



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID ELTARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم

Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

« **Toxicologie industrielle et environnemental** »

Thème

Impact des rejets industriel sur la qualité de l'eau

Présenté Par : Ouada Nour El Houda

Saadouni Sara

Soutenue publiquement le : 15/06/2026

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Dr . Benhadid R	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
Dr. Amira A	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur
Dr. Lechekhab H	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de mémoire

Année universitaire : 2025/2026

Remerciement

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre directeur de mémoire **Mme Lechkhab Hanene** pour son suivi et ses orientations tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous lui exprimons également notre gratitude pour les conseils et les remarques qu'elle nous a apportés et qui ont contribué à l'aboutissement de cette étude.

Nous lui souhaitons beaucoup de succès et de réussite dans sa carrière professionnelle et académique.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux honorables membres du jury, **Mme Benhadid R** et **Mme Amira A**, pour avoir accepté d'évaluer ce travail, ainsi que pour l'attention qu'elles lui ont accordée et les remarques qu'elles ont formulées.





Dédicace

﴿وَأٰخِرُ دَعْوَاهُمْ اَنْ الْحَمْدُ لِلّٰهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donnée la vie,
À la poétique yéménite qui a éclairé l'obscurité de mes nuits, à
celle qui a ouvert mon chemin de ses paumes. À celle qui allumé
le feu de l'ambition en mes jours... À ma chère maman Sée More*

Arifa.

*À ma maison, mon soutien, et la main sûre qui me garde, mon
école d'enfance et mon ombre durant mes années scolaires... À
celui qui m'a donnée ses paumes pour gravir la plateforme de la
réussite... À mon chère père Sée More*

Nacer.

*À mes adorables frères Reda, et Abdessalam, et à mes adorables
sœurs Amira, Soulef, et Ferdous Hebat*

Al-Rahman, je vous aime....

À mes cousines Roumaïssa et Asma.

À mon amie et chère Sara.

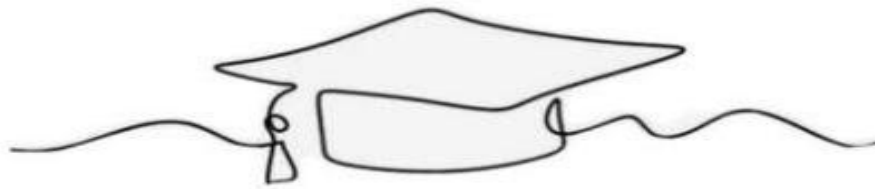
À mon amie, mon binôme Sara que dieu vous protège.

*À toute ma famille maternelle et paternelle. À tous ce qui me
sont chers.*

À tous me collègues de la promotion 2026

NOUR





Dédicace

﴿وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

Plus le but est grand, plus le chemin paraît facile à parcourir, et le bonheur de l'arrivée efface les difficultés de toutes ces années.

Louange à Allah, Lui dont je n'ai jamais attendu que du bien, et qui a comblé mon cœur de joie et de bonheur. À Lui la louange jusqu'à ce qu'Il soit satisfait, à Lui la louange lorsqu'Il est satisfait, et à Lui la louange après Sa satisfaction.

Je dédie d'abord cette réussite à moi-même, à cette âme qui a travaillé avec acharnement, patienté et cru que derrière les nuits d'effort se cachait la joie, et qu'après la fatigue venait une réussite à la hauteur de ses rêves.

Je dédie également cette réussite à celle qui m'a toujours soutenue sans rien attendre en retour et sans limites, à la source de tendresse, à la force de mon cœur et à la lumière de mes yeux, ma chère mère. Qu'Allah te récompense de la meilleure des récompenses ici-bas et dans l'au-delà, et qu'Il parachève sur toi la grâce de la mémorisation de Son Noble Livre, par Sa permission.

À mes amies de parcours et de réussite, **Nour El Houda, Zineb et Nour El Yagine**, qui ont partagé avec moi les moments de fatigue avant ceux de joie, qu'Allah préserve notre amitié et nous réunisse toujours dans le bien et la réussite.

À toutes les personnes pour lesquelles je porte affection et estime, à tous ceux qui m'ont encouragée, même par un simple mot bienveillant qui a été une source d'espoir tout au long de ce parcours.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements et ma profonde gratitude à tous ceux qui m'ont appris ne serait-ce qu'une lettre et qui ont semé en moi l'ambition et l'espoir, ainsi qu'à tous les enseignants qui ont marqué mon parcours scolaire et universitaire. Qu'Allah vous bénisse et vous récompense abondamment pour tout le bien que vous avez accompli.

SARA



Résumé

L'eau de mer est un écosystème très sensible, vulnérable aux variations naturelles et aux activités humaines, notamment dans les zones côtières où les sources de pollution issues des déchets industriels et du ruissellement sont de plus en plus importantes. Ces polluants modifient les propriétés physico-chimiques de l'eau, impactant la qualité et l'équilibre écologique du milieu marin.

Cette étude visait à comparer plusieurs propriétés physico-chimiques de l'eau de mer de deux sites côtiers : Sidi Salem à Annaba, exposé à la pollution industrielle, et Sable d'Or, un site témoin, sur une période de trois mois, de mars à mai. Durant cette période, plusieurs analyses ont été réalisées in situ, notamment la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la salinité, les matières solides dissoutes totales et l'oxygène dissous. La demande biochimique en oxygène (DBO) a été mesurée au laboratoire de l'université, tandis que d'autres paramètres – calcium, magnésium, nitrate, ammonium, capacité anti-oxydante totale et dureté totale – ont été mesurés au laboratoire de l'Autorité publique des eaux de Boutaldja.

L'objectif était de comprendre la nature des changements observés et de déterminer l'impact de divers facteurs environnementaux sur l'eau de mer. Cette étude vise également à souligner l'importance d'une surveillance régulière des eaux côtières, notamment dans les zones sujettes à la pollution, afin de protéger le milieu marin et de maintenir son équilibre naturel.

Pour les paramètres physico-chimiques mesurés in situ et Selon nos résultats, les températures sont similaires entre Sidi Salem (site pollué) et Sable d'Or (site témoin), indiquant que la pollution n'a pas eu d'impact thermique significatif. Concernant la conductivité, les valeurs plus élevées sont enregistrées à Sable d'Or qu'à Sidi Salem montrent que la conductivité dépend surtout des sels dissous naturels et non de la pollution.

Le site Sable d'Or présente des valeurs de salinité plus stables que Sidi Salem, ce qui reflète l'influence naturelle du milieu marin, tandis que les variations à Sidi Salem suggèrent des phénomènes de dilution ou des apports externes.

Pour les valeurs des matières en suspension, elles sont plus élevées à Sidi Salem par rapport à Sable d'Or traduisent l'influence supplémentaire de la pollution sur leur l'augmentation.

On a noté que le pH est légèrement plus élevé à Sable d'Or, ce qui indique des conditions environnementales mieux équilibrées que celles de Sidi Salem.

Concernant le Taux de solides dissous (TDS), les valeurs plus stables et plus élevées à Sable d'Or reflètent la stabilité des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, alors que les fluctuations à Sidi Salem révèlent des phénomènes de dilution ou la variation des apports polluants.

Les résultats de l'oxygène dissous (DO) montrent que les concentrations sont proches entre les deux sites, malgré la pollution à Sidi Salem, indiquent que la différence d'oxygène n'est pas significative.

Pour les paramètres physico-chimiques mesurés aux niveaux du laboratoire universitaire, Les valeurs de la Demande biochimique en oxygène (DBO₅) sont légèrement plus élevées à Sidi Salem qu'à Sable d'Or (mars avril) traduisant une présence accrue de matière organique biodégradable due aux rejets anthropiques, bien qu'elles restent largement inférieures à la norme algérienne (30 mg/L).

Enfin pour les paramètres physico-chimiques mesurés par l'ADE on a constaté que pour les Nitrates (NO₃⁻) les concentrations sont très faibles et similaires dans les deux sites ($\leq 1,25$ mg/L) sont bien en dessous de la norme OMS (50 mg/L), confirmant l'absence de contamination notable par les nitrates.

Les concentrations de l'Ammonium (NH₄⁺) sont plus faibles à Sidi Salem qu'à Sable d'Or, malgré la pollution à Sidi Salem, s'expliquent par une transformation rapide de l'ammonium ou son assimilation par les algues ; cependant, les valeurs très élevées dans les deux sites dépassent largement les normes (0,5 mg/L), indiquant une pollution organique et azotée importante.

Les valeurs du Titre alcalimétrique complet (TAC) sont plus élevées et plus stables à Sable d'Or reflètent l'influence naturelle de l'eau de mer riche en bicarbonates, tandis que les fluctuations à Sidi Salem sont liées aux rejets locaux ; toutefois, les deux sites possèdent une bonne capacité tampon.

Les valeurs du Titre hydrométrique (TH) sont très élevées dans les deux sites (≥ 3000 mg/L) sont normales pour l'eau de mer saline, bien qu'elles dépassent très largement la norme OMS pour l'eau potable (500 mg/L).

Les concentrations du Calcium (Ca²⁺) sont plus élevées et stables à Sable d'Or (400 mg/L) reflètent l'influence naturelle du milieu marin, alors que les variations à Sidi Salem sont liées aux rejets et aux facteurs locaux ; les valeurs restent dans la fourchette normale de l'eau de mer.

Les concentrations du Magnésium (Mg^{2+}) sont plus élevées et plus stables à Sable d'Or (1200–1440 mg/L) montrent que la teneur en magnésium dépend principalement des caractéristiques naturelles de l'eau de mer et non de la pollution, les valeurs étant très supérieures à la norme OSM (150 mg/L), ce qui est normal pour l'eau marine.

Mots-clés :

Eau de mer, pollution industrielle, paramètres physico-chimiques, température, pH, conductivité électrique, turbidité, salinité, oxygène dissous, DBO_5 , calcium, magnésium, nitrates, ammonium, dureté totale.

Abstract

Seawater is a highly sensitive ecosystem that is vulnerable to natural variations and human activities, particularly in coastal areas where pollution sources resulting from industrial discharges and surface runoff are becoming increasingly significant. These pollutants alter the physicochemical properties of seawater, thereby affecting water quality and the ecological balance of the marine environment.

This study aimed to compare several physicochemical properties of seawater from two coastal sites: Sidi Salem in Annaba, exposed to industrial pollution, and Sable d'Or, considered a reference site, over a three-month period from March to May.

During this period, several analyses were carried out in situ, including temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, salinity, total dissolved solids (TDS), and dissolved oxygen (DO). Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) was measured in the university laboratory, whereas other parameters—calcium, magnesium, nitrate, ammonium, Total Alkalimetric Title (TAC), and Total Hardness (TH)—were analyzed at the Algerian Water Authority (ADE) laboratory in Bouteldja.

The objective was to understand the nature of the observed changes and to determine the impact of various environmental factors on seawater quality. This study also highlights the importance of regular monitoring of coastal waters, particularly in areas exposed to pollution, in order to protect the marine environment and preserve its natural balance.

Regarding the physicochemical parameters measured in situ, the results showed that temperatures were similar at Sidi Salem (polluted site) and Sable d'Or (reference site), indicating that pollution had no significant thermal impact. Concerning electrical conductivity, the higher values recorded at Sable d'Or compared to Sidi Salem suggest that conductivity is mainly influenced by naturally dissolved salts rather than by pollution.

Sable d'Or exhibited more stable salinity values than Sidi Salem, reflecting the natural influence of the marine environment, whereas the fluctuations observed at Sidi Salem suggest dilution phenomena or external inputs.

Suspended matter values were higher at Sidi Salem than at Sable d'Or, reflecting the additional influence of pollution on their increase.

It was observed that pH values were slightly higher at Sable d'Or, indicating more balanced environmental conditions than those prevailing at Sidi Salem.

Regarding total dissolved solids (TDS), the higher and more stable values recorded at Sable d'Or reflect the stability of the physicochemical characteristics of seawater, whereas the fluctuations observed at Sidi Salem reveal dilution processes or variations in pollutant inputs.

The results of dissolved oxygen (DO) showed similar concentrations at both sites despite the pollution affecting Sidi Salem, indicating that the difference in oxygen levels was not significant.

Concerning the physicochemical parameters analyzed in the university laboratory, Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) values were slightly higher at Sidi Salem than at Sable d'Or during March and April, reflecting a greater presence of biodegradable organic matter resulting from anthropogenic discharges. Nevertheless, all recorded values remained well below the Algerian standard limit of 30 mg/L.

Finally, for the physicochemical parameters analyzed by ADE, nitrate (NO₃⁻) concentrations were very low and similar at both sites (≤ 1.25 mg/L), remaining well below the WHO guideline value of 50 mg/L, thus confirming the absence of significant nitrate contamination.

Ammonium (NH₄⁺) concentrations were lower at Sidi Salem than at Sable d'Or despite the pollution pressure at Sidi Salem. This may be explained by the rapid transformation of ammonium or its assimilation by algae. However, the high values recorded at both sites greatly exceeded the recommended limit of 0.5 mg/L, indicating substantial organic and nitrogenous pollution.

Total Alkalimetric Title (TAC) values were higher and more stable at Sable d'Or, reflecting the natural influence of seawater rich in bicarbonates, whereas the fluctuations observed at Sidi Salem were associated with local discharges. Nevertheless, both sites exhibited a good buffering capacity.

Total Hardness (TH) values were very high at both sites (≥ 3000 mg/L), which is normal for saline seawater, although they greatly exceed the WHO guideline value for drinking water (500 mg/L).

Calcium (Ca^{2+}) concentrations were higher and more stable at Sable d'Or (approximately 400 mg/L), reflecting the natural influence of the marine environment. In contrast, the variations observed at Sidi Salem may be attributed to local factors and anthropogenic discharges. Nevertheless, the recorded values remained within the normal range for seawater.

Magnesium (Mg^{2+}) concentrations were higher and more stable at Sable d'Or (1200–1440 mg/L), indicating that magnesium levels mainly depend on the natural characteristics of seawater rather than pollution. Although these concentrations greatly exceed the WHO guideline value for drinking water (150 mg/L), such levels are considered normal in marine environments.

Keywords: Seawater, industrial pollution, physicochemical parameters, temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, salinity, dissolved oxygen, BOD_5 , calcium, magnesium, nitrates, ammonium, total hardness.

تُعد مياه البحر نظامًا بيئيًا شديد الحساسية، يتأثر بالتغيرات الطبيعية والأنشطة البشرية، لا سيما في المناطق الساحلية حيث تتزايد مصادر التلوث الناتجة عن المخلفات الصناعية والجريان السطحي. وتؤدي هذه الملوثات إلى تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، مما يؤثر على جودتها وعلى التوازن البيئي للوسط البحري.

هدفت هذه الدراسة إلى مقارنة عدة خصائص فيزيائية وكيميائية لمياه البحر بين موقعين ساحليين، هما سيدي سالم بعنابة المتأثر بالتلوث الصناعي، والرمال الذهبية الذي اعتُبر موقعًا مرجعيًا، وذلك خلال فترة ثلاثة أشهر امتدت من مارس إلى ماي. خلال هذه الفترة، أُجريت عدة قياسات ميدانية شملت درجة الحرارة، والأس الهيدروجيني (pH)، والناقلية الكهربائية، والعكارة، والملوحة، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والأوكسجين المذاب (DO). كما تم قياس الطلب البيوكيميائي على الأوكسجين لمدة خمسة أيام (DBO_5) في مخبر الجامعة، في حين تم تحليل الكالسيوم والمغنيسيوم والنترات والأمونيوم والقلوية الكلية (TAC) والعسرة الكلية (TH) في مخبر الجزائرية للمياه ببوتلدة.

تمثل الهدف من هذه الدراسة في فهم طبيعة التغيرات المسجلة وتحديد تأثير مختلف العوامل البيئية على جودة مياه البحر. كما تسلط الدراسة الضوء على أهمية المراقبة الدورية للمياه الساحلية، خاصة في المناطق المعرضة للتلوث، من أجل حماية البيئة البحرية والحفاظ على توازنها الطبيعي.

فيما يخص المعايير الفيزيائية والكيميائية المقاسة ميدانيًا، أظهرت النتائج أن درجات الحرارة كانت متشابهة بين سيدي سالم (الموقع الملوث) والرمال الذهبية (الموقع المرجعي)، مما يدل على أن التلوث لم يحدث تأثيرًا حراريًا ملحوظًا. أما بالنسبة للناقلية الكهربائية، فإن القيم الأعلى المسجلة في الرمال الذهبية مقارنة بسيدي سالم تشير إلى أن هذا المؤشر يعتمد أساسًا على الأملاح الذائبة الطبيعية أكثر من اعتماده على التلوث.

أظهر موقع الرمال الذهبية قيم ملوحة أكثر استقرارًا مقارنة بسيدي سالم، مما يعكس التأثير الطبيعي للوسط البحري، في حين تشير التقلبات المسجلة في سيدي سالم إلى ظواهر التخفيف أو إلى وجود مدخلات خارجية.

كانت قيم المواد العالقة أعلى في سيدي سالم مقارنة بالرمال الذهبية، مما يعكس التأثير الإضافي للتلوث على ارتفاعها. كما لوحظ أن قيم الأس الهيدروجيني كانت أعلى قليلًا في الرمال الذهبية، مما يدل على ظروف بيئية أكثر توازنًا مقارنة بسيدي سالم.

أما فيما يتعلق بالمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، فإن القيم الأعلى والأكثر استقرارًا المسجلة في الرمال الذهبية تعكس استقرار الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، في حين تكشف التقلبات المسجلة في سيدي سالم عن ظواهر التخفيف أو تغير مدخلات الملوثات.

وأظهرت نتائج الأكسجين المذاب (DO) أن التراكيز كانت متقاربة بين الموقعين رغم التلوث الموجود في سيدي سالم، مما يشير إلى أن الفرق في مستويات الأكسجين غير معنوي.

فيما يتعلق بالمعايير الفيزيائية والكيميائية المحللة في مخبر الجامعة، كانت قيم الطلب البيوكيميائي على الأكسجين (DBO_5) أعلى قليلاً في سيدي سالم مقارنة بالرمال الذهبية خلال شهري مارس وأفريل، مما يعكس وجود كمية أكبر من المادة العضوية القابلة للتحلل الناتجة عن التصريفات البشرية. ومع ذلك، بقيت جميع القيم المسجلة أقل بكثير من الحد المسموح به وفق المعيار الجزائري والمحدد بـ 30 ملغ/لتر.

أما بالنسبة للمعايير الفيزيائية والكيميائية المحللة من طرف الجزائرية للمياه، فقد كانت تراكيز النترات (NO_3^-) منخفضة جداً ومتقاربة في كلا الموقعين (≥ 1.25 ملغ/لتر)، وظلت أقل بكثير من القيمة المرجعية لمنظمة الصحة العالمية (50 ملغ/لتر)، مما يؤكد غياب تلوث ملحوظ بالنترات.

كانت تراكيز الأمونيوم (NH_4^+) أقل في سيدي سالم مقارنة بالرمال الذهبية رغم تعرضه للتلوث، ويمكن تفسير ذلك بسرعة تحول الأمونيوم أو استهلاكه من قبل الطحالب. غير أن القيم المرتفعة المسجلة في كلا الموقعين تجاوزت بكثير الحد الموصى به (0.5 ملغ/لتر)، مما يدل على وجود تلوث عضوي وأزوتي معتبر.

كانت قيم القلوية الكلية (TAC) أعلى وأكثر استقراراً في الرمال الذهبية، مما يعكس التأثير الطبيعي لمياه البحر الغنية بالبيكربونات، في حين ارتبطت التقلبات المسجلة في سيدي سالم بالتصريفات المحلية. ومع ذلك، فقد أظهر الموقعان قدرة جيدة على مقاومة تغيرات الحموضة. سُجلت قيم مرتفعة جداً للعسرة الكلية (TH) في كلا الموقعين (≤ 3000 ملغ/لتر)، وهو أمر طبيعي بالنسبة لمياه البحر المالحة، رغم أنها تتجاوز بكثير القيمة المرجعية لمنظمة الصحة العالمية الخاصة بمياه الشرب (500 ملغ/لتر).

كانت تراكيز الكالسيوم (Ca^{2+}) أعلى وأكثر استقراراً في الرمال الذهبية (حوالي 400 ملغ/لتر)، مما يعكس التأثير الطبيعي للوسط البحري، في حين يمكن إرجاع التغيرات المسجلة في سيدي سالم إلى العوامل المحلية والتصريفات البشرية. ومع ذلك، بقيت القيم ضمن المجال الطبيعي لمياه البحر.

كما كانت تراكيز المغنيسيوم (Mg^{2+}) أعلى وأكثر استقراراً في الرمال الذهبية (1200–1440 ملغ/لتر)، مما يدل على أن محتوى المغنيسيوم يعتمد أساساً على الخصائص الطبيعية لمياه البحر أكثر من اعتماده على التلوث. ورغم أن هذه التراكيز تفوق بكثير القيمة المرجعية لمنظمة الصحة العالمية لمياه الشرب (150 ملغ/لتر)، فإنها تُعد طبيعية في البيئات البحرية.

الكلمات المفتاحية: مياه البحر، التلوث الصناعي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني، الناقلية الكهربائية، العكارة، الملوحة، الأكسجين المذاب، الطلب البيوكيميائي على الأكسجين (DBO_5)، الكالسيوم، المغنيسيوم، النترات، الأمونيوم، العسرة الكلية.

Liste d'abréviation

ADE : Algérienne des Eaux

STEP : Station de Traitement des Eaux Polluées

LQE : Loi sur la qualité de l'environnement

OMS : Organisation mondiale de la Santé

CSHPF : Conseil supérieur d'hygiène publique de France

EDTA : Ethyle Diamine Tétracétique

DCO : Demande chimique en Oxygène

PH : Potentiel hydrique

MES : Matière en suspension

DBO : Demande biochimique en Oxygène

TDS : Taux de solides dissous

TH : Titre hydrométrique

DO : Oxygène dissous

Cl⁻ : Chlorures

NO₃⁻ : Nitrates

CE : conductivité électrique

Mg²⁺ : magnésium

Ca²⁺ : calcium

NH₄⁺ : L'ammonium

Liste des Figures :

Figure N° 01 : Aspects visuels de L'eutrophisation(a) marée rouge (phytoplancton) ; (b) marée vert (macro-algues)

Figure N° 02 : Localisation de zone étude de région de Sidi Salem

Figure N° 03 : Localisation de zone étude de région de Sable D'or

Figure N° 04: Multi-paramètre

Figure N° 05 : Flacons en verre

Figure N° 06 : Mesure de la température, Conductivité, PH , DO , TDS, Turbidité , Salinité

Figure N° 07 : Mesure de NO_3^- , et NH_4^+

Figure N° 08 : la variation de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 09 : la variation de la conductivité de l'eau de mer au niveau de deux sites

Figure N° 10 : la variation de la salinité de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 11 : la variation de la turbidité de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 12 : la variation de potentiel hydrique de l'eau de mer au niveau des deux

Figure N° 13: la variation du taux de solides dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 14 : la variation d'oxygène dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites.

Figure N° 15 : la variation de la Demande biochimique en oxygène de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 16 : la variation de nitrates de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 17 : la variation de l'ammonium NH_4^+ de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 18 : la variation de TAC de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 19 : la variation de Titre hydrométrique de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 20 : la variation du calcium de l'eau de mer au niveau des deux sites

Figure N° 21 : la variation du magnésium de l'eau de mer au niveau des deux sites

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Normes internationales

Tableau N° 0 2 : Valeurs limites de certains paramètres des rejets industriels

Tableau N° 03 : Variation de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 04 : Variation de la Conductivité de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 05 : Variation de la salinité de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 06 : Variation de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 07 : Variation de potentiel hydrique la de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 08 : Variation du taux de solides dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 09 : Variation d'oxygène dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 10 : Variation de Demande biochimique en oxygène de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N°11 : Variation de nitrates de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 12 : Variation de l'ammonium NH_4^+ de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 13 : Variation de TAC de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 14 : Variation de le Titre hydrométrique de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 15 : Variation du calcium de l'eau de mer au niveau des deux sites

Tableau N° 16 : Variation du magnésium de l'eau de mer au niveau des deux sites

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

❖ Chapitre I : La pollution marine

I. Définition de la pollution marine3

II. Les différents types de pollution3

1. La pollution physique3

1.1 Pollution thermique3

1.2 Pollution par eutrophisation3

1.3 Pollution par les eaux usées4

2. Pollution biologique4

2.1 Pollution organique ou bactérienne4

2.2 Les marées vertes4

3. Pollution chimique5

3.1 Par des métaux lourds5

III. Origine de la pollution marine5

1. Pollution domestique6

2. Pollution industrielle6

3. Pollution agricole6

IV. Les conséquences de la pollution des eaux	7
1. Risque pour la santé de l'homme	7
2. Risque pour les êtres vivant dan le biotope	7
3. Risque de dégradation des écosystèmes aquatique	7
 ❖ Chapitre II : Les eaux usées industrielles et la qualité physico-chimique	
Introduction	9
I. Les eaux usées industrielles	9
1. Définition des eaux usées industrielles	9
2. Classification des eaux usées industrielles	9
II. Les effluents industrielles	10
1. Définition	10
2. Origines des effluents industrielles	11
3. Classification des effluents industrielles	12
III. La qualité physico chimique de l'eau	13
1. Les paramètres physico chimique de l'eau	14
A. Paramètres organoleptiques	14
1. Odeur	14
2. Couleur	14
B. Paramètres physiques	14
C. paramètre chimique	17
IV. Normes des rejets des eaux usées	19
A. Normes internationale	19
B. Normes Algériennes	20
 ❖ Chapitre III : Matériels et Méthodes	
I. Description et la localisation de la zone d'étude	23
A. Situation géographique de la place Je Sidi Salem	23
B. Situation géographique de la plage de Sable	23
1. Le prélèvements	24

2. Echantillonnage	24
3. Matériel d'échantillonnage	24
a. Multi-paramètre	25
b. Flacons en verre	25
4. Prélèvement des échantillon	26
II. Les Méthodes d'analyses	26
1. Analyses physico-chimiques	26
1.1 paramètres physico-chimiques mesurées in situ	27
A. Température	27
B. Détermination de Conductivité électrique	27
C. Détermination de la Salinité	28
D. Détermination de la Turbidité	28
E. Détermination du potentiel Hydrique	28
F. Détermination du Taux de solides	29
G. Détermination de l'oxygène dissous	29
1.2 paramètre mesure au niveau de laboratoire de l'université	30
A. Détermination de Demande Biochimique en oxygène	30
1.3 paramètre physico-chimique mesurés au niveau de d'algérienne des eaux (Ade)	30
A. Détermination des nitrates NO ₃ -	30
B. Détermination de l'ammonium	31
C. Détermination du Titre Alkali métrique Complet	31
D. Détermination du Titre hydrométrique	32
E. Dosage du Calcium Ca ²⁺	32
F. Dosage du magnésium Mg ²⁺	32
Résultats et discussion	35.50
Conclusion	57
Références bibliographiques	59

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est la source de toute vie sur terre.

" وجعلنا من الماء كل شيء حي " سورة الأنبياء الآية 30

L'eau joue, dans le développement de la vie humaine, animale ou végétale et dans l'évolution des sociétés, un rôle essentiel et irremplaçable. Pour vivre et pour agir l'homme a été et demeurera toujours un utilisateur de l'eau. Malheureusement, cette précieuse ressource est mise en péril par diverses activités humaines, dont l'industrie occupe une place prépondérante. **(Madaoui & Ghennam , 2023).**

Lorsque nous pensons à la pollution industrielle, notre esprit se tourne souvent vers le ciel sombre et enfumé des usines crachant leurs émissions toxiques dans l'air que nous respirons. Cependant, il ne faut pas sous-estimer le rôle majeur joué par ces mêmes industries dans la contamination silencieuse des sources d'eau douce qui irriguent nos terres et étanchent notre soif. Les principales causes de cette pollution sont multiples : déversements accidentels ou intentionnels de produits chimiques nocifs tels que métaux lourds (mercure), hydrocarbures (pétrole) ou pesticides. **(Madaoui & Ghennam , 2023).**

Les rejets industriels, y compris ceux du textile, de l'industrie cosmétique, plastique, alimentaire et pharmaceutique, contiennent plusieurs types de composés chimiques. Ces substances sont non biodégradables. Ainsi, ils affectent la vie humaine et aquatique. Par conséquent, ces industries sont tenues de traiter correctement leurs effluents chimiques avant de les rejeter dans le milieu naturel. **(Madaoui & Ghennam , 2023).**

D'une manière générale, les eaux usées industrielles renferment différents types de polluants organiques et minéraux susceptibles de perturber l'équilibre des écosystèmes aquatiques et de dégrader la qualité des ressources en eau. La présence de ces substances peut réduire la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et favoriser l'apparition de phénomènes toxiques nuisibles à l'environnement et à la santé humaine. Afin de limiter ces impacts, plusieurs procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques ont été développés pour éliminer ou réduire la charge polluante avant le rejet des effluents dans le milieu naturel.

La pollution marine est définie par la Commission océanographique intergouvernementale De l'UNESCO. C'est l'introduction, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin qui vont entraîner des effets nocifs, parmi lesquels les dommages aux

ressources biologiques, les dangers pour la santé Humaine, les entraves aux activités maritimes, y compris les pêcheries, la détérioration des qualités de l'eau de mer.

L'eau est utilisée dans l'industrie comme matière première, auxiliaire de production ou pour le refroidissement. Elle est totalement différente des eaux usées domestiques et ses caractéristiques varient d'un secteur à l'autre. Elle comprend tous les déchets et sous-produits industriels générés lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits finis. Ces sous-produits contiennent des matières organiques et inorganiques, ainsi que des substances potentiellement toxiques susceptibles de provoquer des déséquilibres écologiques et nécessitant un traitement spécifique avant rejet, en fonction de leur nature. (**Hussein & Anam, 2010**).

Cette étude a été réalisée sur une période de trois mois, couvrant les mois de mars, avril et mai. Elle vise à comparer plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau de mer de deux sites côtiers : le site de Sidi Salem à Annaba, soumis à une influence de pollution industrielle, et le site de Sable d'Or, considéré comme site témoin.

Afin d'éviter toute altération des résultats, certains paramètres ont été déterminés in situ lors des opérations d'échantillonnage, une partie autre de ces paramètres a été analysée au sein des laboratoires de l'université, tandis que des analyses complémentaires ont été déterminées en collaboration avec l'Algérienne des Eaux (ADE) de Bouteldja.

CHAPITRE 1 :

LA POLLUTION MARINE

I. Définition de la pollution marine :

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans en conséquence de l'activité humaine. Cette pollution arrive dans le milieu marin Cette pollution arrive dans le milieu marin via le ruissellement et les cours d'eau, ou est apportée par les vents et les pluies, **(Vincent, 2006)**. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques. La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie. **(Taux, 2004.)**.

II. Les différents types de pollution marine :

On distingue souvent selon la nature de l'altérage plusieurs types de pollution :

La pollution physique

La pollution biologique

La pollution chimique

1. La pollution physique :

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu. Un rejet d'eau réchauffée ou refroidie, d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, ...), d'une source de radioactivité **(Gravez & Bernard, 2006)**.

1.1. La pollution thermique :

On désigne par l'expression « pollution thermique » l'échauffement de l'eau de mer résultant du passage de celle-ci dans les circuits de réfrigération d'installations industrielles côtières (aciéries, raffineries, usine de pétrochimie, etc.) **(Hill & Helz, 1973)**.

1.2. Pollution par eutrophisation :

L'eutrophisation est la fertilisation excessive des eaux due aux quantités importantes de composés azotés et phosphorés provenant de l'activité agricole et des rejets domestiques et industriels ; Il fonctionne pour accélérer la croissance des petites et grandes algues, ce qui entraîne la mort

d'autres organismes aquatiques en raison du manque d'oxygène utilisé par les algues, ainsi que le blocage de la lumière (**Cousteau, 1981**).

1.3. La pollution par les eaux usées :

Les eaux usées sont les eaux résiduelles d'une industrie ou d'une communauté, qui sont destinées à être rejetées après usage. Elles sont des eaux ayant perdu, par leur utilisation industrielle ou domestique, leur pureté initiale, et qui sont devenues impropres à d'autres utilisations de qualité. Les eaux usées, ne doivent pas être rejetées en masse dans le milieu naturel avant d'avoir été traitées en vue de l'élimination des polluants indésirables par passage dans une station d'épuration (**Zeghoud, 2014**).

2. La pollution biologique :

La pollution biologique est causée par l'introduction dans les eaux continentales et littorales de substances organiques biodégradables provenant de différentes sources, telles que les eaux usées urbaines, les matières fécales, les rejets industriels et les activités d'élevage. Cette contamination favorise la prolifération de micro-organismes pathogènes, entraînant des risques sanitaires importants, notamment la dégradation de la qualité de l'eau potable et l'insalubrité des zones de baignade. Elle peut également provoquer la propagation de maladies infectieuses comme les hépatites, les virus entériques et certaines bactéries pathogènes (**Vincent, 2006**). Par ailleurs, la pollution biologique inclut aussi l'introduction d'espèces invasives dans des milieux où elles sont absentes, à l'exemple de *Caulerpa taxifolia*, pouvant perturber l'équilibre écologique.

2.1. Pollution organique ou bactérienne :

La pollution organique ou bactérienne correspond à une contamination de l'eau par des matières organiques fermentescibles qui stimulent le développement bactérien. Elle résulte principalement des rejets domestiques, agricoles et industriels, et représente un problème majeur pour l'hygiène publique en raison des risques de contamination microbiologique et de transmission de maladies. (**Vincent, 2006**).

2.2. Les marées vertes :

Le phénomène des marées vertes est la prolifération massive d'algues vertes macro-Physes ; les algues se développent en période printanière et estivale. Ce phénomène peut avoir pour origine des facteurs géologiques, climatiques, hydrodynamiques et/ou Anthropique.

3. La pollution chimique :

La pollution chimique d'une eau est plus complexe et peut avoir plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique : Les éléments chimiques minéraux et Les éléments chimiques organiques **figure 1**.



Figure 01 : Aspects visuels de L'eutrophisation (**Baudrier *et al.*,2012**)

Marée rouge (phytoplancton) ; (b) marée vert (macro-algues)

3.1. La pollution par des métaux lourds :

Les métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser. D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être également définis comme :

Tout métal ayant une densité supérieure à 5 g/cm^3 .

Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium ($Z=11$).

Tout métal pouvant être toxique pour le système biologique. (Di Benedetto, 1997).

III. Origine de la pollution marine :

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et ou perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines (**Coulet, 2005**). Elle a pour origines principales :

L'activité humaine,

Les industries,

l'agriculture,

Les décharges de déchets domestiques et industriels.

1. La pollution domestique :

La pollution domestique, due aux rejets dangereux dans les éviers, les baignoires. Après ces produits dangereux ne sont pas filtrés dans les stations d'épuration alors les eaux usées sont directement rejetées dans la mer, puis ces produits s'attaquent les algues. Ensuite de nombreux poissons meurent chaque année à cause d'humains qui jettent des produits dangereux. **(Vincent, 2006).**

2. La pollution industrielle :

On peut la regrouper en trois grands groupes : **(Roquer, 1980).**

A) Eau à caractère minéral dominant : ces rejets sont chargés en matière solide en suspensions et sel dissous, elles sont fréquemment chaudes lorsqu'elles sont mélangées avec les eaux de refroidissement ce qui contribue à l'appauvrissement en oxygène du milieu récepteur, on classe dans les groupes :

les eaux d'exhaure de mine ;

les eaux des usines chimiques minérales (pigments ; etc.)

Les eaux lavage de gravières carrières et toute activité d'extraction de minéraux, etc.

B) Eau à caractère organique dominant : c'est surtout le cas de résidus d'industries Agroalimentaires : abattoirs, élevage industriels conserveries, etc. Leur composition très variable associe le plus souvent : des débris ; des minéraux ; des graisses ; protéides ; des sels divers, etc.

C) Eau à caractéristiques mixtes : ce sont des eaux qui contiennent un ou plusieurs constituants plus ou moins facilement biodégradable mais qui contiennent des milieux carencés ou inhibés par d'autres constituants. Parmi on cite les effluents des : industries textiles ; papeteries et industrie du bois ; raffinerie et usines pétrochimiques ; laverie industrielle, industrie mécanique etc.

3. La pollution agricole :

Elle s'est développée quand l'agriculture est entrée dans un stade d'intensification, surtout dans le domaine des cultures (sur fertilisation, traitements excessifs, érosion des sols). L'élevage et

l'agriculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterrains. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates (**Hebbar, 2005**).

IV. Conséquences de la pollution des eaux :

Les eaux usées urbaines et industrielles sont généralement chargées de matières sous différentes formes (colloïdales, en solution chimique) et en quantités variables, qui présente des dangers de diverses natures pour le milieu récepteur ou leur utilisateurs (**Vilagines, 2003**).

1. Risque pour la santé de l'homme:

A) Maladies hydriques par :

contamination bactérienne.

Contamination virale : poliomyélites, hépatite A

protozoaires : dysenterie amibienne.

helminthes : vers parasites intestinaux.

B). Maladies liées à la présence d'élément toxique pour l'homme :

Par micropolluants organiques (détergents, pesticides, composés cycliques d'huiles lourds ou goudron) ou par substances minérales de types métaux lourds (plomb, mercure et le chrome).

2. Risque pour les êtres vivants dans le biotope (milieu de rejet) :

Maladies par contamination virales et bactériennes.

Atteint par effet toxique d'éléments agissant seuls ou en synergie (micropolluants organique, minéraux Substances radio- actives).

3. Risque de dégradation des écosystèmes aquatique : Ces risques sont liés à la modification de certains paramètres :

Physique tel que la température, turbidités ...

physique-chimiques tels que les nutriments (azotes et phosphores) facteurs d'eutrophisation.

CHAPITRE 2 :
LES EAUX USÉES INDUSTRIELLES
ET LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE

Introduction :

Les eaux usées sont composées d'environ 99% d'eau et de 1% de solides en suspension, colloïdaux et dissous. Les conséquences de l'émission d'eaux usées non traitées ou mal traitées peuvent être classées en trois catégories :

- Effets nocifs sur la santé humaine.
- Impacts négatifs sur l'environnement.
- Les répercussions négatives sur l'activité économique.

Les eaux usées sont souvent perçues comme une nuisance à éliminer plutôt que comme une ressource précieuse. Pourtant, elles constituent une source importante de matières premières et de nutriments essentiels : eau, énergie, nutriments, matières organiques et autres sous-produits. Les eaux usées sont un élément fondamental du cycle de l'eau ; leur gestion doit donc être intégrée et englober l'ensemble des opérations liées à l'utilisation de l'eau, depuis sa consommation, sa collecte et son traitement, jusqu'à sa réutilisation lorsque cela est possible et son rejet final dans l'environnement, où elle réintègre le cycle naturel de l'eau et contribue au renouvellement des ressources hydriques.

I. Les eaux usées industrielles :

1. Définition des eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. En raison de leur spécificité, certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration ou du milieu récepteur (El hamadi ,2011).

2. Classification des eaux usées industrielles :

Pour l'application du Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées, on considère comme « apport industriel » les débits des effluents suivants :

- Eaux de procédés industriels provenant des secteurs industriels.
- Prospection ou mise en valeur des ressources, telles les ressources minières, forestières, pétrolières ou gazières.
- Industrie manufacturière ou de fabrication.
- Industrie de transformation, y compris la transformation alimentaire.
- Transport aérien ou maritime, y compris les opérations de nettoyage des conteneurs.
- Lixiviation des sites d'enfouissement.
- Effluent d'un site de traitement des boues ou de matières résiduelles.
- Rejets d'hôpitaux et de laboratoires, excluant les postes de soins infirmiers.

Les eaux usées industrielles peuvent comporter les flux suivants :

- Eaux usées sanitaires.
- Eaux de lavage des équipements.
- Eaux de refroidissement par contact.
- Eaux de purge de chaudières.
- Vidanges de réacteurs ou de tours.
- Vidanges de réservoirs ou de conduites.
- Drains de planchers.
- Eaux de lixiviation (digues ou amas extérieurs).

Comme nous l'avons vu, les rejets de ce type proviennent non seulement des établissements industriels, mais aussi des établissements commerciaux et institutionnels. Les termes « eaux usées industrielles » et « eaux usées non domestiques » seront utilisés comme synonymes. Alors, les eaux usées provenant de toute la classe des industries, des commerces et des institutions (ICI) doivent être incluses dans l'étude (**kostyantynvoloshyn, 2014**)

II. Les effluents industriels :

1. Définition :

Les effluents industriels ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, ils peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liés aux produits chimiques transportés (Rodier, 2005). Étant donné la très grande variété des produits utilisés dans l'industrie, le travail de l'analyste sera toujours délicat et compliqué par la présence de matières organiques et minérales en quantité importante (**Mizi, 2006.**).

Tous effluents ou rejets industriels obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels, ainsi que les eaux de rejets des services généraux des industries (sanitaire et cuisine) sont considérées également comme eaux résiduaires industrielles (Emilian, 2009.)

2. Origine des effluent industriels :

Les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

A) Effluent de fabrication :

La plupart des procédés conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides. Les rejets sont soit continus, soit discontinus. Généralement ils peuvent être produits que durant quelque mois par ans, le flux de pollution sont connus si les fabrications sont régulières, mais si les industries travaillent par campagnes spécifiques (chimie de synthèse, pharmacie, parachimie) l'analyse des rejets est plus difficile. La présence de bassins d'homogénéisation est donc indisponible, ils servent également à alimenter le traitement, en particulier biologique, en cas d'arrêt de production.

B) Effluent particuliers : Certains effluents sont susceptibles d'être ségrévés soit :

- Pour subir un traitement spécifique avec éventuellement récupération de matières premières et d'eau recyclage en fabrication.
- Ou dirigés vers bassin de stockage pour être réinjectés a débit pondère dans le circuit de traitement de traitement (au besoin après prétraitement).

Tel est le cas des :

- Bains de décapage et galvanoplastie ; soudes usées ; eaux ammoniacales de cokerie.
- Condensats de papeterie (eaux mères) des industries agroalimentaires et chimiques.
- Rejets toxiques et rejets concentrés.

C) Effluent des utilités :

- ❖ Les eaux usées, également appelées eaux noires, sont issues du traitement des eaux usées et comprennent :
- ❖ Eaux d'égout.
- ❖ Eaux de chaufferie (effluents de chaudière et eaux de recirculation).
- ❖ Boues issues du traitement des eaux d'alimentation.
- ❖ Rejets toxiques et rejets concentrés.
- ❖ Purges d'eaux de réfrigération.

D) Rejets occasionnels :

Ils peuvent correspondre à des :

- ❖ Fuites accidentelles de produits lors de leur manutention ou de leur stockage.
- ❖ Eaux de lavage de sols ou d'outils de production.
- ❖ Eaux polluées, dont celles d'orage qui peuvent causer aussi une surcharge hydraulique **(Monod, 2006).**

3. Classification des effluent industrielles : On peut répartir les effluents industriels en trois grandes classes :

A) Les effluent à caractère minéral dominant :

Les principales eaux résiduaire représentante de ce groupe sont les :

- ❖ Eaux de lavage de gravières et des activités d'extraction des minéraux.
- ❖ Eaux des industries sidérurgiques.
- ❖ Eaux de l'industrie chimique minérale ;
- ❖ Eaux de traitement de surface des métaux.

Ces eaux sont caractérisées par :

- ❖ Une charge importante en matières en suspension et/ou en sels dissous.
- ❖ Une demande chimique en oxygène d'origine minérale variable en fonction de la nature des composés minéraux en solution.
- ❖ La présence possible de toxiques ou d'inhibiteurs de la croissance bactérienne.
- ❖ Une très faible valeur de la DBO5

Les traitements les mieux appropriés à ce type d'effluents sont :

- ❖ Les traitements physiques de clarification : floculation, décantation et filtration.
- ❖ Les traitements chimiques d'élimination des toxiques et/ou de neutralisation du pH.

B) Les effluent à caractère organique dominant :

Ce sont surtout les effluents des industries agro-alimentaires comme :

- ❖ Les abattoirs.
- ❖ Les conserveries.
- ❖ Les laiteries et fromageries.

Leur composition, bien que très variable, comprend presque toujours :

- ❖ Les matières minérales et des débris végétaux en suspension.
- ❖ Des graisses.
- ❖ Des protéines.

Elles sont caractérisées par une biodégradabilité importante.

C) Les effluent à caractère mixte :

Ce sont des effluents qui ne sont pas directement biodégradables à cause de l'absence d'éléments de croissance ou de la présence d'inhibiteurs de croissance. Dans ce groupe, nous trouverons par exemple les effluents des :

- ❖ Industries textiles.
- ❖ Papeteries et des industries du bois.
- ❖ Raffineries et des usines pétrochimiques.
- ❖ Industries pharmaceutiques.

Dans ces effluents, on peut trouver comme suite :

- Matières en suspension diverses (sables, fibres de cellulose...etc.).
- Hydrocarbures dissous, émulsionnés ou en film superficiel ; Tensioactifs, des colorants, des phénols...etc. (Meniai, 2016).
-

III. La qualité physico chimique de l'eau :

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de références, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres (**Rodier, 2009**).

1. Les paramètres physico chimique de l'eau :

A. Paramètres organoleptiques :

1. Odeur :

Les eaux d'égout fraîches normales ont une odeur de moisie qui n'est normalement pas gênante, mais après un délai de 3 ou 4 heures, tout l'oxygène dissous présent dans les eaux d'égout est épuisé et il commence à se dégager une mauvaise odeur due au sulfure d'hydrogène et à d'autres composés de soufre produits par les micro-organismes anaérobies (**Metahri, 2012 & Zeghoud, 2013**).

2. Couleur :

La couleur de l'eau provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colore. La couleur, dans les systèmes publics d'approvisionnement d'eau, est esthétiquement indésirable. Il est important de la mesurer, étant donné qu'une couleur élevée provoque son rejet par le consommateur et l'amène chercher d'autres sources de suppressions parfois beaucoup moins sûres. (**Brasilia, 2013**).

B. Paramètres physiques :

1. Température :

Généralement, la température des eaux usées est plus élevée que celles des eaux potables, en raison de l'ajout d'eaux chaudes des ménages et des industries. Quand la température augmente, la viscosité augmente ce qui a pour conséquence de précipiter les matières en suspensions. Les températures extrêmement basses affectent défavorablement l'efficacité de la sédimentation (**Metahri, 2012 & Zeghoud, 2013**).

2. La turbidité :

La turbidité des eaux usées dépend de la quantité des matières en suspensions. L'essai de turbidité est employé pour indiquer la qualité de matière colloïdale. La turbidité dépend de la concentration des eaux d'égout ou des eaux résiduaires. Plus forte est sa concentration, plus grande est sa turbidité (**Metahri, 2012 & Zeghoud, 2013**).

3. Potentiel hydrique :

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (notée H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH (**Bale , 2011.**)

4. Conductivité :

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Sa mesure est indispensable dans le cas d'une réutilisation des eaux usées en irrigation (**Baleh, 2011**) .

5. Matière en suspension :

Les matières en suspension (**MES**) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. (**Asano, 1998**).

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

6. La demande chimique en Oxygène :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une **STEP (Station de Traitement des Eaux Polluées)** et l'activité des microorganismes. (**Asano, 1998**).

7. La demande biochimique en Oxygène :

La demande biochimique en oxygène (**DBO**) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. La détermination de la DBO sert à évaluer la concentration des polluants

organiques dans les entrées et sorties de station d'épuration biologique, c'est-à-dire à mesurer le rendement. **(Asano, 1998).**

8. La salinité :

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (Na Cl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés. **(Ramade, 2011).**

9. Le taux de solides dissous (TDS) :

Les solides dissous sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium.

Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées de matières particulaires atmosphériques.

L'influence la plus importante qu'exercent les solides dissous sur la qualité de l'eau sont l'altération du goût. Ils provoquent parfois un entartrage des canalisations.

10. La biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux usées.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que $K = DCO/DBO_5$, selon la littérature **(Baleh, 2011).**

- ✓ Si, $K < 1.5$: Cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables.
- ✓ Si, $1.5 < K < 2.5$: Cela signifie que les matières oxydables sont biodégradables.
- ✓ Si, $2.5 < K < 3$: Les matières oxydables sont peu biodégradables.
- ✓ Si, $K > 3$: Les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures ... La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est

biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique .(Baleh, 2011.).

C. Les paramètres chimiques

1. Carbone Organique total :

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous.(Grosclaude, *et all*, 1999).

2. Oxygène dissous :

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l. (Grosclaude, *etall*, 1999).

3. La minéralisation :

La minéralisation est la teneur en sels dissous dans l'eau, il s'agit d'une minéralisation calculée qui représente l'ensemble des sels déterminés et est exprimée en mg/l. (Mihoubi, 2008)

4. La dureté :

Initialement, la dureté d'une eau exprimait l'aptitude de cette eau à réagir et à faire mousser le savon. A l'heure actuelle on appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à 1 mg/L, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions sont présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou d'hydrogénocarbonate :

Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté :

- a. Dureté totale (TH t) :** Somme des concentrations globales en calcium et magnésium.
- b. Dureté calcique (TH ca) :** Concentration globale en calcium.
- c. Dureté magnésienne (TH Mg) :** Concentration globale en magnésium.
- d. Dureté permanente ou non carbonatée (TH p) :** Dureté qui persiste après Ebullition de l'eau et qui correspond uniquement aux sels de calcium et de magnésium solubles à chaud, sous forme de chlorure et de sulfates, car les hydrogénocarbonates sont décomposés et précipitant sous forme de carbonate de calcium.

e. Dureté temporaire ou carbonaté : Dureté qui correspond aux sels de calcium sous forme d'hydrogénocarbonate, et qui est la différence entre la dureté totale et la dureté permanente, (Rejsek, 2002).

5. Les chlorures (Cl-) :

Ils sont rencontrés en grandes quantités dans les eaux souterraines. Elles peuvent provenir de la contamination par les eaux usées d'origines domestique et industrielle, et de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés. Le Cl⁻ est aussi un bon traceur des activités anthropiques. Les concentrations en chlorures montrent des valeurs variables, qui dépassent parfois les normes fixées par l'OMS à 250 mg/l, pour atteindre une valeur maximale qui tourne autour de 300mg/l près des cours d'eau, le premier lieu des rejets domestiques et industriels. (Mihoubi, 2008).

6. Les nitrates (NO₃-) :

Les filières classiques de traitement n'éliminent absolument pas les nitrates Les traitements biologiques qui transforment NH en NO conduisent à leur augmentation.

L'élimination des nitrates nécessite des traitements complémentaires l'un d'entre eux, en 1981 par le conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPPF) fait appel à des bactéries spécialisées fixées sur des supports poreux et en anoxie de façon à les forcer pour respirer à consommer l'O des NO. Cependant, étant autotrophes, elles nécessitent un substrat organique. Il existe à cet égard deux procédés, l'un faisant appel à l'ajout d'acide acétique et l'autre à l'ajout d'alcool éthylique. En 1987 le CSHPPF a donné son agrément pour l'utilisation de certaines résines Echangeuses d'anions. (Vilaginés, 2000).

7. Les nitrites (NO₂-) :

Les nitrites sont oxydés en NO par Cl, ClO et O. Les traitements biologiques peuvent transformer NH en NO. Si la quantité d'oxygène de l'eau n'est pas suffisante pour poursuivre l'oxydation jusqu'au stade de nitrate. Ce phénomène peut se produire la nuit sur des filtres lents à débit forcé en raison de la diminution de la photosynthèse. (Vilaginés, 2000).

8. Ammonium (NH) :

Sont désignées sous le terme d'azote ammoniacal à des formes ionisées (ion ammonium, NH) et non ionisées (gaz ammoniac, NH). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il

constitue un des maillons de cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisé.

9. Matières organiques (MO) :

On interprète, souvent à tort, la présence de matières organiques comme synonyme de pollution. Il convient de dire que ce n'est pas tant l'existence de ces matières organiques dans l'eau, que leur origine, qui traduit une pollution. En effet, les matières organiques végétales ne présentent pas de danger. Ce sont les trihalométhanes, des produits issus de réactions avec les matières organiques, lors de

IV. Normes de rejets des eaux usées :

Les principaux lois et règlements où se trouvent les dispositions en matière de rejets des eaux usées par des entreprises sont les suivants (liste non exhaustive) :

- ❖ LQE(Loi sur la qualité de l'environnement)et des règlements qui en découlent.
- ❖ Règlement sur l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement.
Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement.
- ❖ Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel.
- ❖ Règlement sur les effluents liquides des raffineries de pétrole.
- ❖ Règlement sur les déchets biomédicaux.
- ❖ Règlement sur les matières dangereuses.

Du côté fédéral, deux lois s'y ajoutent également :

- ✓ Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) et plusieurs règlements qui en découlent.
- ✓ Loi sur les pêches et plusieurs règlements qui en découlent. **(Meniai, 2016)**

Les normes de rejet sont des valeurs des paramètres polluants d'une eau usées à ne pas dépasser. On distingue :

A-Normes internationales :

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont présentées dans **le tableau 1. (Kesbi, 2016**

Tableau N° 1 : Normes internationales

caractéristiques	Unité	Normes utilisées (OMS)
pH	-----	6.5-8.5
DBO5	mg /L	<30
DCO	mg /L	<90
MES	mg /L	<20
NH+4	mg /L	<0.5
NO2	mg /L	1
NO3	mg /L	<1
P2O5	mg /L	<2
Température	°C	<30
Couleur	-----	Incolore
Odeur	-----	Inodore

B. Les normes algériennes :

Le décret exécutif n° 93-160 du Juillet 1993 réglemente les procédures de rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel et rappelle que tout rejet d'effluents de type industriel est soumis à une autorisation préalable, délivrée par le Ministère chargée de l'environnement, qui détermine les conditions techniques auxquelles sont subordonnés les rejets. Ce décret précise également les valeurs limites maximale des paramètres de rejets des installations de déversement d'effluents liquides industriels (**le tableau 2**). (BOUZIANI, 2002)

Tableau N° 2 : Valeurs limites de certains paramètres des rejets industriels (**Décret exécutif n° 93-160 du Juillet 1993**) (in Bouziani, 2002)

Paramètres	Volume max(mg/l)	Paramètres	Volume max(mg/l)
DBO5	40	Plomb	1
DCO	120	Cuivre	3
Phosphates	02	Zinc	5
Cyanures	0.1	Hailedsetgraisses	20
Aluminium	5	Hydrocarbures	20
Cadmium	0.2	Phénol	0.5
Chrome	0.1	Solvant organique	20
Manganèse	1	Choler active	1.0
Mercure	0.01	PCB	0.001
Nickel	5	Détergent	2

CHAPITRE 03

MATÉRIEL ET MÉTHODE

I. Description et localisation de la zone d'étude :

A. Situation géographique de la Plage de Sidi Salem :

Etalé sur environ 450 m, cette station se situe à l'Est de la ville d'Annaba dans la commune d'El Bouni entre les oueds Seybouse et Mafrague. Cette zone initialement industrielle s'est vue transformée depuis 1995 en cité urbaine avec une population de plus de 30.400 habitants, cette plage est autorisée à la baignade même si elle reste peu fréquentée.

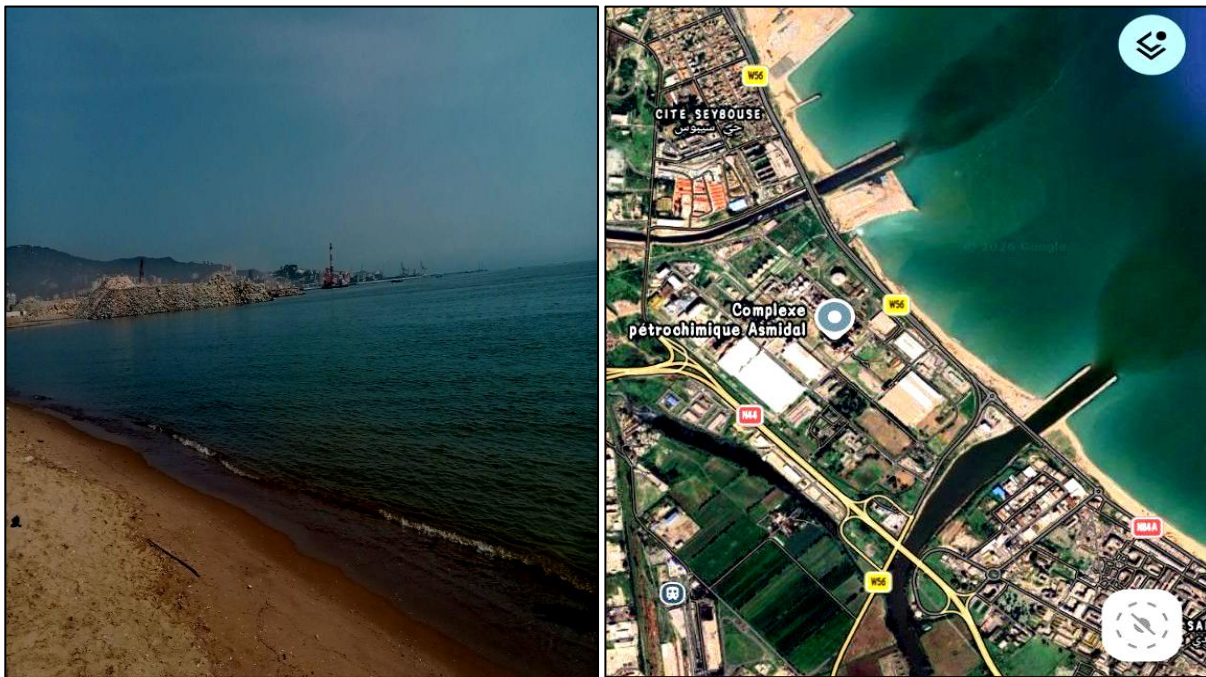


Figure 02 :Localisation de zone étude du région de Sidi Salem

B. Situation géographique de la Plage de Sable d'or :

La célèbre plage de Sable d'Or se situe dans la commune d'El Kala (Wilaya d'El Tarf), à l'extrême nord-est de l'Algérie. Elle est connue pour s'étendre sur plus de 3 km et se trouve directement à proximité du magnifique lac Mellah, l'une des zones humides remarquables du Parc National d'El Kala. **Figure 03**

Pour vous y rendre ou l'explorer, voici ses caractéristiques principales :

Coordonnées géographiques : Latitude $\approx 36,91^\circ\text{N}$ Longitude $\approx 8,29^\circ\text{E}$

Environnement : Elle fait partie du littoral sauvage et préservé de la région de la Calle.

Fréquentation : Très réputée pour son sable fin, c'est l'une des plages les plus prisées et fréquentées par les estivants l'été.

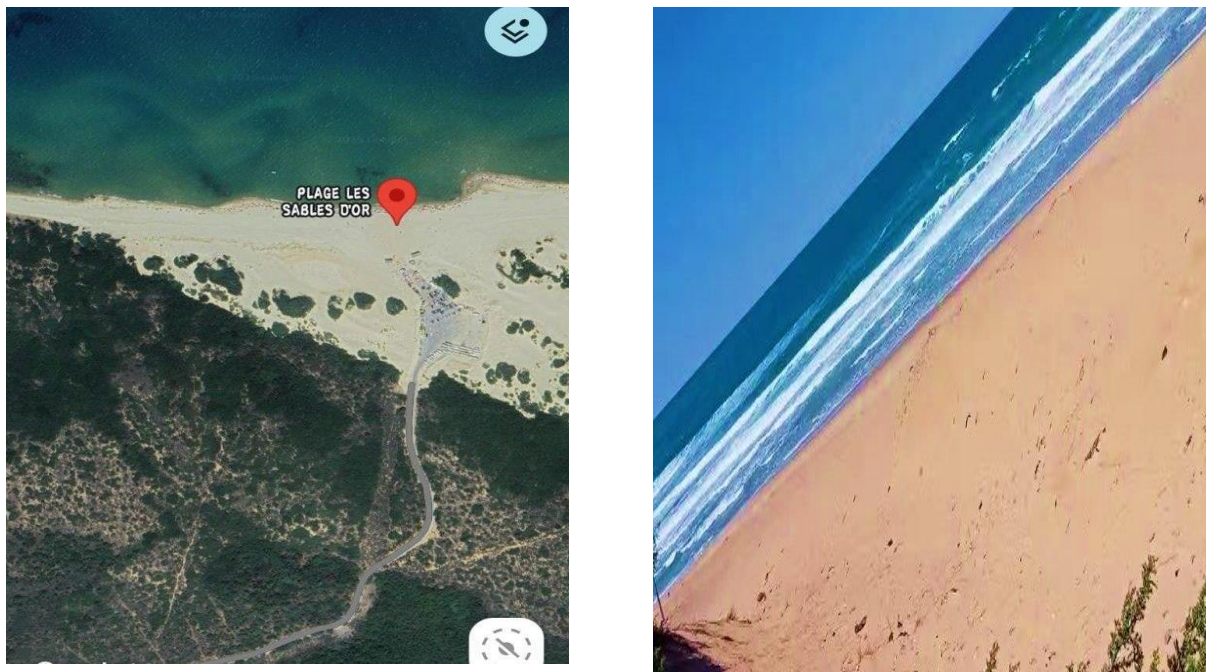


Figure 03 : Localisation de zone étude du région de Sable D'or

1. Le prélèvement :

La présente étude s'est déroulée durant trois mois consécutifs, à savoir mars, avril et mai.

Plusieurs paramètres ont été mesurés sur site afin de minimiser les variations susceptibles d'affecter l'exactitude des résultats. Les analyses des paramètres étudiés ont été réalisés en partie dans les laboratoires universitaires ; les paramètres restants ont été mesurés et fournis par l'Agence de Distribution de l'Eau (ADE) de Bouteldja.

Un échantillonnage a été réalisé au niveau du site de Sidi Salem, retenu comme site pollué du fait de l'influence des activités industrielles avoisinantes et afin de disposer d'un point de comparaison, un prélèvement a été réalisé sur la plage de Sable d'Or, considérée comme site témoin en raison de ses caractéristiques de référence.

2. Echantillonnage:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera faite.

L'échantillons doit être homogènes, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Etant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. (Rodier, 2009).

3. Matériel d'échantillonnage :

La préparation du matériel est une étape importante qui doit être bien planifiée. Le matériel de terrain doit inclure notamment une quantité suffisante des bouteilles stérilisées clairement identifiées,

- a. **Multi-paramètre** : est un appareil portable utilisé pour la mesure et le suivi de la qualité des eaux directement sur le terrain. Il est équipé de plusieurs sondes intégrées dans un seul capteur, permettant de mesurer simultanément différents paramètres physico-chimiques de l'eau, tels que la température, le pH, l'oxygène dissous (DO), la conductivité électrique, la salinité, le Taux des solides dissous (TDS), et la turbidité. Cet appareil est largement utilisé pour le contrôle des eaux de surface, des eaux souterraines, des eaux marines et des eaux usées. **Figure 04**



Figure 04: Multi-paramètre

- b. **Flacons en verre**: -Les flacons en verre sont utilisés pour le prélèvement et la conservation des échantillons d'eau.

-Les flacons en verre doivent être propres et rincés avant le prélèvement. **Figure 05**



Figure 05 : Flacons en verre

4. Prélèvement des échantillons :

Des échantillons d'eau de mer ont été prélevés sur les plages de Sable d'Or et de Sidi Salem. Sable d'Or a été considérée comme une zone non polluée, tandis que Sidi Salem a été considérée comme une zone polluée, afin de comparer les propriétés physico-chimiques de l'eau sur les deux plages. Les prélèvements ont été effectués de jour et dans des conditions atmosphériques normales afin d'obtenir des échantillons représentatifs de la qualité de l'eau. Les prélèvements ont été réalisés à une distance appropriée du rivage et à une profondeur de 20 à 30 cm sous la surface afin d'éviter l'influence des impuretés et des sédiments de surface. Des récipients propres et préalablement stérilisés ont été utilisés lors du prélèvement afin de prévenir toute contamination susceptible d'affecter les résultats d'analyse. Les points de prélèvement ont également été choisis à l'écart des zones de baignade et des sources directes de pollution. Après prélèvement, les échantillons ont été immédiatement transportés au laboratoire pour analyse physico-chimique dans les plus brefs délais afin de préserver leurs propriétés naturelles.

II. Les méthodes d'analyses :

1. Analyses physico-chimiques:

Les paramètres physiques constituent des indicateurs essentiels pour l'évaluation de la qualité des eaux marines, car ils permettent de déterminer les caractéristiques générales de l'eau ainsi que son degré d'influence par les facteurs naturels ou les différentes sources de pollution. Ces paramètres comprennent notamment la température, la couleur, la turbidité, la salinité, la

conductivité électrique ainsi que les solides dissous totaux. Ces indicateurs sont fortement influencés par les conditions environnementales telles que les variations climatiques, le mouvement des eaux et les rejets polluants ; c'est pourquoi il est préférable de les mesurer directement sur le site de prélèvement afin d'obtenir des résultats précis et fiables. L'étude de ces paramètres permet également d'avoir une première appréciation de l'état physique des eaux et de leur qualité environnementale.

1.1.Paramètres physico-chimiques mesurés in situ :

A. La température :

La température de l'eau de mer constitue un paramètre physique important, car elle permet de mieux comprendre l'état environnemental des eaux et influence directement plusieurs autres caractéristiques physico-chimiques. Elle est également utilisée pour corriger certains résultats d'analyses et pour l'étalonnage de différents appareils de mesure tels que le conductimètre et le pH-mètre. Pour cette raison, la température doit être mesurée directement sur le site de prélèvement afin d'obtenir des résultats précis et fiables. La mesure consiste à immerger le multi-paramètre dans l'échantillon d'eau de mer, puis à attendre la stabilisation de la valeur avant de la noter. La valeur obtenue est exprimée en degré Celsius (°C). **Figure 06**



Figure 06 : Mesure de la température , Conductivité, PH , DO , TDS, Turbidité , Salinité

B. Mesure de la conductivité électrique (CE) :

Principe :

La mesure de la conductivité électrique de l'eau de mer est basée sur la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, capacité liée à la concentration des sels et des ions dissous. Ce paramètre constitue un indicateur important pour évaluer la qualité et le degré de salinité des eaux marines.

Mode opératoire :

Tout d'abord, l'appareil de mesure multi-paramètre est mis en marche, puis la sonde de l'appareil est immergée dans l'eau de mer pour mesurer la conductivité électrique, et les mesures sont laissées à se stabiliser pendant quelques instants. **(figure06).**

C. Mesure de la salinité**Principe :**

La présence des sels dissous dans l'eau de mer modifie plusieurs propriétés physiques de l'eau telles que la densité, la compressibilité, le point de congélation ainsi que la température correspondant à la densité maximale. En revanche, certaines propriétés comme la viscosité et l'absorption de la lumière sont peu influencées. La salinité constitue ainsi un paramètre essentiel pour caractériser les eaux marines et évaluer leur état environnemental.

Mode opératoire :

Pour obtenir des résultats précis et fiables, la salinité doit être mesurée directement sur le lieu de prélèvement. La mesure consiste à immerger un multimètre dans l'échantillon d'eau de mer et à attendre la stabilisation de la valeur avant de l'enregistrer.**(figure 06).**

D. Mesure de la turbidité**Principe :**

La turbidité de l'eau de mer est causée par la présence de matières non dissoutes telles que le limon, l'argile, les algues, les grains de silice et les micro-flocs. Ces particules diminuent l'intensité de la lumière incidente et diffusent le rayonnement de manière non homogène. L'appareil utilisé fonctionne selon le principe de la mesure de la lumière diffusée. La longueur d'onde utilisée est de 860 nm conformément à la norme ISO 7027, afin de réduire l'influence de la couleur des matières présentes dans l'échantillon.

Mode opératoire :

Pour obtenir des résultats précis et fiables, la turbidité doit être mesurée directement sur le lieu de prélèvement. La mesure consiste à immerger un multi-paramètre dans l'échantillon d'eau de mer et à attendre la stabilisation de la valeur avant de l'enregistrer.**(figure 06)**

E. Mesure du Potentiel Hydrogène (PH) :**Principe :**

La valeur du pH permet de déterminer si l'eau de mer est acide, neutre ou basique, en fonction de la concentration en ions hydrogène présents dans l'eau. Ce paramètre constitue un indicateur essentiel pour l'évaluation de la qualité des eaux marines et de leur équilibre environnemental.

Mode opératoire :

La mesure du pH s'effectue en plongeant la sonde du multi-paramètre dans l'échantillon d'eau de mer à analyser. La sonde est ensuite agitée doucement et la lecture est relevée après stabilisation de la valeur affichée.

En l'absence d'une sonde de température, la température de l'échantillon est mesurée à l'aide d'un thermomètre puis introduite dans le pH-mètre avant de relever la valeur du pH correspondant à cette température

Lorsqu'une sonde de température est disponible, les deux sondes (température et pH) sont immergées simultanément dans l'échantillon, puis les valeurs du pH et de la température sont directement relevées.

Généralement, la mesure du pH est réalisée à une température de 20 °C. Il est donc recommandé de refroidir ou de réchauffer l'échantillon jusqu'à cette température avant d'effectuer la mesure afin d'obtenir des résultats précis et fiables.(figure 06).

F. Mesure du Taux de Solides Dissous (TDS)

Principe :

Le taux de solides dissous totaux (TDS) représente la quantité de matières dissoutes présentes dans l'eau de mer, telles que les sels, les minéraux et les différents ions. Ce paramètre constitue un indicateur important pour l'évaluation de la qualité et du degré de salinité des eaux marines. Plus la concentration des substances dissoutes est élevée, plus la valeur du TDS augmente.

Mode opératoire :

La teneur en matières solides dissoutes totales (TDS) est mesurée à l'aide d'un appareil multi-paramètres. La sonde est immergée dans l'échantillon d'eau de mer à analyser, et on attend quelques secondes que la valeur affichée se stabilise. La valeur mesurée représente la quantité de matières solides dissoutes présentes dans l'échantillon d'eau. (figure 06)

G. Mesure L'oxygène dissous :

La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments (Merabet, 2010).

Principe

Le principe de la mesure de l'oxygène dissous repose sur l'utilisation d'un oxymètre muni d'une sonde sensible à l'oxygène, permettant de déterminer la concentration d'oxygène présente dans l'échantillon d'eau, généralement exprimée en mg/L.

Méthode opératoire

L'oxygène dissous est mesuré en immergeant la sonde d'un multimètre.

Une fois la valeur affichée stabilisée, le résultat est lu et enregistré, puis la sonde est nettoyée après utilisation.(figure 06) .

1.2.Paramètre mesuré au niveau de laboratoire d'université :

A. Mesure de DBO5 :

Principe :

La DBO5 correspond à la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes lors de la dégradation de la matière organique biodégradable présente dans l'eau de mer, à 20 °C et dans l'obscurité. Elle constitue un indicateur du niveau de pollution organique des eaux.

Mode opératoire :

La concentration en oxygène dissous est mesurée immédiatement après le prélèvement de l'échantillon, puis celui-ci est placé dans des flacons hermétiques et incubé pendant 5 jours à 20 °C dans l'obscurité. À la fin de l'incubation, une seconde mesure de l'oxygène dissous est effectuée, et la DBO5 est calculée à partir de la différence entre les deux valeurs obtenues.

1.3.Paramètre physico-chimiques mesuré au niveau d'Algérienne des eaux (Ade) :

A. Mesure des nitrates (NO_3^-)

Principe :

La mesure des nitrates dans l'eau de mer repose sur la réaction des ions nitrates avec le salicylate de sodium, conduisant à la formation d'un composé jaune. L'intensité de cette coloration est proportionnelle à la concentration en nitrates dans l'échantillon. La détermination se fait par mesure spectrophotométrique à l'aide d'un spectrophotomètre, sans réalisation de calibration sur site.

Mode opératoire :

On commence par allumer l'analyseur multi-éléments, puis on place environ 100 ml de l'échantillon d'eau de mer à analyser dans un bécher en verre propre. Les électrodes sont immergées dans le bécher et on laisse la mesure se stabiliser quelques instants sous agitation douce. Enfin, la concentration en nitrates est enregistrée.



Figure 07 : Mesure de NO_3^- , et NH_4^+

B. Mesure de l'ammonium (NH_4^+)

Principe :

La mesure des ions ammonium dans l'eau de mer repose sur une réaction en milieu alcalin, en présence de **nitroprussiate de sodium** agissant comme catalyseur, avec une solution de chlore et de phénol. Cette réaction forme un composé coloré bleu appelé indophénol. L'intensité de cette coloration est proportionnelle à la concentration en ammonium et est déterminée par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

Mode opératoire :

Un échantillon d'eau de mer est préparé directement et placé dans un bécher propre. Les électrodes sont immergées dans le bécher et la mesure est effectuée quelques instants sous agitation douce jusqu'à stabilisation. La valeur mesurée représente l'absorbance ou la concentration en ions ammonium (NH_4^+) présents dans l'échantillon. **(figure 07).**

C. Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Le Principe :

La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) repose sur le titrage de l'alcalinité présente dans l'eau de mer à l'aide d'une solution acide étalon. Cette alcalinité représente la capacité de l'eau à neutraliser les acides, principalement due aux ions bicarbonates et carbonates. Au cours de la réaction, un changement de couleur se produit en présence d'un indicateur coloré approprié, permettant de déterminer le point final.

Détermination du TAC :

La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) est réalisée en introduisant 100 mL de l'échantillon d'eau de mer dans un erlenmeyer de **250 mL**, puis en ajoutant **2 gouttes** de vert de **bromocrésol**. Une coloration bleue doit alors se développer, indiquant le milieu de départ. Ensuite, l'échantillon est titré à l'aide d'une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) de normalité N/50, jusqu'au virage de couleur du vert au jaune, qui correspond au point final de l'équivalence.

D. Détermination du Titre hydrométrique :

Principe :

La détermination de la dureté totale (TH) repose sur la formation de complexes stables entre les ions calcium et magnésium et la solution d'EDTA en milieu basique. L'indicateur noir ériochrome permet de repérer le point final par changement de couleur lorsque tous les ions métalliques sont complexés.

Dosage :

On prélève un volume de 50 mL de l'échantillon d'eau de mer, auquel on ajoute 4 mL de solution tampon et 3 gouttes d'indicateur noir ériochrome, ce qui donne une coloration violette à la solution. Le titrage est ensuite réalisé immédiatement avec une solution d'EDTA, ajoutée progressivement et lentement sous agitation continue jusqu'au virage de couleur au bleu. Le point final est atteint lorsque la couleur ne change plus après l'ajout d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

E. Dosage du calcium :

Principe :

Le dosage du calcium dans l'eau de mer repose sur sa complexation par une solution d'EDTA en milieu fortement basique. L'EDTA forme des complexes stables avec les ions calcium, permettant ainsi leur détermination quantitative à l'aide d'un indicateur coloré qui signale le point d'équivalence par changement de couleur.

Dosage :

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2ml de la solution d'hydroxyde 2N et une Pincée d'indicateur Murexide. Bien mélanger le tout.

Le virage atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

La couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte d'EDTA.

F. Dosage du magnésium (Mg^{++})

Le Principe :

Titration molaire des ions magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH10. Le noir ériochrome T, qui donne une couleur rouge foncé en présence des ions magnésium, est utilisé comme indicateur.

Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser. Ajouter 2 ml de NH_4OH (10,1) et aussi noir eriochrome après titrer avec l'E.D.TA jusqu'au virage (bleu).

RÉSULTATS

I. Paramètres physico-chimiques mesuré in situ :

1. Les variations de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation de la température au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 03 et de la figure N° 08

Les résultats mettent en évidence une homogénéité thermique entre les deux sites, avec des températures relativement stables au cours des trois mois d'échantillonnage.

Tableau 03 : Variation de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	17.50	17.57
Avril	22.45	22.74
Mai	21.88	21.30

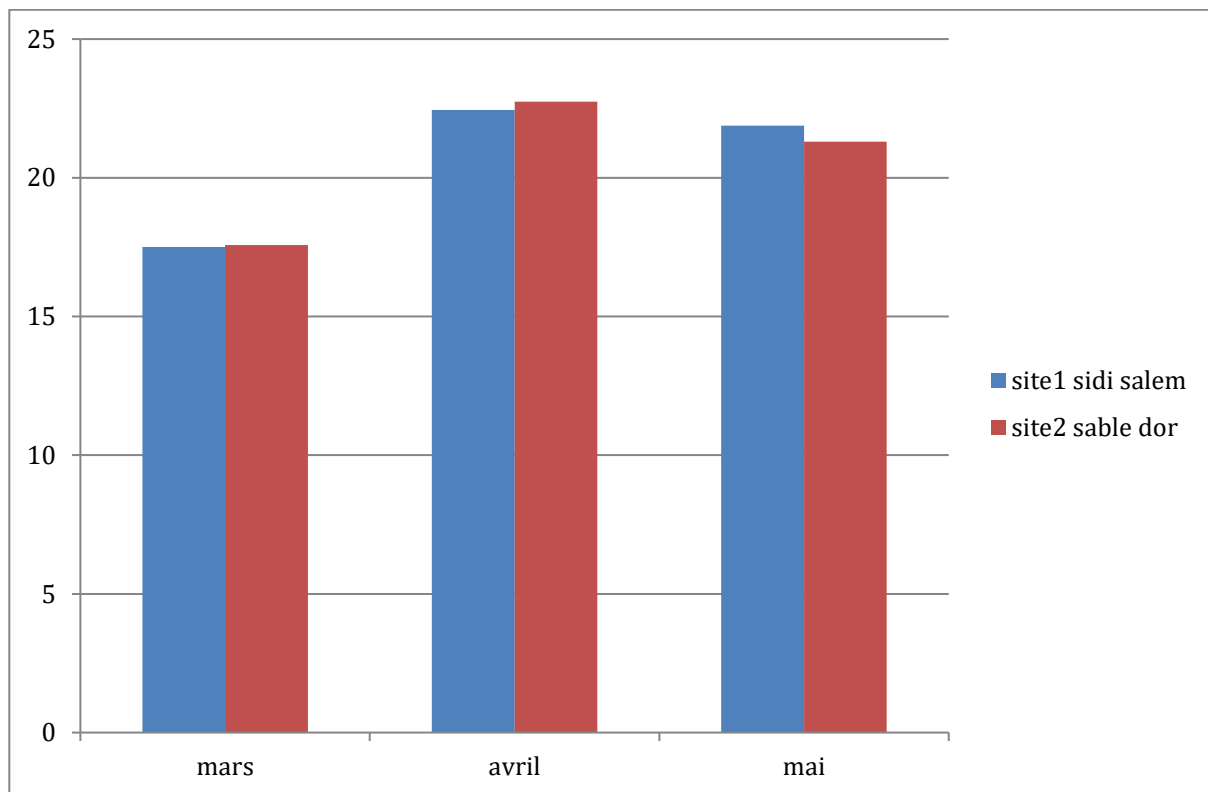


Figure08 : Les variation de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites.

2. Les variations de la conductivité de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et s'able d'or :

Les résultats de la variation de la conductivité au niveau des sites. Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 04 , et de la figure N°09

Les valeurs de conductivité sont globalement comparables entre les deux sites. Cependant, le site de Sidi Salem a présenté une diminution de la conductivité au cours du mois d'avril.

Tableau 04 : Variation de la Conductivité de l'eau de mer au niveau des deux site

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	86.4	88.1
Avril	49.5	86.0
Mai	85.4	84.4

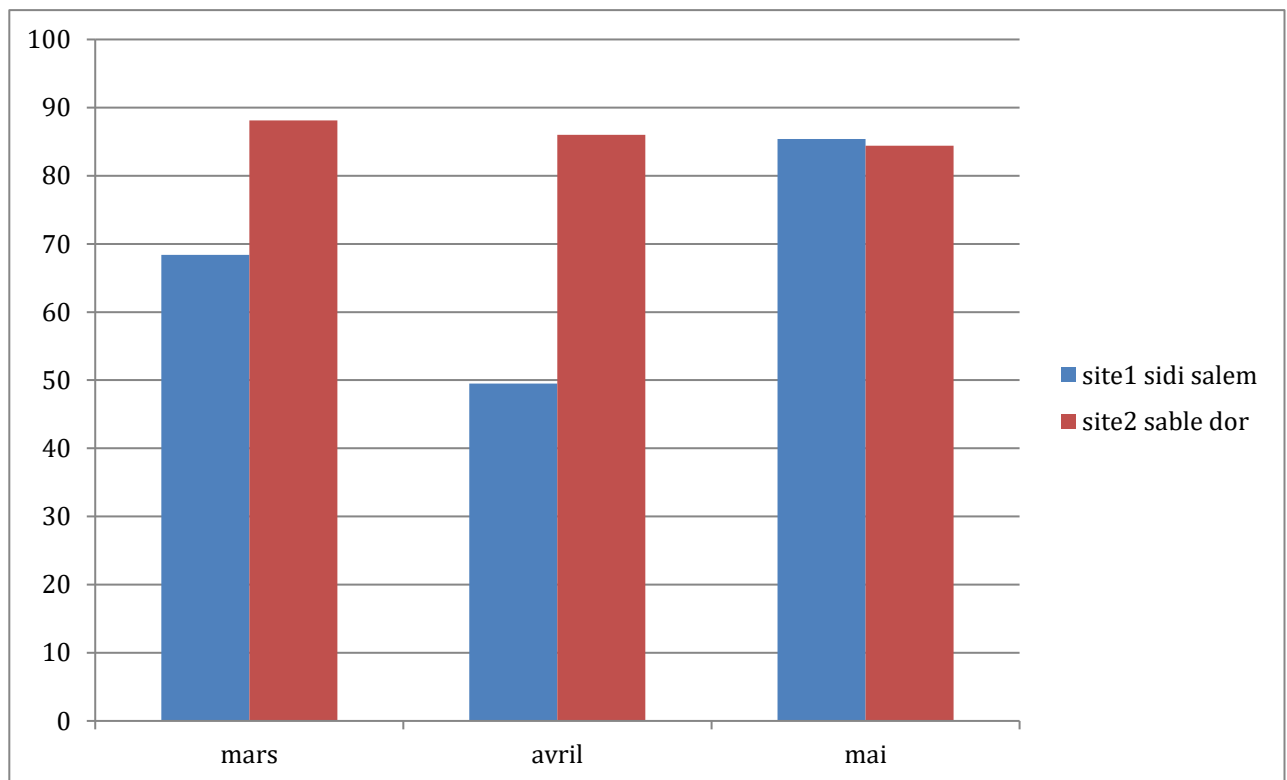


Figure09 : Les variation de la conductivité de l'eau de mer au niveau de deux sites

3. **les variations de la salinité de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or:**

Les résultats de la variation de la salinité au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 05 et de la figure N° 10

L'analyse des mesures de la salinité ne révèle aucune différence significative entre les deux sites ; néanmoins, une baisse ponctuelle a été enregistrée au site de Sidi Salem en avril.

Tableau N° 05 : Variation de la salinité de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	60.6	61.9
Avril	32.3	60.7
Mai	60.1	59.3

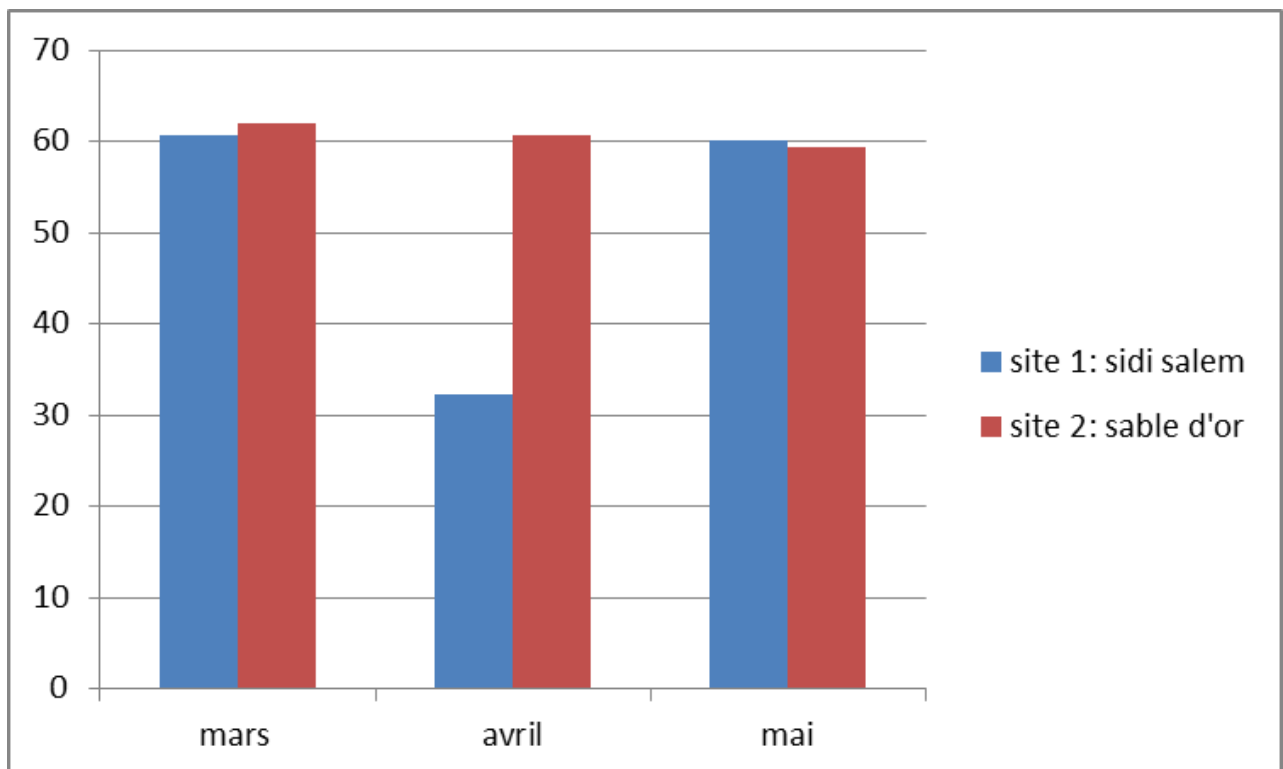


Figure N° 10 : Les variation de la salinité de l'eau de mer au niveau des deux sites.

4. **les variations de la turbidité de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or:**

Les résultats de la variation de la turbidité au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 06 et de la figure N° 11

Les données relatives à la turbidité montrent que les valeurs enregistrées au site du Sable d'Or sont inférieures à celles observées au site de Sidi Salem durant les mois de mars et d'avril. En revanche, au mois de mai, les deux sites présentent des niveaux de turbidité comparables.

Tableau N° 06 : Variation de la température de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	249	212
Avril	237	211
Mai	225	226

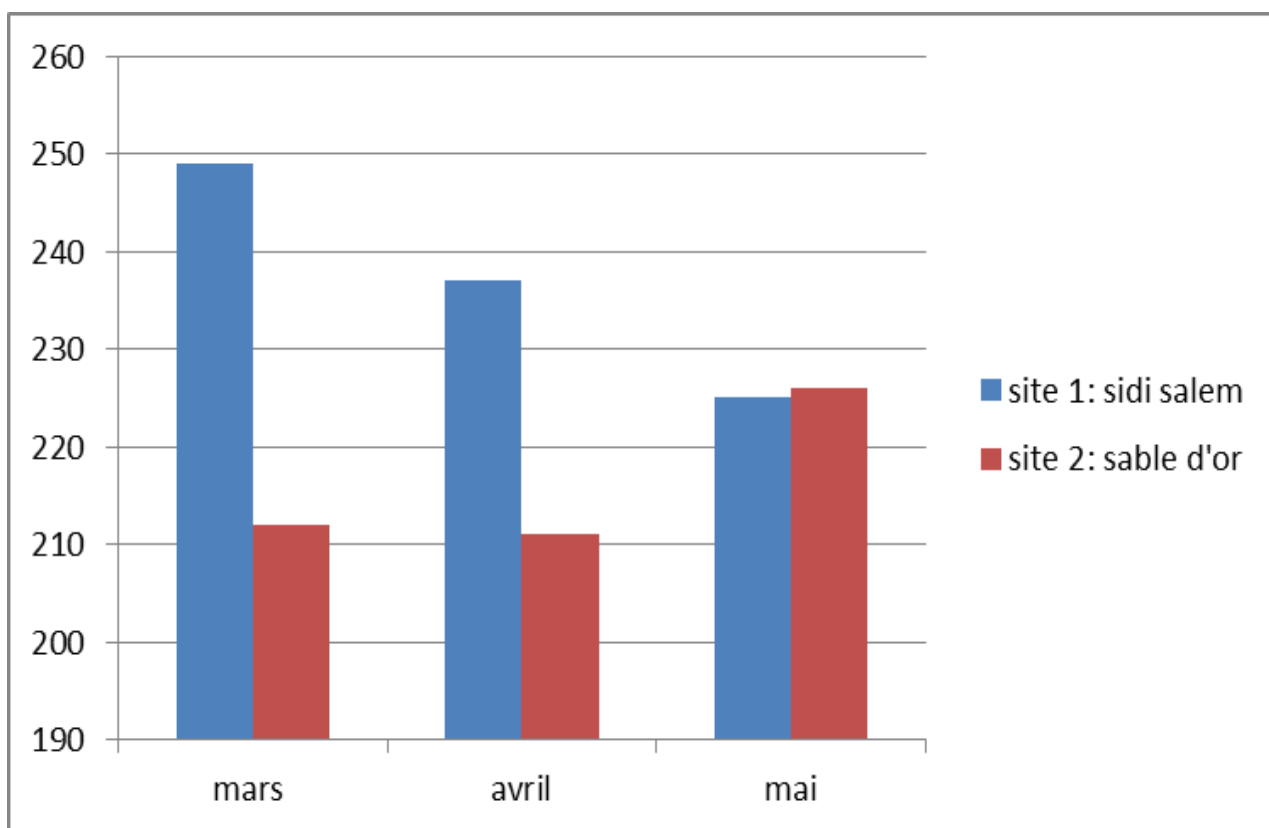


Figure N° 11 : Les variation de la turbidité de l'eau de mer au niveau des deux sites.

5. les variations de potentiel hydrique (PH) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation de potentiel hydrique(PH) au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 07 et de la figure N° 12

Au cours de la période d'étude, le pH est demeuré relativement constant dans les deux sites, avec des valeurs comprises entre 7,64 et 7,99, sans différence significative observée entre les sites.

Tableau N° 07 : Variation de potentiel hydrique la de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	7.78	7.94
Avril	7.90	7.99
Mai	7.64	7.86

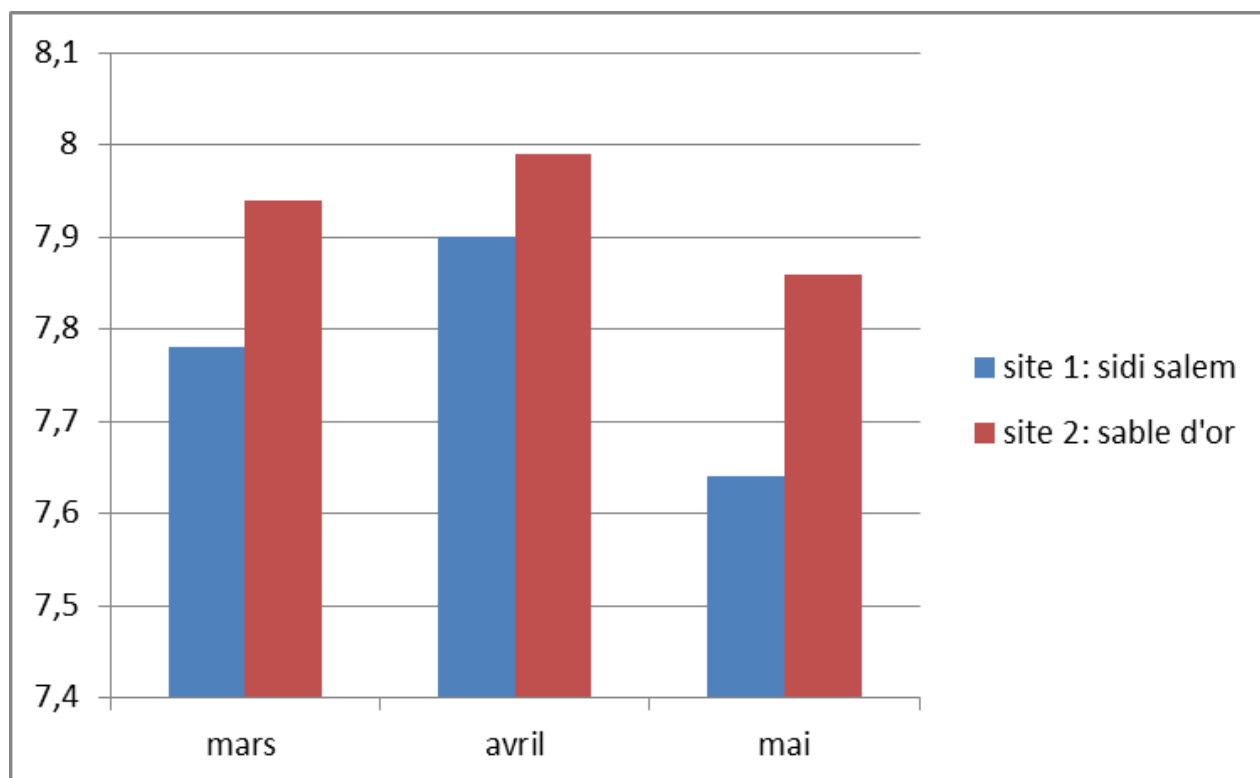


Figure N° 12 : Les variation de potentiel hydrique de l'eau de mer au niveau des deux sites.

6. les variations du taux de solides dissous (TDS) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation du taux de solides dissous (TDS) au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 08 et de la figure N° 13

L'analyse des TDS montre des valeurs similaires dans les deux sites pendant les mois de mars et de mai. Toutefois, une baisse des concentrations en TDS a été enregistrée à Sidi Salem en avril.

Tableau N° 08 : Variation du taux de solides dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	51.8	52.8
Avril	30.2	51.6
Mai	51.2	50.6

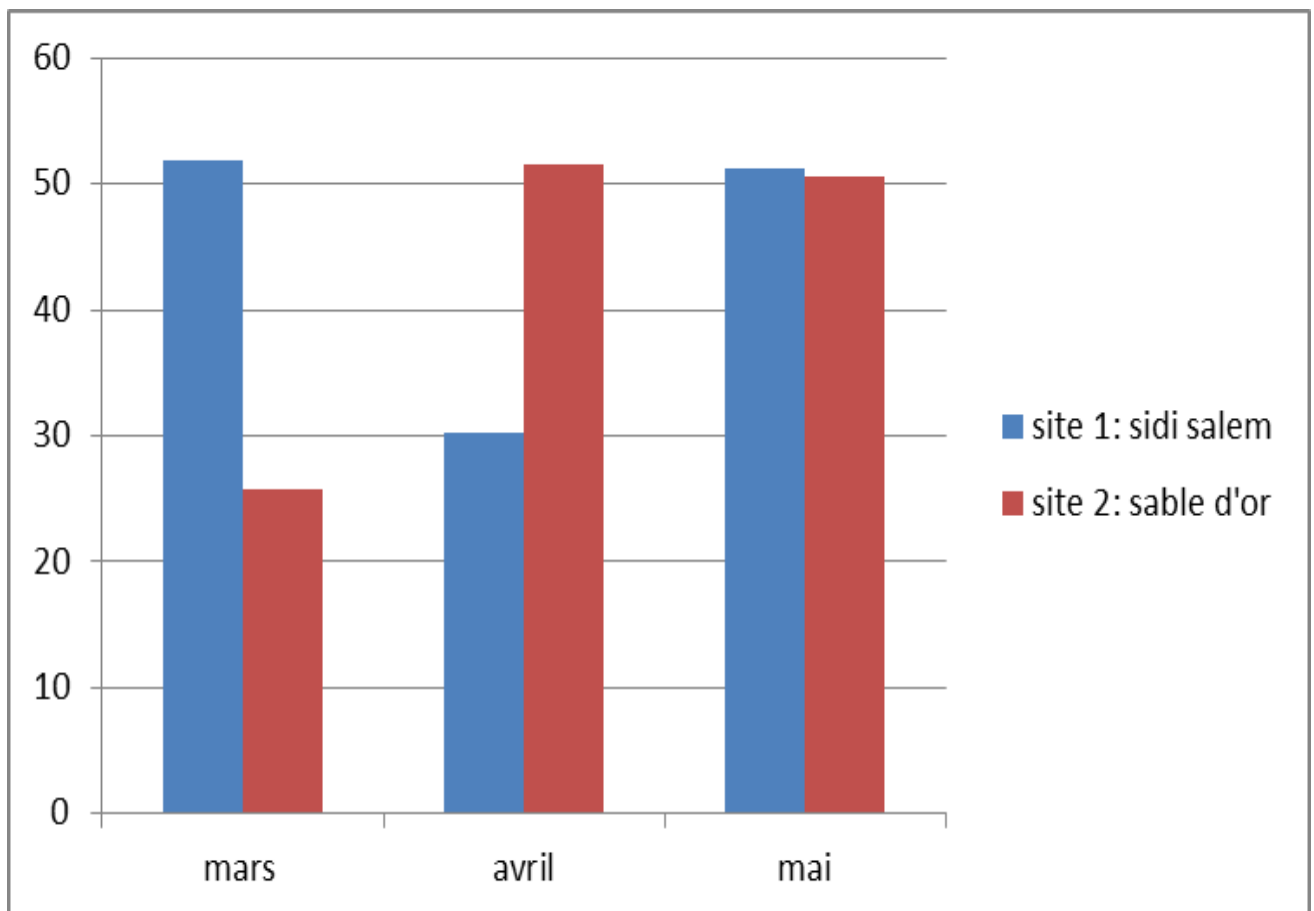


Figure N° 13: Les variation du taux de solides dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites.

7. **les variations d'oxygène dissous (DO) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :**

Les résultats de la variation d'oxygène dissous (DO) au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 09 et de la figure N° 14

Les résultats montrent que les concentrations en oxygène dissous ont varié entre 0,47 et 0,68 mg/L dans les deux sites au cours des mois de mars et d'avril. En revanche, une diminution significative de la teneur en oxygène dissous a été observée dans les deux sites durant le mois de mai.

Tableau N° 09 : Variation d'oxygène dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	0.54	0.68
Avril	0.47	0.48
Mai	1.94	1.66

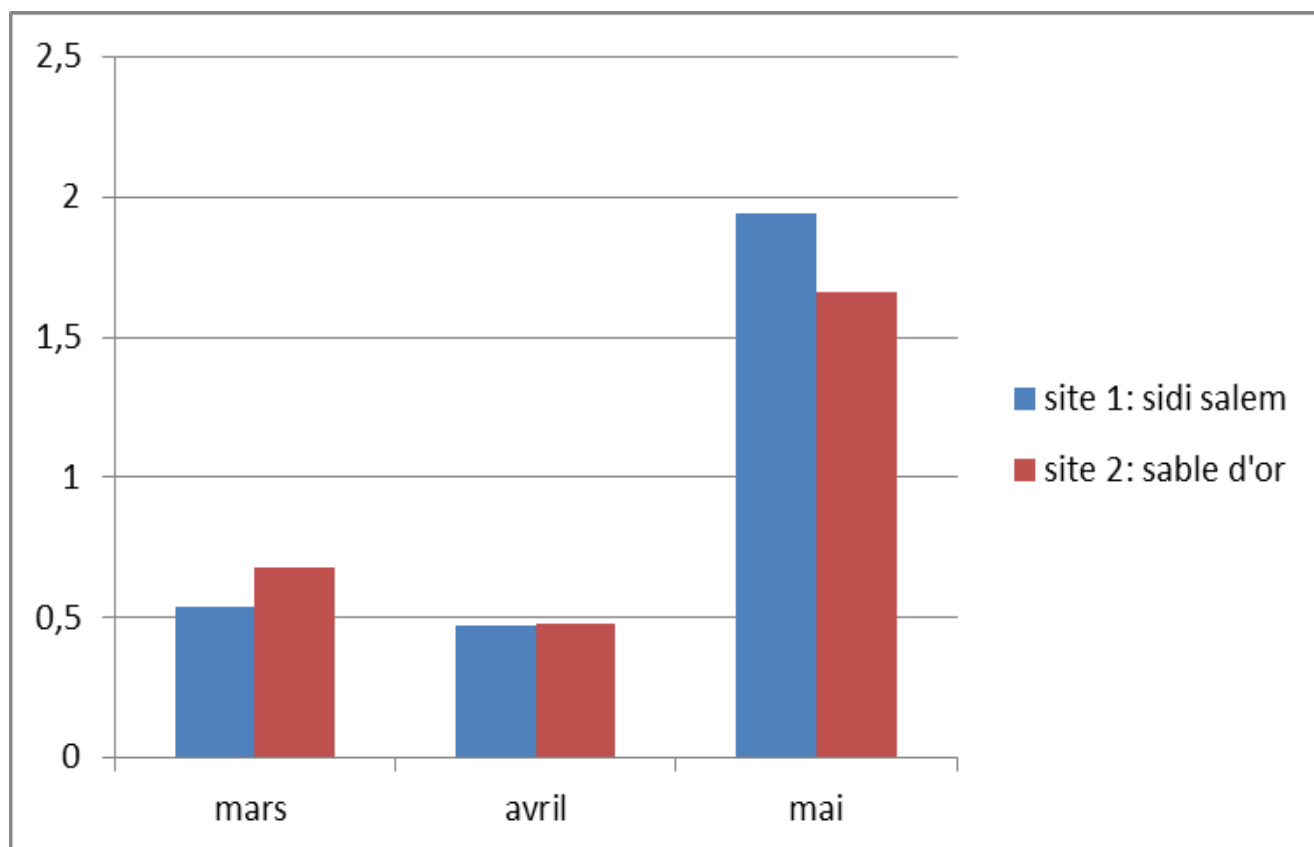


Figure N° 14 : Les variation d'oxygène dissous de l'eau de mer au niveau des deux sites.

II. Paramètre physico-chimique mesuré au niveau de laboratoire de l'université :

1. les variations de la Demande biochimique en oxygène(DBO5) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation de la Demande biochimique en oxygène au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 10 et de la figure N° 15

L'analyse des résultats de la DBO5 révèle que les concentrations minimales ont été observées en mars au niveau des deux sites. Ces valeurs ont augmenté de manière significative en avril, avant de décroître à nouveau au cours du mois de mai.

Tableau N° 10 : Variation de Demande biochimique en oxygène de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	0.64	0.53
Avril	2.72	2.41
Mai	0.91	1.38

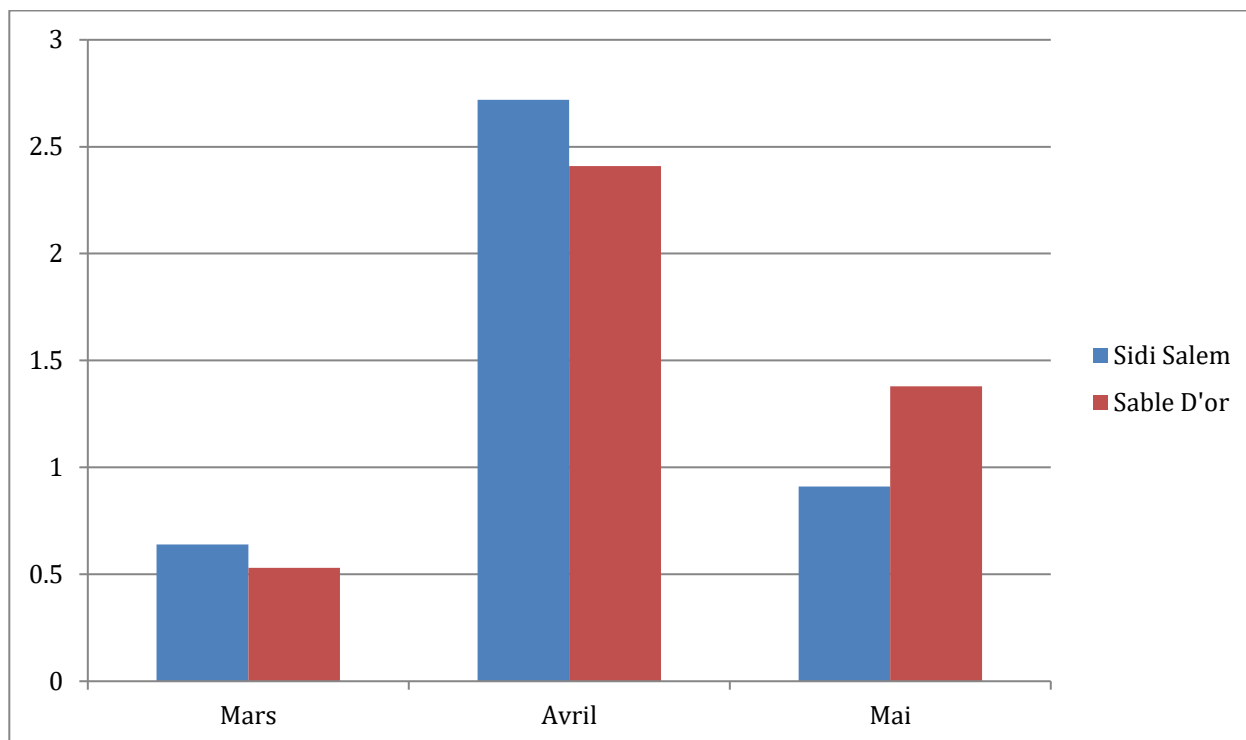


Figure N° 15 : Les variation de la Demande biochimique en oxygène de l'eau de mer au niveau des deux sites

III. Paramètre physico-chimiques mesuré au niveau d'Algérienne des eaux (Ade) :

1. les variations de la nitrates (NO₃⁻) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sabled'or :

Les résultats de la variation de nitrates au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 11 et de la figure N° 16

Les résultats de l'étude montrent des variations des concentrations en nitrates (NO₃⁻) entre les sites de Sidi Salem et de Sable d'Or au cours de la période d'étude. Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées dans les deux sites, Sable d'Or et Sidi Salem, durant le mois d'avril. Par ailleurs, une augmentation nette des concentrations en nitrates a été observée dans les deux sites au mois de mai

Tableau N°11 : Variation de nitrates de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	/	/
Avril	0.52	0.75
Mai	1.25	1.19

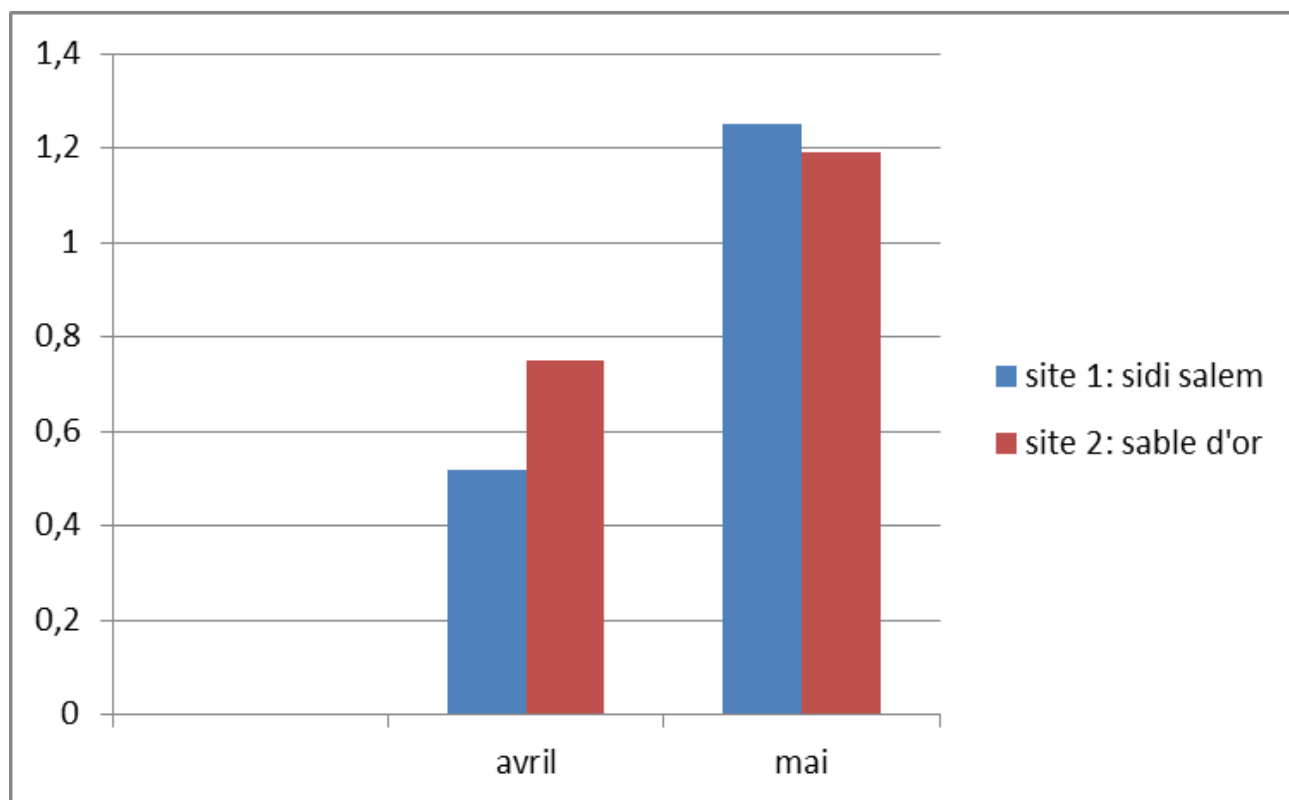


Figure N° 16 : Les variation de nitrates de l'eau de mer au niveau des deux sites.

2. les variations de l'ammonium NH_4^+ de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation de l'ammonium NH_4^+ au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 12 et de la figure N° 17

Les résultats des concentrations en ions ammonium (NH_4^+) ont montré que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau de Sable d'Or durant les mois d'avril et de mai, tandis que les valeurs les plus faibles ont été observées à Sidi Salem, notamment au mois de mai.

Tableau N° 12 : Variation de l'ammonium NH_4^+ de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	/	/
Avril	34.1	57.1
Mai	29.8	82.4

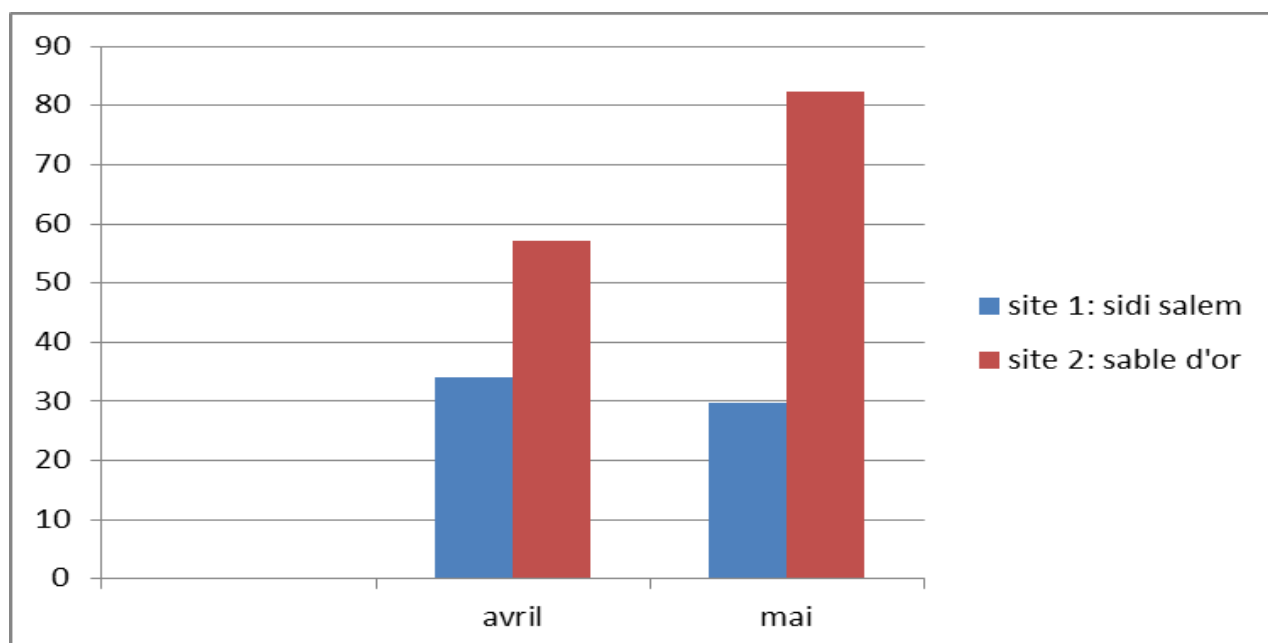


Figure N° 17 : Les variation de l'ammonium NH_4^+ de l'eau de mer au niveau des deux sites.

3. les variations de le Titre alcali métrique complet (TAC) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation de le titre alcali métrique complet au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 13 et de la figure N° 18

On observe que les valeurs de l'alcalinité totale (TAC) enregistrées au niveau du site de Sidi Salem au mois de mai étaient proches de celles mesurées au site de Sable d'Or durant les mois d'avril et de mai. toutefois, la valeur la plus faible du TAC a été relevée au niveau du site de Sidi Salem au mois d'avril.

Tableau N° 13 : Variation de TAC de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	/	/
Avril	80	200
Mai	200	210

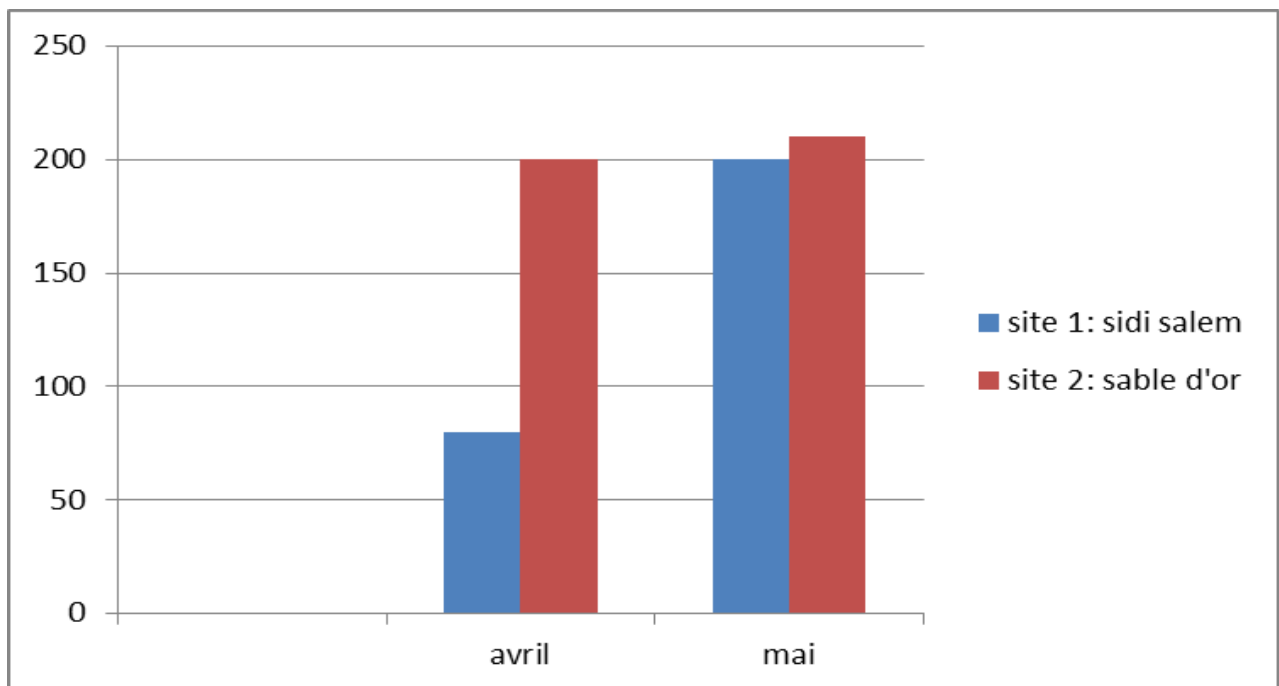


Figure N° 18 : Les variation de TAC de l'eau de mer au niveau des deux sites.

4. les variations de le Titre hydrométrique (TH) de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation de le Titre hydrométrique au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 14 et de la figure N° 19

On Note que les valeurs de la dureté totale (TH) enregistrées au niveau du site de Sidi Salem au mois de mai étaient proches de celles mesurées au site de Sable d'Or durant les mois d'avril et de mai. Au contraire, la valeur la plus faible de la dureté totale a été enregistrée au niveau du site de Sidi Salem au mois d'avril.

Tableau N° 14 :Variation de le Titre hydrométrique de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	/	/
Avril	3000	7000
Mai	6000	6000

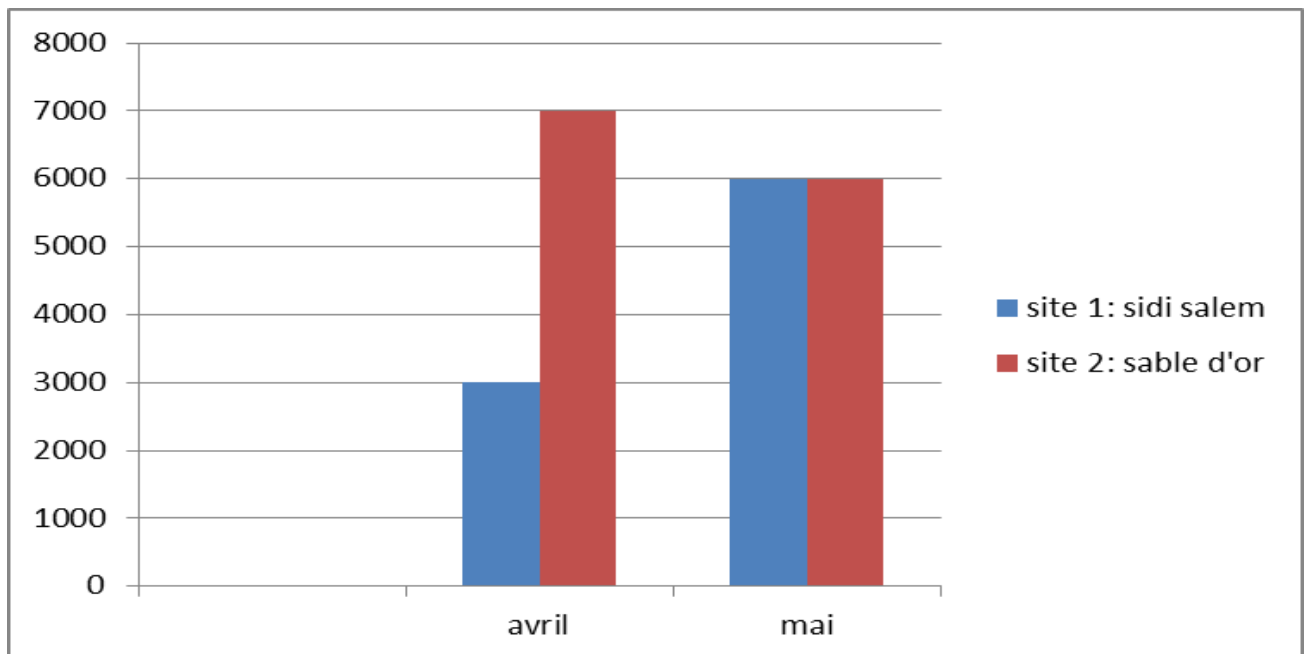


Figure N° 19 : Les variation de le Titre hydrométrique de l'eau de mer au niveau des deux sites.

5. les variations du Calcium Ca²⁺ de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation du calcium au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 15 et de la figure N° 20

Les résultats montrent que les concentrations en ions calcium (Ca²⁺) enregistrées au niveau du site de Sidi Salem au mois de mai étaient proches de celles mesurées au site de Sable d'Or durant les mois d'avril et de mai. À l'inverse , la valeur la plus faible du calcium a été enregistrée au niveau du site de Sidi Salem au mois d'avril.

Tableau N° 15 : Variation du calcium de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	/	/
Avril	200	400
Mai	400	400

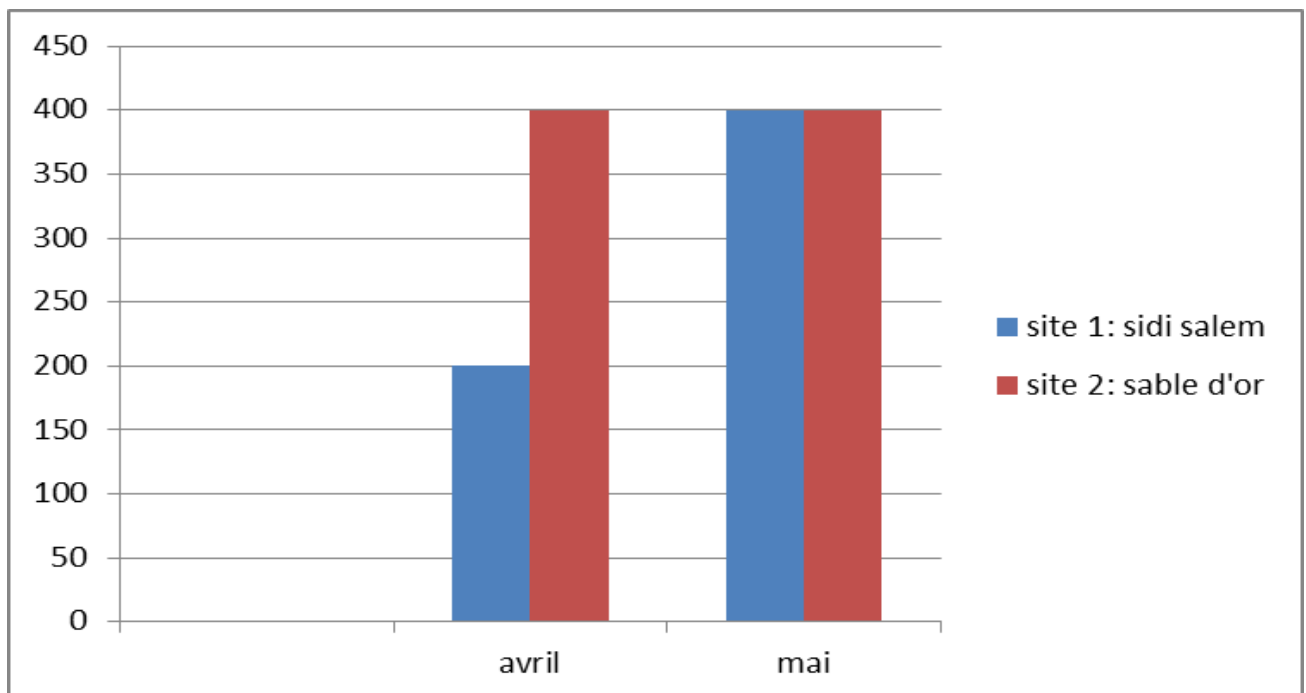


Figure N° 20 : Les variation du calcium de l'eau de mer au niveau des deux sites.

6. les variations du Magnésium Mg^{2+} de l'eau de mer au niveau des deux sites Sidi Salem et Sable d'or :

Les résultats de la variation du magnésium au niveau des sites Sidi Salem et Sable d'or sont représentés au niveau du tableau N° 16 et de la figure N° 21

Les résultats montrent que les valeurs de Mg^{2+} enregistrées au niveau du site de Sidi Salem au mois de mai étaient proches de celles mesurées au site de Sable d'Or durant les mois d'avril et de mai. En revanche, la valeur la plus faible de Mg^{2+} a été enregistrée au niveau du site de Sidi Salem au mois d'avril.

Tableau N° 16 : Variation du magnésium de l'eau de mer au niveau des deux sites :

Mois \ Sites	Site1 : Sidi Salem	Site2 : Sable d'or
Mars	/	/
Avril	600	1440
Mai	1200	1200

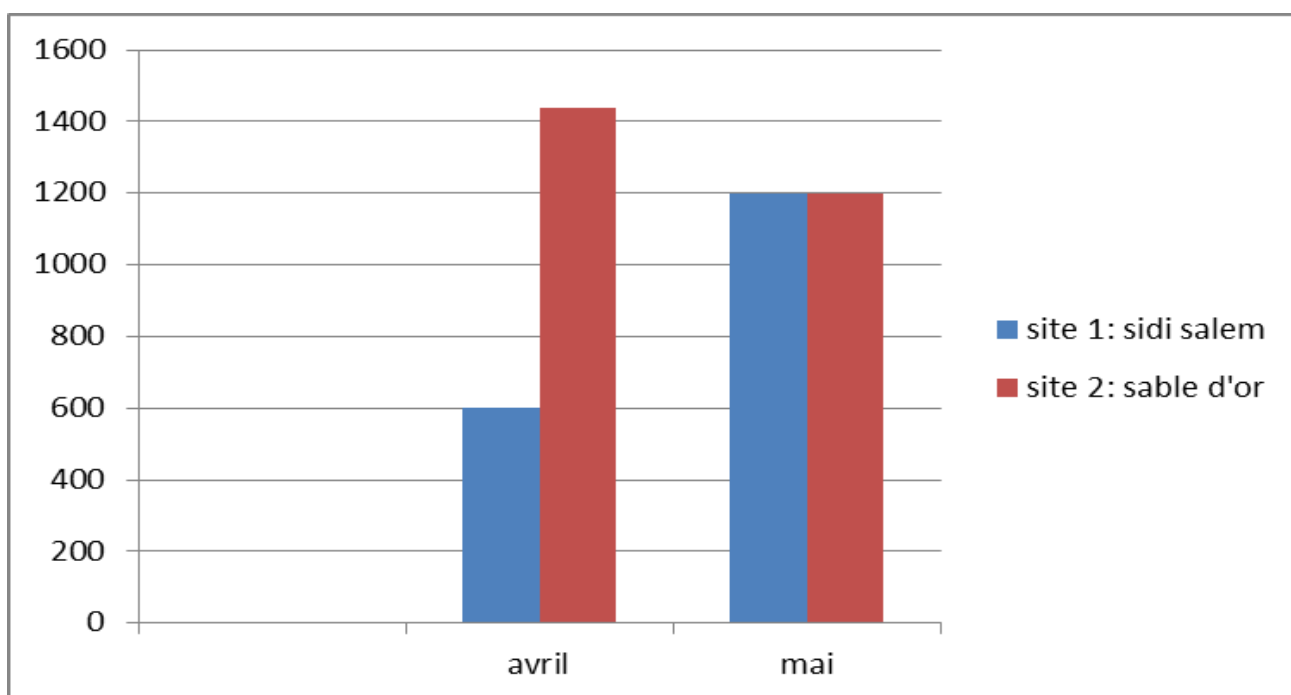


Figure21 : Les variation du magnésium de l'eau de mer au niveau des deux sites.

DISCUSSION

I. Paramètres physico-chimiques mesurés in situ :

Température :

Une comparaison entre Sidi Salem et Sable d'or a révélé des températures similaires, comprises entre 17,50 et 22,45 °C à Sable d'or et entre 17,57 et 22,74 °C à sable d'or. Bien que Sidi Salem soit un site pollué, tandis que Sable d'or est considéré comme site témoin, les différences de température entre les deux sites sont restées limitées, indiquant que la pollution n'a pas eu d'impact significatif sur la température durant la période d'étude.

En comparant les résultats de Sidi Salem avec ceux de l'étude de la Crique de Salamandre à Mostaganem menée sur trois mois (mars, avril et mai), les températures à Sidi Salem (17,50–22,45 °C) étaient inférieures à celles enregistrées au point de rejet (17,9–27,4 °C) et à 100 mètres de distance (16,2–26,2 °C). Ceci est attribué à l'effet direct des eaux usées, qui augmentent la température de l'eau à proximité du point de rejet, tandis qu'elle diminue progressivement avec la distance en raison de la dilution et du mélange avec l'eau de mer. Ces résultats indiquent que l'impact thermique des rejets était plus prononcé à Crique de Salamandre qu'à Sidi Salem, malgré le fait que cette dernière soit une zone touchée par la pollution (Tounssi & Zagane, 2022).

Conductivité :

La comparaison entre Sidi Salem et Sable D'or a montré des valeurs élevées de conductivité électrique dans les deux sites, variant entre 49,5 et 86,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Sidi Salem et entre 84,4 et 88,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Sable D'or. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution, alors que Sable D'or est considéré comme un site témoin, ce dernier a enregistré des valeurs plus élevées. Cela indique que la conductivité électrique dépend principalement de la concentration des sels dissous et des facteurs naturels, plutôt que de la pollution seule.

En comparant les résultats de Sidi Salem à ceux de l'étude réalisée au niveau de Crique de Salamandre à Mostaganem, les valeurs de conductivité enregistrées à Sidi Salem étaient nettement supérieures à celles mesurées au point de rejet (13,84–17,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et plus proches de celles observées à 100 m du point de rejet (49,99–56,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cette différence s'explique par la diminution de la concentration en sels dissous au niveau du point de rejet sous l'effet du traitement des eaux usées, suivie d'une augmentation progressive due au mélange avec l'eau de mer, entraînant ainsi une hausse de la conductivité électrique (Tounssi & Zagane, 2022).

Salinité :

La comparaison entre Sidi Salem et Sable D'or a montré des valeurs de salinité élevées dans les deux sites, variant entre 32,3 et 60,6 à Sidi Salem et entre 59,3 et 61,9 à Sable D'or. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution alors que Sable D'or est considéré comme un site témoin, ce dernier a présenté des valeurs plus stables. Cette stabilité reflète l'influence des facteurs naturels et le maintien des conditions marines normales, tandis que les variations observées à Sidi Salem pourraient être liées à des phénomènes de dilution ou à l'influence d'apports externes.

En comparant les résultats de Sidi Salem à ceux de l'étude réalisée au niveau de Crique de Salamandre à Mostaganem, les valeurs de salinité enregistrées à Sidi Salem étaient nettement supérieures à celles mesurées au point de rejet (0,7–0,9) et plus proches de celles observées à 100 m du point de rejet (32,3–35,2). Cette différence s'explique par la faible concentration en sels des eaux rejetées, entraînant une diminution importante de la salinité au niveau du point de rejet. Cependant, avec l'éloignement de la source de rejet, le mélange progressif avec l'eau de mer favorise une augmentation de la salinité et un retour graduel vers les caractéristiques naturelles du milieu marin (Tounssi & Zagane, 2022).

Turbidité :

Les résultats de la turbidité montrent une relative similitude entre les deux zones étudiées. Les valeurs enregistrées à Sidi Salem varient entre 225 et 249 NTU, tandis qu'à Sable D'or (site témoin non pollué) elles sont comprises entre 211 et 226 NTU. Malgré cette proximité, les valeurs observées à Sidi Salem restent globalement plus élevées.

Cette différence peut s'expliquer par le fait que Sidi Salem est une zone soumise à la pollution, où les rejets et l'augmentation des matières en suspension favorisent une hausse de la turbidité. À l'inverse, bien que Sable D'or soit un site témoin, les valeurs relativement élevées peuvent être liées à des facteurs naturels tels que l'action des vagues, des courants marins ou la nature des sédiments côtiers. Néanmoins, les valeurs plus importantes enregistrées à Sidi Salem traduisent l'influence supplémentaire de la pollution sur l'augmentation de la turbidité.

Potentiel Hydrique PH :

La comparaison entre Sidi Salem et Sable D'or a montré des valeurs de pH alcalines dans les deux sites, variant entre 7,78 et 7,90 à Sidi Salem et entre 7,94 et 7,99 à Sable D'or. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution alors que Sable D'or est considéré comme un site témoin, ce dernier a présenté des valeurs légèrement plus élevées et plus stables, traduisant des conditions environnementales plus équilibrées.

En comparant les résultats de Sidi Salem à ceux de l'étude réalisée au niveau de Crique de Salamandre à Mostaganem, les valeurs de pH enregistrées à Sidi Salem étaient supérieures à celles mesurées au point de rejet (7,11–7,50) et plus proches de celles observées à 100 m du point de rejet (8,03–8,23). Cette différence s'explique par l'influence directe des rejets sur le pH au niveau du point de rejet, tandis que l'éloignement de la source favorise un retour progressif aux conditions naturelles et à l'équilibre chimique du milieu marin (Tounssi & Zagane, 2022).

Taux de solide dissous (TDS)

Les résultats des matières solides dissoutes (TDS) montrent une certaine similitude entre les deux zones étudiées, avec des valeurs comprises entre 30,2 et 51,8 à Sidi Salem, tandis que Sable D'or (site témoin non pollué) présente des valeurs comprises entre 50,6 et 52,8, légèrement plus élevées et plus stables que celles de Sidi Salem. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution et Sable D'or un site témoin, la diminution et la fluctuation des valeurs à Sidi Salem peuvent s'expliquer par des phénomènes de dilution et de mélange avec l'eau de mer, ou par la variation de la nature des apports polluants durant la période d'étude. En revanche, les valeurs plus élevées et stables observées à Sable D'or reflètent la stabilité des caractéristiques physico-chimiques de l'eau et l'absence d'influence directe de la pollution.

Oxygène Dissous DO :

La comparaison entre Sidi Salem et Sable D'or en termes de concentration en oxygène dissous (O_2) montre des valeurs relativement proches, variant entre 0,54–1,94 à Sidi Salem et 0,48–1,66 à Sable D'or. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution, tandis que Sable D'or constitue un site témoin, ces valeurs proches indiquent que la différence de concentration en oxygène n'était pas significative durant la période d'étude, avec des valeurs légèrement plus élevées à Sidi Salem, ce qui pourrait être lié à des conditions locales temporaires telles que l'aération ou l'activité biologique.

En comparant les résultats de Sidi Salem à ceux de l'étude réalisée au niveau de Crique de Salamandre à Mostaganem, les valeurs de Sidi Salem sont nettement inférieures à celles enregistrées au point de rejet (6,40–7,23), ainsi qu'à celles mesurées à 100 mètres du point de rejet (5,36–6,25), où une amélioration progressive de la concentration en oxygène est observée avec l'éloignement de la source de pollution. Cette variation s'explique par une forte consommation d'oxygène au niveau du point de rejet due à la dégradation de la matière organique et à l'activité microbienne, suivie d'une amélioration progressive de la qualité de l'eau à mesure que l'on s'éloigne de la source (Tounssi & Zagane, 2022).

I. Paramètre mesuré au niveau de laboratoire d'université :

Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Les résultats de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) montrent une certaine similitude entre les deux zones étudiées. Les valeurs enregistrées à Sidi Salem varient entre 0,64 et 2,72 mg/L, tandis qu'à Sable D'or elles sont comprises entre 0,53 et 2,41 mg/L. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution alors que Sable D'or constitue un site témoin non pollué, les valeurs observées à Sidi Salem restent légèrement plus élevées, traduisant une présence relativement plus importante de matière organique biodégradable.

Cette légère augmentation peut être attribuée à l'influence des rejets et des activités anthropiques qui contribuent à accroître la charge organique dans l'eau. En revanche, les faibles valeurs enregistrées à Sable D'or reflètent une meilleure stabilité environnementale et l'absence de sources directes de pollution. Comparées à la norme algérienne fixée à 30 mg/L, toutes les valeurs mesurées demeurent très faibles et largement inférieures à la limite admissible, indiquant un faible niveau de pollution organique et une bonne qualité des eaux du point de vue de la matière organique biodégradable (Tounssi & Zagane, 2022).

II. Paramètre physico-chimiques mesuré au niveau d'Algérienne des eaux (Ade) :

Nitrate NO₃⁻ :

L'analyse comparative des concentrations en nitrates (NO₃⁻) entre Sidi Salem et Sable D'or montre des valeurs très faibles dans les deux sites, ne dépassant pas 1,25 mg/L à Sidi Salem et 1,19 mg/L à Sable D'or. Ces résultats indiquent une forte similitude entre les deux zones, avec des valeurs légèrement plus élevées à Sidi Salem, sans différence significative. En comparaison avec les normes de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), qui fixent la concentration maximale admissible dans l'eau potable à environ 50 mg/L, les valeurs enregistrées à Sidi Salem restent largement inférieures à cette limite. Cela indique l'absence de contamination notable par les nitrates et confirme la bonne qualité de l'eau durant la période d'étude (Ghettas & Ben Djedia, 2020).

Ammonium NH₄⁺ :

Les résultats des mesures de la concentration en ammonium (NH₄⁺) montrent une différence nette entre les deux zones étudiées, avec des valeurs comprises entre 29,8 et 34,1 mg/L à Sidi Salem et entre 57,1 et 82,4 mg/L à Sable D'or. Bien que Sidi Salem soit une zone plus exposée aux sources de pollution que Sable D'or, les concentrations d'ammonium y sont plus faibles. Cela peut s'expliquer par la transformation rapide de l'ammonium en d'autres formes d'azote, ainsi que par son utilisation par les algues et le phytoplancton comme source nutritive.

À Sable D'or, bien que ce site soit considéré comme témoin, l'augmentation des concentrations d'ammonium peut être attribuée à des facteurs naturels tels que la décomposition de la matière

organique et des restes d'organismes marins, ou à une faible assimilation durant la période d'étude, ce qui explique les valeurs plus élevées.

Comparées aux normes en vigueur, les valeurs enregistrées dans les deux sites restent très élevées, dépassant largement la norme algérienne (0,5 mg/L) ainsi que les recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé (0,2–0,3 mg/L), ce qui indique une pollution organique et azotée importante, indépendamment de la nature des sites (**Ghettas & Ben Djedia, 2020**).

Titre alcali métrique complet (TAC) :

Les résultats du titre alcalimétrique complet (TAC) montrent une différence entre les deux zones étudiées. Les valeurs enregistrées à Sidi Salem varient entre 80 et 200 °F, tandis qu'à Sable D'or elles sont comprises entre 200 et 210 °F. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution alors que Sable D'or constitue un site témoin non pollué, ce dernier présente des valeurs plus élevées et plus stables, reflétant l'influence naturelle de l'eau de mer riche en ions bicarbonate et carbonate. Les fluctuations observées à Sidi Salem peuvent être attribuées à l'influence des différents rejets et des facteurs environnementaux locaux susceptibles de modifier la concentration des composés alcalins dans l'eau. En revanche, les valeurs élevées et stables enregistrées à Sable D'or traduisent une plus grande stabilité des caractéristiques chimiques de l'eau. D'une manière générale, ces résultats indiquent que les eaux des deux sites possèdent une bonne capacité tampon leur permettant de résister aux variations du pH et de maintenir l'équilibre chimique du milieu marin.

Les résultats du titre hydrométrique (TH) :

Les données montrent des valeurs élevées dans les deux zones étudiées. À Sidi Salem, les valeurs varient entre 3000 et 6000 mg/L, tandis qu'à Sable D'or (site témoin non pollué) elles sont comprises entre 6000 et 7000 mg/L. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution, Sable D'or a enregistré des valeurs plus élevées et plus stables. Ces résultats s'expliquent principalement par la nature saline de l'eau de mer et par sa forte teneur en sels minéraux dissous, notamment les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), responsables de la dureté de l'eau. Les valeurs plus élevées observées à Sable D'or peuvent refléter les caractéristiques naturelles du milieu marin et la stabilité de ses propriétés physico-chimiques, tandis que les fluctuations enregistrées à Sidi Salem peuvent être liées à l'influence des rejets et des facteurs environnementaux locaux. Comparées à la valeur de référence de 500 mg/L fixée par l'Organisation mondiale de la Santé pour l'eau potable, les valeurs mesurées dans les deux sites sont largement supérieures, ce qui reste normal pour l'eau de mer en raison de sa forte salinité et de sa richesse en sels minéraux (**Ramadan & Al-Sheen, 2024**).

Calcium Ca^{2+} :

Les résultats du calcium (Ca^{2+}) montrent une différence entre les deux zones étudiées. Les concentrations enregistrées à Sidi Salem varient entre 200 et 400 mg/L, tandis que Sable D'or (site témoin non pollué) a présenté une valeur stable de 400 mg/L durant toute la période d'étude. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution, Sable D'or a enregistré des valeurs plus élevées et plus stables, reflétant l'influence naturelle du milieu marin riche en sels minéraux. Ces résultats peuvent être expliqués par la nature géologique de la région et par la forte teneur de l'eau de mer en sels minéraux, notamment en calcium provenant de la dissolution des roches calcaires et des sédiments marins. La stabilité observée à Sable D'or traduit des conditions physico-chimiques plus constantes, tandis que les variations enregistrées à Sidi Salem peuvent être liées à l'influence des facteurs environnementaux locaux et des différentes sources de pollution. Comparées à la valeur recommandée par l'Organisation mondiale de la Santé, fixée à 200 mg/L, les concentrations mesurées dans les deux sites sont égales ou supérieures à cette valeur, ce qui reste normal pour l'eau de mer en raison de sa richesse naturelle en sels minéraux **(Ramadan & Al-Sheen, 2024)**.

Magnésium Mg^{2+} :

Les résultats du magnésium (Mg^{2+}) montrent des concentrations élevées dans les deux zones étudiées. Les valeurs enregistrées à Sidi Salem varient entre 600 et 1200 mg/L, tandis qu'à Sable D'or (site témoin non pollué) elles sont comprises entre 1200 et 1440 mg/L. Bien que Sidi Salem soit une zone affectée par la pollution, Sable D'or présente des concentrations plus élevées et plus stables, ce qui indique que la teneur en magnésium est davantage liée aux caractéristiques naturelles de l'eau de mer qu'à la pollution.

Ces résultats peuvent être expliqués par la nature géologique de la région et par la richesse de l'eau de mer en sels minéraux dissous, notamment en ions magnésium. Les valeurs élevées observées à Sable D'or reflètent probablement la stabilité des conditions naturelles du milieu marin, tandis que les variations enregistrées à Sidi Salem peuvent être liées à l'influence des rejets et des facteurs environnementaux locaux. Comparées à la valeur recommandée par l'Organisation mondiale de la Santé, fixée à 150 mg/L, les concentrations mesurées dans les deux sites sont largement supérieures à cette valeur, ce qui reste normal pour l'eau de mer en raison de sa forte richesse naturelle en sels minéraux **(Ramadan & Al-Sheen, 2024)**.

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer certaines caractéristiques physico-chimiques des eaux marines au niveau des sites de Sidi Salem et de Sable d'Or, à travers le suivi de plusieurs paramètres considérés parmi les principaux indicateurs de la qualité des eaux côtières. Ces analyses ont contribué à établir un état des lieux de l'environnement marin et à apprécier son degré d'influence par les facteurs naturels et les activités anthropiques.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des variations entre les deux sites d'étude ainsi qu'en comparaison avec d'autres travaux réalisés dans des contextes similaires, reflétant ainsi les différences des conditions environnementales locales et l'impact des diverses sources de pollution. L'étude a également montré que la qualité des eaux marines est influencée par plusieurs facteurs interdépendants, notamment les caractéristiques naturelles du milieu marin, les changements climatiques et les activités humaines.

L'importance de cette étude réside dans sa contribution à l'enrichissement des données relatives à la qualité des eaux côtières et dans la mise en évidence de la nécessité d'un suivi régulier des différents paramètres physico-chimiques afin de détecter toute dégradation éventuelle du milieu marin. De plus, la protection de l'environnement côtier nécessite la mise en œuvre de stratégies efficaces visant à réduire les sources de pollution et à renforcer la sensibilisation du public à l'importance de la préservation des ressources en eau.

Enfin, les études d'évaluation de la qualité des eaux demeurent un outil scientifique essentiel pour comprendre les changements qui affectent l'environnement marin et pour fournir une base de données permettant d'orienter les décisions appropriées en vue de la protection des écosystèmes côtiers et de l'exploitation durable des ressources marines.

En perspective :

1. Suivi périodique des eaux tout au long de l'année.
2. Prétraiter les effluents industriels avant rejet.
3. Créer un site de référence permanent pour comparaison.
4. Analyser les métaux lourds et polluants organiques.
5. Ajouter des analyses microbiologiques (bactéries).
6. Sensibiliser et former les travailleurs et industriels.
7. Appliquer strictement les lois environnementales.
8. Étudier la toxicité sur des organismes marins.
9. Améliorer les stations d'épuration (éliminer l'azote et le phosphore).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A

1. **Asano T.**, 1998 Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library: 1475 p.

B

2. **BALEH K.**, 2011 : Conception de la station d'épuration de la ville d'azazga wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, école nationale supérieure de l'hydraulique.
3. **Brasilia .**, 2013 : Manuel pratique d'analyse de l'eau. 4ème édition. 54-63 p.
4. **Bouziani M.** Septembre 2000 L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun.

E

5. **ELAHMADI MOHAMED SEDDIK OUSSAMA**, Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad, mémoire Magister en Microbiologie Appliquée et Biotechnologies Microbiennes. Université **Mentouri**-Constantine, p12, 2011.
6. **Emilian K.**, 2009. Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2ème édition, DUNOD, Paris

G

7. **GRAVEZ ; Bernard .**, 2006 : pollution des marine : les définitions www.com.univ.mb.fr
8. **GROSCLAUDE**, Gérard, dir. (1999) L'eau, tome 1, Milieu naturel et maîtrise, et tome 2, Usages et polluants. Versailles, Institut National de la recherche Agronomique (Coll. « Un point sur ... »), 204 p. et 210 p.
9. **Génie de l'environnement** : Traitement et Valorisation des eaux et des boues des STEP

H

10. **HILL.SM ; G.R.Helz** 1973 : M. pères pollution des eaux marines.

K

11. **Kostyantynvoloshyn**, essai présente au centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maitre en environnement, université de sherbrooke, p03, 2014
12. **KESBI, R ., 2016)** : « Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'Ouest Algérien cas de la nouvelle STEP d'Ain T'émouchent ». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en hydraulique, université Abou BakrBelkaid-Tlemcen

M

13. **Mizi A ,2006**. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba
14. **Monod J ,2006**. Memento technique de l'eau. 2ème édition, Lavoisier SAS. Dégerment, France.
15. **MENIAI IMEN**, Évaluation de la toxicité des effluents industriels en utilisant Daphniamagna, Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master, Filière : Sciences Biologiques, Spécialité : Pollution des écosystèmes et éco toxicologie, Université des HrfresMentouri Constantine, p05,2016
16. **Mihoubi, N. (2008)**, Fonctionnement et gestion hydrologique de ressources en eau du bassin de hammam grouz. Thèse de magister, université mentouri, Constantine. 52-57 P.

O

17. **OMS, 1987**. Directive Pour La Qualité De L'ean De Boisson. Volume 1 (Recommandations). Organisation Mondiale De La Santé. 2ième édition 211 p.
- OMS,1997**. Organisation mondiale de la santé. Exigences de qualité Les eaux destinées à la consommation humaine.

R

18. **Ramade., 2011**. Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'homme Edition. Lavoisire. Paris:

19. **Rejsek, F., (2002).** Analyse des caux. Aspects réglementations et technique. Série sciences et Techniques de l'environnement ISBN2-86617-42-8 Bordeaux. Serveur web cardp.ardp.ac.bordeaux.fr. 54 p.
- Rodier, 2009.** L'analyse de l'eau, 9ème Ed. Dunod., Paris, France. 78-79-118 p.

T

20. **Tavw .,2004** : analyse van oppervlakewatermonsters génome bijhetbinnenkomen, et hetverlatenvanhetbrusselshoofdstedelijkGewes
21. **Tabar Ch.,2005** : surveillance de la qualité bactériologique des eaux de baignade .cas des plages d'Ain-franin et Kristel.2005. Mémoire de magister en science de l'environnement et climatologie. De physique .université d'Oran.

V

22. **VINCENTM. ,2006** : étude d'expertise en aquacultureenvironnement-pêche-pollution : saintMascimin-France
23. **VILANESR. ;2003** : eau, environnement et santé publique.

Z

24. **ZEGHOUD.M.,2014:** étude de système d'épuration des eaux usée urbaines par largunagea naturel de village méghibra mémoire de master université bd' el-oued.
25. **Zeghoud. M., 2013** Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, mémoire fin d'étude. Université d'el-oued