

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement Du littoral

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME MASTER D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCE DE LA MER**

**Option : INGENIERIE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN ET COTIER**

Thème :

**Impact des apports de l'oued Beni Messous et  
de la STEP d'Ain Benian sur la plage d'El  
Bahdja**

Présenté par :

AIT TALEB Halla

BENGHANEM Ikram

Soutenu le 02/07/2025 devant le jury composé de :

Mr ZERROUKI M

Professeur-ENSSMAL

Président

Mr KADA M

Professeur -ENSSMAL

Examineur

M BOUGHRIRA A

Professeur-ENSSMAL

Promoteur

Mme ZOUKH M

SEAAL

Co-promotrice

**Promotion : 2024-2025**

# Remerciement

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah qui nous a accordé ce succès.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur **Mr BOUGHRIRA A**, pour ses conseils d'expert et son engagement tout au long du projet. Sa patience, son expertise et sa disponibilité ont grandement facilité la réalisation du travail, et notre Co- promotrice **Mme ZOUKH M** pour son aide, le temps qu'elle nous a consacré et surtout pour sa patience.*

*En particulier, nous tenons à remercier chaleureusement **Mr ZERROUKI M** qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous tenons également à remercier le membre de jury, **Mr Kada M** pour avoir bien accepté d'examiner ce travail, pour son temps précieux, ses commentaires constructifs et ses suggestions qui ont grandement amélioré la qualité de notre mémoire.*

*Nous voulons témoigner notre reconnaissance à toute l'équipe de SEAAL, en particulier **Mlle Hafida** et à **Mr. Islam** et **Mr. Lyes**, équipe du laboratoire de SEAAL, de nous avoir assistés lors de la manipulation, ainsi que pour l'accueil, leur aide et leur disponibilité.*

*Un immense remerciement est destiné à nos enseignants et enseignantes, ceux qui ont contribué à nos formation, depuis le cycle primaire jusqu'au cursus universitaire.*

*Nous souhaitons exprimer nos reconnaissances envers nos proches, notre famille et nos amis, pour leur soutien indéfectible tout au long de cette aventure. Leurs encouragements et leur compréhension nous ont permis de surmonter les défis rencontrés et de garder le cap.*

*Avant de conclure, nous remercions à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, et à tous ceux que nous avons oublié de citer.*

*Merci à tous*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail, tout d'abord je tiens à remercier  
Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le  
courage.*

*A mes chers parents,*

*A mes sœurs,*

*A ma famille,*

*A tous ceux qui me sont Chers.*

*Ait Taleb Halla*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail, Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté et le courage.*

*A ma très chère mère, il n'existe aucun mot assez fort pour exprimer toute la reconnaissance et l'amour que je te porte. T'es celle qui m'a donné la force de croire en moi, même dans les moments de doute. A chaque étape, tes prières m'ont accompagnée en silence, comme une présence invisible mais profondément ressentie. Ce mémoire est aussi le fruit de ton amour, de ton soutien et de ton dévouement inconditionnel.*

*A mon très cher père, Merci pour ton soutien de chaque instant, tes encouragements constants et tous les sacrifices que t'as consentis afin que rien ne vienne entraver mon parcours. Grace à toi, j'ai pu avancer sereinement et poursuivre mes études avec confiance. Ta présence et ton dévouement ont été pour moi une force précieuse.*

*A ma sœur Ferial, Pour ta présence réconfortante, tes mots justes dans les moments difficiles et ton amour constant. Ton soutien et ta tendresse ont été une source inestimable de motivation. Merci pour ton écoute, ton réconfort et ta confiance en moi.*

*A ma sœur Nada, pour ton soutien discret mais précieux, pour ta foi en moi et pour ton amour qui m'a toujours portée. Ta présence et tes encouragements m'ont donné la force d'avancer avec sérénité.*

*Aucune dédicace ne serait exprimer mon profond amour et l'admiration que je vous porte.*

*A tous mes amis, pour les moments partagés, les échanges enrichissants et l'aide précieuse apportée durant cette aventure universitaire.*

*Qu'Allah vous grade et vous procure la santé et une longue vie.*

*A toutes les personnes qui ont cru en moi et qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

*Benghanem Ikram*

## Résumé

Cette étude vise à évaluer l'impact des apports de l'oued Beni Messous et de la station d'épuration d'Ain Benian sur la qualité des eaux de la plage El Bahdja. Des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées sur trois points de prélèvement (eaux épurées, eaux de l'oued et eaux de baignade) lors de deux campagnes en avril et mai 2025. Les résultats mettent en évidence des concentrations élevées en matière organique et en nutriments (azote, phosphore), indiquant une pollution d'origine urbaine et/ou agricole ainsi qu'une contamination bactériologique significative, avec des niveaux préoccupants de coliformes fécaux, *Escherichia coli*, streptocoques fécaux et *Salmonella* spp., particulièrement à l'embouchure de l'oued. En outre une efficacité limitée de la station d'épuration pour certains paramètres, suggérant un besoin d'optimisation des procédés de traitement. Ces résultats soulignent l'urgence de mesures correctives pour réduire l'impact des rejets sur l'écosystème côtier et la santé publique.

A cet effet, il est essentiel de renforcer le système de désinfection par UV au niveau de la station d'épuration et d'optimiser le traitement des formes azotées. Par ailleurs, concernant l'oued, la mise en place d'un système de dérivation ou de rétention en amont permettrait de réduire les apports directs de polluants vers le littoral.

**Mots Clés :** Oued de Beni Messous, Station d'épuration d'Ain Benian, plage El Bahdja, Contamination microbienne, désinfection par UV.

## Abstract

This study aims to assess the impact of discharges from Beni Messous River and Ain Benian Wastewater treatment plant on the water quality of El Bahdja beach. Physico-chemical and bacteriological analyses were conducted at three sampling points (treated water, river water and bathing beach water) during two campaigns in April and May 2025. The results highlight high concentrations of organic matter and nutrients (nitrogen, phosphorus), *indicative of urban/agricultural runoff*, as well as significant bacteriological contamination, with worrying levels of fecal coliforms, *Escherichia coli*, fecal streptococci, and *Salmonella* spp, particularly at the river's discharge point. In addition, the treatment plant's limited effectiveness for certain parameters suggests a need to optimize treatment processes. The current results indicate the urgent need for corrective measures to reduce the influence of discharges on the coastal ecosystem and public health.

To this end, it is essential to strengthen the UV disinfection system at the treatment plant and optimize the treatment of nitrogen forms. Furthermore, regarding the river, the installation of a

diversion or retention system upstream would limit and reduce the direct input of pollutants to the coast.

**Keywords:** Beni Messous River, Ain Benian wastewater treatment plant, El Bahdja Beach, Microbial contamination, UV disinfection

### ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقييم تأثير تصريفات واد بني مسوس ومحطة معالجة المياه المستعملة بعين البنيان على جودة مياه شاطئ البهجة. تم اجراء تحاليل فيزيائية-كيميائية وجرثومية على ثلاث نقاط : المياه المعالجة، مياه الواد والمياه المختلطة في الشاطئ خلال حملتين في أفريل وماي 2025.

تسلط النتائج الضوء على تراكيزات عالية من المواد العضوية والمغذيات (الذيترو جين والفسفور) ، مما يدل على تلوث مصدره الأسمدة الفلاحية أو مياه الصرف الحضرية، بالإضافة إلى تلوث جرثومي كبير، مع مستويات مُقلقة من البكتيريا القولونية البرازية والقولونيات الكلية، أي كولي، والمكورات العقدية البرازية، وأنواع السالمونيلا، وخاصةً عند نقطة تصريف النهر.

إضافةً إلى ذلك، تجدر الإشارة الى الحاجة إلى تحسين عمليات المعالجة وذلك نتيجة لضعف كفاءة محطة المعالجة في إزالة بعض الملوثات.

تُشير هذه النتائج إلى الحاجة الملحة إلى اتخاذ تدابير تصحيحية للحد من تأثير عمليات التصريف على النظام البيئي الساحلي والصحة العامة. ولتحقيق هذه الغاية، من الضروري تعزيز نظام التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية في محطة المعالجة وتحسين معالجة الأشكال الازوتية. علاوةً على ذلك، وفيما يتعلق بالواد، فإن تركيب نظام تحويل أو احتجاز أعلى الواد من شأنه أن يحد من المدخلات المباشرة للملوثات إلى الساحل ويخفّضها.

**الكلمات المفتاحية :** واد بني مسوس، محطة معالجة المياه المستعملة، شاطئ البهجة، التلوث الميكروبي، التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية .

## LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

**BEA** : Gélose Bile Esculine Azide

**BLBVB** : Bouillon Lactose bilié au vert brillant

**σ** : Conductivité électrique

**CF** : Coliformes Fécaux

**CT** : Coliformes Totaux

**DBO5** : Demande biochimique en oxygène après 5 jours

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**EE** : Eau épurée

**Em** : Eau de mélange (plage + oued+ eau épurée)

**EO** : eau de l'Oued

**Ep** : Eau de la plage

**EPI** : Eau Peptones indol

**E.coli** : Escherichia coli

**EH** : équivalent habitat

**HUPE** : Etablissement public d'hygiène urbaine et protection de l'environnement

**IND** : Indénombrable

**MES** : Matière en suspension

**m<sup>3</sup>/s** : mètre cube par seconde

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : L'ammonium

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Les nitrites

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Les nitrates

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : ortho-phosphate

**S** : La Salinité

**SFB** : Bouillon au Sélénite de Sodium et à la cystéine

**SF** : Les Streptocoques Fécaux

**SS** : Gélose Salmonella-Shigella

**STEP** : Station d'Épuration Des eaux usées

**T** : la Température

**UFC** : Unité Formant Colonies

**UV** : Ultraviolet

## LISTES DES FIGURES

Figure 1: Localisation géographique de la STEP de Béni-Messous ( <i>MOULAI LAKHDAR, S ; 2020</i> ).....	24
Figure 2: Localisation Géographique des sites de prélèvements ( <i>GOOGLE EARTH, 2025</i> ).....	29
Figure 3: Prélèvement in situ.....	30
Figure 4: conductimètre+ pH-mètre+ thermomètre.....	31
Figure 5: Bouteille BODTrak (DBO5) .....	34
Figure 6: Rampe de Filtration .....	39
Figure 7: Les Flacons stériles .....	40
Figure 8: matériels conditionnés .....	40
Figure 9: Variation de la température dans les différentes stations d'étude en fonction du temps .....	44
Figure 10: Variation du pH dans les différentes stations d'étude en fonction du temps .....	46
Figure 11: Variation de la conductivité électrique dans les différentes stations d'étude en fonction du temps.....	47
Figure 12: Résultats MES.....	49
Figure 13: Variation de la DCO dans les différentes stations d'étude en fonction du temps.....	49
Figure 14: Variation de la DBO5 dans les différentes stations d'étude en fonction du temps .....	51
Figure 15: Variation de l'ammonium dans les différentes stations d'étude en fonction du temps.....	52
Figure 16: Variation des nitrites dans les différentes stations d'étude en fonction du temps.....	53
Figure 17: Variation des nitrates dans les différentes stations d'étude en fonction du temps .....	54
Figure 18: Tubes LCK (des formes azotées).....	57
Figure 19: Représentation des boites pétries correspondant à la recherche et dénombrement des Coliformes Totaux .....	59
Figure 20: Tubes correspondant à la mise en évidence de l'indole .....	61
Figure 21: Représentation des boites pétries correspondant à la recherche et dénombrement des Coliformes Fécaux. ....	61
Figure 22: Représentation des boites pétries correspondant à la recherche et dénombrement des Streptocoques Fécaux. ....	63
Figure 23: Colonies noires pour la recherche des salmonelles .....	64

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif des principales caractéristiques de la STEP ( <i>Daghar et Sisalah, 2007</i> ).....	24
Tableau 2: Concentrations des Coliformes Totaux aux niveaux des différentes stations .....	58
Tableau 3: Concentrations des Coliformes Fécaux aux niveaux des différentes stations .....	59
Tableau 4: Présence d'E. Coli aux niveaux des différentes stations.....	60
Tableau 5: Concentrations des Entérocoques Fécaux aux niveaux des différentes stations .....	62
Tableau 6: Les résultats qualitatifs des Salmonelles sur les différentes stations durant .....	63

## Sommaire

Remerciement .....	
Résumé .....	
LISTE DES ABREVIATIONS .....	
LISTES DES FIGURES .....	
LISTE DES TABLEAUX .....	
Sommaire.....	
INTRODUCTION .....	1
GENERALITES .....	4
1 Pollution Marine.....	5
2 Définition de l'eau .....	5
3 Eaux usées.....	5
3.1 Définition des eaux usées .....	5
3.2 Sources des eaux usées .....	6
3.2.1 Les eaux usées domestiques .....	6
3.2.2 Les eaux usées agricoles .....	6
3.2.3 Les eaux usées pluviales .....	7
3.2.4 Les eaux usées hospitaliers.....	7
4 Impact de la pollution des eaux.....	7
4.1 Impact sur l'homme.....	7
4.1.1 Maladies d'origine hydrique.....	8
4.2 Impact sur l'environnement .....	9
5 Les caractéristiques des eaux usées .....	9
5.1 Les paramètres physico-chimiques.....	9
5.1.1 La température T (C °) .....	9
5.1.2 Potentiel d'hydrogène (PH) .....	10
5.1.3 La Salinité .....	10

5.1.4	La Conductivité .....	10
5.1.5	Oxygène Dissous .....	10
5.1.6	La Turbidité.....	11
5.2	Les indicateurs de pollution.....	11
5.2.1	Matières en suspension (MES).....	11
5.2.2	Demande Biochimiques en Oxygène (DBO5).....	11
5.2.3	Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	12
5.2.4	Rapport biodégradabilité (DCO/DBO5) .....	12
5.3	Les paramètres de La Pollution Dissoute .....	12
5.3.1	Azote <sup>12</sup>	
5.3.2	L'ammonium ( $NH_4^+$ ).....	13
5.3.3	Les Nitrites ( $NO_2^-$ ).....	13
5.3.4	Les Nitrates ( $NO_3^-$ ).....	13
5.3.5	Ortho phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) .....	13
6	Les Paramètres Bactériologiques.....	14
6.1	Les indicateurs de contamination fécale .....	14
6.1.1	Les coliformes totaux .....	14
6.1.2	Les coliformes thermo-tolérants .....	14
6.1.3	Les Entérocoques Fécaux .....	15
6.1.4	Escherichia coli .....	15
6.2	Les Bactéries Pathogènes .....	16
6.2.1	Les Salmonelles .....	16
7	Station de traitement des eaux usées.....	16
7.1	Définition .....	16
7.2	Rôle de station d'épuration .....	16
7.3	Les Systèmes de collecte des eaux usées.....	17
7.4	Principales étapes de traitement.....	17

7.4.1	Prétraitement .....	17
7.4.2	Traitement primaire .....	18
7.4.3	Traitement secondaire par boues activées .....	18
7.4.4	Traitement tertiaire ou de finition .....	18
7.5	Normes De rejets des eaux usées .....	19
7.5.1	Normes Algériennes .....	19
7.5.2	Normes Internationales .....	20
8	La réutilisation des eaux usées en Algérie .....	21
9	Présentation de la zone d'étude .....	22
9.1	Oued Beni Messous .....	22
9.2	La plage « El Bahdja ».....	23
9.3	Présentation de la station d'épuration des eaux usées Ain Benian .....	23
9.3.1	Prétraitement .....	25
9.3.2	Traitement primaire .....	25
9.3.3	Traitement Biologique Secondaire.....	26
9.3.4	Traitement Tertiaire.....	26
9.4	Filière Boue.....	27
MATERIEL ET METHODES .....		29
1	Conditionnement du matériel de prélèvement .....	28
1.1	Choix des sites de prélèvements .....	28
1.2	Localisation des stations de prélèvements.....	29
2	Echantillonnage .....	29
3	Les analyses physico-chimiques .....	31
3.1	Température (T) .....	31
3.2	Potentiel d'Hydrogène (pH).....	31
3.3	Conductivité.....	31
3.4	Dosage des matières en suspension (MES) .....	31

3.4.1 Filtration .....	32
Mode opératoire .....	32
3.4.2 Calcule .....	32
3.5 Demande chimique en oxygène (DCO).....	32
3.5.1 Mode opératoire .....	33
3.6 Demande biologique en oxygène (DBO5) .....	33
3.6.1 Mode opératoire : .....	33
3.7 Les formes Azotés .....	34
3.7.1 L'azote .....	34
3.7.2 Le Nitrite ( $NO_2^-$ ).....	35
3.7.3 Les Nitrates ( $NO_3^-$ ).....	36
3.7.4 L'ammonium ( $NH_4^+$ ).....	37
3.7.5 Ortho phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) .....	38
4 Les Analyses bactériologiques par filtration sur membrane .....	39
4.1 Recherche et Dénombrement des Coliformes .....	40
4.1.1 Coliformes totaux et fécaux.....	41
4.1.2 La recherche d'E. Coli.....	41
4.1.3 Les Entérocoques fécaux .....	41
4.2 Méthodologie de recherche des Salmonelles.....	43
RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	44
1 Résultats des paramètres physico-chimiques.....	44
1.1 La Température .....	44
1.2 Potentiel d'Hydrogène :.....	46
1.3 La Conductivité électrique .....	47
1.4 Les Matières en Suspension (MES) .....	48
1.5 La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	49
1.6 La Demande Biologique en Oxygène (DBO5) .....	51

1.7	L'Ammonium ( $NH_4^+$ ).....	52
1.8	Les Nitrites ( $NO_2^-$ ).....	53
1.9	Les nitrates ( $NO_3^-$ ).....	54
1.10	Ortho phosphates ( $PO_4^{3-}$ ).....	55
1.11	Azote Total.....	56
2	Résultats des paramètres bactériologiques.....	58
2.1	Les Coliformes Totaux.....	58
2.2	Les Coliformes Fécaux et Escherichia coli.....	59
2.3	Les Entérocoques Fécaux.....	62
2.4	Les Salmonelles.....	63
	CONCLUSION.....	65
	REFERENCES.....	
	LES ANNEXES.....	

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

---

Ces dernières décennies, la préservation des écosystèmes est devenue une préoccupation environnementale majeure à l'échelle mondiale. Les zones côtières et marines, reconnues pour leur fragilité écologique, subissent une pression anthropique croissante induite par l'urbanisation accélérée, les rejets industriels, l'intensification des pratiques agricoles et les effluents domestiques. Ces activités humaines entraînent une détérioration significative de la qualité des eaux récréatives, une perturbation des habitats marins et des risques émergents pour la santé publique. L'Algérie, avec son linéaire côtier étendu, représente un cas d'étude pertinent pour évaluer l'impact de ces pressions environnementales.

La pollution de l'environnement et des écosystèmes marins représente aujourd'hui une problématique mondiale majeure et suscite des inquiétudes croissantes. Cette situation est liée aux déséquilibres et aux dégradations écologiques multiples et en constante augmentation, notamment en raison des rejets urbains (*Ait Tayeb, L ; 2001*).

La pollution environnementale constitue aujourd'hui un enjeu sanitaire et écologique majeur, comme l'a démontré *Souidi (2008)*. Son intensification résulte principalement de l'expansion démographique et des avancées technologiques (*Ait Hamlet, 1998*), phénomènes particulièrement impactant pour les écosystèmes côtiers. Ces milieux, caractérisés par leur complexité biologique et leur vulnérabilité intrinsèque (*Ben Alloua, 2013*), nécessitent impérativement une surveillance continue et durable.

L'oued Beni-Messous situé dans la partie ouest de la capitale, constitue l'un des principaux exutoires de ces rejets. Il collecte des effluents variés : rejets domestiques et agricoles, avant de se jeter dans la mer méditerranée à proximité de la plage el Bahdja, une zone balnéaire très fréquentée.

Parallèlement, une station d'épuration (STEP) située à Ain Benian traite une partie des eaux usées de la région. Toutefois, les effluents traités ne sont pas directement déversés en milieu marin, mais sont acheminés vers l'oued Beni-Messous. À cet exutoire, elles se mélangent aux autres apports anthropiques, contribuant ainsi au flux polluant final atteignant la zone côtière.

Cette situation soulève des interrogations sur la réelle efficacité du traitement appliqué sur l'impact de ces apports combinés sur la qualité des eaux de la plage. En période, de surcharge ou de mauvais fonctionnement, le risque de pollution devient particulièrement préoccupant, tant pour l'environnement que pour la santé usagers.

## INTRODUCTION

---

Dans ce contexte, notre étude vise à évaluer l'impact des rejets issus de l'oued Beni Messous et de la station d'épuration d'Ain Benian sur la qualité des eaux de la plage el Bahdja. Pour cela, trois points de prélèvements ont été définis :

- Les eaux épurées rejetées par la station
- Les eaux de la plage au point de mélange avec l'oued
- Les eaux de l'oued Béni Messous

Ces prélèvements ont fait l'objet d'analyse physicochimiques et bactériologiques, afin de caractériser la charge polluante présente à chaque niveau et d'identifier l'éventuel impact sur la zone côtière réceptrice

Le mémoire est structuré en trois chapitres principaux :

Le premier chapitre se structure également en deux parties distinctes. La première partie aborde les concepts fondamentaux : généralités sur les eaux, pollution marine, les eaux usées ainsi que paramètres physico-chimiques et microbiologiques utilisés pour évaluer la qualité des eaux. La seconde partie présente la zone d'étude, avec une description détaillée de l'oued Beni Messous, de la plage El Bahdja et de la station d'épuration d'Ain Benian.

Le deuxième chapitre expose le matériel et la méthode, incluant les protocoles de prélèvements, les techniques d'analyses et les outils utilisés.

Le troisième chapitre présente les résultats obtenus, suivi d'une discussion critique permettant d'interpréter les données dans leur contexte environnementale et sanitaire.

Enfin, une conclusion générale vient clore ce mémoire en résumant les principaux résultats et en suggérant des pistes d'amélioration pour une meilleure gestion des rejets dans la zone littorale concernée.

# **GENERALITES**

## **1 Pollution Marine**

D'après la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (*Montego Bay, 1982*), la pollution marine désigne l'apport, direct ou indirect, de matières ou d'énergie dans l'environnement océanique, incluant les zones estuariennes, en raison de l'action de l'homme. Elle est jugée préjudiciable dès lors qu'elle provoque, ou risque de provoquer, des conséquences dommageables telles que : la destruction des écosystèmes marins, la menace pour la santé publique, l'entrave aux activités économiques liées à la mer (notamment la pêche), la détérioration de la qualité de l'eau de mer au regard de ses différentes fonctions, ou encore la perte de son attrait visuel et touristique. (*Revue maritime trimestrielle, 1861*)

## **2 Définition de l'eau**

L'eau constitue la substance principale des êtres vivants et joue un rôle primordial dans le maintien de la vie. Son accessibilité et son abondance sont déterminantes pour le développement et l'avancée des civilisations. Bien que l'eau soit la source la plus répandue sur notre planète, elle ne représente que 2,53 % d'eau douce, le reste étant salé. De plus, près des deux tiers de cette eau douce sont immobilisés sous forme de glace ou de neige (*Haddou, 2010*).

Cette ressource naturelle vitale permet non seulement la survie des espèces, mais aussi le fonctionnement des écosystèmes et la satisfaction des besoins humains. Ainsi, l'eau représente à la fois un facteur clé et un atout économique majeur pour toute société prospère (*ODOULAMI L, 2009*).

## **3 Eaux usées**

### **3.1 Définition des eaux usées**

Les eaux usées, également connues sous le nom de résiduaires ou d'effluents, sont des eaux qui ont subi une altération et une modification de leurs propriétés naturelles suite à leur utilisation. On inclut également les eaux pluviales qui se déversent dans les tuyaux d'eaux usées. (*Bliffert et Perraud, 2001*)

L'homme a choisi l'eau comme moyen principal pour se débarrasser de ses déchets. Par conséquent, les eaux résiduaires urbaines (**ERU**), aussi appelées eaux usées, résultent des diverses utilisations de l'eau par l'homme à travers des activités domestiques ou industrielles. Les eaux usées sont des eaux contenant des polluants, qu'ils soient minéraux ou organiques, solubles ou non, dispersés ou dissous, qui proviennent principalement d'activités humaines telles

que les processus industriels et artisanaux. (*REJSEK, 2002 ; KOLLER, 2005*)

### 3.2 Sources des eaux usées

Les eaux usées peuvent être classées en cinq catégories, en fonction de la nature et de la provenance des substances polluantes qu'elles contiennent :

#### 3.2.1 Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques proviennent des diverses manières d'utiliser l'eau au sein des ménages. Elles contiennent principalement des polluants organiques. On identifie deux principales catégories :

- **Les eaux de ménage** : issues principalement des activités quotidiennes telles que la cuisine et la toilette, ces effluents contiennent majoritairement des substances polluantes, notamment des agents nettoyants, des matières grasses, des composés chimiques volatils ainsi que des débris d'origine biologique
- **Les eaux vannes** : issues des toilettes, elles contiennent une forte concentration de matières organiques azotées, de micro-organismes fécaux et divers polluants, comme des traces de médicaments et une large gamme de produits ménagers (peintures, adhésifs, mercure provenant de thermomètres, etc.). Selon *Gomella et Guerrée (1978)*, ces contaminants pénètrent par le biais de diverses pratiques domestiques.

#### 3.2.2 Les eaux usées agricoles

On appelle eaux usées agricoles les eaux contaminées par des éléments provenant des activités agricoles.

Dans le cadre d'une agriculture intensive et productive, différents produits utilisés dans l'industrie ou de l'agriculture pourraient nuire l'environnement, notamment en affectant la qualité des ressources aquatiques. On identifie essentiellement différentes catégories de polluants associées à ces activités :

- **Les fertilisants** : comprenant les engrais minéraux du commerce ainsi que les déjections animales, qu'elles soient produites sur l'exploitation ou non.
- **Les produits phytosanitaires** : tels que les herbicides, fongicides et insecticides (*GROSCLAUDE, 1999*).

Les eaux agricoles proviennent essentiellement du lessivage des terres cultivées enrichies en engrais. Ce ruissellement entraîne une augmentation des concentrations en matières azotées et phosphatées dans les nappes superficielles, les oueds ainsi que les retenues d'eau (*METAHRI, 2012*).

### 3.2.3 Les eaux usées pluviales

Les eaux de ruissellement se forment à la suite de précipitations. Elles peuvent être fortement polluées, en particulier au début des épisodes pluvieux, en raison de deux mécanismes principaux : le lessivage des sols et le nettoyage des surfaces imperméables. En effet, les premières pluies entraînent vers le réseau d'assainissement les déchets solides ou liquides accumulés sur ces surfaces durant les périodes sèches.

Par ailleurs, en l'absence de pluie, le faible débit dans les collecteurs favorise le dépôt des matières décantables. Lors d'une averse, l'augmentation soudaine du débit provoque la remise en suspension de ces dépôts, contribuant ainsi à la pollution des eaux de ruissellement. (*Rejsek F, 2002*)

### 3.2.4 Les eaux usées hospitaliers

Du fait des caractéristiques et de la concentration des substances particulières qu'ils contiennent (résidus pharmaceutiques, produits chimiques, antiseptiques, détergents, produits de développement et de fixation employés en radiologie, etc.), ces effluents peuvent poser un danger considérable pour la santé humaine et l'environnement.

Par ailleurs, ils sont généralement transférés vers le système d'assainissement communal sans aucune prétraitement, tout comme les rejets urbains conventionnels (*Debabza, 2005*).

## 4 Impact de la pollution des eaux

### 4.1 Impact sur l'homme

Les maladies dues aux polluées tuent encore aujourd'hui des millions de personnes par an dans les pays pauvres. Les pathologies sont souvent différentes selon le mode de contamination : par le contact avec le milieu aquatique (parasitoses), par absorption de l'eau contaminée (épidémie) ou par mode de contamination indirecte (métaux lourds, toxines, germes pathogènes)

L'eau, ressource essentielle à la vie, peut devenir une source de danger une fois elle est de mauvaise qualité ou en quantité insuffisante. Cette dégradation a des répercussions directes sur la santé humaine, se traduisant souvent par l'apparition de maladies, parfois graves, dont la fréquence et la gravité varient selon les contextes. Dans les pays en voie de développement, on estime que jusqu'à 80 % des maladies sont liées à la consommation ou à l'usage domestique d'une eau insalubre (*BENKADDOUR, B., 2018*)

### 4.1.1 Maladies d'origine hydrique

La pollution de l'eau par les eaux usées peut entraîner la transmission de nombreuses maladies infectieuses. Ces maladies sont causées par différents agents pathogènes (bactéries, parasites, virus), présents dans les eaux contaminées. Voici les principales catégories :

#### 4.1.1.1 Maladies d'origine bactérienne

Ces maladies sont causées par l'ingestion d'eau contaminée par des bactéries pathogènes. Elles sont souvent liées à des rejets d'eaux usées non traitées.

**Fièvre typhoïde et paratyphoïdes** : causées par *Salmonella typhi* et *S. paratyphi*.

**Choléra** : causé par *Vibrio cholerae*.

**Légionellose** : provoquée par *Legionella pneumophila*, présente dans les réseaux d'eau stagnante.

#### 4.1.1.2 Maladies d'origine parasitaire

Ces maladies sont provoquées par des protozoaires transmis via l'eau souillée, souvent résistants au traitement classique.

- **Protozoaires** :

*Cryptosporidium parvum* , *Giardia lamblia* , *Entamoeba histolytica* (amibes)

#### 4.1.1.3 Maladies d'origine virale

Les virus entériques se transmettent par ingestion d'eau contaminée ou par contact avec des eaux souillées.

**Entérovirus** : provoquant des infections intestinales.

**Hépatite A** : virus très résistant, transmis par l'eau contaminée.

**Gastroentérites virales** : causées notamment par les norovirus et rotavirus.

## 4.2 Impact sur l'environnement

Le rejet direct des eaux usées dans l'environnement représente une menace majeure pour la survie des organismes vivants ainsi que pour l'équilibre écologique (*BENKADDOUR, B., 2018*). Les impacts de cette pollution varient selon la nature des substances déversées. Parmi les principaux effets observés, on note :

La surélévation de la température : elle entraîne une modification des écosystèmes entiers, en favorisant notamment le développement anarchique d'algues.

L'eutrophisation : ce phénomène, lié à une concentration excessive d'azote et de phosphore, stimule la prolifération des algues et diminue le taux d'oxygène dissous, et provoquant à long terme la mort d'un grand nombre d'organismes (poissons, crustacés, etc.).

Les troubles physiologiques : la présence des éléments traces métalliques à savoir le mercure et l'arsenic affecte les fonctions vitales (nutrition, respiration, reproduction) des organismes les plus sensibles.

La contamination radioactive : le rejet de résidus radioactifs, notamment des éléments transuraniens (Plutonium, Neptunium et Américium) et des produits de fission (Technétium-99 et Césium-137), entraîne une radioactivité dangereuse dans les eaux.

La pollution des nappes phréatiques : L'eau souterraine peut se dégrader en qualité par infiltration d'eaux de surface chargées d'impuretés que les différentes couches du sol n'arrivent pas toujours à filtrer efficacement. Cette qualité varie au fil des saisons, l'eau étant généralement plus pure en été mais souvent contaminée après les périodes hivernales, en raison des écoulements souterrains accrus (*MECELLEM, D., 2020*).

## 5 Les caractéristiques des eaux usées

### 5.1 Les paramètres physico-chimiques

#### 5.1.1 La température T (C °)

La température joue un rôle déterminant sur la solubilité des sels et, plus particulièrement, des gaz tels que l'oxygène dissous. Elle agit également sur la régulation du pH et accélère la cinétique des réactions chimiques dans le milieu aquatique. *Selon Mekhalif (2009)*, elle joue également un rôle physiologique important dans le métabolisme et la croissance des micro-organismes aquatiques. Ce paramètre constitue un facteur essentiel au bon fonctionnement des systèmes d'épuration, puisqu'il peut affecter la prolifération des micro-organismes, et par conséquent, l'efficacité de l'épuration biologique (*Rodier et al ; 2009 in Oussedik, 2010*).

### 5.1.2 Potentiel d'hydrogène (PH)

Le pH est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (AMINOT, A ; et CHAUSSEPIED, M ; 1983)

Et selon (RODIER, J ; et ,2009), il s'agit de la différence de potentiel mesurée entre une électrode de verre et une électrode de référence, toutes deux immergées dans la même solution. Le potentiel de l'électrode de verre est directement lié à l'activité des ions hydrogène ( $H^+$ ) présents dans le milieu.

Il permet l'évaluation de la concentration des charges positives  $H^+$  dans un environnement aqueux et de déterminer sa nature (acide, basique ou neutre) Nehme, N. (2014).

Il est essentiel pour le développement des organismes aquatiques. Par ailleurs, le pH influence le comportement et la disponibilité de certains éléments, notamment les métaux, dont la disponibilité en solution peut diminuer ou augmenter, augmentant ainsi leur toxicité en rendant ces métaux bio-disponibles. En général, le pH des eaux naturelles varie entre 6 et 8.5. (Derwich E ; et al, 2010)

### 5.1.3 La Salinité

C'est une caractéristique intrinsèque de l'eau de mer, liée à la mesure de la température. Son évaluation est un élément clé pour l'étude et la caractérisation de l'environnement marin (Aminot et Keroul, 2004).

Elle se réfère à la masse des sels dissous dans un kilogramme d'eau de mer. (Rodier, 1996). La salinité était alors désignée par la lettre S et mesurée en g/kg ou en pourcentage. (Rodier, 2009).

### 5.1.4 La Conductivité

La conductivité électrique est un paramètre représentatif du niveau de minéralisation de l'eau et permet d'estimer la concentration en sels dissous sous forme ionique, et fournit ainsi des informations précieuses sur le niveau de salinité de l'eau (Oussedik, 2010).

D'un point de vue technique, la conductivité électrique (CE) correspond à la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle est généralement exprimée en milli-siemens par mètre (mS/m), mesurée à une température de référence de 20 °C (De Villers et al ; 2005).

### 5.1.5 Oxygène Dissous

L'oxygène présent dans les eaux de surface est principalement d'origine atmosphérique et résulte du processus de photosynthèse réalisé par les algues et les plantes aquatiques. La teneur en oxygène dissous fluctue quotidiennement et selon les saisons, étant influencée par divers facteurs

tels que la pression partielle d'oxygène atmosphérique, la température aquatique, la salinité, l'infiltration lumineuse, le mouvement de l'eau et la disponibilité nutritive (*BEAUPOIL, C., BORNENS, P., 1997*).

L'oxygène dissous est essentiel au maintien de la vie aquatique (*Aminot et Kérouel, 2004*). Cependant, la dégradation des matières organiques par les micro-organismes consomme cet oxygène, entraînant une diminution de sa concentration dans l'eau.

### 5.1.6 La Turbidité

La turbidité est un indice mesurant la perte de transparence de l'eau, causée par la présence de matières en suspension (MES). Elle reflète la quantité de particules solides en dispersion dans le milieu, qu'il s'agisse de sédiments d'origine naturelle (érosion, ruissellement, débris organiques) ou de polluants anthropiques. (*Hayzoun, H. 2014*)

Dans le cas des eaux usées, la turbidité peut être fortement élevée en raison de la présence de résidus domestiques, industriels ou biologiques, incluant les micro-organismes, les déchets organiques, les graisses et d'autres substances non dissoutes.

Elle est généralement exprimée en unités NTU (Néphélobimétric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit). (*Nehme, N. (2014)*).

## 5.2 Les indicateurs de pollution

### 5.2.1 Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont de fines particules solides présentes dans l'eau, responsables de sa turbidité. Leur concentration varie en fonction des saisons et du régime d'écoulement des eaux. Ces particules diminuent la transparence de l'eau, réduisent la pénétration de la lumière et limitent ainsi le processus de photosynthèse. Elles peuvent également perturber la respiration des organismes aquatiques, notamment les poissons. De plus, les MES ont la capacité de fixer et transporter des substances toxiques telles que les métaux lourds, les pesticides, les huiles minérales ou encore les HAPs. La concentration en MES est exprimée en mg/l (*PNUE/OMS/UNESCO/OMM, 1992*).

### 5.2.2 Demande Biochimiques en Oxygène (DBO5)

D'après *Berne et Cordonnier (1991)*, ce paramètre représente la quantité d'oxygène assimilée par les microorganismes hétérotrophes lors de la dégradation aérobie de la matière organique, dans des conditions standardisées (température stabilisée à **20 °C**, absence de lumière, durée fixée à **120 heures**). L'ensemencement initial de l'échantillon garantit un processus biologiquement

représentatif, conduisant à la minéralisation partielle des composés carbonés biodégradables. Comme le souligne *Gaujoux (1995)*, cet indicateur clé permet non seulement de quantifier l'efficacité des procédés d'épuration, mais aussi de modéliser les risques écologiques liés au rejet des effluents dans les hydro systèmes. Son interprétation croisée avec d'autres paramètres (ex : DCO) offre une vision intégrée de la charge polluante. L'évaluation s'est appuyée sur la technique manométrique (norme NFT 90-103), méthode reconnue pour sa précision dans le suivi cinétique de la consommation d'O<sub>2</sub> par respirométrie différentielle.

### 5.2.3 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) constitue un indicateur essentiel pour évaluer la charge polluante des eaux. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique des matières organiques, qu'elles soient biodégradables ou non, présentes dans un échantillon d'eau. Cette oxydation est généralement réalisée à l'aide du bichromate de potassium, à une température de **150 °C**, selon la méthode décrite par *Suschka et Ferreira (1986)*.

La DCO permet ainsi d'estimer la concentration globale des composés oxydables, d'origine organique ou minérale, contenus dans l'eau (*Bliefert et Perraud, 2001*). Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre (mg O<sub>2</sub>/l) et déterminée par voie spectrophotométrique, en suivant la norme française *NFT 90-101*.

### 5.2.4 Rapport biodégradabilité (DCO/DBO5)

Ce rapport permet de donner une idée sur la biodégradabilité de la matière organique présente dans un rejet, autrement dit, c'est le pouvoir de dégradation de la matière organique par l'action des micro-organismes :

- DCO/DBO5 < 2 : l'effluent est facilement biodégradable.
- 2 < DCO/DBO5 < 3 : l'effluent est biodégradable sous certaines conditions, notamment avec des micro-organismes adaptés.
- DCO/DBO5 > 3 : l'effluent n'est pas biodégradable (*BLINDA, M ; 2007*)

## 5.3 Les paramètres de La Pollution Dissoute

### 5.3.1 Azote

Dans le milieu aquatique, l'azote se présente principalement sous deux formes : organique et minérale. L'azote organique comprend des substances telles que les protéines, les polypeptides, les acides aminés et l'urée. Ces substances sont généralement présentes en faibles concentrations dans l'eau. En revanche, la forme minérale de l'azote, comprenant l'ammoniac, les nitrates et les

nitrites, représente la part la plus importante de l'azote total (*Rodier, 2005*).

### 5.3.2 L'ammonium ( $NH_4^+$ )

En milieu océanique, les concentrations d'ammonium ( $NH_4^+$ ) restent généralement faibles en raison de sa nature transitoire. Ce composé subit en effet une nitrification rapide en présence d'oxygène dissous, se transformant successivement en nitrites ( $NO_2^-$ ) puis en nitrates ( $NO_3^-$ ) par oxydation bactérienne.

Toutefois, à proximité immédiate des zones de rejets domestiques, les teneurs en  $NH_4^+$  peuvent atteindre des valeurs anormalement élevées, dépassant fréquemment plusieurs centaines de  $\mu\text{mol/L}$ . Cette augmentation caractéristique permet d'utiliser l'ammonium comme traceur fiable de contamination urbaine, comme l'ont démontré *Aminot et Chaussepied (1983)* dans leurs travaux fondateurs sur les marqueurs chimiques de pollution.

### 5.3.3 Les Nitrites ( $NO_2^-$ )

Tout comme l'ammonium, les nitrites sont perçus comme des ions transitoires, ce qui justifie leur présence en faibles concentrations dans le milieu marin, généralement de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux (*AMINOT, A ; et CHAUSSIPIED, M ; 1983*).

Ces concentrations subissent des fluctuations saisonnières. En hiver, elles varient entre 0.5 et  $1\mu\text{mol/l}$ , puis à la suite de la croissance du phytoplancton, elles diminuent en été et peuvent descendre à des niveaux extrêmement bas, inférieurs à  $0.01\mu\text{mol/l}$  (*AMINOT, A ; et CHAUSSIPIED, M ; 1983*).

### 5.3.4 Les Nitrates ( $NO_3^-$ )

Les nitrates représentent le produit final du processus d'oxydation de l'azote organique dans le milieu aquatique. Cette transformation résulte de l'action des bactéries nitrates, notamment les *Nitrobacter*, qui convertissent les nitrites en nitrates. Bien que les nitrates ne soient pas directement toxiques, leur accumulation en concentrations élevées peut entraîner une prolifération excessive d'algues, favorisant ainsi le phénomène d'eutrophisation. Leur dangerosité potentielle reste cependant liée à leur transformation ultérieure en nitrites, formes plus nocives pour l'environnement et la santé (*Rodier et al ; 2009*).

### 5.3.5 Ortho phosphates ( $PO_4^{3-}$ )

Les substances phosphorées regroupent des composés organiques et minéraux contenant des

atomes de phosphore. Elles proviennent principalement de deux sources majeures, en proportions similaires : le métabolisme humain et l'utilisation de détergents. Dans les eaux usées, le phosphore peut se présenter sous trois formes distinctes : sous forme d'ions ortho-phosphates minéraux libres, de phosphates condensés (ou polyphosphates), ou encore associé à des molécules organiques en tant que groupements phosphatés. Le phosphore est un élément nutritif essentiel, mais limitant pour la croissance végétale ; sa présence en excès dans les milieux aquatiques récepteurs favorise le développement du phénomène d'eutrophisation (*Rejsek, 2002*).

D'après *Degrémont (2005)*, la quantité moyenne de phosphore rejetée quotidiennement dans les eaux usées domestiques est estimée entre 2,5 et 3 grammes par habitant.

## 6 Les Paramètres Bactériologiques

### 6.1 Les indicateurs de contamination fécale

#### 6.1.1 Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont un groupe de bactéries non sporulantes, à Gram négatif, de forme bâtonnée, aérobies ou anaérobies facultatives, et qui ne produisent pas l'oxydase (oxydase négatif).

Ces micro-organismes sont capables de se développer en milieu contenant des sels biliaires ou des substances ayant des propriétés tensioactives comparables, ainsi que de fermenter le lactose, produisant de l'acide et du gaz dans un laps de temps de 48 heures à une température variant entre 35 et 37 °C.

*Citrobacter, Enterobacter, Escherichia coli, Klebsiella et Serratia* sont quelques-uns des genres majeurs inclus dans ce groupe (*CEAEQ, 2000*).

La plupart de ces espèces n'ont pas de caractère pathogène et n'infligent pas de risque direct à la santé humaine (*Edberg et al ; 2000 ; OMS, 1983*), hormis quelques souches d'*Escherichia coli* pathogènes et des bactéries opportunistes peu courantes.

La norme *ISO 9308-1 :2014* a été respectée lors de la détection et de la mesure des coliformes totaux dans les eaux, en utilisant le protocole de colimétrie par filtration sur membrane.

#### 6.1.2 Les coliformes thermo-tolérants

Les coliformes thermo-tolérants, aussi connus sous le nom de coliformes fécaux, résident principalement dans le système digestif des humains et des animaux (*Bertrand et al ; 2011*).

Ainsi, leur détection dans l'eau constitue une preuve fiable de contamination d'origine

fécale. (*Rejsek, 2002*)

Ces bactéries possèdent des attributs similaires aux coliformes totaux, mais elles se différencient par leur aptitude à fermenter le lactose à une température supérieure, soit 44 °C (*Rodier et al ; 2009*).

Cette capacité physiologique et biochimique facilite leur identification dans le milieu microbien complexe de l'environnement naturel, grâce à l'emploi de milieux de culture spécifiquement sélectifs et hautement sélectifs (*Bertrand et al ; 2011*).

Toutefois, même si leur occurrence est généralement liée à une pollution fécale, il est important de mentionner que certains coliformes fécaux peuvent aussi être d'origine non fécale, comme les rejets industriels provenant des secteurs de la production de pâtes et papiers ou de l'agroalimentaire.

La méthode de colimétrie par filtration sur membrane a été utilisée pour quantifier les coliformes fécaux dans les échantillons d'eau, en respectant la norme *ISO 9308-1 :2014*. (*Bertrand et al ; 2011*)

### 6.1.3 Les Entérocoques Fécaux

Les entérocoques fécaux sont des bactéries d'origine fécale, humaine ou animale, couramment désignées sous le nom de streptocoques du groupe D.

Il s'agit de bactéries cocci Gram positives, généralement sans mouvement, de forme sphérique ou ovale, organisées en chaînes et dont le diamètre moyen oscille entre 0,6 et 1 µm.

Ce sont des organismes aérobies facultatifs qui prospèrent dans une fourchette de température variant de 20 °C à 42 °C, avec un pH optimal se situant entre 7,2 et 7,4 (*Larpen et Gourgaud, 1997*).

### 6.1.4 Escherichia coli

Escherichia coli (On l'appelle aussi colibacille) est une bactérie qui fait partie de la famille des Entérobactéries. Elle présente une mobilité, possède la capacité de fermenter le lactose et de produire de l'indole.

E. coli est un habitant naturel du tractus intestinal de l'homme et de divers animaux. Elle est considérée comme l'espèce aérobie prédominante dans la flore intestinale, avec une estimation de près de 10<sup>8</sup> bactéries par gramme de selles. En parallèle, le total de la flore bactérienne peut varier entre 10<sup>11</sup> et 10<sup>12</sup> bactéries par gramme.

Actuellement, Escherichia coli est perçu comme le principal marqueur de pollution fécale lors des tests microbiologiques de l'eau (*WHO, 2006*).

La quantification et la recherche de l'E. Coli dans les échantillons d'eau a été effectué en suivant la méthode de colimétrie par filtration sur membrane, conformément à la norme *ISO 9308-1 :2014*.

### 6.2 Les Bactéries Pathogènes

#### 6.2.1 Les Salmonelles

Les salmonelles sont des bacilles Gram-négatifs qui font partie de la famille des Entérobactéries. Il s'agit de bactéries mobiles, facultativement aéro-anaérobies et non sporulantes. Elles se multiplient aisément dans des environnements standards, comme **le milieu SFB**, en **24 à 48 heures**.

D'un point de vue biochimique, les salmonelles fermentent le glucose, ont une nitrate-réductase et ne sont pas positives aux tests d'oxydase et d'uréase (*Larpen et Gourgaud, 1997*).

L'identification de salmonelles dans les échantillons d'eau a été effectuée en utilisant la technique d'inoculation sur gélose spécifique, conformément à *ISO/TS 6579-2 :2012*.

## 7 Station de traitement des eaux usées

### 7.1 Définition

Une station d'épuration est une installation dédiée au traitement des eaux, pouvant assurer deux fonctions principales. D'une part, elle permet le traitement des eaux usées, en éliminant les polluants qu'elles contiennent avant leur rejet dans le milieu naturel, afin de limiter leur impact sur l'environnement. D'autre part, certaines stations ont pour rôle de traiter les eaux naturelles, en les rendant propres à la consommation humaine, conformément aux normes sanitaires en vigueur.

La station d'épuration est située à l'extrémité du réseau d'égouts, en amont du milieu récepteur. Il existe différentes filières de traitement, adaptées au type et à la charge de pollution à éliminer.

### 7.2 Rôle de station d'épuration

La station d'épuration remplit plusieurs fonctions majeures, parmi lesquelles :

- **Le traitement des eaux usées**, en éliminant les polluants avant leur rejet dans le milieu naturel, afin de limiter leur impact sur les écosystèmes aquatiques.
- **La protection de l'environnement**, en réduisant la pollution des sols, des nappes phréatiques et des cours d'eau.

- **La préservation de la santé publique**, en éliminant les agents pathogènes et les substances toxiques présents dans les eaux usées
- **La valorisation des boues d'épuration**, en les réutilisant dans des domaines tels que l'agriculture ou la production d'énergie. (*HECHEHOUCHE, O ; BOURENANE, S ; 2017*)
- **L'économie des ressources en eau**, grâce à la réutilisation des eaux traitées, notamment pour l'irrigation agricole (*BENMOUSSA, S ; et al, 1997*)

### 7.3 Les Systèmes de collecte des eaux usées

Le réseau d'assainissement regroupe l'ensemble des infrastructures destinées à la collecte et au transport des eaux résiduaires urbaines (ERU) jusqu'à la station d'épuration. Il est constitué principalement de canalisations, de postes de relevage, ainsi que d'ouvrages spécifiques tels que les bassins d'orage ou de décantation (*Rejsek, 2002*).

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

**Le système unitaire** : qui canalise les eaux usées et les eaux de pluie dans les mêmes conduits (*Chaussade et Mastrallet, 2005*), présente comme principal inconvénient la variabilité en volume et en qualité des pollutions qui parviennent à la station (*Rejsek, 2002*).

**Le système séparatif** : se compose de deux réseaux de canalisations distincts : l'un destiné à l'évacuation des eaux pluviales, dont la taille est comparable à celle d'un réseau unitaire, et l'autre réservé aux eaux usées domestiques, généralement de plus petit diamètre. (*Chaussade et Mastrallet, 2005*)

**Le système mixte** : il s'agit d'une situation où, dans la même agglomération, se trouvent des zones d'habitations desservies par un réseau de type unitaire (au centre-ville) et des zones desservies par un réseau de type séparatif (nouveaux lotissements à la périphérie) (*Rejsek, 2002*)

### 7.4 Principales étapes de traitement

Les différents procédés de traitement sont présentés selon l'ordre généralement suivi dans les étapes classiques d'épuration :

#### 7.4.1 Prétraitement

Ils permettent de supprimer les substances rugueuses, qui pourraient nuire aux composants mécaniques ou entraver l'efficacité des phases suivantes (*REJSEK, F ; 2002*).

Un prétraitement inclut plusieurs opérations purement physiques ou mécaniques destinées à se débarrasser, respectivement, des particules volumineuses et des sables ainsi que des substances

grasses (*REJSEK, F ; 2002 ; CHAUSSADE, J-L ; et MASTRALLET, G ; 2005*).

#### **7.4.2 Traitement primaire**

Il s'agit le plus souvent d'un processus de décantation permettant d'éliminer, en environ deux heures, les matières en suspension susceptibles de se déposer. Ce traitement élimine parfaitement le phosphore (de l'ordre de 65 à 80 % de la DCO) et une partie de la pollution organique (*REJSEK, F ; 2002*)

Trois voies de traitements (physico-chimique) sont possibles pour extraire un maximum de matières en suspension (90% d'abattement) et de matières organiques facilement décantables (35% pour la DBO5, 25% pour la DCO) (*CHAUSSADE, J-L ; et MESTRALLET, G ; 2005*)

**La décantation (voie physique)**, la pesanteur est le principe qui favorise la séparation solide-liquide par sédimentation (*EMILLIAN, K ; 2009*)

**La décantation (voie physico-chimique)**, le principe est l'ajout des coagulants- floculants qui favorisent l'agrégation des molécules en suspensions, et d'avoir des floes plus gros, pour d'augmenter leurs sédimentations (*DESJARDINS, R ; 1997*)

**La flottation (processus physique) :** est un procédé physique de séparation solide-liquide ou liquide-liquide, utilisé lorsque les particules à extraire ont une masse volumique inférieure à celle du liquide qui les contient. Contrairement à la décantation, où les particules sédimentent vers le bas, la flottation permet aux particules de remonter à la surface. Dans le cas d'une flottation assistée, ce mécanisme s'applique même à des particules dont la masse volumique apparente est modifiée (*BASSOMPIERRE, C ; 2007*)

#### **7.4.3 Traitement secondaire par boues activées**

Il se repose sur le développement d'une culture bactérienne spécifique (aérobie ou anaérobie), qui pour croître, va assimiler la pollution organique soluble (rendement de 85 à 90%), les composés azotés et phosphorés par synthèses biologiques, et va les transformer en suspension.

Ce processus se déroule dans un bassin bien oxygéné et entièrement homogénéisé, où les eaux usées restent en contact avec les micro-organismes pendant une durée variant de 4 à 24 heures. Les cultures bactériennes, organisées et en suspension dans le milieu, sont ensuite séparées de l'eau traitée par décantation. (*EMILLIAN, K ; 2009*).

#### **7.4.4 Traitement tertiaire ou de finition**

Il s'agit d'un traitement additionnel visant à atteindre une qualité d'effluent supérieure à

celle obtenue par les procédés biologiques conventionnels. Ce traitement poursuit deux objectifs principaux :

Renforcer l'efficacité sur les paramètres classiques tels que les MES, la DBO5 et la DCO.

Agir spécifiquement sur certains polluants peu ou non éliminés par les traitements traditionnels. (*EMILIAN, K ; 2009*)

### 7.5 Normes De rejets des eaux usées

Les normes de rejets définissent des seuils à respecter pour différents paramètres physico-chimiques ou microbiologiques dans les eaux usées traitées. Elles peuvent fixer soit une valeur maximale à ne pas dépasser, soit une valeur minimale à atteindre. Le respect de ces normes permet de s'assurer qu'un critère environnemental ou sanitaire donné est satisfait. Ces valeurs limites sont généralement établies par des textes réglementaires tels que des lois, des décrets ou des directives officielles.

#### 7.5.1 Normes Algériennes

En Algérie, le cadre réglementaire encadrant le rejet des effluents liquides est défini par plusieurs textes législatifs. Le **Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993**, publié au Journal Officiel de la République Algérienne, établit dans son chapitre I, article 2, les valeurs limites autorisées pour les rejets, telles que présentées dans l'annexe 1.

Ces exigences ont été renforcées par un texte plus récent : le **Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 (20 Rabie El Aouel 1427)**, précisant également, dans sa section 1, article 3, les seuils réglementaires à respecter. Les valeurs maximales fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau (*Benallaoua, S ; 2013*)

## GENERALITES

**Tableau 1 : normes de rejet des paramètres de la pollution physiques et chimiques**  
(*Journal Officiel de la République Algérienne, 2006*) et normes OMS

Paramètre	Unités	Valeurs limites (JO)	Normes OMS
Température	°C	30	30
pH	-	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5
Conductivité	µS/cm	/	1250
MES	Mg/l	35	30
DBO5	mgO <sub>2</sub> /l	35	30
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	120	90
Phosphates	mgO <sub>2</sub> /l	02	02
Nitrates	mg/l	/	/
Fer	mg/l	03	/
Manganèse	mg/l	01	/
Nickel total	mg/l	0.5	/
Cuivre total	mg/l	0.5	/
Zinc total	mg/l	03	/
Chrome total	mg/l	0.5	/
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	/

### 7.5.2 Normes Internationales

Selon les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (**OMS**), les normes applicables aux eaux usées sont définies par des seuils de qualité précisés dans différents documents de référence. Ces valeurs sont présentées dans le tableau ci-dessous, tel que mentionné par le (**CSHPF, 1995**).

**Tableau 2 : Normes de rejets internationales (CSHPF, 1995)**

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6.5-8.5
DBO5	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH4	mg/l	<0.5
NO2	mg/l	1
NO3	mg/l	<1
P2O5	mg/l	<2
Température	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Incolore

## 8 La réutilisation des eaux usées en Algérie

La valorisation des eaux usées traitées à des fins agricoles est devenue l'un des axes essentiels de la politique du secteur des ressources en eau en Algérie.

Cette orientation repose sur la collecte des eaux usées grâce à un vaste programme de réhabilitation et d'extension du réseau d'assainissement national, le traitement des eaux usées par la mise en place de stations d'épuration réparties sur l'ensemble du territoire, ainsi que leur réutilisation dans l'irrigation des espèces vertes, l'agriculture, l'industrie, et dans une moindre mesure, pour la recharge artificielle des nappes phréatiques, notamment les nappes côtières dans le but de limiter l'intrusion saline (*DAPE, 2013*).

L'Algérie figure parmi les pays précurseurs à l'échelle africaine dans la réalisation de stations d'épuration des eaux usées. Environ **172 stations** sont actuellement en fonctionnement sur le territoire national, offrant près d'un **milliard de mètres cubes** d'eaux épurées destinées à l'irrigation agricole.

Toutefois, la réutilisation des eaux traitées en Algérie demeure encore limitée, avec des volumes modestes estimés à environ **15 millions de m<sup>3</sup>/an**.

À l'heure actuelle, **2 %** du volume total des eaux épurées est exploité pour irriguer une superficie de **1 285 hectares**, conformément à la réglementation en vigueur (*DMRE, 2013*). Les données suivantes indiquent les volumes d'eaux usées traitées réutilisées chaque année en Algérie :

- Agriculture : 13424 789 m<sup>3</sup>.
- Lutte contre l'incendie : 138066m<sup>3</sup>.
- Arrosage des arbres : 1077665 m<sup>3</sup>.
- Lavage des chaussées : 370 m.

### 9 Présentation de la zone d'étude

Notre étude, se déroulera sur trois compartiments différents, on cite :

- Oued Beni Messous, qui charrie les eaux usées et industrielles d'un certain nombre de commune qu'il traverse.
- La plage El Bahdja, comme réceptacle final des effluents.
- La station d'épuration des eaux usées Béni-Messous gérée par la SEAAL.

#### 9.1 Oued Beni Messous

L'Oued Beni-Messous couvre une zone de captage de 31km<sup>2</sup>, avec un débit moyen de 378 m<sup>3</sup>/s. Il traverse plusieurs communes (**Beni Messous, Bouzareah, Ain Benian et Chéraga**) et se jette en mer par l'intermédiaire de son embouchure au niveau de la plage « El Bahdja », située dans la baie d'El Djamila (*DHEEHW, 2011*).

L'Oued Beni Messous d'une longueur de **12Km**, reçoit plusieurs affluents tout le long de son parcours, qui définissent chacun un sous bassin versant, comme il est un réceptacle d'eaux usées domestiques et agricoles sans traitement au préalable.

Ces eaux canalisées par l'oued sont déversées directement en mer au niveau de la plage El Bahdja. Le fort degré de pollution de ces eaux est la principale cause de l'altération de sa qualité ce qui la rend impropre à la baignade (*DHEEHW, 2011*).

## **9.2 La plage « El Bahdja »**

La plage « El Bahdja » est une plage sableuse (sable fin) de la commune côtière d'Ain Benian. Elle se localise plus exactement dans la rive Ouest de la baie d'El Djamila, à **30 Km** à l'Ouest de la Wilaya d'Alger

D'une largeur de 33m et d'une longueur de 900m, elle peut accueillir jusqu'aux 9000 estivants selon les statistiques de l'Agence de Promotion et de Protection du Littoral de la Wilaya d'Alger, *HUPE (2015)*

## **9.3 Présentation de la station d'épuration des eaux usées Ain Benian**

La station d'épuration d'Aïn Benian est située administrativement dans la daïra d'Aïn Benian, relevant de la wilaya d'Alger. Elle a été mise en service en 2008. Il s'agit d'une station fonctionnant selon le procédé des boues activées en charge moyenne, avec une capacité nominale de **250000 Eq.Hab** et un débit moyen théorique de **50400 m<sup>3</sup>/jour**.

Une extension a été réalisée en 2016, visant à **doubler sa capacité de traitement** et à intégrer un traitement tertiaire, portant ainsi sa capacité à **500 000 Eq.Hab** pour un débit théorique moyen de **100 800 m<sup>3</sup>/j**.

Deux nouvelles extensions sont projetées, avec pour objectif d'atteindre une capacité globale de **810 000 Eq.Hab à l'horizon 2025**. En 2013, la station a reçu en moyenne un débit de **33 400 m<sup>3</sup>/jour**, et généré **8 800 tonnes de boues** avec un taux de siccité de **22,9 %**.

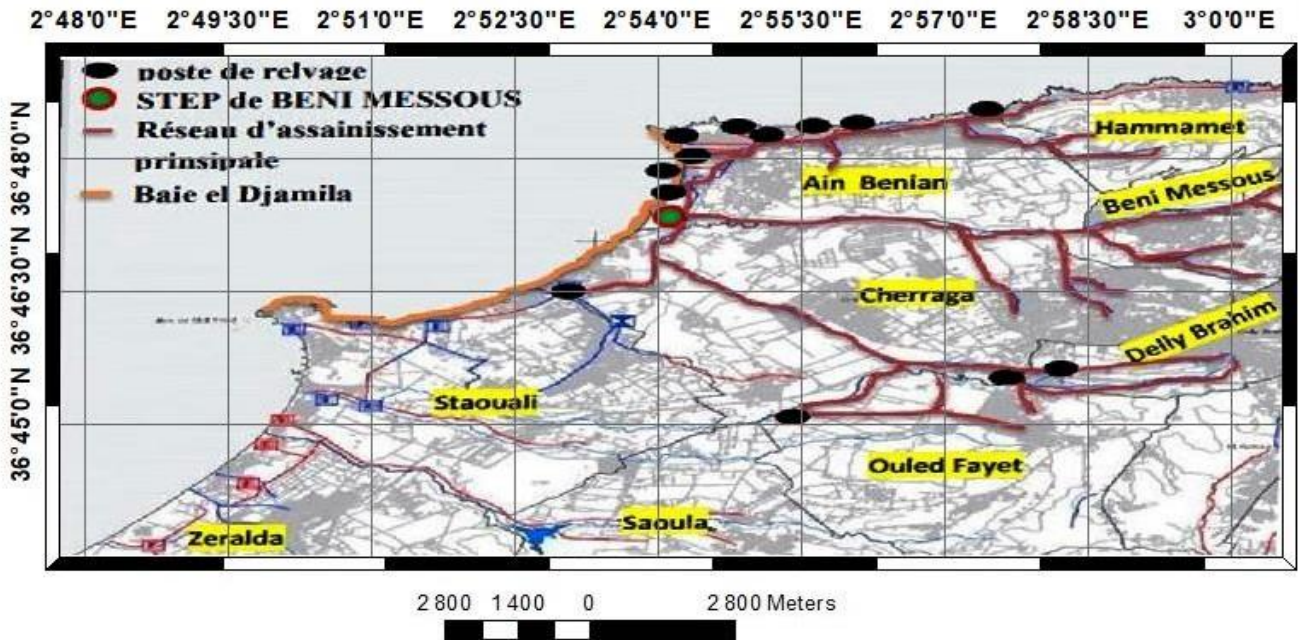
Les performances épuratoires enregistrées garantissent une conformité de **100 % des rejets en 2013**, avec un taux d'élimination de la pollution estimé à **95 %**. (*OULEBSIR, R ; 2020*).

### **Situation géographique**

La station d'épuration des eaux usées d'Ain Benian est située dans la commune d'Ain Benian, relevant de la wilaya d'Alger. Cette commune appartient à la daïra de Chéraga et est délimitée comme suit :

- Au Nord : la mer Méditerranée
- Au Sud : la commune de Chéraga
- À l'Ouest : la commune de Staoueli
- À l'Est : la commune d'Ain Benian (*SAFIDDINE, Z ; 2012*)

## GENERALITES



**Figure 1: Localisation géographique de la STEP de Béni-Messous (MOULAI LAKHDAR, S ; 2020)**

La station d'épuration (STEP) d'Aïn Benian a été conçue pour traiter les eaux usées domestiques issues des zones avoisinantes. Elle fonctionne en plusieurs phases, chacune correspondant à une capacité croissante de traitement. Le tableau suivant présente les principales caractéristiques techniques de la STEP pour les deux phases de son développement.

**Tableau 3: Récapitulatif des principales caractéristiques de la STEP (Daghar et Sisalah, 2007)**

Paramètres	Valeur de paramètre	Unité	
		1 <sup>ere</sup> phase	2 <sup>eme</sup> phase
Equivalent Habitant	Eq.hab	250000	500000
Débit moyen journalier	$m^3/j$	35770	50400
Débit moyen horaire	$m^3/h$	1490	2100
Débit de pointe horaire au temps sec	$m^3/h$	1800	2750
Débit de pointe horaire-temps de pluie	$m^3/h$	36000	5500

### **9.3.1 Prétraitement**

Le prétraitement a pour objectif d'éliminer les matières grossières ainsi que les éléments susceptibles de perturber ou d'endommager les étapes suivantes du traitement. Il repose sur des procédés mécaniques et physiques, notamment le dégrillage, le dessablage et le dégraissage.

#### **a. Dégrillage :**

##### **➤ Dégrillage grossier**

Les dégrilleurs ont pour rôle de protéger les équipements électromécaniques de la station et de limiter les risques d'obstruction des conduites installées. Il se caractérise par le dimensionnement suivant : largeur de 1m, angle d'inclinaison de  $75^\circ$  et espacement de 40 mm entre les barreaux (*OULD-MAHAMED, C ; et IKHLEF, N ; 2013*). Les sous-produits sont récupérés et acheminés vers une benne, par la suite, ils seront jetés en décharge publique.

##### **➤ Dégrillage fin**

Il a pour objectif de débarrasser les eaux brutes des déchets solides de taille fine, qui seront compactés et jetés dans une benne de  $5m^3$ . Il comprend deux canaux d'un mètre de largeur, équipés d'une grille inclinée de  $75^\circ$  avec espacement de 15 mm (*DAGHAR, A ; et SISALEH, M ; 2006*)

#### **b. Dessablage-Déshuilage**

Cet ouvrage de 2.4m de largeur et de 30m de longueur permet de récupérer à la fois les sables, qui se déposent au fond du fait que la vitesse est inférieure de 0.3m/s, et les graisses par flottation naturelle accélérée par injection de fines bulles. Ces dernières sont récupérées, respectivement, par un classificateur à sable et un pont racleur. A partir de ce processus, des eaux troubles sont générées (*DAGHAR, A ; SISALEH, M ; 2006*)

### **9.3.2 Traitement primaire**

Elle assure l'élimination des particules décantables en environ deux heures. Ce traitement élimine parfaitement le phosphore et une partie de la pollution organique (*REJSEK, F ; 2002*). Les effluents prétraités sont répartis sur deux décanteurs primaires cylindro-conique de caractéristiques suivantes : diamètre de 29m, hauteur cylindrique de 3.4m, volume de  $2223 m^3$  et surface unitaire de  $660m^2$ . Les boues primaires, issues de la sédimentation des matières décantables, sont récupérées périodiquement et envoyées vers l'étape d'épaississement (*OULD-MAHAMED, C ; et IKHLEF, N ; 2013*)

### **9.3.3 Traitement Biologique Secondaire**

#### **9.3.3.1 Bassin d'aération**

Les eaux préalablement décantées sont mises en contact avec une culture biologique connue sous le nom de « boues activées », contenant une forte concentration de micro-organismes. Ces derniers assurent la dégradation de la pollution biodégradable encore présente, ainsi que l'élimination partielle de certains composés contenus dans l'eau (azote, phosphore, etc...) (*OULD-MAHAMED, C ; et IKHLEF, N ; 2013*).

Une teneur de 1 à 3 mg/l d'oxygène dissous devrait être maintenue dans le système d'aération pour assurer le métabolisme microbien. Cet étage de traitement comporte deux bassins d'aération d'une longueur de 55.5m selon le plan d'eau 18.5m de largeur, une hauteur d'eau de 4.58m et un volume unitaire de 4700m<sup>3</sup>. (*DAGHAR, A ; et SISALEH, M ; 2006*)

#### **9.3.3.2 Décantation secondaire ou clarification**

La clarification a pour objectif de séparer l'eau épurée des boues activées par simple décantation gravitaire. L'eau traitée est ensuite rejetée dans le milieu naturel, tandis que les boues biologiques décantées sont dirigées vers l'épaississeur en vue d'un traitement ultérieur.

Une partie de ces boues, dite en excès, est rapidement recyclée en amont du bassin d'aération afin de la remettre en contact avec les polluants et de maintenir la charge massique du système (*OULD-MAHAMED, C ; et IKHLEF, N ; 2013*). Les deux clarificateurs se caractérisent par un diamètre de 55m, d'une hauteur cylindrique de 3.95m, d'un volume de 9384 m<sup>3</sup> (*DAGHAR, A ; et SISALEH, M ; 2006*).

#### **9.3.3.3 Station de comptage des eaux brutes et épurées**

Des mesures de débit, de conductivité, de pH et de température sont effectuées au niveau de l'eau brute et de l'eau épurée, via une sonde de type ultrasonique et une armoire d'échantillonnage (*Daghar et Sisalah ,2006*)

### **9.3.4 Traitement Tertiaire**

#### **9.3.4.1 Filtre à sable**

L'eau ayant subi préalablement les étapes de prétraitement mécanique, du traitement biologique et de décantation, subissent une filtration dans les filtres à sable.

Afin de régénérer la capacité de filtration des filtres, les MES piégées dans le lit filtrant doivent être évacuée régulièrement par le système de lavage. Ceci est obligatoire lorsque la perte de charge à travers du lit filtrant atteint un seuil maximal.

Pour un débit donné, à l'encrassage du filtre ne permet plus au système de régulation de maintenir le niveau de fonctionnement.

Le système de lavage du lit filtrant se fait principalement par l'air seul pendant environ deux minutes, agitation à l'air et à l'eau pendant environ trois minutes et rinçage à l'eau pendant environ six minutes (*Notice de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Beni Messous mise à jour 2021*)

### **9.3.4.2 La Désinfection par Rayonnement Ultraviolet**

Les eaux filtrées sont dirigées gravitaire-ment vers deux canaux en parallèle l'un avec l'autre qui sont équipés d'un système de désinfection par rayonnement UV.

Le rayonnement UV provoque des lésions sur l'ADN et ARN des bactéries et des virus, ce qui entraîne leur inactivation. (*Notice de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Beni Messous mise à jour 2021*).

## **9.4 Filière Boue**

### **9.4.1 Epaissement des boues**

L'épaississement des boues a pour objectif de diminuer leur volume en augmentant leur concentration par décantation gravitaire. Pour une bonne efficacité, ces ouvrages doivent être alimentés en continu et le plus régulièrement possible.

La concentration en boue de l'alimentation doit être inférieure à 10g/L afin d'obtenir une séparation rapide de l'eau et de la boue et de disposer d'un temps suffisant long pour la phase d'épaississement.

L'épaississeur est alimenté avec des boues mixtes (primaires et biologiques)

L'alimentation d'un épaisseur doit se faire en respectant un flux massique situé entre 45 et 75 Kg/MES/m<sup>2</sup>/jour (données guides) 45 pour les boues primaires et 75 pour les boues biologiques.

Les concentrations des boues épaissies seront comprises entre 35 et 45g/L.

Le temps de séjour conseillé des boues épaissies dans l'ouvrage est de 24h. (*Notice de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Beni Messous mise à jour 2021*)

### **9.4.2 Stabilisation des boues**

La stabilisation des boues est une étape essentielle du traitement, visant à réduire la matière organique biodégradable, limiter les odeurs et éliminer ou réduire les agents pathogènes. Elle peut être réalisée par des procédés biologiques (comme la digestion aérobie ou anaérobie) ou par des traitements chimiques. Cette phase permet d'obtenir des boues plus stables, mieux adaptées au stockage, à la valorisation ou à l'élimination. (*Notice de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Beni Messous mise à jour 2021*)

### **9.4.3 Déshydratation des boues**

La déshydratation est l'étape finale de valorisation ou d'élimination, consiste à extraire un maximum d'eau des boues après leur stabilisation, dans le but de réduire leur volume. Cela facilite leur manutention, leur transport et diminue les coûts de traitement. Elle peut être réalisée par des techniques mécaniques (comme la centrifugation, les filtres presses) ou par des procédés naturels tels que les lits de séchage. (*Notice de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Beni Messous mise à jour 2021*)

# **MATERIEL ET METHODES**

### 1 Conditionnement du matériel de prélèvement

Au laboratoire, les flacons ont été lavés soigneusement avec l'eau savonneuse afin de les préparer pour les différentes étapes expérimentales, notamment la préparation des milieux de culture, échantillonnage et les dilutions.

Les flacons destinés aux dilutions (notamment ceux 90ml et 100mL) ainsi que ceux utilisés pour le prélèvement ont ensuite été soumis à une stérilisation en autoclave à une température de **115°C** pendant **15min** cette étape de stérilisation sert à éliminer tous contaminant microbien et garantir la fiabilité des analyses microbiologiques.

Après stérilisation, les flacons ont été étiquetés correctement et conservés dans des conditions aseptiques jusqu'à leur utilisation.

#### 1.1 Choix des sites de prélèvements

Le choix des trois sites de prélèvement a été réalisé d'une manière stratégique afin d'assurer une évaluation représentative et pertinente de l'impact des apports d'Oued Béni-Messous et de la Station d'épuration d'Ain Benian sur la plage El Bahdja :

**Efficacité du fonctionnement de la station d'épuration** : Un point de prélèvement a été choisi à la sortie des eaux épurées de la station d'Ain Benian, afin d'évaluer la qualité de l'eau après traitement et avant son rejet dans l'Oued Beni Messous

**Apports de l'Oued Beni Messous en termes de pollution** : Un site a été sélectionné au niveau de l'oued Beni Messous, avant la réception des eaux épurées, afin d'évaluer la qualité de l'eau dans le lit de l'oued, qui constitue un vecteur principal de transfert des polluants vers le milieu marin

**Impact des rejets sur la salubrité des eaux de baignade de la plage El Bahdja** : Le troisième point de prélèvement se situe au niveau du point de contact entre l'oued et la mer, au niveau de la plage El Bahdja (embouchure), dans le but d'évaluer l'impact potentiel des rejets sur la qualité des eaux côtières, particulièrement celles destinées à la baignade.

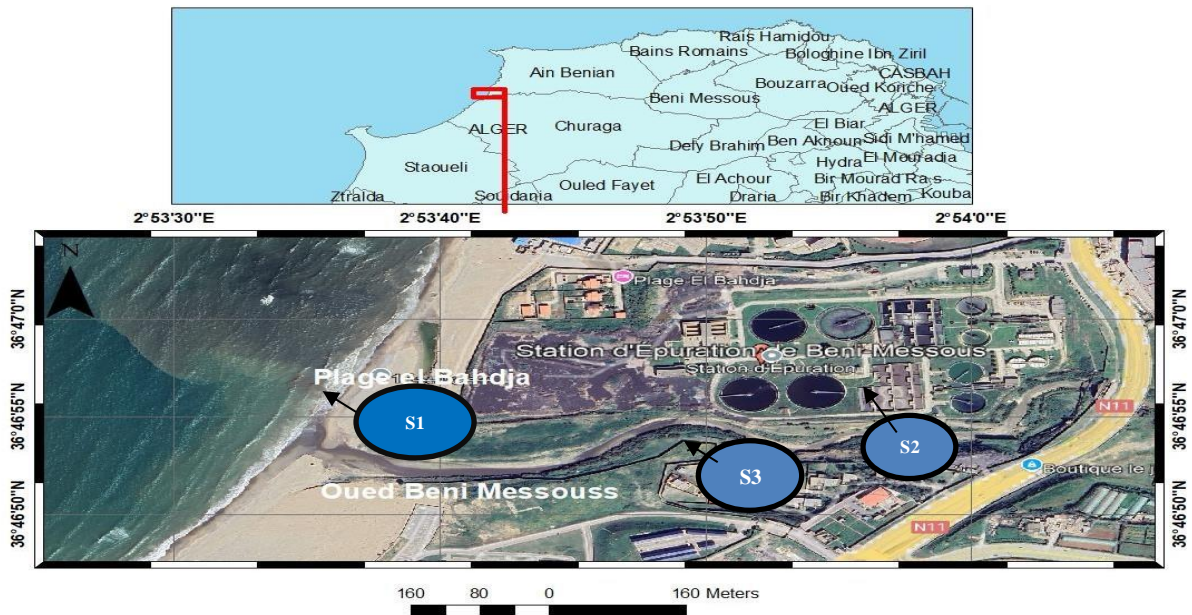


Figure 2: Localisation Géographique des sites de prélèvements (GOOGLE EARTH, 2025)

### 1.2 Localisation des stations de prélèvements

Les coordonnées géographiques, latitudes et longitudes, relatif aux stations de prélèvement sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Les coordonnées géographiques des stations d'étude

Station de prélèvement	Latitude	Longitude
Station 01 (S1) Eaux de contact (eau de mer+oued+eau épurée)	36°46'53.13''N	2°53'37.28''E
Station 02 (S2) Eaux épurées	36°78'27.00''N	2°89'71.42''E
Station 03 (S3) Eaux de l'oued	36°46'53.13''N	2°53'46.00''E

## 2 Echantillonnage

Dans le cadre de cette étude, deux campagnes de prélèvements ont été réalisées le **13 Avril 2025** et **18 mai 2025**, dans le but de permettre une comparaison temporelle entre les deux périodes.

Les échantillons ont été collectés manuellement a environ **15 cm** de profondeur sous la surface de l'eau. Pour les analyses physico-chimiques, les prélèvements ont été effectués dans des bouteilles en plastique non stériles d'une capacité **1.5L**, préalablement rincées avec l'eau à analyser. Ces analyses ont été réalisées au niveau de laboratoire de la station d'épuration (STEP) et ont porté sur les paramètres suivants : Température, PH, Conductivité, demande biologique en

oxygène (DBO5), demande chimique en oxygène (DCO), matière en suspension (MES), ainsi que les sels nutritifs (azote, l'ammonium, nitrites, nitrates, phosphate...).

En ce qui concerne les analyses bactériologiques, les échantillons ont été recueillis dans des flacons stériles d'une capacité **500ml** et **1L** (pour les salmonelles) afin de prévenir toute contamination, les flacons sont remplis jusqu'au bord afin d'éviter la présence de bulles d'air susceptibles d'altérer la qualité de l'échantillon. Le bouchon est soigneusement placé de manière à garantir l'étanchéité et à prévenir tout risque d'éjection durant le transport. Une fois les prélèvements réalisés, les flacons sont étiquetés avec les informations suivantes : la date, l'heure du prélèvement ainsi que le nom du point d'eau concerné.

Les analyses sont effectuées au niveau du laboratoire microbiologique de l'ENSSMAL. Tous les prélèvements ont été transportés dans une glacière isotherme jusqu'aux laboratoires concernés, et les analyses ont été effectuées dans un délai maximal de 8 heures après le prélèvement, conformément aux normes de qualité en vigueur.



**Figure 3: Prélèvement in situ**

### 3 Les analyses physico-chimiques

#### 3.1 Température (T)

Sa mesure a été réalisée à l'aide d'une sonde thermométrique, soigneusement immergée dans l'échantillon. La lecture a été effectuée une fois la température stabilisée. (AFNOR, 2005)

#### 3.2 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode combinée. Cette mesure consiste à immerger l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon, laisser le système se stabiliser pendant quelques instants, puis relever la valeur du pH affichée.

#### 3.3 Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'estimer la concentration en sels ionisables dissous dans l'eau. Une conductivité électrique élevée peut être interprétée comme un indicateur potentiel de pollution du milieu aquatique. Les résultats sont exprimés en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et fournissent une indication précise de la teneur totale en sels dissous (OMS, 2006).

Avant chaque mesure, l'électrode de l'appareil doit être soigneusement rincée à l'eau distillée. Ensuite, l'électrode est immergée dans le bécher contenant l'échantillon, en veillant à ce qu'elle soit complètement plongée dans l'eau afin d'assurer une lecture fiable



Figure 4: conductimètre+ pH-mètre+ thermomètre.

#### 3.4 Dosage des matières en suspension (MES)

La détermination des matières en suspension (MES) dans l'eau est réalisée par filtration sur membrane, une méthode qui permet de retenir et de quantifier les particules solides présentes dans l'échantillon. Un volume d'échantillon (150ml) est filtré sur un filtre millipore AP 40 de porosité  $0.45 \mu\text{m}$ . Le poids des matières recueillies est obtenu en comparant la masse du filtre avant et après un séchage de 2 heures à  $105^\circ\text{C}$  en étuve (RODIER, J ; et al, 1996)

### 3.4.1 Filtration

#### Mode opératoire

Le protocole permettant de réaliser la filtration est le suivant :

- ❖ Mettre le filtre en fibre de verre traité auparavant, dans une coupelle en 1 aluminium et peser avec une balance, de **0.1 mg** de précision et noter le poids ( $P_1$ ).
- ❖ Placer le filtre sur la rampe de filtration.
- ❖ Bien agiter l'échantillon.
- ❖ Verser **150 ml** de l'échantillon (bien agité) sur le filtre et appliquer le vide.
- ❖ Une fois l'eau est filtrée, rincer les parois de l'appareil avec l'eau distillée.
- ❖ Récupérer le filtre après la filtration et le placer dans sa coupelle respective, puis le placer dans une étuve à **105°C** pendant **deux heures** pour enlever l'excès d'eau.
- ❖ Peser de nouveau la coupelle, après séchage, puis noter son poids  $P_2$ .

### 3.4.2 Calcule

La teneur en MES est calculée selon de la formule suivante :

$$(\text{MES})(\text{mg/l}) = \frac{(P_2 - P_1)}{V_F} * 10^6$$

Ou :

(MES) : Teneur en matière en suspension en **milligramme par litre (mg/l)**.

$P_1$  : est le poids du filtre vide avant filtration(g)

$P_2$  : est le poids du filtre après filtration et séchage à **105°C (g)**

$V_F$  : est le volume filtré de l'échantillon (**ml**) **150 ml (ISO 11923 :1997(F))**

### 3.5 Demande chimique en oxygène (DCO)

L'échantillon est digéré à chaud avec un oxydant fort Dichromate, et la DCO est déterminée par lecture spectrophotométrie

Une Gamme d'échantillonnage était intégrée au niveau de spectrophotomètre.

Afin de déterminer la concentration de DCO dans un échantillon d'eau à l'aide de Kit **LCK114** de Hach (eau chargé) dans la gamme 150-1000mg  $O_2/L$  et **APC500** de Hach (eau moins chargée) dans la gamme 0-150mg  $O_2/L$

### 3.5.1 Mode opératoire

- ❖ Mettre des gants, lunettes, et blouses de protection.
- ❖ Homogénéiser l'échantillon d'eau.
- ❖ Prélever **2 ml** de l'échantillon avec une pipette.
- ❖ Introduire les **2 ml** dans l'ampoule.
- ❖ Refermer l'ampoule immédiatement.
- ❖ Agiter l'ampoule doucement pour bien mélanger.
- ❖ Placer l'ampoule dans un thermo réacteur à **150°C** pendant **2h**.
- ❖ Retirer l'ampoule et laisser refroidir.
- ❖ Insérer l'ampoule dans le spectrophotomètre Hach.
- ❖ Lire et enregistrer la valeur affichée (**mg O<sub>2</sub>/L**).

### 3.6 Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La détermination de la Demande Biologique en Oxygène sur cinq jours (DBO<sub>5</sub>) consiste à mesurer la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes lors de la dégradation de la matière organique biodégradable, à une température constante de **20 °C**, pendant une durée conventionnelle de cinq jours. (*RODIER, J ; 2005*).

#### 3.6.1 Mode opératoire :

- ❖ Préparer un échantillon de l'eau d'oued et la plage **160ml** et de l'eau épurée **420ml** en mois d'avril. Concernant mois de mai, de l'eau de plage et l'eau épurée **420ml**, l'eau de l'oued **160ml**
- ❖ Transférer l'échantillon préparé de l'éprouvette dans une bouteille BODTrak.
- ❖ Placer un barreau magnétique dans chacun des flacons pour l'homogénéisation
- ❖ Mettez un agitateur BODTrak dans la bouteille.
- ❖ Placer la cupule contenant environ **0.4g** d'hydroxyde de sodium dans le goulot de chaque flacon et des inhibiteurs pour bloquer l'activité des bactéries nitrifiantes. Cela évite de surestimer la DBO en excluant la consommation d'oxygène liée à la nitrification, et permet ainsi de mesurer uniquement la DBO carbonée.
- ❖ Régler les plages des mesures de **[0 à 600]** pour les eaux usées et de **[0 à 90]** pour les eaux épurées
- ❖ Placer les flacons dans une chambre thermo statée (appareil BODTrak) et sombre durant leurs mesures de DBO<sub>5</sub> et mettre l'appareil en marche.

- ❖ Les échantillons sont placés dans un incubateur pendant 5 jours à une température de **20°C**. Les résultats retenus correspondent aux valeurs mesurées à l'issue de cette période d'incubation.



**Figure 5: Bouteille BODTrak (DBO5)**

### 3.7 Les formes Azotés

Pour l'analyse des différents formes d'azote (azote ammoniacal, nitrites, nitrates, azote total) ainsi que du phosphore, on utilise des cuvettes tests standards (LCK) développées par la marque Hach. Chaque cuvette contient des réactifs spécifiques à la forme à analyser et fonctionne selon une méthode colorimétrique normalisée.

#### 3.7.1 L'azote

L'analyse de l'azote totale (TNb) a été réalisée à l'aide de kit **LCK338 Hach** pour l'eau d'une charge polluante élevée conforme à la norme **ISO 23697-1**. Ce kit permet de doser l'azote total dans une plage de **20 à 100 mg/l**.

Ainsi que pour l'eau d'une charge polluante moins élevée le kit **LCK238** a été utilisé à la norme **ISO 23697-1** dans une plage de **5 à 40 mg/l**.

L'azote total représente la somme de toutes les formes d'azote présentes dans un échantillon d'eau : l'azote ammoniacal, les nitrites, les nitrates, et l'azote organique.

Pour pouvoir le mesurer, il faut d'abord transformer toute ses formes d'azote en nitrate. Cette transformation se fait en chauffant l'échantillon avec des produits chimiques forts (acide + oxydant) à **120°C pendant 30min**. Ensuite, les nitrates formés réagit avec un autre produit

chimique qui crée une couleur violette, plus il y a d'azote dans l'échantillon plus la couleur sera intense.

On mesure cette couleur avec un appareil appelée spectrophotomètre qui donne directement la concentration en azote totale, en **mg/l**.

- **Mode opératoire :**

- ❖ Prélever un volume précis d'échantillon :
  - 0.5 ml** pour LCK238 (eaux épurées)
  - 0.2 ml** pour LCK338 (eaux brutes)
- ❖ Introduire l'échantillon dans la cuve qui contenant les réactifs pré-dosés.
- ❖ Ajouter **2 ml** (LCK238) et **2.3 ml** (LCK338) de réactif A.
- ❖ Ajouter le contenu d'un sachet de réactif B dans chaque cuve.
- ❖ Agiter manuellement pour homogénéiser.
- ❖ Placer les cuves dans les thermo réacteurs HT200S a **120°C** pendant **30 minutes**.
- ❖ Laisser refroidir à température ambiante (**18-20°C**).
- ❖ Ajouter **0.5 ml** de réactif C lentement pour neutraliser.
- ❖ Ajouter **0.2 ml** de réactif D, provoquer la coloration.
- ❖ Mélanger puis laisser reposer **15 minutes**.
- ❖ Insérer les cuves dans le spectrophotomètre HACH et lire directement la concentration en mg/L TNb.

### 3.7.2 Les Nitrites ( $NO_2^-$ )

L'analyse des nitrites ( $NO_2^-$ ) a été réalisée à l'aide de kit LCK342 Hach pour l'eau d'une charge polluante élevée conforme à la norme ISO 23697-1. Ce kit permet de doser les nitrites dans une plage de **2 à 20mg/l**.

Ainsi que pour l'eau d'une charge polluante moins élevée le kit LCK341 hach a été utilisée à la norme ISO 23697-1 dans une plage de **0.05 à 2 mg/l**.

L'analyse des nitrites repose sur une réaction chimique entre les ions nitrite présents dans l'échantillon d'eau et des réactifs spécifique contenus dans les cuvettes tests. En milieu acide, les

nitrites réagissent avec des amines aromatiques pour former un composé azoïque de couleur rose à rouge violacé (méthode de Griess).

L'intensité de la coloration produite est proportionnelle à la concentration en nitrites est mesurée par photométrie.

- **Mode opératoire :**

- ❖ Ouvrir le flacon en retirant le bouchon DosiCap Zip.
- ❖ Prélever un volume précis d'échantillon à analyser :
  - 2.0 ml** pour LCK341 (eaux épurées)
  - 0.2 ml** pour LCK342 (eaux brutes)
- ❖ Introduire l'échantillon dans la cuvette à l'aide d'une pipette
- ❖ Refermer avec le DosiCap Zip, puis agiter vigoureusement pendant 3 secondes.
- ❖ Laisser réagir pendant 10 minutes à température ambiante.
- ❖ Nettoyer la cuvette à l'extérieur, puis l'introduire dans le spectrophotomètre HACH.
- ❖ Lancer l'analyse dans le spectrophotomètre HACH et lire directement la concentration en **mg/L ( $NO_2^-$ )**

### 3.7.3 Les Nitrates ( $NO_3^-$ )

L'analyse des nitrates ( $NO_3^-$ ) a été réalisée à l'aide de **kit LCK339** Hach pour l'eau d'une charge polluante élevée et l'eau d'une charge polluante moins élevée conforme à la norme **ISO 23696-1**. Ce kit permet de doser les nitrates dans une plage de **1 à 60 mg/l**.

L'analyse des nitrates repose sur une réaction chimique entre les ions nitrates ( $NO_3^-$ ) présents dans l'échantillon à analyser et un réactif spécifique contenu dans les cuvettes tests **Lck339**. Les nitrates sont réduits en nitrites par un agent réducteur, puis les nitrites réagissent avec un autre réactif pour former un complexe coloré de type azoïque.

Cette réaction se déroule selon la méthode à l'acide sulfanilique. L'intensité de la coloration (rose à rouge) formée est proportionnelle à la concentration en nitrate est mesurée par photométrie.

- **Mode opératoire :**

- ❖ Prélever **1 ml** d'échantillon d'eau et l'introduire dans le tube réactif.
- ❖ Ajouter ensuite **0.2 ml** du réactif A dans le même tube.
- ❖ Fermer le tube avec le bouchon fourni, puis agiter le tube **2 à 3 fois**.
- ❖ Laisser réagir pendant **15 minutes**.
- ❖ Insérer le tube dans le photomètre pour la lecture de la concentration en nitrates.

### 3.7.4 L'ammonium ( $NH_4^+$ )

L'analyse d'ammonium ( $NH_4^+$ ) a été réalisée à l'aide de kit **LCK303** Hach pour l'eau d'une charge polluante élevée conforme à la norme **ISO 23695**. Ce kit permet de doser l'ammonium dans une plage de mesure **2.5 à 60 mg/l**

Tandis que pour l'eau d'une charge polluante moins élevée le kit **LCK305** a été utilisé à la norme **ISO 23695** dans une gamme de mesure **1.3 à 15 mg/l**

L'analyse de l'ammonium repose sur une réaction chimique entre l'ion ammonium contenu dans l'échantillon d'eau et un réactif spécifique présent dans les cuvettes tests. En milieu alcalin, l'ammonium réagit avec l'hypochlorite et le salicylate pour former un complexe de couleur verte (méthode de l'indophénol). L'intensité de la coloration produite est proportionnelle à la concentration en ammonium.

On mesure cette couleur avec un appareil appelée spectrophotomètre qui donne directement la concentration en ammonium en **mg/l**.

- **Mode opératoire :**

- ❖ Prélever un volume précis d'échantillon :
  - 0.2 ml** pour LCK303 (Eaux brutes)
  - 0.5 ml** pour LCK305 (Eaux épurées)
- ❖ Refermer la cuvette.
- ❖ Agiter verticalement **2 à 3 fois** pour bien mélanger.
- ❖ Attendre **15 minutes** pour que la réaction se fasse.
- ❖ Nettoyer la cuvette à l'extérieur.

- ❖ Insérer la cuvette dans le photomètre et lire le résultat affiché.

### 3.7.5 Ortho phosphates ( $PO_4^{3-}$ )

La gamme de mesure des ortho phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) varie selon le type d'eau analysée : le kit **LCK350 Hach** est utilisé pour les eaux brutes dans une plage de **6 à 60 mg/l** et le kit **LCK348 Hach** pour les eaux épurées dans une plage de **1.5 à 15 mg/l**.

L'analyse du phosphore total repose sur la digestion oxydante du phosphore présent sous toutes ses formes (organiques et inorganiques) dans l'échantillon, le transformant en phosphate inorganique (ortho phosphate).

Après digestion, ce phosphore réagit avec un réactif à base de molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe phosphomolybdique qui est ensuite réduit en un complexe bleu.

L'intensité de cette coloration est proportionnelle à la concentration en phosphore total et est mesurée par photomètre.

- **Mode opératoire :**

- ❖ Ouvrir le tube réactif fourni dans le kit.
- ❖ Prélever l'échantillon :
  - 0.5 ml** pour LCK348 (Eaux épurées)
  - 0.4 ml** pour LCK350 (Eaux brutes)
- ❖ Agiter le tube **2 à 3 fois** pour homogénéiser.
- ❖ Effectuer la digestion thermique :
  - Soit dans HT200S : chauffer pendant **15 minutes**
  - Soit en digestion classique :
    - Option A : chauffer **100°C** pendant **1 heure**.
    - Option B : chauffer a **120°C** pendant **30 minutes**.
- ❖ Laisser refroidir les tubes à température ambiante (**18-20°C**)
- ❖ Agiter de nouveau 2 à 3 fois après refroidissement.
- ❖ Ajouter le réactif B :

LCK348 : ajouter **0.2ml**      LCK350 : ajouter **0.5 ml**

- ❖ Fermer le tube avec le DosiCap C.
- ❖ Agiter à nouveau **2 à 3** fois pour bien mélanger.
- ❖ Laisser réagir pendant **10 minutes**.
- ❖ Lire la concentration en phosphore total à l'aide du spectrophotomètre **HACH**.

#### 4 Les Analyses bactériologiques par filtration sur membrane

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité bactériologique une estimation des coliformes totaux, des coliformes fécaux, les entérocoques fécaux, Escherichia .coli et les Salmonelles a été réalisés par filtration sur membrane.

Le principe de cette méthode repose sur la filtration de **100 ml** d'échantillon ou de ces dilutions, à travers une membrane en esters de cellulose d'une porosité de **0.45 µm**. Cette membrane est installée dans une rampe de filtration en inox a 6 postes, le tous réalisés dans des conditions stériles (*Rodier et al ; 2009*) .La membrane est déposée à la surface d'un milieu de culture approprié, choisi en fonction du type de micro-organisme recherchés.



**Figure 6: Rampe de Filtration**

- **Matériels utilisés**

Bec benzène, Filtres de **0.45 µm**, Rampe de filtration, Microscope optique, Pince stérile, Etuve **37°C**, **44°C**, Pipettes Pasteur, Bain marie, Boites de pétri, Flacons stériles, Eprouvettes, Entonnoirs, Etiquettes, Conteur colonies, Portoirs, Plaque chauffante, Tube à essais stérile, Anse de platine, Autoclave (**115°C**), Lame et Lamelle, Réfrigérateur (**4°C**), Galerie API 20<sup>E</sup>.

- **Produits utilisés :**

Milieu de culture gélose Tergitol, Milieu de culture BEA, Milieu de culture SS, Milieu de culture Slantz et Bartley, Milieu TSA, Eau distillée, Colorant de GRAM (violet de gentiane, Lugol, Fuschine et alcool), Réactif de kovacs, Huile à immersion (vaseline), Disque oxydase, Disque SFB, Milieu SFB, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : (réactif du test catalase), Bleu de méthylène, Huile de paraffine, BLBVB, EPI.



**Figure 7: Les Flacons stériles**



**Figure 8: matériels conditionnés**

### 4.1 Recherche et Dénombrement des Coliformes

Afin d'obtenir des résultats exploitables et quantifiables, des dilutions en série ont été réalisées sur les échantillons prélevés. Ces dilutions, effectuées dans des flacons stériles, ont permis de réduire progressivement la concentration bactérienne. Elles ont été menées jusqu'au facteur 10<sup>-8</sup>, en fonction de la charge microbienne estimée. Cette méthode permet d'isoler un nombre de colonies comptables sur les milieux de culture, assurant ainsi la fiabilité des dénombrements.

### 4.1.1 Coliformes totaux et fécaux

Dans des conditions stériles une membrane filtrante est placée sur une plaque poreuse, puis un volume de **100ml** d'échantillon, préalablement agité, est filtré. Après filtration, la membrane est transférée sur une gélose au Tergitol. L'incubation se fait à **37± 1°C** pendant **24-48 heures** pour les coliformes totaux et a **44± 0.5°C** pour les coliformes thermo-tolérants. (*Rodier, 2009*)

Les colonies caractéristiques présentant, un aspect lisse légèrement surélevé, des contours réguliers et une pigmentation jaune, sont dénombrées pour les coliformes totaux et fécaux

### 4.1.2 La recherche d'E. Coli

La recherche d'Escherichia coli a été réalisée à l'aide du test de Mackenzie. Une colonie suspecte a été prélevée à partir de la boîte incubée a **44 ± 0,5 °C** pour les coliformes fécaux, puis ensemencée dans un tube contenant du bouillon lactosé bilé vert brillant (BLBVB) stérile muni d'une cloche de fermentation pour la détection de gaz. Ce tube a été incubé pendant **24 à 48 heures**. Ensuite, **1ml** du milieu BLBVB présentant une production de gaz a été transféré dans un tube contenant du bouillon EPI et incubé à nouveau pendant **24 heures**. A l'issue de cette incubation, quelques gouttes de réactif de Kovacs ont été ajoutées. L'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu indique la présence d'indole, confirmant aussi l'identification d'Escherichia Coli.

### 4.1.3 Les Entérocoques fécaux

Après filtration, la membrane est transférée sur une gélose Slantez et Bartley. L'incubation à **37°C** pendant **24-48 heures**.

L'identification des colonies typiques de couleur marron est effectuée par dépôt de la membrane sur gélose contenant de la bille de l'esculine BEA pendant **20 minutes**.

Ces derniers donnent des colonies noires caractéristiques qui ont un aspect lisse bien délimité, couleur rouge foncé a marron, sont dénombrés pour les streptocoques fécaux.

- **Expression des résultats des coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux :**

Le résultat final sera exprimé selon l'équation suivante :

$$N = \frac{C}{V * d}$$

Avec :

N : nombres de bactéries en UFC/100ml ;

C : nombre de colonies caractéristiques ;

V : volume d'échantillon filtré ;

d : facteur de dilution effectué ;

## 4.2 Méthodologie de recherche des Salmonelles

La recherche des salmonelles a été réalisée selon une méthode qualitative en plusieurs étapes successives : enrichissement, isolement et identification biochimique.

L'ensemble de ces manipulations a été réalisé dans des conditions aseptiques, devant un bec benzène. L'échantillon d'eau (**1000ml**) est d'abord filtré à l'aide d'une membrane, puis cette dernière est mise en contact avec **100 ml** du milieu SFB enrichi de quatre disques SFB. Après une première incubation à **37°C** pendant **18 à 48 heures**, premier enrichissement est réalisé. Ensuite, un deuxième enrichissement est effectué en transférant **1 ml** de ce milieu dans **9 ml** de SFB avec un disque SFB, suivi d'une nouvelle incubation. Vient ensuite l'isolement, par ensemencement sur gélose SS (Salmonella-Shigella), et incubation à **37°C** pendant **18 à 48 heures**. A ce stade, deux types de colonies peuvent être observés : noires (présumées salmonella) ou roses. Les colonies suspectes sont alors prélevées pour subir des tests biochimiques, notamment la coloration de Gram (bacilles Gram négatifs), les tests de catalase et d'oxydase (tous deux négatifs), un test TS et un test de mobilité ont été réalisés, puis incubés pendant **24 heures** à **37°C**. A partir du test TS, on a observé une coloration jaune ou noire au fond du tube et une pente rouge.

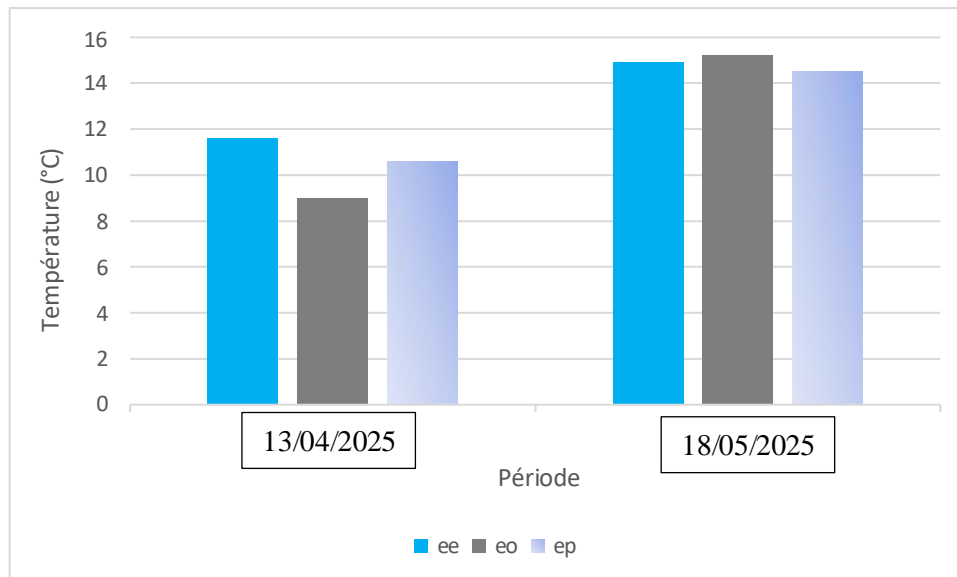
Pour l'identification biochimique à l'aide de la galerie API 20<sup>E</sup>, un tube stérile contenant **6ml** d'eau distillée a été préparé. Le contenu du tube TS a été ensemencé à l'aide d'une anse de platine, qui a ensuite été plongée dans le tube stérile. Ce dernier a servi à l'inoculation de la galerie API 20<sup>E</sup>. Cette dernière a été incubée pendant **24 heures** à **37°C**.

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## 1 Résultats des paramètres physico-chimiques

Les conditions météorologiques ont différé entre les deux campagnes de prélèvement. Lors de la sortie du mois d'avril, le temps était nuageux, accompagné de vent et d'une mer légèrement agitée, ce qui a pu influencer la turbidité de l'eau et favoriser le ruissellement des polluants vers la mer. En revanche, en mai, le ciel était dégagé, avec des conditions calmes et stables, ce qui a permis des prélèvements dans un environnement plus représentatif d'un état stable du littoral. Ces différences météorologiques peuvent avoir un impact sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques observés.

### 1.1 La Température



**Figure 9: Variation de la température dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

Les températures enregistrées lors des deux campagnes d'échantillonnage traduisent l'influence des conditions climatiques printanières.

En avril, l'eau de l'oued (Eo) est la plus fraîche avec **9°C**, ce qui est caractéristique d'un écoulement récent ou souterrain.

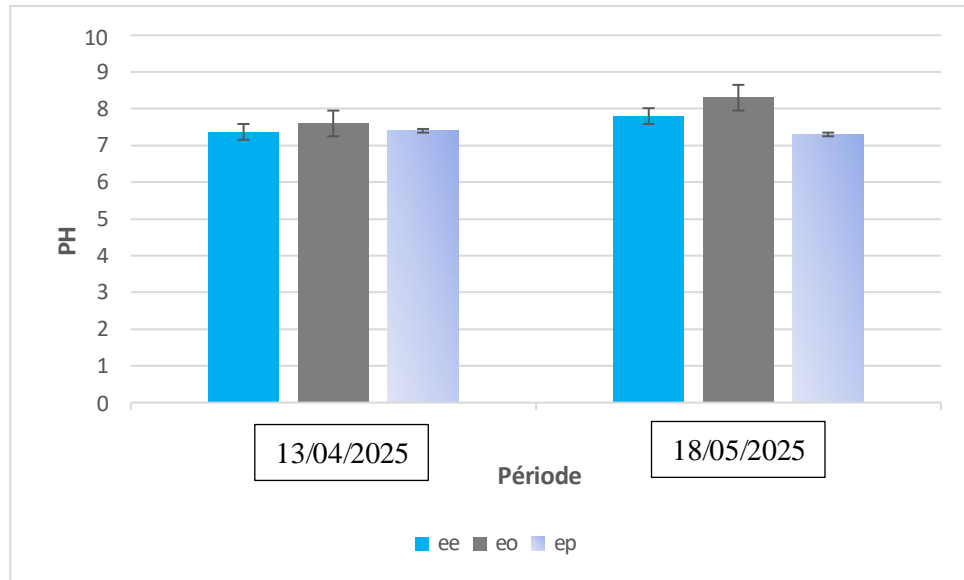
Une hausse est notée en mai dans tous les points, atteignant jusqu'à **15.2°C** dans l'oued, ce qui pourrait résulter d'un ensoleillement prolongé sur une eau stagnante ou faiblement brassé.

L'eau épurée (Ee) et l'eau de la plage (Ep) suivent la même tendance vers une augmentation

modérée de température entre les deux campagnes.

Les Températures de l'oued et celles des eaux épurées rejetées par la station d'épuration ne présentent aucun effet sur le milieu récepteur (La plage EL BAHDJA), car les températures mesurées sont largement inférieurs aux 30°C fixés par l'OMS (*Omeiri, M ; 2016*)

1.2 Potentiel d'Hydrogène :



**Figure 10: Variation du pH dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

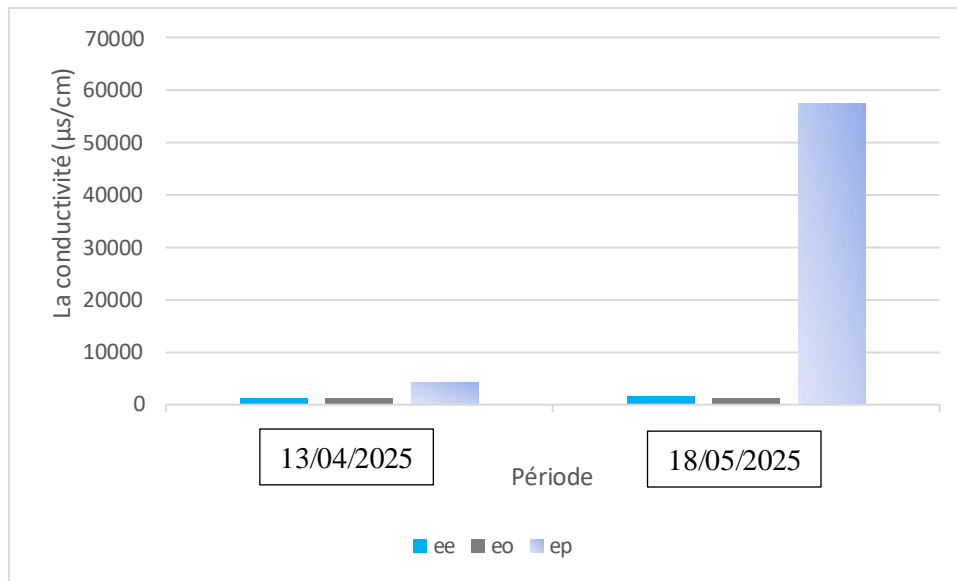
Le pH reste relativement stable et globalement neutre à légèrement basique.

L'eau épurée (Ee) passe de **7.37** en avril à **7.8** en mai, témoignant d'un environnement peu soumis à des variations acides ou basiques.

L'eau de l'oued (Eo), initialement à **7.6** augmente à **8.3**, ce qui peut être attribué à une activité biologique plus intense en mai, comme la photosynthèse qui tend à élever le pH.

L'eau de la plage (Ep) montre une stabilité avec des valeurs proches de la neutralité (**7.4** puis **7.3**), ce qui reflète un bon tamponnement naturel dans le milieu marin.

### 1.3 La Conductivité électrique



**Figure 11: Variation de la conductivité électrique dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

La conductivité électrique permet d'évaluer la teneur en ions dissous dans l'eau, ce qui en fait un excellent indicateur de minéralisation et indirectement de pollution d'origine urbaine, industrielle ou domestique.

Lors de la première campagne, le 13 avril 2025, la conductivité de l'eau de l'oued Beni Messous était de **1200 µS/cm**, reflétant déjà une minéralisation significative. Cette valeur peut être expliquée par les apports en sels provenant du ruissellement urbain, des rejets domestiques non collectés dans le bassin versant. En effet, à cette même date, l'eau épurée affichait une conductivité légèrement plus élevée, atteignant **1315 µS/cm**, traduisant une charge ionique toujours notable malgré le traitement. Cette élévation modérée reste cohérente avec les caractéristiques habituelles d'une eau traitée biologiquement, sans élimination spécifique des sels dissous.

En revanche, la plage El Bahdja présentait à cette période une conductivité de **4320 µS/cm**, bien plus élevée que celles mesurées dans l'oued ou dans l'eau épurée. Cette élévation s'explique principalement par le mélange entre les eaux continentales (oued+ STEP) et l'eau de mer, naturellement riche en sels (environ **50000 µS/cm**). Le résultat observé confirme donc une dilution partielle des apports d'eau douce, tout en maintenant une influence continentale perceptible sur la qualité du milieu marin.

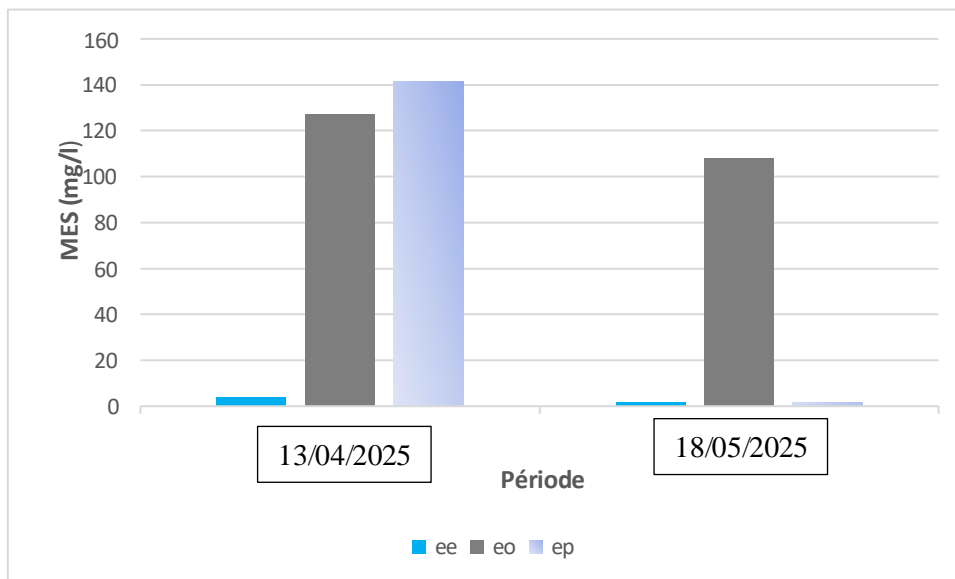
Lors de la deuxième campagne, 18 mai 2025, la situation hydrologique avait changé, l'oued était à sec à l'exutoire, ce qui a interrompu tout apport d'eau douce direct vers la plage. Malgré cela, la

conductivité de l'eau de l'oued (en amont) a légèrement augmenté à **1333  $\mu\text{S}/\text{cm}$** , tandis que celle de l'eau épurée atteignait **1622  $\mu\text{S}/\text{cm}$** , suggérant une concentration progressive en sels, probablement liée à une baisse du débit et à l'évaporation.

La plage, quant à elle, présentait une conductivité mesurée à **57 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$** , une valeur qui reste conforme aux niveaux généralement observés dans les eaux marines de la Méditerranée. Cette conductivité reflète principalement la salinité naturelle de l'eau de mer et n'indique pas de concentration anormalement élevée en sels. Aucun phénomène particulier, tel qu'une évaporation excessive ou une stagnation inhabituelle, ne semble influencer significativement cette mesure

En résumé, les résultats montrent que la conductivité reflète fortement les apports en sels dissous depuis les compartiments continentaux, avec un effet visible sur la qualité des eaux de baignade, surtout en période d'écoulement actif. Même en l'absence d'écoulement, une empreinte physico-chimique persistante peut subsister sur le littoral, soulignant l'importance de surveiller ce paramètre sur le long terme.

### 1.4 Les Matières en Suspension (MES)



**Figure 12 : Variation de la matière en suspension dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

Les concentrations élevées en MES observées en avril peuvent être expliquées par plusieurs facteurs combinés. D'une part, l'oued Beni Messous a contribué à un apport solide important, transportant des matières en suspension issues du ruissellement urbain. D'autre part, les conditions météorologiques défavorables (mer agitée, vent, ciel couvert) ont favorisé la remise en suspension des sédiments par l'action des vagues, augmentant ainsi la turbidité et la charge particulaire de l'eau. En mai, avec un ciel dégagé et une mer plus calme, l'assèchement de l'oued a son embouchure, ce qui explique la nette baisse de MES à la plage.



Figure 12: Résultats MES

### 1.5 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

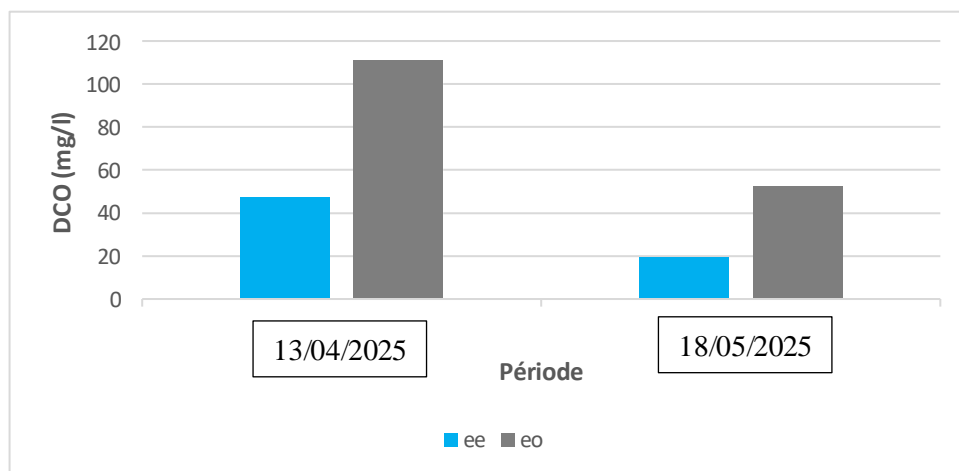


Figure 13: Variation de la DCO dans les différentes stations d'étude en fonction du temps

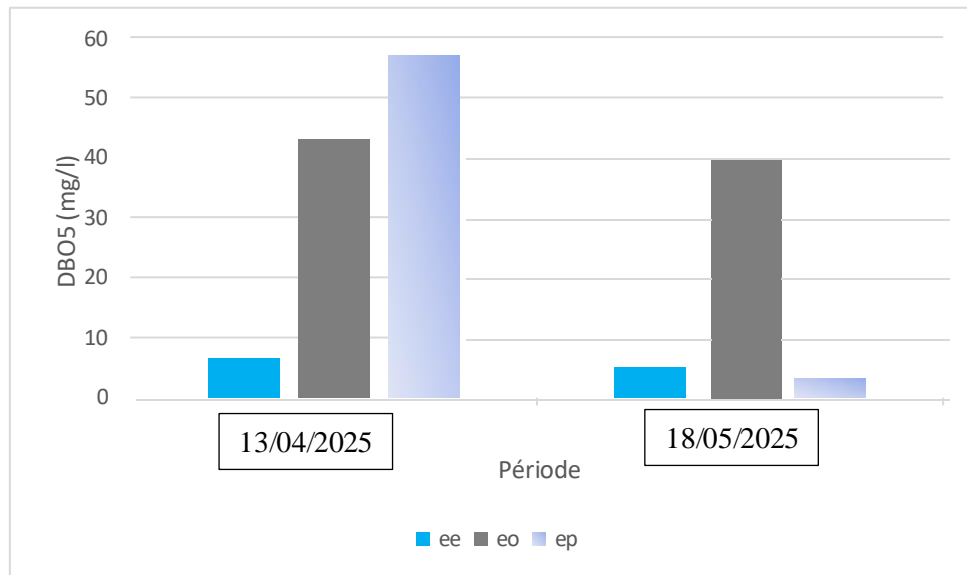
Les résultats obtenus lors des deux campagnes d'échantillonnage mettent en évidence des contrastes importants entre les différents points et périodes. Le 13 Avril 2025, des valeurs particulièrement élevées ont été enregistrées, notamment au niveau de l'eau de l'oued, où la DCO atteint 111 mg/L. Ce niveau traduit une pollution organique intense, probablement due à des rejets directs d'eaux usées domestiques ou industrielles non traitées. Ce pic peut aussi s'expliquer par l'absence de précipitations prolongées, favorisant l'accumulation des charges polluantes en amont de l'oued.

Parallèlement, l'eau épurée issue de la station d'épuration (STEP) d'Ain Benian présente une DCO de **47,3 mg/L**, une valeur largement inférieure à la norme de rejet fixée à **90 mg/L**. Ce résultat indique que, sur le plan de la demande chimique en oxygène, le traitement appliqué par la STEP est globalement efficace et conforme aux exigences réglementaires en matière de qualité des effluents.

Les mesures du 18 Mai 2025 révèlent une amélioration sensible. La DCO diminue à 55.2 mg/L dans l'oued et à 19.3 mg/L dans l'eau épurée. Cette évolution pourrait refléter plusieurs dynamiques favorables : une meilleure efficacité épuratoire de la STEP, une réduction temporaire des rejets. Bien que les valeurs restent supérieures aux seuils de qualité recommandés pour les milieux aquatiques sensibles, cette baisse indique un allègement de la charge organique globale.

En somme, l'évolution de la DCO entre avril et mai témoigne d'une pression organique importante exercée sur le milieu récepteur avec une origine multiple : rejets urbains mal maîtrisés, efficacité variable du traitement et conditions hydrologiques fluctuantes. Cette situation souligne la nécessité de renforcer le contrôle des effluents, d'améliorer les performances de la STEP et d'instaurer un suivi régulier de la qualité des eaux de surface, notamment en période de forte fréquentation des plages.

### 1.6 La Demande Biologique en Oxygène (DBO5)



**Figure 14: Variation de la DBO5 dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

L'élévation de la DBO<sub>5</sub> mesurée, notamment à proximité de la station d'épuration, peut s'expliquer par une surcharge hydraulique ou un dysfonctionnement ponctuel ayant conduit à un phénomène de bypass. Dans ce cas, une partie des eaux usées contourne les étapes de traitement biologique, ce qui entraîne un rejet de matière organique non dégradée dans le milieu récepteur.

Ce rejet direct contribue à l'augmentation de la DBO<sub>5</sub> dans la zone côtière, traduisant une pollution organique importante et un risque d'appauvrissement en oxygène dissous

Des valeurs élevées signalent une forte charge en matière organique biodégradable, susceptible de compromettre l'équilibre des milieux aquatiques.

Lors de la première campagne du 13 Avril 2025, la DBO<sub>5</sub> enregistrée au point de mélange (plage) est particulièrement élevée, atteignant **57mg/l**, ce qui reflète une pollution organique importante. Cette valeur semble être largement influencée par les apports de l'oued Beni Messous, dont la DBO<sub>5</sub> est également élevée **43mg/l**, traduisant une contamination significative en matières organiques non traitées.

L'eau épurée affiche une DBO<sub>5</sub> de **6.6mg/l**, indiquant une charge résiduelle modérée après traitement, mais encore notable pour un rejet dans le milieu naturel.

Le 18 Mai 2025, la situation s'améliore nettement au niveau de la plage, avec une DBO<sub>5</sub> réduite à **3.2mg/l**. Cette amélioration coïncide avec l'absence d'écoulement direct de l'oued vers la mer,

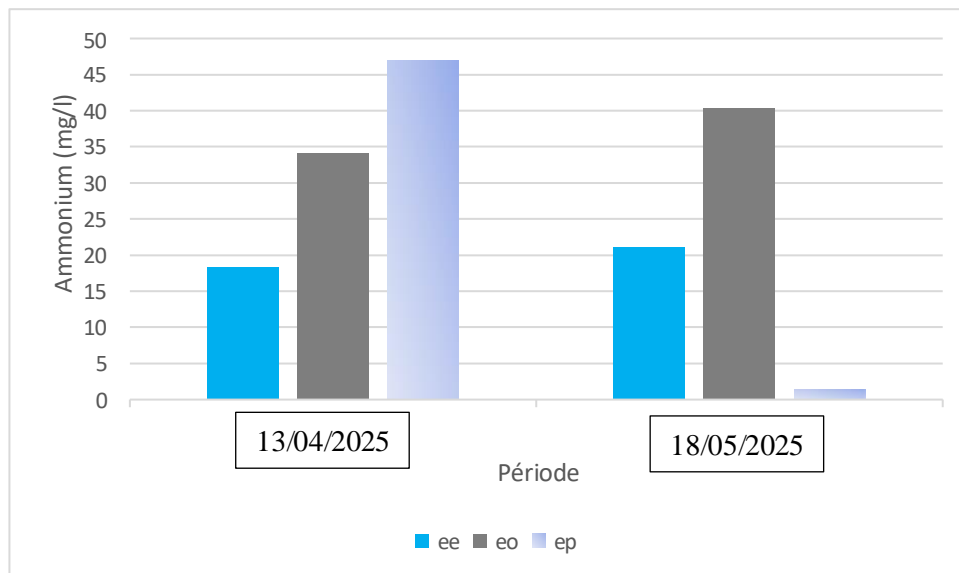
confirmant l'impact majeur de ce dernier sur la dégradation de la qualité des eaux côtières.

L'eau épurée présente une valeur de **5mg/l**, légèrement inférieure à celle d'avril, ce qui indique une certaine régularité dans l'efficacité du traitement. Toutefois, l'eau de l'oued conserve une DBO5 élevée **39mg/l**, soulignant la persistance d'une pollution organique significative dans ce cours d'eau.

En terme de charge organique rejetée, la qualité des eaux épurées est conforme aux valeurs limites fixées par la réglementation (*JORADP, 2006*), elles sont nettement inférieurs à 35 et à 30mg/L d'oxygène (*Omeiri, M ; 2016*).

Globalement, les données obtenues démontrent une influence importante des apports fluviaux sur les paramètres de qualité des eaux littorales. L'analyse révèle une relation entre les périodes de débit de l'oued et l'élévation des concentrations en DBO5 dans la zone côtière, À l'inverse, durant les phases d'interruption des écoulements, une amélioration remarquable des indicateurs de qualité a été observée. Ces résultats soulignent l'impérieuse nécessité d'optimiser la gestion des rejets anthropiques en amont du bassin versant afin de préserver les écosystèmes côtiers

### 1.7 L'Ammonium ( $NH_4^+$ )



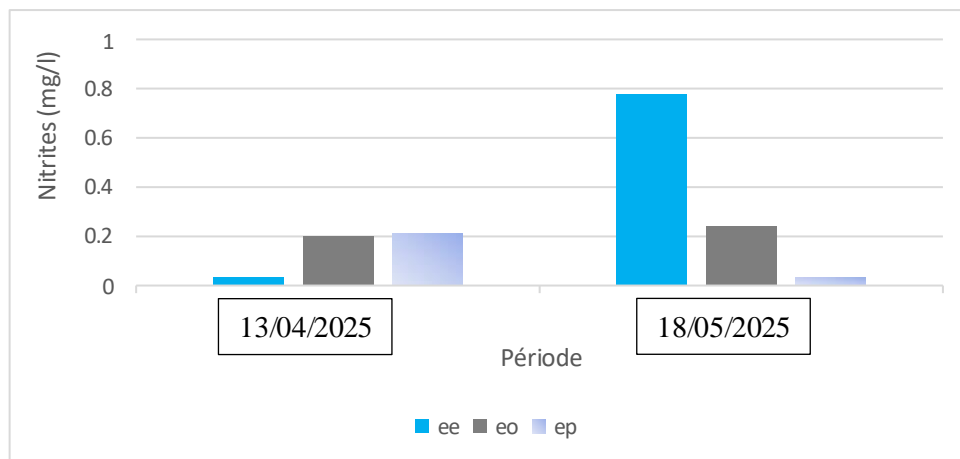
**Figure 15: Variation de l'ammonium dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

Les teneurs en ammonium sont relativement élevées, notamment en avril, signe d'une pollution azotée fraîche.

Les valeurs les plus fortes sont relevées à la plage (**46.9 mg/l**) et dans l'oued (**34.1 mg/l**), et dans les eaux épurées (**18.3 mg/l**), ce qui confirme un apport direct de matière azotée réduite, probablement due aux rejets agricoles, domestiques ou industriels.

En mai, la concentration augmente dans l'eau épurée (**21.1 mg/l**), chute drastiquement à la plage (**1.41 mg/l**) mais reste importante dans l'oued (**40.4 mg/l**), ce qui traduit une stagnation persistante dans les cours d'eau et une légère amélioration en zone littorale sous l'effet du brassage, tandis que l'eau épurée montre une efficacité de traitement encore insuffisante.

### 1.8 Les Nitrites ( $NO_2^-$ )

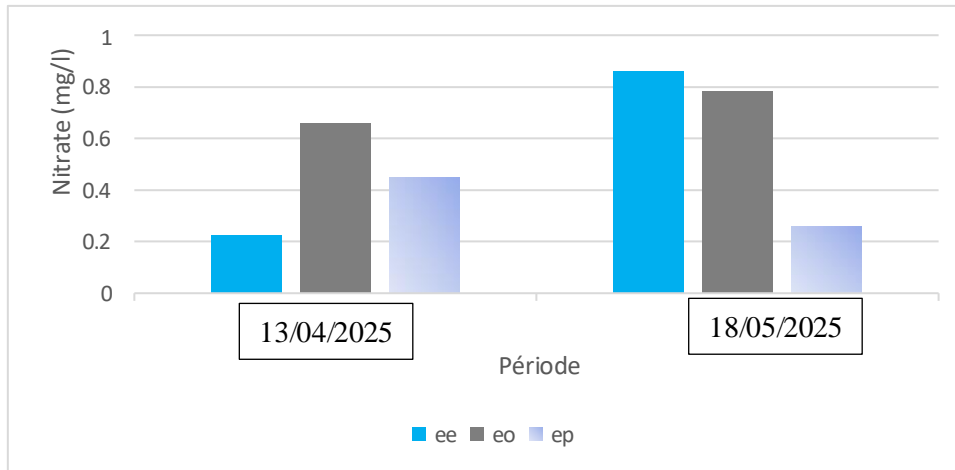


**Figure 16: Variation des nitrites dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

Les nitrites, formes plus toxiques de l'azote oxydé, apparaissent à des concentrations quasi-nulles, sauf dans quelques cas isolés. Le 13 avril, les teneurs sont plus élevées à la plage (**0.213 mg/l**) et dans l'oued (**0.199mg/l**), suggérant une dégradation partielle de la matière organique fraîchement apportée. En mai, une élévation marquée est enregistrée dans l'eau épurée (**0.777 mg/l**), ce qui pourrait indiquer un dysfonctionnement ponctuel du traitement biologique de la STEP.

A l'inverse, les concentrations chutent nettement à la plage (**0.033mg/l**), corroborant l'hypothèse d'une meilleure qualité des eaux littorales en absence d'écoulement de l'oued.

1.9 Les nitrates ( $NO_3^-$ )



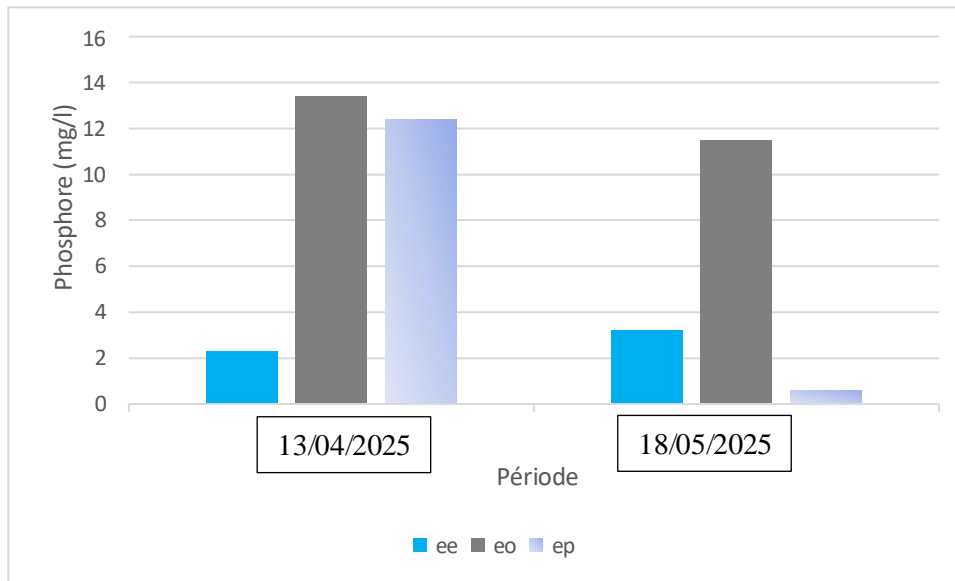
**Figure 17: Variation des nitrates dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

Les concentrations en nitrates restent faibles dans l'ensemble des échantillons, bien en dessous des seuils critiques pour les eaux de baignades ou les rejets.

Cependant, des variations intéressantes sont observées. Le 13 avril 2025, l'eau de l'oued (Eo) présente la concentration la plus élevée (**0.657 mg/l**), suivie de l'eau de la plage (Ep) avec **0.449 mg/l**, ce qui suggère un apport significatif de l'oued, en période d'écoulement, vers le milieu marin.

En mai, la tendance s'inverse : la concentration en nitrates augmente dans l'eau épurée (**0.859 mg/l**) et dans l'eau de l'oued (**0.783mg/l**), tandis qu'elle diminue à la plage (**0.26 mg/l**), probablement en lien avec l'assèchement partiel de l'oued et une dilution marine plus efficace.

1.10 Ortho phosphates<sub>4</sub>( $PO_4^{3-}$ )

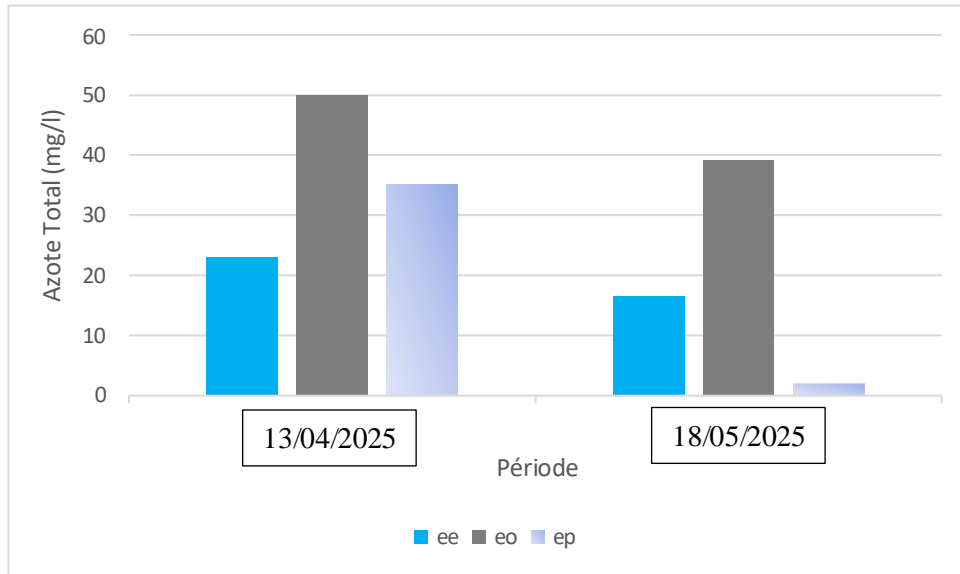


**Figure 18 : Variation de phosphore dans les différentes stations d'étude en fonction du temps**

Les concentrations en ortho phosphores sont particulièrement préoccupantes dans l'eau de l'oued (**13.4mg/l** en avril et **11.5mg/l** en mai) et à la plage (**12.4 mg/l** en avril), largement au-dessus des seuils de risque pour l'eutrophisation). Cela suggère des apports intenses en déjections ou en lessivas domestiques.

Une amélioration nette est observée en mai dans les eaux de la plage (**0.603mg/l**), mais l'eau de l'oued reste fortement chargée. L'eau épurée montre une légère élévation (**2.29mg/l** à **3.19mg/l**), ce qui reste préoccupant et témoigne d'un relargage non maîtrisé.

1.11 Azote Total



**Figure 19 : Variation de l’azote total dans les différentes stations d’étude en fonction du temps**

L’azote total, qui regroupe l’ensemble des formes azotées (organiques et minérales), constitue un indicateur global de la pollution azotée dans le milieu aquatique. Son élévation peut avoir des conséquences écologiques importantes, notamment la stimulation de l’eutrophisation et la dégradation de la qualité des eaux de baignade.

Lors de la première campagne du 13 Avril 2025, les teneurs en azote total révèlent une charge azotée particulièrement importante au niveau de l’oued, avec une concentration atteignant **50 mg/l**, illustrant une forte contamination en composés azotés probablement d’origine domestique ou industrielle.

L’eau épurée de la STEP présente également une concentration élevée, estimée à **23 mg/l**, ce qui montre que le traitement effectué reste incomplet. Cette double contribution explique en grande partie la valeur enregistrée au point de mélange au niveau de la plage qui atteint **35.1 mg/l**, soulignant l’impact cumulatif des deux sources de pollution sur le milieu marin.

En effet, la situation s’améliore nettement au cours de la deuxième campagne du 18 Mai 2025, où la concentration en azote total chute à **2.04 mg/l** au niveau de la plage. Cette diminution importante s’explique principalement par le tarissement de l’oued en bord de mer, limitant les apports directs vers la plage. Toutefois, l’oued conserve une teneur élevée en amont **39.2 mg/l**, ce qui traduit la persistance d’une pollution azotée dans le bassin versant.

La STEP affiche également une charge toujours préoccupante, avec **16.5 mg/l**, montrant une

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

efficacité limitée dans la réduction de l'azote total.

Ainsi, bien que l'amélioration observée au niveau de la plage en mai soit encourageante, elle demeure conjoncturelle et dépend largement des conditions d'écoulement. Les résultats confirment que la station d'épuration reste un contributeur non négligeable à la charge azotée, et que la pollution de l'oued en amont constitue une menace potentielle persistante. Un renforcement du traitement azoté en station, couplé à une meilleure gestion des rejets, s'impose pour assurer une protection durable du littoral.



**Figure 18: Tubes LCK (des formes azotées)**

## 2 Résultats des paramètres bactériologiques

### 2.1 Les Coliformes Totaux

**Tableau 1: Concentrations des Coliformes Totaux aux niveaux des différentes stations**

	Analyse 01			Analyse 02		
	13/04/2025			18/05/2025		
Coliformes Totaux	Eau Epurée	Eau mélangée	Eau d'Oued	Eau Epurée	Eau de plage	Eau d'Oued
	(UFC/100ml)	(ep+eo+ee) (UFC/100ml)	(UFC/100ml)	(UFC/100ml)	(UFC/100ml)	(UFC/100ml)
	26.10 <sup>3</sup>	Indénombrable	Indénombrable	2.10 <sup>5</sup>	11.10 <sup>2</sup>	7. 10 <sup>6</sup>

Dans le contexte de cette étude, l'analyse des CT met en évidence une contamination importante du milieu, principalement en lien avec l'activité de la STEP et le comportement hydrologique de l'oued Beni Messous.

Lors de la première campagne, la connexion directe entre l'oued et la mer a favorisé le transport des germes vers la plage, impactant fortement la qualité de l'eau de baignade.

Les résultats enregistrés dans les trois points de prélèvement révèlent que l'oued constitue le principal vecteur de contamination, avec une concentration indénombrable et que l'eau épurée présente encore une charge microbienne non négligeable **26 x10<sup>3</sup> UFC/100ml**.

Lors de la seconde campagne, bien que l'oued reste actif en amont avec un débit plus élevé, son assèchement à l'embouchure a réduit l'apport direct vers le littoral.

Cette interruption a conduit à une amélioration de la qualité de l'eau de plage **11x10<sup>2</sup> UFC/100ml**. Cependant, la persistance de concentrations importantes dans l'oued **7x10<sup>6</sup>UFC/100ml** et dans l'eau épurée **2x10<sup>5</sup>UFC/100ml** montre que la pollution demeure présente, entretenue par des rejets continus insuffisamment traités. Cela démontre que la dynamique de l'oued, notamment son écoulement jusqu'à la mer, joue un rôle crucial dans la diffusion des contaminants bactériens.

Ces concentrations élevées peuvent s'expliquer par l'origine variée des germes, provenant à la fois des animaux à sang chaud (*Rejsek, 2002*), mais également des apports issus des sols et de la végétation environnant (*CEAFQ, 2009*).

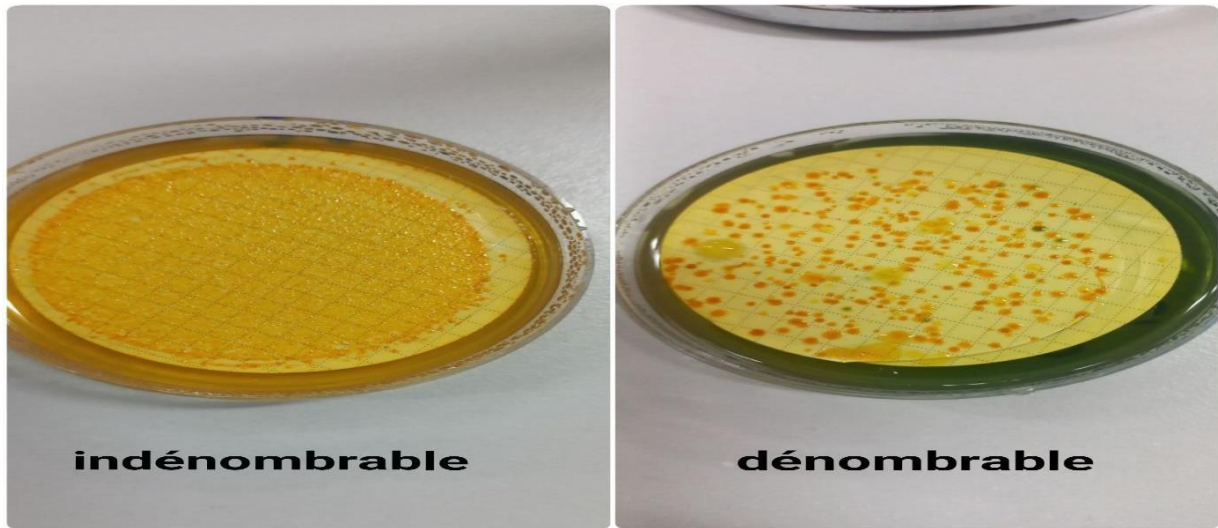


Figure 19: Représentation des boîtes pétries correspondant à la recherche et dénombrement des Coliformes Totaux

## 2.2 Les Coliformes Fécaux et Escherichia coli

Tableau 2: Concentrations des Coliformes Fécaux aux niveaux des différentes stations

	Analyse 01			Analyse 02		
	13/04/2025			18/05/2025		
Coliformes Fécaux	Eau Epurée (UFC/100ml )	Eau mélangée (ep+eo+ee) (UFC/100ml )	Eau d'Oued (UFC/100ml )	Eau Epurée (UFC/100ml )	Eau de plage (UFC/100ml )	Eau d'Oued (UFC/100ml )
	64.10 <sup>2</sup>	21.10 <sup>3</sup>	27.10 <sup>3</sup>	6.10 <sup>3</sup>	5.10 <sup>2</sup>	2.10 <sup>4</sup>

**Tableau 3: Présence d'E. Coli aux niveaux des différentes stations**

	Analyse 01 13/04/2025			Analyse 02 18/05/2025		
	Eau Epurée (UFC/100ml)	Eau mélangée (ep+eo+ee) (UFC/100ml)	Eau d'Oued (UFC/100ml)	Eau Epurée (UFC/100ml)	Eau de plage (UFC/100ml)	Eau d'Oued (UFC/100ml)
<b>Escherichia coli</b>	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Les coliformes fécaux, *Escherichia coli*, constituent des témoins spécifiques d'une pollution fécale récente. Les analyses confirment une situation préoccupante, notamment lorsque l'oued est en écoulement vers la mer. Ce dernier agit alors comme un vecteur direct de transfert de la contamination, affectant immédiatement la qualité des eaux littorales. La station d'épuration, censée atténuer cette pollution, se révèle être une source additionnelle, les eaux qu'elle rejette contenant encore des concentrations notables de bactéries fécales ( **$64 \times 10^2$  UFC/100ml le 13/04/2025**) et ( **$6 \times 10^3$  UFC/100ml le 18/05/2025**.)

Lorsque l'oued est interrompu à son embouchure, comme observé lors de la deuxième campagne, la qualité de l'eau de plage s'améliore sensiblement ( **$5 \times 10^2$  UFC/100ml**).

Toutefois, la pollution reste bien présente dans l'oued en amont ( **$2 \times 10^4$  UFC/100ml**) ainsi que dans les eaux épurées. La détection constante d'E. Coli (+++) pour tous les échantillons confirme une pollution généralisée et persistante, posant un risque sanitaire constant. Ces éléments soulignent l'importance de renforcer les performances du système de traitement et d'éviter les apports directs au milieu marin.

La forte présence des coliformes fécaux dans les eaux analysées témoigne d'une contamination fécale importante, même dans les eaux épurées. Cette pollution est principalement liée aux rejets domestiques provenant des zones densément peuplées, notamment les eaux vannes.

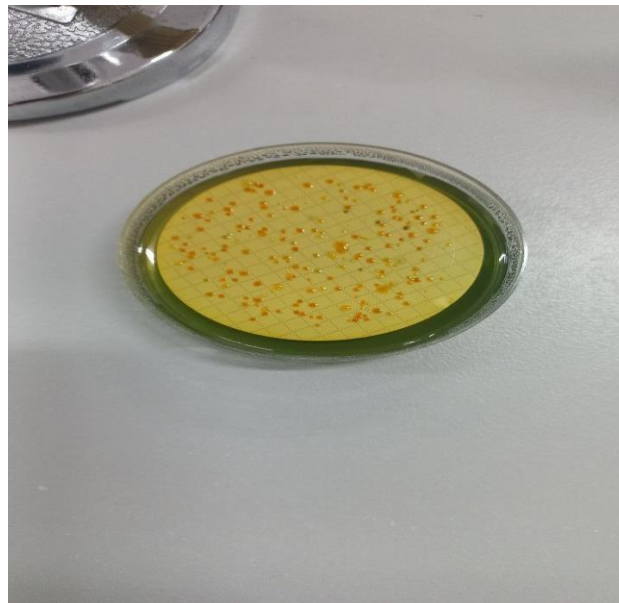
La concentration élevée en coliformes est souvent associée à la densité d'habitation, à la présence humaine et animale. En outre, les eaux de surface peuvent être contaminées par les animaux sauvages ou domestiques ainsi que par les activités agricoles utilisant des déjections animales comme engrais. Ces niveaux dépassent les normes recommandées pour toute réutilisation

ou consommation humaine.

*E. coli* est considéré comme l'un des indicateurs microbiologiques les plus significatifs dans l'évaluation de la qualité des eaux de baignade. Sa simple détection suffit à confirmer la présence d'une pollution (*JOLY et REYNAUD, 2003*)



**Figure 20: Tubes correspondant à la mise en évidence de l'indole**



**Figure 21: Représentation des boîtes pétries correspondant à la recherche et dénombrement des Coliformes Fécaux.**

### 2.3 Les Entérocoques Fécaux

**Tableau 4: Concentrations des Entérocoques Fécaux aux niveaux des différentes stations**

	Analyse 01 13/04/2025			Analyse 02 18/05/2025		
	Eau Epurée (UFC/100ml)	Eau mélangée (ep+eo+ee) (UFC/100ml)	Eau d'Oued (UFC/100ml)	Eau Epurée (UFC/100ml)	Eau de plage (UFC/100ml)	Eau d'Oued (UFC/100ml)
<b>Entérocoques Fécaux</b>	<b>2.10<sup>3</sup></b>	<b>45.10<sup>3</sup></b>	<b>65.10<sup>3</sup></b>	<b>2.10<sup>2</sup></b>	<b>7.10<sup>2</sup></b>	<b>9.10<sup>4</sup></b>

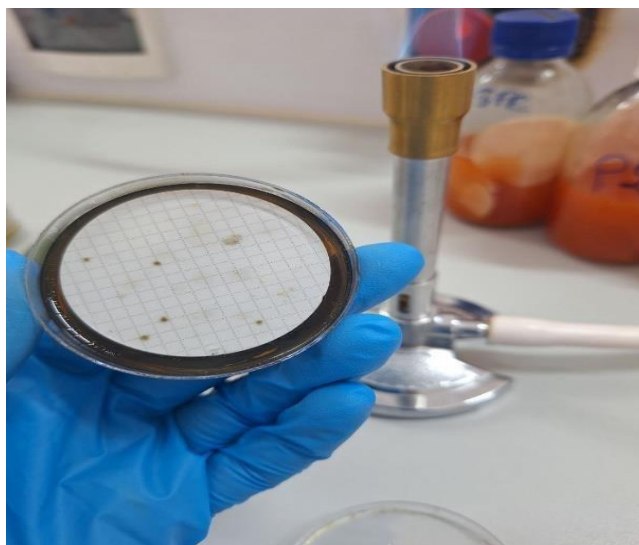
L'analyse des entérocoques fécaux met en évidence une contamination fécale importante et variable selon les points de prélèvement et les périodes, illustrant les dynamiques de pollution dans le secteur de la plage El Bahdja.

Le 13 Avril 2025, les concentrations les plus élevées sont observées dans l'eau de l'oued (**65.10<sup>3</sup> UFC/100ml**) et dans l'eau mélangée en bord de plage (**45.10<sup>3</sup> UFC/100ml**) traduisant un apport massif de contamination fécale directement lié aux rejets de l'oued. Ces niveaux très élevés signalent une dégradation microbiologique marquée du milieu récepteur. En comparaison, l'eau épurée présente une concentration plus modérée (**2.10<sup>3</sup> UFC/100ml**), indiquant un traitement insuffisant pour garantir une qualité compatible avec un rejet sans risque.

Le 18 Mai 2025, une baisse nette est enregistrée dans l'eau épurée (**2.10<sup>2</sup> UFC/100ml**). L'eau de plage affiche une concentration également plus faible (**7.10<sup>2</sup> UFC/100ml**) que celle mesurée en avril, probablement en lien avec l'absence d'écoulement direct de l'oued vers la mer durant cette période. Cependant, cette amélioration locale ne reflète pas la situation en amont : l'eau de l'oued atteint en effet une valeur alarmante de (**9.10<sup>4</sup> UFC/100ml**), la plus élevée de l'ensemble des mesures, témoignant d'une pollution fécale intense en amont, susceptible de se propager dès le retour du ruissellement.

Ces résultats confirment le rôle central de l'oued Beni Messous dans la dégradation de la qualité microbiologique des eaux littorales. Lorsque l'oued se jette directement à la mer, la contamination s'étend à la zone de baignade, comme l'illustre la première campagne. En revanche, son assèchement temporaire peut masquer la pollution sur la plage tout en maintenant une charge

élevée en amont, source potentielle de dégradation future.



**Figure 22: Représentation des boîtes pétries correspondant à la recherche et dénombrement des entérocoques Fécaux.**

#### 2.4 Les Salmonelles

**Tableau 5: Les résultats qualitatifs des Salmonelles sur les différentes stations durant**

		Analyse 01 13/04/2025			Analyse 02 18/05/2025		
<b>Les Salmonelles</b>	Eau Epurée (UFC/1000ml)	Eau mélangée (ep+eo+ee) (UFC/1000ml)	Eau d'Oued (UFC/1000ml)	Eau Epurée (UFC/1000ml)	Eau de plage (UFC/1000ml)	Eau d'Oued (UFC/1000ml)	
	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	+++	

La recherche de Salmonelle offre un complément essentiel aux indicateurs classiques, en raison de leur pouvoir pathogène. Bien que leur absence lors de la première campagne soit rassurante, leur détection dans l'eau de l'oued au cours de la seconde (+++) souligne un épisode de contamination ponctuelle, mais significative. Ce constat alerte sur la possibilité d'une contamination latente, susceptible de se manifester dès que l'oued atteint le littoral. L'absence de ces bactéries dans l'eau de plage à cette période est probablement due à l'assèchement de l'oued, qui a limité le transfert. Ce résultat met néanmoins en lumière la vulnérabilité du système et la nécessité d'un suivi sanitaire rigoureux, notamment en saison estivale. Par ailleurs, cette

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

contamination pourrait également être liée à des rejets d'origine animale, notamment ceux provenant d'élevages de volailles situés en amont, connus pour être des sources fréquentes de Salmonella. La présence de ces germes pathogènes dans l'oued rappelle que ce dernier reste un réservoir de pollution, dont l'impact peut rapidement se propager au milieu marin selon les conditions hydrologiques.



**Figure 23: Colonies noires pour la recherche des salmonelles**

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

---

L'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire a permis de mettre en évidence l'impact des rejets de l'oued Beni Messous et des effluents de la station d'épuration d'Ain Benian sur la qualité de l'eau au niveau de la plage El Bahdja.

Les résultats issus des deux campagnes d'échantillonnage ont révélé une dégradation marquée des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, confirmant une pression significative exercée par les apports continentaux sur le milieu marin.

L'analyse a montré que l'oued constitue un vecteur majeur de pollution, notamment lors des périodes de ruissellement, transportant des rejets domestiques, urbains, voire animaux.

Par ailleurs, bien que la STEP soit fonctionnelle, elle présente plusieurs limites structurelles : l'absence de traitement des formes azotées (ammonium, nitrates, nitrites...) et surtout la mise hors service du traitement tertiaire, ce qui entraîne une élimination incomplète des substances organiques et des agents pathogènes.

Sur le plan microbiologique, la présence persistante des Bactéries indicatrices de contamination fécale dans les eaux usées et dans l'oued souligne l'insuffisance du processus de désinfection et met en question la conformité des rejets avec les normes environnementales.

Même en période d'assèchement de l'oued, les analyses ont montré une influence résiduelle des rejets sur la zone côtière, indiquant une pollution chronique.

Afin de faire face à cette situation, plusieurs mesures correctives peuvent être envisagées. Il serait prioritaire de remettre en service le traitement tertiaire au niveau de la STEP et d'introduire une filière spécifique pour le traitement des formes azotées au niveau de la STEP qui est aujourd'hui absente. En parallèle, des solutions plus larges peuvent être déployées, telles que l'aménagement des bassins de décantation naturels en aval de l'oued, le renforcement des contrôles sur les rejets urbains et industriels, la mise en place d'un suivi régulier automatisé de la qualité de l'eau, ainsi qu'une campagne de sensibilisation à l'échelle locale pour limiter les pollutions diffuses.

Ces actions combinées contribueraient à limiter l'impact des rejets sur le littoral, tout en améliorant la qualité écologique et sanitaire de la zone de baignade.

## **REFERENCES**

## REFERENCES

---

- AFNOR (2005).** Qualité de l'eau – Mesurage de la température. *Norme NF EN ISO 5667-3*.  
Association Française de Normalisation
- AIT HAMLET, S. (1998).** Contribution à l'étude de la qualité des huîtres des oueds de la wilaya d'El Tarf : aspects microbiologique et écologique. Mémoire de magister, Microbiologie appliquée, Annaba, Université Badji Mokhtar, 150 p.
- AIT TAYEB, L. (2001).** Mesure de la pollution des eaux du littoral oranais par l'utilisation d'un bio-indicateur : la moule ; *Mytilius golloprovincialis*. Mémoire de magister Microbiologie appliqué. Oran : Université d'Oran, 178p.
- AMINOT, A ; CHAUSSPIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Paris : CNEXO (Centre National pour l'Exploitation des Océans).
- AMINOT, A ; KEROUEL, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes Marins. Paramètres et analyses. France : Ifremer, p.336.
- BASSOMPIERRE, C. (2007).** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de doctorat, Automatique, Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 227p.
- BEAUPOIL, C ; BORNENS, P. (1997).** Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuarienne : seuils d'acceptabilité. Station de Bio. Mar. (Concarneau). France : Agence de l'Eau Loire-Bretagne, p.48.
- BENALLAOUA, S. (2013) :** Suivi de la qualité physico-chimique des effluents de la station d'épuration des eaux usées « domestiques » de Beni Messous. Traitement complémentaire par photo-catalyse : mémoire magister : océanographie-climatologie.
- BENKADDOUR, B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Mostaganem : Université Abdel Hamid Ibn Badis.
- BLIEFFERT, J-C ; PERRAND, P. (2001).** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets : Edition de Boeck université Bruxelles, Belgique ; 447p
- BLINDA, M. (2007).** Pollution tellurique du littoral Nord-Ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan : Caractérisation, Impact sur l'Environnement et Proposition de Solutions. Thèse de doctorat. Université Mohammed V. Faculté des sciences disciplinant : géo environnement spécialité. Protection de l'environnement

## REFERENCES

---

- CEAEQ. (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane. Centre expertise et analyse environnementale. Gouvernement du Québec ; 24p.
- CHAUSSADE, J-L ; MESTRALLET, G. (2005).** Memento technique de l'eau 10eme Edition. France : Lavoisier, P.1717.
- CSHPF. (1995).** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines. Conseil supérieure hygiène publique de France, section des eaux, [En ligne]. [Consulte le 22/03/2023]. Disponible sur le web :  
[http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re\\_1095\\_desinfection.ht](http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.ht)
- DAGHAR, A. ; SISALAH, M. (2007).** Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Beni Messous. Rapport d'activité. Document non-publié. Alger : Direction des ressources hydrauliques et de l'économie de l'eau.
- DEBABZA, M. (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba. Mémoire de magister. Microbiologie de l'environnement Annaba : Université de Badji-Mokhtar, 145p.
- DEGRÉMONT. (2005).** Mémento technique de l'eau, vol 2. 10e édition.
- DERWICH, E., BENAABIDATE, L., ZIAN, A., et al. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fès. Larhyss Journal, 2010 Jun ; P101-P112.
- DESJARDINS, R. (1997).** Le traitement des eaux. 2eme Edition. Québec : École polytechnique de Montréal, 303p.
- DE VILLERS Juliette, SQUILBIN Marianne. YOURASSOWSKY Catherine. (2005).** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement/Observatoire des Données de l'Environnement 16p
- DHEEWA. (2011)** Etude de la canalisation totale de l'Oued Béni-Messous : Rapport d'activité. Document non-publié. Alger : Direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau
- EDBERG, SC; EW RICE; RJ KARLIN; MJ ALLEN. (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology; 88p
- EMILAN, K. (2009).** Traitement des pollutions industrielles. 2eme Edition Paris: Dunod, 576p.

## REFERENCES

---

**GAUJOUS, D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Ed. Techniques et documentations, Paris, Lavoisier ; 220p.

**GOMELLA, C. ; GUEREE, H. ; H. (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Paris : Eyrolles, 262p.

**GROSCLAUDE, Gérard. (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....") ; 204-210p

**HADDOU, M. (2010).** Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédé Fenton, photo-Fenton et photo-catalyse. Thèse de doctorat, Paul Sabatier, Université Toulouse III, 196p.

**HAYZOUN, H. (2014).** Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin de Sebou. Thèse de doctorat. France, Université de Toulon, 175p.

**HECHEHOUCHE, O. ; BOURENANE, S. (2017).** Etude de la station d'épuration sur oued Béni Messous Alger. Mémoire de fin d'étude. TIZI OUAZOU, Université Mouloud Mammeri

**JOLY B ; REYNAUD A ; 2003.** Entérobactéries : systématiques et méthode et méthode analyses. Edit. Techniques et documentation Paris, 365p

**LARPENT GOURGAUD, Monique ; MICHAUX, Odile Larpent JP ; Desmasures Nathalie ; Desmazaud Michael ; Mangin Irene ; Masson Florence ; Montel MC, et Tailiez Patrick (1997).** Les ferments lactiques et bactéries apparentées. In Microbiologie alimentaire, Techniques de laboratoire. Larpent J-P. Tec et Doc, Lavoisier ; P199-P255.

**MECELLEM, D. (2020).** Suivi de la qualité physico-chimique des eaux de surface d'oued Soummam. Mémoire Master. Bouira. Sciences de nature et de vie.

**MEKHALIF, F. (2009).** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Présenté à l'université du 20 Aout 1955 SKIKDA. Faculté des sciences. Département Des Sciences Fondamentales. Option : pollution chimique et environnement. 158p.

**METAHRI, M. S. (2012).** Élimination simultanée de la pollution azotée phosphate des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP EST de la ville de TIZI-OUAZOU. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de TIZI-OUAZOU, département des sciences agronomiques ; 6p.

## REFERENCES

---

- MOULAI LAKHDAR, S. (2020).** Diagnostic de la filière boue de la STEP de Béni Messous par Analyse en Composantes Principales.
- NEHME, N. (2014).** Évaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière Litani. Liban : approche environnementale .Thèse de doctorat. Université de Lorraine (France), 2014, 359p.
- Notice de fonctionnement et d'exploitation.** : Rapport d'activité. Document non-publié : Alger : Station d'épuration Béni-Messous.
- OMS. (1983).** Détermination des coliformes fécaux dans les bivalves' par le test des tubes multiples. N°5.Rev.1 ; 3p
- OULEBSIR, R. (2020).** Élaboration d'un Dashboard par datamining pour le benchmarking des STEP. Thèse de doctorat. École Nationale Polytechnique.
- OULD-MHAMED, C. ; IKHLEF, N. (2013).** Notice de fonctionnement et d'exploitation : Rapport d'activité : document non-publié : Station d'épuration Béni-Messous.
- OUSSEDIK, A. (2010).** Traitement physico-chimique et recyclage des eaux usées de l'industrie pharmaceutique. Mémoire de Magister. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. Faculté de génie mécanique et de génie des procédés N° d'ordre 10/2010-M/GP.104p.
- PNUE/OMS/UNESCO/OMM. (1992).** Guide pratique GEM/EAU, programme mondial de surveillance et d'évaluation de la qualité des eaux, troisième Edition, GEM/W.95.1.
- REJSEK, F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE).Coll biologique technique Sciences et techniques de l'environnement.
- RODIER, J. (1996).** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer 8<sup>eme</sup> édition Paris : Dunod, 1383p.
- RODIER, J. (2005).** L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. France Paris : 8eme Edition Dunod, 1526p.
- RODIER, J. ; BAZIN, C. ; CHAMBON, P. ; BROUTIN, J-P. ; CHAMPSAUD, H.; RODI, L. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9<sup>eme</sup> édit, EDITION DUNOD ,Paris : Dunod, 1983 p.
- RODIER, J. ; BAZIN, C. ; CHAMBON, P. ; BROUTIN, J-P. ; CHAMPSAUD, H.; RODI, L. (1996).** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Paris : Dunod.
- SADIDDINE, Z. (2012)** Conditionnement des boues de la station d'épuration de Beni-Messous

## REFERENCES

---

par des polymères synthétiques. Mémoire de master. Chimie pour les sciences de l'environnement. Blida. Université SAAD DAHLAB.

**SOUIDI, H. (2008)** Evaluation du niveau de la pollution bactériologique chez un échinoderme l'oursin *Paracentrotus lividus* dans la cote oranise orientale. Thèse de magister. Biologie et pollution marines. Oran : L'Université d'Oran ,135p

**SUSCHKA, J; FERREIRA, E. (1986).** Activated sludge respirometric measurements. Water Research, 20(2), P137-P144.

**WHO (2006). World Health Organization** Writing Group Nonpharmaceutical interventions for pandemic influenza, international measure; Emerg Infect. Dis ; 2:10:3201/eid1201.051370 ; 87-87p.

# **LES ANNEXES**

## LES ANNEXES

### Annexe 1 : Les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (*Journal officiel de la République Algérienne, 2006*)

Paramètre	Unité	Valeur limite
Température	°C	30
pH	/	6.5-8.5
MES	mg/l	35

### Annexe 2 : QUALITE RIQUISE DES EAUX DE BAIGNADE (*JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°46 14 Juillet 1993*)

Paramètre microbiologique	Unités	Valeurs limites
Coliformes Totaux	/100 ml	10.000
Coliformes Fécaux	/100 ml	2.000
Streptocoques Fécaux	/100 ml	---
Les Salmonelles	1 L	0

### Annexe 3 : Consignes de réglage et d'exploitation par la STEP

	Paramètres Microbiologiques		
Valeurs moyennes de l'effluent a la sortie sur 24h	Coliformes Fécaux	Coliformes Totaux	Streptocoques Fécaux
	<2000/100 ml	<1000/100 ml	<1000/100 ml

### Annexe 4 : Préparation des milieux de culture :

- Tergitol
- Slanetz et Bartley
- BEA
- SS
- EPI
- BLBVB

**Tergitol**

Verser **53.9g** de poudre dans **1 Litre** d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.

Conserver le milieu dans des flacons en verre.

**Slanetz et Bartley**

Verser **41.5g** de poudre dans **1 Litre** d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.

Conserver le milieu dans des flacons en verre.

**BEA**

Verser **56.65g** de poudre dans **1 Litre** d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.

Conserver le milieu dans des flacons en verre.

**SS**

Verser **60g** de poudre dans **1 Litre** d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Conserver le milieu dans des flacons en verre.

**SFB**

Verser **23g** de poudre dans **1 Litre** d'eau distillée.

Le milieu est placé sur l'agitateur chauffant afin d'être agité et chauffé jusqu'à dissolution totale.

Conserver le milieu dans des flacons en verre.

**BLBVB**

Dissoudre **20g** de poudre dans **0.5 litre** d'eau distillée. Répartir en tubes avec des tubes de fermentation (Durham). Conserver à l'obscurité jusqu'à utilisation.

**EPI**

Dissoudre **7.5g** de poudre dans **0.5 litre** d'eau distillée. Répartir dans flacons ou tubes stériles.

Conserver à l'obscurité jusqu'à utilisation.

Annexe 5 : photographie de matériels utilisés



La Glacière



Conductimètre



La Balance



pH-mètre



Spectrophotomètre



Collage des boîtes de pétries

## LES ANNEXES

---



**Vue de la plage lors des deux campagnes**



**Vue de point de mélange lors des deux campagnes**



**Vue de l'oued lors des deux campagnes**

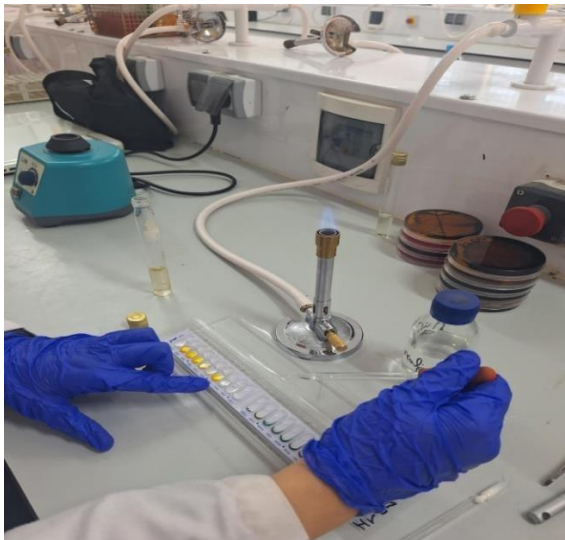
## LES ANNEXES



Milieu de culture Slanetz et Bartley



Milieu de culture Tergitol



Galerie API 20<sup>e</sup>



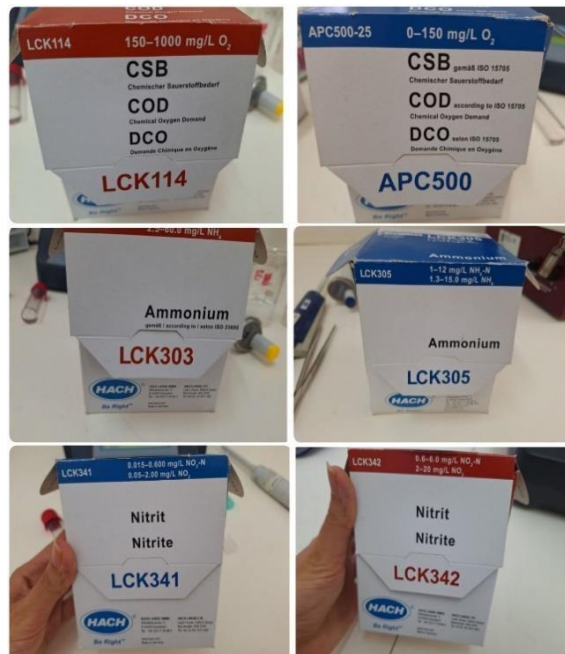
Boite LCK pour les sels nutritifs

## LES ANNEXES



Vue de la plage

Vue de l'oued

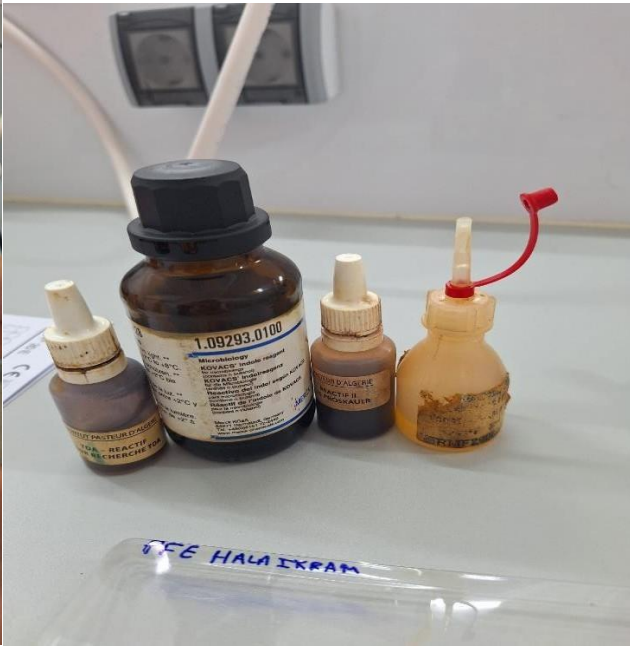


Boîtes des tubes LCK pour la mesure des formes azotées

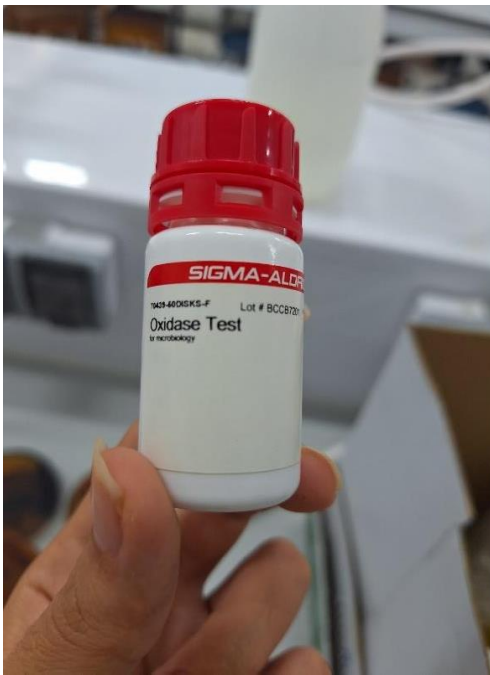
LES ANNEXES



Dépôt de filtre sur la rampe de filtration



Réactifs utilisés dans la galerie API 20<sup>E</sup>



Disque oxydase



Test TSA

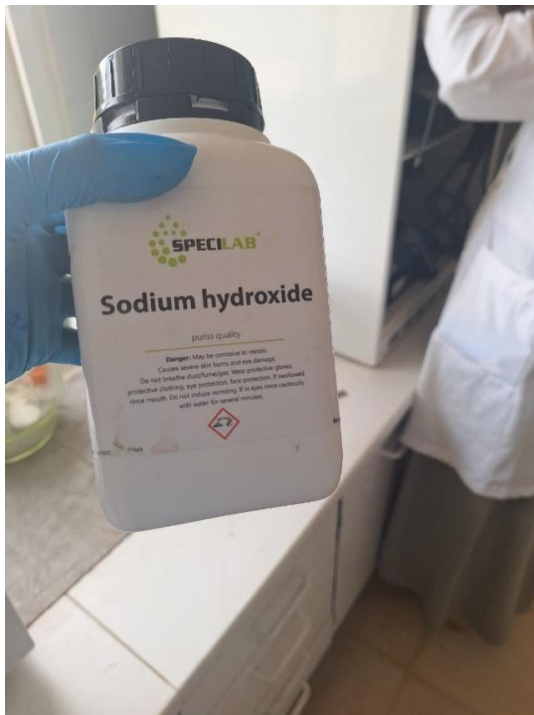
## REFERENCES



**Prélèvement in situ**



**Echantillon des 3 sites d'échantillonnage**



**Hydroxyde de sodium**



**Inhibiteur ajouté dans la DBO5**

## LES ANNEXES

---