

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohamed Seddik Ben Yahia - Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم الأرض و الكون

Géo/Eau, Env. 07/15

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option : Eau et Environnement

Thème

01
01

La mobilité des Métaux lourds dans les eaux et les sédiments d'Oued Nil (Wilaya de JIJEL, NE Algérien)

Membres de Jury

Président : F. KESSASRA

Examineur : S. MAHDID

Encadrant : DROUCHE A.M.



Présenté par:

Khellaf Zeyneb

Mechakkef Besma

Année Universitaire 2014-2015

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Table de matière

Remerciement

Résumé

Table de matière

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Abréviation

SOMMAIRE

Introduction Générale

Chapitre I: Géographie

Introduction.....	1
I.1. Situation géographique.....	1
I.2. Localisation de la zone d'étude.....	1
I.3.Climat.....	3
I.4. Végétation.....	4
I.5. L'Agriculture.....	4
I.6. L'industrie.....	4
I.7. L'activité socio-économique.....	5
I.8. Réseau hydrographique.....	5
Conclusion	6

Chapitre II: Géologie

Introduction	7
II.1. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne...	7
II.1.1.Formation du domaine kabyle.....	8

II.1.1.1.Le socle kabyle.....	8
II.1.1.2. La couverture sédimentaire.....	9
II.2. Formation du domaine des flyschs	10
II.2.1. Le flysch maurétanien	10
II.2.2. Le flysch massylien	10
II.3. Formation du domaine tellien	11
II.3.1. Nappes épi-telliennes.....	11
II.3.2. Nappes méso-telliennes	11
II.3.3.Nappes infra-telliennes	11
II.4.Flysch numidien	11
II.5.Formation post-nappes.....	12
II.5.1. Les marnes du miocène	12
II.5.2. Les formations détritiques du pliocène	12
II.6. Les formations quaternaires	12
II.6.1. Les dunes de sables	12
II.6.2. Les alluvions	13
II.7.Les roches magmatiques	13
II.8.Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie	13
II.8.1. Tectonique anté-Oligocène	13
II.8.2. Tectonique Miocène.....	13
II.9. Géologie du site	14
II.10. Stratigraphique	15
II.10.1. Terrain sédimentaire	15
II.10.1.1. Quaternaire	15
II.10.1.2. Tertiaire	16
II.10.1.3.Terrains métamorphiques	16
Conclusion.....	17

Chapitre III: Hydro climatologie

Introduction.....	18
III.1. Aperçue générale sur le climat d'Algérie	19
III.2. Les précipitations.....	19
III.2.1. Répartition interannuelle des précipitations.....	20
III.2.2. Répartition moyenne mensuelle.....	20
III.3. La température.....	21
III.4. L'humidité relative	22
III.4.1. Humidité relative moyenne annuelle.....	22
III.4.2. Humidité relative moyenne mensuelle.....	23
III.5. Le climat de la région	23
III.5.1. Le climat – gramme de L. Emberger	23
III.5.2. Indice de De. Martonne	24
III.5.3. Méthode de H. Gaussen et F. Bernoul	25
III.6. Bilan hydrique.....	26
III.6.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	26
III.6.2. Evapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement (De)...	29
III.6.3. Détermination du ruissellement et de l'infiltration.....	29
Conclusion	30

Chapitre IV: Hydrogéologie

Introduction.....	31
IV.1. Les formations aquifères	31
IV.1.1. Les formations dunaires.....	31
IV.1 .2.Les alluvions du Quaternaire	31
IV.2.Etablissement et interprétation des cartes piézométriques.....	32
IV.2.1.Inventaire des points d'eau.....	32
IV.2.2. Etude de la piézométrie de la nappe alluviale	33

IV.2.2.1.cartes piézométriques 2012-2013.....	34
IV.2.2.2.Carte piézométrique avril 2015.....	35
IV.3.Etablissement de la carte de la perméabilité.....	37
IV.4.La carte de la transmissivité.....	38
Conclusion.....	39

Chapitre V: Hydrochimie et pollution

Partie I: bibliographie sur la remobilisation des métaux lourds dans les eaux de surface et les sédiments

V.I. Généralités sur les cours d'eau	40
V.I.1. Les différentes parties d'un cours d'eau.....	40
V.I.2. Les différents types de cours d'eau.....	40
V.I.3. Les différents facteurs influant sur la qualité des cours d'eau...	41
V.II. La pollution métallique de l'eau	42
V.III. Généralité sur Les métaux lourds (ETM)	42
V.III.1.Définition	42
V.III.2. Origines.....	43
V.IV. Les principaux métaux lourds	44
V.IV.1. Cadmium (Cd)	44
V.IV.2. Chrome (Cr)	44
V.IV.3. Cuivre (Cu)	45
V.IV.4. Fer (Fe)	46
V.IV.5. Manganèse (Mn)	46
V.IV.6. Plomb (Pb)	47
V.IV.7. Zinc (Zn)	48

Partie II : Matériels et Méthodes

V.V. Localisation des sites de prélèvement des eaux et des sédiments.....	50
V.VI.Les paramètres mesurés in situ.....	50

V.VII. Modes de prélèvements.....	52
V.VII.1. Prélèvement de l'eau.....	52
V.VII.1.1. Prélèvement manuel sur le terrain.....	53
V.VII.1.2. Transport des échantillons.....	53
V.VII.1.3. Conservation et prétraitement des échantillons avant analyse..	53
V.VII.1.4. Préparation de l'eau pour le dosage des métaux lourds	53
V.VII.2. Prélèvement du sol.....	54
V.VII.2.1. Conditionnement du matériel de laboratoire.....	54
V.VII.2.2. Préparation des échantillons du sol.....	54
V.VII.3. Extraction des métaux lourds totaux.....	54
V.VII.3.1. Principe.....	54
V.VII.3.2. Mode opératoire	54
V.VII.4. Le principe de la spectrométrie d'absorption atomique (AAS)....	55

Partie III : résultats et Discussions

V.VIII. Résultats et interprétations.....	57
V.VIII.1. Les paramètres physico-chimiques.....	57
V.VIII.1.1. Température (T°C)	57
V.VIII.1.2. Potentiel d'hydrogène (PH)	57
V.VIII.1.3. Conductivité électrique (CE)	58
V.VIII.1.4. Oxygène dissous (O2)	59
V.VIII.2. Les ETM	59
V.VIII.2.1. Dans L'eau	59
V.VIII.2.1.1. Le Plomb(Pb)	59
V.VIII.2.1.2. Le Cadmium (Cd)	61
V.VIII.2.1.3. Le Fer (Fe)	62
V.VIII.2.2. Dans les sédiments.....	64
V.VIII.2.2.1.Le plomb (Pb)	64

V.VIII.2.2.2. Le Cadmium (Cd)	65
V.VIII.2.2.3. Le Fer (Fe)	67
V.IX. Discussion.....	68
V.IX.1. Les ETM dans les eaux de surfaces.....	68
 V.IX.1.1.Le plomb (Pb)	68
 V.IX.1.2. Le Cadmium (Fe)	69
 V.IX.1.3. Le Fer (Fe)	69
V.IX.2. Dans les sédiments.....	69
 V.IX.2.1.Le plomb (Pb)	70
 V.IX.2.2. Le Cadmium (Cd)	70
 V.IX.2.3. Le Fer (Fe)	71
Conclusion	71
Conclusion Générale	
Référence bibliographique	
Annexe	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (1) : Caractéristiques géographiques de la station climatique.....	18
Tableau (2) : Les différents paramètres du climat – gramme de Emberger.....	24
Tableau (3) : la précipitation et la température moyenne.....	25
Tableau (4) : Calcul de l’ETP suivant la formule de CW Thornthwaite.....	27
Tableau(5) : Le bilan hydrologique.....	38
Tableau (6) : Valeurs du gradient Hydraulique.....	36
Tableau (7) : contenu des roches en éléments traces.....	43
Tableau(8) : Tableau(8) : Teneurs naturelles (ppm) dans les sédiments secs (AEAP, 1990) et niveau de contamination.....	70

LISTES DES FIGURES

Figure1 : Carte administrative du Nord Algérien.....	1
Figure2: La localisation de la zone d'étude.....	2
Figure 3 : le bassin versant d'Oued Nil et ces sous bassin	3
Figure 4 : Photos montre l'agriculture adoptée dans la région d'étude.....	4
Figure 5 : le réseau hydrographique des quatre sous bassin versant d'Oued Nil.....	5
Figure 6: Schéma structural de la méditerranée occidentale...	7
Figure 7 : Schéma structural de la petite Kabylie	8
Figure 8: Coupe synthétique donnent l'allure de l'édifice structural de la petite Kabylie.....	12
Figure 9 : Schéma structural simplifié montrant les différentes unités tectoniques des régions deTexenna-Tabellout-Djimla ...	14
Figure 10 : Esquisse géologique de la région de Jijel.....	15
Figure 11 : Carte de la situation géographique de la station de Taher	18
Figure 12 : Carte pluviométrique de la région de Jijel.....	19
Figure 13: Variation interannuelle des précipitations.....	20
Figure 14 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles.	21
Figure 15 : Histogramme des températures moyennes mensuelles.	22
Figure 16 : Variation annuelle de l'Humidité relative moyenne....	22
Figure 17: Histogramme d'humidité relative moyenne mensuelle.	23
Figure 18 : Diagramme Ombrothermique de la plaine d'Oued Nil.	25
Figure19 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite.....	28
Figure 20 : Carte d'inventaire 2012-2013.....	32
Figure 21 : Carte d'inventaire 2015.....	33
Figure 22 : Carte piézométrique (2012).....	34
Figure 23 : Carte piézométrique(2013).....	34
Figure 24 : Carte piézométrique (2015).....	35

Figure 25: carte de perméabilité.....	37
Figure 26 : carte de transmissivité.....	38
Figure27 : carte des sites de prélèvement.....	50
Figure 28: Méthode de calcul.....	52
Figure 29 : Température des différentes stations.....	57
Figure 30 : PH des différentes stations.....	58
Figure 31:Conductivité des différentes stations.....	58
Figure32 : Oxygène dissous des différentes stations.....	59
Figure33 : Concentration de Pb à oued Saayoud.....	59
Figure34 : Concentration de Pb à oued Boukaraa.....	60
Figure 35 : Concentration de Pb à oued Nil.....	60
Figure 36: Concentration de Cd à oued Saayoud.....	61
Figure37: Concentration de Cd à oued Boukaraa.....	61
Figure38 : Concentration de Cd à oued Nil.....	62
Figure39 : Concentration de Fe à oued Saayoud.....	62
Figure40: Concentration de Fe à oued Boukaraa.....	63
Figure41: Concentration de Fe à oued Nil.....	63
Figure42: Concentration de Pb à oued Saayoud.....	64
Figure43 : Concentration de Pb à oued Boukaraa.....	64
Figure 44: Concentration de Pb à oued Nil.....	65
Figure 45 : Concentration de Cd à oued Saayoud.....	65
Figure 46: Concentration de Cd à oued Boukaraa.....	66
Figure47: Concentration de Cd à oued Nil.....	66
Figure48 : Concentration de Fe à oued Saayoud.....	67
Figure49 : Concentration de Fe à oued Saayoud.....	67
Figure 50: Concentration de Fe à oued Nil.....	68

LISTE DES PHOTOS

Photo(1): Multi-paramètres 350i (Université de Jijel).....	51
Photo (2) : Le seau.....	51
Photo(3): Sonde piézométrique.....	52
Photo(4): Matériels utilisés pour la diminution du PH.....	53
Photo(5) : Le spectromètre d'absorption atomique.....	55

Liste des abréviations

- ONM : Office national de météorologie
- P : Précipitation
- T : Température
- CE : Conductivité Electrique
- PH : potentiel d'Hydrogène
- O₂ : Oxygène dissous
- MES : Matière en suspension
- DBO5 : Demande Biologique en Oxygène
- ETR : Evapotranspiration Réelle
- ETP : Evapotranspiration Potentielle
- ETP_C : Evapotranspiration Potentielle corrigée
- RFU : Réserve Facilement Utilisable
- R : Ruissellement
- I : Infiltration
- Da : Déficits Agricole
- Exd : Excédent
- K : Perméabilité
- T : Transmissivité
- ETM : Elément Traces Métallique
- Cd : Cadmium
- Cr : Chrome
- Cu : Cuivre
- Fe : Fer
- Mn : Manganèse
- Pb : Plomb
- Zn : Zinc
- SAA : Spectre d'Absorption Atomique

Résumé

La plaine alluviale d'oued Nil est un vrai exemple de l'existence de l'eau, que se soit de surface ou souterraine. Ces eaux sont utilisées pour l'alimentation en eaux potable des communes qui entourent la plaine, à travers une série des forages, ainsi que pour l'irrigation au moyen des puits traditionnels.

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité physico-chimique des eaux superficielles de la plaine alluviale d'oued Nil à travers une campagne de prélèvement réalisée au mois d'avril 2015 sur dix stations qui couvrent Oued Nil avec cinq stations, et ses affluents, Oued Boukaraa avec deux stations et Oued Saayoud avec trois stations.

Les analyses chimiques ont été réalisées, ces analyses couvrent les paramètres physiques, ainsi que les éléments en trace métalliques (ETM). Pour le comportement sédiment on a prélevé dix stations dans les mêmes points de prélèvement des eaux de surface, un dosage des ETM à été fait pour ces sédiments.

L'interprétation des analyses chimiques a montré que les eaux d'Oued Nil sont bonnes vis-à-vis des paramètres physiques. Une pollution par les métaux à été marquée pour la majorité des stations avec des concentrations en Cd et Pb qui dépassent les normes Algériennes, ce qu'attire l'attention sur le devenir de ces eaux surtout pour la consommation humaine malgré qu'elle soit occasionnelle dans la région.

Mots clés : Oued Nil, eau de surface et sédiments, éléments en trace métalliques, paramètres physiques et pollution.

Introduction générale

L'eau est un élément constitutif fondamental de la vie, il est en amont de toute activité économique. C'est une ressource de plus en plus polluée. Selon l'O.M.C., trois à quatre millions de personnes meurent chaque année dans les pays pauvres de maladies liées à la mauvaise qualité de l'eau.

Les éléments sous forme de traces, présents à l'état solide dans les sols, sont mis en circulation par l'érosion qui met ces éléments en solution ou suspension. Le ruissellement sur les surfaces imperméables (sols, chaussée) ainsi que les sources anthropiques s'ajoutent à ces sources naturelles liées à l'érosion.

Les polluants en général et les métaux lourds en particulier vont entraîner des réactions chimiques liées à l'acidité, l'alcalinité, la température et l'oxygénation. Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, des rejets urbains, trafic routier, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces dernières produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale (pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...), et ce, en particulier dans les pays en développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires concomitants. Parmi ces sources de pollution la production d'eaux usées souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols) sans traitement préalable génère de nombreuses maladies hydriques et une propagation des épidémies (OMS, 1989; Prost, 1991).

En Algérie plus qu'ailleurs, et aujourd'hui plus qu'hier se pose le problème de cette ressource rare et vitale tant dans sa mobilisation, que dans sa protection et sa préservation. Aussi une prise de conscience a débuté un peu partout dans le monde pour tenter de protéger l'eau contre toute source de pollution.

La plaine alluviale d'Oued Nil est soumise à une pollution généralement naturelle, et avec un degré moindre la pollution urbaine et industrielle.

Introduction générale

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique dense qui reçoit les différents déchets urbains et Un trafic routier qui peut jouer le rôle d'une source de pollution par les métaux lourds. La réunion de ces deux sources peut causer des conséquences sur l'environnement et la santé humaine.

Le travail réalisé est une discussion sur l'origine de la pollution par les différents métaux lourds affectent la zone d'étude, pour cela on a structuré le travail comme suit:

- Le premier chapitre a été consacré à la description de la zone d'étude en présentant ces caractéristiques physiques et naturelles.
- Le deuxième chapitre traite la géologie en s'appuyant sur les études antérieures
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude des paramètres climatiques qui montrent que la région est soumise à un climat méditerranéen avec deux périodes distinctes, l'une chaude et sèche et l'autre froide et humide.
- Le quatrième chapitre a pour objectif de définir le système aquifère de la zone d'étude.
- Le cinquième chapitre c'est l'objectif de notre travail cerne à l'identification des sources de pollution par les métaux lourds, et l'évaluation de la qualité des eaux selon les descripteurs physiques (T, pH, CE...).

Chapitre I :

Géographie

Introduction

- I.1. Situation géographique**
- I.2. Localisation de la zone d'étude**
- I.3. Climat**
- I.4. Végétation**
- I.5. L'Agriculture**
- I.6. L'industrie**
- I.7. L'activité socio-économique**
- I.8. Réseau hydrographique**

Conclusion

Introduction

Une étude hydrogéologique réussite exige une vaste connaissance sur les facteurs physico-géographiques caractérisant le secteur d'étude. Elle devrait faire appel à la morphologie, la géologie, la climatologie et à l'hydrochimie.

I.1. Situation géographique

La wilaya de Jijel est située au Nord de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée à l'Ouest par la wilaya de Bejaïa, à l'Est par la wilaya de Skikda, au Sud-ouest la wilaya de Sétif, au Sud par la wilaya de Mila (*fig.1*).

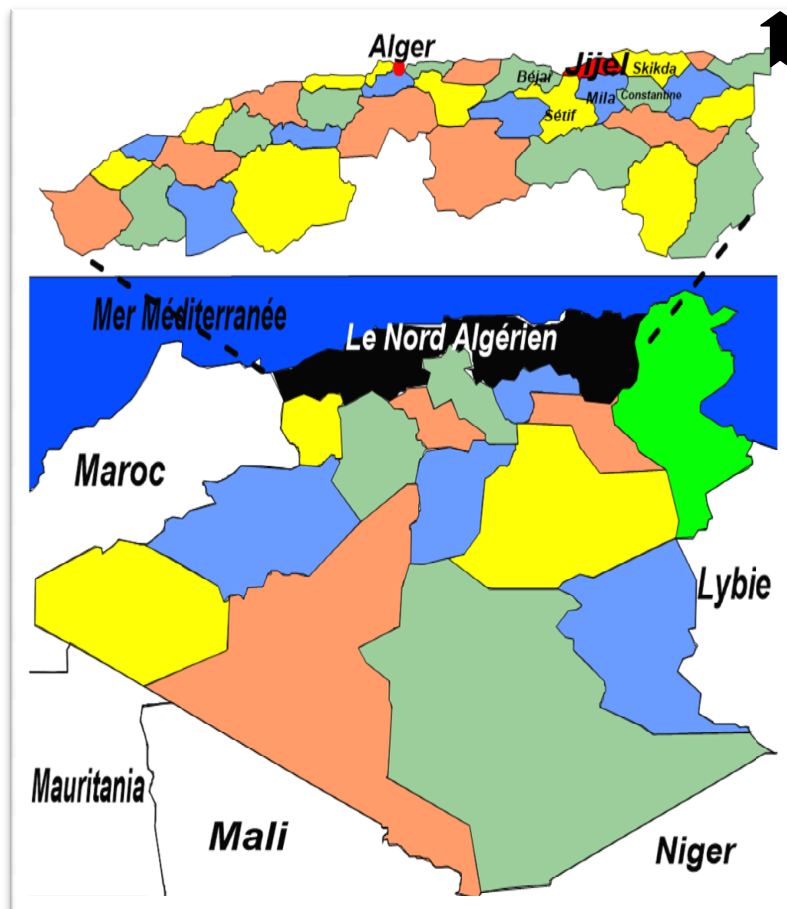


Figure1 : Carte administrative du Nord Algérien.

I.2. Localisation de la zone d'étude

La plaine alluviale de l'Oued Nil se situe dans la wilaya de Jijel (Nord-Est Algérien). Elle est distante du chef lieu de la wilaya de 16 Km (calculée sur Google Earth). Elle est limitée :

Chapitre II :

Géologie

Introduction

II.1. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne

II.1.1. Formation du domaine kabyle

II.1.1.1. Le socle kabyle

II.1.1.2. La couverture sédimentaire

II.2. Formation du domaine des flyschs

II.2.1. Le flysch maurétanien

II.2.2. Le flysch massylien

II.3. Formation du domaine tellien

II.3.1. Nappes épi-telliennes

II.3.2. Nappes méso-telliennes

II.3.3. Nappes infra-telliennes

II.4. Flysch numidien

II.5. Formation post-nappes

II.5.1. Les marnes du miocène

II.5.2. Les formations détritiques du pliocène

II.6. Les formations quaternaires

II.6.1. Les dunes de sables

II.6.2. Les alluvions

II.7. Les roches magmatiques

II.8. Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie

II.8.1. Tectonique anté-Oligocène

II.8.2. Tectonique Miocène

II.9. Géologie du site

II.10. Stratigraphique

II.10.1. Terrain sédimentaire

II.10.1.1. Quaternaire

II.10.1.2. Tertiaire

II.10.1.3. Terrains métamorphiques

Conclusion

Introduction

Le massif de la Petite Kabylie fait partie du segment maghrébin de la chaîne Alpine. Cette dernière montre deux branches principales, disposées de part et d'autre de la mer Méditerranée (*Durand Delga, 1969*).

- Une branche septentrionale (Européenne), représentée par les Cordillères Bétiques du Sud de l'Espagne (Péninsule Ibérique).
- Une branche méridionale ou Maghrébines, qui regroupe les chaînes rifaines, telliennes, Nord Siciliennes, et Calabraises (*fig.6*).

En Algérie, le massif de la Petite Kabylie dont fait partie la région étudiée occupe une position septentrionale dans le domaine interne de la chaîne Alpine (*Wildi, 1983*). Il s'étend sur plus de **150Km**, le long du littoral Algérien. Il est limité à l'Ouest par la chaîne des Babors, et l'Est par le massif de l'Edough, avec une extension Nord-Sud sur plus de **50Km**.

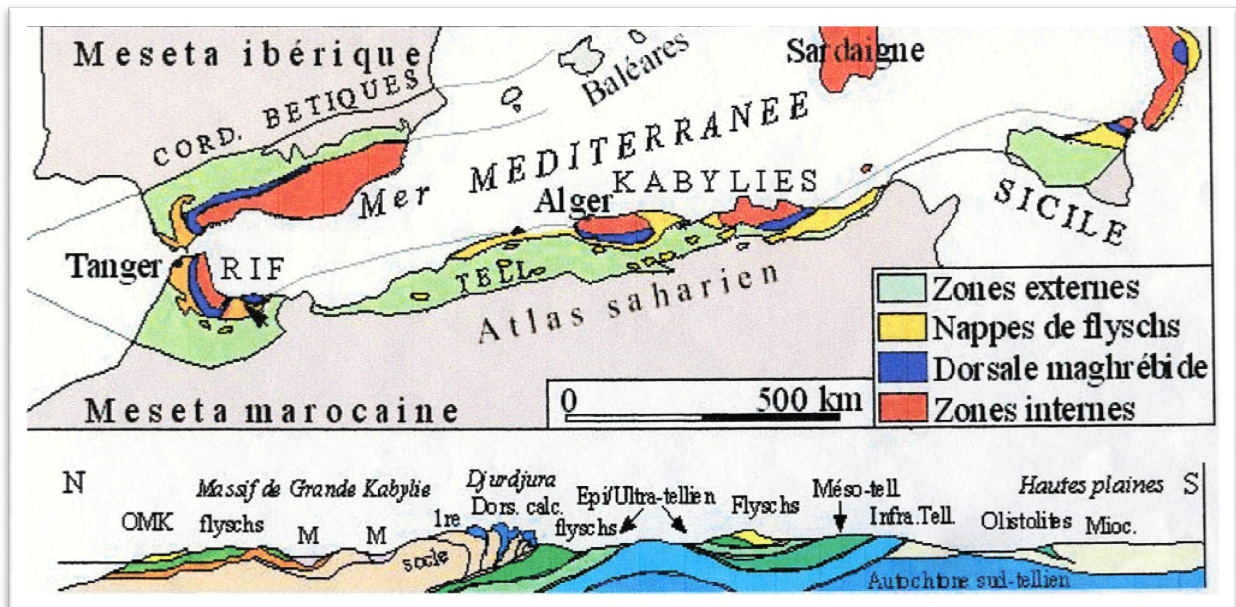


Figure 6: Schéma structural de la méditerranée occidentale.

(Durand Delga, et Fontboté., 1980)

II.1. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne

Du point de vue structural, la marge Nord Algérienne est constituée par un empilement de nappes charriées sur la marge Africaine (*Raoult, 1972 ; Bouillin 1977; Vila, 1980*).

Transversalement on y distingue de l'intérieur vers l'extérieur de la chaîne (*fig.6*) :

- Le domaine Kabyle.

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: doNima

STACK:

Chapitre III :

Hydro climatologie

Introduction

III.1. Aperçue générale sur le climat d'Algérie

III.2. Les précipitations

III.2.1. Répartition interannuelle des précipitations

III.2.2. Répartition moyenne mensuelle

III.3. La température

III.4. L'humidité relative

III.4.1. Humidité relative moyenne annuelle

III.4.2. Humidité relative moyenne mensuelle

III.5. Le climat de la région

III.5.1. Le climat – gramme de L. Emberger

III.5.2. Indice de De. Martonne

III.5.3. Méthode de H. Gaussen et F. Bernoul

III.6. Bilan hydrique

III.6.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

III.6.2. Evapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement (De)

III.6.3. Détermination du ruissellement et de l'infiltration

Conclusion

Introduction

Du fait de sa situation géographique et de son grand territoire, l'Algérie se trouve partagée en trois zones climatiques distinctes, la première avec un climat méditerranéen au Nord, dont la zone d'étude en fait partie, la seconde semi-aride vers l'intérieur du pays dans les hauts plateaux et enfin la troisième avec un climat aride, caractéristique du grand Sahara.

L'étude du climat est importante, elle repose sur l'interprétation des données des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie, permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique qui influent d'une façon directe et à long terme sur le comportement des nappes aquifères.

Les données traitées intéressent la station d'Achouat sise à l'aéroport de Taher, dont les caractéristiques géographiques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau (1) : Caractéristiques géographiques de la station climatique.
(Les Coordonnées Lambert)

Station	Z (m)	X (m)	Y (m)
Achouat	4 m	776.3 m	294.00 m

Les conditions climatiques jouent le rôle principal pour déterminer le régime des cours d'eau. Elles sont utilisées pour définir les caractéristiques des eaux de surfaces. Parmi les paramètres climatiques étudiés, la pluviométrie demeure la plus importante ainsi que la température de l'air et d'autres facteurs secondaires tels que l'humidité, le vent et l'évaporation . . . etc.

Dans cette étude hydroclimatique, nous avons utilisé les données de la station d'Achouat-Taher parce que c'est la plus proche de la plaine.

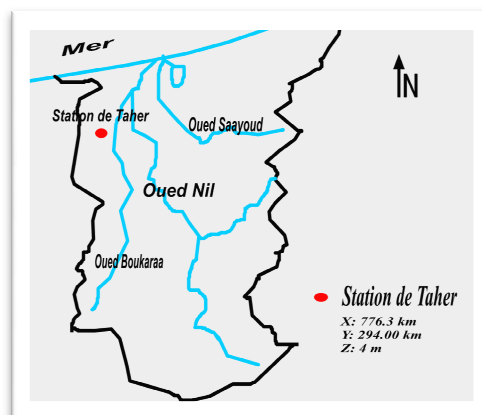


Figure 11 : Carte de la situation géographique de la station de taher (ANRH 2012).

III.1. Aperçue générale sur le climat d'Algérie

Du Nord vers le sud, le climat en Algérie est caractérisé par une grande variation. Surtout au niveau des températures et des précipitations et cela est confirmé par différents types de couvert végétal quand on se déplace d'une zone à une autre.

La région de Jijel fait partie du littoral algérien, elle est caractérisée par un climat méditerranéen avec :

- **Une période froide à humide** : caractérisée par une forte précipitation avec des températures faibles qui peuvent arriver jusqu'à 9°C au mois de Janvier.
- **Une période chaude à sèche** : caractérisée par des faibles précipitations avec des élévations de températures qui s'étend du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

III.2. Les précipitations

L'étude de la pluviométrie aura pour but d'évaluer la lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin versant et son influence sur l'alimentation des nappes ainsi que son rôle dans le comportement hydrodynamique et hydrochimique des eaux souterraines.

Les précipitations constituent donc un phénomène physique qui décrit le transfert d'eau de la phase liquide (pluie) ou solide (neige et grêle) entre l'atmosphère et le sol.

Les précipitations constituent également l'élément le plus important de cycle de l'eau dans l'espace, cet élément est soumis aux lois de la nature et varie dans l'espace et dans le temps.

Selon la carte pluviométrique (*fig/12*) réalisée par les services de l'ANRH en 1993, la zone d'étude est située dans l'intervalle de précipitation de 1000 à 1200 mm.

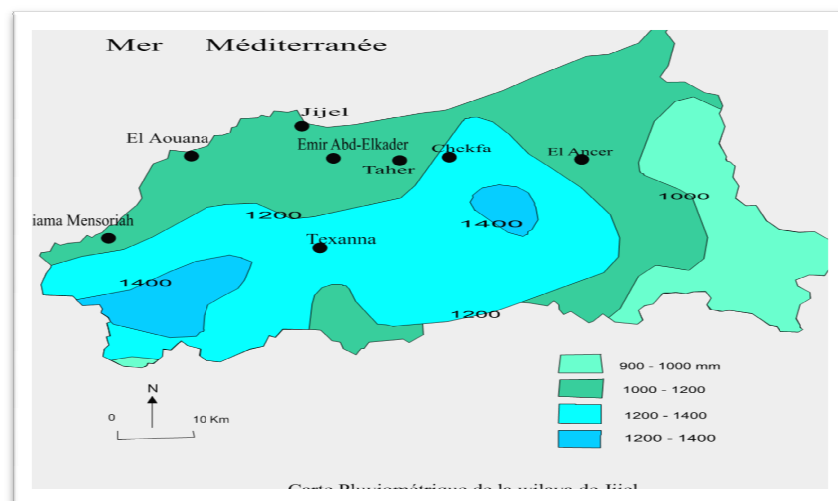


Figure 12 : Carte pluviométrique de la région de Jijel (ANRH, 1993).

III.2.1. Répartition interannuelle des précipitations

La variation interannuelle des précipitations pour la période de 1988 à 2014 est illustrée sur le graphique (*fig.13*). Pour la station de mesures nous remarquons que la hauteur annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 90.96 mm en 1988 à 82.41 mm en 2014, tandis que le module pluviométrique interannuel est égal à 83.97 mm.

La station météorologique de Taher a enregistré 12 années de précipitations inférieures à la moyenne et 14 années au-dessus de la moyenne.

Selon le graphique (*fig.13*), nous remarquons l'existence de deux intervalles de variation des précipitations :

- la première comprise entre 1988 et 2002 représente une période plus au moins sèche, la hauteur maximale évaluée à 119.11mm;
- la deuxième comprise entre 2003 et 2014 ; représente une période plus au moins humide avec un maximum observé en 2012 de 115.83 mm.

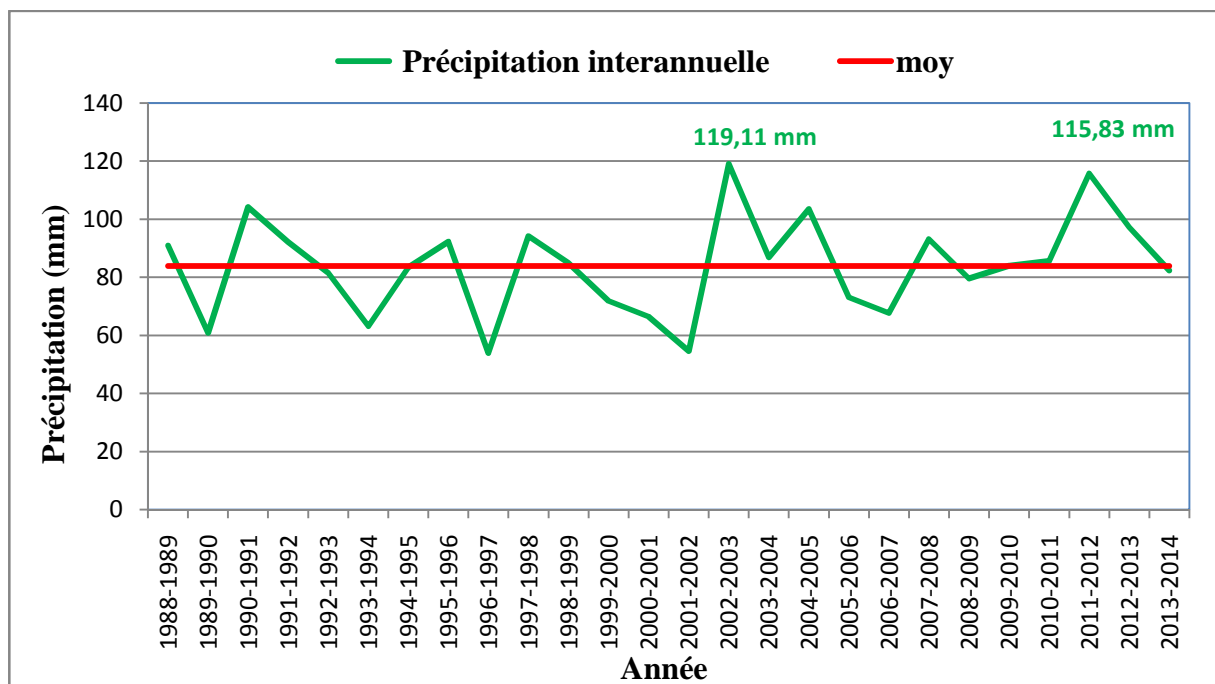


Figure 13: Variation interannuelle des précipitations (1988 – 2014) ONM Jijel.

III.2.2. Répartition moyenne mensuelle

Pour toutes les stations météorologiques la pluviométrie mensuelle est très variable et n'offre pas de courbes régulièrement croissantes. D'après l'histogramme (*fig.14*) nous observons que le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec une valeur de 186,69 mm, tandis que le mois le plus sec est celui de juillet de 3,11mm.

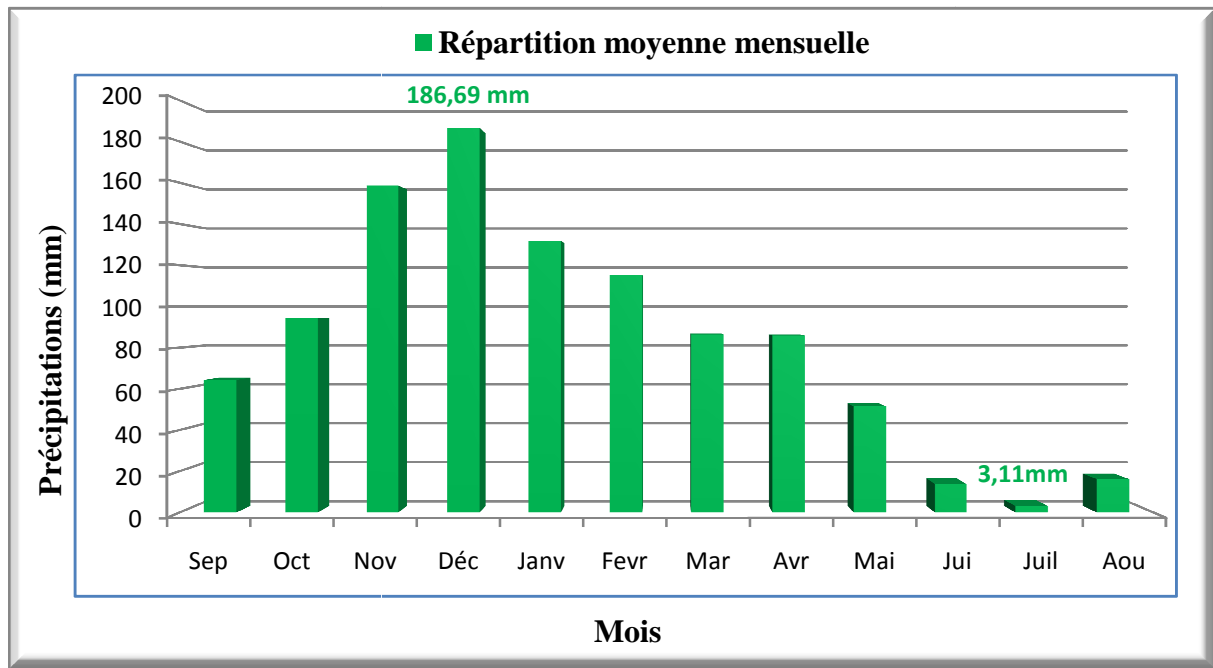


Figure 14 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (1988 – 2014)

ONM Jijel.

III.3. La température

Les températures moyennes mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (précipitations, insolation, l'hygrométrie....etc.), le phénomène d'évaporation et par la même, le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. La température est donc l'un des éléments majeurs influençant sur le climat d'une région. C'est un facteur ayant une grande influence sur le bilan hydrologique du fait qu'il conditionne l'évapotranspiration. Les données des températures observées à la station de Taher pour la période de 1988 – 2014.

Les données observées pendant une période de 25 ans à la station de Taher (*fig.15*), font ressortir que les températures moyennes enregistrées prennent en général des valeurs moyennes avec un maximum enregistré au mois d'Aout 26.18°C et un minimum pendant le mois de Janvier 11,56°C.

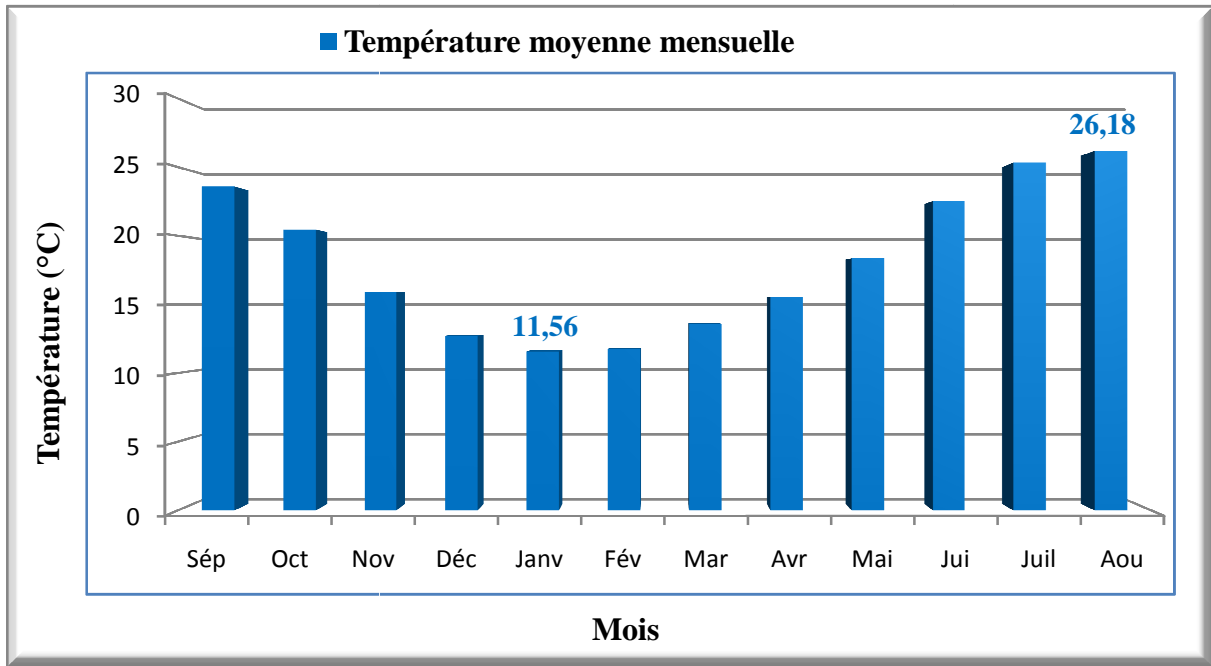


Figure 15 : Histogramme des températures moyennes mensuelles (1988 – 2014)

ONM Jijel.

III.4. L'humidité relative

Elle joue un rôle très important dans le cycle hydrologique, car non seulement elle indique l'état plus ou moins proche de la condensation de l'atmosphère mais également elle contrôle le taux d'évaporation du sol et la couverture.

III.4.1. Humidité relative moyenne annuelle

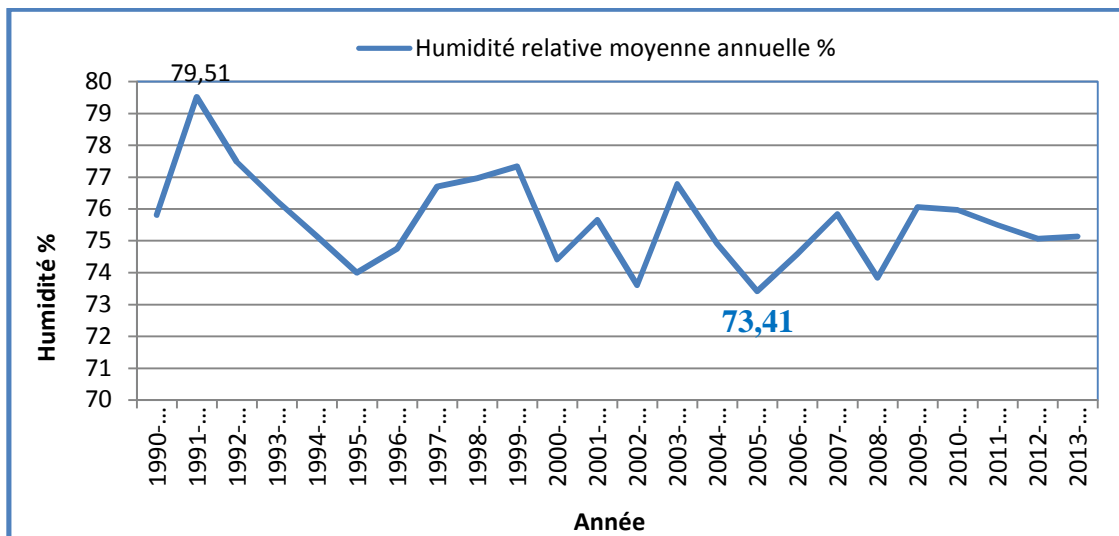


Figure 16 : Variation annuelle de l'Humidité relative moyenne (1990 – 2014)

ONM Jijel.

Notre région d'étude est caractérisée par une humidité élevée durant toute l'année, elle varie de 73.41% en 2005-2006 jusqu'à 79.51% en 1991-1992 (fig.16).

III.4.2. Humidité relative moyenne mensuelle

la figure ci-dessous (fig.17) présente l'humidité relative moyenne mensuelle pour une période de 24 ans (1990-2014). Elle se définit comme étant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température, elle est exprimée en %.

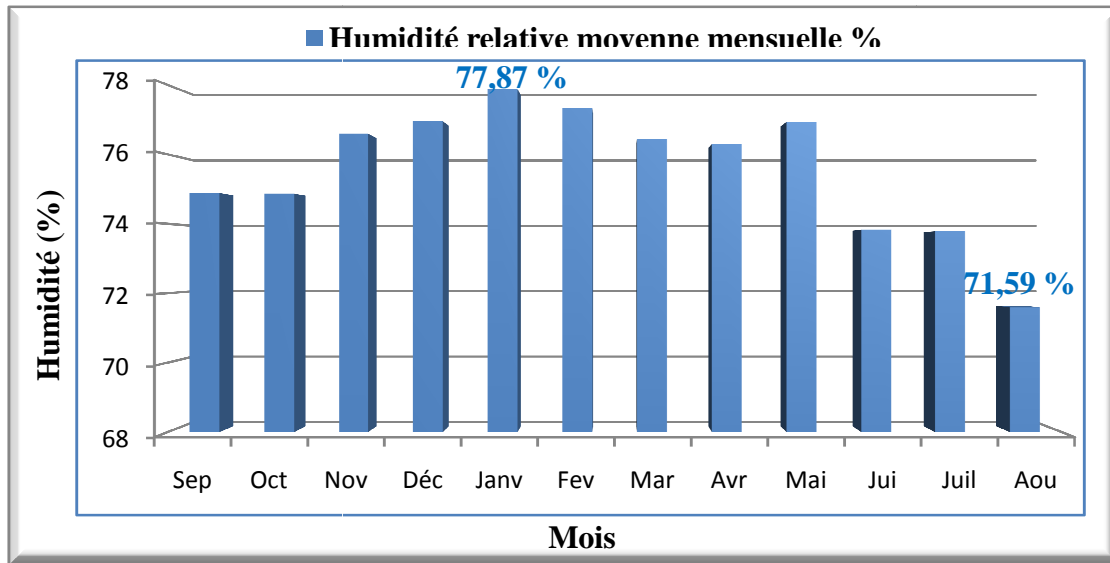


Figure 17: Histogramme d'humidité relative moyenne mensuelle (1990 – 2014)

ONM Jijel.

Selon les données fournies par l'ONM, nous pouvons dire que la variation de l'humidité est homogène avec des moyennes mensuelles variant entre 71,59 % au mois d'Aout et 77,87 % au mois de Janvier

III.5. Le climat de la région

A fin de préciser les conditions climatiques de la région d'étude nous avons utilisé plusieurs méthodes : l'indice d'aridité de **De. Martonne (1923)**, le diagramme de **L. Emberger** et la méthode de **H. Gaussen** et **F. Bagnouls**.

III.5.1. Le climat – gramme de L. Emberger

Pour préciser le climat de la région nous employons le "climat gramme" de **L. Emberger** sur lequel nous avons reporté les données relatives à la station de Taher avec en abscisse la moyenne des minimas de la saison froide en (°C) et en ordonnée le quotient pluviothermique Q_2 donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : Précipitations annuelles en mm ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en degré absolu (°K) ;

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en degré absolu (°K) ; ($T^{\circ K} = T^{\circ C} + 273.2$).

Les valeurs des différents paramètres et les résultats sont reportés dans le tableau(2).

Selon le climatgramme de **L. Emberger**, nous constatons que la station se situe dans la zone Humide à hiver doux.

Tableau (2) : Les différents paramètres du climat – gramme de L. Emberger.

Station	P (mm)	M		m		Q ₂
		°C	°K	°C	°K	
Achouat	1007.66	26.21	299.36	11.75	284.9	238.54

III.5.2. Indice de De. Martonne :

En 1923, le géographe **De Martonne** a défini l'indice de l'aridité qui est fonction de deux paramètres climatiques : la Température et la Précipitation selon la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

D'où :

I : Indice d'aridité ;

P : Précipitations moyennes annuelles en mm ;

T : Température moyenne annuelle en °C ;

Suivant les valeurs de I obtenues **De. Martonne** a établie la classification suivante :

I < 5: climat Saharien (hyper-arid);

5 < I < 7.5: climat desertique;

7.5 < I < 10: climat steppique;

10 < I < 20 : climat semi aride ;

20 < I < 30 : climat tempéré ;

La région d'étude présente une valeur $I = 35.84$.

III.5.3. Méthode de H. Gaussen et F. Bernoul

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bernoul est la combinaison de deux paramètres climatiques principaux qui sont la température et les précipitations (*fig18*). Pour ces deux auteurs un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \leq 2T^{\circ}\text{C}$). Cette relation permet d'établir un graphique Ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations. D'après la figure (*fig.18*), nous remarquons que la station de Taher présente une période sèche qui s'étale du mois de Juin jusqu'au début d'Octobre, et une période humide qui s'étale du mois d'octobre jusqu'au fin du mai.

La détermination de cette période sèche est d'une grande utilité pour la connaissance de la période déficitaire en eau et donc pour prévoir les besoins en eau pour l'irrigation.

Tableau (3) : la précipitation et la température moyenne.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
P moy (mm)	64.31	94.16	158.66	186.69	131.8	115.35	86.31	85.83	51.44	13.77	3.11	16.18
T moy (C°)	23.57	20.44	15.9	12.71	11.56	11.73	13.56	15.56	18.36	22.53	25.31	26.18

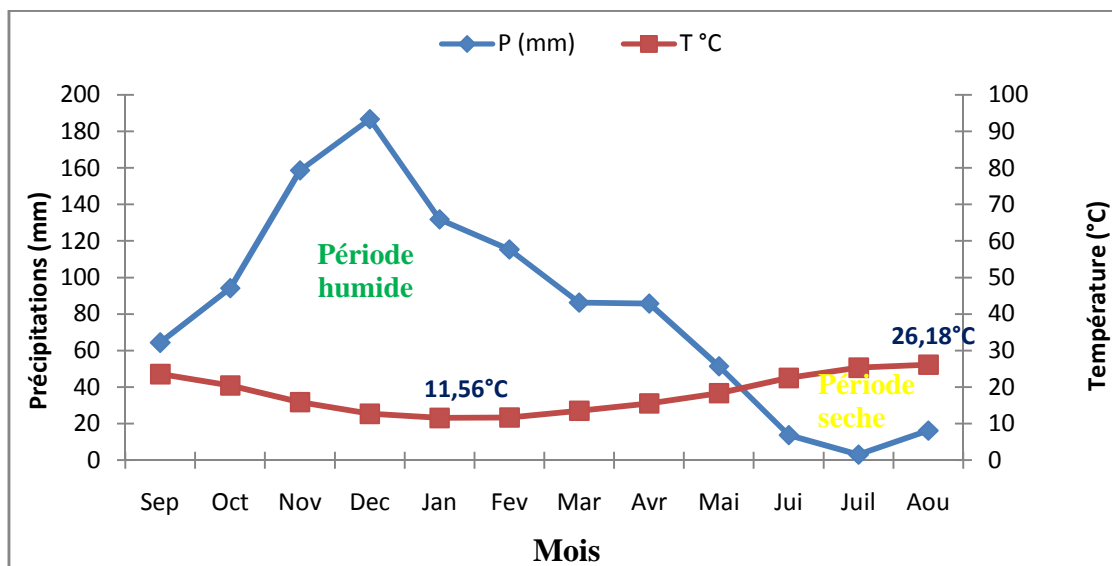


Figure 18 : Diagramme Ombrothermique de la plaine d'Oued Nil(1988-2014).

III.6. Bilan hydrique

Le bilan hydrique est centré sur la disponibilité en eau dans les sols, son évaporation et son renouvellement. Le bilan hydrologique étudie surtout l'écoulement de l'eau en surface et dans les rivières et son lien avec les précipitations et l'évaporation.

Le bilan est établi selon la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + W_a$$

P : précipitation moyenne annuelle en mm ;

ETR : évapotranspiration réelle en mm ;

R : ruissellement en mm ;

I : infiltration en mm ;

W_a: variation des réserves en mm, qui peut considérer comme négligeable.

III.6.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Il existe plusieurs formules empiriques qui permettent de calculer l'évapotranspiration potentielle mais leur application sont sujettes à des conditions et doivent subir certaines corrections locales.

On définit également une évapotranspiration potentielle ou ETP, la quantité d'eau qui pourrait s'évaporer d'un milieu si celui-ci recelait la réserve nécessaire.

Calcul de l'ETP suivant la formule de C.W. Thornthwaite : La formule de calcul de l'évapotranspiration potentielle selon **C.W. Thornthwaite** tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle.

La formule de l'ETP est comme suit :

$$ETP = 16 \left[\frac{10 T}{I} \right]^a \text{ En (mm)}$$

Où :

ETP : Evapotranspiration mensuelle ;

T : Température moyenne mensuelle en (°C) ; P_m (mm)

I : Indice thermique annuel : $I = \sum_{i=1}^{12} i$;

i : indice thermique mensuel déterminé par l'expression : $i = (T/5)^{2.5}$;

a : coefficient calculé par la formule $a = 1.6 \left(\frac{I}{100} \right) + 0.5$.

L'évapotranspiration corrigée est donnée par la relation suivante :

$$ETP_{corr} = 16 \left[\frac{10 T}{I} \right]^a . K$$

Où :

K : coefficient de correction qui dépend du temps et de la latitude ;

Les résultats de calcul de l'ETP par la méthode **C.W. Thornthwaite** sont présentés dans le tableau ci-après (*tab 4*).

Tableau (4) : Calcul de l'ETP suivant la formule de CW. Thornthwaite.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Moy
P (mm)	64.31	94.16	158.66	186.69	131.8	115.35	86.31	85.83	51.44	13.77	3.11	16.18	1007.66
T (C°)	23.57	20.44	15.9	12.71	11.56	11.73	13.56	15.56	18.36	22.53	25.31	26.18	18.11
I	10.45	8.42	5.76	4.1	3.55	3.36	4.52	5.57	7.16	9.76	11.65	12.26	86.56
ETP (mm)	106.03	81.17	50.49	33.06	27.64	28.41	37.37	48.47	66.26	97.56	121.56	129.58	68.96
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP_c (mm)	109.21	78.73	43.42	27.77	24.04	24.14	38.49	53.31	80.17	119.02	150.73	150.31	899.34

I = 86.56 et **a** = 1.89 **ETP_c** = 899.34 mm

D'après **Thornthwaite**, un bilan hydrologique mensuel peut être établi avec l'intégration de précipitation et l'évaporation potentielle(ETP).cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée RFU).

Cette méthode permet d'estimer chaque mois les paramètres suivants :

- L'évapotranspiration réelle(ETR) ;
- La réserve en eau facilement utilisable (RFU) ;
- Le déficit agricole(Da) ; (Da = ETP-(P=RFU)) ;
- L'excédent (water surplus « Wa »).

Le principe de calcul est basé sur les cas suivants :

- Si $P > ETP$: $ETP = ETR$, la quantité $P - ETP$ alimente la RFU jusqu'au le maximum.
- Si $P < ETP$: $ETR = P$ + toute une partie de la RFU jusqu'à égaliser la valeur de l'ETP.
- Si malgré l'apport de la RFU, L'ETR est toujours inférieure à l'ETP ($ETP < ETR$), il existe un déficit agricole $Da = ETP - ETR$.
- Si $P = ETR$: les précipitations sont justes suffisantes pour alimenter le sol .Il n'y aura de Wa pour alimenter la RFU.

Tableau(5) : Le bilan hydrologique pour une période de 27 ans.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Année
P (mm)	64.31	94.16	158.66	186.69	131.8	115.35	86.31	85.83	51.44	13.77	3.11	16.18	1007.66
ETP_c (mm)	109.21	78.73	43.42	27.77	24.04	24.14	38.49	53.31	80.17	119.02	150.73	150.31	899.34
ETR (mm)	64.31	78.73	43.42	27.77	24.04	24.14	38.49	53.31	80.17	85,04	3.11	16.18	538.71
RFU (mm)	0	15.43	100	100	100	100	100	100	71,27	0	0	0	
Da (mm)	44.9	0	0	0	0	0	0	0	0	25.08	147.62	134.13	351.73
Exd (mm)	0	0	30.67	158.92	107.76	91.21	47.82	32.52	0	0	0	0	468.9

Le bilan hydrologique pour une période de 26 ans (1988 – 2014) à la station d 'Achouat fait ressortir que :

- Les précipitations deviennent supérieures à l'évapotranspiration potentielle (E.T.P) du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.
- l'ETR atteint son maximum au mois de Juin avec une valeur de 85,04mm.
- Le RFU est a son maximum de 100mm du mois de Novembre jusqu'à la fin d'Avril, où on totalise un excédent de 468.9 mm avec un pic au mois de Décembre 158.92 mm.
- Par ailleurs, la RFU commence à diminuer au début du mois de Mai, pour s'épuiser et devenir nulle du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre avec un déficit agricole de d'ordre de 351.73 mm. C'est la période déficitaire où on doit recouvrir d'avantage à l'irrigation.

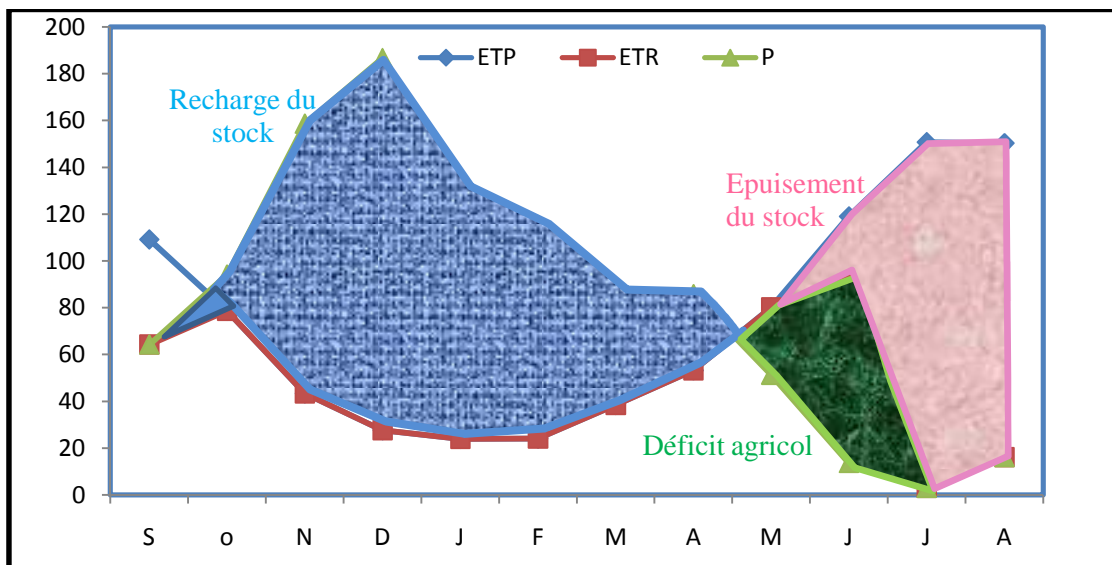


Figure19 :Représentation graphique du bilan hydrique de Thonthwaite de la station de Taher.

III.6.2. Evapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement (De)

L'ETR ou le déficit d'écoulement (De) est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau libres. Pour calculer l'ETR, plusieurs formules sont utilisées

Formule de TURC

Formule en fonction des températures et des précipitations moyennes annuelles. Elle est applicable à tous les climats : $ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$

Où $L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$

Avec:

P : désigne précipitation moyenne annuelle (mm) ;

L : désigne un paramètre dépendant de la température (T) ;

T : désigne la température moyenne annuelle (°C).

Le calcul donne un **ETR = 751.98mm**.

Nous remarquons que l'ETR obtenue par l'application de la formule de Turc est supérieure à l'ETR calculé par le tableau de bilan.

III.6.3. Détermination du ruissellement et de l'infiltration

Pour le calcul de ruissellement, on procède par la formule empirique de Tlixeron-Berkaloff moéfier par Romantchouk, qui s'écrit :

$$R = P^3 / 3ETP^2$$

Où :

R : désigne le ruissellement superficiel en mm ;

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en m.

A noter : **R= 341,03 mm**.

L'infiltration peut être déduite de l'expression du bilan hydrologique exprimant l'égalité entre les apports liquides, et les pertes évaluées sur une grande période.

$$P = ETR + R + I + W$$

W : désigne la variation des réserves d'eau en mm, considérée comme négligeable.

Donc : $I = P - (ETR + R)$

A noter : **I= 127.92mm**.

Conclusion

La région d'étude est caractérisée par un climat tempéré ou humide, avec un été chaud et sec et un hiver plutôt doux.

Les précipitations sont importantes, de l'ordre de 1007,66 mm, et jouent un rôle dans la recharge directe des nappes.

La température moyenne est de 18.11 °C pour la période (1988 - 2014), avec un maximum de 26.18 °C au mois de d'Aout et un minimum au mois de janvier 11.56 °C.

L'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de Thornthwaite nous donne 899,34 mm, pour la période (1988 - 2014), l'évapotranspiration réelle est de 538.71 mm pour la même période. Elle est de **751.98 mm** selon la méthode de TURC. Le déficit annuel est de 351.73mm.

Le mois le plus humide est Janvier, caractérisé par une forte humidité (moyenne de 77,87 %), et le mois le plus sec est Aout, caractérisé par une humidité relativement élevée (moyenne 71.59%).

Chapitre IV

Hydrogéologie

Introduction

V.1. Les formations aquifères

V.1.1. Les formations dunaires

V.1 .2.Les alluvions du Quaternaire

V.2.Etablissement et interprétation des cartes piézométriques

V.2.1.Inventaire des points d'eau

V.2.2. Etude de la piézométrie de la nappe alluviale

V.2.2.1.cartes piézométriques 2012-2013

V.2.2.2.Carte piézométrique avril 2015

V.3.Etablissement de la carte du perméabilité

V.4.La carte de la transmissivité

Conclusion

Introduction

L'étude hydrogéologique a pour objectif de définir la structure et la géométrie de la nappe, les caractéristiques des réservoirs d'eaux souterraines, les modalités de leur écoulement et des conditions aux limites (entrées et sorties d'eau), et la détermination des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe (tels que : la Transmissivité, Coefficient d'emmagasinement, la Perméabilité, ...etc.).

La structure hydrogéologique de la nappe aquifère de la région d'Oued Nil consiste en un remplissage alluviale d'une ancienne vallée profonde creusée dans les marnes miocène et les terrains métamorphiques. Ce remplissage est formé des alluvions d'Oued, les dunes et notamment le Pontien, ce dernier présente une bonne perméabilité.

IV.1. Les formations aquifères

Selon les résultats de l'étude géophysiques réalisée par Algéo (1979) ainsi que les données des forages de reconnaissance réalisés dans la zone d'étude, on a affaire à un seul aquifère Constitué essentiellement par:

- Des formations dunaires: on les trouve un peu partout dans la partie Nord.
- Les alluvions du Quaternaire: on les rencontre au niveau des basses vallées des Oueds (Nil, Boukraa et Saayoud). (*Bechekite,2005*)

IV.1.1. Les formations dunaires

On les trouve dans la partie Nord, elles sont formées d'un cordon dunaire représenté par des sables anciens fins parfois consolidés, il se dépose sur les alluvions du Quaternaire, son épaisseur est importante (*Algéo, 1979*).

En conséquence ces dunes peuvent constituer un réservoir non négligeable mais leur position limitée par la mer nécessite une exploitation réglementaire.

Ces dunes ont une mauvaise perméabilité à cause de la présence des lentilles argileuses, par conséquence elles ralentissent l'écoulement de l'eau de la nappe vers la mer et empêche le cas échéant l'avancement rapide du biseau salé.

IV.1 .2.Les alluvions du Quartenaire

Ces formations sont les plus importantes du point de vue hydrogéologique, ce sont des alluvions récentes et des cônes de déjection des différents Oueds. Ils sont constitués essentiellement de graviers fins, moyens et grossiers avec des passages de quartz, sables et schistes.

L'épaisseur de ces alluvions augmente de l'amont vers l'aval, et de l'Est à l'Ouest. Elle varie de 30 à 50m en amont jusqu'à 80 m en aval et peut atteindre des valeurs

maximales au niveau de la confluence de l'Oued El Nil et l'Oued Saayoud. (Behekite, 2005)

IV .2.Etablissement et interprétation des cartes piézométriques

IV.2.1.Inventaire des points d'eau

L'accroissement des besoins en eau des populations, des industries et surtout de l'agriculture allié à un déficit pluviométrique a engendré une sollicitation intensive des ressources en eau souterraines, d'où la nécessité de recourir au captage des eaux souterraines pour satisfaire ces besoins.

Dans cette étude, nous avons sélectionné 40 puits de mesure dans la plaine alluviale d'Oued Nil pour la campagne de Juillet 2012 et de Mars 2013 et pour la campagne d'Avril de cette année on choisie 23 puits pour réalises les cartes d'inventaires (fig.20) et (fig.21).

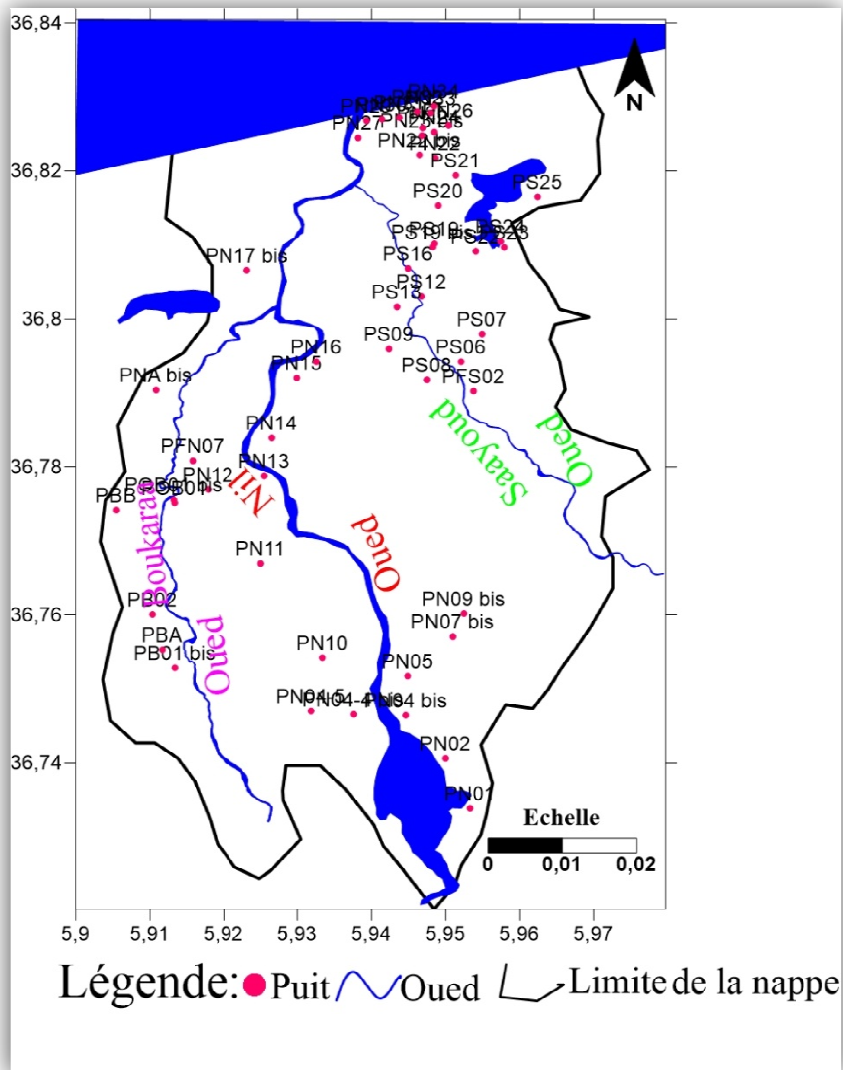


Figure 20 : Carte d'inventaire2012-2013

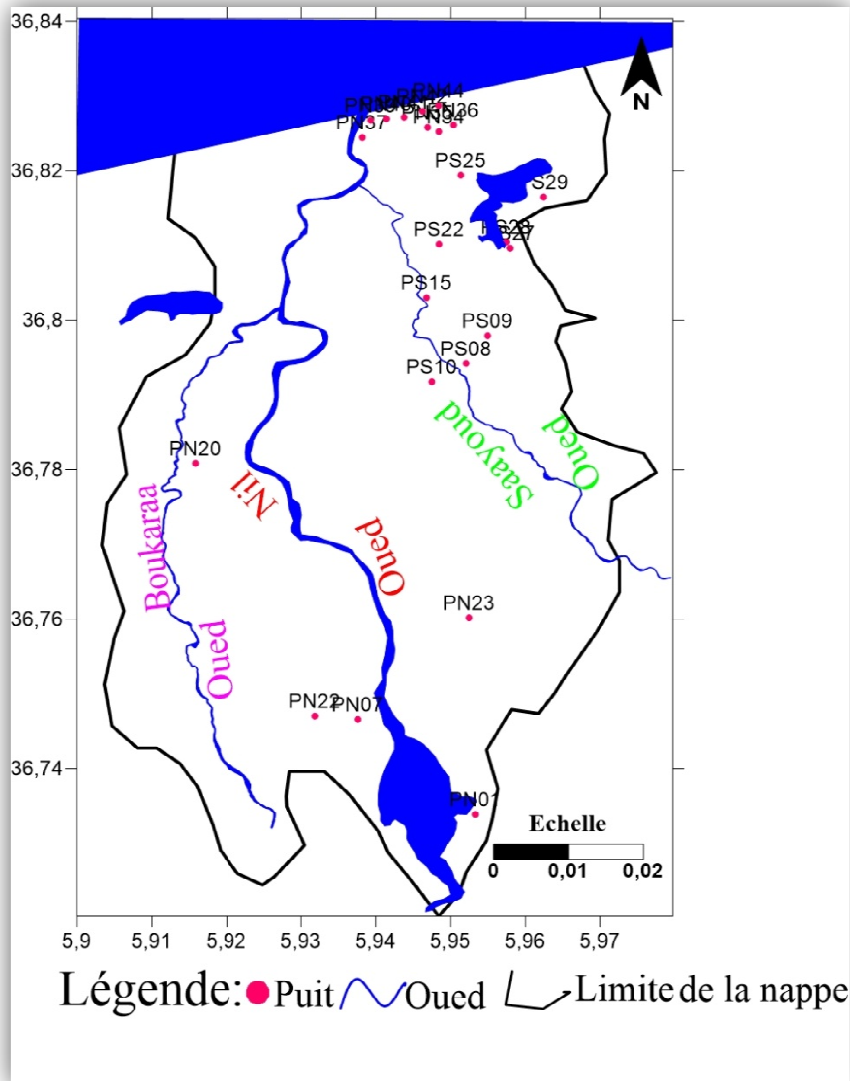


Figure 21 : Carte d'inventaire 2015.

IV.2.2. Etude de la piézométrie de la nappe alluviale

Les cartes piézométriques sont les documents de base de l'analyse et de la schématisation des fonctions captives et conductrices du réservoir et du comportement hydrodynamique de l'aquifère ainsi que la connaissance des conditions aux limites (G.Castany, 1982).

Plusieurs campagnes piézométriques ont été réalisées dans la région. On s'intéresse à celles qui se rapportent au mois de juillet 2012 (période des basses eaux) et au mois de mars 2013 (période des hautes eaux), ainsi que notre campagne de mesure piézométrique avril 2015.

IV.2.2.1. cartes piézométriques 2012-2013

L'examen des deux cartes piézométriques révèle presque les mêmes constatations donc les mêmes caractéristiques.

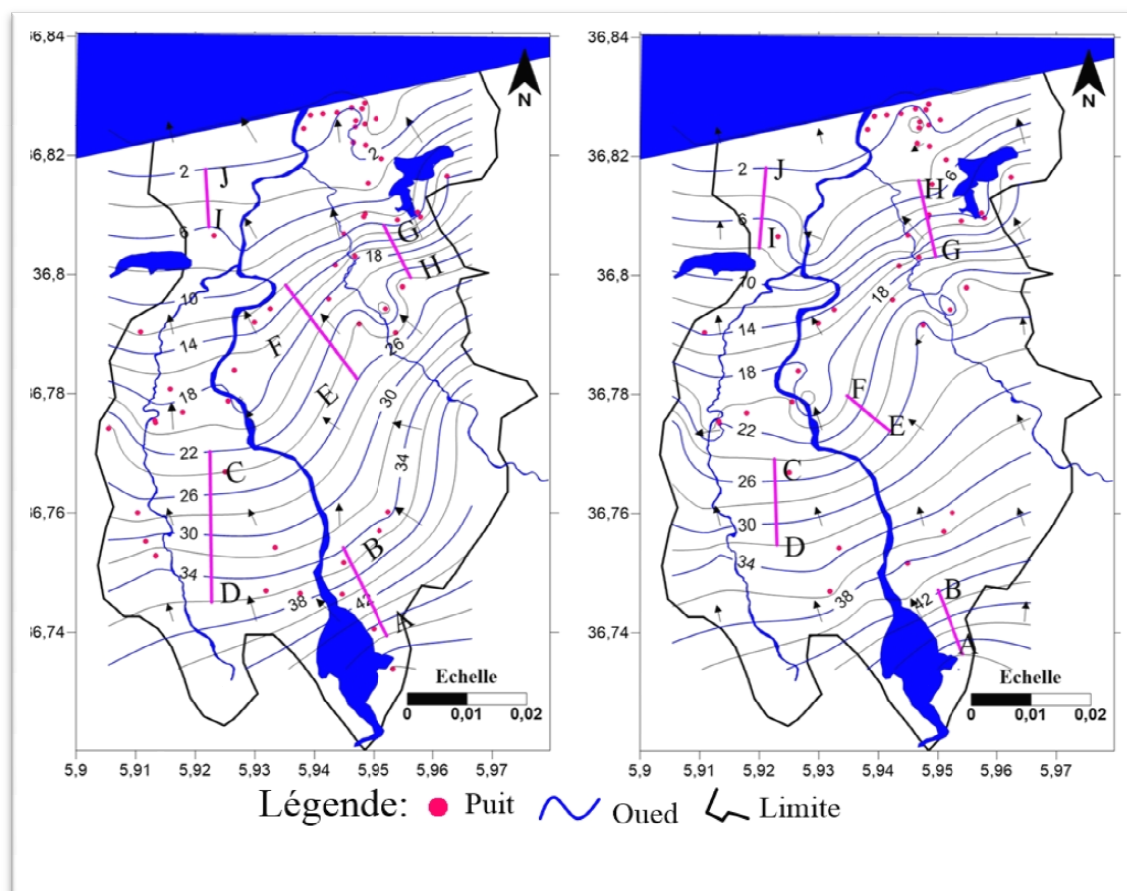


Figure 22 : Carte piézométrique
Juillet (2012).

Figure 23 : Carte piézométrique
Mars (2013).

Le gradient hydraulique y est de l'ordre de 0.00766, il marque un écoulement rapide dû à la pente dans la partie amont et à l'Est d'Oued Saayoud. Vers la partie avale de l'oued ainsi que vers le centre de la plaine, les courbes deviennent ouvertes et espacées. Le gradient hydraulique y est de 0.00763.

Le fonctionnement des filets de courant permet de distinguer trois zones hydrogéologiques :

La zone Sud : l'alimentation de la plaine se fait par les monts qui l'entourent du côté Sud, alors que les deux oueds Nil et Boukaraa sont alimentés par la nappe avec un écoulement de direction presque Sud-Nord et SE-NW successivement.

La zone Nord-est: la nappe est caractérisée par une zone d'alimentation, l'écoulement est de direction SE-NW. Le marécage de Ghedir Ben Hamza reçoit des apports d'eau du côté Est et qui alimente la nappe du côté Ouest.

La zone Nord-Ouest : la divergence des filets de courant indiquent que la nappe alimente l'Oued Nil avec une direction d'écoulement SE-NW. Le marécage de Redjla reçoit des apports d'eau du côté Sud et alimente la nappe du côté Nord (*fig.22*) et (*fig.23*).

IV.2.2.2. Carte piézométrique avril 2015

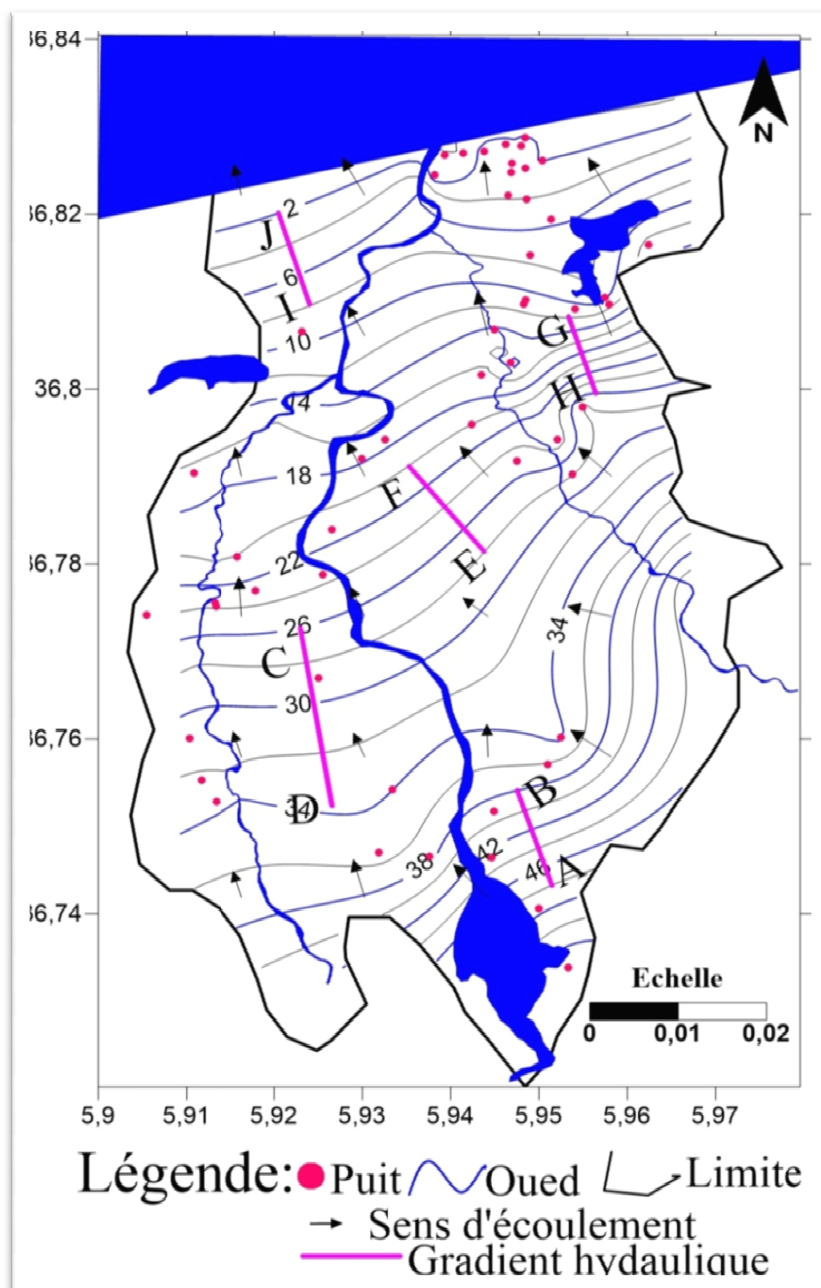


Figure 24 : Carte piézométrique (2015).

Tableau (6) : Valeurs du gradient Hydraulique.

	H ₁ (m)	H ₂ (m)	L(m)	I	I%
AB	38	48	3717.53	0.00377	0.377
CD	26	34	47188.4	0.0017	0.17
EF	20	28	2573.67	0.00311	0.311
GH	12	26	3574.55	0.00392	0.392
IJ	2	8	2716.65	0.00221	0.221

L'examen de cette carte (*fig.24*), nous permis de mettre en évidence trois zones principales :

- **Zone Sud** : cette zone est représentée par des courbes isopièzes plus au moins serrées où la côte la plus élevée est de 54 m au voisinage de PN01, et la plus basse est de 38 m au voisinage de PN22 et PN07, dans cette zone le gradient hydraulique est égale à 0.00377 ou 0.377 % .
- **Zone Centrale** : les côtes piézométriques sont variables, la plus élevée est de 34 m et la plus faible est de 18 m. selon la morphologie des courbes, on peut distinguer deux cotés :
 - a/ coté Est* : les côtes piézométriques varient de 44 m à 18 m. les courbes sont parallèles et serrées vers l'Oued Saayoud où le gradient hydraulique est égale à 0.00392 ou 0.39%. Ce dernier est dû à l'excès de pompage dans cette zone, ainsi que la pente. Les lignes d'écoulement sont de direction SE-NW.
 - b/ coté Ouest* : les côtes piézométriques oscillent entre 28 m et 12 m avec une côte de 20 m au voisinage de PN20. dans cette partie, les lignes de courants ont une direction S-N. le gradient hydraulique dans cette partie est égale à 0.0017 ou 0.17%.
- **Zone Nord** : débute à la courbe 12 m jusqu'à la mer, les courbes sont moyennement espacées et converge vers l'aval d'oued Nil. Le gradient hydraulique est égal à 0.0022 ou 0.22%.

Concernant les zones marécageuses, on constate que la zone marécageuse de Ghedir Ben Hamza reçoit les apports d'eau du coté Sud-est et alimente la nappe du coté Nord-ouest. Pour la zone marécageuse de Redjla, elle reçoit les apports d'eau du coté Sud et alimente la nappe du coté Nord.

D'une manière générale l'écoulement principal de la nappe se fait du Sud vers le Nord.

IV.3.Établissement de la carte de la perméabilité

Par définition la perméabilité (K) représente l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide sous l'effet d'un gradient de potentiel. Il s'agit d'un coefficient assimilable à une vitesse de filtration et s'exprime en (m/s).

L'établissement de la carte de la perméabilité se fait à l'aide des données de 17 forages réalisés dans la plaine alluviale d'Oued Nil (*fig.25*).

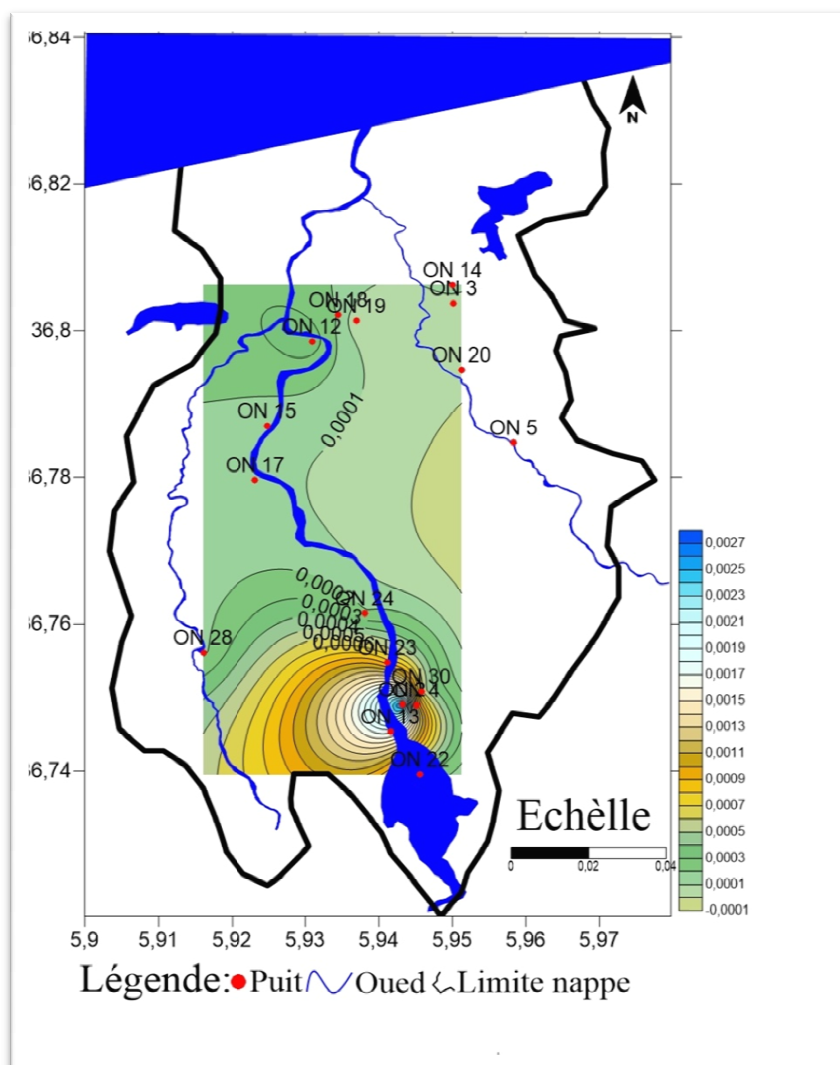


Figure 25: carte de perméabilité.

Les fortes valeurs de la perméabilité dans la plaine alluviale d'Oued Nil sont observées à l'amont de ce dernier (la partie Sud), représentées par la couleur bleu clair et

le bleu foncé d'ordre $1,9$ à $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, ces valeurs due à la présence des formations perméables (les éléments grossiers, graviers, galets).

Les valeurs moyennes de K varient entre $0,3$ et $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ représentées par la couleur marron et verte dans la partie Sud et Ouest (marne) de la plaine alluviale d'oued Nil.

La perméabilité à des faibles valeurs entre $0,1$ et $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ observées dans la partie Nord-est et le milieu de la plaine (terrain métamorphique) représentées sur la carte par la couleur gris.

IV.4. La carte de la transmissivité

La transmissivité (T): représente le débit d'un niveau aquifère sur toute son épaisseur, par unité de largeur et sous un gradient hydraulique unitaire. Elle correspond donc au produit de la perméabilité moyenne K en (m/s) par l'épaisseur de niveau h (épaisseur de la tranche mouillée) en (m). Soit $T = K \cdot h$ et s'exprime en (m^2/s).

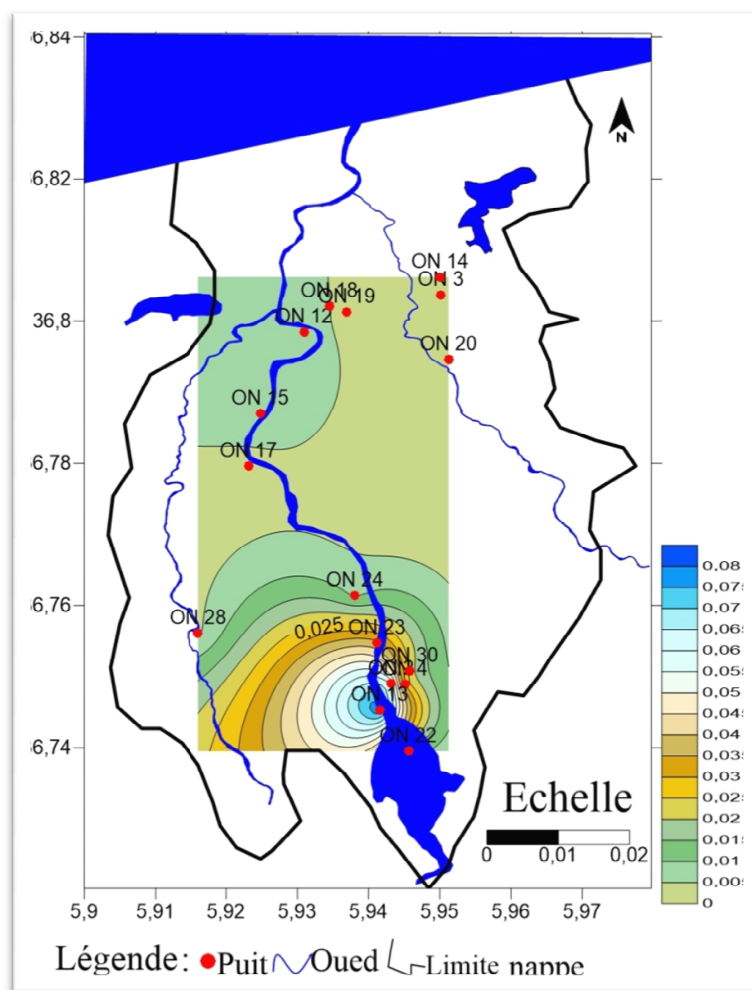


Figure 26 : carte de transmissivité.

D'après notre carte ,les fortes valeurs de la transmissivité (*fig.26*) dans la plaine alluviale d'oued Nil sont centralisées juste dans la partie Sud, représentée sur la carte par la couleur bleue avec des valeurs varient de 0,05 à 0,075 m²/s, due à la nature lithologique de cette partie(l'existence des formations perméables et ces grandes épaisseures).

Par contre dans le reste de la plaine, la transmissivité est d'ordre de 0,005 à 0,04m⁻²/s représentée dans la carte par la couleur marron.

Conclusion

L'étude de la structure et de la géométrie de la nappe aquifère a permis de définir une nappe alluviale constituée généralement de sables, de gravier et des lentille argileuses. L'analyse de la piézométrie pour trois campagnes de mesure montre un sens générale d'écoulement qui se fait du Sud vers le Nord.

L'interprétation des cartes de perméabilité et de transmissivité, nous a permis de constaté que l'horizon aquifère le plus important se localise dans la partie Sud.

La nappe est exploitée par un très grand nombre des puits qui se repartissent le long des Oueds.

Chapitre V :

Hydrochimie et Pollution

Partie I: bibliographie sur la remobilisation des métaux lourds dans les eaux de surface et les sédiments

Partie II : Matériels et Méthodes

Partie III : résultats et Discussions

Partie I

Bibliographie sur la remobilisation des métaux lourds dans les eaux de surface et les sédiments

I. Généralités sur les cours d'eau

I.1. Les différentes parties d'un cours d'eau

I.2. Les différents types de cours d'eau

I.3. Les différents facteurs influant sur la qualité des cours d'eau

II. La pollution métallique de l'eau

III. Généralité sur Les métaux lourds (ETM)

III.1. Définition

III.2. Origines

IV. Les principaux métaux lourds

IV.1. Cadmium (Cd)

IV.2. Chrome (Cr)

IV.3. Cuivre

IV.4. Fer (Fe)

IV.5. Manganèse (Mn)

IV.6. Plomb (Pb)

IV.7. Zinc

Conclusion

Partie II

Matériels et Méthodes

V. Localisation des sites de prélèvement des eaux et des sédiments

V.1. Les paramètres mesurés in situ

V.2. Modes de prélèvements

V.2.1. Prélèvement de l'eau

V.2.1.1. Prélèvement manuel sur le terrain

V.2.1.2. Transport des échantillons

V.2.1.3. Conservation et prétraitement des échantillons avant analyse

V.2.1.4. Préparation de l'eau pour le dosage des métaux lourds

V.2.2. Prélèvement du sol

V.2.2.1. Conditionnement du matériel de laboratoire

V.2.2.2. Préparation des échantillons du sol

V.3. Extraction des métaux lourds totaux

V.3.1. Principe

V.3.2. Mode opératoire

V.4. Le principe de la spectrométrie d'absorption atomique (AAS)

Partie III

Résultats et discussion

V.VIII. Résultats et interprétations

V.VIII.1. Les paramètres physico-chimiques

V.VIII.1.1. Température (T°C)

V.VIII.1.2. Potentiel d'hydrogène (PH)

V.VIII.1.3. Conductivité électrique (CE)

V.VIII.1.4. Oxygène dissous (O2)

V.VIII.2. Les ETM

V.VIII.2.1. Dans L'eau

V.VIII.2.1.1. Le Plomb(Pb)

V.VIII.2.1.2. Le Cadmium (Cd)

V.VIII.2.1.3. Le Fer (Fe)

V.VIII.2.2. Dans les sédiments

V.VIII.2.2.1. Le plomb (Pb)

V.VIII.2.2.2. Le Cadmium (Fe)

V.VIII.2.2.3. Le Fer (Fe)

V.IX.2. Discussion

V.IX.2.1. Les ETM dans les eaux de surfaces

V.IX.2.1.1. Le plomb (Pb)

V.IX.2.1.2. Le Cadmium (Fe)

V.IX.2.1.3. Le Fer (Fe)

V.IX.2.2. Dans les sédiments

V.IX.2.2.1. Le plomb (Pb)

V.IX.2.2.2. Le Cadmium (Cd)

V.IX.2.2.3. Le Fer (Fe)

Conclusion

V.I. Généralités sur les cours d'eau

On désigne par cours d'eau "tout chenal superficiel ou souterrain dans lequel s'écoule un flux d'eau continu ou temporaire".

V.I.1. Les différentes parties d'un cours d'eau

Diverses parties peuvent caractériser un cours d'eau :

- la **source** qui représente le point d'origine du cours d'eau ;
- l'**amont** (la partie la plus élevée du cours d'eau topographiquement) en opposition à l'**aval** (la partie la moins élevée) ;
- le **lit mineur** c'est-à-dire l'espace qui est occupé de manière permanente ou temporaire par le cours d'eau ;
- le **lit majeur** qui est occupé temporairement en période de crue lors des inondations ;
- la **rive** qui borde le cours d'eau ;
- les **berges** qui délimitent le lit mineur maintenues par la végétation (les saules, aulnes...) ;
- les **annexes hydrauliques**, qui peuvent être définies comme une forme topographique quelconque, remplie plus ou moins d'eau et fréquemment coupée du lit majeur du fleuve durant la période d'étiage ;
- la **ripisylve**, qui correspond à la végétation de bords de cours d'eau ; elle est composée de plusieurs strates (herbacée, arbustive, arborée) ;
- l'**embouchure** ou estuaire qui est le lieu où le cours d'eau (fleuve) termine sa course (généralement dans un océan, dans la mer ou dans un lac).

D'autres éléments secondaires permettent de caractériser un cours d'eau comme les **méandres** par exemple qui sont des sinuosités très prononcées du cours d'un fleuve ou d'une rivière.

L'ensemble des cours d'eau naturels et artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement forme le réseau hydrographique.

V.I.2. Les différents types de cours d'eau

En fonction de ces caractéristiques mais également de la longueur, de la localisation géographique ou d'autres paramètres, différents types de cours d'eau peuvent être distingués tels que :

- le **ru** : petit cours d'eau, souvent en tête de bassin, démarrage de l'écoulement ;
- les **ruisseaux** : petits cours d'eau de faible largeur et de faible longueur ;
- le **canal** : conduit naturel ou artificiel permettant le passage d'un fluide ;

- les **torrents** : cours d'eau situés généralement en montagne ou sur des terrains accidentés, au débit rapide et irrégulier ;
- les **rivières** : cours d'eau moyennement importants dont l'écoulement est continu ou intermittent, elles se jettent dans d'autres rivières ou dans des fleuves ;
- les **fleuves** : cours d'eau parfois importants se jetant dans l'océan ce qui les différencie des rivières.

D'autres types de cours d'eau existent tels que les ruisselets, les cours d'eaux souterrains ou les ravines par exemple.

V.I.3. Les différents facteurs influant sur la qualité des cours d'eau

La qualité des cours d'eau dépend de différents facteurs qui peuvent être modifiés et dégradés. Ils permettent de dresser un diagnostic du cours d'eau pour évaluer le besoin ou non d'aménagement.

Les principaux **facteurs physico-chimiques** déterminant l'état des cours d'eau sont les suivants :

- la température: est un facteur écologique important du milieu qui a une grande influence sur l'activité biologique d'un cours d'eau ;
- le potentiel hydrogène (PH): le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés ;
- le taux de conductivité électrique (CE) : la mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium,...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau est élevée ;
- le taux d'oxygène dissous: étant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. Il est exprimé en mg.l^{-1} ou en pourcentage de saturation. La solubilité de l'oxygène diminue avec la température et elle est plus faible dans l'eau de mer que dans l'eau douce ;
- le taux de matières en suspension (MES) : les MES sont des matières fines minérales ou organique insolubles, visibles à l'œil nu, qui cause la turbidité de l'eau, ce qui est néfaste pour la biologie des cours d'eaux ;
- La demande biologique en oxygène (DBO_5) : la DBO_5 constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. Elle correspond à la quantité

d'oxygène nécessaire pour oxyder les rejets d'effluents pollués déversés dans un cours d'eau ;

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

V.II. La pollution métallique de l'eau

➤ *L'eau polluée*

La pollution de l'eau est un diversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect de matière de toute nature et généralement tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques : physiques, chimiques, ou biologiques, qu'il s'agit des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de mers dans la limite des eaux territoriales.

➤ *La pollution métallique*

Les métaux lourds ou les éléments trace métalliques (ETM) sont présents à l'état de trace dans la croûte terrestre. Leur présence dans les eaux naturelles résulte de processus naturels (érosion et altération, émission volcaniques, diffusion d'aérosols à partir des sols et de l'eau de mer) et de l'activité humaine. Cette dernière est aujourd'hui considérée comme la principale source de contamination des eaux par les métaux et les métalloïdes. L'importance relative des sources de contamination anthropique (industrielle, domestique ou agricole) est variable selon l'élément considéré et l'occupation des sols sur le Bassin Versant.

V.III. Généralité sur Les métaux lourds (ETM)

V.III.1. Définition

L'expression « métal lourd » désigne pour les chimistes des métaux de numéro atomique élevé, de densité supérieure à 5g/cm³ (*Di Benedetto, 1997 ; Jeannot, 2001*), et formant des précipités insolubles avec les sulfures (*Schaud et Fiex, 2005*), ils sont également des bons conducteurs de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité (*Miquel, 2001*).

Le Cadmium, le Manganèse, le Cobalt, le Chrome, le Cuivre, le Plomb, le Mercure, le Nickel et le Zinc sont les métaux les plus souvent rencontrés dans les sols (*Jeannot, 2001*). Le **Clech(1998)** nous indique qu'ils sont en concentration dans les êtres vivants à moins de 1°/°°.

V.III.2. Origines

Tout comme les polluants organiques, la dissémination des éléments en traces dans l'environnement provient soit de processus naturels, soit des activités humains (*Baize et Tercécoord, 2002 ; Laurant, 2005*).

➤ *Origines naturelles*

Les éléments traces métalliques sont naturellement présents dans les roches mères (roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires); Tous les sols contiennent naturellement des éléments traces métalliques.

L'activité volcanique et les feux de forêts sont d'autres sources naturelles des polluants métalliques rejetés dans l'atmosphère (*Laurant, 2005*).

La présence des éléments traces métalliques dans les sols n'est pas indicatrice d'une pollution (*Burnol et al., 2006*).

Tableau (7) : contenu des roches en éléments traces(en mg /Kg) (*Laurant, 2005*).

Eléments	Roches magmatiques			Roches sédimentaires		
	Roches basiques	Roches intermédiaires	Roches acides	R.argilo-sableuses	Grés	Carbonates
Cd	0,13-0,22	0,13	0,009- 0,20	0,22- 0,3	0,05	0,035
Cr	170- 200	15- 50	4 -25	60- 100	20- 40	5 -16
Cu	60 -120	15- 80	10 -30	40	5- 30	2 -10
Mn	1200- 2000	500- 1200	350- 600	500- 850	100- 500	200 -1000
Pb	3- 8	12- 15	15- 24	18- 25	5- 10	3 -10
Zn	80- 120	40- 100	40- 60	80- 120	15 -30	10- 25

➤ *Origines anthropiques*

Du fait de leurs propriétés physiques intéressantes (bons conducteurs de chaleur et d'électricité, caractéristiques de dureté, de malléabilité, possibilités d'alliages, propriétés catalytiques, etc. ...) les métaux sont largement utilisés par l'homme. Cette utilisation n'a apporté aucun changement quant aux quantités des métaux présents sur terre : l'activité humaine ne crée ni ne détruit des éléments métalliques.

En revanche, elle modifie très significativement leur répartition et les formes chimiques sous lesquelles ils sont présents dans l'environnement.

Les gisements et les filants métallifères sont exploités, parfois de très longues date. Mai l'activité minière peut être à l'origine d'une dispersion des métaux dans l'environnement. Le milieu aquatique, notamment, peut être contaminé via les eaux de ruissellement. Toutefois l'industrie est toujours responsable de la majorité des rejets directs dans le sol. Par ailleurs,

le traitement des minerais et d'industrie métallurgique restent à l'origine d'émissions atmosphériques importantes (*Legoff, 2004*).

V.IV. Les principaux métaux lourds

V.IV.1. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal relativement rare dans la nature. Cet élément est caractérisé par numéro atomique (48), masse atomique (112.41 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 321.1 C° et une température d'ébullition de 766.9 C° (*coursier et al., 1986*), il apparait au-dessous du zinc dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique et partage un certain prospérité commun avec du Zn (*Landis et Ho Yo, 1999 ; Wright et Welbourn, 2000*). Il est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ 1 à 2 ppm, où il est souvent associé au zinc et plomb (*Di Benedetto, 1997*).

Le cadmium se présente comme un métal tendre de couleur blanc argenté. Cet élément ne possède ni odeur ni saveur caractéristique. Dans la nature, le cadmium n'existe pas, en général, sous sa forme métallique pure, mais plutôt sous celle d'un minéral associé à d'autres éléments tels que l'oxygène (oxyde de cadmium), le chlore (chlorure de cadmium) ou le soufre (sulfate de cadmium, sulfure de cadmium). Les chlorures et les sulfates de cadmium sont les formes les plus solubles (*Public Health Statement, 1990*).

➤ *Cadmium dans le sol*

Le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols ainsi que des décharges industrielles et traitement des effluents industriels et des mines (*Casas, 2005*). Les sols et les roches en contiennent des quantités variables en général peu, mais parfois en abondance.

Dans les sols non pollués, les concentrations moyennes de cadmium tournent autour de 0,25 ppm, mais elles peuvent atteindre 4 ppm sur certains sites abritant des résidus toxiques (*Public Health Statement, 1990*).

En raison de ses propriétés physico-chimiques, le Cd est un des métaux lourds les plus solubles dans le sol. Dès que la concentration de Cd augmente dans la terre, les plantes l'adsorbent avidement (*Verloo, 2003*).

V.IV.2. Chrome (Cr)

Elément de numéro atomique (24) et de masse atomique (52 g/mol) dont le corps simple est un métal. Il existe deux formes de chrome (trivalent et hexa valent) (*Ramade, 2000*), avec une densité de 7.2g/cm³ une température de fusion est égale à 1857 C° et une

température d'ébullition de 2672 C°, il apparait dans le premier rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

Il est donc un métal dur, blanc grisâtre, possédant 3 degrés principaux d'oxydation (II, III, VI) et cinq états d'oxydation inhabituels (-II, -I, 0, IV, V). l'état d'oxydation conditionne la stabilité (Bur, 2008), La teneur moyenne du chrome dans la croute terrestre serait comprise entre 100 et 200 mg/kg (*Burnol et al., 2006*).

Le chrome entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages, et améliore aussi la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion (*Pichard, 2005*).

➤ *Chrome dans le sol*

Le chrome se trouve rarement naturellement sous sa forme élémentaire (*Burnol et al, 2006*), il se rencontre en petites quantités à l'état naturel dans tous les types de roches et de sols, sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement chrome III et un peu chrome VI. Le chrome VI est largement transformé en chrome III dans les sols, les sédiments (favorisé en conditions anaérobiques et à un pH faible), et le chrome III s'adsorbe plus que le chrome VI (*Pichard, 2005*), les roches éruptives ultrabasiques sont celles qui contiennent le plus de chrome.

Dans les sols, le chrome est d'ordinaire peu phytodisponible, mais sa disponibilité augmente pour des pH neutres à basiques (différent de la majorité des ETM) (*Bur, 2008*).

V.IV.3. Cuivre (Cu)

Elément a numéro atomique (29) et de masse atomique (63,5 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 1084.4 C° et une température d'ébullition de 2566.9C°, il apparait au-dessous du zinc dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

La composition moyenne de la croute terrestre en cuivre serait comprise entre 45 et 70 mg/kg (*Burnol et al., 2006*), il est très malléable et un excellent conducteur de la chaleur et de l'électricité, fondant au 1.083 C° (*Wright et Welbourn, 2002*), existe à l'état natif. La teneur en cuivre dans les minerais varie de 0,5% à 5%. Elle est de 0,01% dans les roches volcaniques et 0,0055% dans les roches cristallines.

Le cuivre est principalement produit par broyage de minerais sulfurés et enrichissement par flottation ou par lessivage acide des minerais oxydés suivi d'une fusion et d'un raffinage électrolytique ou thermique (*Pichard, 2005*).

➤ *Cuivre dans le sol*

Selon Public Health Statement, (1990) le milieu environnemental le plus exposé au cuivre est le sol : 97% du cuivre libéré dans l'environnement s'y retrouve contre seulement environ 3% dans les eaux et 0,04% dans l'air.

Aux teneurs naturelles, les sols se trouvent également enrichis par l'utilisation excessive de fertilisants et de produits agro-sanitaires tels que les insecticides, les fongicides et les algicides qui sont à la base de sels de cuivre, notamment les sulfates de cuivre (*Kadem, 2005*).

Il est adsorbé de manière importante par les sols, plus que les autres métaux étudiés. Cependant, le cuivre a également une affinité élevée pour les ligands organiques solubles et la formation de ces complexes peut augmenter très fortement la mobilité de cet *élément* (*Burnol et al., 2006*).

V.IV.4. Fer (Fe)

Le fer est l'un des éléments les plus abondants dans l'écorce terrestre après l'oxygène (*Pedro, 2004*) élément à numéro atomique (26) et de masse atomique (55,84 g/mol), avec une densité de 7,86. Le fer pur fond vers 1540 C° et bout vers 2750 C°, il apparaît dans le premier ranger de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

Le fer dans l'état libre se trouve dans la grande catégorie des oxydes, hydroxydes et hydrates (concrétion ferrugineuse, horizon b des podzols, fer latéritique et fer minéral des sols bruns). Ce fer libre se trouve sous forme de Fe⁺⁺⁺ en milieu oxydant ou sous forme Fe⁺⁺ en milieu réducteur.

C'est sous cette réduite que le fer peut facilement migrer et se déposer ensuite en condition plus oxydantes (auréoles brunes et passage de racines) (*Duthil, 1973*).

➤ *Le fer dans le sol*

Le fer est un élément indispensable à la vie (cofacteur biochimique essentiel au bon déroulement des réactions d'oxydoréduction), mais peu disponible à l'état libre dans les sols (*Pedro, 2007*).

Le fer organique est retenu par chélation à la matière organique polaire du sol ; un groupement carboxyles à proximité d'un groupement hydroxyle. La décomposition des résidus végétaux fait apparaître un grand nombre de poly phénols et d'acide organique (tartrique, oxalique, et citrique,... etc.

Le passage de la forme Fe⁺⁺ à la forme Fe⁺⁺⁺ s'accroît dans le cas d'une augmentation de pH ou d'une élévation de la pression d'oxygène dans le sol. En dehors du

véhicule organique c'est donc l'acidité et le manque d'aération qui peuvent faciliter le transfert de ce métal dans le sol (*Duthil, 1973*).

V.IV.5. Manganèse (Mn)

Le manganèse est une substance qui existe essentiellement dans un grand nombre de roche, il est obtenu par extraction et transformation des roches riches en composés de manganèse. Mélangé au fer. Cet élément est caractérisé par numéro atomique (25), masse atomique de (54.93 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 1243.9 C°, une température d'ébullition de 1961.9 C°, il apparait dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

Le manganèse ne présente ni saveur ni odeur particulières. A l'état pur, il apparait sous la forme d'un métal de couleur argentée. Dans la nature, le manganèse est principalement lié à d'autres éléments tels que l'oxygène, le soufre et le chlore. Ces associées, appelées composés, sont des solides qui ne s'évaporent pas (*Public Health Statement, 1990*).

➤ *Manganèse dans le sol*

Le manganèse et certains composés de manganèse existent spontanément dans la nature sous forme solide, la mobilité du manganèse dans un sol, et donc la proportion susceptible d'y rester, dépend de son état chimique et de la nature du sol où il se trouve. Deux pesticides, le manèbe et le mancozèbe, contribuent également aux émissions de manganèse dans l'environnement à l'occasion de leur application dans les champs ou de déversement sur les lieux de leur conditionnement (*Public Health Statement, 1990*).

V.IV.6. Plomb (Pb)

Elément pauvre de numéro atomique (82) et de masse atomique (207 g/mol), avec une température de fusion est égal à 327.5 C° et une température d'ébullition de 1748.9 C° , il apparait au dessus du zinc dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*Wright et Welbourn, 2002 ; Landis et Ho Yo, 1999*), dont le corps simple est un métal gris bleuâtre mou, il s'agit d'un métal lourds (*Ramade, 1995*), la concentration moyenne en plomb de la croûte terrestre serait de l'ordre de 13 à 16 mg/kg (*Burnol et al., 2006*).

Le plomb existe sous trois formes essentielles :

- Le plomb dissous ;
- Le plomb colloïdal ;
- Le plomb particulaire (*Cassas, 2005*).

Le plomb est naturellement présent dans la croûte terrestre, il représente environ 0,002% de cette dernière. Il se trouve généralement sous forme peu soluble (*Secchi, 2008*). Il ne

possède ni odeur ni saveur particulière. Le plomb métallique ne se dissout pas dans l'eau et ne brûle pas. Il peut s'associer avec d'autres substances pour former ce que l'on appelle généralement des composés de plomb ou des sels de plomb (*Public Health Statement, 1990*).

➤ *Plomb dans le sol*

Le plomb contenu dans les roches peut se retrouver dans les sols, par altération de ces dernières, à des teneurs variables selon la composition initiale de la roche mère. De même, il est présent dans tous les autres compartiments de l'environnement (*Secchi, 2008*).

La plupart du plomb présent dans les sols du centre des villes provient des bâtiments anciens dont les peintures contenaient du plomb et de l'échappement des automobiles du temps où l'essence contenait encore du plomb (*Public Health Statement, 1990*).

Le plomb soluble ajouté au sol réagit avec des argiles, phosphates, sulfates, carbonates, hydroxydes et la matière organique, si bien que la concentration du plomb en phase aqueuse est fortement diminuée. Pour des pH supérieurs à 6, le plomb est soit adsorbé à la surface des argiles soit sous forme de carbonate de plomb (*Burnol et al., 2006*).

V.IV.7. Zinc

Cet élément est caractérisé par numéro atomique (30), masse atomique (65.38 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 419.5°C° et une température d'ébullition de 906.9°C°.

La teneur moyenne en zinc de la croûte terrestre serait comprise entre 70 et 132 mg/kg, (*Burnol et al, 2006*), il prend l'aspect d'un métal brillant, de couleur blanc bleuâtre. Il n'y a pas d'information sur la saveur et l'odeur du zinc sous cette forme. A l'état de poudre, le zinc est un explosif susceptible de prendre feu subitement s'il est stocké à l'humidité.

Le zinc peut en outre se lier à d'autres éléments, et en particulier au chlore, à l'oxygène et au soufre, pour former des composés de zinc (*Public Health Statement, 1990*).

➤ *Le zinc dans le sol*

Le zinc est présent dans l'air, l'eau et le sol à la suite des processus naturels et des activités humaines (*Public Health Statement, 1990*), les teneurs en Zn dans les sols non contaminés sont généralement les plus élevées de tous les ETM. En contexte contaminé, si la concentration en Zn dépasse 300 ug.g-1, il est également un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène de l'air pour former une couche d'oxyde blanc imperméable. On le trouve généralement à l'état d'oxydation II (*Bur, 2008*).

Burnol et al en (2006) montre que la précipitation n'est pas un mécanisme majeur de rétention de Zn dans les sols à cause de la solubilité élevée des composés de Zn. En tant que métal cationique, l'adsorption de Zn augmente avec le pH. Le Zn s'hydrolyse à Ph > 7,7 et les

espèces hydrolysées sont fortement adsorbées sur les surfaces du sol. Cependant, le zinc peut également former des complexes avec les ligands organiques et inorganiques ce qui diminue les réactions d'adsorption les niveaux de zinc dans les sols s'accroissent sous l'influence des dépôts de résidus de zinc issus des usines métalliques et de cendre de houille provenant des centrales électriques (*Public Health Statement, 1990*).

V.V. Localisation des sites de prélèvement des eaux et des sédiments

Pour étudier la qualité des eaux de surface et les sédiments de la plaine alluviale d’oued Nil on prend dix stations de ce dernier, cinq sur oued Boukaraa et deux stations sur oued Saayoud (*fig.27*).

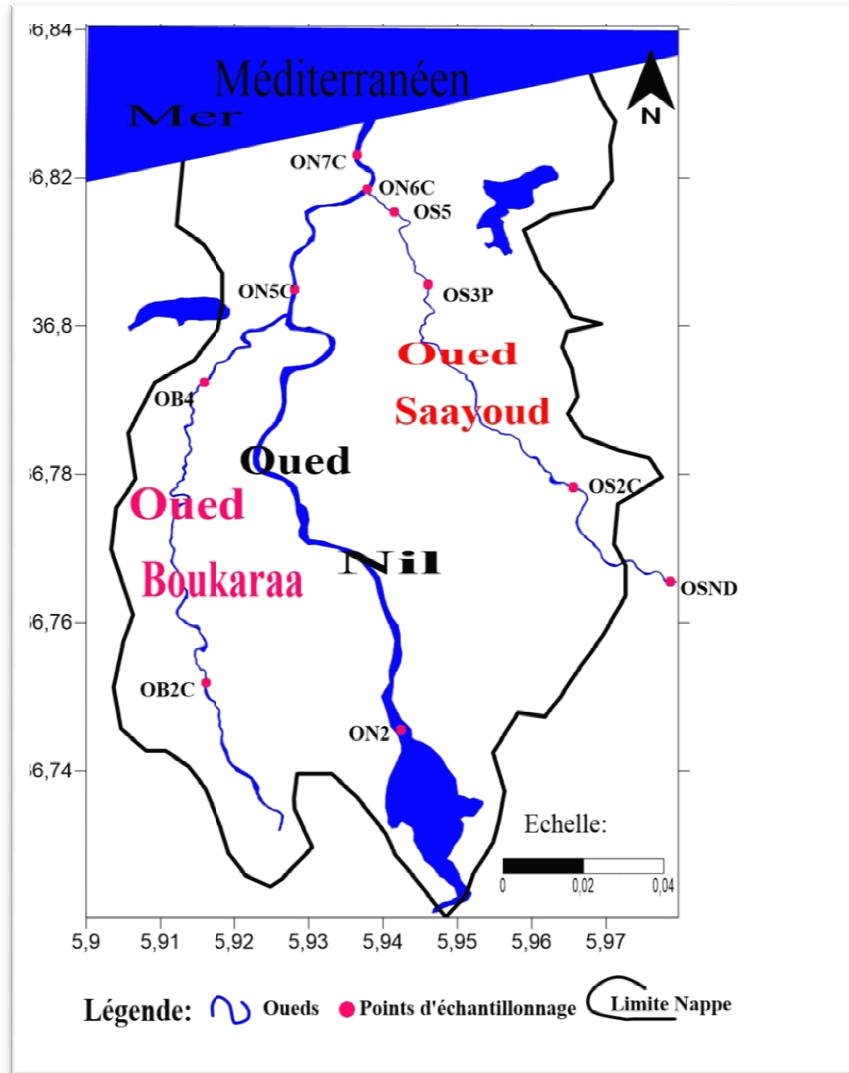


Figure27 : carte des sites de prélèvement.

V.VI.Les paramètres mesurés in situ

A l’aide d’une valise (Multi 350i) qui est un instrument de précision de dimensions compactes permettant d’effectuer des mesures rapides et fiables de pH, température, oxygène, salinité et conductivité. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions et susceptibles de varier dans des proportions importantes s’ils ne sont pas mesurés in situ.



Photo(1): Multi-paramètres 350i (Université de Jijel).

➤ ***Le seau***

Pour le prélèvement des eaux de surface à partir des oueds, nous avons utilisé un seau (*photo1*).

Dans chaque station, nous avons prélevé l'eau au milieu d'oued. Cela permettra d'éviter l'effet des décharges stagnées sur les berges des oueds qui peuvent être modifier la chimie de l'eau.

Pour chaque station, nous avons pris deux bouteilles étiquetées (nom de station, date...) et avant de mettre l'eau, la bouteille a été rincée au moins trois fois avec de l'eau à analyser ainsi que le matériel utilisé (préleveur) afin d'éviter toute contamination de l'échantillon. Les deux bouteilles sont remplies à ras bord, puis fermées immédiatement, de façon à limiter le plus possible les bulles d'air.



Photo (2) :Le seau.

➤ ***La sonde piézométrique***

Dans le but d'établir la carte piézométrique de la nappe, nous avons fait les mesures piézométriques de la nappe à l'aide d'une sonde piézométrique (*photo3*).



Photo(3):Sonde piézométrique.

Le niveau piézométrique de la nappe est calculé par la formule ci-dessous :

Niveau piézométrique = altitude – (profondeur d'eau – la margelle).

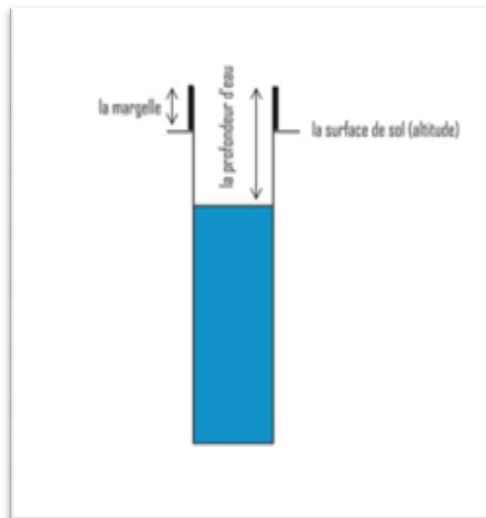


Figure 28:Méthode de calcul.

➤ *Les logiciels*

Surfer 11 et 10 : pour faire les cartes piézométriques et redessiner les cartes.

Global mapper : pour limiter le Bassin Versants d'Oued Nil, leur 4 sous bassins et la limite de sa nappe.

V.VII. Modes de prélèvements

V.VII.1. Prélèvement de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle il faut apporter le plus grand soin. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau.

V.VII.1.1. Prélèvement manuel sur le terrain

Dans le cadre d'un prélèvement manuel, chaque flaconnettoyé comme précisé ci-dessus ; a été débouché lors de l'échantillonnage et plongé à une certaine distance du fond « 1m » et de la surface assez loin des rives, et en dehors des zones morte. Il a été rincé plusieurs fois avec l'eau d'échantillon de façon à conserver certaine représentativité de l'échantillon. Le prélèvement est effectué en immersion complète, en limitant la présence d'air afin de limiter au maximum les contaminations d'une part et l'évolution des échantillons d'autre part.

V.VII.1.2. Transport des échantillons

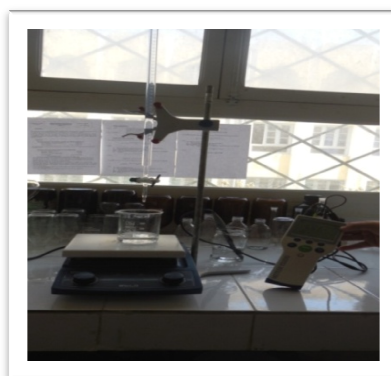
Tous les échantillons ont été acheminés au laboratoire dans une enceinte (glacière) maintenue à une température égale à $4^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ pendant 1 h et 30 min après la fin du prélèvement et mis dans un réfrigérateur. Ceci doit permettre un démarrage de toutes les procédures analytiques si possible dans les 24 h et au plus tard 48 heures après la fin du prélèvement.

V.VII.1.3. Conservation et prétraitement des échantillons avant analyse

Le conditionnement définitif a été effectué assez rapidement, après le prélèvement, pour prévenir tout risque de contamination. Les échantillons destinés aux dosages de certains éléments (métaux, nitrites, nitrates, phosphore) ont été acidifiés à $\text{pH} < 2$.

V.VII.1.4. Préparation de l'eau pour le dosage des métaux lourds

Les échantillons (100ml pour chaque station), sont acidifiés à $\text{pH} < 2$ de l'acide nitrique puis filtrés à l'aide des membranes de filtration ayant une porosité de $0,45 \mu\text{m}$, puis stockés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage.



Photo(4): Matériels utilisés pour la diminution du PH.

V.VII.2. Prélèvement du sol

Les échantillons du sol ont été collectés en utilisant tarière en acier inoxydable. Après leur collecte sur le terrain, les échantillons rassemblés ont été stockés dans des récipients de polyéthylène préalablement décontaminés avec HNO_3 (10%) et rincé avec de l'eau ultra-pure.

V.VII.2.1. Conditionnement du matériel de laboratoire

Avant l'utilisation tout matériel susceptible d'entrer en contact avec l'échantillon doit faire une attention particulière.

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

V.VII.2.2. Préparation des échantillons du sol

Les échantillons du sol ont été séchés dans une étuve à 110°C , homogénéités à l'aide d'un mortier et tamisée à 2mm pour obtenir un échantillon homogène, puis stockés dans des boîtes en polyéthylènes ayant préalablement subit le schéma classique de conditionnement avant l'utilisation (lavage, séjour dans l'acide, rinçage par l'eau distillée puis séchage).

V.VII.3.Extraction des métaux lourds totaux

V.VII.3.1.Principe

Cette méthode est utilisée pour le dosage des éléments totaux et principalement pour le Cu, le Mn, le Zn, le Fe, le Cr, le Ni, le Pb et le Cd.

L'échantillon est soumis à l'action d'un mélange d'acide chlorhydrique (3/4) et d'acide nitrique (1/4) pendant 12 h à température ambiante, puis à 180°C pendant 2h. L'extrait est ensuite filtré et ajouté au volume avec de l'eau déminéralisée. C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages de spectrophotométrie d'absorption atomique.

V.VII.3.2.Mode opératoire

Le procédé d'extraction consiste à ajouter à 2g de sol pris à partir d'un échantillon broyé dans un mortier puis passés au tamis de 250 microns, 15 ml d'acide chlorhydrique et 5 ml d'acide nitrique.

Dans un bécher de 100 ml, Laisser en contact pendant une nuit afin de permettre une oxydation lente de la matière organique, puis chauffer dans un bain de sable pendant 30 minutes à une température de 120°C , après refroidissement, le contenu de bécher doit être filtré sur papier filtre sans cendre, lavé aux acides à vitesse moyenne de filtration dans les fioles de 100 ml puis compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

V.VII.4. Le principe de la spectrométrie d'absorption atomique (AAS)



Photo(5) : Le spectromètre d'absorption atomique (AA-6200 SHIMADZU).

La spectrométrie d'absorption atomique (AAS) constitue un outil privilégié d'analyse en **sciences environnementales**. Couplée à un four graphite, la spectrométrie AAS autorise le dosage d'éléments majeurs et traces dans divers types de substrats : végétaux, sols, sédiments, roches, aliments, déchets solides, effluents liquides, eaux souterraines, eaux de surface, eaux usées, etc.

Dans son principe, la spectrométrie AAS consiste à **vaporiser l'échantillon** liquide et à le chauffer à l'aide d'une flamme ou d'un four. En mode flamme, l'équipement peut être utilisé en spectrométrie d'absorption et d'émission. La flamme est dirigée vers une lumière émise par une lampe appropriée émettant les longueurs d'onde caractéristiques de l'élément recherché. En traversant la flamme, les ondes lumineuses - dont les longueurs d'onde correspondent à l'élément dosé - sont absorbées par les ions excités présents dans la flamme. L'absorption est mesurée à l'aide d'un prisme dispersif et d'une cellule photoélectrique : elle est directement proportionnelle à la concentration de l'élément. Lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de lumière d'une fréquence F bien définie et propre à cet élément. Le même élément dispersé dans une flamme possède la propriété d'absorber tout rayonnement de même fréquence F . Il en résulte une absorption du rayonnement incident lié à la concentration de l'élément considéré.

En mode flamme, la limite de détection est de l'ordre de la ppm. La sensibilité des dosages en mode flamme est limitée par des réactions secondaires (évaporation) et par le temps très court de passage dans la flamme. Pour accroître la sensibilité du dosage, il est nécessaire de réduire ou d'éliminer ces deux facteurs par atomisation. Celle-ci est réalisée dans un four graphite d'un volume réduit sous atmosphère inerte. La limite de détection est alors de l'ordre de la ppm.

La connaissance de la qualité des eaux de surface et des sédiments passe par la réalisation des analyses chimiques de ces derniers. Plus le nombre d'analyse est important plus les informations sont précises.

Pour réaliser notre travail, nous avons effectué 34 analyses, ces dernières ont portés sur quelques paramètres physico-chimiques et quelques ETM.

V.VIII. Résultats et interprétations

V.III.1. Les paramètres physico-chimiques

V.VIII.1.1. Température (T°C)

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

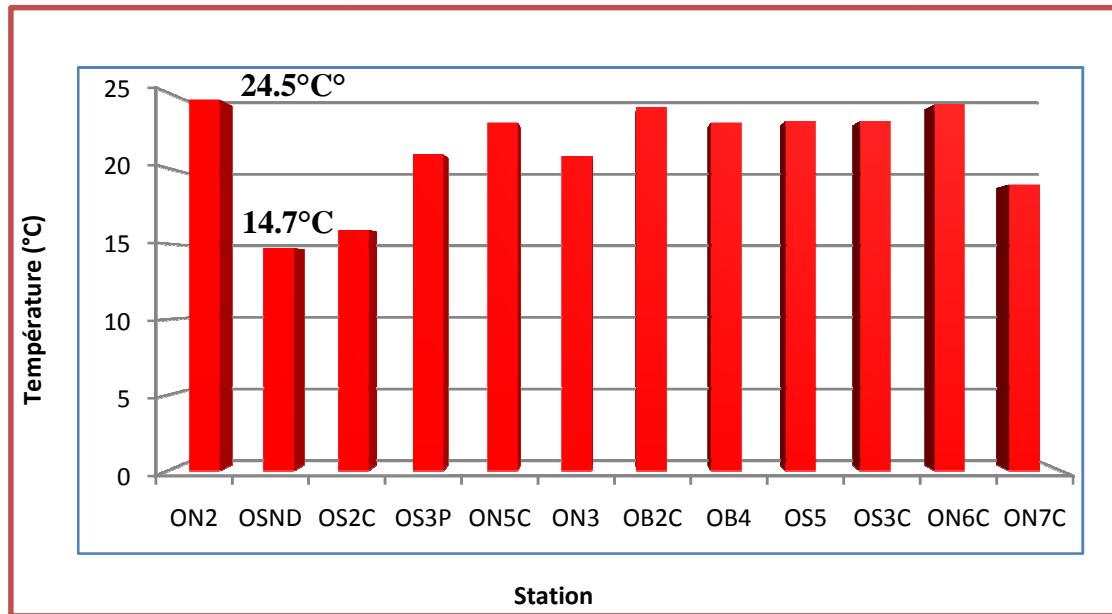


Figure 29 : Histogramme de la variation de Température des différentes stations.

D'après la figure (*fig.29*), les valeurs de la température sont différentes d'une station à l'autre. Elles varient entre 14.7°C à OS1D et 24.5°C à ON2.

V.VIII.1.2. Potentiel d'hydrogène (PH)

Le PH influe sur la plupart des processus chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques. C'est un facteur limitant. Si le PH inférieur de 4.5 ou supérieur de 10 il devient toxique pour les organismes vivants. (*Blondi, 2005*)

D'après la l'histogramme de variation de ph (*fig.30*), on remarque que les valeurs de ph varient de manière globale de 7 à 9. Toutes les stations semblent avoir un ph neutre à légèrement basique, les valeurs de ph restent dans la norme algérienne, sauf à la station OB4 (9.05), cela indique que cette eau à une bonne aptitude à la biologie et présente une bonne aptitude aux usages (production de l'eau).

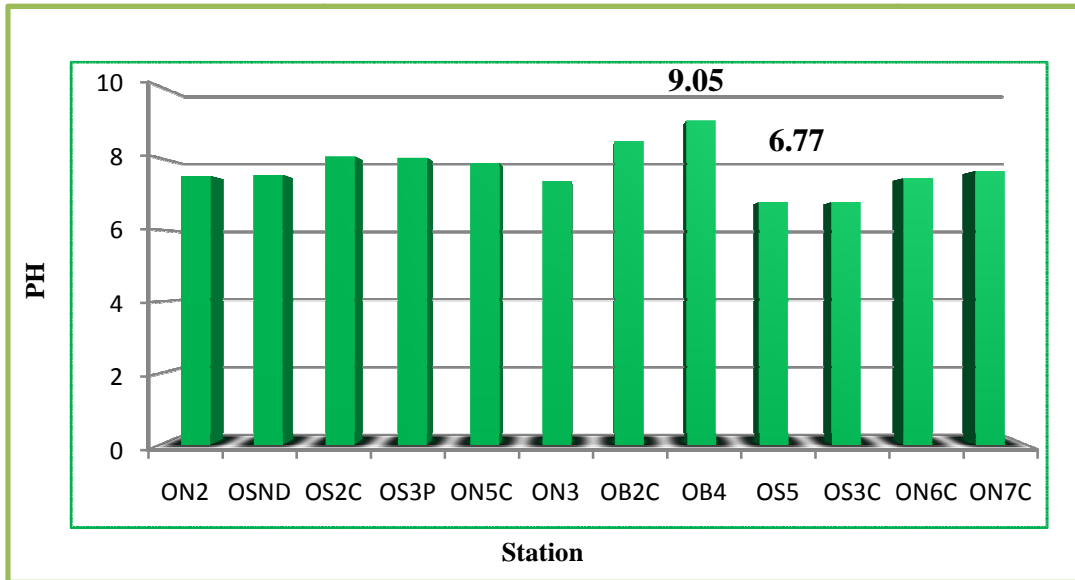


Figure 30 : Histogramme de variation de pH des différentes stations.

V.VIII.1.3. Conductivité électrique (CE)

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

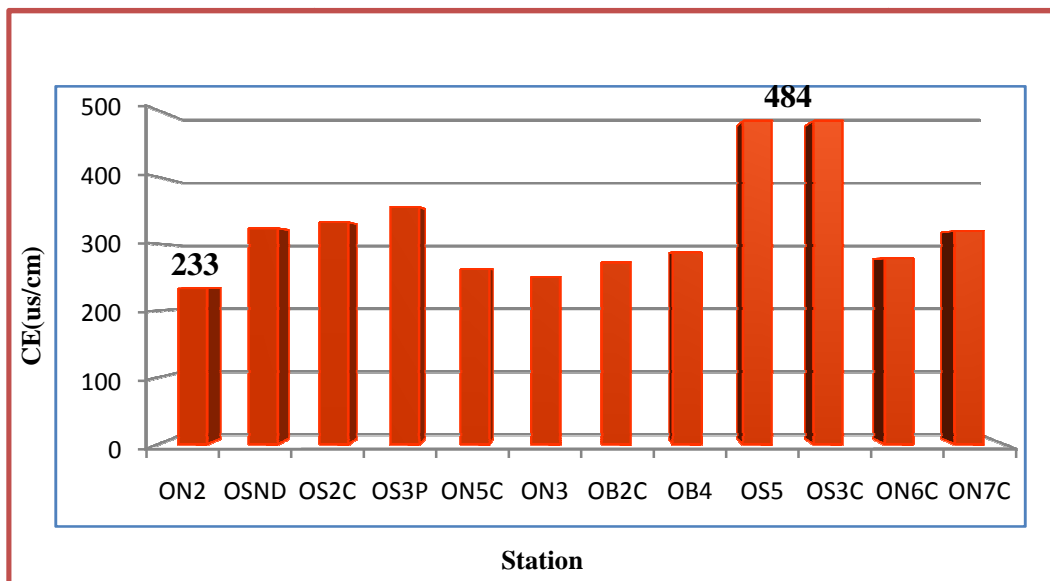


Figure 31: Histogramme de variation de la conductivité des différentes stations.

L'allure de l'histogramme (*fig.31*) montre que toutes les valeurs de CE sont très bonnes. Les valeurs de la conductivité varient entre 233 et 484 (us/cm) donc l'eau présente une bonne aptitude aux usages (production d'eau potable et l'irrigation).

V.VIII.1.4. Oxygène dissous (O2)

L’oxygène est l’un des paramètres particulièrement utile pour l’eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C’est un des paramètres les plus sensibles à la pollution.

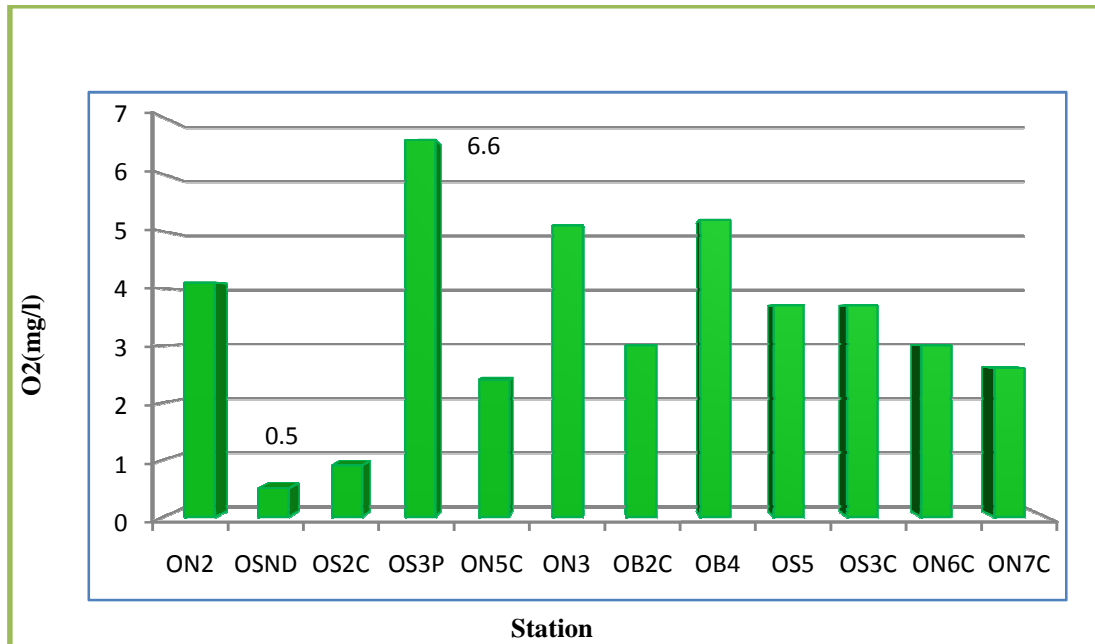


Figure32: Histogramme de variation d’oxygène dissous des différentes stations.

La teneur la plus élevée est de 6.6 mg/l à la station OS3P se qui indique une bonne qualité de l’eau selon les normes algériennes qu’est de 3 à 6 mg/l , et la valeur la plus basse est de 0.5 mg/l observée à la station OS1D (fig.32).

V.VIII.2. Les éléments trace métalliques (ETM)

V.III.2.1. Dans L’eau

V.VIII.2.1.1. Le Plomb(Pb)

Oued Saayoud

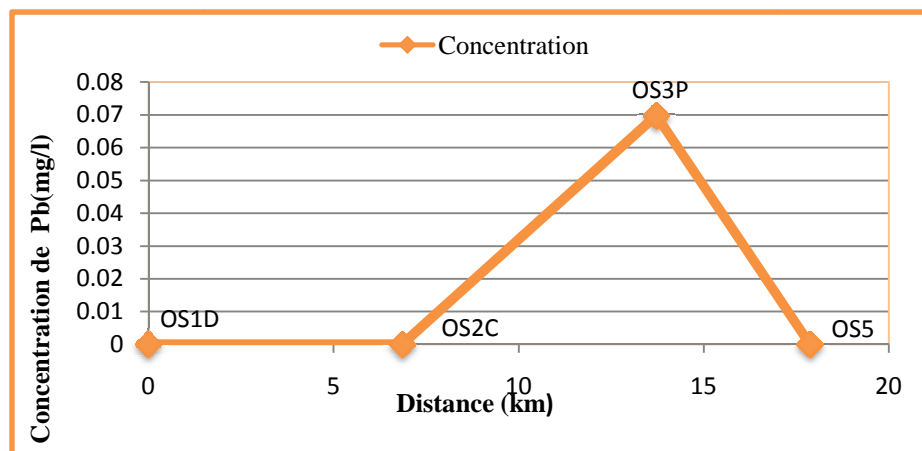


Figure33 : Variation des concentrations de Pb à oued Saayoud.

Les concentrations en plomb sont nulles dans toutes les stations de l'oued (*fig.33*), sauf la station OS3P qui présente une concentration de 0.0698mg/l et qui est supérieure à la norme Algérienne (0,05 mg/l).

Oued Boukaraa

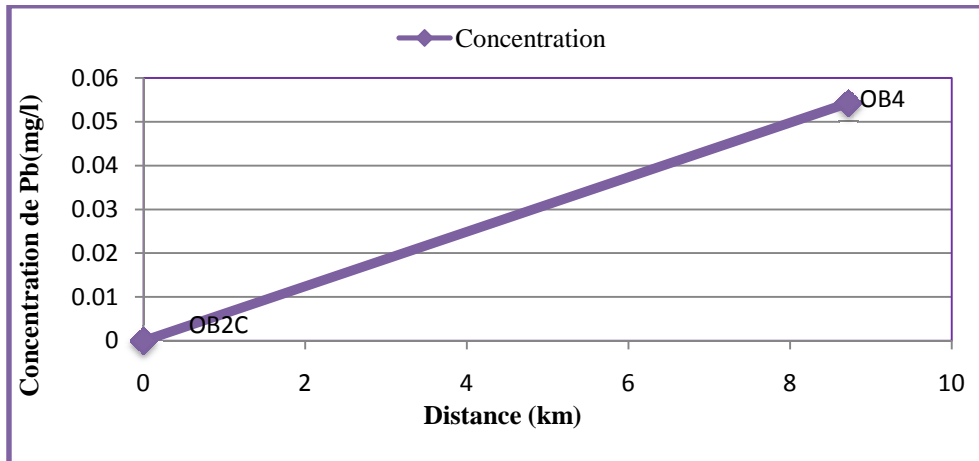


Figure34 : Variation des concentrations de Pb à oued Boukaraa.

Le graphique d'Oued Boukaraa (*fig.34*), montre la présence d'une concentration qui dépasse la norme Algérienne à la station OB4 (0.0543mg/l)..

Oued Nil

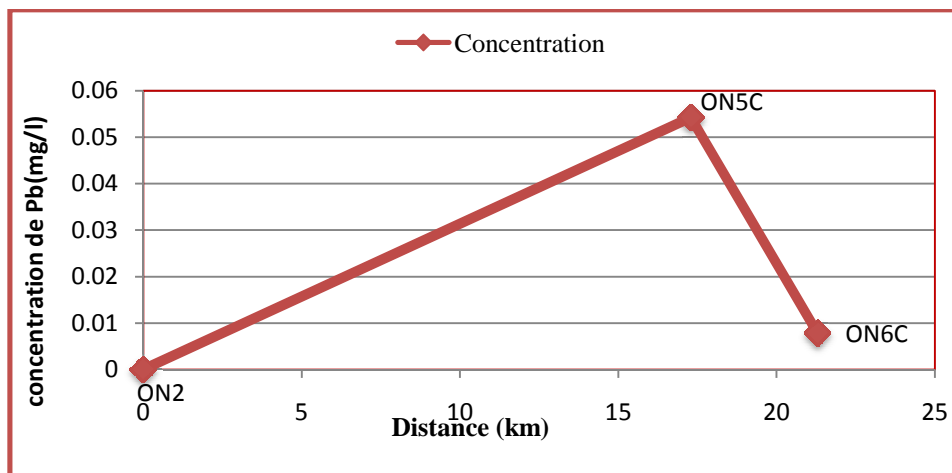


Figure 35 : Variation des concentrations de Pb à oued Nil.

Les teneurs de Pb dans les trois stations d'oued Nil sont diverses varient entre une valeur minimale 0.00691mg/l trouvée à la station ON6C et une valeur maximale 0.0557 mg/l enregistrée dans la station ON5C .on note l'absence des concentrations en Pb à la station ON2 (*fig.35*).

V.VIII.2.1.2.Le cadmium(Cd)

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

Oued Saayoud

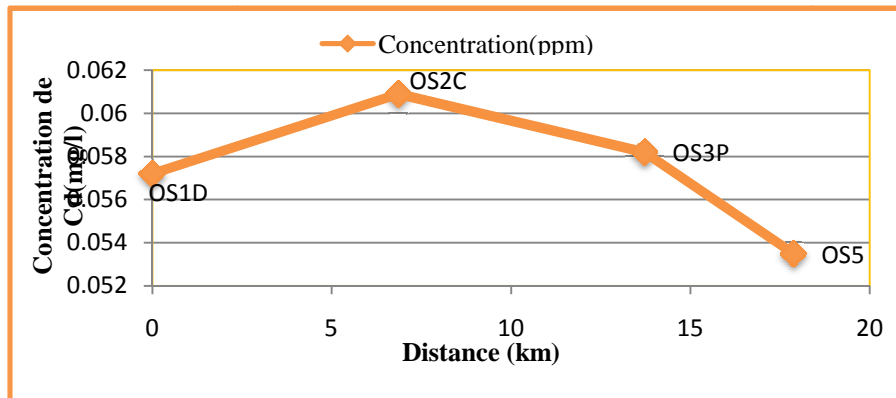


Figure 36: Variation des Concentrations de Cd à oued Saayoud.

Le graphique montre que toutes les stations d'Oued Saayoud ont des teneurs en cadmium qui dépassent la norme Algérienne (0,005 ppm) avec un maximum enregistré dans la station OS2C qu'est d'ordre de 0.0609mg/l et un minimum de 0.0535mg/l enregistré à OS5 (*fig.36*).

Oued Boukaraa

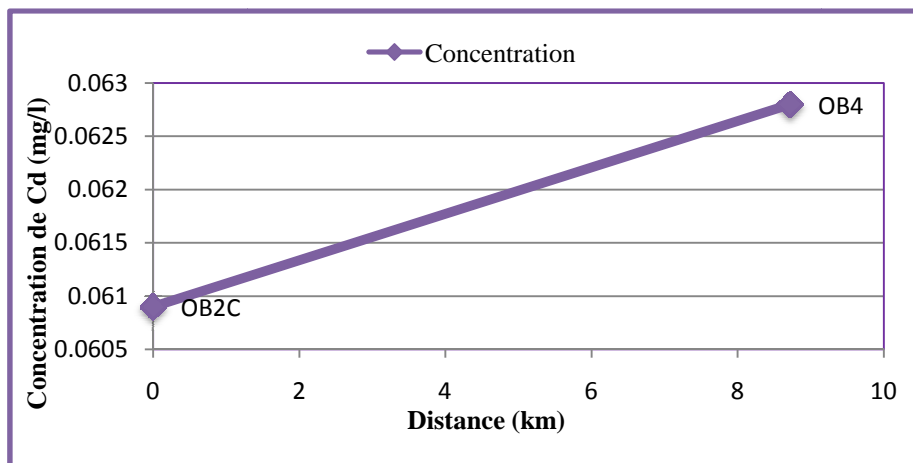


Figure37: Variation des concentrations de Cd à oued Boukaraa.

Les deux stations présentent des teneurs supérieures à la norme Algérienne avec des valeurs qui sont respectivement OB2C= 0,0609 et OB4= 0,0628 ppm (*fig.37*).

Oued Nil

Les résultats de l'analyse obtenue montrent que les valeurs de Cd sont variables d'une station à l'autre (**fig.38**). La valeur la plus basse de ce métal est de 0.0582mg/l rencontré dans la station ON6C et de la plus élevée 0.0646mg/l remarquée à la station ON7C (l'aval de cet oued).

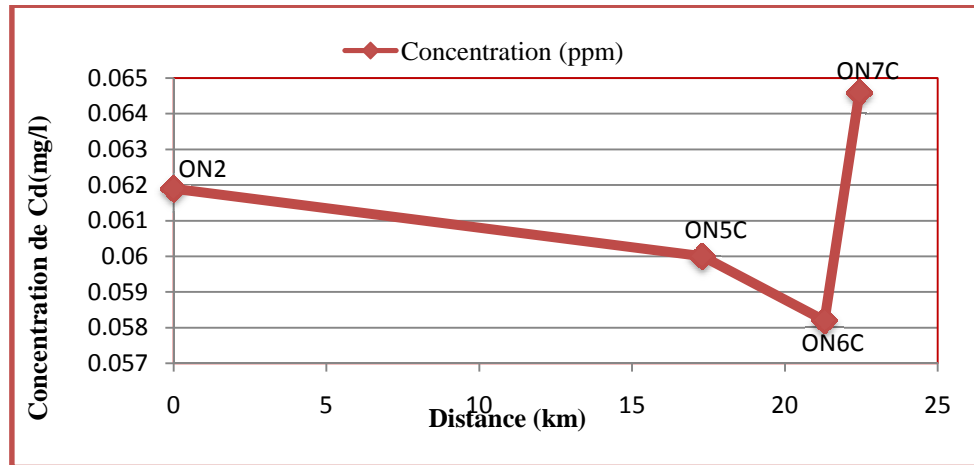


Figure38 : Variation des concentrations de Cd à oued Nil.

Les résultats de l'analyse obtenue montrent que les valeurs de cd sont variables d'une station à l'autre (**fig.38**).

La valeur la plus basse de ce métal est de 0.0582mg/l rencontré dans la station ON6C et de la plus élevée 0.0646mg/l remarquée à la station ON7C (l'aval de cet oued).

V.III.1.2.1.3.Le Fer (Fe)

Oued Saayoud

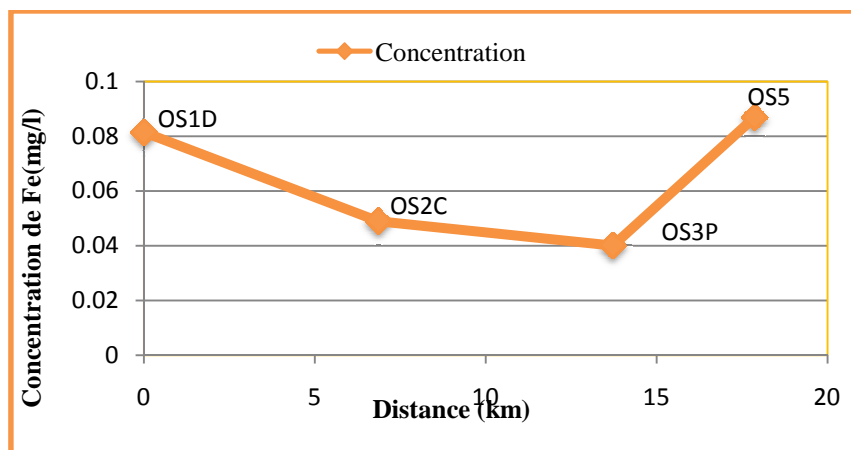


Figure39 : Variation des concentrations de Fe à oued Saayoud.

Le graphique montre que les concentrations oscillent entre 0,0401 à la station OS3P et 0,0869 mg/l à la station OS5.

Oued Boukaraa

D'après la figure (fig.40), on remarque que la station OB4 atteint la grande valeur de Fe 0.0892mg/l et la station OB2C à une valeur moins élevée que la première.

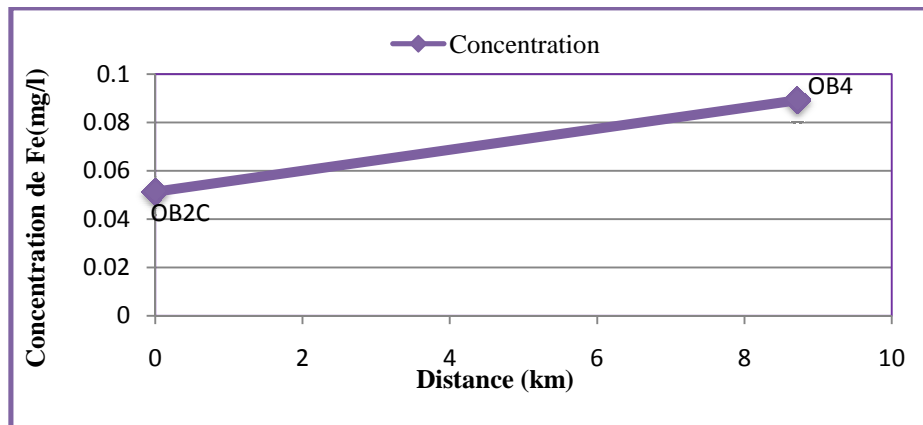


Figure40: Variation des concentrations de Fe à oued Boukaraa.

Oued Nil

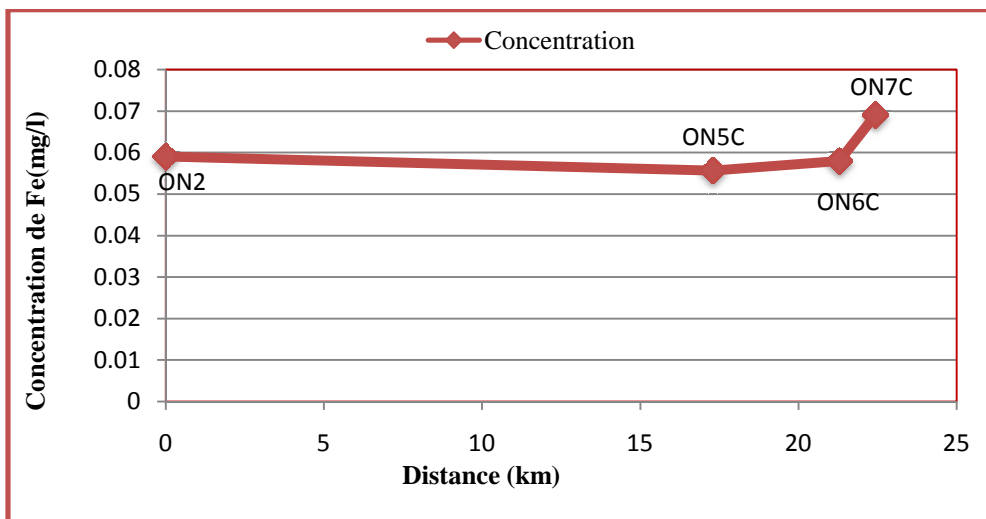


Figure41: Variation des concentrations du Fe à oued Nil.

D'après le graphique (Fig.41), on remarque que les concentrations sont variées entre 0,0557 mg/l (ON5) et 0,0691 mg/l (ON7) l'aval d'Oued Nil.

V.VIII.2.2.Dans Les sédiments

V.III.2.2.1.Le plomb (Pb)

Oued Saayoud

La valeur la plus élevée est observée dans l'aval de cet oued représenté par OS5 (23.265mg/l) et la faible concentration de Pb est observée à la station OS3P (19 mg/l). (fig .42).

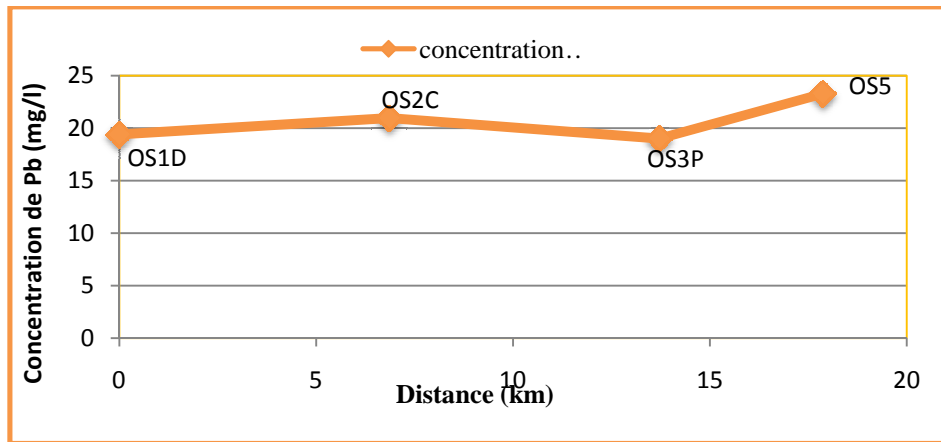


Figure42: Variation des concentrations de Pb dans les sédiments d'oued Saayoud.

Oued Boukaraa

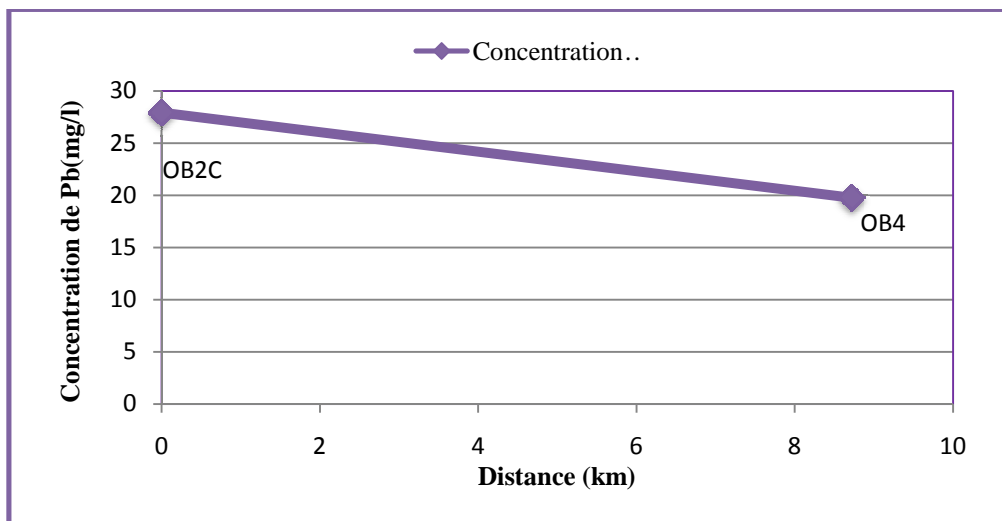


Figure43 : Variation des concentrations de Pb dans les sédiments d'oued Boukaraa.

D'après le graphique (fig.43), on remarque que la concentration la plus élevée en Pb est observée à l'amont de l'Oued (OB2C) avec une valeur de 27.915mg/l, par contre à l'aval (OB4), on enregistre la faible concentration (19.775 mg/l).

Oued Nil

Le graphique de variation des concentrations en Plomb dans les sédiments d'Oued Nil (fig.44), montre une diminution des teneurs en Pb de l'amont (ON2) vers l'aval (ON7C), la concentration est passée de 18,61 à 14,735 mg/l.

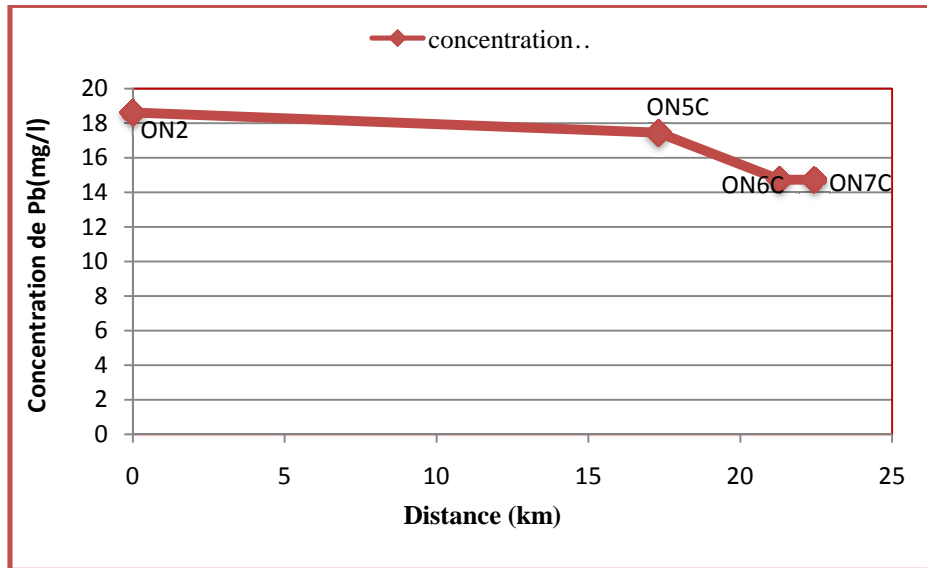


Figure 44: Variation des concentrations de Pb dans les sédiments d'oued Nil

V.VIII.2.2.2. Le Cadmium (Cd)

Oued Saayoud

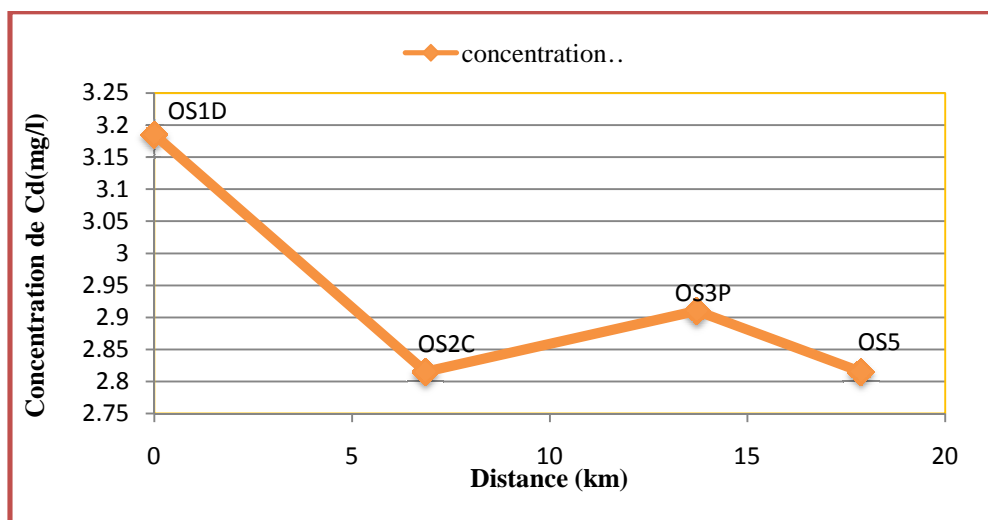


Figure 45 : Variation des concentrations de Cd dans les sédiments d'oued Saayoud.

D'après la figure (45) on peut distinguer que les dernières stations ont des concentrations très proches (2,81 à 2,91 mg/l) la station OS1D située à l'amont présente une

teneur plus élevée par rapport aux autres stations peut atteindre 3,18 mg/l, semble due aux rejets urbains de la ville de Chekfa.

Oued Boukaraa

La concentration de Cd diminue de l'amont vers l'aval (*fig. 46*), avec une valeur de 3.23 mg/l à la station OB2C et 3.095 mg/l à la station OB4.

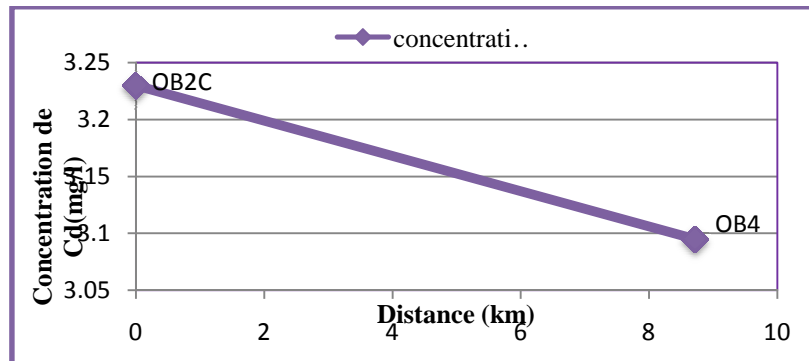


Figure 46: Variation des concentrations de Cd dans les sédiments d'Oued Boukaraa.

Oued Nil

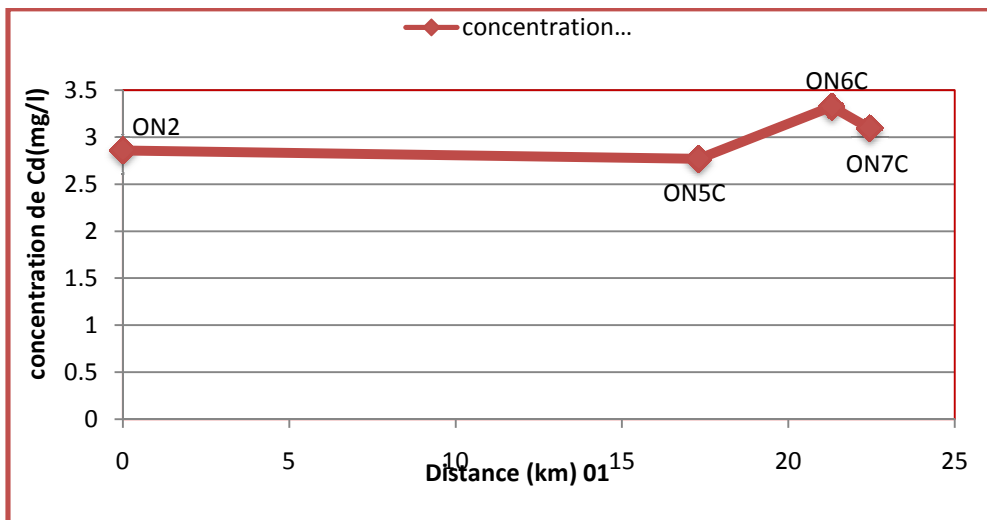


Figure 47: Variation des concentrations de Cd à Oued Nil.

Comme le graphique montre (*fig. 47*), la valeur la plus élevée est observée à la station ON6C qui est de 3.325 mg/l et la basse valeur est de 2.77 mg/l enregistrée dans ON5C.

V.VIII.2.2.3. Le Fer (Fe)

Oued Saayoud

D'après la figure (47), on remarque que les valeurs du Fe sont très élevées. Elles atteignent une valeur de 102135mg/l dans la station OS5 (l'aval de l'Oued). A l'amont on enregistre une teneur de 76225mg/l dans OSND.

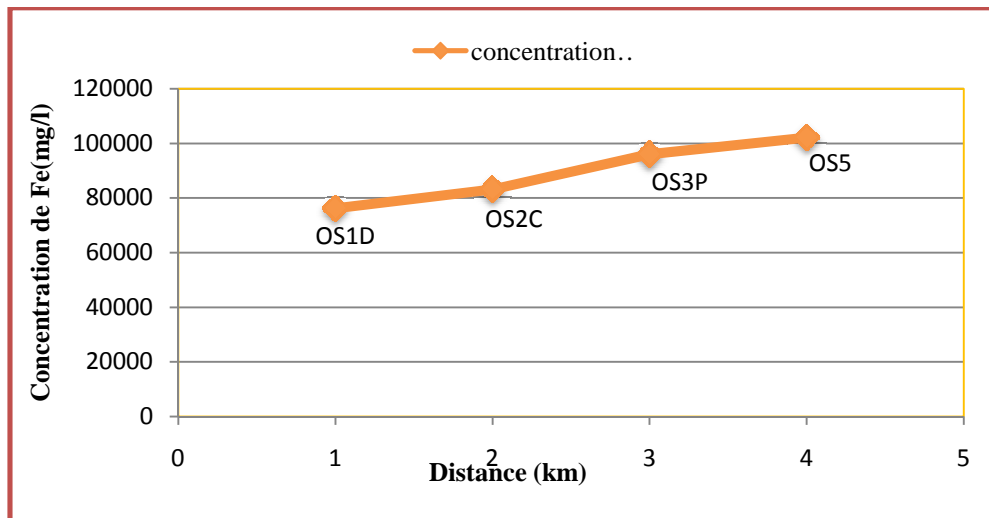


Figure48 : Variation des concentrations de Fe à oued Saayoud.

Oued Boukaraa

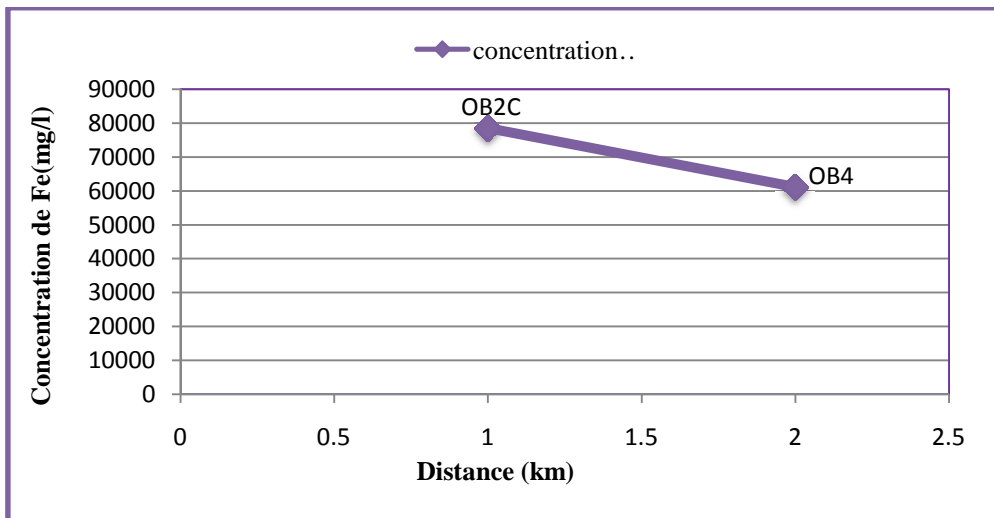


Figure49: Variation des concentrations de Fe à oued Saayoud.

Dans cet Oued aussi les concentrations de Fe sont très élevées, la plus élevée 78510mg/l est enregistrée à la station OB2C, la deuxième station OB4 à la faible valeur 6180mg/l (fig.49).

Oued Nil

Les eaux d'Oued Nil présentent des concentrations très élevées par rapport aux autres Oued, ces concentrations oscillent entre 102585 mg/l à la station ON7C et 131335mg/l enregistrée à la station ON5C. (fig.50). Ces fortes concentrations peuvent être dues aux rejets urbains, aux déchets solides et aux activités agricoles très intenses tout le long de l'Oued.

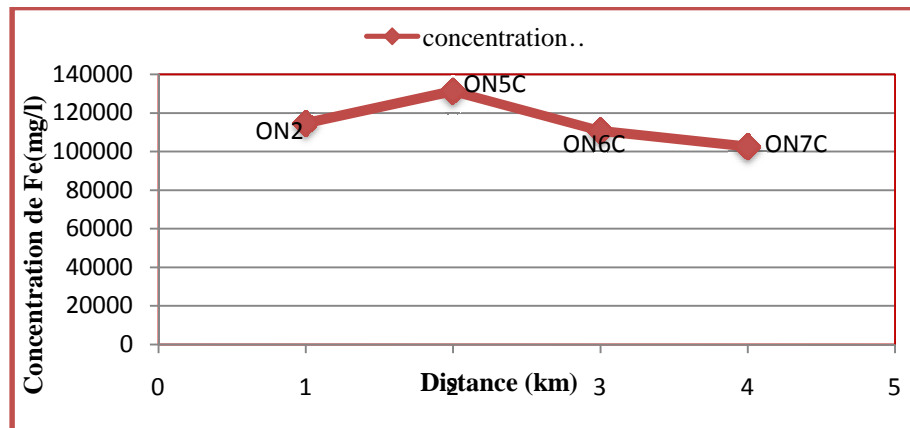


Figure 50: Variation des concentrations de Fe à oued Nil.

V.IX. Discussion

V.IX. 1. Les ETM dans les eaux de surfaces

V.IX.1.1.Le plomb

Oued Saayoud

D'après les graphiques précédents on remarque que les concentrations du Pb sont nulles dans les stations étudiées sauf OS3P qui a un pic de 0.0698 mg/l et qui dépasse la norme Algérienne (0,05 mg/l). Les sources possibles du Pb dans les eaux de cet Oued peuvent être attribuées aux eaux usées domestique, les décharges sauvages ainsi que le trafic routier car l'Oued se trouve sous un pont.

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

Oued Boukaraa

En dehors des gisements plombifères, le plomb est un constituant naturel largement répandu dans la croute terrestre. La présence du plomb à la station OB4 avec une concentration supérieure à la norme Algérienne semble due aux rejets urbains.

Oued Nil

Dans la station ON5C la concentration du Pb est la même que OB4 plus élevée car cette station (ON5C) représente la zone de confluence entre Oued Nil et Oued Boukaraa, donc l'origine de Pb est anthropique (rejets domestiques).

V.IX.1.2. Le cadmium

Oued Saayoud

Les teneurs en Cd sont variables d'une station à une autre, mais la concentration la plus élevée est dans OS2C à cause des rejets des eaux usées domestiques, le lessivage des terres agricoles et les ordures ménagères.

Oued Boukaraa

Selon le graphique de variation de cet élément (*fig.37*) on remarque que la concentration la plus élevée du Cd est dans la station OB4 et qui peut être due aux rejets des eaux usées domestique et le lessivage des terres agricoles.

Oued Nil

La teneur élevée du Cd dans la station ON7C qui est l'aval d'Oued Nil est à cause des rejets des eaux usées domestique, le lessivage des terres agricoles et les ordures ménagères.

V.IX.1.3. Le Fer (Fe)

Oued Saayoud

Le Fe aussi présent dans les divers stations de ce Oued mais la valeur la plus élevée se trouve dans l'aval OS5.

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

Oued Boukaraa

Le fer est présent dans toutes les stations avec. Cette présence peut être expliquée par la nature géologique des terrains traversés par l'eau. Il faut noter que le Fe est un élément biogène, c'est pour cette raison qu'aucune limite n'a été fixée par le SEQ- cour d'eau.

Oued Nil

La station ON7C présente la concentration la plus élevée, c'est normale parce qu'elle représente l'aval de l'Oued (cumul des concentrations). L'origine du fer est toujours attribuée à la nature géologique des terrains traversés, ainsi que les rejets urbains.

V.IX.2. Les ETM dans les sédiments

La teneur en ETM dans les sols dépend aux caractères du sol, les horizons très sableux et très limoneux sont naturellement les plus pauvres en ETM, Albin, 2002 montre que 60%

des teneurs des sols en ETM sont principalement stockées dans les fractions fines (sédiments argileux), et seulement 10% dans les fractions grossières.

V.IX.2.1. Le Plomb

Les concentrations de Plomb dans les sédiments des trois Oueds (Nil, Boukaraa et Saayoud) oscillent entre 14.737 ppm et 27.915. D'après le graphique remarque au niveau des Oueds Boukaraa et Saayoud.

Les résultats montrés que les faibles teneurs en Plomb ont été enregistrées, pour toutes les stations d'oued Nil .les teneurs de ce métal sont inférieurs à la valeur naturelle (40ppm) c'est –à-dire ne présente pas de nuisance.

Tableau(8) : Teneurs naturelles (ppm) dans les sédiments secs (AEAP, 1990) et niveau de contamination (ministère de l'environnement, 1993).

Métaux	Valeurs naturelle en ppm	Niveau de contamination		
		N1	N2	N3
Cd	1	<3	3 à 9	>9
Cr	30	<150	150 à 450	>450
Cu	15	<120	120 à 360	>360
Pb	40	<120	120 à 360	>360
Zn	100	<450	450	>1350

N1 : contamination faible, non susceptible à priori d'entraînes.

N2 : contamination probable : la surveillance des nuisances d'un milieu à des effets doit être renforcée.

N3 : contamination certaine risquant de provoquer des nuisances plus ou moins graves.

V.IX.2.2. Le Cadmium

Permis tous les métaux analysés ; le cadmium s est révèle le métal le moins abondant dans tout les sédiments de oued Nil est ces effluent oued Boukaraa et oued Saayoud. En effet ; sec concentration mesurés était toujours inférieure à 3.325.

Les concentrations du cadmium enregistrer au niveau de oued Nil sont proches des valeurs trouvés dans les sédiments de oued Saayoud, les teneurs moyennes obtenus en Cadmium varient entre 2.77 et 3.325 ppm.la concentration moyenne de Cd dans les sédiments de la zone d'étude est assez réguliers

Ainsi, la comparaison de données obtenus par rapport à des valeurs dites de (référence) reflet d'une situation normale pour l'AEAP(1990). En effet toute les teneurs sont supérieur à la valeur estimée naturelle (1ppm) et se situe dans les niveaux de concentrations N1 et N2 ce qui nécessite une surveillance du milieu pour éviter un appeler de pollution.

V.IX.2.3. Le Fer

Les concentrations de Fer dans les sédiments des trois oueds sont très élevées, la forte concentration est enregistrée à la station ON2 et la basse et enregistrée à OB4. Le fer n'a pas de limite selon l'AEAP. Cependant ces fortes concentrations semblent dues aux rejets urbains, le site des déchets solides, ainsi que l'intensification agricole au voisinage d'Oued Nil par le lessivage du sol.

Conclusion

Les résultats obtenus ont montré que les eaux de surfaces de la région d'étude sont contaminées par les métaux lourds. Pour le compartiment sédiments on peut dire que les concentrations des métaux restent inférieures aux valeurs dites de références.

CONCLUSION GENERALE

La région d'étude fait partie de la branche Sud méditerranéenne de l'orogénie alpin appelé les Maghrébines, caractérisée par un climat méditerranéen subhumide voir humide avec un hiver doux et un été sec.

L'étude géologique a permis de mettre en évidence les formations aquifères. Ainsi, il s'agit des alluvions graveleuses récentes, les alluvions grossières ancienne, et les dépôts de Pontien sont résistants et susceptibles d'être aquifères.

L'étude hydroclimatologique a permis de déterminer les caractéristiques climatiques de la région d'étude. Elle est soumise à un climat méditerranéen, doux et humide en hiver et chaud et sec en été avec une température moyenne annuelle de 18.11°C. La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant a été estimée à 1007.66 mm, et ce pour la période 1988-2014. L'évaporationtranspiration réelle est de l'ordre de 538.71mm selon Thornthwaite et de l'ordre de 751.98mm selon Turc.

La piézométrie effectuée sur la plaine alluviale d'Oued Nil montre que le sens d'écoulement principal des eaux souterraines se fait du Sud vers le Nord, avec un gradient hydraulique variant entre 0.1 et 0.3%. La perméabilité de Cet aquifère varie entre 1.1 et $2 \cdot 10^{-3}$ m/s, la grande valeur de K est observée à la partie Sud de la nappe. La transmissivité est centralisée dans le Sud et variée de $1 \cdot 10^{-2}$ à $6.5 \cdot 10^{-2}$ m²/s.

L'étude hydro chimique des eaux de surface et des sédiments d'Oued Nil et ses affluents Oued Boukaraa et Oued Saayoud permet de voir l'état des eaux vis-à-vis des paramètres physiques (Température, pH et CE), et d'apprécier l'état de la pollution de ces oueds par les métaux lourds. Pour ce faire, nous avons effectué des analyses chimiques portant sur les ETM (Pb, Cd et Fe) et quelques paramètres physico-chimiques.

Les résultats obtenus ont montré que les eaux de surfaces de la région d'étude sont potables en parlant des paramètres physiques. Cependant ces eaux sont contaminées par les métaux lourds. Pour le compartiment sédiments on peut dire que les concentrations des métaux restent inférieures aux valeurs dites de références.

Références bibliographiques

- **AEAP., 1990.** Annuaire de la qualité des sédiments du Bassin Artois Picardie (1988-1990). Agence de l'eau Artois Picardie, France.
- **ANRH., 2012.** Agence national des ressources hydrauliques de la wilaya de Jijel.
- **Albin F., 2002.** Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des éléments traces.
- **Algéo ., 1979.** Etude géologique dans la plaine alluviale d'oued Nil.
- **Bechkit M., 2005.** étude hydrogéologique de la plane d'oued El Nil, université Mentouri-Constantine, 181p (mémoire d'ingénieur d'état en géologie).
- **Blondi M.K., 2005.** Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental) Impacts des facteurs anthropiques, Université Mohamed V- Agdal Faculté des Sciences de Rabat ,180 p (Thèse de Doctorat).
- **Boullin, j. P, (1977) ;** Géologie Alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie), thèse Doct. Uni. P. &M. Curie, 511P.
- **Bur T., 2008.** Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées. Implication en termes de limites et de charges critiques. Thèse de doctorat, l'université de Toulouse, p283.
- **Burnol A., Duro L., Grive M., 2006.** Eléments traces métalliques, guide méthodologique, recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. Rapport d'étude, INERIS.
- **Casas S., 2005.** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zi) chez la moule, mytilus Galloprovincialis, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat, université du Sud Toulon Var.
- **Coursier K., Albair R., Augoste A., 1986.** Chimie organique. Edition EDP, Science ADME.
- **Di Benedetto M ., 1997.** Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation. Ecole de mine, sainte Etienne.

- **Djellit, H ; (1987).**, Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en petite Kabylie occidentale(Algérie). Thèse Doct. Uni d'Orsay Paris, 206 P.
- **Durand Delga, (1955).**, Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat.
- **Durand-Delga.M. (1969).**, Mise au point sur la structure du Nord-est de la Barbarie. Pub l. Serv. Géol. Algérie, n° 39, 89 -131.
- **Duthil J., 1973.** Elément d'écologie et d'agronomie. Tome 2. Exploitation et amélioration du milieu, édition J-B, Ballière, Paris.
- **Duthil J., 1973.** Elément d'écologie et d'agronomie. Tome 3, édition J-B, Ballière, Paris, p894-499.
- **Gelard, J. P. (1969) .**, le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata, le flysch mauritanien (grande Kabylie). Bull. Soc. Géol. France, (7), XI, Paris, P 676-686.
- **Glangeaud. L. (1932).**, Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Thèse, Paris Bull. Serv. Carte géol. Algérie(2), n°8, 590 P.
- **Kadem D., 2005.**, Evaluation et comportement des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, ni, Pb, Zn et Mn) dans les sols. Vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique. Thèse de doctorat en écologie, université de Constantine, p105.
- **Landis W.G., Ho Yu M., 1999.** Introduction to environmental toxicology: impact of chemicals upon ecological Systems. CRC press LLC.
- **Lehtihet A .M . 1983.**, Etude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'Oued Nil (Région de Jijel). Mémoire d'Ingénieur, USTHB, Alger, 67p.
- **ONM, 2015.**Office national de météorologie, station Achouat de Jijel.
- **Pedro G., Monolou J.C., 2004.** Du sol à la plante : trajet et fonction du Fer. Séance commune Académie d'agriculture de France, académie des sciences, Paris.
- **Pedro G., 2007.** Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. Académie des sciences, EDP science, France.
- **Pichard A., 2005.** Cadmium et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.

- **Pichard A., 2005.** Chrome et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS, pp1-80.
- **Pichard A., 2005.** Cuivre et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Pichard A., 2005.** Plomb et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Pichard A., 2005.** Zinc et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Public Health Statement, 1990.** Monographie des polluants, ATSDR.
- **Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des polluants, les polluants : de l'environnement à l'homme, Edi science international, Paris.
- **Ramade F., 1995.** Éléments d'écologie : écologie appliquée. 5^{ème} édition, Edi science international, Paris.
- **Raoult J.F. 1974-** Géologie du centre de la chaîne Numidique (Nord de Constantine, Algérie). Mem. Soc. Géol. France, pp53, 121, 163.
- **Secchi M., 2008.** Devenir du plomb dans le système sol-plante : cas d'un sol contaminé par une usine de recyclage du plomb et de deux plantes potagères (Fève et Tomate). Thèse de doctorat de l'institut national, université de Toulouse, p191.
- **Viala A, BottaA., 2005.** Toxicologie, édition Lavoisier, 2^{ème} édition, 1094p.
- **Wright A., Welbourn P., 2002.** Environmental toxicology, Cambridge University press.

Les précipitations

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
1988	85	128	70,4	65,6	42,2	18,4	0	0	134,1	2,3	184,6	284,6
1989	112,6	92	67,2	178,4	9,3	8,5	9,2	8,8	52,2	26,7	148,5	124
1990	120,1	0	54,1	87,2	74,1	8,5	6,2	29,4	0,9	107,4	251,2	411,2
1991	115,4	139,6	126,2	42,2	50,5	3,3	0	3,1	40,5	220,6	98,1	67,5
1992	122,9	56	201,4	165,5	98,3	26,1	9,5	0,2	11,5	121,9	60,3	319,3
1993	107,9	113,7	66,7	103,7	66,5	7,5	0	0	32,7	84,3	126,1	158
1994	107,1	141,9	0	92,4	14,5	0	0,3	0,5	93,3	122,9	5	371,6
1995	173,3	37,4	104,1	56,5	5,6	20,6	1,7	9,5	58,5	72,3	96,1	94,6
1996	102,1	313,1	122,4	128,8	60,9	45,1	3,2	10,7	45,1	129,7	110	128,1
1997	58	12,9	12,2	82,2	28,6	27,2	5,8	7,4	110,7	196,5	188,1	121,4
1998	42,3	142,9	67,5	106,1	130,1	3,8	0	20,4	94,3	51,5	339,3	151,8
1999	163,2	97	62,1	42,7	5,9	4	1,6	5,6	27	23,9	250,8	247,7
2000	108,6	42,4	17	33,2	95,3	13,5	1,4	2,7	25,7	89,8	117,8	84,6
2001	247,7	110,9	14,2	50,7	50,3	3,7	0	2,5	38,8	1,1	125,2	142,4
2002	71,8	66,3	37,6	49,7	15,3	4,4	16,2	86,2	49,5	103	182	407,3
2003	333,1	115	30,7	130	70,9	0,8	7,1	0	128,4	76	82	220,5
2004	137,2	83,3	75,2	96,6	81,2	56,4	1,3	4,3	75,8	34,8	267,1	158,8
2005	262,1	212,6	85,5	121,8	4,8	0	1,2	18,4	56,4	21,4	134,5	171,6
2006	178,2	165,5	54,9	24,1	32,7	2,8	0	34,8	45,3	37,9	39,6	215,4
2007	12,3	74,5	268,5	70,6	14,4	26,4	3,3	4,8	70,8	142,9	291,4	211,3
2008	34,3	27,4	172,1	18,8	144,7	3,7	0	1,3	86,7	30,8	109,8	145,9
2009	207,9	85,9	78,2	183,8	14,4	0,3	0,5	10,8	172,3	68,1	154,9	139,6
2010	121,4	60,2	105,4	52,5	81	49,5	2,1	1,4	53	218,5	195,9	110,3
2011	78,6	143,5	89,8	69,7	33,4	27	8,1	0	14,7	247,1	134,5	160
2012	64,9	368,5	95,9	189,4	3,1	0,6	0,4	110,9	105,6	162,8	82,6	81,4
2013	210,3	211,6	81,2	41,9	144,6	0,6	1,6	42,9	48,5	54,2	349,9	125,2
2014	133,7	85,1	154	13,1	7,1	13,9	0,2	4,1	24,9	49	182,9	338,1

Température

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
1988	12,9	10,7	12,6	15	18,1	21,5	24,7	25,9	21,5	20,7	15,8	11,1
1989	10,3	11,8	13,8	14,9	17,3	21,1	25,2	26,2	23,5	19,7	16,4	15,3
1990	11,5	13,2	13,9	14,3	18,3	22,1	24,5	24,3	25,4	20,9	15,7	10,7
1991	10,5	10,6	14,4	13,5	15,2	21,2	24,7	25,8	24,6	19,6	14,1	11,2
1992	9,8	11	12,3	14,3	7,5	20,4	23	24,9	23,7	18,5	15,1	12,2
1993	9,6	10,7	12,1	14,6	18,7	21,6	23,8	25,4	22,5	19,8	14,5	12,1
1994	11,9	12,2	13,6	13,9	19,2	22	25,5	28,6	24,9	20,5	16,9	12,6
1995	11,8	13,4	13,1	14,1	19,2	22,4	25,1	26,1	22,8	20,4	16,8	15
1996	14,4	11,5	13,8	15,7	18,1	21,7	24,7	25,6	21,5	17,8	16,1	14,3
1997	13,5	12,2	12,9	15,4	19,8	23,9	24,4	25,8	24	20,3	16,5	13,7
1998	12,5	12,3	13,5	15,8	18,2	22,9	24,7	25,4	23,7	17,8	14,4	11,4
1999	11,6	10,4	13,6	15	20,4	23,3	25,1	27,8	24,8	22,9	14,7	12,2
2000	9,5	11,9	13,6	16,3	19,7	21,9	25,9	26,6	23,5	19,4	15,4	13,4
2001	12,5	11,2	17	15,2	18	23,4	24,9	26,1	22,9	22,6	15,1	10,7
2002	10,7	11,7	14	15,1	18,4	22,4	24,5	25	22,8	19,5	16,7	13,9
2003	11,6	11	13,7	16	18,4	25,3	27,7	28,3	24	21,1	16,1	12
2004	11,4	12,3	13,6	14,9	17,2	21,7	24,8	26,7	24,1	22	14	12,8
2005	9	9,2	13	16	19,8	23,5	26,2	25,5	23,7	21	15,7	11,8
2006	10,9	11,3	14,2	17,8	20,8	23,4	26,1	25,4	23,4	22,1	17,9	13,6
2007	12,3	13,9	13,2	16,7	19,8	22,8	25,1	26,8	23,5	20	14,9	12,3
2008	12,4	13,1	9	16,6	18,9	22,3	25,9	26	24,2	20,3	15	11,9
2009	11,9	11,6	13,2	15,2	20,8	23,6	27,4	27	23,4	20,1	16,5	14,7
2010	12,5	13,9	14,4	16,4	18	21,5	25,5	25,5	23,3	20,1	19,8	13,2
2011	11,9	11,8	14,4	17,2	19,6	22,5	26,4	26,3	24,4	20,5	17	13,1
2012	11,5	8,7	13,9	16,3	19,2	24,9	26,4	27,9	23,1	21,1	17,1	13
2013	11,9	10,5	15,2	16,4	18,1	20,9	25,2	25,4	23,7	22,8	15,4	12,5
2014	13,3	13,6	13,4	17,1	18,9	23,2	25,5	26,3	26,2	22,2	18,8	13,1

Humidité relative moyenne

Année	Humidite relative moyenne											
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
1990-1991	74,3	70,1	79,7	78	79,5	77,7	77,2	76,8	76,6	76,8	72,4	70,6
1991-1992	75,9	78,9	80,5	79,8	83,2	79,6	82,5	80,5	81	77,4	81,3	73,6
1992-1993	76,4	78,4	81,7	77,6	81	77,3	75,8	76,5	76,1	77,2	75,1	76,6
1993-1994	78,3	75,6	80,4	80,8	82,6	76,6	81,4	77,5	75,5	70,4	68,6	67,3
1994-1995	70	79,4	77,2	80,2	75,1	79,8	75,2	76,2	71,7	76	71,7	69,2
1995-1996	71,8	73,5	69	74,7	71,5	75	76	76,3	78,7	76,7	69,1	75,6
1996-1997	74	76,6	73,5	73,5	72	82,5	77,1	73,6	76,8	72	74,1	71,4
1997-1998	74,2	75,5	76,8	75,2	76,6	82,2	76	75,7	82,3	76	74,1	75,8
1998-1999	74,4	76,8	80,4	79	80,8	78,5	74,7	74,7	73,2	72,8	88,7	69,6
1999-2000	73,6	67	79,9	81,3	80,3	77,5	77,6	71	81,3	80,3	89,4	68,8
2000-2001	76,6	74,2	77,2	72,4	76,6	77,4	72,3	76,5	79,2	66,6	72,6	71,3
2001-2002	77,3	70,7	76,5	78,2	77,6	77,1	74,8	76,4	72,7	75,4	75,1	76
2002-2003	73,7	73	70,6	75,6	77,6	75,2	75	78,9	79,8	68,9	68	67
2003-2004	79	79,2	74,8	73,4	80	78	79	76	78	78	75	71
2004-2005	73	69	82	77	80	77	79	76	76	73	69	68
2005-2006	71	77	74	77	73	76	73	74	79	66	70	71
2006-2007	70	73	70	77	80	81	74	80	72	75	73	70
2007-2008	75	80	76	77	77	74	78	73	82	75	71	72
2008-2009	80	76	77	78	76,8	69,2	73,7	74,1	71,9	67,1	68	74,2
2009-2010	75,8	74,8	71,7	73,4	76	76	76	83	77	78	76	75
2010-2011	73	74	79	72	81	79,6	77,1	80,7	78,7	76,1	69,5	70,9
2011-2012	74,6	75	76,2	79,1	79,9	80,6	80,1	75	74,5	71	72,4	67,5
2012-2013	75,3	73,7	77	76,6	75,7	75	70,8	76,2	77,5	73,1	76,7	73,2
2013-2014	80,1	75,5	77,1	80,1	75,1	73	78,1	72,5	74,9	73,1	70	72,7

Coordonnées des forages

Nom	NP13	NP12
FB01	17,63	16,25
FB02	11,72	10,4
FN01	33,3	32,75
FN01 bis	36,97	/
FN01-2	40,97	40,62
FN01-3	37,47	38,38
FN02	30,84	30,28
FN03	32,23	31,23
FN04	30,46	28,72
FN05	27,25	26,58
FN06	24,63	23,77
FN07	15,74	11,21
FN08	14,49	12,49
FN09	14,67	13,99
FN10	9,75	8,33
FN11	12,23	10,23
FS01	20,95	19,98
FS02	22,41	26,67
FS03	0,86	3,53
FS03 bis	4,97	/
PB01 bis	34,26	33,3
PB02	28,25	26,87
PBA	30,87	30,58
PBB	27,9	24,75
PFN07	19,15	17,29
PFS02	25,61	23,68
PN01	54,1	52,28
PN02	47,1	46,39
PN04 bis	39,31	/
PN04-4 bis	39,41	/

Coordonnées des forages

PN04-5	35,28	35,33
PN05	38,27	35,02
PN07 bis	35,54	35,24
PN09 bis	34,74	33,23
PN10	33,44	31,2
PN11	25,24	24
PN12	20,42	18,62
PN13	20,3	19,21
PN14	18,72	18,03
PN15	15	12,69
PN16	10,59	9,86
PN17 bis	7,77	6,76
PN22	3,11	0,54
PN22 bis	2,63	2,07
PN23 bis	4,83	1,41
PN24	2,42	0,31
PN25	5,27	4,62
PN26	-0,1	-1,89
PN27	1,12	/
PN29	0,69	/
PN30	0,27	/
PN31	2,49	/
PN32	2,79	/
PN33	0,76	/
PN34	2,43	/
PNA bis	13,72	11,58
POB01	22,34	/
POB01 bis	20,77	/
PS06	20,45	18,72
PS07	25,79	25,66
PS08	26,65	24,44

Coordonnées des forages

PS09	20,29	18,46
PS12	17,8	18,25
PS13	16,28	14,35
PS16	10,38	9,8
PS19	9,69	8,56
PS19 bis	10,2	/
PS20	4,02	2,8
PS21	5,38	3,43
PS22	11,39	8,36
PS23	10,04	11,08
PS24	8,89	8,79
PS25	13,86	13,96

Les valeurs de la perméabilité et de la transmissivité

Non du forage	Coefficient de perméabilité (m/s)	Transmissivité (m ² /s)
ON 2	2,70E-03	6,01E-02
ON 3	6,65E-05	1,33E-03
ON 4	1,20E-03	2,87E-02
ON 12	3,50E-04	9,70E-03
ON 13	1,73E-03	7,94E-02
ON 14	1,32E-04	2,77E-03
ON 15	1,34E-04	8,42E-03
ON 17	1,32E-04	3,22E-03
ON 18	1,90E-04	5,40E-03
ON 19	2,36E-05	1,25E-03
ON 20	2,30E-05	9,26E-04
ON 22	2,77E-04	1,22E-02
ON 23	8,50E-04	3,66E-02
ON 24	2,17E-04	9,15E-03
ON 28	1,80E-04	4,26E-03
ON 30	5,9000E-04	2,24E-02

Stage de terrain

Jour 01

Nom	NP	T(°C)	PH	U(mv)	O2 (mg/l)	O2(%)	O2(mbar)	(us/cm)
SN1		19,1	6,99	16,5	0,1	1	2,3	582
PN3	1,73	16,8	7,6	-46,8	0,29	2,6	6,1	420
PN3(pompé)		16,9	3,4	-74,1	0,17	1,9	3,8	479
PN1	4	19	8,6	-81,2	0,12	1,4	2,9	1076
PZN1	1,71	17,4	10,02	-173,1	0,12	1,2	2,5	313
PN7	1,03	18,1	9,09	-121,1	0,14	1,5	3	397
FPZN4	3,17	18	9,2	-134,1	0,11	1,4	2,4	311
FPZN2	4,99	19	9,1	-117	0,05	0,5	0,7	287
FPZN5	10,61	19	9,1	-142	0,09	1,1	2,4	314
FN4		18,7	9,7	-154,3	0,11	1	2,1	352
ON2		22,7	10,5	-205,7	0,16	2,1	4,1	233
PN16	1,4	17,1	9,4	-140,8	0,15	1,6	3,3	1190
OB3	6,02	22,3	11	-238	0,18	2,1	4,2	333
ST1		19,5	7,9	-50,8	0,13	1,2	2,3	740
OT3P	2,78	21,7	10	-179,5	0,08	0,9	1,8	1740
ST11		20	808	-99	0,19	1,6	2,3	269

Jour 02

Nom	NP	T(°C)	PH	U(mv)	O2 (mg/l)	O2(%)	O2(mbar)
OSND		14,8	8,8	-85,5	0,1	1	0,5
OSNG		14,9	9	-117	0,12	1,2	2,6
OS1C		14,9	10,19	-218	0,14	1,6	2,7
OS2P		16,1	8,89	-113	0,11	1	2,7
OS2D		15,8	9,3	-112	0,15	1,2	2,8
OS2C		16,1	9,23	-121	0,03	0,1	0,9
PSA	8,71	17	8,47	-93	0,09	0,9	1,7
PS2		19,3	7,7	-38,2	0,03	0,3	0,9
PS1	10,72	18	8,27	-77,2	0,05	0,6	1,1
FS1	10	21,9	7,5	-31,7	0,12	1,2	2,8
PS8	8,29	19,6	6,9	4,2	0,02	0,2	0,3
PS9	3,05	19	6,9	17	0,11	1,4	2,6
OS3P		20,6	8,7	-103,1	0,29	3,4	6,6
PS15		17,6	7,2	-12,9	0,11	1,2	2,2
FS3	15,39	20,6	7,7	-41	0,12	1,2	2,6
FS2	2,92	18,9	6,35	37	0,09	1	2

Annexe6

FN8	2,9	20,3	7,07	-1,9	0,07	0,7	1,7
ON5C	5,2	22,7	7,9	-48,2	0,1	1,2	2,4
FN9	1,55	20,3	7,18	-8,7	0,07	0,9	1,9
OT4P		19,2	7,07	-5,9	0,06	0,7	1,5
PT4	4,83	18,7	6,9	0,9	0,07	0,8	1,6
PB10BIS		20	7,11	4,5	0,11	1,4	3,5

Jour 03

Nom	PE	T(°C)	PH	U(mv)	O2 (mg/l)	O2(%)	O2(mbar)	(us/cm)
PS29	1,3	15,7	7,7	-35,1	0,15	1,3	3,4	534
PS28	2,9	16,4	7,7	-44,5	0,25	2,3	5,3	1156
MKA	3,94	20,1	7,6	-35,6	0,26	2,7	5,6	982
PS27	0,97	19,2	6,3	45,9	0,14	1,4	3,9	1360
PS26	2,37	17,2	8,3	-127,6	0,17	1,7	3,5	670
PS22	1,8	17,6	7,7	-45,3	0,08	1	1,9	630
PS25	1,78	16,8	8,3	-73,8	0,12	1,2	2,6	770
MK1C	5,5	18,5	8,47	-91,1	0,08	1	1,8	490
PN23	2,63	18,3	8,29	-73,6	0,1	1,2	0,9	674
PN22	3,72	19,9	8,1	-60,7	0,17	1,7	4,4	436
ON3	7,29	21,5	9,2	-127,6	0,2	1,7	5,1	250
PN20	1,61	16	10,1	-180	0,08	0,8	1,8	1382
FPN20	1,59	19,2	8,7	-101	0,12	0,8	1,7	407
FN5	2,38	19,7	9,4	-144,4	0,07	0,9	1,5	596
OT2	3,65	25,4	9,8	-170,8	0,07	0,9	1,7	1547

Jour 04

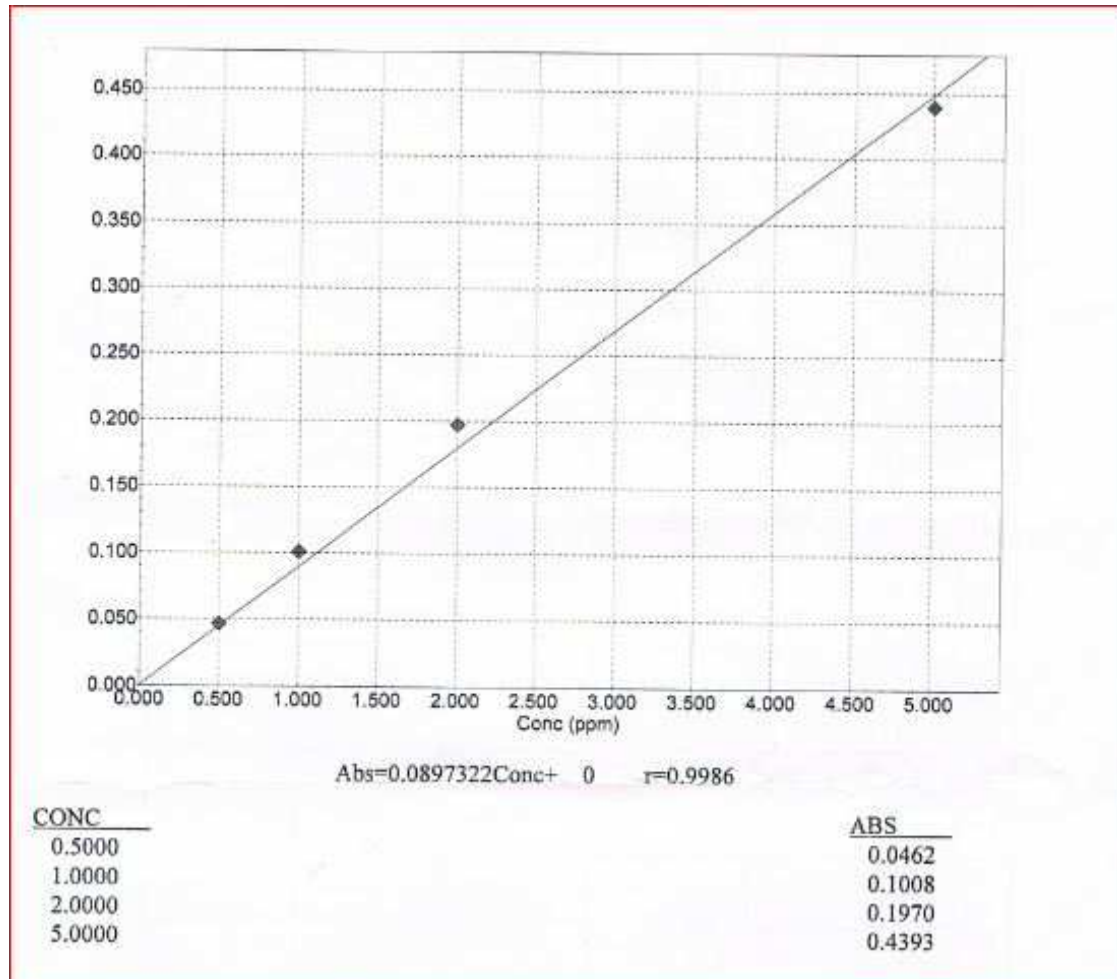
PE	T(°C)	PH	U(mv)	O2 (mg/l)	O2(%)	O2(mbar)	(us/cm)
4,7	20	8	-63,9	0	0	0,1	1584
4,15							
2,17	17,6	8,4	-93,2	0,07	0,7	1,6	499
3,53	19	9,3	-135,6	0,09	1	2,2	706
1,74							
2,3							
2							
2,82	19	9,8	-165,3	0,08	0,9	2	615
1,94							
1,58	19,3	9,2	-124,9	0,08	0,9	2	1106
	24	9,5	-160,4	0,1	1,2	2,4	461
2,03							
2	21,1	8,7	-99,9	0,08	0,8	1,6	1482

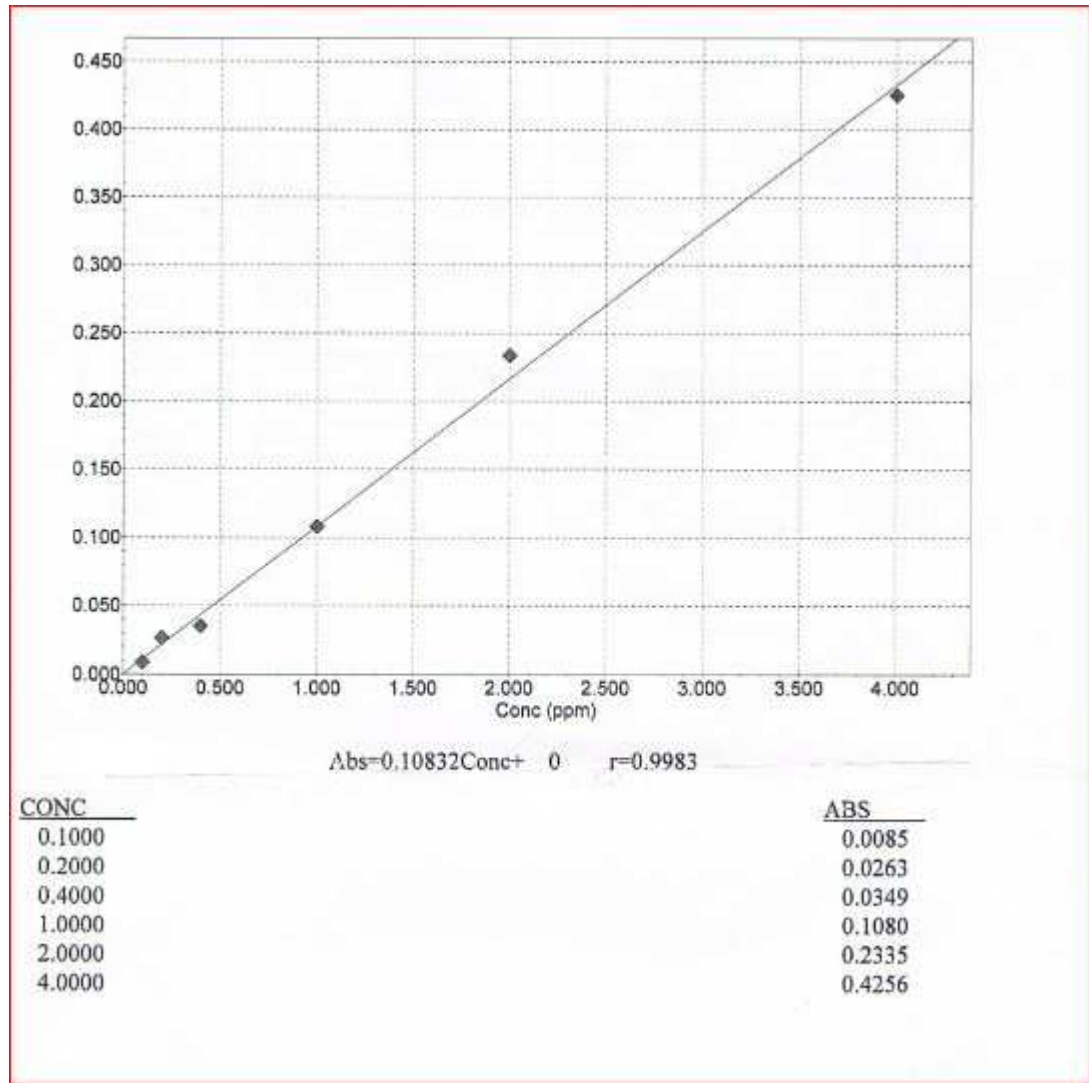
Annexe6

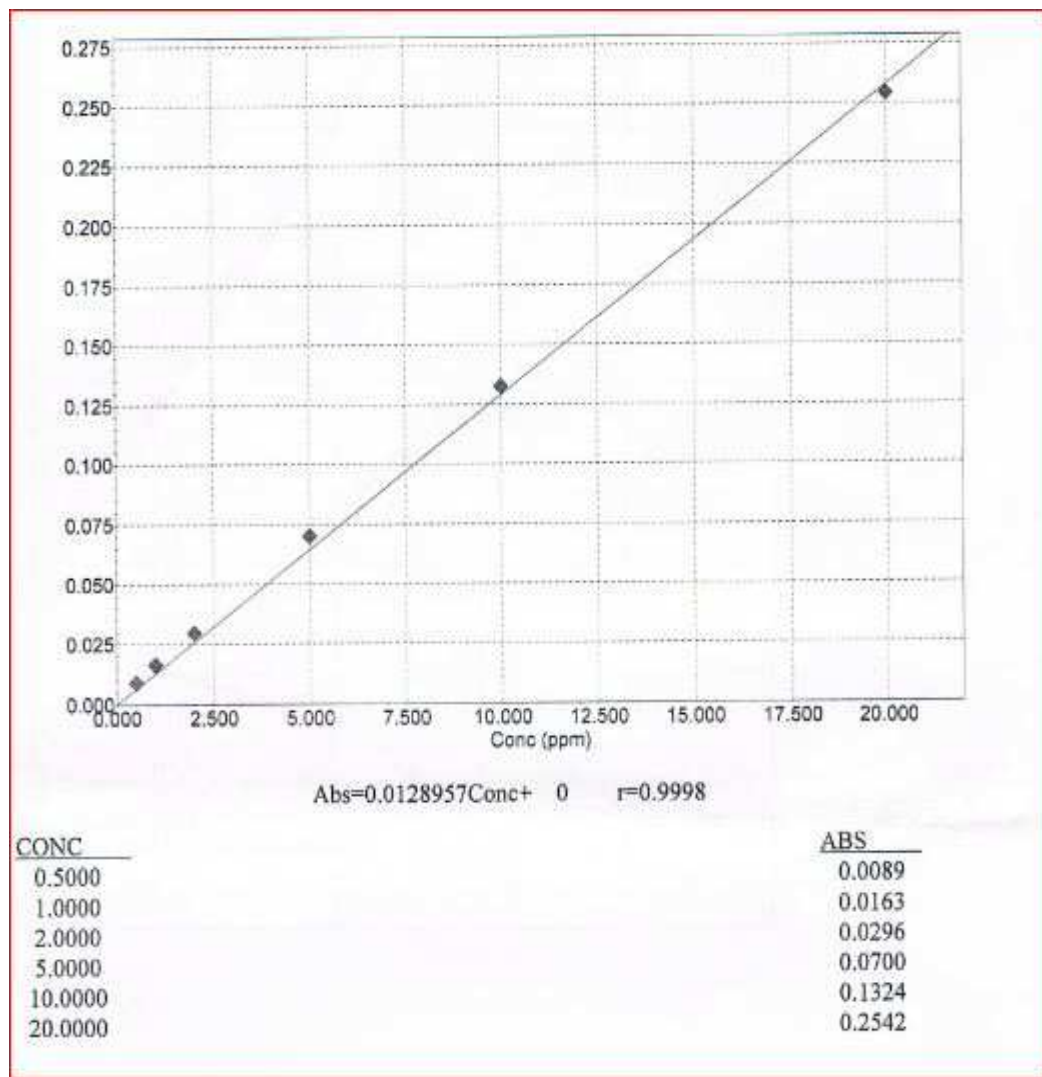
	22	9,9	-169,6	0,1	1,1	2,6	319
5,4	21,7	8,8	-112,9	0,1	1,3	2,6	918
	28,6	9,6	-165,8	0,01	1,3	2,6	588
	24,8	9,2	-28,4	0,07	0,08	1,6	1054
	25,9	10,45	-195,1	115	2	3,7	484
	25,6	10,16	-92,3	0,14	1,7	3,7	484

Courbes d'étalonnages des ETM dans les eaux

Le fer

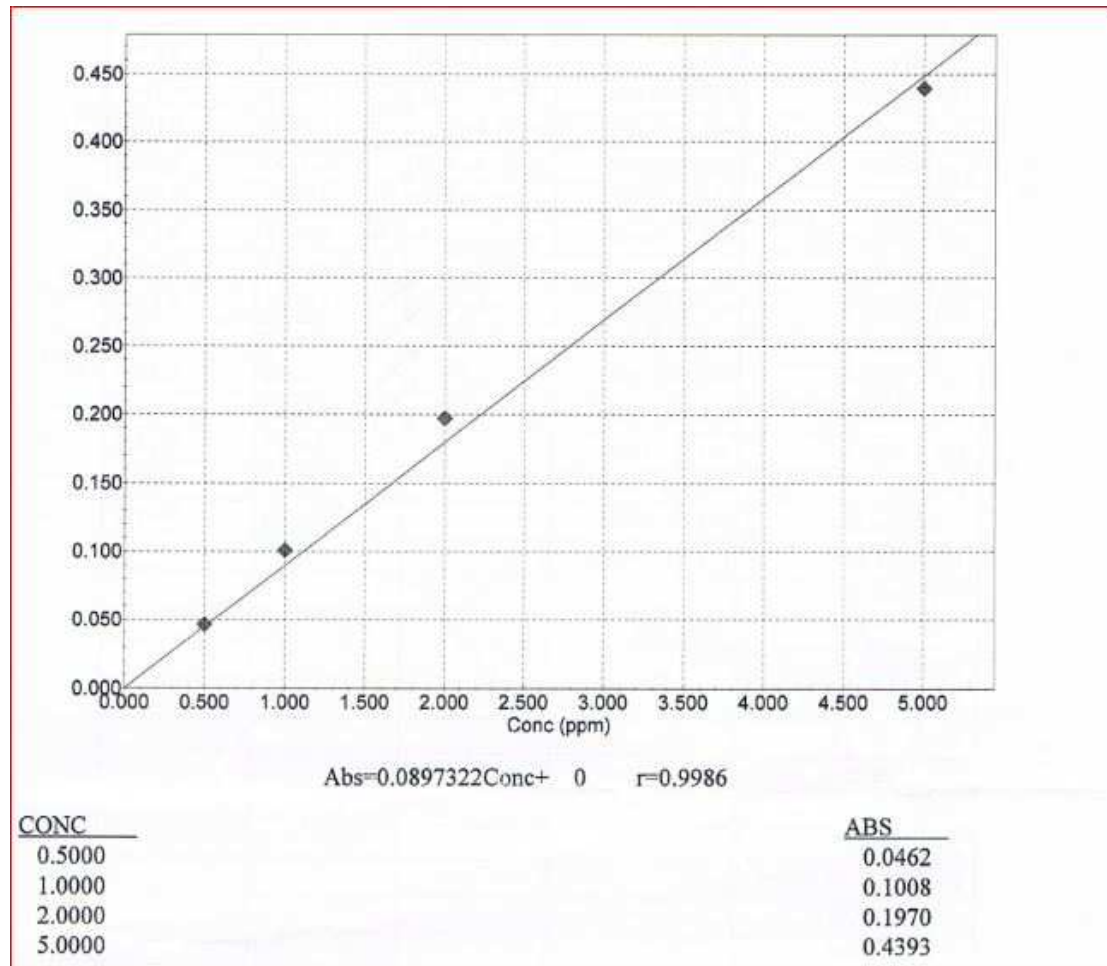


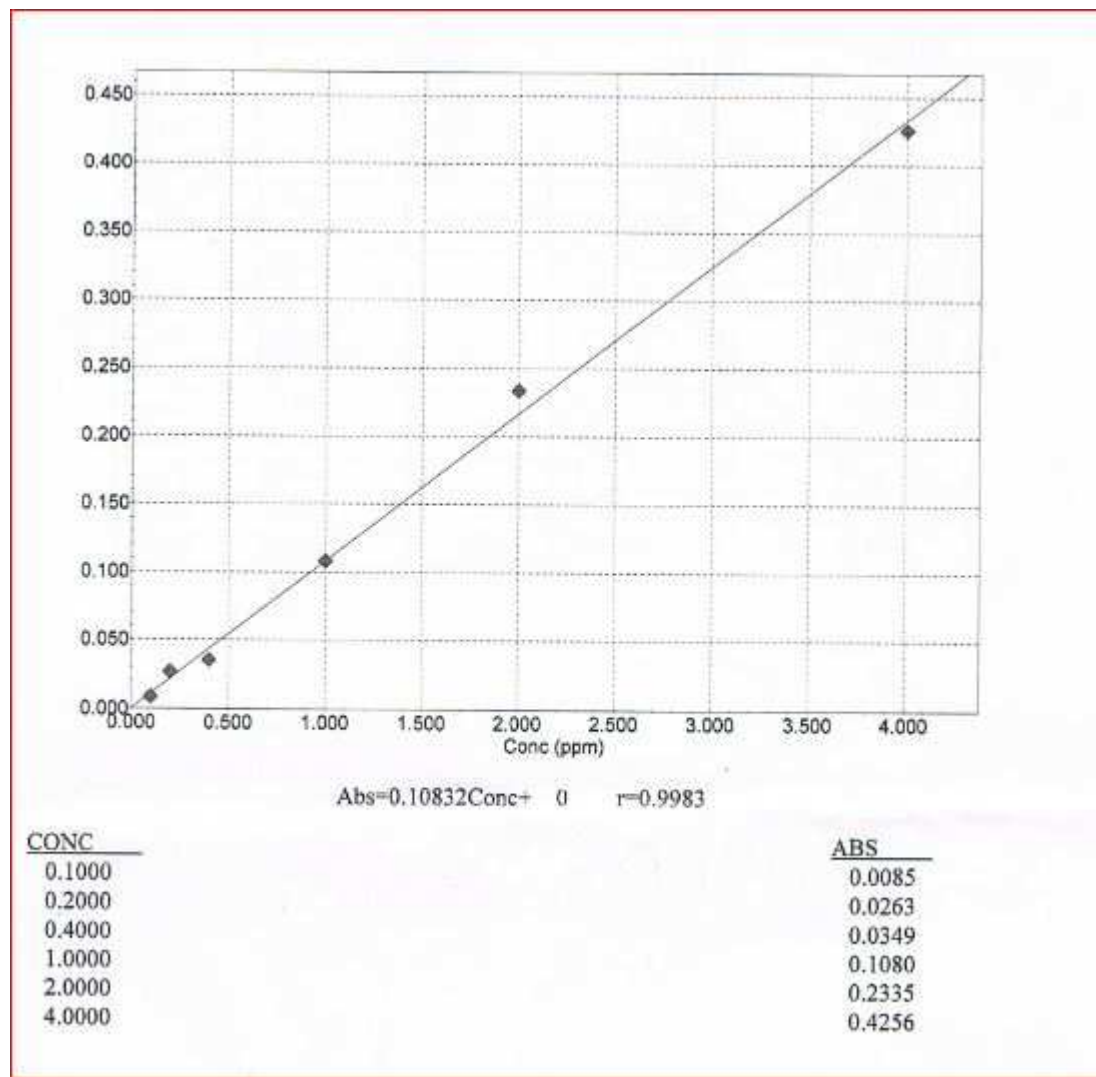
Le Cadmium

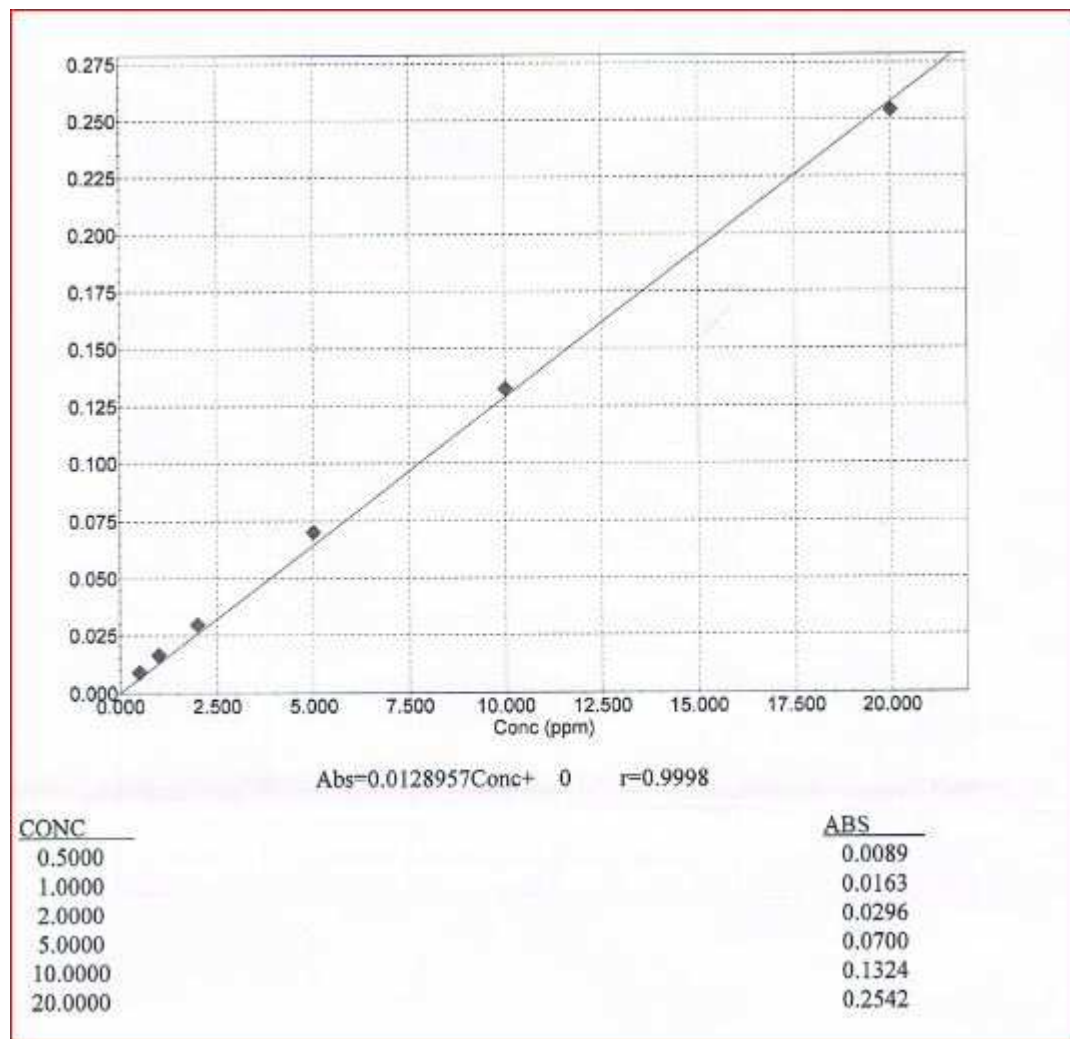
Le Plomb

Courbes d'étalonnages des ETM dans les sédiments

Le Fer



Le Cadmium

Le Plomb

ملخص

يمثل سهل النيل المثال الحي على وفرة المياه الجوفية منها والسطحية ، هذه الأخيرة تستعمل من اجل تغطية مختلف البلديات المحيطة بالسهل بالماء الشروب كما تستعمل لسقي الأراضي الزراعية .

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة النوعية الفيزيوكيميائية لهذه المياه السطحية ، وذلك تم بتنظيم خرجات ميدانية لسهل النيل في شهر افريل 2015 التي غطت 10 محطات منها خمسة في واد النيل كدالك تفرعاته واد بوقرعة بمحطتين و واد سعيود بثلاث محطات .

التحاليل الكيميائية التي أجريت مست العناصر الفيزيائية بالإضافة إلى المعادن الثقيلة. أما فيما يخص الترسبات أخذنا عشر عينات من نفس المحطات المذكورة سابقا أجرينا عليها تركيزا للمعادن الثقيلة.

شرح التحاليل الكيميائية بينت بان مياه واد النيل في حالة جيدة نظرا للعناصر الفيزيائية . هناك تلوث بالمعادن الثقيلة لوحظ في اغلب المحطات بالعناصر الكيميائية الكاديوم و الرصاص التي تعدت المعايير الجزائرية.

كلمات مفتاحيه

واد النيل ، المياه السطحية و الترسبات ، المعادن الثقيلة ، العناصر الفيزيائية و التلوث.

يمثل سهل النيل المثالي الحي على وفرة المياه الجوفية منها والسطحية ، هذه الأخيرة تستعمل من أجل تغطية مختلف البلديات المحيطة بالسهل بالماء الشروب كما تستعمل لسقي الأراضي الزراعية .
الهدف من هذه الدراسة هو معرفة النوعية الفيزيوكيميائية لهذه المياه السطحية ، وذلك تم بتنظيم خرجات ميدانية لسهل النيل في شهر افريل 2015 التي غطت 10 محطات منها خمسة في واد النيل و كذلك تفرعاته واد بوقرعة بمحطتين و واد سعيود بثلاث محطات . التحاليل الكيميائية التي أجريت غطت العناصر الفيزيائية بالإضافة إلى المعادن الثقيلة. فيما يخص الترسبات أخذنا 10 عينات من نفس المحطات المذكورة سابقا أجرينا عليها تركيزا للمعادن الثقيلة.
شرح التحاليل الكيميائية بينت بان مياه واد النيل في حالة جيدة نظرا للعناصر الفيزيائية . هناك لوث بالمعادن الثقيلة لوحظ في اغلب المحطات بالعناصر الكيميائية الكاديوم والرصاص التي تعدت المعايير الجزائرية .

كلمات مفتاحيه :
واد النيل ، المياه السطحية و الترسبات ، المعادن الثقيلة ، العناصر الفيزيائية و التلوث

Résumé

La plaine alluviale d'Oued Nil est un vrai exemple de l'existence de l'eau, que se soit de surface ou souterraine. Ces eaux sont utilisées pour l'alimentation en eau potable des communes qui entourent la plaine, à travers une série des forages, ainsi que pour l'irrigation au moyen des puits traditionnels.

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité physico-chimique des eaux superficielles de la plaine alluviale d'Oued Nil à travers une campagne de prélèvement réalisée au mois d'avril 2015 sur dix stations qui couvrent Oued Nil avec cinq stations, et ses affluents, Oued Boukaraa avec deux stations et Oued Saayoud avec trois stations.

Les analyses chimiques ont été réalisées, ces analyses couvrent les paramètres physiques, ainsi que les éléments en trace métalliques (ETM). Pour le comportement sédiment on a prélevé dix stations dans les mêmes points de prélèvement des eaux de surface, un dosage des ETM a été fait pour ces sédiments.

L'interprétation des analyses chimiques a montré que les eaux d'Oued Nil sont bonnes vis-à-vis des paramètres physique. Une pollution par les métaux a été marquée pour la majorité des stations de concentration en Cd et Pb qui dépassent les normes Algériennes, ce qui tire l'attention sur le devenir de ces eaux surtout pour la consommation humaine malgré qu'elle est occasionnelle dans la région.

Mots clés :

Oued Nil, eau de surface et sédiments, éléments en trace métalliques, paramètres physiques et pollution.

Abstract

The alluvial plain of Oued the Nile is a true example of the existence of water, that is of surface or underground. This water is used for the drinking water alimentation of the common which surround the plain, to cross-piece a series of drillings, like for the irrigation by means of the traditional puites.

The objectif one of this work is of étudies the physico-chemical quality of water superficilles of the alluvial plain of oved the Nile to cross-piece a partner of psélévement carried out or month of April 2015 on ten stations which covered Nile wadi with five stations, and its afflements, Oud Boudraa with deax stations and Olud Saayoud with three stations.

Chemical analyzes out carried out, these analyzes covered the parameters phisic, as well as the elements in trace mettalic. for compartement sédment one took ten station in his same points of taking away of surface water, a proportioning of the ETN at summer ridge for these S édiments.

The intropretation of the chemical analyzes showed qes the eax oud the Nile are good with respect to the parameters phisic. A pollution by the rétax at summer marked for the majourities of the stations of concentracions out of Cd (Pb) which exceed the standards Algerian, which draws the attention on becoming it of these surtant for the human consumption malgré which it is ocesionnelle area.

Key words:

oued the Nile, surface water and sediments, element in metal trace, parameter phisic, and pollution.

Abstract

The alluvial plain of Oued the Nile is a true example of the existence of water, that is of surface or underground. this water is used for the drinking water alimentation of the common which surround the plain, to cross-piece a series of drillings, like for the irrigation by means of the traditional puites.

The objectify one of this work is of studies the physic-chemical quality of water superficilles of the alluvial plain of over the Nile to cross-piece a partner of prélèvement carried out or month of April 2015 on ten stations which covered Nile wads with five stations, and its afflements, Oued Boudraa with deax stations and Olud Saayoud with three stations.

Chemical analyzes out carried out, these analyzes covered the parameters phisic, as well as the elements in trace mettalic.for compartement sédment one took ten station in his same points of taking away of surface water, a proportioning of the ETN at summer ridge for these S édiments.

The intropretation of the chemical analyzes showed qes the eax oud the Nile are good with respect to the parameters phisic.A pollution by the rétax at summer marked for the majourities of the stations of concentracions out of Cd (Pb) which exceed the standards Algerian, which draws the attention on becoming it of these surtant for the human consumption malgré which it is occesionnelle area.

Key words:
oued the Nile, surface water and sediments, element in metal trace, parameter phisic, and pollution.