

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES

FACULTES DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en BIOLOGIE

Option : Ecologie, Biodiversité, Evolution et Conservation.

Thème :

Evaluation du transfert des métaux lourds dans le système sol-plante (*Phragmites australis*) dans le bassin versant d'oued NIL la région de Jijel.

Soutenu publiquement : 21/10/2016

Réalisé par :

HAMMADACHE Zineb

GUERRACHE Samah

SAIB Samia

Devant le jury composé de :

M^{me} Guerrache NMAA (UMBB)..... Président

M^{me} Benhabiles K MAA(UMBB)Promoteur

M^f Latreche Kh MCA (UMBB).....Examinateur

Années universitaire 2015-2016

Remerciements

En premier, nous remercions le bon dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et de la patience pour être ce que nous sommes aujourd'hui et pour mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice M^{me} Benhabiles K maître-assistante et chargée de cours au département de biologie à l'UMBB pour ses précieuses orientations, son aide, ses conseils et son souci de réaliser ce travail de recherche,

Nous remercions aussi très sincèrement les membres de jury. Le président M^{me} Guerrache N ainsi que l'examineur M, Latrech Khaled d'avoir accepté d'examiner ce travail et de nous avoir honorées par leur présence le jour de la soutenance.

Nous voudrions aussi témoigner notre reconnaissance et exprimer toute notre gratitude à nos enseignants qui ont participé pour une grande part dans notre formation.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, à mon très chère père Rabia tout ce qu'il a fait pour moi, par leur soutien moral et matériel, leur encouragement, pour ça patience.

A ma très chère mère Sadjia celle qui m'a transmis l'a vie, le courage, et l'amour pour leur soutien moral et matériel, pour ça tendresse, et pour l'encouragement qu'elle a me donnée pendant mon parcours, que dieu tout puissant garde mes parents et les protège.

A mon très cher frère : Sid Ahmed.

A mes très chères sœurs :khadidja , Nawel , Dalila, Rokia Bochra, Maroua et Meriam. Et leur maries Dahmane, Omar, Fauad, Sadek

A me nevus et nieces moncif, wissal, Ishak, Zakaria, Maya, Ibrahim, kawthar, abd l hak,

A Mes oncles et leurs femmes ; Mes cousins et cousines.

A mon trinôme Samah et Samia, pour son soutien, sa patience.

A Toute la promotion d'écologie (2016) sans exception.

A tout Mes amis Surtout Amira, Karima, Samra, Meriam.

Une spéciale dédicace a Dahmane pour sa disponibilité, son soutien et ses orientations tout au long de cette étude. que dieu tout puissant me le gardé.

ZINEB



Dédicace

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de
Dieu*

Tout puissant

A

*Celui qui m'a toujours encouragé et soutenu durant toutes mes années
d'études.*

*Merci pour ton amour et ta confiance totale...A toi très
Cher Père. Ce travail est le tien.*

A

*Celle qui m'a tant bercé, tant donné et tant enseigné, toi qui m'as guidé
dans le bon chemin, toi qui m'as appris que rien n'est impossible...A toi
Maman. Ce travail est le fruit de tes efforts.*

A

Ma sœur : La princesse Roumaïssa.

Mes frères : Abd El Karim, Imad El Dine et Zakaria.

A

Mes oncles et leurs femmes ; et tantes

A

Mes cousins et cousines surtout Asma, Naïma et Fatima.

A

*Mes chères amies, pour tous les moments que nous avons partagés à
toi : Ouhiba, Karima, Faiza et Sara*

A

Mes trinôme Zineb et Samia, pour son soutien, sa patience.

À toute la promotion

Ecologie 2015/2016

A tous ceux que j'aime.

Samah



DEDICACES

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL à tous qui me sont chers en particulier :

A CEUX QUI M'ont offert la clé de réussite et qui ne cessent de donner sans jamais recevoir, mes très chers parents Ahmed et dahBia dont je suis fière, j'espère que dieu leur accorde une longue vie.

A MES TRÈS CHÈRES SŒURS FAIZA, Hanane, afaf ainsi que leur maries Ahmed et Sofiane, que je leur souhaite plein de bonheur et de réussite dans leur vie professionnelle et personnelle.

A my ;, Angel houssam

A MES TRÈS CHÈRES FRÈRES IBRAHIM EL KHALIL ET ANIS QUI VIENT AUSSI DE TERMINER SES ÉTUDES JE LEUR SOUHAITE UN AVENTUR PLEIN DE JOIE, de sante et de réussite.

A MES TRINOME SAMAH, zineb avec lesquelles J'ai passée de longues années d'études JE vous dédie ce travail et je vous souhaite que du succès dans ta vie.

A TOUTE LA PROMOTION D'écologie (2016) sans exception.

A MES AMIES DE TOUJOURS : imane et Saïda.

A tous ma reconnaissance et ma famille qui ont du supporter mes encarts de rythmes de vie et d'humeur et qui m'ont toujours soutenu et encouragé.

Samia

A decorative graphic of several pink flowers with white centers, arranged in a cluster on the right side of the page. The flowers have a soft, painterly style with visible petals and stems.

Résumé

Il est aujourd'hui important d'étudier l'impact de la pollution par les métaux lourds sur la végétation. Dans ce contexte, nous avons étudié l'évaluation du transfert des ETMs dans une espèce végétale (*phragmites australis*) en fonction de quelques paramètres physicochimiques du sol. Quatre sites ont été sélectionnés au bord d'oued Nil Wilaya de Jijel

Nos résultats montrent des teneurs importantes en Pb et Cd dans les sédiments de l'oued. Quant au végétal (*phragmites australis*) les teneurs dépassent les normes internationales, ce qui montre un bon transfert du sol vers la végétation favorisé par les différents paramètres physicochimiques mesurés.

Mots clés : métaux lourds, sol, bioaccumulation, *phragmites australis*, transfert

Sommaire

Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	IV
Listes des symboles et des abréviations.....	VII
Introduction générale.....	01

Chapitre I : Etude bibliographique

I. Généralités sur les métaux lourds	03
I.1 définition des métaux lourds.....	03
I.2 Classification des métaux lourds.....	03
I.2.1 Les métaux essentiels.....	03
I.2.2 Les métaux toxiques.....	03
I.3 Origine des métaux lourds.....	03
3.1 Les sources naturelles.....	03
3.2 Les sources anthropiques.....	04
II. Pollution par les métaux lourds.....	04
II.1. Contamination de l'environnement.....	04
II.1.1- Contamination des sols.....	04
II.1.1.2-Répartition des métaux lourds dans les sols.....	05
II.1.1.3-Facteurs modifiant la mobilité des éléments métalliques.....	06
II-1.1.3.1 Le pH.....	06
II-1.1.3.2 L'apport de matière organique.....	07
II-1.1.3.3 L'activité biologique.....	07
II-1.1.3.4 La température.....	07
II-1.1.3.5 Les carbonates (CaCO ₃).....	08
II 1.2- Transfert sol-plantes des métaux lourds.....	08
II.1.2.1- Absorption racinaire.....	08
II.1.2.2- Pénétration des éléments-traces par les parties aériennes.....	08
II.2- Tolérance aux métaux lourds chez les végétaux.....	09
II.3- La phytodisponibilité.....	09
10 II.4- Biodisponibilité des ETM.....	09

Chapitre II: Cadre physique.

I. Caractéristique général de station étudiée	11
I. 1. Localisation géographique de la wilaya de Jijel.....	11
I.2. Présentation de la zone d'étude.....	11
I.3 Géomorphologie.....	13
I.4. Réseau hydrographique.....	13
I.5.Lithologie.....	14
I.6 Pédologie.....	15

II. climat.....	15
II.1 Température.....	15
II.2 Précipitations.....	16
II.3 Régime pluviométrique.....	17
II-4 Vents.....	18
III. Synthèse climatique.....	18
III.1 Diagramme ombrothermique de GUASSEN.....	18
III.2 Climagramme d'Emberger.....	19

Chapitre III. Matériels et méthodes.

1. Le choix des sites est dicté par les conditions suivantes.....	20
2. Prélèvement et conditionnement des échantillons.....	21
3. Matériels utilisés.....	22
4. Matériel végétal.....	22
4.1 Caractéristiques générales de <i>Phragmites australis</i>	22
4.1.1 Systématique.....	22
4.1.2 Description.....	23
4.1.3 Pourquoi <i>Phragmites australis</i> ?.....	23
5. Préparation et analyse des échantillons.....	23
6. Analyse des échantillons.....	25
6.1 Analyse physico-chimique du sol.....	25
6.1.1 Granulométrie.....	25
6.1.2 Mesure de pH de sol.....	25
6.1.3 La conductivité électrique (CE).....	25
6.1.4 matière organique.....	25
6.1.5 calcaire totale.....	26
6.2 Dosage des métaux lourds.....	26
6.2.1 La minéralisation.....	26
6.2.1.1 Extraction des métaux lourds par le sol et le <i>phragmite australis</i> :.....	26
6.2.1.1.1 Mode opératoire.....	26
6.2.2 Dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique.....	28
6.2.2.1 Principe.....	28
6.2.2.2 Mode opératoire.....	28

6.2.2.3 Calculs.....	28
Chapitre III : Résultats et discussion	
1. Granulométrie.....	30
II Caractéristiques physicochimiques des sédiments.....	30
II. 1 Le potentiel d'hydrogène(pH).....	31
II.2 Le calcaire total (CaCO ₃).....	32
II.3 La matière organique.....	33
II.4 Conductivité électrique.....	34
III. Teneur en ETM dans les sédiments.....	36
III.1 Le Pb dans les sédiments.....	36
III.2 Teneur en Cd dans les sédiments.....	37
IV. Teneur en Pb et Cd dans la plante (<i>Phragmites australis</i>).....	40
IV.1 Teneur en Pb.....	40
IV.1.1 Pb dans les parties racinaires.....	41
IV.1.2 Pb dans les parties aériennes.....	42
IV.2 Cd dans la plante (<i>Phragmites australis</i>).....	42
IV.2.1 Cb dans les parties racinaires.....	44
IV.2.2 Cb dans les parties aériennes.....	44
Conclusion.....	48
Références bibliographiques.....	49
Annexes	

Liste des figures

Figure 01 : Origine des éléments traces métalliques dans le sol. Académie des sciences (1998)

Figure 02: Localisation de la région de Jijel (ANONYME, 1997)

Figure 03 : Situation géographique du site d'étude

Figure 04: Carte hydrographique de la région de Jijel (Anonyme, 1997)

Figure 05 : Moyennes des températures minimales, maximales et moyennes de la station de Jijel (1988-2014)

Figure 06 : Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Jijel (1988-2014)

Figure 07: régime saisonnier des précipitations

Figure 08 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Jijel (1988-2014)

Figure 09 : Climagramme pluviothermique d'Emberger

Figure 10: carte d'oued nil représenté les sites d'échantillonnage

Figure 11 : la plante de *phragmite australis*

Figure 12 : schéma représenté les différent étapes de Préparation des échantillons

Figure 13 : schéma représenté les différent étapes de la minéralisation

Figure 14: Variation du pH des sédiments en fonction des stations

Figure 15 : Variation des teneurs en calcaire total en fonction des stations

Figure 16: Variation des teneurs en matière organique en fonction des stations

Figure 17: Variation de la conductivité électrique en fonction des stations

Figure 18: Variation des teneurs en Pb dans les sédiments des différentes stations

Figure 19 : Variation des teneurs en Cd dans les sédiments des différentes stations

Figure 20: Variation des teneurs en Pb dans les *phragmites australis* (feuilles+racines) des différentes stations

Figure 21 : teneur du Cd dans les *phragmites australis* (feuille +racine) des différentes stations

Liste des tableaux

Tableau (01): Moyennes des températures minimales, maximales et moyennes de la station de Jijel (1988-2014)

Tableau 02: Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Jijel (1988-2014).

Tableau 03 : régime saisonnier des précipitations

Tableau 04 : Matériels utilisés

Tableau 05 : Granulométrie

Tableau 06 : Caractéristiques physicochimiques des sédiments

Tableau 07 : détermination de pH

Tableau 08: les normes de calcaire total

Tableau 09: Les normes d'Interprétation de la matière organique.

Tableau 10 : Les Normes international de la conductivité électrique.

Tableau 11 : Teneur en Pb dans les sédiments

Tableau 12 : Teneur en Cd dans les sédiments

Tableau 13 : Le tableau représente la variation des teneurs de pb dans le phragmites australis en fonction de quatre station (S1, S2 ,S3,S4) dans les deux partie (feuille et racine)

Tableau 14 : Tableau représente la teneur de cd en fonction de quatre station (S1,S2 ,S 3 etcS4)dans la plante (feuille +racine)

Tableau 15 : Valeurs de facteur transfert sol-plante(*Phragmites australis*) du cd et pb

La liste des Abréviations

- ***AA** : absorption atomique
- ***BNDDR** : bureau national du développement rural
- ***Caco₃** : les carbonates
- ***Cd**: cadmium
- ***CEC** :capacité d'échange cationique
- ***Cm** : centimètre
- ***CO₂** : dioxyde de carbone
- ***Cu** : cuivre
- * **C_{plante}** : concentration du métal dans la plante
- ***C_{sol}** : concentration du métal dans le sol
- ***°C** : degré Celsius
- ***Cr⁺³** : ions de chrome
- ***Cd⁺²** : ions de cadmium
- ***Cu** : cuivre
- ***ETM** : élément trace métallique
- ***Fe** : fer
- ***F** : facteur de transfert
- ***F_{cadmium}** : facteur de transfert du cadmium
- ***F_{plomb}** : facteur de transfert du plomb
- ***Ft** : facteur de translocation
- ***Ft_{cadmium}** : facteur de translocation du cadmium
- ***Ft_{plomb}** : facteur de translocation du plomb
- ***g** : gramme
- ***g .cm³** : gramme par centimètre au carré
- ***H₂O** : molécule d'eau
- ***Hg** : mercure
- ***HNO₃** : acide nitrique
- ***HClO₄** : acide perchlorique
- ***Kg** : kilogramme
- ***km²** : kilomètre au carré
- ***m** : mètre

***min** : minute

***Mg** : manganèse

***mg/kg** : milligramme par kilo gramme

***m²** : mètre carré

***M**: moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en C.

***m**: la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en C°.

***ML**:métaux lourd

***MO** : matière organique

***mm** : millimètre

***mS** : Mili Semence

***mm** : la moyenne de la température minimale

***Ms / cm²** : mil semence par centimètre au carrée

***MVS**: matière végétale sèche

***MV** : matière végétale

***P**: moyenne des précipitations annuelles en mm;

***Pb** : plomb

***PH** : potentiel d'hydrogène

***Ppm** : partie par million

***T°** : température

***µm** : micro mètre

***Zn** : Zinc



Introduction

INTRODUCTION GENERALE

Les métaux et les métalloïdes sont présents naturellement dans les sols. Le développement de l'activité industrielle (industries métallurgiques et chimiques) et de l'activité agricole (pesticides, engrais, ...) depuis le siècle dernier a entraîné des apports parfois intensifs de ces éléments qui deviennent des polluants pour l'environnement. Même à faibles concentrations, ils peuvent constituer un sérieux problème de santé publique du fait de leur toxicité et de leur caractère bio-accumulatif (**STERCKEMAN T. *et al*, 2008**)

La seule connaissance des concentrations des polluants métalliques dans le milieu ne permet pas de juger de leur toxicité pour les êtres vivants (**VOUTSA *et al*, 1996 ; BRODERSEN *et al*, 1990 ; LEBOURG *et al*, 1996; OVCHARENKO *et al*, 1996**). Celle-ci diffère d'une espèce à une autre, même entre espèces proches (**GORLACH et GAMBUS, 1992**). Elle diffère également selon la biodisponibilité de l'élément métallique, qui dépend des facteurs physico-chimiques du milieu (**COSSA, 1989; PAVILLON *et al*, 1992**). En effet, seule une fraction du métal total va interagir avec l'organisme vivant (**ANDERSON et MOREL, 1978; LEBOURG *et al*, 1996; DUDKA et MILLER, 1999; NEJMEDDINE *et al*, 2003**). C'est la connaissance de cette fraction (dite biodisponible) qui est intéressante pour l'évaluation de la toxicité de l'élément métallique.

Si la connaissance des teneurs totales en métaux contenus dans un sol constitue une étape indispensable à l'évaluation de l'importance de la contamination (danger), ce sont davantage les formes chimiques sous lesquelles se trouvent les métaux (spéciation) ainsi que les conditions physico-chimiques du milieu qui permettent d'appréhender le risque de ces polluants pour l'environnement et pour l'homme. (**BABA AHMED A., 2012**).

Dans ce présent travail nous nous sommes intéressés à évaluer le risque d'une contamination métallique par les éléments traces métalliques (ETM) (Cd et Pb) dans les sédiments d'oued Nil, ainsi qu'une plante poussant au bord de l'oued (*Phragmites australis*) de wilaya du Jijel.

Les objectifs de ce travail visent en premier lieu à évaluer le taux des ETMs dans les sédiments d'Oued Nil puis leur transfert dans le système sol-plante, en évaluant la contamination et l'accumulation de ces ETMs par une espèce qui pousse au bord d'oued Nil : le *Phragmites australis*.

Ce mémoire s'organise ainsi en quatre chapitres, décrits comme suit:

- Le premier chapitre présente une revue bibliographique, posant quelques définition et notions usuelles et scientifiques des constituants, des métaux lourds et de leurs interactions avec les sols, du transfert sol-plante et des différents facteurs contrôlant le prélèvement des métaux lourds par les plantes.
- Le deuxième chapitre présente le cadre physique de la région de Jijel.
- Le troisième chapitre présente la méthodologie et les techniques d'analyses utilisées.
- Les résultats et les discussions seront consignés dans le dernier chapitre.
- Conclusion



Chapitre I

synthèse bibliographique

I. Généralités sur les métaux lourds

I-1 Définition

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g/cm^3 . Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse etc (**ARRIS S., 2008**).

D'un point de vue chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux.

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm^3 (**ADRIANO D.C., 2001**). .

D'un autre point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques.

I-2 Classification des métaux lourds :

I.2.1 Les métaux essentiels : sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les Tissus biologiques (**LOUE, 1993**). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la Concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), Du zinc (Zn), du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides. (**KABATA-PENDIAS A., et PENDIAS H., 2001**).

I.2.2 Les métaux toxiques : ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**BEHANZIN G. J., et al 2014**).

I-3 Origine des métaux lourds

I.3.1 Les sources naturelles :

Les métaux lourds sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique (**BOURRELIER et BERTHELIN, 1998**).

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (AFNOR, 1988).

I.3.2 Les sources anthropiques :

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes. (WEISS, D. *et al* 1999).

II. Pollution par les métaux lourds

II- 1 Contamination de l'environnement

Les métaux lourds sont dangereux pour l'environnement car, ils ne sont pas dégradables. Ils s'accumulent au cours de processus minéraux et biologiques. Les métaux lourds peuvent également être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus.

II-1.1 Contamination des sols

Le sol est un support de nombreuses activités humaines (industrialisation, urbanisation, agriculture), son rôle clef en matière d'environnement a été reconnurécemment : il intervient comme réacteur, récepteur, accumulateur et filtre des pollutions (ROBERT N., JUSTE C., 1999) .

Le sol, comparativement à l'air et à l'eau, est le milieu qui reçoit les plus grandes quantités d'éléments en traces produites par les activités industrielles et constitue un lieu réceptacle des métaux lourds,

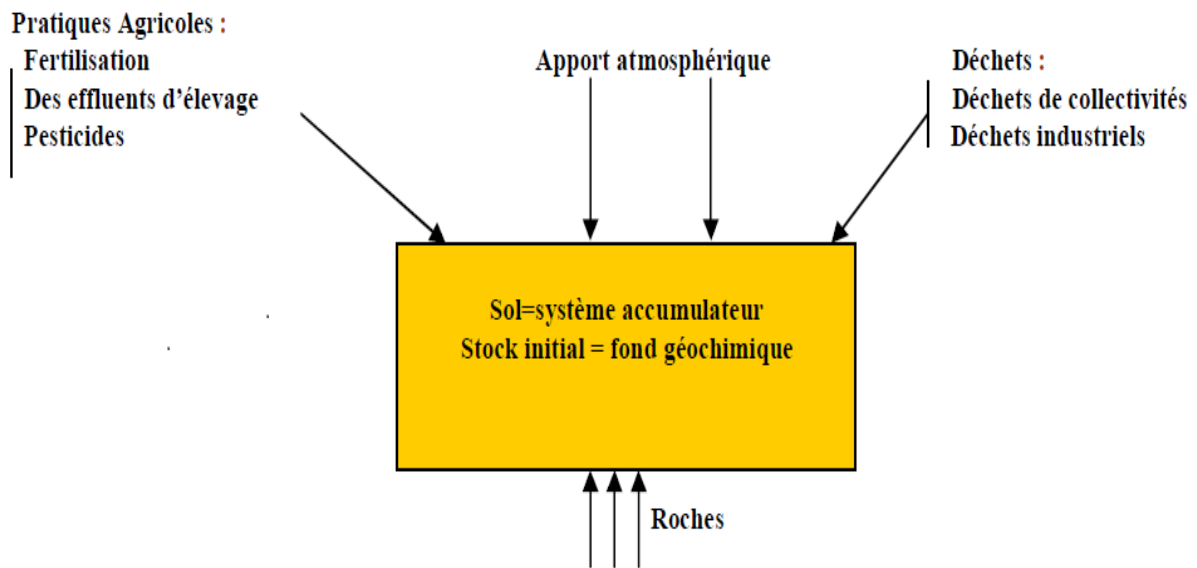


Figure 1 : Origine des éléments traces métalliques dans le sol. Académie des sciences (1998).

Deux principaux types de pollutions anthropiques sont responsables de l'augmentation des flux de métaux : la pollution atmosphérique (rejets urbains et industriels) et la pollution liée aux activités agricoles.

Les conditions physico-chimiques de la majorité des sols cultivés (milieu oxydant, pH élevé, richesse en argile) sont propices à la fixation des métaux lourds dans les parties supérieures du sol liés à la fraction fine. Il y a donc un risque important d'entraînement, par ruissellement, particulièrement en cas d'orage sur un sol nu et pentu. En général, les sols argilo-limoneux fixent les métaux par adsorption ce qui n'est pas le cas pour les sols sableux (KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1992). Le pH joue également un rôle, lors du chaulage, le pH augmente et réduit la mobilité des métaux lourds (CHAPMAN G., 1978).

II-1.1.2 Répartition des métaux lourds dans les sols :

L'étude de la répartition d'un élément trace métallique entre les composants solides s'appelle la spéciation appréhendée par une technique qui porte le nom « d'extraction séquentielle ».

La variable déterminante de cette répartition est le degré de solubilité du métal.

- si le métal est soluble, il va passer dans les nappes ou dans la plante.

- s'il est insoluble, il va rester dans le sol.

La solubilité va dépendre de plusieurs facteurs, le plus important est l'acidité du sol.

- Un sol acide facilite la mobilisation. Les métaux lourds ne s'accumulent pas. Ils sont transférés vers les nappes phréatiques et les fleuves ou absorbés par les plantes et présentent alors un risque pour la santé.
- Un sol calcaire contribue à l'immobilisation de certains métaux (certains éléments réagissent différemment, notamment l'arsenic, plus mobile dans un sol calcaire).

Il n'y a donc pas de risque immédiat pour la santé. Mais le sol est contaminé durablement et la concentration en métaux lourds augmente avec les années. Ces derniers sont susceptibles d'être relargués quand l'environnement est modifié. Au niveau des sols, les risques sont divers (transfert vers les nappes phréatiques, biodisponibilité, écotoxicité), et dépendent principalement de la spéciation (degré d'oxydation, mode de complexation avec les macromolécules organiques et les constituants minéraux du sol) (ARRIS S., 2008).

II-1.1.3 Facteurs modifiant la mobilité des éléments métalliques :

La biodisponibilité représente la capacité d'un élément trace métallique à passer d'un compartiment du sol quel qu'il soit vers une bactérie, un animal ou un végétal vivant dans ce dernier

- La mobilité d'un élément trace métallique constitue l'aptitude d'un élément à passer dans des compartiments du sol où il est de moins en moins énergétiquement retenu, avec comme compartiment ultime la phase liquide ou, dans certains cas, l'atmosphère du sol (JUSTE, 1988).
- Il existe de multiples paramètres influençant la mobilité des métaux dans les sols dont les plus importants sont (COLINET, 2003).

II-1.1.3.1 Le pH :

Le pH constitue un facteur dont le rôle est crucial pour la mobilité des ions métalliques, car il influence le nombre de charges négatives pouvant être mises en solution (MCLAUGHLIN *et al*, 2000). Les protons proviennent majoritairement de la respiration végétale et microbienne, ainsi que de l'oxydation des sulfures. À l'inverse, ils sont consommés par l'hydrolyse des minéraux altérables.

D'une façon générale, lorsque le pH augmente, les cations sont moins solubles et les anions sont plus solubles (BLANCHARD, 2000).

De plus, l'augmentation de pH induit souvent la formation d'espèces précipitées qui peuvent limiter la solubilité et la biodisponibilité de toutes les espèces ioniques (**DENEUX-MUSTIN *et al*, 2003**). Cependant, elle entraîne également la dissolution de matières organiques et la formation consécutive de complexes organo-métalliques plus solubles (**CHAIGNON, 2001**).

Les variations de pH ont donc des conséquences complexes et parfois contraires sur la mobilité des métaux lourds, en particulier en présence de ligands organiques et inorganiques.

II-1.1.3.2 L'apport de matière organique

L'apport de matière organique permet d'immobiliser les ETM du sol qui ont pour elle une grande affinité, mais la minéralisation ultérieure peut les remettre en solution, il ne s'agit donc que d'une immobilisation temporaire (**PERRONO P., 1999**).

II-1.1.3.3 L'activité biologique

La compréhension globale des phénomènes biologiques jouant sur la solubilité des métaux lourds dans les sols est rendue difficile par la multiplicité des actions et interactions à tous les niveaux. Les végétaux supérieurs étant au centre de notre étude, et les microorganismes ayant une influence sur l'ensemble du milieu aux échelles de temps et d'espace considérées, nous nous attacherons à développer principalement l'action des microorganismes et des plantes.

Les principaux phénomènes d'action sur la mobilité des polluants métalliques sont la solubilisation, l'insolubilisations et la volatilisation (**ESTEBAN R., 2006**).

II-1.1.3.4 La température

La température du sol dépend en premier lieu de la météorologie, et donc du climat, mais elle est également liée à l'activité biologique et influence rétroactivement la formation de complexes avec des ligands inorganiques, en modifiant l'activité de l'élément en solution (**DENEUX-MUSTIN *et al*, 2003**).

La température a un impact direct sur la mobilité des éléments métalliques en déplaçant les équilibres des réactions de dissolution - précipitation et co-précipitation, et un impact indirect, en modifiant la teneur en eau du sol, le pH ou l'Eh.

II-1.1.3.5 Les carbonates (CaCO₃).

La forme prédominante des carbonates ($R^{2+} CO_3^{2-}$; R= Ca, Mg, Fe mais aussi beaucoup de métaux divalents présents dans les sols pollués tels que Pb, Zn, Cu, etc.) dans la plupart des sols est la calcite (CaCO₃). Assez soluble, cette espèce a une influence majeure sur le pH des sols et par conséquent sur les phénomènes de sorption de métaux. En outre, les réactions de dissolution / précipitation des carbonates favorisent le piégeage des ions métalliques au sein des cristaux formés (BLANCHARD, 2000).

II-1.2 Transfert sol-plantes des métaux lourds.

Pour de nombreuses plantes, des concentrations excessives en métaux entraînent des désordres métaboliques comme le remplacement des ions essentiels par des ions non essentiels, la concurrence pour les emplacements entre les ions métalliques et les métabolites essentiels, des modifications de la perméabilité des cellules membranaires, etc.

Les effets visibles de la toxicité varient selon les espèces, mais les symptômes les plus communs sont les points chlorotiques ou bruns sur les feuilles, les racines brunes et abimées, la nécrose et la diminution significative des rendements de récolte. D'autres effets moins visibles, comme par exemple l'inhibition racinaire, la réduction de la photosynthèse, etc. (KABATA-PENDIAS et PENDIAS, 2001).

II-1.2.1 Absorption racinaire

La voie principale d'absorption des métaux se fait par simple diffusion au travers de l'apophase du cortex racinaire et de l'endoderme (voie apophasique). Le transport des éléments métalliques à travers la paroi cellulaire se fait passivement (non métabolique et donc dans le sens du gradient de concentration) par les pores du réseau de la cellulose, de l'hémicellulose et des glycoprotéines. Cependant, une partie des ions peut être adsorbés par les charges négatives de surface de l'acide polygalacturonique des pectines, qui agissent comme des échangeurs d'ions (BRIAT et LEBRUN, 1999). Puis au niveau de l'endoderme, le transport peut devenir actif au niveau de la membrane plasmique des cellules de la bande de Caspary, autorisant cette fois un transfert contre le gradient de concentration.

II-1.2.2 Pénétration des éléments-traces par les parties aériennes

Les éléments-traces entrent dans la composition des matériaux minéraux et organo-minéraux qui composent les fines poussières présentes dans l'air, lesquelles se déposent sur

les feuilles, les tiges et les fruits. La contamination par voie aérienne est généralement faible, sauf lorsque les retombées atmosphériques sont importantes : dans certains lieux comme les zones industrielles ou pour certains éléments comme le Pb, à cause des résidus de combustion de l'essence plombée. Les éléments-traces essentiels, ainsi que les non-essentiels, peuvent être prélevés par les feuilles. Sous forme gazeuse (e.g. Se g, As g, Hg g) (pouvant, entre autres, émaner du sol), ils rentrent dans les feuilles à travers les stomates ; sous forme d'ions, ils rentrent surtout à travers les cuticules des feuilles (**PRASAD ET HAGEMEYER, 1999**).

II- 2 Tolérance aux métaux lourds chez les végétaux

Certains éléments métalliques sont essentiels aux organismes vivants à de faibles concentrations. Mais, ils agissent à de fortes concentrations comme un facteur de stress qui entraîne une modification de la réaction physiologique. Le terme « **sensibilité** » décrit les effets du stress, qui peuvent aller jusqu'à la mort de la plante. Par opposition, le terme « **résistance** » fait référence à la réaction de la plante qui lui permet de survivre face au stress métallique et d'assurer sa descendance (**LEVITT, 1980**). Deux stratégies principales sont impliquées dans ce phénomène de résistance :

- **La stratégie d'évitement** par laquelle les plantes se protègent du stress métallique en limitant leur absorption.
- **La stratégie de tolérance** (terme qui sera utilisé dans la suite de ce travail comme étant synonyme de résistance) qui fait référence aux réactions permettant de limiter les effets néfastes des métaux dans l'organisme.

II- 3 La phytodisponibilité :

La phytodisponibilité d'un élément-trace peut être définie comme la quantité d'élément qui peut être transférée (« prélevée ») dans la plante durant son développement (**BOURRE-LIER ET BERTHELIN, 1998**).

II- 4 Biodisponibilité des ETM

« La fraction de produit chimique présent dans le milieu environnemental qui est disponible pour être accumulée par les organismes ». (**Rand G. M. et al, 1995**).

Le pH et les conditions d'oxydoréduction dans le sol jouent un rôle important dans la mobilité des métaux : un sol à pH acide entraîne la désorption des cations métalliques et donc leur mise en solution sous forme de sels métalliques (**DESCHAMPS et al, 2006**).

L'opposé, un pH neutre à basique aura plutôt tendance à immobiliser les ETM et donc à réduire fortement leur absorption par voie racinaire. Cependant, tous les ETM ne sont pas solubilisés et donc mobiles aux mêmes valeurs de pH.

Les végétaux sont capables de modifier localement le pH du sol (c'est-à-dire au niveau de la rhizosphère) par sécrétion, via le système racinaire, d'acides organiques. Les acides les plus couramment détectés sont le malate, l'oxalate et le citrate (**DAKORA et PHILLIPS, 2002**).

Ces composés anioniques forment des complexes avec les cations métalliques et augmentent ainsi leur désorption et leur solubilisation dans le sol à quelques exceptions près comme pour l'aluminium. Les éléments métalliques sont alors plus facilement absorbables par les racines (**MORENO PIRES et al, 2007**).

ZENG et al. (2008) ont ainsi démontré une corrélation entre la sécrétion d'acides organiques (essentiellement de l'oxalate et du malate) par les racines de deux variétés de riz et l'accumulation de chrome dans les plantes. (**DUARTE et al. 2007**) ont également mis en évidence ce type de corrélation entre une libération de citrate et une augmentation de l'absorption de cadmium chez l'halimione faux-pourpier (*Halimioneportulacoides*).



Chapitre II

Cadre physique

méditerranée au nord, ses limites naturelles. Ce bassin est drainé par l'Oued Nil et ses deux affluents, les Oueds Boukaraa et Sa'ayyoud. Ces trois oueds coulent du sud vers le nord.

L'Oued Nil est un des Oueds les plus importants de la région de Jijel, comme source d'approvisionnement en eau de boisson et d'irrigation des cultures dans la zone agricole de Djimar et Bazoul, avec un débit annuel de 230 millions de mètres cubes à l'embouchure. Il prend sa source dans les montagnes de Chahna et se jette dans la mer méditerranée au niveau de son embouchure à Bazoul, après avoir traversé plus de 13 Km dans une zone agricole le long de la frontière entre la daïra de Taher vers l'ouest et de Chakfa vers l'est.

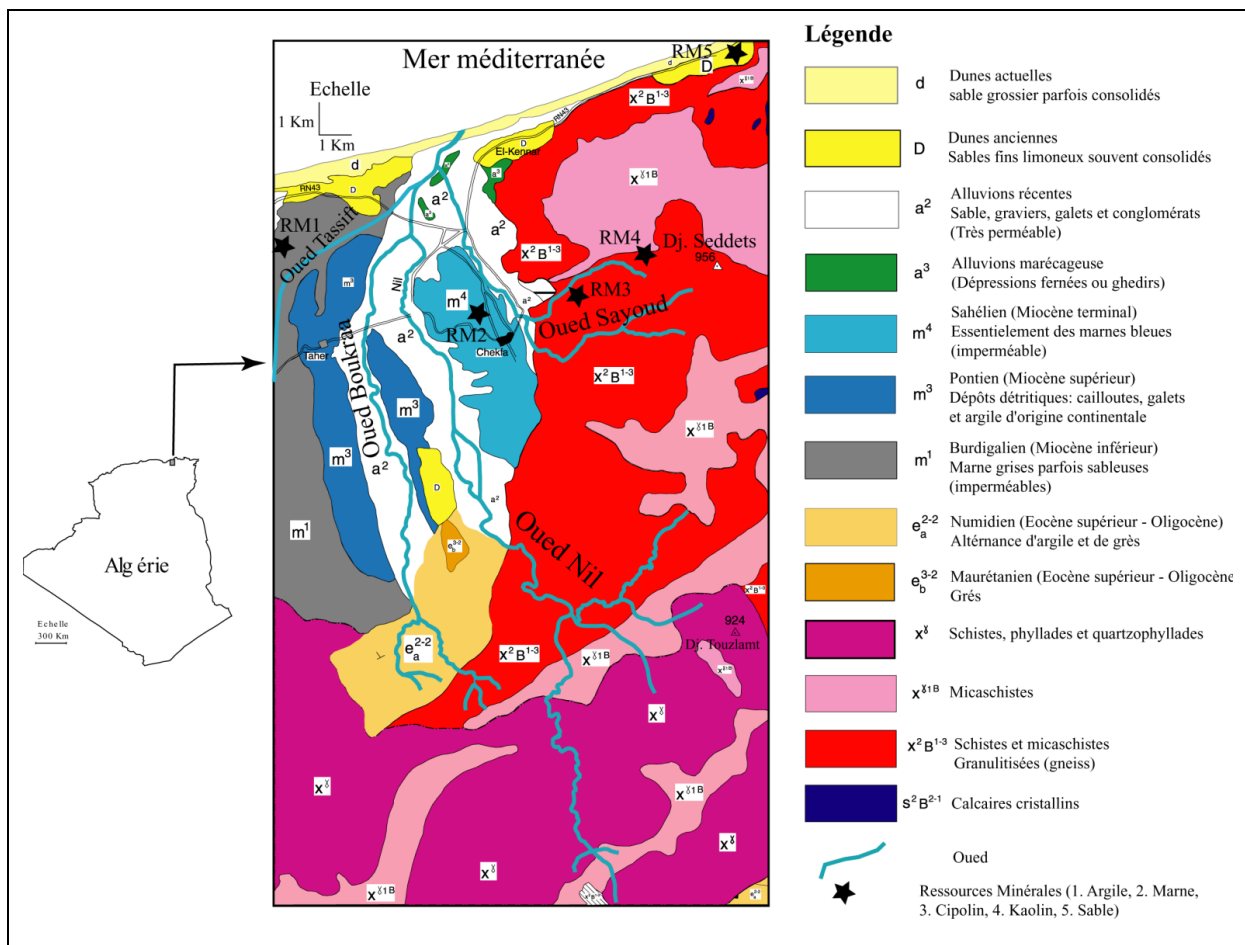


Figure 03 : Carte de situation géographique du site d'étude

I.3 Géomorphologie

***Les reliefs :**

Faisant partie du grand ensemble du tell oriental Algérien; la zone d'étude présente un relief montagneux très complexé dans sa structure et dans sa morphologie. Elle se distingue par un grand massif montagneux, par un ensemble collinaire et par des étendues de plaines côtières et de vallées.

Du point de vue morphologique, le territoire de la région de Jijel peut être subdivisé en trois grands ensembles à savoir:

- La Kabylie de Babors qui correspond à tout le territoire côtier occidental et s'étend jusqu'à la limite Sud-Ouest de la région.
- La Kabylie de Collo qui correspond au secteur oriental et les monts de Tamesguida.
- La chaîne de Constantine qui se limite juste au versant Nord de Zouahra et M'sida Aicha (ANONYME(BNDDR), 1997).

I.4 Réseau hydrographique:

La wilaya de Jijel est caractérisée par deux principaux bassins versants constitués essentiellement par un ensemble d'espaces de montagnes (Beni Abbes, Taddar, Seddat, Sendouh, Harouda ...), de plaines (Plaine de Oued Mencha, Oued Bouradjarah, plaine de Jijel, Taher, chekfa...) et des piémonts.

Le premier bassin versant est celui de l'Oued El Kébir Rhumel, concerne les régions d'El Milia, El Ancer et l'ensemble des régions montagneuses situées au sud-est de la wilaya. Le deuxième c'est le bassin versant des côtiers constantinois, concerne les régions de Sidi-Abdelaziz, Taher, Jijel, El Aouana, Ziama et l'ensemble des régions montagneuses situées dans la partie nord-ouest de la wilaya (ANONYME(BNDDR), 1997).

I.6 Pédologie

Selon (ANONYME(BNDDR), 1997), en se basant sur les études réalisées antérieurement par différents bureaux d'études et sociétés, les classes de sols dégagées par ces derniers se résument à:

- 1-Classe des sols minéraux bruts.
- 2-Classe des sols peu évolués.
 - Sous-classe des sols peu évolués d'érosion.
 - Sous-classe d'apports alluviaux.
- 3- Classe des sols calcimagnésiques.
- 4- Classe des sols à sesquioxydes de fer et de Manganèse.
- 5-Classe des sols brunifiés.
- 6-Classe des vertigos.
- 7-Classe des sols hydromorphes.

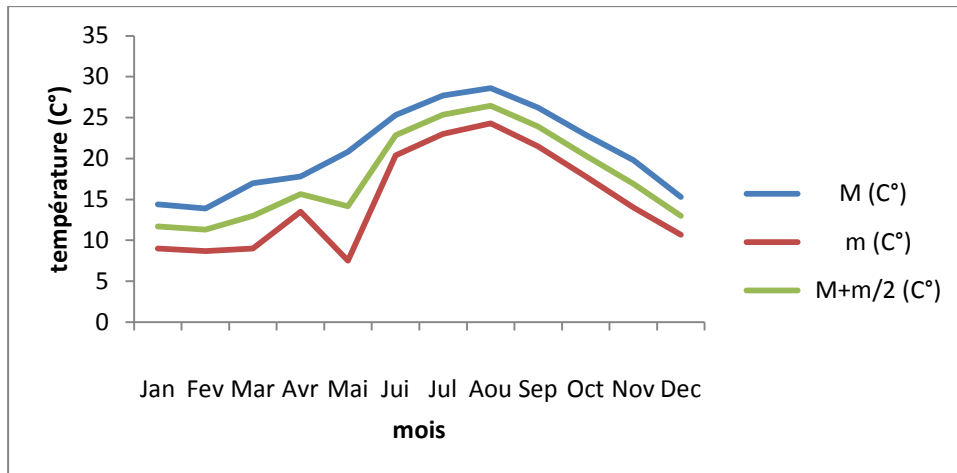
II. climat

Le climat est la composante directe déterminante de la distribution des organismes vivants et le facteur primordial influant l'activité des biocénoses (LACOSTE et SALAMON, 2001). Pour indiquer le climat de la région d'étude, nous avons fait recours à l'exploitation des données météorologiques provenant de la station météorologique Jijel.

II.1 Température

La température est un facteur climatique de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMANDE, 1984).

Les températures de la région de Jijel collectées durant la période allant de 1988 à 2014 sont résumées dans le tableau (01) (annexe 01).

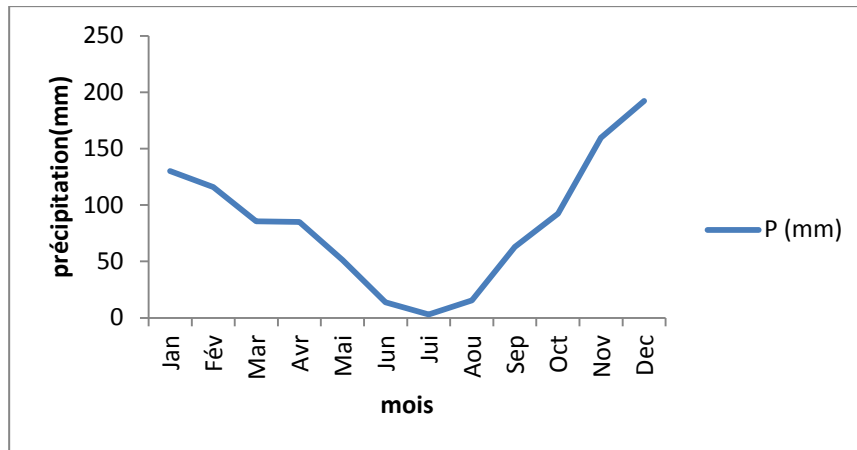


Figure(05) : Moyennes des températures minimales, maximales et moyennes de la station de Jijel (Aéroport météorologique de Jijel 1988-2014).

D'après ces données, nous relevons que dans la région de Jijel, le mois de Février est le mois le plus froid avec une température moyenne minimale de 9°C. Le mois le plus chaud est celui d'aout avec une température moyenne maximale de 28.6°C.

II.2 Précipitations

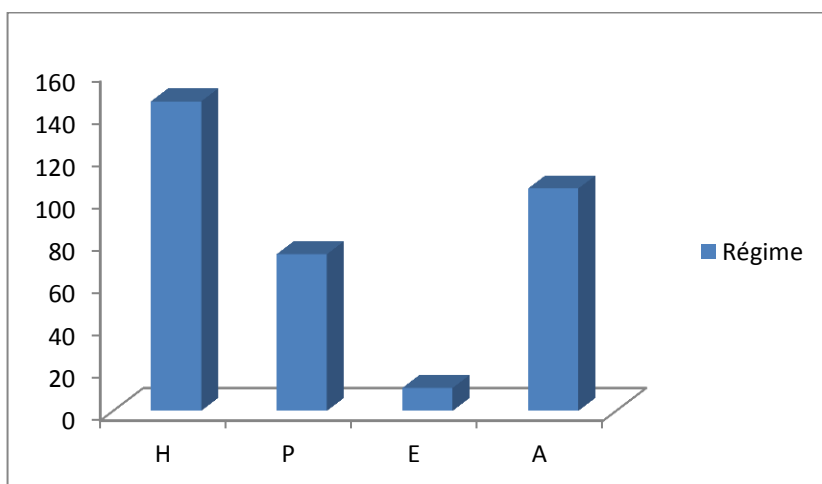
Les précipitations englobent toutes les formes d'eau qui tombent sur la surface de la terre. Les précipitations collectées durant la période allant de 1988 à 2014 sont portées sur le tableau (02) (annexe 02).



Figure(06) : Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Jijel (Aéroport météorologique de Jijel 1988-2014).

II.3 Régime pluviométrique :

Le régime saisonnier est établi pour déterminer la saison la moins arrosée et qui ne peut être que la saison d’été pour pouvoir dire que ce type de climat est méditerranéen (BENABID et AJEL, 1994).le régime saisonnier des précipitations représente dans le tableau (03) (annexe 03) La wilaya de Jijel est caractérisée par le type HAPE.



Figure(07): Régime saisonnier des précipitations

II-4 Vents

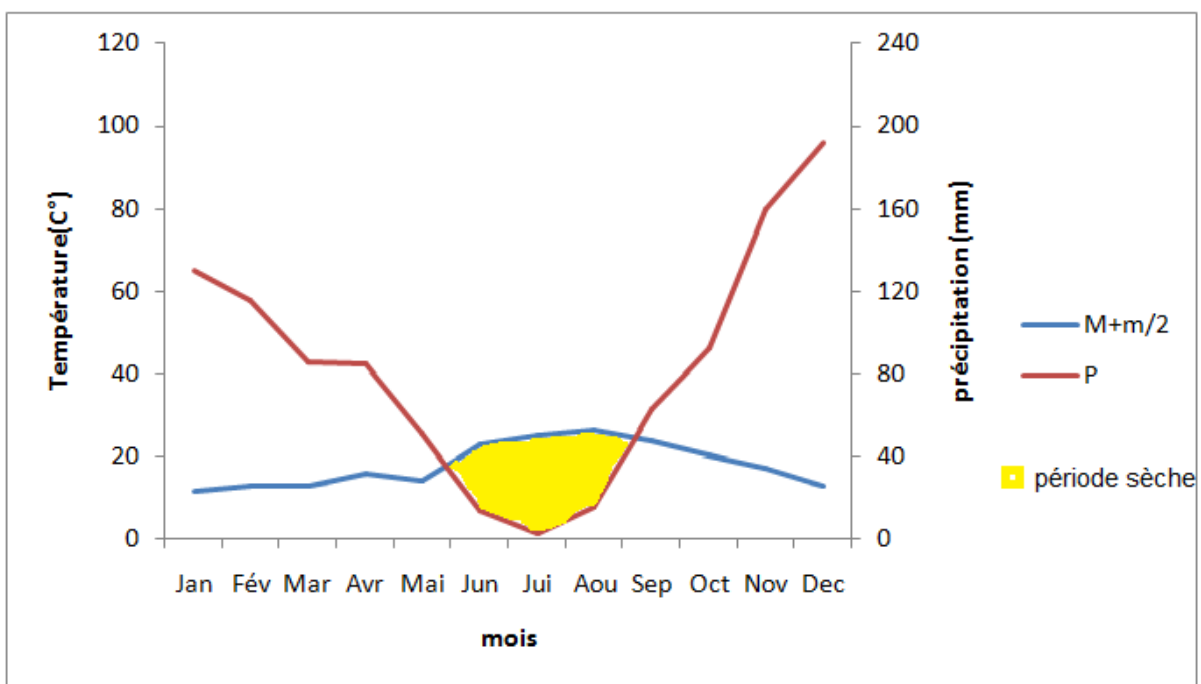
Selon ANONYME(BNDR) (1997), les vents dominants dans la région d'étude sont ceux du Nord-Ouest et Nord-Est. Ils sont plus fréquents durant la période Novembre-Mai.

III. Synthèse climatique

III.1 Diagramme ombrothermique de GUASSEN

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (DAJOZ, 2003).

Pour localiser les périodes humides et sèches de la région de Jijel, nous avons tracé diagramme ombrothermique pour la période allant 1988 à 2014 :



Figure(08) : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Jijel (1988-2014)

D'après les valeurs de précipitations et de températures le **Diagramme ombrothermique** montre que la période sèche s'étale de la fin Mai jusqu'au début de septembre.

III.2 Climagramme d'Emberger

Le système d'EMBERGER permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 1985-2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique Q_2 en ordonnées et d'autre part m en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (STEWART, 1969) :

$$Q_2 = 2000 \times P / M^2 - m^2$$

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude et la situer dans le Climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient pluviothermique

$$Q_2 = 176.26$$

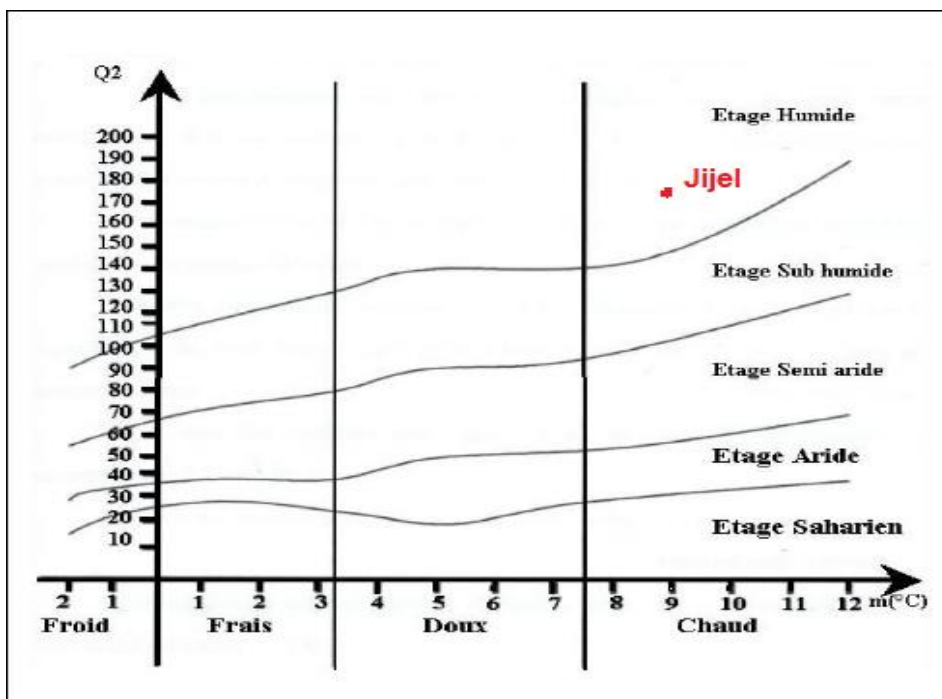


Figure (09) : Climagramme pluviothermique d'Emberger

Selon Climagramme d'Emberger, la région de Jijel est caractérisée par un bioclimat méditerranéen humide à hiver chaud.



Chapitre III

Matériels et méthodes

Le présent travail a été réalisé au laboratoire d'écologie, faculté de science, université de Jijel.

Les objectifs de ce travail visent en premier lieu à évaluer le taux des ETMs dans les sédiments d'Oued Nil puis leur transfert dans le système sol-plante, en évaluant la contamination et l'accumulation de ces ETMs par une espèce qui pousse au bord d'oued Nil : le *Phragmites australis*.

1. Le choix des sites d'échantillonnage :

Le choix des sites est dicté par les conditions suivantes :

La présence des sources anthropiques de contamination, elle est à mettre en relation avec les rejets domestiques et les apports d'eau usées de la ville de Taher et Chekfa qui se déversent directement et sans traitement préalable dans Oued Nil. Elle serait liée aussi à une activité agricole pratiqués dans le bassin versant d'Oued Nil et qui est basée sur l'usage massif de fertilisants et de pesticides, sachant que les fongicides sont riches en Pb et que les composés phosphaté contiennent d'importante quantités de Cd. Les stations sont choisies comme suit :

Station 1 : la première station est située a l'embouchure de oued Nil et la mer ; elle collecte tout les effluents dans la partie aval.

Station 2 : la deuxième station se trouve à l'embouchure d'oued Saayoud et oued Nil, elle reçoit les eaux résiduaires urbaines de la ville de Chekfa et Taher, nous notons la présence d'une décharge sauvage.

Station 3 : la troisième station située a l'embouchure de oued bou karaa et oued Nil reçoit toutes les eaux résiduaires urbaines de la ville de Taher.

Station 4 : la quatrième station se trouve en amont de la zone d'étude, elle reçoit des eaux assez propres ou moins contaminées de la source des montagnes de chahna .

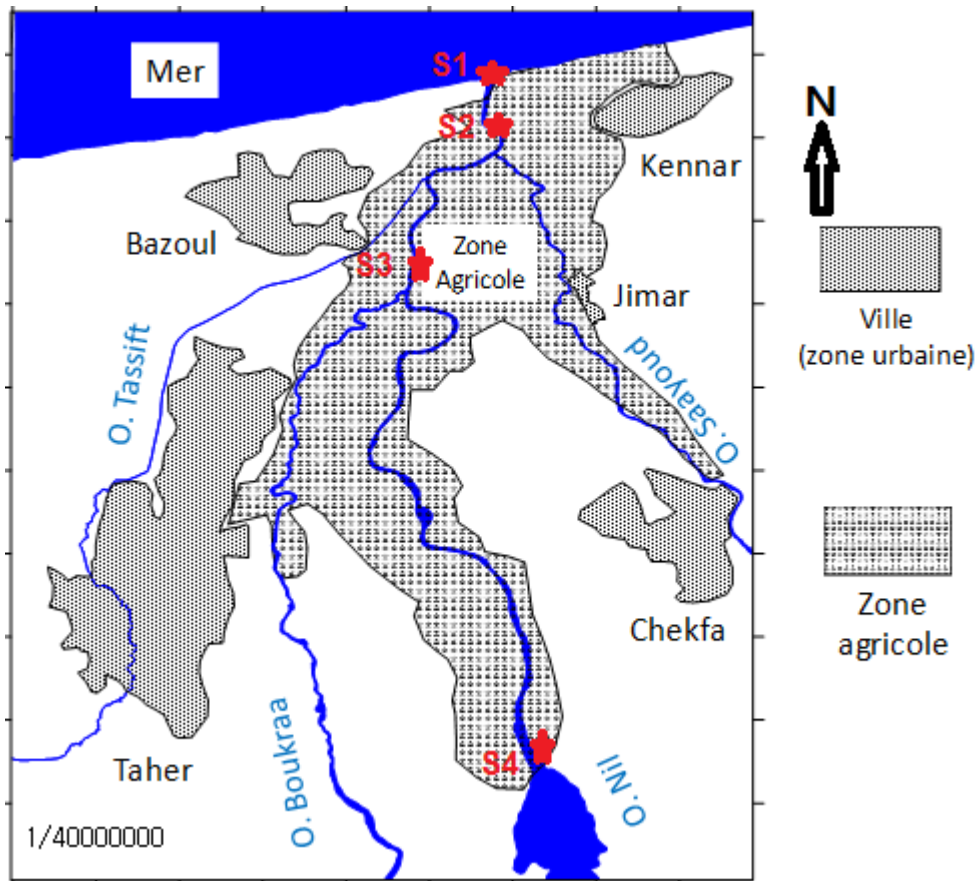


Figure (10): carte d'oued Nil représentant les sites d'échantillonnage

2. Prélèvement et conditionnement des échantillons :

Le prélèvement doit être effectué de façon à préserver l'information sur la pollution. Pour se préserver de risques de pollution, il faut éviter d'utiliser des outils ou des récipients susceptibles de contaminer l'échantillon: pas d'outil en acier inox, pas de récipient dont les parois contiennent des pigments à base d'éléments en traces.

Les plantes ont été prélevées avec leurs mottes, l'échantillon sera placé dans un sac en plastique. Entre le prélèvement et le transfert au laboratoire, l'échantillon sera placé dans un conteneur frais et à l'abri de la lumière, une glacière.

La motte est stockée dans des boîtes en polyéthylène soigneusement fermée afin d'éviter tout contact avec l'air. De façon générale le temps de transfert de l'échantillon au laboratoire doit être le plus court possible.

3. Matériels utilisés:

La réalisation de cette étude a nécessité un ensemble d'appareils, de réactifs, de produits chimiques et de verreries qui sont mentionnés dans l'**annexe 04**

4. Matériel végétal :

4.1 Caractéristiques générales de *Phragmites australis* :

4.1.1 Systématique :

Nous avons opté pour la classification proposée par **Quezel et al. (1962-1963)**.

Règne : Végétale.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous/emb : Angiospermes.

Classe : Monocotylédones.

Ordre : Graminales.

Famille : Graminées.

Genre : Phragmites.

Espèce : *Phragmites australis*.



Figure 11 : *Phragmites australis* (KLECHE M., 2013)

4.1 2 Description :

Plante vivace, à tiges dressées, d'une hauteur de 1,5 à 3 mètres, de 10 mm de diamètre, se brisant facilement portant des feuilles allongées, larges de 1 à 3 cm, d'un vert glauque, Cette plante se multiplie par de nombreux rejets issus des tiges souterraines traçantes (différents types de rhizomes)

Espèce très commune sur toute la planète, dans les sols frais et humides, aux bords des rivières, des lacs et des étangs. Elle aime les sols vaseux et résiste à la stagnation dans l'eau elle résiste à de nombreux polluants (FATEN S., 2010).

4.1.3 Pourquoi *Phragmites australis* ?

Les roseaux sont des plantes supérieures de type héliophyte. Les plus communs en Europe sont les *Phragmites australis*. En Afrique on peut trouver *P. karka*. Ces plantes ont des propriétés épuratrices; en partie grâce à leur capacité de transport de gaz entre la partie aérienne et les rhizomes, par la présence d'un aérénchyme.

Ces plantes possèdent des propriétés de tolérance et d'accumulation des éléments traces métalliques (Cu, Zn, Cd, Pb), elles vont être ainsi capables d'accumuler les métaux dans leurs parties récoltables (FATEN S., 2010).

4. Préparation des échantillons :

Dès son arrivée au laboratoire, l'échantillon va être l'objet d'une série d'opérations : lavage éventuel, broyage,....etc.

Les plants sont préalablement rincés à l'eau distillée a fin d'éliminer les fines particules de sol.

Les différentes parties de la plante (aériennes et souterraine) sont séparées.

Les échantillons sont séchés dans une étuve à une température de 80°C pendant 72h.

L'échantillon obtenu est écrasé à l'aide d'un mortier en porcelaine pour obtenir une poudre fine.

Les échantillons sont tamisés avec un tamis à trous ronds de 250µm de diamètre.

Les échantillons des sols sont séchés à une température de 80°C à l'étuve pendant 72 heures. Afin de séparer la terre fine, les échantillons sont tamisés avec un tamis en nylon à 250µm de diamètre de mailles et sont ensuite pesés à l'extraction de partie du sol.

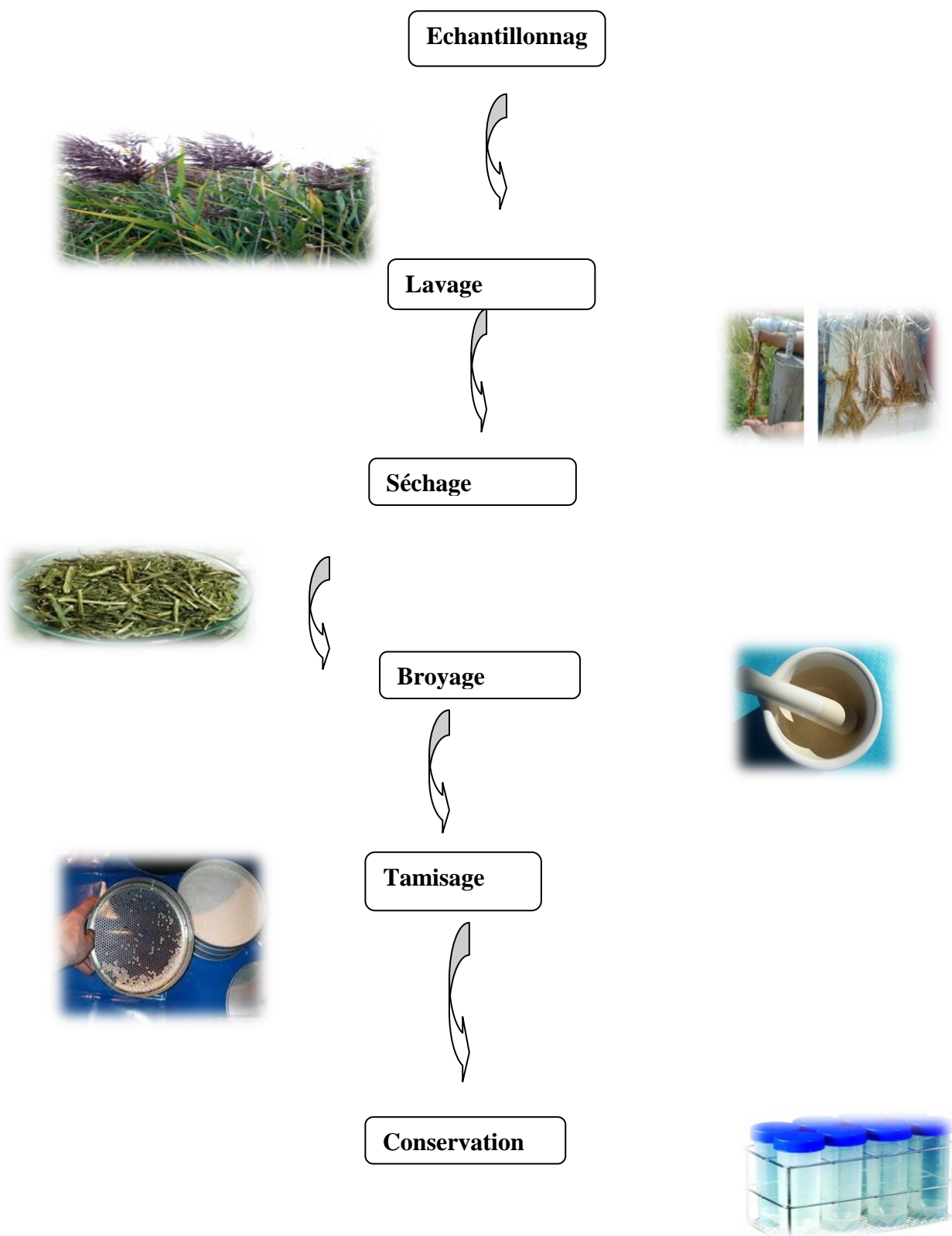


Figure 12 : schéma représentant les différentes étapes de Préparation des échantillons

6. Analyse des échantillons :

6.1 Analyse physico-chimique du sol :

Quelques paramètres physico-chimiques du sol (pH, teneur en calcaire, MO, conductivité) ont été réalisés :

6.1.1 Granulométrie :

La méthode utilisée pour la détermination des fractions granulométriques est la méthode internationale, à la pipette de Robinson (**ISRIC, 1984**). Elle consiste à séparer la partie minérale du sol en fonction des diamètres des particules est à déterminer les proportions relatives de ces fractions. Les fractions grossières, sont séparées par tamisage, tandis que les fractions fines (limons et argiles), sont séparées par sédimentation. Le prélèvement de ces dernières se base sur la relation liant le temps de sédimentation et le diamètre des particules, donnée par la loi de Stocks. On prélève à la pipette un petit volume connu de la suspension dont on pèsera le résidu solide après évaporation du liquide (**ABDERREZAK K., 2014**).

6.1.2 Mesure de pH de sol :

La mesure du pH est effectuée par voie électrométrique sur une prise d'échantillon mise en solution dans de l'eau distillée (pH H₂O) et dans les rapports pondéro-volumétriques de 1/5 (**AUBERT, 1978**).

6.1.3 La conductivité électrique (CE) :

La mesure de la conductivité électrique permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous. Elle est mesurée dans l'extrait de sol à température donnée dans le rapport sol /eau de 1/5.

La valeur de la conductivité électrique du milieu est lue directement sur l'écran digital du conductimètre. Elle est exprimée en mS/cm² (**AUBERT, 1978**).

6.1.4 matière organique :

Le dosage du carbone organique est réalisé suivant la méthode de **WALKLEY-BLACK (1974)**. La technique est basée sur l'oxydation du carbone par le bichromate de potassium en milieu acide. Le carbone est transformé en CO₂ et CrO₇⁻² et réduit en Cr⁺³. La quantité de bichromate de potassium utilisée excède la quantité nécessaire pour l'oxydation du carbone à doser. L'excès de K₂Cr₂O₇ est titré à l'aide d'une solution de sulfate ferreux sept fois hydraté

Le résultat est exprimé en % de sol sec en carbone organique (C) ou de matière organique (MO) selon la relation suivante :

$$\text{MO (\%)} = 1.725 \times (\text{C})\% \quad (\text{ABDERREZAK K., 2014}).$$

6.1.5 calcaire totale :

Le calcaire total est déterminé à l'aide du calcimètre de Bernard, par dosage du CO₂ provenant de la réaction du carbonate de calcium (CaCO₃) avec l'acide chlorhydrique. Le volume de CO₂ dégagé est proportionnel à la quantité de carbonates présents et donc du calcaire. La quantité de carbonates est déduite de la courbe d'étalonnage effectuée avec une série de quantités connues de carbonate de calcium (**DUCHAUFOR, 1979**).

6.2 Dosage des métaux lourds :

6.2.1 La minéralisation :

6.2.1.1 Extraction des métaux lourds par le sol et le *phragmite australis* :

6.2.1.1.1 Mode opératoire

Pour la minéralisation des MV, nous avons utilisé La méthode de **MILLER(1998)** ; il s'agit d'une minéralisation par voie humide. Cette technique permet une meilleure extraction des éléments minéraux à partir de la matière végétale.

- Faire réagir 0.5g de (matière végétale sèche (MVS)) avec 6 ml d'acide nitrique (HNO₃) concentré dans un matras pendant une nuit, puis le mélange est chauffé à une température de 150°C durant 60 minutes.
- Ajouter 2 ml d'acide perchlorique (HClO₄) à 70%, l'attaque est poursuivie à une température de 250°C jusqu'à l'évaporation complète de l'acide.
- Rincer avec 10ml d'eau distillé qui sont ensuite filtrer pour éliminer les particules en suspension, poursuivre le rinçage avec l'eau distillé qui est récupérer à chaque fois jusqu'au tarit de juge d'une fiole de 25ml. Analysée les solutions par absorption atomique.
- Les échantillons sont mis dans des flacons en verre étiquetés et conservés au réfrigérateur après analysés par spectrométrie d'absorption atomique.

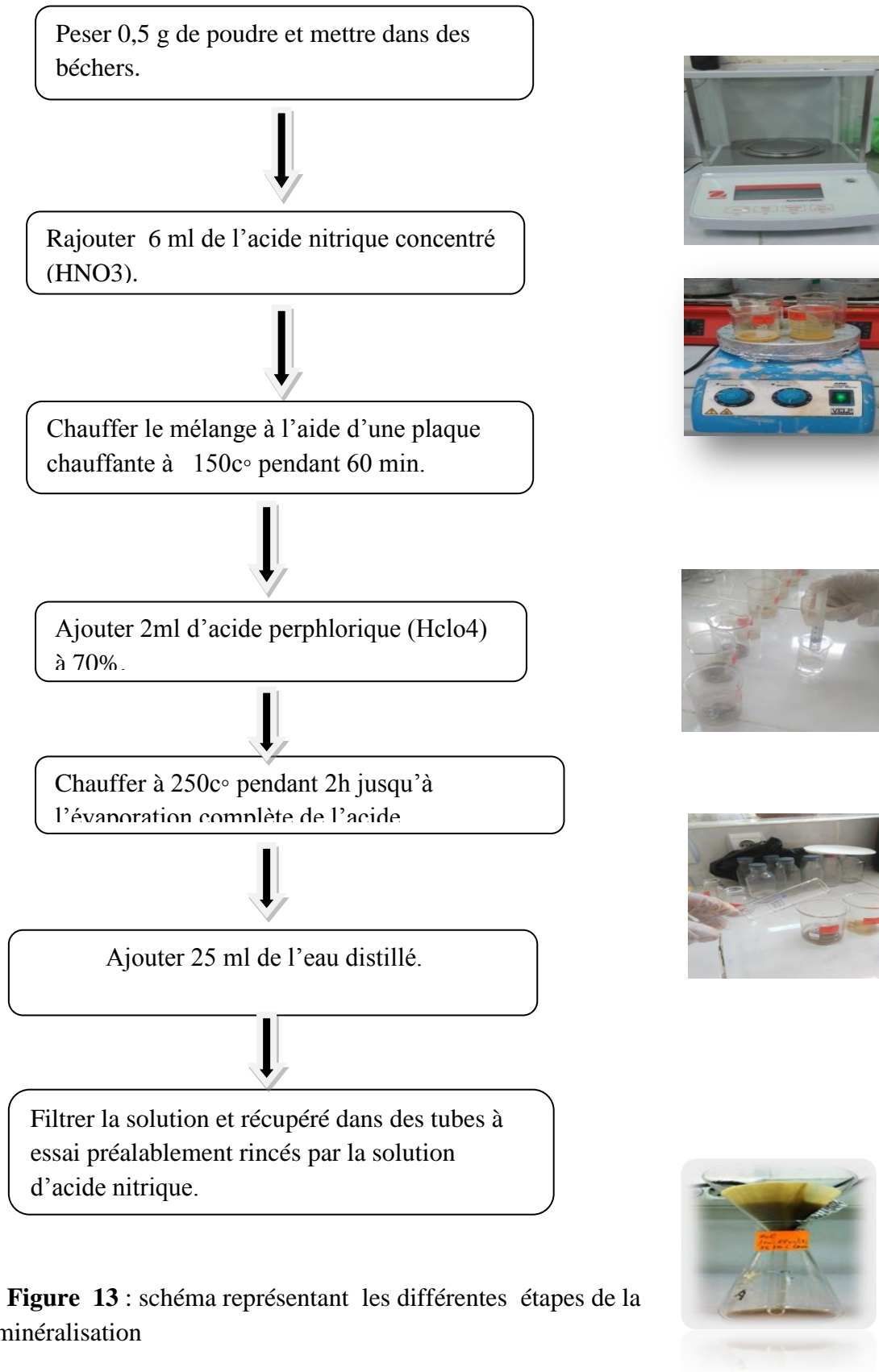


Figure 13 : schéma représentant les différentes étapes de la minéralisation

6.2.2 Dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique :

La technique de la S.A.A est la plus couramment utilisée pour les dosages des éléments traces métalliques. Ces derniers ont été mesurés par l'appareil suivant : (**Shimadzu AA-6200**).

6.2.2.1 Principe :

Lorsqu'un élément est disposé l'état atomique dans une flamme, il absorbe tout rayonnement de fréquence F qui lui correspond. L'intensité du rayonnement émergé permet d'évaluer la concentration de cet élément.

6.2.2.2 Mode opératoire :

L'appareil est réglé suivant la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption de chaque élément à analyser. Il est pulvérisé à l'intérieur de l'appareil dans une flamme produite par un mélange gazeux. Une cellule permet de capter le rayonnement produit.

Le résultat est donné directement sur l'appareil.

6.2.2.3 Calculs :

A fin de comparer les résultats obtenus en mg/l avec d'autres valeurs de références prescrites généralement en ppm, nous les avons convertis en appliquant la formule suivante :

$$R \cdot V / P = C$$

Avec :

R : résultat de la lecture par spectromètre d'absorption atomique en mg/l.

V : volume de l'échantillon après la minéralisation, en ml (25ml)

P : poids de l'échantillon exprimé en g (0.5g pour chaque échantillon)

C : résultat final exprimé en ppm (mg/kg de matière sèche)

- Calcule de la moyenne des concentrations métalliques obtenues pour chaque échantillon.

➤ Calcul de l'écart type :

L'écart type sert à mesurer la dispersion d'un ensemble de valeurs autour de leur moyenne. Plus l'écart-type est faible plus la population est homogène (**TIOLA et TRIOLA.2012**).

Dans notre étude, le calcul de l'écart-type a été réalisé par Excel.



Chapitre IV

Résultats et discussions

I. Granulométrie :

Le but d'analyse granulométrique est de déterminer la distribution dimensionnelle des particules élémentaires du matériau constitutif d'un sol. (BOUDERHEM. A, 2011).

L'ensemble des résultats d'analyse granulométrique est présentée dans le **tableau 05**

Tableau 05: Granulométrie

	Sable (%)	Limons (%)	Argile (%)	Type textural
Pourcentage	82	15	3	Sableuse

D'après les pourcentages de sables, limons, et argile, on fait la projection sur le triangle textural des sols, on trouve que la texture des sédiments de notre zone d'étude est sableuse.

II. Caractéristiques physicochimiques des sédiments

Les différents résultats obtenus des analyses physico-chimiques des sédiments étudié sont représentés dans le **tableau06** .montrent une fluctuation des quatre paramètres d'une station à l'autre (pH, CaCO₃, MO, CE). La mesure de ces propriétés physicochimiques permet une première estimation de la qualité du milieu.

Tableau 06 : Caractéristiques physicochimiques des sédiments :

Paramètre	pH	CE	CaCO ₃	MO
Station				
Station 1	8,04	105,84	1,55	0,88
Station 2	7,71	51,64	0,64	0,81
Station 3	7,60	49,14	0,36	0,84
Station 4	7,78	26,23	0,26	0,93
Moyenne	7,7825	58,2125	0,7025	0,865
±	±	±	±	±
Ecartype	0,18697148	33,7479238	0,58744503	0,05196

II.1 Le pontentiel d'hydrogène(pH)

Le pH constitue un facteur dont le rôle est crucial pour la mobilité des ions métalliques, car il influence le nombre de charges négatives pouvant être mises en solution (MCLAUGHLIN, *et al*, 2000). Lorsque le pH augmente, les cations sont moins solubles et les anions sont plus solubles (BLANCHARD, 2000).

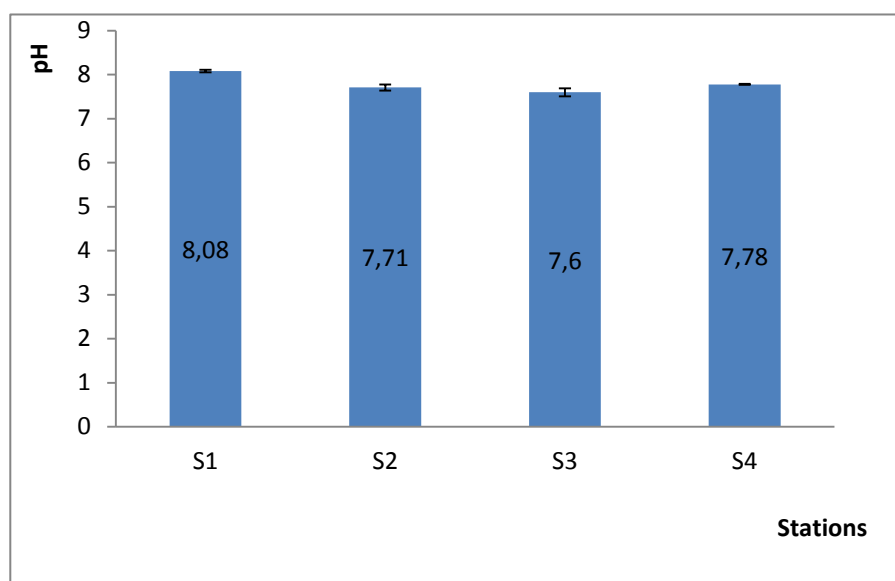


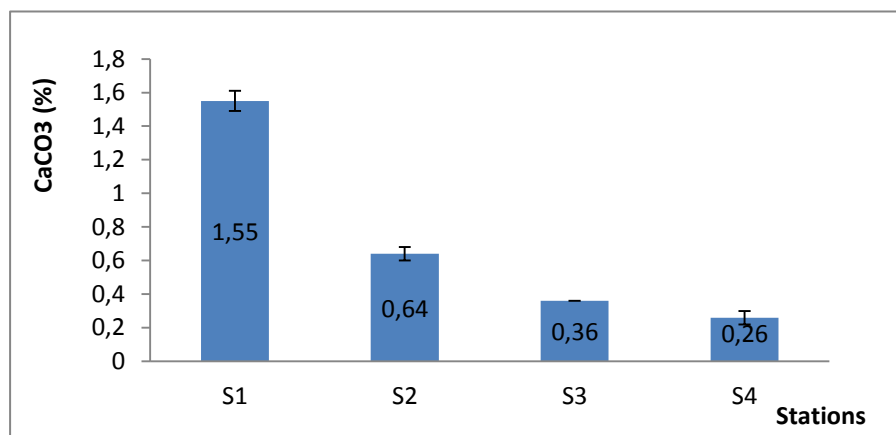
Figure (14): Variation du pH des sédiments en fonction des stations

D'après le tableau N06 de détermination de pH, on constate que le PH de sol des quatre station est basique faible ($7,6 < \text{pH} < 8,08$). Cette basicité est due essentiellement à la nature géologique de l'oued ainsi que la présence de carbonate dans le site. Les pH varient avec les types de sols et les cultures.

De plus, l'augmentation de pH induit souvent la formation d'espèces précipitées qui peuvent limiter la solubilité et la biodisponibilité de toutes les espèces ioniques (**DENEUX-MUSTIN *et al*, 2003**). Cependant, elle entraîne également la dissolution de matières organiques et la formation consécutive de complexes organo-métalliques plus solubles, Les variations de pH ont donc des conséquences complexes et parfois contraires sur la mobilité des métaux lourds, en particulier en présence de ligands organiques et inorganiques. (**CHAIGNON, 2001**).

II.2. Le calcaire total (CaCO_3)

Les résultats de teneurs en calcaire total dans les différentes stations étudiés sont représentés dans la figure (13). Ces valeurs sont comprises entre un minimum de de ($0,26 \pm 0,04$) remarqué dans la station (S4) et un maximum de ($1,55 \pm 0,06$) dans la station (S1).



Figure(15) : Variation des teneurs en calcaire total en fonction des stations

D'après **BAIZE (1997)**, un sol est considéré riche en calcaire lorsque sa teneur en (CaCO_3) dépasse 25%, ceci est loin d'être le cas de notre étude.

En comparant les teneurs en CaCO_3 des 4 stations aux normes d'interprétation citées dans le tableau8 Annexe05, nous remarquons que les valeurs des trois stations (S2, S3, S4) sont inférieures à 1% donc elles sont classées parmi les sols non calcaires, à l'exception de la station (S1) qui représente une valeur supérieure à 1% et inférieure à 5%, donc elle est classée comme un sol peu calcaire.

Le calcaire fournit aux végétaux le calcium nécessaire. Entre autres, le calcaire bloque certains éléments indispensables aux plantes comme le fer et divers oligoéléments (notamment manganèse, cuivre), il provoque alors des carences (qui se manifestent par exemple des chloroses chez les végétaux) (**RATTAN R. K., et al, 2005**).

Les carbonates possèdent un double rôle dans les sols. D'une part, ils contrôlent partiellement le pH par leurs équilibres de dissolution, une teneur élevée rend le sol alcalin et favorise certains modes de fixation (**DUCHOFOR, 1997**).

II.3 La matière organique

D'après **CHOUDHRY (1994)** la MO des sols se caractérise comme les argiles par une grande surface spécifique et par son pouvoir gonflant permettant la pénétration de l'eau et la

diffusion des molécules des petites tailles qui peuvent ainsi se lier avec les substances humiques.

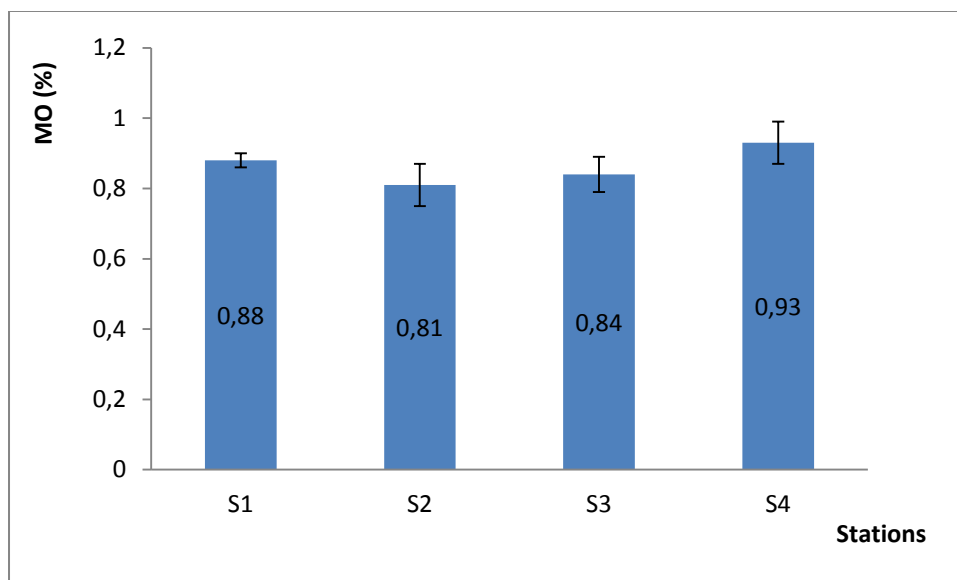


Figure (16): Variation des teneurs en matière organique en fonction des stations

Les résultats des teneurs en matière organique dans les différentes stations étudiés sont représentés dans la figure (14). Ces valeurs sont comprises entre un minimum de $(0,81 \pm 0,06)$ au niveau de la station (S2), et un maximum de $(0,93 \pm 0,06)$ au niveau de la station (S4).

D'après les normes (annexe 07), nous remarquons que les valeurs de la matière organique dans les sédiments de nos stations est inférieur à 1% donc elles sont classées parmi les sols très pauvres en matière organique.

II.4 Conductivité électrique :

La conductivité est fonction de la concentration en sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates et bicarbonates alcalins et alcalinoterreux, nitrates et phosphates).

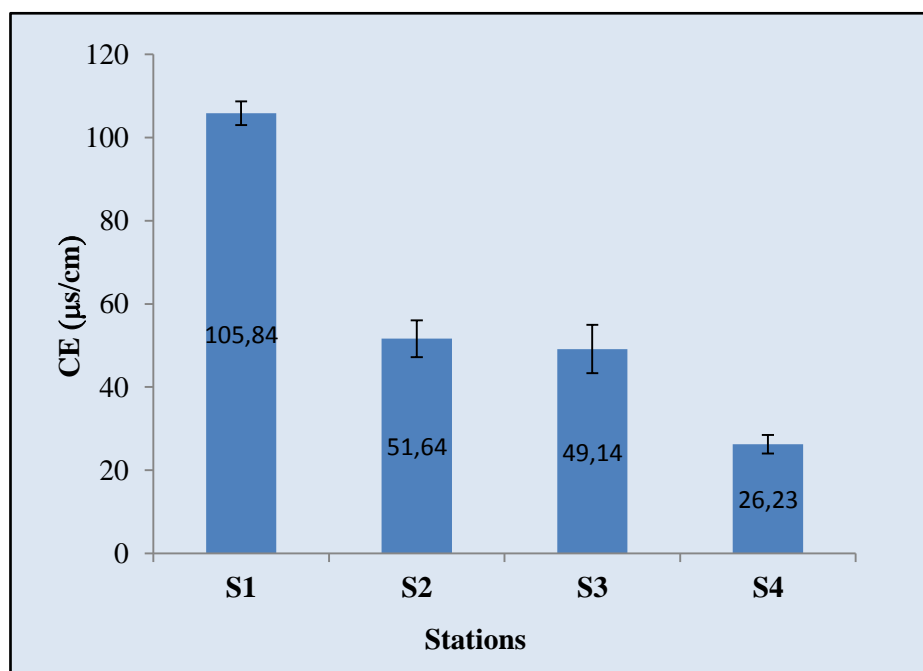


Figure (17): Variation de la conductivité électrique en fonction des stations.

D'une manière générale, les valeurs de la conductivité électrique observées dans les quatre stations sont très variables entre (26.23 et 105.84 $\mu\text{m}/\text{cm}$).

Selon l'échelle de la salinité qui est représenté dans le tableau 09 annexe 08 nous remarquons que les valeurs de la conductivité électrique dans les sédiments de nos stations sont inférieures à 0,6ms/cm, donc elles sont classées parmi les sols non salés.

L'augmentation des teneurs d'une station à une autre en sels minéraux résulte de l'influence de la mer. Et l'activité agricole intensive dans la partie nord du bassin versant d'oued Nil

Les résultats obtenus dans l'expérimentation montrent que la CE de notre sol n'est pas élevée, Cette valeur peut être le résultat du lessivage des éléments minéraux en présence des précipitations intenses enregistrées avant l'échantillonnage

III -Teneur en ETM dans les sédiments :

La concentration totale des métaux lourds (Pb et Cd) des sédiments de notre zone d'étude a été mesuré par un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme Shimadzu AA 6200.

III.1 Le Pb dans les sédiments

L'ensemble des résultats obtenus de l'analyse des teneurs totales de Pb, est donné dans le tableau (11) et représenté sous forme d'histogramme

Tableau 11 : Teneur en Pb dans les sédiments

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Moyenne Pb(ppm)	22,54	17,12	14,2	13,32
Ecartype	1,35	1,63	1,98	2,60

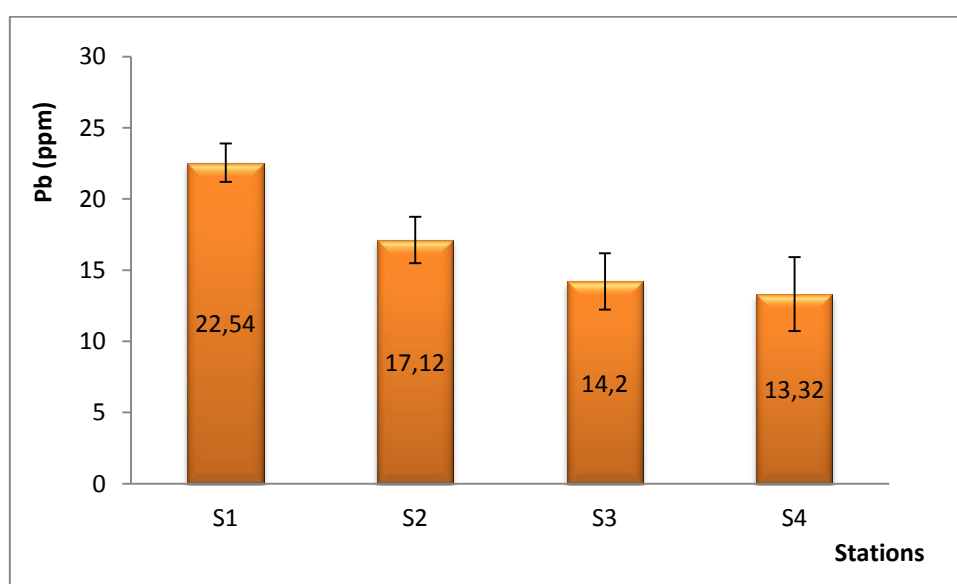


Figure 18: Variation des teneurs en Pb dans les sédiments des différentes stations

La figure 16, donnent les variations des teneurs en Pb dans les sédiments en fonction des quatre stations, les valeurs du Pb obtenues pour les quatre stations oscillent entre 13,32 ppm (station (S4)), et 22,54 ppm (station (S1)). Avec une valeur de 17,12 ppm pour la station (S2) et 14.2 ppm pour la station (S3).

Il ressort de nos résultats, que la teneur du sol en pb (16,79 mg/kg) ne dépasse pas la valeur limite (35 mg/kg) (**BOWEN, 1979**) .

Le plomb présent dans les sols est dominé par la forme Pb^{2+} (**ALLOWAY, 1990**).

Le plomb est le micropolluant métallique le moins mobile dans le sol (**JUSTE et al.1995**). Son comportement dépend de différents facteurs comme sa dynamique mais également des caractéristiques pédologiques et physico-chimiques du sol (**BAIZE, 1997**).

Les métaux lourds sont présents dans le sol sous des formes chimiques très variées dépendant de la composition du sol et des conditions du milieu (**BAIZE, 1997**). L'argile et surtout la matière organique représentent les phases d'adsorption dominantes du plomb (**JUSTE et al, 1995**).

La grande affinité de la matière organique vis-à-vis de ce métal expliquerait l'accumulation préférentielle de ce métal dans les horizons de surface (**JUSTE et al. 1995**).

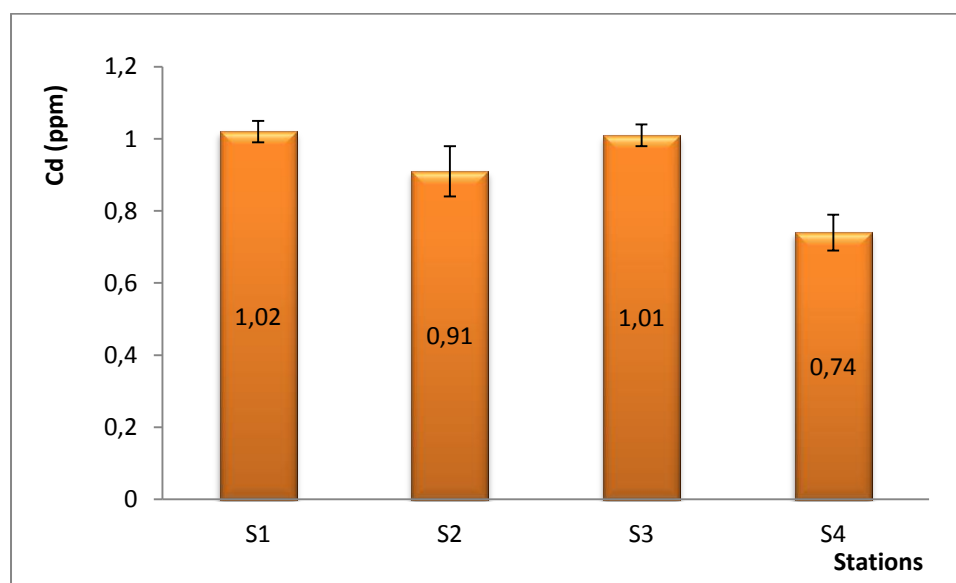
ALLOWAY (1990) reconnaît que le pH est un paramètre de contrôle principal impliqué dans la rétention du plomb dans les sols. En fait, lorsque le pH d'un système donné est supérieur à 6.

III.2. Teneur en Cd dans les sédiments :

L'ensemble des résultats obtenus de l'analyse des teneurs totales de Cd, est donné dans le **tableau (12)** et représenté sous forme d'histogramme

Tableau 12 : Teneur en Cd dans les sédiments

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Moyenne Cd (ppm)	1,02	0,91	1,01	0,74
Ecartype	0,03	0,07	0,03	0,05

**Figure 19** : Variation des teneurs en Cd dans les sédiments des différentes stations

D'après la figure 19, les valeurs de Cd dans les sédiments des quatre stations présente un minimum enregistré dans la station (S4) avec une valeur ($0,74 \pm 0,05$ ppm) et un maximum au niveau de la station (S1) avec ($1,02 \pm 0,03$ ppm) de valeur.

Il ressort de nos résultats, que la teneur du sol en Cd ($0,92$ mg/kg) est élevée par comparaison avec les moyennes mondiales des sols non contaminés ($0,35$ mg/kg) (**BOWEN, 1979**)

Le cadmium (Cd) est le ML ayant la plus faible teneur naturelle dans les sols québécois, soit une concentration moyenne d'environ 1,20 ppm (**GALVEZ-CLOUTIER1 R. et PIERRE J., 2005**).

Dans les sols, le cadmium est considéré comme un élément relativement mobile par rapport à d'autres métaux en traces tels que le cuivre ou le plomb (**BOURRELIER et BERTHELIN, 1998**).

La mobilité du cadmium est essentiellement fonction du pH : entre pH 4 et 8, l'adsorption de cet ETM sur la phase solide est multipliée par 3 quand le pH augmente d'une unité.

Le cadmium présente un comportement relativement mobile étant donné son aptitude à former des complexes avec des ligands organiques tels les acides humiques.

Le CaCO₃ peut adsorber efficacement le cadmium présent en faible concentration via le remplacement du calcium (Ca²⁺) par le cadmium (Cd²⁺) et réduire ainsi sa biodisponibilité (**GALVEZ-CLOUTIER1 R. et PIERRE J., 2005**).

Cette contamination trouve probablement son origine par le faite que les sols soient irriguées par les eaux usées, de la ville de Taher et Chekfa qui se déversent directement et sans traitement dans oued Nil et les eaux de oued Chekfa et Bousayoud, ainsi que probablement par l'utilisation des engrais et les pesticides dans les terres agricoles a proximité du site , sachant que les fongicides sont riches en pb et que les composés phosphaté contiennent d'importante quantités de Cd (le Pb est souvent associe au Cd)de plus, le charriage et le lessivage des terrains agricoles en période pluvieuse favorisent l'accumulation des métaux dans les compartiments physiques des sédiments .

En sol calcaire les carbonates de calcium sont les constituants majeurs qui interviennent dans la fixation des ETM, soit par absorption ou par précipitation d'hydroxydes ou de carbonate, ou encore par insertion dans le réseau de CaCO₃ (**PERRONO, 1999**).

D'après l'analyse des deux histogrammes (teneurs en Pb et Cd dans les sédiments en fonction de quatre stations). La station S1 située à l'embouchure de l'oued montre les taux les plus élevés en éléments métalliques, en comparaison avec les autres stations .en effet l'évolution spatiale des métaux lourds montre une augmentation de l'amont vers l'aval de l'oued

IV. Teneur en ETM dans la plante (*Phragmites australis*) :

Pour vérifier l'accumulation de métaux lourds par le *Phragmites australis* un dosage du Pb et Cd au niveau des racines et des parties aériennes a été effectuée

IV.1 Teneur en Pb

Les résultats d'analyses de Pb et dans les parties aériennes et racinaires de l'espèce végétale étudiée sont présentés dans les tableaux (13)

Tableau 13 : Le tableau représente la variation des teneurs de pb dans le phragmites australis en fonction de quatre station (S1 ,S2 ,S3,S4) dans les deux partie (feuille et racine)

	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4	
	F	R	F	R	F	R	F	R
Moyenne Pb(ppm)	32,74	49,06	10,31	25,74	34,97	24,68	10,95	34,17
Ecartype	0,89	0,79	0,09	0,90	0,39	1,97	0,64	1,35

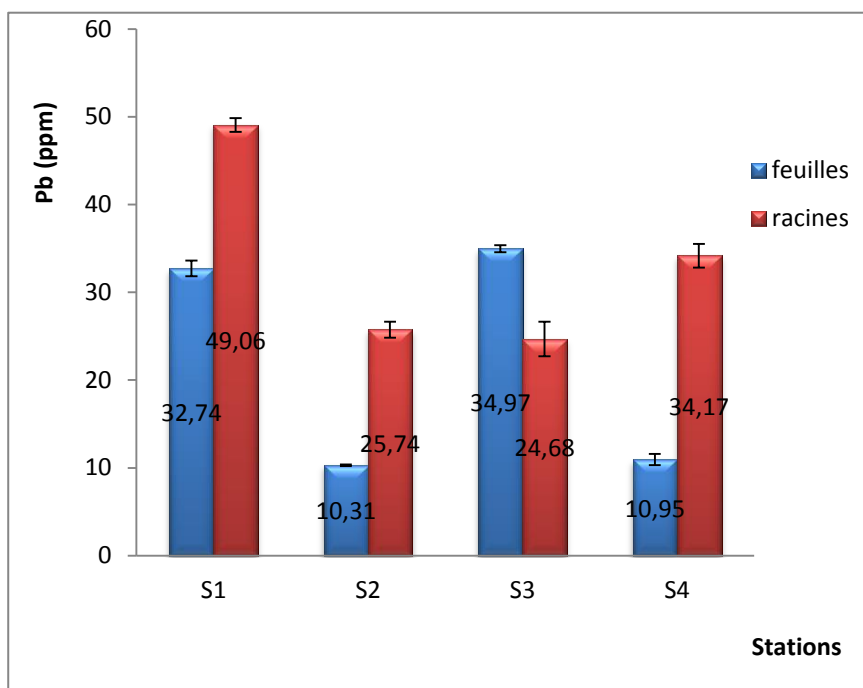


Figure 20 : Variation des teneurs en Pb dans le *phragmite australis* (feuilles+racines) des différentes stations

IV.1.1 Pb dans les parties racinaires

Les teneurs en Pb dans les racines de *phragmites australis* sont comprises entre un minimum de $(24,68 \pm 1,97 \text{ ppm})$ au niveau de la station (S3) et un maximum de $(49,06 \pm 0,79 \text{ ppm})$ au niveau de la station (S1)

En comparant les résultats obtenus du Pb dans la partie racinaire avec les concentrations normales présentées dans le tableau (14) annexe (09), nous constatons que les différentes valeurs sont supérieures à ces normes (1ppm). Donc on conclue que notre espèce a des capacités de prélèvement élevées.

Néanmoins les concentrations déterminées révèlent un niveau de contamination qui n'est pas à négliger, cela suggère une absorption.

IV.1.2 Pb dans les parties aériennes

Les teneurs en métaux lourds sont très variables d'une station à une autre.

Les teneurs en Pb dans les parties aériennes de *phragmites australis* sont comprises entre un minimum de $(10,31 \pm 0,09 \text{ppm})$ au niveau de la station (S2) et un maximum de $(34,97 \pm 0,39 \text{ppm})$ au niveau de la station (S3),

En comparant les résultats obtenus du Pb dans la partie aérienne avec les concentrations normales présentées dans le tableau(14) annexe(09), nous constatons que les différentes valeurs sont supérieures aux normes (1ppm). Donc on conclue que notre espèce a des capacités de prélèvement élevées.

Nous constatons que L'accumulation de Pb est plus importante dans les racines que dans les feuilles dans les stations (S1, S2 et S4). Contrairement, les teneurs en Pb dans la plante au niveau de la station (S3) indiquent des valeurs plus élevée dans les feuilles que dans les racines. Ceci peut être dû aux apports atmosphériques et à la contamination des feuilles par les poussières, car cette station (S3) est la plus proche de la route reliant Taher et Chekfa dont 90% de Pb d'origine atmosphérique provient des gaz brulés émis par certain moteurs.

Les plantes peuvent absorber du plomb à partir des racines, mais également à partir des organes aériens, ou bien par l'intermédiaire des deux. Les quantités de métal absorbées par les racines dépendent de la concentration et de la spéciation du métal dans la solution du sol, mais également de ses capacités de migration du sol vers la surface des racines. Ensuite, la quantité de plomb présente dans les divers organes d'une plante dépend du transport de l'extérieur des racines vers l'intérieur, puis de sa translocation des racines vers les feuilles (**Patras et al, 2004**).

IV.2 Cd dans la plante (*Phragmites australis*)

Les résultats d'analyses du Cd dans les parties aériennes et racinaires de l'espèce végétale étudiée sont présentés dans les tableaux (15)

Tableau 15 : Tableau représente la teneur de cd en fonction de quatre station (S1,S2 ,S 3 etcS4)dans la plante (feuille +racine)

	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4	
	F	R	F	R	F	R	F	R
Moyenne Cd (ppm)	1,19	1,22	0,63	0,75	0,2	0,23	0,63	0,89
Ecartype	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01

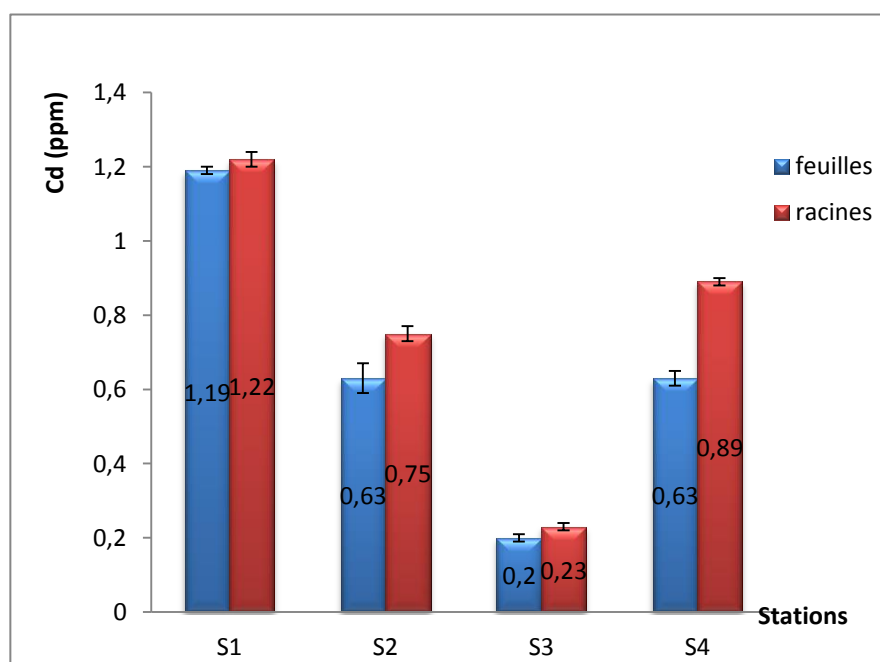


Figure 21: Variation des teneurs en Cd dans la plante(feuilles+racines) en fonction des stations.

La figure (19) nous a permis de comparer les teneurs en cadmium dans les racines et les parties aériennes de *phragmite australis* des quatres stations.

IV.2.1 Cb dans les parties racinaires

Les teneurs en Cd dans les racines s'échelonnent entre un maximum de (1,22+ 0,18ppm) au niveau de la station (S1) et un minimum de (0,23+0,14ppm) au niveau de la station (S3)

Ce qui explique une bonne absorption du Cd par les racines du phragmite australis .

En comparant les résultats obtenus du Cd dans la partie racinaires avec les concentrations normales présentées dans le tableau(13) annexe(14), nous constatons que les différentes valeurs sont supérieures aux normes (0.05ppm). Donc on conclue que notre espèce a des capacités de prélèvement élevées.

La concentration du Cd dépend de l'espèce et de la morphologie d'une même espèce poussant sur le même sol (**Flaten et Steinnes, 1999**)

Puisque le Cd^{2+} est un ion métallique non essentiel, on considère qu'il n'existe pas de mécanisme spécifiques d'absorption de cet élément. Le cadmium étant un métal facilement absorbé par les racines des plantes (**Wagner, 1993**).

VI.2.2 Cb dans les parties aériennes

Les teneurs extrêmes en cet élément sont de (1,19+0,18ppm) au niveau de la station (S1) et (0,2+ 0,26ppm) au niveau de la station (S3).

Nous constatons que les différentes valeurs sont supérieures aux normes dans les quatre stations, Ce qui révèle un bon transfert vers la partie aérienne de la plante.

Le cadmium est l'un des ETM les plus mobiles dans les sols plus ou moins acides, ces derniers représentent le cas le plus fréquent à l'échelle planétaire (**LAFUENTE et al, 2008**). La forte mobilité du Cd le rend facilement absorbable par les plantes et donc rapidement toxique. Le *Phragmites australis* grâce à ses racines va assimiler les métaux et diminuer ainsi leur concentration dans le milieu, le *Phragmites australis* possède un système racinaire très actif et capable de résister aux éléments traces métalliques (**ESSER, 1999**).

La répartition du Cd dans la plante n'est pas homogène, son accumulation dans les racines non tubérisées est plus importante que dans les feuilles et les organes de stockage. (**IMPENS et AVRIL, 1992**).

D'après les résultats que nous avons obtenue, nous remarquons que le *phragmites australis* accumulait d'avantage les deux éléments (pb et cd) dans leur racines que dans leur feuilles, et Le Cd présente des teneurs plus faibles par rapport au Pb.

Selon **CLEMENS, (2006)** , l'absorption du cadmium semble être en compétition avec des éléments tels que pb,Mg,Fe,Zn,Cu pour les mêmes transporteurs transmembranaires, ce qui traduit les faibles teneurs de *Phragmites australis* en Cd comparativement avec le Pb par une inhibition partielle de l'absorption du cadmium par le système racinaire.

Selon **Ye et al, (1997b)** le *Phragmites australis* présente une forte tolérance au Plomb et au Cadmium. Ce qui confirme leur concentration importante au niveau des racines. Une étude montre que le végétal accumule des métaux lourds tels que le cadmium, le plomb, selon des mécanismes différents et de manière non uniforme à travers ses racines et ses feuilles. Les capacités d'accumulation varient considérablement en fonction du génotype étudié (**BERT et DERAM, 1999**).

Le *Phragmites australis* est probablement une plante hyper accumulatrice et peut tolérer un très haut niveau de pollution de tout type, Selon **YE et al, (1997b)** Ce qui est en accord avec nos résultats.

L'étude de la relation sol-plante montre la possibilité de transfert des métaux lourds entre les deux compartiments. Les résultats montrent une faible concentration de Pb et de Cd dans les sédiments par rapport à celle dans le *phragmites australis*, et d'après **TREMEL-SCHAUB et FEIX, 2005**, Les sols sableux permettent un transfert des éléments traces vers les plantes plus élevés que les sols plus lourds (plus argileux) (**TERMEL-SCAUB et FEIX, 2005**). Ce qui est en accord avec nos résultats.

La solubilité d'un élément-trace dépend aussi du pH. Un pH bas augmente généralement la phytodisponibilité des éléments-traces, car l'ion H^+ a une plus grande affinité pour les charges négatives sur les colloïdes. (**TREMEL-SCHAUB et FEIX, 2005**). D'une façon générale, lorsque le pH augmente, les cations sont moins solubles et les anions sont plus solubles (**BLANCHARD, 2000= REMON**). Notre pH est basique dans les quatre stations, donc favorise la rétention du Pb et Cd dans le sol .

Les station S1, S2, S3 et S4 ne sont pas riches en matières organiques et une variation non considérable de la matière organique d'une station à une autre est observée ,Ce qui favorise la libération des métaux lourds et donc leurs phytodisponibilités

Les carbonates dans la plupart des station est la calcite ($CaCO_3$). Assez soluble, ce qui provoque une influence majeure sur le pH des sols et par conséquent sur les phénomènes d'absorption des métaux par les plantes.

D'autres part Le transfert de ces métaux lourds, des sols vers la plante, repose sur un ensemble de mécanismes. En effet, de nombreux facteurs vont jouer un rôle dans ce transfert du sol vers la plante. Ces facteurs sont chimiques ou physiques (nature des minéraux , types de polluant, température), et biologiques, tels que la nature de la plante. Par conséquent, la bioconcentration et la translocation sont des processus d'évaluation de la capacité accumulatrice des plantes afin de sélectionner les espèces ayant un intérêt dans la phytoremédiation.

Pour bien illustrer La capacité de la plante à accumuler les métaux dans les parties aériennes à l'égard des racines nous avons procédé au calcul du facteur de transfert (Ft).

Le facteur de transfert d'un élément est le rapport de la concentration de l'élément dans un compartiment donné à celle du niveau trophique inférieur ce coefficient est calculé en divisant la concentration d'un métal dans une culture végétale par la concentration total en métal dans le sol $FT = C_{\text{plante}} / C_{\text{sol}}$. Selon le type de translocation on distingue :

1. Translocation sol- racines (FT_1)

FT_1 = concentration dans la racine /la concentration dans le sol

2. Translocation racines - parties aériennes (FT_2)

FT_2 = concentration dans la partie aérienne /la concentration dans la racine

Les résultats obtenus de ces facteurs transfert sol-plante(*Phragmites australis*) du cd et pb sont représentés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Valeurs de facteur transfert sol-plante(*Phragmites australis*) du cd et pb

ETM	Partie aérienne	racine	Sol	FT_{1r}	FT_{2f}
Pb	22,24	33,41	16,79	1,98	0,66
Cd	0,66	0,77	0,92	0,83	0,85

Selon **Zhao et al. (2002)** les Ft supérieurs à 1.0 indiquent une efficacité dans la capacité à transporter le métal de la racine à la feuille, probablement en raison de l'efficacité des systèmes transporteurs des métaux (**Sasmaz et al, 2008**).

Nous constatons que les valeurs du facteurs de transfert du Pb (FT₁) est supérieur à 1 et Pb(FT₂) est inférieur à 1 tandis que le *phragmites australis* transporte et accumule ce métal dans les partie racinaire. Ce qui a été montré dans l'étude de (**BAIZE, 1997**). Cependant, la quantité de métal présente dans les divers organes d'une plante dépend du transport de l'extérieur des racines vers l'intérieur, puis de sa translocation des racines vers les feuilles (**PATRA et al, 2004**). Mais, la majorité du plomb absorbé réside dans les racines, et seulement une faible proportion est transloquée vers les parties aériennes (**BRIAT et LEBRUN, 1999**). On conclue qu'on a une mauvaise rétention de plomb dans les sols et une grande efficacité des plantes d absorbé ce métal.

Les valeur de transfert de Cd(FT₁) et Cd (FT₂) sont inférieur à 1 et leur valeur dans les partie racinaires sont légèrement supérieure a celle des partie aérienne ce qui montre que le *phragmites australis* transport ce métal de la racine à la feuille et favorisent leur accumulation dans les parties aériennes

- Au niveau des racines les ETM absorbés sont stockés dans les vacuoles (**MILNET et KOCHIAN, 2008**). L'efficacité de l'acheminement vers la partie aérienne est liée à la présence importante de transporteurs membranaires tels que des ATPases membranaires au niveau des tissus conducteur .Ces protéines permettent de transférer des ETM dans le xylème des tissus racinaires puis de le libérer dans les organes aériens (**KRAMER et al,2007**)
- Au niveau des feuilles, qui constituent un organe de stockage final et non pas un organe de transit, il a été observé que les ETM s'accumulent préférentiellement dans les tissus épidermiques et boucoup moins dans les parenchymes, probablement pour préserver les cellules photosynthétique (**KUPPER et al, 1999**)
- L'analyse des résultats obtenus suite aux calculs des différents facteurs (transfert et translocation) de la plante étudiées, nous a permet de constater que la plante est une plante accumulatrice du pb et du Cd .Le *phragmite australis* absorbe fortement le pb dans la racine que dans la partie aérienne et accumule le cd de façon plus importante dans la partie aérienne que la racine.



Conclusion

CONCLUSION GENERALE

Cette étude nous a permis d'accéder à des connaissances fines sur le devenir des polluants métalliques (Cd et Pb) dans les sols contaminé par l'agriculture intensive et une décharge sauvage de déchets d'abattoirs jetée directement dans l'Oued et évaluer leur transfert vers la végétation.

Dans un premier temps nous avons étudié les caractéristiques physico-chimiques des sols de différentes stations qui ont révélé des caractères communs à savoir une texture majoritairement sableux très pauvre en matière organique, non salé, un pH basique, un taux de calcaire faible dans la première station et un sol non calcaire dans les station autres stations

Dans un deuxième temps, nous avons effectué une analyse basée sur le dosage des ETM dans le sol au bord d'Oued Nil après une minéralisation par voie humide. Les résultats on montre une faible contamination par le Pb et une fort contamination par le Cd qui dépasse les normes internationales des sols.

Les résultats obtenus confirment que la zone d'oued Nil présente une pollution métallique. Il ressort de cette étude que l'activité agricole les rejets domestiques et les apports d'eau usées de la ville de Taher et Chekfa qui se déversent directement et sans traitement préalable dans Oued Nil peuvent être les principales causes de cette pollution métallique de notre zone étude.

Dans un troisième temps nous avons effectué une analyse basée sur le dosage des ETM dans les différents organes de *phragmite australis* . Les analyses révèlent des concentrations assez importantes de Pb dans les parties racinaire dans les stations S1, S2, S4 à l'exception de la station S3. Alors que les teneurs de Cd dans les racines sont supérieurs à celles dans les feuilles.

L'accumulation des métaux dépend de quelques facteurs tels que le type d'espèces végétales, de métal et, les caractéristiques physicochimiques du sol. Le transfert des métaux lourds du sol aux plantes diffère d'un métal à un autre. Les résultats révèlent un pouvoir accumulatif du plomb assez important

Ces résultats peuvent être exploités pour d'autres études et multiplier des essais en variant d'autres paramètres tel que : la capacité d'échange cationique du sol, température et humidité qui peuvent influencer la mobilité des métaux. ; Ainsi que l'espèce étudiée.



*Références
bibliographiques*

Les références

A

- ABDERREZAK K., 2014** « Etude de la distribution des métaux lourds dans les ripisylves de l'oued Rhumel » Thèse de doctorat de l'université Constantine 1.
- ACADEMIE DES SCIENCES ,1998.** Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leurs gestion ; Rapport n°42 Août.
- ADRIANO D.C., 2001.** Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- AFNOR ,1988.** Prélèvement et dosage du plomb dans les aérosols. Paris-La Défense, sept 1988.
- ALLOWAY B., 1990.** *Heavy metals in soils*. John Wiley & Sons.
- ALLOWAY B.J. (1990)** The mobilization of trace elements in soils, Third International Conference on the Biochemistry of trace elements, ed INRA, PP 133-146, Paris
- ALLOWAY B.J., et AYRES D., C., 1997.** Chemical Principles of Environmental Pollution, ed Blackie Academic et Profesional , 394 p ,London.
- ALVA A., KHAUNG B.et PARAMASIVAM S., 2000** Soil pH affects copper fractionation and phytotoxicity. Soil Science society of America Journal, 64,955-962.
- ANONYME, 1997.** Analyse du milieu agricole dans la wilaya de Jijel. Bureau National Du Développement Rural. 80p.
- ARRIS S., 2008** « Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sous produits de céréale » Thèse de doctorat de l'université de Constantine- Algérie.
- AUBERT G., 1978** - Méthode d'analyse des sols. Centre national de documentation pédologique. Marseille, 191p.

B

- BABA AHMED A.,2012.** etude de contamination et d'accumulation de quelques métaux lourds dans des céréales, des légumes et des sols agricoles irrigués par des eaux usées de la ville de hammam boughrara

BAIZE, D. (1997) - Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols (France). Paris: INRA, 401p.

BEHANZIN G. J., ADJOU E.S., YESSOUFOU A.G., DAHOUEONON A.E. et SEZAN A., 2014. Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, *Journal Applied Biosciences*, Vol 83, pp 7499-7505.

BENABID C. et AJAL F., 1994. Diagnostic de l'état d'environnement de la wilaya de Sétif et de la politique nationale d'environnement. Mémoire Ing, UFA, Sétif, 170p.

BLANCHARD, C., 200.Caractérisation de la mobilisation potentielle des polluants inorganiques dans les sols pollués. Thèse Chimie, spécialité Sciences et Techniques du Déchet. L .France : INSA de Lyon, p301.

BOUDERHEM AMEL ,2011-Utilisation des souches bactériennes tellurique autochtons dans la bioremédiation des sol polluent par les hydrocarbures : thèse de Magister , Université Kasdi Merbah –Ouargla

BOURRIE B., TOURLIERE P.Y., BERNHARD-BITAUD C., 1998. Etude au champ de la mobilisation par le maïs de Cd, Pb, Cu et Zn : resultat de 4 années d'expérimentation. Congrès Mondial de Science du Sol, Montpellier, aout 1998.

BOURRELIER, P.H., BERTHELIN J. (1998) - Contamination des sols par les éléments en traces: les risques et leur gestion. Rapport n°42, Académie des Sciences. (Ed). Lavoisier, 300p.

BOWEN H., J., M., 1979.Environmental chemistry of the elements,ed AcademicPress, New York,pp.49-62.

BRIAT J.F., LEBRUN M., 1999. Plant responses to metal toxicity. *Plant Biology and Pathology* 322, 43-54.

C

CHAIGNON V., 2001. Biodisponibilité du cuivre dans la rhizosphère de différentes plantes cultivées. Cas de sols viticoles contaminés par des fongicides. Thèse : Ecole doctorale, Sciences de l'Environnement : Système Terre, Université d'Aix-Marseille.

CHAPMAN G., 1978. Toxicological considerations of heavy metals in the aquatic environment, In toxic materials in the aquatic environment. Oregon State University, WRI, Corvallis, OR.

CHOUDHRY T., 1994. Stochastic Trends and Stock Prices: An International Inquiry. *Applied Financial Economics* , 4, 383-390.

CLEMENS S (2006) Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie* **88**: 1707-1719

COLINET G. 2003, Eléments traces métalliques dans les sols: Contribution à la connaissance des déterminants de leur distribution spatiale en région limoneuse belge, These de Gembloux.

D

DAJOZ R. (1975). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 434p

DAJOZ R. (1985). Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris. 505p.

DAJOZ R. 2003. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p

DAKORA F.D., PHILLIPS D.A. (2002). Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil* 245: 35-47.

DENEUX-MUSTIN, S., ROUSSEL-DEBET, S., MUSTIN, C., HENNER, P., MUNIER-LAMY, C., COLLE, C., BERTHELIN, J., GARNIER-LAPLACE, J., LEYVAL, C., 2003. Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces : influence des micro-organismes du sol. TEC & DOC, Paris.

DESCHAMPS, T., BENZAAZOUA, M., BUSSIÈRE, B., BELEM, T., & MBONIMPA, M. 2006. Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide: Cas de la stabilisation des sols contaminés et des déchets industriels. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7(2).

DUARTE B., DELGADO M., CACADOR I. (2007). The role of citric acid in cadmium and nickel uptake and translocation in *Halimione portulacoides*. *Chemosphere* 69 : 836-840

DUCHAUFOR P., 1979. Pédologie : I. Pédogenèse et classification. Paris: Masson, 477p.

DUCHAUFOR, P., 1997. Abrégé de pédologie: Sol, Végétation, Environnement. 5ème Edition. Paris, France : Masson, SA, p291.

E

ESTEBAN REMON, 2006 .Tolerance et accumulation des metaux lourds par la vegetation spontan_ee des friches m_etallurgiques : vers de nouvelles methodes de bio-depollution
Vegetal Biology.Universit_e Jean Monnet - Saint-Etienne, 2006. French

ESSER, D., 1999. Les phragmifiltres. Journée d'information technique " les filters plantés de roseaux". Metz 8 avril 1999. Agence de l'eau Rhin – mesure. P 14

F

FATEN S., 2010 « faisabilité du traitement des eaux d'un oued chargé en éléments traces métalliques (etm) par filtres plantés de macrophytes (*phragmites australis*) : cas de l'oued meboudja – annaba – algerie » Thèse de doctorat de l'université badji mokhtar annaba.

FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P. et DEVAUX J. 1998. Ecologie, Approche scientifique et pratique. 4e édition, Ed. Tec & Doc (Lavoisier), 339 p.

FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P., DEVAUX J. & HEMPTIENNE J-L. 2003.

Ecologie, Approche scientifique et pratique. 5e édition, Ed. Tec & Doc (Lavoisier), 407p.

FLATEN T.P. ET STEINNES E. 1999. Soil and fresh waters. In: Ballantyne B, Marrs TC, Syversen T, editors. General and applied toxicology. London: Macmillan, 1999. p. 1365 –1389.

FRONTIER S., PICHOD-VIALE D., LEPRÊTRE A., DAVOULT D. & LUCZAK Ch. 2004. Ecosystèmes, Structure, Fonctionnement, Evolution. 3e édition, Ed. Dunod, Paris, 549 p.

G

GADRAS C., 2000. «Influence des conditions physico-chimique sur la mobilité du Plomb et du Zinc dans le sol et un sédiment en domaine routier» Thèse de doctorat de l'université de Pau et des pays de L'Adour - France.

GALVEZ-CLOUTIER R. et PIERRE J., 2005 sols et eaux souterraines département de génie civil, université laval.

I

IMPENS, R. ET AVRIL C. 1992. Code de bonne pratique pour l'utilisation en agriculture de fertilisants et amendements riches en cadmium. Note de synthèse. UERBV. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 76p.

ISRIC (International Soil Reference and Information Center). (1984) - Procedures for Soil Analysis, 3th ed. International Soil Reference and Information Center, Wageningen.

J

JUSTE C., 1988. « Appreciation de la mobilite et de la biodisponibilite des elements en traces.

JUSTE, C. 1995 - Les micropolluants métalliques dans les boues résiduares des stations d'épuration urbaines. Convention ADEME-INRA, ADEME (ed)., 209p

JUSTE C., CHASSIN P., GOMEZ A., LINERES M., MOSQUOT C., FEIX I. ET WIART J. 1995. Les micropolluants métalliques dans les boues résiduares des stations d'épuration urbaines. In : Collection « Valorisation agricole des boues d'épuration : connaitre pour agir », ed Adèe, 209p

K

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1992. Trace elements in soils and plants. London (UK) CRC Press, 2nd Ed.

KABATA-PENDIAS A., et PENDIAS H., 2001. Trace elements in soils and plants. 3rd CRC Press, Boca Raton, London, New-York, Washington D.C.

KLECHE M., 2013 «Utilisation des systèmes biologiques dans l'épuration des eaux usées cas de la région d'Annaba »Thèse doctorat université de Anaba.

KRAMER U., TALKE I.N. ET HANIKENNE M. (2007). Transition métal transport, Journal FEBS Letters, Vol 581, PP2263-2272.

L

LACOSTE A. et SALANON R. 2001. Eléments de biogéographie et d'écologie. 2e édition, Ed. Nathan / HER, Paris, 318 p.

LEVITT J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. Volume II: Water, radiation, salt, and other stresses. Academic Press, New York.

M

MCLAUGHLIN M.J.,ZARCINAS B.A., STEVENS D.P.,COOK N., 2000. Soil testing for heavy metals. Communications in Soil Science and Plant Analysis 31 (11-14), 1661-1700.

MILNER M. ET KOCHIAN L.V.(2008). Investigating heavy-metal hyperaccumulation using *thlaspi caerolescens* as model system, *Annals of Botany*, Vol102, PP3-13.

MORENO PIRES A.M., MARCHI G., MATTIAZZO M.E., GUIMARAES GUILHERME L.R. (2007). Organic acids in the rhizosphere and phytoavailability of sewage sludge-borne trace elements. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 42 : 917-924.

P

PATRA M., BHOWMIK N., BANDOPADHYAY B.ET SHARMA A. (2004) Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance, *Journal Environmental and Experimental Botany*, Vol 52, pp199-223.

PERRONO P., (1999) - Les micropolluants métalliques des boues des stations d'épuration urbaines et l'épandage agricole. Mémoire. DUESS, DEP. Université de Picardie, Amiens.

PRASAD M.N.V., HAGEMEYER J. (eds.), 1999. Heavy metal stress in plants. From molecules to ecosystems. Springer. 401 p.

PRASAD H. M. M. N. V.,2003 De Oliveira Freitas. Metal hyperaccumulation in plants- Biodiversity prospecting forphytoremediation technology, *J. Electronic. Biotechnol.* 6 ,110-146.

R

RAMADE F., (1984). élément d'écologie. écologie fondamentale. Ed. Mc Graw. 87p.

RAND G. M., WELLS P. G. et CARTHY a L. S. Mc. 1995. Introduction to Aquatic Toxicology. Effects, environmental fate and risk assessment, London, pp. 3-67: Taylor and Francis.

RATTAN R.K., DATTA S.P., CHHONKAR P.K., SURIBABU K. et SINGH A.K., 2005. Long-term impact of irrigation with waste water effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. *Agr. Ecosyst. Environ.* 109: 310-322.

ROBERT N, JUSTE C., (1999) Enjeux environnementaux et industriels- Dynamiques des éléments traces dans l'écosystème sol. In : spéciation des métaux dans le sol, les cahiers du club Crin, Paris, p 15-37.

S

SASMAZ A., OBEK E. ET HASAR H. (2008). The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia L.* grown in a stream carrying secondary effluent, Journal Environmental Science & Technology, Vol 33, PP278-284.

STEWART P., 1969. Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Int. Nati. Agro.* El Harrach : 24-25.

T

TIOLA M.M. et TRIOLA M.F.2012. Biostatistique pour les sciences de la vie et de la santé,ed Pearson ,p41,Paris .

TREMEL-SCHAUB ET FEIX I., 2005. Contamination des sols Transferts des sols vers les plantes .EDP Sciences / ADEME, Les Unis/Angers, 2005 - 413 p

TREMEL-SCHAUB A. ET FEIX I.(2005). contamination des sols : transferts des sols vers les plantes, ed EDP sciences –ADEME, pp10-13, Paris

W

WAGNER GJ (1993) Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. *Adv Agron* **51**: 173-212

WALKLEY A., BLACK A., 1974 - A critical examination of rapid methods for determining organic carbon in soils. *Soil. Sci*, 62: 251-254.

WEISS D., SHOTYK W., KEMPF O., 1999.Archives of Atmospheric Lead Pollution. NaturWissenschaften. Mémoire de magister de l'université de Tlemcen-Algérie.

Y

YE, ZH., BAKER AJM., WONG, MH., WILLIS, AJ., 1997B. Zinc, lead and cadmium tolerance, uptake and accumulation by *Typha latifolia*. *New Phytologist* 136: 469-480.

Z

ZENG F., CHEN S., MIAO Y., WU F., ZHANG G., 2008. Changes of organic acid exudation and rhizosphere pH in rice plants under chromium stress. *Environmental Pollution* 15 : 284-289.

ZHANG Y., et al. (2002) Noc3p, a bHLH protein, plays an integral role in the initiation of DNA replication in budding yeast. *Cell* 109(7):849-60

ZHAO F.J., DUNHAM S.J. ET MEGRATH S.P.(2002). Arsenic hyperaccumulation by different fern species, *Journal New Phytologist*, Vol 156, PP 27-31.



Annexes

Annexe 01**Tableau (01):** Moyennes des températures minimales, maximales et moyennes de la station de Jijel (1988-2014)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
M (C°)	14.4	13.9	17	17.8	20.8	25.3	27.7	28.6	26.2	22.9	19.8	15.3
m (C°)	9	8.7	9	13.5	7.5	20.4	23	24.3	21.5	17.8	14	10.7
M+m/2 (C°)	11.7	11.3	13	15.65	14.15	22.85	25.35	26.45	23.9	20.35	16.9	13

Annexe 02**Tableau 02:** Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Jijel (1988-2014).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	130	115,8	85,7	85	51,1	13,9	2,99	15,6	62,8	92,5	159,5	192,3

Annexe 03**Tableau 03 :** régime saisonnier des précipitations

Saisons	H	P	E	A
P(mm)	438,1	221,8	32,49	314,8

Annexe 04**Tableau 04 : Matériels utilisés**

Matériels utilisés	Appareillage utilisé	Réactifs
-Matériel de broyage	-Balance de précision	-acide nitrique concentré
-Becher	-Etuve	-acide perchlorique
-Micropipettes	-plaque chauffante	-acide nitrique dilue à 10%
- Seringues	-spectre d'absorption atomique	-eau distillé
-Béchers	-La hotte	
-Eprouvettes		
-papiers filtre		
-flacon		
-Entonnoirs		

Annexe 05**Tableau 07 : détermination de pH**

Classe de réaction du sol	pH
Extrêmement acide	< 4,5
Très fortement acide	4,5 – 5,0
Fortement acide	5,1 – 5,5
Moyennement acide	5,6 – 6,0
Faiblement acide	6,1 – 6,5
Neutre	6,6 – 7,3
Faiblement alcalin	7,4 – 7,8
Moyennement alcalin	7,9 – 8,4
Fortement alcalin	8,5 – 9,0
Très fortement alcalin	> 9,0

Annexe 06

Tableau 08: les normes de calcaire total

Taux de CaCO_3T a l'analyse	Qualification du sol
$\text{CaCO}_3\text{T} \leq 5\%$	SOL NON CALCAIRE
$5 < \text{CaCO}_3\text{T} \leq 12,5\%$	SOL FAIBLEMENT CALCAIRE
$12,5 < \text{CaCO}_3\text{T} \leq 25\%$	SOL MODEREMENT CALCAIRE
$25 < \text{CaCO}_3\text{T} \leq 50\%$	SOL FORTEMENT CALCAIRE
$\text{CaCO}_3\text{T} > 50\%$	SOL TRES FORTEMENT CALCAIRE

Annexe 07

Tableau 09: Les normes d'Interprétation de la matière organique.

TENEUR EN MO	INTERPRETATION	
$\text{MO} < 14 \text{ ‰}$	Sol très pauvre en matière organique	
$14 \text{ ‰} \leq \text{MO} < 20 \text{ ‰}$	Sol pauvre en matière organique	
$20 \text{ ‰} \leq \text{MO} < 30 \text{ ‰}$	Argile < 22%	Sol bien pourvu en matière organique
	$22\% < \text{ARG.} < 30\%$ (Ou teneur en argile inconnue)	Sol moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30%	Sol pauvre en matière organique
$30 \text{ ‰} \leq \text{MO} < 40 \text{ ‰}$	Sol bien pourvu en matière organique	
$\text{MO} \geq 40 \text{ ‰}$	Teneur élevée en matière organique	

Annexe 08**Tableau 10** : Les Normes international de la conductivité électrique.

La conductivité électrique CE= (mmhos/cm) 25°	Salinité globale (me/100g)	Désignation
< 0,6	< 3	Sol non salé
0,6 < CE < 1,2	3 < salinité < 6	Sol peu salé
1,2 < CE < 2,4	6 < salinité < 12	Sol salé
2,4 < CE < 6,0	12 < salinité < 30	Sol très salé
CE < 6,0	salinité < 30	Sol extrêmement salé

Annexe 09**Tableau 14** : Tableau représente les normes de Pb et Cd dans les plantes.

	Teneurs normal dans les plantes : Prasad et De Oliveira (2003)	Teneurs critiques : Fageriia et al., (2002)
Plomb	1	12
Cadmium	0.05	5

Abstract

Today it is important to study the impact of pollution by heavy metals parts of vegetation .In this context, we are study the assessment of transfer of the ETMs in a kind vegetal (phragmites australis) according onsome physiocimical parameters of soil. Four sites have been declared en edge of oued nil in state jzel.

Our results show significant levels Pb and Cd in cidements of oued, when the vegetale (phragmites australis)contents exceed its standards internationals ,which shows a good transfer from soil to vegetation favored by physiochimical measures different parameters .

Keyword: heavy metals, soil, bioaccumulation, *phragmites australis*, transfer.

ملخص

بات من الضروري تأثير التلوث بالعناصر المعدنية الثقيلة على النبات في عملنا هذا قمنا بدراسة تقييم نقل العناصر المعدنية الثقيلة في نوع نباتي استناد الى بعض العوامل الفيزيوكيميائية لترربة . اربع مواقع اختيرت في واد النيل الواقع بولاية جيجل.

تشير النتائج الى القيم الكبيرة لرصاص و الكاديوم في رواسب واد النيل . عندما تتجاوز القيم عند النبات (phragmites australis) القيم الدولية تدل على النقل الجيد من التربة الى phragmites australis التي فضلت عن طريق مختلف العوامل الفيزيوكيميائية .

الكلمات المفتاح : المعادن الثقيلة، التربة، التراكم، النقل