الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole normale supérieure d'Enseignement technologique المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة

Département des Sciences Naturelles قسم: العلوم الطبيعية

Mémoire de fin d'étude
مـذكـــــرة التخرج

مـن إعــداد:
شارف مروى
بوشريكة لبنى

En vue de l'obtention du diplôme : Professeur d'Enseignement Secondaire
لنيل شهادة: أستاذ التعليم الثانوي

Thème
الموضوع

دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه العذبة سد الشافية وسد ماكسة (ولاية الطارف)

تحت إشراف الأستاذ(ة):
شاوش رابح أستاذ محاضر (مشرف)

لجنة المناقشة:
خاف الله إيمان: أستاذ محاضر (رئيسي)
قاسم حبيبة: أستاذ محاضر (مناقش)

Promotion Juin 2025 *دفعة جوان*

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وعرفان

الشكر أولا لله تعالى القائل في محكم كتابه العزيز " لئن شكرتم لأزيدنكم" الحمد لله ، الذي وهبنا نعمة العقل لينير لنا الطريق ووفقنا بمشيئته وقدرته إلى إتمام هذا العمل ، سائلين منه عز وجل أن يتقبله خالصا لوجهه الكريم، وأن يجعله خطوة مباركة في طريق العلم والمعرفة.

نتقدم بجزيل الشكر والامتنان للأستاذ المشرف "شاوش رابح" على دعمه المتواصل، وتوجيهاته السديدة، منذ انطلاق هذا العمل إلى غاية إتمامه، فكان نعم الموجه والمحفز، له منا كل التقدير والعرفان.

مع كل الشكر والتقدير للأستاذة "قاسم حبيبة" التي رافقتنا خلال هذا المشوار و للأستاذة "خاف الله إيمان" لقبولهما مناقشة هذا العمل و تقييمه.

كما نتوجه بخالص الشكر إلى عمال مديرية الموارد المائية لولاية الطارف "ADE" على تعاونهم معنا، على رأسهم الأخت "شارف هدى" لتوفيرها المعلومات والبيانات الضرورية التي مكنتنا من إثراء عملنا دون أن ننسى الكيميائية المكلفة بمراقبة نوعية المياه بمحطة المعالجة ماكسة السيدة "يوبي أسماء" وتوفيرها البيانات والمعلومات التي كان لها الأثر البالغ في إنجاز هذا البحث، كما نشكر المخبرين العاملين بمخبر الجزائرية للمياه وحدة بوثلجة.

وفي الختام، أجدد شكري لكل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاح هذا العمل، وأسأل الله أن يجزي الجميع خير الجزاء.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَلَسَوْفَ يُعْطِيكَ رَبُّكَ فَتَرْضَىٰ ﴾ سورة الضحى الآية 5 تردد هذه الآية في قلبي كلما ضاق الأمل، واشتد التعب وكأنها وعدٌ من الله، لا يُخلف، ولا يتأخر. فهي وعد بالحياة، وعد بالعطاء، وعد بأن التعب لا يضيع، وأن الصبر لا ينسى، وأن الله يعد عبده لا ليُرضيه فقط، بل ليغدق عليه من عطاياه حتى يرضى فالحمد لله حمدا طيبا مباركا الذي بتوفيقه بلغت ما أنا عليه اليوم.

أما بعد أهدي تخرجي إلى:

إلى من حملتني وهنا على وهن، غمرتني بحبها وعطفها، كانت لي النور حين أضل الطريق، لك كل نجاحي، وكل فخري، وكل امتناني إلى أمي الغالية

إلى من علمني حب العلم، حب الطبيعة و اكتشافها، طالما أردتني أن أسير على خطاك نحو مهنة الأنبياء، لك ما أردت ها أنا اليوم الأستاذة بنت الأستاذ، وهذا العمل ثمرة من غرسك وتربيتك إلى أبي الحبيب

إلى سندي ومسندي إخوتي طارق، رشيد، بلال إلى أختاي هدى وسماح

إلى ملائكتي الصغار أبناء إخوتي

محمد، إخلاص، سارة، إسراء، دعاء، ساجدة، عبد المجيد تقي الدين، جاد

حفظهم الله ورعاهم

إلى الأخت والرفيقة التي جمعتني بها الأقدار صدفة لتكون خير صديقاتي دمتي لي سندا كريمة

بوتيقار

إلى صديقاتي وزميلاتي في الدراسة، اللاتي كن دوما السند والرفقة الطيبة، والمواقف التي لا تنسى أماني، روميساء، لبنى، إكرام، منار، أسماء، سارة لن أنساكن ما حييت

شارف مروى

الإهداء

وآخر دعوانا أن الحمد لله ربي العالمين

لم تكن الرحلة قصيرة ولا الطريق محفورة بالتسهيلات لكنني فعلتها...

فالحمد لله الذي يسر البدايات وأكمل النهايات وبلغنا الغايات

بكل حب أهدي ثمرة جهدي إلى نفسي الطموحة أولا

إلى الذي زين اسمي بأجمل الألقاب، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل

إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة

داعمي الأول في مسيرتي سندي وقوتي

ملاذي بعد الله، فخري واعتزازي

أبي الغالي

عليك السلام يا روحا تمنيت بقائها في فرحتي

إلى الراحلة من حياتي والباقية في قلبي

إليك يا من علمتني القوة بالصبر، والثبات بالدعاء، ستبقين النور الذي يضيء دربي

رحم الله روحك الطاهرة وجزاك الله عني خيرالجزاء

أمي الغالية

التي كانت دائما نعم العون والسند، فلك مني كل الشكر والتقدير

اللهم احفظها وارزقها السعادة وطول العمر

زوجة أبي

إلى من ساندوني بكل حب وقت ضعفي وأزاحوا عن طريقي كل المتاعب

ممهدين لي الطريق زارعين الثقة والإصرار بداخلي

سندي وضلعي الثابت الذي لا يميل

إخوتي رقية، أيمن، أكرم

إلى من كن البلسم في لحظات التوتر، والدافع في لحظات الضعف، رزقني الله بكن لأعرف طعم الحياة

صديقاتي صفاء، مروى، زينب، بثينة

بوشريكة لبنى

الفهرس

المحتـــوى

شكر وعرفان

الإهداء

المقدمة

الفصل الأول: عموميات حول المياه

1. تعريف الماء 1
2. تركيب جزيء الماء 1
3. الحالات الفيزيائية للماء 1
4. دورة المياه في الطبيعة 2
1.4. التبخر 2
2.4.التكاثف 2
3.4. التساقط 2
4.4.التسرب 3
5.4. الجريان السطحي 3
5. توزيع الماء 3
1.5. توزيع المياه في العالم 3
2.5. توزع المياه العذبة في العالم 4
6.أهمية المياه 4
1.6. الأنشطة الحياتية المختلفة 4
2.6. الزراعة 5
3.6. الصناعة 5
7. مصادر المياه 6
1.7. مياه الأمطار 6
2.7. المياه السطحية 6
1.2.7. تقسيم المياه السطحية 7
2.2.7. الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية في الجزائر 7
3.7. المياه الجوفية 7
1.3.7. تقسيم المياه الجوفية 8
2.3.7. أصل المياه الجوفية 8
3.3.7. الطبقات الحاملة للمياه الجوفية 8
4.3.7. حركة المياه الجوفية 9
5.3.7. أهمية المياه الجوفية 9
4.7. الفروقات بين المياه السطحية والمياه الجوفية 10

8. المياه العذبة 10
1.8. تعريف المياه العذبة 10
2.8. مصادر المياه العذبة 10
1.2.8. الأنهار 10
2.2.8. البحيرات 11
3.2.8. الجليد والأنهار الجليدية 11
3.8. أسباب محدودية المياه العذبة 11
9. المياه الصالحة للشرب 12
1.9. تعريف المياه الصالحة للشرب 12
2.9. مواصفات المياه الصالحة للشرب 12
10. الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه 12
1.10. الخصائص الحسية 12
1.1.10. اللون 12
2.1.10 الرائحة 13
3.1.10. الطعم 13
2.10. الخصائص الفيزيائية 14
1.2.10. الرقم الهيدروجيني (pH) 14
2.2.10. درجة الحرارة (T°) 14
3.2.10. الناقلية الكهربائية (CE) 14
3.10. الخصائص الكيميائية 15
1.3.10. الكبريتات (SO_4^{2-}) 15
2.3.10. الصوديوم (Na^+) 16
3.3.10. البوتاسيوم (K^+) 16
4.3.10. الكالسيوم (Ca^{2+}) 16
5.3.10. الكلوريدات (Cl^-) 16
6.3.10. المغنيزيوم (Mg^{2+}) 17
7.3.10. البيكربونات (HCO_3^-) 17
8.3.10. البقايا الجافة (R.S) 17
9.3.10. القلوية (TAC) 18
10.3.10. الأوكسجين المذاب (OD) 18
11.3.10. الموادالعالقة (MES) 18
12.3.10. الطلب البيولوجي على الأوكسجين (DBO5) 19
13.3.10. الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO) 19
14.3.10. قساوةالمياه (TH) 19

4.10. العناصر غير المرغوب فيها 20
1.4.10. الألومنيوم (Al) 20
2.4.10. الحديد (Fe) 20
3.4.10. النحاس (Cu^{2+}) 20
4.4.10. المنغنيز (Mn) 21
4.5.10.الزنك(Zn) 21
5.10. العناصر السامة 21
1.5.10. الفوسفات (PO_4^{3-}) 21
2.5.10. الأمونيوم(NH_4^+) 21
3.5.10. النترات (NO_3^-) 22
4.5.10. النيتريت (NO_2^-) 22
11. تلوث المياه 22
1.11. تعريف تلوث المياه 22
2.11. أنواع تلوث المياه 22
1.2.11. التلوث الفيزيائي 22
2.2.11. التلوث الكيميائي 23
3.2.11. التلوث البيولوجي الحيوي 23
4.2.11. التلوث الإشعاعي 23
5.2.11. التلوث النفطي 23
3.11. تلوث المياه الجوفية 24
4.11. المصادر الطبيعية لتلوث المياه الجوفية 24
5.11. مصادر تلوث المياه الجوفية بفعل الإنسان 25
1.5.11. العمليات الزراعية 25
2.5.11. ظاهرة التملح 25
3.5.11. آبار الحقن 25
4.5.11. التخلص السطحي من النفايات 26
5.5.11. ظاهرة تداخل المياه المالحة 26
6.11. الآثار المترتبة عن تلوث المياه على البيئة وعلى صحة الإنسان 27
1.6.11. تأثير التلوث على صحة الإنسان 27
2.6.11. تأثير التلوث على البيئة 28
12. السدود 29
1.12. تعريف السدود 29
2.12. أهداف بناء السدود 30
3.12. السدود في الجزائر 30

1.3.12. تاريخ بناء السدود في الجزائر 30
4.12. تصنيف السدود حسب نوع مادة البناء 31
1.4.12. السدود الصلبة 31
2.4.12. السدود المرنة 32
5.12. السدود المصنوعة من الردم 32
6.12. السدود الترابية 32
7.12. أنواع السدود الترابية 33
1.7.12. السدود الترابية المتجانسة 33
2.7.12. السدود الأرضية ذات نواة مانعة للماء 34
3.7.12. السدود الترابية ذات القناع العلوي 34
8.12. مزايا، خصوصيات وعيوب السدود الترابية 34
1.8.12. المزايا 35
2.8.12. الخصوصيات 35
3.8.12. العيوب 35
9.12. المشاكل الهيدروليكية في الجزائر 35
1.9.12. ترسب الطمي في السدود 36
2.9.12. مدى التبخر من السدود 36
3.9.12. تسرب المياه من السدود 36
4.9.12. الإثراء الغذائي 36
13. الدراسة الجيولوجية لمنطقة حوض سدالشافية 37
1.13. جيولوجيا موقع السد 37
2.13. الهيدروغرافيا 37

الفصل الثاني: الطرق والوسائل

1. التعريف بمنطقة الدراسة 39
1.1. الموقع الجغرافي لسد الشافية 40
1.1.1. اختيار موقع إنشاء سد الشافية 40
2.1.1. الخصائص التقنية لسد الشافية 40
3.1.1. الخصائص الجيومترية 41
4.1.1. الخصائص الهيدرولوجية 41
2.1. الموقع الجغرافي لسد ماكسة 42
1.2.1. دور السد 42
2.2.1. شبكات المياه الرئيسية التي يغذيها سد ماكسة 42
3.2.1. الخصائص التقنية لسد ماكسة 43
2. طرق أخذ العينات والوسائل المستعملة 43

3. طرق ووسائل القياس 44
1.3. قياس الرقم الهيدروجيني (pH) 44
2.3. درجة الحرارة (Température) 45
3.3. قياس الناقلية الكهربائية (conductivité) 45
4.3. العكارة (Tm) 45
5.3. تحديد القلوية (TAC) 46
6.3. اختبار أيونات (Mg^{2+}) 47
7.3. اختبار أيونات (Ca^{2+}) 48
8.3. اختبار أيونات (Fe^{2+}) 48
9.3. قياس اللون 49
10.3. تقدير الكلور المتبقي في الماء 50

الفصل الثالث: النتائج والمناقشة

1. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه سدي الشافية وماكسة 52
1.1. مقارنة نتائج الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه سدي الشافية وماكسة مع المعايير الوطنية والدولية 52
2.1. مقارنة النتائج المتحصل عليها في كل محطة 53
1.2.1. سد الشافية 53
1.1.2.1. الرقم الهيدروجيني(pH) 53
2.1.2.1. درجة الحرارة T(°C) 53
3.1.2.1. الناقلية الكهربائية (CE) 54
4.1.2.1. درجة العكارة (Tm) 54
5.1.2.1. أيونات الكالسيوم (Ca^{2+})، المغنزيوم (Mg^{2+}) ، الكلوريد (Cl^-)، النتريت (NO_2^-) 55
6.1.2.1. القساوة (TH) 55
7.1.2.1. القلوية (TAC) 56
2.2.1. سد ماكسة 56
1.2.2.1. الرقم الهيدروجيني(pH) 56
2.2.2.1. درجة الحرارة T(°C) 57
3.2.2.1. الناقلية الكهربائية (CE) 57
4.2.2.1. درجة العكارة (Tm) 58
5.2.2.1. أيونات الكالسيوم (Ca^{2+})، المغنزيوم (Mg^{2+}) ، الكلوريد (Cl^-)،النتريت NO_2^-) 58
6.2.2.1. القساوة (TH) 59
7.2.2.1. القلوية (TAC) 59
2. مقارنة بين الخصائص الفيزيوكيميائية لسد الشافية وسد ماكسة 60
1.2. الرقم الهيدروجيني (pH) 60

2.2. درجة الحرارة T(°C) 60
3.2. الناقلية الكهربائية (CE) 61
4.2. درجة العكارة (Tm) 61
5.2. أيونات الكلوريد (Cl^-) 62
6.2. أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) 62
7.2. أيونات المغنزيوم (Mg^{2+}) 63
8.2. النتريت (NO_2^-) 63
9.2. القساوة (TH) 64
10.2. القلوية (TAC) 64
الخاتمة
الملخص
قائمة المراجع

القوائم

قائمة الأشكال:

الرقم	العنوان	الصفحة
01	التركيب الكيميائي لجزيء الماء	1
02	الروابط الهيدروجينية لجزيء الماء	1
03	الحالات الفيزيائية للماء	1
04	دورة المياه في الطبيعة	3
05	صورة توضح استخدام المياه في غسل الملابس	5
06	صورة توضح استخدام المياه في الزراعة	5
07	صورة توضح مصادر تلوث المياه الجوفية	26
08	مخطط يوضح أنواع السدود الخرسانية (السدود الصلبة)	32
09	مخطط يوضح أنواع السدود الردمية (السدود المرنة)	32
10	صورة توضح سد ترابي متجانس	33
11	صورة توضح سد ذو نواة مركزية	34
12	صورة توضح سد ترابي ذو قناع علوي	34
13	صورة توضح موقع سد ماكسة بالنسبة لبحيرة اوبيرا والبحر الأبيض المتوسط	39
14	صورة قمر صناعي توضح موقع سد الشافية والمنطقة المحيطة به	40
15	صورة توضح سد الشافية	40
16	صورة قمر صناعي توضح موقع سد ماكسة والمناطق المحيطة به	42
17	صورة توضح سد ماكسة	42
18	صورة توضح طريقة آخذ عينة من مياه سد	44
19	صورة توضح جهازpH metre	44
20	صورة توضح جهاز متعدد القياسات(pH , T° , Cond)	45
21	صورة توضح جهاز قياس الناقلية Conductivimetre	45
22	صورة توضح جهاز Turbidimètre	46
23	صورة توضح كيفية تحديد TAC	46
24	صورة توضح كيفية الكشف عن ايونات المغنزيوم والكالسيوم	48
25	صورة توضح اختبار شوارد الحديد في الماء	49
26	صورة توضح جهاز الطيف الضوئي	50
27	يوضح جهاز قياس الكلور	51
28	صورة توضح تجربة طلب الكلور	51
29	منحنى بياني يمثل تغيرات قيم pH لسد الشافية	53
30	منحنى بياني يمثل تغيرات قيم درجة الحرارة لسد الشافية	53
31	تمثيل بياني لتغيرات قيم الناقلية الكهربائية لسد الشافية	54

32	منحنى بياني يوضح تغيرات قيم العكارة لسد الشافية	54
33	منحنى بياني يوضح تغيرات تراكيز أيونات Ca^{2+}، Mg^{2+}، Cl^-، NO_2^- لسد الشافية	55
34	منحنى بياني لتغيرات قيم القساوة لسد الشافية	55
35	منحنى بياني يمثل تغيرات قيم القلوية لسد الشافية	56
36	منحنى بياني يوضح تغيرات قيم pH لسد ماكسة	56
37	منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة لسد ماكسة	57
38	تمثيل بياني لقيم الناقلية الكهربائية لسد ماكسة	57
39	منحنى بياني يوضح تغيرات قيم العكارة لسد ماكسة	57
40	منحنى بياني يوضح تغيرات تراكيز أيونات □Ca^{2}، □Mg^{2}، Cl^-، □NO لسد ماكسة	58
41	منحنى بياني يمثل تغيرات قيم القساوة لسد ماكسة	58
42	منحنى بياني يوضح تغيرات قيم القلوية لسد ماكسة	59
43	مخطط أعمدة بيانية يوضح مقارنة نتائج قيم pH بين السدين	59
44	مخطط أعمدة بيانية يوضح مقارنة نتائج درجة الحرارة للسدين	60
45	مخطط أعمدة بيانية يمثل مقارنة نتائج الناقلية الكهربائيةللسدين	60
46	مخططأعمدة بيانيةيبين مقارنة نتائج قيم العكارة للسدين	61
47	مخطط أعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة تراكيز الكلوريد في السدين	61
48	مخطط أعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة قيم أيونات الكالسيوم للسدين	62
49	مخططأعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة قيم أيونات المغنزيوم للسدين	62
50	مخطط أعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة قيم أيونات الكالسيوم للسدين	63
51	مخطط أعمدة بيانيةيوضح نتائج مقارنة قيم القساوةللسدين	63
52	مخطط أعمدة بيانيةيوضح نتائج مقارنة قيم القلوية	64

قائمة الجداول:

الرقم	العنوان	الصفحة
01	توزع المياه العذبة في العالم	1
02	الفئات الرئيسية لنوعية المياه في المصادر المائية	6
03	حجم مصادر المياه العذبة السائلة في العالم	9
04	يمثل أهم الفروقات بين المياه السطحية والمياه الجوفية	10
05	تصنيف المياه حسب درجة الحموضة	14
06	تصنيف المياه حسب الناقلية الكهربائية	15
07	تصنيف المياه بناءً على العكارة	15
08	تصنيف المياه حسب البقايا الجافة	17
09	تصنيف المياه حسب الصلادة	20
10	ملوثات المياه الجوفية الشائعة ومصادر التلوث	27
11	يمثل الخصائص الجيومترية لسد الشافية	41
12	يمثل الخصائص الهيدرولوجية لسد الشافية	41
13	الخصائص التقنية لسد ماكسة	43
14	مقارنة نتائج الخصائص الفيزيوكيميائية لسدي الشافية وماكسة 2024-2025 مع المعايير الوطنية والدولية	52

قائمة الاختصارات باللغة الأجنبية:

ADE	Algériennes des Eaux
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANB	Agence Nationale des Barrages
Avr	Avril
°C	degré Celsius
CE	Conductivité électrique
DBO5	La demande biochimique en oxygène (DBO5)
DCO	La demande chimique en oxygène
Déc	Décembre
DpD	N,N-diethyl-p-phenylenediamine
EDTA	Acide Ethylène Diamin Tetracétique
F°	degrés Fahrenheit
Fév	Février
Jan	Janvier
MES	Les matières en suspension
Mg/L	Milligramme par Litre.
NA	Norme Algerienne
Nov	Novembre
NTU	Néphlometric Turbidity Unit
OD	Oxygène dissous
OMS	Organisation Mondial de la Santé
PH	Potentiel d'hydrogène
RS	Résidus sec
T°	Température
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TH	Titre Hydrométrique
Tm	Turbidité
V	Volume
µS /cm	Micro Siemens par centimeter

قائمة الاختصارات باللغة العربية:

الاختصار	الاسم الكامل
كلم ^{3}	كيلومتر مكعب
م3	متر مكعب
ملم	ميليمتر
كلم	كيلومتر
سم	سنتمتر
ميكروسيمنس/سم	ميكرو سيمنس على السنتمتر
مل	ميليمتر
ملغ/ل	ميليغرام/ل
°م	درجة مئوية

المقدمة

المقدمة

تعد الموارد المائية من أهم الثروات الطبيعية على سطح الأرض، إذ تمثل عنصرا حيويا لا غنى عنه في جميع مجالات الحياة، سواء للشرب أو الزراعة أو الصناعة، وبالرغم من أن المياه تغطي أكثر من 70% من سطح الكرة الأرضية، فإن نسبة المياه العذبة القابلة للاستغلال لا تتجاوز 2.5%، مما يجعلها موردا نادرا ذو أهمية استراتيجية كبيرة خصوصا في ظل التغيرات المناخية والنمو السكاني المتزايد في السنوات الأخيرة.

تواجه الجزائر شحا في الموارد المائية وتحديات عديدة تتعلق بالتوزيع الجغرافي غير المتوازن لهذه الموارد وتذبذب التساقطات المطرية، إضافة إلى الضغط المتزايد الناتج عن الاستخدامات المختلفة، مما يدفع الدولة إلى تنويع مصادر تعبئة المياه، وتشمل هذه المصادر: مياه السدود، مياه الأمطار، المياه الجوفية، ومؤخرا محطات تحلية مياه البحر.

تعد السدود من أهم موارد المياه السطحية العذبة في البلاد، حيث تحتل مكانة استراتيجية باعتبارها منشآت حيوية تستخدم لتخزين وتوفير المياه لأغراض متعددة، من بينها تأمين حاجيات السكان من مياه الشرب والري. ولهذا، يستوجب إخضاعها لمراقبة دورية تضمن استدامة نوعية المياه وخلوها من الشوائب والملوثات، التي قد تؤثر سلبا على الصحة العامة والبيئة.

قد تحتوي هذه المياه على عناصر متنوعة من طبيعة فيزيائية وكيميائية (مثل الأملاح المعدنية، المواد العالقة الملوثات العضوية وغير العضوية)، وأخرى ذات طبيعة بيولوجية (مثل البكتيريا، الفيروسات، الطفيليات...)، ويمكن أن تؤدي هذه العناصر إلى تدهور جودة المياه من حيث خصائصها الحسية (الطعم والرائحة)، إضافة إلى خصائصها الفيزيائية والكيميائية(درجة الحموضة، العكارة، نسبة الأكسجين المذاب...). لذلك، من الضروري تحديد تركيبة هذه المياه بدقة، من أجل معرفة المعايير التي يجب تصحيحها واختيار المعالجة المناسبة لها **(Beaudry, 1984)** في هذا السياق، يهدف عملنا إلى دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه السدود في الجزائر(سد الشافية وسد ماكسة).

تعد ولاية الطارف من أغنى الولايات الجزائرية من حيث الموارد المائية، إذ تتميز بشبكة هيدروليكية متنوعة ومتكاملة تشمل السدود، الأودية، البحيرات، والمياه الجوفية، إضافة إلى شريط ساحلي يمتد على مسافة معتبرة. وتحتل الولاية المرتبة الثانية وطنيا من حيث معدل تساقط الأمطار، مما يجعلها منطقة غنية بالمصادر المائية السطحية والجوفية.

تعرف الطارف أيضا بمناطقها الرطبة ذات الأهمية البيئية والدولية، التي تقع بشكل رئيسي داخل الحظيرة الوطنية للقالة. وتضم هذه الحظيرة العديد من البحيرات الطبيعية البارزة، مثل بحيرة الأوبيرا، بحيرة طنقة، بحيرة الملاح (وهي بحيرة ساحلية تتصل مباشرة بالبحر)، وبحيرة الطيور.تلعب هذه الأنظمة البيئية المائية دورا أساسيا في الحفاظ على التنوع البيولوجي وتنظيم الموارد المائية. كما أنها تعد مصدرا هاما للمياه العذبة، مما يجعل المنطقة مناسبة لبناء العديد من السدود نظرا لوفرة الشبكات المائية من السلاسل الجبلية، وهذه هي الشروط الأكثر أهمية لبناء السدود بعد جودة التربة. كما لها القدرة على تخزين المياه في فترات الوفرة لاستخدامها لاحقا في أوقات الشح.

وتكمن أهمية هذه الموارد في كونها تمثل المصدر الرئيسي لتزويد السكان بالمياه الصالحة للشرب، إلى جانب استخدامها في الري الفلاحي، ودعم الأنشطة الاقتصادية والسياحية المحلية.

تضم الولاية عدة منشآت مائية كبرى من بينها **سد الشافية وسد ماكسة**، اللذان يلعبان دورا محوريا في تأمين احتياجات كل من ولاية الطارف وعنابة من المياه العذبة الموجهة للاستهلاك البشري، لا سيما في ظل التغيرات المناخية وتذبذب التساقطات المطرية.

في إطار تحديد جودة مياه كل من سد الشافية وسد ماكسة ومدى مطابقتها للمعايير الوطنية والدولية، قمنا بدراسة بعض المؤشرات الفيزيوكيميائية لكل من سد الشافية وسد ماكسة، خلال الفترة الممتدة من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل من سنة 2024 -2025.

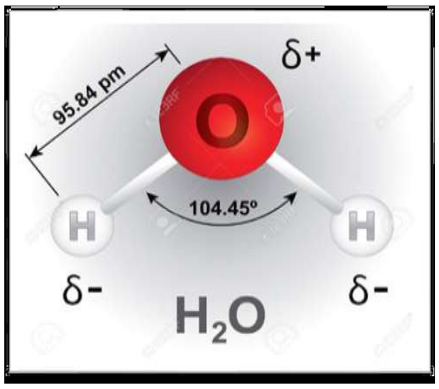
الفصل الأول:
عموميات حول المياه

1. تعريف الماء:

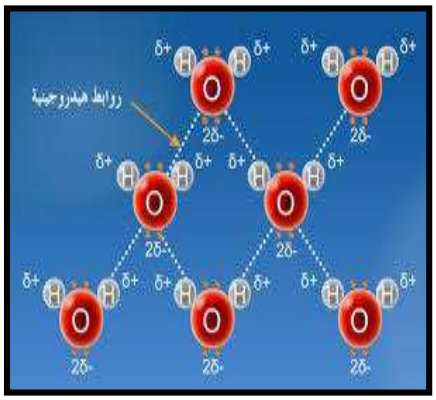
الماء عبارة عن مادة عديمة اللون والرائحة والطعم وهو ضروري للحياة وأساس وجود الكائنات الحية، صيغته الكيميائية H_2O، يتكون فقط من ذرتين هيدروجين مرتبطتين بذرة أكسجين.من الناحية البيولوجية يعتبر الماء من أهم مكونات الخلية، و يمثل المحلول الأكثر تواجدا في معظم المواد الحيوانية،النباتية والكائنات الدقيقة كما يدخل الماء الحر في جميع التفاعلات الأيضية في الخلايا **(Pooja .A ,2017).**

2. تركيب جزيء الماء:

يتكون جزيء الماء من ذرتين من الهيدروجين رمزها الكيميائي H وذرة أكسجين واحدة رمزها الكيميائي O مرتبطة بواسطة رابطتين تساهميتين بسيطتين، تشكلان زاوية مقدارها 104.5° وتبلغ المسافة بين ذرة الأكسجين O وذرة الهيدروجينHpm 95.84 .الروابط بين جزيئات الماء تسمى الروابط الهيدروجينية (وهي روابط تساهمية ضعيفة جدا) **(Oumou Samba.G, 2012)**. جزيء الماء متعادل كهربائيا، ويتمتع بعزم ثنائي قطبي مرتفع (D1.85)، وذلك بسبب الكهربائية السالبة العالية لذرة الأكسجين يساعد هذا الاستقطاب في تفسير سبب توصيل الماء للتيار الكهربائي وغيره من الخصائص**(Merzoug.R, 2022).**



الشكل(1):التركيب الكيميائي لجزيء الماء.

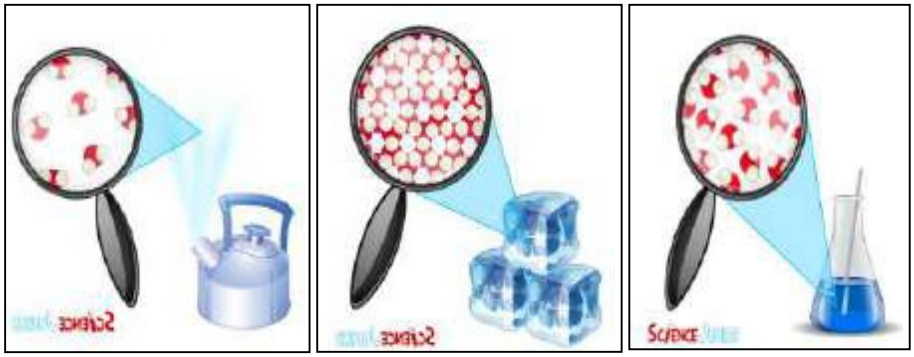


الشكل (2):الروابط الهيدروجينية لجزيء الماء

(الضب. ش،2020).

3. الحالات الفيزيائية للماء:

يتواجد الماء في الطبيعة في ثلاث حالات (الشكل 03) تتمثل في:



الحالة السائلة الحالة الصلبة الحالة الغازية

الشكل (03): الحالات الفيزيائية للماء **(www.sciencejunior.fr).**

- **الحالة الصلبة:** يكون الماء في هذه الحالة على هيئة ثلج أو جليد، كما تكون درجة حرارته أقل من صفر درجة مئوية.
- **الحالة السائلة:** وذلك عند الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة. تتراوح درجة حرارته بين °0 ودرجة الغليان °100.
- **الحالة الغازية:** تتشكل عند نقطة الغليان °100فيصبح بخار**(Leik. G, 1993)**.

4.دورة المياه في الطبيعة:

تعتبر المياه من أهم المصادر الطبيعية وتكون في حالة حركة وتحول من صورة فيزيائية لأخرى، حيث تنتقل عبر الحالات الثلاث للمادة، وهي السائلة والصلبة والغازية في دورة مستمرة غير محدودة ومغلقة عبر الغلاف الجوي وباطن الأرض وسطحها، يتمثل مجال الدورة المائية في الغلاف المائي للكرة الأرضية الممتد فوق مستوى سطح البحر بمسافة15 كلم، وتحت مستوى سطح الأرض بمسافة متوسطها 1 كلم. تعرف دورة المياه أيضا الدورة الهيدرولوجية وهي أحد أهم الدورات البيوجيوكيميائية الحيوية، وتتكون من سلسلة من المراحل والعمليات التي تتغير خلالها حالة الماء والمتمثلة فيما يلي:

1.4.التبخر:

يتم فقدان كميات من المياه عن طريق التبخر تقدر بـ 13,7% تقريبا من مجمل المياه المتبخرة من الكرة الأرضية إذ تقوم الأشعة الشمسية بتبخير حوالي 3 مليار من ماء المسطحات المائية في الدقيقة، يتصاعد بخار الماء إلى الغلاف الغازي وينتقل إلى أماكن مختلفة بفعل التيارات الهوائية وتساهم الأنشطة البشرية المختلفة في تبخر كميات هائلة من المياه، فمثلا تقوم محطات توليد الطاقة الكهربائية التقليدية والنووية باستعمال المياه في أغراض التبريد فتتبخر كميات كبيرة من المياه **(مزاهرة.س، 2010).**

وتتدخل الكائنات الحية بنوعيها في هذه العملية الحيوانية من خلال التعرق والنباتية من خلال النتح حيث تفقد كميات من المياه، يتم طرحها من مسام أوراق النباتات الطبيعية والمحاصيل المتنوعة وانطلاقها في الغلاف الجوي، على سبيل المثال كمية المياه المتبخرة من ساق ذرة كاملة النمو تقدر بحوالي 10 أرطال في اليوم **(الزروكة.م، 1998)**.

2.4.التكاثف:

تحدث هذه المرحلة من دورة المياه بفضل تأثير التيارات الهوائية، التي تسهل حركة الماء في الغلاف الجوي وفي اتجاهات مختلفة. عندما يصل بخار الماء إلى ارتفاعات أعلى، فإن درجات الحرارة المنخفضة تسمح له بالتكاثف.ويعود إلى الحالة السائلة، مكونا قطرات الماء التي تتراكم في السحب التي تحتوي بدورها على المزيد من قطرات الماء، فيصبح لونها أكثر قتامة.

3.4.التساقط:

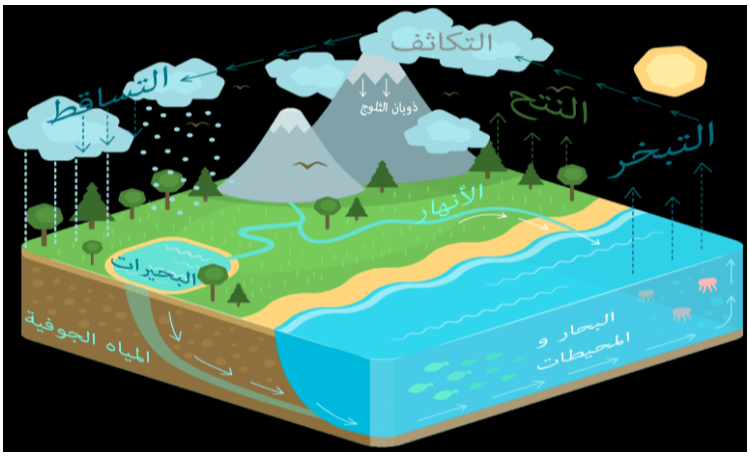
في هذه المرحلة من دورة المياه، يمكن أن تكون القطرات الموجودة في السحب كبيرة وثقيلة، مما يؤدي إلى كسر توازنها وهطول الأمطار بشكل عام، تسقط المياه على شكل قطرات سائلة قادمة من السحب، ولكن في بعض المناطق التي تكون فيها درجات الحرارة أقل بكثير، يمكن أن تسقط بأشكال صلبة أو شبه صلبة مثل البرد، الندى أو الثلج.

4.4.التسرب:

وهو جزء آخر من دورة المياه، حيث تصل المياه إلى سطح الأرض جزء من منها يستخدم لتغذية المحيطات وغيرها من المسطحات المائية، بينما يستخدم الجزء الآخر مباشرة من قبل الكائنات الحية، المياه التي تصل إلى سطح الأرض تتسرب وتصبح مياه جوفية، كمية المياه التي تتسرب تعتمد على عدة عوامل مثل: الميل، نفاذية التربة، والتغطية النباتية للمنطقة، يمكن أن تتبخر المياه المتسربة في الغلاف الجوي أو تدمج في كتل مائية سطحية مختلفة **(Aellaoui, 2015).**

5.4. الجريان السطحي:

يعرف بأنه كمية الأمطار التي تزيد عن قدرة امتصاص التربة نتيجة استمرار وزيادة كمية الأمطار عن معدلات التسرب والتبخر أي بعد وصول التربة إلى مرحلة ما بعد الإشباع حيث يبدأ الماء بالجريان على سطح الأرض تبعا لدرجة انحدار السطح إلى أن تصل المياه إلى أحد المجاري المائية فيصبح جزءا منه ويمكن حساب معدل الجريان السطحي لمياه الأمطار في أي إقليم من أقاليم العالم بإيجاد الفرق بين كميات التساقط ومعدلات التبخر الإجمالية التي تشمل التبخر، النتح اعتراض النباتات **(حسن،1999).**



الشكل (04): يوضح دورة المياه في الطبيعة **(www.sciencejunior.fr).**

5. توزيع الماء:

1.5.توزيع المياه في العالم:

تبدو الأرض من الفضاء كرة زرقاء مغطاة بالماء، وتتناثر فيها هنا وهناك بعض الجزر الكبيرة والصغيرة، وتقدر كمية المياه فيها نحو 1.973 مليار كيلو متر مكعب. وتمثل المياه المالحة نحو 97 % من حجم المياه الكلي وتوجد في البحار والمحيطات والبحيرات والممرات المائية، أما المياه العذبة فتمثل الجزء الباقي الذي يصل إلى 3%ويتركز هذا النوع في الأنهار والبرك وبعض البحيرات وباطن الأرض من مياه جوفية ومياه معدنية حارة، وتشكل الجبال الجليدية في المناطق القطبية الجزء الأكبر من المياه العذبة المتاحة لاستعمالات الإنسان التي تمثل 1,6% تقريباً من حجم المياه الكلي وهذه النسبة ليست ثابتة خاصة مع ارتفاع نسبة الأملاح المتزايدة في البحيرات والمسطحات المائية العذبة المغلقة أو شبه المغلقة أي التي تتصل مياهها مع مياه البحار المالحة من جانب واحد. وتوجد أربعة محيطات على سطح الكرة الأرضية هي المحيط الهادي، الأطلسي، الهندي والمحيط المتجمد الشمالي وبالإضافة إلى هذه المحيطات توجد مسطحات مائية مالحة مثل البحار والخلجان والمضايق والممرات وغيرها، وحركة المياه في البحار والمحيطات تعود إلى عمليتي المد والجزر وحركة الأمواج والتيارات المائية والسطحية والعميقة نتيجة لاختلافات درجات الحرارة والتغيرات المناخية على سطح الكرة الأرضية. لا تتوزع المياه بشكل متساوي على سطح الكرة الأرضية على غرار توزع السكان نتيجة لذلك، وعلى

الرغم من وجود كميات كافية من المياه على الصعيد العالمي تكفي السكان جميعا، نلاحظ أن بعض سكان الأرض لا سيما في إفريقيا يفتقرون إلى المياه افتقارا شديدا،بحيث أن المياه العذبة لا تشكل إلا جزءا بسيطا من المياه المتوافرة.تشكل نسبة المياه العذبة أقل من 4%من حجم المياه على سطح الأرض، أي ما يعادل 70137000 كلم^3.

2.5. توزع المياه العذبة في العالم:

تتواجد المياه في الكرة الأرضية بكميات هائلة من الصعب حصرها، وتشكل المياه المالحة الجزء الأكبر بينما لا تشكل المياه العذبة إلا الجزء القليل جدا، ولا شك أن لها الأهمية الكبرى في حياة الإنسان، إلا أنها تشكل حوالي 0,62% فقط من مياه الكرة الأرضية، ونصف هذه النسبة لا يتم الحصول عليها بطريقة سهلة لكونها تقع على عمق يزيد عن 800 متر من سطح الأرض **(منعم.ز، 2015).**

الجدول01: توزع المياه العذبة في العالم **(محمد الزروكة، 1998)**.

الموقع	النسبة الكلية للمياه (%)
بحيرات المياه العذبة والأنهار ومياه التربة والماء الجوفي	0.62
البحيرات المالحة والبحار الداخلية	0.008
الغلاف الجوي	0.001
المياه المتجمدة القطبية والجليد	2.1
البحار والمحيطات	97.25

6.أهمية المياه:

الماء هو أحد أهم الموارد الطبيعية الأساسية التي لا غنى عنها للحياة على كوكب الأرض، يشكل الماء حوالي 70% من سطح الأرض ويعتبر عنصرا حيويا لجميع الكائنات الحية، حيث يمثل المكون الرئيسي لجميع هذه الكائنات (البكتيريا الفطريات، النباتات، الأشجار، الحيوانات والبشر)، عند الأحياء الراقية مثلا الإنسان يتكون في متوسطه من 70% ماء بينما تحتوي الأحياء الدنيا قناديل البحر على سبيل المثال على أكثر من 90 % ماء. إضافة لكونه عنصر أساسي في الحياة، يلعب الماء أيضا دور الناقل، المذيب، المكون، والمادة الخام وبفضل خواصه الفيزيائية، فهو المادة الأكثر استخداما على نطاق واسع في صناعة الأغذية (يستخدم في تكوين المنتجات، التعقيم، الحفظ الطهي والتبريد إلخ) خصائصه الاستثنائية جعلته ضروري لجميع الأنشطة البشرية، وعلاوة على ذلك فقد تكثفت استخداماته وزادت كميات المياه التي يستخدمها الإنسان عشرة أضعاف منذ بداية القرن العشرين **(Defrance, 1996)** نذكر منها ما يلي:

1.6.الأنشطة الحياتية المختلفة:

يستعمل الماء في جميع الأنشطة التي تنظم حياتنا اليومية النظافة، الغسيل، الاستحمام، التخلص من النفايات يتم تزويد المنازل بالماء الصالح للشرب أو الغير صالح للشرب بطريقتين، إما عبر شبكة تمديدات المياه العامة التابعة لإدارة البلديات، أو عبر تمديدات خاصة، حيث يقوم البعض بسحب الماء من الآبار، أو بتجميع ماء الأمطار في خزانات أرضية.متوسط كمية المياه باللترات اللازمة لـ:

- الشرب تتراوح من 2 إلى 3 لترات.
- الاستحمام بين 50 إلى 150 لترا.
- غسيل الملابس 50إلى 80 لترا.

- غسيل الأواني 10إلى 15 لترا **(Merzoug, 2022).**

الشكل (05): صورة توضح استخدام المياه في غسل الملابس **(Merzoug, 2022).**

2.6. الزراعة:

الزراعة هي النشاط البشري الأكثر استهلاكا للمياه حيث تمثل في المتوسط 70%، من الاستهلاك العالمي تختلف هذه النسبة حسب البلدان، المناخات، أنواع المحاصيل، تقنيات الري، إلخ يستهلك ري المزروعات فقط ما يقارب 65% من إجمالي سحب الماء العذب في العالم باستثناء كميات الماء المستهلكة في إنتاج الطاقة الكهروحرارية، ومن أهم مصادر الماء الزراعية هي الماء السطحي مياه الأنهار الوديان الأمطار المياه الجوفية الآبار لا يقتصر استخدام الماء على عملية ري المزروعات فقط، إنما يستخدم في صناعة مبيدات الآفات والأسمدة الزراعية وخفض درجة حرارة المحاصيل**(Merzoug, 2022).**

الشكل (06): صورة توضح استخدام المياه في الزراعة **(Mouzong, 2022).**

3.6. الصناعة:

غالبا ما يكون وجود مورد مياه وفير وجيد النوعية عاملا أساسيا في اختيار مواقع المصانع التي يفضل أن تكون قريبة من المجاري المائية. يمثل استهلاك المياه في الصناعة حوالي 20% من الاستهلاك العالمي، تختلف هذه النسبة من بلد إلى آخر ومن قطاع إلى آخر، لا يتم استهلاك كل المياه التي تستخدمها الصناعة، فقد يتم تصريفها في بعض الأحيان إلى

البيئة بعد الانتهاء من استعمالها تعد صناعات التحويل أكثر أنواع الصناعات استهلاكا للمياه، الجودة المطلوبة للمياه الصناعية تعتمد على النشاط، فمثلا تحتاج الصناعات الغذائية إلى مياه صالحة للشرب، بينما تتطلب الصناعات والطبية والتكنولوجيا الحيوية مياه ذات جودة أعلى **(Merzoug, 2022).**

جدول (02): الفئات الرئيسية لنوعية المياه في المصادر المائية **(Mouzong, 2022).**

الوصف	الفئة	الاستخدامات والصلاحية
نوعية عالية الجودة	01	مياه نقية تستخدم للشرب وبقية الاستخدامات، مثل: مياه الينابيع الجبلية.
نوعية حسنة الجودة	02	مياه نقية بدرجة أدنى من الفئة 01، تستخدم بعد عملية تصفية وتعقيم بسيطة.
نوعية معتدلة الجودة	03	مياه تحتوي على ملوثات غير سامة تزال بتصفية متقدمة وتستخدم للري وتربية الأسماك.
نوعية ضعيفة الجودة	04	مياه ملوثة بنوع واحد أو أكثر من الملوثات، تعالج وتستخدم لبعض الأغراض الصناعية.
نوعية رديئة الجودة	05	مياه ملوثة بعدة ملوثات خطيرة أو سامة.

7. مصادر المياه:

تمثل المياه حوالي 70% من كوكب الأرض، أي حوالي 1.4 مليار كيلومتر مكعب لهذا السبب يطلق على الأرض اسم الكوكب الأزرق، المياه المالحة تمثل97% من إجمالي مياه الكرة الأرضية حيث أن جزء كبير منها موجود في المحيطات و3% فقط منها تشكل مياه عذبة **(Graini.L,2011)** .وللحصول على المياه هناك ثلاثة مصادر رئيسية تتمثل في مياه الأمطار، المياه السطحية (الأنهار، البرك والبحيرات...) والمياه الجوفية.

1.7. مياه الأمطار:

تعد مياه الأمطار والثلوج المصدر الرئيسي لكل الموارد المائية العذبة،وتختلف معدلاتها من فصلا لأخر ومن منطقة لأخرى، ويمكن استعمال هذه المياه بعد تنقيتها من الأتربة والمواد العالقة ومعالجتها، ولاستعمال هذه المياه بطريقة مباشرة لابد من توفير سدود وأحواض لاستقبالها وتخزينها بطريقة ملائمة تحافظ عليها من التدفق ومن مصادر التلوث وتتم دراسة معدلات سقوط مياه الأمطار على مدار السنة لكل منطقة ودراسة تكاليف تجميعها ومعالجتها. تحتوي مياه الأمطار على تراكيز قليلة من عناصر عديدة ناتجة عن إذابة الجسيمات المنتشرة في الهواء والتي تنتج من توازن فيزيائي-كيميائي لمياه الأمطار مع الغازات الجوية من بينها(الهيدروجين،المغنزيوم، الأمونيا، الكالسيوم، الحديد المنغنيز)**(محمد. ع).** تكون مياه الأمطار نقية من الناحية الميكروبيولوجية، ولكن من الناحية الكيميائية، غالبا ما تفتقر إلى بعض العناصر الأساسية مثل الصوديوم، المغنيسيوم. **(Bouguetit, 2015).**

2.7. المياه السطحية:

يطلق مصطلح المياه السطحية على المياه الجارية أو المستقرة على سطح الأرض والتي تشمل مياه الوديان الأنهار المحيطات،البحار،البحيرات، الخزانات والبرك، ومقارنة مع المياه الجوفية فإنها أكثر عرضة للتلوث،فالجريان السطحي للمياه يأخذ معه كل الملوثات السطحية بالإضافة إلى التفريغ المباشر للملوثات في المسطحات المائية مما يجعلها غالبا غير صالحة للاستعمال في غياب معالجة مسبقة**(محمد.ع)**.تعتمد التركيبة الكيميائية للمياه السطحية على طبيعة الأراضي التي تمر بها خلال مسارها في جميع أحواض التصريف، حيث تقوم المياه بإذابة جميع العناصر المكونة للتربة ومن خلال

التبادل عند سطح المياه والغلاف الجوي، تتشبع بالغازات الذائبة مثل:(N_2،O_2،CO_2) **(Sari, 2014)**. وتؤثر عدة عوامل على كمية ونوعية المياه ومن بين هذه العوامل شدة تساقط الأمطار بالمنطقة وكثافتها وفترتها، ومقدار الجريان السطحي،تضاريس الموقع الجغرافي وطوبوغرافيته، عوامل الطقس والمناخ، وخواص الحوض الساكب احتمالات التلوث، مدى إتقان التنقية المستدامة، الإمكانيات المحلية المتاحة، وفعالية التشريعات والمعايير الضابطة للاستغلال المحلي والإقليمي، والاتفاقيات الثنائية أو المشتركة والبروتوكولات الموقعة، والإدارة المتكاملة لموارد المياه **(عصام. وآخرون،2016).**

1.2.7. تقسيم المياه السطحية:

يمكن تقسيمها حسب ملوحتها إلى مجموعتين رئيسيتين:

- **المياه السطحية المالحة:** وتتمثل في مياه البحار والمحيطات حيث أنها المصدر الرئيسي للمياه المالحة، كما أنها تحتوي على تراكيز عالية من الأملاح المعدنية المنحلة.
- **المياه السطحية العذبة:** وهي المياه التي تحتوي على تراكيز منخفضة أو معدومة من الأملاح المعدنية المنحلة، كما تعتبر الأنهار والأمطار المصدر الرئيسي لها **(عساف. هـ ،2007).**

وتبقى الشكوك قائمة حول سلامة المياه السطحية العذبة بالنسبة للمستهلك فقد تنقل الأوبئة من منطقة لأخرى ويمكن أن تتلوث أيضا جراء العمران والصناعات والفلاحة ومن خلال رمي النفايات الحضرية في مجاري المياه لتشكل خطرا على صحة الإنسان، ويمكن أن تصيبها ملوثات حديثة كالمبيدات الفلاحية والأسمدة **(الكايد.م،2013).**

2.2.7. الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية في الجزائر:

المياه في الجزائر في طريقها بأن تصبح نادرة بشكل متزايد وصعبة التجديد، وبالتالي إدارتها بطريقة عقلانية أصبح أمر ضروري، الوضع الحالي يستوجب الاهتمام بتأثيرات جودة المياه على النظم البيئية الطبيعية وبشكل خاص على الصحة العامة، ومن الضروري حماية موارد المياه التي أصبحت محدودة بشكل متزايد، بشكل فعال من أي ملوثات والعمل على معالجتها لإنتاج مياه تتوافق مع المعايير البيولوجية والفيزيائية والكيميائية الخاصة بصلاحية الشرب **(Achours, 2001)** وفقا للدراسات، فإن 44% من المياه المسجلة تتمتع بجودة جيدة، و44% بجودة مقبولة و12% بجودة منخفضة **(Banque Mondiale, FAO, AFD, 2003)**.

تعتبر البيئة الجيولوجية لحوض التصريف العامل الرئيسي المؤثر على جودة المياه ومستوى العناصر السامة فيها فالمياه المتساقطة تزداد تلوثا خلال جريانها واحتكاكها بالتربة السطحية، إن وجود الصخور الكربونية والصخور المالحة أو المتبخرة على سطح حوض التصريف يؤدي إلى تدهور جودة المياه وقد يؤثر على خصائصها الكيميائية.

3.7. المياه الجوفية:

المياه التي لا تتبخر ولا تعود إلى البحر عن طريق الجريان السطحي تتسرب إلى التربة وتتجمع فيها لتشكل المياه الجوفية **(Goudjil. M, 2011)**، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض وتملأ كل أو بعض الفراغات الموجودة في التكوينات الصخرية وهي في الأصل جزء من مياه الأمطار أو مياه الأنهار أو المياه الناتجة عن انصهار الجليد التي تتسرب داخل الأرض مكونة طبقة من المياه الجوفية، وقدر بعض الباحثين كمية المياه الجوفية المتسربة في الطبقات الأرضية بأنها تعاد لطبقة من المياه تغطي الكرة الأرضية بسمك تقريبي يتراوح بين 200 إلى 600 قدم تقريبا. تعد المياه الجوفية من أهم مصادرالمياه العذبة في العالم وأوسعها انتشارا وأكبرهاحجما، حيث يقدر حجم هذه المياه في العالم بحوالي 845000 كلم

وهومايكون22,6% من مجموع حجم المياه العذبة على سطح الأرض (37,3 مليون كم^3) **(محمد الزوكة، 1998).** تكون بشكل عام صافية وعديمة اللون وتحتوي على نسبة منخفضة من المعادن ولا تحتوي على كائنات دقيقة خطيرة. وهي صالحة للشرب بدرجات متفاوتة حسب طبيعة التربة والعمق وبالتالي فهي ذات جودة فيزيائية، كيميائية وميكروبيولوجية جيدة مقارنة بالمياه السطحية **(Dégremont, 1978)**، يمكن التمييز بين مستويين رئيسيين للمياه الجوفيةهما:

- **المياه الجوفية غير البعيدة عن سطح الأرض:** وهي التي توجد طبقاتهاعلى أعماق لاتتجاوز 2600 قدم (792m) تقريباعن سطح الأرض، وتبلغ كميتها000 3740 كلم^3، وهومايعادل 44,3%من جملة حجم المياه الجوفية في العالم.
- **المياه الجوفية البعيدة عن سطح الأرض :**وهي التي توجد طبقاتهاعلى أعماق تتراوح من 2600 قدم وأكثرمن 13 ألف قدم (3962 مترا)، وتقدر كميتها بحوالي 4710 ألف كلم^3، وهو ما يعادل 55,7% من جملة حجم المياه الجوفية في العالم **(محمدالزوكة ، 1998).**

1.3.7. تقسيم المياه الجوفية:

يمكن تقسيمها إلى ثلاثة مجموعات رئيسية:

- **مياه جوفية مالحة:** المياه التي تسربت من المسطحات البحرية والمحيطية عبرالكتل الأرضية.
- **مياه جوفية عذبة:** مصدرها مياه المجاري النهرية الأمطار المتساقطة والثلوج الذائبة إن المياه الجوفية العذبة يمكن أن تصل إلى السطح بطرق متعددة منها الآبار والينابيع حيث تعتبرمن أهم المصادر للحصول على المياه العذبة **(أيمن،2015)**.
- **مياه جوفية تتراوح بين العذبة والمالحة:** المياه المختزنة في التكوينات الرسوبية المسامية **(محمدالزوركة، 1998).**

2.3.7. أصل المياه الجوفية:

يعود أصل المياه الجوفية إلى المياه السطحية، سواءكانت:

- مياه الأمطار: ترشحت عبرالتربة إلى الطبقات الصخرية ضمن تكوينات القشرة الأرضية.
- مياه الثلوج : التي تتساقط في فصل الشتاء والتي تتميز بالذوبان التدريجي حيث تعطي الوقت الكافي لتسرب مياهها إلى داخل القشرة الأرضية.
- من تسرب مياه الأنهارعلى طول المجاري النهرية أومن ماء البحيرات.
- مياه الري الزائدة.
- مياه البحار والمحيطات.
- حقن الآبار الجوفية، يعتبر مصدر اصطناعي حيث بدأت حديثا عملية تزويد الطبقات الجوفية بمياه الفيضانات عن طريق الحقن **(حسن، 1999)**.

3.3.7. الطبقات الحاملة للمياه الجوفية:

- **الطبقة الحاملة للمياه الغير محصورة (الحرة):** هي الطبقة المائية الأولى التي نجدهاعندما نقوم بعملية حفرالآبارتكون فيها المياه الجوفية محدودة من الأعلى بطبقة نفوذه ومحدودة من الأسفل بطبقة غير نفوذه تتغذى مباشرة من تسرب مياه الجريان السطحي.
- **الطبقة الحاملة للمياه المحصورة:** تكون فيها المياه الجوفية محصورة بين طبقتين كتيمتين (غير نفوذة) تحت ضغط أكبرمن الضغط الجوي**(عصام وآخرون، 2016)**. ولا يمكن تغذيتها إلا من مناطق محدودة من النتوءات أو عن طريق

الاتصالات الجوفية، في الصحاري تعتبر هذه الطبقات مناجم مياه جوفية مستنفدة وغير متجددة أي أنها لم تعد تتلقى أي تسرب للمياه وغالبا ما تكون هذه الطبقات عميقة (1000 متر أو أكثر) **(Bouguetit, 2015)**.

4.3.7. حركة المياه الجوفية:

تكون المياه الجوفية في باطن الأرض في حركة دائمة وتنساب من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة **(ميشيل.ك،2009)**، كما تتحرك من مستويات الضغط المرتفع إلى مستويات الضغط الأقل، أي أن حركة المياه الجوفية ناتجة عن اختلاف كل من الضغط والمستوى، وتختلف حركة المياه الجوفية عن حركة المياه السطحية في خاصيتين أساسيتين:

أ- محور الحركة: تتغير المحاور القابلة للتغير تبعا لعدة عوامل من بينها تغيرات انحدار الطبقات الأرضية، مستوى اتجاه ضغط السائل، طبيعة التكوينات الأرضية التي تحد طبقات المياه الجوفية من الأعلى والأسفل.

ب-سرعة الحركة: تتحرك المياه الجوفية عادة بصورة بطيئة مقارنة بحركة المياه السطحية، وإن اختلفت معدلات سرعة حركتها بين الأقاليم ومن نطاق لأخر ضمن الإقليم الواحد، فإنها تمتاز بحركة بطيئة جدا في الطبقات المسامية، حيث تقدر بعدة سنتيمترات في اليوم الواحد، أما في الشقوق والفوالق المتواجدة في التكوينات الأرضية تزداد سرعتها لتصل إلى ألاف الأمتار في اليوم الواحد، وبصفة عامة يخضع تباين سرعة حركة المياه الجوفية لعدة معايير أهمها مدى نفاذية التكوينات التي تمر وتتحرك خلالها هذه المياه و درجة الانحدار **(محمد الزوركة، 1998).**

5.3.7. أهمية المياه الجوفية:

لإبراز أهمية المياه الجوفية بين مصادر المياه المتاحة في العالم رغم البعد الكبير لطبقاتها عن سطح الأرض فيبعض أقاليم العالم يحسن تتبع أرقام الجدول التالي، التي تبين تفصيل حجم مصادر المياه العذبة السائلة في العالم.

جدول(03): حجم مصادر المياه العذبة السائلة في العالم **(الزروكة.م، 1998)**.

المصدر	حجمالمياهبالألفكلم^3	النسبةالمئوية%
المياهالجوفية	8450	97,74
البحيرات	125	1,44
مياهالتربةالسطحية	69	0,80
الأنهار	1.5	0,02
المجموع	8645,5	100

تظهرأرقام الجدول الحجم الكبير للمياه الجوفية التي تشكل نحو 97,74% من مجموع حجم المياه العذبة السائلة في العالم، وهي مياه أسهل في استغلالها وأقل تكلفة في معظم الأحوال من أشكال المياه الأخرى سواء الصلبة (الثلوج) أوالغازية (بخارالماء) لأن طبقات التربة والصخور تعمل كمرشح طبيعي للمياه وتحجزمعظم الملوثات، وجاءت مياه البحيرات في المركزالثاني بنسبة تقدر ب 1.44%، تليهامياه التربة السطحية وأخيرا مياه الآنهار بنسبة ضئيلة قدرت بـ 0,02%، مما يدل على أن المياه الجوفية المرفوعة إلى سطح الأرض سواء طبيعيا أواصطناعيا بتدخل العامل البشري تمثل مصدرا هاما وسهلا وآمنا في حالة صلاحية خصائصها الطبيعية للاستغلال ووفرة كمياتها وهما معياران تتباين على أساسهما أقاليم العالم المختلفة **(الزروكة.م، 1998)**.كما تبرز أهميتها في زيادة استعمالاتها يوما بعد يوم وسنة بعد أخرى

وذلك لزيادة حفر الآبار الجوفية في كل دول العالم وزيادة الحاجة إليها في توفير مياه الشرب لكثير من مدن العالم ولتوفير مياه الري في الزراعة في مناطق واسعة من العالم **(حسن،1999)**.

4.7. الفروقات بين المياه السطحية والمياه الجوفية:

جدول(04): يمثل أهم الفروقات بين المياه السطحية والمياه الجوفية**(عصام. م،وآخرون،2002)**

.(Merouani. M, 2013)

الخاصية	المياه السطحية	المياه الجوفية
درجة الحرارة	متغيرة موسميا	ثابتة نسبيا
اللون	مرتبط بشكل خاص بالمواد العالقة الصلب(الطين والطحالب) باستثناء المياه العذبة والحمضية(أحماض الدبال)	مرتبط بالمواد الصلبة العضوية الذائبة مثل (الأحماض الدبالية)
المواد الصلبة العالقة	متغيرة مرتفعة أحيانا	ضعيفة أو معدومة
المحتوى المعدني	متغير حسب التربة والأمطار والتدفق الخارجي.	ثابت بصورة أكبر من المياه السطحية لنفس المنطقة
الحديد والمنغنيز الذائب	لا يوجد إلا في قعر البحيرات والبرك	عادة يوجد
ثاني أكسيد الكربون الحارق	عادة لا يوجد	غالبا ما يوجد بكميات قليلة
الأكسجين الذائب	عادة ما يقارب درجة التشبع ولا يوجد في المياه شديدة التلوث	غالبا ما يكون بكميات قليلة
كبريتيد الهيدروجين	غالبا يوجد	غالبا يوجد
النترات	توجد بتركيز قليل	غالبا ما تكون مرتفعة
السيليكا	توجد بكميات متوسطة	توجد بتركيز عالي
المعادن والملوثات العضوية الدقيقة	توجد في مياه المناطق المتقدمة الصناعية لكنها تختفي عند إزالة مصدرها	لا توجد إلا في حالة التلوث الطارئ والحوادث
التشبع	تزداد مع ازدياد درجة الحرارة	لا يوجد
المذيبات المكلورة	نادرة الوجود	توجد في الغالب

8. المياه العذبة:

1.8. تعريف المياه العذبة:

هي المياه التي تحتوي على تراكيزمنخفضة أومعدومة في بعض الأحيان من الأملاح المعدنية الذائبة وتعد الأنهارالجداول، الجليد القطبي والأمطارالمصدرالرئيسي لهذه المياه.

2.8. مصادر المياه العذبة:

1.2.8. الأنهار:

تعتبر الأنهار من مصادر المياه العذبة الهامة على سطح الأرض وتتميز بتوزيع جغرافي كبير وجودة خصائصها الطبيعية وجريانها في مسارات محددة وهذا ما يسهل من إمكانيات استغلالها في الأغراض المختلفة، ومع ذلك فإن كمياتها محدودة مقارنة بمصادر المياه العذبة الأخرى إذ يقدر حجم مياه الأنهار في العالم بحوالي 1500 كلم^3 ما يمثل 0,004%

فقط من إجمالي حجم المياه العذبة على سطح الأرض (37.3 مليون كلم^3) 0,0001%من إجمالي مصادر المياه المختلفة على سطح الكرة الأرضية بما في ذلك البحار والمحيطات حيث يبلغ حجمها 1385 مليون كلم^3.

2.2.8. البحيرات:

تقدر مياه البحيرات في العالم من حيث طبيعتها بين العذبة والمالحة تبعا لطبيعة مصادر تغذيتها الأساسية تكون كمية مياه البحيرات العذبة محدودة بالمقارنة مع مصادر المياه العذبة الأخرى على سطح الأرض، إذ يقدر حجم مياه البحيرات العذبة في العالم بحوالي 125 ألف كلم^3 ما يعادل 0,4% من إجمالي المياه العذبة الموجودة في القارات المختلفة 0,009% فقط من جملة حجم المياه في العالم حيث تبلغ 1385 مليون كلم^3، وتغطي بحيرات العالم مساحة تقدر بحوالي 830 ألف كلم^2 وتتباين هذه المساحة تبعا لعدة عوامل منها تغير الظروف المناخية، حيث تتغير مساحة أبعاد سواحل البحيرات بتأثير التساقط أو ذوبان الثلوج التي تودي إلى اتساع مساحاتها بدرجات يتحكم فيها مدى تنوع مصادر مياه البحيرات، في حين تنكمش هذه المساحات خلال فصل الجفاف وبتأثير عامل التبخر.

3.2.8. الجليد والأنهار الجليدية:

من مصادر المياه الرئيسية حيث يقدر حجمها بنحو 28,2 مليون كلم^3، وهو ما يعادل 2,04% من إجمالي مصادر المياه على سطح الكرة الأرضية، بما في ذلك البحار والمحيطات حيث يبلغ حجمها 1385 مليون كلم^3 تقريبا، كما تعد من أهم مصادر المياه العذبة في العالم وأكبرها حجما رغم حالتها الصلبة (المتجمدة) إذ تشكل حوالي 75,6 % من مجموع حجم المياه العذبة على سطح الأرض التي يبلغ حجمها 37,3 % مليون كلم^3 تقريبا. تغطي الأنهار الجليدية التي تنتشر في معظم أقاليم العالم وبأشكال مختلفة ما يعادل 11% تقريبا من مساحة الأراضي اليابسة في العالم. وفي حالة ذوبان كتل جليد هذه الأنهار في البحار والمحيطات، يمكن رفع مستوى مياه البحار في العالم بحوالي 90 متر، أي أن الأنهار الجليدية تختزن ما يقارب 75% تقريبا من إجمالي المياه العذبة الكامنة في العالم، وهورصيد هام للإنسان إذا تم استغلاله بأساليب علمية مدروسة يمكن حل مشكلة ندرة المياه العذبة وعدم توفرها بالكميات الكافية في مناطق وأقاليم عديدة من العالم**(الزروكة.م، 1998)**.

3.8. أسباب محدودية المياه العذبة:

تشكل المياه العذبة نسبة قليلة من مياه كوكب الأرض تتمثل في 2,75%، حيث 2,05% منها مياه متجمدة في الأنهار الجليدية و0,68% مياه جوفية و0,11% مياه سطحية في البحيرات والأنهار**(Moustafa,1992)**. وهناك عدة أسباب لمحدودية المياه العذبة ومن أهمها زيادة عدد السكان، ارتفاع متوسط العمرو الزيادة في نصيب الفرد من استخدام المياه وتؤدي تغيرات المناخ أيضا إلى تغييرفي وفرة المياه العذبة حول العالم إذا استمرالاحتباس الحراري في إذابة الأنهار الجليدية في المناطق القطبية كما هومتوقع فإن الاحتياط من المياه العذبة سينخفض لسببين:

- **أولا :**عند ذوبان الأنهارالجليدية إلى مياه عذبة ستختلط مع المياه المالحة في المحيطات وتصبح مياه مالحة غير صالحة للشرب.
- **ثانيا:** تسبب زيادة حجم المحيطات فيا رتفاع مستويات البحار وتلويث مصادرالمياه العذبة على طول المناطق الساحلية بمياه البحرالمالحة **(Larry West, 2016).**

كما يجب الإشارة إلى أن إحداث تغيرات في الأرض لأغراض الزراعة لها تأثيرعظيم على حركة المياه العذبة فقد تؤثر إزالة الأشجار وتغيير التربة على حركة تدفق المياه العذبة في البيئة المحلية، وتؤثرأيضاعلى دورة المياه العذبة بشكل عام، و بالتالي تخزين كميات من المياه العذبة في التربة لصالح الزراعة، مما يشكل ضغطا كبيراعلى موارد المياه المحلية

و بالتالي تدمير للنظم البيئية، في أستراليا مثلا يؤدي الاستخدام المفرط في استخراج المياه العذبة للري إلى تهديد33% من مساحة الأرض لتكون في خطرالتملح **(Gorden, 2003).**

9. المياه الصالحة للشرب:

تحتوي المياه الصالحة للشرب على أملاح معدنية، لها تأثير مفيد على صحة الإنسان حسب درجة تركيزها ووفقا لمنظمة الصحة العالمية (OMS)، فإن أكثرمن 15 مليون شخص يموتون كل عام لأنهم لا يحصلون على المياه الصالحة للشرب بالكمية الكافية أو يتناولون مياه غيرصالحة للشرب، مثل بعض المناطق التي تكون فيها مستويات الفلوريدعالية كالسنغال، كينيا، شمال أفريقيا.

1.9. تعريف المياه الصالحة للشرب:

هي المياه التي ليس لها لون أو طعم أو رائحة والتي تحتوي على العناصرالمعدنية بنسب معينة ومحدودة، ولا تحتوي على عوامل ممرضة أو عوامل كيميائية بتراكيز قد تضر بصحة الإنسان. كما أن مياه الشرب لا تمثل أي خطر ملحوظ على صحة الشخص الذي يستهلكها طوال حياته **(منظمة الصحة العالمية)**. وبتعريف آخرهي المياه الطبيعية التي تتوفر فيها المعاييرالفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمنظمة الصحة العالمية، سواء كان ذلك من مصدرها الطبيعي كالمنبع أوبعدإجراء عمليات التنقية عليها **(طواهير.ن،2018)**.

2.9. مواصفات المياه الصالحة للشرب:

- المواد الضارة بالصحة يجب أن لا توجد بالمياه وإن وجدت يجب أن لا تتعدى حد محدد مثل:
  - المبيدات.
  - الأسمدة.
  - المعادن الثقيلة كالرصاص.
  - الميكروبات الممرضة كالبكتريا.
  - المواد السامة مثل: السيانيد.
- مواد يجب توفرها بالماء لحاجة الجسم لها وهي المعادن الأساسية لجسم الإنسان مثل:
  - الكالسيوم.
  - المغنيزيوم.
  - البوتاسيوم.
  - اليود.
- مواصفات ليس لها أثار صحية ضارة غيرمرغوب في وجودها مثل:
  - اللون.
  - الرائحة **(جغوبي.ع،2018)**.

10.الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه:

1.10. الخصائص الحسية:

1.1.10.اللون:

المياه الطبيعية عادة ما تكون ملونة بدرجة أو بأخرى، حيث يتراوح لونها من الأصفر الفاتح الذي يكاد يكون غير مرئي إلى البني المحمر، يرجع هذا إلى وجود مواد عضوية في المحلول، الأحماض الهيومية والفولفيك، القادمة من التربة

والطحالب، وتحلل النباتات. قد تظهر بعض المياه الجوفية أو السطحية لونا أحمر أو أسود بسبب وجود مركبات غير عضوية من الحديد والمنغنيز. تعتمد درجة لون المياه على تركيز المواد الملونة بالإضافة إلى درجة الحموضة (pH) والعكارة. اللون الحقيقي "الفعلي" للمياه يعود فقط إلى المواد الذائبة، ويتم تحديده بعد تصفية عينة المياه عبر غشاء بقطر 0,15 ميكرون. **(OMS, 2000) (Tardat-Henry ,1984).** الوحدة المستخدمة لقياس اللون هي وحدة هازن (Hazen)، والتي تعادل 1ملغ/لتر من البلاتين على شكل (K_2PtCl_6)، وتعرف هذه الوحدة أيضا باسم وحدة بلاتين-كوبالت **أو** وحدة اللون الحقيقي. بالنسبة لمياه الشرب، فإن الدرجة القصوى المسموح بها للون هي 15 ميكروكولور فري (µCV) أو وحدة اللون الحقيقي. بالنسبة للمياه الصالحة للشرب، يكون الحد الأقصى لدرجة اللون 15 ميكرومتر لون (µCV) **(Rodier, 1996).**

➢ **مصادره:**

قد يكون لون الماء ناتجا عن مواد معدنية طبيعية، مثل الحديد والمنغنيز، أو عن مركبات عضوية، ومن أكثرها شيوعًا الطحالب، الأوليات، ومنتجات التحلل الطبيعي للنباتات مثل المواد الهيومية (les substances humiques) التانينات(les tanins)، واللجنين(les lignines)، هي مركبات عضوية طبيعية معقدة تقاوم التحلل الميكروبي، فإنها منتشرة جدًا في البيئة وتفسر غالبًا لون المياه الطبيعية.

➢ **أثاره على استخدام المياه:**

من الناحية الجمالية، فإن أي لون ملحوظ في المياه الخام يعد أمرا غير مرغوب فيه. فالمياه الملونة غالبا ما تمتلك خصائص امتصاصية وتجميعية، مما يؤدي إلى تراكم الترسبات في الغلايات الصناعية. بالإضافةإلى ذلك، قد تكون المياه الملونة غير مناسبة لعدة استخدامات، مثل إنتاج الورق، الأقمشة البيضاء، المنتجات الصيدلانية، وصناعة المشروبات الغازية، والتصوير الفوتوغرافي، بالإضافة إلى الأنشطة المنزلية **(Environnement Canada,1994) .**

2.1.10 الرائحة:

يجب أن تكون المياه المعدة للشرب عديمة الرائحة أي أن الرائحة هي علامة وجود تلوث أو وجود موادعضوية في حالة تحلل. توجد في المياه جزيئات مختلفة مسؤولة عن الروائح. تأتي بشكل رئيسي من تحلل مركبات النيتروجين أوالكبريت الأمينات والأمونيا .تنتج أيضا عن وجود مواد متطايرة نسبيا يمكن أن تكون هذه المواد غير عضوية مثل الكلور الهيبوكلوريدات، ثاني أكسيد الكبريتSO_2أو كبريتيد الهيدروجينH_2S أو عضوية مثل الأسترات الكحولات، المركبات العطرية الناتجة عن تحلل المواد الحيوانية أو النباتية (الطحالب)أو بسبب التلوث الناجم عن الأنشطة الحضرية الزراعية أو الصناعية وتعود الروائح بشكل خاص إلى العوالق والطحالب الميتة في مياه الأنهار، وH_2Sفي المياه الجوفية **(Ghibeche, 2011).**

3.1.10.الطعم:

لا يوجد جهاز لقياس الطعم يمكنتعريفهعلىأنهكلالأحاسيسالتييتم إدراكهابعدتحفيزبراعم التذوقبواسطةبعضالمواد القابلةللذوبانالمواد الرئيسية التي يمكن أن تعطي الماء نكهة غير مرغوب فيها الحديد، المنغنيز الكلورالنشط، الفينول وتزداد هذه النكهة مع زيادة درجة الحرارة**(Ghibeche, 2011)**.

2.10. الخصائص الفيزيائية:

1.2.10. الرقم الهيدروجيني (pH):

وهو قياس لتركيز شوارد الهيدروجين فيا لمياه، وبالتالي فهو مهم جدا لكونه ناتجا عن عدد كبيرمن التوازنات الكيميائية في الوسط المائي ويعطى بالعلاقة:

$$pH = - \log [H^+]$$

يؤثر الرقم الهيدروجيني على سلوك بعض العناصر مثل المعادن، حيث يمكنه تقليل أو زيادة ذوبانها وبالتالي سميتها. بشكل عام، تتراوح قيم pH للمياه الطبيعية بين 6 و8,5 **(Merzoug,2022).**

يلعب الأس الهيدروجيني دورا أساسيا في كل من:

- الخصائص الفيزيائية والكيميائية (الحموضةAcidité).
- التفاعلات البيولوجية، التي تتطلب بعضهاحدوداضيقة جدا لدرجةالحموضة.
- فعالية علاجات معينة (التخثر،التليين،التحكم في التآكل،المعالجة بالكلور) .
- آليات التخثر.
- درجة الحرارة **(OMS, 2000).**

جدول(05): تصنيف المياه حسب درجة الحموضة **(Merzoug,2022)**.

$pH < 5$	وجود الأحماض المعدنية أو العضوية في المياه الطبيعية
$pH = 7$	متعادل
$7 < pH < 8$	بالقرب من الحياد معظم المياه السطحية
$5,5 < pH < 8$	المياه الجوفية
$pH = 8$	قلوية قوية

2.2.10. درجة الحرارة(T°):

تعتبر درجة الحرارة عاملا بيئيا هاما في الأوساط المائية **(Leynaud, 1968)**. حيث تتأثر بعض خواص المياه بدرجة الحرارة كالكثافة، اللزوجة، التوتر السطحي وانحلال الغازات، كما تؤثرفي سرعة التفاعلات الكيميائية. يجب ألا تتجاوز درجة حرارة المياه الموزعة °25من المهم معرفة درجة حرارة المياه بدقة، حيث يلعب ذلك دورا في ذوبان الأملاح وخاصة الغازات، وفي تفكك الأملاح الذائبة وبالتالي في الناقلية الكهربائية للمياه. وفي تحديد الأس الهيدروجيني. بصفة عامة، تتأثر درجة حرارة المياه السطحية بدرجة حرارة الهواء، فكلما كان مصدرها ضحلا كلما زادت مخاطرالتلوثالجرثوميوالفيروسي **(2005,Rodie).**

3.2.10. الناقلية الكهربائية (CE):

تشير الناقلية الكهربائية (بالميكرو سيمانس/سم) إلى قدرة المحلول المائي على توصيل التيار الكهربائي. وتعتمد على وجود الأيونات وتركيزها النسبي، وكذلك على درجة الحرارة التي تقاس عندها، يتيح قياس التوصيلية الكهربائية إمكانية إجراء ما يلي: تقييم سريع ولكن تقريبي للتعدين الكلي للماء،يتم إجراؤه باستخدام مقياس التوصيلية،ويمكن

استخدامها كمؤشر للتلوث في الدراسات البيئية، لإظهار المدخلات الرئيسية للأملاح الطبيعية (منطقة مستجمعات المياه) و/أو من صنع الإنسان (مثل التصريفات من محطات تحلية المياه، إلخ) **(Mbeukam. K 2013 et Sari. H, 2014).**

جدول(06): تصنيف المياه حسب الناقلية الكهربائية **(Sari, 2014)**.

نوعية المياه	الناقلية(بالميكرو سيمانس/سم)	المقاومة(الأوم)
مياه نقية	<23	>30000
مياه عذبة منخفضة التمعدن	200 -100	10000- 5000
المياه ذات التمعدن المتوسط	500 - 250	40000- 2000
مياه عالية التمعدن	2500- 1000	1000- 400

- **درجة العكارة (Tm):**

تعتمد عكارة المياه على شفافيتها. من أجل ضمان سلامة المياه، يجب الحفاظ على عكارة أقل من 5 NTU.عكارة المياه ناتجة عن وجود المواد العالقة الدقيقة مثل الطين، الطمي، حبوب السيليكا، المواد العضوية، وغيرها.تكون درجة العكارة أقل كلما كانت معالجة المياه أكثر فعالية. لذلك، فإن قياسات العكارة لها أهمية كبيرة في مراقبة معالجة المياه الخام.

يمكن تقييم العكارة باستخدام عدة طرق يتم تطبيقها وفقا للاحتياجات في الميدان أو في المختبر. بعض الطرق مثل "طريقة قطرات الماستيك" أو طريقة جاكسون "جهاز قياس العكارة كاندي" لم تعد لهذه الطرق أهمية إلا تاريخية، حيث تم استبدالها باستخدام أجهزة قياس العكارة البصرية **(Rodier,2005)**.

جدول(07): تصنيف المياه بناءً على العكارة **(Lazhar. G, 2011 et Sari. H, 2014)**.

نوعية المياه	العكارة
مياه نقية	NTU<5
مياه عكرةنسبيا	5<NTU<30
مياه عكرة	NTU>50

3.10. الخصائص الكيميائية:

1.3.10. الكبريتات (SO_4^{2-}):

تتواجد الكبريتات في المياه على هيئة كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنزيوم، وهمامركبان رئيسيان لعسرالمياه تنتشر في جميع المياه الطبيعية تقريبا، حيث تكون بتراكيز منخفضة في المياه السطحية ويزداد تركيزها في المياه الجوفية ويعود مصدرها في المياه إلى إذابة مركبات الكبريت الموجودة في القشرة الأرضية، ومن إذابة المطر لأكسيد الكبريت الموجودة في الهواء أو الفضلات الصناعية. تحدد معايير الصحة العالمية 250 ملغ/ل كحد أقصى من الكبريتات في المياه المخصصة للاستهلاك البشري **(شوان.ع،2011) (paulson et al, 2003).**

2.3.10. الصوديوم (Na^+):

يتواجد الصوديوم في جميع المياه، السطحية والجوفية بشكل طبيعي وبنسب متفاوتة وذلك لانحلاله بدرجة كبيرة فيها. ينتج الصوديوم من ترشيح التكوينات الجيولوجية الغنية بكلوريد الصوديوم (Na Cl)، من تحلل الأملاح المعدنيةأو تسرب المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية**(Belghiti.M et al., 2013) .**

يلعب الصوديوم دورا مهما في الزراعة والري، نظرا لتأثيره على نفاذية التربة، كما يعتبر ثاني أكثر العناصر الذائبة وفرة في مياه البحر بعد الكلور**(Reinberg,1971).**

3.3.10. البوتاسيوم (K^+) :

البوتاسيوم عنصر كيميائي مهم يوجد في الصخور النارية والطين، وتعد معادن الفلدسبار، الميكا، والفلوسباثويد من أهم مصادره الطبيعية **(سعاد وآخرون، 2013).** يكون تركيزه في المياه العذبة عادةً أقل بكثير من تركيز الكالسيوم الصوديوم، والمغنزيوم. ونادرًا ما تتجاوز نسبته في المياه الجوفية 10 ملغ/ل **(Fur. M, 2004).** ولا تزيد غالبًا عن 20 ملغ/ل، مما يجعله لا يشكل خطرًا كبيرًا على الصحة، رغم كونه من المصادر المحتملة للنشاط الإشعاعي في الماءبيولوجيًا، يلعب البوتاسيوم دورًا أساسيًا في العديد من الوظائف الحيوية، منها عمليات الأيض، النمو، والحفاظ على الخصائص الكهربائية للخلايا، مثل انتقال الرسائل العصبية **(Santé. Canada, 2008).**

4.3.10. الكالسيوم (Ca^{2+}):

الكالسيوم هو عنصر قلوي شائع جدا في الطبيعة، خاصة في الصخور الجيرية على شكل كربونات الكالسيوم. يعد الكالسيوم عنصر رئيسي لعسر المياه، وتختلف نسبته في المياه تبعاً لطبيعة الأراضي التي تتدفق منها، وتتكون شوارد (أيونات) الكالسيوم في المياه نتيجة لتفاعل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المنحل في المياه مع الصخور الكلسية، أو بسبب الانحلال المباشر لكبريتات الكالسيوم.

يحتاج جسم الإنسان إلى كميات كبيرة من الكالسيوم، فهو عنصر أساسي لبناء العظام والأسنان، كما يساهم في نمو العضلات ووظائفها. يحتاج الشخص البالغ في المتوسط إلى حوالي 800 ملغ من الكالسيوم يوميا، بينما تحتاج المرأة الحامل إلى 1000ملغ، وتزداد الحاجة لدى المرضعة لتصل إلى 1200ملغ يوميا. ويتم امتصاص الكالسيوم على مستوى الأمعاء بعد ارتباطه مع الأحماض الأمينية الناتجة عن هضم البروتينات (**Subramani et al., 2005**).

5.3.10. الكلوريدات (Cl^-):

تنتشر الكلوريدات بشكل واسع في الطبيعة. ويختلف تركيزها في المياه حسب طبيعة التربة والصخور التي تمر منها هذه المياه. ويتمثل مصدرها الرئيسي في صخور ومعادن القشرة الأرضية حيث تشكل 0,05% من مكوناتها. هناك مصادر أخرى للكلور تتمثل في الفضلات العضوية، السماد البوتاسي، العلف الحيواني، الفضلات الصناعية ومياه الري.يمكن أن يكون للتراكيز المنخفضة من الكلوريدات تأثيرات سمية حادةومزمنة على الكائنات المائيةوعلى بنية تجمعات الطحالب. أما على مستوى جسم الإنسان، فإن القيء أو الإسهال المتكرر يؤديان إلى فقدان الجسم لأيونات الكلور(اختلالات في توازن الشوارد)، مما قد يسبب تشنجات عضلية وإرهاقًا شديدا **,Santé Canada)(2001**.

كما أن وجود هذه الأيونات بتراكيز عالية في المياه يكسبها تأثيرا تأكليا قد يظهر على الأنابيب والمنشات المعدنية **(شوان .ع ،2011)** .

6.3.10. المغنيزيوم (Mg^{2+}):

ينتشر المغنيزيوم في الطبيعة بشكل واسع، وهو عنصر أساسي لعسر المياه. وتعتبر الصخور الرسوبية المصدر الرئيسي لأيونات المغنيزيوم، حيث يشكل نحو 4.7% من مكوناتها، كما يتواجد أيضا في الصخور النارية والمعادن الطينية **(Jalali. M, 2011).** تحتوي معظم المياه الطبيعية على تراكيز من المغنيسيوم تتراوح بين 5 و10 ملغ/ل، ويتأثر هذا التركيز بشكل مباشر بالطبيعة الجيولوجية للتضاريسبيولوجيا، يعد المغنيزيوم معدنا مهما للصحة، حيث يشارك في تحفيز أكثر من 300 تفاعل إنزيمي في الجسم،ويساهم في تثبيت الكالسيوم على العظام، كما ينصح به في حالات التوتر والإرهاق. وتساعد المياه الغنية بالمغنيزيوم على تحسين أداء الخلايا **(Thomas, 2014).**

ويعتبر المغنيزيوم عنصرا ضروريا للنمو، إذ يؤدي نقصه إلى اضطرابات عصبية عضلية، ويمكن أن يؤدي أيضا إلى اضطرابات قلبية**(Rodier, 1996).**

7.3.10. البيكربونات(HCO_3^-):

تعرف أيونات البيكربونات بالهيدروجينكربونات les hydrogénocarbonatesوتتميز بدورها الأساسي في تحديد قلوية المياه الطبيعية. وجود البيكربونات في المياه ناتج عن ذوبان التكوينات الكربوناتية (سيبولين، الحجر الجيري) تحت تأثير المياه المشبعة بغاز ثاني أكسيد الكربون، وفق التفاعل التالي:

$$CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2HCO_3^- + Ca^{2+}$$

ويتأثر تركيز البيكربونات في المياه الطبيعية بعدة عوامل، أبرزها: الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، تركيز ثاني أكسيد الكربون الذائب، وطبيعة الصخور في المنطقة **(Fiche pratique 12, 2016)**.

بيولوجيا، تلعب البيكربونات (في المياه الغازية) دورا مهما في تسهيل الهضم وتهدئة حرقة المعدة بفضل خصائص بيكربونات الصوديوم المضادة للحموضة، ولهذا السبب فإنها مفيدة أيضا للرياضيين لمعادلة الحموضة الناتجة عن الجهد البدني**(Labadi, 2016).**كما تستخدم لعلاج بعض الاضطرابات المعوية والكبدية، وتساهم في تنظيم التوازن الحمضي/القاعدي داخل الخلايا. من جهة أخرى، تُستخدم في بعض المنتجات لعلاج حب الشباب والحروق، نظرًا لتأثيراتها المضادة للالتهابات والمهدئة **(Thomas, 2014).**

8.3.10. البقايا الجافة (R.S):

تشير إلى المواد الصلبة غير المتطايرة الذائبة في الماء، وتمثل إجمالي تركيز العناصر المعدنية. ويعبر عنها بوحدة ملغ/ل، تختلف كمية هذه البقايا حسب مصدر المياه، إذ تكون منخفضة (أقل من 100 ملغ/ل) في المياه القادمة من كتل بلورية (مثل الصخور النارية)، بينما قد تتجاوز 1000 ملغ/ل في المياه التي تمر عبر الصخور الكلسية أو الرسوبية. يتم تحديد قيمة البقايا الجافة عن طريق تبخير عينة المياه عند درجة حرارة 180درجة مئويةووزن المواد المتبقية **(Berne etJean, 1991).**

جدول(08): تصنيف المياه حسب البقايا الجافة**(Lounnas, 2008).**

البقايا الجافة(mg/L)	اقل من 50	بين 50 و500	بين 500 و1500	أكبر من 1500
نوعية المياه	معدنية بشكل ضعيف جداً	مياه قليلة التمعدن	متوسطة التمعدن	معدنية بشكل كبير، تعرف ب "المياه العلاجية".

9.3.10. القلوية:(TAC):

تعد القلوية الكلية (TAC) مقياسا لتركيز أيونات الكربونات(CO_3^{2-})، والبيكربونات(HCO_3^-)، والهيدروكسيل (OH^-)الذائبة في المياه الجوفية، وتشكل هذه الأيونات المصدر الرئيسي للقلوية، وتعود القلوية في المياه إلى عدة مصادر، من أهمها إذابة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الغلاف الجوي في المياه، مما يؤدي إلى تكوين حمض الكربونيك الذي يتحلل إلى بيكربونات وكربونات. كما تساهم تجوية الصخور والمعادن الكربونية، مثل الكالسيت والدولوميت، في إطلاق هذه الأيونات إلى المياه. بالإضافة إلى ذلك، فإن أكسدة المواد العضوية تساهم في إنتاج ثاني أكسيد الكربون، الذي يتحول بدوره إلى بيكربونات، بينما تؤدي عمليات اختزال النترات والنتريت في البيئات الفقيرة من الأكسجين إلى زيادة تركيز البيكربونات أيضا **(شوان. ع ،2011).**

10.3.10. الأوكسجينالمذاب (OD):

يعد الأوكسجين المذاب أحد أهم مؤشرات جودة المياه في الأوساط المائية، ويعبّر عنه بوحدة ملغ/ل، حيث يحتوي لتر واحد من المياه عند درجة حرارة °20 والضغط الجوي العادي على 9.1 ملغ/ل من الأوكسجين، وتكمن أهمية الأوكسجين المذاب في كونه ضرورياً لاستمرار الحياة المائية، كما يلعب دورا أساسيا في عملية التنقية الذاتية للأنظمة البيئية، بشكل رئيسي في المياه السطحية. ويصل الأوكسجين المذاب إلى المياه من خلال عمليتين رئيسيتين: التبادل الغازي بين الهواء والمياه، وعملية التمثيل الضوئي التي تقوم بها الطحالب والنباتات المائية. ويتأثر تركيزه بعدة عوامل منها درجة الحرارة، والضغط الجوي، وملوحة المياه، ومدى اختراق الضوء، والتهوية، إضافة إلى وجود مواد عضوية قابلة للتحلل حيث يؤدي وجود هذه المواد إلى زيادة استهلاك الأوكسجين بواسطة الكائنات الدقيقة، وعندما ينخفض تركيز الأوكسجين إلى أقل من 1 ملغ/ل، تدخل المياه في حالة شبه لاهوائية تدل على تلوث شديد يتجاوز قدرة البيئة على التنقية الذاتية، وقد يؤدي ذلك إلى إطلاق عناصر سامة من الرواسب. أما التركيز الذي يتراوح بين 4 و6 ملغ/ل فيشير إلى مياه ذات جودة عالية، أما إذا انخفض تركيز الأوكسجين عن4 ملغ/ل،فقد يؤثر ذلك سلبا على الكائنات الحساسة مثل بعض أنواع الأسماك. ومن جهة أخرى، فإن تجاوز تركيز الأوكسجين للحدود الطبيعية للتشبع أي أكثر من 10 ملغ/ل، قد يشير إلى حدوث ظاهرة التغذية الزائدة (Eutrophication) الناتجة عن الإفراط في التمثيل الضوئي **(Beaupoil et Bornens, 1997).**

إن الذوبان الأقصى للأوكسجين في المياه العذبة يتراوح عموماً بين 8 و15 ملغ/ل، تبعاً للظروف البيئية

(Environnement Canada, 1994)

11.3.10. الموادالعالقة MES:

تتواجد المواد العالقة في المياه الطبيعية، حيث تنتج عن التآكل الطبيعي للمجاري المائية وتحلل المواد العضوية ذات الأصل النباتي والحيواني. أما المياه السطحية التي تمر مجاريها عبر مناطق سكنية، فتحمل مواد عالقة إضافية ناتجة عن المخلفات الحضرية والصناعية. وتعتبر نسبة30 ملغ/ل من المواد العالقة نسبة طبيعية وجيدة في المياه السطحية، أما إذا تجاوزت قيمتها 70 ملغ/ل، فإن المياه تصبح ملوثة.

إن وجود المواد العالقة في المياه السطحية يؤثر على شفافية المياه ويقلل من نفاذية الضوء للبيئة المائية مما يقلل من عملية التمثيل الضوئي. كما يؤثر ذلك على عملية تنفس الأسماك. ويؤدي أيضا إلى تراجع عملية التكاثر في ذلك الوسط. بالإضافة إلى أنها تساهم في تقليل كمية الأوكسجين المذاب، مما يشكل تهديدا للحياة المائية ويخفض من مردود عملية التنقية الذاتية. إن ترسب المواد العالقة على أوراق النباتات المائية يعرقل عملية التركيب الضوئي، وبالتالي اختلال في عملية

أكسجة المياه.تترسب المواد العالقة عندما تنخفض سرعة جريان المياه، وتكون طبقة من الطمي في قاع المجرى المائي، وتعد هذه الطبقة بيئة مناسبة للتفاعلات اللاهوائية بسبب احتوائها على المركبات العضوية وعدم وجود الأوكسجين المذاب، مما يعزز ظهور مركبات سامة (كبريتية، فسفورية، وأمينية...) **(الحايك. ن، 2017).**

12.3.10. الطلب البيولوجي على الأوكسجين (DBO5):

تقوم الكائنات الدقيقة بأكسدة المركبات العضوية القابلة للتحلل، ويتطلب ذلك استهلاك الأوكسجين. ونتيجة لذلكيظهر في الوسط طلب بيولوجي على الأوكسجين. يعبر الطلب البيولوجي على الأوكسجين (DBO) عن كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة الكربون (المادة العضوية) القابلة للتحلل الحيوي في المياه بواسطة الكائنات الدقيقة تحت ظروف محددة. ويسمح هذا المؤشر بتقييم محتوى المادة العضوية القابلة للتحلل في المياه وتقدير جودتها أو درجة تلوثها إلى حد معين.

وبشكل عام، يستخدم مقدار الأوكسجين المستهلك خلال خمسة أيام (DBO5) عند درجة حرارة 20° لمراقبة جودة المياه وتقدير كمية المادة العضوية القابلة للتحلل الحيوي الموجودة فيها **(Beaudry et Henry, 1984; Degremont, 2005).**

إن كمية الأوكسجين المستهلكة لا تعود فقط إلى أكسدة المركبات العضوية، بل تشمل أيضا أكسدة بعض المركبات غير العضوية مثل النتريت وأملاح الأمونيوم، بالإضافة إلى الحاجة البيولوجية للأوكسجين من طرف الكائنات الدقيقة للنمو والتكاثر. ومع ذلك، يبقى الطلب البيوكيميائي على الأوكسجين (DBO) مقياسا قياسيا شائع الاستخدام للتعبير عن التلوث العضوي للمياه **(محمد.ج،2010).**

13.3.10. الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO) :

الطلب الكيميائي للأوكسجين(DCO) هو كمية الأوكسجين اللازمة لتحقيق أكسدة كاملة للمواد العضوية وغير العضوية الموجودة في المياه، يتم أكسدة بعض المواد الموجودة في المياه باستخدام فائض من ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسط حامضي، وبوجود كبريتات الفضة وكبريتات الزئبق. يتم تحديد فائض ثنائي كرومات البوتاسيوم باستخدام كبريتات الحديد والأمونيوم. يعبر عن DCO بوحدات ملغ من الأوكسجين المستهلك من قبل المواد القابلة للأكسدة في لتر واحد من المياه **(Rodier, 2009).**يسمح الطلب الكيميائي على الأكسجين بتحديد الجزء الأكبر من المادة العضوية القابلة للتحلل البيولوجي. لهذا السبب يجب أن تكون قيمة (DCO) أعلى من قيمة (BOD5)نسبة DCO/DBO5 تسمح بتقييم القابلية للتحلل البيولوجي للمادة العضوية (يمكن أن يتراوح النسبة بين 1.5 و2).تشير القيم العالية لـ DCO إلى وجود تلوث شديد مرتبط بوجود ملوثات مقاومة من أصل عضوي ومعدني ناتجة عن الأنشطة البشرية أو الطبيعية **(Diab, 2006).**

14.3.10. قساوةالمياه (TH):

تنتج القساوة عن وجود أيوناتCa^{2+} وMg^{2+} في المياه، وترتبط صلابة الكالسيوم والمغنيزيوم بالمحتوى الكلي لأملاحهما، يتم قياسها بوحدة الدرجةالفرنسية (°F)، حيث تعادل الدرجة الواحدة 1 ملغ/لمنأيوناتالكالسيومأو 2,1 ملغ/ل من أيونات المغنيزيوم. ترتبط هذه الصلابة مباشرة بطبيعة التربة التي تمر بها المياه، حيث تستمد هذه الأملاح من الصخور الجيرية أو الدولوميتية، كما يساهم وجود غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في تعزيز عملية ذوبانها.

الأيونات الكلسية (Ca^{2+}) والمغنيزية (Mg^{2+}) هي أيونات موجبة الشحنة، وعند وجودها في المياه، يمكنها الارتباط بأيونات سالبة الشحنة أخرى. وبناء على ذلك، يمكن تصنيف العسرة إلى فئتين رئيسيتين:

- العسرة المؤقتة أو(العسرة الكربونية):تنتج عن وجود أملاح البيكربونات (HCO_3^-) وكربونات (CO_3^{2-}) لكل من الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في المياه،ويمكن التخلص من هذه العسرة عن طريق غلي المياه، مما يؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم على شكل راسب أبيض.
- العسرة الدائمة :تنتج عن وجود أملاح الكبريتات (SO_4^{2-}) والكلوريدات (Cl^-) للكالسيوم والمغنيزيوم الذائبة في المياه وهي أملاح لا يمكن التخلص منها بالغليان، ولكن يمكن تقليلها باستخدام تقنيات خاصة لمعالجة المياه مثل التبادل الأيوني أو إضافة مواد كيميائية معينة.

تؤثر العسرة على خصائص المياه واستخداماتها، مثل تأثيرها على كفاءة الصابون والمنظفات، حيث تتطلب المياه العسرة كمية أكبر من الصابون للحصول على الرغوة المطلوبة. كما يمكن أن يؤدي تراكم الأملاح في الأجهزة المنزلية إلى تقليل كفاءتها وزيادة تكاليف التشغيل **(Mekaoui et Bennour.2016).**

جدول(09): تصنيف المياه حسب الصلادة**(Mekaoui et Bennour,2016).**

TH (°F)	7-0	15-7	30-15	40-30	40+
المياه	ناعمةجدا	لينة	معتدلة	صلبة	صلبةجدا

4.10. العناصر غير المرغوب فيها:

1.4.10. الألومنيوم (Al):

لا يعد الألومنيوم ساما بشكل واضح عند تواجده بتراكيز منخفضة. ومع ذلك، توصي منظمة الصحة العالمية بحد أقصى قدره 0.2 ملغ/ل. ولكن التعرض المزمن لتراكيز مرتفعة له،قد يرتبط بمشاكل صحية، مثل التأثيرات السلبية على الجهاز العصبي **(Rodier, 1996).**

2.4.10. الحديد(Fe) :

الحديد الثنائي (Fe^{2+}) قابل للذوبان في المياه، بينما الحديد الثلاثي (Fe^{3+}) قليل الذوبان ويميل إلى الترسب على شكل هيدروكسيد. وبوجود الأكسجين، يتحول الحديد الثنائي إلى الحديد الثلاثي، حيث يصعب قياسهما بشكل منفصل، ولا يمكن التمييز بين الأشكال المختلفة للحديد، سواء كان ذائبا في المياه، معلقا (في الحالة الغروية) أو في شكل معقدات معدنية أو عضوية في المياه **(Dupont,1981).**

3.4.10. النحاس (Cu^{2+}) :

النحاس موجود في الطبيعة على شكل معدن نحاس أصلي، أو على شكل معادن مؤكسدة أو كبريتات. عند تعرضه للهواء، يتغطى بطبقة رقيقة من كربونات النحاس الأساسية. من الناحية البيولوجية، يلعب هذا المعدن دورا مهما في مختلف العمليات الاستقلابية داخل الجسم. يمكن العثور عليه في بعض المياه الطبيعية بتراكيز أقل من 1 ملغ/ل. وباستثناء حالات التلوث الصناعي أو المعالجات الزراعية، فإن مصدر هذا المعدن في المياه يكون نتيجة تآكل أنابيب التوزيع النحاسية (بين 0.5 و1 ملغ/ل)، وفي حالات نادرة، قد يعود وجوده إلى بقايا معالجة الطحالب باستخدام أملاح النحاس **(Rodier et al., 2009).**

4.4.10. المنغنيز (Mn):

يرتبط المنغنيز عادة بالحديد في الطبيعة. ولكن بتراكيز أقل منه. ويعد Mn^{2+} الشكل القابل للذوبان في المياه الطبيعية على الرغم من أن المنغنيز يظهر بعدة حالات أكسدة أخرى. وفقا لمنظمة الصحة العالمية، 2004، يتم تحديد محتوى المنغنيز في مياه الشرب بحد أقصى يقدر 0.5 ملغ/لبسبب تأثيره على طعم المياه، وما يمكن أن يسببه من بقع وترسبات غير مرغوب فيها، بالإضافة إلى قدرته على تعزيز نمو بعض الكائنات الدقيقة. وتفضل القيم الأقل من أو تساوي0.01ملغ/لباعتبارها المستوى المرغوب فيه لتجنب تلك التأثيرات **(Potelon et Zyman, 1998).**

5.4.10. الزنك:(Zn)

يمكن أن يتواجد الزنك في مياه التوزيع بتراكيز تتجاوز في بعض الأحيان 5 ملغ/ل، ويعود ذلك إلى تآكل أنابيب المياه خاصة عند وجود مياه عدوانية أو غنية بالكلوريدات والكبريتات. قد تسبب التراكيز المنخفضة نسبيا حوالي 2 ملغ/ل من الزنك عكارة المياه التي تختلف تبعا لدرجة الصلابة. الكمية المسموح بها في مياه الشرب محدودة بسبب الطعم غير المرغوب فيه لأملاح الزنك **(RODIER, 1996).**

تؤثر هذه العناصر على جودة المياه وصحتها. لذلك، من المهم مراقبة مستوياتها وضمان عدم تجاوزها للحدود المسموح بها. يفضل استخدام تقنيات معالجة المياه المناسبة لإزالة أو تقليل تركيز هذه العناصر وضمان مياه شرب آمنة.

5.10. العناصر السامة:

1.5.10. الفوسفات(PO_4^{3-}):

الفوسفور هو أحد أهم العناصر الغذائية في الطبيعة، وهو عنصر حيوي ضروري لنمو الطحالب والبكتيريا والأوليات. يوجد الفوسفور في الوسط المائي في شكلين: جزيئي ومذاب. الشكل الجزيئي يحتوي على المركبات الفوسفورية المرتبطة بالمادة العضوية ومعادن التربة بفضل الألفة القوية لـ (PO_4^{3-}) مع المعادن الطينية والأكسي-هيدروكسيدات. أما الشكل المذاب يتوافق بشكل رئيسي مع الفوسفات (PO_4^{3-})،الذي يمثل الشكل المعدني المتاح مباشرة للنباتات المائية. يمكن أن يؤدي تزويد المياه في البيئات المائية بالنيتروجين والفوسفور وإدخال المواد العضوية إلى ظاهرة تسمى "الإثراء الغذائي".

وهي التكاثر المفرط للنباتات المائية، مما يؤدي إلى زيادة العكارة ونقص الأكسجين في البيئة المائية. نتيجة لذلك فإنه يشكل مخاطر على الكائنات الحية في البيئة **(Burford et al, 2003).** إن الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية في الزراعة والأنشطة الزراعية المكثفة، وكذلك التصريفات البشرية هي السبب وراء ظاهرة الإثراء الغذائي **(Billen et al, 2007).**

2.5.10. الأمونيوم (NH_4^+):

يوجد في جميع أنواع المياه تقريبا، حيث يرتبط مع الأحماض المعدنية. وتواجده في المياه عادة ما يشير إلى عملية تحلل غير مكتملة للمواد العضوية. يتشكل من تفاعل المعادن المحتوية على الحديد مع النترات. لذلك، فهو مؤشر لتلوث المياه بالنفايات العضوية ذات الأصل الزراعي أو الصناعي أو المنزلي **(Rodier et al, 2005).**

من الناحية الصحية، تعد إزالة الأمونيوم من مياه الشرب أمرا ضروريا، لأنه عنصر يمكن أن يسمح لبعض البكتيريا بالتكاثر داخل شبكات توزيع المياه **(Tremblay, 1995 ; Mouly et al, 2008).**

3.5.10. النترات(NO_3^-):

تتكون النترات نتيجة أكسدة النيتروجين العضوي الناتج عن ترشيح الأسمدة أو النفاياتالحضرية والصناعية، وهي مركباتقابلة للذوبان بدرجة عالية، ما يجعلها تتسرب بسهولة إلى التربةوالمياه الجوفية، وتصرف إلى المجاري المائية عبر الجريان السطحي. تعد النترات أحد الأسباب الرئيسية لتدهورجودة المياه على المدى الطويل بسبب قدرتها على الانتشار الواسع.

رغم ذلك، فإن للنترات دورا بيئيا إيجابيا، إذ تعد من العناصر الغذائية الأساسية للنباتات، ويساهم وجودها إلى جانب مغذيات أخرى **(زايدي. ض،2024).**

4.5.10. النيتريت(NO_2^-):

يؤدي شرب المياه التي تحتوي على النتريت إلى تعطيل قدرة الهيموغلوبين في الدم على الارتباط بالأكسجين. مما يتسبب في الميثايموغلوبينية في الدم أو "مرض الرضيع الأزرق". لذلك، يمنع وجود النيتريت في مياه الشرب، ويوصى بأن تكون نسبة النترات منخفضة جدا، لأن النترات يمكن أن تتحول إلى نيتريت داخل الجسم بعد استهلاكها. وفيالمعدة يمكن أن تتحول النيتريت إلى نيتروزأمينات، وهي مركبات مسرطنة معروفة، مما يزيد من المخاطر الصحية المرتبطة باستهلاك المياه الملوثة بهذه المركبات في تحفيز نمو النباتات المائية **(شوان. ع، 2011).**

11. تلوث المياه:

بالرغم من أهمية المياه للحياة سواء للشرب الري المجال الزراعي والصناعي، نجد أن الإنسان يقوم بتلويثها وجعلها غير صالحة للاستهلاك. يتعرض الماء لعدة عوامل تتسبب في تلويثه وهي ظاهرة خطيرة تؤدي لانخفاض كميات الماء الصالح للاستعمال البشري، وذلك برمي النفايات في البيئة دون معالجة ناهيك عن الزيادة السكانية والتوسع العمراني والصناعي،ومن المتوقع أن تصبح مشاكل التلوث أكثر حدة بمرور الوقت مع زيادة عدد سكانالمناطق الحضرية التي تعني زيادة مياه الصرف الصحي والنفايات البشرية، بالإضافة إلى مخلفات الصرف الصحي الناتجة عن التجمعات الصناعية**(عبد السلام.ز، 1992)**.

1.11. تعريف تلوث المياه:

يمكن تعريف تلوث المياه بأنه وجود ملوثات وعناصر غير مرغوبة بنسب وكميات معتبرة يمكن أن تكون هذه الملوثات ذات مصدر فيزيائي كيميائي بيولوجي...إلخ، يحدث التلوث عندما تتسرب هذه المواد إلى مصادر المياه كالأنهار البحيرات وحتى المياه الجوفية، مما يؤثر سلبا على نوعية المياه فتصبح ملوثة وتشكل خطرا على صحة الحيوانات النباتات الإنسان (**الجريدة الرسمية، 2003).**

2.11. أنواع تلوث المياه:

1.2.11. التلوث الفيزيائي:

ينتج هذا النوع من التلوث عن المواد العضوية والغير العضوية العالقة بالماء تؤدي لتغير لون ورائحة وطعم الماء أي خصائصه الطبيعية. يعد ارتفاع درجة حرارة المياه نتيجة لصب مخلفات المفاعلات النووية والمصانع في المسطحات المائية أحد أشكال التلوث الفيزيائي الذي يؤدي إلى نقص كمية الأكسجين المذاب في الماء، مما يؤثر سلبا على الأحياء المائية **(الساعاتي.ج، 1988).**

2.2.11. التلوث الكيميائي:

يعتبر التلوث الأخطر والأكثر تأثيرا على خصائص المياه، لأنه يعمل على تغيير طبيعة وتراكيز المعادن الموجودة في المياه كما أن التخلص من الملوثات الكيميائية أصعب من التخلص من الملوثات الطبيعية **(العبادسية ف 2002)**. ينتج هذا التلوث عن وجود كميات زائدة من الأملاح المذابة والأحماض والفلوريدات والمعادن والمواد العضوية والأسمدة والفلزات التي يذوب معظمها في الماء ومنها ما هو سام كالرصاص والزئبق والفلزات الغير السامة كالكالسيوم الصوديوم زيادتها تؤدي لبعض المضاعفات والمشاكل الصحية لدى مرضى القلب والكلى، كذلك الأسمدة التي تحتوي على النتروجين والفوسفور بشكل رئيسي يؤدي وجودهما إلى نمو النباتات المائية بشكل متزايد الذي ينتج عنه ظاهرة الشيخوخة المبكرة للبحيرات »« Eutrophication، حيث تتحول إلى مستنقعات أو أراضي جافة في النهاية **(الساعاتي. ج، 1988) .**

3.2.11. التلوث البيولوجي الحيوي:

يتسبب في هذه التلوث زيادة إجمالي الكائنات الدقيقة الممرضة مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات، وتنتج هذه الملوثات في الغالب عن خلط النفايات البشرية والحيوانية بالماء، إما مباشرة عن طريق تصريفها مباشرة في المسطحات المائية العذبة أو المالحة، أو بشكل غير مباشر عن طريق خلطها بمياه الصرف الصحي أو المياه الزراعية، ويسبب ذلك الإصابة بالعديد من الأمراض. لذلك، لا ينبغي استخدام هذه المياه إلا بعد معالجتها بمطهرات مختلفة، مثل الكلور والترشيح الميكانيكي. يمكن اعتبار تلوث التربة والهواء عوامل رئيسية في تلوث المياه بشكل غير مباشر**(حسين أحمد.ف، 1999).**

4.2.11. التلوث الإشعاعي:

يقصد به وجود قدر من المواد المشعة المصنعة التي يتم إنتاجها في المفاعلات النووية المختصة في إنتاج الطاقة لأغراض صناعية، طبية، زراعية وغيرها في الماء. لا يحدث هذا النوع تغييرات في خصائص الماء مما يجعله الأكثر خطورة نتيجة لامتصاص الكائنات المائية المواد المشعة تنتقل للإنسان باستهلاكه لهذه الكائنات مسببة تأثيرات خطيرة على الصحة كالطفرات الوراثية، وينتج التلوث الإشعاعي من المواد المشعة الطبيعية كالتجارب النووية، النفايات النووية والنفايات الطبية **(الحايك.ن، 2017).**

5.2.11. التلوث النفطي:

يعد النفط أحد أكثر مصادر تلوث المياه انتشارا وتأثيرا. يتسرب إلى المسطحات المائية بطريقة غير متعمدة كما هو الحال في انفجارات آبار النفط البحرية.أو غرق واصطدام ناقلات النفط الضخمة في المحيط .أوبطريقة متعمدة مثلما تقوم بعض ناقلات النفط البحرية عمدا بإلقاء المياه المستخدمة لتنظيف صهاريج التخزين في عرض البحر أو على سواحل بعض الدول، التي لا تحتوي قوانينها على تشريعات خاصة بحماية بيئتها البحرية ومياهها الإقليمية.تظهرخطورة التلوث النفطي خاصة على الدول التي تعتمد على تحلية مياه البحر لتغطية حاجتها اليومية من المياه كما هو الحال في دول الخليج العربي كالسعودية، الكويت، البحرين، قطر حيث تغطي مياه التحلية 90% من احتياجاتها المائية **(عبد اللطيف. م، 2004)**.

يشكل الزيت طبقة رقيقة تنتشر تدريجيا فوق الماء، وتزداد مساحة الطبقة مع مرور الوقت بسبب تأثير الرياح والأمواج بمجرد انتشار الزيت على سطح الماء، تبدأ المكونات الطيارة في الزيت بالتبخر.فتلوث الهواء في المناطق المحيطة غالبا ما تعمل الانسكابات النفطية كمذيب، وتبدأ في استخلاص العديد من المواد الكيميائية.كالمبيدات الحشرية

والمنظفات الصناعية وغيرها من المواد التي يلقيها الإنسان في المحيطات، مما يزيد من تركزها في المناطق المغطاة بالزيت وقد تدفع الرياح والأمواج الزيت إلى الشواطئ مما يجعلها غير صالحة للسباحة**(هاشم حسين.ك).**

3.11. تلوث المياه الجوفية:

تواجه الخزانات الجوفية للمياه والتي هي تكاوين جيولوجية تحتوي على موارد مائية جوفية صالحة للاستعمال على مستوى العالم، تهديدات متزايدة من التلوث الناتج عن التعمير، التنمية الصناعية، الأنشطة الزراعية ومشاريع التعدين. وبالتالي فإنه من الواجب القيام بإجراءات عملية لحماية النوعية الطبيعية (الممتازة عموما) للمياه الجوفية على نحو واسع **(غديف.ك، 2006)**. حتى وقت قريب لم يكن ينظر للمياه الجوفية على أنها قابلة للتلوث، كما هو الحال بالنسبة للمياه السطحية نظرا لتواجدها بباطن الأرض على مستوى الطبقات الحاملة "Aquifers" حيث تكون احتمالية تعرضها للتلوث ضئيلة جدا نظرا لما تقوم به التربة من ترشيح لمياهها، وتخليصها من أغلب الشوائب فقد كان الاعتقاد السائد أن التربة بإمكانها إزالة الملوثات المتسربة لباطن الأرض بواسطة عمليتي الترشيح والامتصاص"Adsorption" إلا أن الدراسات التي أجريت في السنوات الأخيرة على الطبقات الداخلية للأرض، أثبتت وجود بعض المركبات الصناعية المذيبات خاصة والمبيدات الحشرية قد وجدت طريقها إلى طبقات المياه الحاملة، وهي الطبقات الجيولوجية الحاملة للماء في فجوات المادة الصخرية الخاصة بها **(الساعاتي.ج، 1988)**.

تتحكم طبوغرافية التربة أعلى منطقة الخزان الجوفي، في شدة تلوث الماء الجوفي بتخفيف أوزيادة التلوث فالقدرة الذاتية للتربة على تنقية المياه المتسربة من الملوثات الطبيعية وغيرها متعلقة بنوعية التربة، فهناك تركيبات جيولوجية ترابية ذات تنقية عالية، تحول دون وصول الملوثات للمياه الجوفية، وأخرى ذات تنقية متوسطة تسمح لحد ما بمرور الملوثات إلى المياه الجوفية، بينما تتميز تركيبات جيولوجية ترابية بخاصية تنقية ضعيفة مثل التربة الغضارية حيث تسمح للملوثات بالنفاذ للمياه الجوفية **(الكتبي.م، 2019).**

إن مصادر تلويث المخزون الجوفي المياه تعدد وتختلف حسب نوعيتها، منها ما هو مرتبط بظروف وعوامل طبيعية لا دخل للإنسان فيها ومنها ما يتعلق بمختلف الأنشطة البشرية من حاجات منزلية زراعة، صناعة، إنتاج الطاقة وغيرها**(حسين أحمد.ف، 1999)**.

4.11. المصادر الطبيعية لتلوث المياه الجوفية:

أحيانا يمكن أن تصل الملوثات إلى المياه الجوفية دون تدخل الإنسان، لذا يسمى بالتلوث ذو المنشأ الأرضي أو الجيولوجي"Geogenic pollution"، ويتوقف ذلك على التركيب الجيولوجي لطبقات الأرض التي تنتقل من خلالها المياه الجوفية عبر طبقات صخرية وطينية، تحتوي على مجموعة واسعة من العناصر مثل المغنيسيوم والكالسيوم والكلور. تحتوي الجدران الداخلية لخزانات المياه الجوفية على تراكيز طبيعية مرتفعة من مكونات قابلة للذوبان مثل: الزرنيخ والبورون والسيلينيوم، ويعتمد تأثير المصادر الطبيعية للتلوث على نوع الملوثات وتركيزاتها. ومن العناصر الموجودة في التربة التي يمكن أن تتحول إلى ملوثات، يمكن الإشارة إلى الألمنيوم والباريوم والرصاص والكادميوم والكلور والزئبق والزنك والزرنيخ والنحاس والنترات والحديد والكبريتات، ففي بعض المناطق التي تحتوي على مواد مشعة طبيعية، مثل اليورانيوم أوالرادون قد تتسرب إلى المياه الجوفية. عند تفاعل المياه مع هذه المواد المشعة، يمكن أن تصبح المياه ملوثة إشعاعيا.الكوارث الطبيعية أيضا يمكن أن تساهم في تلويث المياه الجوفية، فالزلازل قد تتسبب في تشققات في الأرض تؤدي إلى تسرب المواد الملوثة من الطبقات السطحية إلى المياه الجوفية وفي المناطق البركانية، من المحتمل أن يسبب النشاط البركاني تسرب معادن ثقيلة وغازات السامة كغاز الكبريت وغبار يحتوي على كثير من المواد الحمضية، والتي قد تصيب

التربة أو المسطحات المائية المتصلة هيدروجيولوجيا بالطبقات المائية الحاملة، فتتغير إحدى الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه الجوفية متسببا في تدهور جودتها، الفيضانات بدورها تسمح بتسرب المياه السطحية الملوثة إلى طبقات المياه الجوفية. في بعض الحالات، يمكن أن تتدفق المواد السامة من الأنهار والبحيرات أومن مناطق أخرى ملوثة إلى المياه الجوفية أثناء الفيضانات.تلوث المياه الجوفية الناتج عن المصادر الطبيعية قد يكون صعبا في التحكم به أو معالجته، لذلك فإن الحفاظ على سلامة مصادر المياه الجوفية يتطلب الحذر المستمر من التأثيرات الطبيعية الضارة **(مزاهرة.أ،2010)**.

5.11.مصادر تلوث المياه الجوفية بفعل الإنسان:

1.5.11.العمليات الزراعية:

في العقود الأخيرة أصبحت الأنشطة الزراعية تعتمد أساسا على الأسمدة والمبيدات الحشرية لتحسين جودة المحاصيل، هذا الاستخدام ذو تأثير سلبي على موارد المياه الجوفية، كما أن التوسع في معالجة المزروعات بالأسمدة الكيماوية المخصبات ومبيدات الأعشاب ينتج عنه مياه جوفية خطيرة التلوث، وذلك بسبب المواد السامة التي تأتي من بعض الأسمدة الكيماوية مثل الأمونيا الغنية بالنيتروجين أو المواد العضوية، مما ينتج عنه ارتفاع نسبة النترات في المياه الذي يؤدي إلى تلوثها وتدهور جودتها، خاصة في المناطق التي تعاني من ضعف أنظمة الصرف الزراعية **(الساعاتي.ج، 1988)**.

2.5.11.ظاهرة التملح:

يعتبر تملح الموارد المائية الجوفية من أهم الآثار البيئية السلبية لعمليات الري الزراعي خصوصا في المناطق الجافة التي يتسم بها الوطن العربي، إذ يؤدي تكثيف تنمية المياه الجوفية في الواحات والمنخفضات الصحراوية إلى زيادة ملوحة الجيوب المائية عندما تسحب مياه الري من الجيب الذي يستقبل مياه الصرف الزراعي الأكثر ملوحة من الماء المسحوب بعد تركيزه بعمليات التبخر والنتح، حيث أن هذا الوضع يزداد سوءا في حال غياب أنظمة صرف فعالة تحت نظام الري الدائم، مما يعمل على الرفع من منسوب الماء الجوفي مسببا للترب الزراعية مشاكل تملح مزمنة وتحولها إلى أسباخ يصعب استصلاحها، مثل ما يحدث حاليا بواحات ولايتي ورقلة والوادي بالجزائر**(Khadroui, A)**.

إن الاستعمال المفرط للمبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية يؤدي إلى تلويث الماء الجوفي، كما أن عملية الري خاصة إذا لم تتوفر أنظمة الصرف تتسبب في زيادة تركيز الأملاح والمعادن المتواجدة في المياه الجوفية، مما يجعلها غير صالحة للشرب **(مختار.م، 2004)**.

3.5.11. آبار الحقن:

وهي حفر عميقة تدفن بها النفايات حفرت خصيصا لهذا الغرض، حيث يتم تخزين النفايات في طبقات جيولوجية تحتوي على خصائص تمنع تسربها إلى الطبقات العليا أو المياه الجوفية. تستخدم هذه التقنية في العديد من الصناعات لإدارة النفايات التي يصعب معالجتها أو التخلص منها بطرق أخرى يتم فيها دفن أنواع من المخلفات الصناعية تتمثل في النفايات السائلة، مثل المواد الكيميائية السامة من الصناعات البتروكيميائية المياه الملوثة كمياه الصرف الصناعي أو مياه المعالجة النفايات الغازية متمثلة في غازات الاحتراق في بعض الأحيان يتم حقن الغازات الناتجة عن عمليات الاحتراق أو الغاز الطبيعي في الطبقات الجوفية **(الساعاتي.ج،1988)**.

تستخدم آبار الحقن للتخلص من النفايات الصناعية والإشعاعية ينتج عنها تلوث الطبقات العلوية المنتجة لمياه الشرب نتيجة لتسرب الملوثات المحقونة عن طريق أنابيب التغليف أو عن طريق سريانها في اتجاه الطبقات الحاملة عبر تصدعات في الطبقات غير منفذة **(عوض.م، 2017).**

4.5.11. التخلص السطحي من النفايات:

تنتج الجزائر 13 مليون طن سنويا من النفايات المنزلية يتم التخلص من هذه النفايات بردمها في حفر سطحية معدة خصيصا لهذا الغرض **(وكالة الأنباء الجزائرية،2003)**.

إن الأراضي التي تستخدم كمدافن للنفايات تصبح غير صالحة للزراعة فالقمامة تجعل من هذه الأراضي مصدرا خطير لتلويث المزروعات بالمواد السامة لاحتوائها على العناصر المعدنية الثقيلة (الكادميوم، الرصاص،الزئبق) **(عوض.م، 2017).**

5.5.11. ظاهرة تداخل المياه المالحة:

تعرف باسم ظاهرة التداخل أو تغلغل مياه البحار والمحيطات المالحة في المياه الجوفية العذبة نتيجة لفقدان التوازن الهيدروليكي بين الأوساط المائية المختلفة، تميز هذه الأخيرة المناطق الساحلية يؤدي الضخ المفرط من الطبقات الحاملة للمياه العذبة الواقعة بالقرب من شواطئ إلى تسرب المياه المالحة من البحر في اتجاه تلك الطبقات، مما يزيد من ملوحتها فتصبح بمرور الوقت غير صالحة للشرب والزراعة **(الساعاتي.ج،1988).**

كما يمكن أن يحدث ذلك في المناطق الصحراوية يعتبر تملح الموارد المائية الجوفية من أهم التأثيرات البيئية السلبية المترتبة عن عمليات الري الزراعي خصوصا في المناطق الجافة التي تميز الوطن العربي عموما خاصة في حالة غياب أنظمة صرف فعالة مرافقة لنظام الري الدائم المتبع، مما يرفع من منسوب الماء الجوفي من جهة وتملح الترب الزراعية متحولة بذلك إلى أسباخ من جهة أخرى، كما هو الحال في واحات ولايتي ورقلة والوادي بالجزائر **(مختار.موآخرون، 2004).**

الشكل(07):صورة توضح مصادر تلوث المياه الجوفية بسبب الأنشطة البشرية**(VargasA)**.

جدول(10): ملوثات المياه الجوفية الشائعة ومصادر التلوث **(الكتبي.م، 2019)**.

مصدر التلوث	نوع التلوث
النشاط الزراعي	نترات الأمونيوم، مبيدات حشرية، كائنات حية برازية.
تصريف المجاري في موقعها الأصلي	نترات، كائنات حية برازية، مقدار ضئيل من الهيدروكربونات الصناعية.
صناعة المبيدات الحشرية	هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، فينول، زرنيخ.
استكشاف/استخراج الغاز والنفط	ملوحة (كلوريد صوديوم)، الهيدروكربونات الأروماتية.
تعدين الفحم والخامات المعدنية	الحموضة، معادن ثقيلة متنوعة، حديد كبريتات.
الصناعات المعدنية	الهيدروكربونات الهالوجينية، المعادن الثقيلة، الفينولات، السيانيد.
المدابغ الجلدية	معدن الكروم، هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، فينول.

6.11. الآثار المترتبة عن تلوث المياه على البيئة وعلى صحة الإنسان:

تلوث المياه هو أحد التحديات البيئية الكبرى التي تواجه العالم في العصر الحديث، ويشكل تهديدا حقيقيا للبيئة وصحة الإنسان على حد سواء فتلوث الماء ينتج عنه حدوث أضرار بالغة بالكائنات الحية، وإخلال بالتوازن البيئي الذي يقوم أساسا على هذا العنصر الهام إذا ما فسدت خواص المكون الرئيسي له وهو الماء، تتعرض المياه في الطبيعة إلى خطر ظهور المركبات الغريبة كالمبيدات،المواد المشعة أو زيادة تركيز الأملاح **(Mellisa, 2019).**

1.6.11. تأثير التلوث على صحة الإنسان:

يعود سبب تلوث الثروة المائية بالدرجة الأولى إلى قيام الإنسان بإدخال مواد غريبة فيها، وهذا التلوث يتسبب في مخاطر على صحة الإنسان قد تمتد لفترات زمنية طويلة، كالأمراض السرطانية بمختلف أنواعها، الأمراض المزمنة المعدية وغيرها. الأمراض الناجمة عن تلوث المياه هي على ثلاثة أنواع:

- **الأمراض المنقولة بالمياه:** أي الأمراض التي تنقل بواسطة المياه الملوثة عند استهلاكها للشرب أو الطهو وهي:

- **الكوليرا:** مرض تسببه بكتيريا الكوليرا (Vibrio cholerae)، إذ تقوم بإنتاج سموم في الجهاز الهضمي تظهر على المريض أعراض متمثلة في الغثيان القيء الإسهال، إضافة إلى آلام في الظهر والأطراف وتحصل العدوى عن طريق تناول أطعمة ملوثة بهذه الجرثومة أو شرب مياه ملوثة بفضلات حيوانية وبشرية.
- **حمى التيفوئيد:** هي عدوى جهازية معدية تسببها بكتيريا السالمونيلا التيفية يصاب الإنسان بالحمى التيفية عند شربه من مياه الواديان أو الآبار المتواجدة قرب مصبات الفضلات، أو عند أكله خضروات تم سقيها بمياه ملوثة، كما يساعد الذباب على نقل جرثومة هذا المرض من براز المريض إلى طعام الشخص السليم، ومن أعراض هذا المرض الحمى والصداع وآلام في الأمعاء **(حمدي.ع، نعيم.ط، 2003)**.

ففي عام 2022 مثلا تم إحصاء ما لا يقل عن 1.7 مليار نسمة يستهلكون مياه الشرب من مصادر ملوثة بالبراز. ويشكل تلوث مياه الشرب بالميكروبات إثر اختلاطها بالبراز الخطر الأكبر على مأمونية مياه الشرب **(منظمة الصحة العالمية، 2023).**

➢ **الأمراض الناشئة من المياه التي تكون موئلا للكائنات والطفيليات:**

- **داء البلهارسيا:** تسببهدودة طفيلية لها عدة أنواع مختلفة. يؤثر على الأمعاء والجهاز البولي، لأنه يعيش في الأوعية الدموية، يمكنه أيضا إلحاق الضرر بأجزاء مختلفة من الجسم، بما في ذلك الرئتين والجهاز العصبي المركزي من بين أعراضه الطفح الجلدي والحكة. تحدث العدوى عندما تلامس الجلد مع المياه الملوثة بالطفيليات المسببة للعدوى. ينتشر البلهارسيا في 67 دولة خصوصا في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. يصيب حوالي 400 ملايين شخص حول العالم.

➢ **الأمراض المنقولة عبر الحشرات المائية:** تنتقل الإصابة عبر الحشرات، وليس عبر الاتصال المباشر بالمياه.

- **الملاريا:** هي مرض معدٍ يتسبب في حدوثه كائن طفيلي يسمى البلاسموديوم، ينتقل عن طريق البعوض، ويتسلل هذا الطفيلي داخل كريات الدم الحمراء في جسم الإنسان فيدمرها تتسبب الملاريا في حدوث أعراض تشمل الحمى والقشعريرة، والتعرق، والشعور بالتعب العام، وقد تؤدي إلى مضاعفات خطيرة في حال لم يتم علاجها بشكل مناسب على الرغم من أن المرض غير شائع في المناخات المعتدلة، فلا تزال الملاريا شائعة في البلدان الاستوائية وشبه الاستوائية، حيث يصاب ما يقرب من 290 مليون شخص بالملاريا كل عام، ويموت أكثر من 400 ألف شخص بسبب هذا المرض.
- **داء كلّابية الذنب:** المعروف باسم "العمى النهري"، تسبّبه الدودة الطفيلية المسماة كلابية الذنب المتلوية ينتقل داء كلابية الذنب إلى البشر عن طريق التعرض لقرص متكرر من الذبابة السوداء الحاملة للعدوى من جنس الدلفاء تشمل أعراض المرض حكة الجلد الشديدة والاعتلالات المشوّهة للجلد وضعف البصر، بما في ذلك العمى الدائم يتوزع أكثر من 99% من المصابين في 31 بلدا أفريقيا. وينتشر الداء أيضاً في بعض البؤر الموجودة في بلدين من أمريكا اللاتينية (منطقة يانومامي في البرازيل وفنزويلا).
- **داء الفيل:** هو أحد الأمراض المعدية التي تسببها بعض الديدان المسطحة التي تسمى ديدان الفلاريا الطفيلية، وهي تستوطن أوعية الجهاز الليمفاوي داخل جسم المصاب. لا يعتبر مرضا مميتا، لكنه يسبب صعوبات ومعوقات عديدة للمصابين به تتمثل في صعوبة الحركة والتنقل من مكان إلى آخر، فضلا عن التشوه الذي يصيب الأطراف، خصوصاً السفلية من الجسم **(حمدي.ع،نعيم.ط، 2003).**

2.6.11. تأثير التلوث على البيئة:

يعتبر الكثير من العلماء الماء قاعدة بيئية رئيسية يعتمد عليها في استدامة الحياة على كوكب الأرض، بالتالي فإن تلوث المياه يشكل تهديدا بيئيا عالميا يؤثر على جميع جوانب البيئة والنظم البيئية يؤدي إلى تدهور جودة المياه، ويؤثر سلبا على النظم البيئية المائية. كما أن التلوث المائي يعوق إنتاج الغذاء ويهدد التنوع البيولوجي في المسطحات المائية المحيطات والأنهار.إن تدهور النظم البيئية المائية وانخفاض التنوع البيولوجي في الأنهار، البحيرات، والبحار من أهم مظاهر التلوث المائي في الطبيعة فمياه الصرف الصحي الملقاة في البحار تؤدي إلى زيادة كل من الفوسفور الآت من مساحيق الغسيل والنتروجين الموجود في المخلفات البشرية ، فتحدث زيادة طفرية في معدل تكاثر الطحالب والنباتات الضارة الأخرى التي تؤثر بشكل سلبي على الثروة السمكية كونها تمنع الأكسجين وأشعة الشمس من الوصول لهذه الكائنات، مما يؤدي إلى اختلال التوازن في أعداد الكائنات البحرية نمو الطحالب، البحرية، وهذا التوازن مطلوب لاستمرار حياة هذه الكائنات البحر الأبيض المتوسط على سبيل المثال نجد أنه قد فقد في بعض المناطق 50 % من حيويته حسب ما أشارت إليه دراسات معهد الثروات العالمية بالولايات المتحدة، وتم تحديد ثلاثة أمراض منتشرة في حوض البحر المتوسط هي التيفوئيد الكوليرا

والدوسنتاريا مع ملاحظة ارتفاع عدد البكتريا في المياه الساحلية بكل من بيروت والإسكندرية مع تسجيل إصابات كثيرة بأمراض القولون في سواحل الجزائر.

الغطاء النباتي هو الأخر يتأثر بالمياه الملوثة المحتوية على ملوثات قد تكون كيميائية أو بيولوجية، مثل المعادن الثقيلة (كالزئبق والرصاص) أو المواد الكيميائية السامة (مثل: المبيدات الحشرية) يمكن أن تتسرب إلى المياه عند امتصاص هذه المواد السامة من طرف النباتات، تتعرض النباتات لمشاكل في عملياتها الحيوية كالتمثيل الضوئي، مما يؤدي إلى تراجع نموها وتلفها. لهذا تتسم المناطق التي تعاني من التلوث المائي بتدهور في الغطاء النباتي.

يؤثر تلوث المياه على السلسلة الغذائية في الطبيعة لأنه باستهلاك بعض الكائنات الحية الصغيرة للملوثات المتواجدة في الماء كالرصاص والكادميوم، تنتقل هذه الملوثات إلى كائنات أخرى تتغذى عليها .يتم استهلاكها من قبل في السلسلة الغذائية، مما يؤدي إلى موتها وتناقص أعدادهم **(النجار.ر،2019)**.

تداعيات التلوث المائي تشمل أيضا التغيرات في المناخ وزيادة درجات الحرارة، المياه الملوثة يمكن أن تمتص المزيد من الحرارة من الشمس، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه نتيجة لتصريف المياه الساخنة من المصانع أو محطات الطاقة. هذا يمكن أن يؤثر ذلك على الحياة البحرية ويغير الأنماط البيئية في البحار والمحيطات، مما يساهم في تقليل قدرة المحيطات على امتصاص الكربون، وهو عامل رئيسي في التأثير على المناخ العالمي التلوث الكيميائي والمركبات السامة التي تتواجد في مياه المحيطات قد تؤدي إلى تغييرات في الضغط الجوي والرياح أي تغيرات في أنماط الرياح. على سبيل المثال، قد يتسبب تلوث المياه في تغيير درجات حرارة سطح البحر، مما يؤثر على نمط الرياح والطقس في بعض المناطق **(عوض.م، 2017)**.

12. السدود:

تعد السدود من أقدم الإنجازات البشرية ومن أبرز المنشآت الهيدروليكية، إذ تلعب دورا أساسيا في تنظيم الموارد المائية والتحكم في تدفق الأنهار. ويعتمد على هذه المنشآت لتأمين مياه الشرب، توفير مياه الري، وتوليد الطاقة الكهرومائية بالإضافة إلى الحماية من الفيضانات. يراعى في تصميم السدود مجموعة من العوامل الجيولوجية الهيدرولوجية، والإنشائية. حيث تختلف أنواعها باختلاف طبيعة التربة، طبوغرافية الموقع، والأهداف المرجوة من إنشائها.وفي ظل التغيرات المناخية وتزايد الطلب على المياه، تكتسي دراسة السدود أهمية خاصة، لا سيما في الدول التي تعاني من ضغط مائي متزايد مثل الجزائر.

يوجد حوالي 48.000 سد كبير مسجل في العالم (633 منها تتجاوز سعتها 500 مليون متر مكعب). من بين هذه السدود، يوجد 2.000 في الصين، وأكثر من 6.500 في الولايات المتحدة، وأكثر من 4.000 في الهند، وحوالي 3.000 في اليابان.وبالتالي، فإن ثلاثة أرباع السدود في العالم تقع في أربعة دول. أما التصنيف المعتمد في الجزائر،فيعتبر السدود التي تبلغ سعتها أقل من 10 ملايين متر مكعب سدودا صغيرة، وأي سد يتجاوز هذه السعة يصنف ضمن فئة السدود الكبيرة. بناءا على ذلك، فإن هناك سدين فقط – سد موراود وسد فوم القيس – يعتبران من السدود الصغيرة. أما باقي السدود، فهي تصنف ضمن فئة السدود الكبيرة**(Bouslah. S, 2018)**.

1.12. تعريف السدود:

السد هو منشأة طبيعية أو صناعية تقام لاحتجاز المياه أو تنظيم تدفقها، ويبنى عادة في مناطق منخفضة جيولوجيا لمنع تسرب المياه. يتكون من هيكل هندسي مصمم خصيصا لكل نوع، يرتكز على قاعدة محكمة مزودة بطبقة عازلة

لمقاومة تسرب المياه، كما يتحمل الإجهادات الناتجة عن ضغط المياه والعوامل الجيولوجية المختلفة. تلعب السدود دورا حيويا في حماية السكان بالمناطق المنخفضة، حيث يرتبط أمانهم مباشرة بمدى سلامة السد واستقراره البنيوي.

تتجمع المياه في السدود من الجريان السطحي، ويتأثر تركيبها الكيميائي بطبيعة التربة التي تمر بها، مما يجعلها غنية بالمواد العضوية والعوالق، لكنها في المقابل شديدة الحساسية للتلوث المعدني والعضوي **(Messai. I, 2017)**.

2.12. أهداف بناء السدود:

الهدف الرئيسي من إنشاء السدود هو الري، إذ تتطلب الزراعة تنظيم تدفقات المياه على مدار السنة. ولهذا الغرض تنشأ خزانات موسمية تزداد سعتها كلما زادت القدرة على التحكم في المدخلات السنوية للمجرى المائي. ولتحقيق ذلك، يبنى السد بارتفاع أو طول أكبر.بالإضافة إلى الري، تساهم هذه البحيرات الاصطناعية في تقليل الأضرار الناتجة عن الفيضانات من خلال خفض ذروات التدفق الشديدة.ومع تزايد عدد السكان وتطور نمط الحياة، ارتفع الطلب على المياه الصالحة للشرب مما استوجب تعبئة موارد مائية إضافية لتلبية الاحتياجات المنزلية من جهة أخرى، يؤدي تدفق المياه من الجبال والسهول نحو البحر أو البحيرات الطبيعية، إلى توليد طاقة يمكن استغلالها وتحويلها لاحقا إلى طاقة كهربائية. وقد أدى ذلك إلى ظهور العديد من السدود المخصصة لإنتاج الطاقة الكهرومائية. كما تبنى السدود لأغراض متعددة أخرى، مثل: الحماية من الفيضانات، مكافحة الحرائق، تحسين نوعية المياه خلال فترات الجفاف، الملاحة، حماية المصبات من المياه المالحةالاستخدام الصناعي، السياحة، وتقليل تأثير الفيضانات، تصنف خزانات السدود إلى خزانات للطاقة، خزانات للتغذية، خزانات للسيطرة على الفيضانات، خزانات تنظيمية، وخزانات متعددة الأغراض **(Trir. N, 2019)**.

3.12. السدود في الجزائر:

تعد المياه موردا استراتيجيا في الجزائر بسبب ندرتها وعدم انتظام دورتها الطبيعية. وتعاني البلاد من محدودية في الموارد المائية، سواء السطحية أو الجوفية، وهو ما يزداد تعقيدا بفعل التحديات الديموغرافية وأنماط استخدام الأراضي. فعلى الرغم من أن الشريط الشمالي لا يمثل سوى 10% من المساحة الإجمالية للبلاد، إلا أنه يضم حوالي 60% من السكان، ما يفرض ضغطا كبيرا على الموارد المائية المتوفرة. وقد انعكست هذه الضغوط على حصة الفرد من المياه، حيث تراجعت من 1500 م^3 سنويا في عام 1962، إلى 720 م^3 في عام 1990، ثم إلى 680 م^3 في 1995، و630 م^3 في عام **(Messahel, 2003) (Boudjaja , 1998)**.

1.3.12. تاريخ بناء السدود في الجزائر:

- **خلال الفترة الاستعمارية:**

يعد قانون 16 جوان1851 أول خطوة نحو إدماج المياه ضمن الملكية العامة. في أواخر القرن التاسع عشر، تم إنشاء سدود صغيرة الحجمفيالجزء الغربي من البلاد. أما فيشرق الجزائر، فقد بدأ بناء السدود في منتصف القرنالعشري.غير أن هذه المنشآت كانت تواجه صعوبات كبيرة، نظرا لتواضع تقنيات البناء في تلك الفترة، ما أدى إلى انجراف بعضها بفعل السيول، وإعادة بناء البعض الآخر عدة مرات، مثل سدود شرفاس، تلات، وفرغوغ.ويعود هذا التدهور إلى عدة عوامل، من بينها:

- لم تكن تكنولوجيا بناء السدود متطورة بعد.
- نظام مجاري الأنهار لم يكن معروف بشكل جيد.
- الوسائل التقنية المستخدمة في بناء هذه السدود غالبًا غير كافية، مما أدى إلى تأخير المشاريع.

في نهاية الفترة الاستعمارية، كانت الإنجازات لا تزال محدودة نسبيا مع وجود 15 منشأة فقط، وكان حجم المياه التي تنظمها هذه المنشآت لا يتجاوز 910 مليون م^3، وتركزت أساساً في غرب البلاد. وفي هذا السياق، 93% من القدرة الإجمالية للسدود الخمسة عشر التي تم تسجيلها كانت تقع في الغرب من خط طول الجزائر. لذلك، كان من الضروري انتظار الجيل الثاني من السدود، الذي تضمن العديد من المنشآت الهيدروليكية، لكي تستفيد المنطقة الشرقية من الجزائر من بعض السدود (كسوب، زارداز اس، فوم الجيس، فوم الغرزا، الشافية). واستمر الجهد في الغرب، حيث شهدت المنطقة بناء سدود سارنو، باخدة، ومفرش خلال هذه الفترة، كانت السدود الكهرومائية أيضا جزءا من السياسة الاستعمارية. تم إطلاق بناء سدين هامين في منطقة القبائل الصغرى الأول هو سد إغيل إمدة الذي تم بناؤه في عام 1954، والثاني هو سد إراكوين الذي لم يتم الانتهاء منه إلا في عام 1963.الإرث الاستعماري في مجال الهندسة الهيدروليكية أكثر وضوحا في بالمغرب وتونس مقارنة الجزائر **(Bouzid, 2010).**

- **في الفترة ما بين 1962 إلى 1980:**

تم بناء ثلاثة سدود جديدة فقط، لكنها رفعت قدرة التخزين من 910 إلى 1,660 مليون م^3، إلا أن البنية التحتية الموروثة من الفترة الاستعمارية استمرت في التدهور خلال هذه المرحلة، وقد أدى هذا التأخر الكبير الذي عرفته الجزائر في مجال الهندسة الهيدروليكية بين 1962 و1980 إلى تراجع المساحات المروية، وبالتالي انخفاض الإنتاج الزراعي وتدهور كبير في تلبية احتياجات المدن من المياه الصالحة للشرب.

- **من 1980 إلى 1990:**

تم بناء تسعة عشر (19) سدا منذ عام 1980 ومنذ ذلك الحين، يتم بناء سد واحد أو اثنين (2) كل عام، ليصل الإجمالي إلى سبعة وثلاثين (37) منشأة وحجم تخزين يساوي 3.9 مليار متر مكعب. أحد عشر (11) كانت تقع في الغرب، تسعة (9) في الشلف، سبعة (7) في الوسط وعشرة (10) في الشرق **(Mutin, 2009; Bouzid, 2010)**.

- **ابتدءا من 2000:**

إن الوعي الجديد بالخطر الحقيقي الذي يهدد البلاد بأكملها لم يتشكل فعلا إلا بعد أزمة 2002 التي أيقظت العقول وجعلت الوتيرة تتسارع، بفضل الانتعاش المالي الناتج عن الارتفاع الكبير في أسعار النفط، حيث تم زيادة وتيرة بناء السدود بين عامي 2000 و2006، إذ تم تدشين ثلاثة عشر (13) سدا. وبالتالي، يتم تدشين سد واحد أو اثنين (2) كل عام، ليصل عدد السدود في عام 2009 إلى ستين (60) سدا قيد التشغيل، منها ثمانية وخمسون (58) بسعة تتجاوز 10 ملايين م^3 لكل منها، وحجم مياه منظم إجمالي يزيد عن 7 مليارات م^3.

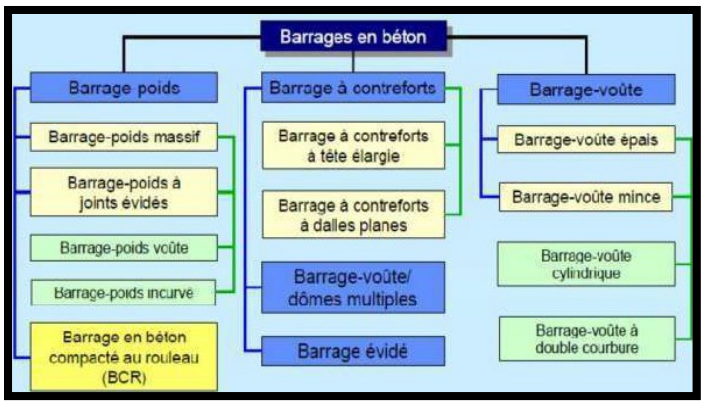
إذن، السدود الجزائرية هي ذات قدرة متوسطة، حيث أن أكبرها تبلغ سعته 450 مليون م^3 بالنسبة لسد جرجار (غليزان)، و640 مليون م^{3}لسد كدية أسردون (البويرة)، و795 مليون م^3 لسد بني هارون (ميلة). يؤكد الخبراء أن الظروف الطبيعية في الجزائر لا تسمح بوجود سدود ذات سعات أكبر، كما هو الحال في المغرب (الذي يمتلك خمسة سدود تتجاوز سعة كل منها مليار متر مكعب) أو في سوريا مع سد الطبقة (12 مليار م^3) أوفي مصر مع سد أسوان16مليار م^3**((Mutin, 2009; Bouzid, 2010).**

4.12. تصنيف السدود حسب نوع مادة البناء:

حسب نوع مادة البناء المستخدمة، يتم تصنيف السدود إلى فئتين رئيسيتين:

1.4.12. السدود الصلبة:

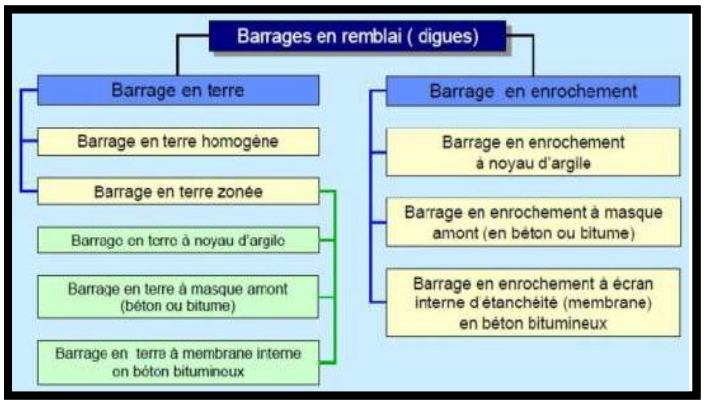
وهي المنشآت المصنوعة من الحجارة أو الخرسانة. عادة ما تكون هذه السدود مؤسسة على أسس صخرية. يمكن تقسيم السدود الخراسانية إلى ثلاث فئات رئيسية، وكل فئة تحتوي على عدة فئات فرعية **(Aouabdi. B, 2024)**.



الشكل(08): مخطط يوضح أنواع السدود الخرسانية (السدود الصلبة)**(Aouabdi. B, 2024)**.

2.4.12.السدود المرنة:

وهي السدود التي تبنى باستخدام مواد غير صلبة مثل التربة والحجارة، وتعرف أيضا بالسدود الترابية تتكون السدود الترابية بشكل أساسي من مواد حبيبية طبيعية غير صلبة يتم استخراجها من مناطق قريبة من موقع السد.



الشكل(09): مخطط يوضح أنواع السدود الردمية (السدود المرنة)**(Aouabdi. B, 2024).**

5.12.السدود المصنوعة من الردم:

تتكون من مادة متفككة، سواء كانت ناعمة جدًا (مثل الطين) أو خشنة جدًا (مثل الصخور الكبيرة). تختلف فيما بينها في نوع المواد المستخدمة والطريقة المعتمدة لضمان العزل المائي. وتنقسم هذه الأنواع المختلفة إلى ثلاث فئات السدود المتجانسة، السدود ذات النواة، والسدود ذات الأقنعة الصخور الكبيرة **(Alonso, 2005)**.

إن استخدام المواد المحلية التي عادة ما تكون رخيصة ومتوفرة بالقرب من الموقع يجعل من حل السد بالردم الخيار البديهي مقارنة مع أنواع السدود الأخرى التي تعتبر صلبة ومن الصعب تكيفها مع الأساسات غير الصخرية **(Rolley et al., 1977).**

6.12. السدود الترابية:

وهي السدود التي تبنى باستخدام التربة الطبيعية غير الصلبة التي يتم استخراجها من المحاجر، يتكون الجزء الأكبر منها من مواد مكسرة مستخرجة من المحاجر.تتكون السدود الترابية من طبقات مختلفة من المواد، كل منها يحتوي على خصائص جيولوجية وتقنية محددة. الطبقة الرئيسية، والتي تسمى النواة، تتكون من مواد طينية أو مواد غير قابلة للنفاذ لتقليل تسرب المياه عبر السد. بينما تتكون الطبقات الخارجية، التي تسمى مناطق الانتقال والترشيح، من مواد أكثر نفاذية

تسمح بتدفق المياه بشكل محكم. الجزء العلوي من السد، والذي يسمى القمة، يكون عادة واسعا ومستو لاحتواء خزان المياه**(Aouabdi. B, 2024)**.للسد الترابي وظيفتين تتمثل في:

- **العزل:** العزل في سدود التخزين هو الهدف الرئيسي، ونميز بين:
  - العزل الخاص بالسد الذي يتعلق بتكوينه.
  - العزل في حوض التخزين الذي يعتمد على جيولوجيا الموقع (طبيعة الأراضي)، ويتم تحديده عند اختيار الموقع ويمكن معالجته في بعض المناطق ذات المساحة المحدودة.
  - العزل في منطقة الاتصال بين السد وأرضية الأساس، حيث تكون منطقة قاعدة السد هي المنطقة التي تتعرض لأعلى الضغوط، وقد يتم تعديل الأرض جزئيا أثناء بناء المنشأة، ويجب فحص هذه المنطقة ومعالجتها بعناية.
- **الاستقرار**: تتعرض السدود للضغوط الناتجة عن تأثيرات المياه، ومنها:
  - الضغط الهيدروستاتيكي على الجدران الملامسة للبحيرة أو الخزان.الضغط الديناميكي الذي يسببه التيار المائي.
  - الضغط البيني للمياه التي تتسرب إلى التربة في قاعدة السد (الضغط تحت الأرض) الذي يقلل من تأثيرات التلامس بين التربة والقاعدة، ويقلل أيضًا من قوة تحمل هذه التربة.

يجب أخذ وزن السد نفسه في الاعتبار بالإضافة إلى تأثيرات ارتباطه مع التربة في الأساس، ويجب التحقق من النقاط التالية:

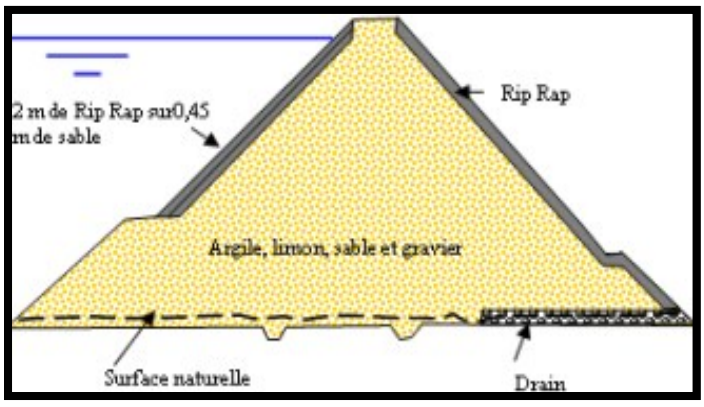
- **الاستقرار العام للتكوين** (السد والقاعدة الأساسية)، الذي يعتمد على خصائص التكوين الأساسي للتربة.
- **الاستقرار الخاص للسد** تحت تأثير جميع القوى الخارجية.
- **الاستقرار الداخلي للسد** تحت الضغوط الميكانيكية المؤثرة عليه**(Aouabdi. B, 2024)**.

في الهندسة الحديثة، تبنى معظم السدود الترابية باستخدام تقنية الردم المضغوط لأنها أكثر أمانا وثباتا.

7.12. أنواع السدود الترابية:

1.7.12 السدود الترابية المتجانسة:

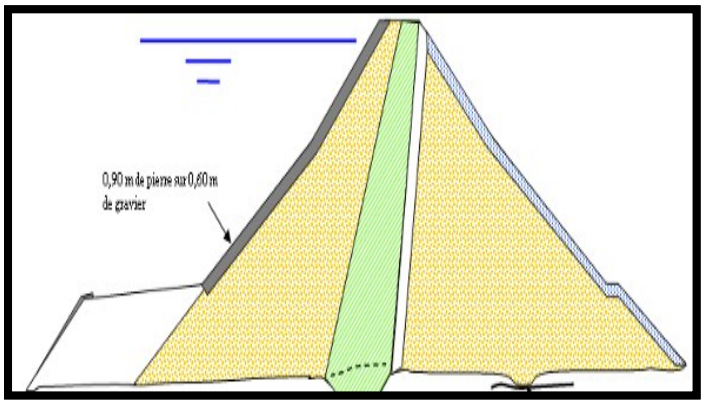
هو سد من الردم يبنى باستخدام مادة محكمة بما فيه الكفاية (مثل الطين أو الغرين). وهي التقنية الأقدم لبناء السدود **(Bouslah. S, 2018)**.



الشكل(10): صورة توضح سد ترابي متجانس **(Bouslah. S, 2018)**.

2.7.12. السدود الأرضية ذات نواة مانعة للماء:

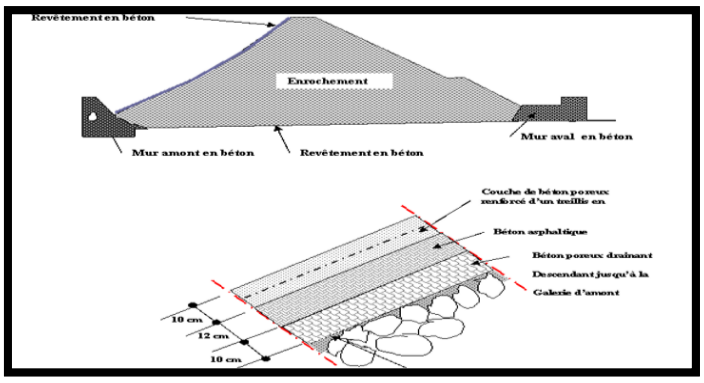
يتكون في مركزه من مادة ذات نفاذية منخفضة جدا، وهي النواة، ويتم تعزيزها من الجانبين العلوي والسفلي بواسطة طبقات من المواد الأكثر خشونة، وهي المواد الإضافية. توفر النواة العزل المائي للهيكل، بينما توفر المواد الإضافية الاستقرار. كما يتم حماية النواة بواسطة فلتر عند التفاعل مع المواد الإضافية من الجانبين العلوي والسفلي **(Bouslah. S, 2018).**



الشكل(11): صورة توضح سد ذو نواة مركزية **(Bouslah. S, 2018)**.

3.7.12. السدود الترابية ذات القناع العلوي:

يتم بناء جسم السد باستخدام مادة معينة بشرط أن تكون غير قابلة للتشوه بشكل كبير وقادرة على ضمان استقرار السد ضد الانزلاق. يتم تأمين العزل المائي في السدود ذات الأقنعة بواسطة طبقة عازلة (تسمى القناع) توضع على الواجهة العلوية للسد. يمكن أن تكون الأقنعة من مواد متنوعة جدا مثل الخرسانة، الخرسانة الإسفلتية، الأسمنت، أو حتى الأغشية الاصطناعية العازلة (géo membrane) **(Bouslah. S, 2018)**.



الشكل(12): صورة توضح سد ترابي ذو قناع علوي**(Bouslah. S, 2018)**.

8.12. مزايا، خصوصيات وعيوب السدود الترابية:

تستخدم السدود الترابية على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم نظرا لتكلفتها المنخفضة نسبيا، وقدرتها على التكيف ووظائفها المتعددة. ومع ذلك، من المهم أخذ الخصائص الجيولوجية والمخاطر الخاصة بكل موقع في الاعتبار أثناء تصميم وبناء هذه المنشآت.

1.8.12. المزايا:

- ضغوط منخفضة في الخرسانة.
- ضغوط منخفضة تنتقل إلى الصخور.
- التغيرات في درجات الحرارة لا تنتج عنها سوى ضغوط ضعيفة.
- تدرج تحت الضغوط أسفل الأساس منخفض.
- يمكن دمج مفرغ الفيضانات بسهولة.

2.8.12. الخصوصيات:

- حجم الحفر كبير.
- حجم الخرسانة كبير.
- تبريد صناعي ضروري أثناء تماسك الخرسانة.
- ضغوط تحت الأساس كبيرة.
- حساسة للتسويات.
- حساسة للزلازل.

3.8.12. العيوب:

- قدرة التخزين محدودة مقارنة بالسدود الخرسانية بسبب خصائص المواد المستخدمة.
- الحساسية لحركات الأرض، مثل الانزلاقات الأرضية والزلازل.
- الحاجة إلى مراقبة وصيانة منتظمة للوقاية من التسربات والأضرار المحتملة.
- عمر افتراضي أقصر مقارنة بالسدود الخرسانية **(Aouabdi. B, 2024).**

9.12. المشاكل الهيدروليكية في الجزائر:

وعلى غرار البلدان الإفريقية الـ17 المتأثرة بالإجهاد المائي، تندرج الجزائر في فئة أفقر البلدان من حيث الإمكانات المائية، أي أقل من عتبة الندرة النظرية التي حددها البنك الدولي عند 1000 م^3 لكل فرد في السنة. إذا كان في عام 1962 التوافر النظري للمياه لكل فرد في السنة 1500 م^3، فقد كان 430 م^3 فقط في عام 2020.

وهكذا، فإن توفر المياه الصالحة للشرب في الجزائر بالمتر المكعب للفرد في السنة سيتجاوز بالكاد عتبة 400 م^3/للفرد/سنة **(Hadef, 2001)**.

ويتفاقم نقص الموارد بسبب:

- سوء التوزيع المكاني والزماني لهذه الموارد.
- تآكل التربة وتعرية السدود.
- الخسائر الناجمة عن شبكات التوزيع القديمة والإدارة غير الملائمة.
- التكلفة المتزايدة باستمرار للاستثمار اللازم لتعبئة ونقل الموارد المائية.

إن المشاكل التقنية الرئيسية التي تؤثر على كمية ونوعية الموارد المائية في الجزائر هي:

1.9.12. ترسب الطمي في السدود:

يعد ترسّب الطمي ظاهرة طبيعية معقدة، لكنها أصبحت تمثل تحديًا كبيرًا للبنية التحتية الهيدروليكية في الجزائر. فهذه الظاهرة تؤدي إلى انخفاض سريع في القدرة التخزينية للسدود، كما قد تُهدد سلامة بنيتها الإنشائية على المدى الطويل. ونظرًا لتراكم الطمي بشكل مستمر، فإن العمر الافتراضي لمعظم السدود الجزائرية لا يتجاوز في العادة ثلاثين سنة، مما يضع العديد منها في وضعية حرجة ويجعل استغلالها الفعلي أقل بكثير من طاقتها التصميمية **(Diab . Dl, 2016)**.

تخسر الجزائر من 45 إلى 50 مليون م^3 كل عام بسبب الطمي، وهو ما يمثل خسارة سنوية في السعة تعادل 0.65% من الطاقة الاستيعابية الإجمالية للسدود في الجزائر **(Remini et Hallouche, 2004)**.

2.9.12. مدى التبخر من السدود:

قد يختفي جزء من المياه في السدود بشكل غير مراقب بسبب التبخر. إذ تقوم **الوكالة الوطنية للسدود** بإجراء قياسات يومية للتبخر في 39 سدًا كبيرًا بإجمالي قدرة تصل إلى 3800 مليون م^3. تم تسجيل التبخر الأقصى في الفترة 1992-1993، حيث بلغ 350 مليون م^3، بينما كان التبخر الأدنى في 2001-2002، حيث وصل إلى 100 مليون م^3. وبلغ المتوسط السنوي للفترة 1992- 2002 حوالي 250 مليون م^3، هذه الأرقام تشير إلى أهمية مراقبة التبخر من السدود بسبب تأثيره الكبير على توافر المياه في البلاد **(BENFETTA et al., 2016)**.

3.9.12. تسرب المياه من السدود:

تتابع **الوكالة الوطنية للسدود (ANB)** منذ عام 1992 التسربات في 22 سدًا، ولكن حتى الآن، لم يتم إجراء أي تحليل تفصيلي لهذه التسربات. في بعض الحالات، تكون التسربات كبيرة جدًا لدرجة أن هناك شبكة لجمع المياه المفقودة في أسفل السدود، حيث يتم إعادة توجيه هذه المياه إلى الأراضي الزراعية **(Remini et al., 2009)**.

4.9.12. الإثراء الغذائي:

لإثراء الغذائي هو زيادة محتوى المياه بالأملاح المعدنية (خاصة النترات والفوسفات)، مما يؤدي إلى اختلالات بيئية مثل نمو مفرط للنباتات المائية وتدهور مستويات الأوكسجين المذاب في الماء هذه الظاهرة تُعد تهديدًا كبيرًا للأنظمة البيئية في السدود والخزانات، حيث يُمكن أن تسبب نموًا مفرطًا للطحالب والنباتات المائية، مما يعطل الحياة المائية ويؤثر على جودة المياه. كما أن تدهور مستويات الأوكسجين المذاب يُمكن أن يؤدي إلى موت الكائنات المائية، مثل الأسماك ويُعقّد استغلال المياه في الزراعة أو الشرب بسبب التغيرات في تركيبة المياه والمواد الكيميائية الناتجة عن تحلل الطحالب. في السنوات الأخيرة، زادت تصريفات المياه العادمة ذات الأصل الحضري والصناعي في الأودية يشكل هذا تهديدًا كبيرًالجودة الموارد المائية في السدود. العديد من أجزاء الأودية قد أصبحت ملوثة بالفعل، مثل واد تافنة، واد مكررة، واد الشلف واد سمام، واد سيبوس إذا استمر هذا الظاهرة، فإن السدود مثل سد بني بحدل، سد باخادة، سد وازيرت، سد بوهنيفية، سد فرقوق قد تتعرض للتلوث أيضًا.

بالإضافة إلى هذه التصريفات الملوثة، يساهم ترسب الرواسب في خزانات السدود في الإثراء الغذائي للمياه. يعتبر الفوسفور والنيتروجين من المواد المغذية الأساسية التي تحد من دورة نمو النباتات في المياه. يتم نقل الفوسفور في شكل محلول داخل الخزانات حيث يلتصق بالرواسب. وعندما تُترسب هذه الرواسب في قاع الخزان، **يُطلق الفوسفور** منها، مما يساهم في تعزيز عملية الإثراء الغذائي إلى أن العتامة (التلوث العكر) وتكوين الطحالب مرتبطان بشكل عكسي، مما يعني أنه مع زيادة العكر في الماء، ينخفض تكوين الطحالب **(Stigter et al., 1989)**.

13. الدراسة الجيولوجية لمنطقة حوض سدالشافية:

تختلف التركيبة الليثولوجية (التركيبية الصخرية) للتضاريس عند موقع السد وحوض الاحتجاز بشكل ملحوظ عن التركيبة الليثولوجية والجيولوجية لمنطقة الطارف.

تسود الصخور الرملية ذات الحبيبات الناعمة إلى المتوسطة واللون الأصفر، وتوجد في بعض الأماكن أجزاء خشنة. ويلاحظ بوضوح وجود الكوارتز مع معادن معتمة وأكاسيد الحديد ويتكون الإسمنت غالبا من السيليكات، وفي الطبقات السفلية يكون الإسمنت صلبا، بينما في الطبقات العلوية يكون ضعيف التماسك، ما يجعل الصخور مفككة وهشة.

توجد تصدعات سطحية ملحوظة في الكتلة الصخرية، خاصة في العشرة أمتار الأولى، ناتجة عن تأثيرات مختلفة من التدهور السطحي، وغالبا ما تمتلئ الشقوق والفواصل الناتجة بمنتجات ناتجة عن التفكك والتآكل.

وتكون سماكة الكتلة الصخرية المتدهورة أكبر على المنحدر الأيسر مقارنة بالمنحدر الأيمن أما في مجرى الوادي، وتحت الرواسب الطينية فإن سماكة الصخر الأم المتدهور تكون أقل بشكل ملحوظ من تلك الموجودة على المنحدرات.

أما الترسبات الرباعية (العائدة إلى العصر الرباعي)، فهي ناتجة عن تآكل الرواسب القديمة المكوّنة مسبقا، وترسيب المواد المنقولة على مساحات جديدة.

1.13. جيولوجيا موقع السد:

أظهرت الدراسات الجيولوجية التكوين الجيولوجي التالي:

- تبنى أساسات السد على طبقة من الصخور الرملية (الغريس) ترتكز فوق قاعدة من الصخور الشيستية الطينية، والتي تمتد عبر كامل عمق الوادي، كما يوجد الركام الصخري، وعلى الأرجح في الأعماق، يوجد الفليش (flysch) المكون من ميكرو بريشيا تعود إلى العصر الطباشيري الأعلى (الكريتاسي العلوي).
- ويتكون الركام الصخري من كتل من الصخور الرملية (الغريس)، مصدرها قمم الجبال الكتلية في المنطقة النوميدية. وتصنف المنطقة بأنها زلزالية (نشطة زلزاليا)، وهو ما يتجلى في وجود فالق يلاحظ على شكل عرق من الطين الأسود يحيط بكتل من الصخور الشيستية**(Haou .S, 2020)**.

2.13. الهيدروغرافيا:

يتكون واد بوناموسة (La Bounamoussa) من التقاء واديين رئيسيين:

- وادي الكبير (Oued El-Kebir) من الغرب، والذي ينبع من قمة كودي بن أحمد (Koudi Ben Ahmed) على ارتفاع 1.229مترا.
- وادي بوحجار(Oued Bouhadjar) ، ويلتقي بوادي الكبير عند قرية لامي .(Lamy) ينبع وادي بوحجار. من فيدج الأحمد (Fedj el Ahmed) على ارتفاع 1.140مترا، ويصرف المياه من حوض مائي تبلغ مساحته 250كم^2.
- عند التقاء وادي بوحجاربـ وادي الكبير يشكلان معا حوضا مائيا مساحته 420كم^2، ويتكون هذا الحوض أساسا من مناطق جبلية تنتمي إلى سلسلة المجرة(Medjerah).

الروافد الرئيسية:

- وادي سوندان(Oued Sondan) : مساحة الحوض 25 كم²
- وادي غريا(Oued Gheria) : مساحة الحوض 120 كم²
- وادي شعبة العراق(Oued Chaabet El Arag) : مساحة الحوض 50 كم²

يواجه سد الشافية مشاكل هائلة في إدارة المياه، لا سيما في التوزيع. لم تلب احتياجات المياه للقطاع الزراعي بنسبة 100% أبدا، بينما لا يعاني القطاعان الآخران (مياه الشرب والصناعة) من عجز كبير. الفشل في إدارة مياه السد يعود إلى:

- التنافس بين القطاعات الثلاثة.
- إلى نظام الزراعة؛ المحاصيل المزروعة في منطقة بوناموسة تحتاج إلى الكثير من الماء.
- الأولوية تعطى للقطاع الصناعي ولـ(AEP) عنابة وبوحجار وأخيرا للقطاع الزراعي.

وجود سد الشافية وموقعه في منطقة الشافية قد خدم بشكل كبير احتياجات المياه لثلاثة قطاعات مهمة: قطاع صناعي مجمع الحديد والصلب في الحجار، مدينة كبيرة كمدينة عنابة وأخيرا قطاع زراعي، منطقة الري **(El FADEL,2016).**

الفصل الثاني:
الطرق والوسائل

الفصل الثاني : الطرق والوسائل

إن تقدير جودة المياه السطحية في منطقة الدراسة (سد الشافية، سد ماكسة)، يستند إلى قياس مؤشرات فيزيوكيميائية (الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، الناقلية الكهربائية، القساوة، القلوية، الأوكسجين المذاب، شوارد المغنزيوم الكبريتات...).

حيث تمت هذه الدراسة في فترة قدرها 3 أشهر متمثلة في نوفمبر، جانفي، أفريل بالنسبة لسد ماكسة و6 أشهر من نوفمبر إلى أفريل بالنسبة لسد الشافية. بحيث في هذا الفصل، تم التطرق لبعض المؤشرات الفيزيوكيميائية وطرق تحليلها والوسائل والأجهزة المخبرية الحديثة المستعملة في ذلك، وفقا للمعايير العلمية المعتمدة في هذا المجال.

1.التعريف بمنطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في ولاية الطارف التي يحدها من الشمال البحر الأبيض المتوسط، ومن الشرق الجمهورية التونسية ومن الجنوب ولاية سوق أهراس وولاية قالمة، ومن الغرب ولاية عنابة.

ولاية الطارف هي الولاية الثانية من حيث معدل تساقط الأمطار بعد جيجل، وهي منطقة تحتوي على العديد من المصادر المائية السطحية والجوفية، تشتهر هذه ولاية بمناطقها الرطبة ذات الأهمية الدولية، والتي تقع بشكل رئيسي داخل الحظيرة الوطنية للقالة. وتضم هذه المنطقة العديد من البحيرات الطبيعية البارزة، مثل: بحيرة أوبيرا، بحيرة طنقة، بحيرة الملاح (وهي بحيرة ساحلية تتصل بالبحر)، وبحيرة الطيور.تلعب هذه الأنظمة البيئية المائية دورا بيئيا أساسيا (في التنوع البيولوجي وتنظيم الموارد المائية)، كما تعد موردا للمياه العذبة **(El Fadel, 2024)**، مما يجعلها أيضا مكانا مناسبا لبناء العديد من السدود لأنها تحتوي على شبكات مائية وفيرة من العديد من السلاسل الجبلية، وهذه هي الشروط الأكثر أهمية لبناء السدود بعد جودة التربة. لهذا، تشمل هذه الولاية السدود التالية: سد ماكسة ـ سد شافية ـ سد بوكروفة (قيد الإنجاز) سد بوقوس.

الشكل(13): صورة توضح موقع سد ماكسة بالنسبة لبحيرة اوبيرا والبحر الأبيض المتوسط**(Taguida.S, 2025).**

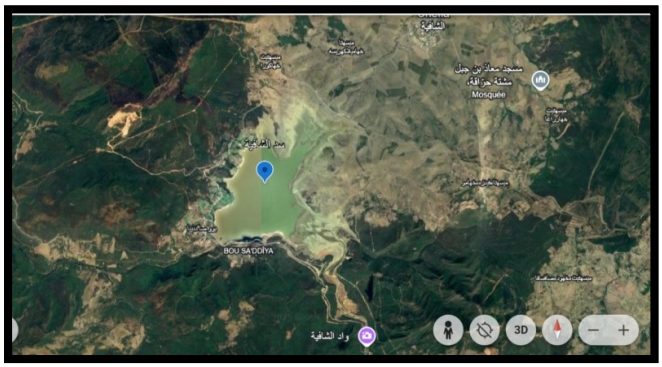
- **مناخ الولاية:** مناخ الولاية مناخ متوسطي يتميز بصيف حار وجاف وشتاء معتدل ورطب.

تلعب الظروف المناخية دورا حاسما في نظام جريان المجاري المائية، وتعد التساقطات، خصوصا السائلة منها العامل الأساسي المؤثر على هذا النظام وذلك من خلال توزيعها السنوي والشهري.تعد منطقة الدراسة من بين المناطق الأكثر غزارة بالأمطار في الجزائر بكمية أمطار سنوية تتراوح بين 900 و1200 ملم.

1.1.الموقع الجغرافي لسد الشافية:

يقع سد الشافية في بلدية الشافية التابعة لدائرة بوثلجة، ضمن ولاية الطارف الواقعة في أقصى الشمال الشرقي للجزائر إحداثيات السد هي:36°42'29شمالا 8°06'29شرقا.يتواجد على ارتفاع 340 مترا، وطوله 640 مترا وارتفاعه 51 مترا. وتبلغ سعة الخزان 158 مليون متر مكعب، منها 70مليون متر مكعب مخصصة للاستخدام الزراعي.ويغطي مساحة 1000 هكتار. وهو محدود:

- من الشمال ببلديتي الشافية وعصفور.
- من الغرب ببلدية عصفور.
- من الجنوب ببلديتي حمام بني صالح وبوحجار.
- من الشرق ببلدية الشافية.



الشكل(14): صورة قمر صناعي توضح موقع سد الشافية والمنطقة المحيطة به **(Google Earth 2025)**.

1.1.1 اختيار موقع إنشاء سد الشافية:

تتميز بلدية الشافية بسلسلة جبال كثيفة، مما يعزز جريان المياه في هذه المنطقة، كما يمر عبرها وادي بوناموسة الكبير مما يوفر لها الظروف المثالية لإنشاء سد سيوفر لاحقا المياه لسكان مدينتي عنابة والطارف.

الشكل(15): صورة توضح سد الشافية **(Barrage de Cheffia,2013)**.

2.1.1 الخصائص التقنية لسد الشافية:

يحتوي سد الشافية على سعة مبدئية قدرها 171.9 مليون متر مكعب وعلى حجم مياه قابل للتنظيم يصل إلى 95 مليونم^3، يزود منطقة بوناموسة بالمياه الزراعية في الصيف، وكذلك المجمع الصناعي للحديد والصلب في الحجار، كذلك مدينتي بوحجار وعنابة بالمياه الصالحة للشرب **(Hallab. S, 2021)**. كما يلعب دورفي تنظيم فيضانات وادي الكبير

وتقليلها نحو سهل الطارف.وهو عبارة عن سد ترابي مضغوط مع قناع علوي للعزل من الطين وإعادة تعبئة علوية بالطمي. يبلغ الحجم الإجمالي للردم 1.3 مليون متر مكعب.

3.1.1. الخصائص الجيومترية:

جدول(11): يمثل الخصائص الجيومترية لسد الشافية **(Haou. S,2020).**

قمة حافة السد	169متر
ارتفاع السد	50متر
عرض الحافة	10متر
طول الحافة الممتد	650متر
أعلى مستوى للخزان	167متر
المستوى العادي للخزان	165متر
مستوى مجرى الوادي	120متر
أقصى عرض في القاعدة	214متر
أدنى مستوى لحفريات تثبيت الأساس في صخور الشيست	119متر
مساحة حوض التصريف	575كلم^2
مساحة الحوض	87.9 كلم^2
حجم الخزان العادي	170 000 000م^3
حجم الخزان الأقصى	192237000م^3 [192]

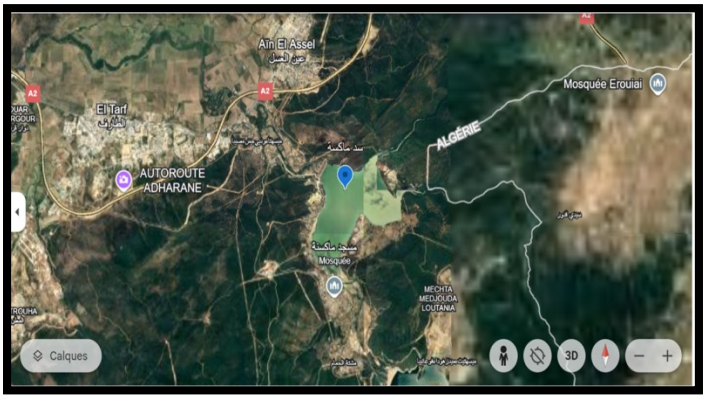
4.1.1 الخصائص الهيدرولوجية:

جدول(12): يمثل الخصائص الهيدرولوجية لسد الشافية**(Haou. S,2020).**

مساحة حوض التصريف	575كلم
التدفق السنوي المتوسط	140هكتومتر
فيضان العشر سنوات	800متر مكعب في الثانية
فيضان المئة سنة	1500متر مكعب في الثانية
فيضان الألف سنة	3000متر مكعب في الثانية
التبخر السنوي المتوسط	8هكتومتر مكعب
معدل الأمطار السنوي المتوسط	900ملم
لرواسب السنوية المتوسطة الأولية	199.822طن
القدرة الأولية عند مستوىR.N	171.992هكتومتر مكعب
القدرة عند مستوى PHE أي 167.00 متر	179.450هكتومتر مكعب
الرواسب السنوية المتوسطة الحالية	340.000طن

2.1. الموقع الجغرافي لسد ماكسة:

يقع سد ماكسة في بلدية بوقوس في ولاية الطارف، بالقرب من الحدود الجزائرية التونسية، على بعد 8كلم من مدينة الطارف و71كلم من مدينة عنابة على طول الطريق الوطني رقم 44.تقع بلدية بوقوس التابعة لولاية الطارف شمال شرق الجزائر على بعد 20 كلم جنوب شرق مدينة الطارف و10 كلم غرب الحدود التونسية. وتقع في الجهة الجنوبية من الحظيرة الوطنية القالة. إحداثيات السد هي36°47'21 شمالا و8°31'24 شرقا. تبلغ المسافة بين السد ومحطة معالجة مياه الشرب ماكسة 5. 2 كلم، ويربط بينهما أنبوب جاذبية.



الشكل(16): صورة قمر صناعي توضح موقع سد ماكسة و المناطق المحيطة به **(Google Earth 2025)**.

1.2.1. دور السد: للسد عدة أدوار:

- التزويد بمياه الشرب لمدينة عنابة والمراكز التالية في ولاية الطارف: الطارف وسط، القالة، السوارخ، العيون، رمل السوق، الذرعان، بن مهيد ي، الشط، بن عمار، عين العسل.
- السيطرة على الفيضانات في واد الكبير والحد من الفيضانات في سهول الطارف.
- يستخدم سد ماكسة لإمداد مياه الري وكذلك لأغراض أخرى.

2.2.1. شبكات المياه الرئيسية التي يغذيها سد ماكسة:

- واد بلوطة.
- واد بوقوس.
- واد خنقة عون.

الشكل (17): صورة توضح سد ماكسة **(نوري.ح،2021)**.

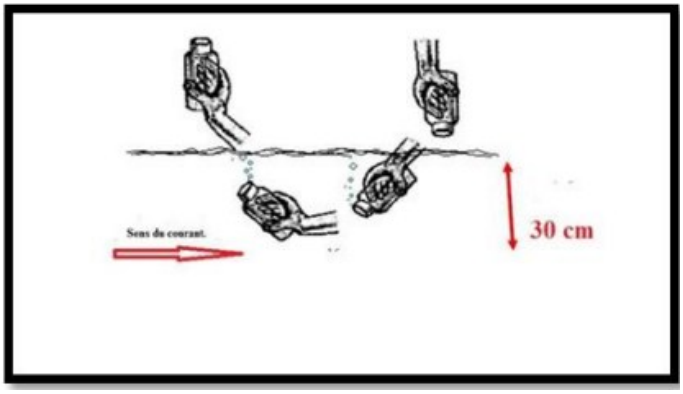
3.2.1. الخصائص التقنية لسد ماكسة:

جدول(13): الخصائص التقنية لسد ماكسة(**Guechi. H,2016**).

طول قمة السد	402متر
عرض قمة السد	7متر
ارتفاع السد من الأرض	30متر
ارتفاع السد من الأساس	42متر
الحجم الكلي	51.5 متر مكعب
الحجم المنتظم	72متر مكعب
منسوب القمة	62 متر

2. طرق أخذ العينات والوسائل المستعملة:

- يعد أخذ عينة من المياه عملية دقيقة تتطلب عناية كبيرة، لأندقة النتائج التحليلية وتفسيرها يعتمدان بشكل كبير على جودة عملية السحب.
- في حالة السدود، يتم اختيار عدة نقاط لأخذ العينات على أعماق مختلفة، مع مراعاة التباين العمودي والأفقي للمياه.
- يسحب حوالي 4 لترات من الماء من كل واحدة من النقاط الخمسة في كل محطة، وتجمع في قوارير مخصصة.
- ولتسهيل أخذ العينات وتفادي أي نوع من التلوث، يجب غمر كل قارورة بين 20 إلى 50 سم تحت سطح الماء، ثم تقلب القارورة لتملأ على العمق المطلوب، وذلك من خلال غمر اليد الحاملة للقارورة ووعاء أخذ العينات مباشرة.



الشكل (18): صورة توضح طريقة آخذ عينة من مياه سد **(Moumen. N et al., 2023).**

يجب غسل هذه القوارير وأغطيتها ثلاث مرات باستخدام نفس المياه التي سيتم تحليلها، ثم تملأ بالكامل وتغلق بإحكام مع تجنب تكون فقاعات هوائية داخلها. تحفظ العينات باستخدام مواد حافظة وتخزن في درجات حرارة منخفضة (بين 2 و4 درجات مئوية) داخل حاويات عازلة للحرارة للحفاظ على خصائصها قبل التحليل**(Rodier et al. 2009)** .

تقدم العينات إلى المخبر لإجراء تحاليل معينة عليها مع الأخذبعين الاعتبار مسؤولية جامع العينات عن سلامتها وضمان صلاحيتها من الجمع حتى وصولهم إلى المخبر. ونظرا لأن الشخص الذي يقوم بعملية الجمع ليس دائما هو نفسه من يجري التحليل، فمن الضروري أن يكون مطلعا بدقة على ظروف أخذ العينة وعلى مدى تأثيرها في جودة النتائج التحليلية.

علاوة على ذلك، وبالرغم من أن جمع العينة بشكل سليم يعد أمرا ضروريا للحصول على نتائج تحليلية دقيقة وذات دلالة فإنه من المهم أيضا معرفة ما يحدث للعينة بين لحظة جمعها ووصولها إلى المختبر وضمان استغلال النتائج بشكل صحيح وتجنب الأخطاء، يجب وضع بطاقة تعريف تحتوي على كافة البيانات المهمة حول العينة، بالإضافة إلى الملاحظات التي تم تسجيلها أثناء أخذ العينة.

فالعينة الفورية لا تعكس سوى صورة لحظية لتركيبة المياه، والتي تتميز بطبيعتها المتغيرة، خاصة عند وجود ظواهر تلوثوللحصول على فهم أدق لهذه التغيرات، يمكن زيادة عدد العينات المأخوذة، و هذا يتطلب موارد مادية وبشرية إضافية.

ومن المهم الإشارة إلى أن صعوبة تفسير النتائج لا تعود غالبا إلى أخطاء تحليلية، بل إلى خلل في عملية جمع العينات نفسها. ولهذا، من الأفضل تحليل العينة في فترة لا تتجاوز 24 ساعة من تاريخ أخذها.

➢ **نوع القارورات الموصى بها:**

- القوارير الزجاجية أو البلاستيكية ذات الاستخدام الواحدشائعة الاستخدام لسهولة النقل وسعرها المنخفض، مما يتيح استعمالها مرة واحدة فقط ويقلل من خطر التلوث عند إعادة الاستخدام.
- قوارير البوروسيليكات تكلفتها مرتفعة لهذا استعمالها غير شائع يمكن إعادة استخدامها بعد تنظيفها بشكل جيد.
- قوارير البولي إيثيلينإلزامية عند إجراء قياسات النشاط الإشعاعي في المياه.
- القوارير المعدنيةغير مستحبة بسبب مشاكل التآكل.

3. طرق ووسائل القياس:

1.3. قياس الرقم الهيدروجيني (pH):

يتم قياس درجة الحموضة pH بواسطة جهاز Multi - Element أو جهاز pH metre حيث يضبط الجهاز بواسطة المحاليل الموقية أي عملية Etalonnage (عملية الضبط)، يغسل إكترود جهاز pHمتر بالماء المقطر ثم يجفف بالقطن الخاص ويغمس في المحلول الموقي ذو pH= 4.01ثم يضبط الجهاز في هذه القيمة، تكرر نفس العملية عند محاليل ذات pH=7 وpH=10.04ويكون عندها قد تم القيام بتهيئة الجهاز لقراءة pHبعد ذلك يوضع الإكترود على عمق يتراوح بين 6 إلى 8 سنتيمترات من السطح في بيشر يحوي الماء المراد تحليله ليعطي النتيجة مباشرة .

يجب أن تكون النتيجة من 6.5إلى 8.5في ماء الشرب.

الشكل(19): صورة توضح جهاز(pH metre **صورة شخصية).**

2.3. درجة الحرارة (Température):

تقاس درجة الحرارة في نفس الوقت مع الرقم الهيدروجيني بجهاز pH metre أو جهاز Multi - Element يعبر عنها بوحدة(°CelsiusC).

الشكل(20): صورة توضح جهاز متعدد القياسات (pH, T°, Cond)(**صورة شخصية).**

3.3. قياس الناقلية الكهربائية (conductivité):

يتم قياس الناقلية بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائيةconductivité mètre حيث يعطي النتيجة ب (ميلي سيمنس/سم أو ميكروسيمنس/سم) يضبط الجهاز بواسطة محلول محضر ذو ناقلية كهربائية ميلي سيمنس/سم cond=100 ثم يغسل إلكترود الجهاز بالماء المقطر ويجفف بالقطن الخاص، ثم يغمس في بيشر يحتوي الماء المراد تحليله وبعدها يتم الضغط على الزر lire فيعطي النتيجة مباشرة.

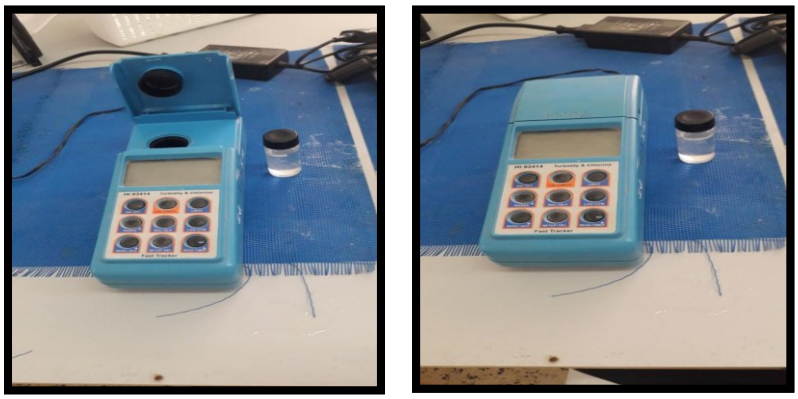
الشكل(21): صورة توضح جهازقياس الناقليةConductivimetre **(صورة شخصية).**

4.3. العكارة (Tm):

تقاس بواسطة جهاز (Turbidimètre) الذي يحتوي على خلية ضوئية ويعتمد على تبعثر الضوء الصادر من مصباح ذو سلك تنغستن ويمر عبر العينة بزاوية °90، وتستخدم أنابيب شفافة تكون إما من البلاستيك أو الزجاج.

- **خطوات العمل:**
  - قبل إجراء أي قياس يجب تعقيم الأنبوب بالماء المقطر.
  - نملأ الأنبوب بالماء المقطر ثم نضعه في الجهاز الذي يعطي القيمة 00 (لضبط الجهاز).

- نقوم بملأ الأنبوب للحد بالماء المراد قياس عكارته، ثم نضعه في الخلية وننقر على lireفتظهر الشاشة الصغيرة للجهاز القيمة بوحدة تعكر النيفلومترية(NTU).



الشكل(22): صورة توضح جهاز Turbidimètre **(صورة شخصية).**

5.3. تحديدTAC القلوية:

- **مبدأ العمل:**

تحديد القلوية بواسطة سائل معقد، في وجود مؤشر بروموكسيمول أخضر .

- **الكواشف المستعملة:**
  - أخضر البروموكسيمول (BromoxémolVert de) .
  - محلول حمض الكبريت.
- **الأدوات المستخدمة:**
  - حوجلة ذات سعة 250 مل.
  - سحاحة مدرجة.
- **خطوات العمل:**
  - نملأ الحوجلة ب 100 ملم من عينات المياه المراد معاينتها.
  - نمل السحاحة بحمض الكبريت H_2SO_4 تركيزه 0.02 مل.
  - إضافة قطرتين من أخضر البروموكسيمول.
  - نضيف كاشف حمض الكبريت قطرة حتى يتحول اللون الأزرقإلى اللون الأخضر المصفر، وذلك مع حساب القطرات.

كيفية الحساب: $TAC\ (mg/l) = (V\ 0 - V\ Blanc) \times V\ titre$

الشكل(23): صورة توضح كيفية تحديد TAC**(صورة شخصية)**.

6.3. اختبارأيوناتMg^{2+}:

مبدأ العمل:

- يعتمد التحديد الكمي للمغنزيوم على تكوين معقد ثابت بين أيوناتMg^{2+} و EDTAفي وسط قاعدي.
- يستخدم مؤشر الإريكروم الأسود، الذي يعطي لونا ورديا في وجودMg^{2+} .
- ويتحول إلى أزرق عند نقطة النهاية بعد أن يرتبط EDTA بكل أيونات المغنزيوم.

الأدوات المستخدمة:

- حوجلة ذات سعة 250 مل.
- سحاحة مدرجة.

المحاليل المستخدمة:

- محلول الإريكروم الأسود Noire Erichrome.
- محلول EDTA.
- الماء المقطر.
- محلول قاعدي.
- محلول منظم pH.

خطوات العمل:

- في حوجلةنأخذ 50 مل من العينة المراد تحليلها نضيف 1 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم، ثم نضيف الكمية اللازمة من محلول الـ EDTA مع الخلط جيدا للحصول على التحول اللوني إلى اللون البنفسجي نسجل هذه الكمية V_1.
- نضيف 4ملمن محلول منظمpH=10.
- نضيف محلول الإريكروم الأسود فنتحصل على اللون الوردي نتيجة تفاعل أيونات Mg^{2+}مع الإريكروم الأسود.
- نضيف قطرة من محلول EDTA فيظهر اللون الأزرق عند نهاية التفاعل. نسجل في هذه الحالة V_2
- حساب تركيز شوارد المغنزيوم:

$$VMg^{2+}= V_1-V_2$$

$$[Mg^{2+}]=\frac{C_{EDTA}(V_2-V_1)}{V_{échantillon}}$$

C_{EDTA} :تركيز محلول EDTA (مول/لتر).

V_{EDTA} :الحجم المستهلك من EDTA (لتر).

$V_{échantillon}$:حجم العينة المائية(لتر).

7.3. اختبار أيونات Ca^{2+}:

المبدأ العمل:

المبدأ هو نفسه المستخدم في قياس أيونات المغنزيوم، باستخدام مؤشر الإريوكروم الأسود.

خطوات العمل:

تتم العملية بنفس طريقة قياس المغنيسيوم ويمكن أن تتم في نفس العينة.المؤشر المستخدم يعطي لونا ورديا في وجود أيونات الكالسيوم أثناء المعايرة باستخدام EDTA، يتحوللون المحلول إلى الأزرق.

حساب تركيز شوارد الكالسيوم:

$$VCa^{2+}= V_1-V_2$$

$$[Mg^{2+}]=\frac{C_{EDTA}(V_2-V_1)}{V_{échantillon}}$$

الشكل(24): صورة توضح كيفية الكشف عن ايونات المغنزيوم والكالسيوم **(صورة شخصية)**.

8.3. اختبار أيونات Fe^{2+}:

- **مبدأ العمل:**

الحديد ليس ضارا للجسم، ولكن التركيزات العالية في المياه تجعلها غير مستحبة للاستهلاك والتنظيف. توصي المعايير الدولية بحد أقصى للتركيز 0.3 ملغ/ل، ويقاس بجهاز الطيفي الضوئي.

- **الأدوات المستخدمة:**
  - قنينات (fioles) ذات السعة 100مل.
  - ماصات مدرجة.

➢ **الكواشف المستعملة:**

- كلوروهيدرات الهيدروكسيلامين chlorohydrate d'hydroxylamine .
- Tompon acétate d'amoniumمحلول منظم خلات الأمونيوم1.10 phénonthroline

➢ **طريقة العمل:**

في قنينات ذات سعة100مل نملأ 50 مل من عينة المياه المراد تحليلها ثم نضيف عليها 1مل من chlorohydrate d'hydroxylamine، ثم نضيف إليها 2 مل منTompon acétate d'amonium، ثم 2مل من 1.10 phénonthrolineنغلق القنينات ونضعها في منشأة ذات حرارة ثابتة وعديمة الضوء لمدة 15 دقيقة، ويتم القياس بجهاز الطيفي الضوئي.

الشكل(25): صورة توضح اختبار شوارد الحديد في الماء (**صورة شخصية).**

9.3.قياس اللون :

يرجع لون الماء إلى العناصر المختلفة الموجودة في حالة ذائبة أو غروية. حيث تكون المياه ملونة عندما تحتوي على مواد ذائبة ومرئية وعندما تحتوي على مواد عالقة .

المياه الملونة دائما غير صالحة للشرب، كما أن المياه الصافية ليست بالضرورة صالحة للشرب.

➢ **جهاز القياس:**

جهاز الطيف الضوئي Spectrophotomètre وهو جهاز مخبري، يعمل في نطاق الضوء المرئي (380-750) نانومتر حيث يتم التحكم في تشغيله بواسطة معالج مدمج، هذا الجهاز يمكننا من قياس اللون (نسبة امتصاص الضوئي) وشوارد الألمنيوم، وشوارد الحديد.

➢ **خطوات العمل:**

- قبل إجراء أي قياس يجب تعقيم الأنبوب بالماء المقطر.
- نملأ الأنبوب بالماء المقطر ثم نضعه في الجهاز الذي يعطي القيمة 00 (لضبط الجهاز).
- وضع ماء العينة المراد قياسها في الأنبوب.
- وضع الأنبوب في الجهاز والضغط على زر البدء لقراءة النتيجة على الشاشة حيث تكون الوحدة بملغ/ل.

الشكل(26): صورة توضح جهاز الطيف الضوئي**(صورة شخصية).**

10.3. تقدير الكلور المتبقي في الماء:

من طرق قياس الكلور المتبقي، استخدام جهاز مقارنة الألوان باستخدام الكاشف **(DpD داي ايثيل بارافينيل داي أمين)** الذي يوجد على هيئة أقراص.

- يستخدم لتقدير تركيز الكلور الحر والمتبقي.
- يستخدم لتقدير تركيز أحادي الكلور أمين المتبقي (يضاف قرص واحد منحلا).
- يضاف لتقدير تركيز الكلور المتبقي في الماء بإضافة قرص واحد منه.
- يستخدم لقياس الكلور الكلي المتبقي.

➢ **الأدوات المستخدمة:**

- جهاز اللوفيبوندLovibond
- أقراص DpD
- عينات مياه
- ساق زجاجي

➢ **خطوات العمل:**

- غسل خلية الجهاز الزجاجية من مرتين إلى ثلاث مرات بالماء المقطر ثم ملأها بماء الحنفية حتى العلامة المحددة المقدرة ب 10مل.
- نضيف قرصا واحدا من كاشف DpD في الخلية الزجاجية.
- نرج الخلية جيدا والانتظار حتى يذوب القرص ويمتزج بالعينة ثم نضع الخلية في فتحة جهاز المقارنة .
- بينما يتمالمسك بجهاز المقارنة في مواجهة الضوء الطبيعي، ندير قرص الألوان حتى يتماثل اللون المتكون بعد إضافة الكاشف مع لون القرص.
- تسجيل لحظيا القراءة، ويقدر الكلور الحر المتبقي بملغ/ل.

الشكل(27): يوضح جهاز قياس الكلور**(صورة شخصية).**

- **طلب الكلورdemande en chlore:**

يتم إجراء هذا الاختبار على مادة الجافيل لتحديد الكمية اللازمة لحقنها في الماء الخام لذلك كلما زاد تركيز NH3زاد الطلب على الكلور.

الشكل(28): صورة توضح تجربة طلب الكلور**(صورةشخصية).**

نستخدم سلسلة من الزجاجيات(5زجاجيات) جميعها بنفس السعة 1 لتر ومصنوعة من الزجاج بنفس التركيبة، ندخل نفس الحجم من المياه الخام المراد فحصها في كل زجاجة والجرعة المعينة من الكلور، بشكل متزايد أي أن تزداد الجرعة من الزجاجة الأولىإلى الزجاجة الأخيرة. بعد فترة تلامس تتوافق عموما مع مدة بقاء الماء في المنشأة (ساعتين)، عند درجة حرارة ثابتة ومحمية من الضوء، يتم قياس الكلور المتبقي في الماء في كل زجاجة.

الفصل الثالث:
النتائج والمناقشة

الفصل الثالث : النتائج والمناقشة

في هذا الفصل، في إطار دراسة المؤشرات الفيزيوكيميائية للمياه العذبة سنعرض ونناقش مختلف نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي لمياه كل من سد الشافية وسد ماكسة خلال فترة الدراسة 2024-2025 ومقارنتهامع المعايير الوطنية والمعايير الدولية التي حددتها منظمة الصحة العالمية(OMS).

1.دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه سدي الشافية وماكسة:

1.1.مقارنة نتائج الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه لسدي الشافية وماكسة مع المعايير الوطنية والدولية:

جدول(14): مقارنة نتائج الخصائص الفيزيوكيميائية لسدي الشافية ماكسة 2024-2025 مع المعايير الوطنية والدولية **(Oumou. S, 2012)**.

Les paramétres	Unité	Norme Algerienne	Norme OMS	Barrage Cheffia						Barrage Mexa		
				Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Nov	Jan	Avr
pH	-	6.5-9	7-8.5	8.2	8.27	8.24	8.30	8.08	8.36	7 .75	7.5	7.43
T	°C	25	25	14.9	13	14.5	15.3	17.9	18.4	19	15	21
Conductivité	µS /cm	2800	2500	519	522	520	528	509	538	506	512	510
Turbidité	NTU	5	5	19	25.4	4.65	40.4	13.5	40.4	104	150	56
Cl^-	Mg /L	500	200	44.8	45.5	46.87	45.7	45.8	46.3	42.2	38.5	45
TH	F°	500	500	180	180	180	180	180	180	174	156	81
TAC	F°	200	200	7.9	7.9	7.7	7.8	7.5	7.6	107	112	106
Ca^{2+}	Mg /L	200	200	44	44	44	44	44	44	52.5	48	45
Mg^{2+}	Mg /L	150	50	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	10.69	9	11
NO_2^-	Mg /L	0.10	Inf0.01	0.03	0.02	00	0.01	0.01	0.02	0.07	0.05	0.06

يبين الجدول مقارنة لنتائج الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه سد الشافية في فترة دراسة قدرت بستة أشهر وسد ماكسة في فترة دراسة مدتها ثلاثة أشهر، مع المعايير الوطنية (NA) والدولية (OMS)، بهدف تقييم مدى مطابقة جودة مياه السدين المدروسين للمقاييس المعتمد عليها في تحديد صلاحية المياه الموجهة للاستهلاك البشري.

حسب النتائج المتحصل عليها من الدراسة السابقة يتبين أن معظم المؤشرات الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني درجة الحرارة، الناقلية الكهربائية، القساوة، القلوية،أيونات الكالسيوم، المغنزيوم والكلوريد) لمياه كل من السدين الشافية وماكسة تتطابق معالمعايير المرجعية التي حددتها كل من الدولة الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية باستثناء العكارةوأيونات النتريت .

تتراوح قيم العكارة بين 4.65 NTU إلى40.4 NTU بالنسبة لسد الشافية، في سد ماكسة تكون العكارة أكبر تراوحت قيمها بين56 NTU و150 NTU.

بينما في المعيارين الوطني والدولي تقدر بـ 5 NTU فقط إذا العكارة مرتفعة جدا في كلا السدين وهذا راجع إلى الجريان السطحي أثناء تساقط الأمطار الذي يؤدي إلى نقل التربة، الرواسب والمواد العالقة إلى السدين إضافة إلى وجود العوالق الصلبة للبقايا الحيوانية والنباتية.

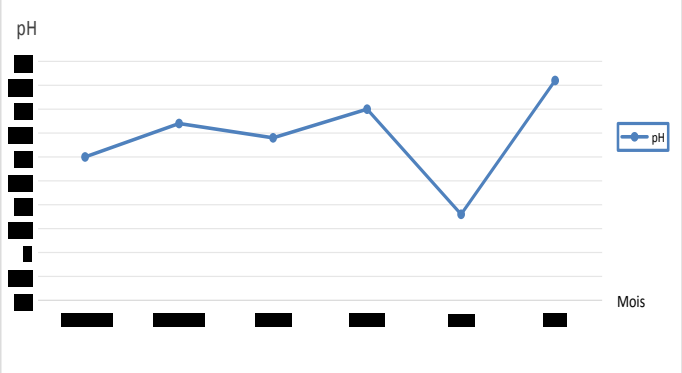
أماالنتريت وباعتباره مؤشر تلوث، ينصح من طرف منظمة الصحة العالمية أن لا تتجاوز قيمه 0.01 ملغ/لوحسب المعايير الوطنية لا تتجاوز قيمه 0.1 ملغ/ل، حيث تراوحت قيمه بين 0 ملغ/ل و0.03 ملغ/ل في الشافية، أما في سد ماكسة كانت قيمه أعلى تراوحت بين 0.05 ملغ/ل و0.07 ملغ/ل.

هذا يعود إلىالتحلل الجزئي للمواد العضوية بسبب نقص الأكسجين المنحل في المياه في معظم مناطق السد، وتواجد الفضلات الحيوانية الناتجة عن تربية المواشي في مختلف المناطق المحيطة بالسدين.

2.1.مقارنة النتائج المتحصل عليها في كل محطة:

1.2.1.سد الشافية:

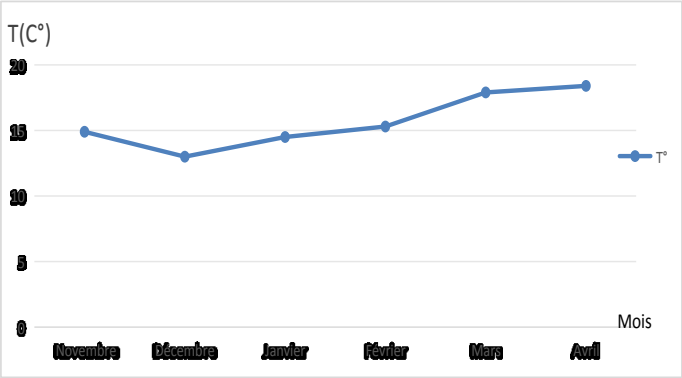
1.1.2.1.الرقم الهيدروجيني(pH):



الشكل(29): منحنى بياني يمثلتغيرات قيم pHلسد الشافية.

تم تسجيل تغيرات طفيفة في قيم pH خلال فترة الدراسة الممتدة من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل، حيث تراوحت بين pH=8.08 كأدنى قيمة سجلت في شهر مارس وpH=8.36 كأعلى قيمة مسجلة في شهر أفريل،يدل ذلك على أن مياه سد الشافية تميل إلى القاعدية و هي قيم ضمن المعايير الوطنية (NA) والدولية (OMS).

2.1.2.1.درجة الحرارة T(°C):



الشكل(30): منحنى بياني يمثل تغيرات قيم درجة الحرارة لسد الشافية.

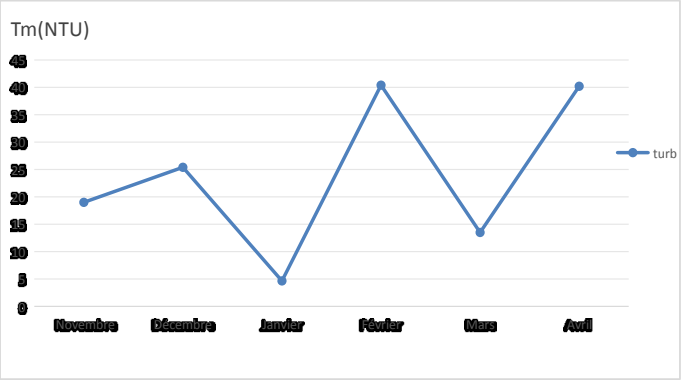
تشير معطيات المنحنى إلى أن درجة حرارة السد شهدت تغيرات تدريجية خلال فترة الدراسة الممتدة من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل، بمعدل 15.5.تنخفض درجات الحرارة في فصل الشتاء حيث بلغت أدنى قيمة لهافي شهر ديسمبر 14.5C° ثم بدأت في الارتفاع مع بداية فصل الربيع إلى أن تصل أقصى درجة في شهر أفريل18.4C°.

3.1.2.1. الناقلية الكهربائية (CE):

الشكل(31): تمثيل بياني لتغيرات قيم الناقلية الكهربائية لسد الشافية.

أظهرت نتائج التحاليل وجود تذبذب في قيم الناقلية الكهربائية المسجلة خلال الستة أشهر حيث كانت أعلى قيمة لها في شهر أفريل قدرت بـ 538 ميكروسيمانس/سمتقابلها في شهر مارس أدنى قيمة هي509 ميكروسيمانس/سم. تتعلق الناقلية الكهربائية بتراكيز الأملاح المعدنية، يفسر ارتفاعها بتراكم هذه الأملاح المعدنية نتيجة لقلة التساقطات وزيادة معدل التبخر.وانخفاضها يعود إلى زيادة معدل تساقط الأمطار، تجدد المياه من خلال واد بوناموسة الكبير.

4.1.2.1.درجة العكارة (Tm):

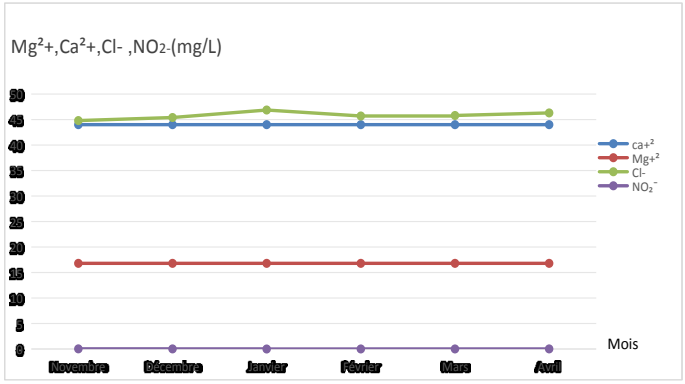


الشكل(32): منحنى بياني يوضح تغيرات قيم العكارة لسد الشافية.

من خلال تحليل النتائج المحصل عليها نجد اختلاف في قيم العكارة بمعدل 24.19 طوال مدة الدراسة.

بلغت أعلى قيمة 40.4NTUفي كل من شهر فيفري وشهر أفريل وأدنى قيمة لها بـ4.65NTU في شهر جانفي، حيثيعود ذلك لقلة تساقط الأمطار فينتج عنه ركود مياه السد الذي يؤدي إلى ترسب المواد العالقة في القاع.

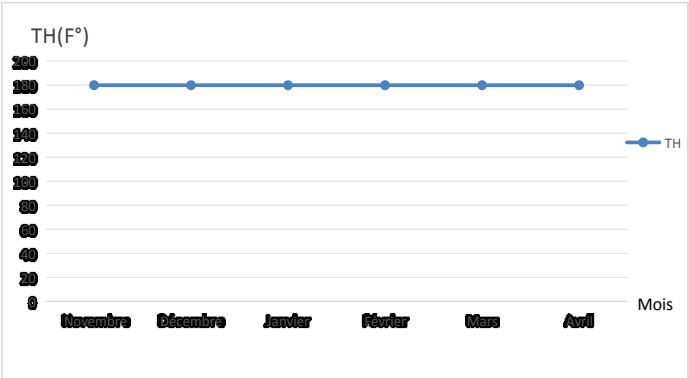
5.1.2.1. أيونات الكالسيوم (Ca^{2+})، المغنزيوم (Mg^{2+})، الكلوريد (Cl^{-})، النتريت (NO_2^{-}):



الشكل(33): منحنى بياني يوضح تغيرات تراكيز أيونات Ca^{2+}، Mg^{2+}، Cl^{-}، NO_2^{-} لسد الشافية.

تبين نتائج الدراسة وجود اختلاف بين كميات الأيونات حيث يتواجد الكلور بتراكيز أكبر مقارنة بالأيونات الأخرى.يرتبط تركيز الأيونات في مياه السدود بالطبيعة الجيولوجية للتضاريس (الطبيعة الصخرية). تعد الصخور الكلسية مصدرا للكالسيوم بينما الطبيعة الصخرية لسد الشافية تتمثل أساسا في صخور رملية، وهذا مايفسر القيم المنخفضة نسبيا للكالسيوم التي تثبت عند القيمة44 mg/Lطوال فترة الدراسة، كما أن أيونات المغنزيوم تثبت هي الأخرى عند القيمة 16.8 mg/L فالصخور الرملية ليست مصدرا للمغنزيوم نظرا لنفاذيتها العالية، وهو ما يقلل زمن التفاعل بين الصخور والمياه يكون تبادل أيوني ضعيف، أما أيونات النتريت التي تصنفكمؤشر تلوث كيميائيتراوحت قيمه 0-0.03mg/L.

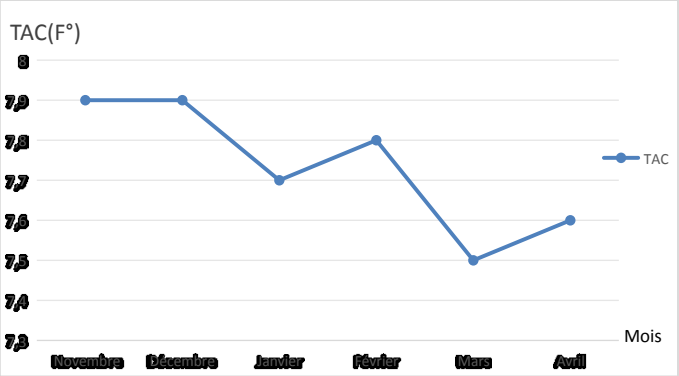
6.1.2.1. القساوة (TH):



الشكل(34): منحنى بياني لتغيرات قيم القساوة لسد الشافية.

يلاحظ من التمثيل البياني أن قيم القساوة لمياه سد الشافية تظهر استقرارا ملحوظا خلال مدة الدراسة الممتدة من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل حيث تستقر عند القيمة 180 F°، يعود سبب هذا الاستقرار إلى ثبات الأيونات المسؤولة عن القساوة والمتمثلة في الكالسيوم (Ca^{2+})والمغنزيوم (Mg^{2+})، وهي ضمن القيم المرجعية الموصى بها من طرف الدولة الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية.

7.1.2.1. القلوية (TAC):

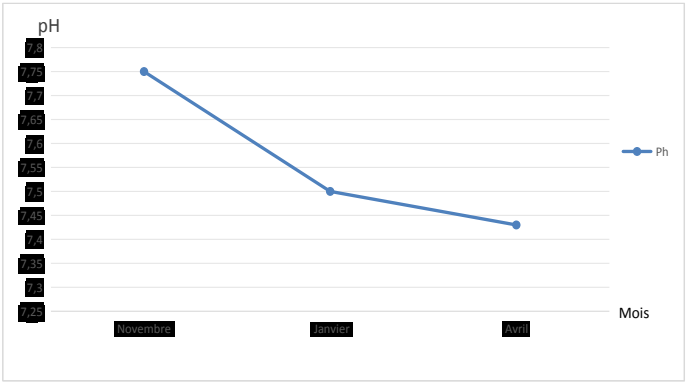


الشكل (35): منحنى بياني يمثل تغيرات قيم القلوية لسد الشافية.

يوضح المنحنى البياني قيم مرتفعة نسبيا للقلوية في نوفمبر قدرت بTAC =7.9F° تحافظ على هذا الارتفاع إلى غاية ديسمبر، ثم تبدأ في التذبذب ابتداءا من نفس الشهر إلى أفريل، حيث تبلغ أدنى قيمة لها في مارس TAC=7.5F°.

2.2.1. سد ماكسة:

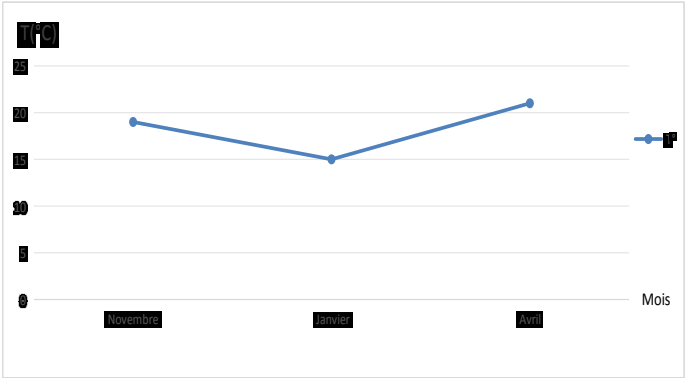
1.2.2.1. الرقم الهيدروجيني(pH):



الشكل(36): منحنى بياني يوضح تغيرات قيم pHلسد ماكسة.

تم تسجيل تغيرات طفيفة في قيم pH خلال فترة الدراسة المتمثلة في ثلاثة أشهر(نوفمبر، جانفي،أفريل)، حيث تراوحت بين pH=7.43 كأدنى قيمة سجلت في شهر أفريل وpH=7.75 كأعلى قيمة مسجلة في شهر نوفمبر يدل ذلك على أن مياه سد ماكسة ذات pH شبه متعادل وهي قيم ضمن المعايير الوطنية الجزائرية(NA) و الدولية (OMS).

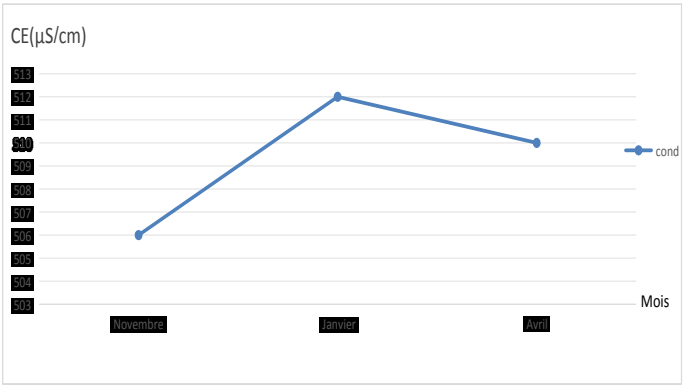
2.2.2.1. درجة الحرارة (T(°C:



الشكل(37): منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة لسد ماكسة.

تشير معطيات المنحنى إلى أن درجة حرارة السد شهدت تغيرات تدريجية خلال مدة الدراسة لثلاثة أشهر(نوفمبر، فيفري، أفريل) بمعدل 18.33.تكون درجات الحرارة مرتفعة نسبيا في شهر نوفمبر قدرت ب 19C°تنخفض في فصل الشتاء حيث بلغت أدنى قيمة لها15C° في شهر جانفي ، ثم بدأت في الارتفاع مع بداية فصل الربيع و ارتفاع درجات الحرارة إلى أن تصل أقصى درجة في شهر أفريل21C°وهي ضمن المعايير الموصى بها .

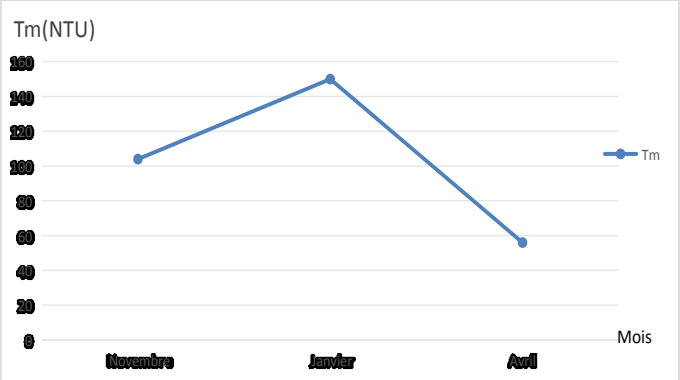
3.2.2.1.الناقلية الكهربائية (CE):



الشكل(38): تمثيل بياني لقيم الناقلية الكهربائية لسد ماكسة.

أظهرت نتائج التحاليل وجود تذبذب طفيف في قيم الناقلية الكهربائية المسجلة خلال الثلاثة أشهر حيث كانت أعلى قيمة لها في شهر أفريل قدرت بـ 512 ميكروسيمانس/سم تقابلها في شهر مارس أدنى قيمة هي506 ميكروسيمانس/سم. تتعلق الناقلية الكهربائية بتراكيز الأملاح المعدنية. يفسر ارتفاعها بتراكم هذه الأملاح المعدنية نتيجة لقلة التساقطات وزيادة معدل التبخر. وانخفاضها يعود إلى زيادة معدل تساقط الأمطار، تجدد المياه من خلال واد الكبير.

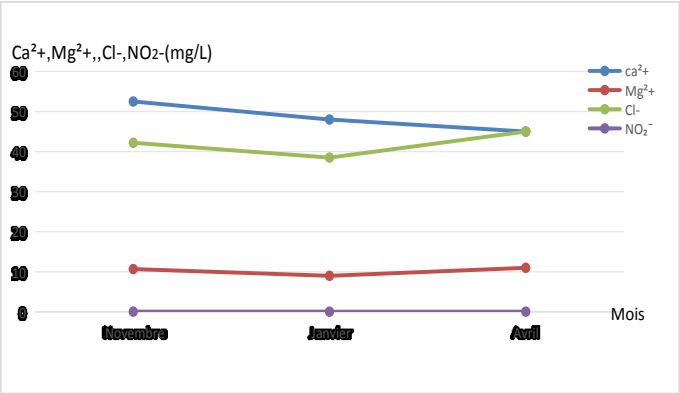
4.2.2.1.درجة العكارة (Tm):



الشكل(39): منحنى بياني يوضح تغيرات قيم العكارة لسد ماكسة.

نلاحظ من خلال المنحنى البياني أن قيم العكارة في مياه سد ماكسة مرتفعة خلال فترة الدراسة قدرت في شهر نوفمبر 104NTU ارتفعت في شهر جانفي إلى 150NTU وهذا راجع لزيادة معدل التساقط الذي يؤدي لجريان سطحي قوي يجرف التربة والرواسب المختلفة منها الناتجة عن الأنشطة الزراعية في المنطقة المحيطة بالسد إلى مياه السد، ثم انخفضت العكارة في شهر أفريل56NTUمع انخفاض التساقطات المطرية وقلة الجريان السطحي.

5.2.2.1.أيونات الكالسيوم (Ca^{2+})، المغنزيوم (Mg^{2+})، الكلوريد (Cl^{-})،النتريت(NO_2^{-}):

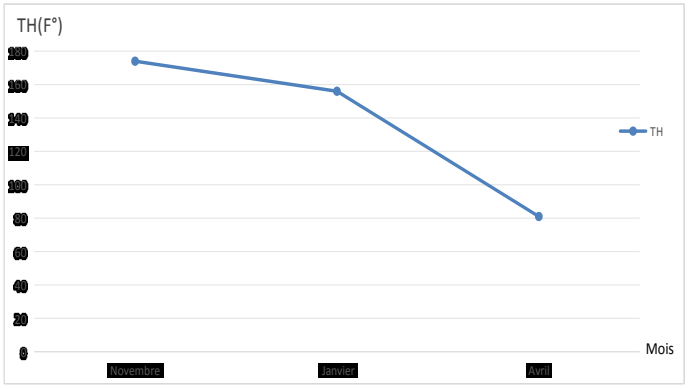


الشكل(40): منحنى بياني يوضح تغيرات تراكيز أيونات Ca^{2+}، Mg^{2+}، Cl^{-}، NO_2^{-} لسد ماكسة.

تبين نتائج الدراسة وجود اختلاف بين كميات الأيونات حيث يتواجد الكالسيوم بتراكيز أكبر مقارنة بالأيونات الأخرى شوارد الكلوريد انخفضت في شهر جانفي لتصل لأدنى قيمة لها 38.5 ملغ/ل نتيجة لارتفاع معدل التساقط وزيادة حجم المياه في السد مما يؤدي لتخفيف تركيز الكلوريد فينقص تركيزه. ثم تعود للإرتفاع في شهر أفريل 45 ملغ/ل الذي يقل فيه التساقط وتبدأدرجات الحرارة في الارتفاع يزداد معدل التبخر ويرتفع تركيز أملاح الكلوريد في الماء.

كذلك بالنسبة لأيونات المغنزيوم بقيت في قيم منخفضة وهذا بسبب طبيعة الصخور الرملية المحيطة بالسد التي تفتقر للمغنزيوم. أما أيونات النتريت التي تصنف كمؤشر تلوث كيميائي تراوحت قيمه 0.05-0.07 mg/L 0.

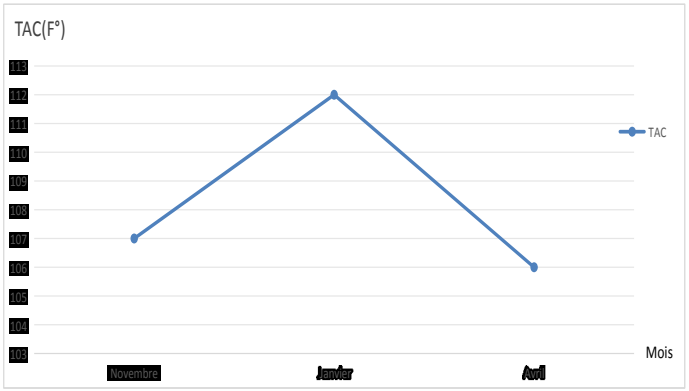
6.2.2.1. القساوة (TH):



الشكل(41): منحنى بياني يمثل تغيرات قيم القساوة لسد ماكسة.

يلاحظ من التمثيل البياني أن قيم القساوة لمياه سد ماكسة تظهر انخفاض تدريجي طوال مدة الدراسة (نوفمبر، جانفي، أفريل). يعود سبب ذلك إلى الانخفاض التدريجي لأيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنزيوم (Mg^{2+})، وهي ضمن القيم المرجعية الموصى بها من طرف الدولة الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية.

7.2.2.1. القلوية (TAC):

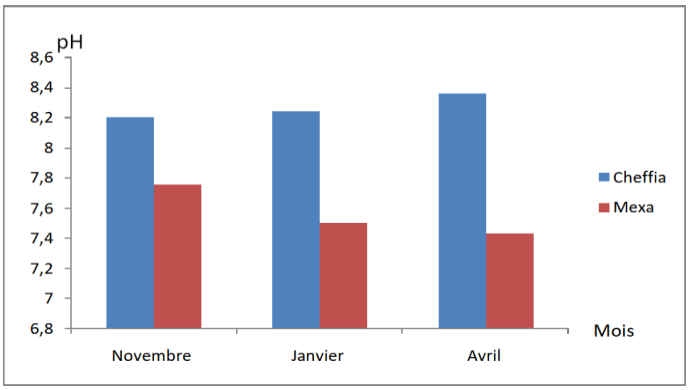


الشكل(42): تمثيل بياني يوضح تغيرات قيم القلوية لسد ماكسة.

يوضح المنحنى البياني استقرار نسبيا في قيم القلوية مع تغيرات بسيطة في نوفمبر قدرت ب TAC=107 F° لترتفع في جانفي TAC=112F° مع ارتفاع الجريان السطحي للمياه الحاملة لشوارد البيكربونات.تنخفض القلوية انخفاض طفيف لتصل لقيمة قدرها TAC=106F°.وهي ضمن المجال المسموح به وطنيا و دوليا.

2.مقارنة بين الخصائص الفيزيوكيميائية لسد الشافية وسد ماكسة:

1.2.الرقم الهيدروجيني (pH):

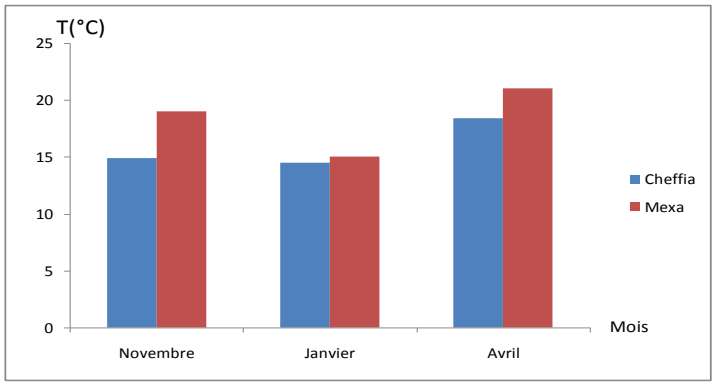


الشكل(43): مخطط أعمدة بيانية يوضح مقارنة نتائج قيم pH بين السدين.

أظهرت نتائج تحليل pH اختلافا واضحا بين السدين خلال الأشهر الثلاثة (نوفمبر، جانفي، أفريل) ،حيث كانت قيمه مرتفعة في سد الشافية مقارنة بسد ماكسة وسجلت في شهر أفريل أعلى قيمة في سد الشافية pH= 8.36تقابلها أدنى قيمة في سد ماكسة pH=7.43في نفس الشهر، ما يدل على أن pH في سد ماكسة شبه متعادل يميل للقاعدية، مع انخفاض تدريجي يحتمل أن يكون ناتجا عن تحلل المواد العضوية وزيادة ثاني أكسيد الكربون الذائب خلال الشتاء، أما مياه سد الشافية ذات pH قاعدي يشير إلى وسط أكثر استقرارا، يعود غالبا إلى النشاط البيولوجي المرتفع (خصوصا الطحالب) ووجود أيونات معدنية قاعدية مثل الكربونات$CaCO^{2}_{3}$.

تعكس هذه النتائج تأثير العوامل البيئية والجيولوجية المحيطة بكل سد، حيث يبدو أن سد ماكسة أكثر عرضة لتغيرات موسمية تؤثر علىpH ، في حين يحافظ سد الشافية على قلوية ثابتة نسبيا.

2.2.درجة الحرارة T(°C):

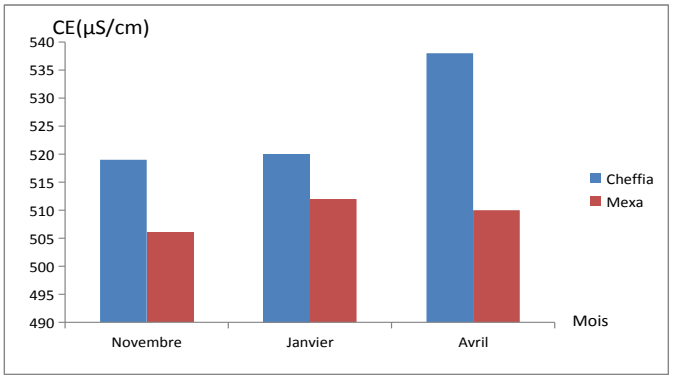


الشكل(44): مخطط أعمدة بيانيةيوضح مقارنة نتائج درجة الحرارة للسدين.

أظهرت مقارنة نتائج درجة الحرارة وجود تباين موسمي واضح بين السدين خلال الأشهر الثلاثة المدروسة. في سد ماكسة، تراوحت القيم بين 15°C(جانفي)و21°C (أفريل)، مع انخفاض ملحوظ في الشتاء وارتفاع تدريجي مع بداية فصل الربيع مما يعكس التأثير المباشر للعوامل المناخية الخارجية.

أما في سد الشافية، فكانت درجات الحرارة أقل، قيمها محدودة بين 13°C(ديسمبر) إلى 18.4°C(أفريل)، مما يدل على أن هذا السد يحتفظ بحرارة أقل خلال الفصول، نظرا موقعه الجغرافي الأكثر ظلا المتميز بسلسلة جبال كثيفة مما يجعل تعرضه للإشعاع الشمسي ضعيف نلاحظ أن سد ماكسة يتميز بدرجة حرارة مرتفعة فهو يتأثر بشكل أسرع وأكبر بالتغيرات الحرارية الموسمية، في حين أن سد الشافية يتميز باستقرارحراري نسبي.

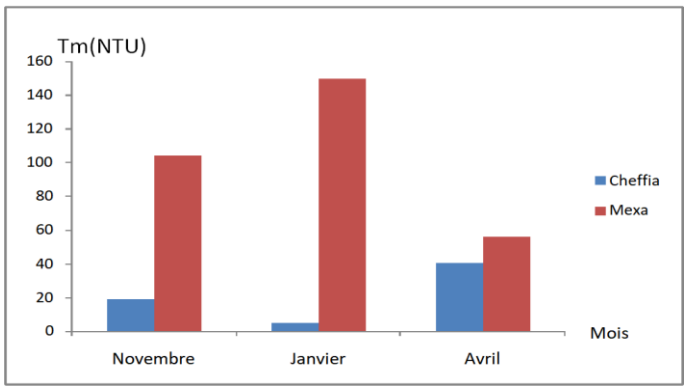
3.2.الناقلية الكهربائية (CE):



الشكل(45): مخطط أعمدة بيانية يمثل مقارنة نتائج الناقلية الكهربائيةللسدين.

أظهرت النتائج قيم ناقلية أعلى في سد الشافية من سد ماكسة بحوالي 16.3(ميكرو سيمانس/سم) كمعدل، تم تسجيل القيم الدنيا للناقلية الكهربائية في شهر نوفمبر بالنسبة للسدين حيث قدرت بـ 506 (ميكرو سيمانس/سم) لسد ماكسة، و519 (ميكرو سيمانس/سم) لسد الشافية.أما القيم القصوى بلغت القيمة 535 (ميكرو سيمانس/سم) لسد الشافية في شهر أفريل والقيمة 512 (ميكرو سيمانس/سم) لسد ماكسة في شهر جانفي.هذا الفرق يرجع إلى تركيز أعلى من الأملاح المعدنية الذائبة في مياه سد الشافية منه في سد ماكسة، مثل الكلوريدات، المغنزيوم والكالسيوم.

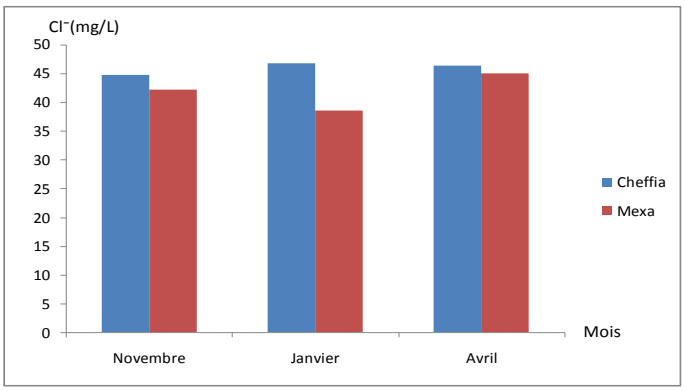
4.2.درجة العكارة (Tm):



الشكل(46): مخطط أعمدة بيانيةيبين مقارنة نتائج قيم العكارة للسدين.

بينت مقارنة نتائج العكارة اختلافواضحا بين السدين خلال الأشهر الثلاثة المدروسة (نوفمبر، جانفي، أفريل). سجلسد ماكسةقيما مرتفعة مقارنة بسد الشافية، بلغت ذروتها في فصل الشتاء(جانفي)150 NTU بينما في سد ماكسة قدرت بـ 4.65NTU وهي في حدود المعايير الجزائرية والدولية الموصى بها. نفسر الارتفاع الكبير للعكارة في سد ماكسة بالنشاطات الزراعية في المناطق المحيطة بالسد التي تعتمد على المركبات الكيماوية المختلفة (الأسمدة والمبيدات) تلوث مياه واد الكبير المغذي لسد ماكسة بمياه الصرف الصحي القادم من التجمعات السكنية للقرى الموجودة في محيط السد.

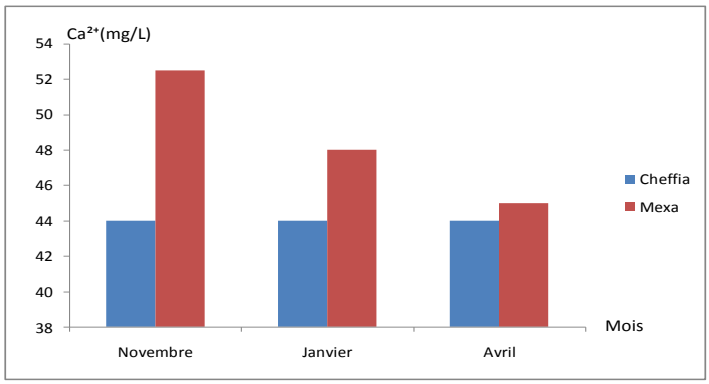
5.2.أيونات الكلوريد (Cl^-):



الشكل(47): مخطط أعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة تراكيز الكلوريد في السدين.

في شهر نوفمبر تركيز الكلور في سد الشافية قدر بـ 44.8 ملغ/ل بينما في سد ماكسة قدر بـ 42.2 ملغ/ل في شهر جانفي ارتفع تركيز الكلور إلى 46.87 ملغ/ل في الشافية بالمقابل انخفض في سد ماكسة إلى 38.5 ملغ/ل وفي شهر أفريل سجل ارتفاع في قيم الكلوريد بلغت قيمة 46.3 ملغ/ل بسد شافية و45 ملغ/ل في ماكسة يرتبط ذلك بالتركيبة الصخرية لأحواض السدين.

6.2.أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}):

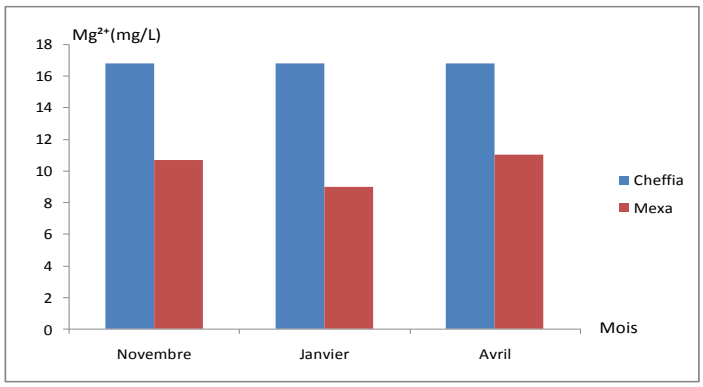


الشكل(48): مخطط أعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة قيم أيونات الكالسيوم للسدين.

تظهر القيم وجود ثبات في تركيز الكالسيوم بالنسبة لسد الشافية طوال مدة الدراسة عند القيمة 44 ملغ /ل يدل هذا الثبات على استقرار في مصادر الكالسيوم الواردة إلى السد مما يشير إلى وجود توازن هيدروكيميائي. أما سد ماكسة نلاحظ تباين في تركيز هذه الأيونات كانت قيمتها في نوفمبر 52.5 ملغ /ل ثم انخفضت إلى 48 ملغ /ل في شهر جانفي وتستمر في الانخفاض إلى غاية شهر أفريل وصولا إلى القيمة 45 ملغ /ل.

يحافظ سد الشافية على تركيز أقل وأكثر استقرارا للكالسيوم مقارنة بسد ماكسة الذي يتميز بتراكيز مرتفعة ومتذبذبة، يعود ذلك إلى اختلاف جيولوجيا الأحواض المائية للسدين.

7.2.أيونات المغنزيوم (Mg^{2+}):

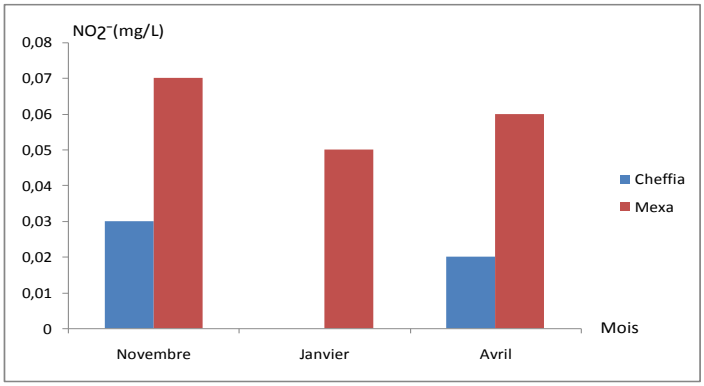


الشكل(49):.مخططأعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة قيم أيونات المغنزيوم للسدين.

حسب النتائج هناك ثبات في تركيز المغنزيوم بالنسبة لسد الشافية طوال مدة الدراسة عند القيمة 16.8 ملغ /ل يدل هذا الثبات على استقرار في مصادر المغنزيوم الواردة إلى السد مما يشير إلى وجود توازن هيدروكيميائي. أما سد ماكسة نلاحظ تباين في تركيز هذه الأيونات كانت قيمتها في نوفمبر 10.69 ملغ /ل ثم انخفضت إلى 9 ملغ /ل في شهر جانفيوبعدها ارتفعت إلى القيمة 11 ملغ /ل.

يحافظ سد الشافية على تركيز أعلى وأكثر استقرارا للمغنزيوم مقارنة بسد ماكسة الذي يتميز بتراكيز منخفظة ومتذبذبة.

8.2.النتريت (NO_2^-):



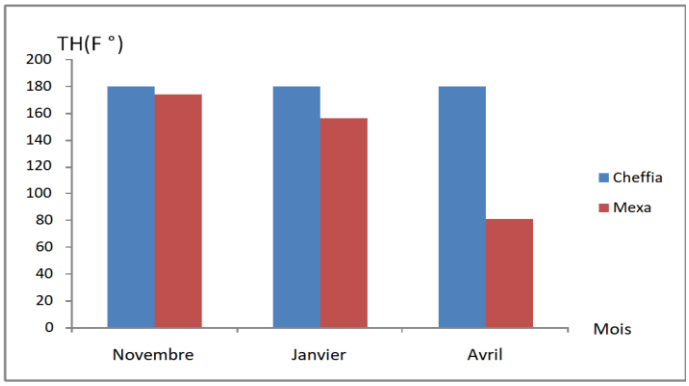
الشكل(50):.مخطط أعمدة بيانية يوضحنتائج مقارنة قيم أيونات الكالسيوم للسدين.

من خلال المعطيات السابقة نجد أن تركيز النتريت كان في أعلى مستوياته في شهر نوفمبر في كلا السدين في سد الشافية قدر ب 0.03 ملغ/ل وفي سد ماكسة بلغ تركيزه 0.07 ملغ/ل، في شهر جانفي انعدمت قيمته بالنسبة لسد الشافية بينما في سد ماكسة بلغ 0.05 ملغ/ل وعند شهر أفريل ارتفعت قيمة النتريت في السدين في الشافية 0.02 ملغ/ل في ماكسة 0.06

ملغ/ل.

تظهر النتائج خلال فترة الدراسة أن مياه سد ماكسة تعاني من تلوث بالنتريت، حيث أن كميات النتريت عالية وتتجاوز المعيار المحدد من طرف الدولة الجزائريةومنظمة الصحة العالمية0.01 ملغ/ل.

9.2.القساوة (TH):

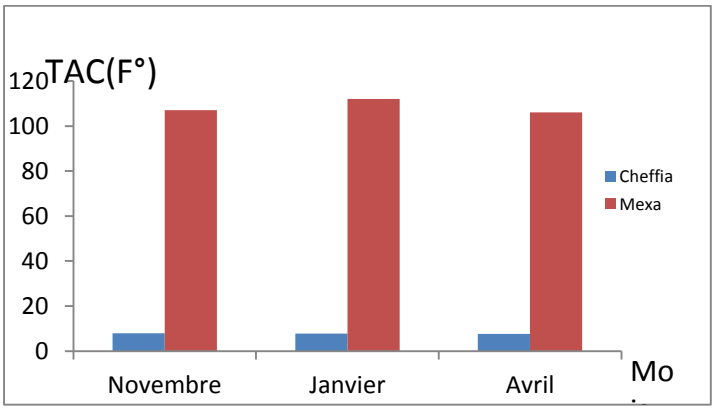


الشكل(51): مخطط أعمدة بيانيةيوضح نتائج مقارنة قيم القساوةللسدين.

في سد الشافية قيم القساوة ثابتة طول فترة الدراسة في الأشهر الثلاث المدروسة 180F°بينما في سد ماكسة تكون في حالة انخفاض تدريجي بداية من شهر نوفمبر قدرت بقيمة 174F° ثم في شهر جانفي 156F° إلى أن تبلغ قيمة 81F° في شهر أفريل.

على الرغم من تواجد السدين في نفس الحيز الجغرافي إلا أن اختلاف ظروف بناء السدين (اختلاف الطبيعة الصخرية ونوع التربة) أدى إلى اختلاف تراكيز الأيونات المسؤولة عن القساوة (المغنزيوم والكالسيوم).

10.2. القلوية(TAC):



الشكل(52): مخطط أعمدة بيانيةيوضح نتائج مقارنة قيم القلوية.

يظهر الشكل قلوية عالية و ثابتة نسبيا في سد ماكسة تتراوح بين106 F° و112 F°مقارنة بسد الشافية الذي تميز بقلوية منخفضة جدا خلال فترة الدراسة نفسر ذلك بتواجد الصخور الجيرية كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ كذلك الصخور الدولوميتية $(CaMg(CO_3)_2)$المنتشرة في منطقة السد تؤدي لذوبان شوارد الكربونات والبيكاربونات في المياه.

كما يعود هذا الاختلاف إلى التمثيل الضوئي للطحالب الخضراء الذي تستهلك خلاله ثاني أكسيد الكربونيؤدي تحول البيكربونات إلى كربونات ومنه ارتفاع درجة الحموضة وبالتالي القلوية.

الخاتمة

الخاتمة:

دراسة المؤشرات الفيزيوكيميائية للمياه السطحيةيساعد في تحديد جودة هذه المياه، خاصة تلك الموجهة الاستهلاك البشري. وفي هذا الإطار، تناولت دراستنا تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه سدي الشافية وماكسة بولاية الطارف حيث يتضح أن الموارد المائية السطحية، رغم أهميتها الاستراتيجية، تبقى عرضة لتأثيرات متعددة، سواء كانت طبيعية أو ناجمة عن الأنشطة البشرية المتزايدة في المناطق المحيطة بالسدود.

ومن خلال التحاليل المنجزة في الجزء التطبيقي من الدراسة، تبين أن معظم قيم المؤشرات الفيزيوكيميائية المسجلة تقع ضمن المعايير الوطنية والدولية، مما يعكس جودة مقبولة للمياه في السدين محل الدراسة. ومع ذلك، فقد تم تسجيل بعض التجاوزات الملحوظة، خاصة على مستوى العكارة وأيونات النتريت(NO_2^-)، مقارنة بالمعايير الموصى بها، وهي مؤشرات بيئية تستوجب المتابعة، كونها قد تؤثر على جودة المياه وسلامتها الصحية، وكذلك على فعالية المعالجة اللاحقة.

وتكتسي هذه الدراسة أهمية بالغة في ظل التحديات البيئية المتزايدة، لا سيما تلوث المياه السطحية بفعل الأنشطة البشرية (الزراعية، الصناعية، والحضرية)، مما يستدعي تكثيف عمليات المراقبة والتحليل، واتخاذ التدابير المناسبة لضمان استدامة هذا المورد الحيوي. وعليه، نقترح بعض التوصيات من بينها:

- توعية الفلاحين بخطورة الاستعمال المكثف للأسمدة الزراعية من خلال تنظيم استخدام الأسمدة النيتروجينية في المناطق الزراعية القريبة من السدود.
- فرض رقابة صارمة على تصريف مياه الصرف الصحي (المنزلي أو الصناعي) في المجاري المائية المغذية للسدود، مع تشجيع إنشاء محطات معالجة محلية لهذه المياه.
- تطوير الوعي البيئي لدى السكان المحليين والمزارعين وذلك بتنظيم حملات تحسيسية لتعريفهم بمخاطر تلوث المياه وأهمية الحفاظ على جودة الموارد المائية، خاصة تلك المخصصة للشرب والسقي.
- تنظيم حملات مراقبة دورية لجودة المياه، تشمل تقييما كميا ونوعيا مستمرا، بهدف الكشف المبكر عن أي تلوث واتخاذ التدابير العلاجية المناسبة في الوقت المناسب.
- تنفيذ حملات تنظيف دورية للسدود، بهدف المحافظة على جودة المياه من جهة، والحفاظ على قدرتها الاستيعابية من جهة أخرى، وذلك من خلال تخليصها من مختلف الترسبات.
- اتخاذ إجراءات صحية عاجلة تجاه هذه المياه بسبب تأثيراتها السلبية على صحة المواطنين وتسببها في أمراض مختلفة من بينها فقر الدم متلازمة الطفل الأزرق Syndrome du bébé bleu والذي تعاني ولاية الطارف مستويات إصابة عالية به.

الملخص:

تناولنا في هذا العمل دراسة المؤشرات الفيزيائية والكيميائية للمياه العذبة في سدي الشافية وماكسة بولاية الطارف، خلال الفترة الممتدة من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل من سنة 2025/2024، وذلك بهدف تقييم جودتها ومدى صلاحيتها للاستهلاك البشري والاستعمال الزراعي.

في البداية، تم التطرق إلى أهمية المياه كمورد حيوي، والتحديات المرتبطة بتلوثها، مع عرض للمعايير المعتمدة في تقييم جودتها .

شملت الدراسة تحاليل مخبرية لعينات مياه مأخوذة من السدين، حيث تم قياس مجموعة من الخصائص، مثل درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، الناقلية الكهربائية، العكارة، وتركيز بعض الأيونات كالكالسيوم، المغنيسيوم، والنترات.

أظهرت نتائج التحاليل لهذه المؤشرات، عند مقارنتها بالمعايير الوطنية والدولية، أن مياه السدين تتسم بجودة مقبولة عمومًا، وتبقى ضمن المعايير الموصى بها. كما أُجريت مقارنة بين مياه السدين، حيث تبين أن مؤشرات مياه سد الشافية تظهر جودة أعلى، خاصة بالنسبة للعكارة وتركيز النتريت، مقارنة بمياه سد ماكسة، وهذا مرتبط بخصائص كل منطقة، يجب الحرص علي وضع آليات مراقبة فعالة لمعالجة هذه المياه بما يضمن صلاحيتها للاستهلاك البشري والاستعمال الزراعي، مع التوصية بضرورة إجراء مراقبة دورية لضمان استدامة هذا المورد الحيوي.

الكلمات المفتاحية:

المياه العذبة، المؤشرات الفيزيوكيميائية، سد الشافية، سد ماكسة.

Abstract :

This work focused on studying the physical and chemical indicators of freshwater in the Shafia and Maksa dams located in the El Tarf province, during the period from November to April of the 2024/2025 season, with the aim of evaluating water quality and its suitability for human consumption and agricultural use.

Initially, the study addressed the importance of water as a vital resource and the challenges associated with its pollution, along with a presentation of the standards adopted for assessing its quality.

Laboratory analyses were conducted on water samples taken from both dams, where several parameters were measured, including temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, and the concentration of certain ions such as calcium, magnesium, and nitrates.

The results of these analyses, when compared with national and international standards, indicated that the water in both dams generally exhibits acceptable quality and remains within the recommended limits. A comparison was also made between the two dams, revealing that the water quality indicators in Shafia Dam are generally higher, especially in terms of turbidity and nitrite concentration, compared to those in Maksa Dam. This difference is attributed to the environmental characteristics of each area.

Therefore, it is essential to implement effective monitoring and treatment mechanisms to ensure the water's suitability for human consumption and agricultural use, along with a recommendation to conduct regular monitoring to ensure the sustainability of this vital resource.

Keywords:

Freshwater, physicochemical indicators, Cheffia Dam, Mexa Dam.

قائمة المراجع

المراجع باللغة الأجنبية:

- ACHOUR S. (2001), Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Hydrauliques, Université de Tizi-Ouzou, 231 p
- Alonso E. (2005). Compactage et comportement de sols fins humides. Revue française de géotechnique(111), p : 33-43.
- Aouabdi Besma et Merbai Narimane 2024 Etude numérique d'un Barrage En terre '' Cas du barrage de Zit -El – Emba Wilaya de Skikda'' Mémoire de Master Présenté à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma P : 3,5,6,10.
- BANQUE MONDIALE, FAO, AFD. (2003), République algérienne démocratique et populaire – Secteur de l'eau : Eléments d'une stratégie sectorielle. Rapport d'identification.
- Barrage de Cheffia, [En ligne], Publié le 06 avril 2013 ,consulté le (22/05/2021) .
- BEAUDRY J.P. (1984), Traitement des eaux. Ed Le Griffon d'Argile, Québec.
- BEAUPOIL.BORNENS. Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : Seuils d'acceptabilité, Rapport de synthèse, Biotecmer 3 AELB,1997,P :49.
- -Belghiti, M.L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D. (2013). *Etude de la qualité physicochimiqueet bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc).* Larhyss Journal. N°14, p21
- Benfetta H., OUADJA A., ACHOUR B. and REMINI B. (2016). CAPACITY LOSS IN DAMS LOCATED IN ARID AND SEMI ARID ZONES. CASE OF GARGAR, BOUHANIFIA, OUIZERT AND FOUM EL GHERZA DAMS. LARHYSS Journal ISSN 1112-3680(25), p : 183-201.
- Bennour Salah Eddine , Mekkaoui Abdel Hafidh , 2016 , Bassin versant de la moyenne Seybouse .pollution des eaux de Surface approche qualitative et cartographique. Thème de master 2 en hydrologie université 8 /05/1945
- Berne F, Jean C, 1991. Traitement des eaux, Édition TECHNIP. 306 p.
- Billen G, Garnier J, Nemery J. 2007: A long-term view of nutrient transfers through the Seine river continuum. Science of the total Environment. p 375.
- BOUDJAJA A, MESSAHEL M ; PAUC H. (2003), Ressources hydriques en Algérie du Nord, Rev. Sci. Eau, 16, 3, 285-304.
- Bouguetit *et* Benhamide, 2015.Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla (Cas de la nappe du Continental Intercalaire), Mémoire d'obtention

de Master Académique en Sciences et Technique, Université KASDI MERBAH OUARGLA. P 50.

- BOUSLAH SORAYA .(2018). ETUDE DE LA QUALITE DES EAUX STOCKEES A L'AMONT ET LES EAUX D'INFILTRATION A L'AVAL DES BARRAGES EN REMBLAI EN ALGERIE. THESE DOCTORAT ES sciences. Université BADJI MOKHTAR – ANNABA p :8-9.
- Bouzid T. (2010). Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable thèse de doctorat, DEPARTEMENT DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, UNIVERSITE MENTOURI – CONSTANTINE.
- Burford MA, 2014 : Costanzo SD, Dennison WC, et al. A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. Marine Pollution Bulletin. 2003 ; 46 :p1456–1
- Degrémont, 1978 :‹‹ Mémento technique de l'eau » 8ème édition, Paris
- Design G. (1994). Earth and Rock-Fill Dams-General Design and Construction Considerations.
- Diab Djeffal I. (2016). L'Envasement dans Les Barrages de l'Algérie. Silting in the Dams of Algeria.
- Diab W, 2006 : Etude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani, Liban. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine (France), p214.
- Disponible sous l'adrèsse : http://popodoran.canalblog.com/archives/2013/04/06/26859337.html
- Dr. Nassima LEKOUAGHET -2024 BARRAGES EN TERRE Polycopié de cours Université 08 Mai 1945 de Guelma p2 p5
- DUPONT A. (1981), Hydraulique urbaine : Hydrologie-captage et traitement des eaux, Ed. Eyrolles, tome I
- eaux du lac municipal d'akonolinga. Département des sciences biologiques. (DI.P.E.S. II).
- ENVIRONNEMENT CANADA, (1994), Surveillence de la qualité des eaux de surface, Guide à l'intention des citoyens des étudiants et des communautés du Canada atlantique.
- Fiche pratique12. (2016). Le Calcium .V1.p3. Éditée par France Rein.
- Fur, M. (2004).*le contrôle de la qualité des eaux naturelles conditionnes* .France.
- G leik , P.H(1993) :A guide to the world's Freshwater Resources, Oxford University, Edited 24-10-2012.

- GHIBECHE I, 2011. Contribution à la régionalisation stochastique des paramètres physico- chimiques des eaux souterraines dans le cadre d'un SIG .thèse . Doctoral : Département Hydrolique. Université .El Harrach-Alger, pp 15_ 40.
- Gordon L, D.M(2003) :Land cover change and water vapor flows: Learning from Australia, Philosophical Transactions Biological Science,1973- 1984,pp358.
- GRAINI L,2011**.** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique Mémoire magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF. P106
- GUESMIA Khadidja BOUBEKEUR Youcef .(2015). Etude de faisabilité du barrage de Berriche W. Batna. Ecole Nationale Polytechniques. ENP 10, Avenue HASSEN BADI el Harrach Alger. Algérie p :71-73.
- Hadef R. and Hadef A. (2001). Le déficit d'eau en Algérie: une situation alarmante. Desalination137(1-3), 215-8.
- HALLAB Safa 2021Etude de la qualité des eaux du barrage Cheffia à l'aide de l'indice de qualité.Mémoire de projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique école national polytecnique
- HAOU Sana BOUAMRANE Rabiaa 2020 ETUDE QUALITATIVE DES EAUX DU BARRAGE CHEFFIA (N-E ALGERIEN) Mémoire Master UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA.
- Jalali, Mohsen, Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran, Springer, 2011.
- KHADRAOUI Abderrazak, dans son livre "Eau et impact environnemental dans le Sahara algérienp 205.
- Labadi, A.S., Hammache, H. (2016).Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en algérie. Larhyss Journal, N°28, p319-342.
- Larry West (2016) :Water now more valuable than oil!, wayback machine web site , Published 9-10-2016.
- Le Delliou P. (2003). Les barrages: conception et maintenance. Presses Universitaires Lyon.
- LOUNNAS. 2008 Amélioration des procèdes de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda,Université de Skikda, , p : 120
- M. Goudjil et S. Bencheikeh 2011 'La pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla Sud-Est Algérien ', mémoire Master en Génie de l'environnement Université Kasdi Merbah Ouargla,.P 2-29.
- Mastafa T.Chahine,(1992) :The hydrologic cycle, wayback machine website,25-06-2018.
- MBEUKAM K. E, 2013**.** Evaluation de la qualité bactériologique et physico – chimique.

- Melissa pollution "Everything you Need to know " WWW. Nrdc.org Retrived 02|06|2019.
- MEROUANI M. *et* BOUGUEDAH A, 2013.Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH OUARGLA. P59.
- Merzoug Arahmene 2022 Contribution à l'étude qualitative des eaux potables dans la région de Biskra MÉMOIRE DE MASTER Université Mohamed Khider de Biskra p :4 , 30,33 .
- MESSAI Insaf 2017 La Qualité des eaux de barrages en Algérie Mémoire de master en Génie de l'Environnement ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE p18
- MOKHBI Manel MOUMEN Anfel MOUMEN Nesrine REMITA Ikram 2023 Caractérisation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de l'Oued Cherka (COLLO) Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA. www.alsaffar.5u.com/masdartalawethmeeyah.htm - 39k
- Mouly D, Joulin E, Roosin C, Beauudeau P, Zeghnoun A, A, & Munoz JF. 2008 : Rapport Campagne d'analyses distribution d'eau et modélisation de Saint-Maurice (Fra). Institut de veille sanitaire. Olszewski-Ortar, d'étude, Les sous-produits de chloration dans l'eau destinée à la consommation humaine en France - dans quatre systèmes de l'évolution des trials méthanes.
- Mutin G. (2009). Le monde arabe face aux d\'efis de l'eau: enjeux et conflits. arXiv preprint arXiv:0911.4948.
- OMS, 2000. Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p.
- Oumou Samba GASSAMBE, contribution à une meilleure connaissance de larèglementation et de la composition physico–chimique des différentes marques d'eauminérale vendus au Mali, Thèse de Doctorat, Universite de Bamako, 2012.
- Paulson , Anthony J, the transpot and fate of Fe, Mn, Cu, Zn,Cd,Pb, and SO4 in a groundwater plume and in downstream surface waters in the cœur d'Alene Mining District , ldaho , USA, Elsevier,1997 .
- Pojaa Arora(2017) :Physical,chemical and biological characteristics of water(content module), Kurkushetra University, research gate wensite,pp 17.
- POTELON.ZYMAN, Le guide des analyses d'eau potable, Edition. La Lettre du Cadre Territorial, Voiron, France,1998.
- REINBERG. Le sodium et la vie, 2ème édition, PUF, Paris,1971 ,128 pp

- Remini B., Leduc C. and Hallouche W. (2009). Évolution des grands barrages en régions arides: quelques exemples algériens. Sécheresse20(1),p : 96-103.
- Ressources Eau PDF] Document consulté : El Fadel Derradji, Ressources en eau dans la région d'Annaba El-Tarf (Nord-Est d'Algérie) Identification quantitative et qualitative. Consulté via https://www.univ-bouira.dz/fsnv/wp-content/uploads/2024/02/Ressources-en-eau-dans-lar%C3%A9gion-dAnnaba-El-Tarf-Nord-Est-dAlg%C3%A9rie-Identification-quantitative-et-qualitative.pdf (Texte extrait de /home/ubuntu/ressources_eau_el_tarf.txt).
- Rodier C, Blanchard. E. 2005 :"L'Analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de Mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, Ed Dunod, paris, p384.
- RODIER J. (1996), L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, 8ème Edition, Paris.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J ., Chambon P., Champsaur H., et Rodi L. 1996. L'analyse de l'eau eaux naturelles eaux résiduaires eau de mer 8eme édition .dunod Paris 1383 p
- Rodier JL. 2009 : "L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 9ème éd Dunod Éd Paris, p : 1579
- Rolley R., Kreitmann H., Dunglas J., Pierrejean A. and Rolland L. (1977). Technique des barrages en aménagement rural.
- **Samir Taguida page facebook** Publié le 17 Janvier 2025 Disponible sous l'adrèsse : https://www.facebook.com/elkalaphotographe?__cft__[0]=AZWXNjFD0rmDAkBTZT20Nrgh0hI4LLgGHXQi3wh8nqhivlC3spvTotDb0kf7jq8h3rYDQ2dzk41wBVZ37LXBQwBbXcZrK62ISZWIrFtNL_WnGlEtuAk9r9lORO8NLWnZH_8yOtxhvZ2OXsPBLkBKMzW65LWHKrCzNzXFyPJyOLCF3A&__tn__=-UC%2CP-R
- Santé Canada. (2008). Document de conseils sur le potassium provenant des adoucisseurs d'eau. Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs Santé Canada, Ottawa(Ontario).
- Sari H, 2014. Contribution a l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de lasource «ATTAR» (Tlemcen). Mémoire magister. Université Abou Baker Belkaid Tlemcen. 92 p.
- Stigter C., Darnhofer T. and Herreras H. (1989). Crop protection from very strong winds: recommendations from a Costa Rican agroforestry case study. In: International Workshop on the Applications of Meteorology to Agroforestry Systems Planning and Management, Nairobi (Kenya), 9-13 Feb 1987, ICRAF.

- Subramani, T and Elango, L and Damodarasamy, SR, Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India, Springer, 2005.
- TARDAT-HENRY M, BEAUDRY J. (1984), Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.
- Thomas, F.b. (2014). Les vertus des eaux minérales .Nutrition.
- Toul, O., Boulenouar, K. (2018).Etude physico-chimique et bactériologique des eaux embouteillées de source algérienne. Mémoire de master. Universitaire Belhadj bouchaib d'Ain-Temouchent.
- Tremblay, 1995 : Caractérisation physicochimique des bois raméaux fragmentés et leurs effets sur la croissance des plantes. mémoire de maitrise, faculté des sciences de l'agriculture et l'alimentation, université Laval, Québec .p173.
- Trir Naoui. (2019). Etude d'un barrage déversoir pour l'irrigation commune de Mchouneche Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed khider –Biskra. P :29, 32
- Université de YAOUNDE I. P60.

المراجع باللغة العربية:

- أيمن أبو الروس. 2015 .الماء سائل العجائب دارالهدى الجزائرص20 – 14
- أيمن سليمان مزاهرة وعلي فالح الشوابكة 2010 البيئة والمجتمع، دار الشروق للنشر والتوزيع، الطبعة الثانية، الإصدار الأول، عمان- الأردن، ص90.
- بوهلال سعيد، تلوث المياه وأثره على البيئة، المجلة اإللكترونية لندوات محاكم فاس، العدد الثامن، 11فبراير2011، يمكن الوصول إليه من خلال الرابط التالي: http://www.cafes.ma/ar/actualite/revue%20CA-n8.pdf
- حسان عوض البيئة ومشكلات التلوث 2017.
- حسن أبوسمور، حامد الخطيب. 1999.جغرافية الموارد المائية الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع -عمان صفحة105، 151-152.
- درابلية شيماء زايدي ضحى الرحيل 2024 تجارب المعالجة على مستوى محطة معالجة المياه الشرب ماكسة مذكرة تخرج لنيل شهادة تقني سامي المعهد الوطني المتخصص في التكوين المهني.
- روان وجيه النجار، 2019 آخر تحديث 10:57 يوم 22يونيو 2019، استخرج من:WWW.eschooltodaty.com
- زين العابدين عبد السلام ومحمد بن عبد المرضي عرفات تلوث البيئة ثمن المدنية المكتبة الأكاديمية القاهرة 1992.
- سعادعبد المهدي عبد النور وآخرون. 2013 .دراسة وتقييم بعض الخواص الفيزيايئة والكيميائية لمياه الشرب لمحطة الزركة، المؤتمرالثاني لكلية التَّربية للعلوم الصرفة، جامعة كربلاء.صفحة 30- 32.
- شوان عثمان حسين 2011 الخصائص النوعية للمياه الجوفية باستخدام نظم المعلومات SIG دار عيداء للنشر والتوزيع.المنعم زينب 2015 الثروة المائية في العالم، المجلة العربية، الرياض.

- شيماء الضب-مبروكة بالمسمار 2020 دراسة الخصائص والتصنيف متعدد المتغيرات لبعض العلامات التجارية لمياه المنابع الجزائرية المعبأة. مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي في الكيـمياء جامعــة قاصدي مربــاح- ورقلـــة الصفحة 5.
- عباس عبد الله، عصام محمد 2016 هيدرولوجيا، دار جامعة السودان للنشر، الخرطوم، السودان 2002
- عباس لينة. 2022 . إمكانيات التزويد بمياه الشرب لمدينة بسكرة، مذكرة ماستر، جامعة محمد خيضر بسكرة.ص6.
- عساف هدى، د.محمدسعيدالمصري، مصادرتلوثالمياهالجوفية، قسمالوقايةوالأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق 2007.
- عصام عبد الماجد أحمد، عباس عبد الله إبراهيم 2002 الهيدرولوجيا. الطبعة الأولى. دار جامعة السودان للنشر والتوزيع. الخرطوم – السودانص 59.
- عصام، حمدي الصفدي ونعيم الطاهر/ صحة البيئة وسالمتها، بدون بلد، ط 1، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 2003.
- فاضل حسين أحمد هندسة البيئة جامعة عمر المختار ليبيا، 1999.
- فتحي عبد العزيز العبادسية الماء النقي في القرآن الكريم دراسة موضوعية مذكرة ماجيستير جامعة غزة 2002
- كاظم هاشم حسين تلوث البيئة البحرية.
- الكايد محمد بيان 2013 النظام المائي ماجستر علوم البيئة وإدارتها الجامعة الأردنية 58ص دار الراية للنشر والتوزيع عمان الأردن.
- كمال عودة غديف جامعة قناة السويس مصر حماية نوعية المياه الجوفية 2002-2006.
- المادة 04 من القانون رقم 03/10 مؤرخ في 19 يوليو سنة 2003 110يتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، الجريدة الرسمية عدد43، الصادرة في 20 يوليو 2003.
- محمد الكتبي 2019، حماية نوعية الموارد المائية الجوفية في القانون الجزائري (التدابير العلاجية)، مجلة الاجتهاد القانونية واالقتصادية، جامعة أدرار.
- محمدجاسم محمد 2010، تقديم مشروع الوحدة لمعالجة المياه, شهادة بكالوريوس في علوم الهندسة" البناء والإنشاء ".
- محمد خميس الزوركة،1998 جغرافية المياه. دار المعرفة الجامعية إسكندرية ص27 – 271 .
- محمدعثمان على محمدعبده .جودة مياه الشرب، دارجامعة الخرطوم للطباعة والنشر ص 18 .
- مختار محمد عبد الرزاق وآخرون 2004دراسة ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية ص90 المنظمة العربية للتنمية الزراعية الخرطوم السودان.
- ميشيل كامل عطاالله 2009 أساسيات الجيولوجيا، داراليسرة للنشر والتوزيع، الطبعة الثالثة، عمان الأردن، ص350
- ناصر الحايك 2017مدخل الى كيمياء الماء " تلوث - معالجة – تحليل" منشور المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية صفحة 19.
- نورالإيمان طواهير، شريفة بوزيان، 2018خصائص مياه الشرب لآبارطبقة الألبيان بمنطقة الحجيرة، مذكرة ماستر،جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- نوري.ح جريدة النصر 2021.

المواقع الإلكترونية:

الملخص:

تناولنا في هذا العمل دراسة المؤشرات الفيزيائية والكيميائية للمياه العذبة في سدي الشافية وماكسة بولاية الطارف خلال الفترة الممتدة من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل من سنة 2025/2024، وذلك بهدف تقييم جودتها ومدى صلاحيتها للاستهلاك البشري والاستعمال الزراعي.

في البداية، تم التطرق إلى أهمية المياه كمورد حيوي، والتحديات المرتبطة بتلوثها، مع عرض للمعايير المعتمدة في تقييم جودتها.

شملت الدراسة تحاليل مخبرية لعينات مياه مأخوذة من السدين، حيث تم قياس مجموعة من الخصائص، مثل درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، الناقلية الكهربائية، العكارة، وتركيز بعض الأيونات كالكالسيوم، المغنيسيوم والنترات.

أظهرت نتائج التحاليل لهذه المؤشرات، عند مقارنتها بالمعايير الوطنية والدولية، أن مياه السدين تتسم بجودة مقبولة عموما وتبقى ضمن المعايير الموصى بها. كما أجريت مقارنة بين مياه السدين، حيث تبين أن مؤشرات مياه سد الشافية تظهر جودة أعلى خاصة بالنسبة للعكارة وتركيز النتريت، مقارنة بمياه سد ماكسة، وهذا مرتبط بخصائص كل منطقة.

وعليه، يجب الحرص علي وضع آليات مراقبة فعالة لمعالجة هذه المياه بما يضمن صلاحيتها للاستهلاك البشري والاستعمال الزراعي، مع التوصية بضرورة إجراء مراقبة دورية لضمان استدامة هذا المورد الحيوي.

الكلمات المفتاحية:

المياه العذبة، المؤشرات الفيزيوكيميائية، سد الشافية، سد ماكسة.