

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

pa.Eco.05/12

Université de Jijel
Faculté des Sciences Exactes et des
Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale et Végétale



جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة
و علوم الطبيعة و الحياة
قسم البيولوجيا الحيوانية و النباتية

Mémoire de fin d'étude

01
01

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Ecologie végétale et environnement

Option : Pathologie des écosystèmes.

Thème

*Etude physico-chimique et dosages de quelques E.T.M.
dans les eaux de surface et souterraines de la plaine
alluviale de l'oued Saayoud (Chekfa, Wilaya de Jijel)*

Membres de Jury:

- ❖ Président : M^{me} I. GHORAB
- ❖ Encadreur : M^{elle} S. KHALED-KHODJA
- ❖ Examinatrice: M^{elle} W. AMIRA
- ❖ Invité : Mr T H. DEBIECHE

Présenté par :

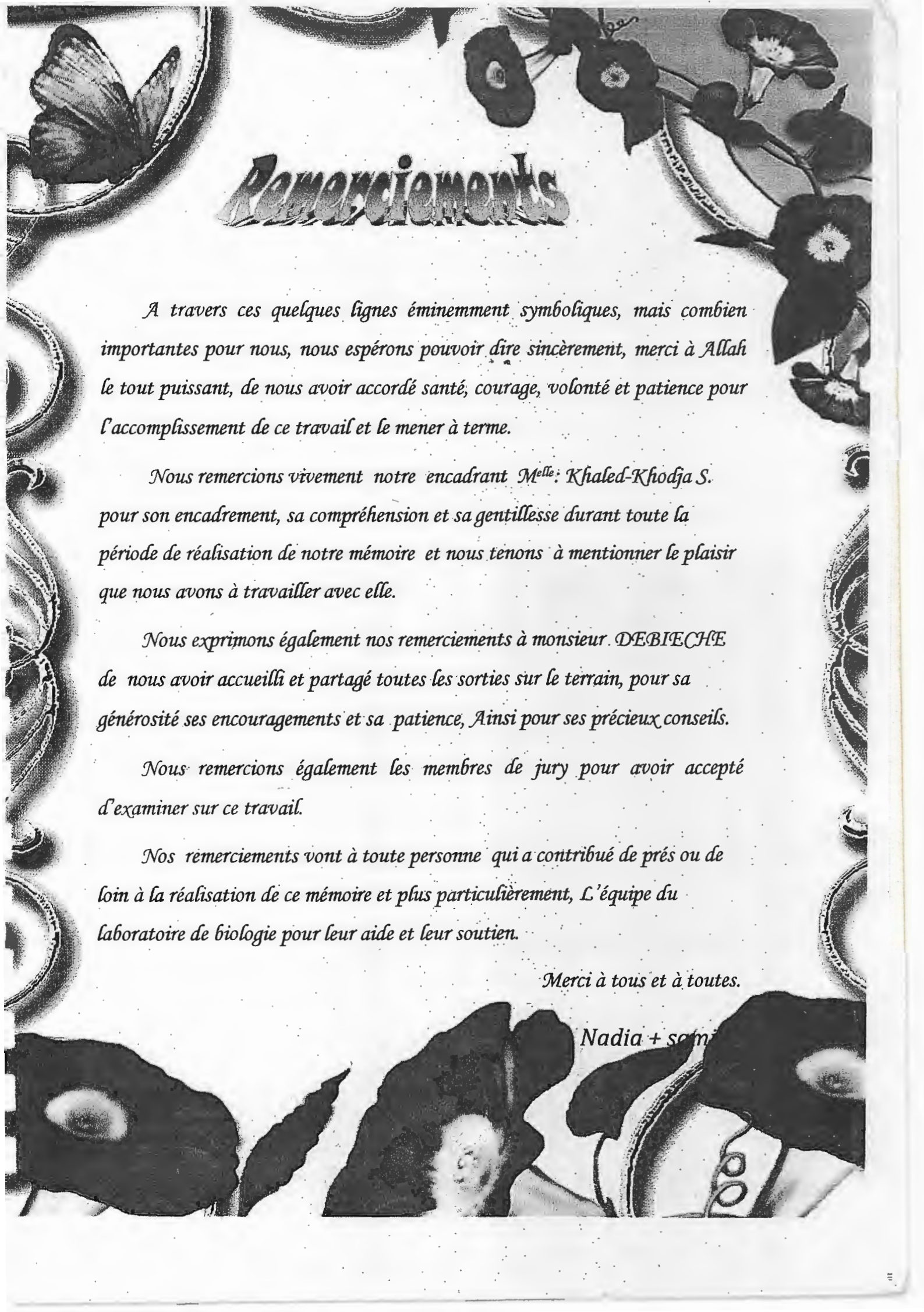
- ❖ Maouche Samiya
- ❖ Lahmar Nadia



Session: Septembre / 2012

Numéro d'ordre: /





Remerciements

A travers ces quelques lignes éminemment symboliques, mais combien importantes pour nous, nous espérons pouvoir dire sincèrement, merci à Allah le tout puissant, de nous avoir accordé santé, courage, volonté et patience pour l'accomplissement de ce travail et le mener à terme.

Nous remercions vivement notre encadrant M^{lle}: Khaled-Khodja S. pour son encadrement, sa compréhension et sa gentillesse durant toute la période de réalisation de notre mémoire et nous tenons à mentionner le plaisir que nous avons à travailler avec elle.

Nous exprimons également nos remerciements à monsieur. DEBIECHE de nous avoir accueilli et partagé toutes les sorties sur le terrain, pour sa générosité ses encouragements et sa patience, Ainsi pour ses précieux conseils.

Nous remercions également les membres de jury pour avoir accepté d'examiner sur ce travail.

Nos remerciements vont à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et plus particulièrement, L'équipe du laboratoire de biologie pour leur aide et leur soutien.

Merci à tous et à toutes.

Nadia + son...



DÉDICACE

*Merci à Allah le Tout-Puissant qui m'a accordé la puissance
et la volonté d'achever ce travail.*

À celle qui m'a comblé d'amour et de tendresse,

Ma bien-aimée Maman,

*À celui qui m'a donnée le meilleur de lui-même, qui a sacrifié
son bonheur pour moi,*

cher Papa,

mes frères (surtout Ammar) et à mes sœurs.


À toute ma famille.

*À mes collègues et mes amies samiya, Imane, naziha,
Meriem.Basma.*

À tous ceux que j'aime et qui me sont chers.

Je dédie ce modeste travail.

nadia



Dédicaces

Au nom de la science, au nom de la conscience, je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

'Kheroufa & Mohamed'

En témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte en ma reconnaissance par leurs soutiens, je ne peux pas les remercier jamais assez, pour tout ce qu'ils m'ont fait.

« Que dieu les protège »

A mes 6 frères et 6 sœurs et leurs 34 enfants.

A mon ami Oussema, qui m'a toujours encouragé, pour ses conseils précieux et son grand soutien moral durant les moments pénibles de ma vie.

A mes amis (es) de la Radio Jijel : Hadjer, Karim, Youcef, Hiba, mouloud et surtout Riad Chaabani pour son aide.

A tous mes amis (es) de face book,

A Mr. Lakhdar Rif et Mr. Salah Tamoume et tout l'équipe de l'audiovisuel

A mes amies que je garde avec eux mes meilleures années universitaires : Hakima, Souad, Nazifa, Imen et Nadia.

Sans oublier tous les collègues de notre promotion 2012.

Enfin, à tous ceux que j'aime et qui m'aime.

Samiya

Sommaire

Liste des figures	viii
Liste des tableaux	x
Liste d'abréviations	xi

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

Chapitre I : synthèse bibliographique

I-1. Généralités sur les eaux.....	3
I-1-2. Importance de l'eau.....	3
I-2. Les types des eaux naturelles.....	3
I-2-1. Les eaux de surfaces.....	3
I-2-1-1. Les eaux courantes (lotiques).....	4
I-2-1-2. Les eaux stagnantes (lenticules).....	4
I-2-2. Les eaux souterraines.....	4
I-3. Qualité des eaux.....	5
I-3-1. Classe de la qualité des eaux.....	5
I-4. Pollution des eaux naturelles.....	6
I-4-1. Définition des eaux polluées.....	6
I-4-2. Différents types de pollution de l'eau.....	7
A. Pollution biologique.....	7
B. Pollution chimique.....	7
C. Pollution physique.....	11
I-4-3. L'origine de la pollution de l'eau.....	12
I-4-3-1. Pollution d'origine naturelle.....	12
I-4-3-2. Pollution d'origine anthropique.....	12

I-4-4. Conséquences de la pollution de l'eau.....	15
I-5. Paramètres indicateurs de la pollution de l'eau.....	16
I-5-1. Principaux paramètres physico-chimique mesurables.....	16
I-5-1-1. Le potentiel hydrogène (pH).....	16
I-5-1-2. Température.....	16
I-5-1-3. Conductivité électronique (CE).....	17
I-5-1-4. Oxygène dissous.....	17
I-5-1-5. Matières organiques en suspension (MES).....	17
I-5-1-6. Demande biochimique (biologique) en oxygène (DBO ₅).....	17
I-5-1-7. Demande chimique en oxygène (DCO).....	18
I-5-1-8. Ammonium (NH ₄ ⁺).....	18
I-5-1-9. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	18
I-5-1-10. Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	19
I-5-1-11. Le phosphore (PO ₄ ³⁻).....	19

Chapitre II. Matériels et méthodes

II-1. Représentation de la zone d'étude.....	20
II-1-1. Réseau hydrographique.....	20
II-1-2. Situation géographique d'Oued saayoud.....	21
II-2. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	22
II-2-1. Précipitation.....	22
II-2-2. Température.....	23
II-2-3. Le diagramme ombrothermique.....	23
II-2-4. Le vent.....	24
II-2-5. L'humidité.....	24
II-3. Couvert végétal.....	25
II-4. Structure socio-économique et l'activité humaine.....	25
II-5. choix des stations de prélèvement.....	26

II-6. Echantillonnage.....	31
II-7. Justification du choix des paramètres étudiés.....	31
II-8. Techniques de Prélèvements.....	31
II-9. Conservation et prétraitement des échantillons avant analyse.....	32
II-10. Mesures effectuées sur terrain.....	32
II-11. Nettoyage de la verrerie.....	33
II-12. Dosages effectués au laboratoire.....	33
III-1. Dispersion spatio-temporelle des descripteurs physico- chimiques.....	
III.1.1. Les eaux superficielles.....	36
a. Température T°C.....	36
b. Potentiel d'hydrogène (pH).....	36
c. Conductivité électrique (CE).....	37
d. Sels nutritifs (nutriments).....	38
• L'ammonium (NH ₄ ⁺).....	38
• Les Nitrites (NO ₂ ⁻).....	39
• Les Nitrates (NO ₃ ⁻).....	39
• Les Orthophosphates (PO ₄ ³⁻).....	40
e. Les matières organiques.....	40
• La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	40
• La demande chimique en oxygène (DCO).....	41
f. Les éléments traces métalliques (ETM).....	41
• Le Cadmium (Cd).....	41
• Le Plomb (Pb).....	42
• Le Fer total.....	42
III. 1. 2. Les eaux souterraines.....	43
a. Température T°C.....	43
b. Potentiel d'hydrogène (pH).....	43

c. Conductivité électrique (CE).....	44
d. les sels dissous.....	44
• L'ammonium (NH_4^+).....	45
• Les Nitrites (NO_2^-).....	45
• Les Nitrates (NO_3^-).....	45
• Les Orthophosphates (PO_4^{3-}).....	45
e. Les matières organiques.....	46
• La demande biochimique en oxygène (DBO_5).....	46
• La demande chimique en oxygène (DCO).....	46
g. Les éléments traces métalliques (ETM).....	46
• Le Cadmium (Cd).....	47
• Le Plomb (Pb).....	47
• Le Fer total.....	47
Conclusion générale.....	48
Références bibliographiques.....	50

Liste des figures

Figure 01. Localisation de la zone d'étude.....	p20
Figure 02. La carte hydrographique de la wilaya de Jijel.....	p21
Figure 03. Carte de situation géographique d'Oued Saayoud.....	p22
Figure 04. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la période (2002-2011).....	p24
Figure 05. Agriculture adoptée dans la région d'étude.....	p25
Figure 06. Les déchets sur le côté d'un cours d'eau.....	p26
Figure 07. Rejets d'eaux usées domestiques dans l'Oued.....	p26
Figure 08. Localisation des stations de prélèvement (Echelle 1/200).....	p27
Figure 09. Photo de la station OS0.....	p28
Figure 10. Photo de la station OSD.....	p28
Figure 11. Photo de la station OS1.....	p28
Figure 12. Photo de la station PS4.....	p28
Figure 13. Photo de la station FS1.....	p29
Figure 14. Photo de la station PFS2.....	p29
Figure 15. Photo de la station FS2.....	p29
Figure 16. Photo de la station FS3.....	p29
Figure 17. Photo de la station OS2.....	p30
Figure 18. Photo de la station PS22.....	p30
Figure 19. Photo de la station PS16.....	p30
Figure 20. Photo de la station PS18.....	p30
Figure 21. Photo de la station OS3 (aval).....	p30
Figure 22. Le prélèvement depuis un pont.....	p31
Figure 23. Le prélèvement à partir d'un puits.....	p32
Figure 24. Valeurs moyennes mensuelles des températures dans les différentes station.....	p36

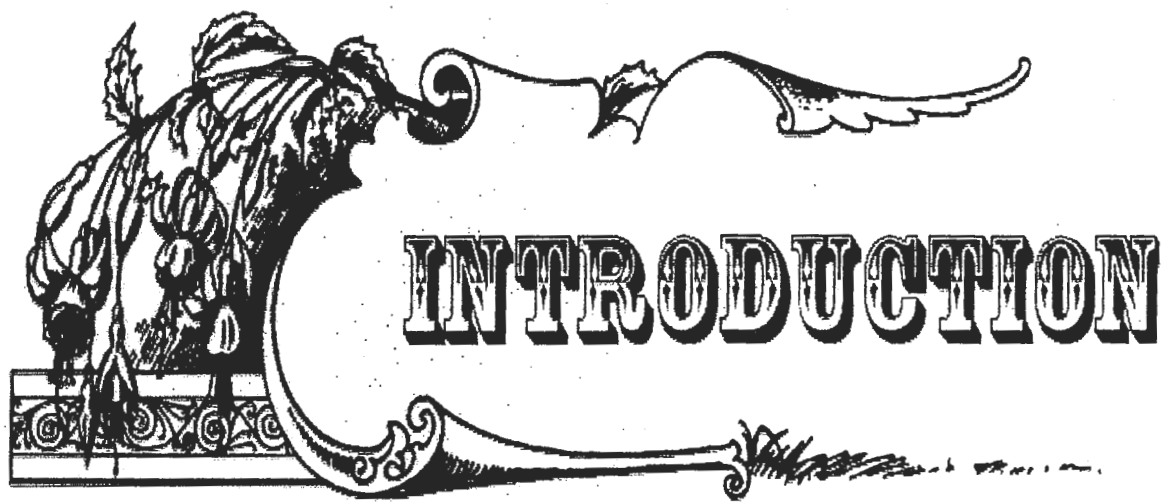
Figure 24. Valeurs moyennes mensuelles des températures dans les différentes stations dans les eaux de surface.....	36
Figure 25. Valeurs moyennes mensuelles du PH dans les différentes stations des eaux de surface.....	37
Figure 26. Valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique dans les différentes stations des eaux superficielles.....	37
Figure 27. Concentration moyennes mensuelle des nutriment des diveres stations dans les eaux de surface.....	38
Figure 28. Valeurs moyennes mensuelles des matières organiques dans les eaux de surface	40
Figure 29. Concentrations des ETM dans les eaux de surface.....	41
Figure 30 . Valeurs moyennes mensuelles des températures dans les eaux souterraines.....	43
Figure 31. variation spatio-tenporelle du PH dans les différentes stations des eaux souterraines.	43
Figure 32. Valeurs de la conductivité électrique enregistrée en fonction des stations des eaux souterraies	44
Figure 33. Concentration moyennes mensuelle des nutriment dans les eaux souterraines	44
Figure 34. Valeurs moyennes mensuelles des matières organiques dans les eaux souterraines.....	46
Figure 35. Concentrations des ETM dans les eaux souterraine	46

Liste des tableaux

Tableau I. La répartition de l'eau dans la biosphère	5
Tableau II. Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux de rivière	6
Tableau III. Valeurs guides des métaux lourds	11
Tableau IV. Les principaux types de pollution des eaux	14
Tableau V. Valeurs moyennes mensuelles des précipitations en (mm) durant les 10 dernières années (2002-2011)	23
Tableau VI. Moyennes mensuelles des températures durant la période (2002-2011).....	23
Tableau VII. Les méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau utilisée.....	34

Liste des abréviations

ABH :	Agence de bassin hydrographique.
ANRH :	Agence Nationale des Ressources Hydriques (wilaya de Jijel).
As :	Arsenic.
Cd :	Cadmium.
CE :	Conductivité électrique
Cr :	Chrome.
Cu :	Cuivre
DBO :	Demande biochimique en oxygène
DCE :	Directive cadre de l'eau
DCO :	Demande chimique en oxygène
DHJ :	Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Jijel
D.P.A.T :	Direction de la planification et l'aménagement de territoire
ETM :	Eléments traces métalliques
Fe :	Fer
Hg	Mercure
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement
MES	Matière en suspension
MOF	Matière organique fermentescible
Ni :	Nickel.
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.
ONM :	Office Nationale de la Météorologie : station météo de Jijel aéroport.
Pb :	Plomb.
PCB :	Polychlorobiphényle.
pH :	Le potentiel hydrogène.
ppm :	Parties par million : Concentration d'un pour un million.
SAA :	Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.
SEQ eau:	Système d'évaluation de la qualité de l'eau.
Se :	Sélénium
KT	Kilotonne
µs :	Microséisme

A decorative graphic featuring a scroll with intricate scrollwork and a ribbon-like element. The scroll is positioned on the left side of the page, with the word "INTRODUCTION" written in a bold, serif font across its center. The scrollwork is detailed with various patterns and flourishes, including a large, ornate scroll on the left and a smaller, more delicate scroll on the right. The overall style is reminiscent of a classic book title page.

INTRODUCTION

Introduction

L'eau constitue l'élément majeur du monde minéral et biologique. C'est également le vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine.

L'importance de l'eau dans l'économie humains ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles modernes (Rodier, 1996).

Toute activité anthropique est productrice de déchets. Si ces déchets ne sont pas détruits ou recyclés, ils vont persister dans l'environnement et polluer tous les écosystèmes terrestres et aquatiques. Les diverses pollutions ont des conséquences préjudiciables sur la biosphère et menacent même l'existence de toute l'humanité.

Mais intéressons-nous en premier lieu à celle qui affecte une ressource vitale pour l'homme et pour toutes formes de vie : l'eau (Faurie *et al.*, 2003).

Les rejets résultant des activités humaines (urbanisation, industrie, l'agriculture) constituent les principaux facteurs de dégradation de la ressource en eau.

L'agriculture moderne est devenue une véritable source de pollution des eaux à cause de l'usage systématique des engrais chimiques et des pesticides (des produits phytosanitaires), à des tonnages importants, conduisant à la contamination des eaux de surface et souterraines.

A cela s'ajoute une autre source de pollution, celles des eaux usées issues des différentes activités humaines et qui sont déversées, dans la plupart des cas, directement dans la mer. Ce flux terrigène est en amont du phénomène d'eutrophisation des côtes. Tous les rejets anthropique sont, principalement, véhiculés par les oueds qui traversent ou passent à proximité des agglomérations urbaines et aboutissent dans le littoral (Kaid Tlillane, 2005).

Les manifestations les plus évidentes de la contamination des eaux sont les problèmes de potabilité de l'eau, et le risque accru d'eutrophisation des eaux continentales et marines. L'eutrophisation ou l'hyperfertilisation ou encore la dystrophisation des eaux provoque un déséquilibre de l'écosystème avec un développement anarchique d'algues et une consommation intense de l'oxygène au fond des bassins (Pourriot, 1995). Ces conditions d'anoxie conduisent à la disparition de toute vie dans le milieu limnique qui se comble de matières organiques mortes et la disparition de la lame d'eau.

L'objet de ce travail s'inscrit dans une problématique plus vaste qui a trait aux rejets urbains en mer, leurs devenir et leurs incidences sur le milieu récepteur.

Tout ce flux terrigène est véhiculé, principalement, par les oueds et les cours d'eau. C'est pourquoi, nous avons essayé d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Saayoud et les eaux souterraines de la nappe alluviale de l'oued El Nil, qui se jettent dans le littoral jijelien.

Notre travail est scindé en trois parties principales :

Une première partie consacrée à une synthèse bibliographique où nous exposons les problèmes de dégradation des ressources en eau et leur souillure par divers polluants (sels nutritifs, éléments traces métalliques, produits phytosanitaires, etc.).

Une deuxième partie qui se focalise sur le côté pratique du travail : le choix des sites d'étude, l'échantillonnage, la conservation des échantillons et les méthodes d'analyse adoptées.

La troisième partie est consacrée à l'interprétation et la discussion des résultats obtenus des trois campagnes d'échantillonnage.

Enfin, ce travail est parachevé par une conclusion générale et des perspectives futures.

CHAPITRE I

Etude bibliographique



I-1. Généralités sur les eaux

Vu de l'espace, la terre est une planète bleue, sa couleur lui vient de l'eau qui occupe deux tiers de sa surface. Seulement 2,5 % de ses ressources sont constituées d'eaux douces (Wilser, 2004).

Sur la terre l'eau existe sous trois états : liquide, solide et gazeux, ce qui est dû aux conditions particulières de température et de pression qui règnent à la surface du globe (Bliefert *et al*, 2009). L'eau est solide à 0°C (point de congélation), gazeuse au-delà de 100°C (point d'ébullition) et liquide entre ces températures (Ancitil, 2008).

I-1-2. Importance de l'eau

- L'eau représente 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces vivantes (Dajoz, 2006).
- L'eau est le principal réactif utilisée dans cette grande usine chimique qu'est la terre (Michard, 2002).
- Source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport des minéraux, l'eau possède des propriétés remarquables. Elle est essentielle à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète terre (Ngo *et al*, 2004).
- Dans l'industrie l'eau a de multiples fonctions, par exemples celle de fluide de refroidissement et de substance primaire (dans le domaine de production) (Bliefert, 2009).
- L'eau exerce un influence fondamentale sur le climat : c'est un régulateur de chaleur important pour l'atmosphère, parce qu'elle absorbe le rayonnement provenant de la terre (Bliefert, 2009).
- L'eau joue un rôle très important dans la photosynthèse.
- L'agriculture peut être une grosse consommatrice d'eau pour l'irrigation mais également pour l'élevage (Ramade, 1981).

I-2. Les types des eaux naturelles

On désigne sous le nom d'eaux continentales l'ensemble des eaux situées en deçà de la limite des continents. Les unes sont superficielles courantes telles que les ruisseaux, les rivières et les fleuves ou stagnantes tels les lacs et les étangs. D'autres sont souterraines issues de l'infiltration des eaux superficielles (Angelier, 2000).

I-2-1. Les eaux de surfaces

La composition de l'eau de surface est plus variable. Elle contient toujours de l'oxygène dissous, mais aussi des bactéries, des matières en suspension, des algues et des substances organiques qui peuvent donner des problèmes de goût et d'odeur (Leemans *et al*, 2008).

Classiquement, nous distinguons deux grandes catégories de milieux aquatiques :

I-2-1-1. Les eaux courantes (lotiques)

Les eaux courantes regroupent toutes les eaux « en mouvement » : Sources, torrents, ruisseaux, rivières, fleuves, constituant un vaste réseau hydrographique qui mène à la mer. Ce sont des milieux ouverts présentant des échanges constants avec les systèmes qu'ils traversent. (**Génin, 2003**).

I-2-1-2. Les eaux stagnantes (lenticques)

Les eaux stagnantes correspondent essentiellement aux lacs, étangs, mares et flaques. Elles conservent une certaine autonomie fonctionnelle et forment une unité. Elles se différencient par la superficie, mais surtout par la permanence de l'eau, la profondeur, l'ensoleillement et le réchauffement du fond (**Génin, 2003**).

La distinction entre les quatre types de milieux stagnants est établie de la façon suivante :

* **Lac** : milieu stagnant qui possède, en plus de sa zone littoral, une zone profonde privée de lumière ou les espèces végétales ne peuvent pas se développer (**Génin, 2003**).

* **Étang** : milieu stagnant dépourvu de zone profonde, mais dont le fond est parfois soustrait à l'action thermique du soleil (**Génin, 2003**).

* **Mare** : milieu stagnant dépourvu de zone profonde et cette dernière n'est pas soustraite à l'action thermique du soleil (profondeur maximale un mètre environ) (**Génin, 2003**).

* **Flaque** : milieu stagnant temporaire (profondeur maximal : 0.5m) (**Génin, 2003**).

I-2-2. Les eaux souterraines

Sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, Elles sont issues des précipitations, de la neige, et des cours d'eau puis, elles s'infiltrent dans les sols formant ainsi les systèmes d'eaux souterraines. Elles peuvent remonter, ultérieurement, à la surface ou rejoindre les lacs ou les océans. Elles sont caractérisées par des températures constantes et une contamination bactérienne faible et une turbidité faibles (**Desjardins, 1990**)

Les eaux souterraines sont souvent contenues dans des couches aquifères. Une couche aquifère est une strate saturée qui peut rapporter des quantités utilisables d'eau à un puits. Il y a deux types différents de couches aquifères basées sur des caractéristiques physiques :

- couche aquifère confinée : si la zone saturée est coincée entre des couches de matériaux imperméables et si les eaux souterraines sont sous pression.

- couche aquifère non confinée : s'il n'y a aucune couche imperméable immédiatement au-dessus de la zone saturée (**collin, 2004**).

Suite à ce qui a été dit, ultérieurement, la répartition des différents types d'eau est résumée dans le tableau qui suit.

Tableau 1. La répartition de l'eau dans la biosphère (**Ramade, 1981**)

Forme relative	Masse (10 ⁹ KT)	Proportion (%)
Océans	1348000	97.4
Calotte polaires, Glaciers, etc.	27820	2.01
Eaux souterraine, eaux imbibitions des sols.	8062	0.58
Lacs et fleuves	225	0.02
Vapeur d'eaux atmosphérique	13	0.001
Totale hydrosphère	1384120	100
Dont eaux douce.....	36020	2,6

I-3. Qualité des eaux

La qualité des eaux correspond à un ensemble de critères physico-chimiques qui définissent leur degré de pureté et par conséquent, leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels, en fonction d'un degré croissant de pollution (**Ramade, 2005**).

En France, les eaux courantes et les eaux stagnantes sont classées en fonction de leur teneur en oxygènes en cinq classes de qualité de l'eau (**Genin et al., 2003**).

I-3-1. Classe de la qualité des eaux

La transcription de la qualité des cours d'eau était alors faite à partir d'une grille qualité proposant pour une trentaine de Paramètres une répartition en cinq classes, affectées d'un code de couleur. Cette échelle globale a été très utilisée, les classes sont définies comme suit:

1ère ligne : classe **1A** : qualité excellente, absence de pollution, couleur bleue.

2ème ligne classe **1B** : qualité bonne, pollution modérée, couleur verte.

3ème ligne : classe 2 : qualité moyenne, pollution nette, couleur jaune.

4ème ligne : classe 3 : qualité médiocre, pollution importante, couleur orange.

Hors classes ou 4 : qualité mauvaise, pollution excessive, couleur rouge (Genin *et al.*, 2003).

Le tableau 2 résume les différentes classes de qualité citées antérieurement.

Tableau 2. Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux de rivière (Masson, 1988)

O ₂ dissous	DBO ₅	DCO	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	T	CE	pH
mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	°C	μS.cm ⁻¹	/
>7	<3	<30	<0,1	0,03	2	<0,1	20	<400	6,5-7,5
7-5	3-5	30-35	0,1-0,5	0,3	10	0,1-0,3	21,5	400-1300	7,5-8,5
5-3	5-10	35-40	0,5-2	0,5	25	0,3-0,5	25	1300-2700	5,5-6,5
3-1	10-25	40-80	2-8	1	50	0,5-3	28	2700-3000	8,5-9
<1	>25	>80	>8	>1	>50	>3	>30	>3000	<5,5 ou >9

On notera que toutes ces échelles constituent un référentiel indicatif destiné à l'expression synthétique de la qualité d'une eau superficielle. (Genin *et al.*, 2003).

I-4. Pollution des eaux naturelles

I-4-1. Définition des eaux polluées

La pollution des eaux est la dégradation voir la destruction de leur pouvoir auto-épurateur. Ce pouvoir remarquable qu'ont les eaux de se régénérer, de se purifier par le jeu des processus physiques, chimiques et biologiques liés à leurs mouvements (Lambert, 1995).

Les pollutions sont des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux, en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer, dans la limite des eaux territoriales (Faurie *et al.*, 2003).

On parle de pollution d'une eau, lorsque celle-ci est dégradée par des produits toxiques, qu'elle est devenue impropre à la vie des êtres vivants voire franchement toxique. Seulement évaluer la pollution de façon précise est difficile du fait du caractère insidieux de l'auto-épuration,

sans parler naturellement des composés non biodégradables pour lesquels il est difficile de fixer une limite à partir de laquelle ils sont nocifs. **(Defranceschi, 1996).**

Le degré de pollution de l'eau se mesure par divers indicateurs comme la charge en matières en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO) ou des indicateurs faunistiques ou floristiques **(Cosandey, 2003).**

I-4-2. Différents types de pollution de l'eau

A. Pollution biologique

On en distingue deux catégories:

***La pollution microbiologique des eaux**

Se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes, bactéries et virus **(Ramade, 1982).**

*** La pollution des eaux par des matières organique fermentescibles (MOF)**

Les rejets des eaux usées urbaines (effluents domestiques, rejets de diverses industries agro-alimentaires hautement fermentescibles telles que les abattoirs, les laiteries, les fromageries, etc.).

Constituent les principales sources de contamination des eaux naturelles par les matières organiques

La charge de pollution d'une eau par les MOF s'évalue par la demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO₅) d'incubation **(Ramade, 2005).**

B. Pollution chimique

L'industrie chimique crée chaque année des quantités innombrables de molécules chimiques organique de synthèse. Le devenir et l'incidence de ces molécules xénobiotiques dans le milieu sont à priori imprévisibles et inconnus.

Ces composés chimiques dangereux et toxiques pour la plupart peuvent contaminer directement les cours d'eau ou s'infiltrer dans le sol et souiller les eaux souterraines **(Angelier, 2000).**

Les détergents sont constitués par des agents de surface, ces derniers limitent la dissolution de l'oxygène à l'interface eau-atmosphère. Les pesticides, fongicides et insecticides sont beaucoup plus toxiques que les détergents, puisque leur rôle est précisément la destruction des ennemies des cultures et qu'ils sont entraînés dans les eaux par le ruissellement **(Angelier, 2000).**

Certaines substances toxiques, déversées dans un cours d'eau, peuvent avoir des conséquences immédiates sur les êtres vivants. D'autres peuvent pénétrer dans les chaînes alimentaires, c'est le

phénomène de la bioamplification. Une faible partie de ces substances est évacuée par excrétion, mais le reste s'accumule dans certains organes (foie, muscles, graisse...) (**Angelier, 2000**).

Ces polluants chimiques sont peu ou non biodégradables, ils constituent par eux même ou par leurs résidus des composés toxiques pour la biocénose aquatique (**Bousseboua, 2002**).

Exemple de pollution chimique par les éléments trace métalliques (ETM)

Généralement, les métaux lourds désignent les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes, caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 g.cm^{-3} . La classification des métaux lourds est souvent discutée car certains métaux ne sont pas particulièrement « lourds » (cas du zinc) et certains éléments ne sont pas tous des métaux (cas de l'arsenic). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation « métaux lourds », l'appellation « éléments traces métalliques » (ETM) ou par extension « éléments traces » ou « métaux traces » (**Lafabrie, 2007**).

Ce sont des polluants rémanents qui ne sont généralement pas éliminés de l'écosystème aquatique par les processus naturels, mais qui tendent à s'accumuler dans les sédiments. Certains métaux (Cu et Zn par exemple) sont essentiels en petite quantité à la croissance de tous les organismes ou pour compléter leur cycle de vie, mais deviennent toxiques quand leur absorption devient excessive. A l'inverse, d'autres métaux (Ag, Cd, Cr, Hg, Pb...) sont rarement voire jamais essentiels et sont dits toxiques. (**Azimi, 2004**).

Les éléments traces métalliques (ETM) dans les sols proviennent en partie de l'altération de la roche mère mais aussi de source externe au sol : dépôts atmosphériques, épandages d'engrais et différentes activités humaines, ces éléments peuvent être prélevés par les plantes ou percoler vers les nappes phréatiques. (**Baize et al., 2002**).

Les concentrations en ETM dans l'eau sont faibles (**Ramade, 1998**).

•Propriétés physico-chimiques des ETM

- La solubilité

La solubilité dans l'eau indique la tendance du métal à la mobilisation par ruissellement, elle dépend de l'élément et des conditions chimiques environnantes (**Barbaste, 2004**), plusieurs de ces composés sont facilement solubles (**Pichard, 2005**).

-La stabilité

Contrairement aux polluants organiques, les ETM sont Indéfiniment stables et ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement, ils sont persistants (**Bliefert et al., 2001**). C'est pour cette raison, que les métaux peuvent s'accumuler le long des chaînes alimentaires, au bout de ces chaînes, les métaux peuvent atteindre des concentrations qui sont plusieurs fois supérieures aux concentrations trouvées dans l'eau, dans l'air et dans le sol (**Bliefert et al., 2001 ; Lemièrre et al., 2000 ; Boucheseiche et al., 2002**).

-La volatilité

Elle influe sur la libération par évaporation naturelle des polluants infiltrés dans les sols, d'une façon générale, la plupart des ETM ne sont que faiblement volatils, sauf le mercure dont le point d'ébullition est de 370 °C (**Lemièrre et al., 2000 ; Azimi, 2004**).

Les ETM les plus courants dans l'environnement sont : le plomb, le cadmium, le chrome, le mercure et le fer, etc (**Olivier, 2005**).

Le cadmium (Cd) est un métal lourd peu répandu dans la croûte terrestre. Il ne se trouve pas à l'état élémentaire dans la nature ; il est généralement présent dans des minerais de zinc ou de plomb. Sa présence dans les eaux est surtout d'origine anthropique, notamment par les rejets industriels liés à la sidérurgie et la métallurgie (en particulier l'industrie de fer et des métaux non ferreux, la production de zinc, plomb et cuivre), production d'énergie (combustion de charbon, incinération des ordures ménagères, l'industrie de verre et de la céramique, engrais phosphatés et certains traitements de surface (**Boucheseiche et al., 2002 ; Gombert et al., 2005**).

Le plomb (Pb) peut être présent naturellement, même si des eaux naturelles contenant du plomb sont assez rares. Les principales sources d'émission du plomb sont les industries du plomb et surtout le trafic routier. Il est utilisé dans l'imprimerie, la métallurgie (fonderie), dans l'industrie des batteries, dans les dépôts d'étain-plomb, les soudures dans l'industrie électronique. Par ailleurs, la présence de plomb dans l'eau distribuée pour la consommation humaine peut provenir de tuyauteries anciennes contenant du plomb. Sa source anthropique principale était, jusqu'à ces dernières années, sa présence dans les carburants automobiles. C'est une substance classée "prioritaire actuellement en examen" par la DCE (**Boucheseiche et al., 2002**)

Le mercure (Hg) est devenu, ces dernières années, un problème environnemental majeur. Il est à l'origine de nombreuses préoccupations en termes de santé publique. On l'emploie dans la fabrication de thermomètres, de baromètres, de lampes et de colorants. Il sert à l'étamage des glaces, il entre dans l'industrie électrique et la composition des cosmétiques (mascara), des adhésifs,

il permet d'extraire l'or et l'argent avec lesquels il se combine, etc. **(Di Benedetto, 1997)**. On connaît aussi le phénomène de concentration et de bioaccumulation de mercure dans les organismes aquatiques, et ses effets irréversibles quand il aboutit dans le corps humain via la chaîne alimentaire **(M'hamed, 2005)**.

Le chrome (Cr) contaminant typiquement anthropique, il est très utilisé dans l'industrie sous forme de bichromates (chromage électronique, tannage de cuirs) et sous forme de sels chrome (mordants pour teintures et colorants).

Elément anormal des eaux provenant le plus souvent des effluents d'ateliers de galvanoplastie, Les dérivés du chrome se retrouvent dans l'eau essentiellement sous forme oxydée : le chrome trivalent (Cr III) et le chrome hexavalent (Cr VI), ces deux dérivés du chrome sont très toxiques pour les organismes aquatiques, et pouvant entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. **(Vilagines, 2003)**.

Le Fer (Fe) est un élément chimique, le plus abondant et le plus utilisé de tous les métaux.

Le fer pur a une dureté comprise entre 4 et 5 ; il est mou, malléable et ductile, il est facilement magnétisable aux températures ordinaires, mais difficilement lorsqu'il est chauffé ; vers 790 °C, ses propriétés magnétiques disparaissent. Le fer pur fond vers 1 540 °C, bout vers 2 750 °C, il a une densité de 7,86 et une masse atomique de 55,845 **(Encarta, 2009)**.

La présence de Fer dans l'eau peut avoir diverses origines ; naturelle par le lessivage des terrains argileux, ou industrielle (métallurgies, sidérurgiques) **(Debieche, 2002)**.

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4.5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur comme dans beaucoup d'eau souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées.

En effet, sous l'action de l'air, ou par addition de chlore, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour un hydroxyde de fer insoluble **(Rodier, 2009)**.

Vu leur toxicité à l'égard de l'environnement et de la santé publique, beaucoup de normes ont été préconisées par les divers organismes et agences de l'eau. Nous citerons dans ce cas les normes établies par l'OMS.

Tableau 3. Valeurs guides des métaux lourds (OMS, 2004).

Constituants chimiques	Recommandations OMS
As	10µg/l
Cd	3,0µg/l
Cr	50µg/l (chrome total)
Cu	2,0 mg/l
Hg	1,0 µg/l
Ni	20 µg/l
Pb	10 µg /l
Se	10 µg /l
Zn	3 mg/l

C. Pollution physique

Trois principaux agents physiques sont : la chaleur, le transport de matières solides en suspension et la radioactivité (Castany, 1982).

Elle provient essentiellement des centrales thermiques et nucléaires et des usines utilisant l'eau comme liquide de refroidissement. L'eau prélevée dans le milieu naturel va être rejetée par ces structures à une température plus élevée. Ceci va provoquer une élévation de la température qui peut être préjudiciable pour les organismes aquatiques.

Un autre facteur de la pollution physique de l'eau serait celui lié aux risques de pollution radioactive tels que les accidents potentiels (L'accident de Tchernobyl par exemple). Enfin, nous pouvons aussi ajouter la pollution de l'eau par les matières en suspension provenant des mines ou des cimenteries, qui peuvent réduire la transparence de celle-ci (1).

I-4-3. L'origine de la pollution de l'eau

I-4-3-1. Pollution d'origine naturelle

Certains phénomènes naturels peuvent être à l'origine de la pollution des eaux telles qu'es :

Les éruptions volcaniques (sulfures, acides, poussières), les épanchements sous-marins d'hydrocarbures, le contact avec les filons ou gisements d'éléments toxiques (mercure, arsenic, éléments radioactifs), et la présence d'une source thermo minérale (**Ramade, 1981**).

I-4-3-2. Pollution d'origine anthropique

L'activité humaine qu'elle soit industrielle (industries chimiques, des papiers et des cartons), urbaine ou agro- alimentaire (abattoirs, brasseries, sucreries...) engendre des rejets dans la nature qui finissent, dans la grande majorité des cas, dans l'eau des mers, des cours d'eau, des lacs ou des nappes phréatiques et entraîne, si l'on n'y prend garde, une pollution. Cependant, les apports extérieurs ne présentent pas tous le même degré de gravité. Il faut, en particulier, différencier les pollutions biodégradables (essentiellement les rejets domestiques), qui peuvent devenir toxiques s'ils sont déversés massivement, et les polluants non biodégradables (essentiellement industriels), qui se dispersent parfois sur des distances énormes. (**Défranceschi, 1996**).

•Pollution d'origine domestique et urbaine

Elle regroupe les eaux vannes, les eaux ménagères (eaux de cuisine et de salle de bains) qui contiennent des graisses, du savon, des détergents... et les eaux usées rejetées par les installations collectives telles que les hôpitaux, les écoles, les commerces, les hôtels, etc. (**Augier, 2008**).

Ces rejets sont caractérisés par :

- une teneur importante en déchets organiques (restes alimentaires entraînés par la vaisselle, urines et matières fécales évacués par les eaux de vannes), ces déchets sont déversés dans les égouts.
- une concentration forte en toxiques et hydrocarbures (lessivages de parking, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques, etc.)
- une teneur importante en matière minérale en suspension (sables, graviers, poussières) (**Genin et al., 2003**).

•Pollution d'origine agricole

Les pollutions des eaux superficielles et souterraines s'effectuent dans le domaine agricole de façon diffuse ce qui les rend à la fois moins visibles et plus difficiles à maîtriser que les pollutions d'origine industrielles ou urbaines. Les activités de production agricole sont

susceptibles d'affecter la qualité des eaux de diverses façons : par lessivage de nitrates, de phosphates, de pesticides, d'herbicides, etc., contenus en quantité excessive dans les sols ou par contamination microbiologique. Or, l'enrichissement des eaux superficielles en nitrates et en phosphates est à même d'entraîner une multiplication excessive de végétaux aquatiques et de déclencher le phénomène d'eutrophisation. L'épandage dans les champs cultivés de boues provenant des stations d'épuration n'est pas toujours dépourvu de risques dans la mesure où ces boues peuvent contenir des concentrations excessives de métaux lourds ou de produits organiques toxiques, dérivés des hydrocarbures et des matières plastiques. (Colin, 2007).

• Pollution d'origine industrielle

Elle est caractérisée par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans les process (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution, etc.) et l'activité de l'usine. On peut donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine :

- Matière organiques et graisses (industrie agro-alimentaire et abattoirs...),
- Hydrocarbures (raffineries),
- Acides, bases, produits chimique divers (industries chimique et pharmaceutiques, tanneries),
- Eau chaude (centrales thermiques),
- Matières radioactives (centrales nucléaire, centres de recherches, hôpitaux) (Genin *et al.*, 2003).

Tableau 4. Les principaux types de pollution des eaux (Ramade, 1998).

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
Physique :		
Pollution thermique	Rejet d'eau chaude	Centrales électriques
Pollution radioactive	Rejet radio-isotope	Installations nucléaires
Chimique :		
Pollution par les engrais	nitrate Phosphates	Agriculture Lessives
Pollution par des éléments toxiques	Cadmium, mercure, plomb, aluminium, arsenic, etc.	Industrie, agriculture, combustions (pluies acides)
Pollution par les pesticides	Insecticides, herbicides, fongicides, etc.	Agriculture
Pollution par les détergents	Agents tensioactifs	Effluents domestiques (industriels)
Pollution par les hydrocarbures	Pétrole brut et ses dérivés (carburants et autres produits raffinés)	Industrie pétrolière, transports, chaufferies industrielles
Pollution par les composés organochlorés	PCB, insecticides, solvants chlorés	Industrie, agriculture
Pollution par les divers autres composés organiques de synthèse	Très nombreuses molécules > 120000	Industries, usages dispersifs en particulier domestiques pour certains
Pollution biologique :		
Par les matières organiques fermentescibles.	Glucides, lipides, protéides, acides nucléiques	Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires, industries du bois (papeteries).
Pollution microbiologique	Bactéries, virus entériques, champignons	Effluents urbains, élevage abattoir, secteur agroalimentaire en général

I-4-4. Conséquences de la pollution de l'eau

• Eutrophisation

Eutrophisation vient du grec <<eutrophos>> qui signifie : ((bien nourri)) (**Augier, 2008**).

Qui désigne l'enrichissement des cours d'eau ou des lacs et des plans d'eau en général en éléments nutritifs, essentiellement phosphore et azote, qui favorisent la croissance rapide et la multiplication des plantes aquatiques. La prolifération qui s'en suit consomme l'oxygène disponible dans l'eau ce qui aboutit à terme à la disparition de la vie dans l'eau. L'eutrophisation concerne notamment les secteurs qui reçoivent des produits dérivés de l'agriculture intensive, forte consommatrice d'engrais. (**Colin, 2007**).

• Une diminution de la teneur en oxygène dissous

Les matières organiques, essentielles à la vie aquatique en tant que nourriture, peuvent devenir un élément perturbateur quand leur quantité est trop importante. En effet, elles vont être dégradées par les bactéries et consommer naturellement de l'oxygène dissous des rivières.

Parmi les substances qui entraînent une importante consommation d'oxygène, notons en particulier les sous-produits rejetés par l'industrie laitière, le sang rejeté par l'industrie de la viande, les déchets contenus dans les eaux usées domestiques. Cette diminution de l'O₂ dissous peut provoquer dans certains cas des mortalités importantes de poissons (**Agence de l'eau Rhin Meuse, 2002**).

• La présence de produits toxiques

Rejetées sous différentes formes, ces substances provoquent des effets qui peuvent être de deux formes :

- effet immédiat ou à court terme conduisant à un effet toxique brutal et donc à la mort rapide de différents organismes.
- effet différé ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances chez certains organismes (**Agence de l'eau Rhin Meuse, 2002**).

La plupart des produits toxiques proviennent de l'industrie chimique, de l'industrie des métaux, de l'activité agricole et des décharges de déchets domestiques ou industriels (**Agence de l'eau Rhin Meuse, 2002**).

- **Autres conséquences**

- la pollution conduit à des bouleversements biocénétiques qui transforment entièrement la structure des communautés vivantes, en règle générale, une diminution de la diversité spécifique (**Ramade, 2000**).

- les maladies provenant de l'eau polluée tuent encore aujourd'hui des millions de personnes chaque année. Elles sont différentes selon le mode de contamination qui peut être par ingestion, par contact ou par contamination intermédiaire, c'est-à-dire, la consommation de poissons contaminés par une eau polluée (**Ramade, 2005**).

I-5. Paramètres indicateurs de la pollution de l'eau

I-5-1. Principaux paramètres physico-chimique mesurables

I-5-1-1. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ions hydrogènes, il mesure l'acidité ou la basicité (alcalinité) d'une eau. Le (pH) d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Les eaux issues de massifs cristallins auront un (pH) plutôt acide (Lorsque le pH est situé entre 1 et 7), à l'inverse, des eaux provenant de régions calcaires auront un (pH) plutôt basique (comprise entre 7 et 14), tandis que, La valeur de la norme pour le (pH) de l'eau potable est comprise entre 6,5 et 9,2. Certaines eaux superficielles (lacs, rivières...) voient leur pH s'élever brutalement en été, suite à une forte production végétale (**Savary, 2003 ; Rejsek, 2002; Leemans et al., 2008**).

I-5-1-2. Température

La température est un facteur écologique important du milieu qui a une grande influence sur l'activité biologique d'un cours d'eau (**Gaujou, 1995**).

Les variations de la température affectent diverses propriétés de l'eau telles que la densité, la viscosité, la tension de vapeur, la solubilité des gaz dissous en particulier l'oxygène, et les vitesses de réaction chimiques, et biologiques (**Rodier, 1978**).

Les eaux souterraines sont à température relativement constante toute l'année, (12°C à 15°C) si leur environnement n'est pas modifié. La température des eaux superficielles (rivières lacs et retenues) et très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30°C en été (**Savary, 2003**).

I-5-1-3. Conductivité électronique (CE)

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau est élevée (Salghi, 2002).

La conductivité électrique de l'eau pure est relativement faible, elle augmente avec la teneur en sels dissous et elle s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eaux. (Rodier, 1996).

I-5-1-4. Oxygène dissous

Etant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. IL est exprimé en mg.l^{-1} ou en pourcentage de saturation. Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. (Chapmane *et al.*, 1996).

La teneur de l'oxygène dissous dans l'eau dépasse rarement 10 mg.l^{-1} . Elle est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation, par contre, les eaux profondes n'en contiennent, le plus souvent, que quelques milligrammes par litre. (Rodier *et al.*, 2005).

La solubilité de l'oxygène diminue avec la température et elle est plus faible dans l'eau de mer que dans l'eau douce. (Dajoz, 2006).

I-5-1-5. Matières organiques en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont des matières fines minérales ou organiques insolubles, visibles à l'œil nu, qui causent la turbidité de l'eau, ce qui est néfaste pour la biologie des cours d'eaux. (Gaid, 1984).

La quantité des MES varie notamment selon les saisons et les régimes d'écoulement des eaux. Ces matières diminuent la pénétration de la lumière et par conséquent la photosynthèse. Elles peuvent, également, gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les MES peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides...) (Dutrieux *et al.*, 2005).

I-5-1-6. Demande biochimique (biologique) en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. En effet, le rejet de matières organiques fermentescibles par un émissaire d'égout par exemple provoque immédiatement une déplétion de la teneur en oxygène dissous par dégradation sous l'action des bactéries aérobies, qui va s'atténuer dans le sens du courant. La DBO_5 correspond à la quantité

d'oxygène nécessaire pour oxyder les rejets d'effluents pollués déversés dans un cours d'eau. Elle est mesurée dans les tests normalisés, après 5 jours d'oxydation des matières organiques biodégradables à 20°C (**Ramade, 1998**).

Dans les eaux pures la DBO₅ est de 3 à 4 mg.l⁻¹, elle atteint plusieurs dizaines de milligrammes dans les eaux polluées. (**Dajoz, 2006**).

I-5-1-7. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO s'exprime en milligramme par litre (mg.l⁻¹) d'oxygène et correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières oxydables (organiques ou minérales) présentes dans un échantillon donné (**2**).

Elle se mesure par oxydation de l'échantillon, au bichromate de potassium, porté à une température située entre 140 à 150°C pendant 2 heures (**Ramade, 2002**).

La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO (**2**).

I-5-1-8. Ammonium (NH₄⁺)

Désigné sous le terme « azote ammoniacal », il englobe les formes ionisées (ion ammonium, NH₄⁺) et non ionisées (gaz ammoniac, NH₃). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (**Brière, 2000**).

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants, et de la biodégradation des déchets. En outre il est issu des apports d'origine domestique, industrielle et agricole. Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0,1 mg.l⁻¹ d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. (**Chapmane et al., 1996**).

I-5-1-9. Nitrates (NO₃⁻)

L'azote nitrique (NO₃⁻) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Ainsi il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation (**Boucherai, 2003**).

Les activités humaines sont la cause du rejet en excès de nitrates dans les divers compartiments de la biosphère. L'essentiel de la pollution des eaux par les nitrates provient à l'heure actuelle des activités agricoles, des élevages, des industries et surtout des fertilisations azotés dans les grandes cultures. (**Ramade, 2000**).

I-5-1-10. Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites (NO_2^-) proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car il lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (**Rodier et al., 2005**).

Il faut retenir que les nitrites peuvent avoir une action méthémoglobinisante. La fixation de l'oxygène et son transport par l'hémoglobine diminue et se traduit par une anoxie (**Rodier et al., 1996**).

I-5-1-11. Le phosphore (PO_4^{3-})

Le phosphore est présent dans les eaux sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) et/ou sous forme organique d'origine biologique.

Le phosphore, comme l'azote et le potassium, fait partie des éléments majeurs nécessaires à la croissance végétale et dont l'utilisation par la plante n'est possible que sous forme minérale. (**Grosclaude, 1999**).

Le phosphore est conservatif, c'est à dire qu'il passe successivement de l'état minéral à l'état organique et vice versa sans perte gazeuse, selon le pH du milieu, la quantité d' O_2 disponible et l'activité des êtres vivants (**Ramade, 2000**).

Le phosphate provient de l'érosion des roches phosphatées. En effet, la pluie tombant sur une roche va lentement dissoudre les éléments qu'elle contient. C'est ainsi que le phosphate arrive par ruissellement dans nos lacs et cours d'eau. Aussi, les excréments des organismes vivants et les forêts libèrent du phosphate. Cependant, ces différentes sources naturelles de phosphate apportent cet élément nutritif en faible concentration dans le milieu aquatique (**Ramade, 2000**).

II-1. Représentation de la zone d'étude (cf. figure 1)

La wilaya de Jijel est située au Nord-est de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 2 398 Km² avec 11 Daïras et 28 communes. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au sud par la wilaya de Mila et au Sud-ouest par la wilaya de Sétif, la wilaya de Skikda délimite la partie orientale, tandis que la wilaya de Bejaia borde la partie Ouest (ANRH, 2012).

Comme toutes les régions du littoral algérien, la wilaya de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux et doux en hiver, chaud et sec en été. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie avec une moyenne de 1200 mm/an, ce qui lui assure d'importantes ressources en eaux superficielles (ONM, 2012).

Notre zone d'étude est localisée dans la région de chekfa située à environ 23 km à l'est de Jijel, la commune est bordée par les montagnes au sud et par la plaine côtière jijelienne au nord, c'est une ville de 28069 habitants qui occupe une superficie de 52,46 km² (DPAT, 2012).

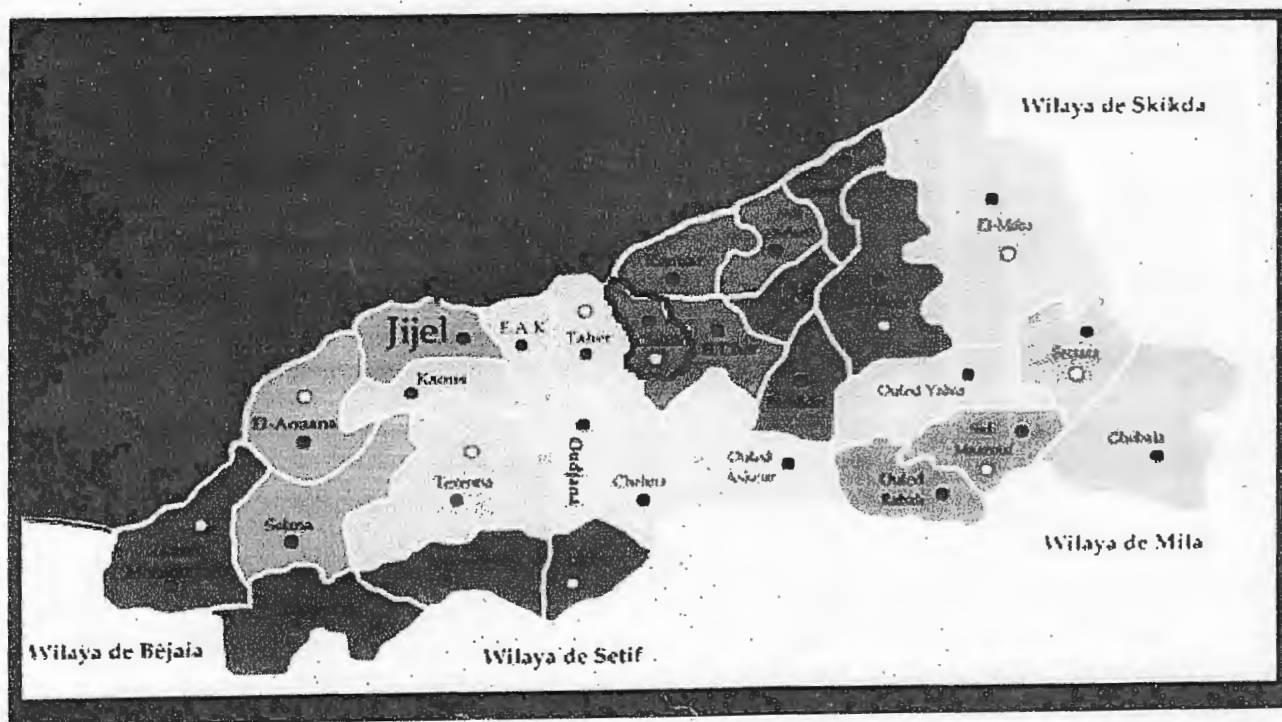


Figure 01. Localisation de la zone d'étude (3).

II-1-1. Réseau hydrographique (cf. figure 2)

Le réseau hydrographique est très dense et englobe plusieurs oueds dont les plus importants sont : Oued Djendjen, Oued El-Kebir, Oued Kissir, Oued Mencha et Oued el Nil.

L'oued Saayoud qui a fait l'objet de notre étude est un important affluent permanent de l'oued el Nil.

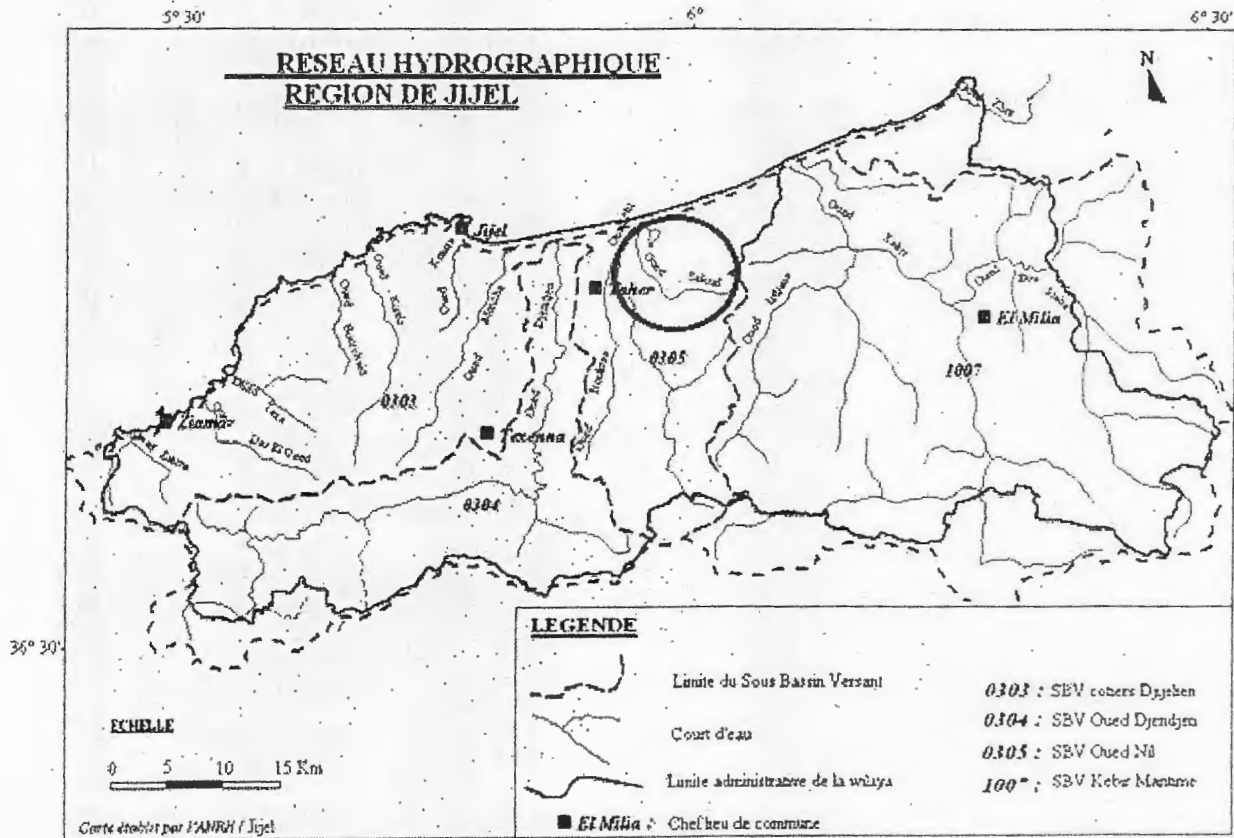


Figure 02. La carte hydrographique de la wilaya de Jijel (ANRH, 2012).

II-1-2. Situation géographique de l'Oued saayoud (cf. figure 3)

Oued Nil et ses deux affluents oued boukraa et oued saayoud drainent un bassin versant d'une superficie de 265 km². Les lits de ces oueds ont une largeur de 10 à 35 m et une profondeur de 2 à 4 m, ils coulent du Sud-Nord et leurs eaux sont destinées à l'irrigation (figure 03).

L'oued Saayoud est situé dans la partie Est de la commune de chekfa, prend sa source dans la région de Bordj Thar (amont) et coule jusqu'à l'Est de Taher (aval) où il se jette dans Oued el Nil, qui rejoint la mer méditerranée (ANRH, 2012).



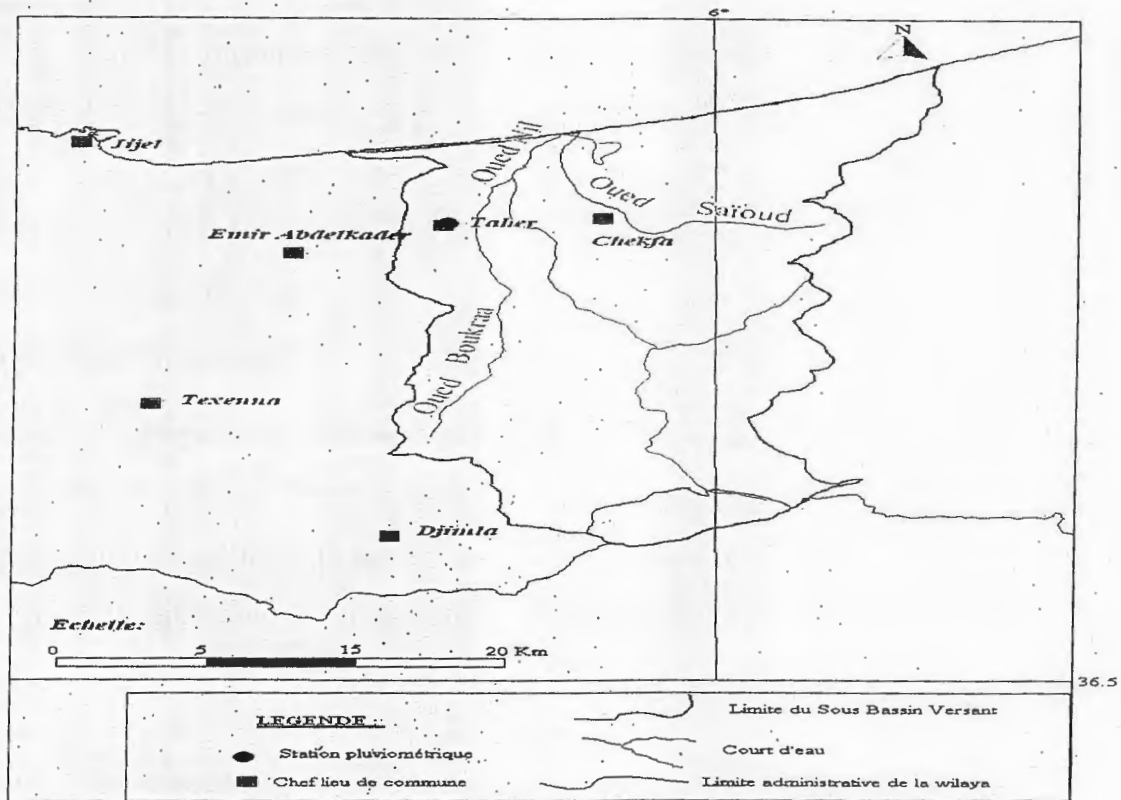


Figure 03. Carte de situation géographique d'Oued Saayoud (ANRH, 2012).

II-2. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Les conditions climatiques jouent un rôle principal pour déterminer le régime des cours d'eau. Elles sont utilisées pour définir les caractéristiques des eaux de surfaces.

Parmi les facteurs hydro-climatologiques étudiés, la pluviométrie demeure la plus importante ainsi que la température de l'air et d'autres facteurs secondaires tels que le vent, l'évaporation, l'humidité, etc. (Berkane, 2011).

II-2-1. Précipitations

L'examen du tableau N° 05 ci-dessous, montre que les quantités de pluie les plus élevées sont enregistrées durant l'hiver et que les précipitations minimales sont observés en été.

Ce tableau illustre l'irrégularité des pluies le long de l'année. Les mois les plus pluvieux sont respectivement décembre, novembre, janvier et les plus secs sont juillet, août et juin.

Tableau 05. Valeurs moyennes mensuelles des précipitations en (mm) durant les 10 dernières années (2002-2011) (ONM d'El Achouat, 2012)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	143,7	103,5	99,8	81,8	49,3	17,1	4,0	16,2	75,3	100,8	159,2	194,1

P : moyenne mensuelle des précipitations en mm.

II-2-2. Température

La température est l'état atmosphérique de l'air, c'est le degré du froid ou de chaleur. Elle a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait qu'elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration (Bechkit, 2005).

Les données de température s'étalent sur une décennie (2002-2011) montrent que les minimales de températures sont généralement enregistrés durant la saison hivernale et plus précisément durant le mois de janvier (cf. tableau 6).

Les températures maximales sont observées durant la saison estivale, particulièrement au mois d'août (cf. tableau 6).

Tableau 6. Moyennes mensuelles des températures durant la période (2002-2011) (ONM d'El Achouat, 2012)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	11,46	11,98	13,69	16,19	19,16	22,9	25,96	26,24	23,68	20,68	15,96	12,92

T°C : Moyenne mensuelle des températures.

II-2-3. Le diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Gaussen nous permet de connaître les caractères des saisons dans une région donnée et d'évaluer l'intensité et la durée de la période de sécheresse. Pour ce diagramme, les mois de l'année sont représentés sur l'axe des abscisses, il regroupe en même temps la courbe des précipitations (P) représentés en ordonnée à droite en mm selon une échelle double de celle des températures (T), représentées à gauche en °C ($P=2T$) (Dajoz, 1996).

Un mois sera dit biologiquement sec si la pluviosité moyenne (p), exprimée en mm, est égale ou inférieure au double de la température moyenne (T) exprimée en degrés Celsius ($p \leq 2T$).

La lecture est faite directement sur le graphique, la saison sèche apparait quand la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures.

D'après le graphique qui suit, la région de Jijel présente une période sèche qui s'étale de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois de septembre.

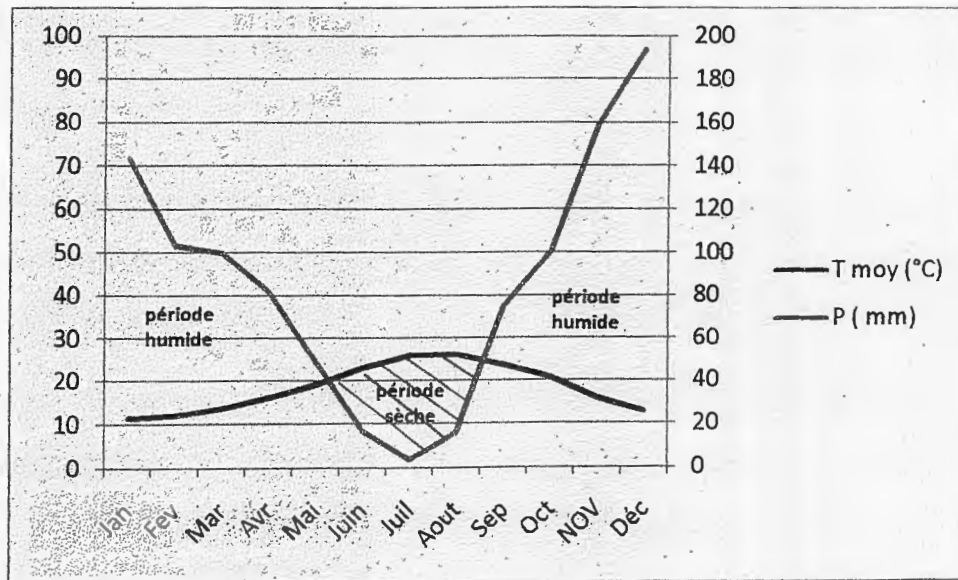


Figure 04. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la période (2002-2011)
(ONM d'El Achouat, 2012)

II-2-4. Le vent

Le vent c'est l'air en mouvement. Le terme généralement traduit les déplacements naturels horizontaux de l'atmosphère. Les vents sont produits par les différences de pressions atmosphériques engendrées par les différences de température entre deux masses d'air.

Dans notre région de Jijel les vents dominants sont :

- Ouest Nord-ouest à Nord en hiver.
- Nord Nord-est jusqu'à Sud-est au printemps.
- Sud-est jusqu'à Ouest Nord-ouest en été et automne (ONM d'El Achouat, 2012).

II-2-5. L'humidité

L'humidité est estimée en pourcentage, elle est généralement élevée avec des moyennes annuelles de 75% (ONM d'El Achouat, 2012).

II-3. Couvert végétal

La végétation présente dans la zone d'étude est formée principalement par la strate arborescente ou arbustive : constitué principalement de peuplier blanc (*Populus alba*), peuplier noir (*Populus nigra*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), les ricins (*Ricinus communis*), laurier rose (*Nerium oleander L.*).

La strate herbacée est constituée essentiellement par les phragmites (*Phragmites australis*), les ronces des bois (*Rubus fruticosus*), on y rencontre également des espèces terrestres appartenant à différentes familles (Graminées, Liliacées.....).

II-4. Structure socio-économique et l'activité humaine

L'agriculture occupe l'ensemble de la plaine alluviale de l'oued Saayoud. Une intense culture maraîchère y est installée. Ces pratiques culturales nécessitent, inéluctablement, l'usage de quantités importantes de produits phytosanitaires (pesticides) et de fertilisants susceptibles de contenir de nombreux polluants (métaux lourds, éléments nutritifs ...) qui peuvent se disperser dans les eaux de surfaces et s'infiltrer dans le sol pour finir dans les eaux souterraines

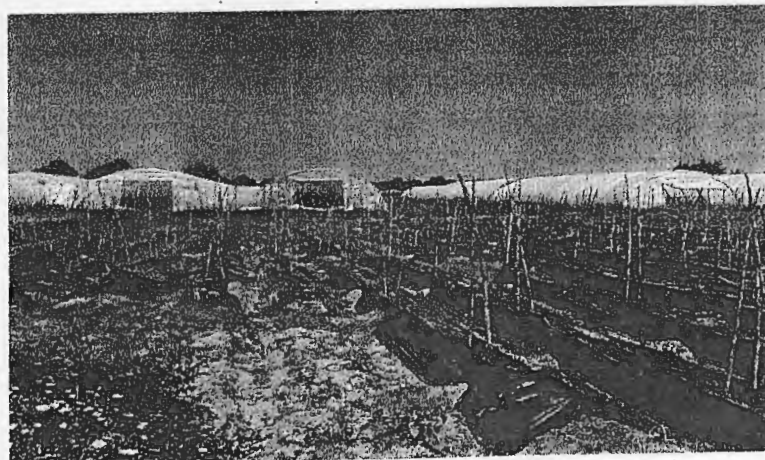


Figure 05. Photo représentant l'agriculture adoptée dans la région d'étude.

En outre, les rejets d'eaux usées domestiques des agglomérations environnantes accentuent les risques de contamination des eaux superficielles et souterraines et menacent la salubrité publique (cf. figure 6 et 7).



Figure 06. Photo représente les déchets sur le côté d'un cours d'eau.



Figure 07. Photo représente les rejets d'eaux usées domestiques dans l'oued.

II-5. Choix des stations de prélèvement (cf. figure 8)

13 stations accessibles et représentatives de l'oued Saayoud (5 stations des eaux superficielles et 8 stations des eaux souterraines) ont été choisies et symbolisées comme suit :

OS0 : côté amont de l'oued Saayoud.

OSD : station de confluence entre l'oued Saayoud et un ruisseau.

OS1 : station intermédiaire de l'oued Saayoud.

OS2 : oued Saayoud, 2^{ème} station.

OS3 : oued Saayoud, 3^{ème} station.

PS4 : puits situé dans la 4^{ème} station de l'oued Saayoud.

FS1 : forage situé dans la station intermédiaire de l'oued Saayoud.

PFS1 : puits de la station intermédiaire de l'oued Saayoud.

FS2 : forage de la 2^{ème} station de l'oued Saayoud.

FS3 : forage de la 3^{ème} station de l'oued Saayoud.

PS22 : puits situé dans la 22^{ème} station de l'oued Saayoud.

PS16 : puits situé dans la 16^{ème} station de l'oued Saayoud.

PS18 : puits situé dans la 18^{ème} station de l'oued Saayoud.

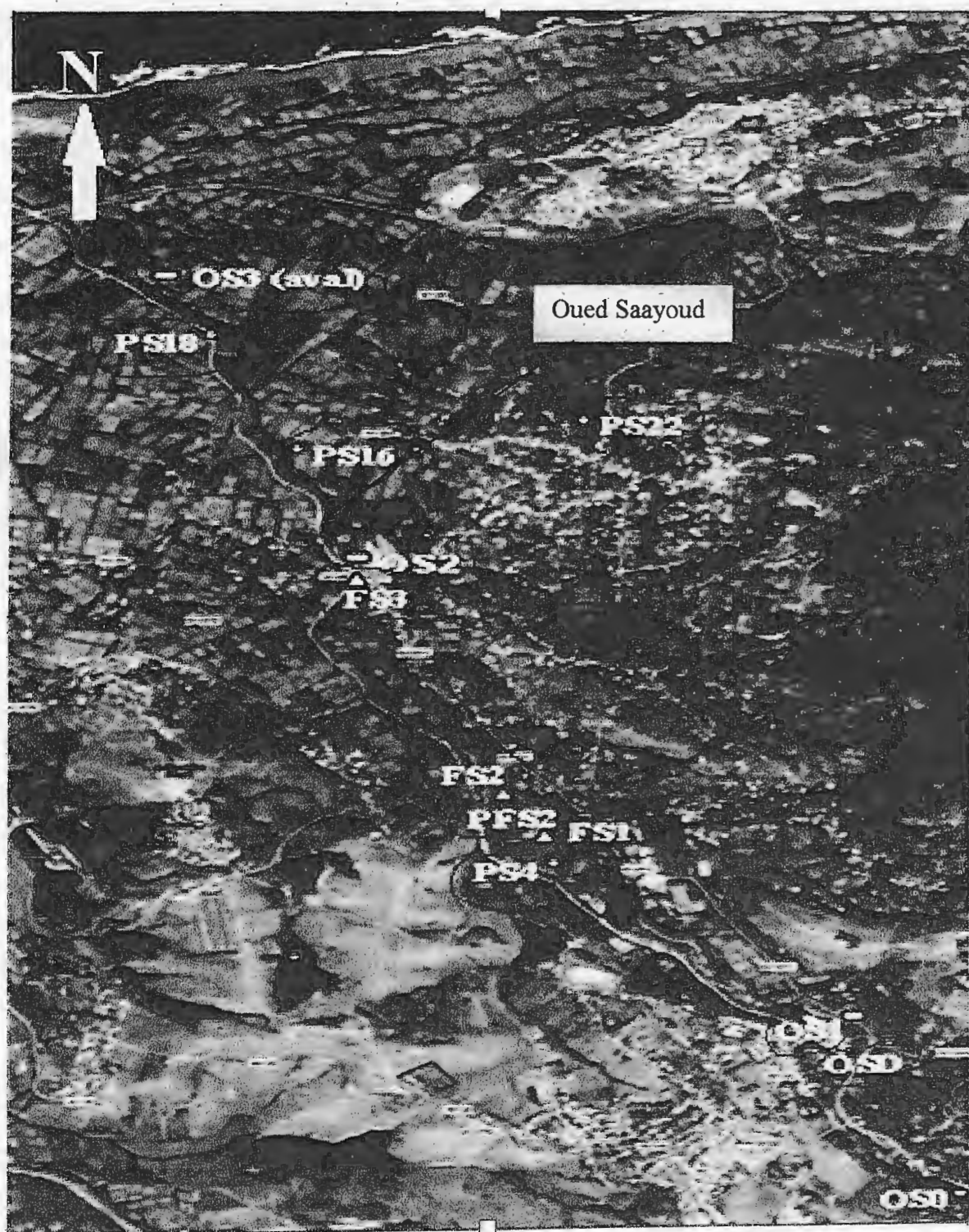


Figure 08. Localisation des stations de prélèvement (Echelle 1/200).

Les photos qui suivent montrent les différentes stations sélectionnées (de la figure 09 à la figure 21).

Station 01 (OS0)

C'est l'amont de l'oued Saayoud, elle présente une grande richesse floristique. L'eau est claire avec un débit moyen.

Station 02 (OSD)

C'est une zone de confluence où un ruisseau, à faciès lentique et riche en algues, se jette dans l'oued Saayoud.

Station 03 (OS1)

C'est la première station de l'oued. Elle est lentique. Son eau est transparente, avec une densité végétale faible.

Station 04 (PS4)

Ce puits est situé dans une zone agricole abandonnée. Sa profondeur est de 8,80 m.



Figure 09. Photo de la station OS0.



Figure 10. Photo de la station OSD.



Figure 11. Photo de la station OS1.

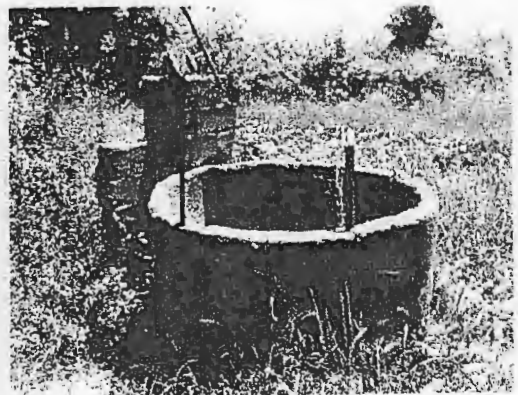


Figure 12. Photo de la station PS4.

Station 05 (FS1)

C'est le premier forage, ses eaux sont potables et alimentent la ville de Dridra, son débit est de $28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Station 06 (PFS2)

L'eau de ce puits est utilisée pour l'irrigation. Sa profondeur est d'environ 8,20 m.

Station 07 (FS2)

Ce forage est situé sur la rive droite de l'oued. Ses eaux sont utilisées pour l'irrigation.

Station 08 (FS3)

Les eaux de forage sont pompées pour l'irrigation des arbres fruitiers.



Figure 13. Photo de la station FS1.

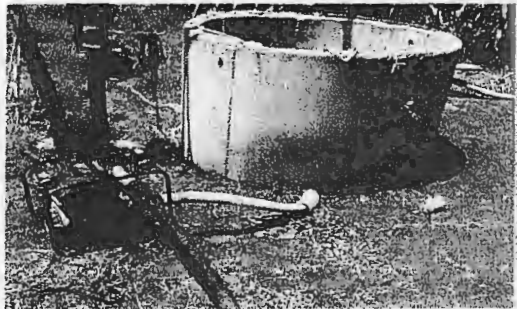


Figure 14. Photo de la station PFS2.



Figure 15. Photo de la station FS2.



Figure 16. Photo de la station FS3.

Station 09 (OS2)

C'est la deuxième station de l'oued, caractérisée par des rejets domestiques et des déchets divers.



Figure 17. Photo de la station OS2.

Station 10 (PS22)

Profond de 6,53 m; les eaux de ce puits sont utilisées par les habitants riverains à des fins domestiques et autres.

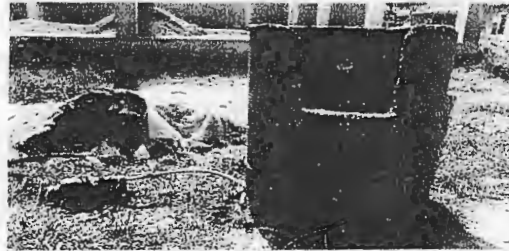


Figure 18. Photo de la station PS22.

Station 11 (PS16)

Ce puits est situé à proximité de l'oued. Son eau est turbide et renferme des hydrocarbures. Cette eau est utilisée pour l'irrigation.



Figure 19. Photo de la station PS16.

Station 12 (PS18)

Profond de 9.50 m, ce puits se trouve en pleine zone agricole. Des bouteilles de produits phytosanitaires sont jetées dedans.

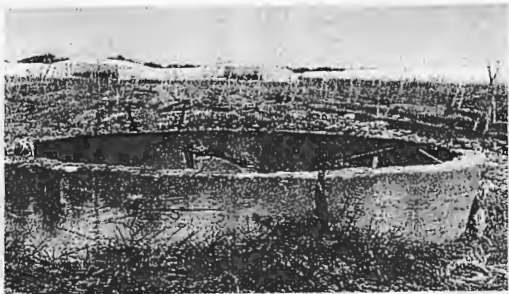


Figure 20. Photo de la station PS18.

Station 13 (OS3)

C'est la partie aval de l'oued, caractérisée par une eau claire à faciès lenticule.



Figure 21. Photo de la station OS3 (aval).

II-6. Echantillonnage

Un suivi mensuel des descripteurs physico-chimiques des eaux superficielles et souterraines (puits et forages) a été effectué durant 3 mois. Trois campagnes d'échantillonnage ont été réalisées : la première campagne a été faite le 11 avril 2012, la deuxième campagne a été faite le 26 mai 2012 et enfin la dernière campagne a été réalisée le 19 juin 2012.

Afin que nos données soient statistiquement exploitables 2 échantillons d'eau (2 répétitions) ont été prélevés pour chaque station.

II.7. Justification du choix des paramètres étudiés

L'intérêt croissant porté à la qualité de l'eau et ses multiples usages ont conduits les professionnels de l'eau à établir, pour les eaux de surfaces et souterraines, un certain nombre de descripteurs physico-chimiques qui la caractérise et nous permettent d'évaluer sa qualité. Les descripteurs physico-chimiques les plus utilisés sont : la température, la conductivité électrique (CE), le pH, les sels nutritifs ou nutriments (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), les éléments traces métalliques (ETM), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO_5).

Les teneurs élevées en sels nutritifs surtout les phosphates et les nitrates avec une température élevée peuvent causer le phénomène d'eutrophisation, qui conduit à une pollution aigüe du milieu récepteur.

II-8. Techniques de Prélèvements

Pour les eaux de surfaces les prélèvements de l'eau doivent se faire au milieu du lit de l'Oued en plein courant à une mi-profondeur. Il est impératif de prélever loin des rives et des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes et des remous (Rodier, 2009).



Figure 22. Le prélèvement depuis un pont.

Pour les eaux souterraines les prélèvements de l'eau ont été réalisés à l'aide d'un préleveur, à une profondeur de 3 m, tout en évitant la remise en suspension des dépôts.



Figure 23. Le prélèvement à partir d'un puits.

Dans chaque station, on a prélevé deux bouteilles d'eau qui ont été étiquetées pour éviter tout risque de confusion entre les échantillons (nom de station, date...), rincées au moins trois fois avec de l'eau à analyser ainsi que le matériel utilisé (préleveur, seau...) afin d'éviter toute contamination de l'échantillon.

Le prélèvement de l'eau est réalisé à l'aide d'un seau lié à une corde. Une fois le seau rempli, les bouteilles sont remplies à ras bord, puis fermées immédiatement, de façon à limiter le plus possible les bulles d'air.

II. 9. Conservation et prétraitement des échantillons avant analyse

Mise à part les mesures réalisées in situ, Tous les échantillons d'eau ont été acheminés au laboratoire, conservés au réfrigérateur à une température inférieure à 4°C et à l'abri de la lumière.

Pour le dosage des ETM, les échantillons de l'eau sont acidifiés par l'acide nitrique (HNO_3) jusqu'à un pH inférieur à 2, puis filtrés sur membrane filtrante de porosité de $0,45\mu\text{m}$ à l'aide d'une pompe à vide, puis stockés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage.

II. 10. Mesures effectuées in situ

La température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés in situ à l'aide d'une multi-paramètres du type Consort C 561.

II. 11. Nettoyage de la verrerie

Pour le dosage des ETM, les flacons sont rincés à l'acide nitrique (10 %), puis rincés à l'eau distillée, séchés et fermés (Rodier, 2005).

Les flacons destinés au dosage des sels nutritifs (ammonium, phosphates, nitrates, nitrites), la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique (DBO₅); sont nettoyés par la solution sulfochromique ou l'acide sulfurique, puis rincés à l'eau distillée (Rodier, 2005).

II. 12. Dosages effectués au laboratoire

Afin d'estimer la qualité physico-chimique des différentes eaux (superficielles et souterraines) et le degré éventuel de sa contamination, nous avons ciblé quelques descripteurs indicateurs de la pollution à savoir :

Les sels nutritifs (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-}), qui nous donnent une appréciation du degré d'enrichissement des eaux en éléments biogènes, qui sont à l'amont du phénomène d'eutrophisation. Ce dernier a des conséquences préjudiciables sur le milieu limnique (prolifération algale démesurée, arrêt de l'activité photosynthétique, asphyxie des eaux, inhibition de l'activité bactérienne et accumulation des matières organiques fermentescibles, dégagement de gaz toxiques, mort des organismes aquatiques suivit de la mort de l'hydrosystème).

La CE nous permet d'apprécier le degré de minéralisation des eaux. Plus le milieu aqueux est riche en sels dissous et plus la CE est élevée. Un rejet industriel ou agricole de sels aura pour conséquence un accroissement de la CE.

La mesure de la DBO₅ nous permet d'apprécier la charge du milieu limnique en matières organiques biodégradables et donc la capacité auto-épuration de l'oued. Cette homéostasie peut être inhibée en présence de polluants toxique dans l'eau.

La DCO représente l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle représente donc la charge en matières organique peu ou pas biodégradables.

Le rapport DCO / DBO₅, nous permet d'évaluer la part des matières organiques biodégradables.

Si le rapport est inférieur à 3, les matières organiques présentent dans le milieu sont biodégradables, au-delà de 3, les matières organiques sont non ou peu biodégradables.


La température est un paramètre qui a une importante influence sur la vie biologique. La plupart des êtres vivants aquatiques sont très sensibles aux faibles variations de température. Un degré de plus ou moins peut causer la mort de nombreuses espèces sténothermes.

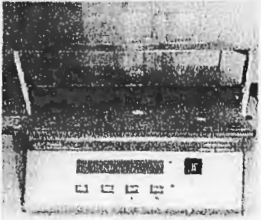

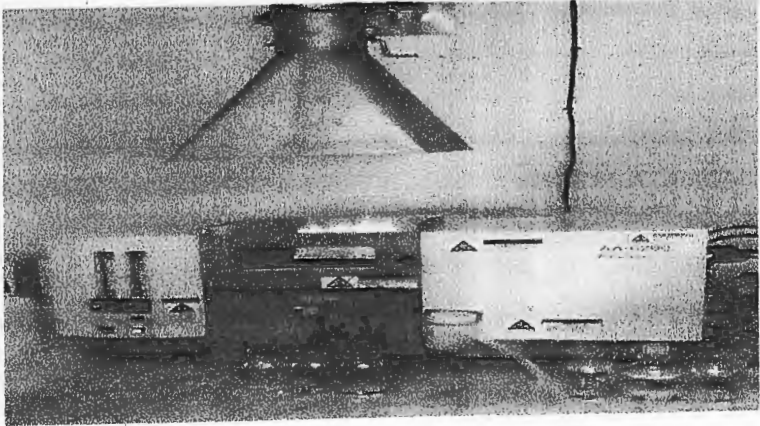
Le pH interfère avec d'autres paramètres de qualité dans de complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité ... etc. Mais ce qui inquiétant est que un pH acide permet la dissolution des métaux lourds et donc favorise leur concentration dans le milieu aqueux.

Les métaux lourds ou ETM en plus de leur caractère rémanent ils sont hautement toxiques pour les êtres vivants. Ils agissent à de très faibles doses (traces) et ont un effet cumulatif.

Les analyses physico-chimiques ont porté sur 10 paramètres. Les méthodes d'analyse adoptées sont résumées dans le tableau 07.

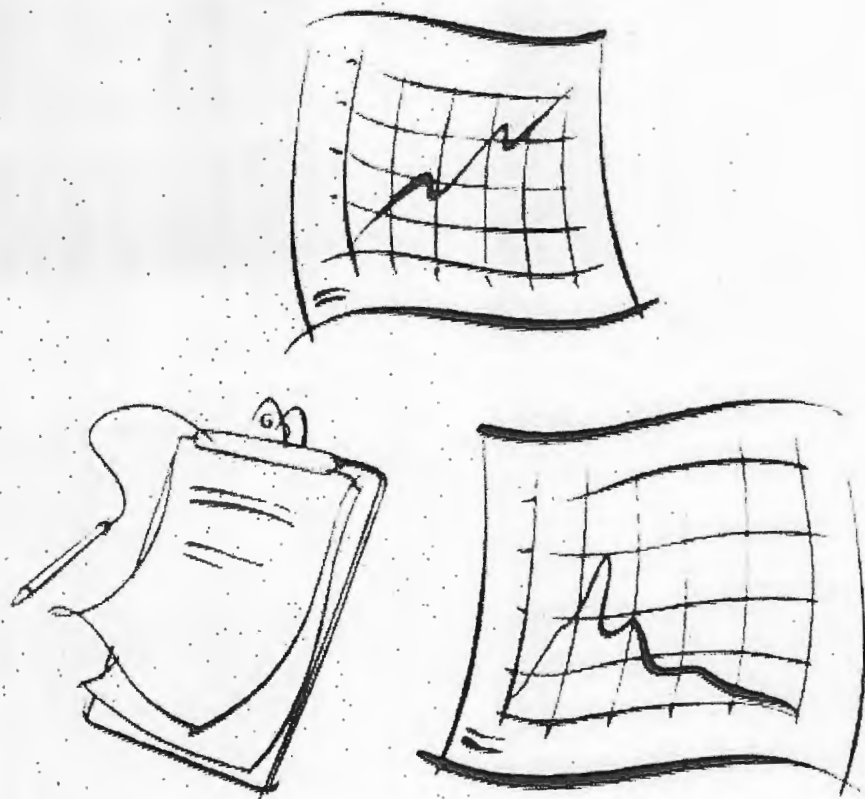
Tableau 07. Les méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau utilisée (Rodier, 1996)

Paramètres	Unités	Méthodes	Appareillage
1. Température	°C	Mesure directe	Thermomètre
2. Conductivité électrique (CE)	$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	Mesure directe	Conductimètre
3. pH	/	Mesure directe	pH mètre
4. Ammonium (NH_4^+)	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, l' NH_4^+ traité par une solution de chlore et de phénol donne du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage	Spectrophotomètre à u.v. 
5. Nitrites (NO_2^-)	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d' NH_4^+ et de phénol, forme avec les NO_2^- un complexe jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.	Spectrophotomètre à u.v.
6. Nitrates (NO_3^-)	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	En présence de salicylates de sodium, les nitrates donnent les paranitrosalicylates de sodium, colorés en jaune et susceptibles d'un dosage spectrophotométrique.	Spectrophotomètre à u.v.

<p>7. Ortho phosphate (PO₄³⁻)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les PO₄³⁻ donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleu à un maximum d'absorption à 800 nm. On utilise le tartrate double d'antimoine et de potassium comme catalyseur.</p>	<p>Spectrophotomètre à u.v.</p>
<p>8. Demande chimique en oxygène (DCO)</p>	<p>mg.l⁻¹ d'O₂</p>	<p>Oxydation par un excès de dichromate de potassium en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de bichromates dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.</p>	<p>Réacteur de DCO</p> 
<p>9. Demande biologique en oxygène (DBO₅)</p>	<p>mg.l⁻¹ d'O₂</p>	<p>En incubant les échantillons d'eau enfermées à l'obscurité et maintenu pendant 5 jours à 20°C. Lors de la biodégradation des matières organiques, les micro-organismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon, et libèrent le CO₂. Ce dernier est adsorbé sur NaOH.</p>	<p>appareil manométrique de DBO₅</p> 
<p>10. Eléments traces Métalliques (ETM)</p>	<p>µg.l⁻¹</p>	 <p>le Spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA) de type SHIMADZU AA-6200</p>	

CHAPITRE III

Résultats et discussion



III- Résultats et discussion

Les résultats des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau sont rassemblés dans les Tableaux XII et XIII (annexe 3) et sont représentés graphiquement par la Figure 24 jusqu'à la Figure 35.

III-1. Dispersion spatio-temporelle des descripteurs physico-chimiques

III.1.1. Les eaux superficielles

a. Température T°C

La température est un facteur écologique important du milieu aquatique. En fait, la majorité des paramètres physicochimiques et biochimiques sont dépendants de la température de l'eau.

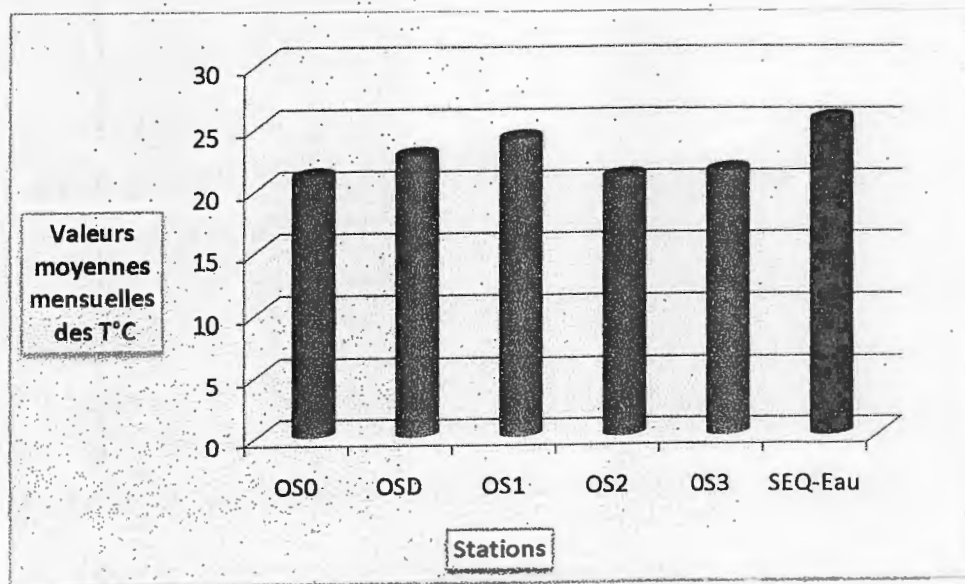


Figure 24. Valeurs moyennes mensuelles des températures dans les différentes stations des eaux de surface.

Les valeurs moyennes mensuelles des T°C fluctuent entre 20,92°C à 24,07°C. Elles semblent être constantes pour toutes les stations, exception faite pour la station OS1. Cependant toutes les valeurs restent dans la limite préconisée par le SEQ-Eau (2003) qui est de 25,5°C. L'eau de l'Oued Saayoud présente une bonne aptitude à la biologie.

b. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH influe sur la plupart des processus chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques. C'est un facteur limitant ; si le pH inférieur à 4,5 ou supérieure à 10 il devient toxique pour les organismes vivants (Bloundi, 2005).

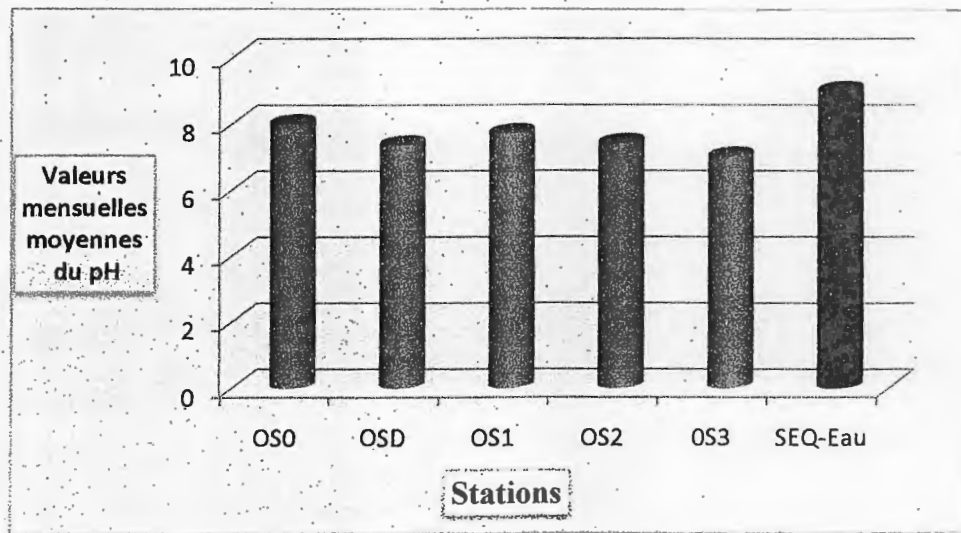


Figure 25. Valeurs moyennes mensuelles du pH dans les diverses stations des eaux de surface.

Selon la figure 25, nous remarquons que les valeurs du pH varient, de manière globale de 7 à 8. Toutes les stations semblent avoir un pH neutre à légèrement basique. Les valeurs du pH restent dans les normes du SEQ-Eau (2003) qui est de (6 à 9). L'eau a une bonne aptitude à la biologie et présente une très bonne aptitude aux usages (production d'eau et aquaculture).

c. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est un indice de l'abondance des ions dans l'eau. La mesure de la conductivité permet donc d'estimer le degré de minéralisation d'un échantillon.

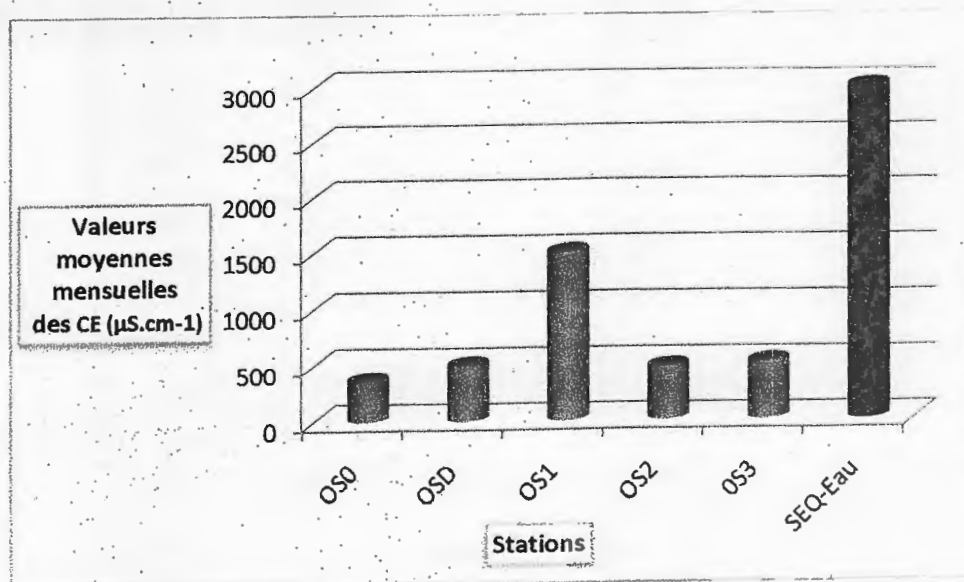


Figure 26. Valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique dans les diverses stations des eaux superficielles.

D'après la figure 26, nous constatons que toutes les valeurs de CE sont bien en dessous de la limite recommandée par le SEQ-Eau (2003) qui est de $3000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Les valeurs obtenues durant les trois campagnes d'échantillonnages oscillent entre $365 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ à $1505 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. L'eau présente une bonne aptitude aux usages (production d'eau potable, aquaculture et irrigation).

La valeur relativement élevée de la CE de la station OS1 peut être attribuée aux rejets d'eaux usées riches en sels dissous.

d. Les sels nutritifs (nutriments)

* L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'ammonium des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels et les engrais (Rodier, 2009).

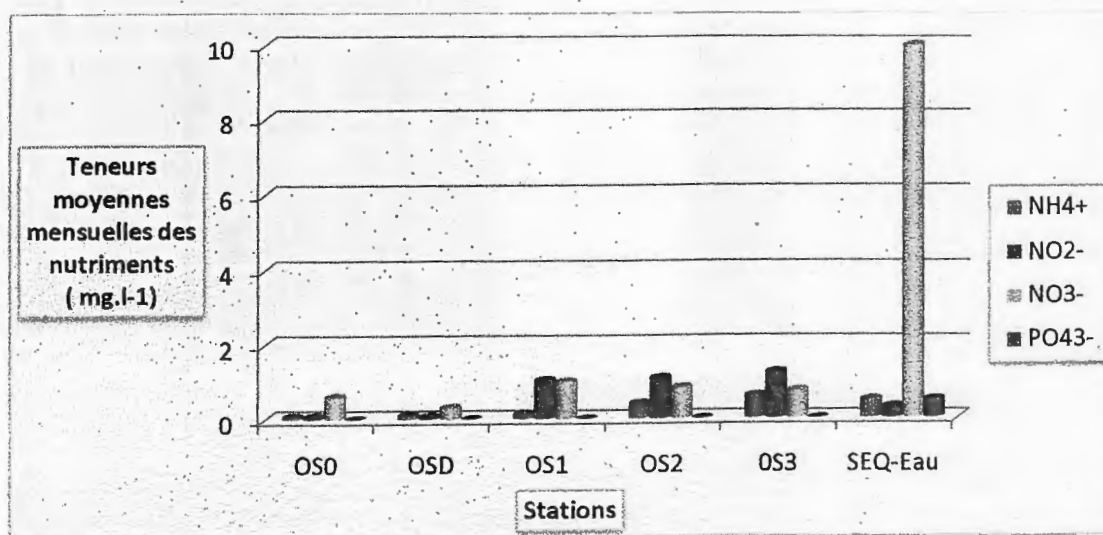


Figure 27. Concentrations moyennes mensuelles des nutriments des diverses stations dans les eaux de surface.

Les concentrations en ammoniacque augmentent graduellement de l'amont de l'oued (OS0) à l'aval (OS3), ce qui semble normal car dans les conditions naturelles, l'eau de l'oued transporte divers alluvions sur son passage. Les teneurs varient donc, de $0.07 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ à une teneur maximale de $0.61 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Les concentrations en ammoniacque restent dans la limite préconisée par le SEQ-Eau (2003) et l'ABH, qui est de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, exception faite pour la Station OS3 où la concentration trouvée dépasse la norme, attribuant ainsi à l'eau de l'oued une aptitude passable à la biologie et aux usages (production d'eau potable).

dépasse la norme, attribuant ainsi à l'eau de l'oued une aptitude passable à la biologie et aux usages (production d'eau potable).

* Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites (NO_2^-) ou azote nitreux, représentent la forme la moins oxygénée de l'azote et la moins stable. C'est une forme toxique intermédiaire entre les NO_3^- et l' NH_4^+ (Potelon, 1998). Ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (Savary, 2003).

Les concentrations des nitrites dans l'eau de l'Oued (cf. figure 27) montrent qu'il y a une augmentation des teneurs en nitrites de l'amont à l'aval, où la concentration maximale de $1,24 \text{ mg.l}^{-1}$ a été trouvée dans la station OS3.

Les teneurs relativement élevées en nitrites des stations (OS1, OS2 et OS3) peuvent être expliquées par le faciès lentique des stations, où la pauvreté de l'eau en oxygène peut créer des conditions réductrices. Les rejets d'eau usée domestique et les diverses ordures riches en matières organiques fermentescibles peuvent également favoriser la création de conditions réductrices.

Enfin, les concentrations en nitrites excèdent les normes du SEQ-Eau ($0,3 \text{ mg.l}^{-1}$) et de l'ABH ($0,1$ à $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$). L'eau présente une très mauvaise qualité par rapport à l'aptitude à la biologie et aux usages (aquaculture).

* Les nitrates (NO_3^-)

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniaque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. (Rodier, 2009).

La présence des nitrates dans l'eau est souvent attribuable aux activités humaines, l'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers associés aux cultures et à l'élevage intensif (Levallois, 1994).

Les teneurs moyennes mensuelles en NO_3^- paraissent faibles durant toute la période de l'étude (cf. figure 27). Elles fluctuent entre une valeur minimale de l'ordre de $0,31 \text{ mg.l}^{-1}$ pour (OSD), et une teneur maximale de l'ordre de 1 mg.l^{-1} pour (OS1) mais restent toujours dans l'intervalle des normes fixées par l'ABH (5 à 25 mg.l^{-1}) et par le SEQ-Eau (10 mg.l^{-1}).

Les concentrations faibles en nitrates semblent appuyer l'hypothèse de la pauvreté en oxygène des eaux (milieu réducteur) conduisant à une mauvaise dégradation de la matière organique et l'accumulation de l'ammoniaque dans l'eau, d'où ses concentrations relativement élevées.

* Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore total est présent dans les eaux naturelles sous deux formes ; phosphore minéral et phosphore organique (Rodier, 2009). Il est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, il est déterminant de la productivité des écosystèmes aquatiques (Ramade, 2002).

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou souterraines peuvent être d'origine naturelle (produits de décomposition de la matière organique et lessivage des minéraux), mais à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets, domestiques (polyphosphates des détergents), ou agricole (engrais, pesticides) voire industriels (agroalimentaires, laveries, etc.) (Savary, 2003).

Les résultats d'analyses obtenus montrent que les concentrations en phosphates sont nulles, ce qui nous semble paradoxal car même une eau de bonne qualité en renferme $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$, selon le SEQ-Eau et l'ABH. L'explication qui nous semble la plus probable est que dans les eaux naturelles dont le pH varie de 5 à 8, le phosphore se trouve sous différentes formes oxydées, seules les formes H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} qui sont très solubles existent en quantité appréciable dans les eaux. Les autres formes dont les orthophosphates sont généralement, liées aux matières en suspension (Savary, 2003 ; Rodier, 1996).

e. Les matières organiques

* La demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 évalue la quantité de la matière biodégradable, en mesurant l'oxygène consommé par les bactéries (Gaujous, 1995).

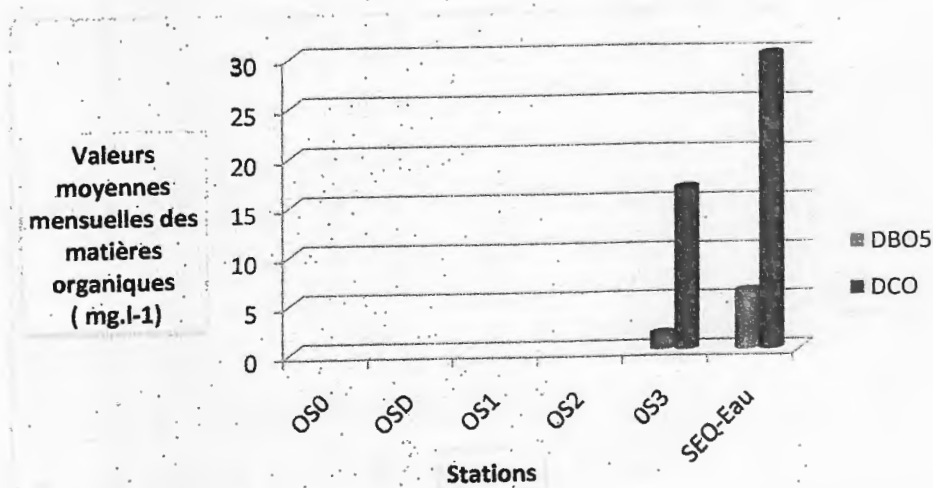


Figure 28. Valeurs moyennes mensuelles des matières organiques dans les eaux de surface.

La valeur moyenne de la DBO₅ (1,67 mg.l⁻¹) de la station de l'OS3 (cf. figure 28) est dans les normes du SEQ-Eau (6 mg.l⁻¹) et de l'ABH (3 à 5 mg.l⁻¹).

Vis-à-vis de ce paramètre, l'eau de cette station présente une très bonne aptitude à la biologie.

Faute de moyens la DBO₅ des autres stations n'a pas été faite.

* La demande chimique en oxygène (DCO)

La mesure de la DCO permet la détermination de la quantité de matières organiques oxydables, qui sont peu ou non biodégradables par les micro-organismes aquatiques.

La valeur moyenne de la DCO (16,5 mg.l⁻¹) trouvée dans la station OS3 est acceptable et ne dépasse pas les limites fixées par l'ABH (20 à 25 mg.l⁻¹) et le SEQ-Eau (30 mg.l⁻¹). L'eau présente une bonne aptitude à la biologie.

f. Les éléments traces métalliques (ETM)

Le caractère rémanent et cumulatif des éléments traces métalliques, le peu de connaissances sur leur devenir et leur impact sur l'écosystème limnique, en fait des polluants très toxiques et très dangereux pour la vie aquatique. Les résultats des dosages des quelques ETM étudiés sont illustrés dans la figure 29.

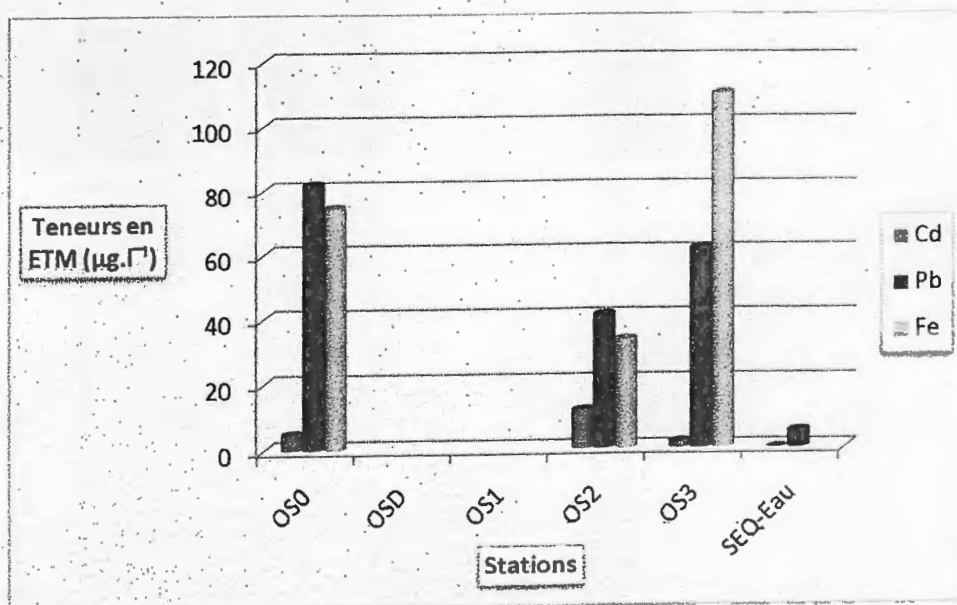


Figure 29. Concentrations des ETM dans les eaux de surface.

* Le Cadmium (Cd)

Le cadmium est une substance toxique très dangereuse, il peut se trouver naturellement dans les eaux de surface mais à des valeurs très faibles (Viala *et al.*, 2005).

Les résultats de l'analyse obtenus montrent que les teneurs en cadmium sont variables d'une station à l'autre et dépassent la norme SEQ-Eau ($0,04 \mu\text{g.l}^{-1}$) (cf. figure 29). La valeur la plus basse de ce métal est de $2 \mu\text{g.l}^{-1}$ rencontré dans la station aval de l'oued (OS3). La valeur la plus élevée de $11,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ a été trouvée dans la station OS2.

Les sources probables de ces concentrations relativement élevées en Cd sont : le rejet des eaux usées domestiques au niveau de la station OS2, le lessivage des terres agricoles et les ordures ménagères.

L'eau est altérée par le Cd et présente une très mauvaise aptitude à la biologie.

*** Le Plomb (Pb)**

Les teneurs en Pb dans les trois stations excèdent largement la limite préconisée par le SEQ-Eau ($5,2 \mu\text{g.l}^{-1}$). Les teneurs varient entre une valeur minimale de l'ordre de $40,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ enregistrée dans la station OS2, et une valeur maximale de l'ordre de $81,7 \mu\text{g.l}^{-1}$ trouvée dans la station OS0.

Les sources possibles du Pb dans les eaux de l'Oued peuvent être attribuées aux eaux usées domestiques, les décharges sauvages et la circulation automobile car l'oued se trouve sous un pont.

L'eau est altérée par le Pb et présente une aptitude mauvaise à la vie biologique mais pourrait être utilisée pour l'irrigation d'après le SEQ-Eau.

*** Le Fer total**

Le Fe aussi est très présent dans les diverses stations. La valeur la plus élevée $109,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ a été trouvée dans la station aval de l'oued (OS3). La deuxième station de l'oued (OS2) a enregistré la valeur la plus faible ($33,3 \mu\text{g.l}^{-1}$).

Cette richesse en Fe de l'eau peut être expliquée principalement par la nature du sol et dans une moindre mesure aux rejets divers (domestiques et agricoles).

Faute de normes nous ne pouvons pas avancer une hypothèse sur la qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre.

III. 1. 2. Les eaux souterraines

a. Température

Les variations de la température de la nappe sont liées d'une part à la couverture du sol qui protège les eaux souterraines de la chaleur. Plus la couverture est argileuse et plus la température de la nappe est basse et stable au cours des saisons.

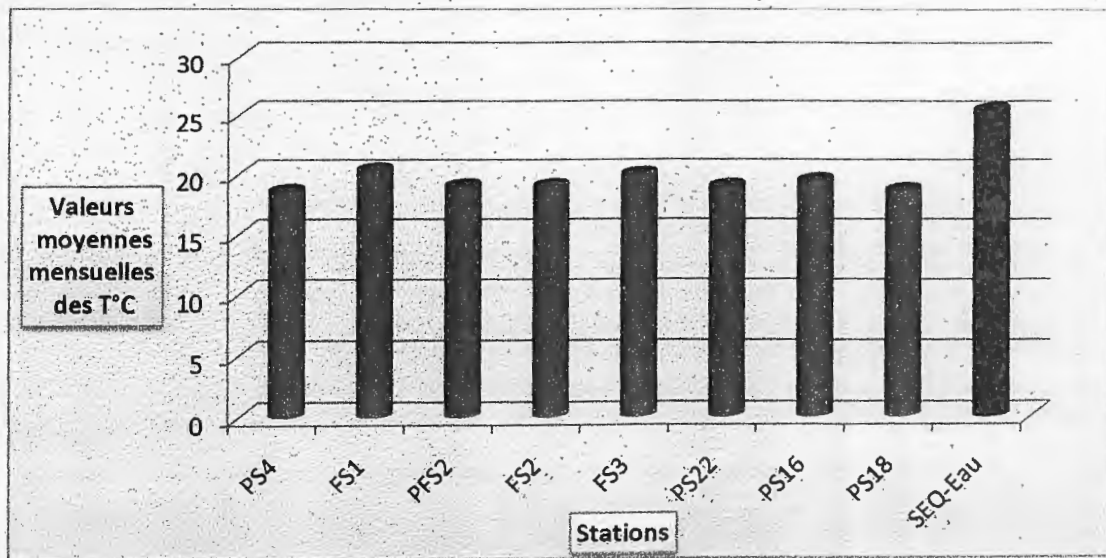


Figure 30. Variation spatio-temporelle des températures dans les eaux souterraines.

Les valeurs moyennes mensuelles des T°C fluctuent entre 18,57°C et 20,37°C. Elles semblent être constantes pour toutes les stations et ne dépassent pas les normes du SEQ-Eau.

L'eau a une bonne aptitude à la vie biologique.

b. Le pH

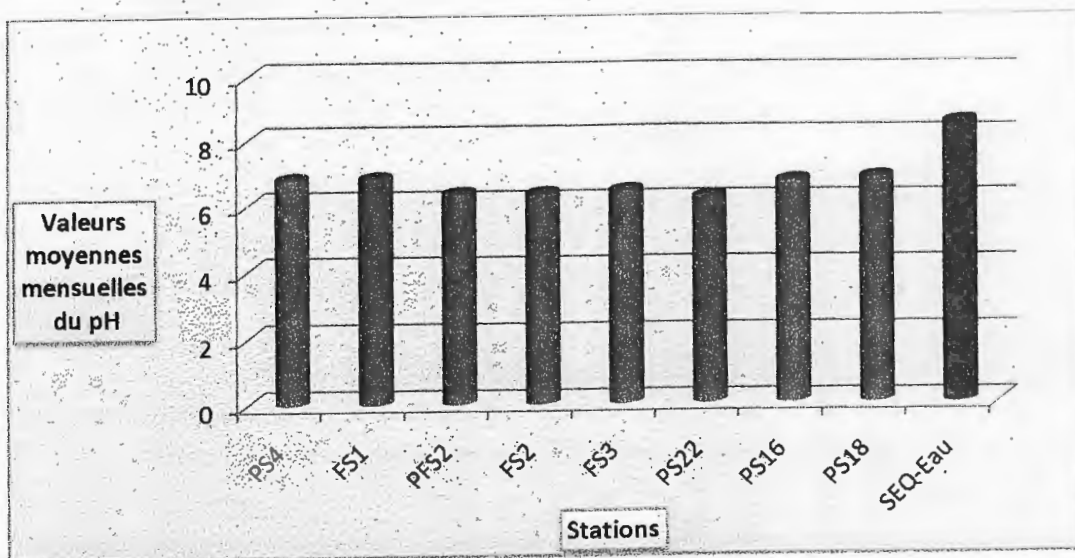


Figure 31. Variation spatio-temporelle du pH dans les diverses stations des eaux souterraines.

Les valeurs du pH varient de 6,21 à 6,82 durant les trois campagnes d'échantillonnage. Toutes les stations semblent avoir un pH légèrement acide. Cette acidité peut être attribuée à la nature des terrains traversés. Néanmoins, l'ensemble des valeurs sont dans la norme du SEQ-Eau (≥ 6.5 et $\leq 8,5$). L'eau présente une très bonne qualité pour l'aptitude à la biologie.

c. Conductivité électrique

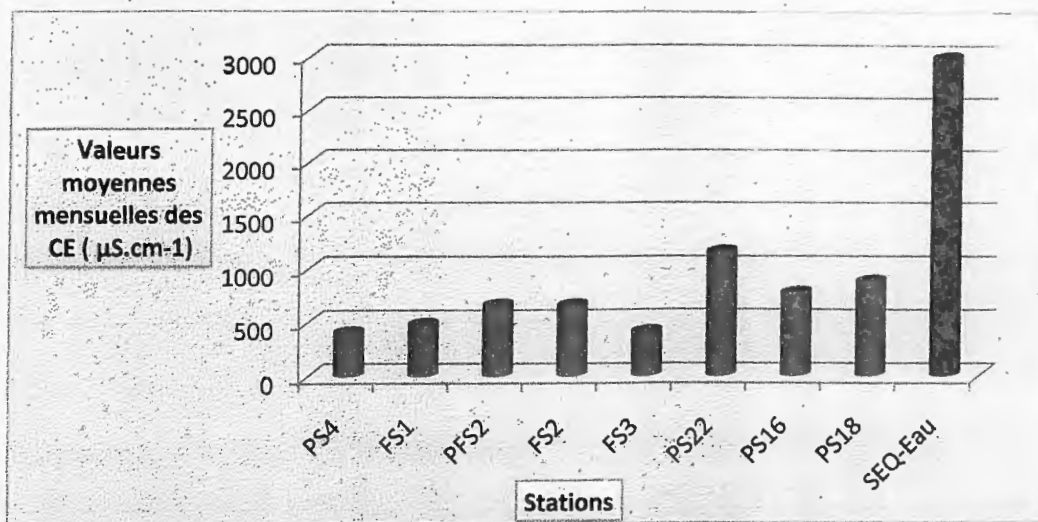


Figure 32. Valeurs de la conductivité électrique enregistrée en fonction des stations des eaux souterraines.

Les valeurs obtenues durant les trois campagnes d'échantillonnage oscillent entre 406,17 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ à 1160 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. D'après la figure 32, nous constatons que toutes les valeurs de CE sont dans la limite recommandée par le SEQ-Eau souterraine (> 400 et $\leq 2500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) et celle du SEQ-Eau ($3000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). L'eau est de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant, le cas échéant, faire l'objet d'un traitement de désinfection.

d. Les sels dissous

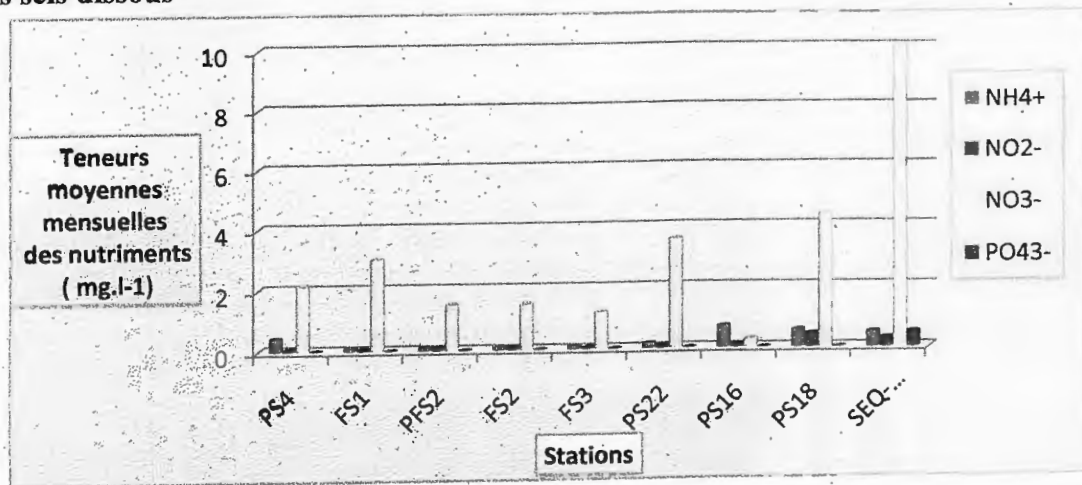


Figure 33. Concentrations moyennes mensuelles des nutriments dans les eaux souterraines.

* Ammonium (NH_4^+)

Dans les conditions naturelles, l'eau d'une nappe ne contient pas de composés azotés ; ceux-ci prévenant de la décomposition de la matière vivante par les organismes et ils restent en faible quantité (Potelon, 1998).

Les teneurs moyennes mensuelles en azote ammoniacal paraissent faibles durant toute la période de l'étude (cf. figure 33). Elles fluctuent de 0.09 mg.l^{-1} pour PFS2 à 0.7 mg.l^{-1} pour PS16.

Malgré que la plupart des stations présentent des concentrations en NH_4^+ dans la norme du SEQ-Eau, les puits PS16 et PS18 ($0,57 \text{ mg.l}^{-1}$) dépassent la limite fixée ($0,5 \text{ mg.l}^{-1}$) et confèrent de ce fait à l'eau, une aptitude passable à la biologie. Pour ce qui est des usages, cette eau est de qualité acceptable pour la consommation mais doit, au préalable, subir un traitement de désinfection (SEQ-Eau souterraine).

* Nitrites (NO_2^-)

Les teneurs moyennes mensuelles en nitrites paraissent faibles durant toute la période de l'étude (cf. figure 33). Elles fluctuent de 0.05 mg.l^{-1} pour FS3 à 0.44 mg.l^{-1} pour PS18.

La concentration relativement élevée en nitrites du PS18 peut être attribué aux pratiques culturales. Situé en pleine zone agricole, la diffusion à partir du sol des fertilisants et des sous produits des produits phytosanitaires et leur infiltration dans la nappe est fort probable.

L'eau de l'oued Saayoud est donc altérée par les nitrites et présente une passable aptitude à la biologie, selon le SEQ-Eau. C'est aussi, une eau qui est qualifiée de non potable et nécessitant un traitement de potabilisation, par rapport au SEQ-Eau souterraine.

* Nitrates (NO_3^-)

Globalement, les concentrations en nitrates des différentes stations sont relativement faibles et varient de 0.28 mg.l^{-1} (PS16) à $4,39 \text{ mg.l}^{-1}$ (PS18).

Ces valeurs restent dans les normes, et qualifient l'eau par rapport à ce descripteur comme de aptitude à la biologie (SEQ-Eau) et aux usages : production d'eau potable, abreuvement des animaux (SEQ-Eau souterraine).

* Les Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les concentrations moyennes mensuelles en orthophosphates enregistrées au niveau des stations étudiés sont nulles durant toute la période d'étude (cf. figure 33).

Cette situation semble être tout à fait normale car les phosphates sont inexistant dans les eaux souterraines, et leur présence est généralement un indice de pollution (Savary, 2003).

e. Les matières organiques

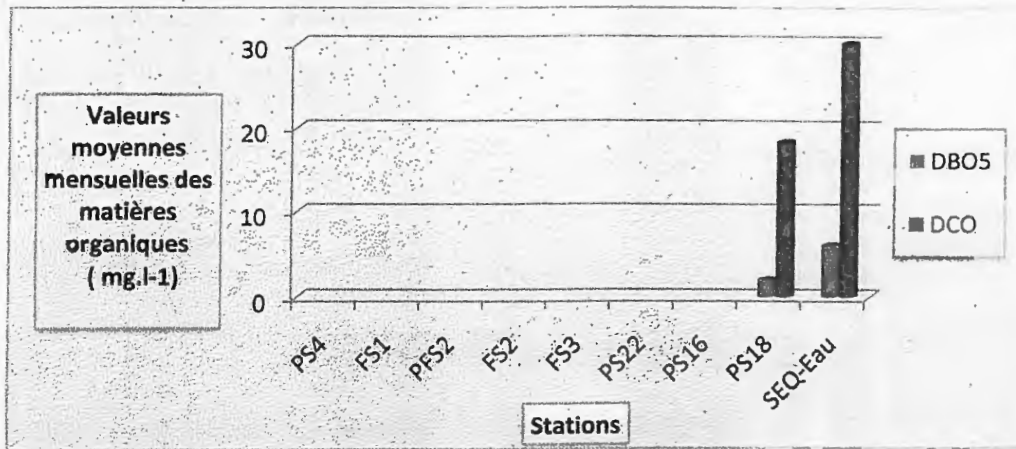


Figure 34. Valeurs moyennes mensuelles des matières organiques dans les eaux souterraines

*** Demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

La valeur moyenne mensuelle de la DBO₅ du puits PS18 est de 2 mg.l⁻¹ (cf. figure 20). Elles reste donc, bien en dessous de la norme du SEQ-Eau. Selon ce descripteur, l'eau est de bonne aptitude à la biologie. Faute de moyens la DBO₅ n'a pas été faite pour les autres stations.

*** Demande chimique en oxygène (DCO)**

La valeur moyenne de la DCO (18,3 mg.l⁻¹) reste également en dessous de la norme (30 mg.l⁻¹). D'après ce paramètre l'eau est de très bonne aptitude à la biologie (SEQ-Eau).

f. Les éléments traces métalliques

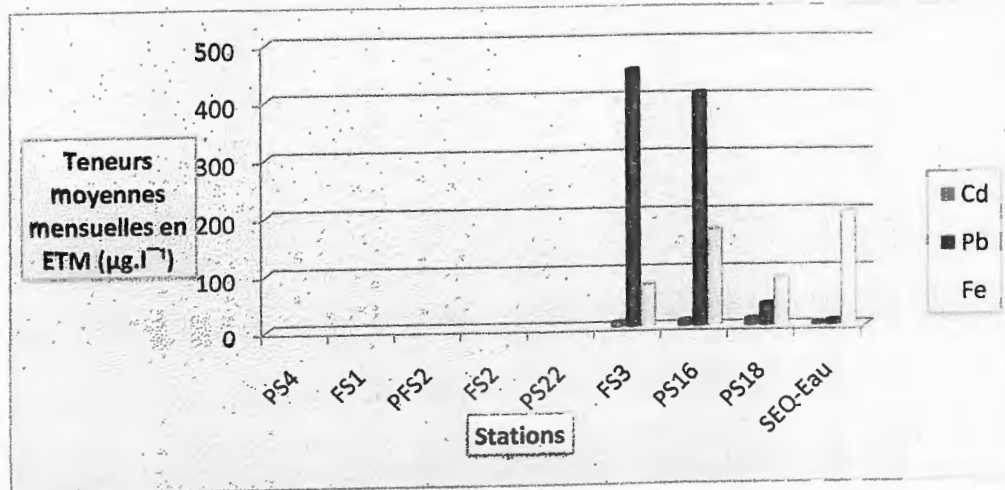


Figure 35. Concentrations des ETM dans les eaux souterraines.

* Cadmium

Les résultats obtenus montrent de fortes concentrations en Cd, principalement dans la station PS18 (cf. Figure 35), qui enregistre une teneur de $13,9 \mu\text{g.l}^{-1}$. La teneur la plus faible ($9,9 \mu\text{g.l}^{-1}$) a été trouvée dans la station FS3.

Ces concentrations excèdent la limite du SEQ-Eau et confèrent à l'eau une très mauvaise aptitude à la biologie et aux usages (production d'eau potable, aquaculture, irrigation). En outre, cette eau ne peut pas être utilisée pour l'abreuvement des animaux, selon le SEQ-Eau souterraine.

D'après **Rodier (1996)**, le cadmium est un métal relativement rare dans la nature, les eaux ne contiennent que quelques microgrammes de cadmium par litre. Lorsque des teneurs plus élevée sont rencontrées dans les eaux de nappes phréatiques, l'origine du Cd doit être recherchée dans les effluents.

C'est pourquoi, nous pensons que l'origine envisageable de cette contamination des eaux par le Cd est due principalement, aux divers rejets domestiques (eaux usées, matières plastiques, ordures ménagères, etc.) et agricoles (engrais chimiques et produits phytosanitaires).

* Le plomb

La figure 35 montre des concentrations relativement importantes en Pb dans les différentes stations. L'eau du forage (FS3) a une concentration relativement élevée ($449,3 \mu\text{g.l}^{-1}$) tandis que le puits PS18 a la teneur la plus faible ($40,8 \mu\text{g.l}^{-1}$).

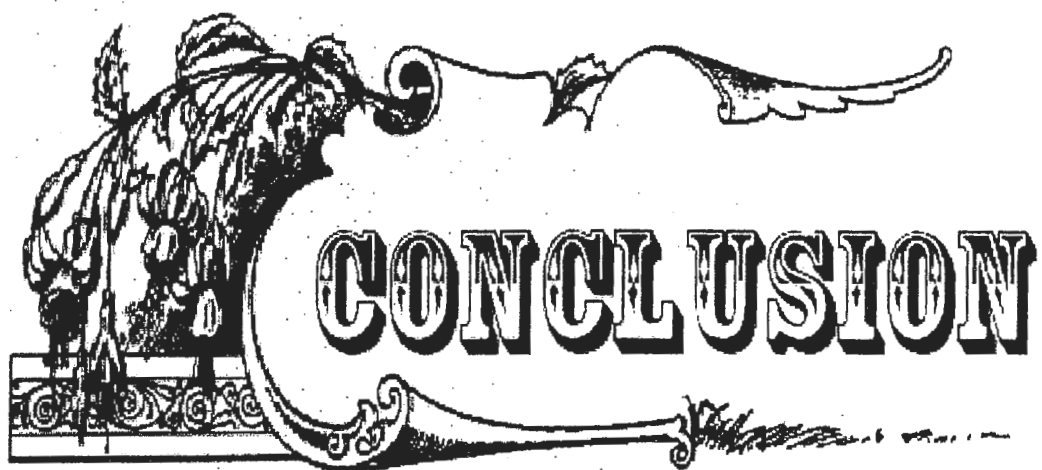
Ces teneurs dépassent de loin les limites du SEQ-Eau et attribuent à l'eau une aptitude très mauvaise à la biologie et aux usages (production d'eau potable, aquaculture, abreuvement des animaux). L'eau du FS3 ne peut même pas être utilisée pour l'irrigation d'après le SEQ-Eau souterraine.

Cette contamination plombique de l'eau peut être attribuée à l'utilisation d'une tuyauterie ancienne (cas de la station FS3) et des pratiques agricoles.

* Le fer total

D'après la figure 35, nous constatons que toutes les valeurs de fer sont en dessous de la limite fixée par le SEQ-Eau souterraine ($200 \mu\text{g.l}^{-1}$). L'eau des différentes stations par rapport à ce paramètre est de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant, le cas échéant, faire l'objet d'un traitement de désinfection.

N.B. Le dosage des ETM n'a pas été fait dans toutes les stations, faute de moyens.

A decorative graphic featuring a scroll that curves around the word "CONCLUSION". The scroll is rendered in a woodcut or engraved style with fine lines and shading. The word "CONCLUSION" is written in a bold, serif, all-caps font, centered within the curve of the scroll. The scroll starts on the left with a large, ornate flourish and extends to the right, ending in a smaller flourish. The overall design is classic and formal.

CONCLUSION

Conclusion générale

Les résultats préliminaires obtenus nous permettent d'avancer ce qui suit :

Globalement, la qualité des eaux de surface semble être bonne et présente un bon potentiel biologique, vis-à-vis de certains descripteurs physico-chimiques ($T^{\circ}C$, pH, CE, NH_4^+ , NO_3^- , DBO_5 , DCO) qui sont dans les normes recommandées par le SEQ-Eau et de l'ABH.

Néanmoins, une altération par l'ammonium et les nitrites dans la troisième station de l'oued Saayoud (OS3), à faciès lentique, trahit une détérioration de la qualité microbiologique de l'eau, suite aux conditions réductrices qui y règnent. En effet, les faibles concentrations en nitrates mettent en évidence la pauvreté du milieu en oxygène et explique les teneurs élevées en nitrites, produits par une action dénitrifiante. La mauvaise dégradation des matières organiques a eu pour conséquence une accumulation de l'ammonium dans l'oued.

Une contamination métallique des eaux superficielles a été également mise en relief. L'eau présente un très mauvais potentiel à la biologie et aux usages, par rapport au Cd et au Pb. L'oued Saayoud est sujet à une contamination métallique de l'amont à l'aval. Les stations OS2 et, dans une moindre mesure, OS3 sont altérées par le Cd. Alors que la station OS0 est contaminée par le Pb suivit de la station OS2.

A priori, les eaux souterraines de l'oued Saayoud paraissent à l'abri de la contamination. Les valeurs de la plupart des descripteurs physico-chimiques ($T^{\circ}C$, pH, CE, NH_4^+ , NO_3^- , DBO_5 , DCO) sont dans les normes retenues et confèrent ainsi, aux eaux une bonne qualité par rapport à l'aptitude à la biologie et pour les divers usages (production d'eau potable, irrigation, etc.).

Cependant, nous signalons la présence d'une contamination par l'ammonium et les nitrites au niveau des puits PS16 et PS18. Cette dernière pourrait être expliquée par la présence des hydrocarbures et des huiles dans le PS16, qui forment un écran privant ainsi l'eau d'oxygène. Quand au puits PS18, localisée en pleine zone agricole, l'altération de son eau peut être en relation avec les pratiques culturales (utilisation d'engrais, produits phytosanitaires, etc.).

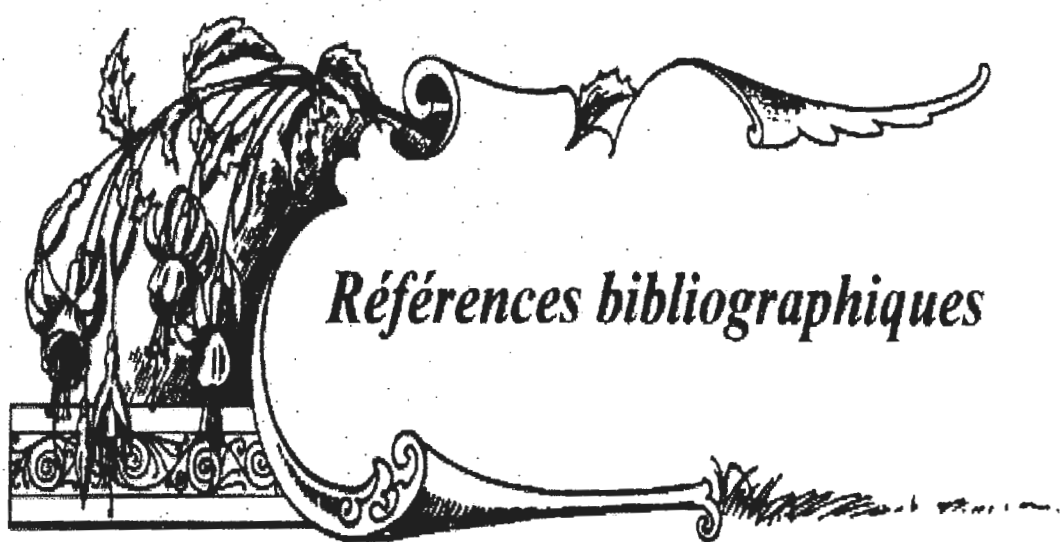
Une pollution métallique évidente est constatée dans les eaux souterraines de l'oued Saayoud. Une concentration élevée en Cd ($13,9 \mu g.l^{-1}$) a été trouvée dans le PS18. Selon les normes retenues, l'eau de ce puits présente un très mauvais potentiel pour la biologie et pour tous les usages (production d'eau potable, irrigation, abreuvement des animaux...).

En outre, une pollution des eaux souterraines par le Pb a été trouvée dans le forage de la station 3 (FS3) et également dans le PS18.

Pour conclure, nous pouvons dire de manière générale, que les eaux superficielles et souterraines de l'oued Saayoud sont sujettes à une pollution chimique (ammonium et nitrites) et contamination métallique (Cd et Pb). L'altération de la qualité des eaux est vraisemblablement due aux divers rejets domestiques (eaux usées, ordures ménagères) et agricoles (produits phytosanitaires et fertilisants).

En perspective, nous pouvons dire que l'important potentiel hydrologique de cette région et les résultats préliminaires obtenus, nous encouragent à pousser plus nos investigations sur cette zone et nous incite à :

- Sachant que cette eau est utilisée à des fins agricoles (irrigation, abreuvement des animaux) et domestiques (production d'eau potable), il nous semble important de bien estimer son degré de contamination et son incidence sur les organismes aquatiques et la santé publique. C'est pourquoi, il est impératif, de faire des analyses physico-chimiques plus poussées.
- Il est également important de bien situer les origines des contaminations et essayer d'y remédier, en diffusant l'information auprès des paysans et les habitants de la région.
- De réaliser des études complémentaires concernant le transfert des polluants en général et les pesticides en particulier dans les plantes pour optimiser les pratiques culturales et diminuer les doses aux champs.
- De faire des campagnes de sensibilisation auprès des agriculteurs par les autorités compétentes concernant l'utilisation optimale des engrais et des produits phytosanitaires.
- Il est également primordial d'adopter une politique de tri des déchets et ordures et leurs recyclage (collectes des piles batteries, plastique, pneus des véhicules.....).



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Agence de l'eau Loire Bretagne, 2002. Normes de qualité de l'eau d'après la brochure < la qualité des eaux dans votre département >, 20 p.
- ANRH., 2012. Agence nationale des ressources hydrauliques de la wilaya de Jijel.
- Anctil F., 2008. L'eau et ses enjeux, Edition DOECK université Bruxelles, 227 p.
- Angelier E., 2000. écologie des eaux courantes, Edition TEC et DOC, Paris, 198 p.
- Augier H., 2008. le livre noir de l'environnement (état des lieux planétaires sur les pollutions), Edition Alphée-Jean-Paul Bertrand, 600 p.
- Azimi S., 2004, Source, flux et bilan des retombés atmosphérique et l'environnement, université des ponts et chaussées.
- Baize D, Tartine T., 2002. Les éléments traces métalliques dans les sols, Edition INRA, Paris, 565p.
- Barbaste M., 2004. comparaison de méthodes d'analyse des ETM et des hydrocarbures aromatique polycycliques sur les sols et les végétaux certulyo, 18p.
- Bechkit M., 2005. étude hydrogéologique de la plane d'oued El Nil, université Mentouri-Constantine, 181p (mémoire d'ingénieur d'état en géologie).
- Berkane S., 2011. contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale d'oued el Nil, université Mentouri-Constantine, 167 p (mémoire d'ingénieur d'état en géologie).
- Bliefert C., 2009. Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets, 2^e édition, Paris, 478 p.
- Bliefert C., Perraud R., 2001. chimie de l'environnement air, eau, sol, 2^e édition, paris, 387 p.
- Bloundi M.K., 2005. Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental) Impacts des facteurs anthropiques, Université Mohamed V- Agdal Faculté des Sciences de Rabat, 180 p (Thèse de Doctorat).
- Boucheraï S., 2003. Diagnostic et contrôle du phénomène d'eutrophisation du barrage de Keddara, Algérie, 10 p.
- Boucheseïche C, Cremille E, Pelte T, Pojer K., 2002. quand les toxiques se jettent à l'eau .guide technique N°7, 112 p.
- Bousseboua H., 2002. élément microbiologie générale, Edition de l'université Mentouri-Constantine (Algérie), 225 p.
- Castany G., 1982. Hydrogéologie principes et méthodes; Edition DUNOD, Paris, 228 p.

- Chapman D, Kimstache V., 1996. Selection of water quality variables, 2^e edition, London, 126 p.
- Colin A., 2007. Dictionnaire de l'environnement, Paris, 403 p.
- Colin j-j., 2004. Les eaux souterraines connaissance et gestion, Edition BRGN France, 169 p.
- Cosanday G., 2003. Les eaux courantes géographie et environnement, Edition Belin France, 239 p.
- Dajoz R., 1996. Précis d'écologie, Edition DUNOD, Paris, 551p.
- Dajoz R., 2006. Précis d'écologie, 8^e édition DUNOD, Paris, 631 p.
- Debieche T. H., 2002, évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds, sous l'effet de la pollution saline, agricole et industriel, université de France, 197 p (thèses de doctorat en hydrologie de l'environnement).
- Defranceschi M., 1996. L'eau dans tous ses états, Marketing, paris, 126 p.
- Desjardins R., 1990. Les traitements des eaux, 2^e édition, canada, 304 p.
- DI Benedetto M., 1997, Les métaux lourds, école nationale supérieur des mines de Saint-Etienne, 57p.
- DHJ., 2012. Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Jijel.
- D.P.A.T., 2012. Direction de la planification et l'aménagement de territoire.
- Dutrieux S, Onclinx F, Trion A., 2005, Qualité physico-chimique et chimique de l'eau de surface.
- Encarta., 2009. ©1996-3-2008-Microsoft corporation.
- Faurie C., Ferra C, Medori P, Dévaux J, Hempinne J., 2003. écologie approche scientifique et pratique, 5^e édition Lavoisier, paris, 407 p.
- Brière F G., 2000. Distribution et collecte des eaux, Edition Montréal, 2^e édition, 123 p.
- Gaid A., 1984. épuration biologique des eaux usées urbaine, Tome1, Alger ,261p.
- Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire. Edition Tec et Doc, paris, 220 p.
- Grosclaud G., 1999. L'eau usage et pollution, Tome2, Edition INRA, Paris, 208 p.
- Genin B., Chauvin C., Ménard F., 2003. Cours d'eau et indice biologique, pollution méthodes ,2^e édition DIJO ,221p.
- Gombert S, Galsomies L, Rausch C, Leblond S, Losno R, Colin J. 2005. Pollution atmosphérique par les métaux biosurveillance des retombées, Edition ADEME , 108p.
- Kaid Tlillane N., 2005. Espace emploi et environnement : cas de l'Algérie. Communication, 17 p.
- Lafabrie C., 2007. Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) delille comme bio-indicateur de la contamination métallique, université de corse, 141p (thèse de doctorat).

- Lambert R, 1995. Géographie du cycle de l'eau, université de Toulouse : Edition Mirail, 135 p.
- Leemans M, Boyv C, Bellon J, Dusar L. Livre bleu, 3^e édition, berline, 72 p.
- Lemièrè B., Seguin J., Guem G., Guyonnet D., Brannger P., 2000. Guide sur le comportement des polluants dans des polluants dans le sol et les nappes, Édition DRGM, 80p
- Levallois P., Phaneuf D., 1994. La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques à la santé publique, 196 p.
- Masson ,1988-Grille de la qualité des eaux, Edition Gauthier-Villards, Paris, 286 p.
- M'hamed R., 2005. Les risques écologiques en Algérie, Edition APIC, Algérie, 221 p.
- Michard G., 2002. Chimie des eaux naturelles : principe de géochimie des eaux, Edition Publisud, Paris, 461 p.
- Ngo C, Régent A., 2004. Déchet et pollution (impacte sur l'environnement et la santé), Edition Dunod, Paris, 134p.
- Olivier A., 2005. Chimie et pollution des causes souterraines, Edition TEC et DOC, Paris, 140 p.
- OMS., 2004. Norme de l'OMS sur la qualité de l'eau potable, disponible sur (<http://WWW.lenntech.fr>).
- ONM., 2012. Office national de météorologie, station Achouate de Jijel.
- Pichard A., 2005. Cadmium et ses dérivés, fiches de données toxicologique et environnementales des substances chimique, Edition ENERIS ,102p
- Pourriot., 1995. Limnologie général, Edition Masson, Paris, 965 p.
- Potelon J., 1998. Le guide des analyses de l'eau potable, Edition la lettre du cadre territorial, France, 253 p.
- Ramade F., 1981. Ecologie des ressources naturelles, Edition Masson, paris, 322 p.
- Ramade F., 1998. Dictionnaire encyclopédique de la science de l'eau, Paris, 786 p.
- Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des polluants, paris, 690 p.
- Ramade F., 2002. Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement 2^e édition DUNOD, 700 p.
- Ramade F., 2005. Elément d'écologie –écologie appliquée, 6^e édition DUNOD, paris, 864 p.
- Rejsek F., 2002. Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique, Aquitaine France, 420 p.
- Rodier j., 1978. Analyse chimiques et physique de l'eau, Edition Dunod, Paris, 1030 p.

- Rodier j., 1996. Analyse des eaux naturelles et des eaux résiduaires et eaux des mers 8^e édition Dunod, Paris, 1383 p.
- Rodier j., 2005. l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Edition Dunod, Paris, 1320 p.
- Rodier j., 2009. L'analyse de l'eau, eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 9^e édition Dunod, Paris, 1383 p.
- Rodier j., 2005. l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Edition Dunod, Paris, 1320 p.
- Salghi R., 2002. Différents filières de traitements des eaux, université IBN Zohr école nationale des sciences appliquées d'Agadir, 150 p.
- Savary P., 2003. Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition Techni-cités, Paris, 283 p.
- Viala A., Botta A., 2005. Toxicologie, Edition Lavoisier, 2^e édition, 1094 p.
- vilaginès R., 2003. Eau environnement et santé publique, Edition TEC et DOC .2^e édition, paris, 198 p.
- Wilser O., 2004. L'eau un bien commun, Edition Gunars Briedis, Bruxelles, 36 p.

Sites Internet :

- (1) <http://btsesf-belorme.forumactif.com/t11-expose-pollution-de-l-eau>
- (2) <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bel/5/binome5/parama...>
- (3) <http://WWW.el-milia-micro.org/pages/Wilaya de Jijel-1334841.html>



ANNEXE I

Les protocoles des dosages effectués

1- Dosage des nitrites (NO_2^-)

Principe

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique en présence d' NH_4^+ et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en Nitrite.

Réactifs

_ Ammoniaque pur ($d = 0,925$).

_ Réactif de ZAMBELLI :

- acide chlorhydrique (HCL) -----26 ml.

- Acide sulfanilique -----0,5 g.

- Phénol cristallisé -----0,75 g.

- Chlorure d'ammonium-----13,5 g.

- Eau distillée (exempte d'ion NO_2^-) -----62,5 ml.

_ Nitrite de sodium-----0,0345 g.

Mode opératoire

• Préparation du réactif de ZAMBEILLI

_ Introduire dans une fiole jaugée de 100 ml : l'eau distillée et l'HCL.

_ Dissoudre dans le mélange l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie jusqu'à dissolution complète:

_ Ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution.

_ Après refroidissement ajuster le volume jusqu'à 100 ml avec l'eau distillée.

• Préparation de la solution mère étalon de NO_2^- à 0,23 g/l

- Nitrite de sodium-----0,0345 g.

- Eau fraîchement distillée -----100 ml.

• **préparation de la Solution fille étalon NO_2^- à 0,0023g/l**

- Préparer cette solution dans une fiole jaugée de 100 ml, on prélève 1 ml de la solution mère et on complète le volume avec de l'eau distillée.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de béchers à 50 ml et numérotés, introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition :

N° des béchers solutions	T	1	2	3	4	5	E
Solution fille étalon à 0.0023 g/l (ml)	0	1	5	10	15	20	/
Eau distillée (ml)	50	49	45	40	35	30	/
Réactif de ZAMBELLI (ml)	2	2	2	2	2	2	2
Eau à analyser (ml)	/	/	/	/	/	/	50

Attendre 10 minutes, puis ajouter :

Ammoniaque pure (ml)	2	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO_2	0	0.046	0.23	0.46	0.69	0.92	x

Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

Essai

- Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de réactif de ZAMBELLI.
- Agiter et laisser au repos 10 minutes.
- Ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pure.
- effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin.
- Se reporter à la courbe d'étalonnage.

2- Dosage des nitrates (NO_3^-)

Principe

En présence de salicylate de Na, les nitrates donnent du para-nitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Réactifs

_ Solution de salicylate de Na (1%) (Cette solution est renouvelable toutes les 24 heures).

_ Acide sulfurique concentré ($d=1,84$).

_ Solution d'hydroxyde de sodium :

- NaOH ----- 20 g.

- EDTA ----- 5 g.

- Eau distillée ----- q.s.p. 100 ml.

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80 ml d'eau permutée, ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 100 ml.

_ Solution d'azoture de sodium :

- azoture de sodium ----- 50 mg.

- Eau permutée ----- qsp 100 ml.

_ Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 ml/l :

- nitrate de potassium anhydre ----- 72.2 mg.

- eau permutée ----- q.s.p. 100 ml.

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/L.

Amener 50 ml de la solution mère à 1 000 ml avec de l'eau permutée.

_ Acide acétique.

Mode opératoire

Établissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de béchers numérotés de 50 ml, introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition :

N° des béchers	T	1	2	3	4
solutions					
Solution fille étalon d'azote nitrique (5mg/l) (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée en (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg /l d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5
Solution d'azoture de sodium (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Acide acétique (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

- Attendre 5 minutes.
- Evaporer dans un bain-marie porté à 75 °C – 80°C (l'évaporation dure entre 45min et 1 heure).
- Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer, (temps d'évaporation : 15 – 20 minutes), laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré.
- Après 10 minutes ajouter : - 15 ml d'eau distillée.
- 10ml de la solution d'hydroxyde de Na.
- Une coloration jaune se développera, effectuer la lecture au Spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée par le témoin.

Essai

Introduire 10 ml d'eau dans un bécher de 50 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

3- Dosage de l'ammonium (NH_4^+)

Principe

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

Réactifs

Utilises pour la préparation des réactifs de l'eau fraîchement distillée.

- solution chlorée :

Hydroxyde de sodium en pastilles.....20 g.

Citrate trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O}$).....380 g.

Acide dichlorocyanurique ($\text{C}_3\text{HCl}_2\text{N}_3\text{O}_3$).....4 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre l'hydroxyde de sodium et le citrate trisodique dans 800 ml d'eau environ.

Porter la solution à ébullition, maintenir celle-ci pendant 20 min.

Après refroidissement, ajouter l'acide dichlorocyanurique et ajuster le volume à 1000ml.

Conserver cette solution au réfrigérateur.

- solution de nitroprussiate et de phénol :

Phénol.....35 g.

Nitroprussiate de sodium.....0.4 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Transvaser cette solution dans un flacon de verre brun et la conserver au réfrigérateur.

- solution mère étalon à 100 mg.l^{-1} d'ions ammonium

Chlorure d'ammonium.....297 mg.

Eau distillée.....1000 ml.

- solution fille étalon à 1 mg.l^{-1} d'ions ammonium.

Diluer 1 solution mère au 1/100. préparer cette solution au moment de l'emploi.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de fioles jaugées de 100 ml, numérotées, préparer une série de dilutions.

Numéro des fioles	T	1	2	3	4	5	6
solution fille étalon à 1 mg.l^{-1} d'Ammonium (ml)	0	1	2	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	100	100	100	100	100	100	100
Correspondance en mg.l^{-1} d'Ammonium	0	0.01	0.02	0.05	0.10	0.15	0.20

Dans une série de fioles coniques de 100 ml numérotées, introduire 20 ml de chacune des dilutions ci-dessus, ajouter rapidement dans chaque tube :

- 1ml de solution de Nitroprussiate de sodium et de phénol
- 1ml de solution chloré
- Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6 heures au moins. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longue d'onde de 630 nm. construire la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire

Introduire dans une fiole conique de 100 ml, 20 ml d'eau à analyser puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 20 ml d'eau.

4- Dosage des orthophosphates (PO_4^{3-}).

Principe de dosage :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolibdique, qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réactifs :

_ Solution d'acide sulfurique ($d=1.84$) à 15% environ en volume.

_ Solution de molybdate d'ammonium à 40% g/l.

_ Solution d'acide ascorbique à 20% g/l :

-acide ascorbique.....2 g.

-eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

_ Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8 g/l :

-tartrate double d'antimoine et de potassium....0.28 g.

-eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

_ Solution d'acide sulfurique.....50 ml.

_ Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium.....5 ml.

_ Solution de molybdate d'ammonium.....15 ml.

_ Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

_ Solution mère étalon à 50mg /l de phosphate :

-dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100°C ...219.7 mg.

- eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

_ Solution fille étalon à 1mg/l de phosphate :

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

Mode opératoire

Établissement de la courbe d'étalonnage

Induire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Solutions \ N° des fioles	T	1	2	3	4	5
Solution étalon de phosphore à 1mg/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau permutée en (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore.	0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020

- Introduire dans chaque fiole 1ml de solution d'acide ascorbique.
- Agiter.
- Ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement.
- Compléter éventuellement le volume à 25 ml.
- Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration.
- Effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm.
- Construire la courbe d'étalonnage.

Essai

Vérifier le PH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire.

Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml.

-ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.

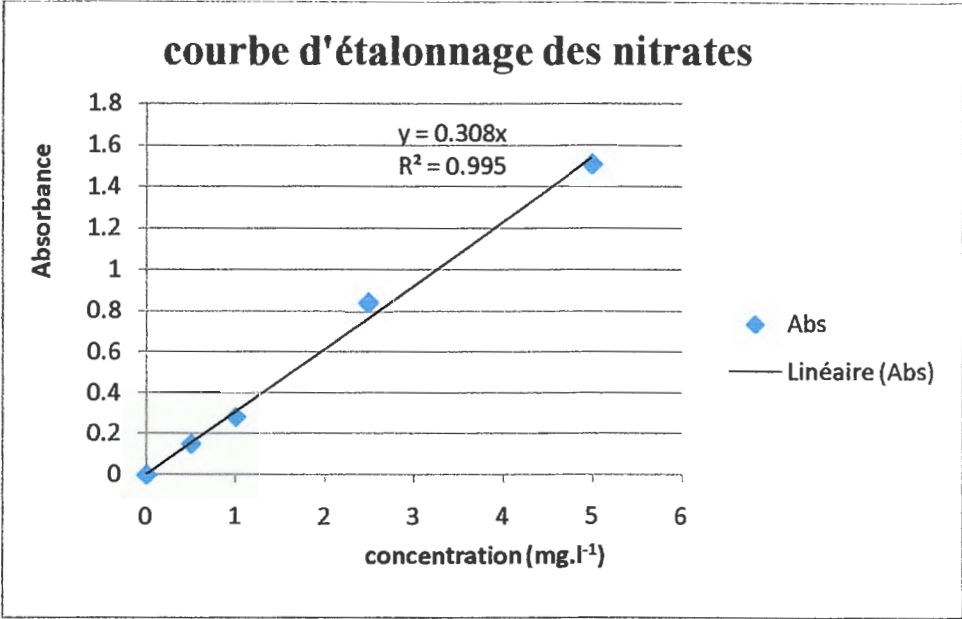
- tenir compte de la valeur lue pour témoin.

-se reporter à la courbe d'étalonnage.

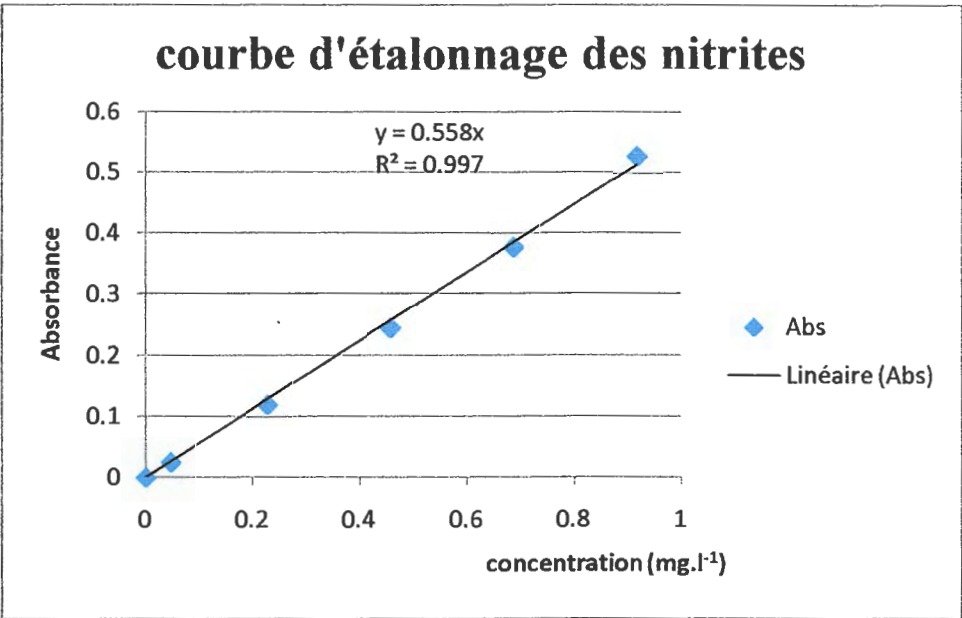
ANNEXE II

Courbes d'étalonnage des analyses des eaux.

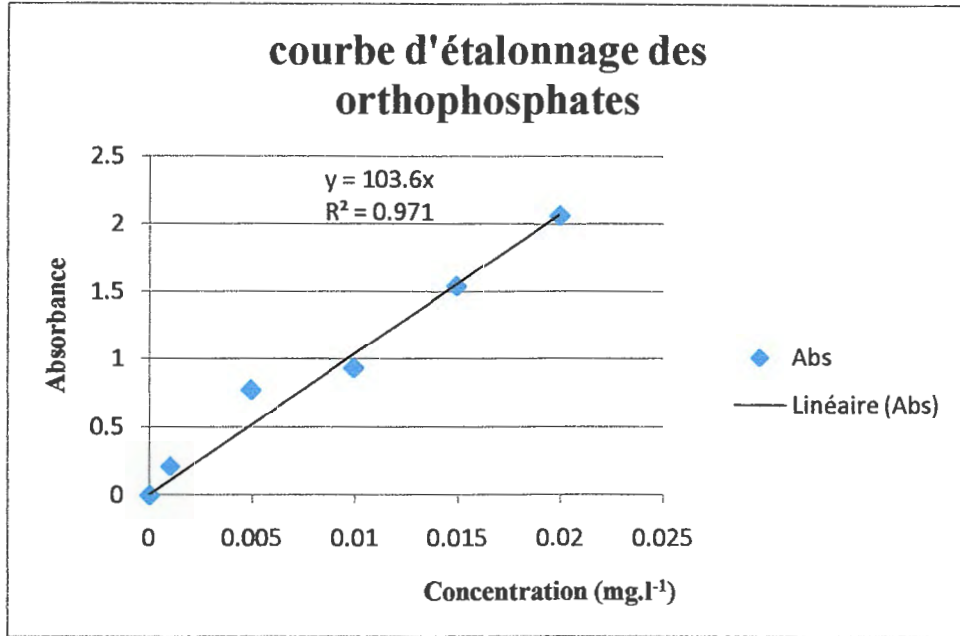
1- La courbe d'étalonnage des nitrates :



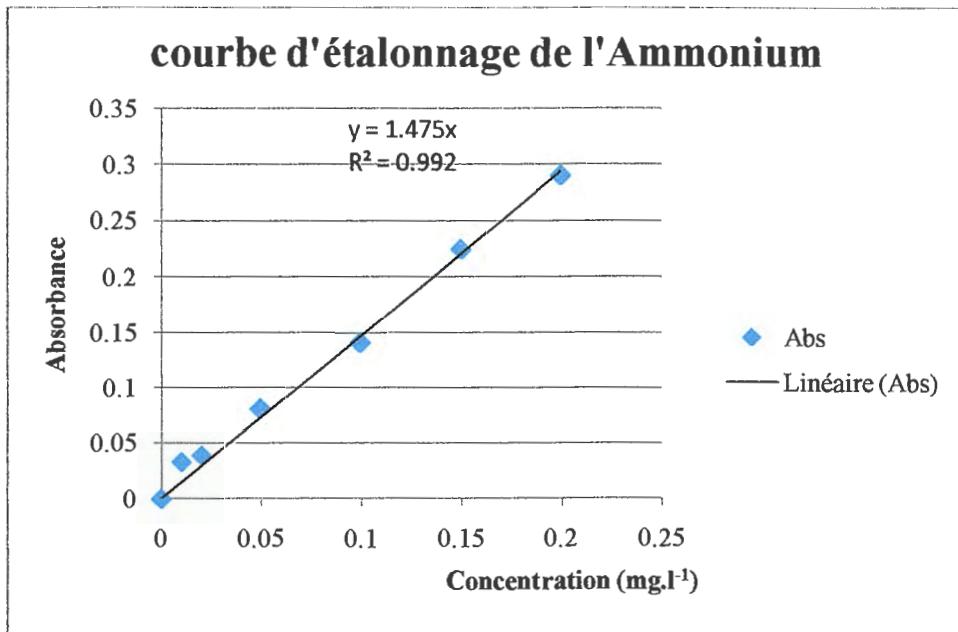
2- La courbe d'étalonnage des nitrites :



2- La courbe d'étalonnage des orthophosphates :

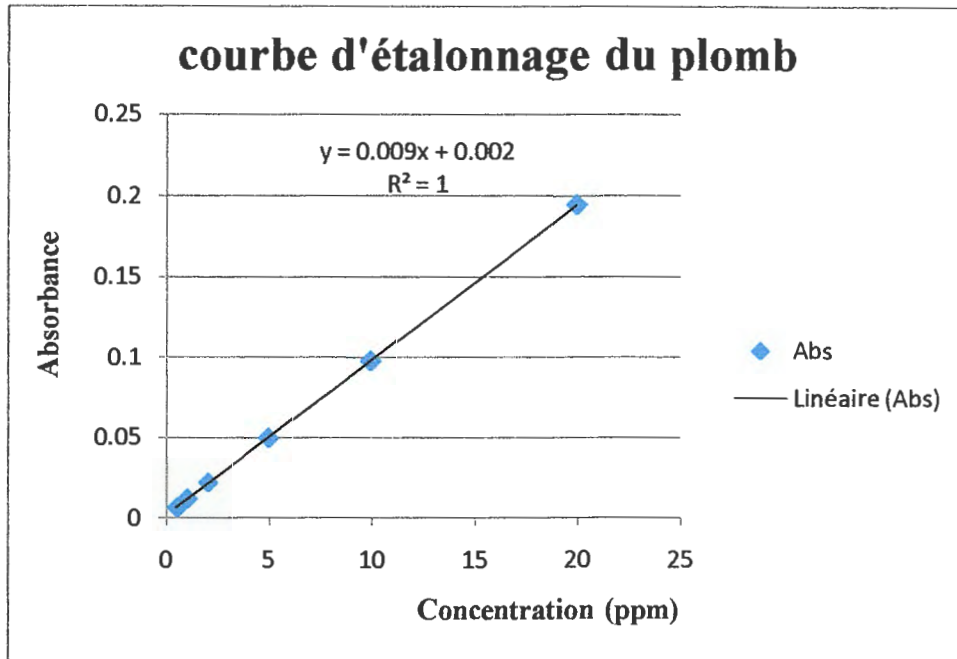


4-La courbe d'étalonnage d'Ammonium :

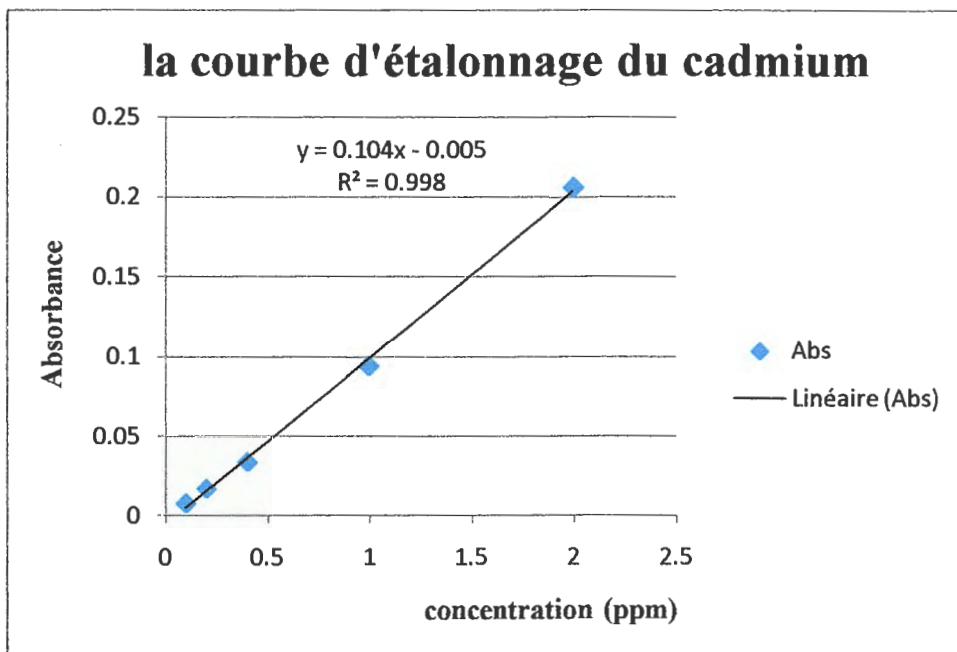


Courbes d'étalonnage des métaux lourds

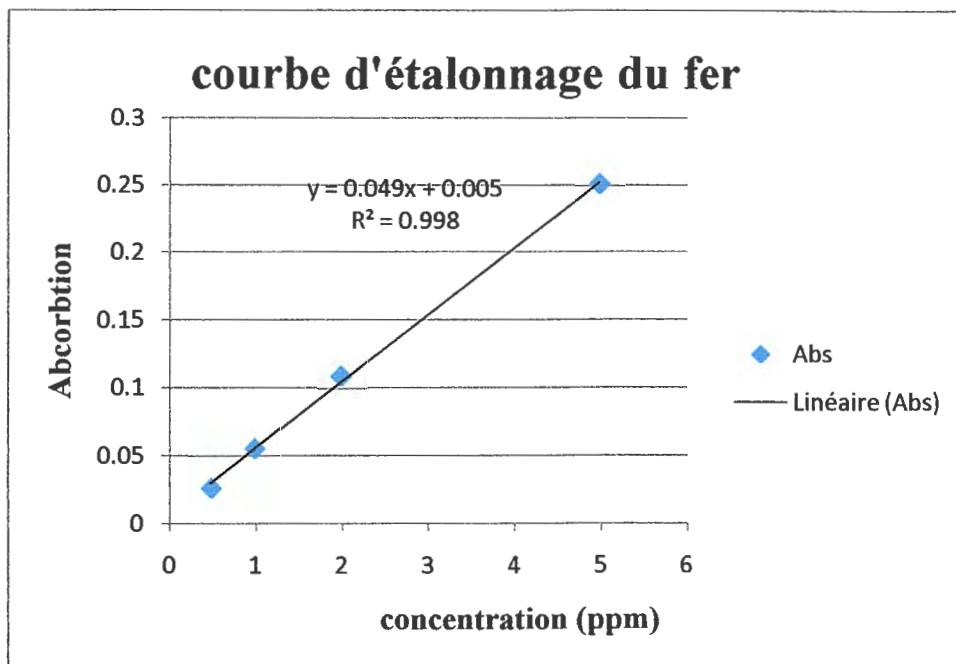
1- La courbe d'étalonnage du plomb :



3- La courbe d'étalonnage du cadmium :



3- La courbe d'étalonnage du fer :



ANNEXE III

Tableau IX. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et biologiques des différentes stations de la première campagne.

paramètres stations	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	NO_2^- mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	NH_4^+ mg.l^{-1}	PO_4^{3-} mg.l^{-1}	DCO mg.l^{-1}	DBO ₅ mg.l^{-1}
OS0	16,75	5,82	356	0,107	0,936	0,027	0,00012	—	—
OSD	16,75	5,65	589	0,146	0,35	0,042	0,00012	—	—
OS1	18,1	5,85	402	0,259	1,209	0,2	0,00017	—	—
OS2	16,75	5,77	459,5	0,57	1,17	0,204	0,00017	—	—
OS3	18	5,63	494	0,786	0,436	0,368	0,00031	15	2
LE SEQ	25,5	6 à 9	3000	0,3	10	0,5	0,5	30	6
L'ABH	—	—	—	0,1 à 0,3	5 à 25	0,1 à 0,5	0,2 à 0,5	20 à 25	3 à 5
PS4	17,7	5,55	515,5	0,141	3,201	0,015	0,00017	—	—
FS1	17,7	5,57	572,5	0,131	4,47	0,009	0,00014	—	—
PFS2	17,75	5,495	782	0,149	0,723	0,01	0,00019	—	—
FS2	17,7	5,545	701,5	0,139	2,877	0,03	0,00015	—	—
FS3	17,7	5,55	452,5	0,133	0,728	0,022	0,0003	—	—
PS22	17,65	5,625	970	0,239	0,592	0,373	0,00039	—	—
PS16	16,7	5,7	824,5	0,198	0,62	0,233	0,00004	—	—
PS18	16,6	5,62	1050	0,233	6,878	1,42	0,00011	24	3
LE SEQ	—	$\geq 6,5$ et $\leq 8,5$	≥ 180 et \leq 400	0,05	25	0,05	—	—	—

Tableau X. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et biologiques des différentes stations de la deuxième campagne.

paramètres stations	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	NO_2^- $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	NO_3^- $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	NH_4^+ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	PO_4^{3-} $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	DCO $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	DBO_5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
OS0	21,1	8,24	364	0,0054	0,526	0,137	0,000063	—	—
OSD	23,2	8,24	540	0,011	0,266	0,137	0,000062	—	—
OS1	24,7	8,5	404	1,098	0,475	0,045	0,00023	—	—
OS2	19,9	8,44	459	0,442	1,132	0,076	0,000235	—	—
OS3	20,6	6,9	500	0,832	1,016	0,789	0,00022	17	3
LE SEQ	25,5	6 à 9	3000	0,3	10	0,5	0,5	30	6
L'ABH	—	—	—	0,1 à 0,3	5 à 25	0,1 à 0,5	0,2 à 0,5	20 à 25	3 à 5
PS4	18,4	7,3	370	0,0054	2,113	1,189	0,000085	—	—
FS1	21,3	7,21	475	0,0018	2,941	0,199	0,000085	—	—
PFS2	18,7	6,71	580	0,0055	2,377	0,24	0,000038	—	—
FS2	19,2	7,07	660	0,0045	2,709	0,0306	0,000074	—	—
FS3	20	6,8	418	0,0018	1,749	0,12	0,00026	—	—
PS22	19,3	6,58	1230	0,0128	5,923	0,086	0,00022	—	—
PS16	20,1	6,72	770	0,0036	0,201	1,614	0,000014	—	—
PS18	19,6	7,07	800	0,846	2,39	0,227	0,000033	12,5	1
LE SEQ	—	$\geq 6,5$ et $\leq 8,5$	≥ 180 et \leq 400	0,05	25	0,05	—	—	—

Tableau XI. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et biologiques des différentes stations de la troisième campagne.

paramètres stations	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	NO_2^- mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	NH_4^+ mg.l^{-1}	PO_4^{3-} mg.l^{-1}	DCCO mg.l^{-1}	DBO ₅ mg.l^{-1}
OSO	24,7	8,15	374	0,009	0,322	0,04	0,000085	—	—
OSD	28,1	8,6	540	0,033	0,241	0,743	0,000035	—	—
OS1	29,4	8,73	3710	1,732	0,153	0,139	0,000045	—	—
OS2	26,1	8	520	2,252	0,198	0,938	0,0009	—	—
OS3	25,5	7,99	560	2,116	0,757	0,671	0,000815	—	0
LE SEQ	25,5	6 à 9	3000	0,3	10	0,5	0,5	30	6
L'ABH	—	—	—	0,1 à 0,3	5 à 25	0,1 à 0,5	0,2 à 0,5	20 à 25	3 à 5
PS4	19,6	7,55	333	0,037	1,071	0,066	0,00007	—	—
FS1	22,1	7,68	405	0,037	1,332	0,04	0,000075	—	—
PFS2	20,6	6,81	630	0,037	1,36	0,014	0,00006	—	—
FS2	20,1	7,45	516	0,035	1,579	0,024	0,00011	—	—
FS3	20,8	6,9	367	0,03	1,04	0,015	0,00045	—	—
PS22	20	6,41	1280	0,01	4,254	0,013	0,0002	—	—
PS16	21,6	7,65	750	0,046	0,01	0,168	0,000015	—	—
PS18	19,8	7,69	810	0,232	3,9	0,061	0,000055	—	5
LE SEQ	25,5	$\geq 6,5$ et $\leq 8,5$	≥ 180 et \leq 400	0,05	25	0,05	—	—	—

Tableau XII. Valeurs moyennes mensuelles des paramètres physico-chimiques et biologiques des différentes stations.

paramètres stations	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	NH_4^+ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	NO_2^- $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	NO_3^- $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	PO_4^{3-} $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	DCO $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	DBO ₅ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
OS0	21	8	365	0,07	0,06	0,6	0		
OSD	22,7	7,35	501	0,1	0,06	0,31	0		
OS1	24,07	7,7	1505	0,13	1,03	1	0		
OS2	20,92	7,4	480	0,41	1,09	0,83	0		
OS3	21,37	7	518	0,61	1,24	0,74	0	16,5	1,67
LE SEQ	25,5	6 à 9	3000	0,5	0,3	10	0,5	30	6
L'ABH	-	-	-	0,1 à 0,5	0,1 à 0,3	5 à 25	0,2 à 0,5	20 à 25	3 à 5
PS4	18,57	6,8	406,17	0,40	0,06	2,13	0		
FS1	20,37	6,82	484,17	0,1	0,057	3	0		
PFS2	19,02	6,34	664	0,09	0,1	1,49	0		
FS2	19	6,7	626	0,09	0,1	1,49	0		
FS3	20	6,42	413	0,1	0,05	1,2	0		
PS22	19	6,21	1160	0,16	0,09	3,59	0		
PS16	19,47	6,7	782	0,7	0,1	0,28	0		
PS18	18,67	6,8	886,6	0,57	0,44	4,39	0	18,3	2
LE SEQ	-	$\geq 6,5$ et $\leq 8,5$	≥ 180 et \leq 400	0,05	25	0,05	-	-	-

Tableau XIII. Evolution spatiale des quelques ETM (Cd, Fe, Pb) dosés dans les eaux des stations étudiées.

ETM Stations	Cd [] $\mu\text{g.l}^{-1}$	Fe [] $\mu\text{g.l}^{-1}$	Pb [] $\mu\text{g.l}^{-1}$
OSO	5	74,5	81,7
OS2	11,9	33,3	40,8
OS3	2	109,9	61,3
SEQ-cours d'eau	0,04		5,2
FS3	9,9	74,5	449,3
PS16	11,9	170,7	408,4
PS18	13,9	84,4	40,8
SEQ-souterraine	5	200	10

ANNEXE IV

Grille d'évaluation de la qualité des eaux établie par l'Agence Française de l'eau (2003) (version 2)

Classes d'aptitude à la biologie

Code couleur	Bleu	Vert	jaune	Orange	Rouge
Classe de qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise
DBO5	3	6	10	25	
DCO	20	30	40	80	
Température	24	25,5	27	28	
pH	6,5-8,2	6,0-9,0	5,5-9,5	4,5-10	
Ammonium	0,1	0,5	2	5	
Nitrites	0,03	0,3	0,5	1	
Nitrates	2				
Ortho-phosphate	0,1	0,5	1	2	
Plomb (µg/l)	0,52	5,2	52	250	
Cadmium (µg/l)	0,004	0,04	0,37	1,3	

Classes d'aptitude aux usages

DBO5	3		10	20	
DCO	6		20	40	
Conductivité électrique	180-2500	3000	3500	0-4000	
pH	6,5-9				
Ammonium	0,5		1,5	4	
Nitrates	50				
Plomb (µg/l)	10		50		
Cadmium (µg/l)	5				

Irrigation

Plomb (µg/l)	200		2000		
Cadmium (µg/l)	10				

Classes et indices de qualité de l'eau Par altération

DBO5	3	6	10	25	
DCO	20	30	40	80	
Température	24	25,5	27	28	
Conductivité électrique	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	
pH	6,5-8,2	6,0-9,0	5,5-9,5	4,5-10	
Ammonium	0,1	0,5	2	5	
Nitrites	0,03	0,3	0,5	1	
Nitrates	2	10	25	50	
Ortho-phosphate	0,1	0,5	1	2	
Plomb (µg/l)	0,52	5,2	52	250	
Cadmium (µg/l)	0,004	0,04	0,37	1,3	

Grille d'évaluation de la qualité des eaux souterraines établie par l'Agence Française de l'eau (version 0.1- Août 2003)

Production d'eau potable

Code couleur	bleu clair	Bleu foncé	jaune	Rouge
Classe de qualité	Eau de qualité optimale pour être consommée	Eau de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant faire l'objet d'un traitement de désinfection	Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation	Eau inapte à la production d'eau potable
Conductivité électrique	≥180 et ≤ 400	> 400 et ≤ 2500	< 180 ou > 2500 et ≤ 4000	> 4000
pH	≥ 6.5 et ≤ 8.5	> 8.5 et ≤ 9.0	< 6.5 et ≥ 5.5 ou > 9.0 et ≤ 9.5	< 5.5 ou > 9.5
Ammonium	0,05	0,5	4	
Nitrites	0,05	0,1	0,7	
Nitrates	25	50	100	
Plomb (µg/l)	5	10	50	
Cadmium (µg/l)	1	5		
Fer (µg/l)	50	200	10000	

Classes de qualité par altération

	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	
Conductivité électrique	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	
pH	6,5-8,5	6,2-8,8	5,8-9,2	5,5-9,5	
Ammonium	0.05	0,3	0,5	4	
Nitrites	0.05	0,07	0,1	0,7	
Nitrates	10	20	50	100	
Plomb (µg/l)	5	7,5	10	50	
Cadmium (µg/l)	1	2,5	3,5	5	
Fer (µg/l)	50	125	200	10000	

Grille de la qualité globale de l'eau (Agence de bassin hydrographique constantinois-Seybouse-mellegue, 2002)

Classe de qualité paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
DBO5	mg.l ⁻¹	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	> 25
DCO	mg.l ⁻¹	< 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	> 80
NH₄⁺	mg.l ⁻¹	< 0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	> 8
PO₄³⁻	mg.l ⁻¹	< 0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 1	1 à 2	> 2
NO₃⁻	mg.l ⁻¹	< 5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	> 80
NO₂⁻	mg.l ⁻¹	< 0.1	0.1 à 0.3	0.3 à 1	1 à 2	> 2

❖ *Maouche Samiya*

❖ *Lahmar Nadia*

Date de soutenance

12 / 09 / 2012

Etude physico-chimique et dosages de quelques ETM dans les eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale de l'oued Saayoud (Chékfa, Jijel)

Résumé

L'objectif de notre travail est d'estimer la qualité physico-chimique de l'eau de l'oued Saayoud, un affluent important de l'oued el Nil, situé dans la commune de Chakfa.

Pour se faire nous avons réalisé un échantillonnage mensuel de l'eau de surface et de l'eau souterraine de l'oued (avril à juin 2012). Un suivi des descripteurs physico-chimiques ($T^{\circ}C$, pH, CE, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , DBO_5 , DCO, Cd, Fe, Pb) a été fait.

Les résultats préliminaires obtenus montrent une contamination chimique (nitrites et ammonium) et métallique (Cd et Pb) des eaux de surface et des eaux souterraines.

Mots-clefs : oued Saayoud, eau souterraine, qualité physico-chimique, pollution, éléments traces métalliques.

Abstract

The objective of our work is to estimate the physico-chemical quality of the water of the river Saayoud, a major tributary of the valley of el Nile, located in the municipality of Chakfa.

To do this we conducted a monthly sampling of surface water and groundwater from the valley (April-June 2012). Monitoring of physico-chemical descriptors ($T^{\circ}C$, pH, EC, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , BOD_5 , COD, Cd, Fe, Pb) has been done.

Preliminary results show a chemical contamination (nitrite and ammonium) and metal (Cd and Pb) in surface water and groundwater.

Word-keys: valley of Saayoud, groundwater, physico-chemical quality, pollution, metallic trace elements.

ملخص

الهدف من عملنا هو تقدير النوعية الفيزيوكيميائية لمياه واد سعيود، أحد الروافد الهامة لواد النيل والواقع في بلدية الشققة. للقيام بذلك أجرينا أخذ شهري للعينات من المياه السطحية والجوفية للوادي (أفريل إلى غاية جوان 2012). حيث تم القيام بمتابعة شهرية للمعايير الفيزيوكيميائية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، نترات، نيتريت، أمونيوم، أرتوفوسفات، COD، BOD5، الكادميوم، الحديد، الرصاص). النتائج الأولية المحصل عليها تظهر وجود تلوث كيميائي (نيتريت و أمونيوم) ومعدني (كادميوم و رصاص) في كل من المياه السطحية و الجوفية.

الكلمات المفتاحية : وادي سعيود، المياه الجوفية، النوعية الفيزيوكيميائية، التلوث، المعادن الثقيلة.