

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Dr TAHAR-MOULAY de SAIDA

Faculté des Sciences
Département de Biologie
SPECIALITE: BIOTECHNOLOGIE VEGETALE



Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie

Thème :

**Implication du stress oxydatif dans la toxicité
du plomb sur un modèle végétal: l'orge**

Thèse dirigée par Melle CHIKHI Amira

Présentées par :

- ❖ Melle. AIDOUNI Ikram
- ❖ Melle. NACEL Safia

Soutenu le: 30/06/2018 devant le jury :

*Mr. HACHEM.K	Maitre conférences –A-	U T.M. Saida	Président
*Mme. BENABDESSLEM.Y	Maitre assistante –A-	U T.M. Saida	Examineur.
*Melle. CHIKHI.A	Maitre assistante –A-	U T.M. Saida	Encadreur.

Année universitaire : 2017- 2018



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste. Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur qui a proposé le thème de ce mémoire, pour ses conseils et ses dirigés du début à la fin de ce travail M.CHIKHI AMIRA. Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement (Mr. HACHEM Kadda et BENABDESSLEM Yasmine).

Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et pour vos précieux conseils et remarques.

Finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui participe de réaliser ce mémoire. Ainsi que l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :
À mes chères parents NACEL
MOKHTAR *RABEGH KHEIRA
À mes frères et mes soeurs
À tout ma familles qui porte le
nom NACEL et RABEGH;
À tous mes amis ;
À ma copie IKRAM;
À tous mes chers enseignants
qui ont enseigné moi ;

SOFI



Dédicaces

Ce travail modeste est dédié
: À ma chère mère
; À la mémoire de mon père
À mon ami *sofi*
; À tous mes proches de la famille *AIDOUNI*,
et plus particulièrement, mes sœurs et mes frères
tout à son nom .
À tous mes chers amis et mes collègues de
l'Université de SAIDA;
Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma
vie scolaire

IKRAM

SOMMAIRE

Liste des Tableaux	
Liste des figures	
Liste Abreviations	
INTRODUCTION.....	01
Chapitre I: Revue bibliographique	
I. Généralités sur le plomb.....	04
I.1. Présentation du plomb.....	04
I.2. Utilisation du plomb.....	04
I.3 Propriétés physico-chimiques du plomb.....	05
I.4. Le plomb et les plantes.....	06
I.4.1. Le plomb dans l'environnement.....	06
I.4.1.1. Phytodisponibilité du plomb.....	07
I.4.1.2. Distribution du plomb au niveau du sol.....	07
I.5. Impact du plomb sur les végétaux.....	08
I.5.1. Absorption du plomb par la plante.....	08
I.5.1.1. Cas de l'absorption foliaire.....	08
I.5.1.2. Mécanismes d'adsorption sur les racines.....	08
a. Mécanismes d'absorption racinaire.....	08
b. Le plomb dans la racine et sa translocation vers les parties aériennes.....	11
II. Les métaux lourds et leurs effets.....	11
II.1. Généralités.....	11
o métaux essentiels.....	11
o métaux non nécessaires.....	11
II.2. Pollution par les métaux lourds.....	12
II.2.1. Pollution d'origine naturelle.....	12
II.2.1.1. Le sol.....	12
II.2.1.2. L'atmosphère.....	13
II.2.1.3. DANS L'EAU.....	13
II.3. Effets des métaux lourds sur les végétaux.....	14
II.3.1. Effets sur la germination et la croissance.....	14
II.3.2. Effets sur la photosynthèse.....	15
II.4. Modes de contamination par les métaux lourds.....	15
II.4.1. Contamination au niveau des racines.....	15
II.4.2. Contamination aérienne.....	16
III. Caractères généraux des céréales.....	16
III.1. Généralités.....	16
III.2. Importance et évolution comparées des diverses céréales.....	16
III.3. Présentation et description des plantes de l'orge.....	17
III.3.1. Description de la plante d'orge.....	17
III.3.2. Composition biochimique et valeurs nutritives de l'orge.....	17
o La vitamine.....	18
o Les composées phénolique.....	18
III.4. Principaux stress environnementaux auxquels les céréales confrontées.....	18

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Matériel et méthodes.....	21
I.1. Matériel végétal.....	21
I.2. Condition de l'essai.....	21
I.2.1. Conduite de l'essai et traitements.....	21
I.2.2. Le substrat.....	23
I.2.3. Récolte et préparations des plantes.....	24
I.3. Paramètres étudiés.....	24
I.3.1. Paramètres morphologiques.....	24
I.3.1.1. Taux moyen de germination.....	24
I.3.1.2. Vitesse de germination.....	25
I.3.1.3. Mesure des paramètres de croissance.....	25
* Nombre moyen des feuilles.....	25
* Longueur moyen des feuilles.....	25
* Nombre moyen des racines.....	25
* Longueur moyenne des racines.....	25
I.3.2. Paramètres biochimiques.....	25
I.3.2.1. Détermination des concentrations des pigments photosynthétique.....	25
I.3.2.2. Détermination de la concentration des Malondialdéhyde (MDA).....	26
I.3.2.3. Détermination de la concentration de proline.....	27
I.3.2.4. Détermination de la concentration des sucres solubles totaux.....	28
I.3.2.5. Dosage des protéines.....	28
1.Préparation de l'échantillon.....	28
2. Préparation de réactif de Bradford.....	28
3. Préparation de la solution mère.....	28

Chapitre III: Résultats et discussion

I. Effet du plomb sur les paramètres morphologiques.....	31
I.1. Effet du plomb sur le taux germination.....	31
I.2. Effet du plomb sur la vitess de germination.....	32
I.3. Effet du plomb sur la croissance.....	32
I.3.1 Effet du plomb sur le nombre moyen des racines.....	32
I.3.2.Effet du plomb sur la longueur de raciness.....	33
I.3.3.Effet du plomb sur le nombre des feuilles.....	33
II.Effet du plomb sur les paramètres biochimiques.....	34
II.1. Influence du plomb sur la synthèse de pigments photosynthétique.....	34
II.2. Influence du plomb sur la teneur en Malondialdéhyde MDA.....	35
II.3.Influence du plomb sur la teneur en sucres.....	35
II.4.Influence du plomb sur la teneur en protein.....	36
II.5.Influence du plomb sur la teneur en proline.....	37
Conclusion et perspectives.....	38
Références bibliographiques.....	41
Annexe.....	49

Liste des Abréviations

- ✓ **BBC:** Bleu brillant de coomassie
- ✓ **BSA:** Albumine Sérum de Bœuf
- ✓ **CaCO₃:** Carbonate de calcium
- ✓ **Ca²⁺:** Calcium
- ✓ **Cu:** Cuivre
- ✓ **Co₂:** Dioxyde de carbone
- ✓ **Do:** Densité optique
- ✓ **E.D:** Eau distillée
- ✓ **ERO:** espèces réactives de l'oxygène
- ✓ **ETM:** Élément traces métallique
- ✓ **Fe:** Fer
- ✓ **H₂O₂:** peroxyde d'hydrogène
- ✓ **H₂SO₄:** une solution d'acide sulfurique
- ✓ **Mg:** Magnésium
- ✓ **Mn:** Manganèse
- ✓ **O₂:** l'anion superoxyde
- ✓ **P:** phosphore
- ✓ **Pb:** le plomb
- ✓ **Pb (CH₃CO-O):** l'acétate de plomb
- ✓ **PC:** phytochélatine
- ✓ **Pcs:** phytochélatines
- ✓ **ROS:** Réactive Oxygen Species
- ✓ **Zn:** zinc

Liste des Tableaux

Tableau 01: Principales propriétés physico-chimiques du plomb.

Tableau 02: Valeurs limites des concentrations des éléments traces admissibles dans les sols selon Thorez, (1998)

Tableau 03 : les caractéristiques agronomiques de la variété de l'orge Saida.

Tableau 04: Composition de la solution nutritive utilisée dans la culture hydroponique des céréales.

Listes des figure

- **Figure(01):** Origines de plomb dans la nature selon Lamand *et al.*, In: Cecchi (2008).
- **Figure(02) :** Dynamique du plomb dans le système sol-plante (adapté d'Alloway, 1995).
- **Figure(03):** Schéma simplifié de l'origine des métaux lourds dans le sol, d'après Dung Hung, (2009).
- **Figure (04):** Les interactions possibles avec le plomb dans la photosynthèse d'après Pourrut, (2008).
- **Figure (05) :** la selection des graines.
- **Figure (06) :** Germination (10 graines par boites de pétri).
- **Figure (07) :** préparation du substrat.
- **Figure (08) :** Transplantation des plantules après germination.
- **Figure (09):** Méthode de préparé le dosage des pigments photosynthétique.
- **Figure (10):** Méthode de préparé le dosage de proline.
- **Figure(11):** Taux de germination des graines en fonction de la concentration en plomb après 5 jours d'exposition.
- **Figure(12):** La vitesse de germination des graines en fonction de la concentration en plomb après 5 jrs d'exposition.
- **Figure(13):** Effet du plomb) sur l'évolution de nombre moyen des racines.
- **Figure(14):** Effet du plomb sur l'évolution de longueur des racines.
- **Figure(15):** Effet du plomb sur l'évolution de le nombre des feuilles.
- **Figure(16):** Effet du Pb sur le contenu en pigments: chlorophylle (a), chlorophylle (b), chlorophylle (a+b).
- **Figure(17):** Effet du plomb sur la teneur en MDA au niveau des feuilles et des racines.
- **Figure(18):** Effet du Pb sur le contenu en sucres solubles.
- **Figure(19):** Influence du plomb sur le contenu en proteine niveau des feuilles et des racines.
- **Figure (20):** Effet du Pb sur le taux de proline.

Introduction

Introduction générale

L'histoire de l'utilisation du plomb est très fortement liée à l'histoire de l'homme moderne. Le plomb est l'un des métaux le plus anciennement utilisé par l'homme. On retrouve des traces de son utilisation comme pigments dans des sépultures préhistoriques datées de plus de 40 000 ans avant JC ainsi que des bijoux en plomb vieux de plus de 6 500 ans. Le problème de la contamination de l'environnement par le plomb date de son utilisation massive par les civilisations antiques. En effet, de par ses propriétés physico-chimiques intéressantes (malléabilité, ductilité, bas point de fusion) et sa facilité d'extraction, les Egyptiens, les Grecs et les Romains l'ont utilisé en très grandes quantités. Le plomb a ensuite connu une utilisation constante jusqu'à ce que sa consommation explose au cours de la Révolution Industrielle. Au cours de l'histoire, le plomb a été utilisé pour de nombreuses applications telles que les verreries, les peintures, les céramiques, l'essence et les accumulateurs. De nos jours, il continue à être massivement employé dans de nombreux processus industriels comme la fabrication des accumulateurs (environ 72 % de sa consommation mondiale). En raison de sa toxicité avérée, son utilisation a été fortement restreinte et, du moins dans les pays les plus développés économiquement, les sources de contamination en plomb (notamment atmosphériques) ont considérablement diminué. Cependant, le plomb étant un élément peu mobile, il a une très forte persistance dans les sols (**Bourellier et Berthelin, 1998**).

Le plomb peut contaminer tous les écosystèmes terrestres et arriver jusqu'à l'homme par le biais de la chaîne alimentaire et représenter un danger pour la santé humaine, toxique même à faible concentration (Jarup, 2003). De plus, il n'est pas biodégradable, il est persistant et s'accumule dans les sols. Une fois le sol contaminé, il pénètre dans la plante et perturbe les mécanismes de celle-ci, tel que les structures membranaires et pariétales, la perturbation du statut hydrique, l'absorption et la translocation des éléments minéraux essentiels (calcium (Ca²⁺), manganèse (Mg), fer (Fe)) et interfère avec l'activité enzymatique, notamment les enzymes impliquées dans la biosynthèse de la chlorophylle induisant par conséquent un arrêt de la photosynthèse (Kupper et al, 1996). Sans oublier son effet néfaste sur les enzymes anti oxydantes, en effet, au niveau cellulaire le plomb favorise la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et perturbe le statut redox des cellules, ce qui occasionne un stress oxydatif (Serrejin et Ivanov, 2001).

Le travail de ce mémoire, consiste à étudier les effets d'une pollution métallique par le plomb sur une céréale l'orge (*Hordeum Vulgare* Desf).

Cette étude a pour but d'évaluer le comportement de l'orge, vis-à-vis d'acétate de plomb. Ceci dans le but de connaître ses effets sur la germination et la croissance, phases très importante dans

la production végétale. Par ailleurs, nous avons également étudié des paramètres physiologiques et biochimiques pour déterminer la sensibilité et/ ou les stratégies adaptatives de l'orge par rapport à ce polluant.

Le travail présenté se compose de trois chapitres:

- le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur le modèle biologique utilisé dans notre travail (l'orge) et aussi sur la pollution par les métaux lourds notamment le plomb et ses effets sur les végétaux.

-le deuxième chapitre est réservé au matériel et méthodes utilisées dans cette investigation, le déroulement des expériences, les doses de plomb préconisées et les techniques et protocoles de dosages des variables.

-le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussion obtenus lors de cette thèse et enfin on termine avec une conclusion générale

Chapitre I:

Revue bibliographique

I. Généralités sur le plomb :

I.1. Présentation du plomb:

Le plomb provient du terme latin *plombum*, de symbole (Pb), mou et déformable. Il possède une densité de 11.3 et se retrouve à l'air d'une couleur carbonaté grisâtre. Il n'a ni gout ni odeur caractéristique, de numéro atomique 82 et de poids atomique 207.2. Son point de fusion est de 327.4 °C et sa température d'ébullition est de 1500° C (**Larousse 1980**). Il est peu soluble dans l'eau froide, l'eau chaude et les acides dilués. Par contre, il se dissout dans l'acide nitrique, acide acétique et l'acide sulfurique concentré (**Levesque, 1974**). C'est le plus dense des métaux usuels, mais c'est aussi le moins dur (**Jean, 2000**). Le plomb natif est rare, il est extrait de minerai associé au zinc, à l'argent, et au cuivre (**Parzys et al., 2004**). Le plomb est présent dans divers minerais mais le plus abondant est la galène (PbS), la cérusite (PbCO₃) et l'anglésite (PbSO₄). Il est un mélange de deux isotopes Pb²⁰⁶ et Pb²⁰⁸ (**Levesque, 1974**).

Les différentes voies de contamination de la nature par le plomb sont reportées dans la figure 5, qui résume les différentes sources de plomb de l'activité humaine et naturelle.

I.2. Utilisation du plomb:

Le plomb a été l'un des premiers métaux utilisés par l'homme, il y'a 7000 ans. Du fait de sa relative disponibilité et de ses propriétés physicochimiques (malléabilité, ductilité, bas point de fusion, propriété anticorrosive). La plus importante des utilisations de plomb environ (72%) entre dans la fabrication des batteries électriques (de démarrage pour automobile, de traction pour chariots automoteurs, batteries stationnaires) (**Gérard, 2001 ; Ramade, 2007**). Le reste est utilisé dans les radiateurs automobiles, munitions, alliages, enrobage de câbles, produit extrudés, feuilles de plomb, soudure, céramique, masse de lestage, réservoirs, tuyaux. Aussi, il est utilisé dans les blindages, les projectiles, la peinture contre la corrosion, la verrerie chimique, le caoutchouc et la soudure. Patterson (1950), avait utilisé le plomb de par ses quatre espèces isotopiques de masse 204, 206, 207 et 208, pour la datation de l'âge de la terre (4.55 milliards d'années) (**Allègre, 1990**). Avec le développement des technologies modernes, le plomb est utilisé pour la protection contre les rayonnements dans la radioactivité médicale, et dans la fabrication d'appareils audiovisuels (**Levesque, 1974**).

L'utilisation du plomb a ensuite explosé au cours de la Révolution industrielle. Pendant la première moitié du XX^{ème} siècle, le plomb a été utilisé dans l'industrie, l'imprimerie et les peintures. Dans la seconde moitié du siècle, l'utilisation dominante était liée aux carburants automobiles (le plomb était ajouté dans l'essence comme antidétonant) puis aux accumulateurs de voitures et industriels. Depuis les années 1970, le développement de nouvelles technologies, la prise en compte des problèmes environnementaux et de santé publique, ont conduit à la diminution ou à l'arrêt de

certaines utilisations du plomb (canalisations, soudure, peinture, pesticides, antidétonnant dans l'essence...). Dans les pays industrialisés, la production secondaire (à partir de la valorisation des déchets) ne cesse de progresser par rapport à la production primaire (à partir de minerai). En 2005, la France a produit environ 300 000 tonnes de Pb dont 94,5 % provenaient du recyclage du métal (Ademe, 2006). Environ 72 % de cette production était destinée à la fabrication d'accumulateurs.

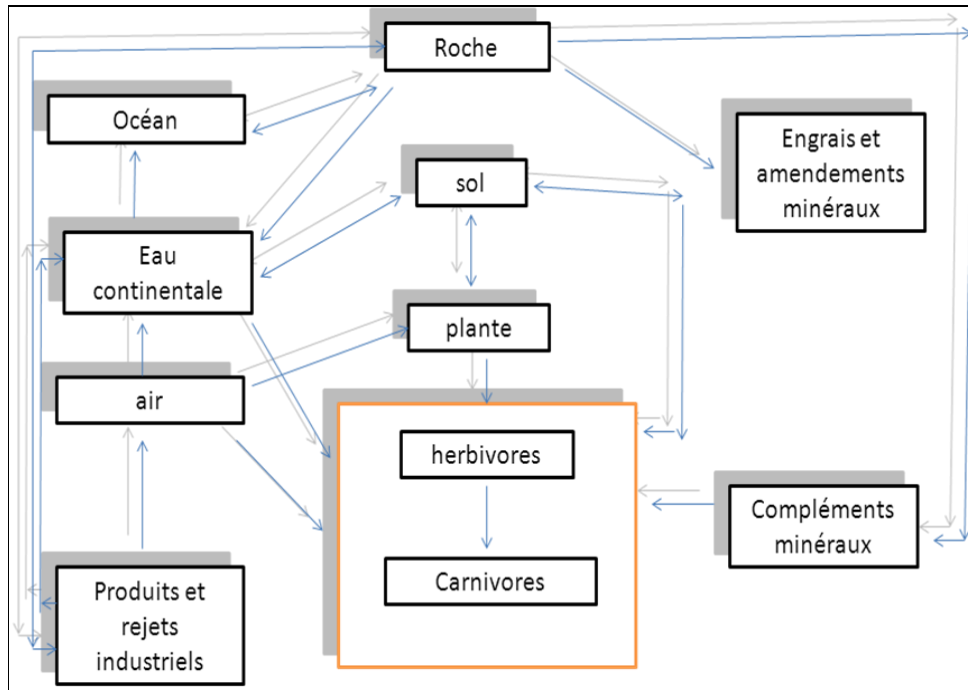


Figure01: Origines de plomb dans la nature selon Lamand *et al.*, In: Cecchi (2008)

I.3 Propriétés physico-chimiques du plomb :

Le plomb, du latin *plombum*, est un métal mou, gris, sans goût ni odeur caractéristique, se trouvant habituellement en petite quantité dans la croûte terrestre. Il appartient au groupe IV b de la classification périodique des éléments. Ses principales propriétés physicochimiques sont présentées dans le Tableau 3. De configuration électronique $[Xe] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$, il possède deux électrons non appariés sur sa couche électronique externe. Cette configuration électronique autorise les degrés d'oxydation (+2) et (+4), en plus de la forme métal (0).

Le cation Pb^{2+} est un acide au sens de Lewis, c'est-à-dire qu'il est susceptible d'accepter un doublet d'électrons venant d'une base, pour former une liaison covalente. C'est également une espèce chargée, susceptible d'interactions électrostatiques avec des ions de signes contraires pour former une liaison ionique (Sposito *et al.*, 1982).

Symbole	Pb
Numéro Atomique	82
Masse atomique	207,2 g.mol ⁻¹
Point de fusion	327 °C
Point d'ébullition	1740 °C
Densité	11,35
Configuration électronique	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Valence	0, +2, +4
Rayons ioniques	
Pb²⁺	0,94 à 1,49 Å
Pb⁴⁺	0,78 à 0,94 Å

Tableau 01: Principales propriétés physico-chimiques du plomb.

I.4. Le plomb et les plantes:

I.4.1. Le plomb dans l'environnement :

Le plomb a une teneur moyenne dans la croûte terrestre de 0,002 % (36^{ème} élément), et est présent dans la plupart des roches mères. La présence naturelle du plomb dans le sol est essentiellement due à sa mise en disponibilité par les processus d'altérations chimiques. En quantité plus faible, le plomb peut être libéré dans l'atmosphère lors de l'activité volcanique ou lors de feux de forêt, et être déposé sur les sols par des retombées atmosphériques. En l'absence de toute action anthropique, les teneurs naturelles moyennes des sols en plomb sont de 32 mg.kg⁻¹ (**Pais and Benton Jones, 2000**). En France, les teneurs naturelles varient entre 9 et 50 mg.kg⁻¹ (**Baize, 1997**). Dans le cas d'anomalies géochimiques, cette teneur peut atteindre plus de 3 000 mg.kg⁻¹, comme dans les paléosols ferrallitiques du Poitou, les "terres rouges".

Les activités anthropiques sont à l'origine d'un flux de plomb très important pouvant conduire à des contaminations locales aiguës. Ce flux représentait, en 1980, 332 000 t.an⁻¹ contre 12 000 t.an⁻¹ d'origine naturelle (**Nriagu, 1990**). Le rapport parlementaire du sénateur Miquel (**Miquel, 2001**) met en évidence que l'enrichissement moyen annuel en plomb des terres émergées, à l'échelle de la planète, s'effectue en grande partie via les retombées atmosphériques (68 %). Toutefois, dans les pays industrialisés, la part des émissions atmosphériques, dans les pollutions au plomb, a fortement diminué. Elle ne représente plus que 33 % en France mesurée sur les sols agricoles, (**SOGREAH, 2007**) soit une baisse de 97 % en quinze ans (**CITEPA, 2007**). Cette diminution s'explique notamment par l'application du protocole d'Aarhus, et surtout par l'interdiction du plomb dans l'essence. Par ailleurs, bien que les pays industrialisés aient fortement réduit leurs émissions en

plomb, la très forte croissance économique de pays comme la Chine ou l'Inde ne permet pas de constater, à l'échelle mondiale, une baisse du flux de plomb d'origine anthropique vers l'environnement (notamment des émissions atmosphériques).

a mis en évidence un flux de plomb des eaux interstitielles vers le sédiment, démontrant ainsi que le plomb reste majoritairement piégé dans le sédiment.

I.4.1.1. Phytodisponibilité du plomb :

Les plantes peuvent absorber le plomb présent dans le sol par l'intermédiaire de leurs racines. Une partie de ce métal, présent dans les retombées atmosphériques ou dans les amendements agricoles (impuretés), peut également être absorbée par leurs feuilles. Cependant, en dehors de zones proches d'installations générant la production de grandes quantités de plomb dans l'atmosphère, la plus grande partie du plomb absorbée par les plantes l'est par absorption racinaire.

I.4.1.2. Distribution du plomb au niveau du sol :

Le comportement du plomb dans la solution du sol (disponibilité au transport ou immobilisation) et aux interfaces solution/solide et solution/plante dépend d'un grand nombre de paramètres biogéochimiques liés à la nature du sol (teneur en argile, pH, capacité d'échange cationique...), au contexte microbiologique, et aux formes chimiques du métal présentes dans la solution du sol ou associées à la phase solide. Ces différents paramètres sont trop nombreux et les interactions trop complexes (Cecchi M, 2008) pour être développées dans cette étude bibliographique. Notons toutefois que la mobilité du plomb va être particulièrement conditionnée par la teneur en phases adsorbantes du sol (matière organique, argile, oxydes...). En effet, ce métal possède une forte affinité pour ces constituants du sol (Ross, 1994). Les différentes interactions avec les composants du sol et la distribution du plomb dans le sol sont résumées dans la Figure 02.

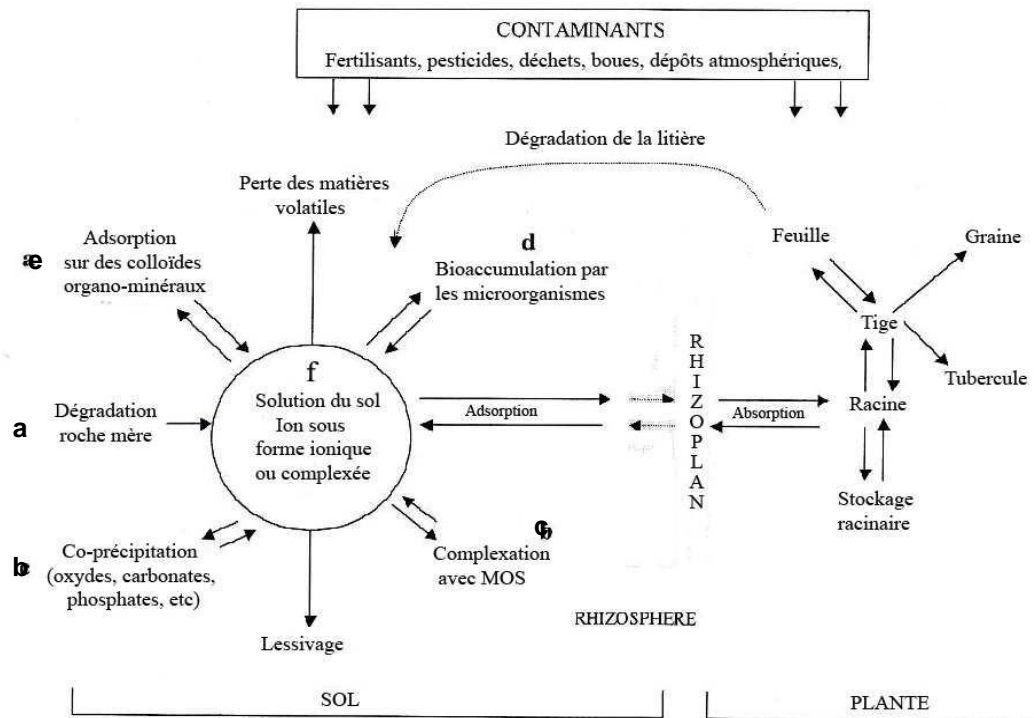


Figure 02 : Dynamique du plomb dans le système sol-plante (adapté d'Alloway, 1995).

Le plomb va ainsi se retrouver :

Inclus dans des minéraux primaires hérités de la roche-mère (**Figure02.a**) ou dans des minéraux secondaires suite à des précipitations ou co-précipitations (**Figure02.b**) notamment avec des oxydes (Fe, Al, Mn), adsorbé à la surface de la matière organique du sol (MOS ; Figure 20.c), adsorbé à la surface des méso et microorganisme du sol ou absorbé par eux (Figure 2), Dans la solution du sol, associé à des colloïdes (Figure 2),

Dans la solution du sol, complexé par des molécules organiques ou sous forme libre. Les principales espèces du plomb présentes dans la solution du sol sont Pb^{2+} , et $PbCO_3$ (**Brgm, 2004**). Ces formes solubles, bien que très minoritaires, ont un rôle fondamental, puisque les racines prélèvent uniquement le plomb dans la solution du sol (**Bourellier and Berthelin, 1998**).

I.5. Impact du plomb sur les végétaux:

I.5.1. Absorption du plomb par la plante :

I.5.1.1. Cas de l'absorption foliaire:

Bien qu'elle ait été peu étudiée par rapport à l'absorption racinaire, l'assimilation du plomb par les feuilles peut représenter une part importante dans le taux de contamination de la

plante. Du plomb peut être apporté sur les feuilles par des retombées atmosphériques, mais également dans les champs par des apports en engrais et pesticides (plomb sous forme d'impuretés). La majorité de ce plomb est lessivée, mais une partie va s'adsorber aux lipides épicuticulaires et être absorbée par les feuilles (**Prasad and Hagemeyer, 1999**). La capacité des plantes à absorber le plomb disponible via leurs feuilles dépend à la fois de l'âge de celles-ci, mais également de leurs morphologies. Les feuilles pubescentes ont en particulier la capacité de fixer et d'absorber ce plomb (**Godzik, 1993**). Dans le cas de « légume-feuilles », comme l'épinard, ou de céréales, comme le blé, exposés à de fortes retombées atmosphériques, la quantité de métal absorbée par les parties aériennes peut atteindre jusqu'à 95 % de la quantité totale absorbée (**Dalenberg and Van Driel, 1990**).

I.5.1.2. Mécanismes d'adsorption sur les racines:

Comme précédemment évoqué, en dehors de certaines zones où la teneur atmosphérique en plomb est importante, ce dernier pénètre majoritairement dans la plante via les racines. Les couches supérieures du cortex racinaire (rhizoderme et collenchyme/parenchyme) constituent une barrière physique contre la pénétration du plomb dans la racine. Le mécanisme, ou plus vraisemblablement les mécanismes par lesquels ce métal arrive à pénétrer dans les racines ne sont pas encore élucidés. Toujours est-il que dans un premier temps le plomb présent dans la solution de sol s'adsorbe à la surface de cet organe. Il peut se lier aux groupements carboxyles des acides uroniques composant le mucilage racinaire (**Glinski and Lipiec, 1990**) ou directement aux polysaccharides présents à la surface des cellules rhizodermiques. Cette fixation en surface permet de restreindre le passage du plomb à l'intérieur de la racine.

La formation de plaques d'oxydes et d'hydroxydes de fer à la surface racinaire est assez courante. Du fait de leur capacité à adsorber de grandes quantités de métaux, ces plaques limitent la pénétration des métaux dans la racine (Otte *et al.*, 1987). Cependant, dans le cas du plomb, ces plaques semblent jouer un rôle de barrière physique moins important que pour d'autres métaux (**Ye et al., 1998**).

Les mycorhizes peuvent également modifier l'adsorption des métaux à la surface des racines (**Hall, 2002**). En effet, les métaux se lient aux parois des hyphes fongiques qui constituent une barrière supplémentaire protégeant le système racinaire du plomb. Toutefois, l'effet protecteur des mycorhizes n'est pas certain et dépend des souches de champignons considérées, des espèces végétales étudiées et de la concentration en plomb du milieu (**Jentschke and Godbold, 2000**).

a. Mécanismes d'absorption racinaire:

Depuis plus de trente ans, du fait des risques de contamination de la chaîne alimentaire par le plomb, l'absorption racinaire a fait l'objet de nombreuses recherches sur diverses espèces végétales.

De ce fait, ces études ont porté essentiellement sur les céréales, comme l'orge et le blé (**Tanton and Crowdy, 1971**), le maïs (**Tung et Temple, 1996**), ou les légumes, comme la laitue (**Glater et Hernandez, 1972**), le radis (**Lane et Martin, 1977**) et l'oignon (**Wierzbicka, 1987**). Ces travaux ont révélé que le plomb, après s'être fixé au rhizoderme, pénétrait dans le système racinaire de façon passive et suivait le système de conduction de l'eau. Cette absorption n'est pas uniforme le long de la racine, puisqu'il existe un gradient de concentration en plomb dans les tissus à partir de l'apex, qui est la zone la plus concentrée (**Tung et Temple, 1996b; Seregin et al., 2004**). Les tissus jeunes, et en particulier la zone apicale (en dehors de la coiffe) où les cellules possèdent des parois encore fines, sont les zones absorbant le plus de plomb (**Wierzbicka, 1987; Tung et Temple, 1996b; Seregin et al., 2004**). Cette région apicale correspond également à la zone où le pH rhizosphérique est le plus bas. Ce pH bas favorise la solubilité du métal et conduit à une élévation locale de la concentration en plomb dans la solution du sol.

Au niveau moléculaire, le mécanisme de pénétration du plomb dans les cellules du rhizoderme n'est toujours pas encore connu. Il semblerait que le plomb puisse rentrer par plusieurs voies d'accès, notamment des canaux ioniques et/ou des transporteurs ioniques. Le plomb profiterait de la non-spécificité de certains de ces canaux/transporteurs et de la très forte différence de potentiel membranaire, pouvant dépasser -200 mV dans les cellules du rhizoderme (**Hirsch et al., 1998**), pour diffuser à l'intérieur de la racine. L'absorption du plomb est donc une absorption passive, mais nécessite une dépense énergétique de la cellule pour maintenir ce potentiel très négatif. Le maintien de ce potentiel s'effectue notamment par l'excrétion de protons dans le milieu extérieur, via des pompes H⁺/ATPase. Dans des blés traités au plomb, l'utilisation de vanadate, un inhibiteur de ces pompes, a permis de limiter fortement l'absorption de ce métal (**Wang et al., 2007**).

L'inhibition de l'absorption racinaire du plomb par le calcium est un phénomène connu depuis longtemps (**Garland et Wilkins, 1981**) et qui semble commun à toutes les espèces végétales. **Huang and Cunningam** (1996) ont, les premiers, évoqué le d'ions Ca²⁺, Mg²⁺ ou K⁺, dans le milieu extérieur, inhibe significativement la pénétration de plomb dans les racines de riz (**Kim et al., 2002**). Chez le blé, l'utilisation d'inhibiteurs de canaux calciques (lanthane) ou potassiques (chlorure de césium) a permis de montrer que ces canaux étaient des voies d'entrée pour le plomb dans la racine (**Wang et al., 2007**).

L'utilisation de plantes mutantes a permis de confirmer ces résultats et de mettre en évidence une famille de protéines transmembranaires, nommées HvCBT1 chez l'orge (**Schuurink et al., 1998**), AtCNGC1 à AtCNGC6 (cyclic nucleotide-gated ion channel) chez *Arabidopsis thaliana* (**Kohler et al., 1999; Leng et al., 1999**) et NtCBP4 (**Arazi et al., 1999**) chez le tabac, qui seraient une de ces voies d'entrée non-sélectives empruntée par le plomb. Ces canaux sont proches de la

famille des canaux ioniques modulés par les nucléotides cycliques non sélectifs aux cations. Cette approche mutante a également permis de découvrir, chez le tabac, un transporteur membranaire, TaLCT1, possédant une faible affinité pour les cations (Low Affinity Cation Transporter ou LCT en anglais). Il modulerait l'absorption de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} et Cd^{2+} et serait une voie alternative d'entrée de Pb^{2+} , lorsque le milieu est faiblement concentré en calcium (Wojas *et al.*, 2007).

D'autres transporteurs transmembranaires, comme la famille des facilitateurs de diffusion cationique (Cation Diffusion Facilitator : CDF), la famille des transporteurs ZIP (ZRT/IRT-like Protein) ou bien encore les Nramps (Natural resistance associated macrophage proteins) sont associés au transport du cuivre, zinc, cadmium ou du manganèse (Hall et Williams, 2003; Colangelo et Guerinot, 2006). Ils pourraient également jouer un rôle dans le transport du plomb, mais aucune étude n'a traité de ce sujet.

b. Le plomb dans la racine et sa translocation vers les parties aériennes :

Une fois pénétrée dans le système racinaire, la très grande majorité du plomb va y rester (Huang and Cunningham, 1996; Huang *et al.*, 1997). Bien qu'il existe quelques espèces capables de transférer de grandes quantités de ce métal vers les parties aériennes, la racine agit comme une barrière très efficace contre les mouvements du plomb à l'intérieur de la plante. Ce phénomène de barrière n'est pas commun à tous les ETM, et son intensité est très spécifique au plomb.

II. Les métaux lourds et leurs effets:

II.1. Généralités:

Les métaux lourds, ou éléments traces métalliques (ETM), sont les éléments de la classification périodique formant des cations en solution. Ces éléments métalliques naturels, métaux ou métalloïdes (Dung Hunh, 2009) ont une densité de $5g/cm^3$, et une masse atomique d'environ 40 (Seregin and Ivanov, 2000).

Les métaux lourds (MT) sont divisés en deux catégories:

- **métaux essentiels** ou oligo-éléments, sont des éléments nécessaires à la vie des plantes et se trouvent en faible quantité tels que: le Fer (Fe), le Manganèse (Mn), le Zinc (Zn), le Cuivre (Cu) et le Molybdène (Mo).

- **métaux non nécessaires**, sont des éléments non indispensables à la vie des plantes et dans certains cas sont toxiques, même à de très basses concentrations dans la plante, de l'ordre du nanogramme ou du microgramme par kilogramme de matière sèche (MS), ils peuvent avoir un effet biologique, c'est le cas, du bore (Br), du plomb (Pb) et du nickel (Ni) et du cadmium (Cd). Bliefert et Perraud, (2009), nous informe que les métaux lourds sont sous différentes formes dans la nature:

- sous forme ionique.

-sous forme de complexes inorganiques et organiques (**Plante *et al.*, 1998**) ou, -en solution ou absorbée sur des colloïdes ou des aérosols.

II.2. Pollution par les métaux lourds

II.2.1. Pollution d'origine naturelle

II.2.1.1. Le sol

Les métaux lourds trouvés naturellement dans la nature (**Dung Huynh, 2009**), proviennent soit de l'éruption volcanique qui est à l'origine de 80% de l'émission naturelle, soit des feux des forêts et les sources biogéniques (Abi Gahanem., 2008). Ils sont transportés par la suite, vers les sols soit par le vent, soit par les eaux de précipitation qui lessivent l'atmosphère et solubilisent les éléments traces métalliques avant de tomber sur les sols. Ou bien le lessivage des surfaces imperméabilisées par le ruissellement des eaux pluviales (**Delmas et Gadras, 2000**). Grâce à ses propriétés d'absorption et d'échange, pH, force ionique, présence de cation compétiteurs, le sol peut retenir jusqu'à un certain seuil de concentration en métaux. Ils sont le plus souvent stockés pendant les périodes sèches, remobilisés et entraînés pendant les périodes de pluie. (**Massoud, 1992; Laperche *et al.*, 2004**). La pollution des sols par les métaux lourds, peut modifier la structure du sol. C'est pour cela, Thorez, en (1998), a établi des valeurs limites des concentrations des ETM admissibles dans les sols (Tableau.02).

Tableau 02: Valeurs limites des concentrations des éléments traces admissibles dans les sols selon Thorez, (1998)

Éléments traces métalliques dans les sols	Valeurs limites par les sols (mg/Kg de MS)
Cadmium	2
Chrome	150
Cuivre	100
Mercure	1
Nickel	50
Plomb	100
Selenium	10
Zinc	300

A titre d'exemple, parmi ces ETM, le plomb, est par importance le 36^{ème} élément constituant l'écorce terrestre. Cette dernière en contient 14.8 mg.Kg⁻¹ de sol (**Laperche, 2004**), c'est-à-dire, 0.002% (**Ceccechi, 2008**) et la concentration de plomb dans le sol dépend la roche considérée

II.2.1.2.L'atmosphère

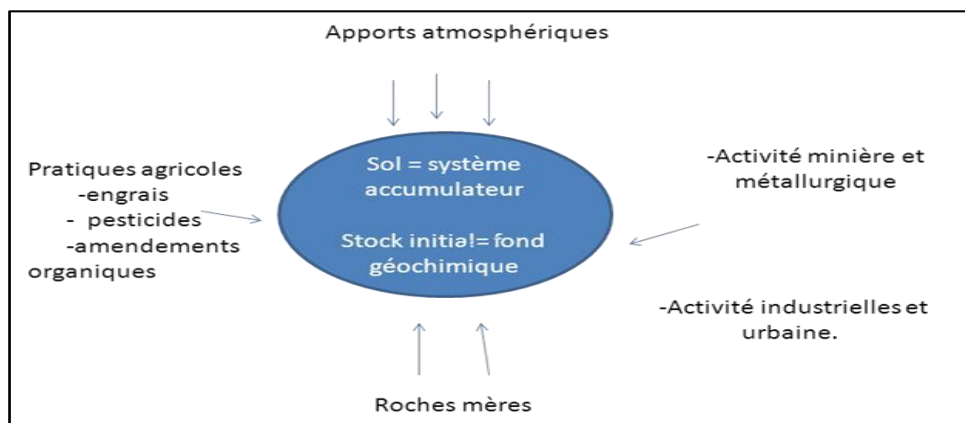
On parle de pollution atmosphérique ou de l'air ambiant, lorsque sa composition se trouve modifiée qualitativement et/ou quantitativement et les métaux lourds modifient relativement la composition de l'atmosphère lorsqu'ils se trouvent en quantités élevées (**Ndoye, 2002**).

Le plomb et le cadmium, à l'instar de la plus part des métaux présent dans l'atmosphère, se retrouvent principalement incorporés dans les particules atmosphériques. Et les concentrations de fond typique sont de l'ordre de 10 ng.m^{-3} pour le plomb et de 0.1 ng.m^{-3} pour le cadmium (**Roustan, 2005**). Sa dispersion dans l'atmosphère dépend de leurs propriétés physico-chimiques (solubilité, réactivité avec les constituants de l'air, etc.) (**Richert et al., 2006**), et aux conditions météorologiques (vent, humidité, soleil) et la topographie locale (altitude, relief, cour d'eau) (**El Yamani, 2006**). Les travaux effectués par (**Czicz, en (2009)**) ont montré que le plomb change les propriétés des nuages et par conséquent, l'équilibre de l'énergie solaire qui affecte notre atmosphère.

II.2.1.3.Dans l'eau

Deux tiers (2/3) de la surface de la planète sont recouverte d'eau, mais 0.03% seulement de cette ressource est utilisable pour les activités humaine (Sébastien, 2005). Avec la pollution par les métaux lourds, le taux d'utilisation de l'eau est réduit, dans les mers, les lacs, et les eaux de ruissellements.

Les MT sont dissouts (**Langlois et Shoterdijk, 1989**) et changent très rapidement de structures chimiques en fonction des caractéristiques de l'eau, du pH, de la température (**Boucheseiche et al., 2002**) et des conditions d'oxydoréduction (**Laurent, 2002**). Les concentrations obtenues varient respectivement de l'ordre de 0.08 à 0.4, et de 1 à $10 \mu\text{g/l}$ dans les eaux de ruissellement (**Semmadi, 1989**), $650 \mu\text{g/l}$ dans l'eau potable (**Laurent, 2001**). En présence de particules minérales et organiques, les ETM migrent vers le fond et se déposent dans les sédiments, en devenant un véritable réservoir de la pollution, source potentielle de contamination.



Figure(03): Schéma simplifié de l'origine des métaux lourds dans le sol, d'après Dung Hung, (2009)

II.3. Effets des métaux lourds sur les végétaux:

II.3.1. Effets sur la germination et la croissance:

L'augmentation du taux des métaux non essentiels dans les plantes exerce une toxicité (**Prasad, 1990**), affectant plusieurs étapes de développement, de la germination à la formation des feuilles. D'une manière générale, la plupart des métaux peuvent inhiber la germination et la croissance racinaire lors des premiers stades de développement (**Dazy, 2008**). Les racines sont les plus sensibles aux MT par rapport à d'autres organes végétaux, parce qu'elles sont les premières cibles de passage et d'accumulation de ces métaux (**Seregin et Ivanov, 2000**), particulièrement, les racines primaires qui sont plus sensibles que les racines latérales (**Obrouscheva et al., 1998**).

LES MT affectent l'élongation racinaire par l'ordre croissant suivant: $Cu > Cd > Fe = Zn > Pb$. Le mercure (Hg) est le métal le plus inhibiteur de la germination. Il provoque une inhibition complète dans les graines de blé et du concombre à des concentrations de 1.7mM et $\geq 1.5mM$ (**Seregin et Kozidzinska, 1998**). Même à faibles doses, le plomb inhibe la germination des grains qui ont les enveloppes perméables comme le petit pois *Pisum sativum* (**Seregin et Ivanov, 2000**). Par contre, les fortes doses conduisent à une inhibition totale de la germination chez le haricot. (**Wixrbicka et obidzinska, 1998**). Signalons par ailleurs, que certaines espèces comme le lin possèdent une forte résistance vis-à-vis de plomb. Celle-ci est sans doute due à une imperméabilité des téguments de son grain (Seregin et Kozidzinska, 1998). Par contre, les autres MT, comme (Cd) et (Se) diminuent le développement des racines de blé cultivé *Triticum aestivum* (**Zembala et al., 2009**). Le niveau d'inhibition de la croissance de blé par le Cd est de 76.2% pour les racines, 62.7% pour les tiges et 55.6% pour les glumes (Jin, 2010).

Les symptômes remarqués pour la croissance, par un excès de cuivre (Cu) sont des chloroses et/ou nécroses des jeunes feuilles (**Ouzounidou et al., 1994**). Une concentration trop élevée en manganèse (Mn) peut entraîner une nécrose de la coléoptile et des jeunes feuilles (**Dazy, 2008**).

D'autres symptômes ont également été observés lors d'exposition à divers MT comme la diminution du nombre de poils absorbants, du diamètre des vaisseaux ligneux, de la taille et/ou vacuolisation du méristème, mais aussi une augmentation de la subérisation et de la lignification (**Prasad, 1999**). Ils résultent un désordre métabolique, provoquant une plasticité des cellules membranaires (**Seregin et Ivanov, 2000**). Le Pb engendre également, des lésions nécrotiques et la sénescence des feuilles (**Patra et al., 2004**) et diminue la croissance de blé tendre (**Zembala et al., 2009**).

II.3.2. Effets sur la photosynthèse

Par l'exposition aux MT, les surfaces foliaires sont réduites et du coup l'accumulation des pigments photosynthétiques est faible (Patra *et al.*, 2004). En générale, la photosynthèse diminue (Seregin et Ivanov, 2000) et également le rendement photosynthétique peut chuter de plus de 50% (Bazzaz *et al.*, 1975). Cette diminution est due à l'altération de l'appareil photosynthétique comme le cas du cadmium et du cuivre, qui sont aussi capables d'altérer la structure et la composition des membranes des thylakoïdes (Lidons *et al.*, 1993).

En revanche, le plomb peut entraîner des changements de la composition lipidique membranaire et perturbe en particulier les flux de la chaîne photosynthétique de transport des électrons (Pourrut, 2008), conduisant ainsi à l'inhibition de la synthèse des pigments de la chlorophylle et des caroténoïdes (Seregin et Ivanov, 2000). La chlorophylle (b) semble plus sensible que la chlorophylle (a) (Vodnik *et al.*, 1999). Toutefois, cette sensibilité varie en fonction des espèces. Ainsi que le photosystème II (PS.II) qui est plus sensible que le photosystème I (PS.I) (Tableau.5).

Il est la cible principale des MT comme le montre la figure 6 (Chugh et Sawhey, 1999).

II.4. Modes de contamination par les métaux lourds:

II.4.1. Contamination au niveau des racines:

Selon (Baize *et al.*, (2005) le plomb est considéré par tous les auteurs comme très mobile et très peut phytodisponible. Mais il faut signaler l'exception notable des podzolsols par lesquels le processus naturel de transfert de composés organométalliques (Fe-Mo ou Al-Mo). En effet, les plantes absorbent les métaux contenu dans le sol via le système racinaire ; dans la surface, le plomb s'unit avec les composés carboniques de mucilage des acides uroniques (Seregin et Ivanov, 2000).

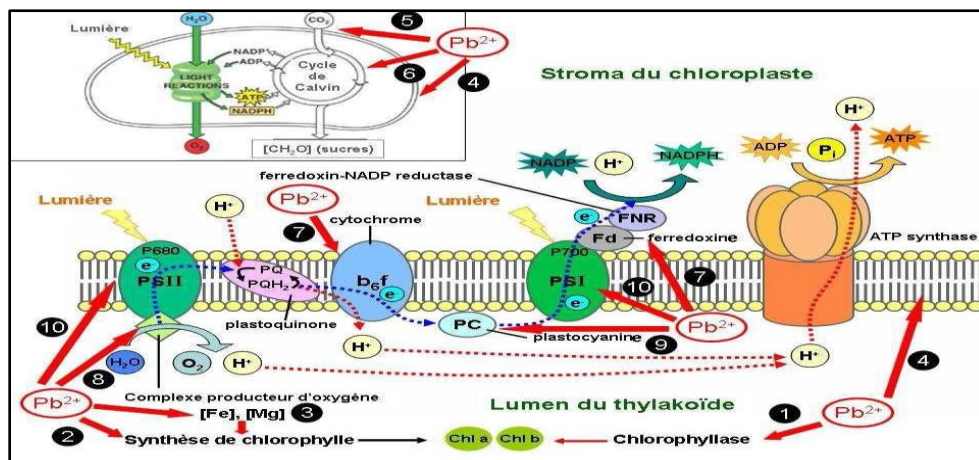


Figure04: Les interactions possibles avec le plomb dans la photosynthèse d'après Pourrut, (2008)

Dans d'autres travaux de recherche, il est mentionné que le transfert des métaux lourds du compartiment sol vers les plantes se fait par diverses voies et souvent liés à de nombreux micronutriments (**Patra et al., 2004**):

Métal classe A: (K, Ca, Mg) préfère se lier aux oxygènes riches.

Métal classe B: (Hg, Pb, PC, Au): préfère se lier aux sulfure et nitrogène.

Autres métaux: (Cd, Cu, Zn).

II.4.2. Contamination aérienne (voie foliaire) :

La contamination des végétaux par les métaux lourds, vient avant tout des parties aériennes, les poussières contenant des métaux lourds ne pénètrent pratiquement pas les plantes, mais elles s'y accumulent en formant un dépôt inerte à leur surface. Et elles peuvent pénétrer sous certaines conditions de précipitation et d'acidité (**Lefèvre, 1998.**)

III. Caractères Généraux Des Céréales:

III.1. Généralités :

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylacé, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques. La plupart des céréales appartiennent à la famille des Graminées (ou Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées : blé, orge, avoine, seigle; les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho, millet. Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des polygonacées. (**Bellebcir, 2008**)

III.2. Importance et évolution comparées des diverses céréales :

a) Le blé vient en tête avec 227 millions d'hectares et 3 300 millions de quintaux.

Les principaux producteurs sont :

- l'Europe avec 730 millions de quintaux (près du 1/4 de la production mondiale),
- l'U.R.S.S. avec plus de 930 millions de quintaux (1/4 de la production mondiale),
- les U.S.A. avec 430 millions de quintaux (1/7 de la production mondiale).

On notera que les six pays de la CEE totalisaient en 1968, 323 millions de quintaux, les plaçant au troisième rang des producteurs mondiaux.

Par rapport à 1938, on note une augmentation de 25 % des surfaces et 84 de la production.

b) Le riz vient au second rang avec 130 millions d'hectares et 2 840 millions de quintaux.

Les surfaces et la production sont en très nette augmentation (53 et 87 respectivement). c) Le maïs, avec 103 millions d'hectares et 2,5 milliards de quintaux, vient sensiblement au même rang

que le riz mais accuse un taux d'accroissement de la production plus considérable encore. Pratiquement la production du maïs a plus que doublé en 25 ans.

Cet accroissement est lié principalement à l'apparition d'un type nouveau et beaucoup plus productif de variétés, les « maïs-hybrides ».

d) L'orge. Depuis 1964 la production mondiale d'orge a atteint le milliard de quintaux (avec l'URSS).

Comme pour le maïs, celle-ci a plus que doublé en 25 ans; l'accroissement des surfaces (+ 53 %) et celui des rendements (+ 43 %) y ont parallèlement contribué.

III.3. Présentation et description des plantes de l'orge:

III.3.1. Description de la plante d'orge:

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est une plante annuelle, autofécondée très semblable au blé dans la morphologie de ses organes végétatifs et floraux. Contrairement au blé, où l'on retrouve plusieurs niveaux de ploïdie, l'orge spontanée et l'orge cultivée sont des espèces diploïdes possédant le même nombre chromosomique ($2n = 14$). Cette espèce, bien qu'appartenant à la même tribu (*Triticeae*) que le blé, est placée dans la sous-tribu *Hordeinae* du fait de différences au niveau de la structure de ses épis. Contrairement à l'épi de blé (et ceux d'autres genres de la sous-tribu *Triticinae*) qui n'a qu'un seul épillet inséré à chaque nœud du rachis, l'épi d'orge comportent deux épillets par nœud. Chaque épillet d'orge produit une seule fleur fertile, contrairement aux épillets de blé qui peuvent produire de 3 à 5 fleurs chacun. Cependant l'orge et le blé sont génétiquement assez proches pour permettre la production d'hybrides inters géniques sous conditions expérimentales, bien que la fertilité des plants hybrides obtenus soit très réduite. Les variétés d'orge sont regroupées d'après les caractéristiques de leurs épis, en orges à six rangs et en orges à deux rangs. Les orges à six rangs comportent des épillets fertiles regroupés par trois sur chaque plan de l'axe vertical de l'épi. Les deux épillets latéraux des orges à deux rangs sont stériles et ne produisent qu'un seul caryopse par groupes de trois épillets. Dans ce dernier cas, l'épi apparaît comme un épi distique quand on l'observe sur le plan transversal. Autrement, les caractéristiques végétatives et florales de l'orge sont similaires à celles du blé (Kadi, 2012).

III.3.2. Composition biochimique et valeurs nutritives de l'orge :

L'orge fait partie de l'alimentation humaine depuis plusieurs milliers d'années, bien qu'elle soit relativement peu consommée dans notre quotidien. Céréale aux multiples usages, elle entre dans la fabrication du malt. Dans les pays asiatiques, comme le Japon et la Corée, on consomme aussi une

boisson faite à base de feuilles de thé et de graines d'orge. Sous forme de graines, on retrouve notamment l'orge mondé, dont la première enveloppe extérieure a été retirée, mais qui conserve le son et le germe. On retrouve aussi l'orge perlé, dont les graines ont subi de multiples abrasions et perdu le germe ainsi qu'une plus grande couche extérieure, et avec lequel on peut faire des farines. L'orge mondée est plus nutritif, car il a conservé la plus grande partie de ses nutriments (**Kadi, 2012**).

Les glucides représentent environ 80% de la matière sèche des graines et sont constituées essentiellement d'amidon localisé au niveau du caryopse. Il constitue la principale source d'énergie dans les graines d'orge. La cellulose est principalement concentrée dans les glumelles (50 à 60%), les enveloppes du grain et les parois cellulaires de la couche d'aleurone. Elle représente 5 à 8% en moyenne de la matière sèche. L'orge a une teneur en matières grasses moins élevée que celle du maïs, du sorgho ou de l'avoine. Les teneurs moyennes observées varient de 1,5 à 2,5 %. Sa teneur en acide linoléique est nettement inférieure à celle du maïs et à celle de d'autres céréales. Un apport complémentaire de cet acide gras essentiel dans les aliments à base d'orge est parfois recommandé (**Iav, 1999**).

L'orge demeure une céréale relativement pauvre en protéines par rapport, au blé ou au triticale mais sa teneur reste supérieure à celle du maïs. La teneur en protéines est influencée par la variété, et son mode de culture. Les protéines de l'orge présentent un profil en acides aminés mieux adapté aux besoins d'animaux que celui du maïs ou du blé (**Iav, 1999**).

Les teneurs en calcium et en sodium sont légèrement supérieures à celles du maïs. L'orge demeure une céréale relativement pauvre en ces éléments. L'orge est aussi une source de phosphore, de magnésium, de fer, de zinc, de manganèse, de cuivre et de sélénium (**Vanier et al., 2006**).

On retrouve également beaucoup de molécules antioxydantes dans l'orge ; parmi lesquelles on compte :

- **La vitamine E** : l'orge contient différentes variantes de la vitamine E (tocotriénols, tocophérols) (**Panfili et al., 2003**). Chez l'humain, plusieurs études ont indiqué que les effets des tocotriénols ont la capacité d'inhiber la prolifération de cellules cancéreuses, principalement celles du sein. Des études chez l'animal ont observé un effet neuroprotecteur même en très petite quantité, et cette molécule est vue comme prometteuse pour la protection des cellules cérébrales humaines. Enfin des études chez l'humain et l'animal ont démontré un effet hypocholestérolémiant (**Sen et al., 2004**).

- **Les composés phénoliques (flavols) :** l'orge contient plusieurs composés phénoliques (**Goupy et al., 1999 ; Bonoli et al., 2004 ; Etoh et al., 2004**). Parmi ces divers composés, les flavols (appartenant à la famille des flavonoïdes) seraient ceux qui se trouvent en plus grande proportion dans les graines d'orge, pouvant atteindre une quantité totale d'environ 225 µg/g selon la variété de la graine (**Goupy et al., 1999**). Une étude in vitro a observé des effets bénéfiques en exposant des cellules cancéreuses à un type de flavol extrait du son d'orge, et les auteurs de l'étude voient en cette céréale un intérêt potentiel pour contribuer à la prévention du cancer (**Tamagawa et al., 1998**).

III.4. Principaux stress environnementaux auxquels les céréales confrontées (stress abiotiques et biotiques) :

Les stress environnementaux sont qualifiés d'abiotiques, par opposition aux stress biotiques induits par des organismes vivants. La notion de stress implique, d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animal ; et d'autre part une réaction sensible de l'individu sans les différents aspects de sa physiologie. Cette réaction change sensiblement avec une adaptation à la nouvelle situation, soit à la limite, une dégradation menant à une issue fatale (**Leclerc, 1999**). En effet, le végétal possède des mécanismes qui peuvent empêcher ou retarder l'action de la contrainte, mais si la contrainte atteint le contenu cellulaire, il devra réagir et montrer une « tolérance » puis une « adaptation » (**Rached-Kanouni, 2013**).

Les plantes des céréales sont généralement soumises à des stress qui se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (**Wang et al., 2001 ; Araus et al., 2002**). Du fait de leur caractère immobile, les plantes ont développé un ensemble de mécanismes multifactoriels qui leur permettent de percevoir et de répondre spécifiquement aux différentes contraintes auxquelles elles sont soumises. Parmi ces contraintes, on trouve les stress biotiques (champignons, bactéries, virus ...) (**Léger, 2010**), et abiotiques (blessures, pollutions, salinité, sécheresse, températures extrêmes, métaux lourds,...) (**Gomez et al., 2005**).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

I. Matériel et méthodes :

Le chapitre matériel et Méthodes de cette étude décrit le protocole expérimentale mise en œuvre pour l'évaluation de l'effet du plomb sur la germination et sur la croissance de la plante de l'orge et déterminer la concentration du plomb que l'orge peut l'accumuler sans modification sur les paramètres physiologique et biochimique

I.1. Matériel végétal :

La variété de l'orge (*Hordeum vulgare* cv. Saida) constitue la base de l'alimentation algérienne d'où leur grande consommation. Les graines sont fournies par ITGC de Saida. Le choix de cette plante revient à leur haut rendement et sa résistance à divers contraintes. Les paramètres phénologiques, les paramètres morphologiques et le degré de tolérance aux stress abiotiques sont dans le tableau ci-dessous :

Variété	Origine	Caractéristiques agronomiques et culturales	Caractéristiques technologiques	Résistance aux maladies et aux différentes conditions climatiques
SAIDA	Variété d'orge locale	Rendement élevé (elle occupe 72% du sol semencier de l'orge) (INRAA, 2006)	- PMG : élevé - Mitadinage : résistante	- Rouilles : moyennement sensible - Oïdium : très sensible - Résistante à la sécheresse et au froid

Tableau.03 : les caractéristiques agronomiques de la variété de l'orge Saida.

I.2. Condition de l'essai:

I.2.1. Conduite de l'essai et traitements:

Les essais ont été menés au niveau du laboratoire de biologie végétale de l'université de Saida. Les graines (Fig.1) ont été sélectionnées et désinfectées à l'eau de javel 2% pendant 5 minutes, pour éliminer toute contamination fongique. Puis rincées rigoureusement et abondamment à l'eau distillée 2 fois pendant 5 min. elles sont ensuite, mises à germer dans des boîtes de pétri sur papier filtre. Une semaine après, les plantules ont été transplantées dans des pots en plastique remplis avec la même quantité de substrat (2/3 tourbe et 1/3 sable) et arrosées avec une solution nutritive (Tab.4).

les grains et les plantules sont traitées par le métal (acétate de plomb $Pb(CH_3COOH)_2$)

Des tests de germination ont également été réalisés contenant des concentrations de: 0.3 0.5 1 et 2 Mm de plomb afin de déterminer la dose létale. Les comptages, effectués au bout de 5 jours,

La nutrition hydrominérale des plantes est assurée par l'arrosage fait quatre fois par semaine à l'eau distillée (pour les lots témoin), avec les solutions du Pb (pour les plantes stressées) on arrosé avec solution nutritive et les différentes concentrations du plomb alternativement durant 30 jours.



Figure (05) : la selection des graines

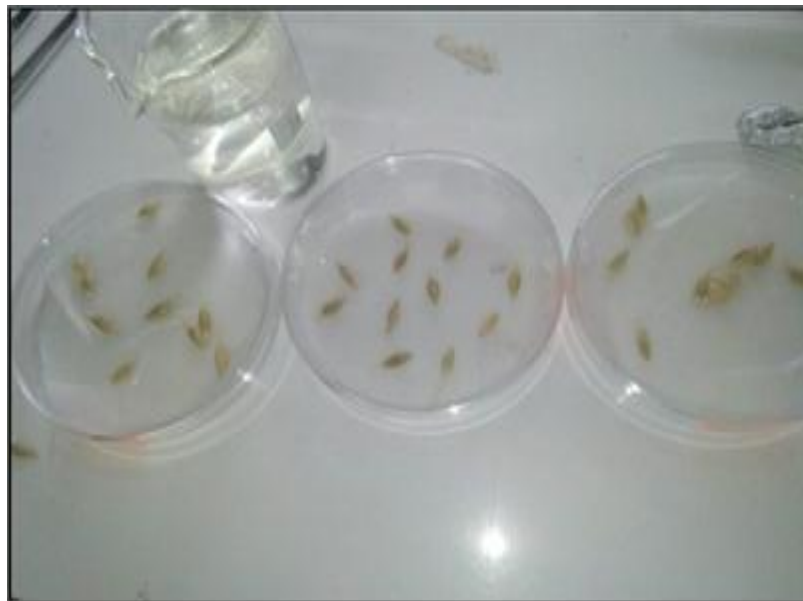


Figure (06) : Germination (10 graines par boites de pétri)

Tableau (04): Composition de la solution nutritive utilisée dans la culture hydroponique des céréales (Hoagland, 1938).

Eléments chimiques	Concentrations (mg.L ⁻¹)
(NH ₄)SO ₄	48,2
MgSO ₄	65,9
KH ₂ SO ₄	15,9
KNO ₃	18,5
Ca(NO ₃) ₂	59,9
KH ₂ PO ₄	24,8
Fe citrate	6,8
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0,9
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,11

I.2.2. Le substrat : Le substrat utilisé est constitué du mélange du sable et de terreau industriel à des proportions respectives de 1 volume de sable avec deux volumes de sol. Avant d'utiliser le sable, il doit subir plusieurs opérations de préparation, en premier lieu il a été tamisé avant d'éliminer les débris végétaux et animaux pour obtenir du sable fin, puis rincé abondamment à l'eau de robinet, ensuite trempé dans une solution de HCl diluée dans l'eau distillée de 1/5 pour éliminer les sels (chlorures, les carbonates), le sable est ensuite rincé plusieurs fois par l'eau distillée, et séché à l'air libre.



Figure (07) : préparation du substrat



Figure (08) : Transplantation des plantules après germination

I.2.3. Récolte et préparations des plantes:

Les plantes sont récoltées après 1 mois de traitements. Une fois débarrassées de leur substrat, les racines sont rincées dans l'eau distillée, puis séchées sur du papier filtre. Pour chaque plante, deux échantillons : la partie aérienne (les feuilles et les tiges) et la partie souterraine (les racines).

I.3. Paramètres étudiés :

Les mesures effectuées sur les paramètres morphologiques des plantes (nombre de feuilles et racines, hauteurs de parties aériennes et racinaires) ont été réalisées chaque semaine de l'exposition au plomb. Par ailleurs l'étude des paramètres physiologiques, biochimiques et histologiques a été réalisée à la fin de l'expérimentation.

I.3.1. Paramètres morphologiques :

I.3.1.1. Taux moyen de germination :

Il est exprimé par le pourcentage des graines germées par rapport au nombre total des graines par boîtes de pétri. Rappelons que la germination des grains est considérée positive quant les radicules atteignent 5mm de longueur (kaur et Duffus, 1989)

$$\text{Taux de germination \%} = \left(\frac{\text{NG}}{\text{NGG}} \right) (100)$$

NG: nombre de graines germées.

NGG: nombre de graines mises à germer.

I.3.1.2. Taux moyen de germination :

Vitesse de germination :

La vitesse de germination est déterminée par la formule suivante (**Haddad, 2001**) :

$$VG : (ngg \text{ 1}^{\text{er}} \text{ jour})/1 + (ngg \text{ 2}^{\text{ème}} \text{ jour})/2 + \dots + (ngg \text{ n}^{\text{ème}} \text{ jour})/n$$

VG : vitesse de germination.

Ngg : nombre de graines germées.

I.3.1.3. Mesure des paramètres de croissance :

▪ Nombre moyen des feuilles :

Le nombre de feuilles de chaque plant a été déterminé à partir de la deuxième semaine durant l'expérimentation.

▪ Longueur moyen des feuilles :

La hauteur des feuilles de chaque plante a été mesurée chaque 2 jour durant l'exposition au plomb.

▪ Nombre moyen des racines :

Chaque graine qui a germé est retirée de la boîte de Pétri puis le nombre de racines est déterminé. Le nombre moyen de racines est établi pour chaque graine, pour chaque condition de traitement et pour le temps de germination.

▪ Longueur moyenne des racines :

Les graines sont délicatement retirées des boîtes de Pétri puis à l'aide d'un crayon on marque les extrémités de chaque racine pour mesurer ensuite sa longueur.

I.3.2. Paramètres biochimiques:

I.3.2.1. Détermination des concentrations des pigments photosynthétique :

Les concentrations des chlorophylles a, b ont été évaluées en adoptant la méthode donnée par **Arnon (1949)**. Les mesures optiques ont été mesurées à des longueurs d'onde de 663 et 645 nm.

0,5 g des feuilles coupés dans un mortier maintenu à la glace + une pincée de sable stérilisé et une pincée de carbonate de calcium (CaCO₃) pour neutralisée l'acidité du milieu

- L'ensemble est broyé avec 4ml d'acétone à 95 %
- Le broyat est centrifugé à 2500 t /5min
- 1ml de surnageant est prélevé + 4ml d'acétone à 95 % (En agitant bien le mélange).
- La densité optique (Do) des extraits pigmentaires est lue respectivement à 645 et 663 nm

Les concentrations en mg /l de solutés des chlorophylles sont données par les formules suivantes (Taffouo *et al*, 2008)

$$\begin{aligned} \text{Ch a} &= 12,7 - 2,69 x & \text{Où :} \\ \text{Ch b} &= 22,99 x - 4,68 y & x : \text{ est l'absorbance de chlorophylle à } 645 \text{ nm .} \\ \text{Ch (a+b)} &= 20,21 x + 8,02 y & y : \text{ est l'absorbance de chlorophylle à } 663 \text{ nm} \end{aligned}$$

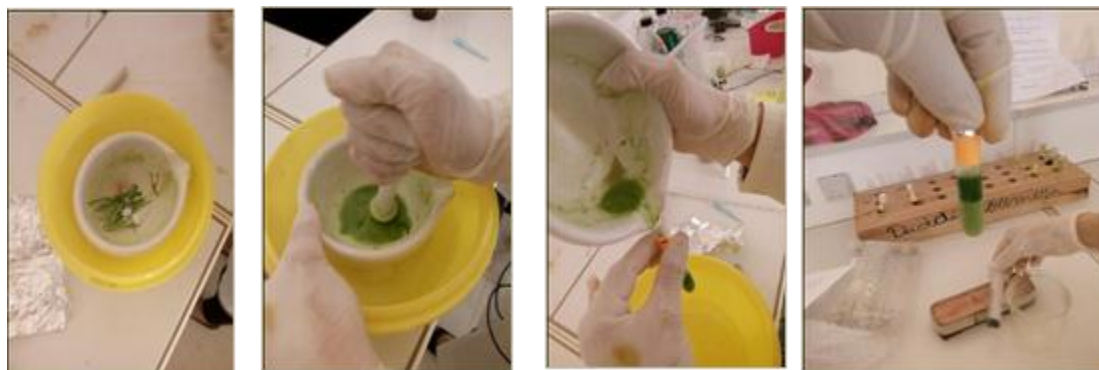


Figure (09) Méthode de préparé le dosage des pigments photosynthétique

I.3.2.2. Détermination de la concentration des Malondialdéhyde (MDA):

Le principe de ce dosage est basé sur la concentration de MDA en milieu acide et à chaud avec l'acide thiobarbuturique. La réaction entraîne la formation d'un complexe de couleur rose entre deux molécules d'acide thiobarbuturique qui peut être donc mesuré par spectrophotométrie d'absorption à 532 nm.

Préparation de l'échantillon

- (0.5) g d'échantillon frais (feuilles et racines)
- 4ml d'acide trichloracétique (TCA à 1%)= (1g dans 100ml d'eau distillé)
- Centrifuger à 10000 t pendant 10 min
- 2 ml de surnageant est ajouté à 2 ml de TBA à 0.50% (P/V) préparé du TCA à 20%

(0.5 g de TBA dans 100 ml de TCA à 20%)

- Chauffer dans un bain marie a 100°C pendant 30 min
- Placer dans un bain glacé
- Centrifugation à 1000 t pendant 10 min
- Surnageant pour mesurer l'absorbance par spectrophotomètre à 532 nm

Calcul de la concentration

La concentration de MDA est calculée en utilisant son coefficient d'extinction molaire

$$\varepsilon = (155 \text{ Mm}^{-1} \text{ Cm}^{-1})$$

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{mol/l}$

- $DO = \epsilon \times c \times l$
- ϵ : Coefficient d'extinction molaire du produit coloré (unité = $M^{-1} \cdot cm^{-1}$)
- C : Concentration molaire du produit coloré ((unité = M (mol/l))
- L : Longueur du trajet optique = 1 cm (unité = 1)

I.3.2.3. Détermination de la concentration de proline :

La Proline a été dosée par la méthode de Troll et Lindsley (1955), modifiée par Monneveux et Nemmar (1986)

Préparation de l'échantillon :

- 100mg d'échantillons coupés en petit morceaux
- Introduit dans un tube à essai
- + 2ml de méthanol à 40% L'ensemble est chauffé au bain marie à 85°C pendant 60min
- Les tubes sont fermés pour éviter la volatilisation de l'alcool
- Après refroidissement
- On prélève 1ml d'extrait auquel est ajouté 1ml d'acide acétique (CH_3COOH), 1ml d'un mélange contenant (12ml d'eau distillée, 30ml d'acide acétique, 80ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4 , densité 1.7) et 25mg de la ninhydrine
- La solution est portée à ébullition pendant 30min, elle vire progressivement au rouge
- Après refroidissement
- On ajoute 5 ml de toluène à la solution, après agitation 2 phases se forment:
 - *la phase inférieure sans proline
 - *la supérieure qui contient la proline est récupérée et déshydratée par l'adjonction de Na_2SO_4 anhydre
- La densité optique est déterminée par un spectrophotomètre à la longueur d'onde 528nm.
- Enfin les valeurs obtenues sont ensuite reportées sur la courbe d'étalonnage:
La gamme étalon se fait par un mélange (acide acétique, eau distillée, acide orthophosphorique et ninhydrine.)
 - L'équation permettant l'obtention de la courbe d'étalonnage est $Y = 0.027X$



Figure (10) Méthode de préparé le dosage de proline

I.3.2.4. Détermination de la concentration des sucres solubles totaux :

Les sucres solubles sont dosés selon **Dubois et al, 1956**.

- 100 mg de racines ou feuilles mise dans des tubes à essai.
- L'extraction des sucres solubles se fait après macération du végétal dans de l'éthanol à 80 % (2ml) pendant 48 heures à l'obscurité.
- Au moment du dosage, les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool.
- Dans chaque tube, on ajoute 20 ml d'E .D à l'extrait (C'est la solution à analyser).
- Dans des tubes à essai propres, on introduit 1ml de la solution à doser auquel on ajoute 1ml de phénol à 5%
- Les tubes sont soigneusement agités.
- Ajouter à l'aide d'une pipette 5ml d'acide sulfurique concentré 96%.(attention le mélange chauffe beaucoup)
- Vortex, les tubes sont maintenus à 100°C pendant 5 min.
- Refroidir les tubes dans un bain glacé.
- Placer les tubes à l'obscurité pendant 30 min.

Les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 492 nm ou 480 nm.

La courbe d'étalonnage est réalisée selon l'équation suivant : **Y=3.868 X**

I.3.2.5. Dosage des protéines :

Les protéines sont dosées selon la méthode de **Bradford (1976)**, qui utilise le bleu brillant de Coomassie G250 comme réactif et le sérum d'albumine bovine (BSA) comme standard.

Le dosage s'effectue en 3 étapes:

1.Préparation de l'échantillon: (0.1g) de l'échantillon (racines et feuilles) de chaque concentration est broyé dans un mortier avec 5ml d'eau distillée, puis filtré et versé dans des tubes avec 5 autres contenant de l'eau distillée.

2. Préparation de réactif de Bradford: Pour préparer ce réactif, il faut prendre 0.1g de BBC (Bleu brillant de Coomassie), lui ajouter 50ml d'éthanol à 95% puis le placer sur un agitateur pendant 2 heures. Rajouter ensuite 100ml d'acide ortho phosphorique à 85% et compléter à l'eau distillée jusqu'à 1 litre.

3. Préparation de la solution mère :

Solution mère de BSA (Albumine Sérum de Bœuf) à 1mg / ml dans de l'eau distillée.

- BSA = 1mg
- Eau distillée = 1 ml

Réalisation de la gamme détalonnage :

Tube à essai	1	2	3	4	5	6
BSA (µl)	0	20	40	60	80	100
H2O distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
BSA (µg)	0	20	40	60	80	100

- Agiter les tubes par vortex.
- Lecture des absorbance à une longueur d'onde de 595 nm \Rightarrow Coloration bleue.

Dosage des échantillons :

- 100 µl du surnageant + 4 ml de BBC.
- Agiter les tubes par vortex.
- Lecture des absorbance à 595 nm
- Contre un blanc avec 100 µl d'eau + 4 ml de BBC.

CHAPITRE III:

Résultats Et Discussion

Résultats et discussion

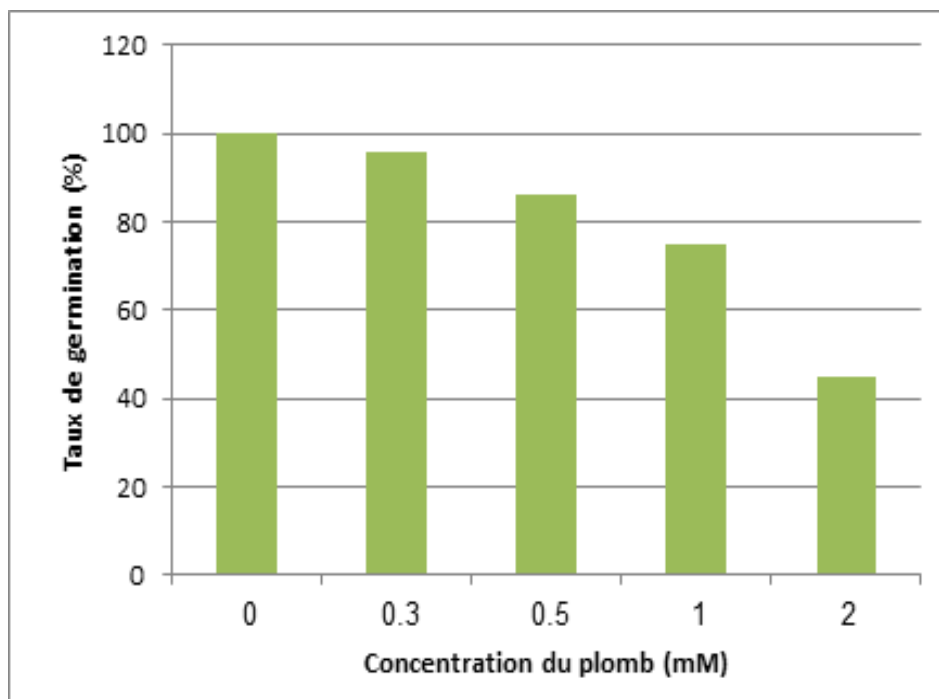
Cette partie comporte les résultats de :

l'effet du plomb sur quelques paramètres morphologiques et biochimiques de l'orge (*Hordeum vulgare*).

I. Effet du plomb sur les paramètres morphologiques :

I.1. Effet du plomb sur le taux germination

Quatre concentrations en plomb (0,3, 0,5, 1 et 2mM) et un témoin (eau distillée) ont été testés pour la germination de l'orge dans des boîtes de pétri pendant 5 jours :

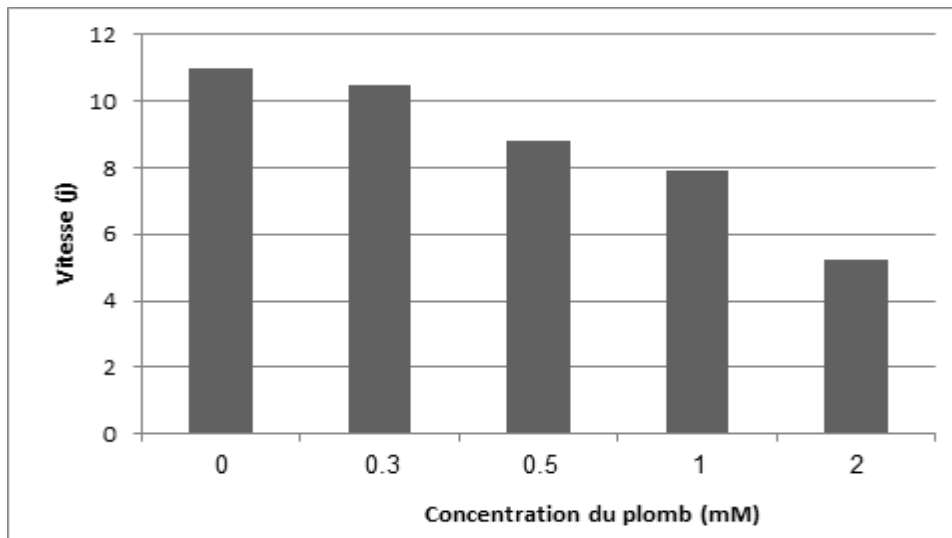


Figure(11): Taux de germination des graines en fonction de la concentration en plomb après 5 jours d'exposition.

L'observation des résultats (**Figure11**) montre que le témoin (grains inibé par l'eau distillée) présente la bonne faculté germinative avec un taux de germination 100%, puis suivie par une diminution de taux de germination avec des concentrations croissantes en plomb pour atteindre 45% pour la concentration la plus élevée (2mM).

A l'échelle macroscopique, le plomb entraîne des effets néfastes sur les plantes. En premier lieu, la germination est fortement inhibée par les ions Pb^{2+} à de très faibles concentrations (**Mishra et al., 1998 ; Tomulescu et al., 2004**). De plus fortes doses conduisent à une inhibition totale de la germination chez les espèces végétales (**Wierzbicka et al., 1998**).

I.2. Effet du plomb sur la vitesse de germination



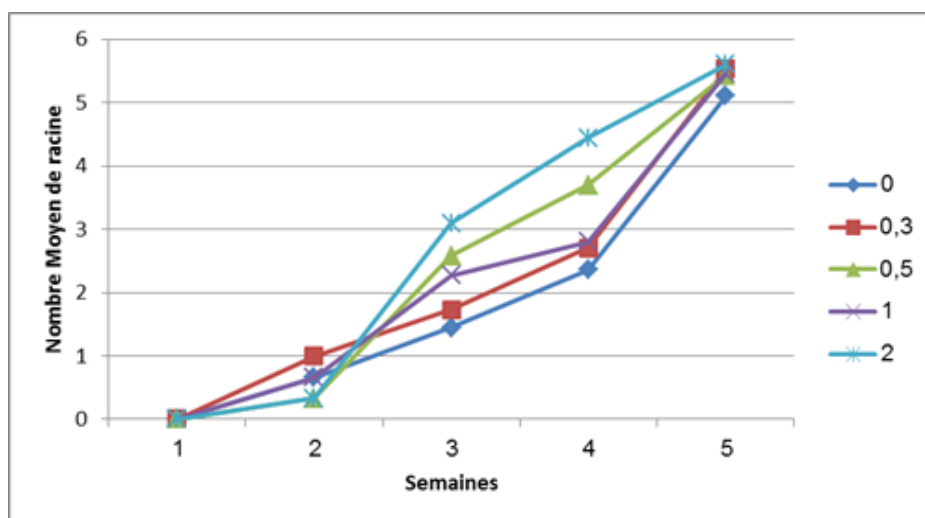
Figure(12): La vitesse de germination des graines en fonction de la concentration en plomb après 5 jrs d'exposition.

Durant de cet essai on remarque une diminution de la vitesse de germination avec l'augmentation de concentration de plomb, donc on peut dire que le plomb ralentise la germination, le témoin présente un bonne vitesse de germination (11jour). Selon les travaux de (**Hamoum, 2003**) sur le blé qui fait partie de même genre de l'orge, il a montré que le plomb influe la vitesse de germination des graines.

I.3. Effet du plomb sur la croissance:

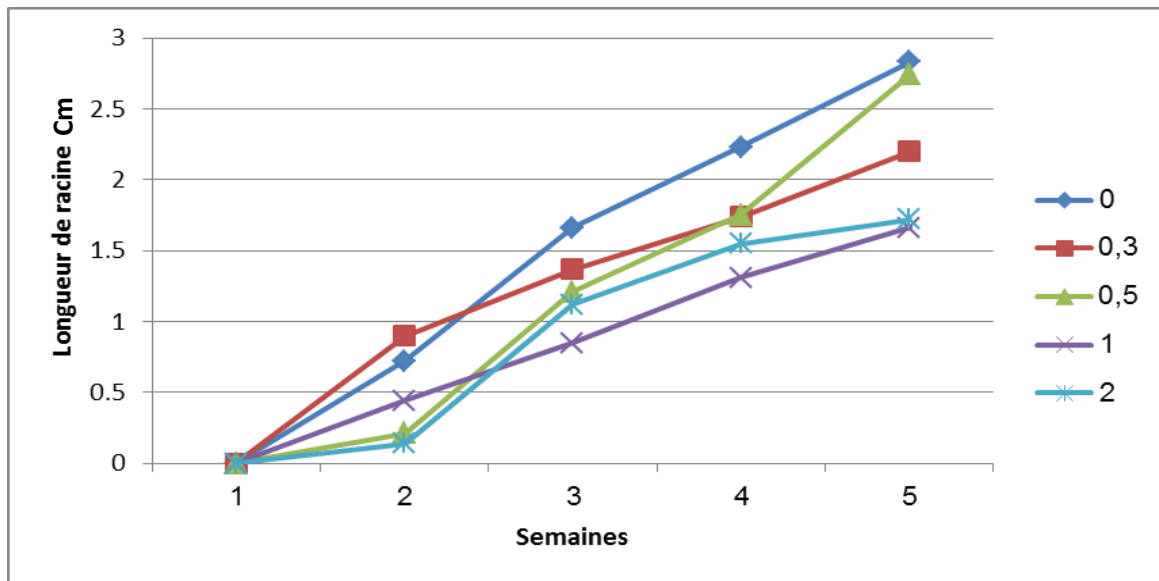
I.3.1 Effet du plomb sur le nombre moyen des racines :

Le traitement par les différentes concentrations du plomb n'affecte pas le nombre de racines pendant toute la durée de croissance (**figure13**)



Figure(13): Effet du plomb) sur l'évolution de nombre moyen des racines.

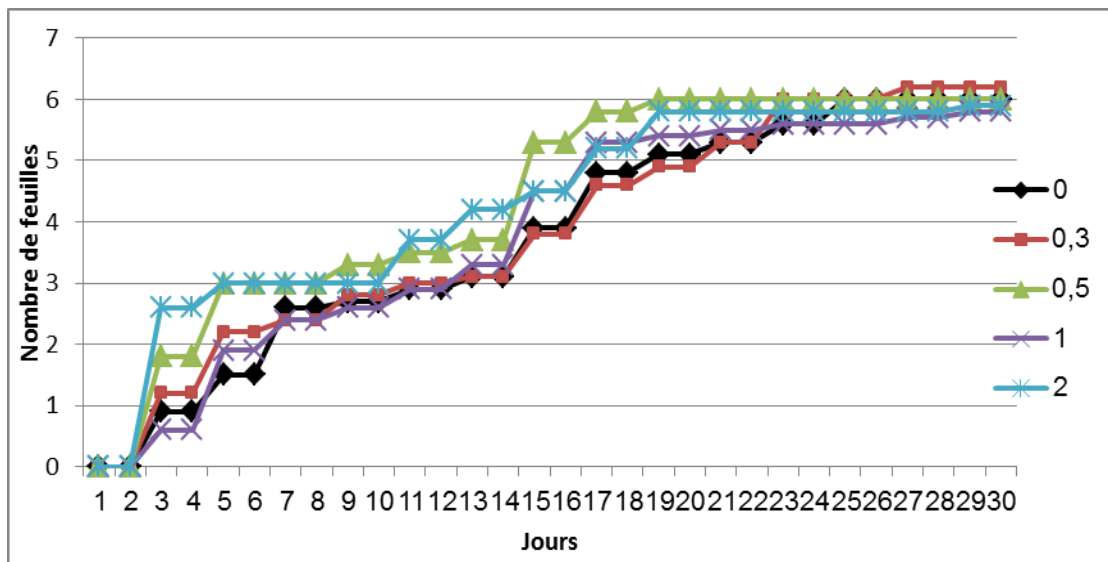
I.3.2.Effet du plomb sur la longueur de racines:



Figure(14): Effet du plomb sur l'évolution de longueur des racines

Le système racinaire est aussi perturbé de manière visible par le traitement de plomb surtout avec l'augmentation de concentration, on a observé une diminution de la longueur (1 et 2mM). La longueur de la racine principale est réduite par rapport aux témoins et les racines secondaires sont beaucoup plus petites. En effet l'élongation racinaire des plantes de l'orge passe de 2.90 chez les plantes témoins à 1.60 chez les plantes traitées par la concentration de 1 mM

I.3.3.Effet du plomb sur le nombre des feuilles :



Figure(15): Effet du plomb sur l'évolution de le nombre des feuilles

le nombre de feuille a été compté jour par jour durant la période de traitement qui a duré pendant 30 jours, les concentration (0.3 et 0.5 ,1 ,2mM)n'inflent pas sur la croissance des feuilles le développement est similaire a celui des plantules témoin.

On a trouvé que les racines sont plus sensibles aux métaux lourds, parce qu'elles sont les premiers organes touchés par la contamination, viennent ensuite les feuilles (Grant et al, 1998). Ces résultats sont conformes à d'autres travaux effectués (Nedjah, 2014 et Alayat, 2015). Par ailleurs, la production de biomasse racinaire est inhibée dès le seuil de 2mM de plomb dans la solution.

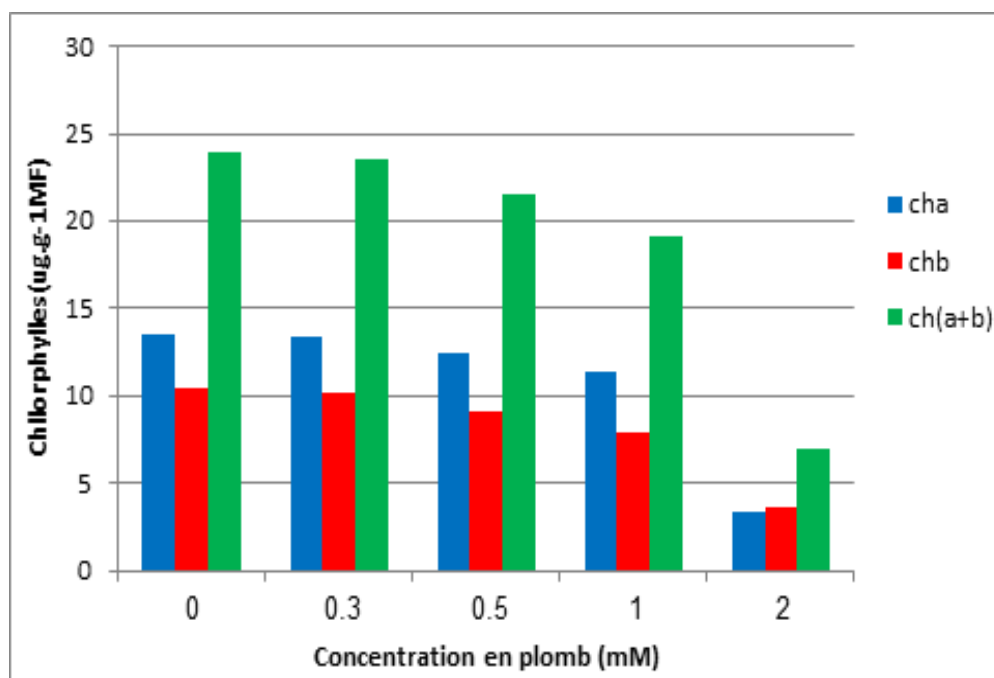
II. Effet du plomb sur les paramètres biochimiques :

II.1. Influence du plomb sur la synthèse de pigments photosynthétique :

D'après les résultats (Figure16), on remarque que le plomb affecte les pigments chlorophylliens et provoque une dépigmentation à concentration élevée.

De point de vue biochimique on observe une diminution de taux de chlorophylle a+b qui a été réduit proportionnellement par rapport à la concentration du plomb. La diminution de la quantité des chlorophylles est un symptôme de la toxicité.

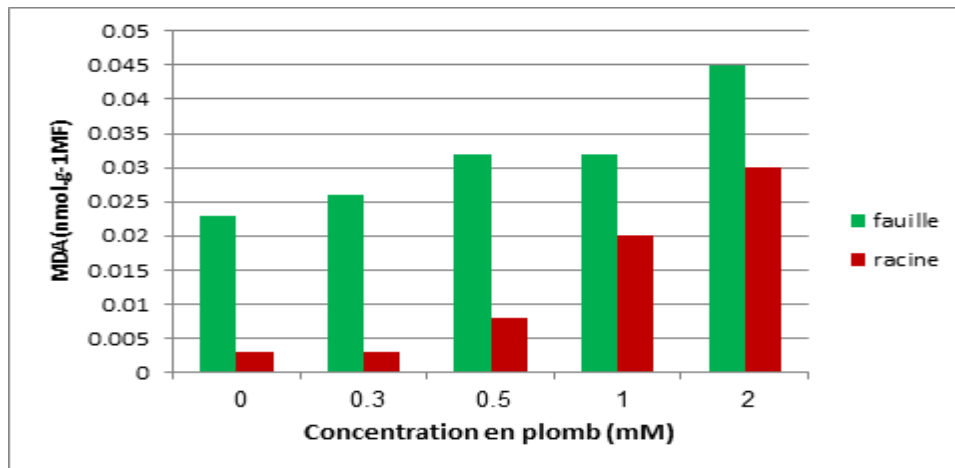
La teneur en pigments chlorophylliens est souvent utilisée pour évaluer l'impact de nombreux stress environnementaux.



Figure(16): Effet du Pb sur le contenu en pigments: chlorophylle (a), chlorophylle (b), chlorophylle (a+b)

Au niveau physiologique une exposition au plomb entraîne de nombreuses perturbations dans les parties aériennes, en particulier l'appareil photosynthétique (Seregin et Ivanov, 2001; Sharma et Dubey, 2005).

II.2. Influence du plomb sur la teneur en Malondialdéhyde (MDA)

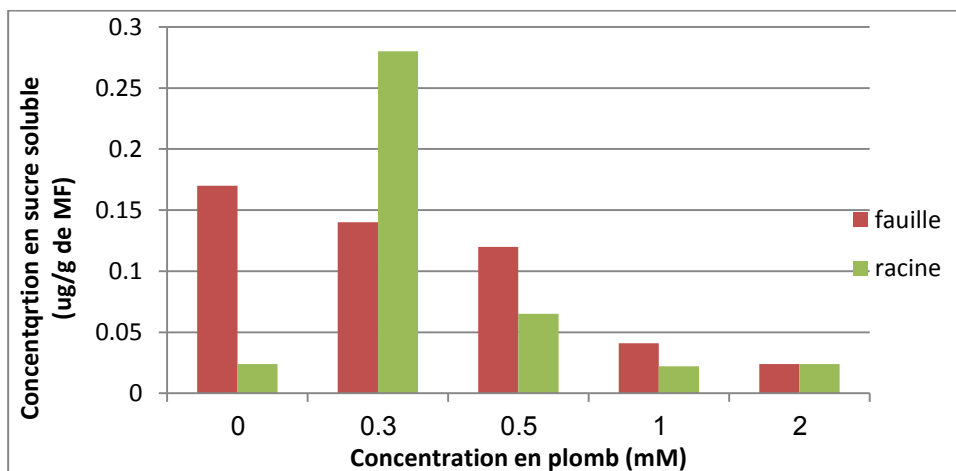


Figure(17): Effet du plomb sur la teneur en MDA au niveau des feuilles et des racines

Concernant les résultats obtenus pour l'influence du plomb sur la teneur en Malondialdéhyde dans les racines et les feuilles, nous remarquons que les traitements par la concentration de du plomb affectent la teneur en MDA, plus la concentration de plomb augmente plus on enregistre une augmentation de la teneur en MDA. Nos résultats s'accordent avec les travaux de (Nedjah, 2014). La surproduction des ROS cause une peroxydation des lipides qui conduit à la formation de produits de dégradations tels que les alcanes et des aldéhydes (MDA) (Ferra et al., 2003). Le Malondialdéhyde est le produit d'oxydation des membranes lipidiques, s'accumule quand les plantes sont exposées au stress oxydatif. Les concentrations du MDA sont considérées comme un indicateur de la peroxydation des lipides après un stress abiotique (Aoumer, 2012).

la teneur en MDA dans la partie aérienne reste plus élevée que dans la partie racinaire ceci peut être témoigné de l'installation d'un stress oxydant au niveau foliaire (Alayat, 2015).

II.3. Influence du plomb sur la teneur en sucres :

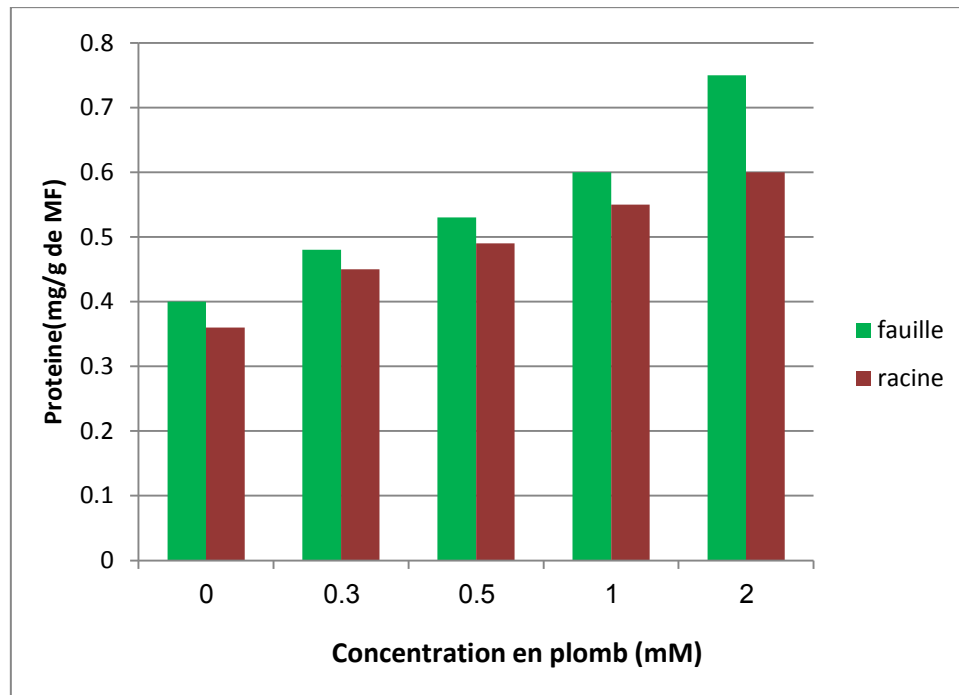


Figure(18): Effet du plomb sur le contenu en sucre soluble.

On remarque d'après la figure que les teneurs en sucres solubles diminuent au fur et mesure que l'application des métaux lourds augmente

Ces résultats sont signalés par (Bhardwaj et al., 2009), rapportent que le plomb induit une diminution totale des sucres solubles chez *Phaseolus vulgaris*. Selon (Preeti et Tripathi.,2011), la diminution des glucides est montrée aussi chez *Albizia procera*.

II.4.Influence du plomb sur la teneur en protein:



Figure(19):Influence du plomb sur le contenu en proteine niveau des feuilles et des racines.

L'observation des résultats obtenus pour Influence du plomb sur la teneur en protein dans les racine et les feuilles, (Figure19). On Remarque que la teneur en protéine dans les feuilles augmente progressivement avec l'accentuation du stress par le plomb, les concentrations du protéin dans le témoin est de l'ordre de 0.4 nmole.g-1 MF alors qu'elles atteignant 0.75 nmole.g-1 MF dans les feuilles des plantes traitées par 2Mm de plomb .Au niveau racinaire, l'exposition au plomb sa diffère du 0.35 nmole.g-1 MF de concentration de protéine dans les témoins vers 0.55 nmole.g-1 MF de protéine dans les plantes qui a subi une concentration de 2mM.

Ce résultat s'accorde avec les resultats qui porte que les métaux lourds provoquent une diminution des taux de protéine après une germination tel que l'aluminium dans le concombre (Pereira et al.,2010)

Selon (Biteur, 2012) la synthèse des protéines diminue dans les plantules à stade jeune et augmente dans les plantes adultes sous l'effet du plomb.

II.5. Influence du plomb sur la teneur en proline:

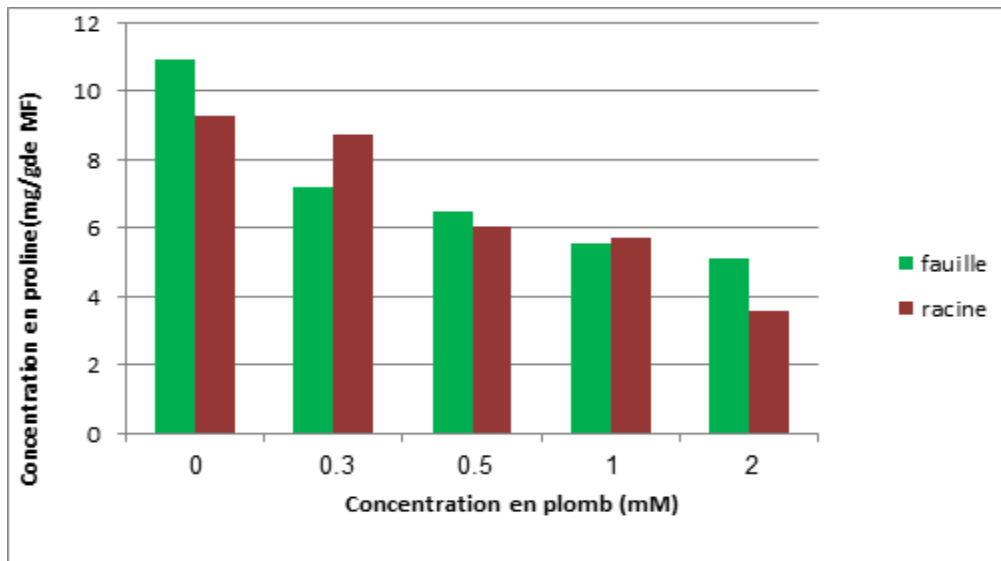


Figure (20): Effet du Pb sur le taux de proline

Le dosage de proline dans les feuilles et les racines de plantule de l'orge montre une diminution en taux de proline avec l'augmentation des concentration en plomb, normalement y'aura une augmentation du taux de proline qui est un marqueur de stress **Mukherjee et al,2010** ont montré que cette diminution est due peut être à la perturbation dans le mécanisme de détoxification cellulaire soit la dégradation de la proline ou sa disparition du milieu.

Conclusion
Et Perspectives

Conclusion perspectives:

A travers ce travail, nous avons pu recueillir des données intéressantes concernant la physiologie de plantes de *l'orge* soumises à différentes concentrations en plomb et sur certains mécanismes conduisant à sa phytotoxicité, par l'investigation du rôle joué par les espèces réactives de l'oxygène (ERO) à travers l'étude des enzymes du stress oxydant. Ceci, nous a permis d'avoir une connaissance partielle sur l'adaptation et la vulnérabilité de ces espèces étudiées par rapport à la contrainte métallique.

En effet, les résultats obtenus à l'issue de ce travail, montre que :

Le plomb exerce un effet négatif sur le taux de germination à doses supérieures à 2 mM, mais à partir de 1mM ya une inhibition de la croissance des jeunes plantules sur la partie racinaire que sur la partie aérienne, notons que les feuilles subi une réduction de leur surface foliaire, une présence des dépigmentations à forte dose.

Sur les paramètres biochimiques (pigments, sucres, protéines et proline), nous avons constaté que la biomasse aérienne à été plus sensible au plomb par rapport à la biomasse racinaire. En effet les concentrations 1 et 2 Mm ont réduit le contenu en chlorophylle. La réduction du contenu en chlorophylles est proportionnelle à la concentration utilisée, c'est-à-dire plus la concentration augmente plus la réduction est importante.

Pour les protéines et les sucres, on a trouvé une élévation graduelle du contenu. En revanche, cette augmentation semble jouer un rôle important dans la détoxification et la protection des constituants cellulaires contre le plomb.

L'abaissement du taux de proline à forte dose peut s'expliquer par l'effet du plomb sur la synthèse de proline et le stade de croissance des plantes

Ces données montrent que la variété de l'orge étudiée présente une certaine défense vis à vis du plomb par l'intervention des molécules osmorégulatrices et des enzymes antioxydantes.

Les données de la littérature donnent des résultats qui ne sont pas toujours révélés facile à exploiter dans la mesure où de nombreux paramètres varient d'une publication à l'autre. Il serait donc intéressant de mener une étude sur plusieurs variétés afin de pouvoir comparer les réponses des plantes et rapporter une modification claire au niveau de sensibilité/tolérance des variétés en présence du plomb.

Par la suite, d'autres perspectives préciseront la localisation de l'accumulation des métaux pour savoir notamment si le compartiment pariétal stocke davantage de métal que le compartiment intracellulaire.

Si les résultats obtenus avec l'orge à l'échelle de laboratoire donnent des résultats satisfaisant. Un suivi des plantes en serre cultivées sur des sols pollués sera nécessaire pour se rapprocher davantage des conditions naturelles.

Références Bibliographique

- **ADEME, D. (2006). Ecobilan et al., 2002.** Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France. Note de synthèse, Paris, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. 02AI, 607-619.
- **Afri-Mehennaoui, F. Z., Sahli, L., & Mehennaoui, S. (2009).** Evaluation de la contamination par le cadmium, le plomb et le zinc de l'eau, des sédiments de l'Oued Rhumel et son affluent le Boumerzoug, et leur transfert vers une plante semi-aquatique: *Rorippa nasturtiumaquaticum* (L.). *Sciences & Technologie*, 29, 45-55.
- **Alayat A, 2015** Etude de l'impact toxicologique de certains agents chimiques sur la qualité des cereals cas du blé dur et l'orge .thèse de doctorat 3 ème cycle.univ,Badji Mokhtar.
- **Allègre, C. (1990).** *Economiser la planète*. Fayard.
- **Allègre, Claude.** *Economiser la planète*. Fayard, 1990.
- **Aoumer H, 2012** Effet strésant du plomb sur la croissance du radis.réponses physiologique,biochimiques te efficacité potentielle de phytoremédiation.univ d'oran.
- **Araus JL., Slafer GA., Reynolds MP and Royo C, 2002.** Plant breeding and drought in C3 cereals : what should webreed for. *Ann. Bot*, 89, 925-940.
- **Arazi T, R Sunkar, B Kaplan and H Fromm (1999).** "A tobacco plasma membrane calmodulin-binding transporter confers Ni²⁺ tolerance and Pb²⁺ hypersensitivity in transgenic plants." *The Plant Journal* 20: 171-182.
- **Baize, D. (1997).** *Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France): Références et stratégies d'interprétation. Programme ASPITET.* Quae.
- **Bazzaz FA, RW Carlson and GL Rolfe (1975).** "Inhibition of Corn and Sunflower Photosynthesis by Lead." *Physiologia Plantarum* 34(4): 326-329.
- **BellbcirL,;2008** Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversitéchez les cereale
- **Bergmann, O., Bhardwaj, R. D., Bernard, S., Zdunek, S., Barnabé-Heider, F., Walsh, S., ... & Jovinge, S. (2009).** Evidence for cardiomyocyte renewal in humans. *Science*, 324(5923), 98-102.
- **Bergmann, O., Bhardwaj, R. D., Bernard, S., Zdunek, S., Barnabé-Heider, F., Walsh, S., ... & Jovinge, S. (2009).** Evidence for cardiomyocyte renewal in humans. *Science*, 324(5923), 98-102.
- **biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality Application to sea grasses.** *Aquatic Toxico.* 65: 187-204.
- **Bonoli M., Verardo V, 2004.** Antioxydant phenols in barley (*Hordeum vulgare* L.) flour: comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compounds. *J Agric Food Chem*, 11, 52 (16), 5195-200.
- **Boucheseiche, C., Cremille, E., Pelte, T., & Pojer, K. (2002).** Bassin Rhône–Méditerranée–Corse. *Guide technique*, (7).
- **Bourellier P and J Berthelin (1998).** "Contamination des sols par les éléments traces : les risques et leur gestion." Rapport de l'Académie des sciences Ed. Lavoisier, Paris. 42 pp.
- **Brgm (2004).** "Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués Rapport final, BRGM/RP-52881-FR."
- **Cecchi M (2008).** "Devenir du plomb dans le système Sol-Plante: Cas d'un sol contaminé par une usine de recyclage du plomb et de deux plantes potagères (Fève et Tomate)." Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.

- Characterization of a Plant Cyclic Nucleotide-Gated Cation Channel." Plant
- **CITEPA (2007)**. "Inventaire des émissions de polluants en France au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et de la directive européenne relative aux plafonds d'émissions nationaux (NEC).
 - **Colangelo EP and ML Guerinot (2006)**. "Put the metal to the petal: metal uptake and transport throughout plants." *Current Opinion in Plant Biology* 9(3): 322-330.
 - **CZYZ, H., & KÜHN, J. H. (2009)**. Strong and electromagnetic J. *Physical review. D. Particles and fields*, 80(3).
 - **Dalenberg, J. W., & Van Driel, W. (1990)**. Contribution of atmospheric deposition to heavy-metal concentrations in field crops. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38, 369-379.
 - **DASA,TK;BOUJEDAINIC,N.**Tolerance of arsenate-induced stress in *Aspergillus niger*, a possible candidate for bioremediation.*Ecotoxicology and Environmental Safety*.2010.73:172-182.
 - **Dazy, M. (2008)**. *Caractérisation de la colonisation spontanée par les plantes de sols pollués: rôle des systèmes cellulaires de détoxification* (Doctoral dissertation, Metz).
 - **Delmas-Gadras, C. (2000)**. Influence des conditions physico-chimiques sur la mobilité du plomb et du zinc dans un sol et un sédiment en domaine routier. *Diss, Univ de Pau et des pays de l'Adur (Chimie et microbiologie de l'eau), France*.
 - **Dubois, B., Laurent, G., & Czellar, S. (2001)**. *Consumer rapport to luxury: Analyzing complex and ambivalent attitudes* (Vol. 736). Jouy-en-Josas: Groupe HEC.
 - **El Yamani, M., & Barrillon, A. (2006)**. Substances chimiques. *Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail*.
 - **Etoh H., Murakami K and al, 2004**. Anti-oxidative compounds in barley tea. *Biosci Biotechnol Biochem*, 68 (12), 2616-8.
 - **Ferrat L, Pergent-Martini C et Roméo M (2003)**. Assessment of the use of
 - **Garland C and D Wilkins (1981)**. "Effect of Calcium on the Uptake and Toxicity of Lead in *Hordeum vulgare* L. and *Festuca ovina* L." *New Phytologist* 87(3): 581-593.
 - **Gérard, N. (2001)**. État, nation et immigration. Vers une histoire du pouvoir. *Belin, Paris*.
 - **Glater RAB and L Hernandez, Jr. (1972)**. "Lead detection in living plant tissue using a new histochemical method." *J. Air Pollut. Control Assoc.* ; Vol/Issue: 22:6: Pages: 463-467.
 - **Glinski J and J Lipiec (1990)**. Soil physical conditions and plant roots. Boca Raton (FL), CRC Press.
 - **Godzik B (1993)**. "Heavy metal contents in plants from zinc dumps and reference area." *Polish Botanical Studies* 5: 113-132.
 - **Gómez L., Allona I., Ramos A., Núñez P., Ibáñez C., Casado R and Aragoncillo C, 2005**.
 - **Goupy P., Hugues M, 1999**. Antioxidant composition and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1625-34.
 - **Grant CA,buckley WT.,baileyD. 1998** cadmium accumulation in crops, *canadian plant sci*,78.
 - **Hall JL (2002)**. "Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance." *Journal of Experimental Botany* 53(366): 1-11.

- **Hall JL and LE Williams (2003).** "Transition metal transporters in plants." *Journal of Experimental Botany* 54(393): 2601-2613.
- **HAMMOUM Z, 2003:** Contribution à l'étude de l'effet du plomb sur certains paramètres germinatifs et sur les activités lipasiques et amylasiques du blé. These de magister Univ oran 95p.
- **Hassan II, I. A. V.(1999)** L'amélioration de la production et de la qualité des semences: une option de choix pour la valorisation in situ des populations locales de luzerne Birouk1 A., Izyajen1 A., Bouizgaren2 A., Hmama1 H., Fanissi3 D. et Kerfal1 S.
- **Hirsch RE, BD Lewis, EP Spalding and MR Sussman (1998).** "A Role for the AKT1 Potassium Channel in Plant Nutrition." *Science* 280(5365): 918-921.
- **Huang JW and SD Cunningham (1996).** "Lead phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation." *New Phytologist* 134(1): 75-84.
- **Huang JW, J Chen, WR Berti and SD Cunningham (1997).** "Phytoremediation of Lead-Contaminated Soils: Role of Synthetic Chelates in Lead Phytoextraction." *Environmental Science and Technology* 31(3): 800-805.
- **Huynh, T. M. D. (2009).** *Impact des métaux lourds sur les interactions plante/ver de terre/microflore tellurique* (Doctoral dissertation, Université Paris-Est).
- **Jarup L., 2003- Hazard**ads of heavy metal contamination. *Br Med Bul.* 68(1) :167-182.
- **Jean-Claude, Pujos, M., P. O. N. S., & PARRA, M. (2000).** Évolution des métaux lourds dans la sédimentation récente de la baie de Fort-de-France (Martinique). *Oceanologica Acta*, 23(6), 701-715.
- **Jentschke G and DL Godbold (2000).** "Metal toxicity and ectomycorrhizas." *Physiologia Plantarum* 109(2): 107-116.
- **Kadi Z, 2012.** Sélection de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif, 134p.
- **Kim YY, YY Yang and Y Lee (2002).** "Pb and Cd uptake in rice roots." *Physiologia Plantarum* 116: 368-372.
- **Kohler C, T Merkle and G Neuhaus (1999).** "Characterisation of a novel gene family of putative cyclic nucleotide- and calmodulin-regulated ion channels in *Arabidopsis thaliana*." *The Plant Journal* 18(1): 97-104.
- **Kouakou, K. J., Bekro, Y. A., Sika, A. E., Baize, D., Dogbo, D. O., Bounakhla, M., ... & Macaigne, P. (2005).** Diagnostic d'une contamination par les éléments traces métalliques de l'épinard (*Spinacia oleracea*) cultivé sur des sols maraîchers de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) amendés avec de la fiente de volaille. *Editorial Advisory Board e*, 21(3), 471-487.
- **Kupper H., Kupper F., Spiller M., 1996-** Environmental relevance of heavy metal substituted chlorophylls using the example of water plants. *Journal of Experimental Botany* 47: 259-266.
- **Lane SD and ES Martin (1977).** "A histochemical investigation of lead uptake in *Raphanus sativus*." *New Phytologist* 79(2): 281-286.
- **Langlois, C., & Sloterdijk, H. (1989).** Contamination du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent) par certains polluants organiques et inorganiques. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 2(4), 659-679.
- **Laperche, B. (2004).** Chapitre 3. La propriété industrielle: moteur ou frein à l'innovation?. In *L'innovation et l'économie contemporaine* (pp. 63-84). De Boeck Supérieur.

- **Laperche, V., Dictor, M. C., Clozel-Leloup, B., & Baranger, P. (2004).** Guide méthodologique du plomb, appliqué à la gestion des sites et sols pollués. *Orléans, France: BRGM.*
- **Larousse(1980).** LAROUSSE, Koogan. "Pequeno dicionário enciclopédico." *Larousse do Brasil* (1980).
- **Laurent, O. (2002).** *Etude de la polarisation en logique* (Doctoral dissertation, Université de la Méditerranée-Aix-Marseille II).
- **Leclerc JC, 1999.** Ecophysiologie végétale. Publication de l'Université de Saint Etienne. Paris, 283 p.
- **Lefèvre, C. (1998).** Gouvernements métropolitains et gouvernance dans les pays occidentaux. *Politiques et management public*, 16(1), 35-59.
- **Léger A, 2010.** Analyse fonctionnelle d'AtMYB30, un régulateur transcriptionnel impliqué dans la mort cellulaire hypersensible chez *Arabidopsis thaliana*. Doc.Univ. Université III – Paul Sabatier. Toulouse, 302 p.
- **Leng Q, RW Mercier, W Yao and GA Berkowitz (1999).** "Cloning and First Functional Characterization of a Plant Cyclic Nucleotide-Gated Cation Channel."
- **Levesque, J., Pousset, J. L., & Cavé, A. (1974).** LYALINE AND LYADINE-NEW ALKALOIDS FROM PAURIDIANTHA-LYALLI BREM (RUBIACEAE). *COMPTE RENDUS HEBDOMADAIRES DES SEANCES DE L ACADEMIE DES SCIENCES SERIE C*, 278(14), 959-961.
- **Lions, P. L., & Paul, T. (1993).** Sur les mesures de Wigner. *Revista matemática iberoamericana*, 9(3), 553-618.
- **Massoud, Z. (1992).** *Terre vivante*. O. Jacob.
- **Miquel, A. (2001).** Le Calcul des Constructions implicite: syntaxe et sémantique. *These de doctorat, Université Paris*, 7.
- **Mishra S, Srivastava S, Tripathi RD, Govindarajan R, Kuriakose SV et Prasad MNV (2006).** "Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L[lozenge]." *Plant Physiology and Biochemistry* 44: 25-37I.
- **Mishra S, Srivastava S, Tripathi RD, Govindarajan R, Kuriakose SV et Prasad MNV (2006).** "Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L[lozenge]." *Plant Physiology and Biochemistry* 44: 25-37.
- **Mishra,A et Choudhuri,M.A.,1998** Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice biological plantarum,vol.42(1999):409-415.
Molecular responses to thermal stress in woody plants. *Invest Agrar : Sist. Recur. For*, 14(3), 307-317.
- **MUKHERJEE,A;DASB,D;MONDALB,S.K;BISWASB,R; DASA, TK; BOUJEDAINIC, N.** Tolerance of arsenate-induced stress in *Aspergillus niger*, a possible candidate for bioremediation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2010. 73: 172-182.
- **Ndoye, B., Dione, B., & Kane, A. (2002).** NTIC et stratégies pédagogiques: vers un nouveau paradigme. *Rapport de recherche. Dakar, Senegal: ROCARE-Senegal.*

- **Nedjah I, 2014**, changement physiologiques chez des plantes (blé dur *triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). thèse de doctorat 3^{ème} cycle. univ, Badji Mokhtar.
- **NEDJAH I.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb) 2015, thèse de doctorat. 144 pg.
- **Nriagu, J. O. (1990).** Global metal pollution: poisoning the biosphere?. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 32(7), 7-33.
- **Obroucheva NV, EI Bystrova, VB Ivanov, OV Antipova and IV Seregin (1998).** "Root growth responses to lead in young maize seedlings." *Plant and Soil* 200: 55-61.
- **Otte, M., & Caspar, J. P. (1987).** Les pointes de la Font Robert: outils emmanchés?. *Travaux de la Maison de l'Orient*, 15(1), 65-74.
- **Pais I and J Benton Jones (2000).** "The handbook of Trace Elements". Boca Raton, FL, St. Lucie Press 223 p
- **Panfili G., Fratianni A and Irano M, 2003.** Normal phase high-performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *J Agric Food Chem*, 2, 51(14), 3940-4.
- **Patra M, N Bhowmik, B Bandopadhyay and A Sharma (2004).** "Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant system and the development of genetic tolerance." *Environmental and Experimental Botany* 52(3): 199-223.
- **Pereira LB, Mazzanti CMA, Gonçalves JF, Cargnelutti D, Tabaldi LA, Becker AG, Calgaroto NS, Farias JG, Battisti V, Bohrer D, Nicoloso FT, Morsch VM et Schetinger MRC (2010).** Aluminum-induced oxidative stress in cucumber. *Plant Physio Biochem*. 1-7.
- **Plante, C. J., & Shriver, A. G. (1998).** Patterns of differential digestion of bacteria in deposit feeders: a test of resource partitioning. *Marine Ecology Progress Series*, 253-258.
- **Pourrut, G. Perchet, J. Silvestre, M. Cecchi, M. Guiresse, E. Pinelli, Potential role of NADPH-oxidase in early steps of lead-induced oxidative burst in *Vicia faba* roots, Journal of Plant Physiology 165 (6) (2008) 571-579.**
- **Prasad MNV and F Hagemeyer (1999).** Heavy Metal Stress in Plants: From Molecules to Ecosystems. Berlin, Springer-Verlag.
- **Prasad, M. S. V., & Inamdar, J. A. (1990).** Effect of cement kiln dust pollution on groundnut (*Arachis hypogaea*). *Indian botanical contactor*, 7(4), 159-162.
- **Rached-Kanouni M, 2012.** Adaptation du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température. Thèse de Doctorat, Université Constantine, p 1-159.
- **Ramade, B. (2007).** Mutation écologique de l'Art. *Esthétique et espace public, Paris, Cosmopolitiques/Apogée*, 31-42.
- **RICHERT, S., SCHRADER, A., & SCHRADER, K. (2006).** In-vitro-Testmethoden: Einsatzmöglichkeiten bei der Produktentwicklung und zum Claim Support kosmetischer Mittel. *SÖFW-journal*, 132(10).
- **Ross SM (1994).** "Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. " In: Toxic metals in soil-plant systems. S. M. R. editor: 63-152.

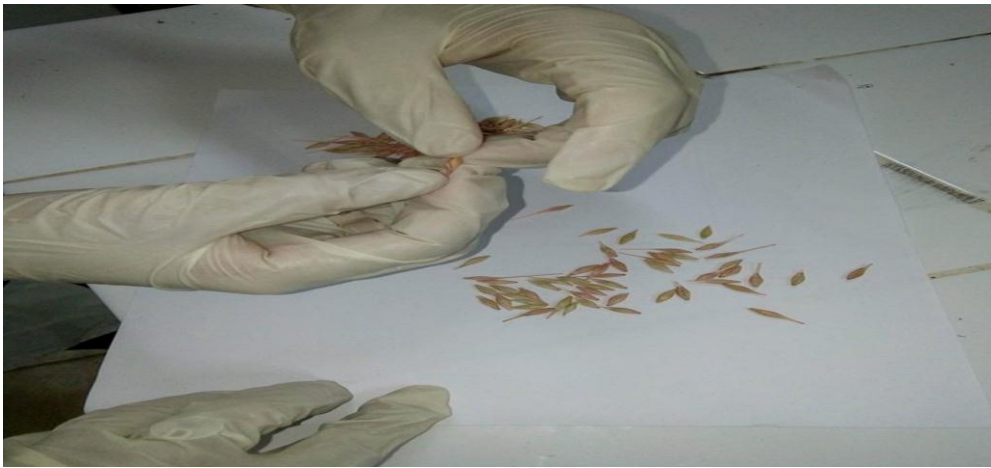
- **Roustan, Y. (2005).** *Modélisation de la dispersion atmosphérique du mercure, du plomb et du cadmium à l'échelle européenne*(Doctoral dissertation, Ecole des Ponts ParisTech).
- **Schuurink RC, SF Shartzer, A Fath and RL Jones (1998).** "Characterization of a calmodulin-binding transporter from the plasma membrane of barley aleurone." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95(4): 1944-1949.
- **Sen CK., Khanna S., Roy Tocotrienol S, 2004.** The natural vitamin E to defend the nervous system. *Ann N Y AcadSci*, 1031, 127- 42.
- **Seregin IV, LK Shpigun and VB Ivanov (2004).** "Distribution and Toxic Effects of Cadmium and Lead on Maize Roots." *Russian Journal of Plant Physiology* 51(4): 525-533.
- **Seregin, B. Ivanov,** Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants, *Russian Journal of Plant Physiology* 4 (2000) 523-544.
- **Seregin, I. V., & Ivanov, V. B. (2001).** Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. *Russian journal of plant physiology*, 48(4), 523-544.
- **Sharma,P, et Dubey,RS, 2005.**Lead toxicity in plant.*Brazilian journal of plant physiology*.VOL.17(1):35-52.
- **SOGREAH (2007).** "Bilan des flux de contaminants entrant sur les sols agricoles de France métropolitaine."
- **Sposito G, LJ Lund and AC Chang (1982).** "Trace Metal Chemistry in Arid-zone Field Soils Amended with Sewage Sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in Solid Phases." *Soil Science Society American Journal* 46(2): 260-264.
- **Tamagawa K., Fukushima S, 1998.** Proantho cyanidins from barley bran potentiate retinoic acid-induced granulocytic and sodium butyrate-induced monocytic differentiation of HL60 cells. *Biosci Biotechnol Biochem*, 62 (8), 1483-7.
- **Tanton TW and SH Crowdy (1971).** "The distribution of lead chelate in the transpiration stream of higher plants." *Pesticide Science* 2(5): 211-213.
Thèse pour l'obtention du diplôme de magister d'état en biologie– Université Mentouri de Constantine.Option: Biodiversité et production végétale.
- **Tomulescu,I.,Radoviciu ,E.,Merca,V.et Tuduce,A.,2004.**Effect of copper,zinc and Lead and their combination on the germination capacity of two cereals .*journal of agricultural sciences*,Vol.15;39-42.
- **Tung G and PJ Temple (1996a).** "Histochemical detection of lead in plant tissues." *Environmental Toxicology and Chemistry* 15(6): 906-914.
- **Tung G and PJ Temple (1996b).** "Uptake and localization of lead in corn (*Zea mays* L.) seedlings, a study by histochemical and electron microscopy." *Science of The Total Environment* 188(23): 71-85.
- **Vanier P, 2006.** L'orge au fil du temps, Usages culinaire, Ecologie et Environnement. Passeportsanté.net. **HAMMOUM Z, 2003:** Contribution à l'étude de l'effet du plomb sur certains paramètres germinatifs et sur les activités lipasiques et amylasiques du blé. These de magister Univ oran 95p.
- **Vodnik D, G Jentschke, E Fritz, N Gogala and DL Godbold (1999).** "Root-applied cytokinin reduces lead uptake and affects its distribution in norway spruce seedlings." *Physiologia Plantarum* 106(1): 75-81.

- **Voulliaume, D., Forli, A., Parzy, O., & Moutet, F. (2004).** Réparation des ruptures de poulie chez le grimpeur Surgical repair of flexor tendon pulley rupture in high level rock climbing. *Chirurgie de la Main*, 23, 243-248.
- **Wang C, X Wang, Y Tian, H Yu, X Gu, W Du and H Zhou (2007a).** "Oxidative stress, defence response and early biomarkers for lead-contaminated soil in *Vicia faba* seedlings." *Environmental Toxicology and Chemistry*: 1.
- **Wang H, X Shan, T Liu, Y Xie, B Wen, S Zhang, F Han and M Genuchten (2007b).** "Organic acids enhance the uptake of lead by wheat roots." *Planta* 225: 1483-1494.
- **Wang WX., Vinocur B., Shaseyov O and Altman A, 2001.** Biotechnology of plant osmotic stress tolerance : physiological and molecular considerations. *Acta Hort*, 560, 285-292.
- **Wierzbicka M and J Obidzinska (1998).** "The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species." *Plant Science* 137(2): 155-171.
- **Wierzbicka M (1987).** "Lead translocation and localization in *Allium cepa* roots." *Canadian Journal of Botany* 65(9): 1851-1860.
- **Wojas S, A Ruszczynska, E Bulska, M Wojciechowski and DM Antosiewicz (2007).** "Ca²⁺-dependent plant response to Pb²⁺ is regulated by LCT1." *Environmental Pollution* 147(3): 584-592.
- **Ye Z, AJM Baker, M-H Wong and AJ Willis (1998).** "Zinc, lead and cadmium accumulation and tolerance in *Typha latifolia* as affected by iron plaque on the root surface." *Aquatic Botany* 61(1): 55-67.
- **Zembala M., Filet M., Kornas A., Miszalski Z., Walas S., Mrowiec H., Hartikainen H., 2009-** Effect of selenium on macro and microelement distribution and physiological parameters of rape and wheat seedling exposed to cadmium stress. *Plant Soil*, 329, 457-468.

Annexe



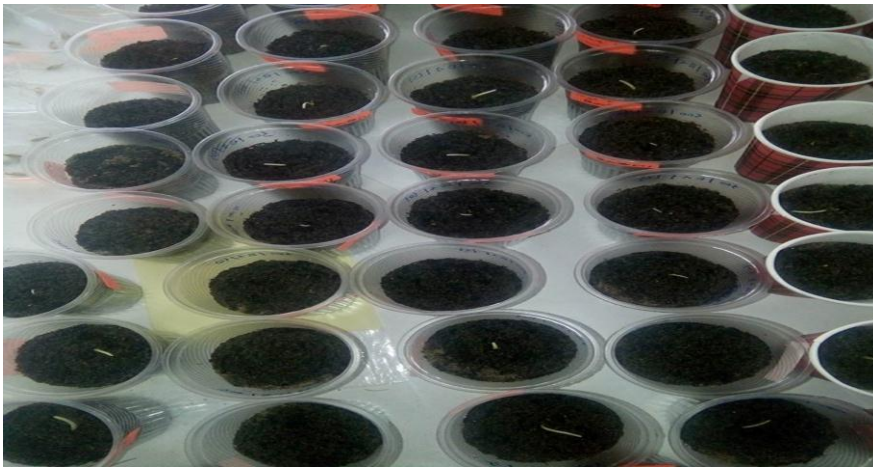
Méthode de préparé le dosage des paramètre biochimique



Le selection des grains



Préparation de substrat



Transplantation des plantules après germination



Le spectrophotomètre

Résumé:

Le présent travail visé à évaluer l'impact d'une contamination en plomb sur des végétaux important du point de vue économique et alimentaire en Algérie notamment les céréales (l'orge).qui fait partie des spéculations végétales les plus cultivées en Algérie ces derniers temps grâce à leur caractéristiques, biologiques, agronomiques et technologiques.

L'étude a porté sur l'exposition des graines du L'orge à l'acétate du plomb avec différentes concentrations (0, 0.3, 0.5, 1, ,2 mM) pendant 4 semaines.

Les résultats montrent que l'application du plomb (0, 0.3, 0.5, 1, 2 Mm) pour la germination et la croissance sont variables chez l'espèce étudiée. D'une manière générale, la variété attribuée est sensible à ce métal en cas des hautes concentrations, sur le plan morphologique, une inhibition du taux de germination et diminution de biomasse et réduction de la taille, sur le plan physiologique, une diminution de la teneur en pigments chlorophylliens et proline et des sucres et sur le plan biochimique, une accumulation des protéines et MDA dans différents organes de la plante de l'orge .

Mots clés: métaux lourds, l'orge, plomb, MDA.

Summary:

The present work aims to evaluate the impact of contamination on important plants in Algeria, particularly cereals. Thanks to their biological, agronomic and technological characteristics.

The study focused on the exposure of barley seeds to lead acetate with different concentrations (0, 0.3, 0.5, 1, 2 mM) for 4 weeks.

The results show that the application of lead (0, 0.3, 0.5, 1, 2 Mm) for germination and growth is variable in the species studied. In general, the variety is sensitive to this metal in the case of high concentrations, morphologically, inhibition of germination and biomass reduction, and physiological reduction in size. Decrease in the content of chlorophyll and proline pigments and biochemically, an accumulation of proteins and MDA in various organs of the barley plant.

Key words: heavy metals, barley, lead, , MDA

خلاصة:

يهدف هذا العمل إلى تقييم تأثير التلوث على النباتات المهمة في الجزائر ، وخاصة الحبوب. بفضل خصائصها البيولوجية ، الزراعية والتكنولوجية.

وركزت الدراسة على تعرض بذور الشعير الأسيتات الرصاص بتركيزات مختلفة (0 ، 0.3 ، 0.5 ، 1 ، 2 ملي) لمدة 4 أسابيع.

أظهرت النتائج أن تطبيق الرصاص (0 ، 0.3 ، 0.5 ، 1 ، 2 مم) للإنبات والنمو متغير في الأنواع المدروسة. بشكل عام ، يكون الصنف حساساً لهذا المعدن في حالة التركيزات العالية ، شكلياً ، تثبيط الإنبات وتقليل الكتلة الحيوية ، والحد من الفسيولوجية. انخفاض في محتوى الكلوروفيل و الأصباغ البرولين وكيموحيوية تراكم البروتينات و MDA في مختلف أجهزة نبات الشعير .

الكلمات المفتاحية: الرصاص ، MDA المعادن الثقيلة، الشعير.