبها كل أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر وتنتهي في حوالي 10 بلطات قليلة ولا يتجاوز معدلها 40 مليون متر مكعب في السنة؟ كما هو سائد في الثقافة المتداولة بين الخبراء والعاملين في مجال المياه في الجبل الأخضر.
- 2- هل إن حجم المياه الذي يتجمع في بحيرات البلط هو الحجم الفعلي لما تقذفه السيول الخيرة في نهاية مطافها في البلط؟
- 3- هل أخذ في الحسبان دور الرواسب الناعمة من السلت والطين المكونة لأرضيات البلط بسماكة نحو 4م، في شرب القسم الأكبر من المياه الواصلة للبلطة وامتصاصه وإخفائه بسرعة عن أعين الناظرين في شبكة الشقوق اللامتناهية والمعقدة المشابهة في دورها في ابتلاع وتحرير المياه للغريال؟
- 4- هل تدل البلطة من نفسها عن أهمية ذاتها المائية، أشكال (1، 2، 3)؟ من حيث كبر مساحتها وانبساط أرضها وتكوين السراب الذي يتوه بسببه الزائر لها، واتساع البحيرات

المائية المؤقتة التي تتكون بها الشبيهة إلى حد ما بالبحار التي لا ترى شواطئها المقابلة، صورة (1)، وهذا يترتب عليه سؤالان:

**السؤال الأول:** إذا كانت البلطة تدل على نفسها من ذاتها، فلماذا أهملت واستبعدت من الخطط التنموية المحلية المائية؟

**السؤال الثاني:** إذا كانت البلطة لا تدل على نفسها ولا على أهميتها المائية من الناظر والمتأمل لها، أفلا يتبادر إلى ذهن السامع والمتأمل للسيول المتكررة التي تحدث في كل الأودية التابعة لحوض البلطة، والتي تنحدر على كامل طول المنحدر الجنوبي للجبل الأخضر، من الشمال نحو الجنوب، وتداول أحاديث الناس عن أنها تجرف بمياهها كل ما تستطيع وتملاً بمياهها العبارات وتفيض على الطريق الرئيسة المخيلي-الخروبة وتنتشر في منطقة السروال وفي سهول أعالي البلط على مساحات تعد بمئات الكيلومترات المربعة، مكونةً البرك المائية الضخمة، أن هذه المياه لا تجد في منتهى رحلتها سوى البلطة التي تضمها وتوقف ثورة سيلائها؟ صور (من 10 إلى 24 ومن 35 إلى 42)، للإجابة على هذه الأسئلة سعى الباحثان إلى توضيح دور مواد أرضية بلطة الرملة من السلت والطين على قابلية إخفاء كميات كبيرة من المياه في طياتها بفعل ما تمتلكه من خواص فيزيائية وكيميائية تؤهلها لأن تحظى بهذه الدراسة التطبيقية، شكل (2)، صور (من 3 إلى 8 ومن 30 إلى 32، 57).

**صعوبات تعترض البحث:**

**1-** تبعد بلطة الرملة عن البيضاء بنحو 140 كم، يجتازها الباحثان بسياراتهما الخاصة وبتكلفة ذاتية.

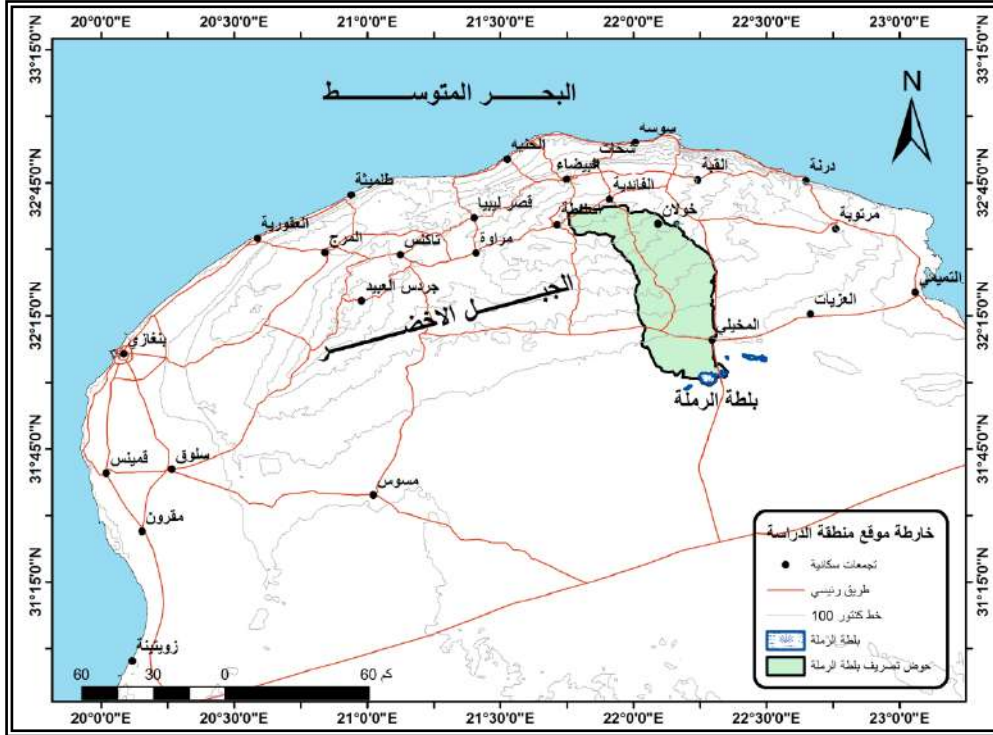
- 2- لا توجد في البلطة ولا في الأحواض المائية المغذية لها أية أجهزة رصد هيدرومترية أو مطرية.
- 3- ضرورة متابعة حالات الطقس التي تولد أمطار عاصفية في الجبل والتي تحدث جريانات فجائية.
- 4- صعوبة متابعة الجريان السطحي في الأودية الرئيسة والفرعية لانتشارها على مساحة 1836 كم<sup>2</sup>.
- 5- ضرورة الاعتماد على أفراد مساعدين يصطحبون في الميدان لأخذ القياسات الضرورية.
- 6- ضرورة الاتصال الهاتفي بأصدقاء محليين في الميدان لتتبع أماكن حدوث الجريان وتوثيقه بحال صعوبة وصول الباحثين لتلك الأماكن في الوقت المناسب.

<p>صورة (1): بلطة الرملة متخمة بالمياه في يوم الاثنين الموافق 22.10.2007، بحيرة مياه، شبيهة بالبحر، يزيد حجم مياهها عن أكثر من 25 مليون م<sup>3</sup> من المياه تبخرت وضاعت في حوالي 150 يوم، وما تخفيه أرضية البحيرة الطينية في بطنها من مياه أعظم بكثير.</p>	
<p>صورة (2): ورود الإبل القادمة من طبرق على مياه بحيرة القرض القديم الجنوبي في جنوب بلطة الرملة الغربية، الساعة 11:44 يوم الأحد 25.10.2015.</p>	

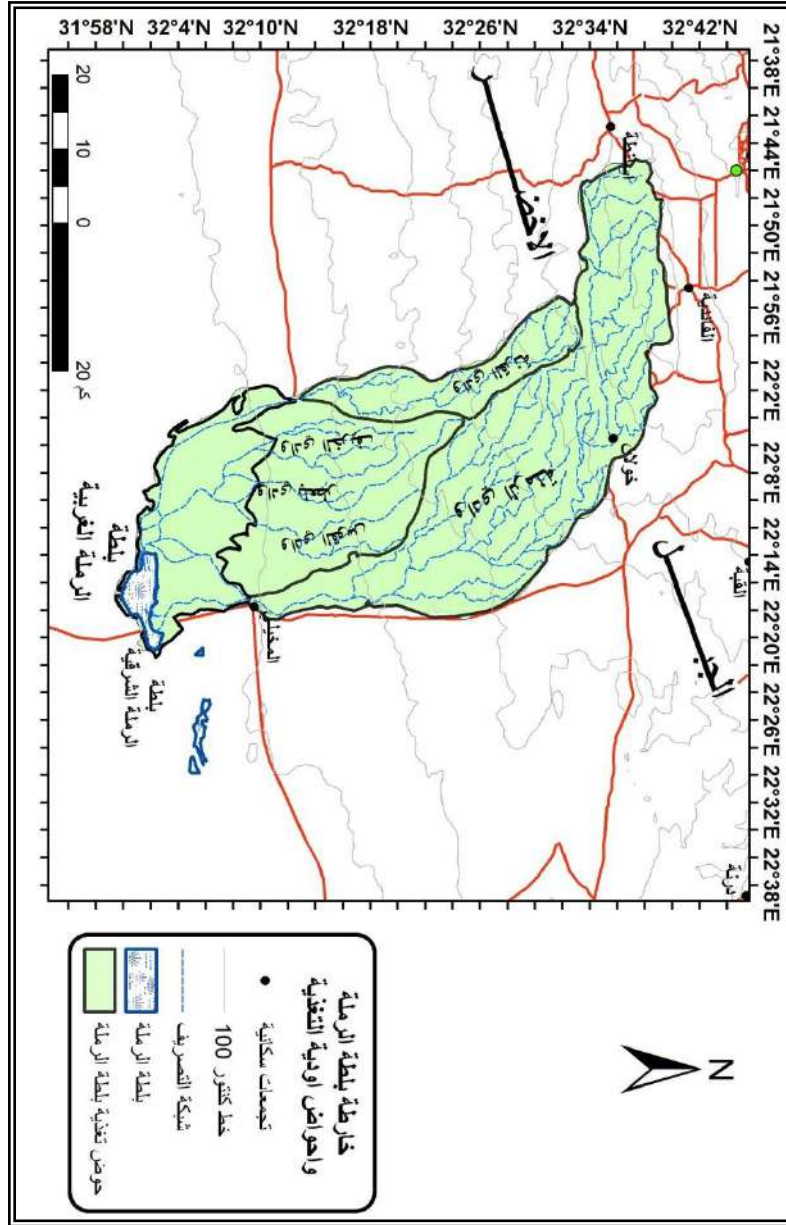
### موقع بلطة الرملة الجغرافي والفلكي:

أ- الموقع الجغرافي: توجد بلطة الرملة جنوب قرية المخيلي بنحو 14 كم، وهي تعد مصب مياه السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر التي تقودها سيول أودية الرملة، القوس، بلعطر، الخريّف وبعض الفروع الشرقية لوادي القرنة، شكلين (1 و 2)، وتتكون أرضيتها من مواد سلت وطن الومينوسيليكاتية رباعية تتوضع فوق صخور جيرية كريتاسية، شكل (3).

ب- الموقع الفلكي: تمتد بلطة الرملة ما بين خطي طول  $22^{\circ}13'55''$  و  $22^{\circ}20'53''$  شرقاً، و بين دائرتي عرض  $31^{\circ}59'36''$  و  $32^{\circ}02'56''$  شمالاً، شكل (3).

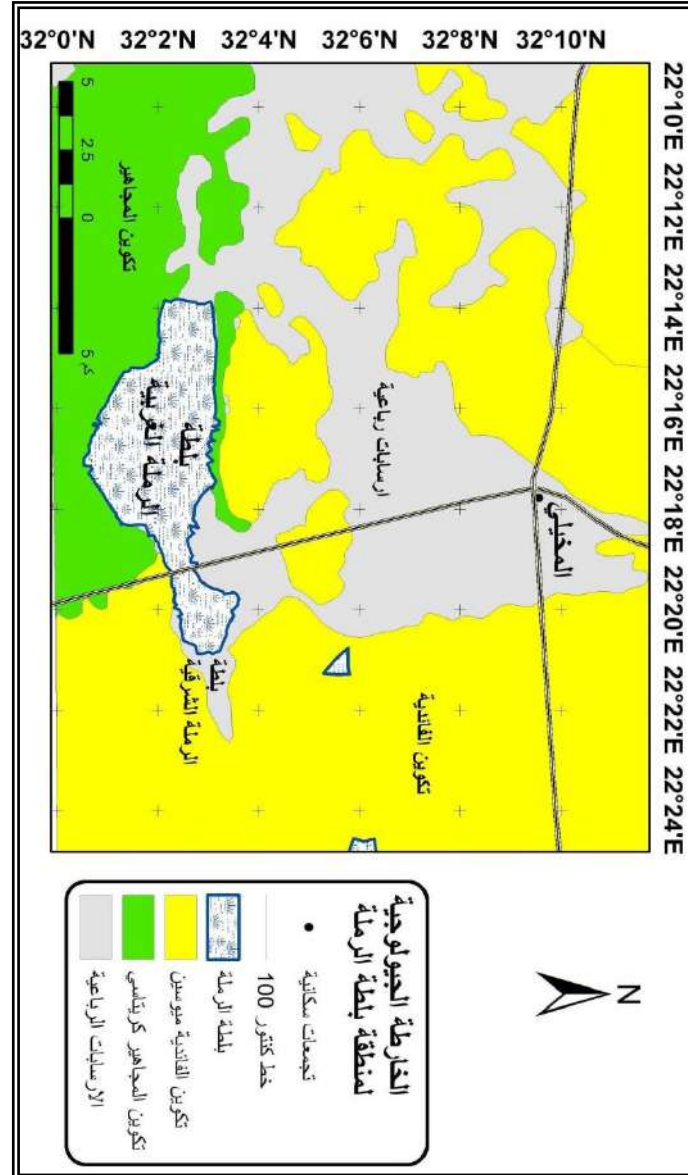


شكل (1): خارطة موقع بلطة الرملة وحوض تصريفها المائي في جنوب الجبل الأخضر، من عمل الباحثين.



شكل (2): خارطة بلطة الرملة الغربية، 25 كم<sup>2</sup>، وحوض الأودية الرئيسية المغذية لها، 1836 كم<sup>2</sup>، من عمل الباحثين.





شكل (3): الخارطة الجيولوجية لمنطقة بلطة الرملة، الحدود الفلكية لبلطة الرملة من خط الطول  $22^{\circ}13'55''$  إلى  $22^{\circ}20'53''$  شرقاً، و بين دائرتي عرض  $31^{\circ}59'36''$  و  $32^{\circ}02'56''$  شمالاً، من عمل الباحثين.

أهم مشاكل طين أرضية بلطة الرملية الغربية:

- 1- تشقق الطين نتيجة جفافه وتقلص حجمه بفعل تبخر المياه منه، مما يؤدي لشرب المياه الواصله إليه من جديد من الشقوق تحت تأثير الجاذبية الأرضية، صور (4، 5، 6، 7، 8، 46).
- 2- امتصاص الطين حجم من المياه يقارب حجمه الجاف، صور (3، 25، 30، 31، 32، 33، 57، 58).
- 3- إخفاء الحجم الأكبر من مياه السيول الواصله للبلطة، بسبب شرب الشقوق الطينية للمياه وامتصاص الطين لها، عن عين الناظر وبسرعة فائقة في بطن أرضية البلطة.
- 4- تبخر المياه من الطين فيما بعد رويداً وببطء كلما تطاول الزمن وزاد الجفاف.
- 5- بفعل ما تقدم لا يبقى على سطح أرضية البلطة سوى كمية قليلة من المياه تكون بحيرة مائية مؤقتة تنضب في غضون أيام قليلة؛ وقد تدوم في أحسن حالاتها لخمسة أشهر فقط.



صورة (3): هبوط منسوب مياه بحيرات الخنادق الجانبية للقضوض بمقدار 26 سم خلال 7 أيام من وصول الجريان للبلطة، هذا الجريان أعقب أعمال الحفر والتنظيف والتسوية بالآلات الهندسية التي طحنت الطين بجزايرها وألغت الشقوق، القرض القديم الشمالي في بلطة الرملة الغربية، الاثنين 10.02.2014.



صورة (4): مظهر شبكة الشقوق في أرضية بلطة الرملة الغربية بعد جفاف مياه الأمطار التي سقطت عليها قبل 7 أيام فقط من تاريخ الصورة، الاثنين 10.02.2014.



صورة (5): فعالية التشققات الطينية في تنشيط النحت الأخدودي وفعاليته في تعميق المجاري نتيجة تسرب المياه في مواد طين أرضية البلطة من جراء جريان 02.02.2014 على الجانب الغربي للطرف الشمالي للقض الجديد الثاني في وسط بلطة الرملة الغربية، الاثنين 21.04.2014.



صورة (6): كيفية تطور الخنادق منذ نشأتها، نتيجة تغلغل المياه في الشقوق الطينية في العمق، عند حدوث أول جريان، نشأ عن سقوط أمطار يوم 02.02.2014 على أرضية البلطة والذي قدر بنحو 8 ملم، ودعّمه جريان بعض السيول، بعد حفر القض الجديد الثاني في وسط بلطة الرملة الغربية، الاثنين 10.02.2014.



صورة (7): أثر الشقوق في التوصيل الهيدروليكي ما بين منسوبي بحيرتي البلطة والقض الجديد الأول في بلطة الرملة الغربية، سطح جوانب الخندق جافة مع أن المياه وصلت حديثاً للبلطة في يوم الاثنين، الأربعاء 10.06.2015.



صورة (8): دور شقوق طين أرضية البلطة في تحقيق توصيل هيدروليكي بعمق يبلغ نحو 3م ما بين منسوبي بحيرتي البلطة والقض الجديد الأول في بلطة الرملة الغربية، الأربعاء 10.06.2015.

حالات طقس تؤدي لعواصف مطرية تحدث جريان في أودية الأحواض المغذية لبلطة الرملة بالمياه:

تناولت هذه الدراسة حالتين لجريان السيول الفجائي الحادث بعد العواصف المطرية الغزيرة:

أولاً - حالة حدوث جريانات مهمة لا تصل مياهها لبلطة الرملة الغربية رغم غزارتها: وذلك بسبب تكوين البرك الضخمة والانتشار الواسع للمياه في السهل الفسيح الجاف الرسوبي الرياعي الممتد، على مسافة حوالي 14 كم، ما بين قدم الجبل الأخضر الجنوبي وبلطة الرملة الغربية، صور (من 9 إلى 24).



صورة (9): حالة طقس كهذه في جنوب مدينة البيضاء تبشر بعاصفة تسقط أمطار غزيرة تحدث سيول أو جريانات مؤقتة مهمة جداً في أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر والتي تصب في البلط، الساعة 14:46، يوم الاثنين الموافق 09.06.2014.



صورة (10): مياه سيل وادي الرملة الناتجة عن حالة الطقس والعاصفة المطرية في الصورة السابقة في أعالي المخيلي متجهة نحو بلطة الرملة، الغزارة حوالي 80 م<sup>3</sup>/ثا، بداية وصول السيل منذ نحو ساعة من وصول الباحث للمكان، الساعة 18:44، يوم الاثنين 09.06.2014.



صورة (11): مياه سيل وادي الرملة في عبارة المخيلي متجهة نحو بلطة الرملة، عرض العبارة 50 م، غزارة السيل حوالي 80 م<sup>3</sup>/ثا، الساعة 18:49، يوم الاثنين 09.06.2014.



صورة (12): برك مياه وادي الحصيِّص الصغير المحلي غرب المخيلي تغمر الطريق العام عند فيضاتها، الساعة 17:08، يوم الاثنين 09.06.2014.

فيضان مياه سيول الأودية الرئيسة والأودية الصغيرة المحلية على طريق المخيلي-الخروبة من وادي حنيش الواقع غرب المخيلي مباشرةً وحتى وادي الثعبان الواقع غرب وادي القرنة، لعدم استيعاب العبارات لغزارة المياه ما بين الساعة 14:15 والساعة 16:00 يوم الاثنين 09.06.2014.





صورة (13): زبد مياه بركة وادي حنيش الصغير المحلي في أعالي الطريق العام المخيلي-  
الخروبة غرب المخيلي، الساعة 19:02، الاثنين 09.06.2014.



صورة (14): عبارة وادي حنيش الصغير المحلي تفرغ مياه بركة الوادي غرب المخيلي، على  
طريق المخيلي-الخروبة، الساعة 19:06، يوم الاثنين 09.06.2014.



صورة (15): مياه سيل وادي القوس في العبارة الشرقية، الساعة 19:12، الاثنين  
09.06.2014



صورة (16): مياه سيل وادي القوس في العبارة الغربية متجهة نحو بلطة الرمل، الساعة  
19:17، يوم الاثنين 09.06.2014



صورة (17): واحدة من عشرات البرك التي تتكون على يمين طريق المخيلي-الخروبة وتفيض مياهها على الطريق لعدم استيعاب العبارات لمياه سيول الأودية الصغيرة الغزيرة في غرب المخيلي، وادي محلي صغير بين وادي القوس ووادي بالعطر، الساعة 19:25، يوم الاثنين 09.06.2014.



صورة (18): عبارة وادي محلي صغير يقع بين القوس وبالعطر تفرغ مياه بركة الوادي على طريق المخيلي-الخروبة، الساعة 19:27، الاثنين 09.06.2014.



صورة (19): مياه سيل وادي الخريّف متجهة نحو بلطة الرملة، الساعة 19:41، يوم الاثنين  
09.06.2014



صورة (20): مياه سيل وادي القرنة متجهة نحو بلطتي أبو رقيص والرملة، الساعة 19:49،  
الاثنين 09.06.2014



صورة (21): امتداد البرك التي كونتها مياه سيل وادي الحصيص على يمين طريق المخيلي-  
الخروبة غرب المخيلي، الساعة 17:02، الاثنين 09.06.2014.



صورة (22): بعض من عشرات البرك التي تتكون في السهل الرسوبي الرباعي في منطقة  
المخيلي، مياه سيل وادي القوس، عن وليد عبد الرازق، الساعة 18:15، الاثنين 09.06.2014.



صورة (23): مياه سيل وادي المحجة في عبارة خولان ترقد وادي الرملة المغذي لبلطة الرملة، التصريف نحو 20م<sup>3</sup>/ثا، لقطة من فيديو، عن عبد الكريم الحنفي، الساعة 14:15، الثلاثاء 10.06.2014.



صورة (24): مياه سيل وادي المحجة تفيض على الطريق العام وتغمر عبارة خولان بأكثر من 60سم لتغمر الحديد الواقى الجانبي للطريق، التصريف نحو 100 م<sup>3</sup>/ثا، هذه المياه ترقد سيل وادي الرملة المتجه نحو بلطة الرملة، ، لقطة من فيديو، عن عبد السلام المدفع، الساعة 16:00، يوم الثلاثاء 10.06.2014.

مياه هذه السيول الصيفية رغم غزارتها، وحجمها المقدر بنحو 20 مليون م<sup>3</sup> لم يصل منها شيء لبلطة الرملة الغربية، مع أن جريان سيل وادي الرملة تجدد وبغزارة كبيرة في اليوم التالي الموافق 10.06.2014، الصورتان (23 و 24).

### بلطة الرملة الغربية و دواعي ومبررات البحث:

توجد بلطة الرملة في سهول جنوب الجبل الأخضر، شكل (1)، وهي تقع جنوب بلدة المخيلي بنحو 14 كم، تبلغ مساحة البلطة كاملةً حوالي 33 كم<sup>2</sup>، إن طريق المخيلي - بوابة المقتين، العابر للبلطة من الشمال نحو الجنوب، قسم البلطة إلى قسمين: القسم الشرقي هو الأصغر إذ تبلغ مساحته نحو 8 كم<sup>2</sup> لذلك أطلق عليه اسم بلطة الرملة الشرقية، والقسم الغربي، موضوع الدراسة، هو الأكبر إذ تقارب مساحته ما يزيد عن 25 كم<sup>2</sup> أطلق عليه اسم بلطة الرملة الغربية، طول البلطة من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي يبلغ 6200 م، ومتوسط عرض البلطة من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي يقارب 4300، تصب في البلطة سيول أودية الرملة، الحصييص، القوس، بالعطر، الخريّف وبعض الفروع الشرقية لوادي القرنة، شكل (2)، وتتشكل في أعقاب وصول مياه السيول إلى بلطة الرملة الغربية بحيرة مائية عذبة عكرة تستديم في البلطة، بحسب سماكة مياه البحيرة، ما بين فترة أسبوع واحد، وخمسة أشهر في أحسن الحالات إذا لم تتجدد مياهها، صور (1)، 25، 30، 31، 43، 44، 45، 46، 48، 49، 50، 53، 54، 55، 56، 57، 58)، عند جفاف مياه البحيرة المؤقتة تترسب عكورة المياه المكونة من المعلقات الغروية الطينية على أرضية البلطة، صورة (58)، مساهمة بذلك في زيادة سماكة رسوبيات أرضية البلطة، صور (من 5 إلى 8، 29، 33، 34، 47، 52،

(53)، مما نتج عنه أرضية رسوبية ناعمة قوامها من السلت والطين يرتفع منسوبها عن البحر بمقدار 133م، هذه الأرضية منبسطة سهلية تحدها من جهة الجنوب تلال ترتفع عن أرضية البلطة لنحو 20م، لذلك تهدأ وتسكن فيها المياه في نهاية رحلة جريانها على السفح الجنوبي والسهول الجنوبية للجبل الأخضر موضعة كل حملتها من السلت والطين والأملاح الذائبة، إن جفاف المياه يجعل المواد الطينية معرضة لأشعة الشمس مما يؤدي لتشققها، وكلما زادت فترة الجفاف طولاً كلما تطورت شبكة الشقوق اتساعاً بفعل استمرار فقدان الرطوبة من الطين وتقلص حجمه سواءً على السطح أو في أعماق الرسوبيات، صورة (34)، مما يجعل أرضية البلطة بكامل سماكتها تحوي حجم كبير جداً من التجايف مكون من شبكة معقدة جداً من الشقوق المتصلة ببعضها في كل الاتجاهات وعلى كامل حجم الرسوبيات المكونة لأرضية البلطة، مما يجعل المياه الواصلة بعد ذلك لبلطة الرملة يختفي القدر الأكبر منها بسرعة في تلك التجايف الواصلة لقاع الرسوبيات الطينية تحت تأثير الجاذبية الأرضية، حيث يمتصها الطين على كامل سماكته، ولا يتبقى على السطح إلا القدر الأقل من المياه الذي يشكل البحيرة الضحلة المؤقتة التي تشغل أرضية البلطة. إن الطين بمعادنه المختلفة ذات البنية السداسية الورقية شره جداً لامتصاص الماء وقادرة بعض معادنه كالمونتموريونيت أن تمتص من الماء ما يعادل حجمها أو يزيد، لوحات (من 1 إلى 5)، مما يؤكد أن هناك مشكلة أخرى تؤدي لعدم توفر مياه كافية على سطح أرضية بلطة الرملة توفر وتتيح فرصة دوام بحيرة مياه تخدم المجتمع الرعوي المحلي على طول السنة، لمعالجة هذا الأمر تم اختيار عينتين سليميتين من التشقق وجافتين من المواد الناعمة السلتية والطينية من قاع أرضية القرض القاسم الشمالي في



بلطة الرملية الغربية، صورة (34)، وحسبت قابليتهما لامتنصاص الماء عن طريق تزويدهما نقطة بنقطة من سيرنك وباستخدام ميزان حساس، لوحات (من 1 إلى 5)، تبين من خلالها أن إحدى العينتين امتصت مياه بما يعادل 96.27% من حجمها، والعينة الأخرى امتصت 88.37% من حجمها ماء حتى وصلت لمرحلة التشبع والميوعة، ولو أخذ معدل امتصاص الماء في العينتين لبلغ نحو 92.32%، أي أنه في حال تكوين طبقة غروية عجينية كثيفة في الرسوبيات السطحية تمنع تسرب الماء نحو الأسفل في الرسوبيات الأعمق من أرضية البلطة سماكتها 25 سم يعني ذلك أن نحو  $5770000 \text{ م}^3$  من الماء امتصتها هذه السماكة من الطين فاختلفت عن أعين الناظر في بلطة الرملية الغربية وهي في طور امتلائها، وبالفعل تبين الدراسة أنه في موسم 2013-2014 تجمع على أرضية البلطة بحيرة مائية سماكتها 22 سم في يوم الجمعة الموافق 08.11.2013 ساهمت الرياح في تجوالها في كل الاتجاهات على الأرضية السهلية الجافة للبلطة ومحيطها مما جعلها تنضب وتجف يوم الخميس الموافق 14.11.2013، صورة (25) وصورة (48)، أي خلال 6 أيام فقط، أي بمعدل فاقد مائي يومي يقارب  $916000 \text{ م}^3/\text{يوم}$ ، أي ما يعادل هبوط لمنسوب مياه البحيرة يقارب  $3.667 \text{ سم/يوم}$ ، هذه المياه ضاعت عن طريق التبخر المباشر من سطح المياه الحر وعن طريق امتصاص الطين لها والتبخر غير المباشر منه فيما بعد، وما يؤكد هذه النتيجة أن هبوط منسوب مياه بحيرة صغيرة منعزلة في أحد الخنادق المجاورة للقض القديم الشمالي في بلطة الرملية الغربية الذي امتلأ يوم 03.02.2014 والمقاس يوم 10.02.2014 خلال 7 أيام هبط بمقدار 26 سم أي بمعدل  $3.714 \text{ سم/يوم}$ ، صورة (3)، مما يدل على أن الطين السفلي استمر في امتصاص الماء على

طول هذه الفترة، وبحسب معدل الامتصاص هذا فإنه يلزم مكوث المياه في البحيرة لمدة 125 يوم حتى تشبع الرطوبة كامل سماكة طين البلطة فيما لو يكن مشققاً. إن المراقبة لهبوط مناسيب بحيرات القوض القديمة المحفورة في عام 1992 في بلط الرملية والتي تعتبر أرضياتها كتيمة ولا رشح ولا تهريب يذكر منها نحو الأسفل في الصخور الجيرية القديمة العائدة للكريتاسي، شكل (3)، فلا يتعدى معدل التبخر المباشر مع ما تشربه حيوانات الرعي منها 0.5 سم/يوم، صورة (27)، كما إن القياس لهبوط منسوب بحيرة بلطة أبو رقيص في موسم 2007-2008 كان يساوي 58 سم/169 يوم تمتد ما بين شهر 10/2007 وشهر 4/2008، أي بمعدل 0.343 سم/يوم، صورة (26).

فلو اعتبر أن التبخر كان يساوي طبقة مائية سمكها 0.5 سم/يوم؛ لبلغ امتصاص طين أرضية البلطة طبقة مائية سمكها نحو 3.167 سم/يوم والذي يعادل نحو 791750 م<sup>3</sup>/يوم، والذي يفوق ما يفقده التبخر من سطح الماء الحر بمقدار 6.3 مرات، لأن التبخر يساهم بفقدان نحو 125000 م<sup>3</sup>/يوم، مما أدى لنضوب مياه بحيرة البلطة بسرعة واختفاء مياهها عن عين الناظر لها بسرعة فائقة، هذا يبين أن نسبة معدل الفاقد من مياه البحيرة بالامتصاص يبلغ ما نسبته 86.4% في حين تمثل نسبة الفاقد بالتبخر من سطح المياه الحر، والذي لا يمكن تفاديه والتغلب عليه، نحو 13.6% فقط، هذا في حال عدم أخذ تأثير الشقوق والفجوات، التي يحتويها الطين في بلع حجم كبير من المياه عند وصولها مباشرة للبلطة وامتصاص مواد الطين لها في أسفل أرضية البلطة، في الاعتبار، مما يؤكد أن حجم المياه الواصلة لبلطة الرملية قد يفوق حجم مياه البحيرة المؤقتة الظاهر على سطح أرضية البلطة بمقدار 3 أو 4 أضعاف على الأقل. ثم إن المراقبة لهبوط مناسيب مياه بحيرات القوض

الحديثة التي حفرت في موسم 2013-2014 في بلطة الرملة الغربية تثبت أن طين أرضية البلطة لا يؤمن تكتيم جيد للمياه التي يتلعبها ويمتصها، الصورتان (28 و 29)، لوجود اتصال هيدروليكي مؤكد بين مياه البلطة والخزان الجوفي العميق المالح، حيث أن المياه ترشح من تحت رسوبيات طين أرضية البلطة الرباعية وتغذي الخزان الجوفي المالح للصخور الجيرية الكريتاسية القديمة، ويبدو برهان هذا واضحاً من خلال هبوط منسوب بحيرة مياه القوض الجديد الأول المحفور في جنوب شرق بلطة الرملة الغربية بمقدار 145 سم خلال فترة 120 يوم، من تاريخ امتلائه، بمعدل يساوي 1.208 سم/يوم، وأكد ذلك الاتصال الهيدروليكي ما بين مياه المواد الطينية للبلطة والخزان الجوفي العميق المالح هبوط منسوب مياه بحيرة القوض الجديد الثاني المحفور في وسط بلطة الرملة الغربية بمقدار 152 سم خلال مدة 113 يوم تمتد من تاريخ امتلائها الجزئي في 03.02.2014 وحتى 27.05.2014، بمعدل 1.345 سم/يوم، ارتفاع هذه الفواقد المائية يتمثل بنحو 0.5 سم/يوم تبخر من سطح الماء الحر، لبحيرة البلطة، كما هو حال القوضوس القديمة، والباقي المتراوح بين 0.708 سم/يوم في القوض الجديد الأول، و0.854 سم/يوم في القوض الجديد الثاني يرشح باتجاه الخزان الجوفي المالح؛ أي أن معدل رشح يتم من أسفل أرضية البلطة في حال امتلائها يقدر بنحو 0.781 سم/يوم، وذلك يعادل نحو 195250 م<sup>3</sup>/يوم من مياه طين أرضية البلطة يغذي الخزان المالح بالمياه ما دامت البحيرة المائية المؤقتة في البلطة؛ إن الواقع الفعلي للبلطة يدل على ذلك من حيث عدم ملاحظة أية مياه مالحة في البلطة، والتي من المفترض أن الأملاح تنزهر على سطح أرضية البلطة بفعل صعودها لسطح البلطة بالخاصة الشعرية التي يتميز بها الطين، لكن يبدو أن عملية غسل الأملاح من مواد الطين تتم على كامل سماكة الرسوبيات الطينية لأرضية البلطة لتتركز في الخزان الجوفي المالح تحت البلطة.



صورة (25): آثار الرطوبة المتبقية من جريان 08.11.2013، على سطح أرضية بلطة الرملة الغربية، لاحظ غياب ظاهرة التشققات الطينية بسبب إشباع طين أرضية البلطة بالرطوبة، الخميس 14.11.2013.



صورة (26): بلطة أبو رقيص تظهر فيها أشجار الطرفاء على أطراف القوض في وسط البلطة، التي امتلأت بالمياه في 06.06.2007 وفي 14 و 15.10.2007، يوم غرقت بلدة قندولة، وفي 22.10.2007، منسوبها انخفض بمقدار 58 سم بحسب القياس بوساطة الشقطة المانية، حتى تاريخ الصورة في 09.04.2008، أي خلال 169 يوم، بمعدل 3.43 ملم/يوم، والذي أصبحت يومها أرضية بلطة الرملة الغربية جافة تماماً.



صورة (27): قياس هبوط منسوب مياه القرض القديم الجنوبي باتجاه شرق - غرب في جنوب بلطة الرملة الغربية بمقدار 60 سم خلال 120 يوم، 15.03.2014.



صورة (28): قياس هبوط منسوب مياه القرض الجديد الأول في بلطة الرملة الغربية بمقدار 145 سم خلال 120 يوم من تاريخ امتلاءه، بمعدل 1.208 سم/يوم، يوم وتاريخ القياس السبت 15.03.2014.



صورة (29): هبوط منسوب مياه بحيرة القرض الجديد الثاني في وسط بلطة الرملة الغربية بمقدار 152 سم خلال فترة 113 يوم تمتد من 03.02.2014 وحتى 27.05.2014، بمعدل 1.345 سم/يوم، لاحظ في الجهة المقابلة منسوب أرضية البلطة، وأثار منسوب الامتلاء الجزئي للقرض. ومنسوب المياه في 27.05.2014.

اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتناس الماء في أرضية بلطة الرملة الغربية: صور (من 30 إلى 34) ولوحات (من 1 إلى 5).



صورة (31): ضياع مياه الجريان الصيفي ليوم الاثنين 08.06.2015 بالانتشار الأفقي على أرضية بلطة الرملة الغربية وبلامتصاص من الطين، الأربعاء 10.06.2015.



صورة (30): امتصاص طين أرضية بلطة الرملة الغربية لمياه جريان الصيف ليوم الاثنين، تاريخ الصورة الأربعاء 10.06.2015



صورة (33): مظهر القرض القديم الشمالي في بلطة الرملة الغربية والخنادق المتصلة به في 05.12.2009 أي قبل أعمال التسوية، القروض بقيت جافة على مدى أكثر من أربع سنوات، أي منذ تاريخ الصورة وحتى موسم السيول حدثت خلال تلك الفترة لكن المياه كانت تضيع بالرشح والتبخر على الطريق قبل أن تصل للبلطة.



صورة (32): صورة لأرضية بلطة الرملة الغربية تبدو فيها تربة البلطة نصفها الجنوبي رطب ونصفها الشمالي جاف، لأن مياه الجريان الذي بلغها في شهر 6، كان غير كافياً لإشباع طين أرضية البلطة التي امتصت كل ما وصلها من مياه، وبذلك لم تسمح بتكوين بحيرة مائية، لاحظ التشققات الطينية في الجزء الجاف الظاهر من أرضية البلطة، الثلاثاء 05.06.2007

الطين المكون لأرضية القرض القديم الشمالي

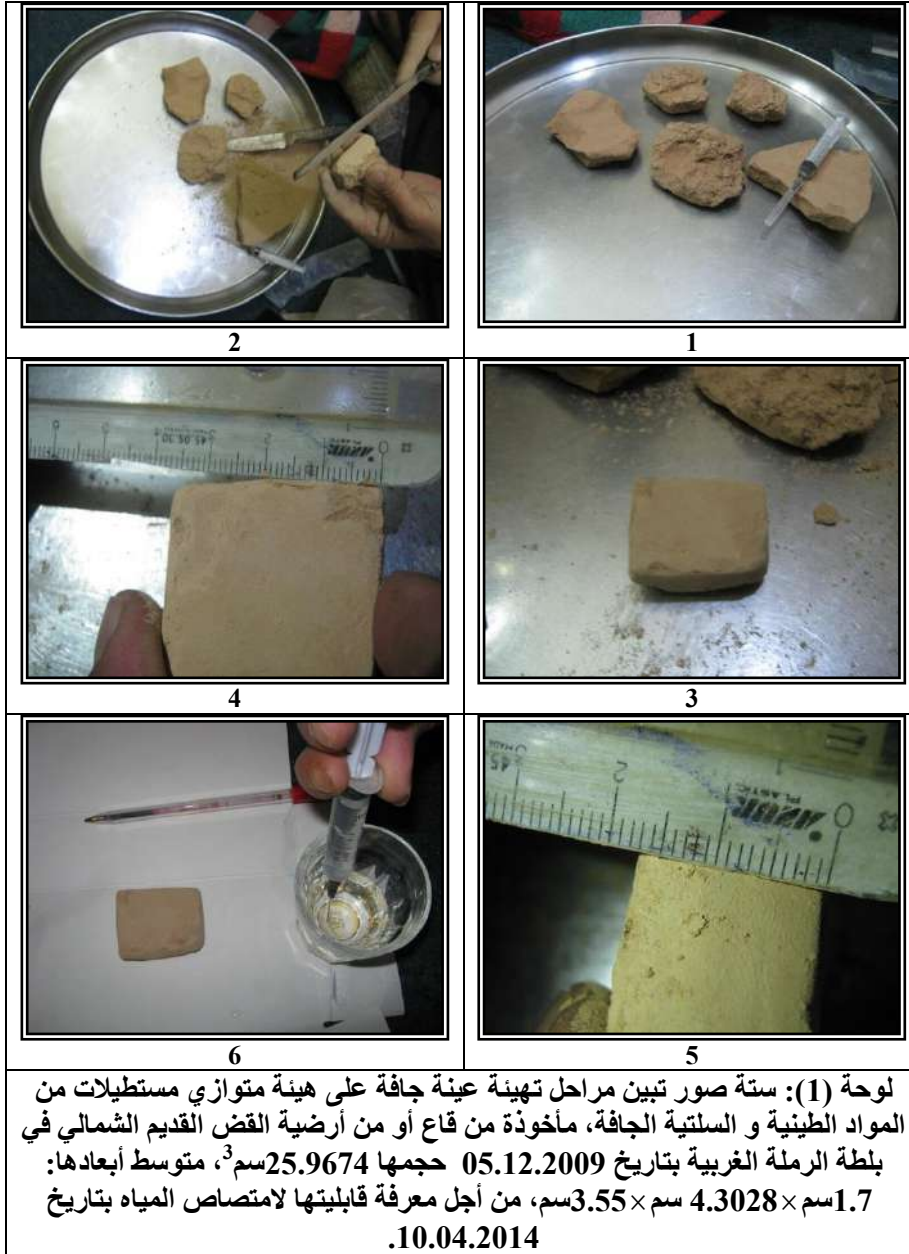


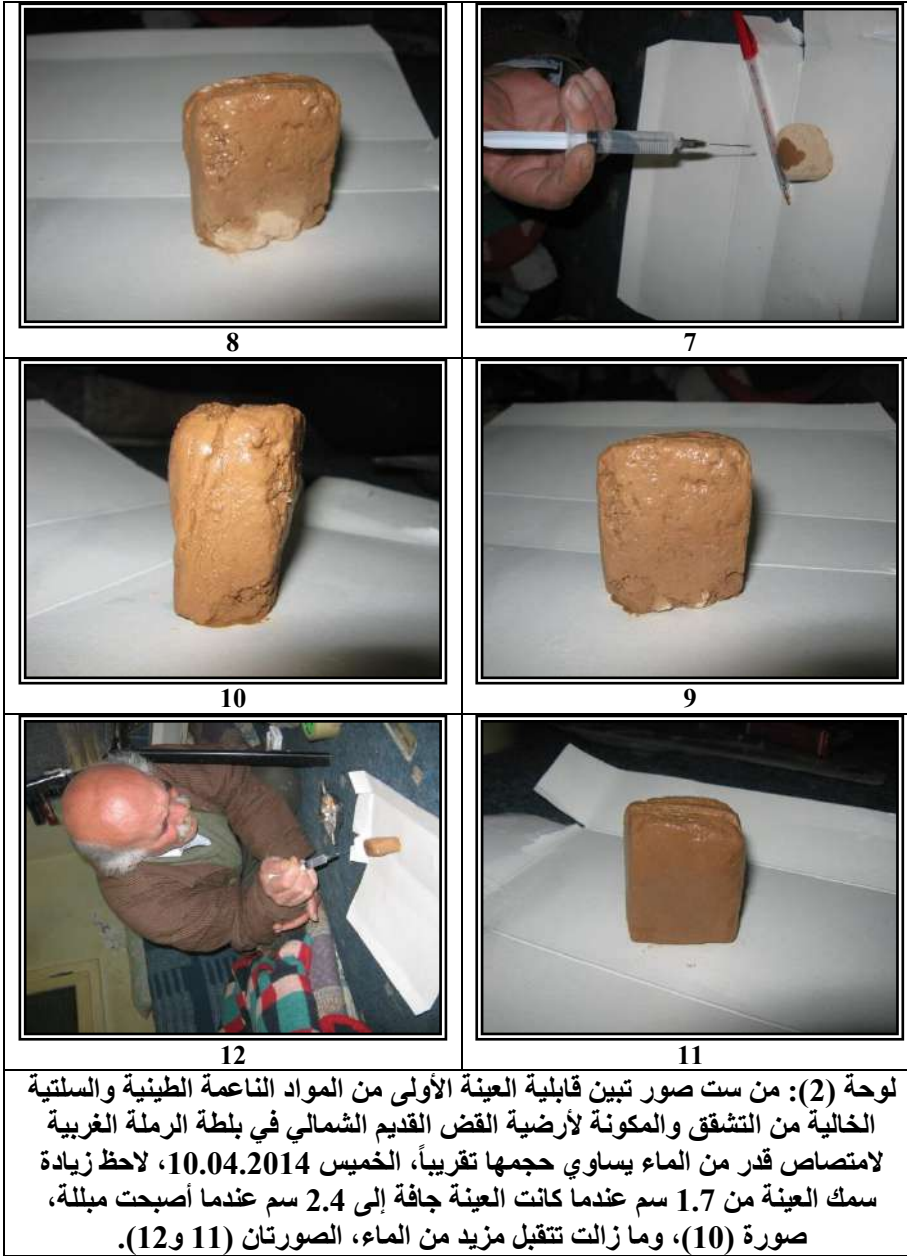
الشقوق بين الكتل الطينية لأرضية القرض القديم الشمالي




صورة مزدوجة (34): المسامات والشقوق في الكتل الطينية المكونة لأرضية القرض القديم الشمالي في بلطة الرملة الغربية عندما تكون جافة، اختيار عينات الطين للاختبار، السبت 05.12.2009.







	
14	13
<p>لوحة (3): صورتان تبيينان إشباع عينة الطين والسلت السليمة من التشقق بالماء بعد امتصاصها 25 سم<sup>3</sup>، تميغ نصفها اليساري فقط في حين بقي نصفها اليميني يتطلب المزيد من الماء ليصل للإشباع، حجم العينة جافة كان 25.9674 سم<sup>3</sup> وبعد أن امتصت 25 سم<sup>3</sup> أصبح حجمها 39.96 سم<sup>3</sup> = 2.4 سم × 4.5 سم × 3.7 سم، حجم الطين الجاف في العينة هو 39.96 سم<sup>3</sup> - 25 سم<sup>3</sup> = 14.96 سم<sup>3</sup>، حجم الفراغ المسامي في العينة الجافة: 25.9674 سم<sup>3</sup> - 14.96 سم<sup>3</sup> = 11.0074 سم<sup>3</sup>؛ المسامية = 42.39%، العينة الأولى امتصت مياه بما يعادل 96.27% من حجمها.</p>	

أهم ميزات العينة الأولى المختبرة من طين وسلت بلطة الرملة الغريبة في امتصاص الماء:

- 1- حجم العينة جافة يبلغ 25.9674 سم<sup>3</sup>، متوسطات أبعادها:  
1.7 سم × 4.3028 سم × 3.55 سم.
- 2- حجم المياه التي امتصتها العينة عند إشباعها يساوي 25 سم<sup>3</sup>.
- 3- حجم العينة متشعبة بالمياه يساوي 39.96 سم<sup>3</sup> أبعادها: 2.4 سم × 4.5 سم × 3.7 سم.

4- حجم الطين الجاف الفعلي في العينة = حجم العينة المشبعة بالماء - حجم الماء الممتص.

$$14.96 \text{ سم}^3 = 39.96 \text{ سم}^3 - 25 \text{ سم}^3$$

5- حجم الفراغ المسامي في العينة الجافة = حجم العينة الجافة - حجم الطين الجاف الفعلي في العينة

$$11.0074 \text{ سم}^3 = 25.9674 \text{ سم}^3 - 14.96 \text{ سم}^3$$

6- المسامية في العينة الجافة =

حجم الفراغ المسامي في العينة الجافة ÷ حجم العينة الجافة × 100







$$42.39\% = 11.0074 \text{ سم}^3 \div 25.9674 \text{ سم}^3 \times 100$$

7- نسبة قابلية امتصاص العينة للماء (معامل امتصاص) =

حجم الماء الممتص ÷ حجم العينة الجافة × 100

$$96.27\% = 25 \text{ سم}^3 \div 25.9674 \text{ سم}^3 \times 100$$

إن النتيجة الأخيرة تثبت أن 1 م<sup>3</sup> من طين أرضية البلطة الجاف والسليم من التشقق قادر على امتصاص 962.7 لتر من الماء، أو بمعنى أن 1 م<sup>3</sup> من الماء يمتصه 1.0387 م<sup>3</sup> من طين أرضية البلطة السليم من التشقق، وعلى وجه التقريب يمكن القول أن 1 م<sup>3</sup> من طين أرضية البلطة غير المشقق يمتص 1 م<sup>3</sup> من مياه البلطة.

	
	
	
<p>لوحة (4): ست صور تبين مراحل اختبار العينة الثانية الخالية من التشقق من طين وسلت أرضية القض الشمالي من بلطة الرملة الغربية لامتصاص المياه، أبعاد و حجم العينة جافة: متوسطات الأبعاد: 3.7625 سم × 2.2875 سم × 1.775 سم = 15.277 سم<sup>3</sup>، الوزن = 21.865 غ، الوزن النوعي = 1.4312 غ/سم<sup>3</sup>، العينة امتصت مياه بمقدار 13.501 غ أو 13.501 سم<sup>3</sup> ثم وقعت نتيجة ميوعتها، صورة (20)، أبعاد وحجم العينة مبللة: 4.1 سم × 2.6 سم × 2.1 سم = 22.386 سم<sup>3</sup>، وزن العينة مبللة 35.366 غ، الوزن النوعي 1.58 غ/سم<sup>3</sup>، حجم الطين الجاف في العينة = 7.109 سم<sup>3</sup>، حجم الفراغ المسامي في العينة = 8.168 سم<sup>3</sup>، المسامية للطين الجاف = 46.53 %، العينة الثانية امتصت 88.37 % من حجمها ماء.</p>	

أهم ميزات العينة الثانية المختبرة من طين وسلت بلطة الرملية الغربية في امتصاص الماء:

1- حجم العينة جافة يبلغ  $15.277 \text{ سم}^3$ ، متوسطات أبعادها:

$$3.7625 \text{ سم} \times 2.2875 \text{ سم} \times 1.775 \text{ سم}.$$

2- وزن العينة جافة  $21.865$  غ.

3- الوزن النوعي للعينة الجافة (غ/سم<sup>3</sup>) = وزن العينة ÷ حجم العينة

$$1.4312 \text{ غ/سم}^3 = 21.865 \text{ غ} \div 15.277 \text{ سم}^3.$$

4- وزن وحجم المياه الممتصة من العينة حتى إشباعها ووقوعها بسبب ميوعتها يساوي

$$13.501 \text{ غ ماء أي ما يعادل حجم ماء ممتص يساوي} = 13.501 \text{ مل} = 13.501 \text{ سم}^3.$$

5- حجم العينة مبللة حتى الإشباع =  $22.386 \text{ سم}^3$ ، أبعادها:  $4.1 \text{ سم} \times 2.6 \text{ سم} \times 2.1 \text{ سم}$

6- وزن العينة مبللة ومشبعة بالمياه بلغ  $35.366$  غ.

7- الوزن النوعي للعينة المبللة المشبعة = وزن العينة مبللة ÷ حجم العينة المبللة المشبعة

$$1.58 \text{ غ/سم}^3 = 35.366 \text{ غ} \div 22.386 \text{ سم}^3$$

8- حجم الطين الجاف الفعلي في العينة = حجم العينة المشبعة بالماء - حجم الماء الممتص

$$7.109 \text{ سم}^3 = 22.386 \text{ سم}^3 - 15.277 \text{ سم}^3$$

9- حجم الفراغ المسامي في العينة = حجم العينة الجافة - حجم الطين الجاف الفعلي في

العينة

$$8.168 \text{ سم}^3 = 15.277 \text{ سم}^3 - 7.109 \text{ سم}^3$$

10- المسامية في العينة الجافة =

حجم الفراغ المسامي في العينة الجافة ÷ حجم العينة الجافة × 100

$$100 \times \frac{7.109 \text{ سم}^3}{15.277 \text{ سم}^3} = 46.53\%$$

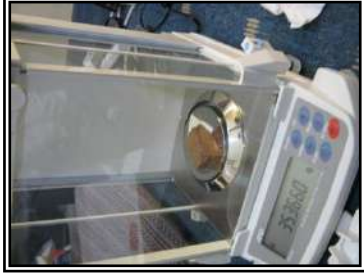



11- نسبة قابلية امتصاص العينة للماء (معامل الامتصاص) =

حجم الماء الممتص ÷ حجم العينة الجافة × 100

$$100 \times \frac{13.501 \text{ سم}^3}{15.277 \text{ سم}^3} = 88.37\%$$

في هذه العينة الثانية من الطين الجاف السليم من التشقق ذو المسامية 46.53% يمتص وفقها 1م<sup>3</sup> نحو 883.7 لتر من الماء أو بمعنى أن 1م<sup>3</sup> ماء يمتصه 1.13م<sup>3</sup> من طين أرضية البلطة السليم من التشقق، وعلى أساس متوسط ما امتصته العينة الأولى والثانية فإنه يمكن القول أن نسبة معدل امتصاص المياه من طين بلطة الرمل الغربية يقارب معدل معامل امتصاص قدره 92.32% من حجم الطين الجاف غير المشقق في أرضية البلطة، (الباحثان).

تقدير معدل التبخر من المواد الناعمة السلتية والطينية المكونة لأرضية القرض القديم الشمالي في بلطة الرمل الغربية:

	
	
<p>لوحة (5): أربع صور تبين مرحلة إشباع العينة السلتيية الطينية السليمة من التشقق لأرضية القرض القديم الشمالي في بلطة الرملة الغربية بالمياه، ثم مرحلتين لحساب معدل التبخر منها؛ عن طريق تناقص الوزن الناتج عن التبخر بدلالة الزمن</p> <p>يوم وتاريخ الاختبار الجمعة الموافق 12.04.2014</p> <p>أبعاد العينة منتفخة بالمياه: 4.1سم، 2.6سم، 2.1سم، المساحة الجانبية لخمس أسطح من العينة معرضة للهواء = 38.8سم<sup>2</sup>،</p> <p>معدل وزن التبخر من أسطح العينة الخمسة ما بين الساعة 17:53 والساعة 18:04 يبلغ 35.366 غ- 35.32 غ = 0.046 غ/38.8سم<sup>2</sup> = 0.00118 غ/سم<sup>2</sup> دقيقة بما يعادل 0.000107 غ/سم<sup>2</sup> دقيقة.</p> <p>معدل وزن التبخر من أسطح العينة الخمسة ما بين الساعة 18:04 والساعة 18:43 يبلغ 35.1413 غ- 35.32 غ = 0.1787 غ/38.8سم<sup>2</sup> = 0.00596 غ/سم<sup>2</sup> دقيقة.</p> <p>معدل وزن التبخر من أسطح العينة الخمسة ما بين الساعة 17:53 والساعة 18:34 يبلغ 35.366 غ- 35.1413 غ = 0.2247 غ/38.8سم<sup>2</sup> = 0.00548 غ/سم<sup>2</sup> دقيقة، بما يعادل 0.00548 × 60 = 0.3288 غ/38.8سم<sup>2</sup> الساعة × 24 = 7.8912 غ/مياه متبخرة/38.8سم<sup>2</sup>/يوم بما أن 1 غ مياه = 1 مل = 1سم<sup>3</sup> فإن 7.8912سم<sup>3</sup> ÷ 38.8سم<sup>2</sup> = 0.2034سم/يوم أي ما يعادل 2.034 ملم/يوم مياه متبخرة في أجواء الغرفة في مدينة البيضاء، يوم وتاريخ الاختبار الجمعة 12.04.2014</p>	



### نتائج البحث الأولية:

- 1- إن المواد الناعمة الجافة والمكونة لأرضية بلطة الرملة الغربية من السلت والطين السليمة من التشقق ذات المسامية المتراوحة بين 42.39% و 46.53% والمختبرة في هذا البحث تمتص حجم من مياه السيول الواصلة للبلطة يقارب 92.32% من حجمها الجاف.
- 2- إن التشققات الطينية الجافة المنتشرة على هيئة شبكة معقدة جداً من التجاويف المتصلة ببعضها في كامل سطح وسماكة المواد الطينية الناعمة الجافة المكونة لأرضية بلطة الرملة الغربية تشرب كميات كبيرة جداً من مياه السيول فور وصولها للبلطة من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، وذلك عن طريق نفاذ المياه وسلوكها بالتسرب نحو أعماق الرسوبيات في الشقوق المفتوحة تحت تأثير الجاذبية الأرضية.
- 3- إن سماكة الرسوبيات الرباعية الناعمة من السلت والطين تقدر بنحو 4 م.
- 4- إن مساحة أرضية بلطة الرملة الغربية السهلية والمنبسطة المكونة من السلت والطين تعادل نحو 25 كم<sup>2</sup>.
- 5- إن حجم المواد الناعمة المكونة لبلطة الرملة الغربية يقارب إذن 100 مليون م<sup>3</sup>.
- 6- من النتائج الخمسة السابقة تظهر بديهة أنه في حال امتص الطين السفلي مياه الشقوق في الأعماق دون أن يرشح قسم منها في الخزان الجوفي المالح فإن مواد أرضية البلطة تمتص نحو 92.32 مليون م<sup>3</sup> من مياه السيول وتخفيها في بطنها عن الأنظار.
- 7- وبناءً على ما سبق فإن حجم بحيرات المياه المؤقتة التي تتكون في البلط لا تعكس بأي حال من الأحوال حجم الجريان الذي تقذفه مياه السيول الخيرة في البلط والقادمة من أحواض أودية السفح الجنوبي للجبل الأخضر.

8- ستبين هذه الدراسة بعد قليل أنه من كل 100م<sup>3</sup> مياه تصل لبلطة الرملة الغربية يستفاد أو بالأحرى يخزن منها 1.11م<sup>3</sup> فقط في القوض ويفقد نحو 98.89 م<sup>3</sup>!

#### مقترح وتوصية:

1- ضرورة وضع بلطة الرملة وكامل حوضها في خطة تنمية مائية طموحة هادفة لتأمين مياه تزيد عن حاجة المجتمع الرعوي المحلي، وتخدم مشاريع تنمية جديدة تستطيع تحسين موارد البيئة في الأنظمة البيئية المحلية المتنوعة التي تحويها منطقة الدراسة، لتأمين الغذاء والأعلاف في منطقة الدراسة ومحيطها على طول الزمن، هذه الضرورة تستند على الوثائق والبراهين الموضحة كالآتي:

ثانياً- حالة حدوث جريانات مفاجئة مهمة تصل مياهها لبلطة الرملة الغربية:

1- غزارة سيول أودية السفح الجنوبي الشرقي للجبل الأخضر والمغذية لبلطة الرملة الغربية:

لتبيان وتوضيح أهمية الجريانات الحادثة في الأحواض المائية الرئيسة والفرعية الرافدة لها والمغذية لبلطة الرملة الغربية وثق الباحثان من المتابعة الميدانية بعض المشاهد المصورة، وتمت الاستعانة بأصدقاء محليين وثقوا بأنفسهم بعض مشاهدات وصور ذروات الفيضانات تم الحصول عليها منهم فيما يخص جريانات شهري 10 و11/2015 في المخيلي وخولان، حيث وصلت مياه تلك الجريانات لبلطة الرملة الغربية وكونت بحيرة مائية دامت لحوالي 19 يوم تبدأ من تاريخ 03.11.2015، صور (من 35 إلى 42).



صورة (35): مياه سيل وادي الفارغ، أحد الروافد العليا لوادي الرملة، في قرية خولان، عن صلاح علي، الساعة 15:15 الاثنين 02.11.2015.



صورة (36): مياه سيل الرافد المسمى حلق السانية ترقد مياه سيل وادي الفارغ في قرية خولان وتتابع مسيرها نحو وادي الرملة ثم بلطة الرملة الغربية، عن صلاح علي، الساعة 15:11 يوم الاثنين 02.11.2015.



صورة (37): مياه سيل وادي المحجة، الرافد العلوي لوادي الرملة في خولان يفيض على الطريق العام بعرض يزيد عن 100م، عبارة من 3 فتحات 1.5م×1.5م لم تستوعب غزارة الجريان، عن صلاح علي، الساعة 17:08 يوم الأحد 15.11.2015.



صورة (38): مياه سيل وادي الرملة، يجمع الفارغ والمحجة في عبارة خولان السفلى، المياه تفيض على الطريق العام بعرض يزيد عن 100م، 9 فتحات 2.2م×1.5م لم تستوعب غزارة الجريان، عن صلاح علي، الساعة 17:25 الأحد 15.11.2015.



صورة (39): مياه سيل وادي الرملة في أعالي عبارة المخيلي تتجه نحو بلطة الرملة الغربية، عن خليفة أمراجع، الساعة 15:06 الجمعة 23.10.2015.



صورة (40): مياه سيل وادي الرملة في أسافل عبارة المخيلي متجهة نحو بلطة الرملة الغربية، عن خليفة أمراجع، الساعة 17:45 الأحد 15.11.2015.

2- تزويد بلطة الرملة الغربية بمياه جريان 03.11.2015:

صور (من 41 إلى 51):



صورة (41): مياه سيل وادي الرملة العكرة في أسافل عبارة المخيلي متجهة نحو بلطة الرملة الغربية الجريان مستمر منذ 24 ساعة، الذروة أكثر من 300 م<sup>3</sup>/ثا، التصريف حوالي 10 م<sup>3</sup>/ثا على الساعة 16:03 من يوم الثلاثاء 03.11.2015.



صورة (42): بركة مياه ضخمة كونتها مياه سيول الحصيص والقوس وبالعطر في المشروع الزراعي جنوب غرب المخيلي بحوالي 5 كم، الساعة 16:42 يوم الثلاثاء 03.11.2015.

- 3- مشاهد تبين كيفية تغذية وتزويد بلطة الرملة الغربية بمياه السيول الخيِّرة:  
أ- انتشار مياه السيول الخيِّرة على مساحة أرضية بلطة الرملة الغربية:  
صور (من 43 إلى 48):



صورة (43): بلطة الرملة الغربية تصلها مياه سيل وادي الرملة من جهة الشرق عن طريق الفرع المسمى سلك حكيم، الساعة 17:34 يوم الثلاثاء 03.11.2015.



صورة (44): تقدم المياه في وسط بلطة الرملة الغربية من فرع سلك حكيم على أحد الطرق المرصوفة بفعل السيارات، لاحظ كيفية تقدم المياه الأسرع وفق تمدد الشقوق الطينية، الساعة 17:56، الثلاثاء 03.11.205.





صورة (45): بلطة الرملة الغربية تتقدم فيها مياه سيول، الرملة عن طريق سلك الحريقة، الحصيص، القوس، بالعطر، الخريّف وبعض الفروع الشرقية لوادي القرنة، على هيئة جبهة واحدة من الغرب نحو الشرق، الساعة 17:41 الثلاثاء 03.11.2015. القوض الثلاثة الغربية في البلطة غمرتها المياه، فيما لم تبلغ المياه بعد القوض الجديد الأول والقوض الجديد الثالث في جنوب شرق البلطة.



صورة (46): دور الشقوق الطينية لأرضية بلطة الرملة الغربية في بلع المياه المنتشرة أفقياً، الساعة 17:42 يوم الثلاثاء 03.11.2015.

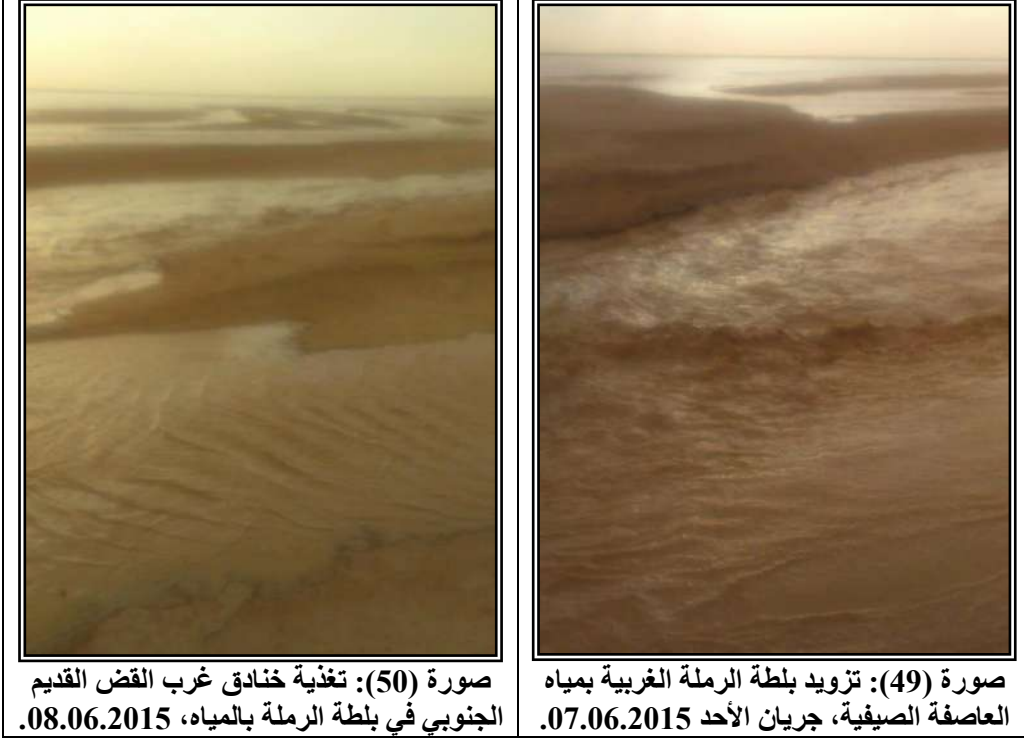


صورة (47): القرض الجديد الأول في جنوب شرق بلطة الرملة الغربية فارغ من المياه، لم تبلغه المياه التي كانت لا تزال تنتشر أفقياً على أرضية البلطة التي تعلو أرضية القرض (القاع) بنحو 3.5م، الساعة 17:39 الثلاثاء 03.11.2015.



صورة (48): انتشار مياه بحيرة بلطة الرملة نحو الجنوب الشرقي بفعل الرياح، الأربعاء 10.06.2015.

ب- تغذية الخنادق الجانبية للقضوض من المياه المنتشرة على أرضية البلطة:  
صور (من 49 إلى 52):





صورة (52): المياه تملأ بغزارة القوض القديم الجنوبي في بلطة الرملة الغربية، عن خليفة أمراجع، الساعة 17:00 الاثنين .08.06.2015



صورة (51): دخول المياه من أحد الخنادق بعنفوان للطرف الغربي للقوض القديم الجنوبي في بلطة الرملة الغربية، الاثنين .08.06.2015

4- قياسات سماكة المياه المتبقية واختبار عمق طين أرضية البلطة المشبع بالمياه:  
صور (من 53 إلى 58):



صورة (53): هبوط منسوب مياه بحيرة بلطة الرملية الغربية في الجهة الشرقية بمقدار 27 سم،  
الساعة 16:13 الجمعة 20.11.2015.



صورة (54): هبوط منسوب مياه بحيرة بلطة الرملية الغربية في جهتها الشمالية بمقدار 22 سم،  
الساعة 17:30 الجمعة 20.11.2015.



صورة (55): انحسار بحيرة مياه بلطة الرملية الغربية نحو الجهة الجنوبية الشرقية، سماكة المياه 2.5 سم، واختبار عمق الطين المتشرب للمياه المتراوح ما بين 21 سم و 84 سم، الساعة، 16:17 الجمعة 20.11.2015.



صورة (56): انحسار بحيرة مياه ما تبقى من بحيرة بلطة الرملية الغربية في الجهة الشمالية، سماكة المياه تتراوح بين 2 سم و 4 سم، عمق الطين المشبع يتراوح بين 34 و 80 سم، الساعة 17:15، الجمعة 20.11.2015.



صورة (57): جفاف أغلبية أرضية وسط وكل غرب وأطراف بلطة الرملة الغربية بعد تزويدها بجريان سيول الثلاثاء 03.11.2015 وجريان سيول الأحد في الليل 15.11.2015، سماكة المياه على أحد الطرق في البلطة 2 سم وعمق الطين المشبع 13 سم، الساعة 16:51، الجمعة 20.11.2015.



صورة (58): نضوب مياه بحيرة بلطة الرملة الغربية في أكثر من ثلثي المساحة الغربية من البلطة، التقاط الصورة من الغرب نحو الشرق، الساعة 17:08، الجمعة 20.11.2015.

## 5- ملاحظات ونتائج جرياني شهر نوفمبر 2015/11:

وصل جريان سيول الرملة، الحصيصة، القوس، بالعطر، الخريفة وبعض الفروع الشرقية لوادي القرنة إلى بلطة الرملة يوم الثلاثاء الموافق 03.11.2015، وتحدد وصول مياه سيول تلك الأودية إلى البلطة من عاصفة الأحد الموافق 15.11.2015، يوم الاثنين الموافق 16.11.2015، إن الزيارة الميدانية لبحيرة بلطة الرملة الغربية في يوم الجمعة الموافق 20.11.2015 تبين النتائج الآتية:

- 1- نضوب أغلبية مياه البحيرة بعد تجديد مياهها الثاني في 16.11.2015.
- 2- مساحة البحيرة المائية المتبقية تبلغ ما بين ربع وثلث مساحة أرضية البلطة.
- 3- سماكة مياه البحيرة المائية المتبقية عند أطرافها الشرقية والشمالية يتراوح بين 2سم و4سم.
- 4- امتلاء الخمس قضوض الموجودة في بلطة الرملة الغربية.
- 5- عمق الطين المشبع المغمور بالمياه على أطراف البلطة الجنوبية الشرقية يتراوح بين 21سم و84سم.
- 6- تراجع وهبوط منسوب مياه البحيرة في الجهة الجنوبية الشرقية يبلغ نحو 27 سم.
- 7- تراجع وهبوط منسوب مياه البحيرة في الجهة الشمالية يبلغ نحو 23 سم.
- 8- عمق الطين المشبع والمغمور بالمياه على الأطراف الشمالية للبحيرة المتبقية يتراوح بين 34سم و80سم.
- 9- عمق الطين المشبع والمغمور بنحو 2سم على أحد الطرق في وسط البلطة يبلغ نحو 13سم.



10- السيارة تسير بسهولة فوق طين أرضية البلطة القاسي والذي تراجعت عنه مياه البحيرة ولا زال رطباً نسبياً.

11-الفترة بين تكوين مياه بحيرة بلطة الرملية الغربية والتجديد الثاني بالمياه 12 يوم.

12-المدة ما بين التزويد الثاني للبحيرة بالمياه وفترة الزيارة تبلغ 5 أيام.

13- طول الفترة بين تزويد البحيرة الأول متضمنةً التجديد الثاني بالمياه وحتى تاريخ بلوغ هذه الملاحظات 17 يوم.

14- متوسط عمق الطين المشبع بالماء لتسع جسات بلغ مجموع أعماقها 465 سم يبلغ نحو 51.67 سم.

15- بلغ أقصى عمق للطين المشبع على أطراف البحيرة 84 سم في الجهة الشرقية و80 سم في الجهة الشمالية من بحيرة المياه الموجودة.

6- تقدير حجم المياه الواصلة للأرضية الجافة للبحيرة المائية المؤقتة لبلطة الرملية الغربية:

$$1- \text{حجم التبخر: } 0.5 \text{ سم/يوم} \times 25000000 \text{ م}^2 \times 17 \text{ يوم} = 2125000 \text{ م}^3.$$

$$2- \text{حجم المياه الممتصة من طين أرضية البلطة وفق معامل امتصاص قدره } 92.32\%:$$

$$3.167 \text{ سم/يوم} \times 25000000 \text{ م}^2 \times 0.9232 \times 17 \text{ يوم} = 12426041.2 \text{ م}^3 / 53.839 \text{ سم/يوم}$$

$$3- \text{حجم مياه متسربة وسالكة في الشقوق وممتصة من الطين السفلي:}$$

$$84 \text{ سم} - 53.839 \text{ سم} = \text{امتصها الطين العلوي} = 30.161 \text{ سم}$$

$$30.161 \text{ سم} \times 25000000 \text{ م}^2 \times 0.9232 = 6961158.8 \text{ م}^3 / 17 \text{ يوم}$$

4- مياه متبقية مقدرة في البحيرة وهي في طريقها للفقد والضياع:

$$4 \text{ سم} \times 2 \text{ كم} \times 4 \text{ كم} = 320000 \text{ م}^3$$

5- مياه مقدرة تخزنت في القضوض وهي باقية فقط متاحة للاستخدام:

$$80000 \text{ م}^3 + 20000 \text{ م}^3 + 25000 \text{ م}^3 + 70000 \text{ م}^3 + 50000 \text{ م}^3 = 245000 \text{ م}^3$$

6- إذن حجم المياه الواصلة لأرضية بلطة الرملة:

$$2125000 \text{ م}^3 + 12426041.2 \text{ م}^3 + 6961158.8 \text{ م}^3 + 320000 \text{ م}^3 + 245000 \text{ م}^3 = 22077200 \text{ م}^3$$

7- المياه المفقودة والتي في طريقها للفقد من الجريانين المتتابعين:

$$22077200 \text{ م}^3 - 245000 \text{ م}^3 = 21832200 \text{ م}^3$$

8- نسبة الفائدة من مجمل حجم المياه الواردة للبلطة (معامل الفائدة):

$$245000 \text{ م}^3 \div 22077200 \text{ م}^3 \times 100 = 1.11\%$$

9- نسبة المياه المفقودة والضائعة (معامل الفقد أو الضياع):

$$21832200 \text{ م}^3 \div 22077200 \text{ م}^3 \times 100 = 98.89\%$$

10- معدل تصريف مجموع المياه الواصلة للبلطة خلال 48 ساعة:

$$22077200 \text{ م}^3 \div 3600 \text{ ثا/ساعة} \div 24 \text{ ساعة} \div 2 \text{ يوم} = 127.76 \text{ م}^3/\text{ثا} / 5 \text{ أودية}$$

11- معدل تصريف المياه الواصلة للبلطة الرملية الغربية من الوادي الواحد الرئيس:

$$127.76 \text{ م}^3/\text{ثا} \div 5 \text{ أودية رئيسة} = 25.552 \text{ م}^3/\text{ثا/وادي}$$

12- إن البحيرة المائية التي تشكلت على سطح أرضية البلطة والتي بلغ عمود مياهها

بالكامل نحو 31 سم، كان من المفترض أن يبلغ سمكها أو عمود مياهها نحو 88.3 سم فيما

لو تم تفادي الفواقد المائية الرهيبة عن طريق التبخر من سطح الماء الحر والشرب والامتصاص من الطين.

13- النتيجة الختامية: من كل 100م<sup>3</sup> مياه تصل للبلطة يستفاد أو بالأحرى يخزن منها 1.11م<sup>3</sup> فقط! ملحق صور (من 59 إلى 64).

### مقترح نحو أسلوب أفضل لإدارة مياه بلطة الرملة الغربية:

- 1- من الواجب تخفيف كمية التبخر المباشر من سطح الماء الحر التي لا يمكن تفاديها إلا عن طريق تقليص سطح البحيرة المائية وزيادة عمقها لنحو 8 م.
- 2- من الواجب منع امتصاص الطين للماء إلا مرة واحدة فقط في عمره، ومنع تكرار جفافه عن طريق التبخر غير المباشر بتكوين مسطح مائي دائم فوقه يستمر على طول الزمن.
- 3- إنشاء بحيرات مائية في بلطة الرملة الغربية مساحة الواحدة منها 1000000م<sup>2</sup> وعمق 8م يؤدي لخزن 8 مليون م<sup>3</sup>/البحيرة الواحدة، يتبخر منها يومياً طبقة مائية يبلغ معدل سمكها 0.5 سم/يوم، وبذلك يخفف حجم الفاقد المائي الذي يستهلكه التبخر لنحو 5000م<sup>3</sup>/يوم/البحيرة، وعليه تستدسم البحيرة بعد إشباع طينها، المستقرة فوقه المياه، لمدة 1600 يوم أي ما يعادل 4.4 سنة، أي حوالي 52 شهر، تستطيع خلالها الجريانات المتكررة في المواسم اللاحقة أن تجدد مياهها على طول الزمن، إن أطول فترة جفاف لم تصل خلالها مياه السيول لبلطة الرملة بحسب المراقبة للواقع تمتد ما بين شهر 11/2009 وشهر 11/2013 أي على مدى 48 شهر، ذلك يدل على أن الفرصة مهيأة لتحسين الظروف المناخية وموارد البيئة المحلية في منطقة البلط التي يسودها مناخ جاف شبه صحراوي.

4- على هذا النحو فإن الجريانين، الحادثين خلال 12 يوم من شهر 11/2015، واللذين فقدت وتفقد كل المياه التي ساقاها إلى أرضية بلطة الرملة الغربية كافية لجمعها في ثلاث بحيرات تستلزم على طول الزمن، والجريانات اللاحقة ستملاً ما ينقص من هذه البحيرات وتملاً بحيرات أخرى تنشأ لاحقاً، لدرجة أنه قد يصل مخزون المياه في بلطة الرملة الغربية لنحو 200 مليون م<sup>3</sup> في نهاية المطاف.

5- إن ما يدعم النتيجة الأخيرة هو تكرار وصول الجريان لبلطة الرملة 6 مرات خلال خمسة أشهر فقط وضياعه في كل مرة في هذا الموسم من عام 2015 لوحده، إذ تكرر حدوث الجريان في كل الأودية الرئيسة أو في بعضها على النحو الآتي؛ جريان شهر 06/2015 أيام 07 و08 و09 و10، جريان شهر 08/2015 يومي 05 و06، جريان شهر 09/2015 يومي 26 و27، جريان شهر 10/2015 أيام 23 و24 و25، جرياني شهر 11/2015 يومي 02 و03، ويومي 15 و16 والتي وصلت غالبية مياه سيولها لبلطة الرملة الغربية وضاعت هناك!

**ملحق: صور (من 59 إلى 64) تبين مدى قلة نسبة التخزين في القوض من جرياني شهر 11.2015 المقدر حجمه في بلطة الرملة بنحو 22077200 م<sup>3</sup>، أي بمعدل تخزين يقارب 0.01 وضياع 0.99.**



**صورة (59): القوض الجديد الثالث في جنوب شرق بلطة الرملة الغربية يمتلئ بالمياه لأول مرة، نحو 50000 م<sup>3</sup>، أرضية البلطة جافة، عمق الطين 63 سم، الساعة 16:08 الجمعة 27.11.2015.**



**صورة (60): القوض الجديد الأول في جنوب شرق بلطة الرملة الغربية مع خنادقه مليء بالمياه، في حين جفت أرضية البلطة، عمق الطين 44 سم، الساعة 16:23 الجمعة 27.11.2015.**



صورة (61): تجدد مياه القرض القديم الجنوبي في بلطة الرملة الغربية، مع خنادقه الجانبية، بعد جفاف مياه بحيرة أرضية البلطة، عمق الطين حوالي 100سم، الساعة 16:42 الجمعة 27.11.2015.



صورة (62): تجدد مياه القرض الجديد الثاني في وسط بلطة الرملة الغربية مع خنادقه الجانبية، بعد جفاف أرضية البلطة، عمق الطين 63 سم، الساعة 16:59 الجمعة 27.11.2015.



صورة (63): القرض القديم الشمالي في بلطة الرملة الغربية مليء بمياه سيول شهر  
11.2015 مع خناده الجانبية، عمق الطين 125 سم، الساعة 17:15 الجمعة  
27.11.2015



صورة (64): هبوط منسوب بحيرة خندق الطرف الشمالي للقرض القديم الشمالي في بلطة  
الرملة الغربية بمقدار 22 سم عن منسوب أرضية البلطة، الساعة 17:28 الجمعة  
27.11.2015

### الخاتمة:

تم بعون الله هذا البحث الموضح للصورة عن مدى حجم كميات المياه الهائلة التي يشربها ويمتصها طين أرضية بلطة الرملة الغربية ويضيعها بعد أن يخفيها عن الأنظار، والتي يجب العمل على تفادي تكرار شرب وامتصاص طين أرضية البلطة للمياه إلا مرة واحدة في عمره، وذلك عن طريق تكوين مسطحات مائية دائمة فوقه أصغر مساحةً من البلطة وأكثر سماكةً للمياه، تصل لنحو 8م، تمنعه من تكرار الجفاف، ومن ثم تمنعه من ضياع المياه المتكرر عن طريق التبخر المباشر منه، ذلك يوفر ويتيح ما لا يقل عن 200 مليون م<sup>3</sup> من المياه في بحيرات دائمة في بلطة الرملة تحقق توازناً بيئياً وتخدم التنمية المستدامة في النظام البيئي شبه الصحراوي الجاف المحيط بمنطقة بلطة الرملة الغربية جنوب المخيلي.

### شكر وتقدير:

في نهاية إنجاز هذا العمل نشكر كل من ساهم وساعد في أخذ القياسات في الميدان ومنهم محمد نذير الحموي وحمزة الحنفي ويوسف الحنفي والمرحوم أحمد الحنفي الذي توفي يوم الجمعة الموافق 14.10.2016، والملقب (الباحث الصغير) ومحمد شعيب وفرج الحبيب سليمان وعوض جبريل غيث، كما نشكر الإخوة الأصدقاء المحليين الذين ساهموا في توثيق بعض الجريانات بالصور الرقمية ومنهم صلاح علي وعبد السلام المدفع وخليفة أمراجع وأحمد خليفة أمراجع وعلي بو سقاط وحمزة مسعود، لكل هؤلاء نكيل لهم الشكر الجزيل، مع تقدير خاص للابنة ريم الحنفي على ما بذلته من جهد على برنامج الرسام في إخراج بعض اللوحات.



## المراجع:

- 1- الجمهورية العربية الليبية، (1964) خريطة طبوغرافية، لوحة المخيلي، مقياس 1:50000، الجيش الأمريكي.
- 2- محمد غازي الحنفي وعض جبريل غيث، (2012) تقنيات جمع المياه في حوض إقليم الجبل الأخضر، المؤتمر الدولي الأول حول موارد المياه بالجبل الأخضر 05-07 يونيو 2012، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- 3- محمد غازي الحنفي وعض عبد الواحد عوض، (2012) مشاكل الجريان السطحي في بيئات أحواض أودية المنطقة الوسطى من السفح الجنوبي للجبل الأخضر، المؤتمر الدولي الأول حول موارد المياه بالجبل الأخضر 05-07 يونيو 2012، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- 4- محمد غازي الحنفي وسعيد إدريس نوح، (2012) المتوسط المكافئ للهطول المطري والتقدير الكمي للتساقط على حوض الجبل الأخضر- ليبيا، المجلة الدولية للمركز الليبي للبحوث الزراعية، L.A.R.C.J.I، المجلد 3، العدد (S) 2012، ص. ص. 1133 - 1153.
- 5- محمد غازي الحنفي، (2012) تأثير الطبوغرافيا والبنية الجيولوجية على الوضع المائي في حوض الجبل الأخضر، المجلة الدولية للمركز الليبي للبحوث الزراعية، L.A.R.C.J.I، المجلد 3، العدد (S)، ص. ص. 1189 - 1234.

6- محمد غازي الحنفي و محمود الصديق التواتي، (2015) اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتناس الماء في بلطة الرملة الغربية، المؤتمر العلمي الأول للعلوم الأساسية، 29.11 - 01.12.2015، كلية العلوم، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

7- محمد غازي الحنفي و محمود الصديق التواتي (2016) اختبار قابلية المواد الناعمة من السلت والطين لامتناس الماء في بلطة الرملة الغربية، المجلة الليبية العالمية، العدد 6، مارس 2016، كلية التربية المرح، جامعة بنغازي، المرح، ليبيا.

8- Franlab consulting, (1974) Photointerpretation Map, Hydrography – Vegratation - Geology, scale 1:250000.

9- P.Rohlich (1974) Geological Map of Libya -1:250000, Sheet N I 3415, Al-Baydha, E plana Tory Booklet, (Industrial Research Centre), Tripoli.

**الخاتمة:**

إن حوض إقليم الجبل الأخضر المتميز في شمال شرق ليبيا بموقعه الجغرافي المشرف في الشمال على الشاطئ الجنوبي للبحر المتوسط ، وفي الجنوب على شمال هامش الصحراء الكبرى، بطبوغرافيته وبنيته الجيولوجية، ووحداته التضاريسية المتنوعة التي تضيفي على أجوائه المحلية تنوعاً خيالياً من الرطوبة الجوية المحلية التي تؤدي لتنوع واختلاف حالات طقس أجوائه، ومناخه المتوسطي المعتدل الذي يساهم في اختلاف أنظمته البيئية الغابية والشجرية وشبه الصحراوية وتنوعها على سفوحه الشمالية والجنوبية والغربية والشرقية، يرافق ذلك تنوع أنماط ومساحات أحواضه المائية الجديرة بأن تحظى باهتمام متواصل من البحث العلمي والدراسات التطبيقية المعمقة لسبر خبايا بنك معلوماته الهائلة في كل مجالات الجغرافيا وعلوم الأرض والمناخ والأرصاء الجوية والهيدرولوجيا والموارد الطبيعية والبيئية والحوية، لكي تتم الاستفادة منها على أكمل وجه في خدمة التنمية الاقتصادية المحلية والإقليمية، ورغم أنه قد بذل جهداً كبيراً على مدى أكثر من ثلاث وعشرون سنة من البحث العلمي الميداني التطبيقي المتواصل بمشاركة جادة من الإخوة الباحثين في سبيل ذلك، إلا أن هذا الجهد المبذول في إخراج هذا الكتاب لا يمثل سوى بداية في طريق طويل يستحقه حوض إقليم الجبل الأخضر لتظهر شخصيته المناخية والمائية والتنمية الاقتصادية على حقيقتها.

د. محمد غازي الحنفي

جيولوجي هيدرولوجي جغرافي

أستاذ الموارد المائية- قسم الجغرافيا- جامعة عمر المختار- البيضاء- ليبيا

البيضاء 23.12.2015. انتهاء التعديل قبل الأخير السبت 02.09.2017.

انتهاء التنسيق في يوم الأحد 03.02.2019.

انتهاء آخر تعديل للتنسيق السبت 23.02.2019.

## ملاحظات عامة حول مسيرة الإنتاج والتدقيق العلمي للكتاب:

من ملاحظات لجنة مراجعة المنهجية:

يعد المصنف (أي محتويات الكتاب) ثروة علمية مهمة ترقى إلى مستويات الأصالة والابتكار لما تحتويه بحوثه العلمية من معلومات وبيانات ومخططات وصور وحقائق علمية تذكر للمرة الأولى، 07.06.2016.

توصية لجنة مراجعة المنهجية:

نظراً للقيمة العلمية والمعرفية التي يتضمنها المصنف توصي اللجنة بنشره باسم جامعة عمر المختار بعد إجراء كامل التعديلات المطلوبة، 07.06.2016.

انتهاء تدقيق تعديلات التقييم المنهجي بتاريخ 16.06.2016.

من ملاحظات المراجع العلمي د. مراد ميلاد أبوراس

قسم التربة والمياه- كلية الزراعة- جامعة عمر المختار- البيضاء

الكتاب وثق بالصور والجداول الكثير من الظواهر التي تحتاجها بشدة أي قاعدة بيانات مستقبلية، ويذل فيه الجهد الكبير، ولسنوات عديدة، وستكون مفيدة كذلك لطلاب الدراسات العليا بأقسام مختلفة بالجامعة، لذا يمكن للجامعة التكفل بنشره بشرط التقيد بإصلاح النواقص ومواضع الخلل.

من ملاحظات المراجع العلمي أ. د. رمضان عبد المولى الهنداوي

كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة- جامعة عمر المختار- البيضاء

\*- استناداً إلى منهجية البحث العلمي للكتاب الذي اشتمل على تطبيقات علمية دقيقة واسعة الأهمية في مجال البحث العلمي، حيث تدعم مخرجاته طلابنا في مختلف الكليات العلمية ذات العلاقة بجامعة عمر المختار وكذلك المؤسسات العلمية الأخرى.

\*- يعد هذا الكتاب مرجع علمي هام يقدم لطلاب جامعة عمر المختار من المتخصصين في الدراسات الجغرافية والموارد الطبيعية والجيولوجيا وعلم الآثار والزراعة والهندسة والطب (صحة إنسان)، الكتاب يرتقي إلى مستويات التحرير، وبالتالي نوصي بنشره باسم جامعة عمر المختار بعد إجراء التعديلات المطلوبة، 20.11.2016.

انتهاء آخر تعديل علمي

الأحد 01.04.2018

من ملاحظات المراجع اللغوي د. أحمد فرج علي فرحات الخزعلي

رئيس قسم اللغة العربية- كلية الآداب- جامعة عمر المختار- البيضاء

\*- يسرنا أن نعلمكم بانتهاء مراجعة هذا السفر العظيم. . . وعلى الرغم من أنه ليس من حقنا أن نحكم على هذا السفر الرائع علمياً فإننا نقول لكم بتواضع: إننا وجدنا فيه معلومات جغرافية لم نسمع بها من قبل، ولن تجدها في أي كتاب آخر على ما أظن، فقد وصف تضاريس الجبل الأخضر بدقة منقطعة النظر، وسيكون هذا الجهد في صالح هذه المؤسسة العريقة قبل أن يكون ابتكاراً وجرأة تضاف إلى مسيرة الباحث العلمية، عليه أوصي- إن كان من حقنا- بطباعته قبل أي كتاب آخر، 26.06.2018.

انتهاء آخر تعديل لغوي

السبت 30.06.2018

انتهاء التنسيق في يوم الأحد 03.02.2019

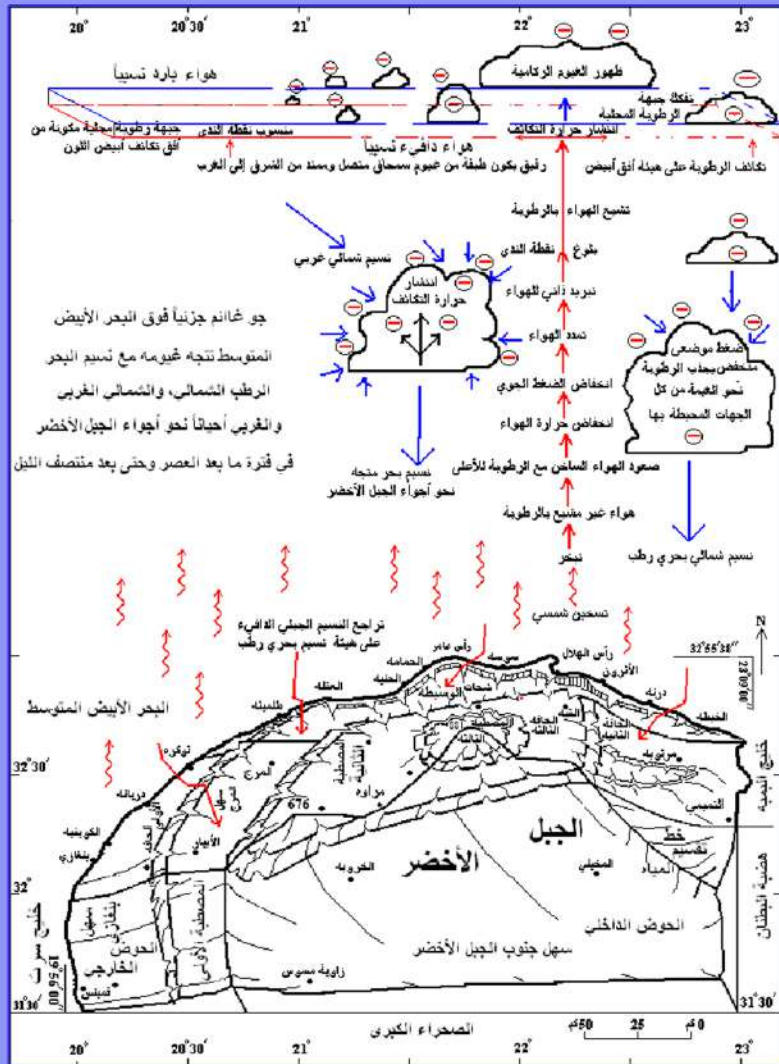
سحب النسخة المعتمدة للطباعة الأربعاء 13.03.2019

### سيرة ذاتية للباحث:

- في 1973/1974 بكالوريا (ثانوية عامة) في العلوم، دمشق - سوريا.
- ما بين 1974 و 1981 بكالوريوس علوم جيولوجية تطبيقية في جامعة دمشق.
- عام 1983/1984 بكالوريوس (مترين) في علوم الأرض جامعة بواتيه - فرنسا.
- عام 1984/1985 دبلوم دراسات معمقة في منشأ المناجم المعدنية والطاقة، المدرسة الوطنية العليا للجيولوجيا (E.N.S.G.)، معهد البولي تكنيك، نانسي - فرنسا.
- في عام 1984/1985 أيضاً دبلوم دراسات معمقة في الهيدرولوجيا البحرية، جامعة نانسي 2 - فرنسا.
- عام 1985/1986 دبلوم دراسات معمقة في الجغرافيا (D.E.A.)، مختبر المياه القارية، تخصص هيدروجيولوجيا، جامعة نانسي 2 - فرنسا.
- من 1987 إلى 1995 دكتوراه جغرافيا، تخصص هيدروجيولوجيا، جامعة نانسي 2 - فرنسا.
- من 1995 إلى 2019 عضو هيئة تدريس مغترب في جامعة عمر المختار - ليبيا.

وما توفيقي إلا بالله.

د. محمد غازي الحنفي



منشورات جامعة عمر المختار  
البيضاء - 2022

