

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de  
la recherche scientifique  
Université de JIJEL  
faculté des Sciences

ABB 02104

## MEMOIRE

01  
02

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME UNIVERSITAIRE  
D'ETUDES APPLIQUEES (D.E.U.A)

Option : Analyses Biologiques et Biochimiques

## THEME



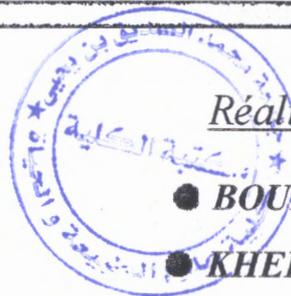
Estimation de la pollution  
métallique (en zinc et en cuivre) de la végétation  
des bords de l'Oued Djendjen, Wilaya de Jijel

### Membres de jury

Président : Mr Boudjelal F.  
Examineur: Mr Krika A.  
Encadreur : Mr Bounamous A.

### Réalisé par :

● BOUROYAEH Malika  
● KHERCHOUCHE Aziza  
● SOUYAD Fadila



Promotion 2004

# REMERCIEMENTS

*Nous remercions DIEU tout puissant qui nous a aidé à réussir nos études .*

*Et nous tenons à exprimer nos plus respectueux remerciement à :*

*Mr l'encadreur Bounamous Azzedine pour ses conseils et son aide*

*Mr Boudjelal Farhat le président de notre jury*

*Mr Krika Abderrezzak qui a accepter d'être examinateur de notre mémoire et pour sa compréhension et son aide.*

*L'équipe du laboratoire de biologie et l'équipe du bureau d'étude pour leurs aide.*

*Tous ceux qui nous ont aidé de pré ou de loin pour la réalisation de ce mémoire .*

**Malika, Fadila et Aziza**

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I : synthèse bibliographique</b>	
<b>I. Pollution</b> .....	2
I.1. Définition.....	2
I.2. Classification des pollutions.....	2
a- Pollution chimique.....	2
b-Pollution biologique.....	3
c-Pollution physique.....	3
<b>II. Métaux lourds</b> .....	4
a- Définition et caractéristiques .....	4
b- Sources des métaux lourds.....	4
b-1- Le fond pédogéochimique naturel.....	4
b-2- Les retombés atmosphériques.....	5
• L'industrie.....	5
• Les automobiles.....	5
b-3- Les Sources anthropiques.....	5
c- Transfert des métaux lourds.....	6
c-1- Transfert des ETM vers les plantes.....	6
c-2- Transfert des ETM vers l'homme.....	6
d- Accumulation des métaux lourds dans les végétaux.....	7
e- Les effets des métaux lourds .....	8
e-1- Effets sur la végétation et le sol.....	8
e-1- Effets sur l'homme.....	8

<b>II. 1. Le Zinc</b> .....	10
a- Propriétés physico-chimiques.....	10
b- Les dérivés du zinc.....	10
c- Sources et utilisation du zinc .....	11
d- Les effets du zinc.....	12
d-1- Les effets du zinc sur le sol.....	12
d-2- Les effets du zinc sur les végétaux.....	12
d-3- Les effets du zinc sur l'homme.....	12
e- Bio-disponibilité du zinc.....	13
f- Toxicité du zinc.....	13
<b>II.2. Le Cuivre</b> .....	14
à- Propriétés physico-chimiques du cuivre.....	14
b- Les dérivés du cuivre.....	14
c- Sources et utilisation du cuivre.....	15
d- Les effets du cuivre.....	16
d-1- Les effets du cuivre sur le sol.....	16
d-2- Les effets du cuivre sur les plantes.....	16
d-3- Les effets du cuivre sur l'homme.....	16
e- Bio-disponibilité du cuivre.....	16
f- Toxicité du cuivre.....	17

**Chapitre II : matériels & méthodes**

1- Présentation de la zone d'étude.....	18
1-1- Situation géographique.....	18
1-2- Le réseau hydrolytique.....	19
1-3- Aperçu climatique.....	19
1-4- Le couvert végétal.....	19
1-5- Activités socio-économiques.....	19

1-6- Les rejets industriels et urbains dans l'oued Djen-Djen.....	20
a- Déchets solides.....	20
b- Déchets liquides.....	21
2- Plan d'échantillonnage.....	22
2-1- Prélèvement des échantillons.....	23
2-2- Le choix de l'espèce.....	23
2-3- Préparation des échantillons.....	24
3- Appareillage : La spectroscopie d'absorption atomique.....	25

### ***Chapitre III : résultats & discussion***

<b>1- Résultats &amp; discussion.....</b>	<b>31</b>
1-1- Variation des concentrations du zinc.....	32
1-2- Variation des concentrations du cuivre.....	35
<b>Conclusion.....</b>	<b>37</b>

Références bibliographiques

## Les abréviations

**°C** : degré celcius

**g/cm<sup>3</sup>** : gramme par centimètre cube

**g/mol** : gramme par mol

**g** : gramme

**%** : pour cent

**H** : heure

**Km** : kilomètre

**m** : mètre

**m<sup>3</sup>/S** : mètre cube par seconde

**m<sup>3</sup>/an** : mètre cube par an

**m<sup>3</sup>/j** : mètre cube par jour

**mm** : millimètre

**ml** : millilitre

**mn** : minute

**ppm** : partie par million

**ppb** : partie par billion

**T/an** : tonne par an

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Trajet des métaux lourds dans l'environnement.....	7
<b>Figure 02:</b> Localisation des stations échantillonnées au niveau de la zone d'étude.....	18
<b>Figure 03:</b> Tamarix africana (espèce étudié).....	22
<b>Figure 04:</b> Schéma de l'absorption atomique.....	27
<b>Figure 05 :</b> Schéma d'une lampe d'absorption atomique .....	28
<b>Figure06 :</b> Schéma d'un nébuliseur d'absorption atomique montrant l'entraînement de l'échantillon en solution par le gaz.....	29
<b>Figure 07 :</b> Teneurs en zinc dans l'espèce au niveau de l'oued Djen-Djen.....	32
<b>Figure 08 :</b> Teneurs en cuivre dans l'espèce au niveau de l'oued Djen-Djen.....	35

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 01</b> : Types de pollution.....	3
<b>Tableau 02</b> : Flux annuel d'ETM en France.....	6
<b>Tableau 03</b> : Déchets solides dans l'oued Djen-Djen.....	20
<b>Tableau 04</b> : Déchets liquides dans l'oued Djen-Djen.....	21
<b>Tableau 05</b> : Les concentrations en zinc et en cuivre dans l'espèce :	
Tamarix africana.....	31
<b>Tableau 06</b> : Teneurs en zinc dans le milieu naturel selon les normes internationales.....	33
<b>Tableau 07</b> : Teneurs en zinc dans les végétaux supérieures selon les normes internationales.....	33
<b>Tableau 08</b> : Teneurs en cuivre en (ppm) et en (ppb) dans le milieu naturel.....	36
<b>Tableau 09</b> : Normes internationales pour le cuivre.....	36

## **Introduction :**

Il est certain que le développement technologique et le progrès industriel sont bénéfiques pour l'humanité, mais sous l'effet de la croissance démographique et de l'urbanisation parfois anarchique, ils s'accompagnent d'effets néfastes tels que la pollution.

La pollution de l'environnement est, en quelques décennies, devenue l'un des problèmes majeurs menaçant non seulement la santé publique mais aussi le devenir de la biosphère toute entière. Parmi les polluants susceptibles de contaminer le monde vivant, citons « Les métaux lourds » qui occupent une place particulière.

Un minéral est un corps inorganique, solide à la température ordinaire. Dans le corps humain, les minéraux représentent 4 à 5% du poids corporel, ils jouent un rôle de constitution, d'activation et de régulation des réactions enzymatiques, physiologiques et hormonales (Anonyme<sub>1</sub>, 2002).

Au niveau de Jijel, se pose un problème majeur de la contamination des sources d'eau par différents polluants et une absence totale de leur traitement.

Notre modeste travail a porté sur l'évaluation de la concentration du zinc et du cuivre de l'oued Djen-Djen.

# **Synthèse Bibliographique**

## **I. Pollution :**

### **I.1. Définition:**

La pollution peut être définie comme l'introduction ou la présence d'un altéragène dans un milieu déterminé et le résultat de son action. Le mot altéragène désigne toute substance, ou tous facteurs provoquant une altération de l'environnement (Pérés, 1976). Ainsi, la pollution résulte des actions, conscientes ou due à la négligence, des gens qui dégradent ou contaminent l'environnement naturel; par exemple, le rejet inconsidéré des déchets chimiques, peut entraîner une contamination irréversible de précieuses nappes aquifères qui fournissent l'eau indispensable à la vie (Anonyme, 1984).

### **I.2. Classification des pollutions :**

On distingue souvent, selon la nature des polluants, trois types de pollution : la pollution chimique, la pollution biologique et la pollution physique. (Bouchriti, 2003).

#### **a- Pollution chimique :**

Elle est engendrée par des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique. Les micro-polluants chimiques organiques sont représentés essentiellement par: les hydrocarbures, les pesticides, les détergents; alors que les micro-polluants chimiques inorganiques sont : les métaux lourds, les substances indésirables et les substances à concentration excessive (Bouchriti, 2003).

La pollution métallique, qui peut être le résultat d'une pollution chimique, est due aux différents métaux comme l'aluminium (Al), l'arsenic (As), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le nickel (Ni), le zinc (Zn)...ou encore à des métaux lourds comme le cadmium (Cd), le mercure (Hg) ou le plomb (Pb) plus toxiques que les précédents (Anonyme, 1999).

**b- Pollution biologique:**

La pollution biologique est responsable de pathologies qui peuvent associer des symptômes bénins mais handicapant d'autres parfois mortels (Laidi, 2000).

Les agents micro-biologiques sont représentés souvent par: les virus, les parasites, les bactéries et les biotoxines (Bouchriti, 2003) .

**c- Pollution physique :**

Elle apparaît sous trois formes:

- pollution mécanique due aux décharges des déchets et des particules solides apportés par les eaux de ruissellement et les eaux d'égouts;
- pollution thermique engendrée par les usines qui utilisent un circuit d'eau de mer pour le refroidissement de certaines installations;
- pollution atomique qui revêt une importance particulière en raison de la demande croissante en énergie et de développement attendu dans la construction des centrales nucléaires et des usines de traitement des combustibles irradiés( Bouchriti, 2003).

Alors le type de pollution vari selon la nature d'agent responsable, dont le tableau (01) résume ces différents types de pollution:

**Tableau 01: Types de pollution (Bernard et Busnot, 1984).**

Lettre d'identification	Agent ou secteur responsable	Type de pollution
A	Industrie	Thermique, chimique, radioactive.
B	Agriculture	Pesticides, défoliants, engrais en excès.
C	particules	Fumées ,ordures, lessives non biodégradables
D	transports	bruit, pollution thermique, chimique (Co, oxyde d'azote, plomb...).
E	Urbanisation	Concentration des effets C et D, poussière, déboisement .
F	Arme	Exploitation radioactives, armes biologiques.

## **II. Métaux lourds :**

### **a- Définition et caractéristiques :**

Les métaux lourds désignent en général les métaux dont le poids atomique est supérieur à celui du fer (**Stephanie, 2001**).

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie, l'orfèvrerie...etc. On appelle en général « métaux lourds » les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes. Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en faibles quantités. On dit que les métaux sont présents « en traces », ils sont aussi « la trace » du passé géologique et de l'activité de l'homme. La plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds, l'appellation « éléments en traces métallique » -ETM- ou par extension «éléments traces» (**Miquel, 2001**).

### **b- Sources des métaux lourds :**

Les sources de la pollution métallique déterminent l'existence, la nature et le niveau général de pollution. Le nombre, l'espèce, l'emplacement et la capacité des sources sont les caractéristiques dont dépendent d'une manière fondamentale la nature et l'intensité de la pollution (**Matei, 1974**).

#### **b-1- Le fond pédogéochimique naturel:**

Les sols contiennent naturellement des ETM qui proviennent directement de l'altération et de l'érosion des roches mères et des matériaux géologiques (**Sillanpar, 1972 in Boudehane et al, 2003**). Le constat général est que les teneurs en ETM dépendent bien davantage de la nature de la roche, l'acidité du sol, la dynamique hydraulique et l'abondance de matières organiques que de l'activité humaine (**Miquel, 2001**).

**b-2- Les retombés atmosphériques :**

Les retombés atmosphériques (poussières, aérosols ) désignent une autre source naturelle d'apport des éléments traces. Ils sont issus principalement de l'activité industrielle et de la circulation des différents moyens de transport (Perrono, 1999) .

- **L'industrie :**

Les retombés atmosphériques correspondent à l'émission atmosphérique de micropolluants par les principales sources suivantes : les usines d'incinération ,les hauts fourneaux ,la production de briques ,la combustion du charbon et du pétrole (Perrono ,1999 ) .

- **Les automobiles :**

Ces sources concernent essentiellement le transport (routier, fluvial ) (Stephani, 2000). Les particules qui résultent de l'usure des pneus sont aussi une cause d'accroissement des teneurs en zinc et cadmium des sols et de la végétation (Perrono, 1999) .

**b-3- Les sources anthropiques :**

Dans certaines parcelles, la présence marquée de métaux lourds est directement liée à l'activité humaine (Miquel, 2001). Les ETM sont susceptibles d'être apportés par de nombreux composés utiles (engrais, médicaments, détergents...). Ils peuvent également provenir de nos déchets urbains (eaux usées ,boues d'épuration, ordures ménagères ); agricoles (fumiers ,lisiers...). Enfin, l'origine des ETM est en fait très variable comme l'illustre le tableau (02): (Adler, 2001) .

Tableau 02 : Flux annuel d'ETM en France.(Adler ,2001)

	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>
<b>Totale en millier de tonne</b>	220	760	20	380
<b>Déchets agricoles</b>	55 %	61 %	20 %	12 %
<b>Déchets urbains</b>	28 %	20 %	38 %	19 %
<b>Engrais</b>	1 %	1 %	2 %	1 %
<b>Retombés atmosphériques</b>	16 %	18 %	40 %	68 %

### c- Transfert des métaux lourds :

Naturellement ,le sol contient des éléments traces issus de la roche-mère sur laquelle il s'est formé. Par conséquent, le sol sera d'autant plus riche en éléments traces que la roche-mère l'est également. Les ETM sont peu mobiles du fait du pH élevé de certains sols, leur mobilité est importante en pH acide; d'autres facteurs aussi agissant la mobilité des ETM sont la température, la lumière et l'humidité du sol (Perrono, 1999).

#### c-1- Transfert des ETM vers les plantes :

Les ETM présent dans le sol sont adsorbés passivement par les racines et sont ensuite véhiculés par la sève brute soit sous forme ionique, soit sous forme complexée (par des acides organiques ou par des acides aminés )(Tonneau, 2003).

#### c-2- Transfert des ETM vers l'homme :

L'homme peut être exposé directement aux métaux lourds par inhalation (atmosphère polluée notamment en plomb des automobiles) ,ou par les eaux de

boisson ou les eaux marines contaminées par les ETM, citons par exemple la forte contamination par le mercure provenant des déchets industriels des poissons pêchés à Minamata au Japon dont les effets se sont fait sentir chez les consommateurs Japonais (Anonyme<sub>2</sub>, 2000) .

Donc, la matière concernée circule en permanence des producteurs primaires vers les herbivores, puis les carnivores (Lévêque, 2001). La modalité est que les ETM agissent généralement sur les plantes par le sol, les polluants se trouvant dans les déchets, dans l'eau supplémentaire, dans les plantes puis dans les animaux et l'homme (Claus et Perraud, 2001) .

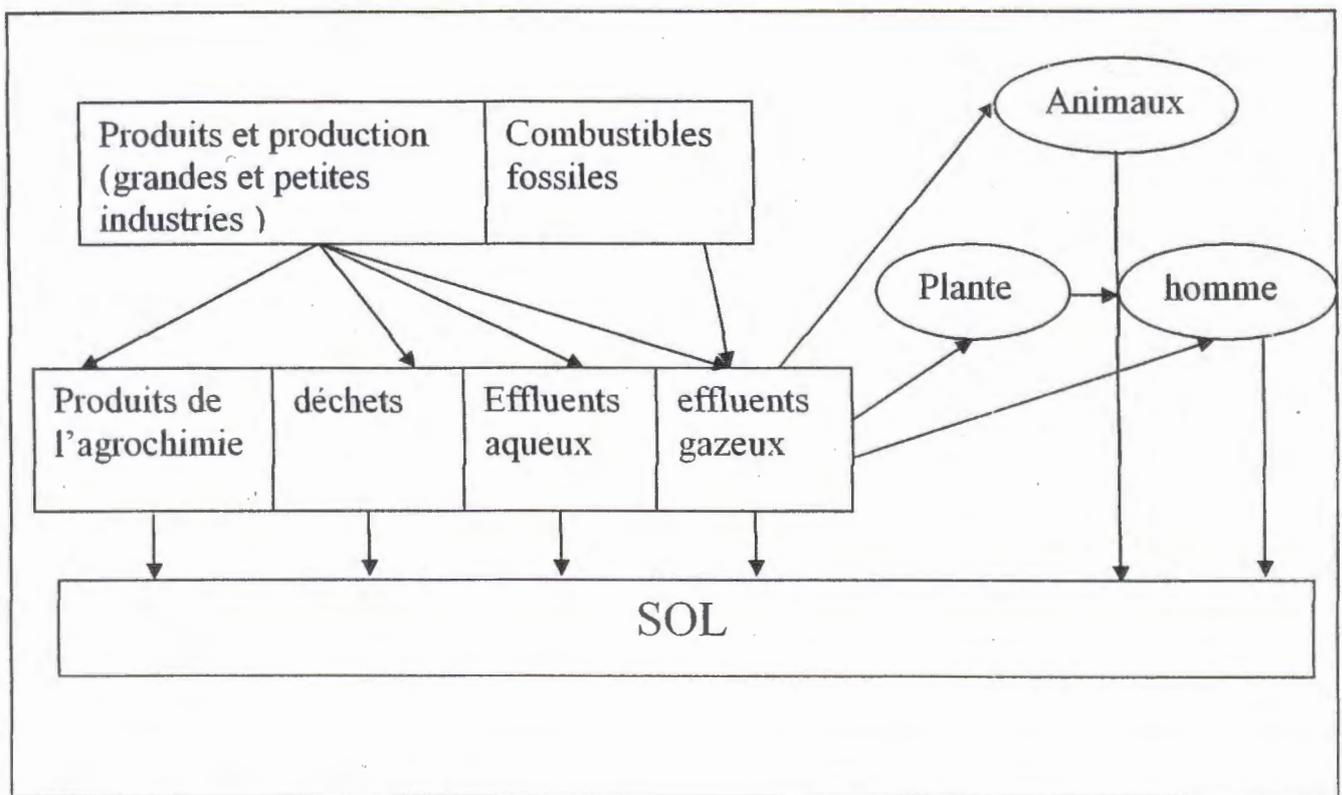


Figure 01: Trajet des métaux lourds dans l'environnement ( Claus et Perraud, 2001).

**d- Accumulation des métaux lourds dans les plantes :**

Des recherches ont trouvé que certaines plantes peuvent accumuler jusqu'à 1,5% de leur poids sec dans leur partie aérienne en polluants aussi variés que le plomb, les produits pétroliers et les composés chlorés. Des plantes hyper-

accumulatrices, survivent dans l'eau et les sols contaminés, peuvent absorber des concentrations élevées de contaminants par leur racines et les concentrer dans leurs feuilles. Elles absorbent en poids sec des concentrations 100 fois supérieures à la normale; par exemple 1% de manganèse ou de zinc (Nathalie, 1997).

Les plantes peuvent changer la forme ou/et la composition du métal pour former un précipité minéral insoluble, qui constitue une forme de stockage non toxique pour le métabolisme cellulaire (Panfili et Kipitchikova, 2002).

En fin, certaines plantes pourraient concentrer ces éléments dans leurs tissus et devenir ainsi un danger potentiel pour la consommation des animaux et des hommes (Chabalier et al, 2000).

### **e- Les effets des métaux lourds :**

#### **e-1- Effets sur la végétation et le sol :**

Les ETM sont parmi les plus toxiques des contaminant du sol ,en très faibles quantités, certains sont indispensables au métabolisme des êtres vivants mais nuisent à leur santé à forte dose ,les concentrations élevées des ETM induisent des phénomènes de phytotoxicité chez les plantes ,et ils ont des effets négatifs sur la flore et la faune du sol en contaminant l'eau (Iaurif, 2001). Lorsque les métaux lourds s'accumulent dans les sols, ils ralentissent la dégradation des restes de végétaux par les microorganismes, entravant ainsi le dégagement énergétique de ces restes. Par conséquent, les minéraux deviendraient donc moins disponibles pour les plantes ce qui peut entraîner une diminution de la productivité primaire et de la croissance des plantes (Lahout, 2003).

#### **e-2- Effets sur l'homme :**

Il existe deux voies principales de pénétration des métaux lourds dans l'organisme : la voie pulmonaire et la voie digestive. La pénétration par voie transcutanée est négligeable ( Amri ,1999 ) .

## II.1. Le zinc :

### a- Les propriétés physico-chimiques :

Le zinc est un métal blanc bleuâtre. A la température ambiante, il est assez fragile mais dès 100-150°C il se plie facilement et peut être laminé (Glinka, 1981).

Sa masse atomique est de 65,39g/mol, sa masse volumique est de 7,14g/cm<sup>3</sup>, son point de fusion est de 419°C, son point d'ébullition est de 907°C (Claude, 2004).

La solubilité du zinc est variable en fonction du pH de l'eau par exemple sa présence dans les eaux de sources est rare (Hartemann et Moll, 1992). L'un des principaux alliages du zinc est le laiton; bon conducteur d'électricité et présentant une excellente résistance à la corrosion (Anonyme, 2003).

A l'air, le zinc se recouvre d'une mince couche d'oxyde ou de carbonate basique de zinc qui protège le métal contre une attaque plus profonde. Il se dissout aisément dans les acides dilués en formant les sels correspondants, ainsi que dans les alcalis. En cas d'une haute température dans l'air, les vapeurs du zinc s'enflamment et brûlent avec une flamme verdâtre de l'oxyde de zinc ZnO (Glinka, 1981).

### b- Les dérivés du zinc :

#### *b-1- L'oxyde de zinc ZnO :*

Se présente sous forme d'une poudre blanche qui jaunit au chauffage, mais redevient blanc au refroidissement. Il sert à la fabrication de la peinture à huile blanche et aux applications thérapeutiques (Glinka, 1981).

#### *b-2- L'hydroxyde de zinc Zn(OH)<sub>2</sub> :*

S'obtient sous forme d'un précipité blanc lorsqu'on fait agir une solution alcaline sur une solution d'un sel de zinc (Glinka, 1981).

**b-3- Le sulfate de zinc  $ZnSO_4$  :**

Cristallise dans les solutions aqueuses. On l'utilise en teinturier, en thérapeutique...et il sert de matière première pour la préparation d'autres composés de zinc (Glinka, 1981). On utilise aussi le zinc pour traiter les sols pauvres en cet élément (Anonyme, 2003).

**b-4- Le chlorure de zinc  $ZnCl_2$  :**

D'habitude, il contient 5% d'eau, leurs solutions servent au décapage des métaux; dans les opérations de brasure il facilite l'évacuation des oxydes se formant à la surface des métaux alcalins ou d'ammonium sur les sels de zinc (Glinka, 1981).

**c- Sources et utilisation du zinc :**

La pollution des écosystèmes aquatiques par le zinc provient de plusieurs sources : industrielles, domestiques et agricoles. Les principales sources de la pollution diffuse sont soit urbaines, résultants de la corrosion des canalisations d'adduction d'eau ainsi que des toitures en zinc par les précipitations soit d'origine agricole due à l'usage de pesticides tels le « Zénébe », et surtout l'usage des engrais phosphates qui peuvent renfermer plus de 1000ppm de zinc comme impuretés. L'industrie est généralement la cause de la pollution, en particulier la métallurgie, les traitements de surfaces mais aussi d'autres activités telles les savonneries (Ramade, 2002).

Le zinc est utilisé essentiellement :

- Pour la galvanisation des métaux ;
- Dans les appareillages domestiques : appareils ménagers (réfrigérateurs ou les laves vaisselles) ;
- Dans l'automobile (40% environ du marché des pièces galvanisées) (Anonyme<sub>1</sub>, 2004).

Les principales sources alimentaires du zinc sont les aliments riches en protéines d'origine animale (viande, poisson produits laitiers œufs) (Anonyme<sub>1</sub>, 2000), mais aussi d'origine végétale tel que : les germes de blé ; céréales complète (avoine, seigle) ; soja; les légumes marines; champignons; millet (Anonyme, 2001).

**d- Les effets du zinc :****d-1-Les effets du zinc sur le sol :**

La forme la plus courante et la plus mobile du zinc dans les sols est  $Zn^{2+}$  qui est facilement adsorbé sur les composants minéraux et organiques, ce qui conduit à une accumulation dans les horizons superficiels. Le zinc est considéré comme facilement soluble par rapport aux autres ETM dans le sol, il est très mobile et disponible dans les sols légers et acides (Perrono, 1999). Il constitue, en grande quantité, une sérieuse menace pour la production des terres agricoles. Malgré ça les engrais contenant du zinc sont toujours utilisés (Anonyme<sub>1</sub>, 2004).

**d-2-Les effets du zinc sur les végétaux :**

Le zinc s'accumule dans la partie racinaire, pour les plantes, plus que dans la partie aérienne surtout dans les sols riches en cet élément. Dans les racines, 90% du zinc total se présentent adsorbés sur la surface des parois cellulaires du cortex et il est important pour la photosynthèse. (Lahout, 2003).

**d-3-Les effets du zinc sur l'homme :**

La bio-disponibilité du zinc est augmentée lors du trempage des légumes secs et des céréales ainsi que par la présence d'aliments acides au même repas (Livernais ,2000). A l'inverse le thé, le café, le vin et certains antibiotiques diminue son adsorption. Le zinc entre en compétition avec le cuivre et le fer (Anonyme, 2001) .

Le zinc joue un rôle important dans plus de 80 métallo-enzymes. Ces enzymes zinc-dépendantes ont des fonctions très variées qui le rendent indispensable à la croissance, à la reproduction, à la cicatrisation, à l'intégrité cutanée, à l'ossification et à un certain nombre de propriétés immunitaires métaboliques (Hartemann et Moll, 1992).

#### e- Bio-disponibilité du zinc :

La bio-disponibilité du zinc dans les végétaux est généralement faible (Livernais, 2000). Ses formes solubles sont facilement assimilables par les plantes, l'adsorption racinaire semble être directement corrélée à la concentration de zinc dans la solution du sol. La vitesse et l'intensité de l'absorption dépendent largement du genre et de l'espèce. La composition de la solution du sol et notamment la présence dans cette dernière de  $Ca^{2+}$  est particulièrement importante (Kadem, 1999).

#### f- Toxicité du zinc :

Chez les végétaux et en grandes quantités, le zinc inhibe la photosynthèse des plantes vertes, du phytoplancton et des algues macrophytes (Ramade, 2002).

En outre c'est un élément essentiel pour l'organisme humain, cofacteur de nombreuses métallo-enzymes, sa déficience a de nombreux effets sur le système nerveux, le système hématopoïétique, la peau, le foie, l'œil... l'exposition professionnelle aux fumées de  $ZnO$  entraîne la fièvre des fondeurs (Frank, 1992).

Une carence ou un excès de zinc interviendrait dans les pathologies cardiovasculaire, soit directement sur la structure musculaire et le fonctionnement du cœur et des parois vasculaires, soit par l'intermédiaire du cholestérol (Hartemann et Moll, 1992).



## II.2. Le Cuivre :

### a- Propriétés physico-chimiques :

Le Cuivre appartient à la quatrième périodique du tableau en Mendéléev comme le manganèse et le zinc .Il appartient au sous groupe 1B, comme l'argent et l'or (Delahye, 2001) .

Le cuivre pur est un métal ductile de couleur rosée qui se laisse facilement laminier en feuilles minces (Glinka, 1998). Sa masse atomique est de 63,546 g/mol, sa masse volumique est de 8,92g/cm<sup>3</sup>, son point de fusion est de 1083°C, son point d'ébullition est de 2567°C ( Claude, 2004 ) .

La température de vaporisation du zinc est de 2840°C, son volume molaire est de 8,11x10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>/mol (Anonyme<sub>2</sub>, 2004).

Du fait de ses nombreuses propriétés intéressantes, comme ses importantes conductibilité électrique et calorifique, sa résistance à la corrosion ,sa malléabilité et sa ductilité, ainsi que son aspect esthétique (Vincent, 2000).

Dans l'air sec, le cuivre recouvrant d'une mince pellicule d'oxyde (de couleur plus foncée ) qui le protège d'une oxydation plus poussée. Mais à l'air humide et renferment du oxyde de carbone, le cuivre se recouvre d'une couche verdâtre de carbonate basique de cuivre .Lorsqu'on chauffe le cuivre à l'air entre 200 et 375°C, il s'oxyde jusqu'à l'obtention de CuO de couleur noir ( Glinka, 1981).

### b- Les dérivées du cuivre :

#### b-1- L'oxyde de cuivre CuO :

C'est une substance de couleur noire qui existe à l'état naturel .On obtient aisément par du carbonate basique de cuivre ou du nitrate de cuivre (Glinka, 1981).

#### b-2- L'hydroxyde de cuivre Cu(OH)<sub>2</sub> :

Se laisse précipiter en solution des sels de cuivre sous forme d'une masse gélatine de couleur bleu clair par action d'hydroxydes alcalins ( Glinka, 1981 ) .

**b-3-Le sulfate de cuivre  $Cu(SO_4)$  :**

Se présente comme une poudre blanche qui bleuit par absorption d'eau. Les solutions aqueuses de sulfate de cuivre ont une coloration bleue caractéristique (Glinka, 1981) .

**b-4- Le chlorure de cuivre  $CuCl_2$  :**

Se présente sous forme de cristaux vert foncé facilement solubles dans l'eau. Leur solutions fortement concentrés ont une coloration verte, tandis que les solutions diluées sont d'une couleur bleu pale ( Glinka ,1981 ) .

**b-5-Le nitrate de cuivre  $Cu(NO_3)_2$  :**

S'obtient par dissolution du cuivre dans l'acide nitrique .Au chauffage, les cristaux bleus de  $Cu(NO_3)_2$  commencent par perdre leur eau de cristallisation (Glinka, 1981) .

**c- Sources et utilisation du cuivre :**

Le cuivre peut être relâché dans l'environnement par des sources naturelles et par les activités humaines .Parmi les sources naturelles : poussière, soufflées par le vent, pourrissement de la végétation, feu de forets et dispersion de gouttelettes d'eau de mer, et parmi les activités humaines qui contribuent à la dispersion du cuivre : l'exploitation minière ,la production de métaux ,la production de bois et la production de fertilisants aux phosphate (Glinka, 1981).

On peut utiliser le cuivre pour sa conductibilité thermique .Ainsi le cuivre sert à fabriquer des ustensiles de cuisine, de chaudières, des échangeurs de chaleur...etc.

On l'utilise également dans les canalisations d'eau et gaz en raison de sa résistance à la corrosion (Vincent, 2000).

Le cuivre électrolytique est utilisé pour la fabrication de fils et de câbles électriques. En outre, les alliages de cuivre sont utilisés dans la construction mécanique, en électrotechnique et dans diverses autres branches de l'industrie (Glinka, 1981).

Dans l'agriculture ,divers sels de cuivre sont utilisés comme algicides .Alors que certains de ces sels ont été utilisés à vaste échelle comme fongicides (bouillie bordelaise par exemple ) (**Ramade, 2002**).

#### **d- Les effets du cuivre :**

##### **d-1- Les effets du cuivre sur le sol :**

Le cuivre peut interrompre l'activité du sol car il influence de façon négative l'activité des microorganismes et des vers de terre. La décomposition de la matière organique est sérieusement ralenti de ce fait (**Anonyme<sub>2</sub>, 2004**).

##### **d-2- Les effets du cuivre sur les plantes :**

Le cuivre est naturellement présent dans les fruits et les légumes, et il est nécessaire au fonctionnement des plantes (**Anonyme, 2001**).

Le cuivre intervient dans la plante comme régulateur du cycle de l'azote libre dans les végétaux .Il pénètre rapidement dans les feuilles et le bois ;il épaissit et durcit les parois cellulaires ,cette action permet d'augmenter la résistance naturelle des plantes à la pénétration des parasites (**Anonyme<sub>2</sub>, 1999**).

##### **d-3- Les effets du cuivre sur l'homme :**

Le cuivre est un oligo-élément essentiel au fonctionnement de nombreuses enzymes ( **Hartemann et Moll, 1992** ). Les besoins quotidiens de Cu chez l'adulte serait de l'ordre de 1,5 à 3 mg .Il est nécessaire au bon fonctionnement de certaines enzymes jouant notamment un rôle dans la protection contre certaines substances toxiques (radicaux libres) (**Anonyme<sub>1</sub>, 2000**) .

#### **e- Bio-disponibilité du cuivre :**

Les plantes absorbent le Cu dans la solution du sol .L'absorption active est le mécanisme le plus représenté mais une absorption passive peut aussi se mettre en place. Le Cu présent dans les racines est entièrement sous formes complexées, mais la pénétration racinaire doit quand même se réaliser à l'état de forme dissociées. La vitesse de pénétration de Cu dans les racines est très faible,

la plus faible des éléments essentiels pour les végétaux ( Coullery ,1997 in Kadem ,1999).

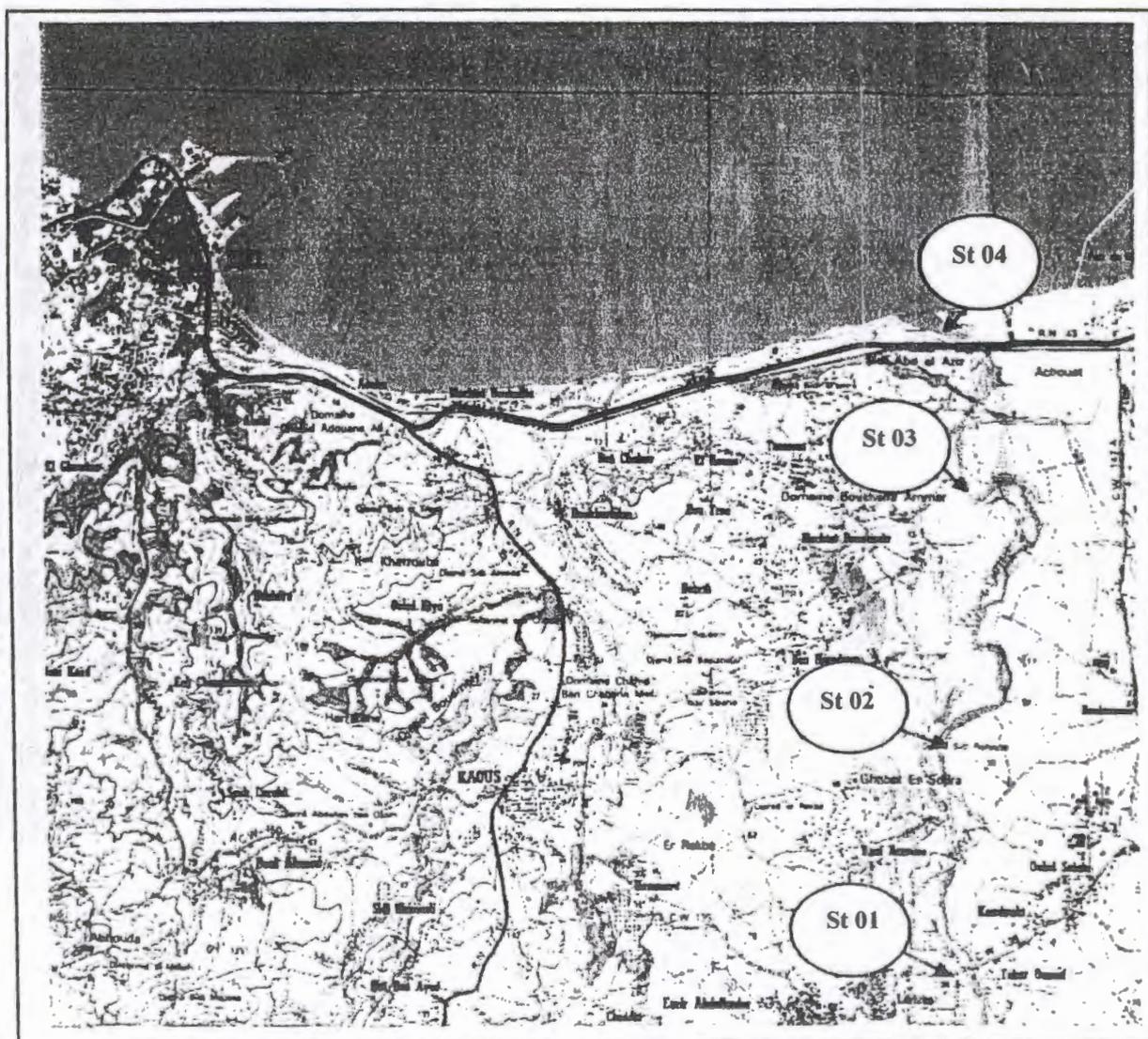
**f- Toxicité du cuivre :**

Quand le sol des terres agricoles est pollué au cuivre ,les animaux absorbent des concentrations importantes qui leur causent des problèmes de santé, les moutons surtout souffrent beaucoup de l'empoisonnement au Cu car les effets de ce dernier chez les moutons se manifeste à de très faibles concentrations (Anonyme<sub>2</sub>, 2004).

La toxicité aiguë est essentiellement le fait d'inhalation accidentelle du cuivre (fièvre des fondeurs ) qui se manifeste par une irritation des voies respiratoires, de la fièvre, des maux de tête et des douleurs musculaires. L'ingestion de grandes quantités de cuivre s'accompagne de vomissement et de diarrhée aiguë qui limite la toxicité. Celle- ci peut aller jusqu'à donner une hépatite toxique, une atteinte rénale et entraîner la mort. La toxicité chronique est surtout le fait de la maladie de Wilson, c'est une maladie héréditaire qui provoque l'accumulation de Cu dans le foie et les noyaux gris centraux (cerveau) (Delahaye, 2001).

# ***Matériels & Méthodes***

## 1- Présentation de la zone d'étude :



**Figure 02 :** Localisation des stations échantillonnées au niveau de la zone d'étude

## 1-1- Situation géographique :

Notre zone d'étude est située environ 10 Km de la ville de Jijel ou se trouve l'oued Djen-Djen, ce dernier prend naissance dans les massifs des Babors au niveau de la région d'Erragène avec une direction d'écoulement Est-Ouest puis Nord-Sud. L'oued se jette dans la mer méditerranéenne.

Le bassin versant de l'oued s'étend sur une surface de l'ordre de 525 Km<sup>2</sup> dont 80 Km<sup>2</sup> sont situés dans la wilaya de Setif. Le débit de cet oued est de l'ordre de 600 m<sup>3</sup>/S. La largeur de l'oued est 30 à 50 m tandis que le lit majeur pendant la période de crue est de 100 à 400 m (Anonyme<sub>3</sub>, 2004).

**1-2- Le réseau hydrolytique :**

La région de Jijel est riche en ressources hydriques, les écoulements sont importants et estimés à 1,2 m<sup>3</sup>/an. Le réseau hydrographique est constitué de plusieurs oueds, parmi les quels on cite : oued Kebir, oued Nile, oued kessir et oued Djen-Djen. Ce dernier est un affluent important, caractérisé par une température moyenne de 14,3°C, un pH environ 7,65 et un taux de saturation de l'ordre de 87,6.

**1-3- Aperçu climatique :**

La wilaya de Jijel est localisée au Nord Est de l'Algérie .C'est une région qui possède un climat méditerranéen caractérisé par un hiver doux (température moyenne du mois de janvier est de 8,3°C et un minimum de 1,8°C ) ,avec des pluies abondantes et des neiges insignifiantes qui ne persistent que deux à trois semaines sur les hautes montagnes .L'été à Jijel est sec ,chaud ,la température moyenne en août est de 30°C et peut atteindre un maximum de 42°C .

**1-4- Le couvert végétal :**

Comme toute zone humide, la région de Jijel est caractérisée par un couvert végétal dense et annuel, pour la plupart des plantes .En général, notre zone d'étude est peuplée par de nombreuses espèces végétales, cette biodiversité est due à l'abondance des pluies et aux terres fertiles, dont les principales espèces rencontrés sont : le Peuplier, le Tamarix et le Laurier.

**1-5- Activités socio-économiques :**

A Jijel l'activité économique principale est la pêche, néanmoins d'autres activités comme l'agriculture et l'exploitation du liège ainsi que la présence de quelques unités industrielles renforcent beaucoup le secteur économique.

Notre zone d'étude reçoit des rejets industriels provenant de l'industrie des tomates de Taher et les eaux urbaines de Tahr Wassaf.

1-6- Les rejets industriels et urbains dans l'oued Djen-Djen :

a- Déchets solides :

Le tableau suivant représente les déchets solides dans l'oued Djen-Djen :

Tableau 03 : Déchets solides dans l'oued Djen-Djen (Anonyme3, 2004).

Zone d'étude	Quantité de déchets générés	Type de déchets	Destination des déchets	Observations
AFRICAVER	150 T/an 200 T/an 43800 T/an	Calcin Silicate Boues	-Une quantité réinjectée dans la composition du verre. -une partie stockée à l'intérieure de l'unité.	L'unité AFRICANAV ER a installer un système de récupération des déchets se verre qui est recyclé.
EURL SIJICO (conserverie de TAHER)	145 T/an 159,12 T/an	-Déchets de fruits et produits périmes. -Déchets de tomate.	Fosse de destruction à l'intérieur de l'unité.	-
SOMEMI (industrie mécanique)	-	Alliages métalliques ferreux et non ferreux	Décharge publique	Les déchets ferrux au niveau de la décharge sont récupérer par des citoyen et revendus aux entreprises.
EMIM (industrie mécanique)	-	Déchets d'acier	Revente pour recyclage.	-

**b- Déchets liquides :****Tableau 04 : Déchets liquides dans l'oued Djen-Djen (Anonyme<sub>3</sub>, 2004).**

Unité industrielle	Rejets liquides m <sup>3</sup> /j	Lieu de rejet	Observations
Société Africana de verre (Africaver)	1250 m <sup>3</sup> /j	Oued Djen-Djen	Pourvue d'une fosse de décontamination, et floculation, capacité d'épuration: 2100m <sup>3</sup> /j
EURL Sujico (conserverie de Taher)	480 m <sup>3</sup> /j	Oued Djen-Djen	—
Unité briqueterie de Taher	16,5 m <sup>3</sup> /j	Fosse septique	—

En plus de ces déchets liquides dans l'oued de Djen-Djen, il y a les rejets des eaux usées des communes de Taher , Emir Abd Elkader et Oudjana , avec une quantité de 36096,09 m<sup>3</sup>/j .

**2- Plan d'échantillonnage :**

**Figure 03 :** *Tamarix africana* ( espèce étudiée ) .

Au sein de notre travail quatre stations ont été choisies pour être local de notre étude sur la contamination de l'oued Djen-Djen par les métaux lourds .

La **Station 01** est située sous le pont des automobiles dans la région de Tahr Wassaf ,aucune activité industrielle n'a été observée dans ce local. La **Station 02** est située près du lieu dit Chabet Es Sjira au niveau d'un méandre.

La **Station 03** est située à proximité d'ensemble d'habitation ,tandis que la **Station 04** est très proche de la mer et ainsi des activités agricoles .

### 2-1- Prélèvement des échantillons :

De chaque station des bordures de l'oued Djen-Djen trois espèces : le Laurier, le Tamarix et le Peuplier, ont été choisies pour être objet de notre étude à cause de large représentation dans les bords de cet oued.

Connu comme espèce indicatrice, le Tamarix a été choisi pour estimer les niveaux de concentration en métaux dans la végétation riveraine.

### 2-2- Choix de l'espèce :

- **Famille** : Tamaricacées.
- **Genre** : Tamarix.
- **Espèce** : Tamarix africana .Poiret

Cette arbre ou gros arbuste est unique par ses fines feuilles en forme d'aiguilles (**Jaquet, 2001**), aciculaire ou annulaire selon l'espèce .Inflorescences en grappes denses réunies en général au sommet des tiges. Fleurs blanches ou roses à 5 mères.

Etamines 5 – 10 insérés sur un disque glanduleux plus ou moins lobé ,avec des capsules s'ouvrant par trois valves .Graines surmontés d'une aigrette (**Quezel, 1963**) .Il fleurit au printemps ou en été .Il atteint 3 à 5 m de hauteur (**Jaquet, 2001**).

#### ❖ **Tamarix africana** :

Fleurs pentamères ; chaton sessiles naissant du vieux bois, denses, espars et courts .Capsules de 5 – 6x3 mm à lobes triangulaires (**Quezel, 1963**).

**2-3- Préparation des échantillons :**

○ La partie aérienne des échantillons de chaque station est mise à sécher dans une étuve ventilée à **105°C** durant **72H**. Après leur séchage, les échantillons subissent un broyage à l'aide d'un mortier en porcelaine dure.

○ **Dosage du zinc et du cuivre dans la végétation : L'Extraction**

La méthode consiste à peser **1g** de l'échantillon de chaque station et de le mettre en solution à l'aide d'un mélange d'acide *nitrique – chlorhydrique* dans un rapport **1 : 3 (ml)**, dans un erlenmeyer de 250ml. La solution est chauffée jusqu'à l'ébullition dans un Rotavapor pendant **15mn**. L'extrait obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre dans un bêcher de 100ml, ensuite il est transféré dans une fiole jaugée de 50ml. Enfin, le volume de l'extrait est complété par l'eau distillée jusqu'à **50ml** ; la solution est prête à l'analyse .

**3- Appareillage : La Spectroscopie d'absorption atomique :**

Il existe plusieurs méthodes de dosage des métaux lourds, qui permettent de mesurer leur quantité dans les plantes .Actuellement les plus utilisées sont l'analyse par activation neutronique, la spectrométrie d'émission atomique utilisant la torche à plasma comme source d'énergie, la spectrométrie d'absorption atomique (S.A.A) utilisant la flamme ou le four graphite.

Nous avons choisi le spectrophotomètre d'absorption atomique (S.A.A) analyste 100 de marque PERKIN- ELMER comme outil de dosage de chrome et de manganèse dans l'eau :

La spectrométrie atomique étudie les émissions ou absorptions de lumière par l'atome libre, c'est-à-dire lorsque celui-ci voit son énergie varier au cours d'un passage d'un électrons d'une orbite électronique à une autre .

Généralement seuls les électrons externes de l'atome sont concernés .Ce sera le cas si les énergie mises en jeu sont modérées.

Les principales techniques mettant en jeu la spectroscopie atomique utilisée en analyse chimique sont :

- L'émission d'arc ou d'étincelle (analyse qualitatif préalable).
- L'émission de flamme et l'absorption atomique (analyse quantitative des éléments à faibles teneurs).

**3-1- Principe**

L'absorption des radiations électromagnétiques des régions visibles et UV du spectre par les atomes libres résulte d'un changement dans la structure électronique.On l'observe lorsque la radiation caractéristique (de résonance en général) d'un élément passe dans un nuage de vapeur atomique de l'échantillon.

L'échantillon est vaporisé par aspiration de la solution dans une flamme ou par évaporation d'une surface chauffée électroniquement.

### 3-2-La loi d'absorption en absorption atomique

L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules, absorbant la lumière selon la **loi de Beer Lambert** selon laquelle l'absorbance est proportionnelle au coefficient d'absorption spécifique  $a$ , au trajet optique  $b$ , et à la concentration  $c$ .

$$A=abc$$

Où  $A = \log IO/I$

$I$  = intensité après absorption par les atomes.

$IO$  = intensité initiale de la source lumineuse.

Cependant en pratique, cette relation n'est pas toujours vérifiée. On n'obtient pas toujours une droite d'étalonnage. C'est le cas si la concentration devient trop élevée. La gamme de dosage est le domaine dans lequel la droite d'étalonnage est pratiquement une droite. Il est limité pour les faibles concentrations par la limite de détection et pour les fortes concentrations par l'erreur sur la fidélité : à une très forte variation de la concentration correspond une faible variation de l'absorbance. La gamme de dosage est généralement donnée par le constructeur. Elle dépend de la raie de dosage utilisée.

### 3-3- Perturbations

Un certain nombre de phénomènes peuvent entacher d'erreurs les résultats obtenus. On leur a donné le nom général de perturbations (ou interférences ou interactions).

On peut les classer en perturbations spectrales, physiques, chimiques, d'absorption non spécifique :

- Les perturbations spectrales : une raie d'absorption d'un composant de la matrice coïncide avec la raie d'émission de résonance de la source.
- Les perturbations physiques : il s'agit essentiellement des phénomènes de viscosité et de tension superficielle. Une faible viscosité et faible tension

superficielle conduiront pour une même concentration à des valeurs de l'absorbance plus élevées.

- Les perturbations chimiques : les atomes présents dans la flamme n'absorbent que s'ils sont à l'état fondamental. S'ils sont excités ou ionisés ils n'absorbent pas. Par ailleurs s'ils forment avec les atomes et radicaux présents dans la flamme des oxydes, hydroxydes, des hydrures, ils ne contribueront pas à l'absorption.
- Les perturbations d'absorption non spécifiques : elles sont dues à la présence dans la flamme de molécules qui absorbent l'énergie de la lampe à cathode creuse. Cette absorption moléculaire s'ajoute à l'absorption atomique et donne une réponse par excès.

### 3-4- Le dispositif de l'appareil

Le dispositif expérimental utilisé en absorption atomique se compose d'une source, la lampe à cathode creuse, d'un brûleur et un nébuliseur, d'un monochromateur et d'un détecteur relié à un amplificateur et un dispositif d'acquisition.

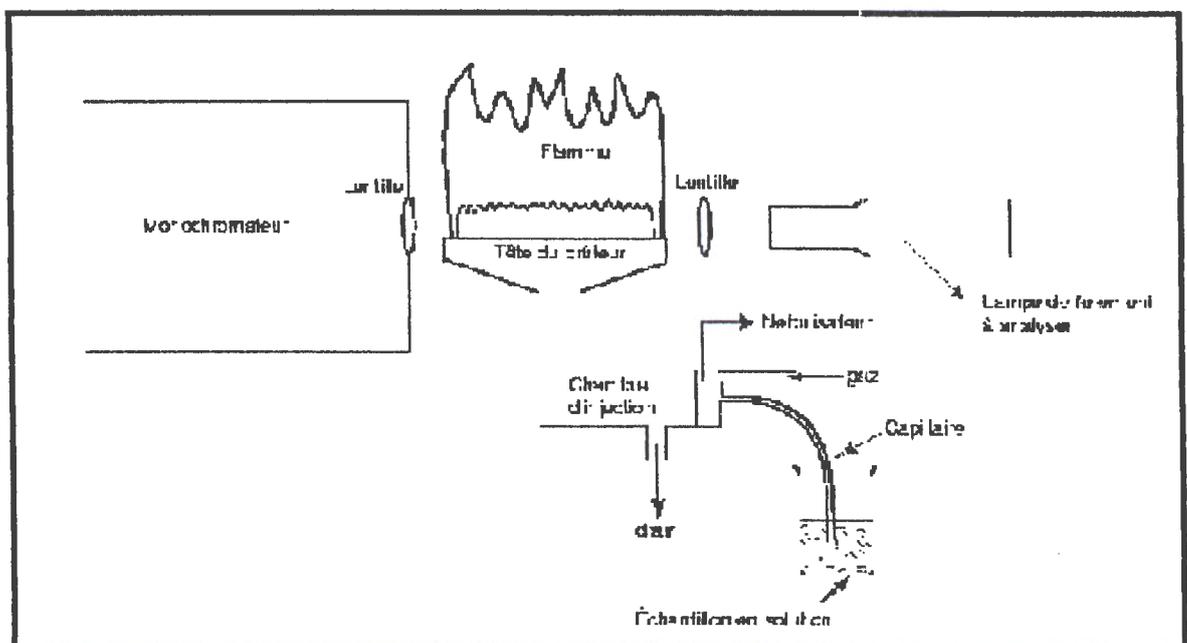


Figure 04 : Schéma de l'absorption atomique

### 3-5- La lampe à cathode creuse

La lampe à cathode creuse (**fig.05**) est constituée par une enveloppe de verre scellé et pourvu d'une fenêtre en verre ou en quartz contenant une cathode creuse cylindrique et une anode. La cathode est constituée de l'élément que l'on veut doser.

Un vide poussé est réalisé à l'intérieur de l'ampoule qui est ensuite remplie d'un gaz rare (argon ou néon) sous une pression de quelques mm de Hg.

Lorsqu'on applique une différence de potentiel de quelques centaines de volts entre les deux électrodes, une décharges s'établit. Le gaz rare est alors ionisé et ces ions bombardent alors la cathode, arrachant des atomes à celle-ci. Ces atomes sont donc libres et sont excités par chocs : il y a émission atomique de l'élément constituant la cathode creuse.

La particularité du rayonnement ainsi émis est qu'il est constitué de raies intenses et très fines.

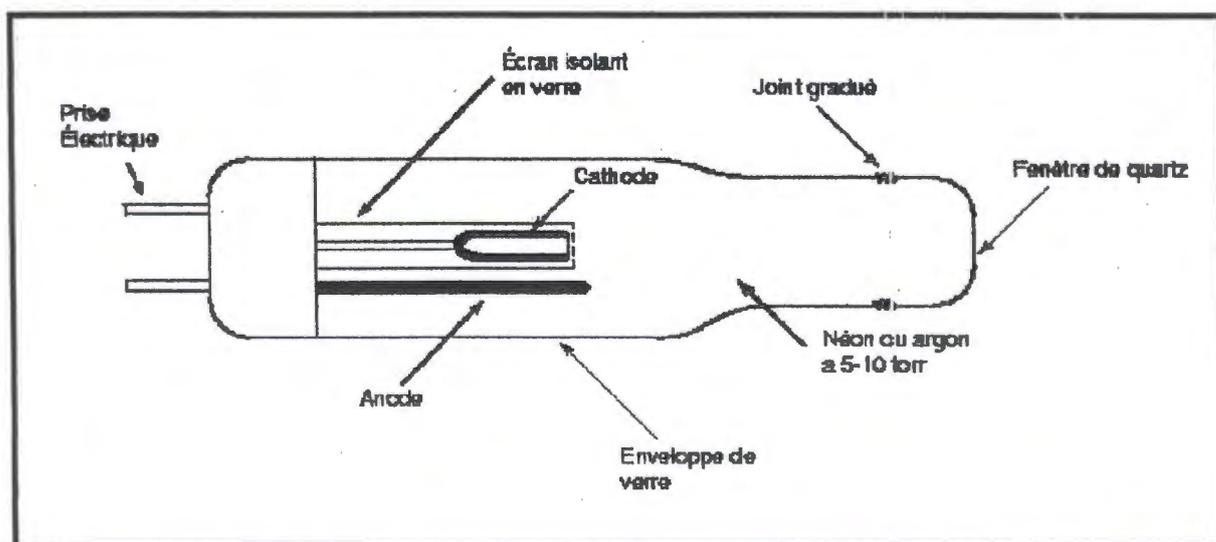
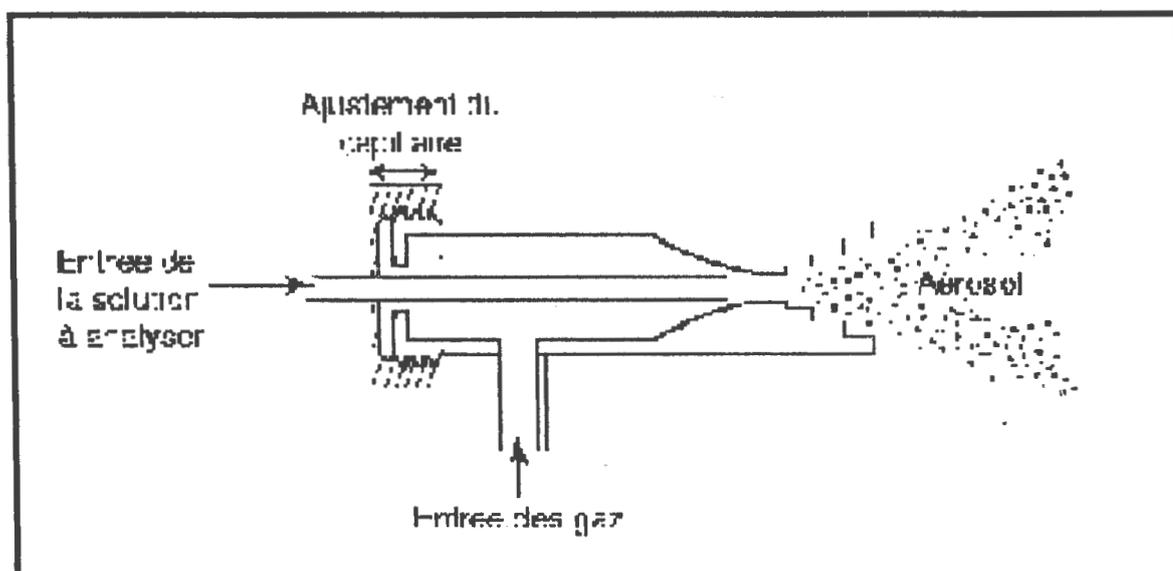


Figure 05 : schéma d'une lampe d'absorption atomique

### 3-6- Le nébuliseur

L'échantillon à analyser est en solution. Celle-ci est aspirée au moyen d'un capillaire par le nébuliseur (fig.06). A l'orifice du nébuliseur, du fait de l'éjection d'un gaz à grande vitesse, il se crée une dépression (effet Venturi). La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre alors dans une chambre de nébulisation dont le rôle est de faire éclater les gouttelettes et d'éliminer les plus grosses. Ce brouillard homogène pénètre alors dans le brûleur.



**Figure 06 :** Schéma d'un nébuliseur d'absorption atomique montrant l'entraînement de l'échantillon en solution par le gaz .

### 3-7- La flamme - atomisation

L'aérosol pénètre dans le brûleur puis dans la flamme. Au bout d'un certain parcours au sein de la flamme, le solvant de la gouttelette est éliminé, il reste les sels ou particules solides qui sont alors fondus, vaporisés puis atomisés. La flamme Air/acétylène est la plus répandue et permet de réaliser le dosage de nombreux éléments sa température est de 2500°C environ.

La flamme N<sub>2</sub>O/ acétylène (protoxyde d'azote) est utilisée pour certains éléments qui forment des oxydes réfractaires particulièrement solides et ne sont

pas atomisés par la flamme air/acétylène .A la place d'une flamme , on peut également utiliser un four cylindrique en graphite pour atomiser l'échantillon.

### **3-8- Quelques applications**

La spectrométrie d'absorption atomique permet le dosage de nombreux matériaux inorganiques (roches et minerais, métaux et alliages....).Elle est donc très adaptée à l'étude du matériel archéologique.Citons notamment :

- En métallurgie : l'analyse des altérations du bronze, l'effet des produits de nettoyage de l'argent.
- L'analyse des constituants majeurs et mineurs de céramiques archéologiques.
- Le dosage du Ca, Sr, Zn dans les os.
- Analyse des éléments traces pour identification des pierres.
- La dégradation des verres.

L'AAS trouve aussi des application à l'étude et la conservation des documents

Graphiques :

- Dosage des charges minérales dans les papiers, en particulier pour l'étude des méthodes de désacidification.
- Dosage des particules métalliques (Cu, Fe...)dans le papier (**Daniel, 2000**)

# ***Résultats & Discussion***

### 1- Résultats & discussion :

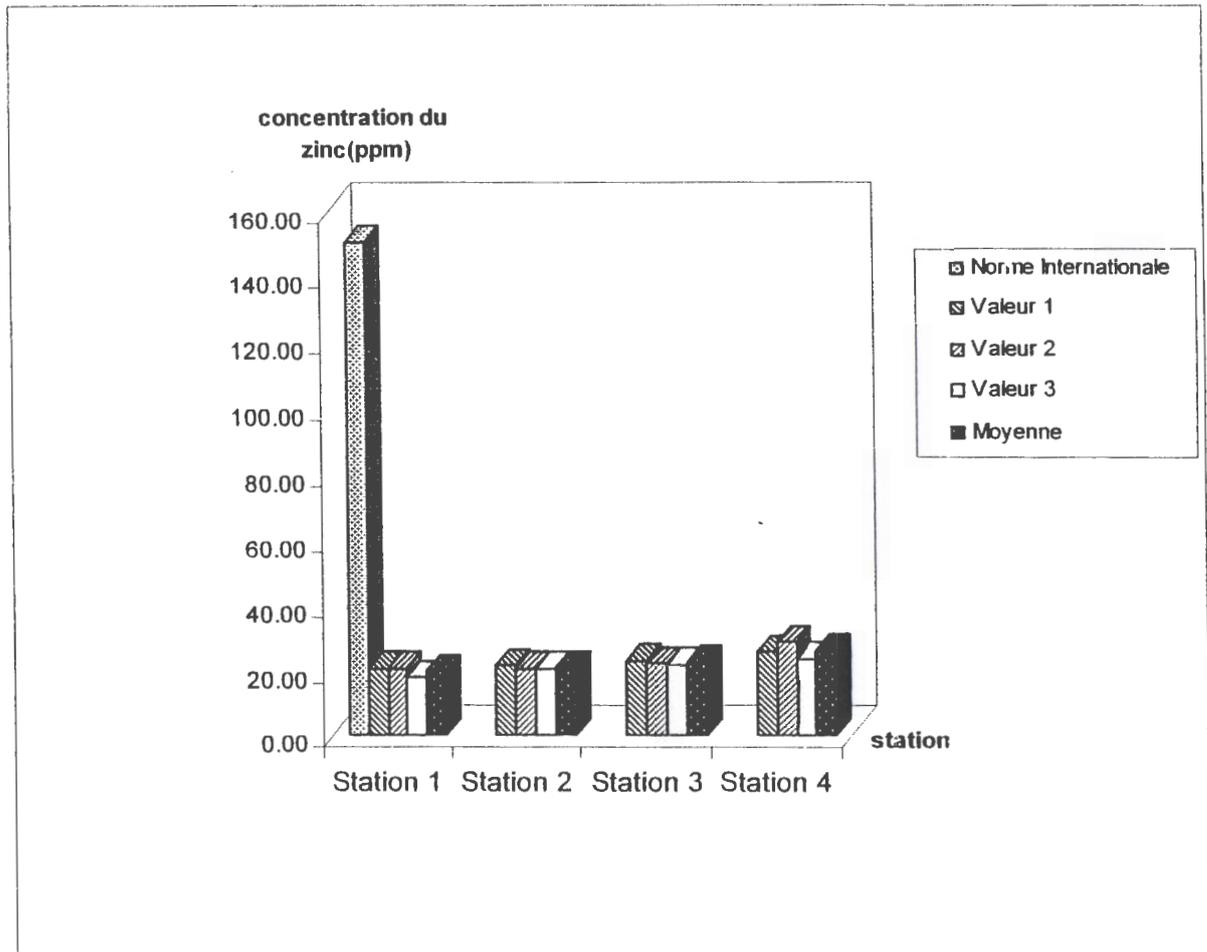
Notre étude a pour objet de contribuer à l'étude de la pollution de l'oued Djen-Djen à travers la détermination du niveau de concentration en métaux lourds : zinc et cuivre dans la plante : *Tamarix africana*. La méthode utilisée est la spectroscopie d'absorption atomique qui nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

**Tableau 05 :** Les concentrations en zinc et en Cuivre dans l'espèce : *Tamarix africana*.

Métal Station	Zinc		Cuivre	
	Les valeurs	Moyenne	Les valeurs	Moyenne
Station 1	20,15	19,23	10,07	10,21
	20,17		9,84	
	17,38		10,73	
Station 2	21,34	20,62	11,83	10,95
	20,2		10,91	
	20,33		10,11	
Station 3	22,82	22,03	14,39	13,31
	21,9		13,83	
	21,37		11,7	
Station 4	25,31	25,77	15,74	14,8
	28,6		13,92	
	23,41		14,74	

### 1-1- Variation des concentrations du zinc :

Les concentrations du zinc dans l'espèce sont exprimées en ppm et sont représentées par l'histogramme suivant :



**Figure 07 :** Teneurs en zinc dans l'espèce au niveau de l'oued Djen-Djen .

Les valeurs obtenues pour le zinc sont comparées aux normes internationales relatives aux plantes qui sont comprises entre 15 et 150ppm a fin de déduire le degré de bio-accumulation dans la plante étudiée.

**Tableau 06** : teneurs en zinc dans le milieu naturel selon les normes internationales ( Allaway, 1968 cité in Merdas et Bouatia, 2001)

	Lithosphère (ppm)	Sol (ppm)	Solution du sol (mg/l)	Plantes (ppm)	Sang entier de l'homme (mg/l)	Air (mg/m <sup>3</sup> )	Mer (ppb)
<b>Zinc</b>	50 - 80	10 -300	< 0,05	5 - 200	-	-	10

**Tableau 07** : Teneurs en zinc dans les végétaux supérieurs selon les normes internationales. \* Kadem ,1999 .

\*\* Merdas et Bouatia ,2001 .

Elément	Teneurs (ppm)	
	Teneur normale *	Phytotoxique **
<b>Zinc</b>	15 - 150	>200

L'histogramme précédent montre des concentrations assez proches les unes des autres ; elles sont voisines de la limite inférieure des normes (15ppm).

- La **station 1** est loin de toute installation industrielle sauf la présence de quelques activités agricoles simples dont ils semblent que l'utilisation des pesticides et des engrais n'est pas abondante.

La moyenne des concentrations du zinc dans l'espèce est égale à 19,23ppm, c'est une valeur naturelle mais elle est faible. Donc, on peut rendre la cause majeure à la source naturelle.

Comme tous les métaux lourds, le zinc se trouve naturellement dans les roches de lithosphère et pratiquement dans tous les sols. Il provient directement de l'altération et de l'érosion des roches mères et des matériaux géologiques ; comme il peut provenir des retombés atmosphériques, des pots d'échappement des automobiles. Une autre source peut être les pesticides provenant de l'agriculture.

- Les moyennes des concentrations en zinc dans l'espèce, des trois stations qui restent sont de l'ordre suivant : 20,62ppm ; 22,03ppm et 25,77ppm.

Les faibles concentrations enregistrées pour ces stations peuvent être attribuées aussi à l'origine naturelle du zinc.

- Enfin, on peut déduire de tout ce qui précède que les concentrations en zinc dans l'espèce sont très normales et qu'il n'y a pas de risque de phytotoxicité.

1-2- Variation des concentrations du cuivre :

Les concentrations en cuivre dans l'espèce sont exprimées en ppm ; elles sont représentées par l'histogramme suivant :

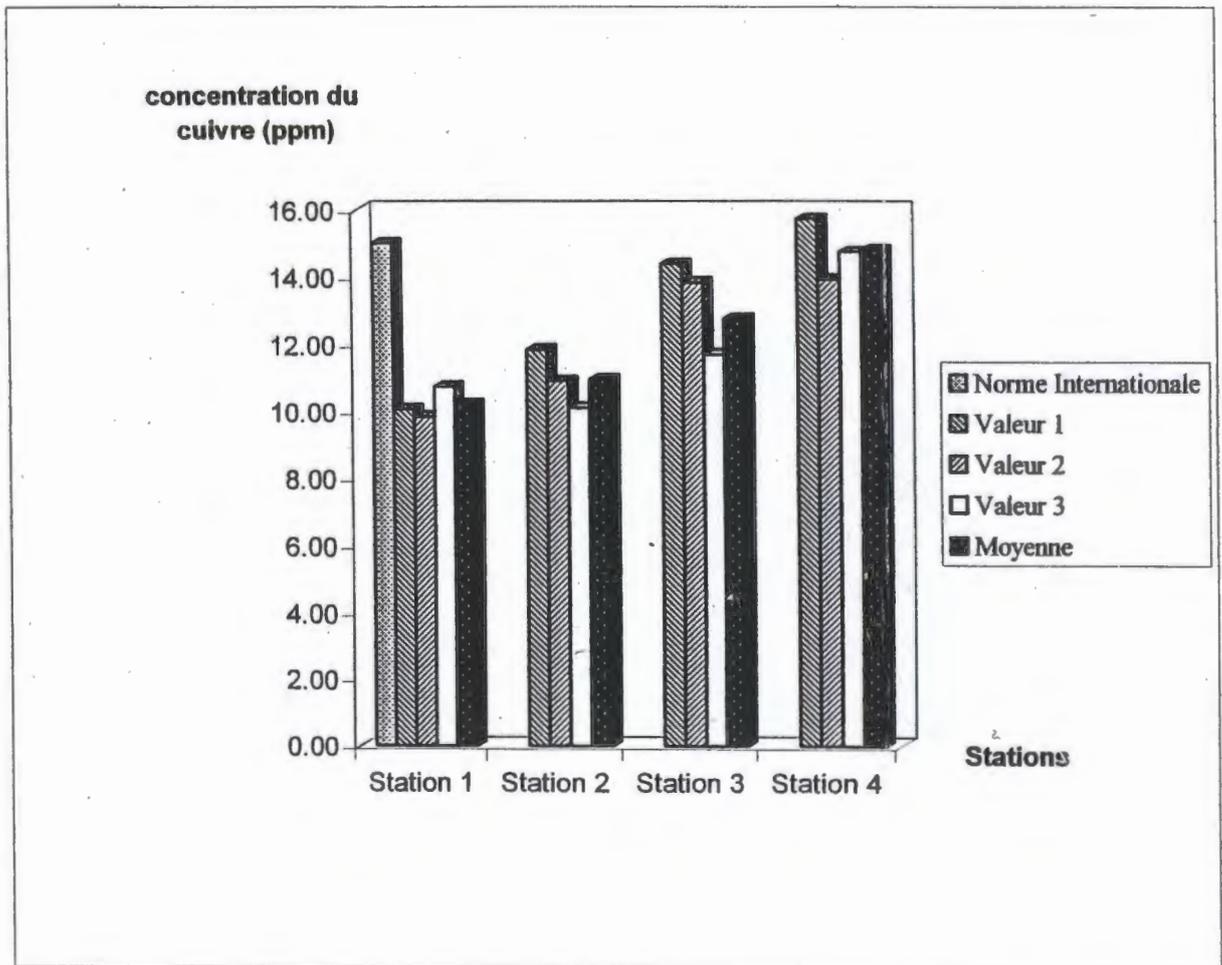


Figure 08 : Teneurs en cuivre dans l'espèce au niveau de l'oued Djen-Djen

**Tableau 08 :** Teneurs en cuivres (ppm) et en (ppb) dans le milieu naturel (Allaway ,1968 cité in Merdas et Bouatia, 2001).

	Lithosphère (ppm)	Sol (ppm)	Solution du sol (mg/l)	Plantes (ppm)	Sang entier de l'homme (mg/l)	Air (mg/m <sup>3</sup> )	Mer (ppb)
<b>Cuivre</b>	70-100	2-100	0,03-0,3	4-15	-	-	3

**Tableau 09 :** Normes internationales pour le cuivre ( Underwood ,1962 in Merdas et Bouatia, 2001) .

Elément	Teneurs en ppm	
	Teneur normale	Phytotoxicité
<b>Cuivre</b>	4 - 15	>20

On s'aperçoit d'après l'histogramme ( Fig 08 ) que les valeurs concernant le cuivre, sont normales étant donné qu'elles ne dépassent pas la limite supérieure des normes (15ppm), et par conséquent, elles peuvent être attribuées à l'origine naturelle du métal (sol et roche mère) ,et ceci reflète le niveau de bioaccumulation dans l'espèce qui doit être naturelle .

- Les moyennes des concentrations des quatre stations sont les suivantes : 10,21ppm, 10,95ppm, 13,31ppm et 14,8ppm. Cette dernière contient une répétition égale à 15,74ppm qui a dépassée la teneur normale (15ppm) mais elle ne représente pas un effet sur les résultats.

Finalement, la comparaison aux normes permet de déduire que les valeurs obtenues sont naturelles. Et qu'il n'y a pas de risque de bioaccumulation dans l'espèce.

**Conclusion**

## Conclusion :

Notre étude concerne l'évaluation des concentrations en métaux lourds (en particulier le zinc et le cuivre), au niveau de l'oued Djen-Djen dans la wilaya de Jijel, et leur comparaison avec les normes internationales. Pour cela, nous avons utilisé l'espèce : *Tamarix africana* comme bio-indicateur de la pollution métallique.

Cette évaluation est réalisée par une technique dite : « Spectroscopie d'absorption atomique ».

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en zinc dans l'espèce sont normaux, mais d'un autre côté elles sont considérées comme faibles, parce que le maximum des moyennes est de 25,77ppm alors que la norme internationale est égale à 150ppm.

Les teneurs en cuivre dans l'espèce sont aussi normaux et voisines du seuil naturel (15ppm), puisque la moyenne supérieure est de 14,8ppm.

Donc, ces concentrations en zinc et en cuivre ne représentent pas une phytotoxicité.

D'une façon général, on peut conclure que l'oued Djen-Djen n'est pas pollué par ces deux métaux (zinc et cuivre), mais ça ne veut pas dire qu'il n'est pas pollué par d'autres métaux..



## *Références bibliographiques*

1. **Amri S., 1999** : Etude de la laine de mouton comme bio-indicateur de la pollution par les métaux lourds (Pb, Cd ,Zn et Cu ) ; Mém.d'ing d'état en écologie ;Univ de Constantine .P13 .
2. **Anonyme<sub>1</sub>, 2000**: Larousse médical . Ed. Bordas/F/ER .P260-811 et P1138
3. **Anonyme<sub>1</sub>, 2002**: Larousse médical .Ed. Bordas/F/ER .P595.
4. **Anonyme<sub>3</sub>, 2004**. Service de l'environnement : cité administratif de Jijel
5. **Bernard.M. et Busnot .F., 1984** : Usuel de chimie générale et minérale . Ed. Bordas , Paris . P616 .
6. **Boudehane F., Moures M. et Laib S., 2003**: Contribution à l'étude de la contamination de la végétation par le Plomb et le Cadmium au niveau de Oued Mouttas (Wilaya de Jijel ) ; Mém.d'D.E.U.A en biologie; Uni. de Jijel. P2.
7. **Claus B. et Peraud R., 2001**: Chimie de l'environnement (air,eau, sols, déchets ). Ed. De Boeck. P375.
8. **Frank.C.E.D , 1992** :Toxicologie .Ed. Masson, Paris. P311 .
9. **Glinka N., 1981**: Chimie générale .Tome 2 .1°Ed. Mir, Moscou .P234-236 et P285-286 .
10. **Hartemann P. et Moll M., 1992** : Les eaux conditionnées . P137-140 .
11. **Kadem.D.E.D, 1999**: Ecotoxicologie (pollution des sols par les métaux lourds ) .P 25 et 28 .
12. **Lahout A., 2003** : Contribution à l'évaluation de la charge en métaux lourds (Zn et Ni) dans un sol agricole (Blé ;Tritium durum ) en zone industrielle (El-Hajar-Anaba ) ; Mém.d'ing en écologie ;Univ de Constantibe .P30 .
13. **Lévêque C., 2001** : Ecologie de l'écosystème à la biosphère .Ed Dunod, Paris. P280.

14. **Matei B., 1974** : Pollution et protection de l'atmosphère. Ed. Eyrolles, Paris. P24 .
15. **Merdas S. et Bouatia L., 2001** : Contribution à l'étude de la biosurveillance de la pollution métallique des sols ( Zn ,Cd ,Pb ) par les vers de terres (cas des sols des bords de l'oued Rhumel Ain Smara-Constantine).Mém. d'ing. en écologie et environnement ,Univ. de Constantine .P8 .
16. **Pérés J-M, 1976** : La pollution des eaux marines .Ed Bordas ,Paris .P1 .
17. **Quezel, 1963** : Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques médionales.Tome II. Ed.centre national de la recherche scientifique , Paris.P688 et P690
18. **Ramade F., 2002**: Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement .2°Ed Dunod ,Pris .P187 et P932 .
19. **Adler E., 2001** : Sources des métaux lourds  
<http://www.google.com/ur/?sa=U&start=3&q=http://perso.wanadoo.fr/about.boues/apportmetauxlourds.htm&e=42.htm>
20. **Anonyme, 1984** : La pollution  
<http://www.wna.net/policy/a5.htm>
21. **Anonyme<sub>1</sub>, 1999** : La pollution métallique  
<http://www.cnrs.fr/cw/dossier/doseau/docour/dégradation/10pollution.htm>
22. **Anonyme<sub>2</sub>, 1999**: le cuivre et les plantes  
<http://perso.wanadoo-fr/samabiol/cuivrol.htm>
23. **Anonyme<sub>2</sub>, 2000** : Métaux lourds  
[http://www.belgium.be/eportal/application?languageparameter=Fr&pageid=conten\\_tlage&docid=2821](http://www.belgium.be/eportal/application?languageparameter=Fr&pageid=conten_tlage&docid=2821)
24. **Anonyme, 2001**: Zinc  
[http://www.infonutrition-org/mineraux/zinc\\_html](http://www.infonutrition-org/mineraux/zinc_html)
25. **Anonyme, 2003** : Zinc  
<http://ro.unitad.org/infoomm/français/zinc/utilisat.htm>

- 26. Anonyme<sub>1</sub>, 2004 : Rôle du zinc**  
<http://www.lenntech.com/franA&ais/data.perio/Zn.htm>
- 27. Anonyme<sub>2</sub>, 2004 : Cuivre**  
<http://www.lenntech.com/franA&ais/data.perio/Cu.htm>
- 28. Bouchriti, 2003 : La pollution physique**  
<http://www.iav.ac.ma/veto/hidaoa/bouchriti/pollution/physique.htm>
- 29. Daniel, 2000: L'absorption atomique AA**  
<http://www.dsa.quebec.ca/mhiggins/cours/6sct265/aa.html>
- 30. Chabaliier P., Thierry M., Virgine P. et Hervé S., 2000 :Caractérisation des déchets organiques.**  
<http://www.inra.fr/internet/produits/dpenv/pdf/chabard25.pdf>
- 31. Claude A., 2004 : Tableau périodique des éléments**  
<http://www.cegep.st.Laurent.qc.ca/dépar/chimie/élément-php3?.htm>
- 32. Delahaye G., 2001 :Cuivre**  
<http://dumenat.smbh.univparis13.fr/universitéhomeo/Français/bodigny/Free/cours.htm>
- 33. Iaurif, 2001 : L'environnement et la santé.**  
[http://www.Iaurif.org/Fr/ressources\\_doc/publicationrecentes/notesrapides/pdf/NR\\_286.pdf](http://www.Iaurif.org/Fr/ressources_doc/publicationrecentes/notesrapides/pdf/NR_286.pdf)
- 34. Jaquet, 2001 : Tamarix.**  
<http://www.jardin.ch/info/tamarix.html>
- 35. Laidi Karine, 2000 : Synergie entre pollution biologique et pollution chimique**  
[http://xxi.ac-reins.fr/fig-st-die/actes\\_2000/laadi k/article.htm](http://xxi.ac-reins.fr/fig-st-die/actes_2000/laadi k/article.htm)
- 36. Livernais L., 2000 : Zinc**  
[http://www.dietobio.com/dossier/fr/guide\\_alimentaire/Zinc.html](http://www.dietobio.com/dossier/fr/guide_alimentaire/Zinc.html)
- 37. Miquel G., 2001 : Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé .**  
[http://www.senat.fr/rap/100-261/100-26112.html#to:92.](http://www.senat.fr/rap/100-261/100-26112.html#to:92)

- 38. Nathalie R., 1997 :** Accumulation des métaux lourds;  
<http://www.infrastructures.com /0897/plantes.htm>
- 39. Panphili et kipitchikova, 2002 :**Transfert des ETM  
<http://www-lgit.obs.ujf-grenoble.fr/recherche/geochimie/themes3.html>.
- 40. Perrono P., 1999:** Les micropolluants métalliques et les sols menacés par des boues résiduaires et urbaines.  
<http://www.4-picardie.fr/r beaucham/duce/perrono/perrono.htm>.
- 41. SadeF, 2003 :** Les éléments traces métalliques;  
[http://www.SadeF .fr/analyse/prstations/analyse\\_etm.htm](http://www.SadeF .fr/analyse/prstations/analyse_etm.htm)
- 42. Stéphanie L., 2000 :** Cours de pollution atmosphérique  
<http://www.gedsaclabs.host.sk>.
- 43. Tonneau J., 2003 :** printemps de sciences  
<http://www.alg.ac.be/pedagogie/dossierpedagogie/dp/tonneau.pdf>
- 44. Vincent J., 2000 :** Cuivre  
<http://www.ac.creteil.Fr/Louise/dossier/mendele/cuivre.htm>

## Thème

Estimation de la pollution métallique (en zinc et en cuivre) de la végétation des bords de l'Oued Djendjen. Wilaya de Jijel.

### Réalisé par :

- BOUROUAIAH Malika
- KHERCHOUCHE Aziza
- SOUYAD Fadila

Date de soutenance : septembre 2004

### Résumé :

Notre étude est consacré à l'évaluation des concentrations des métaux lourds : Zinc et Cuivre dans les végétaux des bords de l'Oued Djendjen, et pour ce but, on a utilisé l'espèce : *Tamarix africana*. Les mesures sont fait à l'aide de l'appareil de l'absorption atomique.

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations en ces deux métaux (Zinc et Cuivre) sont normaux et ne constituent aucun danger ou phytotoxicité.

**Mots clés :** Zinc, Cuivre, Oued djen-djen, *Tamarix africana*, Appareil de spectroscopie d'absorption atomique, pollution.

### Summary :

Our survey is dedicated to the evaluation of the concentrations of the heavy metals: Zinc and Copper in the plants of the sides of the wadi Djendjen, and for this goal, one used the specie: *Tamarix africana*. The measures are made with the help of the device of the absorption gotten atomic.

The results showed that the concentrations made of these two metals (Zinc and Copper) are normal and don't constitute any danger or any phytotoxicity.

**Words keys:** Zinc, Copper, Wadi Djendjen, *Tamarisk africana*, atomic absorption spectroscopy , pollution.

### ملخص:

تمحورت دراستنا حول تقييم نسبة المعادن الثقيلة: الزنك و النحاس في النباتات التي تنمو على ضفاف واد جن جن، وقد استعملنا لهذا الغرض النوع: *Tamarix africana*. وتم قياس هذه النسب بجهاز طيف الامتصاص الذري. وقد اظهرت هذه النتائج المتحصل عليها بأن تراكيز كلا المعدنين (الزنك و النحاس) طبيعية و لا تشكل أي خطر أو سمية للنبات.

الكلمات المفتاح: الزنك، النحاس، واد جن جن، *Tamarix africana*، جهاز طيف الامتصاص الذري، التلوث.