

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 08 MAI 1945- GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCE
DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science Biologique

Spécialité/ Option : Microbiologie Appliquée

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème

**Niveau des Nutriments (Phosphate et Azote) dans les eaux de la surface
De l'Oued Zenati à l'entrée et à la sortie de la ville**

Présenté par :

- TOUMI Nour Elhouda
- DJABALLAH Fatima Assala

Membre de jury :

Président(e) :	Mr ROUBI. M	M.C.B	Université de Guelma
Examineur :	Mr ATHAMNIA. A	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur :	Mr GUETTAF. M	M.C.A	Université de Guelma

Juillet 2021



REMERCIEMENT

Cette Mémoire vient de finaliser 5 ans de travail. Elle marque un terme à cette expérience professionnelle mais aussi personnelle qui n'aurait pas été réalisée sans le savoir et le soutien de nombreuses personnes. Je tiens ainsi à remercier en quelques lignes tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à ce travail, expérience professionnelle mais aussi personnelle qui n'aurait pas été réalisée sans le savoir et le soutien de nombreuses personnes. Je tiens ainsi à remercier en quelques lignes tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à ce travail, en espérant n'oublier personne et il faut trouver les mots justes. Je vais essayer de faire de mon mieux.

Je remercie en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de cette thèse, il a été et sera toujours à côté de moi pour réussir à terminer n'importe quel travail.

*La réalisation de ce travail n'aurait pu être menée à terme sans le support continu de mon encadreur **Pr : Guettaf Mohamed**, Je désire lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes.*

*Nous exprimons également notre reconnaissance aux membres de jury ; **Mr Athamnia Mohamed** et **Mr Rouibi Abdelhakim**.*

Qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail, nous les prions de croire à toute notre considération et notre respectueux dévouement.

Je voudrais également remercier l'équipe de Laboratoire biologie, et tous mes enseignants au département de Ecologie et Génie de l'Environnement de l'Université de Guelma.

Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui nous ont soutenus lors de la réalisation de ce modeste travail de recherche de près ou de loin.



Dédicace

Je dédie cet humble travail avec grand amour, Sincérité & fierté :

*Ma très précieuse Mère « **ALEKMI NADIA** » source de mes joies,
secret de ma force.*

*Mon très cher père « **YAZID** » Mon épaule solide, mon héro, mon roi.*

*Merci d'être tout simplement mes parentes C'est à vous que je dois
cette réussite. Et je suis fière de vous l'offrir, Toutes les encres du
monde ne me suffisent pour t'exprimer mon immense gratitude.*

*A' ma seule et unique Sœur gracieuse « **CHAIMA** » ma petite sœur
mon bras droite.*

*Mon prince, mon frère « **ABD ELKADER** » Qui est toujours conforté
et resté près de moi aux moments difficiles.*

*Ma meilleur amie « **HADIL** » ma confidente, ma complice, elle
m'accepte telle que je suis, c'est une fille on or.*

*Ma princesse « **AMIRA DJARBOUHA** » elle est toujours avec moi
quand je suis impuissant.*

*Ma belle rose « **ROUMAISSA** » ELLE A REMPLI mes moments de
joie.*

A Toutes ma famille et surtout mes cousines et cousins.

A Tous ceux de la deuxième année master Microbiologie.

A tous ceux qui m'aiment.

Et à tous ceux que j'aime.

Nour Elhouda

Dédicace



*Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste
travail :*

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

À celui qui m'a fait du moi une femme, mon père .

À mes chères sœurs et mon frère .

*À toute mes amis de la promotion de 2 ème année master MA,
toute personne qui occupe une place dans mon coeur.*

*À toute les membres de la famille et toute. personne qui porte
le nom de Djaballah, je dédie ce travail à tous ceux qui
participe à.ma réussite .*

Fatima assala

Résumé

La présente étude a été réalisée au niveau des eaux de surface de l'Oued -Zenati, et elle vise principalement à déterminer le niveau de polluants phosphatés et azotés qui ont un impact significatif sur la qualité de l'eau utilisée dans l'irrigation. L'étude a confirmé que le taux de ces éléments est d'un niveau assez élevé, et cela est dû à la quantité d'eau usée reçue par la l'oued, en plus de l'utilisation d'engrais chimiques de manière préoccupante sur les terres agricoles adjacentes à l'oued.

Les éléments physico-chimiques qui ont été dosés dans l'eau ont été analysés et détectés de plusieurs manières, soit mesurés in situ sur place par un multi-paramètres de terrain tels que la température de l'eau, l'oxygène et la conductivité électrique. D'autres ont été analysés en laboratoire par différentes méthodes, que ce soit par spectrophotométrie ou par des méthodes volumétriques.

Les résultats de l'analyse ont révélé une différence significative dans les concentrations de ces éléments entre la station S1 située à l'entrée sud de la ville et la station S2 située du côté nord à la sortie de la ville, surtout lorsqu'il s'agit de deux paramètres DBO5 et DCO.

Nous concluons de cette étude que la qualité des eaux de surface de l'Oued-Zenati est devenue un sujet d'inquiétude, notamment avec le développement rapide de la population et donc de la quantité d'eau usée déversée dans l'oued, qui est à l'origine de la présence de tels polluants. et c'est ce qui menace l'irrigation et par conséquent l'avenir de l'agriculture dans la région.

Mots clés

Oued-Zenati, Phosphate, Azote, Eau usées, physico-chimiques, Agriculture

Abstract

The present study was carried out at the surface water level of Oued -Zenati, and it mainly aims to determine the level of phosphate and nitrogen pollutants which have a significant impact on the quality of the water used in irrigation. The study confirmed that the rate of these elements is of a fairly high level, and this is due to the quantity of wastewater received by the wadi, in addition to the use of chemical fertilizers of concern. on agricultural land adjacent to the wadi.

The physicochemical elements that were measured in the water were analyzed and detected in several ways, either measured in situ on site by a multi-field parameter such as water temperature, oxygen and conductivity electric. Others have been analyzed in the laboratory by different methods, whether by spectrophotometry or by volumetric methods.

The results of the analysis revealed a significant difference in the concentrations of these elements between the S1 station located at the southern entrance of the city and the S2 station located on the north side at the exit of the city, especially when it s. These are two parameters BOD5 and DCO.

We conclude from this study that the quality of the surface water of Oued-Zenati has become a matter of concern, in particular with the rapid development of the population and therefore of the quantity of wastewater discharged into the wadi, which is at the origin of the presence of such pollutants., and this is what threatens irrigation and consequently the future of agriculture in the region.

Keywords

Oued-Zenati, Phosphate, Nitrogen, Wastewater, physico-chemical, Agriculture.

ملخص

لقد نمت هذه الدراسة على مستوى المياه السطحية لوادي الزناتي و هي تهدف أساسا إلى تحديد نسبة الملوثات الفوسفاتية و الزونوية التي لها الأثر الكبير على نوعية المياه المستخدمة بشكل كبير في عمليات الري. ان الدراسة أكدت ان نسبة هذه العناصر ذات مستوى مرتفع الى حد ما و هذا راجع لكمية المياه المستخدمة التي يتلقاها الواد ضف إلى ذلك اسعمال الأسمدة الكيمائية بشكل مقلق على الأراضي الفالحية المحاورة للوادي.

العناصر النيتروجينية كيميائية التي نمت مع ائونها داخل المياه تم تحليلها و الكشف عنها بطرق عدة نعلمنا ما تم الكشف عنه بعين المكان بواسطة جهاز متعدد المقلمات كالحرارة و الأكسجين و الناوية الكهربائية. و هناك من تم تحليله في المخبر بطرق مختلفة سواء بالبيكتروفوتومتر او الطرق الحجمية.

نتائج التحليل اطمرت فارق محسوس في النسب بين المحطة رقم 1 المتواجدة عند المدخل الجزوي للمدينة و المحطة 2 المتواجدة بالجهة الشمالية عند منحرج المدينة خاصة إذا نعلق الأمر بعامل DCO و DBO5.

نتخلص من دراسنا هذه أن نوعية المياه السطحية لواد الزناتي بانت ندعو للقلق خاصة مع النزاد السريع لعدد السكان و بالتالي لكمية المياه المستخدمة التي هي مصدر تواجد مثل هذه العناصر الملوثة و هذا ما يهدد مستقبل مسؤبال مسؤبل أسقي و الفالحة بالمنطقة.

الكلمات المفتاح

وادي الزناتي ، فوسفات ، نيتروجين ، مياه صرف ، نيتروجيني-كيميائي ، فالحة.

Sommaire

Introduction	1
--------------------	---

CHAPITRE 1 Synthèse Bibliographique

Généralité	2
1. cycles géochimique de nutriments	4
1. 1 cycle de l'azote	4
1.1.1 la fixation de l'azote.....	5
1.1.2 la nitrification	6
1.1.3 L'absorption d'azote par les végétaux et les animaux	6
1.1 4 La décomposition des déchets.....	6
1.1 5 La dénitrification	6
1_2 cycle de phosphate	6
1.2.1L'érosion.....	7
1. 2.2 L'absorption par les êtres vivants	7
1.2.3 La décomposition des déchets	8
1.2.4 La prolifération du plancton et la sédimentation	8
2_ Sources de nutriments	8
2_1 Source Naturelle	8
2_2 Source Anthropique.....	9
2_3 Source industrielle.....	9
2_3_1 Source industrielle de l'azote.....	9
2_3_2 Source industrielle de phosphate.....	10
3_ Les Nutriments dans les eaux de surface	11
3.1 Le phosphore.....	12
3.2 L'azote.....	14
4. Rôles de nutriments dans la croissance des plantes	16
4.1 Azote (N)	16
4.2.Phosphate (P)	17

CHAPITRE 2 MATERIELS ET METHODES

1.Zone d'étude.....	19
2.1.1 Population d'Oued-Zenati	19
2.1.2 Calcul des débits des eaux usées	20

2.1.3 Description du site d'étude.....	23
2.1.4 Climatologie	24
2.1.4.1 Température	24
2.1.4.2 Précipitation	25
2.1.4.3 Relation température-précipitation.....	26
2.1.4.3.1 Diagramme Ombrothermique	26
2.1.4.3.2 Synthèse climatique.....	27
2.1.5 Echantillonnage	28
2.1.5.1 Présentation des points de prélèvements	28
2.1.5.2 Méthode de prélèvement	30
2.1.5.3 Transport des échantillons.....	31
2.1.6 Analyse des échantillons	31
2.1.6.1 Mesure in situ	31
2.1.6.2 Température	32
2.1.6.3 Le Potentiel hydrogène (pH)	32
2.1.6.4 L'Oxygène dissous (O ₂)	32
2.1.6.5 La conductivité électrique (CE)	33
2.1.6.6 Solides totaux dissous (TDS):	33
2.1.6.7 Salinité.....	33
2.2 Mesure au laboratoire.....	34
2.2.1 La Turbidité.....	34
2.2.2 Les Ortho-phosphates (PO ₄ ⁻³)	34
2.2.3 Les Nitrites (NO ₂ ⁻):	34
2.2.4 Ammonium (NH ₄ ⁺)	35
2.2.5 Les Nitrates (NO ₃ ⁻).....	36
2.2.6 La Demande Chimiques en Oxygène (DCO).....	37
2.2.7 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅).....	37

CHAPITRE 3 RESULTATS ET DISCUSSION

1. Température (T)	39
2. L'oxygène dissous.....	39
3. Demande Biochimique d'Oxygène (DBO ₅).....	40
4. Nitrites (NO ₂ ⁻)	41
5. Ammonium (NH ₄ ⁺)	42
6. Ortho-phosphate (PO ₄ ⁻³).....	42

7. La turbidité	43
8. La conductivité	44
9. Solides Totaux Dissous (TDS)	45
10. Salinité	45
11. Le potentiel d'hydrogène	46
12. Demande chimique en oxygène DCO	46
12. Nitrates (NO^{3-})	47
Discussion	48
CONCLUSION	51
Référence bibliographique	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1: Carte d'identité de l'azote	3
Tableau 2 : Carte d'identité de phosphate	4
Tableau 3: Critères de qualité de l'eau pour le phosphore	13
Tableau 4: Critères de qualité de l'eau pour l'azote.....	15
Tableau 5: Evaluation de la population de la ville d'Oued-Zenati	20
Tableau 6: Représentation du volume de la population d'étude.	21
Tableau 7: Les débits des points des eaux usées de la station d'épuration d'Oued Zenati en saison sèche	22
Tableau 8: Les débits des points des eaux usées de la station d'épuration d'Oued Zenati en saison pluviale	23
Tableau 9: caractéristiques physiques et morphologiques d'Oued-Zenati	24
Tableau 10: Evaluation des températures moyennes mensuelles d'Oued Zenati	25
Tableau 11: Présentation des points de prélèvement	30
Tableau 12: La grille de quantité globale adoptée par l'ANRH.	49

Liste des figures

Figure 1: Présentation de cycle de l'azote	5
Figure 2: Présentation de cycle de phosphate	7
Figure 3: Variation de la température moyenne mensuelle (2007-2020) pour la région de Oued-Zenati.....	25
Figure 4: Variation de la précipitation moyenne mensuelle (2007-2020)	26
Figure 5: Diagramme ombrothermiques (2007-2020) pour la région d' Oued-Zenati	27
Figure 6: Climagramme d'Emberger région d' Oued-Zenati.....	28
Figure 7: Situation géographique des sites de prélèvement	29
Figure 8: Localisation des sites de prélèvement.....	29
Figure 9: Photo d'un GPS de type 72 GARMIN.....	30
Figure 10: Photo du multimètre utilisé pour les analyses in situ.....	31
Figure 11: Représente un turbidimètre paillasse de type AQUALYTIQUE (AL450T-IR)....	34
Figure 12: photo d'un spectrophotomètre de type WTW PhotoLab Spektral.....	36
Figure 13: Photo d'un DBO mètre de type WTW OxiTop Box	38
Figure 14: Evolution spatio-temporelle du nitrite dans l'eau d'Oued Zenati.....	41
Figure 15: Evolution spatio-temporelle d'Ammonium dans l'eau d'Oued/Zenati	42
Figure 16: Evolution spatio-temporelle de l'Ortho-phosphate dans l'eau d'Oued/Zenati	43
Figure 17: Evolution spatio-temporelle de la turbidité dans l'eau d'O/Zenati.....	44
Figure 18: Evolution spatio-temporelle de la conductivité dans l'eau d'O/Zenati	44
Figure 19: Evolution spatio-temporelle du TDS dans l'eau d'Oued Zenati.....	45
Figure 20: Evolution spatio-temporelle de la salinité dans l'eau d'Oued Zenati	45
Figure 21: Evolution spatio-temporelle de PH dans l'eau d'Oued Zenati	46
Figure 22: Evolution spatio-temporelle de la DCO dans l'eau d'Oued Zenati.....	47
Figure 23: Evolution spatio-temporelle du nitrate dans l'eau d'Oued Zenati.....	47

Introduction

Introduction

L'eau est une substance vitale nécessaire à la vie, mais c'est la vie à part entière. Depuis plusieurs années, l'Algérie, à l'instar des pays d'Afrique du Nord, souffre d'une grave pénurie de cette substance, notamment sous l'influence des changements climatiques et de la demande croissante et de son utilisation de la part de nombreux secteurs, notamment agricoles et industriels. Afin de préserver cette précieuse richesse, notre pays a adopté une politique et des mesures particulières de gestion rationnelle, en mettant en place des programmes de développement durable à court et long terme, notamment la construction de barrages, le dessalement de l'eau de mer, et le transfert d'eau du nord au sud. , à cela s'ajoute l'eau non conventionnelle, provenant de diverses stations d'épuration.

Il est, également, à noter ici que l'Algérie compte 17 Bassins versants et 11 oueds, dont la plus grande est l'oued Chlef à l'ouest, suivi de l'oued Seybouse à l'est, et il existe d'autres petites oueds, mais elles sont au total des oueds saisonniers, et ils sont largement exploités pour l'irrigation des cultures, bien qu'ils soient sous la menace constante de facteurs de pollution et exploitation irrationnelle.

La présente étude a pour objectif à déterminer le niveau de polluants phosphatés et azotés, dont la principale source est l'utilisation d'engrais organiques et d'eaux usées dans les eaux de surface de l'Oued-Zenati en amont et en aval de la ville, et d'établir une comparaison entre les deux sites d'études afin d'arriver à connaître l'ampleur du phénomène de pollution qui s'est accru au fil du temps.

Le manuscrit est hiérarchisé en trois grands chapitres ou le premier se focalise sur une synthèse bibliographique portant sur le phosphate et l'azote, essentiellement, leur source et leur cycle biogéochimique.

Quant au deuxième chapitre (matériel et méthodes), il a été consacré à la présentation de la zone d'étude, climatologie de la région et aux différentes techniques de mesure et d'analyses physicochimiques.

Le dernier chapitre a été consacré à présenter les résultats sous forme d'histogrammes avec quelques commentaires et explications des variations spatiotemporelles des différents paramètres et nous avons terminé avec une discussion et petite conclusion.

CHAPITRE 1

Synthèse Bibliographique

Généralité

Le phosphore et l'azote sont des éléments essentiels à la croissance des plantes et des algues. On dit que ce sont des nutriments limitant, c'est-à-dire que la croissance des plantes et des algues est limitée par la disponibilité du phosphore et/ou de l'azote. [1]

Plus ces éléments sont présents en grande quantité, plus la quantité de matière organique produite est importante. Bien qu'il soit présent un peu partout dans le milieu naturel (dans le sol, dans l'eau, dans l'air fixé à de fines particules, sous forme organique), le phosphore se retrouve en faible quantité dans les lacs où il existe sous trois formes : inorganique, organique (dérivé des organismes vivants) et organique dissous. Les algues et les plantes utilisent surtout le phosphore inorganique pour leur nutrition. [2]

L'azote existe également sous plusieurs formes : organique et inorganique (les nitrates (NO_3^-) et l'ammonium (NH_4^+), par exemple). Les plantes et les algues utilisent en général les formes inorganiques pour se nourrir. [3]

Un nutriment limitant est un nutriment qui est nécessaire à la croissance des plantes et des algues, mais qui est disponible en quantité insuffisante dans le milieu aquatique pour leur permettre d'augmenter leur abondance.

Il existe plusieurs nutriments limitants dans un lac, mais le principal est le phosphore [4]

Tableau 1: Carte d'identité de l'azote[65]

Nom de l'élément	Azote				Symbole 7N
	Nom	Z	A	Symbole	
Isotopes naturels	Azote 14	7	14	7N	
	Azote 15	7	15	7N	
Date et lieu de découverte	En 1772 en Grande-Bretagne				
Savant l'ayant découvert	Par Rutherford				
Étymologie du nom	Du grec «a-zootikos», qui n'entretient pas la vie				
Rayon de l'atome	75 pico mètres				
Configuration électronique	$(K)^2 (L)^5$				Ions monoatomiques N^{3-}
Position dans le tableau	Ligne n°		L / 2		
	Colonne n°		V		
Nom de la famille chimique					
Éléments de la famille					
Masse molaire atomique	14.0 g*mol				

Tableau 2 : Carte d'identité de phosphate[66]

Numéro atomique	15
Famille	Non-métaux
Groupe (colonne)	15
Période (ligne)	3
Bloc (sous couche électronique)	p
Propriétés atomiques	
Masse atomique (isotope principal)	31 u
Structure électronique	${}^{\prime}\text{K)}^2(\text{L})^8(\text{M})^5$
Configuration électronique	$1s^22s^22p^63s^23p^3$
Propriétés physico-chimique	
électronégativité	2,19
Masse molaire atomique (g/mol)	31,0

1. cycles géochimique de nutriments :

1. 1cycle de l'azote

Le **cycle de l'azote** est un cycle biogéochimique qui correspond à l'ensemble des échanges d'azote sur la planète.

L'azote est essentiel au fonctionnement des êtres vivants. Il sert notamment à fabriquer des protéines et à produire les bases azotées présentes dans l'ADN.

Ce sont des bactéries qui transforment l'azote de l'atmosphère en une forme assimilable par les autres organismes vivants. C'est grâce à son cycle biogéochimique que l'azote peut passer d'une forme à une autre.[5]

Les processus du cycle de l'azote se déroulent autant dans la lithosphère que dans l'hydrosphère.

Les principaux processus qui se déroulent lors du cycle de l'azote sont les suivants:

- La fixation de l'azote
- La nitrification
- L'absorption d'azote par les végétaux et les animaux
- La décomposition des déchets[6]

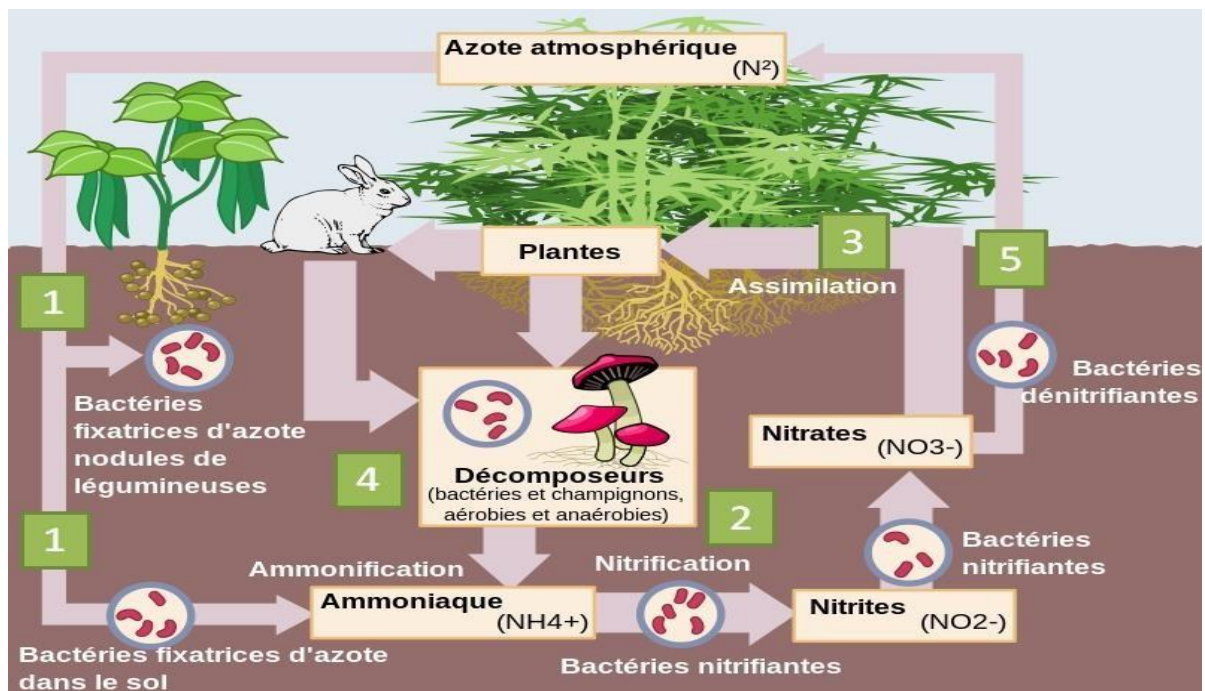


Figure 1: Présentation de cycle de l'azote [7]

1.1.1 la fixation de l'azote

Certaines bactéries, vivant dans le sol ou dans l'eau, captent l'azote atmosphérique et le transforment en azote utilisable par les plantes et les animaux, soit en ammoniac (N_3H)(NH_3).

Une portion de l'ammoniac est utilisée par les végétaux et les animaux, alors qu'une autre portion réagit avec de l'hydrogène pour former de l'ammonium (NH_4^+)(NH_4^+). Parmi les bactéries capables de réaliser la fixation de l'azote, on retrouve des cyanobactéries et certaines bactéries, comme celles du genre *Rhizobium*, vivant en symbiose avec des plantes (entre autres de la légumineuse)[8]

1.1.2 la nitrification

Des bactéries oxydent l'ammonium (NH_4^+)(NH_4^+) pour former des nitrites (NO_2^-)(NO_2^-) et d'autres bactéries oxydent les nitrites (NO_2^-)(NO_2^-) pour former des nitrates (NO_3^-)(NO_3^-). Ce sont deux réactions d'oxydation. [9]

1.1.3 L'absorption d'azote par les végétaux et les animaux

Les végétaux sont capables, grâce à leurs racines, d'absorber le nitrate et l'ammonium présent dans le sol ou dans l'eau. Les végétaux représentent la seule source primaire d'azote disponible pour les animaux herbivores. C'est en mangeant les végétaux que les animaux herbivores ingèrent leur azote. L'azote suit ensuite la chaîne alimentaire. Les carnivores ingèrent leur azote en se nourrissant des animaux herbivores ou d'autres animaux. [10]

1.1.4 La décomposition des déchets

On retrouve de l'azote dans les déchets végétaux et animaux (urine, selles, organismes morts, etc.). Certains champignons et bactéries décomposent ces substances et produisent alors de l'ammoniac. Cet ammoniac va pouvoir se dissoudre pour former de l'ammonium. [11]

1.1.5 La dénitrification

Les bactéries dites dénitrifiantes transforment les nitrates en diazote. Le diazote retourne alors dans l'atmosphère. Cette réaction chimique produit aussi du dioxyde de carbone (CO_2)(CO_2) et de l'oxyde d'azote (N_2O)(N_2O). [12]

1_2 cycle de phosphate

Le **cycle du phosphore** est un cycle biogéochimique qui correspond à l'ensemble des échanges de phosphore sur la planète.

Le phosphore est un élément essentiel à la vie puisqu'il sert, notamment, de matériau de base à l'ADN, aux dents, aux os et aux coquilles.

Le phosphore est constamment échangé entre la lithosphère, l'hydrosphère et les organismes vivants.

Toutefois, contrairement aux cycles du carbone et de l'azote, il s'agit d'un cycle sédimentaire, c'est-à-dire qu'il ne possède pratiquement pas de composantes gazeuses et qu'il n'implique donc pas de processus atmosphériques. [13]

L'essentiel du phosphore provient de l'érosion des roches sédimentaires qui en libère de petites quantités, sous la forme dissoute de phosphates directement assimilables par les végétaux.

Les principaux processus qui se déroulent lors du cycle du phosphore sont les suivants:

- L'érosion
- L'absorption par les êtres vivants
- La décomposition des déchets
- La prolifération du plancton et la sédimentation[14]

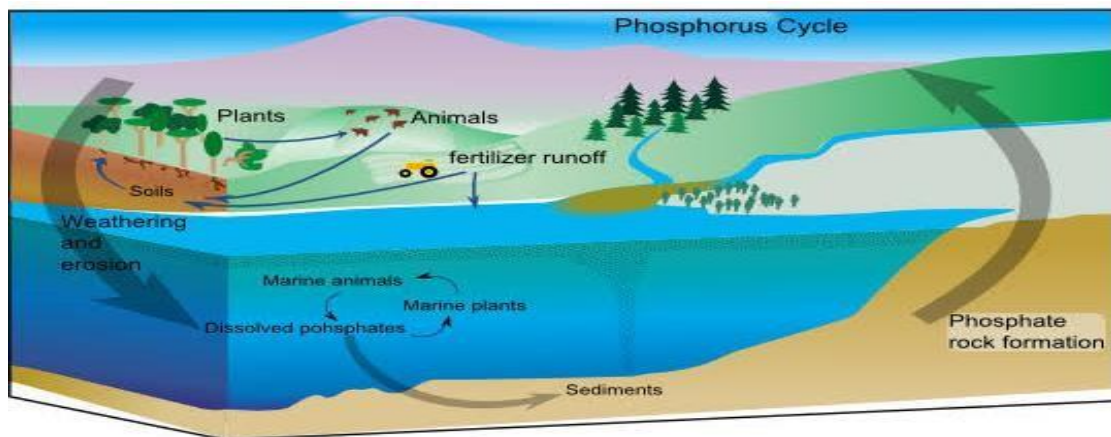


Figure 2: Présentation de cycle de phosphate[15]

1.2.1 L'érosion

Dans la nature, le phosphore se trouve surtout dans les roches de la lithosphère. Sous l'action de la pluie et du vent, une petite quantité de phosphore s'échappe des roches, généralement sous forme de phosphates.[16]

1. 2.2 L'absorption par les êtres vivants

Les phosphates entrent dans les chaînes alimentaires par les végétaux. Étant nécessaires à leur croissance, les phosphates sont absorbés par ceux-ci. Les herbivores ingèrent ensuite les phosphates en mangeant des végétaux.

La chaîne alimentaire se termine lorsque les carnivores consomment des herbivores ou d'autres animaux.[17]

1.2.3 La décomposition des déchets

Les phosphates ingérés par les animaux retournent dans le sol sous forme de matière fécale et d'urine. En outre, la dégradation des animaux et des végétaux morts par les décomposeurs libère aussi des phosphates.

Ainsi, les phosphates retournent dans le sol et le cycle peut alors recommencer.[18]

1.2.4 La prolifération du plancton et la sédimentation

Le cycle du phosphate se déroule aussi dans l'hydrosphère. Des phosphates provenant des roches ou excrétés par les animaux et les décomposeurs rejoignent les océans.

Une partie favorise la prolifération du plancton, alors que l'autre partie tombe au fond des plans d'eau et se mélange aux sédiments. Très lentement, sur des millions d'années, ces sédiments forment des roches et le phosphore retrouve sa forme d'origine.[19]

2_ Sources de nutriments

2_1 Source Naturelle

La grande majorité du phosphore provient de certains types de roche qui, sous l'effet des conditions géologiques et atmosphériques, s'érodent lentement puis libèrent le phosphore dans l'environnement

1.3 Eaux de ruissellement - Le phosphore et l'azote peuvent entrer dans les lacs par les eaux de ruissellement, car ce sont des éléments qui se retrouvent de façon naturelle dans le sol et la matière organique

1.4 Les déjections animales ainsi que la décomposition de la matière organique .[20]

Après la mort des organismes est une autre source de phosphore et d'azote. Suite à ce processus, ces éléments peuvent se retrouver soit dans les milieux lacustres, dans l'atmosphère ou dans les sols.

1.5 La libération du phosphore emmagasiné dans les sédiments - Le phosphore a la propriété de se lier aux sédiments des lacs, mais peut être remis en suspension lors des événements de grands vents dans les lacs peu profonds. De plus, le phosphore peut être libéré lorsqu'il y a un manque d'oxygène dans les lacs.

1.6 Milieux humides et étangs de castor - La décomposition des troncs d'arbres et des branches dans le fond des étangs de castor génère une quantité importante[21]

de phosphore, variable selon les saisons. De plus, il y a davantage de sédiments qui se déposent dans ces étangs, dû au ralentissement du courant, devenant une source additionnelle de phosphore.

- 1.7 Air - Certaines cyanobactéries peuvent extraire l'azote gazeux de l'air et le transformer en des formes qu'elles pourront lisser. [22]

2_2 Source Anthropique

La quantité de phosphore et d'azote dans les eaux de plusieurs lacs a augmenté de façon considérable depuis quelques décennies en raison du développement des collectivités humaines à l'intérieur des bassins versants. [23]

Parmi les principales sources anthropiques de phosphore et d'azote, mentionnons :

- L'utilisation d'engrais et de fertilisants.
- L'aménagement de grands centres urbains et l'artificialisation des surfaces.
- L'intensification du défrichage et du déboisement.
- Les rejets provenant des stations de traitement des eaux usées ou les rejets industriels.
- Le dysfonctionnement et le mauvais entretien des installations septiques.
- L'utilisation de produits domestiques riches en phosphates.[24]

2_3 Source industrielle

2_3_1 source industrielle de l'azote

Il peut être produit soit par distillation fractionnelle cryogénique de l'air liquéfié, soit par séparation de l'air gazeux en utilisant l'adsorption ou la perméation. [25]

Les raffineries et les usines pétrochimiques nécessitent des volumes élevés d'azote gazeux dans des opérations de pressurisation, et dans des opérations d'inertage pour évacuer l'oxygène et l'humidité présents dans les réservoirs et les canalisations.

L'utilisation de l'azote liquide et gazeux dans l'industrie alimentaire requiert différents besoins en gaz : froid cryogénique (notamment la surgélation, le croûtage, etc), amélioration de la conservation (emballage sous atmosphère contrôlée - gamme ALIGAL™), maintien de la chaîne du froid lorsque les produits alimentaires sont transportés (par camion frigorifique)...[26]

2_3_2 source industrielle de phosphate

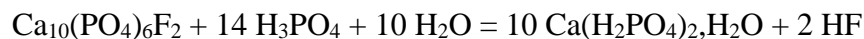
Engrais simples

Le superphosphate normal (15 à 18 % de P_2O_5) est obtenu par attaque du phosphate naturel par l'acide sulfurique selon la réaction



Il est constitué principalement par un mélange de phosphate monocalcique et de sulfate de calcium. Sa fabrication nécessite environ 710 kg de phosphate naturel à 63 % de PTC et 370 kg de H_2SO_4 à 100 % pour 1 t de superphosphate. Il est produit et utilisé principalement en Chine, au Brésil et en Inde. Les capacités mondiales de production sont, en 2016, de 12,5 millions de t de P_2O_5 . [27]

Le superphosphate triple (TSP) (46 % de P_2O_5), est obtenu par attaque du phosphate naturel par l'acide phosphorique selon la réaction :



Sa fabrication nécessite la production d'acide phosphorique et consomme 850 kg de H_3PO_4 à 40 % de P_2O_5 et 437 kg de phosphate naturel à 63 % de PCT pour 1 t de superphosphate.

La réaction entre le phosphate naturel et les acides sulfurique ou phosphorique dure entre 20 minutes et 1 heure sur une bande transporteuse de grande largeur (jusqu'à 2 m) avançant à la vitesse de quelques cm/s.

Les gaz fluorés sont captés et HF éliminé par lavage à l'eau. Après la mise en stock, la réaction se poursuit lentement (mûrissement), pendant plusieurs jours. Les installations industrielles produisent jusqu'à 1500 t/j de superphosphate.

La production mondiale est, en 2018, de 2,416 millions de t de P_2O_5 , dont 998 732 t dans l'Union européenne. En 2018, le commerce international a porté sur 1,659 million de t de P_2O_5 . [28]

Le superphosphate concentré (25 % de P_2O_5) obtenu par attaque sulfurique et phosphorique.

Autres modes de fabrication d'engrais phosphatés simples

- Thermique : obtenu par traitement, à 1 250°C, d'un mélange de phosphate, Na_2CO_3 , SiO_2 : donne $CaNaPO_4$.

- Phosphate dicalcique : (utilisé surtout comme complément dans l'alimentaire animale) obtenu par attaque du phosphate par HCl ou de l'acide phosphorique : donne CaHPO_4 . [29]

Engrais binaires NP:

Les phosphates d'ammonium diammonique (DAP) et monoammonique (MAP) sont obtenus par neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniac. Les plus courants sont le DAP 18-46-0 (18 % N – 46 % P_2O_5 – 0 % K_2O) et le MAP 11-52-0. Les consommations pour une t de DAP 18-46-0 sont de 145 kg d'ammoniac, 1,91 t de phosphate à 63 % de PTC, 475 kg de soufre et 1,35 t d'acide phosphorique à 40 % de P_2O_5 . Les consommations pour une t de MAP sont de 219 kg d'ammoniac, 1,72 t de phosphate à 63 % de PTC, 475 kg de soufre et 1,175 t d'acide phosphorique à 40 % de P_2O_5 . [30]

Phosphate d'ammonium diammonique (DAP) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$: principale source de P_2O_5 de l'agriculture mondiale, particulièrement chinoise. La production mondiale est, en 2018, de 15,524 millions de tonnes de P_2O_5 , dont 449 767 t dans l'Union européenne. Le commerce international a porté, en 2018, sur 8,390 millions de t de P_2O_5 . [31]

Phosphate d'ammonium monoammonique (MAP) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$: phosphate solide le plus concentré disponible sur le marché. La production mondiale est, en 2018, de 14,807 millions de tonnes de P_2O_5 , dont 168 138 t dans l'Union européenne. Le commerce international a porté, en 2018, sur 5,745 millions de t de P_2O_5 . [32]

Attaque nitrique des phosphates naturels : utilisée en vue d'éviter l'utilisation du soufre, le rejet de phosphogypse et d'obtenir directement un engrais NP. La difficulté est dans une production de nitrate de calcium très hygroscopique qui est utilisé, dans le nord de l'Europe, sur des sols acides et froids comme engrais de démarrage. Ce procédé est utilisé par Yara, en Norvège. [33]

3_ Les nutriments dans les eaux de surface

Afin de déterminer le facteur limitant, on utilise le rapport azote/phosphore (N : P). La valeur de référence de ce rapport est 7N : 1P (masse des concentrations). Si ce rapport est supérieur à 7, le facteur limitant sera le phosphore; par contre s'il est inférieur à 7, ce sera l'azote qui limitera la croissance algale .

L'azote, le phosphore et les matières en suspension se trouvent en quantité importante dans

plusieurs rivières et lacs du territoire ,Ils proviennent de sources diffuses de pollution de l'eau,[34]

réparties sur l'ensemble du territoire, et subissent des transformations physiques, chimiques et biologiques pendant leur transport, d'où la difficulté d'identifier les causes de leur présence dans une rivière ou un lac .[35]

La pollution d'origine diffuse se manifeste de manière plus prononcée lors d'événements pluvieux et lors de la fonte de la neige, ainsi la pluie n'est pas la source de la pollution, mais l'eau, une fois qu'elle atteint le sol, devient chargée de substances et les entraîne avec elle par ruissellement vers les cours d'eau et les lacs.[36]

Les nutriments que sont l'azote et le phosphore sont intimement liés aux matières en suspension, ils peuvent être adsorbés sur les particules de sol et ainsi être transportés lorsque le sol s'érode et est transporté par ruissellement.[37]

3.1 Le phosphore

Le phosphore provient à la base de l'altération de la roche ignée. Il ne se trouve pas à l'état libre dans la nature. Il s'agit donc d'un dérivé du phosphate de calcium présent dans les roches de surface, l'apatite ou la phosphorite. Le phosphore total est un paramètre mesuré et analysé dans le cadre de différentes campagnes de suivi de la qualité de l'eau menées sur le territoire. Il s'agit de la somme des composés phosphorés dans l'eau.[38]

Le phosphore (P), tout comme l'azote, est également un élément nutritif essentiel à la croissance des végétaux. On dit que le phosphore est un élément limitant de la croissance des algues. En effet, celle-ci dépend des apports de l'élément nutritif le moins disponible.[39]

L'abondance naturelle du phosphore est particulièrement faible par rapport aux besoins des organismes. Ainsi, le rapport phosphore: tissus végétaux est de 1 :500. Cela signifie que l'introduction de 1 kg de phosphore dans l'eau entraîne la production de 500 kg de biomasse végétale .[40]

Le phosphore est présent à l'état naturel dans les roches, mais aussi dans le sol, les déchets d'origine animale, la matière organique végétale et l'atmosphère. Les activités humaines constituent une importante source de phosphore. Les fertilisants utilisés en agriculture constituent une source importante, tout comme les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles ou encore les eaux de ruissellement des zones résidentielles et urbaines .[41]

Le phosphore présent dans l'environnement ne représente pas une menace pour la santé humaine. Toutefois, les surplus de phosphore favorisent la croissance excessive des plantes aquatiques et des algues accélérant ainsi le processus d'eutrophisation des lacs.[42]

le phosphore est l'élément limitant dans les systèmes aquatiques d'eau douce, la capacité de support est définie par cet élément. Un lac peut recevoir une certaine quantité de phosphore sans engendrer d'effets indésirables sur celui-ci, c'est la capacité de support. Différents modèles permettant de mesurer la capacité de support ont été mis au point. Tous ne sont pas basés sur les mêmes critères pour définir les limites acceptables de la qualité de l'eau d'un lac.

Selon le MDDELCC, une concentration en phosphore acceptable en surplus a été déterminée à partir des principes proposés par le Conseil canadien des ministres en environnement (CCME). Ainsi, une augmentation de la concentration naturelle de phosphore d'au plus 50%, sans toutefois dépasser 10 µg/l si la concentration naturelle se situe sous 10 µg/l est acceptée ou sans dépasser 20 µg/l si la concentration naturelle est supérieure à 10 µg/l. Ces critères sont toutefois en révision.[43]

L'équipe du chercheur Richard Carignan du Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique, qui a effectué des recherches sur la capacité de support dans la région des Laurentides, considère que l'augmentation de la concentration en phosphore ne devrait pas dépasser 10% dans tous les cas.[44]

Tableau 3: Critères de qualité de l'eau pour le phosphore[45]

Critère	Lacs	Rivières																
PROTECTION DES ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES ET DE L'ESTHÉTIQUE¹	Pour les lacs oligotrophes dont la concentration naturelle est ou était de moins de 0,01 mg/L, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle sans dépasser 0,01 mg/L. Pour limiter l'eutrophisation des lacs dont la concentration naturelle se trouve ou se trouvait entre 0,01 et 0,02 mg/L, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle, sans dépasser 0,02 mg/L.	0,03 mg/L P : Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. Certains facteurs influencent l'effet potentiel du phosphore. Les principaux facteurs physiques généralement mentionnés sont: le type de substrat, la profondeur, la transparence et la température de l'eau, la vitesse du courant et l'ombrage (Environnement Canada, 2003). Ces pas prises en caractéristiques ne sont compte par les critères de qualité. C'est pourquoi il faut utiliser judicieusement les critères de qualité du phosphore protectrice pour les cours d'eau, n'assure pas toujours la protection des lacs hors selon le milieu évalué. Cette valeur p en aval.																
CVAC²																		
Classe A de l'IQBP³	—	≤ 0,03 mg/L P																
Protection de la vie aquatique⁴	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Intervalles d'intervention au Canada</th> </tr> <tr> <th>État trophique</th> <th>Phosphore total (µg·L⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ultra-oligotrophe</td> <td>< 4</td> </tr> <tr> <td>Oligotrophe</td> <td>4-10</td> </tr> <tr> <td>Mésotrophe</td> <td>10-20</td> </tr> <tr> <td>Méso-eutrophe</td> <td>20-35</td> </tr> <tr> <td>Eutrophe</td> <td>35-100</td> </tr> <tr> <td>Hypereutrophe</td> <td>> 100</td> </tr> </tbody> </table>		Intervalles d'intervention au Canada		État trophique	Phosphore total (µg·L ⁻¹)	Ultra-oligotrophe	< 4	Oligotrophe	4-10	Mésotrophe	10-20	Méso-eutrophe	20-35	Eutrophe	35-100	Hypereutrophe	> 100
Intervalles d'intervention au Canada																		
État trophique	Phosphore total (µg·L ⁻¹)																	
Ultra-oligotrophe	< 4																	
Oligotrophe	4-10																	
Mésotrophe	10-20																	
Méso-eutrophe	20-35																	
Eutrophe	35-100																	
Hypereutrophe	> 100																	

3.2 L'azote

L'azote (N) est un minéral qui existe sous différentes formes dans l'atmosphère, l'eau de pluie et la neige, le sol et les milieux aquatiques. C'est un nutriment essentiel pour la survie de tout organisme vivant.[46]

L'azote est un élément qui peut se transformer biochimiquement ou chimiquement par une série de processus formant le cycle de l'azote. Les campagnes de suivi de la qualité de l'eau mesurent diverses formes d'azote: l'azote total, l'azote ammoniacal et les nitrites/nitrates. L'azote total comprend l'azote lié à la matière organique, l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. Le cycle complet de l'azote régit la quantité qui se trouvera sous une forme donnée.

L'azote ammoniacal regroupe différents types de molécules qui comprennent l'ammonium ou l'ammoniac en association avec d'autres molécules comme le chlore.

L'ammonium (NH_4^+) est directement assimilable par les plantes. Il se lie aux particules d'argile minérale et de matière organique et peut être transporté vers l'eau de surface sous forme attachée aux sédiments et à la matière en suspension. Sous certaines conditions le NH_4^+ peut être nuisible au milieu aquatique.[47]

dans le sang chez les enfants de moins de 6 mois. L'ingestion d'eau ou d'aliments à haute teneur en nitrates peut entraîner l'empoisonnement du bétail.

Dans l'environnement, le lessivage préférentielle Rapidement, l'ammonium peut être transformé en nitrite (NO_2^-), puis en nitrate (NO_3^-), la forme d'absorption par les plantes et la plus disponible. Les nitrates peuvent facilement être dissous dans l'eau et ainsi être transportés.

L'azote organique est l'azote contenu dans la matière organique comme le fumier, les boues et composts municipaux, les déchets d'usines alimentaires, les résidus de papeteries et les résidus de culture.[48]

Plusieurs sources d'azotes inorganiques sont utilisées pour la fertilisation des terres agricoles notamment dans les fertilisants commerciaux. Des sources d'azote organiques sont également utilisées: les déjections animales, les résidus de culture, les boues de stations d'épuration municipales, les composts municipaux, les déchets d'usines alimentaires, les résidus de papeterie et une large gamme de résidus organiques industriels.[49]

L'azote peut avoir plusieurs impacts environnementaux et sur la santé humaine et animale. En ce qui a trait à la santé, la consommation d'eau et d'aliments à teneur élevée en nitrates peut entraîner la méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu), une maladie qui affecte le système de transport de l'oxygène des nitrates contamine les eaux souterraines qui seraient alors impropres à la consommation humaine, particulièrement par les enfants. L'azote soluble ou

attaché aux sédiments qui ruisselle vers les eaux de surface peut dégrader la qualité de l'eau et la diversité biologique ou encore entraîner l'eutrophisation. L'acide nitrique qui entre dans les écosystèmes sous forme de précipitations ou de particules solides est la source des pluies acides qui causent des dommages à la végétation, acidifient les eaux de surface et réduisent la biodiversité dans les milieux aquatiques. [50]

Tableau 4: Critères de qualité de l'eau pour l'azote[51]

Critère	Nitrites-nitrates	Nitrites	Nitrates	Azote ammoniacal
PRÉVENTION DE LA CONTAMINATION (EAU ET ORGANISMES AQUATIQUES)	10 mg/L	1	10 mg/L N	0,2 mg/L N: La présence d'azote ammoniacal à des concentrations plus élevées peut compromettre l'efficacité de la désinfection. 1,5 mg/L N: Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées.
PROTECTION DES ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES ET DE L'ESTHÉTIQUE	–	–	–	–
CVAA	–	0,06 mg/L N	–	En fonction de la température et du pH
CVAC	2,9 mg/L N	0,02 mg/L N	2,9 mg/L N	En fonction de la température et du pH
Classe B de l'IQBP	1,00 mg/L N	–	–	0,50 mg/L N

Le MDDEFP (maintenant le MDDELCC) spécifie qu'une concentration d'azote totale supérieure à 1 mg/l peut être le signe d'une surfertilisation du milieu aquatique.

4. Rôles de nutriments dans la croissance des plantes

4.1 Azote (N)

L'azote est un élément minéral très abondant dans la nature. Il est, d'ailleurs, considéré comme le troisième élément le plus abondant dans les tissus des végétaux, après le carbone et l'hydrogène. Il est impliqué dans le processus de croissance et le développement des cultures vu qu'il s'agit d'une composante inhérente des protéines, coenzymes, nucléotides et chlorophylles. Une **carence** en cet éléments se manifeste par une **chlorosedue** à l'**inhibition de la synthèse des chlorophylles**. [52]

L'azote est l'élément clé dans le processus de nutrition des plantes. Il intervient dans la synthèse des protéines, de la chlorophylle et d'autres composés majeurs déterminants dans le métabolisme végétal. [53]

L'azote existe sous plusieurs formes et joue un rôle déterminant dans la croissance végétative des plantes. La partie la plus importante de l'azote du sol se trouve à l'état organique. Cette forme n'est pas absorbée directement par les racines des plantes et elle doit être transformée en azote minéral (nitrique ou ammoniacal) pour être disponible. [54]

L'**azote ammoniacal** est un cation qui peut être capturé par le complexe absorbant du sol en induisant sa faible mobilité dans le sol. En revanche, l'**azote nitrique** est un anion qui n'est pas trop retenu par le complexe argilo-humique, ce qui lui confère une grande mobilité dans le sol et par conséquent, un grand risque de lessivage par l'eau de pluie ou de l'irrigation. [55]

Effets de l'azote sur les cultures:

Une nutrition déficiente en azote fait chuter de 25% la croissance de la plante du melon et réduit le nombre des fleurs mâles de 35% et les fleurs hermaphrodites de 55 %, même si les autres éléments se trouvent en quantité suffisante. [56]

La carence en azote, dans la culture de melon, se traduit par un jaunissement diffus du limbe et des nervures des feuilles, et un fruit de taille réduite et de forme allongée qui prend une couleur très claire. [57]

Cependant, une surconsommation entraîne une croissance végétative trop importante, fragilise la plante, et peut nuire à la nouaison. L'excès d'azote nuit aussi à la conservation des fruits. [58]

4.2 Phosphate (P)

Le phosphore constitue également un élément essentiel dans la nutrition des plantes. Il agit comme transporteur d'énergie aussi bien dans la photosynthèse que dans la dégradation des carbohydrates. Il favorise notamment le **développement racinaire** et intervient dans d'autres processus comme la **maturation**, la mobilisation des réserves nutritives et la transmission des caractères héréditaires.[59]

Le phosphore n'est pas exposé au lessivage car il n'est pas mobile dans le sol en s'accumulant au niveau de l'horizon superficiel du sol. Cependant, en sol riche en calcaire, la forme soluble se transforme en phosphate de calcium insoluble. On parle alors, de la fixation ou de la rétrogradation qui présente la cause de la non disponibilité d'une partie du phosphore apporté pour les plantes.[60]

La carence en phosphore provoque de sévères altérations du métabolisme et du développement végétal, car cet élément fait partie des composantes de la plante comme les acides nucléiques (ADN, ARN), les phosphates d'adénosine (AMP, ADP et ATP) et les nucléotides pyridine (NAD et NADP). Cette carence en phosphore se manifeste par un nanisme généralisé de la plante et présentant des entre-nœuds courts. Les feuilles prennent une couleur vert pourpre.[61]

Une alimentation faible en phosphore, et un niveau élevé en azote, a une action restrictive sur la croissance de 40 à 45% en diminuant le nombre de feuilles avec une réduction de leur surface. Cette situation peut entraîner aussi une diminution de 70% du potentiel de floraison, qui se répercute directement de manière défavorable sur la nouaison et le grossissement des fruits. [62]

En conditions naturelles, du fait qu'il est relativement plus abondant que le phosphore pour satisfaire les besoins nutritionnels des végétaux aquatiques, l'azote ne peut pas limiter leur croissance. Le facteur limitant, c'est le phosphore.

La croissance incontrôlée des végétaux aquatiques en réponse à la pollution par les phosphates a pour conséquence de modifier profondément la structure et le fonctionnement des hydrosystèmes en relation notamment avec la prolifération des cyanobactéries, algues particulièrement nuisantes.[63]

Ces modifications s'accompagnent d'une dégradation de la qualité de l'eau qui équivaut à celle provoquée par la pollution organique et qui se traduit par des pertes d'usage touchant de nombreux intérêts économiques, voire vitaux[64].

CHAPITRE 2: MATERIELS ET METHODES

1. Zone d'étude

Oued-Zenati est une commune d'Algérie située dans la wilaya de Guelma, à 40km du chef lieu de la wilaya sur la RN 20, entre Guelma et de Constantine. Sa surface était avant 1985 de 484 Km² et actuellement de 143,77Km². Limitée au Nord par les communes de Bordj-Sabath et de Ras El Akba, à l'Est par les communes d'Ain Makhlouf et Sellaoua Announa, à l'Ouest par la commune d'Ain Régada et au sud par la commune de Tamlouka , son altitude moyenne est de 640m.

Elle se caractérise par une morphologie de collines et de piedmonts et qui représente près de 72 % de la surface communale. Quant aux plaines et plateaux, ils n'occupent que 20 %, et le reste soit 3 % de la surface totale de la commune est montagneux.

Du point de vue géologique, la ville est caractérisée par des ensembles assez homogène ou l'érosion est plus active sur l'ensemble argileux-marneux au nord et moins active sur les croutes calcaires dans la région sud. L'extension de la monoculture céréalière est due notamment aux conditions favorables que présente un milieu physique homogène dans son ensemble.

La commune d'Oued-Zenati est connue comme étant un grand domaine où la céréaliculture est prédominante. L'agriculture occupe une part très importante soit 88 % des terres. Les meilleures terres sont surtout insères le long de la vallée de l'Oued-Zenati et principalement vers le sud de la commune sur les plaines d'Ain Trabe. Les premières sont composées des vertisols, jouissants d'un profil homogènes, d'une bonne cohésion et sont développées sur des terrasses. la faible pente rend le drainage difficile et la grande proportion des éléments fins rend la porosité médiocre, la texture devient donc lourde. Ceci explique le fait que ces terres sont souvent utilisées pour les cultures annuelles comme les céréales et les légumes secs.

La jachère représente environ 20 % de la surface agricole totale et atteste la vocation agropastorale de la commune sur les piedmonts . Les fourrages occupant cependant 10% de la surface totale, l'arboriculture et les cultures maraîchères arrivent en derniers rangs avec 0.006% et 0.002% ce qui atteste que ces cultures restent négligeables.

2.1.1 Population d'Oued-Zenati

La ville d'Oued-Zenati a connue une croissance démographique notable ces dernières années (Tableau 05) qui risque de doubler l'effectif en 20 ans.

Tableau 5: Evaluation de la population de la ville d'Oued-Zenati

Année	Nombre d'Habitation
1990	24.595
1995	28.445
2000	31.300
2004	32.951
2007	37.744
2010	54.224
2015	56.406
2020	59.872

2.1.2 Calcul des débits des eaux usées

D'après l'étude menée sur la réalisation de la station d'épuration d'Oued-Zenati par le laboratoire EN.HYDRO-PROJETS-EST de construction en 2011. Le débit de calcul c'est un débit maximal des eaux usées, l'évacuation duquel doit être assuré par les ouvrage d'épuration pour la période de calcul.

Pour le calcul des ouvrages on définit les débits moyens et maximaux journaliers, horaires et ceux par une seconde.

Les débits de calcul des eaux usées domestiques sans tenir compte des eaux pluviales sont définis par les formules suivantes:

$$Q = \frac{n.Np}{1000} \text{---. K m}^3 / \text{j}$$

$$Q = \frac{n.Np}{24 \times 1000} \text{---. K m}^3 / \text{h}$$

$$Q = \frac{n \cdot Np}{24 \times 3600} \cdot K \text{ m}^3 / \text{s}$$

ou

- **n**: La dotation en eau moyenne par habitant, $1 / j \text{ n} = 180 \text{ l} / j / \text{ hab.}$
- **NP**: Nombre d’habitant.
- **K** : Coefficient de rejet des eaux usées $K = 0.80$ (80%).

Tous les calculs des débits des eaux usées sont récapitulés dans le tableau 06 :

Tableau 6: Représentation du volume de la population d’étude.

Horizons de calcul	Population habitants total	Volume des eaux usées		
		Q moyj (m ³ /J)	Q moyh (m ³ /h)	Q moys (l/s)
2010	54224	8546.89	356.12	98.92
2015	56406	8858.17	369.09	102.52
2020	59872	9402.48	391.77	108.83
2025	63551	9979.50	415.81	115.50
2030	67458	10593.92	441.41	122.61
2035	71622	10929.29	455.38	126.49

Le coefficient de l’irrégularité des débits journaliers (débits de pointe) des eaux usées KJ_{max} qui tient compte de la mode de vie de la population, du degré d’aménagement des locaux, de l’évolution de la consommation d’eau par saisons de l’année et jours de la semaine. Le réseau d’assainissement unitaire influe considérablement sur les apports des eaux usées, mais à son tour son fonctionnement dépend des changements du temps.

Le coefficient de l’irrégularité des débits est défini par la formule suivante :

$$K_{max} = 2.6 - 0.40 \log (n / 1000)$$

$$K_{2010} = 2.6 - 0.40 \log (54224/1000) = 1.90$$

$$K_{2015} = 2,6 - 0.40 \log (56406/1000) = 1.89$$

$$K_{2020} = 2,6 - 0.40 \log (63551/1000) = 1,87$$

$$K_{2030} = 2.6 - 0.40 \log (67458/1000) = 1.86$$

$$K_{2035} = 2.6 - 0.40 \log (71622/1000) = 1.85$$

La charge polluante des eaux usées arrivant à la station d'épuration est aussi variable et de ce fait dans plusieurs cas, il est nécessaire de réduire les débits à la moyenne. Les débits de points en saison sèche compte tenu du coefficient d'irrégularité sont indiqués dans le Tableau 07 :

Tableau 7: Les débits des points des eaux usées de la station d'épuration d'Oued Zenati en saison sèche

Horizons de calcul, années	Débits de calcul Q moyj (m ³ /j)	Coefficient d'irrégularité K irr	Débits par horizons de calcul compte tenu du coefficient d'irrégularité		
			Q moyj (m ³ /J)	Q moy (m ³ /h)	Q moys (l/s)
2010	8546.89	1.90	16239.09	676.63	187.95
2015	8858.17	1.89	16741.94	697.58	193.77
2020	9402.48	1.88	17676.66	736.53	204.59
2025	9979.50	1.87	18661.67	777.56	216.00
2030	10593.92	1.869	19704.69	821.03	228.06
2035	10929.29	1.85	20219.19	842.47	234.01

Les débits de points des eaux usées arrivant à la station d'épuration en saison sèche à l'horizon 2035 sont égaux à 234.01 l / s.

Le coefficient de dilution (coefficient de la période pluviale) est adopté égal à 2 alors, les débits des eaux usées arrivant à la station d'épuration en saison sèche à l'horizon 2035 sont égaux 234.01 l s

Le coefficient de dilution (coefficient de la période pluviale) est adopté égal à 2 alors, les débits des eaux usées arrivant à la station d'épuration en saison pluviale aux horizons de calcul seront égaux aux valeurs indiqués dans le tableau 08 :

Tableau 8: Les débits des points des eaux usées de la station d'épuration d'Oued Zenati en saison pluviale

Horizons de calcul, années	Débits de calcul Q moyj (m3/j)	Coefficient de dilution n	Débits par horizons de calcul compte tenu du coefficient d'irrégularité		
			Q moyj (m3/J)	Q moyh (m3/h)	Q moyj (l/s)
2010	8546.89	2	16893.78	703.91	195.53
2015	8858.17	2	17716.34	738.18	205.05
2020	9402.48	2	18804.96	783.54	217.65
2025	9979.50	2	19959.00	831.63	216.00
2030	10593.92	2	21187.84	882.83	245.23
2035	10929.29	2	21858.58	910.77	253.00

Les débits de pointe des eaux usées arrivant à la station d'épuration en saison pluviale à l'horizon 2035 sont égaux à 253.001 / s.

2.1.3 Description du site d'étude

Le cours d'eau « Oued-Zenati », représente le plus important oued du réseau hydrographique de la commune qui porte d'ailleurs son nom, il comprend également plusieurs Chaàbats de moindre importance et qui se présente comme des affluents de la commune .Il vient de l'ouest , et traversent de part en part la commune d'Oued-Zenati sur une distance de plus de 2 km ces sources de 2 km prennent naissance à l'ouest de Ain Régada près de la région d' Ain Abid (**Bouchaala,2010**).

L'Oued-Zenati naît de la confluence de l'oued El M'leh qui prend sa source à djebel Oum Settat (1326m), et Chaabet Touifsa qui prend sa source à kef Eddeb (1142m) et la vallée va de Constantine à Guelma, il reçoit sur sa rive gauche les oueds :Bou SKoum, Berneb , Kalech , Chaabet Mrassel (**Benchaiiba,2006**). Au-delà de la ville d'Oued-Zenati passe par Bordj Sabbat , ou il reçoit l'Oued El-Meridj qui vient des plateaux de Constantine ; l'ensemble affluent à l'Oued Bou Hamden et par conséquent finissent dans oued Seybouse .

Les caractéristiques physiques, morphologies et morphologiques (Tableau n° 09) selon une étude réalisée par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Guelma sont comme suit :

Tableau 9: caractéristiques physiques et morphologiques d'Oued-Zenati (DHOZ .2002)

Caractéristiques		Valeurs
La surface du bassin		592.15 Km ²
Longueur de l'oued		41.30 Km
Longueur du rectangle équivalent « Lr »		1.36.2 Km
Périmètre « P »		110 Km
L'indice de pente du bassin versant « Ip »		0,12 %
Les Altitudes	H max	1266 m
	H min	516 m
	H moy	928 m

Le grand problème d'Oued-Zenati, est qu'il est un cloaque à ciel ouvert. Sa position le rend le seul déversoir de tous les rejets, de la commune et de l'hôpital ; il est aussi une décharge publique ouverte utilisé par les habitants à proximité de son lit. Ses eaux son utilisé pour l'irrigation à grand échelle tout le long de sa vallée .Ainsi est considéré comme une source de pollution et de maladies à transmission hydrique (bactériennes et parasitaires) et représente donc une plaie qui devrait être soigné.

Oued-Zenati, a longtemps souffert des crues dévastatrices de l'oued qui la traverse et qui a cause ces dernières années des pertes humaines et des dégâts aux habitations précaires érigées le long de ses berges.

2.1.4 Climatologie

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines, notamment la température et les précipitations qui

constituent le facteur essentiel intervenant par leurs répartitions annuelles, mensuelles et journalières (Soltner, 1999).

2.1.4.1 Température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par les phénomènes de l'évapotranspiration. Elle dépend de l'obscurité, de l'altitude, de l'exposition et les formations végétales en place (Emsalem, 1986).

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles obtenues par TerraClimate, sur une période de 14 ans. ces valeurs sont consignées dans le tableau 10 leur répartition est illustrée sur la figure 03.

Tableau 10: Evaluation des températures moyennes mensuelles d’Oued Zenati

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	11.69	12.56	15.94	20.21	23.87	29.98	34.59	34.06	28.44	23.09	16.75	12.40

Ainsi, les moyennes mensuelles des températures les plus élevées pour la ville d’Oued Zenati sont observées pendant la période allant de juin à septembre variant entre 29 et 28 oC.

Les températures les plus basses sont alors observées pendant la période hivernale (Décembre à Mars), soit entre 12.4 et 15.96 °C.

Le tracé de leur graphique nous donne une courbe en cloche Figure 03.

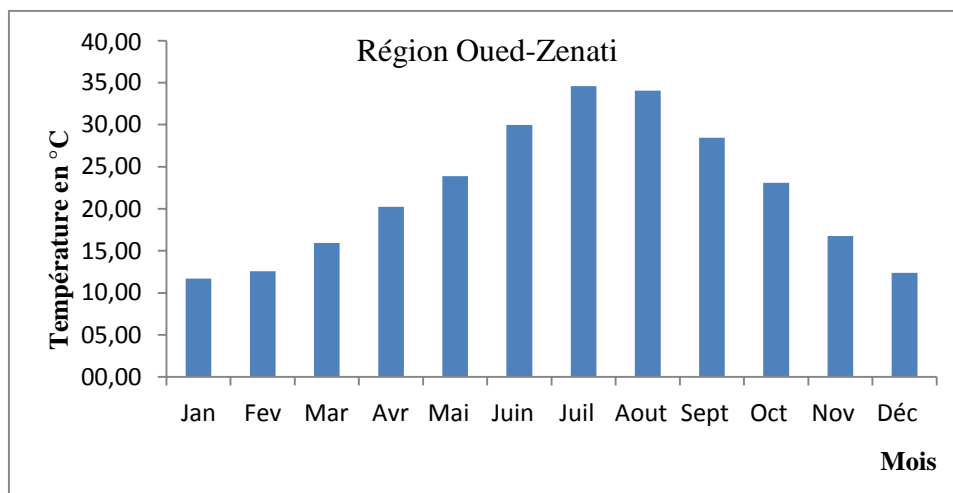


Figure 3: Variation de la température moyenne mensuelle (2007-2020) pour la région de Oued-Zenati

2.1.4.2 Précipitation

Avec la température, Les précipitation représentent les facteurs les plus importants du climat (Faurie, 1999). Le terme de précipitation désigne tout type d’eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, etc. Ces divers types de précipitation représentent l’épaisseur de la couche d’eau qui resterait sur me surface horizontal s’il n y avait ni écoulement, ni évaporation (Dajoz,2000).

La répartition mensuelle des précipitations au cours de l'année est en relation étroite avec le régime thermique. Les précipitations mensuelles obtenues par TerraClimate sont récapitulées dans le tableau 5, leur répartition est illustrée par la figure 04.

Tableau 11 : Précipitations moyennes mensuelles en °C (2007-2020) Oued-Zenati

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	86.39	72.04	74.22	46.36	52.14	15.64	03.21	12.36	36.64	52.14	59.78	72.51

Ce tableau montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 69,75 mm/mois, ce qui produit une recharge de la nappe et une dilution des éléments chimique. Tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 16,96 mm/mois, ce qui produit une évaporation (diminution du niveau d'eau) et une concentration des éléments chimiques. Il en ressort ainsi que décembre est le mois le plus pluvieux et que juillet est le mois le plus sec Figure 04.

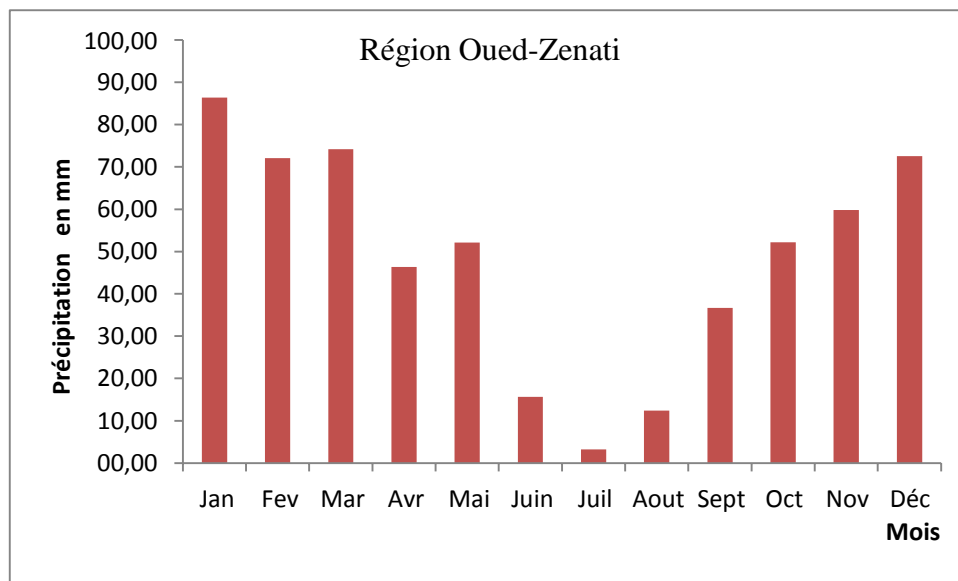


Figure 4: Variation de la précipitation moyenne mensuelle (2007-2020)

2.1.4.3 Relation température-précipitation

2.1.4.3.1. Diagramme Ombrothermique

Selon Bagnouls et Gausson, une période sèche est due au croisements des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un graphe pluviométrique sur le quel les températures sont portées à une échelle double des précipitations Figure n°05.

D’après ce diagramme établi à partir données des températures et des précipitations de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes :

- La première froide et humide qui s’étale sur 8 mois d’octobre jusqu’au mois de mai.
- La seconde chaude et sèche qui s’étale sur 4 mois, du mois de juin jusqu’au mois de septembre.
- La détermination de cette période est d’une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.

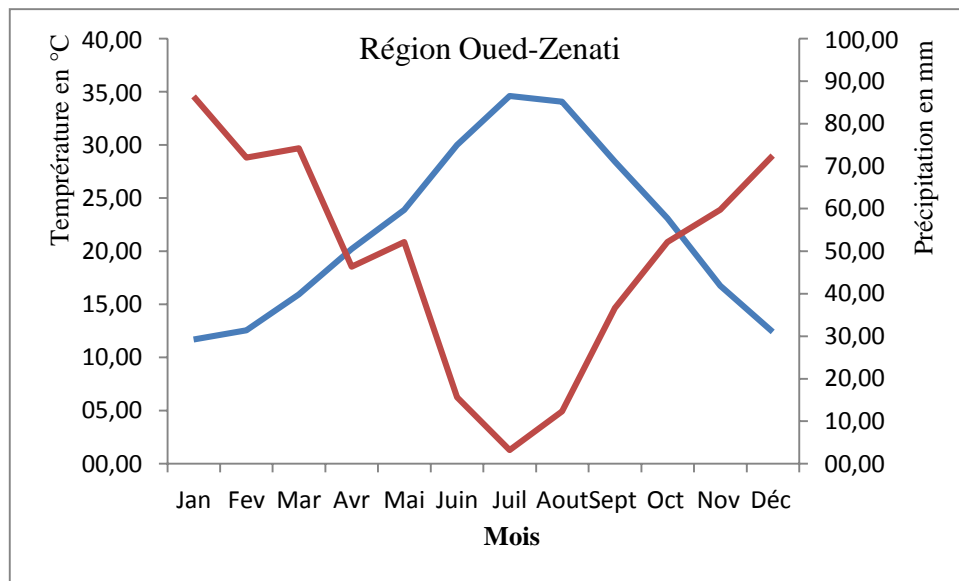


Figure 5: Diagramme ombrothermiques (2007-2020) pour la région d’ Oued-Zenati

2.1.4.3.2. Synthèse climatique

Le quotient pluviothermique « Q2 » d’EmBZERGER correspond à une expression synthétique subdivisele climat méditerranéen en cinq étage bioclimatique, et capable de rendre compte de la sécheresse. Il est calculé à l’aide de la moyenne annuelle des précipitations (P en mm) et destempératures. Pour cette dernière, elles sont prise en considération d’une part la moyenne des minimums du mois le plus froid « m », et d’autre part la moyenne des maximums du mois le pluschaud « M ».

$$Q2=P.1000/ \frac{(M+m).(M-m)}{2}$$

M : Température maximale du mois le plus chaud (K°).

m : Température minimale du mois le plus froid (K°).

P : Précipitation moyenne annuelle.

La région de Guelma y compris Oued-Zenati présente un $Q2=64.99$ ce qui correspond à l'étage bioclimatique semi-aride Figure 06.

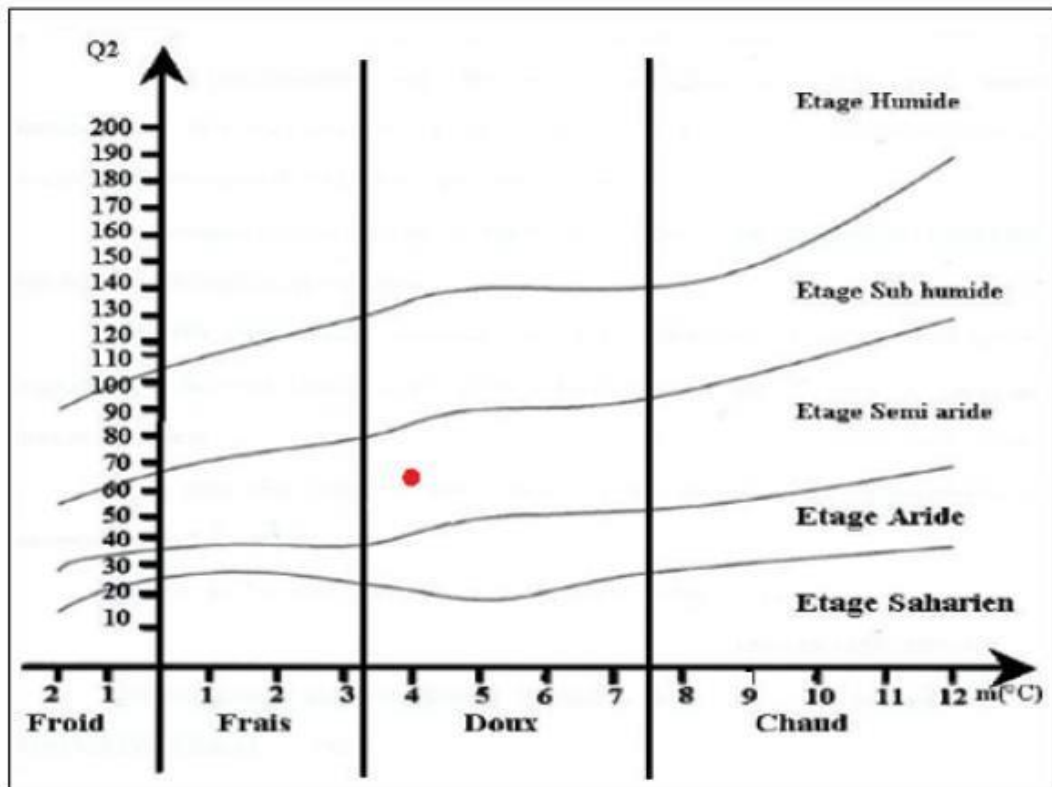


Figure 6: Climagramme d'Emberger région d' Oued-Zenati

2.1.5 Echantillonnage

2.1.5.1 Présentation des points de prélèvements

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'Oued Zenati le long du tronçon étudié, nous avons choisi deux sites de prélèvement d'échantillons d'eau, accessibles et reflètent les caractéristiques réelle des eaux des eaux de surface de l'oued, dont le premier point est situé à l'entrée Figure n°07 de la commune d'Oued Zenati, le deuxième est choisie a (2Km) à la sortie de la commune Figure 07.

Quatre prélèvements ont été effectués pour chaque site, pendant les mois Février, Mars, Avril et Mai.

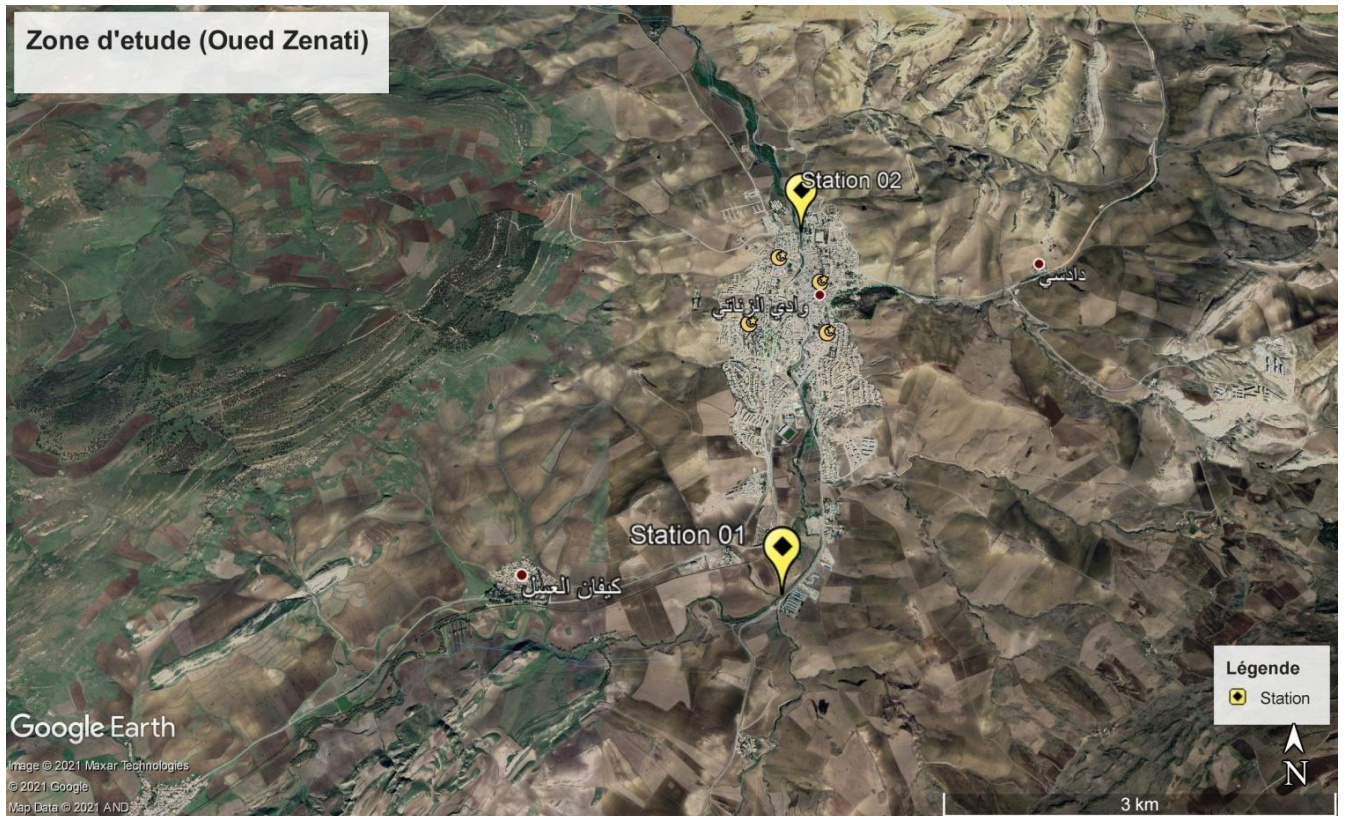


Figure 7: Situation géographique des sites de prélèvement



Figure 8: Localisation des sites de prélèvement

Tableau 11: Présentation des points de prélèvement

Données concernant les sites	Sites de prélèvement	
	S1	S2
Localisation	Entrée de la ville	Sortie de la ville
Cordonnées GPS	N 36.17.367° E 007.09.653°	N 36.19.443° E 007.09.904°
Altitudes	641 m	612 m
Dates et heures de prélèvement	06.01.2021	10 :15
	24.02.2021	11 :45
	16.03.2021	10 :05
	21.04.2021	11 :15

**Figure 9:** Photo d'un GPS de type 72 GARMIN.

2.1.5.2 Méthode de prélèvement

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en plastique d'un litre et demi qui doivent être propre et préalablement rincées avec l'eau de la station échantillonnées. La bouteille est débouchée et émergée complètement à une profondeur de 30 cm en position oblique.

Les échantillons soient clairement étiquetés en notant : La date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toute circonstance anormale. (Lightfood, 2002).

2.1.5.3 Transport des échantillons

Ils ont été ensuite conservés dans une glacière à 4°C pendant le transport au laboratoire, puis ont été analysés dans les 24 heures qui suivent. Les méthodes d'analyses sont celles préconisées par les normes (Afnor, 1997).

2.1.6 Analyse des échantillons

2.1.6.1 Mesure in situ

Un certain nombre de données concernant la nature physique et chimique de l'eau ne peuvent être acquises que sur le terrain, car les valeurs peuvent évoluer très rapidement dans les échantillons prélevés. Les mesures seront effectuées selon les normes en vigueur. A chaque prélèvement, la température de l'eau, la conductivité électrique, le PH et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ, en utilisant un multi paramètre du type HANNA HI 9829.



Figure 10: Photo du multimètre utilisé pour les analyses in situ.

2.1.6.2 Température

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface (**Philippo et Al, 1981**). Elle varie en fonction de la température extérieure, l'air, des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (**Mekaoussi N, 2014**).

La température de l'eau est mesurée in situ à l'aide d'un thermomètre incorporé à un instrument de mesure (oxymètre). Elle renseigne sur l'écoulement de l'eau (eau souterraine ou eau de surface). Elle est aussi indispensable pour la correction des autres paramètres d'analyse qui lui sont étroitement dépendants (conductivité PH...) (**Bendada.K, Boulakredeche. M W, 2011**).

2.1.6.3 Le Potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom « pH » permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Le pH de l'eau pure à 25°C, qui est égale à 7, a été choisi comme valeur de référence d'un milieu neutre. L'échelle des PH s'étant de 0 (très acide) à 14 (très alcalin). Le PH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés (**Beaudry, 1984**).

2.1.6.4 L'Oxygène dissous (O₂)

La présence d'oxygène dissous dans les eaux est primordiale pour la vie aquatique. Elle favorise le processus d'autoépuration des cours d'eau avec le concours des micro organismes (**Cemagref, 2002**).

La réduction de l'oxygène O₂ au niveau d'une cathode convenable engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'O₂ dans l'eau (**Rejsek, 2002**).

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de PH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique, elle varie de manière journalière et saisonnière, car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments.

Une valeur inférieure à 1 mg/1 d'O₂ indique un état proche l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible.

Une teneur de 4 à 6 mg/1 d'O₂ caractérise une eau de bonne qualité.

Une valeur de 1 à 2 mg/1 d'O₂ indique une rivière fortement polluée.

2.1.6.5 La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc est une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Un ion est un, ou groupe d'atomes qui possède une charge électrique positive ou négative. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na⁺), le potassium (K⁺), le bicarbonate (HCO₃⁻), le sulfate (SO₄²⁻) et le chlorure (Cl⁻), plus il est capable de conduire le courant électrique et plus la conductivité mesurées est élevées. (**HADE . A, 2002**) + (**Water WatchAustraliaSteeringComitée, 2003**).

La température et la viscosité influent sur la conductivité, car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (**Rejsek, 2002**).

2.1.6.6 Solides totaux dissous (TDS):

Les TDS rendent compte de la quantité de substance minérale dans l'eau. la concentration des TDS dans l'eau varie considérablement dans différent régions géologique à cause de la différence de solubilité des minéraux (**OMS, 2006**)(**Madi Bamdou.R,2010**).

2.1.6.7 Salinité

Désigne la quantité des sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux (**Rodier, 1996**). On l'évalue maintenant en mesurant la conductivité et l'exprime nupes : unité pratique de salinité, qui équivaut approximativement à 1mg/g de sels.

2.2 Mesure au laboratoire

2.2.1 La Turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.). Il est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau, car elle facilite le développement des germes inducteurs de contamination et réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité (**Miquel, 2003**).



Figure 11: Représente un turbidimètre paillasse de type AQUALYTIQUE (AL450T-IR)

2.2.2 Les Ortho-phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates font partie des anions fixés par le sol, leur présence dans les eaux est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (**Beaudry et Henry 1984**). Le phosphate est un élément assez rare mais indispensable à tout être vivant, il est obtenu à partir de la décomposition des cellules mortes, leur présence dans l'eau n'a pas de conséquence sanitaire. Par contre joue un rôle d'engrais.

2.2.3 Les Nitrites (NO_2^-):

Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO_2 , la formule de l'ion nitrite est NO_2^- . La contamination des eaux souterraines et superficielles est un problème rencontré de plus en plus fréquemment. La présence de nitrates dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène. C'est la raison pour laquelle la teneur en nitrites dans l'eau potable est réglementée.

La concentration guide et maximale admissible dans les eaux destinées à la consommation humaine sont respectivement de 0,1 mg/l et 1 mg/l en nitrite. Une concentration à 1 mg/l est signe de pollution. Il convient alors de réaliser une analyse microbiologique. Compte tenu de la réutilisation des eaux usées en agriculture et/ou en pisciculture, il est aussi important de déterminer la teneur en nitrites dans les eaux usées (**Beaudry et Henry, 1984**).

2.2.4 Ammonium (NH_4^+)

Des études antérieures ont montrés que la richesse spécifique de la faune aquatique des puits de la région de Oued Zenati diffère de façon importante d'un puits à l'autre, ces variations de la biodiversité des zoocénoses sont apparues corrélées avec celles de la qualité de l'eau et l'absence de stygobiontes dans certaines stations a été attribuée à la toxicité de l'eau.

La présence d'ammonium en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités qui se transforment rapidement en ammoniaque. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques (Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau, 2010).

Les phosphates (PO_4^{3-}), les nitrites (NO_2^-), Ammonium (NH_4^+), On a mesuré ces paramètres par l'utilisation d'un spectrophotomètre ce qui représenté dans la figure.



Figure 12: photo d'un spectrophotomètre de type WTW PhotoLab Spektral.

2.2.5 Les Nitrates (NO_3^-)

L'ion nitrate est l'ion polyatomique de formule chimique NO_3^- .

Un nitrate est un composé associant cet anion à un ou plusieurs cations autrement dit, c'est un sel (nitrate de sodium, nitrate de potassium, ect) ou en ester (nitrate d'éthyle, nitrate d'amyle, nitrate de cellulose, ect.) de l'acide nitrique.

Les nitrates sont des minéraux dont la composition chimique est elle celle d'un nitrate, ils étaient autrefois appelés nitre au salpêtre.

Les nitrates sont indispensables aux écosystèmes, en étant un nutriment de première importance pour la croissance des végétaux et autres organismes autotrophes car l'azote (N) est assimilé par ces organismes principalement par sa forme d'ion nitrate, l'ion devant l'ion ammonium dans la nature cet azote minéral leur permet de construire une partie de la matière organique constitutive des tissus vivants (acide amines, bases azotées ...etc.).

Cependant la présence de nitrates en trop grande quantité dans l'eau et le sol est considérée comme une pollution.

Les nitrates, qui sont des sels de l'acide nitrique, ne doivent pas être confondus avec les nitrites NO_2^- qui sont des sels de l'acide nitreux, et peuvent résulter de la réduction des nitrates par des bactéries spécifiques.

2.2.6 La Demande Chimiques en Oxygène (DCO)

La Demande Chimiques en Oxygène ou DCO constitue l'une des principales méthodes de détermination de la pollution organique globale d'une eau résiduaire ou naturelle.

Son principe repose sur l'oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par un excès de dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) et au dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de Mohr après refroidissement (Rejsek, 2002).

2.2.7 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5)

La Demande biochimiques en Oxygène ou DBO est expression pour indiquer la quantité d'oxygène utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. La détermination de la demande biochimiques en oxygène sert à évaluer la concentration des pollutions organiques dans les entrées et les sorties de station d'épuration biologique, c'est-à-dire à mesurer le rendement. La mesure de la DBO_5 est faite selon la méthode manométrique basé sur le principe du respiromètre de WARBURG au cours duquel la respiration de la biomasse est directement mesurée par un appareil. Un volume d'échantillon est placé dans des flacons à bouchon rodé.

La DBO_5 (demande biochimique en oxygène), c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes, à l'obscurité à 20 °C pendant 5 jours. Il permet l'évaluation des matières organiques biodégradation.

La demande biochimique en oxygène pour une analyse dépend de la charge en substances organiques, la mesure de la DBO_5 peut être évaluée à environ 80 % de la DCO.



Figure 13: Photo d'un DBO mètre de type WTW OxiTop Box

CHAPITRE 3

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Température (T)

Les résultats obtenus pour la température de l'eau de surface d'Oued-Zenati montrent que celles-ci fluctuent entre une valeur minimale de 8,7 °C pour S1 en mois de Janvier et une valeur maximale de 20 °C pour S2 fin d'avril.

Donc la figure n° 14 au-dessous montre une augmentation progressive de la température à partir d'avril au niveau des deux sites sous l'influence des changements climatiques liés à la variabilité saisonnière.

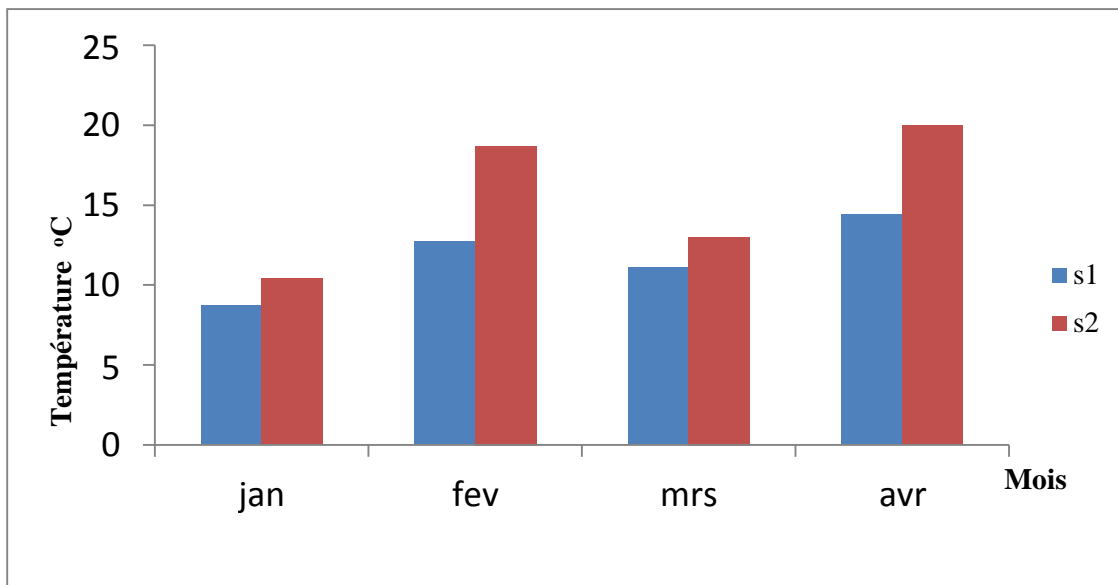


Figure 14 : Evolution spatio-temporelle de la température dans l'eau d'Oued Zenati

2. L'oxygène dissous

En ce qui concerne l'oxygène dissous, les valeurs obtenues montrent des variations temporelles considérables, ainsi les résultats enregistrés pendant la période d'étude au niveau du site 2 sont les plus faibles. Ils oscillent entre 0,03 mg/l dans le mois de Février et une valeur maximale de 0,35 mg/l au niveau du site 1 en mois d'Avril.

Ces valeurs sont les résultats de plusieurs facteurs physico-chimique et biologique, telle que les échanges interface air -eau, les réactions d'oxydoréduction, l'activité photosynthétique (Figure n° 15).

La diminution des teneurs d'oxygène est expliquée par le ralentissement du débit et l'augmentation de la température de l'eau en même temps, qu'on suppose avoir un impact direct

sur la solubilité de l'oxygène, et d'autre part, probablement par un apport considérable de la matière organique oxydable provenant de la décharge de déchet organiques.

Les teneurs d'oxygène dissous enregistrées durant la période d'étude indique que les eaux d'Oued-Zenati sont de qualité mauvaise à médiocre et ceci selon la grille de qualité globale adoptée par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.

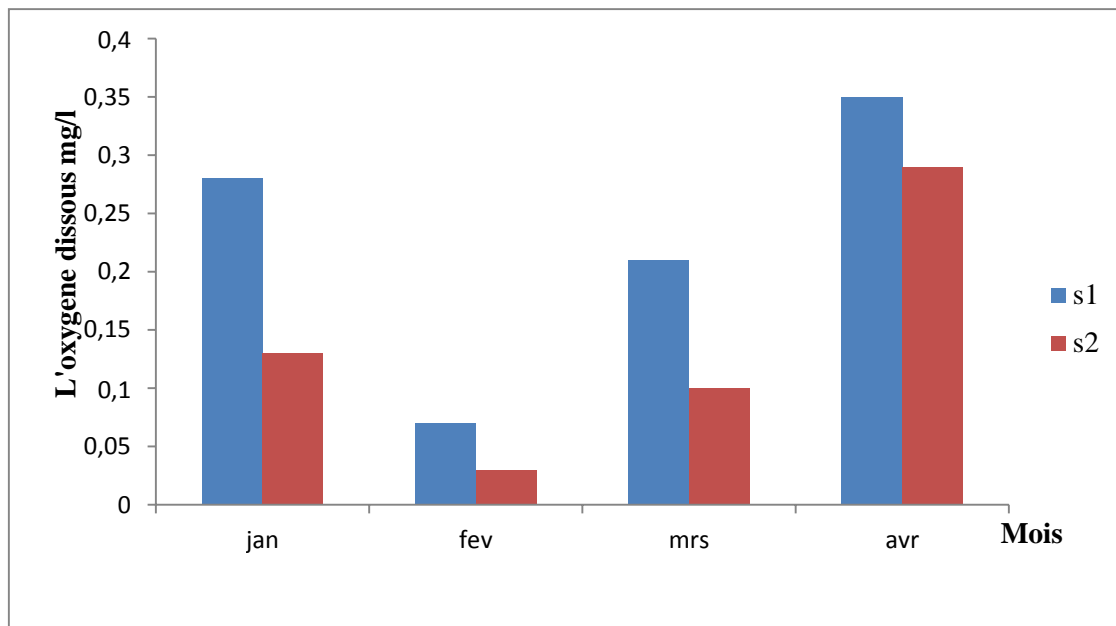


Figure 15 : Evolution spatio-temporelle de l'oxygène dissous dans l'eau d'Oued- Zenati

3.Demande Biochimique d'Oxygène(DBO₅)

La valeur maximale enregistrées du DBO₅ de 100 mg/l dans le site 2 durant le mois de Janvier et une valeur minimale dans le même site de 10 mg/l pendant le mois de Mars (Figure n° 16). Cela est du à l'augmentation de la pollution organique surtout dans le site 2.

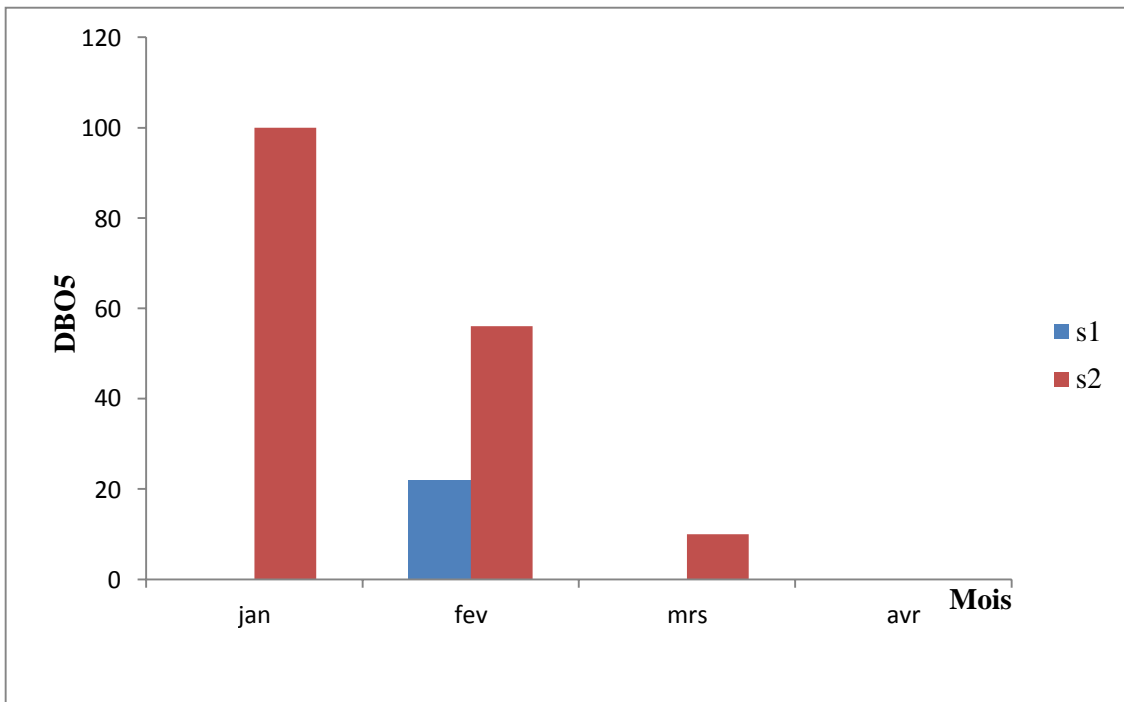


Figure 16 : Evolution spatio-temporelle de la DBO₅ dans l'eau d'Oued-Zenati

4. Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique.

Les valeurs de nitrites d'après les analyses faites, montrent un pic au niveau de site 2 pendant le mois de Février est de 1,06 mg/l, tandis que la valeur minimale était au niveau de site 1 pendant le mois de Janvier est de 0,07 mg/l.

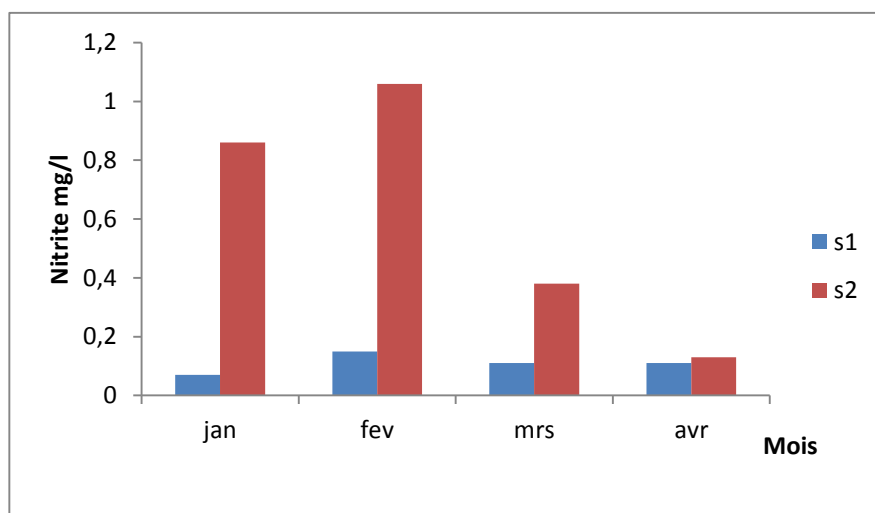


Figure 14: Evolution spatio-temporelle du nitrite dans l'eau d'Oued Zenati

5. Ammonium (NH_4^+)

Les valeurs d'Ammonium d'après les analyses faites, montrent un pic au niveau de site 2 pendant le mois de Janvier (10,04 mg/l), tandis que la valeur minimale était un niveau de site 1 durant le mois de Février (0,13 mg/l).

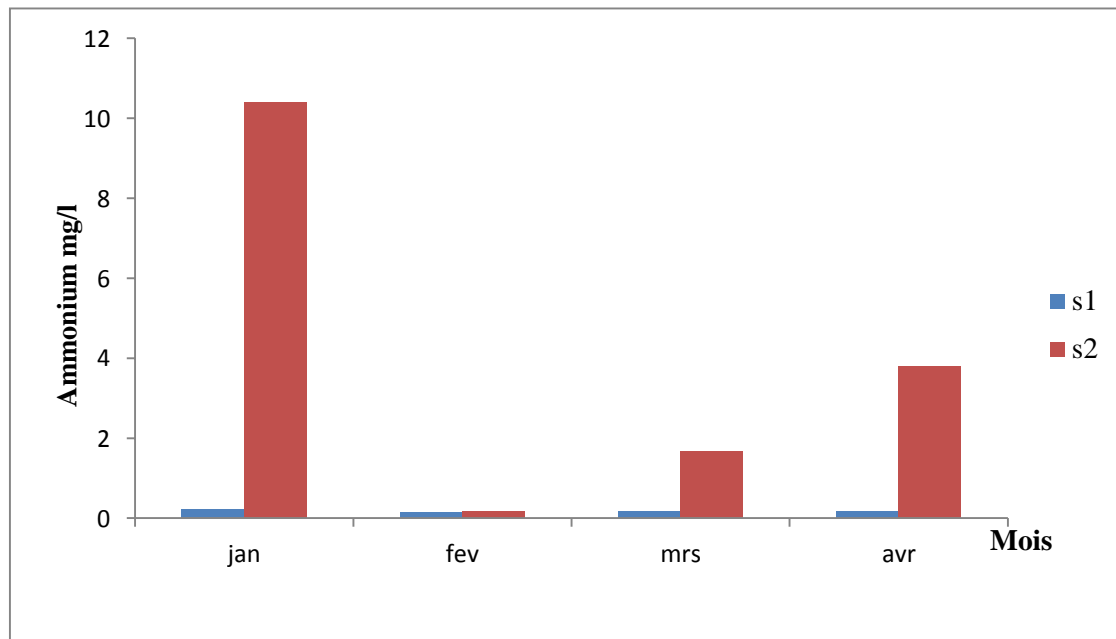


Figure 15: Evolution spatio-temporelle d'Ammonium dans l'eau d'Oued/Zenati

6. Ortho-phosphate (PO_4^{3-})

Le phosphore, l'un des nutriments importants, peut se trouver sous différentes formes oxydées. C'est un élément de base des acides nucléiques ADN et ARN. Il participe à la distribution de l'énergie dans le corps humain (Claude et al, 1998) et représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues.

L'analyse des résultats montre que la concentration en Ortho-phosphates la plus faible enregistrée durant le mois de Mars pour le site 1 de 0,25 mg/l. La valeur la plus forte est enregistrée le mois de Janvier pour le site 2 de 67 mg/l.

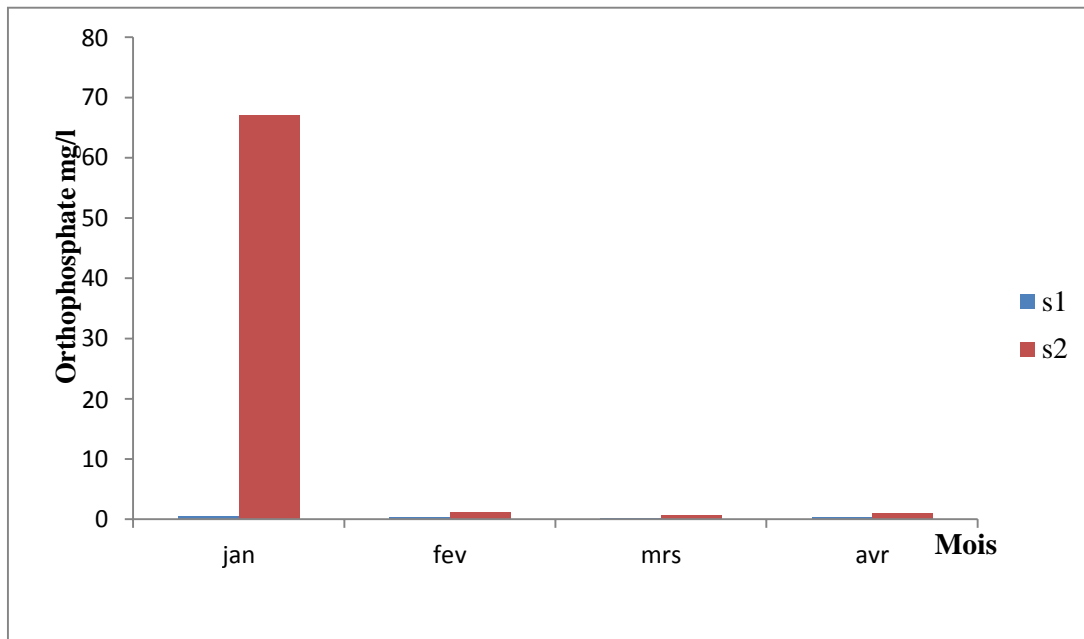


Figure 16: Evolution spatio-temporelle de l'Ortho-phosphate dans l'eau d'Oued/Zenati

7. La turbidité

Pendant le mois de d'Avril, on a observé une valeur maximale de 13 NTU dans le site 2, tandis que la valeur minimale est de 9,53 NTU, enregistrée au niveau du site1 durant le mois de Mars.

Pendant le mois de Janvier, on a enregistré un pic de 90,4 NTU dans le site2, ainsi la valeur minimale est de 10,1 dans le site 1.

Ces résultats (comprise entre 10,1 et 90 NTU) nous a amène à conclure que cette eau de surface est légèrement trouble et cela d'après la grille d'appréciation des eaux superficielles selon **Monod (1989)**.

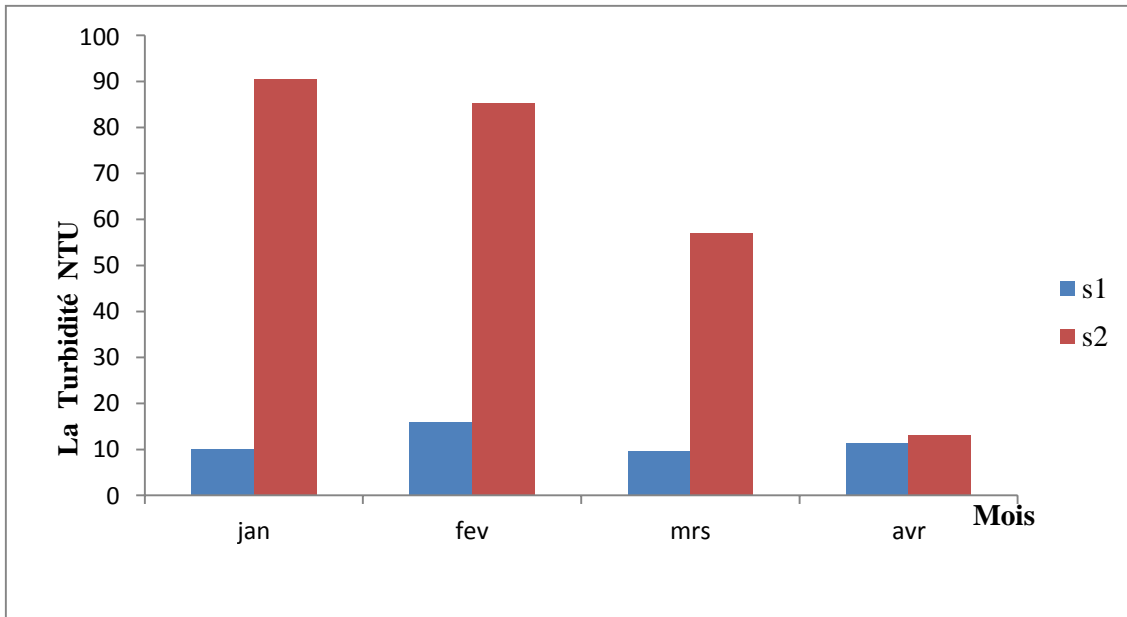


Figure 17: Evolution spatio-temporelle de la turbidité dans l'eau d'O/Zenati

8.La conductivité

Les valeurs obtenues montrent des variations spatio-temporelles plus importantes, mais on ne remarque pas de grande variation spatiale.

On a enregistré une conductivité maximale de 2620 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau du site2 pendant le mois Février, alors que la valeur minimale est de l'ordre de 1565 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau du site 1 pendant le mois d'Avril.

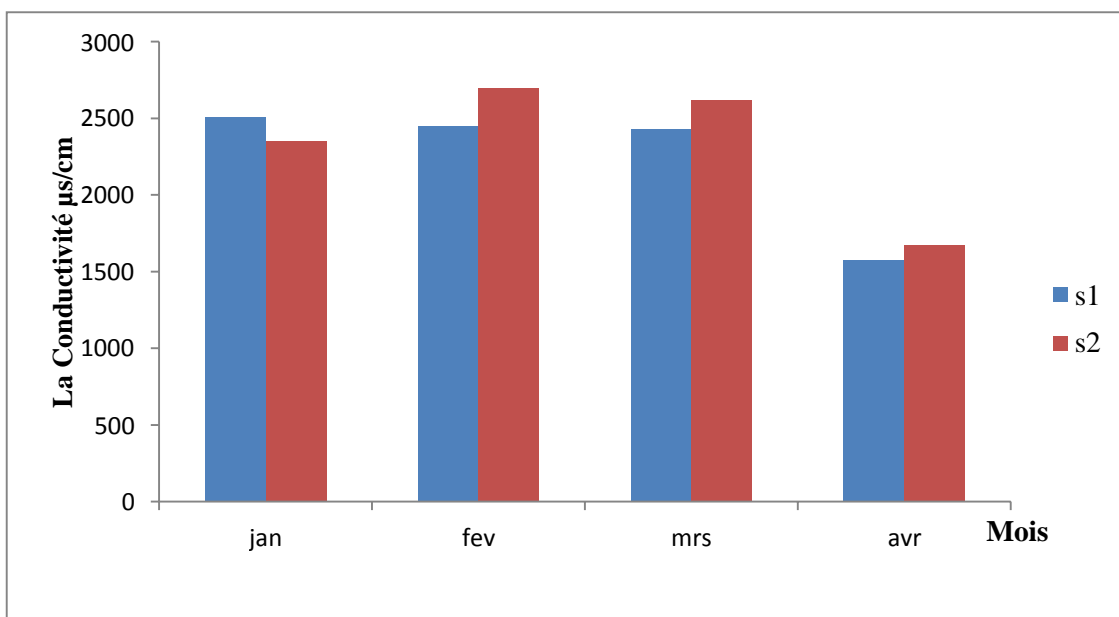


Figure 18: Evolution spatio-temporelle de la conductivité dans l'eau d'O/Zenati

9. Solides Totaux Dissous (TDS)

Les valeurs obtenues montrent des variations spatio-temporelles remarquables. On a enregistré un minimum de 750 mg/l au niveau du Site1 au début de mars et un maximum de 920 mg/l au niveau du Site 2 pendant le mois de Février. (Figure n° 22).

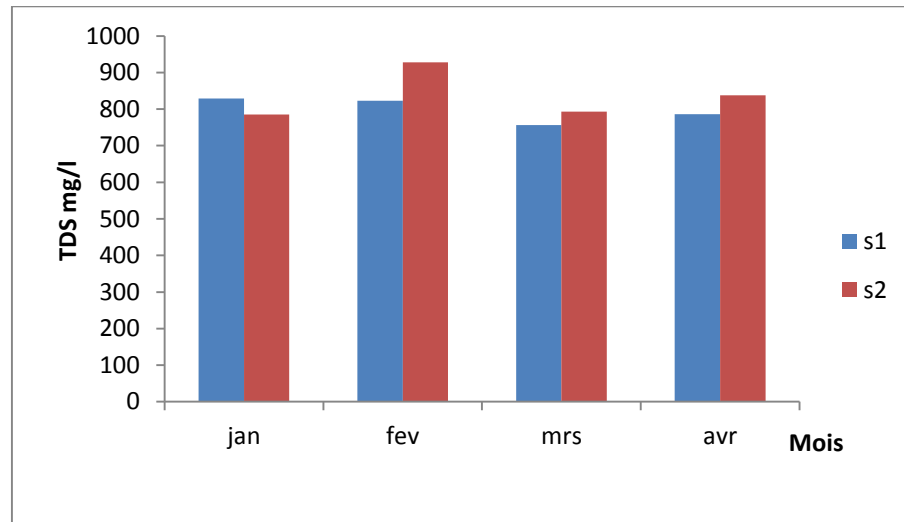


Figure 19: Evolution spatio-temporelle du TDS dans l'eau d'Oued Zenati

10. Salinité

Les résultats enregistrés pour la salinité montrent que celle-là a connu un minimum de 0,85 psu au niveau site 1, durant le mois d'Avril. Et le maximum de 1,4 psu au niveau des sites2, pendant le mois de Février.

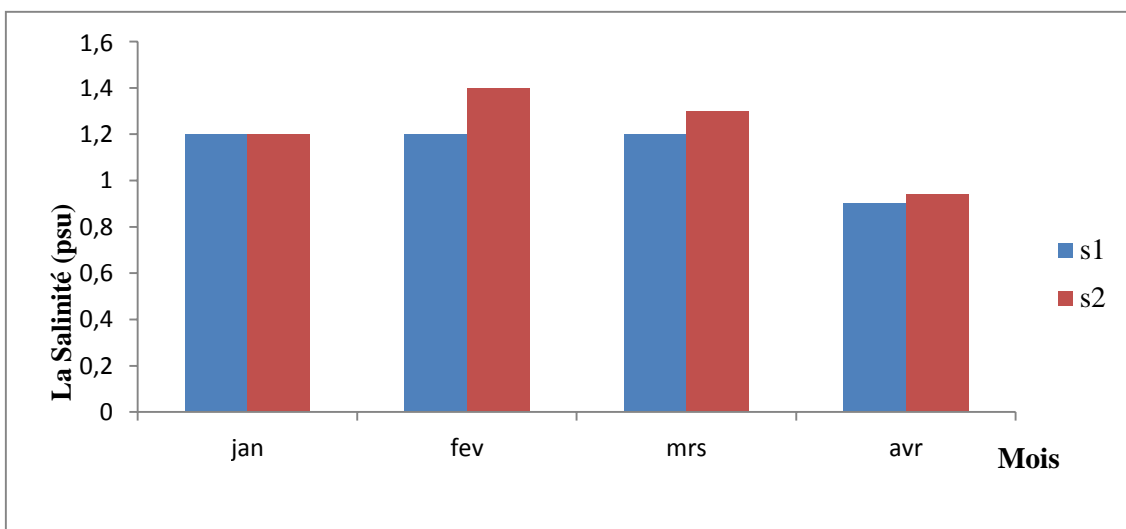


Figure 20: Evolution spatio-temporelle de la salinité dans l'eau d'Oued Zenati

11. Le potentiel d'hydrogène

La valeur minimale de ce paramètre a été enregistrée au niveau du site 2 pendant le mois de Février, tandis que la valeur maximale est obtenue dans le même site pendant le mois de Mars.

Les valeurs fluctuants entre 7,97 et 8,23 légèrement alcalin, mais restent toujours prendre des valeurs recommandées par l'OMS (pH=7). Cette légère alcalinité des eaux aux plaintes adjacentes traversées par les eaux de ruissellement et d'autre part de la nature chimique des effluents rejetés dans l'oued.

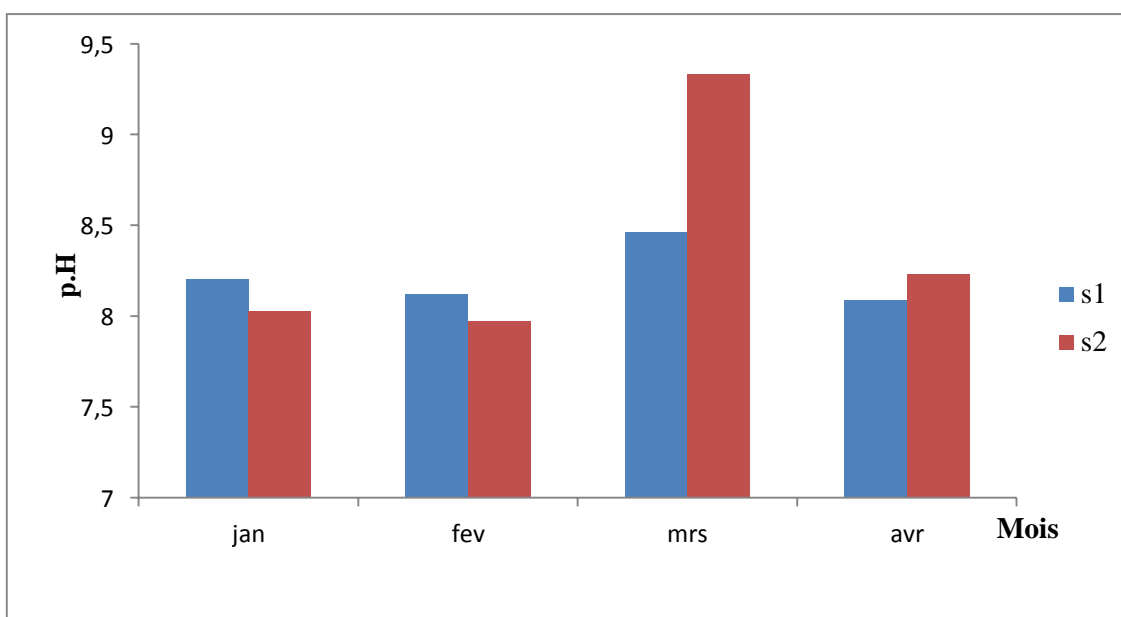


Figure 21: Evolution spatio-temporelle de pH dans l'eau d'Oued Zenati

12. Demande chimique en oxygène DCO

La DCO est observée avec une valeur maximale de 115 mg/l dans le site 2 pendant le mois de Mars, et une valeur minimale de 8 mg/l au niveau du site 1 durant le mois de d'Avril (figure 24).

Les valeurs élevées de la DCO augmentent ainsi le risque de l'asphyxie du milieu et la prolifération des bactéries anaérobies.

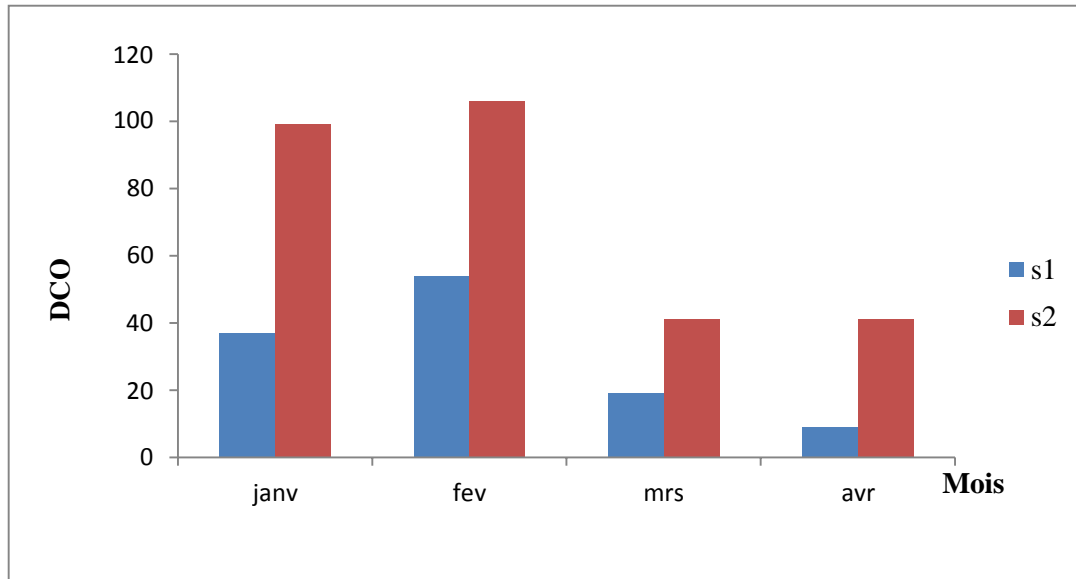


Figure 22: Evolution spatio-temporelle de la DCO dans l'eau d'Oued Zenati

12. Nitrates (NO³⁻)

Les nitrates sont enregistrés avec une valeur maximale de 200,5 mg/l, au niveau du site 1 pendant le mois de mars, alors que la valeur la plus faible est égale à 10 mg/l, notée dans le même site pendant le mois de Janvier (figure n° 26).

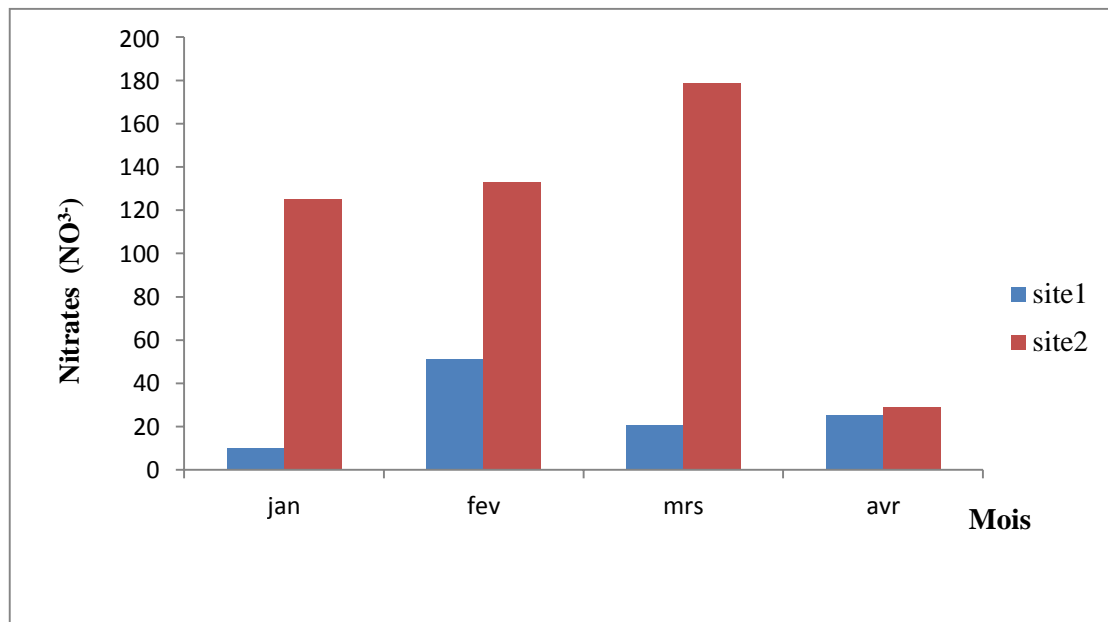


Figure 23: Evolution spatio-temporelle du nitrate dans l'eau d'Oued Zenati

Discussion

L'oxygène dissous

Ces valeurs sont les résultats de plusieurs facteurs physico-chimique et biologique, telle que les échanges interface air -eau, les réactions d'oxydoréduction, l'activité photosynthétique (Figure n°17).

La diminution des teneurs d'oxygène est expliquée par le ralentissement du débit et l'augmentation de la température de l'eau en même temps, qu'on suppose avoir un impact direct sur la solubilité de l'oxygène, et d'autre part, probablement par un apport considérable de la matière organique oxydable provenant de la décharge de déchet organiques.

Demande Biochimique d'Oxygène(DBO₅)

La partie avale de la zone d'étude reçoit alors les eaux usées brutes riches en matières organiques et en substances nutritives provenant des agglomérations urbaines : Ce qui provoque en accroissement considérable de la charge organique des eaux superficielles dans un espace restreint. Cependant le site S1 à l'entrée de la ville qui est en général loin de toutes influences externes présentant encore des eaux de qualité acceptable. L'augmentation des teneurs en DBO₅ en période du mois de janvier peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux. Cette activité, consommatrice d'oxygène, est l'origine de l'auto épuration des eaux (**Bremond et Perrodon, 1979**).

Nitrites (NO₂⁻)

Les valeurs de nitrites durant la période d'étude montrent que l'eau d'Oued-Zenati est de qualité médiocre et ceci selon la grille de qualité globale adopté par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), (0,5 à 2= qualité passable).

Tableau 12: La grille de quantité globale adoptée par l'ANRH.

Classe de quantité paramètre	Excellente	Bonne	Passable	médiocre	Pollution excessive
O ₂ dissous	> 7	5 à 7	3 à 5	< 3	0
DBO ₅	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	> 25
DCO	< 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	> 80
NH ₄	< 0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	> 8
NO ₂	< 0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 1	1 à 2	> 2
NO ₃	< 5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	> 80
PO ₄	< 0.1	0.1 à 0.3	0.3 à 1	1 à 2	> 2

Ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, inférieure à 0.1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges entre l'eau et l'atmosphère (**Chapman et al, 1996**).

Les concentrations en ion ammonium au niveau des stations étudiées sont supérieures à 0,1 mg/l. Ces teneurs très élevées laissent prédire que cet élément constitue un risque de pollution pour les eaux de surface de l'Oued-Zenati.

Les valeurs d'ammonium NH₄ durant la période d'étude montrent que l'eau d'Oued-Zenati est de qualité passable et ceci selon la grille de qualité globale adopté par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.

Ortho-phosphate (PO₄⁻³)

Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation. Cependant, ils ont un effet bénéfique en jouant un rôle régulateur : ils favorisent tous les phénomènes, des fécondations, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs (**Vilain, 1989**).

L'augmentation de la pollution urbaine et le grand versement des eaux usées les principales causes de l'élévation remarquée des teneurs en phosphate.

Salinité

Du fait que les valeurs mesurées paraissent être faibles. On constate que les eaux de surface d'Oued-Zenati sont aptes à l'irrigation de tous les types de culture notamment la culture maraichère.

Demande chimique en oxygène DCO

La DCO est observée avec une valeur maximale de 115 mg/l dans le site 2 pendant le mois de Mars, et une valeur minimale de 8 mg/l au niveau du site 1 durant le mois de d'Avril. Les valeurs élevées de la DCO augmentent ainsi le risque de l'asphyxie du milieu et la prolifération des bactéries anaérobies.

Nitrates (NO³⁻)

Les valeurs légèrement élevées du taux de nitrates au mois de Mars par rapport au mois d'avril, pourraient être due à la pratique agricole qui consiste à appliquer abondamment des engrais industriels ou du fumier. L'utilisation d'engrais chimique et organique (fumures) pour amender les sols enrichit les champs en azote et sous l'effet des pluies, cet azote est lessivé à l'oued augmentant également sa teneur dans l'eau.

Conclusion

CONCLUSION

Aux termes de notre travail, nous pouvons conclure que la pollution phosphate et azote des eaux de surface d'Oued-Zenati est contrôlée. Cette pollution se manifeste par des valeurs dépassant largement les normes locales et internationales durant les quatre mois d'études (saison humide).

En effet, pour les propriétés physicochimiques, les eaux des deux sites analysées ont des teneurs élevées notamment pour les paramètres suivants : la conductivité électrique, et les nitrites comme l'indiquent les courbes de variations mensuelles la saison humide.

- L'augmentation des teneurs en DBO_5 en période d'avril peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux.
- Les concentrations en ions ammonium au niveau des sites étudiées sont supérieures à 0.2 mg/l ces teneurs très élevées laissent prédire que cet élément constitue un risque de pollution pour les eaux de surface de l'Oued-Zenati.
- L'analyse des résultats d'ortho-phosphate la plus faible (0.4mg/ l). la valeur la plus forte est enregistrée (67 mg/l) , cette disponibilité peut être expliquée par les rejets urbains des agglomérations avoisinantes et relargage du phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments. Les agents atmosphériques, vent et pluie.

La température élevée a été enregistrée dans le site 02 peut être que nous pouvons expliquer cela que l'eau d'Oued Zenati est mélangée avec les eaux usées domestiques

Pour une meilleure maîtrise de cette pollution, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes :

- Faire un suivi périodique quantitatif et qualitatif de la qualité de l'eau, soit de procéder aux contrôles des différents paramètres physico-chimiques pour éviter toutes anomalies.
- Sensibiliser les populations et les inciter de ne plus utiliser l'eau de l'oued en irrigation.
- Bien gérer les ordures ménagères et l'utilisation des fertilisants agricoles.
- Mettre en place un réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées.

- Enfin, l'épuration des eaux usées avant leur évacuation dans les oueds s'avère une nécessité urgente. Il est donc indispensable d'installer une station de traitement biologique et physicochimique des eaux rejetées dans cet écosystème.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Refinance bibliographique

- **AFNOR (1993)** –NF EN 25667-2 (T 90-512). Qualité de l'eau. Echantillonnage.
- **Beaudry. T., Henry. T., M., 1984.** Chimie des eaux, édition les griffons d argiles, 1ère,édition, INC CANADA.537 PP.
- **Bendada K, Boulakradeche M W 2011.**Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la déterminationde la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds.
- **Berkani B .,Legrini N(2015)** : Caractéristique Hydro-Chimique del'Oued Zenati (Nord- est Algérien) dans sa partie amont.memoire de master. Université 08 Mai 1945 Guelma.
- **Bouchàala, 2010.Contribution** .Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollutionet de la bioaccumulation des métaux lourds.
- **Bouras Z.,Sekfali.s(2013)** : évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'oued Zenati » (Nord-est-Algériein).mémoire de master
- **Boutin C, Boulanouar M, Yacoubi-Khebiza M** ; un test biologique simple pour apprécier la toxicité de l'eau et des sédiments d'un puits. Toxicité comparée, in vitro, de quelques métaux lourds et de l'ammonium, vis –à-vis de... Hydroécologie appliquée 7,91-109,1995
- **Bremond R., Perrondon C, 1979.** Paramètre de la qualité des eaux. Ministere de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions 2^{ème} ed : 259p.
- **Cemagref, 2002.**Le pimpec. p, Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatique. Pollution des milieux aquatiques.
- **Chapman D, Kimistache V 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed.E and FN Spon, London, pp.59-126.
- **Emsalem R.(1986).** Climatologie generale. Editions I.P.E.N.A.G.Tome 1 .198 p.

- **EN .HYDRO- PROJECTS-EST** .Etude de station d'épuration d'oued Zenaticommune d'Oued Zenati Wilaya de Guelma.
- **Hade,A.,2002** Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger . Editions Fides, 360 p.
- **Lightfoot N.F.(2002)**, Analyser microbiologique des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité. 387p.
- **Madi Bamdou R** , Potabilisation des eaux de consommation par photo Fenton
- **Mekaoussi N ,2014**. Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface dehammam Debagh (est Algérien).
- **Méthode d'analyse et d'appréciation des cours d'eau** .2010.Analyses physico-chimiques, nutriments. Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne.46pp
- **Vilain M, 1989**. La production végétale. Vol 2 : la maîtrise de technique de la production. ED. Lavoisier (ed.j. Baillièrè). Paris France.
- **Miquel ; 2003**.Office parlementaire d'évaluation des Choix Scientifique et Technologiques. Rapport sur la qualité et l'assainissement en France .Rapport N°215.Tome Séant.
- **Philippo , P, Pommery, J, et Thomas,P (1981)** :Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportements des espèces métalliques au contact des matières humiques, journal français d'hydrologie
- **Rejsek F, 2002** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques screen Paris 360p.
- **Rodier j1984**, L'analyse de l'eau :eaux naturelles, eaux résiduaires , eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie,interprétation des résultats , Dunod,1984
- **Soltner D. (1999)** : les Bases DE la production végétale Edition . Science & Techniques Agricoles, Tome 2.396 P.

- **Webographie**

- [1]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle 9/4/2021
- [2]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle 9/4/2021
- [3]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle 9/4/2021
- [4]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle 9/4/2021
- [5]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-l-azote-s1336>.consulterle 10/4/2021.
- [6]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-l-azote-s1336>.consulterle 10/4/2021.
- [7]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-azote-s1336>.consulterle 10/4/2021.
- [8]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-l-azote-s1336>.consulterle 10/4/2021.
- [9]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-l-azote-s1336>.consulterle 10/4/2021
- [10]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-azote-s1336>.consulterle 10/4/2021.
- [11]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-l-azote-s1336>.

s1336.consulterle10/4/2021.

- [12]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-de-l-azote-s1336.consulterle10/4/2021>.
- [13]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [14]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [15]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [16]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [17]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [18]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [19]<https://www.alloprof.qc.ca/fr/elevs/bv/sciences/le-cycle-du-phosphore-s1337.consulter.le10/4/2021>
- [20]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle11/4/2021
- [21]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle11/4/2021
- [22]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle11/4/2021
- [23]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle11/4/2021

rg/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle 11/4/2021

- [24] https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_phosphore.pdf&ved=2ahUKEwis3YXb3K7xAhUMrxoKHXXKaCp4QFnoECAQQAg&usg=AOvVaw1wQsymP3wxhtO0BEonLHN&cshid=1624621894176.consulterle 11/4/2021
- [25] Svetlana IVANOVA, Robert LEWIS.10 déc. 2013.Procédé PSA pour la production d'azote sur site. Source industrielle de l'azote source industrielle de l'azote https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/operations-unitaires-traitement-des-gaz42485210/procede-psa-pour-la-production-d-azote-sur-site-j3610/precaution-d-usagej3610niv10004.html&ved=2ahUKEwjBpvq_bLxAhXHy4UKHXAgCCgQFnoE CAYQAg&usg=Consulterle 11 Avril 2021
- [26] AIR LIQUIDE FRANCE.2021. <https://www.directindustry.fr/prod/air-liquide-france-industrie/product-20462-58329.html.consulterle 12/4/2021>.
- [27] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>
- [28] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>
- [29] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>
- [30] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>
- [31] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>
- [32] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>
- [33] 2020 <https://lelementarium.fr/product/engraisphosphates/#:~:text=Engrais%20simples&text=Il%20est%20constitué%20principalement%20par,consulterle 12/4/2021>

- [34] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [35] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [36] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.[.http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021](http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021).
- [37] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [38] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.[.http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021](http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021).
- [39] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.[.http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021](http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021).
- [40] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [41] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.

presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021.

- [42] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015
.http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021.
- [43] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015
.http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021.
- [44] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015
.http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021.
- [45] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [46] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [47] Organisme des bassins versants de la Capitale 28 .Août 2015.
<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [48] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015 .
<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [49] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.
<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.

generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021.

- [50] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015.<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [51] Organisme des bassins versants de la Capitale. 28 août 2015 .<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-5-presence-de-nutriments-et-de-matieres-en-suspension.consulterle12/4/2021>.
- [52] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.
- [53] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.
- [54] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.
- [55] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.
- [56] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.
- [57] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.
- [58] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulter le 13/4/2021.

- [59] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulté le 13/4/2021.
- [60] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulté le 13/4/2021.
- [61] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulté le 13/4/2021.
- [62] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulté le 13/4/2021.
- [63] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulté le 13/4/2021.
- [64] Samedi 29 décembre 2018 16:28 Écrit par bio-enligne.com.<https://www.bioenligne.com/fertilisation/173-elements-nutritifs.html>.consulté le 13/4/2021.
- [65] <http://lycees.ac-rouen.fr/galilee/Delamare/elements/azote.html>.consulté le 9/4/2021
- [66] Yann .15 mars 2017. <https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/tout-niveau/tableau-periodique/cours-element-symbole-p.html>.consulté le 9/4/2021

ANNEXE

ANNEXE

Résultats des analyses physico-chimiques :

Les résultats des paramètres physico-chimiques déterminés au niveau des deux sites de prélèvements des eaux d'Oued Zenati pendant les quatre mois, Janvier, Février, Mars et Avril 2021, sont représentés dans le tableau 13.

Tableau 14 : Résultats des paramètres physico-chimiques au niveau des deux sites

Mois Paramètres	Janvier		Février		Mars		Avril	
	Site1	Site2	Site1	Site2	Site1	Site2	Site1	Site2
Température (oC)	8,7	10,4	12,7	18,7	11,1	13	14,4	20
Oxygène dissous mg/l	0,28	0,13	0,07	0,03	0,21	0,1	0,35	0,29
Demande biochimique d'oxygène DBO5 (mg/l)	0	100	22	56	0	10	0	0
Nitrites (mg/l)	0,07	0,86	0,15	1,06	0,11	0,38	0,11	0,13
Ammonium (mg/l)	0,2	10,4	0,13	0,17	0,16	1,67	0,16	3,79
Ortho-phosphate (mg/l)	0,42	67	0,4	1,25	0,25	0,71	0,31	0,98
Turbidité (NTU)	10,1	90,4	15,9	85,3	9,53	57	11,3	13
Conductivité (µs/cm)	2510	2350	2450	2700	2430	2620	1573	1675
Solides Totaux Dissous (mg/l)	829	785	823	928	756	793	786	835
Salinité (mg/l)	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	1,3	0,9	0,94
PH	8,2	8,03	8,12	7,97	8,46	9,33	8,09	8,23
Demande chimique en oxygène DCO (mg/l)	37	99	54	106	19	41	9	41
Nitrate (mg/l)	10	135	51,4	132,8	20,8	178,6	25,1	29

ANNEXE

Turbidité:

Mode opératoire:

- Prélèvement d'un échantillon représentatif en utilisant un godet propre.
- Remplir une cuvette propre et sèche de l'échantillon, jusqu'un à la marque (12ml environ)
- Fermer la cuvette avec le couvercle.
- Tenir la cuvette par le couvercle et l'essuyer en utilisant un torchon doux doux et non plucheux pour éliminer les gouttes d'eau, la saleté et les empreintes de doigts.
- Mettre en marche l'appareil.
- Placer ensuite la cuvette dans le compartiment de mesure. Faire attention au positionnement.
- Mettre en place le compartiment de mesure.
- Enfoncer la touche (red/avg) ou (read).

Le résultat s'affiche à l'écran d'affichage en NTU.

Sortir la cuvette et la nettoyer aussi rapidement que possible.

Demande Biologique d'Oxygène (D.B.O5) :

Mode opératoire:

- Mesure la quantité désirée (cf.tableau ci après) avec le ballon jaugé de trop-plein et verser dans la bouteille propre.
- Introduction l'agitateur magnétique dans chaque bouteille.
- Mettre 02 pastilles d'hydroxyde de potassium dans chaque intérieur (noir) avec deux pincettes.
- Visser sans former hermétiquement le bouchon.
- Mettre sur le système d'agitation à 20°C.
- Laisser s'établir l'équilibre pendant 30 mn et fermer hermétiquement le bouchon.
- Relever les valeurs après 5 jours (système Oxytop).
- Utiliser les mesures des autres groupes et déterminer la précision des mesures.

ANNEXE

Tableau 15 : Facteur de conversion de la DBO5 en fonction du volume prise

Portée de mesure	Volume (ml)	Facteur
0-40	432 ml	1
0-80	365 ml	2
0-200	250 ml	5
0-400	164 ml	10
0-800	97 ml	20
0-2000	43.5	50

Dosage de Nitrite (NO²⁻) :

Mode opératoire:

- Prélever 05 ml d'eau de l'échantillon par une pipette dans un tube à essai.
- Ajouter 01 micro cuillère bleu arasée (dans le bouchon du flacon NO2-1), et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution total du réactif.
- Le PH doit être compris entre 2 et 2.5 .vérifier à l'aide de bandelette indicatrices (Acitil*), ajuster le PH si nécessaire avec de l'acide sulfurique.
- Laisser reposer 05minutes (temps de réaction), puis introduire l'échantillon dans la cuve et mesurer dans le spectrophotomètre.

Dosage d'ortho-phosphate (PO⁴⁻):

- Prélever 05 ml d'eau de l'échantillon par une pipette dans un tube à essai.
- Ajouter 05 gouttes de réactif po4 et mélanger.
- Ajouter 01 micro cuillère bleu arasée (dans le bouchon de flacon PO4), et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution total réactif.

ANNEXE

- Laisser reposer 05 minutes (temps de réaction), puis introduire l'échantillon dans la cuve et mesurer dans la spectrophotomètre.



Figure 27 : Photos des réactifs (PO4-1, PO4-2) pour le dosage d'ortho-phosphate

Dosage de l'Ammonium (NH_4^+)

Mode opératoire :

- Prélever 05 ml d'eau de l'échantillon par une pipette dans un tube à essai.
- Ajouter à la pipette 0.60 ml de réactif NH4-1 puis mélanger.
- Ajouter 01 micro cuillère bleu arasée (dans le bouchon du flacon NH4-2 et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution total du réactif.
- Laisser reposer 05 minutes (temps de réaction A).
- Ajouter 04 gouttes de réactif NH4-3 et mélanger.
- Laisser reposer 05 minutes (temps de réaction B). puis introduire l'échantillon dans la cuve et mesurer dans le Spectrophotomètre.

ANNEXE



Figure 28 : Photos des réactifs (NH4-1, NH4-2 et NH4-3) pour le dosage d'Ammonium

Dosage de Nitrate :

Mode opératoire :

- A l'aide de la pipette, remplissez la cuvette de 6ml d'échantillon, jusqu'à moitié de sa hauteur et replacez la capuchon.
- Placez la cuvette dans le support et fermez le couvercle.
- Appuyez sur la touche ZERO. L'écran affichera «0.0- » lorsque le compteur est remis à zéro et prêt pour la mesure.
- Retirez la cuvette est et ajoutez le contenu d'un sachet de Réactif HI 93728-0.
- Replacez le capuchon et secouez immédiatement vigoureusement et vers le bas pendant exactement 10 secondes. Continuez à mélanger par en retournant doucement la cuvette pendant 50 secondes, en prenant veillez à ne pas provoquer de bulles d'air. La poudre ne se dissout pas complètement. Le temps et la manière de secouer pourraient affecter la mesure.
- Réinsérez la cuvette dans l'instrument, en faisant attention de ne pas le secouer et mesure dans le Multiparamètre photomètre.

ANNEXE



Figure 29 : Photo de réactif HI93728-0 Nitrate réagent.