دارسة بعض الخواص الهيدرجيولوجية للجزء الشمالي من حقل شرق جبل الحساونة

طارق عبدالله النواري
قسم علوم الأرض - كلية العلوم- جامعة الزيتونة

الملخص

تقع ليبيا على الساحل الشمالي لإفريقيا وتكاد تعتمد بالكامل على المياه الجوفية كمصدر أساسي للتزود بالمياه الصالحة لشرب والزراعة. لذلك تم التوجه إلى الأحواض المائية الموجودة في الصحراء وإمكانية استغلالها الاستغلال الأمثل. من أهم هذه التوجهات المنظومة الثانية للنهر الصناعي في منطقه جبل الحساونة الواقعة بالجزء الشمالي الشرقي لحوض مرزق وأقصى الجنوب الغربي لحوض الحمادة وتحديدًا شمال شرق جبل الحساونة. الهدف الأساسي من هذا البحث هو معرفة بعض الخواص الهيدروليكية والهيدروكيميائية وأهم الأملاح الذائبة في مياه الخزان الجوفي ومعرفة نوعية المياه الموجودة ومدى صلاحيتها للاستعمال البشري. أعتمد هذا البحث على دراسة 53 عينة من المياه الجوفية لبعض من الآبار الموجودة في الجزء الشمالي من حقل شرق جبل الحساونة فقط والتي كانت فيها الطبقة الحاملة للمياه عبارة عن تكوين الحساونة (الكمبرواردوفيشي) حيث يزداد سمكه باتجاه الجنوب والجنوب الغربي ويغطيه من فوق تكوين زمام ويقع أسفله صخور القاعدة ويتكون الخزان الجوفي في منطقه جبل الحساونة من جزئيين الجزء الشمالي خزان حبيس والجزء الجنوبي خزان حر, واتجاه سريان المياه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي, وأن مياه المنطقة من النوع الذي تسود فيه أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور, ومجموع الأملاح الذائبة يزداد من وسط

المنطقة باتجاه الجنوب والغرب وتقل باتجاه الشمال والشرق. عموما فإن المياه الجوفية بهذه المنطقة تكون نسبة الأملاح فيها مقبولة.

كلمات مفتاحيه

ليبيا, النهر الصناعي, تكوين الحساونة, الكمبرواردوفيشي, الخواص الهيدروليكية والهيدروكيميائية.

مقدمة

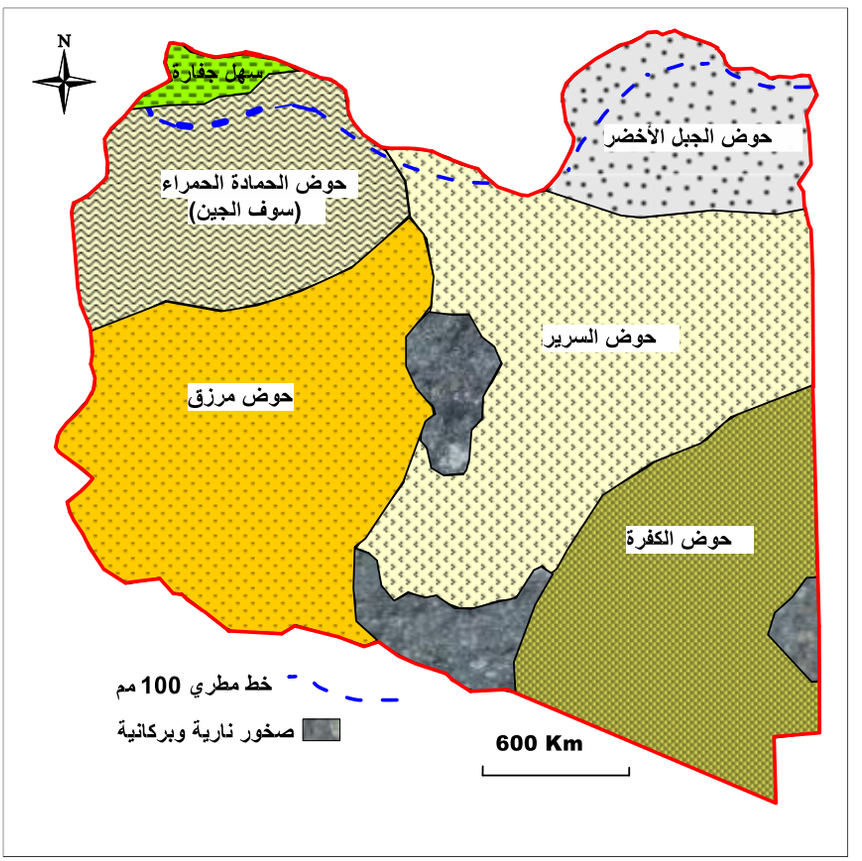
تمتد الرقعة الجغرافية لليبيا من ساحل البحر الأبيض المتوسط شمالا إلى مرتفعات تبيستي في قلب الصحراء الكبرى جنوبا وبمساحة تزيد عن 1.7 مليون كيلومتر مربع ويغلب على معظمها المناخ الصحراوي المتميز بارتفاع درجات الحرارة والبخر وانخفاض معدلات سقوط الأمطار.

وكمية الأمطار التي تسقط على ليبيا تتناقص تدريجيا من الشمال باتجاه الجنوب حيث تعتبر منطقة الجبل الأخضر أكثر المناطق التي تتساقط عليها الأمطار حيث يصل معدل تساقط الأمطار إلى 500 مم في السنة, بينما يصل معدل سقوط المطار في سهل جفارة إلى حوالي 200 مم في السنة, بينما تقل معدلات سقوط الأمطار في المنطقة الوسطى تصل إلى حوالي 50 مم في السنة. أما في مناطق الجنوب فإنها لا تتعرض إلى هطول الأمطار في بعض السنين. (الهيئة العامة للبيئة،2008).

وتعاني الخزانات الجوفية بالمناطق الشمالية عجزا مائيا هائلا نتيجة الاستغلال المفرط الذي يفوق التغذية الطبيعية مما أدى إلى وجود مشكلات مزمنة مثل تداخل مياه البحر والهبوط الشديد المستمر في منسوب المياه ما جعل من مسألة توفير المياه الصالحة للشرب أمرا في غاية الصعوبة حيث تتركز الغالبية الكبرى من سكان ليبيا في السهول الشمالية (عمر سالم, 1995) وبالتحديد في منطقه سهل جفارة والشريط الساحلي الممتد من الخمس حتى مصراته, وكذلك مناطق سهل بنغازي والمرج إذ تصل نسبتهم إلى أكثر من 80 % من إجمالي عدد السكان, ويرجع ذلك بالدرجة الأولى إلى وجود التربة الخصبة واعتدال المناخ وارتفاع معدلات سقوط الأمطار. ومن تم فإن معظم النشاط الزراعي والاقتصادي يتركز في الشمال بالإضافة إلى بعض المدن والواحات في المناطق الوسطى والجنوبية.

وقد شهد استهلاك المياه خلال العقود الماضية تزايدا سريعا تمشيا مع النمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة ومن المتوقع إن يستمر الطلب على المياه في الارتفاع نتيجة لذلك أصبح لزاما تدبير مصادر مائية بما في ذلك الاتجاه نحو تنمية الأحواض الرسوبية الكبرى في أعماق الصحراء.

تتميز الصحراء في ليبيا باحتوائها على عددا من أهم الأحواض المائية الجوفية في العالم منها ما هو متجدد جزئيا مثل حوض الحمادة الحمراء ومنها ما هو غير متجدد مثل حوض مرزق وحوض الكفره والسرير كما بالشكل (1).



شكل (1): الأحواض المائية في ليبيا (عمر امحمد سالم,1995)

الدراسات السابقة

تم إجراء العديد من الدراسات على منطقة جبل الحساونة خلال التخطيط والمراحل الأولى لمشروع النهر الصناعي ولكن معظمها غير منشور وليس متاحًا للمجال العام. شملت بعض الدراسات القديمة الدراسات المحلية على أنظمة خزانات المياه الجوفية في ليبيا من قبل الهيئة العامة للمياه. وتشمل هذه الدراسات الجوانب الهيدروليكية، تدفق المياه الجوفية والهيدروكيميائية، النظائر، ونمذجة المياه الجوفية. (Salem et al, 1980) درس نمط التدفق في الغرب الليبي باستخدام بيانات النظائر للمياه الجوفية. (Pallas, 1980) قيم الموارد المائية في ليبيا. قام (Idrotechnico, 1982) بالبحث في نظام الخزانات المائية في غرب ليبيا لتقييم المعلمات الهيدروليكية, بين (Binsariti and 2000 Saeed,) إن المياه الجوفية بمنطقة الحساونة تستمد ملوحتها العالية من (خزان زمام Zimam) عن طريق الخلط الهيدروليكي العمودي في الفتحات والكسور . تم إجراء دراسات جودة المياه الجوفية في حوض مرزق، جنوب غرب حقل جبل الحساونة من قبل (Shaki and Adeloye , 2002). استخدم (Abdelrhem and ate,2008) النمذجة لمعرفة تأثير عمليات ضخ المياه على وتحت ظروف مختلفة على الخزان الجوفي في منطقة الحساونة . قام (ضو عبدالعاطي وأحمد محمد,2018) بدراسة وضعية المياه الجوفية في منطقة جبل الحساونة ومن استنتاجاتهم إن مياه الآبار التي استخدمت في دراستهما تعتبر مويلحة من حيث نسبة الأملاح الذائبة بمتوسط 1295 ملجم/لتر وإن العينات تقع ما بين حقل الكالسيوم ماغنسيوم كلوريد والحقل صويوم كلوريد وكان متوسط تركيز كل من الصوديم 227 ملجم/لتر و الكالسيوم 126 ملجم/لتر والكبريتات 208 ملجم/لتر ومتوسط تركيز الكلوريد 437 ملجم/لتر.

قيم (Naser, I. M. Sahli, 2006) جودة المياه في حقل جبل الحساونة وتوصل إلى أن جودة المياه جيدة مع متوسط نسبة الأملاح الذائبة 1039 ملجم/لتر وتتراوح نسبة النترات من 0.0 إلى 133 ملجم/لتر.

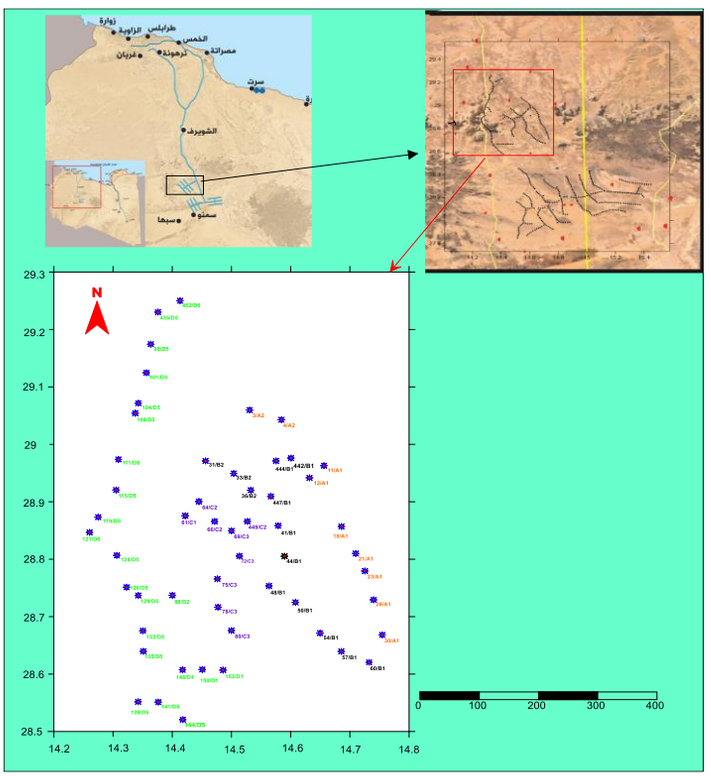
(Rashid, A. Abdalla, 2012) عمل على توصيف هيدروكيميائي ونظائري لخزانات المياه الجوفية بحقول الحساونة وتركزت الدراسة حول دراسة مصدر النترات وقد بين أن بعض آبار المياه الجوفية بمنطقة الحساونة غير صالحة للاستهلاك البشري دون معالجتها بطرق التخفيف والتخليط للمياه لخفض نسبة التركيز العالي للنترات وكانت نسبة النترات تصل إلي 114 مليجرام/لتر وإجمالي الأملاح الذائبة 1778 ملجم/لتر. ومع ذلك فإن جودة المياه المنقولة عبر الأنابيب من منطقة حقل مياه الحساونة إلي مدينة طرابلس جيدة حيث تحتوي علي نسبة أملاح ذائبة بمتوسط 1013 ملجم/لتر والكوريد 256 ملجم/لتر والكبريتات 157 ملجم/لتر والنترات 38 ملجم/لتر وصوديوم بمتوسط 171ملجم/ لتر.

مصادر البيانات وطريقة الدراسة

تم الاطلاع على بعض التقارير الفنية للآبار(تقارير الهيئة العامة للمياه، 2006) الموجودة في الهيئة العامة للمياه طرابلس، وقد تم بواسطتها التعرف على بعض البيانات المتعلقة بموقع الآبار وكذلك قمة تكوين الحساونة (الطبقة الحاملة للمياه) ومجموع وتركيز الأملاح المذابة, التي استخدمت لاحقا في إجراء هذه الدراسة, تم استخدام 53 عينة من آبار المياه الجوفية بمنطقة الدراسة (الملحق أ, ب), وتم رسم جميع الخرائط في هذا البحث باستخدام (surfer 13).

منطقه الدراسة (الجزء الشمالي من حقل شرق جبل الحساونة)

تقع منطقة الدراسة في حقل الحساونة الواقع بالجزء الشمالي الشرقي لحوض مرزق وأقصى الجنوب الغربي لحوض الحمادة وتحديدًا شمال وشرق جبل الحساونة بين خطي عرض 80‘27 و 30‘29 شمالاً وخطي طول 20‘14و 40‘15 شرقا, تقدر مساحة منطقة حقول الآبار بحوالي55,000 كم مربع، تنقل هذه المنظومة 2.5 مليون متر مكعب يومياً من منطقة جبل الحساونة إلى الساحل الغربي وسهل الجفارة بعدد آبار484 بئر إنتاجي. اعتمد هذا البحث على دراسة الجزء الشمالي من حقل شرق جبل الحساونة فقط البالغ عدد آباره 168 بئر والواقع بين خطي عرض 50‘28 و 30‘29 شمالاً وخطي طول 20‘14و 80‘14شرقا كما هو موضح بالشكل (2).



شكل (2): موقع منطقة الدراسة (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

الهدف من البحث

1- التتابع الطبقي لصخور المنطقة.

2- الخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي ومعرفة اتجاه سريان الماء.

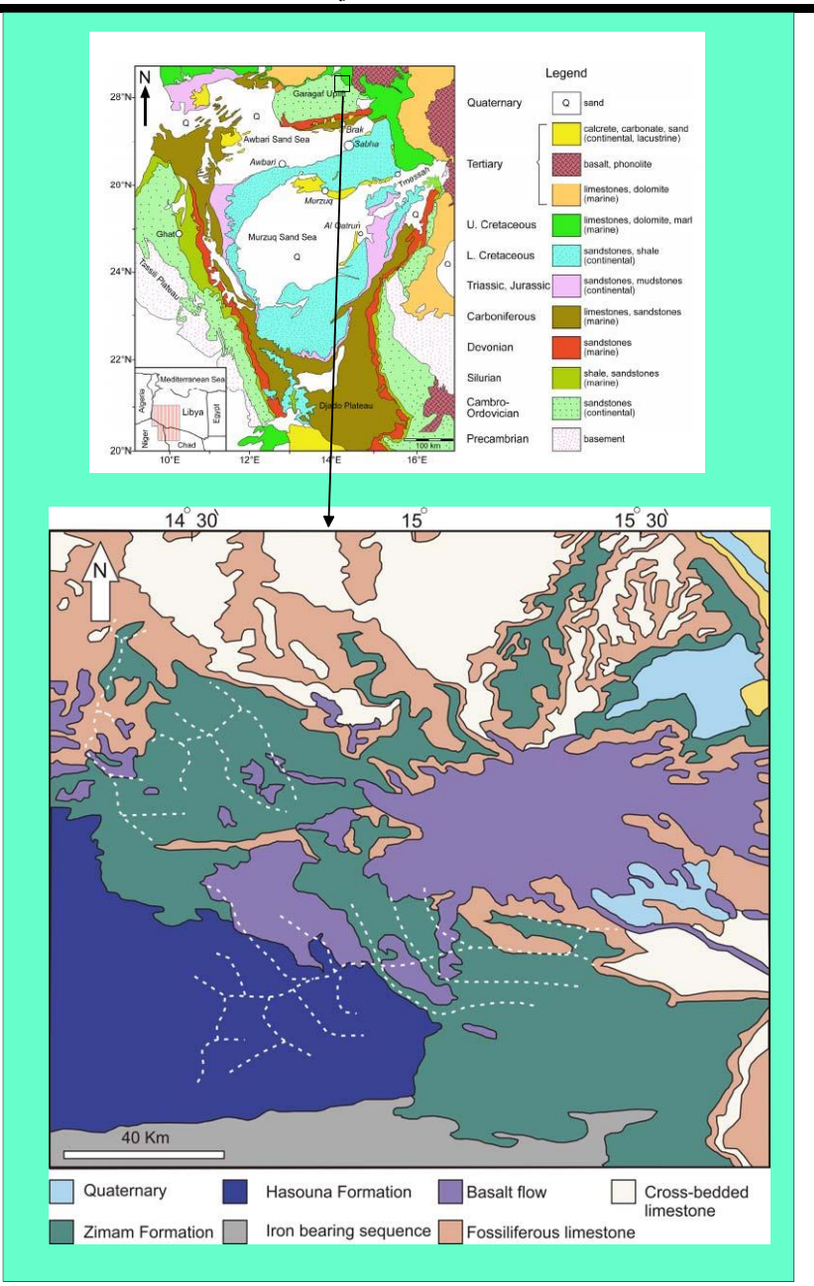
4- الخواص الهيدروكيميائية ومعرفة أهم الأملاح التي توجد في مياه هذه المنطقة.

5- معرفة نوعية المياه الموجودة في الخزان الجوفي ومدى صلاحيتها للاستعمال البشري.

جيولوجية منطقة الدراسة

تضاريس المنطقة

تعد سلسلة جبل الحساونة من أهم التضاريس التي تؤثر في المكان وتبلغ أعلى نقطة إلى حوالي 1000 متر فوق مستوى سطح البحر وتتميز هذه الجبال بوجود قمم ومخاريط ووديان عميقة وبالقرب منها توجد رواسب الدهر الرابع الريحية. وتتغير هذه المناطق الجبلية في ناحية الشرق إلى سهل قرقاف الذي يتكون من تكوين الحساونة وتواجد به بقايا البازلت البركاني كما بالشكل (3), عموما يمكن وصف المنطقة بأنها مسطح مرتفع، بارتفاع يتراوح بين 550-600 متر فوق سطح البحر. أجزاء من المنطقة مغطاة بالكثبان الرملية، التي يمكن اعتبارها رمال متحركة، ويتم وصف سهل قرقاف بأنه سطح صخري غير مستوي. في الشمال والشمال الشرقي، توجد رواسب من تكوين زمام (العصر الطباشيري العلوي). تتميز تضاريس المنطقة بوجود رواسب منبسطة يتخللها عدد من الأودية الممتدة في اتجاهات مختلفة، أهمها وادي الشاطئ ووادي الاريل جنوبا ووادي الحاد شرقا. ووادي المالحة ووادي الاصوفة ووديان صغيرة أخرى التي تجري نتيجة لعواصف الأمطار التي تأتي فجاه ونادرا. تقع مرتفع القرقاف بالقرب من منطقة الدراسة التي تفصل حوض مرزق عن حوض غدامس، وكان الحوضان سابقاً منطقة مسطحة دون منطقة فصل ، وأصبحت هذه المرتفعات عرضة للعوامل الجوية والتعرية على المدى الطويل (Jurak, L. 1978).



شكل (3): الخريطة الجيولوجية لمنطقة حقول الحساونة (مركز البحوث الصناعية الليبي، 1978)

التتابع الطبقي

تتراوح الوحدات الصخرية في منطقة الدراسة من ما قبل الكمبري إلى العصر الرباعي كما بالشكل (4)، ويمكن تقسيمها إلى عدة وحدات رئيسية على النحو التالي:

1- صخور القاعدة (ما قبل الكمبري)

وتوجد أسفل صخور الكمبرواردوفيشي على أعماق مختلفة في كافة منطقه الدراسة وتتكون من الجرانيت والبايوتيت والشيست ويرجع عمر هذه الصخور إلى عصور الاليجوسين والمايوسين.

العمر	التكوين	المحتوى الصخرى	
رواسب الزمن الرابع			تمثل الرواسب القارية منذ انحسار البحر في عصر الباليوسين ومن أهمها رواسب الأودية ورواسب الرياح والتعرية
الطباشيري العلوي	تكوين زمام		مارل وتوجد به طبقات من الكالسيلوتيت
الكمبرو-اردوفيشي	تكوين الحساونة		حجر رملي متوسط الى خشن الحبيبات مع تداخلات من الطين والكوارتزيت
ما قبل الكمبري	صخور القاعدة		جرانيت وبايوتيت وشيست

شكل (4) عمود طبقي للتكوينات بمنطقة الدراسة من عمل الباحث

2- تكوين الحساونة (الكمبرو-اردوفيشي)

تعد صخور تكوين الحساونة في العصر الكمبرواردوفيشي من أقدم الدورات الترسيبية التي تظهر بالمنطقة وتقع تحت صخور العصر الطباشيري العلوي وتغطي صخور القاعدة(ما قبل الكمبري). (Massa and Collomb، 1960). ويتكون تكوين الحساونة من الحجر الرملي متوسط إلى خشن

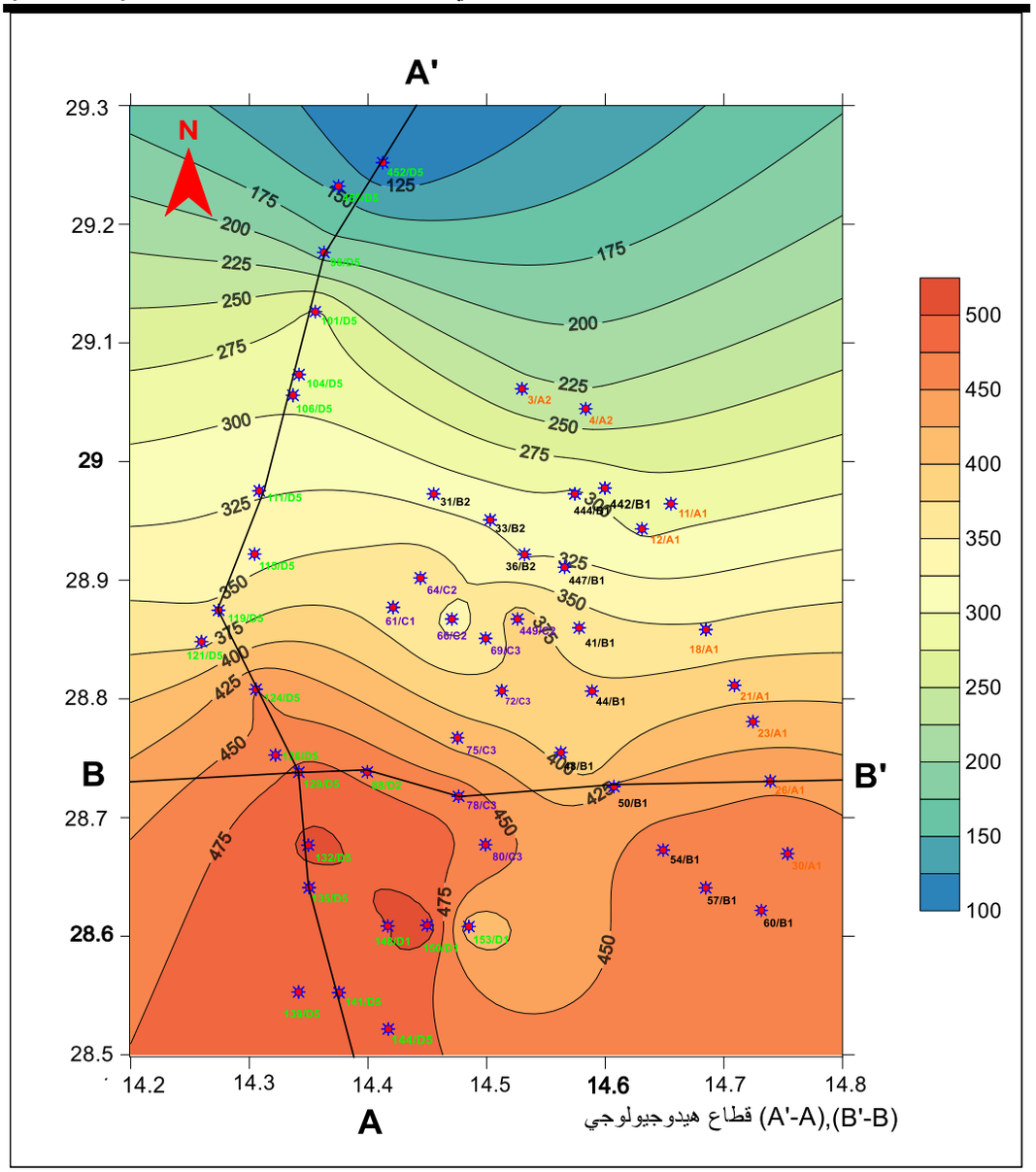
الحبيبات مع تداخلات من الطين والكوارتزيت(Collomb, 1962) وتعد طبقات الكونجلوميرات مختلفة السمك (1.3-0.2) متر التي تتكون من الحصى والجلاميد الحد الفاصل بين صخور تكوين الحساونة وصخور القاعدة وتعد سطح لا توافق.

ويزداد سمك تكوين الحساونة باتجاه الجنوب والجنوب الغربي للمنطقة ويقل باتجاه الشمال وخاصة في أقصى شمال غرب المنطقة, حيث نجد سمك التكوين يصل إلى 475 متر في كل من البئر رقم (129/D5) والبئر رقم (135/D5) ويقل سمك التكوين تدريجيا باتجاه الشمال حتى يصل إلى سمك 150 متر في أقصى الشمال الغربي. أما بالنسبة لسمك التكوين في اتجاه الشرق لا يقل كثيرا عن سمكة في ناحية الغرب من وسط المنطقة حيث نجد سمكه يصل إلى 450 متر عند البئر (26/A1) ويقترب تكوين الحساونة من السطح عند البئر129/D5 كما هو مبين في الأشكال(5 و6 و7).

3- تكوين زمام (الطباشيري العلوي)

يغطي تكوين زمام تكوين الحساونة وتعد رواسبه من الترسبات البحرية للعصر الطباشيري العلوي. ويتكون في غالبيته من المارل وتوجد به طبقات من الكالسيلوتيت وبعض الحفريات وتوجد به أيضا بعض الدرنات من الكوارتزيت التي تظهر في الجزء الأوسط من التكوين (Jordi and Lonfat, 1963).

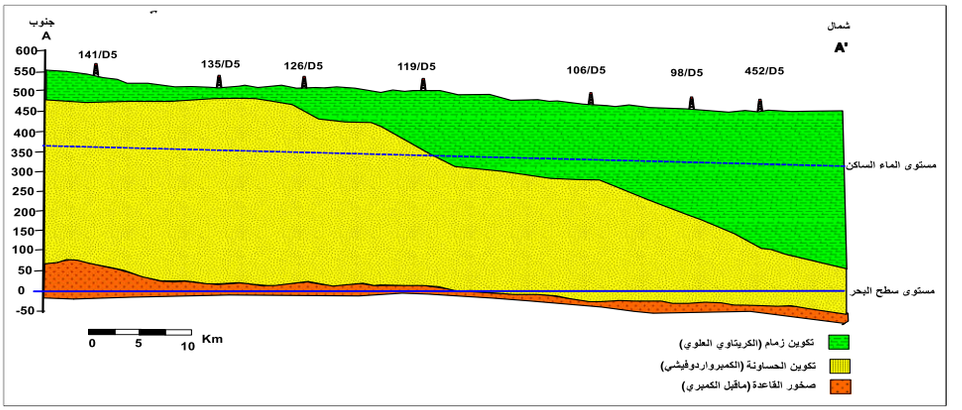
ويزداد سمك تكوين زمام كلما اتجهنا إلى الشمال والشمال الشرقي حيث نجد إن السمك قد يصل إلى 350 متر عند البئر(452/D2) ويقل سمك هذا التكوين تدريجيا باتجاه الجنوب ثم يزداد سمك تكوين زمام بعد البئر(135/D5) باتجاه البئر (141/D5) حيث يصل سمكه إلى 75 متر ويختلف سمك تكوين زمام تبعا لترسبات تكوين الحساونة.



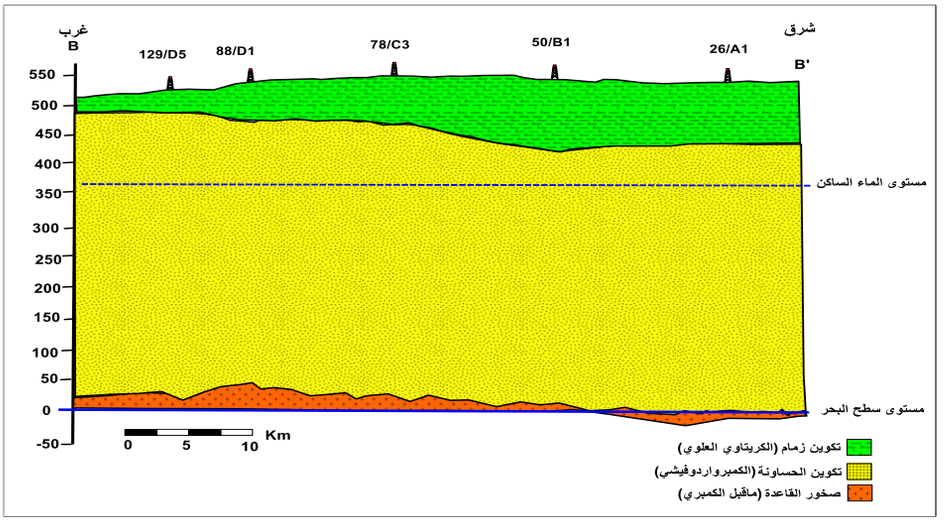
شكل(5): خريطة كنتورية تمثل سمك تكوين الحساونة (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

4- رواسب الزمن الرابع

وتمثل الرواسب القارية منذ انحسار البحر في عصر الباليوسين ومن أهمها رواسب الأودية ورواسب الرياح والتعرية وما زالت هذه الرواسب تتكون حتى وقتنا الحالي وهي تغطي مساحات شاسعة إذا جمعت إلى بعضهما البعض في هذه المنطقة. ولذلك فهي رواسب حديثه يزداد سمكها مع مرور الزمن وتوفر العناصر المهمة لترسبها مثل الرياح القوية ومياه الأمطار.



شكل(6): قطاع هيدروجيولجي A–A' يبين تكوين الحساونة (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)



شكل(7): قطاع هيدروجيولجي B'–B يبين تكوين الحساونة (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

النتائج ومناقشتها:

الخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي

الخزان الجوفي في منطقه الدراسة هو صخور الكمبرواردوفيشي وتتكون من حجر رملي أبيض إلى شفاف متوسط إلى خشن الحبيبات وجيد الاستدارة متداخل مع تتابعات من الطين وقد يظهر هذا الخزان على السطح أحيانا, وينقسم الخزان الجوفي الموجود في منطقه الدراسة من حيث حرية حركه المياه إلى جزئيين:

1- الخزان الحر

ويوجد في النصف الجنوبي من منطقه الدراسة وتكون المياه فيه حرة الحركة حيث يكون مستوى الماء داخل حدود الخزان الجوفي أي أسفل قمة طبقه الكمبرواردوفيشي ويمكن تلخيص خواصها كآلاتي:

أ- توجد المياه في الجزء الجنوبي في حاله حرة, الشكل(6).

ب- اتجاه سريان المياه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي, الشكل(8).

ج- يتراوح السمك المشبع في الخزان الحر ما بين 270 - 350 متر والعمق إلى منسوب المياه يتراوح ما بين 150- 175 متر.

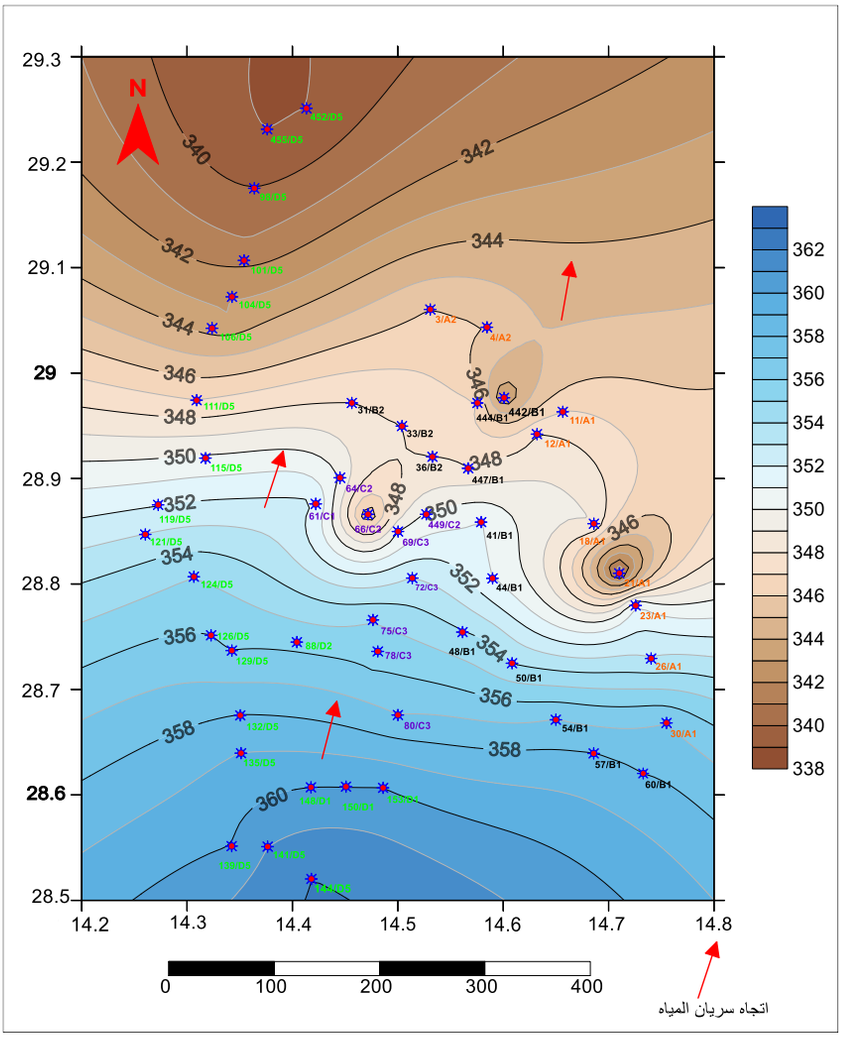
2- الخزان الحبيس

ويقع في الجزء الشمالي من المنطقة ويكون مستوى الماء التخيلي(مستوى السطح البيزومتري) أعلى من حدود الطبقة الحاملة للمياه وهي طبقة الكمبرواردوفيشي ويمكن تلخيص خواصه كآلاتي:

أ- توجد المياه في الجزء الشمالي في حاله غير حرة(حبيسة), الشكل (6).

ب- اتجاه سريان المياه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي, الشكل (8).

ج- يتراوح السمك المشبع في الخزان الحبيس ما بين 190 - 350 متر والعمق إلى مستوى المياه يتراوح ما بين 125 -150 متر.



شكل(8): خريطة بيزومترية تمثل مستوى الماء فوق سطح البحر (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

الخواص الهيدروكيميائية

من المعروف إن الاستخدامات الرئيسية للمياه الجوفية متعددة فهي تستخدم للشرب والزراعة والصناعة وغيرها وتعد نوعية المياه الجوفية وكمية ونوعيه الأملاح المذابة فيها هي المحصلة الرئيسية لجميع العوامل والتفاعلات والمؤثرات التي أثرت على هذه المياه منذ تكشفها في الغلاف الجوي حتى بعد ظهورها على سطح الأرض من بئر أو نبع أو غيرها.

ولأن نوعية وكمية الأملاح المذابة في المياه الجوفية تعد مؤشرا هاما ومحددا لأصل هذه المياه وتاريخها وكذلك تعطي صورة عن نوعية الصخور التي تحتوي على هذه المياه بين مساماتها, يعد تحليل جودة المياه أحد أهم الجوانب في دراسات المياه الجوفية. من أهم العناصر الكيميائية الموجودة في المياه الجوفية بمنطقة الدراسة الرئيسة هي (Ca++، Mg++، Na+، Hco3−، CL−، So4 − و No3−), الملحق (أ).

إن الأملاح الذائبة تتكون أساسا من الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والكلور والكبريتات والكربونات والبيكربونات وقد وضعت تقسيمات مختلفة للمياه الجوفية بناء على تركيز هذه الأيونات كما يلي:

1- مياه الصوديوم- الكالسيوم- الكلوريد.

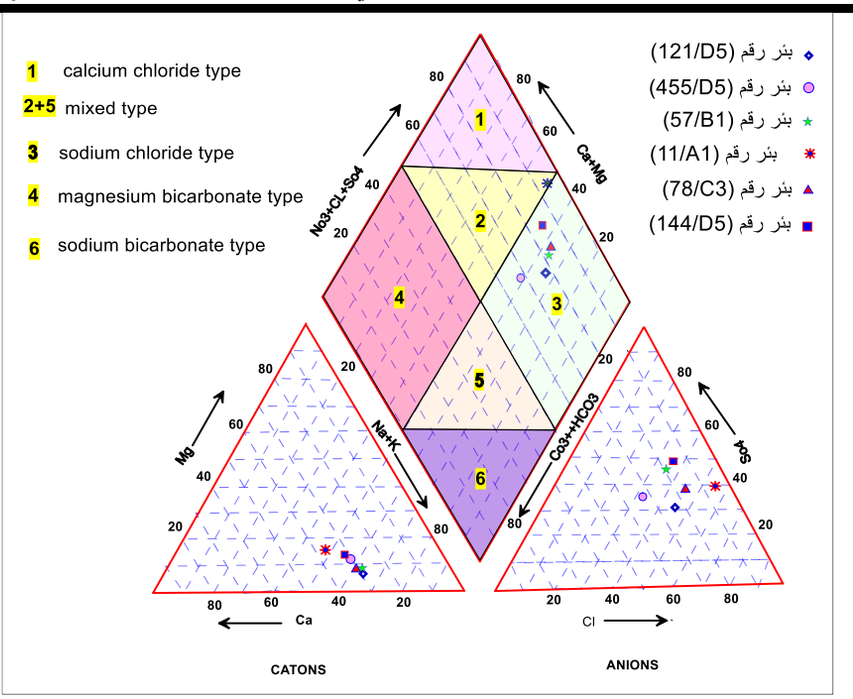
2- مياه الصوديوم- الكالسيوم- الماغنسيوم- الكلوريد- الكبريتات.

3- مياه الكالسيوم- البيكربونات. (Piper,1944)

مخطط بايبر(Piper Diagram)

أخذت عينات لعدد ست آبار وتم وضع النسبة المئوية للأملاح ومن خلال الشكل الثلاثي (مخطط Piper)، لوحظ إن مياه المنطقة من النوع الذي تسود فيه أيونات الصوديوم الكالسيوم والكلوريد كما في الشكل(9) وبذلك تسمى مياه (صوديوم- كالسيوم- كلوريد).

وربما ترجع نسبة هذه الأيونات إلى وجود أحجار جيرية بالقرب من الخزان الجوفي أو مرت بها المياه التي تتسرب إلى أسفل.



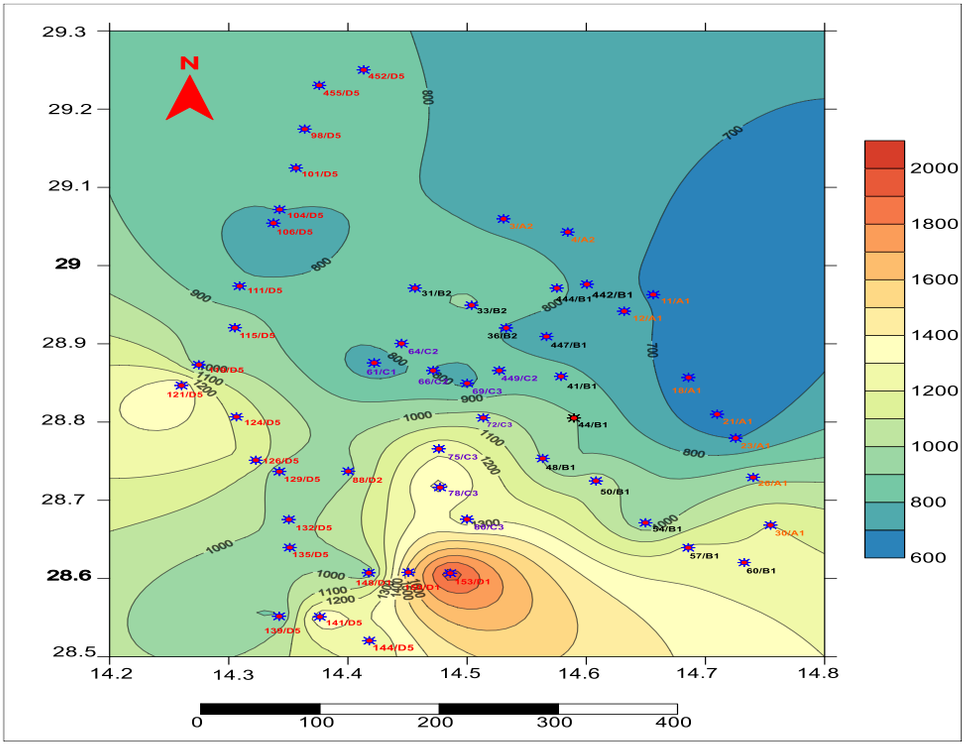
شكل(9): عينات لدراسة النسبة المئوية للأملاح المذابة (Piper Diagram (Piper,1944

الموصلية الكهربائية (EC) و كمية الأملاح الذائبة (TDS)

إن درجة التوصيل الكهربائي تعتمد على مجموعة الأملاح المذابة في الماء وتوجد علاقة طردية بين التوصيل الكهربائي وزيادة تركيز الأملاح (Ackab، M. et al 2011).

أدنى درجة توصيل كهربائي كانت بالبئر(4/A2) حيث كانت حوالي (968 µs/cm) وكمية الأملاح الذائبة(757 ملجم/لتر) وتبدأ كمية الأملاح المذابة ودرجة التوصيل الكهربائي بالازدياد في جهة الجنوب الغربي حتى تبلغ أعلى كميه أملاح وأعلى درجة توصيل كهربائي في البئر (153/D1) حيث بلغت درجة التوصيل الكهربائي حوالي (2620 µs/cm) وكانت كمية الأملاح الذائبة(1973 ملجم/لتر), الملحق (أ).

وبشكل عام إن مجموع الأملاح المذابة تزداد من وسط منطقة الدراسة باتجاه الجنوب والغرب وتقل باتجاه الشمال والشرق بشكل تدريجي ولكن حول البئر(153/D1) وباتجاه البئر(148/D1) مجموع الأملاح المذابة يقل بشكل كبير ومفاجئ حتى يصل إلى (963 ملجم/لتر) حيث إن المسافة بين البئرين تبلغ حوالي (10 كم), كما في الشكل رقم(10). يبلغ متوسط كميه الأملاح الذائبة حوالي(967 ملجم/لتر) في هذه المنطقة وهي نسبه في المعدل الطبيعي التي وضعته منظمة الصحة العالمية (500- 1000 ملجم/لتر).



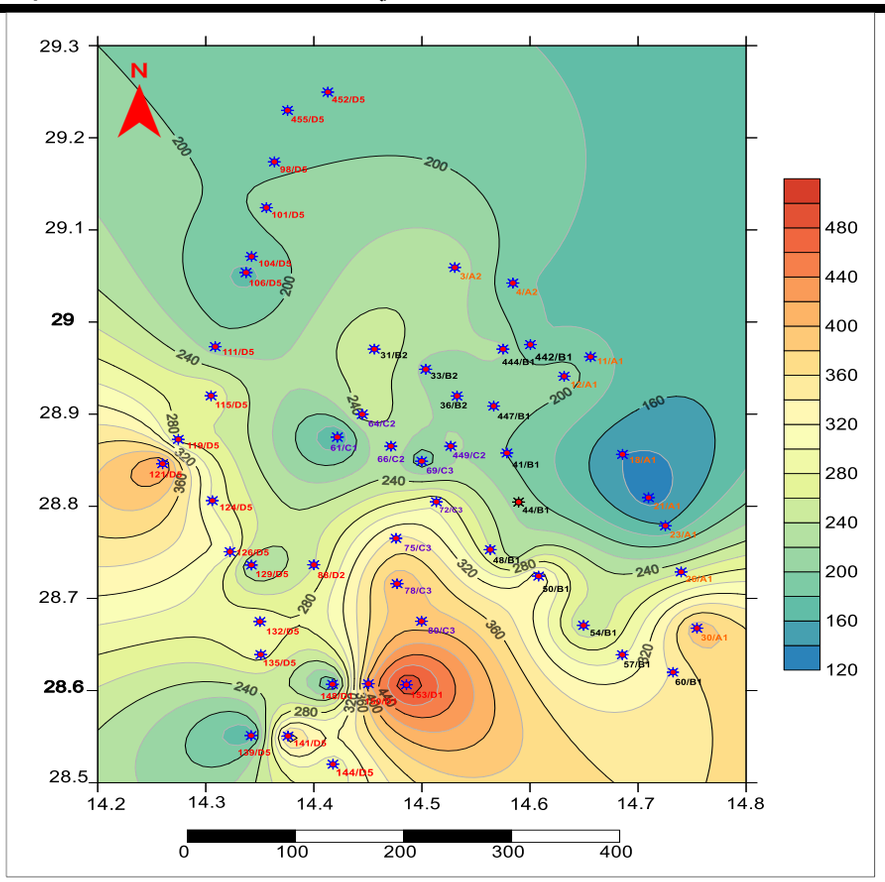
شكل(10): مجموع الأملاح المذابة (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

أهم الأملاح التي توجد في مياه هذه المنطقة :

1- الكلوريد (CL)

يتراوح تركيز الكلور بين (130 إلى 500 ملجم/لتر) حيث نلاحظ إن تركيز الكلور يكون بنسبة كبيرة في جنوب منطقه الدراسة حيث يصل إلى أعلى تركيز حوالي (500 ملجم/لتر) في البئر (153/D1) ويقل تدريجيا في اتجاه الشمال الغربي حيث يصل إلى(214 ملجم/لتر) في البئر(129/D5) ويبدأ تركيز الكلور في الزيادة حتى يصل إلى(426 ملجم/لتر) في البئر (121/D5) ثم يقل التركيز في اتجاه الشمال حتى يصل في أقصى الشمال إلى(188 ملجم/لتر) في البئر(D5/ 452). ويقل أيضا تركيز الكلور في وسط المنطقة ويستمر بالتناقص في اتجاه الشرق إلى إن يصل إلى أدنى تركيز له في هذه المنطقة حيث يصل إلى حوالي (130 ملجم/لتر) في البئر (A1/ 21), كما في الشكل(11).

وبصورة عامة يبلغ متوسط نسبه الكلور حوالي(253 ملجم/لتر) في هذه المنطقة وهي نسبه تناسب المعدل الطبيعي التي وضعته منظمة الصحة العالمية (250 ملجم/لتر). بعض عينات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة نسبة الكلور بها أعلى من المعدل المسموح به, ولكن هذه الزيادة غير ذات أهمية ماعدا تأثيرها الجانبي من ناحية التآكل وخاصة أنابيب المياه, ربما ترجع هذه النسبة من الكلور إلى حدوث تداخل مع مياه البحر في الصخور القديمة أو وجود صخور الهاليت التي يدخل الكلور في تركيبها الكيميائي.



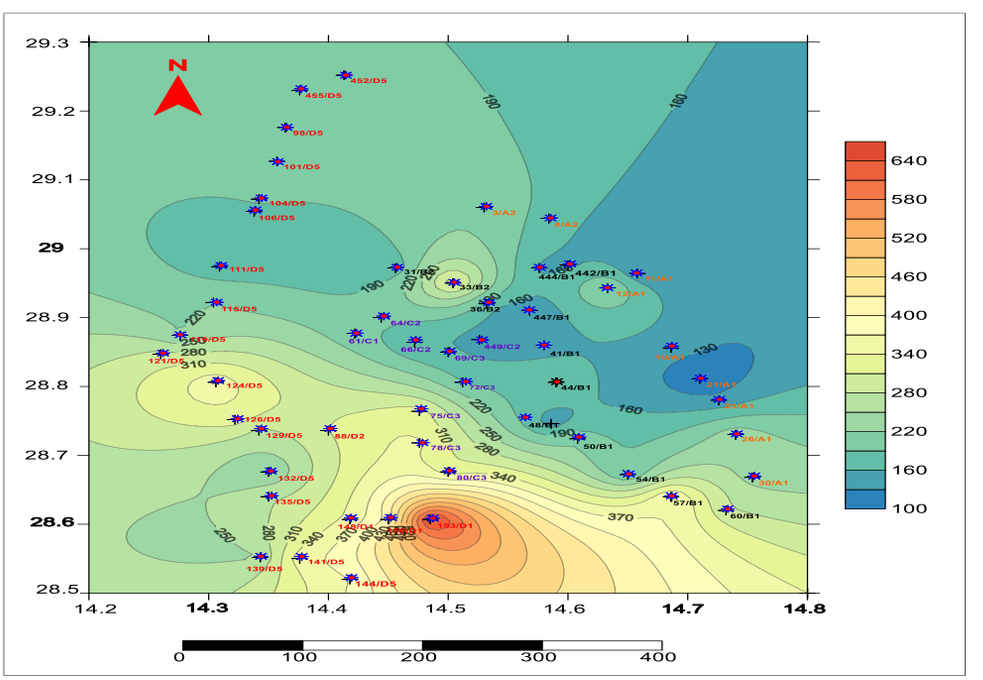
شكل(11): تركيز عنصر الكلوريد في الماء (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

2- الكبريتات (So4)

يتراوح تركيز الكبريتات في منطقه الدراسة من (105 ملجم/لتر) إلى (660 ملجم/لتر), حيث يلاحظ إن الكبريتات تكون أعلى تركيز لها في أقصى الجنوب حيث يصل إلى (660 ملجم/لتر) في البئر (153/D1) ثم يقل تدريجيا في اتجاه الشمال الغربي حتى البئر (132/D5) حيث يصل التركيز إلى (220 ملجم/لتر) ثم يقل تركيز الكبريتات في اتجاه الشمال حتى يصل في أقصى شمال المنطقة إلى

(202 ملجم/لتر) في البئر (452/D5). أما في وسط المنطقة فيكون تركيز الكبريتات منخفض حيث يصل إلى (165ملجم/لتر) في البئر(69/C3) ويزداد التركيز باتجاه الشمال حتى يصل إلى (330 ملجم/لتر) في البئر(33/B2) ويزداد أيضا تركيز الكبريتات باتجاه الجنوب والغرب أما في اتجاه الشرق والشمال الشرقي فيقل التركيز تدريجيا حتى يصل إلى ادني تركيز في المنطقة حيث يصل إلى (105 ملجم/لتر) في أقصى الشرق المنطقة في البئر(21/A1) كما في الشكل(12). يبلغ متوسط تركيز الكبريتات حوالي (238 ملجم/لتر) وهو ضمن الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية (2018) الذي يبلغ 400 ملجم/لتر.

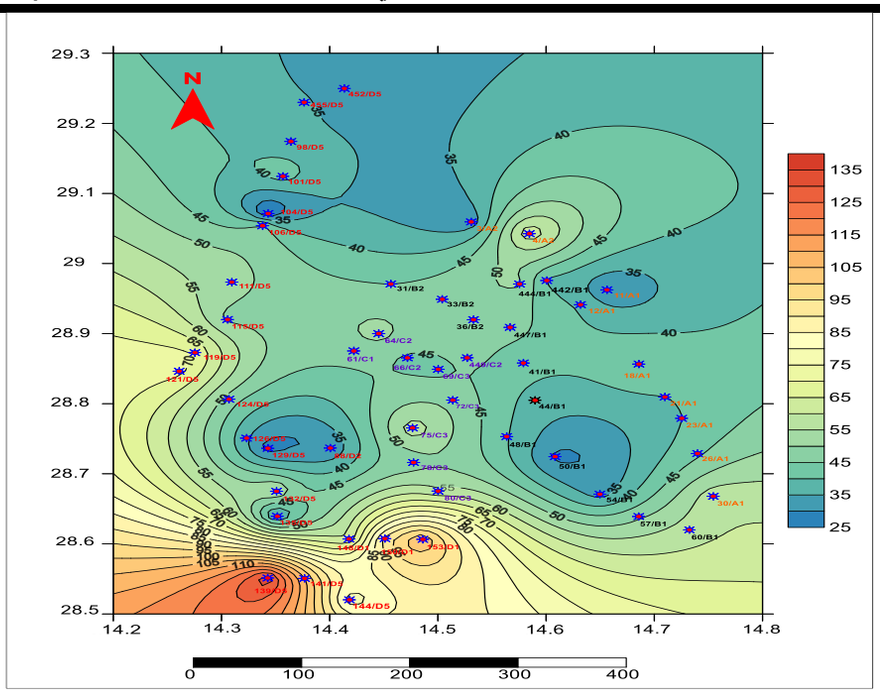
يؤدي زيادة تركيز الكبريتات إلى زيادة تركيز الكبريت في الماء وبذلك تعطي طعم المر للمياه وقد تؤدي إلى حدوث اضطرابات في المعدة (منظمة الصحة العالمية WHO، 2004)



شكل(12): تركيز عنصر الكبريتات في الماء (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

3- النترات (No3)

يتراوح تركيز النترات في المنطقة من (23 ملجم/لتر إلى 133 ملجم/لتر) ويكون أعلى تركيز في المنطقة حوالي (133 ملجم/لتر) في البئر(139/D5) في أقصى جنوب غرب المنطقة ويقل تركيز النترات في اتجاه الشمال بشكل كبير حيث يصل إلى حوالي (23 ملجم/لتر) في البئر (104 /D5), بينما يقل تركيز النترات ببط في اتجاه الشرق حيث كان (104 ملجم/لتر) في البئر(153/D1). ويقل في وسط المنطقة باتجاه الشمال والشمال الشرقي حيث يصل في أقصى شمال شرق المنطقة إلى حوالي (31 ملجم/لتر) في البئر (3/A2) أما في اتجاه الشرق فإن التركيز ينخفض حتى يصل إلى (29 ملجم/لتر) في البئر(50/B1) ويكون أدنى تركيز في غرب المنطقة حيث يصل إلى (28ملجم/لتر) في البئر(129/D5) كما في الشكل (13), وبصورة عامة يبلغ متوسط نسبه النترات حوالي (50 ملجم/لتر) في هذه المنطقة وهي نسبه تناسب المعدل الطبيعي التي وضعته منظمة الصحة العالمية (50 ملجم/لتر). إذا زادت نسبة النترات بشكل كبير فإن ذلك يؤدي إلى حدوث مشكلات في الدم وخاصة عند الأطفال حيث إنها تسبب بعض أنواع فقر الدم وبعض أنواع السرطان,2007) Kendall et al) بعض عينات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة نسبة النترات بها أعلى من المعدل المسموح به, يعد التركيزات العالية للنترات هو خاصية مميزة للمياه الجوفية القديمة (paleo groundwater) ليس فقط في شمال أفريقيا ولكن أيضا في المناطق الجافة وشبه الجافة (Edmunds, 2006).



شكل(13): تركيز عنصر النترات في الماء (من عمل الباحث اعتمادا على بيانات من الهيئة العامة للمياه)

4- الصوديوم (Na)

يتراوح تركيز الصوديوم ما بين (99 ملجم/لتر) في البئر(21/A1) و(383ملجم/لتر) في البئر(153/D1).

وتركيز الصوديوم يزداد باتجاه جنوب المنطقة. وبصورة عامة يبلغ متوسط نسبه الصوديوم حوالي(164 ملجم/لتر) في هذه المنطقة وهي نسبه تناسب المعدل الطبيعي التي وضعته منظمة الصحة العالمية (200 ملجم/لتر). وفقًا لـ (Freeze and Cherry, 1979) يمكن إنتاج الصوديوم

نتيجة لحل وتجوية المعادن الحاملة للصوديوم (مثل هاليت وبلاجيوكلاز الصوديوم). وزيادة تركيزه يؤدي إلى ارتفاع في ضغط الدم.

5- الكالسيوم (Ca)

يتراوح تركيز الكالسيوم ما بين (82 ملجم/لتر) في البئر (18/A1) و (164 ملجم/لتر) في البئر(80/C3). يبلغ متوسط نسبه الكالسيوم حوالي(110 ملجم/لتر), وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (2018), (200 ملجم/لتر) كانت النتائج ضمن المعدل الطبيعي.

الخلاصة

نستخلص من هذا البحث :-

1- إن ليبيا تعتمد اعتمادا كلي على المياه الجوفية للاستعمالات المختلفة. لذلك تم التوجيه إلى الأحواض المائية الموجودة في الصحراء وإمكانية استغلالها الاستغلال الأمثل. من أهم هذه التوجهات المنظومة الثانية للنهر الصناعي في منطقه جبل الحساونة.

2- الطبقة الحاملة للمياه هي تكوين الحساونة (الكمبرواردوفيشي) حيث يزداد سمكه باتجاه الجنوب والجنوب الغربي ويغطيه من فوق تكوين زمام ويقع أسفله صخور القاعدة.

3- يتكون الخزان الجوفي في منطقه جبل الحساونة من جزئيين الجزء الشمالي خزان حبيس والجزء الجنوبي خزان حر, واتجاه سريان المياه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي.

4- أن مياه المنطقة من النوع تسود فيه أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور.

5- مجموع الأملاح الذائبة يزداد من وسط المنطقة باتجاه الجنوب والغرب ويقل باتجاه الشمال والشرق.

6- عموما أن المياه الجوفية بهذه المنطقة تكون نسبة الأملاح فيها مقبولة.

التوصيات

1- ضرورة إجراء التحاليل الكيميائية لمياه الآبار لأنها تعد من المعلومات المهمة مستقبليا للوقوف على التغيرات التي قد تطرأ على المياه ومسبباتها.

2- إجراء دراسة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة من الناحية الكمية لمعرفة كمية المياه المسحوبة والاحتياطي المتبقي وإعداد موازنة بينهما للاستفادة منها لأطول مدة ممكنة.

3- يجب مراقبة جودة المياه الجوفية الليبية بانتظام. لذلك يجب تحليل عينات المياه الجوفية من جميع آبار المياه عدة مرات في السنة.

4- وأخيرا نتمنى من الجامعة التنسيق مع مؤسسات الدولة المختلفة بشكل يسمح بالتبادل المعلوماتي في الحدود الممكنة لتسهيل وضمان استمرار البحث الأكاديمي بالشكل الصحيح.

المراجع

1- الهيئة العامة للبيئة، 2008. الإستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة.

2- الهيئة العامة للمياه، 2006. الوضع المائي بليبيا.

3- د.عمر امحمد سالم, 1995. (الإدارة المتكاملة للأحواض المائية الجوفية الكبرى غير المتجددة في الوطن العربي), مشروع النهر الصناعي العظيم. الهيئة العامة للمياه.

4- ضو عبدالعاطى واحمد محمد,2018. دراسة وضعية المياه الجوفية فى منطقة جبل الحساونة, بحث تخرج, جامعة سبها قسم علوم الارض.

5-Abdelrhem, I., Rashid, k., Ismail, A., 2008. Integrated Groundwater Management for Great Man-Made River Project in Libya European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.22 No.4 ,pp.562-569.

6- Ackab, M. O., Agyemang, A., Anim, J. Osei., Bentil, N. O., Kpattah, L., Gyamfi, J. and Hanson, E. K., 2011. Proc Int.Acad Ecol environ sci. 3-4, 186.

7- Binsariti, A., Saeed, F.S., 2000. Groundwater salinity variations in the Cambro-Ordovician aquifer of eastern Jabal al Hasawnah, the great manmade river project, Libya in: Sola, M.A., Worsley, D. (Eds.), Geological Exploration in Murzuq Basin pp. 1-16.

8-Collomb, G. R., 1962. Etude Geologique du Jebel Fezzan et de sa bordure Paleozique. Notes et Memoiries, No.1, Compagnie Francaise des Petroles 35p. Paris.

9- Edmunds, W. M., 2006. Libya's Saharan Groundwater: Occurrence, Origins and Outlook In (eds.: Mattingly, D. McLaren, S. Savage, E.) The Libyan Desert: Natural Resources and Cultural Heritage. Society of Libyan Studies Monograph 6, Chapter 4, 45-64.

10-Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1979. Groundwater, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p.

11-WHO, 2004. Sulfate in drinking-water:Background document for development of
WHO Guidelines for Drinking Water Quality, 8p.

12-WHO, 2018. Edition of the drinking water standards and health advisories Tables. EPA 822-F-18-001, Office of Water, U.S.Environmental Protection Agency Washington, DC;. 12p.

13-Idrotecneco, 1982. Hydrogeological Study of Wadi Ash Shati, Al Jeffara and Jabal Fazzan area. Rept. to Secretariat of Agricultural Reclamation and Land Development, Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya, 8 Vols

14- Industrial Research Centre (IRC), 1978. Geological Map of Libya, Jabal Al Hasouna Sheet, NH33-14, Tripoli.

15-Jordi, H. A. and F. Lonfat, 1963. Stratigraphic subdivision and problems in Upper Cretaceous-Lower Tertiary Deposits in Northwestern Libya, Rev. Inst. Fran. Petrole, 18, 1428–1436.

16- Jurak, L. 1978. Geological Map of Libya, 1: 250,000, Sheet Jabal Al Hasouna (NH33-14), Industrial Research Centre, Tripoli.

17-Massa, D. and Collomb, G.R., 1960. Observations nouvelles sur la region d Aouinet Ouenine et du Djebel Fezzan (Libye). -XXI.Internat. Geol. Congress Norden, Section, v. 12, pp. 65-73, Kopenhagen.

18-Naser, I. M. Sahli. 2006. Water quality in the Hasouna Wellfields, Western Jamahirya System, Great Man Made River Project (GMRP). University of Technology Sydney. Doctor of Philosophy (PhD).

19-Pallas, P., 1980. Water resources of the Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya. In: The Geology of Libya, Vol. II. Academic Press, London, pp. 539 – 594.

20-Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. –Trans. Am. Geophy. Union 25: 914-928.

21- Rashid A. Abdalla, 2012. Hydrochemical and isotopic characterization of groundwater reservoirs of Hasouna Waterfields in the Sahara Desert, Libya. Graz University of Technology, Austria. Doctor of Philosophy (PhD).

22-Salem, O., Visser, J.H., Dray, M. and Gonfiantini, R., 1980. Groundwater flow patterns in the western Libyan Arab Jamahiriya evaluated from isotopic data.

Arid Zone Hydrology: Investigations with isotope techniques, 165-179. IAEA, Vienna.

23-Shaki, A.J., Adeloye, 2002. Evaluation of Quantity and quality of irrigation water at Gadwa irrigation project in Murzuq basin, southwest Libya, School of the Built Environment, Heriot-Watt University, Riccarton, Edinburgh EH144AS, UK.

ملحق (أ) مجموع وتركيز الأملاح المذابة في منطقة الدراسة

$No3^-$ (mg/l)	$So4^{--}$ (mg/l)	CL^- (mg/l)	$Hco3^-$ (mg/l)	Na^+ (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)	Ca^{++} (mg/l)	TDS (mg/l)	E_C(ms/cm)	PH	رقم البئر
32.5	202	188	199	141	35	89	823	1360	6.8	$452/D_5$
35.6	210	192	209	140	30.5	98.4	848	1419	6.8	$455/D_5$
36.5	220	198	219	140	34	106.8	873	1503	6.7	$98/D_5$
43	200	202	190	132.4	33.6	99	830	1400	6.8	$101/D_5$
23.7	200	195	207	130	34	104	810	1297	6.8	$104/D_5$
46.6	172	171	171	113	17.6	94.4	734	1259	6.9	$106/D_5$
52.3	174	208	166	144	26	102	816	1364	6.9	$111/D_5$
48.8	220	280	147.6	166	26.8	102	972	1543	7.1	$115/D_5$
69.5	220	260	145	179	23	112	934	1560	7	$119/D_5$
72	290	426	173	289	32.7	137	1379	2300	7.2	$121/D_5$
47.9	360	295	171	169.5	42	139	1180	2000	7.2	$124/D_5$
36.5	325	314	119.5	196	19.5	149	1177	2490	7.3	$126/D_5$
28	275	214	129	133	21.5	118.4	936	1780	7	$129/D_5$
56.3	220	295	98.8	169	24	125	990	1533	7.3	$132/D_5$
33	275	292	119	158	24.9	126	1001	2030	7.1	$135/D_5$
133.3	250	161	108	102	41	115	892	1255	7.2	$139/D_5$
106	360	381	114.6	283	37	131.6	1394	1971	7.3	$141/D_5$
77.4	370	284	123	202	49	119	1200	1852	7.3	$144/D_5$

60.8	350	171	112	170	23	114	936	1430	7.3	$148/D_1$
91.5	410	416	107	279	55	161	1544	2460	7.2	$150/D_1$
104.7	660	500	132	383	65	156	1973	2620	7.1	$153/D_1$
30.5	310	258	128	130	27	121	971	1860	7.3	$88/D_2$
56	323	386	167	211	46	164	1228	2160	7	$80/C_3$
48	345	397	161	285	37	140	1436	2240	7.4	$78/C_3$
58	324	346	166	201	35	133	1284	2030	7.3	$75/C_3$
48.4	190	294	162	174	33	123	1044	1663	7.3	$72/C_3$

$No3^-$ (mg/l)	$So4^{--}$ (mg/l)	CL^- (mg/l)	$Hco3^-$ (mg/l)	Na^+ (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)	Ca^{++} (mg/l)	TDS (mg/l)	EC(ms/cm)	PH	رقم البئر
43.7	165	180	174	124	26	100	769	1422	7.1	$69/C_3$
44	160	241	141	110	37.6	97	798	1538	7.2	$66/C_2$
52	200	252	134	138	35	104	868	1689	7.1	$64/C_2$
47	200	156	132	118	24	83	731	1273	7.4	$61/C_1$
44.8	170	260	141	163	33	101	885	1566	6.9	$31/B_2$
47.8	330	212	125	141	38	93	911	1449	7.2	$33/B_2$
45.7	175	211	148	122	27	107	791	1455	7.1	$36/B_2$
46.6	150	225	165	196	20	91	852	1486	7.1	$449/C_2$
47	137	212	176	111	26	86	746	1464	7.1	$447/B_1$
51	155	224	178	146	24	112	842	1400	7.1	$444/B_1$
39	155	178	173	111	33.7	89	733	1340	7.3	$442/B_1$
42	150	198	163	128	23	108	832	1298	7.1	$41/B_1$
38	185	211	182	141	38	95	906	1426	7.1	$44/B_1$
36	145	226	196	152	27	96	896	1439	7	$48/B_1$
29	215	338	117	205	28	118	1070	1990	6.8	$50/B_1$
32.5	185	236	144	163	25	110	916	1575	6.7	$54/B_1$
49	375	296	166	205	36	130	1221	1975	6.8	$57/B_1$

57	285	342	179	236	42	128	1225	2510	7.1	$60/B_1$
31	218	234	29	122	42	95	772	1284	6.7	$3/A_2$
64	175	184	150	113	24	97	757	968	7	$4/A_2$
30	137	187	27	110	37	83	688	1127	6.6	$11/A_1$
39	230	212	25	112	44	84	731	1203	6.5	$12/A_1$
45	145	140	183	105	26	82	659	1100	6.5	$18/A_1$
40	105	130	187	99	19	94	622	1139	6.4	$21/A_1$
40	140	160	171	117	23	90	692	1200	7.1	$23/A_1$
44	240	255	168	142	33.4	98	972	1616	7.2	$26/A_1$
58	240	396	139	252	25	125	1205	2180	7.2	$30/A_1$

ملحق (ب) يوضح قمة تكوين الحساونة ومستوى سطح الماء

WL (m)	Top of Hassaouna. Fm (m)	رقم البئر
339	104	452/D5
339	147	455/D5
340	188	$98/D_5$
341	279	$101/D_5$
343	287	$104/D_5$
343	295	$106/D_5$
347	323	$111/D_5$
350	342	$115/D_5$
352	355	$119/D_5$
353	370	$121/D_5$
355	452	$124/D_5$
356	452	$126/D_5$
356	487	$129/D_5$
358	505	$132/D_5$

359	491	$135/D_5$
360	490	$139/D_5$
361	488	$141/D_5$
362	488	$144/D_5$
360	499	$148/D_1$
360	517	$150/D_1$
360	408	$153/D_1$
356	469	$88/D_2$
357	468	$80/C_3$
356	464	$78/C_3$
355	416	$75/C_3$
353	383	$72/C_3$
WL (m)	Top of Hassaouna. Fm (m)	رقم البئر
350	361	$69/C_3$
345	340	$66/C_2$
350	373	$64/C_2$
352	362	$61/C_1$
348	316	$31/B_2$
348	322	$33/B_2$
348	324	$36/B_2$
350	388	$449/C_2$
348	329	$447/B_1$
347	304	$444/B_1$
343	292	$442/B_1$
351	362	$41/B_1$
351	379	$44/B_1$

354	386	$48/B_1$
354	431	$50/B_1$
357	461	$54/B_1$
358	463	$57/B_1$
358	462	$60/B_1$
346	233	$3/A_2$
346	234	$4/A_2$
347	290	$11/A_1$
348	295	$12/A_1$
349	355	$18/A_1$
340	391	$21/A_1$
351	410	$23/A_1$
353	444	$26/A_1$
357	475	$30/A_1$