

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et des

Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Animale et Végétal



ma 60.04/12

جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة

و علوم الطبيعة و الحياة

قسم البيولوجيا الحيوانية و النباتية

01
01

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie

Option : Pathologie des écosystèmes

Thème

Etude physico-chimique et dosages de quelques ETM des eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale de l'oued Boukaraa (Taher, Jijel)

Membres de Jury

- ❖ Président: M^{me} N. BALLI
- ❖ Examinatrice : M^{lle} S. HABIL
- ❖ Encadreur : M^{lle} S. KHALED-KHODJA
- ❖ Invité: M^f T.H. DEBIECHE

Présenté par

- KHELIFA Naziha.
- DIOUBI Imèn.



Session: Septembre 2012

Numéro d'ordre: ... / ...



REMERCIEMENT

Avant tous, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volanté et la force pour réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

On remercie vivement M^{elle} Khaled-Khodja Soumeya, qui a bien dirigé ce travail et nous la remercions également pour mettre à notre disposition les moyens matériels pour mener à bien ce travail, sa patience, ainsi que pour ses précieux conseils.

On exprime également nos remerciements à monsieur Debieche Taha-Houcine de nous avoir accueilli et assuré toutes nos sorties sur terrain, pour sa générosité et ses encouragements.

On remercie également les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce travail.

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

Imèn+Naziha

DÉDICACE

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

*À mon marie Halim qui m'a beaucoup aidé et m'encouragé
jusqu' la fin.*

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

Ma bien-aimée Maman,

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

Cher Papa,

Mes sœurs surtout ma petit sœur manel.

À toute ma famille.

À mes enseignants particulièrement M^{elle} Khalea Khodja S

À mes collègues et mes amies.

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

Je dédie ce modeste travail.

Dioubi Imen



Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance

À mes adorables parents les plus précieux et les plus chers au monde

Ma chère maman Tama,

Qui m'a offert de l'amour et de la tendresse,

Mon cher papa Zineddine

Qui m'a toujours encouragé et m'a aidé à tracer ce chemin,

À mes frères Issam et surtout Oussama. Qui ma beaucoup aidé dans ce mémoire

À ma seule sœur Nada

Et toute la famille Khelifa et Abbad.

A tous mes amies et mes collègues de notre promotion.

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Khelifa Naziha

Sommaire

Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	viii
Liste des abréviations.....	ix
Introduction.....	1

Chapitre I: Synthèse bibliographique

I- Généralités sur l'eau.....	3
I.1. Le milieu aquatique.....	3
I.2. Les principales caractéristiques de l'eau.....	3
I.2.1. Propriétés organoleptiques.....	3
I.2.2. Propriétés physiques.....	3
I.2.3. Propriétés chimiques.....	4
I.3. La qualité de l'eau.....	4
I.3.1. Classe de qualité de l'eau.....	4
I.4. Les eaux naturelles.....	5
I.4.1. Les eaux de surface.....	5
I.4.2. Les eaux souterraines.....	5
I.4.2.1. Définition.....	5
I.4.2.2. Alimentation des eaux souterraines.....	5
I.5. Les types de milieux limniques.....	5
I.5.1. Les eaux courantes.....	5
I.5.2. Les eaux stagnantes.....	6
I.6. Différences entre l'eau de surface et l'eau souterraine.....	7
I.7. Avantages et inconvénients des eaux de surface et souterraines.....	7
I.7.1. Les avantages des eaux souterraines.....	7
I.7.2. Les inconvénients des eaux souterraines.....	8
I.7.3. Les avantages des eaux de surface.....	8
I.7.4. Les inconvénients des eaux de surface.....	8
II- La pollution de l'eau.....	8
II.1. Définition.....	8
II.2. Les types de pollution.....	9
II.2.1. La pollution domestique.....	9
II.2.2. La pollution par les eaux pluviales urbaines.....	9
II.2.3. La pollution industrielle.....	9
II.2.4. La pollution agricole.....	10
II.3. Les paramètres indicateurs de la pollution des eaux.....	11

II.3.1. Principaux paramètres physico-chimiques mesurables.....	11
III - Les éléments traces métalliques (ETM)	15
III.1. Définition	15
III.2. Origines naturelles et anthropiques des ETM dans l'environnement	15
III.3. Contamination de l'eau par les ETM.....	16
III.4. Les effets toxiques et écotoxiques des ETM.....	16
IV- Les conséquences de la pollution de l'eau	17
IV.1. Une prolifération d'algues	17
IV.2. L'eutrophisation.....	17
IV.3. Une diminution de la teneur en oxygène dissous	18
IV.4. La présence de produits toxiques.....	18
IV.5. Une modification physique du milieu récepteur.....	18
IV.6. La présence de bactéries ou virus dangereux.....	18

Chapitre II: Matériel et méthodes

II- Présentation de la zone d'étude.....	20
II.1. Situation et présentation de la région de Jijel.....	20
II.2. Réseau hydrographique	20
II.3. Couvert végétal	21
II.4. Activités socio-économiques.....	21
II.5. Aperçue climatologique de la région de Jijel	22
II.5.1. Précipitations.....	22
II.5.2. Température	22
II.5.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen	23
II.5.4. Le vent.....	24
II.5.5. L'humidité de l'air	24
II.6. Situation des sites d'études	24
II.7. Échantillonnage.....	29
II.8. Justification du choix des paramètres étudiés	29
II.9. Techniques de prélèvements	29
II.10. Conservation et prétraitements des échantillons avant les analyses.....	30
II.11. Mesures effectuées sur terrain.....	30
II.12. Nettoyage de la verrerie	31
II.13. Dosages effectués au laboratoire.....	31

Chapitre III: Résultats et discussion

III- Dispersion spatio-temporelle des paramètres physico- chimiques.....	34
III.1. Les eaux superficielles.....	34
III.1.1. Température	34
III.1.2. Le pH	34
III.1.3. Conductivité électrique	35
III.1.4. Sels nutritifs (nutriments)	35

III.1.4.1. Ammonium	35
III.1.4.2. Nitrites	36
III.1.4.3. Nitrates.....	36
III.1.4.4. Orthophosphates	36
III.1.5. Les matières organiques.....	37
III.1.5.1. Demande biochimique en oxygène.....	37
III.1.5.2. Demande chimique en oxygène	37
III.1.6. Les éléments traces métalliques (ETM).....	38
III.1.6.1. Cadmium.....	38
III.1.6.2. Plomb	38
III.1.6.3. Fer total	38
III.2. Les eaux souterraines.....	39
III.2.1. Température	39
III.2.2. Le pH	39
III.2.3. Conductivité électrique	40
III.2.4. Sels nutritifs (nutriments)	40
III.2.4.1. Ammonium	40
III.2.4.2. Nitrites	41
III.2.4.3. Nitrates.....	41
III.2.4.4. Orthophosphates	41
III.2.5. Les matières organiques.....	41
III.2.5.1. Demande biochimique en oxygène.....	41
III.2.5.2. Demande chimique en oxygène	41
III.2.6. Les éléments traces métalliques.....	42
III.2.6.1. Cadmium.....	42
III.2.6.2. Plomb	42
III.2.6.3. Fer total	42
conclusion	44
Références bibliographiques.....	46
Annexes	XI

Liste des tableaux

Tableau 1. Grille de qualité des eaux de surfaces	p4
Tableau 2. Les principales différences entre l'eau de surface et l'eau provenant des sols.	p7
Tableau 3. Classification des eaux d'après leur pH	p12
Tableau 4. Sources de pollution reconnues affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface	p15
Tableau 5. Effets majeurs toxiques et écotoxiques des éléments traces métalliques	p17
Tableau 6. Moyennes mensuelles des précipitations en mm [2002-2011]	p22
Tableau 7. Moyennes mensuelles des températures [2002-2011]	p22
Tableau 8. Précipitations et températures moyennes mensuelles (2002-2011)	p23
Tableau 9. Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau utilisée	p33

Liste des figures

Figure 1. Schéma illustrant l'origine des différentes pollutions : domestique, industrielle, agricole et naturelle.	p11
Figure 2. Localisation de la wilaya de Jijel.....	p20
Figure 3. Réseau hydrographique de la wilaya de Jijel	p21
Figure 4. Diagramme ombrothermique de Gaussen (2002-2011).....	p23
Figure 5. Image satellitaire d'oued Boukaraa (échelle 1/200).	p25
Figure 6. Localisation de la zone d'étude et des stations de prélèvement (échelle 1/200)	p26
Figure 7. Photo de la station OB ₀	p26
Figure 8. Photo de la station BOB ₀	p27
Figure 9. Photo de la station OB ₁	p27
Figure 10. Photo de la station OB ₂	p27
Figure 11. Photo de la station PB ₁	p28
Figure 12. Photo de la station PB ₂	p28
Figure 13. Photo de la station PB ₃	p28
Figure 14. Le prélèvement depuis un pont.....	p30
Figure 15. Le prélèvement de l'eau d'un puits	p30
Figure 16. La valise multiparamètre utilisée pour les mesures effectuées sur terrain	p31
Figure 17. Variations spatio-temporelles des températures des eaux superficielles.....	p34
Figure 18. Variations spatio-temporelles du pH des eaux superficielles	p34
Figure 19. Valeurs de la conductivité électrique enregistrées des eaux en fonction des différentes stations	p35
Figure 20. Concentrations moyennes mensuelles des nutriments des diverses stations.....	p36
Figure 21. Concentration moyennes mensuelles des matières organiques des diverses stations dans les eaux de surface	p37
Figure 22. Concentrations des ETM des diverses stations des eaux superficielles.....	p38
Figure 23. Variations spatio-temporelles des températures des eaux souterraines d'oued Boukaraa	p39
Figure 24. Variations spatio-temporelles du pH des eaux souterraines d'oued Boukaraa.....	p39
Figure 25. Valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans les eaux souterraines d'oued Boukaraa	p40
Figure 26. Concentrations moyennes mensuelles des nutriments des diverses stations.....	p41
Figure 27. Concentrations moyennes mensuelles des matières organiques des eaux souterraines d'oued Boukaraa	p42
Figure 28. Concentrations des ETM des diverses stations des eaux souterraines.....	p43

Liste des abréviations

$\mu\text{S.cm}^{-1}$: Microsiémens par centimètre.

$\mu\text{g.l}^{-1}$: Microgramme par litre.

ABH : Agence de bassin hydrographique

AESN : Agence de l'Eau Seine Normandie

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.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DHW : Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Jijel.

ETM : Eléments traces métalliques.

Fe : Fer.

Hg : Mercure.

MES : Matières en suspension

mg.l^{-1} : milligramme par litre.

MO : Matière Organique.

Ni : Nickel.

OD : Oxygène dissous.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : Office Nationale de la Météorologie : station météo de Jijel aéroport.

Pb : Plomb.

pH : Le potentiel hydrogène.

ppm : Parties par million : Concentration d'un pour un million.

SAA : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

Se : sélénium

SEQ-Eau : Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau

Zn : Zinc



Introduction



Introduction

L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie. Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines.

En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide est à l'origine de nombreuses perturbations pour les milieux naturels (**Mc Kinney, 2002**). L'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et des pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants, qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (**Mullis et al, 1997**), mais aussi altérer les usages de l'eau (**Burton., Pitt, 2001**).

La contamination des eaux par certains éléments traces métalliques (ETM), les produits phytosanitaires et certains éléments biogènes comme les nitrates et le phosphore, est actuellement un des problèmes environnementaux majeurs notamment pour les eaux de surface. Les teneurs de ces contaminants dans les milieux aquatiques peuvent atteindre des valeurs parfois élevées devenant critiques pour le compartiment biologique et le bon fonctionnement de l'écosystème (**Sauvage, 2009**).

L'introduction massive de matières organiques et d'éléments nutritifs (azote, phosphore) dans les eaux de surface perturbe les équilibres naturels des écosystèmes aquatiques. Ces apports sont dus principalement à des rejets directs d'effluents (domestiques, industriels et agricoles), à l'écoulement d'eaux de ruissellement contaminées après leur passage sur des surfaces agricoles et non agricoles et dans une moindre mesure, aux retombées atmosphériques. La manifestation la plus visible de ce type de pollution est l'eutrophisation des cours d'eau, qui se traduit par un développement excessif d'algues et un appauvrissement de l'eau en oxygène, avec pour conséquence un risque accru de mortalité chez certains organismes aquatiques (**Lacroix, 1991**).

La qualité des eaux naturelles autant que la quantité, est une dimension essentielle des ressources parce qu'elle détermine dans quelle mesure ces eaux sont utilisables par les différents usagers. Quand la qualité est médiocre, elle réduit sensiblement le potentiel en ressources utilisables (**Boudoukhana, 2008**).

En Algérie, Les données disponibles sur la qualité de l'eau révèlent que la plupart des ressources en eau sont polluées par les rejets non contrôlés des eaux municipales et des effluents industriels non traités.

Les oueds sont devenus le milieu récepteur de tous les rejets urbains, industriels et agricoles. Ces cours d'eau traversent ou passent à proximité des agglomérations urbaines et des zones industrielles et causent de grands problèmes d'inconfort et d'insalubrité aux riverains vu leur état de dégradation avancé. La charge polluante étant très importante, la capacité auto-épuratrice des oueds n'arrive plus à assumer cet excès de matières polluantes. L'équilibre entre le flux de matière et d'énergie étant interrompu, ces milieux limniques se transforment en de véritables égouts à ciel ouvert. En outre, l'absence quasi-totale, sur tout le territoire national, des stations d'épuration des eaux résiduaires aggrave la situation. Les quelques stations existantes sont inefficaces et fonctionnent bien en dessous de leur capacité d'épuration.

La gestion très insuffisante de l'assainissement et l'absence de traitement ont aggravé la pollution du milieu, et plus particulièrement les ressources en eau. Les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles dans le milieu naturel constituent une véritable menace pour les ressources en eau (superficielles et souterraines) et la santé publique (**Boudoukhana, 2008**).

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 Boukaraa et les eaux souterraines de la nappe alluviale de l'oued El Nil, qui se jettent dans le littoral jijilien.

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: Synthèse

bibliographique



I- Généralités sur l'eau

I.1. Le milieu aquatique

L'eau doit être considérée comme un élément liquide avec ses caractéristiques physico-chimiques particulières et ses multiples usages, mais également comme élément constitutif d'un milieu naturel, d'un écosystème.

De ce fait, le domaine de l'eau est très difficile à aborder et il en résulte une réglementation naturelle extrêmement complexe.

La ressource doit donc être gérée, en fonction des différents usages, en vue de satisfaire au mieux ces usages qui correspondent à des besoins évoluant dans le temps et dans l'espace (**Groxlaude, 1999**).

I.2. Les principales caractéristiques de l'eau

I.2.1. Propriétés organoleptiques

Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. L'odeur et la saveur de l'eau peuvent être modifiées soit, par la présence de matières organiques en décomposition, soit par la présence de matières sécrétées par les microorganismes vivants dans l'eau, en particulier les algues et les champignons (**Bouziati, 2000**).

La coloration de l'eau est due à la présence de matières organiques colloïdales en solution ou en suspension. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur sa portabilité (**Bouziati, 2000**).

Les eaux profondes sont rarement colorées, mais les eaux de surface ont souvent une turbidité élevée (**Bouziati, 2000**).

I.2.2. Propriétés physiques

L'eau est légèrement conductrice, la conductivité de l'eau pure est de $4,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. À 20°C la conductivité de l'eau augmente ainsi que le taux des sels dissous (**Lounnas, 2009**).

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Cette transparence est souvent utilisée pour apprécier l'efficacité des traitements d'épuration (**Lounnas, 2009**).

I.2.3. Propriétés chimiques

L'eau est un excellent solvant et peut donc être facilement polluée. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques (Lounnas, 2009).

I.3. La qualité de l'eau

La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol, etc.) et des activités humaines (agricoles, industrielles et domestiques) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques (1)

I.3.1. Classe de qualité de l'eau

Le tableau 1 résume les différentes classes de qualité citées antérieurement.

Tableau 1. Grille de qualité des eaux de surfaces (Masson, 1988).

Code couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Classe de qualité	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise
1- Matière organique et oxydable					
Oxygène dissous (mg.l ⁻¹ O ₂)	>7	7-5	5-3	3-1	<1
DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	<4	4-5	5-10	10-25	>25
DCO (mg.l ⁻¹ O ₂)	<30	30-35	35-40	40-80	>80
2- Nitrites					
Nitrites (mg.l ⁻¹ NO ₂)	0,03	0,3	0,5	1	>1
3- Nitrates					
Nitrates (mg.l ⁻¹ NO ₃)	2	10	25	50	>50
4-Température					
Température (°C)	20	21,5	25	28	>30
5-Conductivité électrique (µS/Cm)					
CE (µS.cm ⁻¹)	<400	400-1300	1300-2700	2700-3000	>3000
6-Acidification					
pH	6,5-7,5	7,5-8,5	5,5-6,5	8,5-9	<5,5ou>9

I.4. Les eaux naturelles

I.4.1. Les eaux de surface

L'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (**Bordet, 2007**).

I.4.2. Les eaux souterraines

I.4.2.1. Définition

Une eau souterraine est une eau qui s'accumule sous terre. Elle est donc disponible et exploitable par un forage ou un puits (**Collin, 2004**). Elle peut exister dans les espaces entre les particules libres de la terre et des roches, ou dans les fissures et les crevasses des roches, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, les eaux s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité le sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé nappe. La roche plus ou moins poreuse et donc plus ou moins perméable contenant cette eau est appelée aquifère (**AESN, 2005**).

I.4.2.2. Alimentation des eaux souterraines

Ce sont principalement les précipitations qui alimentent les eaux souterraines. Mais toute la quantité d'eau qu'offrent les pluies n'est pas disponible pour la recharge des nappes. En effet, une part, plus ou moins importante selon la saison, des précipitations regagne l'atmosphère par évapotranspiration.

La différence de hauteur d'eau entre la pluie et l'évapotranspiration est appelée pluie efficace. Une partie de cette eau s'infiltré dans le sol et recharge la nappe. La partie restante alimentera par ruissellement les eaux de surface (rivières, lacs, retenues) (**Blum, 2004**).

I.5. Les types de milieux limniques

I.5.1. 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 (**Genin et al, 2003**).

I.5.2. Les eaux stagnantes

Correspondent essentiellement aux lacs, étangs, mares et flaques. Elles se différencient par la superficie, mais surtout par la permanence de l'eau, la profondeur, l'ensoleillement et le réchauffement du fond (**Genin et al, 2003**).

La distinction entre les 4 types de milieux stagnants est établie de la façon suivante :

— **Les lacs** : ils se forment lorsque les eaux qui coulent le long des pentes, cours d'eau ou eaux de ruissellement, rencontrent un obstacle, une contre-pente, qui les empêche de poursuivre leur course (**Kandel, 1998**).

— **L'étang** : c'est une étendue d'eau stagnante, peu profonde, de surface relativement petite (jusqu'à quelques dizaines d'hectares), résultant de l'imperméabilité du sol mais dont le fond est parfois soustrait à l'action thermique du soleil (profondeur moyenne de 1 à 3 mètres) (**Genin et al, 2003**).

— **La mare** : c'est une étendue d'eau à renouvellement généralement limité, de taille variable pouvant atteindre un maximum de 5000 m². Sa faible profondeur peut atteindre environ 2 m. Elle se trouve dans des dépressions imperméables, alimentées par les eaux pluviales et parfois phréatiques (**Percheron, 2009**).

— **La flaque** : représente un milieu stagnant temporaire (profondeur maximale : 0.5 m).

Il existe également des plans d'eau artificiels (lacs ou gravières) établis soit en barrage d'un cours d'eau, soit par mise à nu de la nappe phréatique (**Genin et al, 2003**).

I.6. Différences entre l'eau de surface et l'eau souterraine

Le tableau 2 résume la différence entre l'eau de surface et l'eau souterraine citée antérieurement.

Tableau 2. Les principales différences entre l'eau de surface et l'eau provenant des sols (2).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
Couleur	Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue.) Excepté pour les eaux acides et très douces.	Principalement dû aux solides dissous
Contenu minéral	Varie avec le sol, les effluents, les pluies,...	Généralement plus important que pour l'eau de surface pour un même endroit.
CO₂ agressif	Absent	Souvent présent en grande quantité
O₂ dissout	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très polluées.	Généralement peu présent
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois important
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées

I.7. Avantages et inconvénients des eaux de surface et souterraines

I.7.1. Les avantages des eaux souterraines

Elles constituent des réservoirs souterrains naturels, souvent de grandes dimensions, dans les structures hydrogéologiques, assurant la régularisation des débits par emmagasinement ; ainsi, ces ressources sont, dans la limite de leur renouvellement, constamment disponibles. La recharge artificielle permet d'augmenter leur capacité de stockage (**Castany, 1965**).

- Protection naturelle, surtout dans les nappes profondes, contre les pollutions physiques, chimiques et bactériologiques et les variations importantes de température. Elles présentent ainsi des qualités physiques et biologiques sensiblement constantes (**Castany, 1965**).
- Ce sont les ressources les plus importantes et souvent les seules en zone aride et semi-aride (**Castany, 1965**).

I.7.2. Les inconvénients des eaux souterraines

Elles ne sont pas directement perceptibles.

- Leur prospection nécessite des méthodes particulières mettant souvent en œuvre des moyens importants (surtout pour les nappes profondes).
- Elles doivent être exploitées, dans la plupart des cas, par pompages.
- Leur qualité chimique évolue en fonction des sels dissous au cours de leur écoulement dans les terrains (**Castany, 1965**).

I.7.3. Les avantages des eaux de surface

Elles sont visibles, donc faciles à rechercher et à étudier.

- Le contrôle des débits et de la qualité peut être effectué directement.
- L'évaluation des ressources est accessible à des mesures délicates, mais directes (étude de bassins versants) (**Castany, 1965**).

I.7.4. Les inconvénients des eaux de surface

Irrégularité des débits avec souvent des valeurs extrêmes se succédant rapidement dans le temps.

- Pollutions fréquentes et de plus en plus grave suite à l'économie moderne.
- Pertes souvent par évaporation (**Castany, 1965**).

II- La pollution de l'eau

II.1. Définition

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

Elle a pour origines principales :

- l'activité humaine,
- les industries,

- l'agriculture,
- les décharges de déchets domestiques et industriels.

Elle se manifeste principalement, dans les eaux de surface (**Beaudouard., Gueuné, 2009**).

II.2. Les types de pollution

La distinction de 4 types de pollution peut être faite, selon leur origine :

II.2.1. La pollution domestique

Elle provient des habitations. Elle est en général véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de chaque foyer ou centre d'activité, vers une station de traitement des eaux usées. Elle se caractérise par :

- de fortes teneurs en matières organiques ;
- des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore ;
- des détergents ;
- des germes fécaux (**Genin et al, 2003**).

II.2.2. La pollution par les eaux pluviales urbaines

Elle est liée aux fortes pluies qui ont succédé à une longue période sèche, il y a alors, un risque de saturation du système d'assainissement (**Laferrière, 1988**). Apparue depuis qu'il existe des réseaux de collecte spécifique, avec des points de concentration des rejets, elle engendre de graves perturbations. L'irrégularité de ces rejets et les volumes d'eau importants qu'ils mettent en jeu rendent difficile et onéreux leur traitement (**Genin et al, 2003**).

II.2.3. La pollution industrielle

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

- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages).
- Hydrocarbures (raffineries).
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques, tanneries).

- Eau chaude (centrales thermiques).
- Matières radioactives (centrales nucléaires, centre de recherche, hôpitaux) (**Genin et al, 2003**).

II.2.4. La pollution agricole

Elle comporte une composante domestique, issue des sièges d'exploitation souvent non raccordés à un réseau (habitat rural dispersé), et une composante plus spécifique mais complexe, qui se caractérise principalement par :

- de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium), provenant des engrais et des effluents d'élevage (fumiers, lisiers).
- la présence de produits chimiques de traitement des cultures (produits phytosanitaires).
- la présence épisodique dans les effluents d'élevage de produits sanitaires (bactéricides, antibiotiques) (**Genin et al, 2003**).

Les différents types de pollution vus antérieurement sont résumés dans la figure 1.

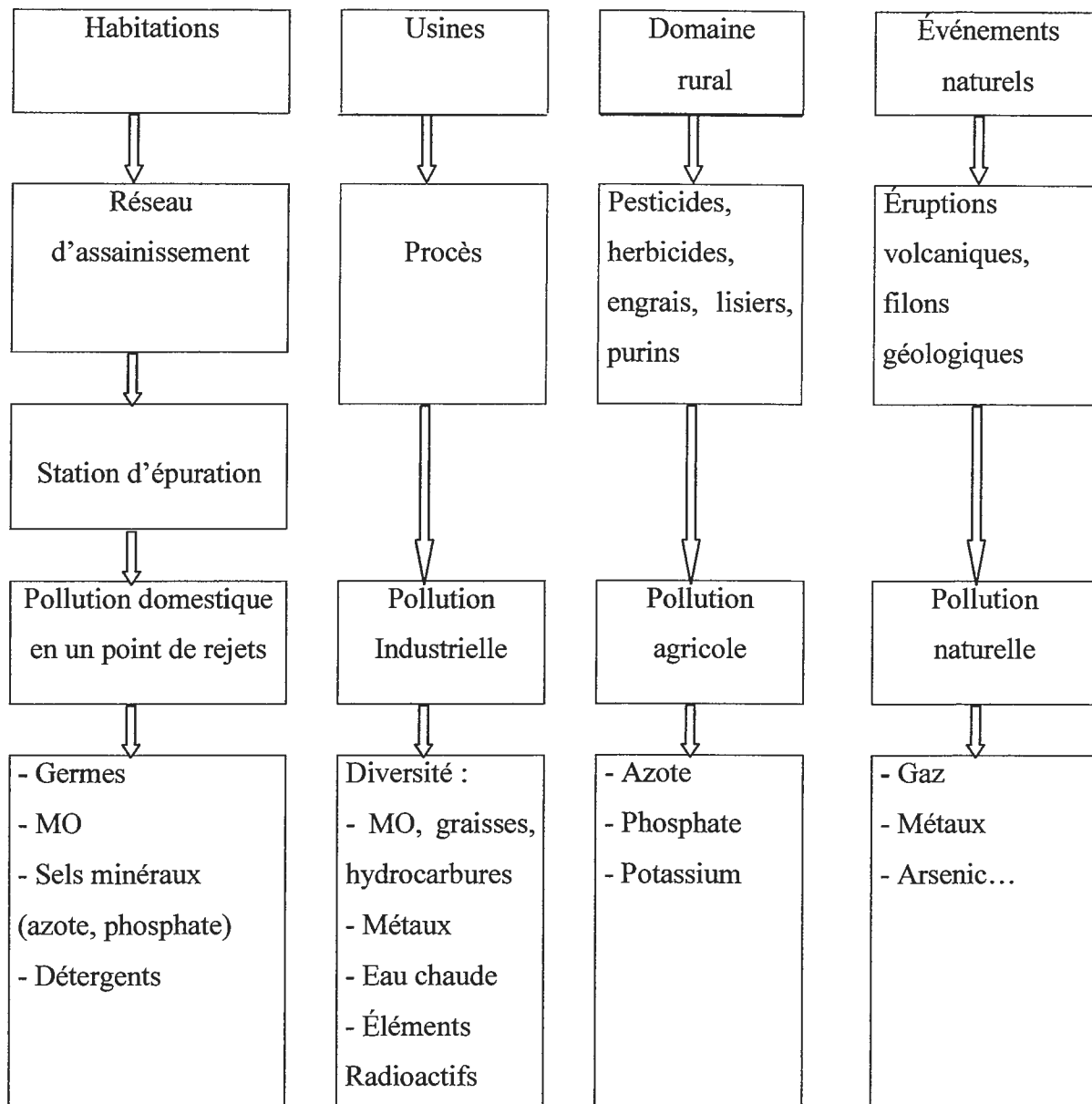


Figure 1. Schéma illustrant l'origine des différentes pollutions : domestique, industrielle, agricole et naturelle (Decaux, 2000).

II.3. Les paramètres indicateurs de la pollution des eaux

II.3.1. Principaux paramètres physico-chimiques mesurables

II.3.1.1. La température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple, en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique.

Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques et l'activité métabolique des organismes aquatiques. La valeur de ce paramètre est influencée également par

d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes. On doit absolument la mesurer sur le terrain, parce qu'elle tend à s'ajuster rapidement à la température ambiante (De viller *et al*, 2005)

II.3.1.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H^+). Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité.

Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain, à l'aide d'un pH-mètre ou par une colorimétrie (De viller *et al*, 2005).

Tableau 3. Classification des eaux d'après leur pH (De villes *et al*, 2005)

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

II.3.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est également l'un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l'eau qui mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Généralement, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible, en particulier dans les zones à substrat acide ou à sous — sol siliceux (Rodier, 1996).

II.3.1.4. Oxygène dissous (OD)

La concentration de l'oxygène dissous dans l'eau est un paramètre qui peut facilement subir une modification au cours de la période de conservation. C'est pourquoi la mesure de ce descripteur s'effectue généralement, directement dans le cours d'eau au moyen d'un oxymètre. Cette

concentration est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène, par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (Hébert., Légaré, 2000).

II.3.1.5. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par conséquent la photosynthèse. Elles peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, etc.) et sont exprimées en mg.l^{-1} (De villes *et al*, 2005).

II.3.1.6. Demande biochimique en Oxygène (DBO₅)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données (pendant 5 jours, à 20 °C, à l'obscurité). Elle est exprimée en mg.l^{-1} d'O₂ consommé (Segarra, 2007).

II.3.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique d'oxygène correspond à la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables d'origine organique ou minérale. Elle constitue un paramètre indicateur de la présence de polluants dans les eaux résiduaires. Elle est exprimée en mg.l^{-1} d'O₂ (Decaux, 2000).

Généralement la DCO est égale à 1,5 à 2 fois la DBO₅ pour les eaux usées urbaines. Elle est de 1 à 10 pour tout l'ensemble des eaux résiduaires industrielles (Salghi, 2002).

II.3.1.8. Nitrates (NO₃⁻)

Ce paramètre représente le stade final de l'oxydation de l'azote, il est naturellement présent dans le milieu. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux des nitrates varie selon la saison et l'origine des eaux. Leur quantité a augmenté progressivement au cours des trente dernières années à cause de l'emploi excessif d'engrais dans l'agriculture et de l'eau usée domestique et industrielle (Leemans *et al*, 2002).

La limite de qualité est fixée à 50 mg.l^{-1} cette norme est recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (Beaudouard., Gueuné, 2009).

II.3.1.9. Nitrites (NO_2^-)

La présence de nitrites dans une eau brute est souvent due soit à une oxydation incomplète des composés azotés, soit à une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (Rejsek, 2002 ; Partrick, 2003).

Dans les eaux non polluées et dans les zones où l'auto-épuration est active, les nitrites sont quasi absents (environ $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$). La pollution est considérée comme significative au-delà de 1 mg.l^{-1} . Une eau chargée en nitrites est le plus souvent corrélée à un dysfonctionnement du cycle de l'azote (Decaux, 2000).

II.3.1.10. Phosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore est présent dans les eaux sous forme de minéraux (ortho et poly phosphates) et/ou sous formes organiques d'origine biologique (Cardot, 1999 ; Bechac, 1983).

Dans les conditions naturelles, le phosphate est présent en très faible quantité dans les eaux. Ainsi, lorsque du phosphate est acheminé vers le milieu aquatique, il est directement capté par les algues et les plantes pour leurs propres besoins (Ramade, 2000).

II.3.1.11. Ammonium (NH_4^+)

Ce paramètre résulte de la dégradation des matières organiques azotées et provient essentiellement des rejets urbains. Dans des conditions d'oxygénation normale, cet élément est oxydé en nitrites puis en nitrates. Plus le pH est bas et moins il y a d'ammoniac, à partir d'un pH 8 le pourcentage d'ammoniac monte, et cela, de façon exponentielle pour devenir très dangereux (Brière, 2000).

L'ion ammonium ne présente pas un caractère nocif pour la santé, mais sa présence, en particulier dans les eaux de surface, peut être considérée comme un indicateur de pollution (Potelon, 1998).

Le tableau 4 résume succinctement les sources de pollution affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface.

Tableau 4. Sources de pollution reconnues affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface (Hébert., Légaré, 2000).

Paramètres	Sources de pollution
Azote	Épandage d'engrais, rejets municipaux, fosses septiques
Conductivité	Rejets industriels, rejets miniers, rejets municipaux, ruissellement urbain
DBO ₅	Rejets municipaux, rejets industriels, activités agricoles
Matières en suspension	Activités agricoles, activités forestières, rejets industriels, rejets municipaux, ruissellement urbain
Oxygène dissous	Rejets municipaux, rejets industriels, activités agricoles
pH	Rejets industriels, rejets municipaux
Phosphore	Rejets municipaux, activités agricoles, fosses septiques, ruissellement urbain

III- Les éléments traces métalliques (ETM)

III.1. Définition

Les éléments traces métalliques sont des éléments chimiques omniprésents sur la surface terrestre à des faibles concentrations < 0,1 % (Baize, 1997). La plupart de ces éléments font partie de la famille chimique des métaux et métalloïdes (Gandois, 2009). Cependant, la classification en métaux lourds est souvent discutée, car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (par exemple le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (c'est le cas de l'arsenic qui est un métalloïde) (Burnol, 2006).

Les métaux lourds libérés dans l'environnement peuvent se déposer dans les cours d'eau et les contaminer (El yamani, 2006).

III.2. Origines naturelle et anthropique des ETM dans l'environnement

Une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement par l'intermédiaire de sources naturelles et humaines. Cette contamination a plusieurs origines, telles que la combustion des hydrocarbures fossiles, les gaz d'échappement des véhicules, l'incinération, l'activité minière, l'agriculture, les déchets urbains ; les eaux usées, les boues d'épuration et les

ordures ménagères renferment le papier, le plastique, les putrescibles, les piles et les débris de thermomètre.

Leur origine peut être également naturelle via les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion, l'infiltration... (Di Benedetto, 1997).

III.3. Contamination de l'eau par les ETM

Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux dans l'environnement, car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction, complexation, etc.). Cette évolution dépend fortement du milieu. En effet, la migration des métaux lourds vers la nappe phréatique est fonction de nombreux paramètres :

- la forme chimique initiale du métal,
- la perméabilité du sol et du sous-sol,
- la porosité du sol,
- le pH : dans un milieu acide, les métaux risquent de se solubiliser, alors que dans un milieu alcalin, ils peuvent former des hydroxydes métalliques
- l'activité biologique : certains micro-organismes ont la capacité d'ingérer des métaux, alors que d'autres les solubilisent par acidogénèse
- le potentiel redox du sol,
- la teneur en matières organiques du sol (complexation des métaux par les substances humiques).

Les principales sources de contamination de l'eau par les ETM sont : les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc. (Di Benedetto, 1997).

III.4. Les effets toxiques et écotoxiques des ETM

Les éléments traces métalliques sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont des effets majeurs sur la santé humaine (caractère toxique des substances) et/ou sur les écosystèmes (caractère écotoxique des substances) en cas d'exposition (Di Benedetto, 1997).



Vu leur toxicité à l'égard de l'environnement et de la santé publique, nous citerons dans ce cas les effets majeurs toxiques et écotoxiques des ETM.

Tableau 5. Effets majeurs toxiques et écotoxiques des éléments traces métalliques (Sparks, 1998).

Éléments traces métalliques	Effets
As	Toxique, possible cancérigène
Cd	Hypertension, dommages sur le foie
Cr	Cancérigène sous forme de Cr (VI)
Cu	Peu toxique envers les animaux, écotoxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
Hg	Toxicité chronique et aiguë
Ni	Allergies de peau, maladies respiratoires, éventuellement cancérigènes
Pb	Toxique
Se	Essentiel à faibles doses, Toxique à doses élevées
Zn	Écotoxique pour les végétaux à de fortes teneurs

IV- Les conséquences de la pollution de l'eau

IV.1. Une prolifération d'algues

Bien que la présence d'algues dans les milieux aquatiques soit bénéfique pour la production d'oxygène dissous, celles-ci peuvent proliférer de manière importante et devenir extrêmement gênantes en démarrant le processus d'eutrophisation (**Beaudouard., Gueuné, 2009**).

IV.2. L'eutrophisation

L'eutrophisation est un processus naturel très lent, mais il peut être fortement accéléré par l'apport d'effluents domestiques, industriels et/ou agricoles. La conséquence de ces apports importants en éléments nutritifs (notamment le phosphore et l'azote) est la stimulation de la croissance démesurée des algues et des plantes aquatiques. Ce processus se déroule normalement sur une période allant de plusieurs milliers à quelques dizaines de milliers d'années (**Hade, 2002**).

IV.3. 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 des bactéries et consommer naturellement de l'oxygène dissous des rivières, privant ainsi les organismes aquatiques. Parmi les substances qui entraînent une importante consommation d'oxygène, notons en particulier les sous-produits rejetés par l'industrie laitière et les déchets contenus dans les eaux usées domestiques (**Beaudouard., Gueuné, 2009**).

IV.4. La présence de produits toxiques

Rejetées sous différentes formes, ces substances provoquent deux sortes d'effets :

- 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 toxiques chez certains organismes.

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 (**Beaudouard., Gueuné, 2009**).

IV.5. Une modification physique du milieu récepteur

Le milieu peut être perturbé par des apports aux effets divers :

- Augmentation de la turbidité de l'eau (ex. lavage de matériaux de sablière ou de carrière),
 - Modification de la salinité (ex. eaux d'exhaure des mines de sel),
 - Augmentation de la température (ex. eaux de refroidissement des centrales nucléaires)
- (**Beaudouard., Gueuné, 2009**).

IV.6. La présence de bactéries ou virus dangereux

Les foyers domestiques, les hôpitaux, les élevages et certaines industries agroalimentaires rejettent des germes susceptibles de présenter un danger pour la santé.

L'ensemble des éléments perturbateurs décrits ci-dessus parvient au milieu naturel de deux façons différentes :

- Par des rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égouts,

— Par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges...)

L'introduction de rejets dans le sous-sol provoque une pollution des eaux souterraines qui est caractérisée par :

— Une propagation lente et durable (une nappe est contaminée pour plusieurs dizaines d'années)

— Une grande difficulté de résorption ou de traitement (**Beaudouard., Gueuné, 2009**).

المادة Chapitre II: Matériel et méthodes المادة



II- Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel (cf. figure 2)

Jijel est une région côtière, située au nord-est du pays, distante de 360 km de la capitale. Elle occupe une superficie de 2.396,63 km² et est composée de 11 Daïras et 28 communes.

Elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne, à l'est par la wilaya de Skikda, à l'ouest par la wilaya de Béjaïa, au sud-est par la wilaya de Mila, au sud-ouest par la wilaya de Sétif.



Figure 2. Localisation de la wilaya de Jijel (3)

II.2. Réseau hydrographique

La région côtière de la wilaya de Jijel est caractérisée par des plaines et des vallées situées principalement au nord, le long de la bande littorale. Très fortement peuplées et à fortes potentialités agricoles, elles occupent 18 % de la superficie totale de la wilaya. Les principaux oueds et nappes alluviales faisant l'objet de cette étude sont situés à l'est du chef-lieu de la

Wilaya, à savoir :

- * Nappe de l'Oued Mencha
- * Nappe de l'Oued Nil et ses affluents : oued boukaraa et oued saayoud.
- * Nappe de l'Oued Djen Djen

* Nappe de l'Oued El Kebir

Par ailleurs, d'autres nappes de moindre importance sont situées à l'ouest de la ville :

* Nappe de l'Oued Kissir.

* Nappe de l'Oued Bourchaid.

* Nappe de l'Oued Taza

* Nappe de l'Oued Ziama (A.N.R.H, 2012)

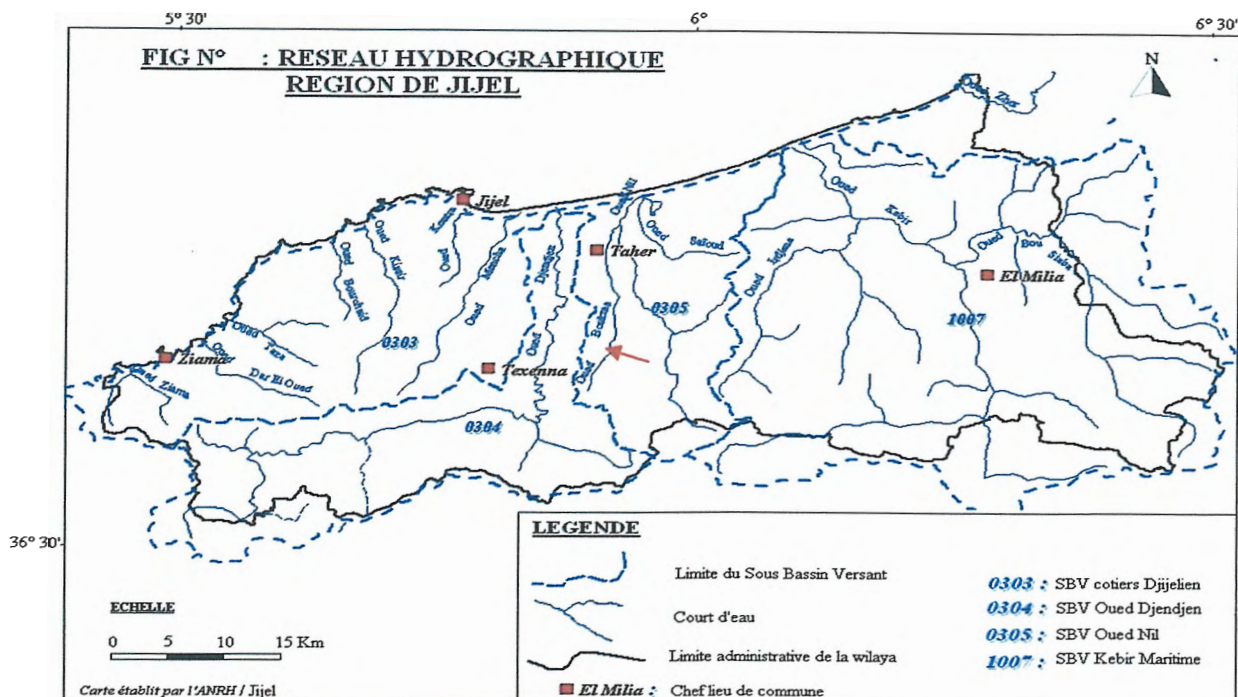


Figure 3. Réseau hydrographique de la wilaya de Jijel (A.N.R.H, 2012).

II.3. Couvert végétal

Il est composé de diverses espèces telles que le peuplier blanc (*Populus alba*), l'aulne (*Alnus incana*), les phragmites (*Phragmites australis*) qui sont omniprésents dans tous les sites d'échantillonnage, les ronces (*Rubus ulmifolius*), les Géraniacées et les graminées.

II.4. Activités socio-économiques

Vu sa localisation sur la côte et sa topographie montagneuse, la région de Jijel est connue par ses activités qui lui sont bien spécifiques telles que la pêche, la récolte du liège et l'agriculture.

La zone d'étude est localisée dans la région de Taher située à 18 km à l'est de Jijel (cf. Figure 2). La commune de Taher compte environ 81836 habitants, elle est caractérisée par une importante activité

commerciale et représente aussi le pôle industriel de la wilaya de Jijel (la zone industrielle d'Ouled Saleh, la briqueterie, la centrale thermique, l'aéroport et le port).

II.5. Aperçu climatologique de la région de Jijel

Le climat de la wilaya est de type méditerranéen, généralement considéré comme chaud et sec en été ; il est pluvieux et frais à froid en hiver. La région de Jijel appartient à l'étage humide.

II.5.1. Précipitations

L'examen du tableau 6, montre que les quantités de pluies les plus élevées sont enregistrées durant l'hiver et que les précipitations minimales sont observées en été.

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

Tableau 6. Moyennes mensuelles des précipitations en mm [2002-2011] (O.N.M, d'El Achouat)

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

P : Moyennes mensuelles des précipitations en mm

II.5.2. Température

Les données de température s'étalent sur une décennie (2002-2011) montrent que les minima de températures sont généralement enregistrés durant la saison hivernale et plus précisément durant le mois de janvier (cf. tableau 7). Les températures maximales sont observées durant la saison estivale, particulièrement au mois d'août (cf. tableau 7).

Tableau 7. Moyennes mensuelles des températures [2002-2011] (O.N.M, d'El Achouat)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T °C	11,4	11,9	13,6	16,1	19,1	22,9	25,9	26,2	23,6	20,6	15,9	12,9

T : Moyennes mensuelles des températures en °C.

II.5.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Gaussen consiste à apporter en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations et les températures, notons toutefois que les valeurs des précipitations sont le double des valeurs des températures (Guyot, 1999). L'analyse de deux paramètres climatique (précipitation et température) permet de tracer la courbe ombrothermique qui met en évidence deux périodes :

- ❖ L'une de sécheresse qui s'étale de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois de septembre
- ❖ L'autre humide s'étale du mois du septembre au mois du mai.

Tableau 8. Précipitations et températures moyennes mensuelles (2002-2011) (O.N.M, d'El Achouat)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T °C	11,4	11,9	13,6	16,1	19,1	22,9	25,9	26,2	23,6	20,6	15,9	12,9
P (mm)	143,7	103,5	99,8	81,8	49,3	17,1	4	16,2	75,3	100,8	159,2	194,1

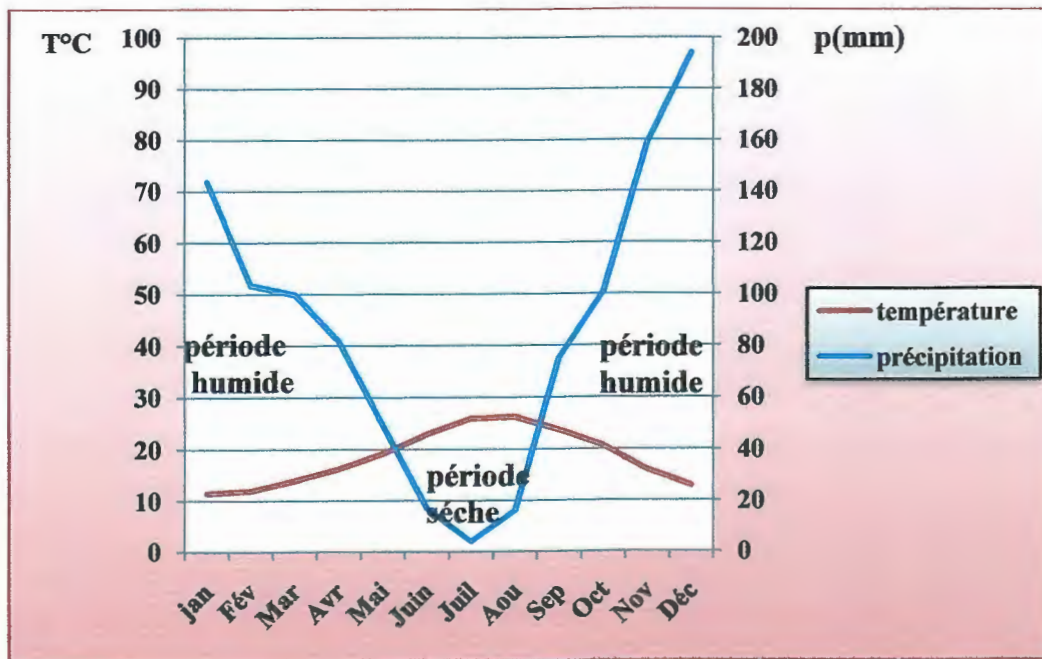


Figure 4. Diagramme ombrothermique de Gaussen (2002-2011)

II.5.4. Le vent

Le vent a une action indirecte, il agit en abaissant ou en augmentant la température suivant les cas (**Dajoz, 1985**). Il exerce une grande influence sur les êtres vivants (**Faurie et al, 2006**).

Deux types de vents dominants soufflent sur la région de Jijel :

- ❖ Le vent du nord-ouest, d'octobre à avril.
- ❖ Le vent du nord-est, entre mai et septembre.

Autre vent peu fréquent, le sirocco, vent du sud qui souffle en moyenne 24 jours/an.

Les vents dominants les plus fréquents pendant la saison balnéaire sont ceux du Nord-est qui s'étalent en moyenne sur 70 jours/an de juin à septembre. La côte présente une ouverture sur la mer au nord, donc le littoral est exposé aux vents dominants d'été sauf les parties protégées par les montagnes qui sont relativement à l'abri des bourrasques. (**Grimes, 2004**).

II.5.5. L'humidité de l'air

Elle est généralement élevée, avec des moyennes annuelles de 75 % (**O.N.M, 2012**).

II.6. Situation des sites d'études

La zone d'étude correspond à une partie de l'oued Boukaraa, qui est un affluent important de l'oued Nil. La direction de l'écoulement de cet oued est du sud au nord. Long de 25 km, environ, il se jette dans l'oued Nil, au nord de la ville de Taher. Ce dernier débouche dans la mer méditerranéenne.

Oued Boukaraa a un sous bassin versant d'une superficie de 80 km². (**D.H.W.2012**).



Figure 5. Image satellitaire d'oued Boukaraa (échelle 1/200).

Afin de mettre en relief l'impact des rejets urbains sur la qualité physico-chimique des eaux superficielles et souterraines, nous avons choisi l'oued Boukaraa, qui traverse la commune de Taher. Cette dernière compte une agglomération importante ainsi qu'une activité industrielle appréciable. Des stations d'eau souterraine (puits) ont été également choisies en vue d'apprécier le degré de contamination éventuelle des nappes (cf. figure 6)

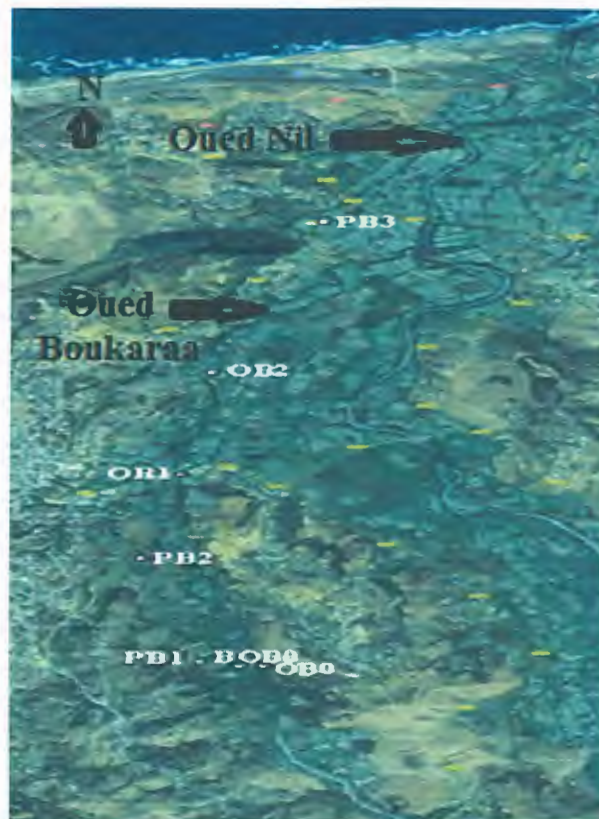


Figure 6. Localisation de la zone d'étude et des stations de prélèvement (échelle 1/200)

7 stations accessibles et représentatives de l'oued Boukaraa ont été choisies et symbolisées comme suit :

Station 1: OB₀ (Oued Boukaraa source)

Elle est située en amont de l'oued.

L'eau de cette station est claire mais son débit est très lent (station lenticque).



Figure 7. Photo de la station OB₀

Station 2: BOB₀ (bras mort situé dans la station de l'oued Boukaraa source)

Bras mort de l'OB₀.
 Cette station est lentique,
 riche en algue et présente un
 cortège floristique dense.



Figure 8. Photo de la station BOB₀

Station 3: OB₁ (oued Boukaraa, station intermédiaire)

C'est la partie intermédiaire de
 l'oued, sur ses rives se trouvent
 des terres agricoles ainsi qu'une
 briquetterie.
 La station présente un débit
 moyen.



Figure 9. Photo de la station OB₁

Station 4: OB₂ (oued Boukraa, station avale)

Située en pleine zone
 agricole, cette station est
 lotique avec un débit
 moyen.



Figure 10. Photo de la station OB₂

II.7. Échantillonnage

Un suivi mensuel des descripteurs physico-chimiques des eaux superficielles et souterraines (puits) 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.8. 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.9. Techniques de prélèvements

Dans chaque station, on a prélevé deux bouteilles 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.



Figure 14. Le prélèvement depuis un pont

Généralement pour les eaux superficielles on fait le prélèvement de l'échantillon d'eau en avançant un peu dans l'eau, assez loin des bords. Pour les eaux souterraines le prélèvement de l'eau du puits est réalisé à l'aide d'un préleveur.

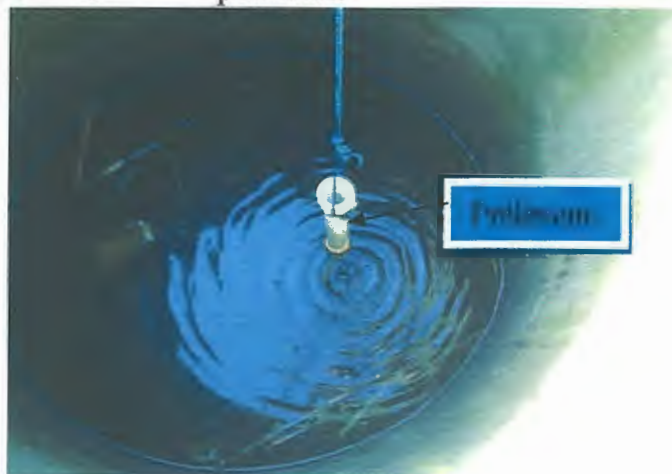


Figure 15. Le prélèvement de l'eau d'un puits

II.10. Conservation et prétraitements des échantillons avant les analyses

Mise à part les mesures réalisées *in situ*, les 14 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.

II.11. Mesures effectués sur terrain

La température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multiparamètre du type consort c 561.



Figure 16. La valise multiparamètre utilisée pour les mesures effectuées sur terrain

II.12. Nettoyage de la verrerie

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

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

II.13. Dosages effectués au laboratoire

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

-Les sels nutritifs (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , 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 DBO_5 nous permet d'apprécier la charge du milieu limnique en matières organiques biodégradables et donc la capacité auto-épuratrice de l'oued. Cette homéostasie peut être inhibée en présence de polluants toxiques dans l'eau.

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

Le rapport DCO/DBO_5 , nous permet d'évaluer la part des matières organiques biodégradables.

Si le rapport est < 3 , les matières organiques présentes 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 variations de température. Un degré de plus ou de moins peut causer la mort de nombreuses espèces sténothermes.

-le pH interfère avec d'autres paramètres de qualité dans des réactions chimiques complexes : dureté, alcalinité, etc. Un pH acide peut présenter un danger pour le milieu limnique en permettant la dissolution des métaux lourds, favorisant ainsi leur disponibilité, leur assimilation par les organismes aquatiques et leur bioconcentration dans la chaîne trophique.

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

Les diverses méthodes d'analyse adoptées pour l'estimation des différents descripteurs physico-chimiques sont résumées dans le tableau N° 9 :

Tableau 9. Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau utilisées (Rodier, 2005)

Paramètres	Unités	Méthode de dosage	Appareillages
Température	°C	Mesure directe	Thermomètre
Conductivité électrique	$\mu\text{S. cm}^{-1}$	Mesure directe	Conductimètre
pH	/	Mesure directe	pH-mètre
Nitrate	mg.l^{-1}	En présence de salicylate de sodium, les nitrates du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune sont susceptibles d'un dosage spectrophotométrique.	Spectrophotomètre à U.V
Nitrite	mg.l^{-1}	Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion d'ammonium et du phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite ;	Spectrophotomètre à U.V
Ortho-phosphate	mg.l^{-1}	En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.	Spectrophotomètre à U.V 
Ammonium	mg.l^{-1}	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.	Spectrophotomètre à U.V
Éléments traces métalliques	$\mu\text{g. l}^{-1}$	Les échantillons de l'eau sont acidifiés par l'acide nitrique jusqu'à un pH inférieur à 2, puis filtrés à l'aide d'un papier filtre et stockés dans un réfrigérateur à 4 °C jusqu'au dosage.	La SAA 
DBO ₅	mg.l^{-1}	Dans une enceinte hermétique, on met à incuber l'échantillon à une température égale à 20 °C. Les échanges gazeux sont contrôlés, durant l'analyse, les bactéries consomment l'oxygène contenu dans l'eau et celui-ci est remplacé par l'oxygène contenu dans le volume gazeux, le gaz carbonique rejeté lors de l'oxydation biologique des matières organiques, sera fixé par un le NaOH contenu dans le bouchon spécial.	Appareil manométrique de DBO 
DCO	mg.l^{-1}	La DCO se fait essentiellement avec le bichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dans une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 portée à ébullition à reflux pendant 2 heures (à température 150 °C) en présence d'ions Ag^+ (Argent) comme catalyseur d'oxydation et de sulfate mercurique permettant de complexer les ions chlorures.	Réacteur DCO 10119 



*Chapitre III: Résultats
et discussion*



III. Dispersion spatio-temporelle des descripteurs physico- chimiques

III.1. Les eaux superficielles

III.1.1. Température

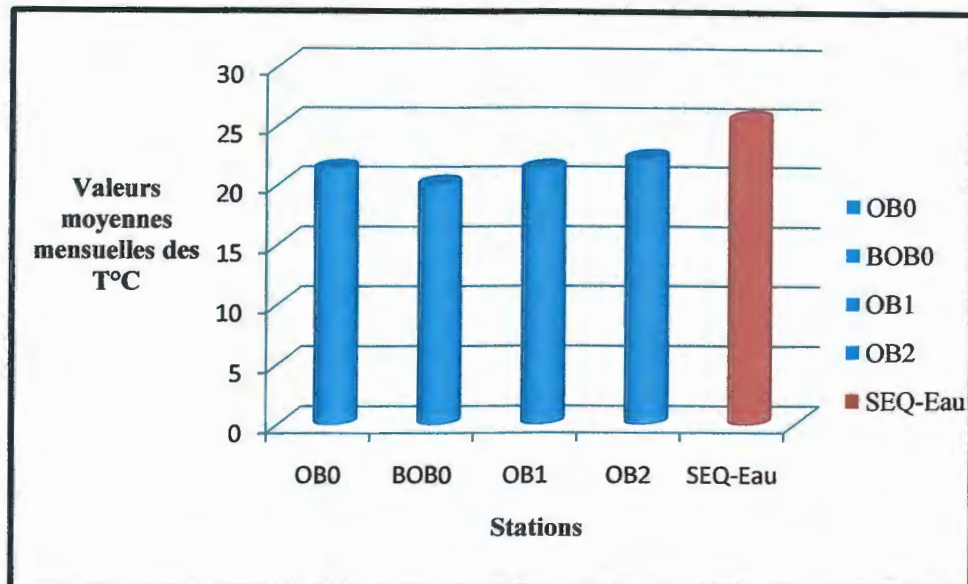


Figure 17. Variations spatio-temporelles des températures des eaux superficielles

Les valeurs moyennes mensuelles des T°C fluctuent entre 20°C à 22,2°C. Elles semblent être constantes pour toutes les stations, exception faite pour la station BOB₀. Cependant toutes les valeurs restent dans la limite préconisée par le SEQ-Eau (2003). L'eau présente une bonne aptitude à la biologie.

III.1.2. Le pH

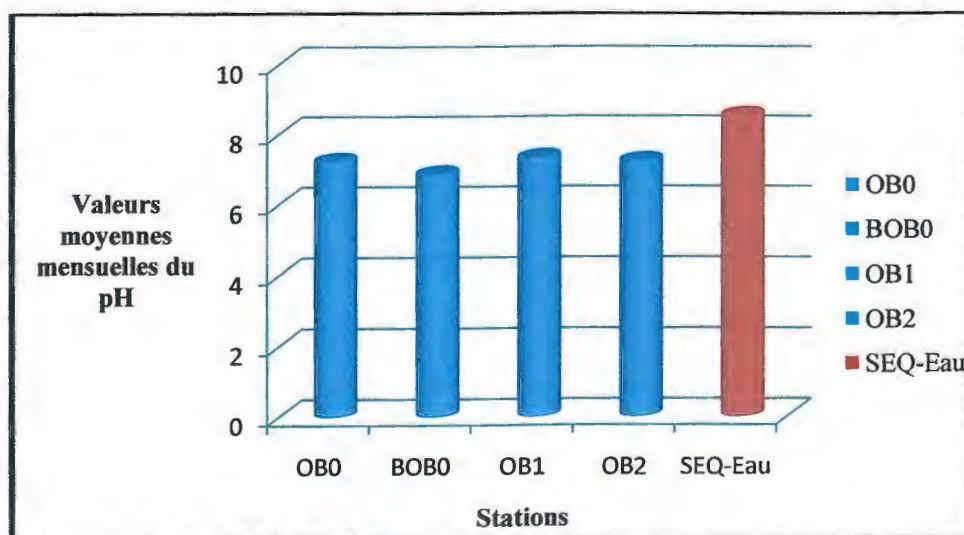


Figure 18. Variations spatio-temporelles du pH des eaux superficielles

Les valeurs du pH varient de 6,83 à 7,3 durant les trois campagnes d'échantillonnage. Toutes les stations semblent avoir un pH neutre à légèrement basique sauf la station BOB₀ qui est un peu plus acide. Cette légère acidité peut être attribuée à la dégradation des matières organiques qui libère des acides organiques faibles. Néanmoins, les valeurs du pH restent dans les normes du SEQ-Eau (2003). L'eau a une bonne aptitude à la biologie.

III.1.3. Conductivité électrique (CE)

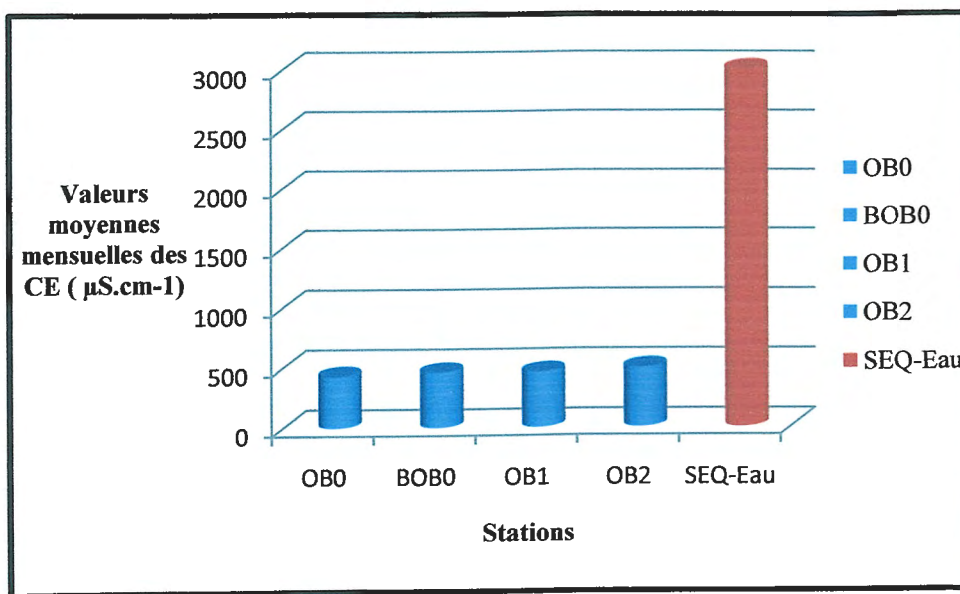


Figure 19. Valeurs de la conductivité électrique enregistrées des eaux en fonction des différentes stations

D'après la figure 19, nous constatons que toutes les valeurs de CE sont bien en dessous de la limite recommandée par le SEQ-Eau (2003). Les valeurs obtenues durant les trois campagnes d'échantillonnage oscillent entre 428,33 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ à 493 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. L'eau présente une bonne aptitude aux usages.

III.1.4. Sels nutritifs (nutriments)

III.1.4.1. Ammonium (NH_4^+)

Les teneurs moyennes mensuelles en azote ammoniacal paraissent faibles durant toute la période de l'étude (cf. figure 20). Elles fluctuent de 0,07 mg.l^{-1} pour BOB₀ à 0,2 mg.l^{-1} pour OB₂. Dans les conditions naturelles, la teneur en sels dissous augmente de l'mont à l'aval de l'oued, ce qui explique la teneur relativement élevée en ammonium de la station OB₂, située en aval de l'oued Boukaraa. Cependant, toutes les concentrations obtenues en azote ammoniacal restent dans les normes du SEQ-Eau. L'eau est de très bonne aptitude à la vie biologique vis-à-vis de ce descripteur.

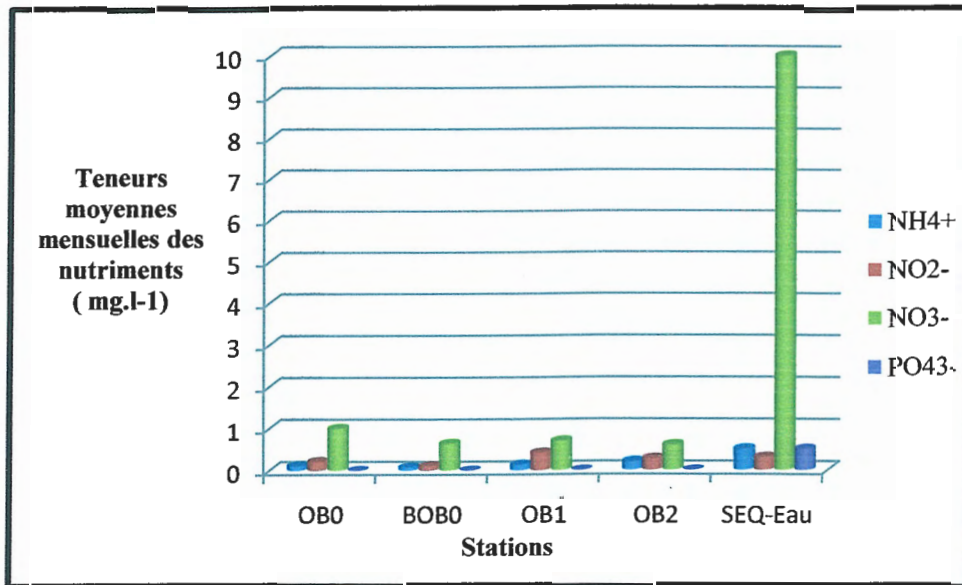


Figure 20. Concentrations moyennes mensuelles des nutriments des diverses stations

III.1.4.2. Nitrites (NO₂⁻)

Les concentrations en NO₂⁻ de toutes les stations restent dans les normes de l'ABH (0,3 mg.l⁻¹) et du SEQ-Eau, exception faite de la station OB₁ où les teneurs en NO₂⁻ dépassent les normes et confèrent à l'eau une aptitude passable à la biologie.

III.1.4.3. Nitrates (NO₃⁻)

Le taux le plus élevé en NO₃⁻ a été trouvé dans la station OB₀ (1 mg.l⁻¹) et la concentration la plus basse (0,6 mg.l⁻¹) a été enregistrée dans la station OB₂. Toutefois, ces concentrations restent faibles dans toutes les stations et bien en dessous des normes algériennes (ABH: 25 mg.l⁻¹) et du SEQ-Eau. L'eau présente une excellente qualité par rapport à la biologie.

III.1.4.4. Les orthophosphates (PO₄³⁻)

Dans toutes les stations, les concentrations des phosphates sont nulles, ce qui nous semble paradoxal. 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 H₂PO₄⁻ et HPO₄²⁻ 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).

III.1.5. Les matières organiques

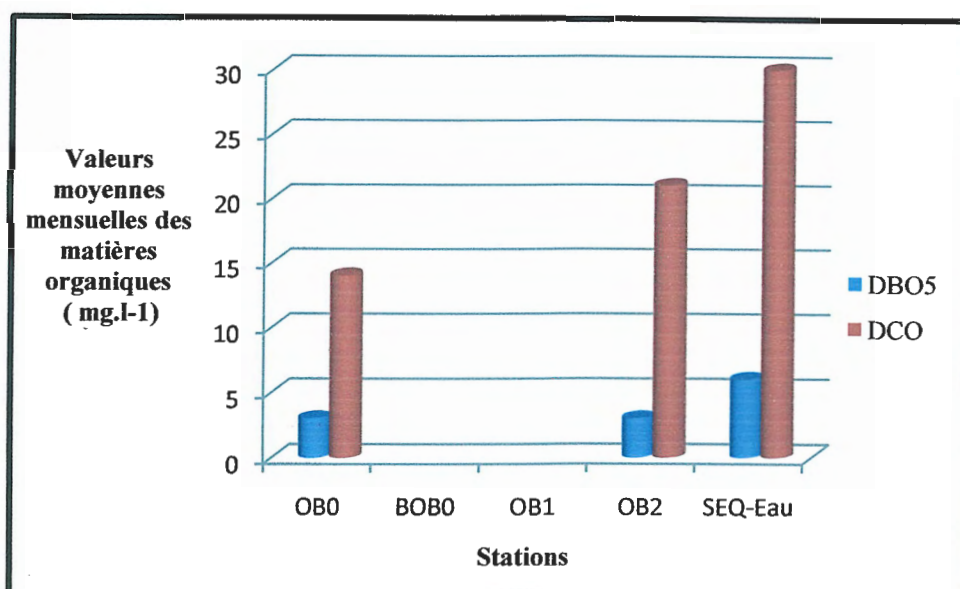


Figure 21. Concentrations moyennes mensuelles des matières organiques des diverses stations dans les eaux de surfaces

III.1.5.1. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les teneurs en matières organiques biodégradables que représente la DBO₅ sont dans les limites préconisées par le SEQ-Eau et confère à l'eau une très bonne aptitude à la biologie.

III.1.5.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques qui peuvent être oxydées chimiquement, mais pas biologiquement. La DCO augmente de l'amont à l'aval de l'oued Boukaraa (cf. Figure 21), ce qui semble logique puisque dans son parcours l'oued transporte divers alluvions se trouvant sur son passage. Cependant, la DCO reste dans les limites de l'ABH (25 mg.l⁻¹) et du SEQ-Eau (30 mg.l⁻¹) et confère à l'eau une bonne aptitude à la biologie.

Faute de moyens la DBO₅ et la DCO des stations de BOB₀ et OB₁ n'ont pas été faites.

III.1.6. Les éléments traces métalliques (ETM)

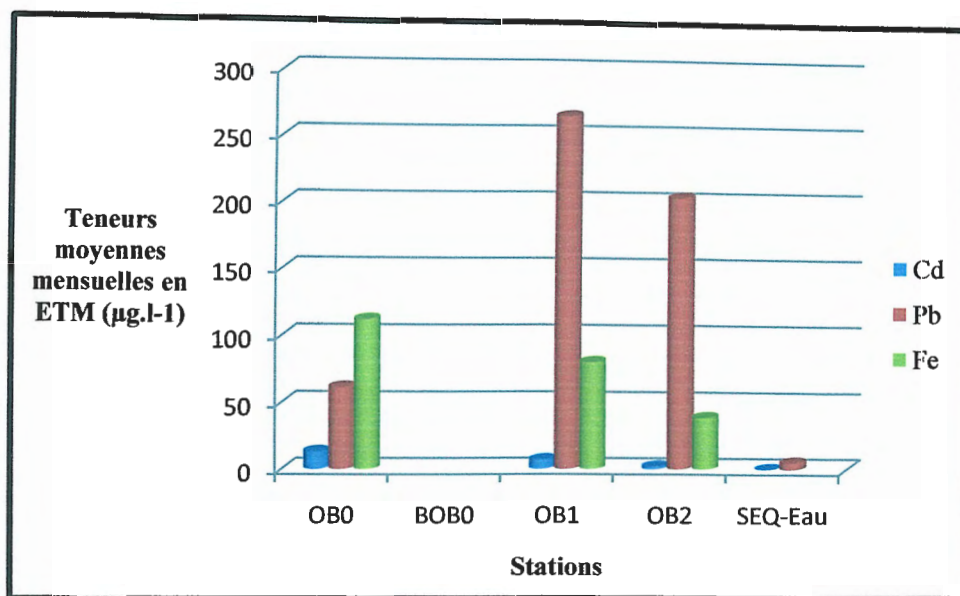


Figure 22. Concentrations des ETM des diverses stations des eaux superficielles

De manière générale, nous constatons que les teneurs en ETM sont très élevées dans la plupart des stations étudiées et dépassent de loin le SEQ-Eau (cf. Figure 22).

III.1.6.1. Le cadmium

Les concentrations en Cd varient de 2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour la station OB₂ à 13 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour la station OB₀. Selon le SEQ-Eau, l'eau est de très mauvaise qualité pour l'aptitude à la biologie et aux différents usages (production d'eau potable) vis-à-vis le Cd.

III.1.6.2. Le plomb

Les concentrations très élevées en Pb (61,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à 265,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$) attribuent à l'eau une mauvaise qualité par rapport à la vie biologique et aux usages (production d'eau potable et aquaculture).

III.1.6.3. Fer total

En tant qu'élément biogène, aucune limite n'a été fixée par le SEQ-Eau (2003).

Faute de moyens, nous n'avons pas pu doser les ETM de la station BOB₀.

III.2. Les eaux souterraines

III.2.1. Température

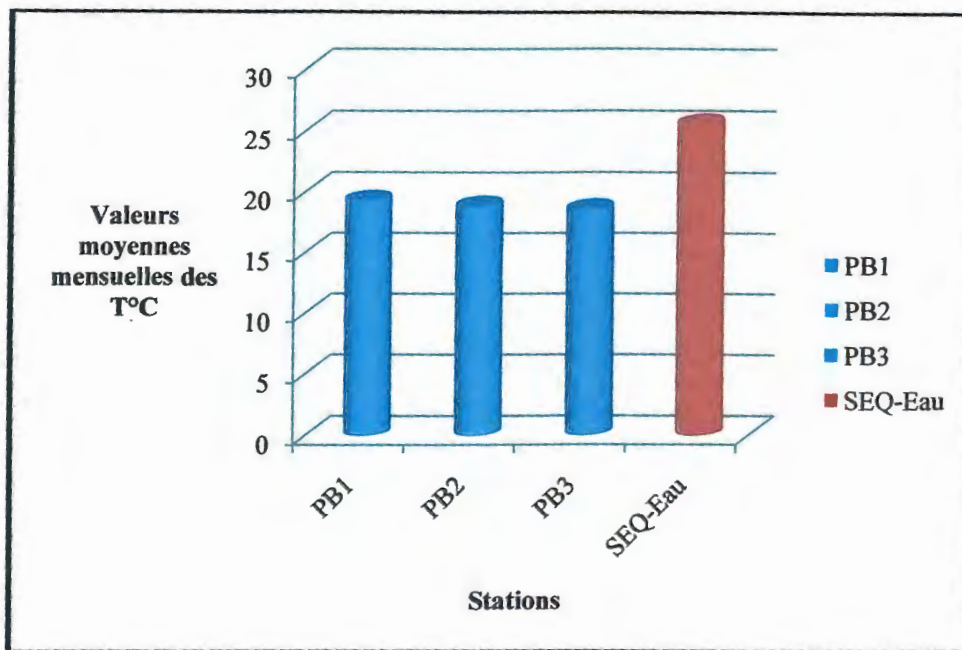


Figure 23. Variations spatio-temporelles des températures des eaux souterraines d’oued Boukaraa

Les températures enregistrées dans les eaux des différents puits fluctuent de 18,52°C à 19,23°C. Cependant elles restent dans la limite fixée par le SEQ-Eau souterraine (25,5°C) et confèrent à l’eau une bonne aptitude à la vie biologique.

III.2.2. pH

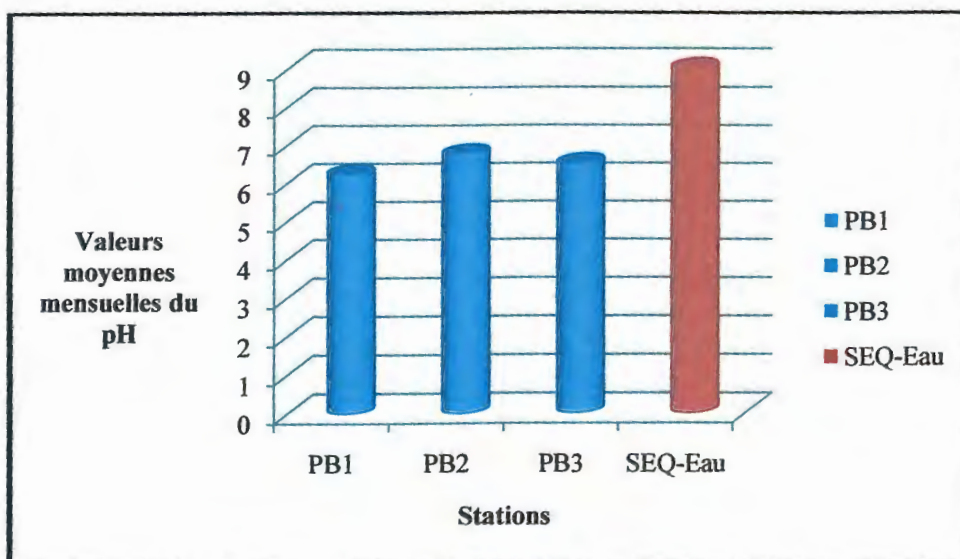


Figure 24. Variations spatio-temporelles du pH des eaux souterraines d’oued Boukaraa

Le pH des eaux souterraines est acide et varie de 6,22 à 6,75. Cependant, il reste dans la norme fixée par le SEQ-Eau souterrain.

III.2.3. Conductivité électrique

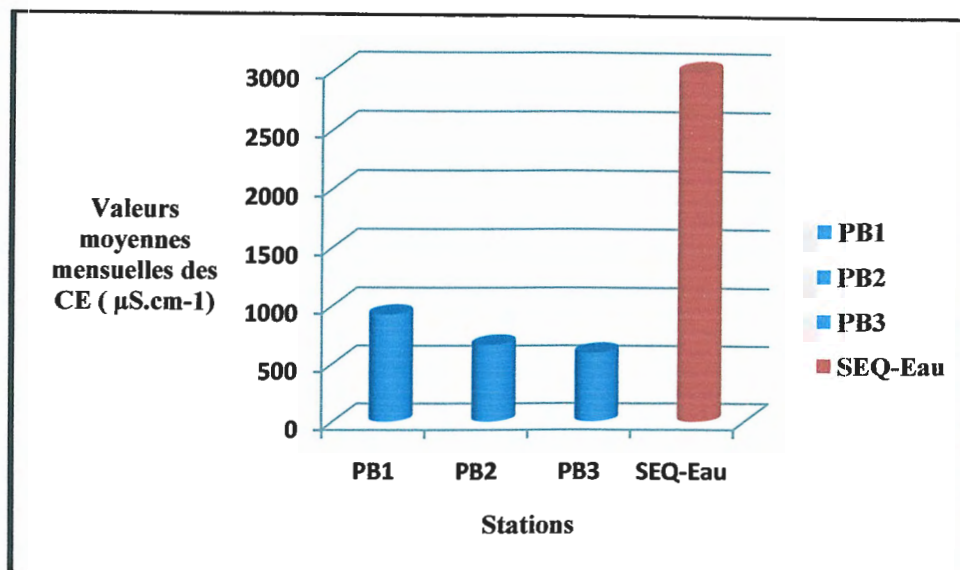


Figure 25. Valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans les eaux souterraines d'oued Boukaraa

Les valeurs moyennes mensuelles des CE varient de $595 \mu\text{S.cm}^{-1}$ à $922 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Elles sont dans la limite du SEQ-Eau souterrain et confèrent à l'eau une bonne aptitude aux usages (production d'eau potable).

III.2.4. Les sels nutritifs

III.2.4.1. Ammonium

Les concentrations en azote ammoniacal dans les différents puits restent relativement faibles et se rontent dans la limite du SEQ-Eau souterrain. L'eau présente un très bon potentiel à héberger un grand nombre de taxons polluo-sensibles, avec une diversité satisfaisante.

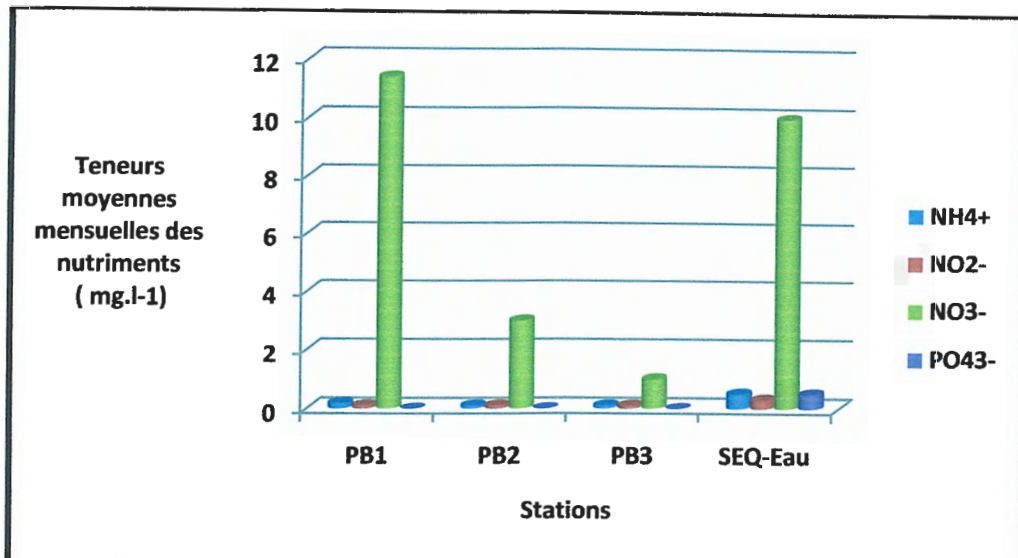


Figure 26. Concentrations moyennes mensuelles des nutriments des diverses stations

III.2.4.2. Nitrites

Les concentrations en nitrites sont faibles ($0,1 \text{ mg.l}^{-1}$) et constantes dans toutes les stations. Selon le SEQ-Eau souterrain, l'eau présente une bonne aptitude aux activités biologiques.

III.2.4.3. Nitrates

Les concentrations en nitrates varient de 1 mg.l^{-1} à $11,41 \text{ mg.l}^{-1}$. L'eau du puits PB1 a enregistré la concentration la plus élevée en NO_3^- et excède ainsi, la limite du SEQ-Eau souterrain. L'eau est donc, de composition proche de l'état naturel, mais détection d'une contamination d'origine anthropique. Cette dernière est probablement due à l'utilisation des engrais tels que : amonitrate, NPK, etc.

III.2.4.4. Les orthophosphates

Aucune trace de phosphates n'a été détectée dans les trois puits.

III.2.5. Les matières organiques

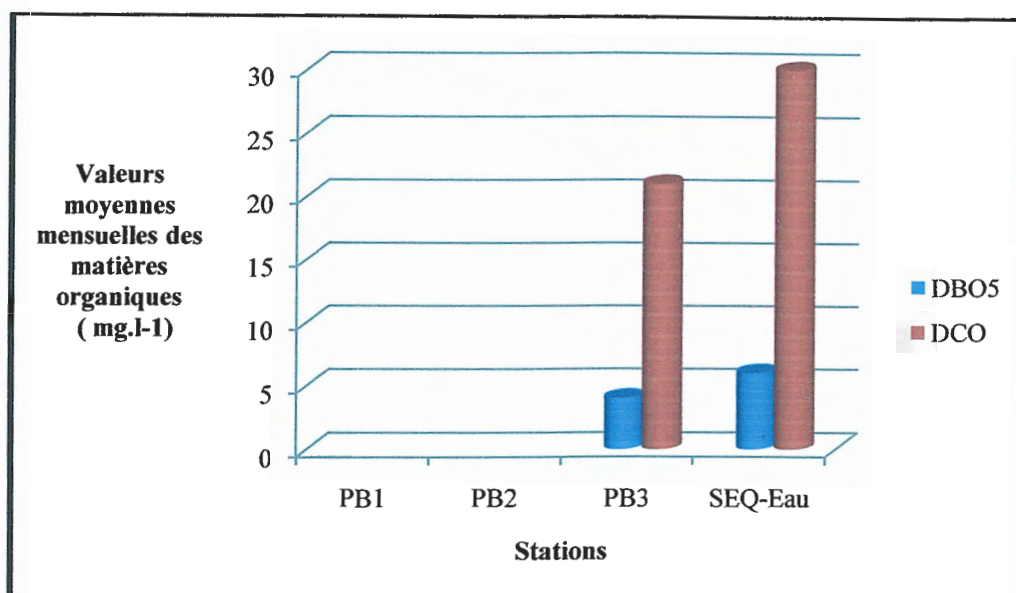


Figure 27. Concentrations moyennes mensuelles des matières organiques des eaux souterraines d'oued Boukaraa

III.2.5.1. Demande biochimique en oxygène

La valeur de la DBO₅ (4 mg.l⁻¹) de la station PB₃ reste dans la norme du SEQ-Eau et confère à l'eau une bonne aptitude à la biologie.

III.2.5.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO avec 21 mg.l⁻¹ reste dans les limites du SEQ-Eau (cf. Figure 27) et confère à l'eau une bonne aptitude à la vie biologique.

Faute de moyens, la DBO₅ et la DCO des stations PB₁ et PB₂ n'ont pas été faites.

III.2.6. Les éléments traces métalliques

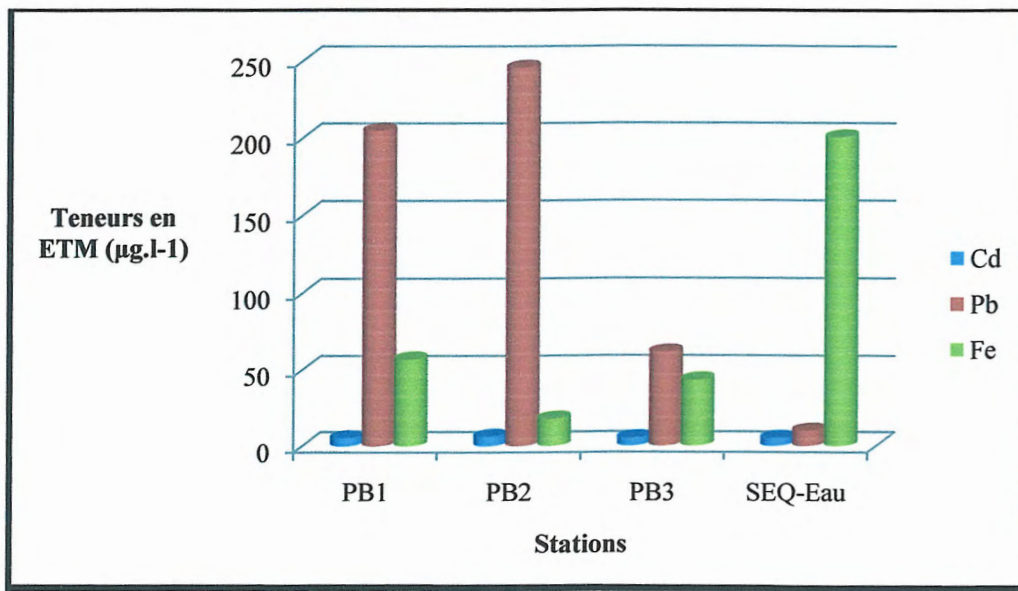


Figure 28. Concentrations des ETM des diverses stations des eaux souterraines

III.2.6.1. Le cadmium

Les concentrations en Cd varient de 5 µg.l⁻¹ pour les stations PB₁ et PB₃ à 6 µg.l⁻¹ pour la station PB₂. La teneur en Cd dans cette dernière station dépasse la limite du SEQ-Eau et attribue à l'eau un très mauvais potentiel biologique.

III.2.6.2. Le plomb

Les eaux des trois puits sont altérées par le Pb et plus particulièrement le puits PB₂ (245,1 µg.l⁻¹) et PB₁ (204,2 µg.l⁻¹). Selon le SEQ-Eau souterrain, ces eaux ont un mauvais potentiel biologique et sont impropres à l'irrigation, à l'abreuvement des animaux.

III.2.6.3. Le Fer total

Nous notons également, des concentrations relativement élevées en Fe, particulièrement dans la station PB₁. Cependant, ces teneurs restent dans les limites recommandées par le SEQ-Eau souterrain.



Conclusion générale



Conclusion générale

Sur la base des résultats préliminaires obtenus, nous pouvons dire que la plupart des eaux superficielles présentent une bonne aptitude à la biologie et aux usages. La majorité des paramètres physico-chimiques ($T^{\circ}C$, pH, CE, NH_4^+ , NO_3^- , DBO_5 , DCO) sont dans les normes recommandées par le SEQ-Eau et de l'ABH. Néanmoins, une altération par les NO_2^- a été trouvée dans la station intermédiaire de l'oued Boukaraa (OB_1) dont l'eau présente un potentiel passable à la vie biologique. Cette situation pourrait être expliquée par le faciès lentique de la station, qui favorise l'installation des conditions réductrices.

En égard aux concentrations en ETM, nous constatons que toutes les stations sont sujettes à une contamination métallique. Les eaux des stations OB_1 et OB_2 sont principalement altérées par le plomb tandis que la station OB_0 est plus souillée par le Cd. Le potentiel biologique des eaux et leurs aptitudes aux usages (production d'eau potable et aquaculture) sont mauvais par rapport au Pb à très mauvais vis-à-vis du Cd.

Les eaux souterraines paraissent de manière générale, exemptes de contamination. 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 vis-à-vis aux usages (production d'eau potable).

Cependant, nous signalons la présence d'une contamination par les nitrates au niveau du puits PB_1 . Sachant que cette station intermédiaire de l'oued Boukaraa se trouve dans un terrain agricole, cette pollution pourrait être attribuée à l'utilisation des engrais chimiques.

Tous les puits subissent une contamination plombique, ce qui rend leurs eaux de mauvaise qualité par rapport à la biologie et vis-à-vis aux usages (irrigation et abreuvement des animaux).

Le puits de l'oued Boukaraa aval, présente également une contamination au Cd, ce qui attribue à son eau une très mauvaise aptitude à la biologie.

Enfin, nous pouvons avancer, à priori et de manière globale, que les eaux superficielles et souterraines de l'oued Boukaraa présentent une bonne qualité physico-chimique. Cependant, elles ne sont pas à l'abri d'une contamination par les ETM, principalement le Pb et le Cd qui leur confèrent une mauvaise qualité. Cette contamination métallique peut avoir pour principale origine l'utilisation des engrais chimiques car les terres agricoles s'étendent largement sur les deux rives de l'oued et dans moindre mesure l'activité artisanale (briqueterie et autres).

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 réaliser plus d'analyses sur une période plus étalée. 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.

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.



Références

bibliographiques



Références bibliographiques

- AESN., 2005. L'eau sur la terre réalisé par l'agence de l'eau Seine Normandie, 26p
- A.N.R.H., 2012. Etat actuel des ressources hydriques dans les plaines côtières de la wilaya de Jijel réalisé par l'agence nationale des ressources Hydrauliques, direction (A.N.R.H), 7p.
- Baize D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols Français, Edition INRA, Paris, 408p.
- Beaudouard L., Gueuné M., 2009. Les cours du CNED 137P.
- Bechac J.P., 1983. Traitement des eaux usées, Edition Eyrolles, 34p.
- Blum A., 2004. L'état des eaux souterraines en France : Aspects quantitatifs et qualitatifs, 34p.
- Bordet J., 2007. L'eau dans son environnement rural : hydraulique et cycle de l'eau, l'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations, Edition johanet, Paris, 309p
- Boudoukhana H., 2008. Impacts des margines sur les eaux d'oued Bouchtata, wilaya de Skikda, mémoire de magister, université de Skikda, 101p
- Bouziaini M., 2000. L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun. 137p.
- Brière F.G., 2000. Distribution et collecte des eaux, Montérial, 2^{ème} Edition, revue et corrigée, 123p.
- Burnol A., 2006. Eléments traces métalliques, guide méthodologique : recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines, 119p.
- Burton G., Pitt R., 2001. Stormwater effects hand books, a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers.CRC/ Lewis publishers, 875p
- Cardot C., 1999. Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques et biologiques, Edition Marketing ellipses, Paris, 11p.
- Castany G., 1965. Unité des eaux de surface et des eaux souterraines, principe fondamental de la mise en valeur des ressources hydrologiques, 30p.
- Collin J.J., 2004. Les eaux souterraines, connaissance et gestion, Edition BRGN, France, 56p.
- Dajoz R., 1985. Précis d'écologie, Edition Dunod, Paris, 505p.
- Decaux A., 2000. Pollution des eaux superficielles et solution de traitement 44p.

- De villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général, Institu Bruxellois pour la gestion de l'environnement / observatoire des données de l'environnement (fiche 2), 16p.
- D.H.W., 2012.** Direction hydraulique de la wilaya de Jijel.
- Di Bendetto M., 1997.** Méthode spectrométriques d'analyse et de caractérisation, 49p.
- El yamani M., 2006.** Environnement et milieux : qualité des eaux, rapport, 6p.
- Faurie C., Ferra C., Medori P., Devaux J & Hempinne J-L., 2006.** Écologie : Approche scientifique et pratique, Edition Tec & Doc, Paris, 407p.
- Gandois L., 2009.** Dynamique et bilan des éléments traces métallique (ETM) dans les écosystèmes forestiers français (Thèse de doctorat de l'université de Toulouse) 245p.
- Genin B., Cavvin C., Menarod F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques (pollution- méthode-IBGN), 2ème Edition Educagri, France Dijon, 221p.
- Grimes S., 2004.** Le tourisme environnemental et l'aménagement urbain du littoral « Cas de la ville de Jijel », mémoire de Magistère, université de Mentouri, Constantine, 192p.
- Groxlaude G., 1999.** L'eau : usage et polluants, Tom2, Edition Dunod, Paris, 208p.
- Guyot G., 1999.** Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2^{ème} Edition, Dunod, Paris, 525p.
- Hade A., 2002.** Nos lacs- les connaître pour mieux les protéger. Edition Fides, 360p.
- Hébert S., Légaré S., 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. 24p
- Kandel R., 1998.** Les eaux du ciel, Edition Hachette, Paris, 231p.
- Lacroix G., 1991.** Lacs et rivières milieux vivants, Edition Bordas, 255p.
- Lafferrière M., 1988.** Contamination des puits privés dans un secteur de culture intensive de pomme de terre (st-Arsène et les environs), Sciences et technique de l'eau, 269p.
- Leemans M., Bawin C., Bellon J., 2002.** Livre bleu (tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées, 2^{ème} Edition, Berlin, 72p.
- Lounnas A., 2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Mémoire de magister, université de Skikda, 92p.
- Masson., 1988.** Grille de qualité des eaux, Edition Gauthier-Villards, Paris, 286p.
- Mc Kinney M., 2002.** Urbanization, biodiversity and conservation, Biosci, 890p.

- Mulliss R., Revitt D., Shutes R., 1997.** The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. Water Sci, Technol, 199p.
 - O.N.M., 2012.** Office national de la station météorologique.
 - Partrick S., 2003.** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition Techni-cités, 109p.
 - Percheron D., 2009.** Guide technique de la mare, 39p.
 - Potelon J.L., 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable, Edition la lettre du cadre territorial, France, 253p.
 - Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et de l'environnement, Edition Ediscience international, Paris, 516p.
 - Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Edition CRDP d'aquitaine, Scéren, France, 420p.
 - Rodier J., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Edition Dunod, Paris, 1383p.
 - Rodier J., 2005.** Analyse de l'eau naturelle et des eaux résiduaires et eaux de mers, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1394p
 - Salghi R., 2002.** Différents filières de traitements des eaux, université Ibn Zohr école nationale des sciences appliquée d'Agadir, 22p.
 - Sauvage S., 2009.** Transferts multi-polluants dans les eaux de surface : rôle des paramètres hydro-morphologiques et physico- chimiques, Université de Liège, Institut Scientifique et Technique de Lisbonne. 20p
 - Savary P., 2003.** Guides des analyses de la qualité de l'eau. Editions Techni Cités, France. 283p.
 - Segarra J., 2007.** Une ressource indispensable : l'eau quelques documents complémentaires, Edition Hachette.84p
 - Sparks D., 1998.** Environmental soil chemistry. Academic press, 267p.
- Sites internet consultés**
- 1-<http://www.sante-environnement-travail.fr>.
 - 2-<http://www.lenntech.fr/eaudesurface-sol.htm>.
 - 3- http://www.el-milia-mico.org/pages/Wilaya_de_Jijel-1334841.html.



Annexes



Annexe 1

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

➤ Prélèvement

Conserver l'échantillon à 4°C et effectuer le dosage le plus rapidement possible après le prélèvement dans un délai ne dépassant pas 48 heures.

➤ Matériel spécial

Laver la verrerie avec une solution d'acide chlorhydrique à 5%, la rincer à l'eau distillée.

➤ Réactifs

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

-solution chlorée :

Hydroxyde de sodium en pastilles.....	20g
Citrate trisodique.....	380g
Acide dichlorocyanurique.....	1000ml

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

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

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

Conserver cette solution au réfrigérateur.

-solution de nitroprussiate et de phénol :

Phénol.....	35g
Nitroprussiate de sodium.....	0,4g
Eau distillée.....	1000ml

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

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

Chlorure d'ammonium.....	297mg
Eau distillée.....	1000ml

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

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

➤ **Établissement de la courbe d'étalonnage**

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

N° des fioles	T	1	2	3	4	5	6
solution fille étalon à 1mg.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 :

1 ml de solution de nitroprussiate de sodium et de phénol

1 ml de solution chloré

Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6 heures au moins. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur 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.

2-Dosage des nitrites (NO_2^-) (Méthode de réactif de ZAMBELLI)

Matériels utilisés

- Les béchers
- Les pipettes
- Les pipteurs
- Les spatules
- La balance

Le spectrophotomètre

- Le bain-marie
- la Cuve

Réactifs

- ✓ Ammoniaque pure $d= 0,925$
- ✓ Réactif de ZAMBELLI :(qsp : 100ml)
- Acide chlorhydrique (Hcl)26 ml
- Acide sulfanilique.....0,5 g
- Phénol cristallisé0,75g
- Chlorure d'ammonium13,5g
- Eau distillée (exempte d'ion NO_2^-).....62.5ml
- ✓ Nitrite de sodium.

Mode opératoire

1-préparation du réactif de ZAMBELLI

Introduire dans une fiole de jaugee de 100 ml, l'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution. Après refroidissement ajuster le volume solution à 100 ml avec de l'eau distillée.

2-préparation de la solution mère étalon de NO_2^- à 0,23 g /l :

- nitrite de sodium.0.0345g
- Eau fraîchement distillée.....100ml

3-préparation de la solution fille étalon de NO_2^- à 0,0023g /l :

Amener 1ml de la solution mère à 100 ml avec de l'eau distillée.

4-Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Dans une série de fiole de jaugees à 50 ml et numérotés, introduire successivement en agitant après chaque addition :

N° des fioles solutions	T	1	2	3	4	5
	Solution fille étalon à 0,0023g/l (ml)	0	1	5	10	15
Eau distillée (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de ZAMBELLI (ml)	2	2	2	2	2	

Attendre 10 minutes et ajouter:

Ammoniaque pure (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO_2^-	0	0,046	0,23	0,46	0,69	0,92

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

Construire la courbe d'étalonnage.

5-Essai

- Prélever 50ml d'eau à analyser, ajouter 2ml de réactif de ZAMBELLI. Agiter et laisser au repos 10minutes. Ajouter ensuite 2ml d'ammoniaque pure et 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.

6-Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO_2^- , exprimée en milligrammes par litre d'eau.

3-Dosage des nitrates (NO_3^-) (méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire):

Matériels utilisés

- ✓ Les béchers.
- ✓ Les pipettes
- ✓ Les pipeteurs
- ✓ Les spatules
- ✓ La balance
- ✓ Le spectrophotomètre
- ✓ Le bain-sable
- ✓ La cuve

▪ Réactifs

- ✓ Solution de salicylate de sodium à 1%.
- ✓ Acide sulfurique concentré ($d = 1,84$).
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium :
 - Hydroxyde de sodium..... 20 g.
 - Sel disodique de l'EDTA.....5 g
 - Eau permutée..... 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 100ml.

- ✓ Solution d'azoture de sodium :
 - Azoture de sodium..... 50 mg.
 - Eau permutée..... q.s.p.100 ml.

- ✓ Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/L :
 - nitrate de potassium anhydre72 ,2 mg.
 - eau permutée..... q.s.p. 1 00 ml.

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

Amener 5 ml de la solution mère à 1 00 ml avec de l'eau permutée.

▪ Mode opératoire

1. Établissement de la courbe d'étalonnage

- Dans une série de béchers de 50 ml, introduire successivement :

N° des béchers					
solutions	T	1	2	3	4
Solution fille étalon d'azote nitrique 5 mg/l (ml)	0	1	2	5	10
Eau permutée (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 puis évaporer à sec dans une étuve Portée à 75-80 °C .Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélangé puis évaporer. Laisser refroidir.

Repandre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau permutée puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin.

Construire la courbe d'étalonnage.

2. Essai

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

3. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO₃), multiplier ce résultat par 4,43.

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

➤ Réactifs

– Solution d'acide sulfurique ($d = 1,84$) à 15 % environ en volume.

– Solution de molybdate d'ammonium à 40 g.l^{-1}

Filtrer si nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4°C .

– Solution d'acide ascorbique à 20 g.l^{-1} :

-acide ascorbique.....2 g.

-eau permutée..... q.s.p. 100 ml.

A préparer chaque jour

– Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à $2,8 \text{ g.l}^{-1}$:

-tartrate double d'antimoine et de potassium0,28 g.

-eau permutéeq.s.p. 100 ml

– Réactif :

-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.

Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C .

– **Solution mère étalon à 50 mg.l^{-1} de phosphore :**

-dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100°C ... 219,7 mg

-eau distillée.....q.s.p. 100 ml.

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

– **Solution fille étalon à 1 mg.l^{-1} de phosphore :**

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

▪ Établissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

N° des fioles	T	1	2	3	4	5
solution étalon de phosphore à 1mg (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (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 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25 ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectromètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1 cm. 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

1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

- **Expression des résultats**

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.

5- Demande chimique en oxygène :

▪ Réactifs utilisés :

- Eau distillée.
- Sulfate mercurique en cristaux (complexant de Cl-).
- Sel de Mohr (0,125N).
- Dichromate de potassium 0,25 N.
- Acide sulfurique concentré
- Ferroïne

▪ Mode opératoire :

Dans un tube rodé de 250 ml, introduire 0,4 g de sulfate mercurique, puis 20 ml d'échantillon, 10 ml de la solution de dichromate (lentement) et 30 ml d'acide sulfurique. Agiter pour bien homogénéiser. Installer le reflux. On préparera donc en même temps: un blanc d'eau distillé et 4 échantillons et mettre à chauffer à 150°C pendant 2 heures. Après refroidissement récupérer l'ensemble avec précaution en rinçant et rassemblant bien tous les résidus. Ajouter 6 gouttes de ferroïne. Titrer par le sel de Mohr contenu dans la burette. Observer les changements de la coloration. Le point équivalent correspond au virage du bleu-vert au rouge-brun. Noter le volume de sel de Mohr de burette et en déduire le titre de la solution.

▪ Expression des résultats :

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en mg/l d'oxygène.

$$\text{DCO (mg/l)} = (b-a) \frac{800N}{X} \text{ FC}$$

b : Volume de solution de sel de Mohr pour le blanc

a : volume de sel de Mohr pour l'échantillon

N : Normalité de sel de Mohr

X : volume de l'échantillon examiné

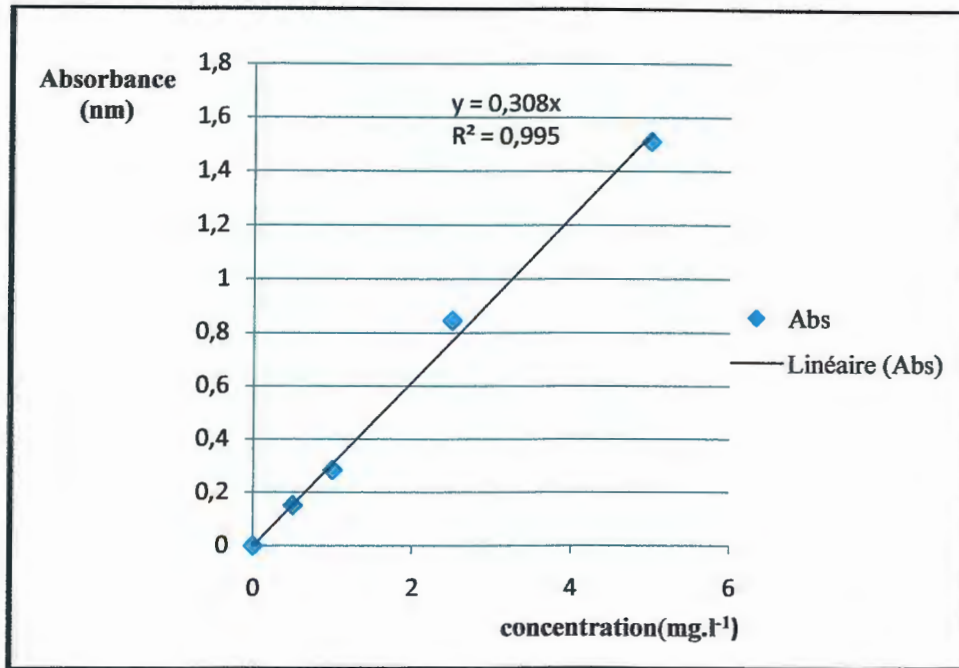
FC : Facteur de correction = $\frac{20}{n}$ (n : le volume effectivement utilisé)

6- Demande biochimique en Oxygène

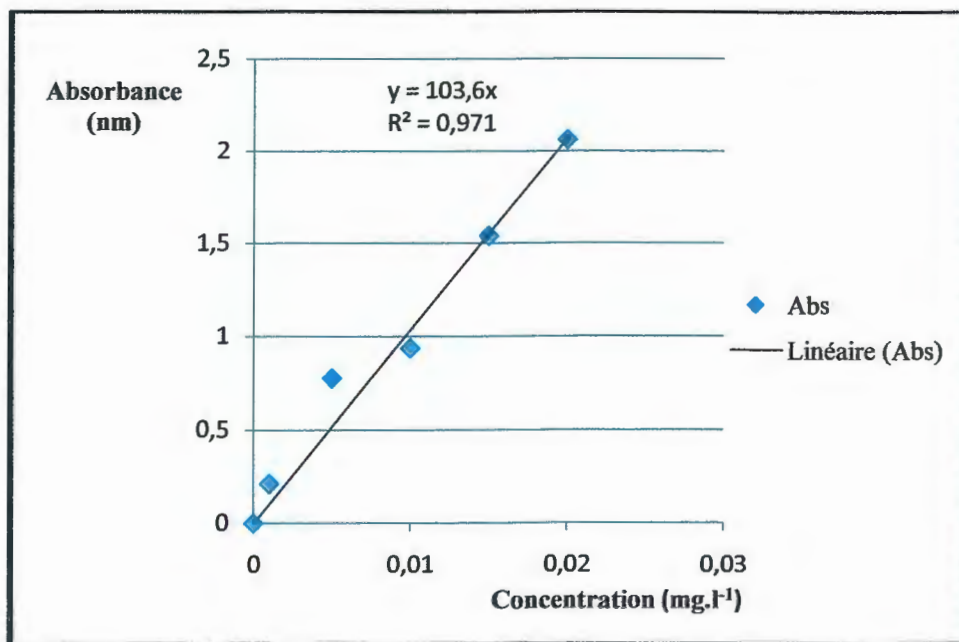
▪ Mode opératoire:

- Mesurer un volume de l'échantillon (250 ml)
- Placer le contenu dans les flacons
- Mettre 6 pastilles de NaOH dans les flacons, puis remettre les bouchons.
- Presser sur les touches M et S jusqu'à affichage du double zéro (M et S sont des mémoires qui enregistrent respectivement la DBO5 et la DBO journalière).
- Introduire les flacons dans l'incubateur, à une température de 20°C.
- Après 5 jours faire la lecture en appuyant sur les touches M et S.

3-La courbe d'étalonnage de nitrate



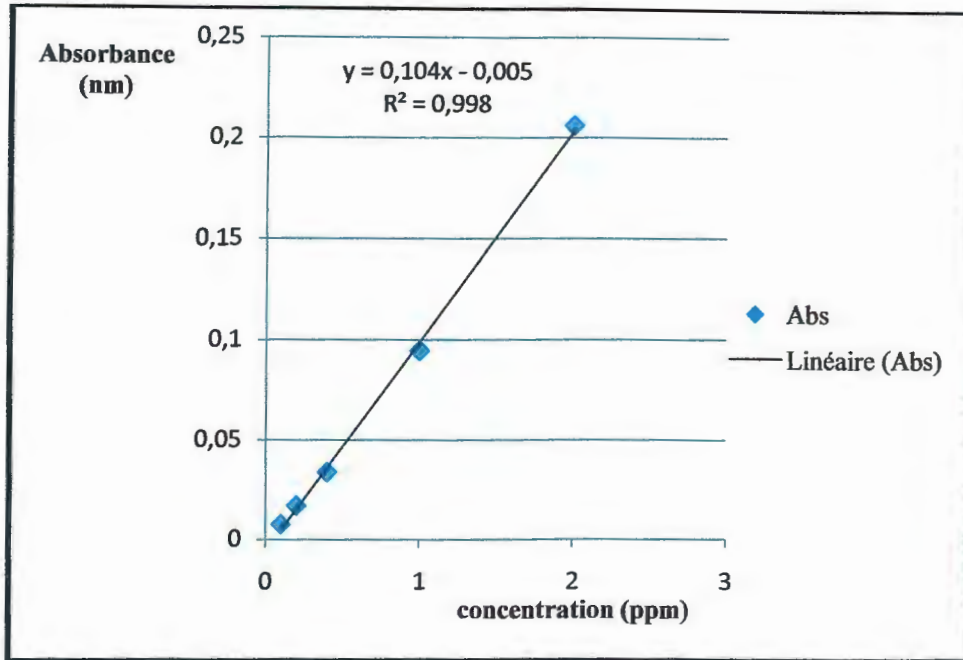
4-La courbe d'étalonnage des orthophosphates



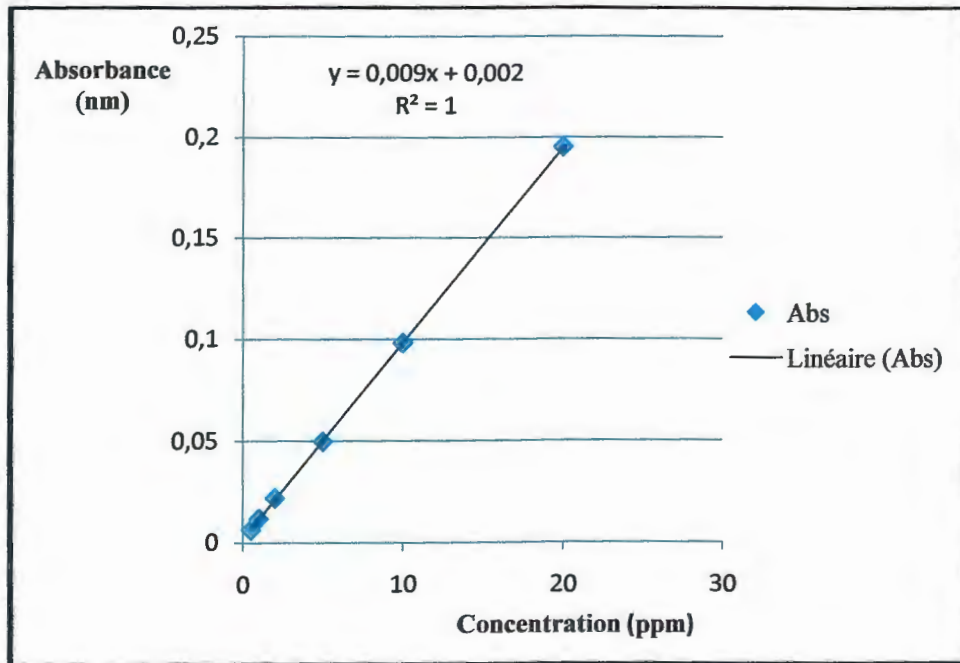
Annexe 3

-Courbes d'étalonnage des métaux lourds.

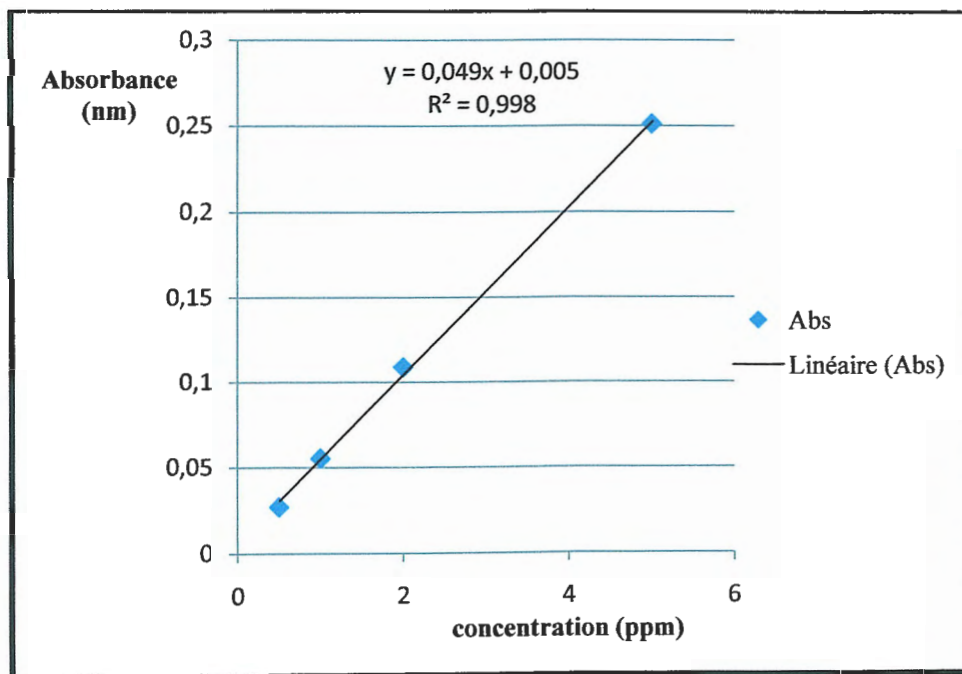
1-La courbe d'étalonnage du cadmium



2-La courbe d'étalonnage du plomb



3- La courbe d'étalonnage du fer :



Annexe 4

1-Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux étudiées durant la première campagne

Stations Descripteurs	Les eaux superficielles				Les eaux souterraines		
	OB0	BOB0	OB1	OB2	PB1	PB2	PB3
T (°C)	17,55	17,6	16,55	16,4	17,6	17,6	17,65
pH	5,64	5,55	5,61	5,58	5,43	5,51	5,45
Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	387	511	345,5	398	1035	739	633,5
NH_4^+ (mg.l^{-1})	0,032	0,02	0,101	0,015	0,057	0,024	0,02
NO_2^- (mg.l^{-1})	0,401	0,151	0,401	0,356	0,138	0,149	0,138
NO_3^- (mg.l^{-1})	0,873	0,846	0,925	0,984	15,64	0,723	0,501
PO_4^{3-} (mg.l^{-1})	0	0	0	0	0	0	0
DB O_5 ($\text{mgd}'\text{O}_2.\text{l}^{-1}$)	2	/	/	2	/	/	2
DCO ($\text{mgd}'\text{O}_2.\text{l}^{-1}$)	10	/	/	23,5	/	/	16,5

2-Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux étudiées durant la deuxième campagne

	Les eaux superficielles				Les eaux souterraines		
Stations Descripteurs	OB0	BOB0	OB1	OB2	PB1	PB2	PB3
T (°C)	21,4	19,1	21,3	25,5	19,7	18,6	17,9
pH	7,93	7,43	8,01	7,97	6,48	7,22	6,67
Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	422	418	470	540	910	650	510
NH_4^+ (mg.l^{-1})	0.213	0.102	0.085	0.486	0.167	0.174	0.133
NO_2^- (mg.l^{-1})	0,01	0,017	0,248	0,357	0,017	0,014	0,002
NO_3^- (mg.l^{-1})	0.617	0.771	0.905	0.628	12.95	1.41	2.031
PO_4^{-3} (mg.l^{-1})	0	0	0	0	0	0	0
DBO_5 ($\text{mgd}'\text{O}_2.\text{l}^{-1}$)	2	/	/	3	/	/	1
DCO ($\text{mgd}'\text{O}_2.\text{l}^{-1}$)	17,5	/	/	18	/	/	25
Cd ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	12,9	/	7	2	5	6	5
Pb ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	61,3	/	265,5	204,2	204,2	245,1	61,3
Fer ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	111,8	/	80,4	39,2	56,9	17,7	43,2

3-Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux étudiées durant la troisième campagne

	Les eaux superficielles				Les eaux souterraines		
Stations Descripteurs	OB0	BOB0	OB1	OB2	PB1	PB2	PB3
T (°C)	25	23,1	26,1	24,7	20,4	20,1	20
pH	7,98	7,5	8,25	7,95	6,76	7,51	7,33
Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	476	445	560	540	820	600	640
NH_4^+ (mg.l^{-1})	0.045	0.081	0.215	0.019	0.282	0.012	0.093
NO_2^- (mg.l^{-1})	0,046	0,024	0,591	0,089	0,004	0,143	0,021
NO_3^- (mg.l^{-1})	0.43	0.302	0.243	0.145	5.632	6.878	0.2
PO_4^{3-} (mg.l^{-1})	0	0	0	0	0	0	0
DB O_5 ($\text{mgd'O}_2.\text{l}^{-1}$)	5	/	/	4	/	/	9

4- Valeurs moyennes mensuelles des paramètres physico-chimique d'eau utilisée

Stations Descripteurs	Les eaux superficielles				Les eaux souterraines		
	OB0	BOB0	OB1	OB2	PB1	PB2	PB3
T (°C)	21,32	20	21,32	22,2	19,23	18,77	18,52
pH	7,2	6,83	7,3	7,2	6,22	6,75	6,5
Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	428,33	458	459	493	922	663	595
NH_4^+ (mg.l^{-1})	0,1	0,07	0,13	0,2	0,17	0,1	0,1
NO_2^- (mg.l^{-1})	0,2	0,1	0,41	0,27	0,1	0,1	0,1
NO_3^- (mg.l^{-1})	1	0,64	0,7	0,6	11,41	3	1
PO_4^{3-} (mg.l^{-1})	0	0	0	0	0	0	0
DBO_5 ($\text{mgd'O}_2.\text{l}^{-1}$)	3	/	/	3	/	/	4
DCO ($\text{mgd'O}_2.\text{l}^{-1}$)	14	/	/	21	/	/	21
Cd ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	13	/	7	2	5	6	5
Pb ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	61,3	/	265,5	204,2	204,2	245,1	61,3
Fer ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	112	/	80,4	39,2	56,9	17,7	43,2

Annexe 5

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

I- classe d'aptitude à la biologie

Classe d'aptitude →	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude →	80	60	40	20	
Température (°C)					
1 ^{ère} catégorie	20	21,5	25	28	
2 ^{ème} catégorie	24	25,5	27	28	
pH					
min	6,5	6	5,5	4,5	
max	8,2	9	9,5	10	
NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	2				
NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)	0,03	0,3	0,5	1	
NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	0,1	0,5	2	5	
PO ₄ ⁻³ (mg.l ⁻¹)	0,1	0,5	1	2	
DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	3	6	10	25	
DCO (mg.l ⁻¹ O ₂)	20	30	40	80	
Cadmium (µg.l ⁻¹)					
Dureté faible	0,001	0,01	0,1	0,37	
Dureté moyenne	0,004	0,04	0,37	1,3	
Dureté forte	0,009	0,09	0,85	3	
Plomb (µg.l ⁻¹)					
Dureté faible	0,21	2,1	21	100	
Dureté moyenne	0,52	5,2	52	250	
Dureté forte	1	10	100	500	

II- classe d'aptitude aux usages

Classe d'aptitude →	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude →	80	60	40	20	
Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)					
min	180				
max	2500	300	3500	4000	
pH					
min	6,5				
max	9				
NO_3^- (mg.l^{-1})	50				
NH_4^+ (mg.l^{-1})	0,5		1,5	4	
DBO_5 ($\text{mg.l}^{-1}\text{O}_2$)	3		10	20	
DCO ($\text{mg.l}^{-1}\text{O}_2$)	6		20	40	
Cadmium ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	5				
Plomb ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	10		50		

III- Classes et indices de qualité de l'eau par altération

Classe d'aptitude →	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude →	80	60	40	20	
Température (°C)					
1 ^{ère} catégorie	20	21,5	25	28	
2 ^{ème} catégorie	24	25,5	27	28	
pH					
min	6,5	6	5,5	4,5	
max	8,2	9	9,5	10	
Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)					
min	180	120	60	0	
max	2500	3000	3500	4000	
NO_2^- (mg.l^{-1})	0,03	0,3	0,5	1	
NH_4^+ (mg.l^{-1})	0,1	0,5	2	5	
PO_4^{3-} (mg.l^{-1})	0,1	0,5	1	2	
NO_3^- (mg.l^{-1})	2	10	25	50	
DBO_5 ($\text{mg.l}^{-1}\text{O}_2$)	3	6	10	25	
DCO ($\text{mg.l}^{-1}\text{O}_2$)	20	30	40	80	
Plomb ($\mu\text{g.l}^{-1}$)					
Dureté faible	0,21	2,1	21	50	
Dureté moyenne	0,52	5,2	27	50	
Dureté forte	1	10	30	50	
Cadmium ($\mu\text{g.l}^{-1}$)					
Dureté faible	0,001	0,01	0,1	0,37	
Dureté moyenne	0,004	0,04	0,37	1,3	
Dureté forte	0,009	0,09	0,85	3	

Grille d'évaluation de la qualité des eaux établie par l'agence Française de l'eau (2003) (SEQ - Eaux Souterraines version 01)

-Les différentes classes d'aptitude pour l'usage production d'eau potable.

Paramètres	unités	optimale	passable	mauvaise	Très mauvaise
pH		$\geq 6,5$ et $\leq 8,5$	$> 6,5$ et ≤ 9	< 6.5 et ≥ 5.5 Ou > 9.0 et ≤ 9.5	< 5.5 Ou > 9.5
Conductivité	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	≥ 180 et ≤ 400	> 400 et ≤ 2500	< 180 ou > 2500 et ≤ 4000	> 4000
NO_2^-	mg.l^{-1}	0,05	0,1	0,7	
NH_4^+	mg.l^{-1}	0,05	0,5	4	
NO_3^-	mg.l^{-1}	25	50	100	
Fer	$\mu\text{g.l}^{-1}$	50	200	10000	
Plomb	$\mu\text{g.l}^{-1}$	5	10	50	
Cadmium	$\mu\text{g.l}^{-1}$	1	5		

-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
NH₄⁺	mg.l⁻¹	< 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
PO₄⁻³	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
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

Etude physico-chimique et dosages de quelques ETM des eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale de l'oued Boukaraa (Taher, Jijel)

Résumé

Notre étude se focalise sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de surface et souterraines de l'oued Boukaraa, situé dans la ville de Taher.

Sept stations représentatives et accessibles de l'oued ont été sélectionnées.

Un suivi mensuel des descripteurs physico-chimiques de l'eau a été effectué durant trois mois (11 avril au 19 juin 2012).

Les résultats préliminaires obtenus, montrent que la plupart des stations superficielles et souterraines sont de bonne qualité.

Cependant une contamination métallique par le pb et le Cd a été bien mise en évidence dans les eaux superficielles et souterraines.

Mots-clefs : Qualité de l'eau, paramètres physico-chimiques, ETM dans l'eau, oued Boukaraa.

Abstract

Our study focus on the evaluation of the physico-chemical quality of the ground water and surface water of the valley of Boukaraa situated in Taher.

Seven representative and accessible stations of the valley were selected.

A monthly follow up of the physico-chemical descriptives of water was done during three months (from the 11th of April to the 19th of June 2012)

The primary results obtained shows that the majority of the ground water and surface water stations are of a good quality.

However, it's evident that there is a metallic contamination of pb and Cd in the ground water and surface water.

Word-keys: Quality of water, physico-chemical standards, metallic trace elements in water, valley of boukaraa.

ملخص

دراستنا تركز على تقييم النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية والجوفية لواد بوقرعة الواقع بمدينة الطاهير.

وقد تم اختيار سبع محطات لهذا الغرض. المتابعة الشهرية للمعايير الفيزيوكيميائية للماء تمت خلال ثلاثة اشهر (من 11 افريل الى غاية 19 جوان), حيث تبين النتائج الأولية المحصل عليها ان نوعية اغلبية المياه السطحية والجوفية للمحطات المدروسة جيدة. و مع ذلك فقد تجلى جيدا وجود تلوث معدني بواسطة الرصاص والكاديميوم في كل من المياه السطحية والجوفية.

الكلمات المفتاحية: نوعية المياه, معايير فيزيوكيميائية, المعادن الثقيلة في المياه, واد بوقرعة.