

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de

### MASTER EN BIOLOGIE

**Spécialité : biodiversité et environnement**

#### THÈME

**Effets du plomb sur les paramètres chimiques  
de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)**

Présenté par :

El hadj Halima

Zoubid mohamed lamine

DEVANT LE JURY

Président : Djibaoui rachid

PR

U. Mostaganem

Examineur : Mestari abassia

MAA

U. Mostaganem

Encadreur : Tahri Miloud

MCB

U. Mostaganem

*Thème réalisé au laboratoire de biologie végétale de l'Université Abdel Hamid ibn badis –  
Mostaganem*

## *Remerciements*

- *Nous remercions Dieu, le tout Puissant ALLAH qui nous a guidés dans le chemin de la science et qui nous a donnés la foi, la force et le courage pour accomplir ce travail.*
- *Nous remercions infiniment nos très chers parents qui nous ont soutenus moralement et financièrement durant toutes mes études.*
- *A tous les enseignants du département d'agronomie, qui ont contribué à ma formation, je dis merci.*
- *Nos remerciement vont, à notre Mon encadreur Mr. **Tahri Miloud**, qui nous a encadrés et pour toutes les informations et l'expérience qu'il nous a transmises, notre examinateur Mm **Mestari abassia**, et Mr **Djibaoui rachid** , pour avoir bien voulu présider ce jury.*

## Résumé

Les besoins des végétaux en oligo-éléments s'inscrivent dans des intervalles compris entre un seuil de carence et un seuil de toxicité. Les végétaux captent aussi dans leur environnement des éléments en traces sans fonction métabolique connue à ce jour (par exemple Cd, Hg, Pb, As, etc.) et considérés de ce fait comme non essentiels.

Notre étude a été réalisée dans le but de déterminer les effets de quatre doses de nitrate de plomb ( $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ ) à doses différents (0.03 g/l et 0.3g/l et 3.3g/l) sur quelques paramètres Anatomiques et physiologiques de la germination (pourcentage de la germination et le temps moyen de la germination).

Les valeurs moyennes de la longueur des tiges respectueusement (1, 3, 5, 7,10 cm) chez les plantes traitées par quatre doses de nitrate de plomb ( $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ ) à doses différents (0.03 g/l et 0.3g/l et 3.3g/l) comparées au témoin qui présente la valeur la plus élevée (11cm). Et des valeurs moyennes de la longueur des racines révèlent une diminution pour les doses (33.12 et 331.2 et 3312 ppm)

On a enregistré une diminution remarquable par rapport au témoin avec une légère augmentation pour la dose de 3.3g/l de nitrate de plomb ( $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ ). Ce qui explique que ce métal (plomb) exerce un effet dépressif sur la germination de la tomate *Lycopersicon esculentum Mill.*

**Mots clés :** tomate, *Lycopersicon esculentum Mill.*, nitrate de plomb, germination.

## Abstract

The plant's need for trace elements falls within a range between a deficiency threshold and a toxicity threshold. Plants also take up trace elements in their environment that have no known metabolic function to date (e.g. Cd, Hg, Pb, As, etc.) and are therefore considered non-essential.

Our study was carried out with the aim of determining the effects of four doses of lead nitrate ( $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ ) at different doses (0.03 g/l and 0.3g/l and 3.3g/l) on some anatomical and physiological parameters of germination (percentage of germination and average germination time).

The average values of the length of the tigellae present respectfully (1, 3, 5, 7.10 cm) in the plants treated with four doses of lead nitrate ( $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ ) at different doses (0.03 g/l and 0.3g/l and 3.3g/l) compared to the control with the highest value (11cm) and average values of the length of the radicles reveal a decrease for the doses (33.12 and 331.2 and 3312 ppm).

There was a remarkable decrease compared to the control with a slight increase for the dose of 3.3g/l of lead nitrate ( $(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$ ). This explains why this metal (lead) has a depressing effect on the germination of the tomato *Lycopersicon esculentum* Mill.

**Keywords:** tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill, lead nitrate, germination.

## ملخص

تقع احتياجات النباتات في العناصر النادرة ضمن فترات زمنية بين عتبة النقص وعتبة السمية. تلتقط النباتات أيضاً العناصر النادرة في بيئتها بدون وظيفة أبيضية معروفة (على سبيل المثال و بالتالي تعتبر غير ضرورية). (Cd ، Hg ، Pb ، As ، إلخ )

أجريت دراستنا من أجل تحديد تأثير أربع جرعات من نترات الرصاص بجرعات مختلفة (0.03 جم / لتر و 0.3 جم / لتر و 3.3 جم / لتر) على بعض المعايير التثريحية والإنبات الفسيولوجي (نسبة الإنبات ووقت الإنبات).

تظهر القيم المتوسطة لطول السيقان باحترام (1 ، 3 ، 5 ، 7.10 سم) في النباتات المعالجة بأربع جرعات من نترات الرصاص بجرعات مختلفة (0.03 جم / لتر و 0.3 جم / لتر و 3.3 جم / لتر) مقارنةً بالتحكم الذي يمثل أعلى قيمة (11 سم) وتكشف القيم المتوسطة لطول الجسيمات عن انخفاض في الجرعات (33.12 و 331.2 و 3312 جزء في المليون).

تم تسجيل انخفاض ملحوظ مقارنة بالمجموعة الضابطة مع زيادة طفيفة لجرعة 3.3 جم / لتر من نترات الرصاص ((Pb (No3) 2) وهذا ما يفسر سبب تأثير هذا المعدن (الرصاص) في اكتئاب إنبات الطماطم (Lycopersicon esculentum).

الكلمات الأساسية: طماطم ، Lycopersicon esculentum ، نترات الرصاص ، إنبات

## Liste des tableaux

**Tableau 1:** Classification des oligo-éléments et des contaminants stricts

**Tableau 02 :** la classification de la tomate

**Tableau 03 :** Les neufs Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde.

**Tableau 04 :** Les résultats moyens de l'évolution de la longueur des tiges (cm) de *Lycopersicon esculentum* Mill en fonction des doses de plomb.

## Liste des figures

**Figure 01** : Les principales de techniques de phytoremédiation

**Figure 02** : la technique de phytoextraction

**Figure 03** : la technique de phytostabilisation

**Figure 04** : Système racinaire de *Lycopersicum esculentum* Mill

**Figure 05** : Feuille de tomate

**Figure 06** : Fleurs de la tomate

**Figure 07** : Fruit de la tomate

**Figure 08** : Une coupe transversale d'un fruit mature de la tomate contient des graines visibles

**Figure 09** : Cycle de développement de Tomate

**Figure 10** : Le taux de germination des graines de *Lycopersicon esculentum* Mill.

**Figure 11** : les graines germée et non germées (Témoin )

**Figure12** : Les graines germées et non germées 0.03.g /l du plomb

**Figure 13** Graines germées et non germées dose 0.3g/l

**Figure14** : Graines non germées. Dose 3.3 g/l du plomb

**Figure 15** : la longueur d'une tige témoin

**Figure 16:** L'effet du plomb sur la longueur des tiges de *Lycopersicon esculentum* Mill (Témoin)

**Figure17** : . L'effet du plomb sur la longueur des tiges de *Lycopersicon esculentum* Mill 0.03 g/ du plomb

**Figure 18** : mesure de la longueur des tiges en dose 0.03g /l de plomb

**Figure 19** : L'effet du plomb sur la longueur des tiges de *Lycopersicon esculentum* Mill 0.3 g/ du plomb

**Figure 20** : la longueur des tiges en dose 0.3 g/l de plomb

**Figure 21** : la longueur des tiges en dose 3.3 g /l de plomb

**Figure 22** : Graines non germées. Dose 3.3 g/l du plomb

**Figure 22** : effet du plomb sur la longueur des racines de *Lycopersicon esculentum* Mill

# Tables de matières

**Dédicaces et remerciements**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Introduction**

## **Chapitre I : les métaux lourds**

1- Généralités sur les métaux lourds .....	02
2- Définition des métaux lourds .....	02
3- Origine de la contamination des sols par les métaux lourds .....	03
3.1. Origine naturelles.....	03
3.2. Origine anthropiques.....	03
4- contamination des sols par le plomb.....	03
4.1. Propriétés du plomb.....	03
4.2. Origines de la pollution par le plomb.....	04
5- Le plomb dans le sol .....	04
6- Le plomb dans la plante .....	05
7- Impact du plomb sur les végétaux .....	05
8- Effets sur la germination et la croissance.....	05
9- Effet sur la Photosynthèse .....	06

## **Chapitre II : Phytoremédiation**

1- Définition de la phytoremédiation .....	07
2- Techniques de la phytoremédiation .....	07
2.1. Phytoextraction.....	08
2.2. Phytostabilisation.....	08

2.3 Phytodégradation ou rhizodégradation.....	09
2.4. Phytovolatilisation.....	09
2.5. Rhizofiltration.....	09
3- Avantages et limites de la phytoremédiation.....	09

## **Chapitre III : la tomate**

1. Origine et histoire de la tomate .....	10
1.1. La tomate en Amérique .....	10
1.2. La tomate en Europe .....	10
2. Classification de l'espèce <i>Lycopersicum esculentum Mill</i> .....	11
3. Caractéristiques de la morphologie de la tomate ( <i>Lycopersicum esculentum Mill</i> ) ..	11
3.1. L'appareil végétatif.....	11
3.2. L'appareil reproducteur.....	13
4. Exigences pédoclimatiques de la tomate.....	14
4.1. La température.....	14
4.2. La lumière.....	15
4.3. Sol, salinité et pH.....	15
5. Le Cycle biologique de <i>Lycopersicon esculentum Mill</i> .....	15
5.1. La germination.....	15
5.2. La croissance.....	15
5.3. La floraison.....	16
5.4. La pollinisation .....	16
5.5. La fructification et la maturité des fruits.....	16
6. Importance économique de <i>Lycopersicon esculentum Mill</i> .....	17
7. Les valeurs nutritionnelles de <i>Lycopersicon esculentum Mill</i> .....	17

## **Chapitre IV : matériels et méthodes**

1- Site expérimental .....	18
2- Objectif .....	18
3- Matériel végétal .....	18
3.1. Préparation du substrat de culture.....	18
3.2. Préparation des pots et remplissage du sable.....	20
3.3. Germination .....	20

## **Chapitre V : résultats et discussion**

1- Effet du plomb sur le taux de germination de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	22
2- L'effet du plomb sur les paramètres biométriques de la tomate .....	24
2.1. Cinétique de la longueur des racines et des tiges.....	24
2.1.1. La longueur des tiges.....	24
2.1.2. La longueur des tiges (0. 3g du plomb ).....	26
2.1.3. La longueur des tiges (3. 3g du plomb).....	27
2.2. La longueur des racines .....	28

**Conclusion**

**Références bibliographiques**

# Introduction

Les oligo-éléments ou éléments mineurs sont importants pour les végétaux. Les sols carencés peuvent nuire au développement végétal et réduire ainsi la qualité du produit. Certains éléments mineurs sont des métaux lourds et lorsque les sols sont saturés, la disponibilité pour la plante peut potentiellement créer de la phytotoxicité augmentant le risque de la contamination de l'environnement et de la chaîne alimentaire des humains et des animaux (Estevez, 2006).

Les éléments traces sélectionnés pour ce travail sont parmi les polluants métalliques les plus fréquemment rencontrés dans les sols : le plomb, oligoélément essentiel au développement des végétaux mais qui s'avère toxique à forte dose,

La région de Mostaganem a connu un développement agricole important, notamment la serre culture, qui a enregistré un départ vertigineux à partir des années 80. La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, qui est une des cultures stratégiques les plus importantes dans le monde, vient en tête des cultures sous serre dans la région de Mostaganem. Mais malheureusement cette dernière est trop traitée par les produits. Ces derniers sont utilisés pour assurer une bonne nutrition de la plante et pour combattre les maladies et les ravageurs des cultures, ils contiennent des quantités plus ou moins importantes des métaux lourds dont : plomb.

Dans ce cadre s'inscrit notre travail qui vise à évaluer l'effet des métaux lourds le cas du plomb sur les paramètres morphologiques, physiologiques de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

Ce travail comporte deux grandes parties :

La première partie concerne la synthèse bibliographique sur les métaux lourds (plomb) dans le sol et le végétal, et aussi la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

La deuxième partie est consacrée au protocole expérimental adopté pour la réalisation de notre travail.

# Chapitre I : les métaux lourds

## I.1. Généralités sur les métaux lourds

La contamination des sols agricoles par les métaux lourds tels que le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) est de nos jours une question de santé publique et de conservation de l'environnement. Ces métaux sont présents dans les sols à la suite des activités géo-génétiques (**Baize, 1997**) ou anthropiques telles que le raffinage, la combustion de combustibles fossiles, l'application d'engrais phosphatés, et des boues d'épuration aux sols (**Kabata-Pendias, 2001**). Les métaux ne sont pas biodégradables et donc peuvent persister dans le sol pendant de longues périodes. Le Zn, Cu et Pb sont toxiques pour les végétaux et les animaux y compris l'homme (**Kabata Pendias, 2001**).

## I.2. Définition des métaux lourds

Le terme métaux lourds désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes, caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5g/cm<sup>3</sup> (**Adriano, 2001**)

➤ **Les métaux essentiels ou oligo-éléments** sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**Loué, 1993**). Certains métaux lourds peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil ; c'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn) et du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du millimolaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (**Kabata-Pendias et Pendias, 2001**).

➤ **Les métaux toxiques** ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**Loué, 1993**).

**Tableau 1:** Classification des oligo-éléments et des contaminants stricts (**Tremel-Schaub et Feix, 2005**).

<b>Pour l'homme</b> Oligo-éléments à risque élevé de carence Oligo-éléments à faible risque de carence (non prouvée chez l'homme) Contaminants stricts	Cu, Zn, Se, Cr, Mo Ni, Co, As Pb, Cd, Hg, Tl
<b>Pour les plantes supérieures (Bargagli, 1998)</b> Éléments essentiels Éléments bénéfiques Contaminants stricts	B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn Cl, Cr, F, I, Li, Na, Ni, Rb, Se, Si, Sr, Ti, V Br, Cd

# Chapitre I : les métaux lourds

---

## I.3. Origine de la contamination des sols par les métaux lourds

La pollution métallique des sols due à des activités humaines (agricoles, domestiques et industrielles). Cependant, les métaux existent naturellement dans les sols car ils sont présents dans la roche mère qui subit notamment des phénomènes d'érosion et d'altération. Les métaux lourds comme le plomb, le cadmium, le cuivre et le mercure ne peuvent pas être biodégradés et donc persistent pendant de longues périodes dans le sol ; ce qui constitue un sérieux problème (**Robert et Juste, 1999**).

### I.3.1. Origine naturelles

En dehors de toute intervention de l'homme, les sols ont une concentration naturelle en métaux provenant de l'altération de la roche-mère. Ces processus géochimiques associés à d'autres phénomènes, en particulier biologiques, sont désignés sous le terme de différenciation des sols. Elle s'effectue sur une échelle de temps de l'ordre de plusieurs milliers d'années et est la source principale de contamination naturelle du sol en métaux. Ainsi, une roche-mère riche en arsenic, donnera un sol riche en arsenic, bien que cette corrélation soit plus marquée pour certains métaux (Cr, Zn) que pour d'autres (Co, Mo, Pb, Se) dont l'abondance dans le sol peut être plus fortement liée au cycle biogéochimique (**Marc et Gautheyrou, 2003**).

### I.3.2. Origine anthropiques

Les sols sont soumis à des apports de métaux lourds plus ou moins importants résultant de l'activité humaine. Au cours des décennies dernières, l'apport de métaux lourds au sol dans le monde s'est étendu. De nos jours, on l'estime à 22000 tonnes de cadmium, 939000 tonnes de cuivre, 783000 tonnes de plomb et 1350000 tonnes de zinc (**Singh et al., 2003**).

Les principaux types de pollutions anthropiques responsables de l'augmentation des flux de métaux, sont la pollution atmosphérique (rejets urbains et industriels), la pollution liée aux activités agricoles et la pollution industrielle (**Singh et al., 2003**).

➤ Les apports en métaux lourds peuvent venir de l'agriculture de par les impuretés présentes dans les engrais, les amendements calcaires, les fumiers, les lisiers (**Franklin et al., 2005**). Ces apports peuvent aussi résulter d'une activité urbaine, industrielle (déchets d'entreprises agro-alimentaires, boues de stations d'épuration, composts, déchets urbains) ou minière. Selon **IFEN (2002)**.

➤ Les pollutions atmosphériques sont représentées par les apports diffus aériens d'origine lointaine. Il s'agit des poussières et aérosols provenant des chauffages, des activités industrielles, des moteurs automobiles (**Sezgin et al., 2004**).

➤ Les apports industriels en métaux lourds proviennent des produits chimiques divers (industrie chimiques), les matières radioactives (centrales nucléaires, traitements des déchets radioactifs) et la métallurgie (**Godin et al., 1985**).

## I.4. contamination des sols par le plomb

### I.4.1. Propriétés du plomb

Le plomb est un métal gris bleuâtre malléable. Il en existe quatre isotopes naturels  $^{204}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$  et  $^{208}\text{Pb}$ . Les principaux minerais sont la galène (sulfure), la carbonate et

# Chapitre I : les métaux lourds

---

l'anglésite (sulfate). Le plomb élémentaire a une faible conductivité électrique et sa masse élevée lui confère un important pouvoir d'absorption des rayonnements X, et électromagnétiques (**Garnier, 2005**).

## I.4.2. Origines de la pollution par le plomb

Le plomb retrouvé dans l'environnement provient à la fois de sources naturelles et anthropiques. Le métal est présent dans le sol, eau et air (**Nriagu, 1978; Baize, 2002**). Le plomb est naturellement présent en moyenne à 0,002% dans la croûte terrestre (36ème élément de la croûte terrestre), généralement sous forme peu soluble. Des dérivés inorganiques sont présents dans les eaux, les sédiments, les sols, l'atmosphère et éventuellement en microtraces chez les organismes vivants. Les sols non contaminés contiendraient de 10 à 30 mg.kg<sup>-1</sup> (**Nriagu, 1978; Baize, 2002**). A l'état naturel, le Pb se retrouve dans l'environnement sous forme de galène (sulfure de Pb), de cérusite (carbonate de Pb), et d'anglésite (sulfate de Pb). La forme la plus abondante est la galène, la cérusite et l'anglésite apparaissent lors de l'oxydation de la galène (**Brunet, 2008**). Dans l'air, les émissions de plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'importance mineure (**Pichard, 2003**), la majorité du plomb contenue dans l'air ambiante provient de la combustion de l'essence plombée, en milieu urbain environ 90% du plomb est émis dans l'atmosphère par le gaz d'échappement mais la pollution de l'air par le Pb a considérablement diminué depuis l'arrêt des essences plombées. (**Brunet, 2008**). A ce jour, les principales sources de contaminations en Pb sont les rejets anthropiques. Ils proviennent principalement des industries qui extraient et purifient le Pb naturel et qui recyclent les composants contenant du Pb comme les batteries et leurs retombées atmosphériques contaminent les sols. A ceci s'ajoute les déchets industriels et la détérioration des peintures extérieures à base de Pb. Des rejets provenant des industries sidérurgiques ainsi que les réseaux de canalisations de distribution d'eau anciennes, contenant du Pb, contaminent les eaux (**Pichard, 2003**).

## I.5. Le plomb dans le sol

Le comportement du plomb dans un sol dépend de différents facteurs comme sa dynamique propre mais également des caractéristiques pédologiques et physicochimiques du sol (**Baize, 1997**). Il peut être soit sous forme liée aux particules de terre soit dans la phase aqueuse. Dans les sols contaminés, la forme chimique initiale et la teneur en polluant apportée ont également une influence (**Hinsinger, 1996, Dumat et al, 2001 ; Ferrand et al, 2006**).

### I.5.1. Mobilité

Le Pb introduit dans le sol ne subit que peu de transformation et migre relativement peu à travers les différents horizons. Etant peu mobile, il reste généralement fixé à la partie supérieure du sol. Il n'est pas entraîné en profondeur par le lessivage, il en résulte un gradient de concentration selon la profondeur (**Pais et Benton, 2000 ; Pacyna, 1984**). Le Pb serait le micropolluant métallique le moins mobile dans le sol. Ainsi dans la gamme de pH de 5 à 9 et à concentration totale identique le Pb serait 100 fois moins mobile que le Cd. La grande affinité de la matière organique vis-à-vis de ce métal expliquerait l'accumulation préférentielle de ce métal dans les horizons de surface (**Sanders et al., 1986**). Ceci fait qu'il est très difficile de distinguer ce qui provient des retombées atmosphériques lointaines et ce qui provient du seul cycle biogéochimique naturel. En règle générale l'horizon de surface humifère est l'horizon le plus riche en Pb au sein d'un même solum. Lorsque le solum dans

## Chapitre I : les métaux lourds

---

son ensemble est vraiment très chargé en Pb (anomalie pédogéologique) l'horizon de surface n'est plus forcément celui qui montre la concentration maximale au sein du solum. Une texture légère et un pH acide (4,1 à 4,3) provoqueraient un lessivage important et une contamination en profondeur. Le degré d'oxydation du Pb est de Pb mais on connaît aussi des formes d'oxydation Pb<sup>4+</sup>. Le Pb forme de nombreux composés insolubles dans l'eau (**Pais et Benton, 2000**).

### I.6. Le plomb dans la plante

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

### I.7. Impact du plomb sur les végétaux

La toxicité du plomb dépend de sa concentration dans le milieu, de sa spéciation, des propriétés du sol, et enfin de l'espèce végétale concernée. Les plantes mettent en place diverses barrières physiques pour se protéger, quand le plomb a réussi à passer à travers ces barrières de protection, il peut affecter de nombreux processus physiologiques de la plante. Les premiers effets ne provoquent pas de symptômes visibles, ceux-ci ne se manifestant qu'en cas de toxicité avancée (**Cecchi, 2008**).

Le premier effet des métaux lourds observable chez les végétaux est une inhibition de la croissance. Celle-ci s'accompagne très souvent de nombreux autres indices de dysfonctionnement : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage, les bases moléculaires de ces perturbations sont encore mal connues, mais on admet généralement qu'elles résultent d'un stress oxydatif, dû à la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) ou « Réactive Oxygen Species » (ROS). Qui altèrent toute une série de substrats biologiques importants, et modifient les domaines fonctionnels des biomolécules pouvant conduire à la mort cellulaire (**Cheng, 2003**).

### I.8. Effets sur la germination et la croissance

A l'échelle macroscopique, le plomb entraîne des effets néfastes sur les plantes. En premier lieu, la germination est fortement inhibée par les ions plomb (Pb<sup>2+</sup>) à 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, comme *Lycopersicon esculentum* Mill (**Wierzbicka et al., 1998**).

Le plomb réduit également fortement le développement de la plantule et des racinelles (**Mishra et Choudhuri, 1998**). Un traitement à de faibles concentrations en plomb inhibe la croissance des racines et des parties aériennes (**Makowski et al., 2002 ; An, 2006**). Cette

## Chapitre I : les métaux lourds

---

inhibition est plus importante pour la racine, ce qui peut être corrélé à plus forte teneur en plomb de cette dernière. (**Obroucheva et al., 1998**).

L'accroissement de biomasse végétale est diminué par de fortes doses de plomb (**Xiong et al., 2006**). Sur de longues durées, les traitements au plomb, même à des doses non-létales, peuvent conduire à l'apparition de nécroses au niveau des apex racinaires et des feuilles, ainsi que des chloroses foliaires (**Liu et al., 2000**). L'ensemble des perturbations macroscopiques observées est la résultante :

- De l'interaction du plomb avec les différents composants cellulaires et les macromolécules (protéines, ADN...).
- De la perturbation de nombreux processus physiologiques comme la régulation du statu hydrique, la nutrition minérale, la respiration ou la photosynthèse.

### I.9. Effet sur la Photosynthèse

Chez les plantes, l'exposition au Pb conduit à une forte inhibition de la photosynthèse, du rendement photosynthétique, et à une limitation du taux d'assimilation de CO<sub>2</sub>. Le rendement photosynthétique, très sensible, peut chuter de plus de 50% (**Bazzaz et al., 1975 ; Poskuta et al., 1987**). Cette inhibition s'explique par la diminution des teneurs en chlorophylle et en caroténoïdes généralement constatée (**Chen et al., 2007 ; Gopal et al., 2008**).

La chlorophylle b semble plus sensible que la chlorophylle a (**Wozny et al., 1995 ; Vodnik et al., 1999**). Toutefois, ces effets varient en fonction des espèces végétales. Les mécanismes de réduction de la teneur pigmentaire sont, en partie, élucidés. Le plomb induit l'activité chlorophyllase dans les feuilles (**Drazkiewicz, 1994**), mais le mécanisme principal semble être l'inactivation de la synthèse de ces pigments. Le plomb interagit à ce niveau de deux façons :

- D'une façon directe, en se substituant aux ions divalents liés aux métalloenzymes. C'est notamment le cas avec l'-aminolevulinatase ou ALAD qui est à la base de la synthèse des chlorophylles et dont l'ion zinc (Zn<sup>2+</sup>) est remplacé par plomb (Pb<sup>2+</sup>) (**Foy et al., 1978**).
- D'une façon indirecte, en induisant une carence en ces ions divalents (**Foy et al., 1978**).

## Chapitre II : Phytoremédiation

### II.1. Définition de la phytoremédiation

Le terme phytoremédiation vient du préfixe grec « phyto » (plante) et du mot latin remedium (corriger ou éliminer un mal) (**Ghosh et sing, 2005**).

La phytoremédiation ou la bio remédiation est une nouvelle technologie qui utilise les plantes vertes et/ou des microorganismes associés (ex. bactéries, champignons) (**Smits et Freeman, 2006; Lamb et al, 2010**) pour décontaminer l'environnement et/ou minimiser les risques dans les relations sources – exposition - récepteurs. Elle est basée sur les fonctions des plantes et de leurs microorganismes qui permettent de dégrader ou séquestrer des polluants organiques et inorganiques. Elle peut être utilisée pour des substrats solides, liquides et gazeux et mise en œuvre pour des sols et des eaux polluées (grâce aux plantes aquatiques) ou pour filtrer l'air à l'aide de plantes fixatrices (**Pilon-Smits, 2005**).

### II.2. Techniques de la phytoremédiation

La phytoremédiation regroupe différentes méthodes qui se veulent toutes des techniques d'amélioration des sols et de l'eau contaminés par l'établissement d'un couvert végétal, soit la phytostabilisation, la phytodégradation, la rhizodégradation, la phytovolatilisation, la rhizofiltration et la phytoextraction. Elles seront appliquées en fonction du type de contamination et des objectifs de remédiation à atteindre (**Pivetz, 2001**)

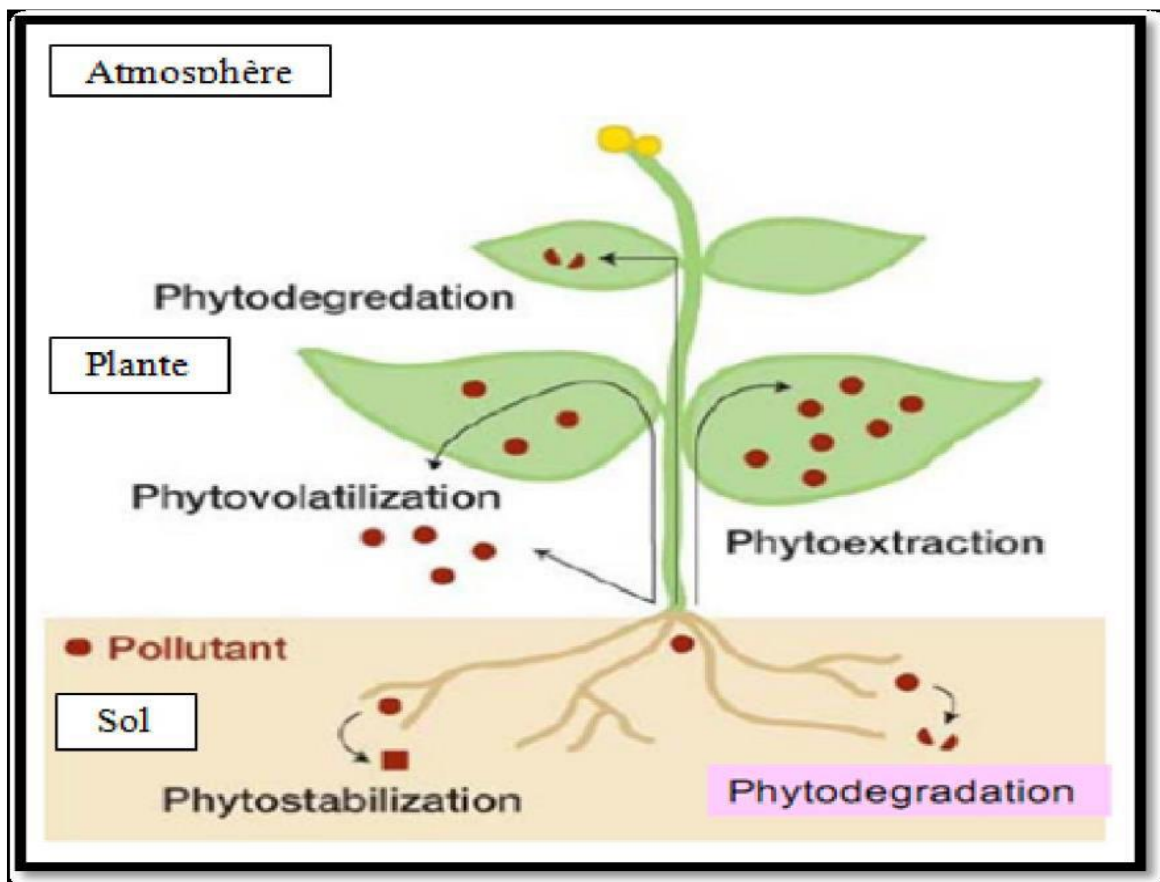


Figure 01 : Les principales de techniques de phytoremédiation (**Pilon-Smits, 2005**).

## Chapitre II : Phytoremédiation

### II.2.1. Phytoextraction

C'est l'utilisation de végétaux (hyper) accumulateurs qui vont absorber les métaux ou métalloïdes du sol par les racines et les accumuler dans les organes récoltables (feuilles, tiges et racines) (Mc Grath, 1998). Les métaux lourds vont se complexer avec des acides organiques ou des acides aminés synthétisés par la plante. Les métaux lourds sont ensuite récupérés en incinérant ou compostant la biomasse de plante (Remon, 2006).

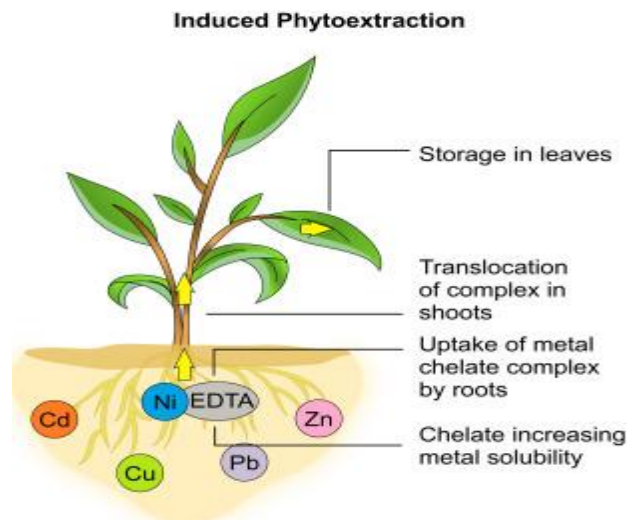


Figure 02 : la technique de phytoextraction

### II.2.2. Phytostabilisation

C'est l'utilisation des plantes pour réduire la biodisponibilité des polluants par les écoulements (latéraux ou en profondeur) ou immobiliser les composés polluants en les liants chimiquement par précipitation, stabilisation, absorption ou piégeage de ceux-ci par la plante. Par un stockage dans le système racinaire ou l'insolubilisation dans la rhizosphère, Cette technique permet d'éviter la dispersion des polluants dans les eaux de surface et souterraines (Cunningham *et al*, 1995). Et de limite l'érosion et le lessivage du sol. (Pilon- Smits, 2005; Remon, 2006).

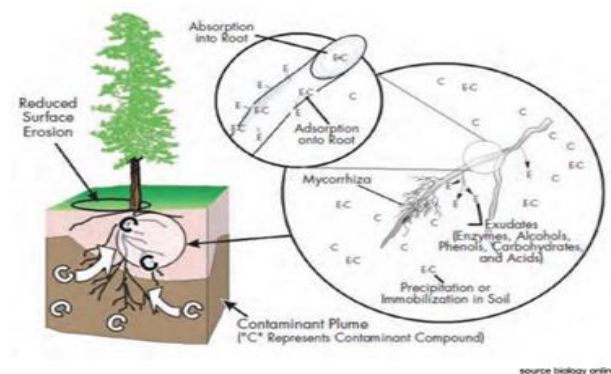


Figure 03 : la technique de phytostabilisation

## Chapitre II : Phytoremédiation

---

### II.2.3 Phytodégradation ou rhizodégradation

La phytodégradation ou rhizodégradation, correspond à la dégradation des polluants organiques dans la plante elle-même ou grâce aux microbes associés aux plantes dans leur rhizosphère ou dans leurs racines (mycorhizes, endophytes bactériens). Les plantes peuvent dégrader elles-mêmes des composés organiques grâce à leurs enzymes. Elles les catabolisent en composés inorganiques ou les dégradent en des formes plus stables qu'elles pourront stocker. Les enzymes les plus fréquentes sont des déhalogénases, oxygénases, peroxydases, peroxygénases, laccases, carboxylesterases, nitrilases, phosphatases et nitroréductases. La dégradation peut avoir lieu dans les parties aériennes et les racines.

(Pilon-Smits, 2005; Puschenreiter et Wenzel, 2005; Remon, 2006).

### II.2.4. Phytovolatilisation

La phytovolatilisation, permet la transformation des contaminants par les plantes en formes plus volatiles puis leur relargage dans l'atmosphère pour les composés organiques volatils, le TCE, le MTBE, et des inorganiques comme Se ou Hg (Pilon-Smits, 2005 ; Puschenreiter et Wenzel, 2005 ; Remon, 2006).

### II.2.5. Rhizofiltration

La rhizofiltration est l'utilisation des racines des plantes pour extraire les contaminants des eaux. Elle est basée sur la capacité des systèmes racinaires de certains végétaux à prélever et/ou dégrader les polluants dans un milieu liquide. Cette méthode s'applique dans les zones humides, construites ou naturelles, et pour des plantes dont les racines supportent la vie en milieu aquatique et anaérobie (Chaney *et al.*, 1997; Wong, 2003; Remon, 2006).

## II.3. Avantages et limites de la phytoremédiation

La technique de phytoextraction présente de nombreux intérêts, d'ordre environnemental et économique. En effet, l'activité biologique et la structure des sols sont maintenues après le traitement. En plus, le coût de la technique est bien moindre que celui de procédés traditionnels in situ et ex situ et varie selon les contaminants. D'autre part, les plantes permettent de conserver un paysage agréable (reverdissement et floraison), et aussi d'installer une communauté de microflore et de microfaune métallo-résistantes pouvant agir en synergie avec ces plantes afin d'accélérer le processus de décontamination. Les plantes peuvent être facilement surveillées et récoltées à des fins de traitement et la biomasse végétale réutilisée (Kumar *et al.*, 1995; Blaylock et Huang, 2000; Garbisu et Alkorta, 2001).

D'autre part, les métaux lourds peuvent aussi être récupérés et réutilisés. Enfin, cette technique biologique est facilement acceptée par le public dans le contexte de la préservation de l'environnement, du développement durable, et dans l'aspect esthétiquement plaisant de son application.

# Chapitre III : la tomate

---

## III.1 Origine et histoire de la tomate

### III.1.1 La tomate en Amérique

La tomate du genre *Lycopersicon* est une plante cultivée dans le monde entier pour son fruit. Elle est originaire des régions Andines côtières du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud, dans une zone allant du Sud de la Colombie au Nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). C'est en effet seulement dans ces régions, qu'on a retrouvées des plantes spontanées de diverses espèces, de l'ancien genre *Lycopersicon*, notamment *Solanum lycopersicum* ceraciforme (la tomate cerise). Cette dernière est actuellement répandue dans toutes les régions tropicales du globe, mais il s'agit d'introduction récente. (**Anonyme 1, 2011**).

Chaux et Foury (1994) rappellent que le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule espèce *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage ceraciforme pourrait être directement à l'origine de nos variétés, a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord.

C'est au XVIème siècle au Mexique actuel que la tomate à gros fruits a été découverte et domestiquée. Les indigènes l'appelaient « Tomati » ; ce nom provient d'un nom Aztèque « Zitomate », où l'ont trouvé les Conquistadors Espagnols lors de la conquête de Tenochtitlan (Mexico) par Hernan Cortés en 1519 (**Anonyme 1, 2011**).

### III.1.2 La tomate en Europe

Elle fut introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac, où elle fut accueillie par les gens avec un engouement très gaulois, car ils pensaient qu'elle avait un pouvoir aphrodisiaque et l'appelèrent « Pomme d'Amour » (**Anonyme 1, 2011**).

Au début, les Européens l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses, exemple : *Hyocinus niger*, *Lycopersicum atropa* (**Kolev, 1976**).

Selon (**Menard, 2009**), elle a été longtemps considérée comme une plante toxique, au même titre que sa cousine « la mortelle Belladone ». Ce n'est que vers les années 1920-1930 qu'elle commença à être largement commercialisée.

I.1.3 la tomate en Algérie : En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencée dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (**Latigui, 1984**).

# Chapitre III : la tomate

## III.2. Classification de l'espèce *Lycopersicum esculentum* Mill

### III.2.1. Classification botanique

La classification de la tomate se base essentiellement sur le type de croissance, la nature génétique, la forme et la grosseur des fruits, le nombre moyen de loges par fruits, la résistance aux maladies et la qualité commerciale et industrielle de la variété (KOLEV, 1976). C'est une espèce de plante herbacée de la famille des Solanacées. Selon Dupont et Guignard, (2012) , la tomate appartient à la classification suivante :

**Tableau 02** : la classification de la tomate (Dupont et Guignard, 2012) ,

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous règne</b>	Trachenobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous classe</b>	Asteridae
<b>Ordre</b>	Soloniales
<b>Famille</b>	Solanaceae
<b>Genre</b>	<i>Lycopersicum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill

## III.3. Caractéristiques morphologiques de la Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)

La tomate est une plante herbacée annuelle, appartenant au groupe des légumes-fruits (Baba Aissa, 1999).

### III.3.1. L'appareil végétatif

#### III.3.1.1 Racines

Les plantes de la tomate possèdent un système racinaire fort et pivotant se développe jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (Shankara ,2005). La racine principale est très dense, ramifiée et très active sur les 30 à 40 premiers centimètres (Chaux et Foury, 1994).

## Chapitre III : la tomate

---



**Figure 04** : Système racinaire de *Lycopersicon esculentum* Mill (Chaux et Foury, 1994).

### III.3.1.2 Tiges

Le port de croissance varie entre érigé et anguleuse fortement poilue, au début pousse d'une façon monopodiale et devient sympodiale par 4 ou 5 feuilles, il peut atteindre la longueur de 02 mètres ou plus (Shankara et al,2005)

### III.3.1.3 Feuilles

Les feuilles sont composées, imparipennées et disposées en spirale, comprennent 5 à 7 f aux lobes très découpés. Le bord du limbe est denté, elles mesurent 10 à 25 cm de long. Elle porte des poils glanduleux, ces derniers contenant une caractéristique à la plante (Anonyme, 2008).



**Figure 05** : Feuille de tomate (BOUMHIRIZ ,2017).

# Chapitre III : la tomate

## III.3.2. L'appareil reproducteur

### III.3.2.1. Fleurs

Les fleurs sont petites, jaunes en forme d'étoiles, groupées sur un même pédoncule en bouquet lâche de 3 à 8 fleurs, bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants.

Pour les pièces florales en général il y a 6 pétales de 1 cm de longueur, qui sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En générale la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu (Shankara, 2005).



Figure 06 : Fleurs de la tomate (BOUMHIRIZ ,2017).

### III.3.3.2.Les fruits

Les fruits chez la tomate sont des baies, charnus et tendres, leur poids associer à leur tailles qui sont variées de quelques dizaines de grammes pour un diamètre de 1,5 cm et dite «cerise» , à plus d'un kilogramme pour plus de 10 cm de diamètre, de couleur vert plus ou moins foncé avant maturité (Chaux et Foury, 1994), passant par l'orange, sa couleur à maturité varie du jaune au rouge (Papadopoulos,1991) , renferment des graines appelées pépins, ces derniers sont entou (Polese 2007).



Figure 07 : Fruit de la tomate (BOUMHIRIZ ,2017).

## Chapitre III : la tomate

---

### III.3.3.3. Les graines

En forme de rein ou de poire beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen.

Un nombre variable de graines renfermé dans une baie de tomate moyennement de 50 à 100 graines, généralement le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (**Philouze et Laterrot, 1992**)

Comme pour les céréales, la longévité des graines de tomate est de 5 à 10 ans (**Camafort, 1969**). Ces graines sont chargées de réserves qui assure une bonne faculté germinative permettent à l'embryon de s'alimenter en attendant que la jeune plantule puisse subvenir à elle-même (**Heller, 1990**).



**Figure 08** : Une coupe transversale d'un fruit mature de la tomate contient des graines visibles (**BOUMHIRIZ, 2017**).

### III.4. Exigences pédoclimatiques de la tomate

#### III.4.1. La température

La température est le facteur le plus déterminant pour la production de la tomate car la culture réagit fortement aux variations thermique (**Lambert, 2006**). La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21°C et 24°C. La croissance, la floraison et la fructification sont favorisées par un écart thermique de 10°C entre le jour et la nuit. Le gel qui survient après la plantation tue les plantes, c'est pourquoi il faut attendre la fin de l'hiver pour la culture en plein champs.

## Chapitre III : la tomate

---

### III.4.2. La lumière

La lumière est un facteur écologique fondamental qui intervient dans la qualité de la photosynthèse. Le manque de lumière peut inhiber l'induction florale et gêner la germination du pollen ( **chibane, 1999**). La photopériode et l'intensité lumineuse sont des facteurs limitant pour la culture( **Benton,1999**). - Eau et humidité relative : La tomate exige beaucoup d'eau, ce qui nécessite une irrigation en évitant l'asphyxie radiculaire ( **Schiffers, 2003**). Le stress causé par une carence en eau sur de longues périodes provoque la chute des bourgeons et des fleurs ainsi que le fendillement des fruits. Les risques importants lorsque les averses sont très intenses. Une humidité très élevée entraîne la pourriture des **fruits (Lambert. 2006)** , les exigences climatiques de la tomate sont malheureusement celles qui favorisent le développement des biogresseurs de la culture.(**Guenaoui ,2008**).

### III.4.3. Sol, salinité et pH

La tomate aime les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés et riches en humus. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable. La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité, car elle peut supporter une salinité allant jusqu'à 2-3mmho/cm . Sa tolérance vis-à-vis de l'acidité est très élevée. La tomate pousse mieux dans les sols où le pH varie entre 5,5 et 6,8 avec approvisionnement en éléments nutritifs suffisant (**Naïka et al ,2005**).

## III.5. Le Cycle biologique de *Lycopersicon esculentum* Mill

Le cycle végétatif complet de la graine à la graine de la tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture ; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle comprend les six étapes suivantes : (**Gallais et Bannerot ,1992**)

### III.5.1. La germination

La germination et le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (Corbineau et Core, 2006). Chez la tomate la germination est épigée, nécessite une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% (**Chaux et Foury, 1994**).

### III.5.2. La croissance

C'est un changement quantitatif de la plante au cours du temps, qui s'effectue par une augmentation irréversible de ces dimensions (**Thiman et Nonard ,1956**). Cette étape se déroule en deux phases et en deux milieux différents.

- ↳ En pépinière : De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, on remarque l'apparition des racines et des premières feuilles ;

## Chapitre III : la tomate

- ↳ En plein champ : Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines, les plantes continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuille (**Laumonnier ,1979**).

### III.5.3. La floraison

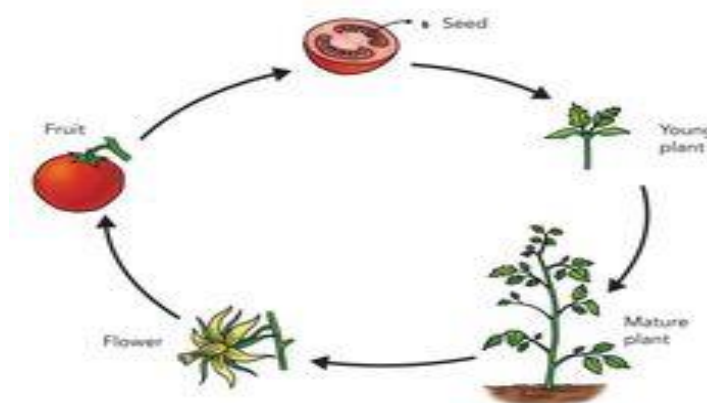
Lorsque le méristème passe de l'état végétatif à l'état reproducteur, les ébauches florales apparaissent et se développent, ce processus correspond à la floraison. Sous l'influence de plusieurs facteurs, naturellement la pollinisation se fait. Elle se traduit par l'apparition des fruits verts. La durée entre la pollinisation et la fécondation est de 2 à 3 jours (**Ray et Costes, 1965**). La première inflorescence apparaît deux mois et demi environ après le semis. La floraison chez la tomate commence du bas vers le haut. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante (**Benton ,1999**).

### III.5.4. La pollinisation

Les conditions climatiques ont un effet sur la libération et la fixation du pollen, par exemple si la température nocturne est inférieure à 13 °C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates qui causent une difficulté du dépôt de pollen (**Louveaux, 1984**). L'intervention des agents extérieurs est nécessaire pour cette étape, le vent ou certains insectes comme le bourdon (**Chaux et Faury, 1994**). Lorsque des périodes de froid ou de chaleur perdurent pendant la floraison, la production de pollen sera réduite (**Shankara, 2005**).

### III.5.5. La fructification et la maturité des fruits

La fructification débute par la nouaison des fleurs de l'inflorescence du bas vers le haut. Les fruits mûrissent quand ils atteignent leurs tailles définitives et ils se colorent en jaune puis en rouge (**Benton, 1999**). Il existe une relation proportionnelle entre la production d'auxine, le développement des fruits et la quantité des graines (FAO, 1987). La lumière intense permet la synthèse active qui affecte la mise et la couleur des fruits, pour cela une température de 18 °C la nuit et 27°C le jour est favorable (**Shankara, 2005**).



**Figure 09** : Cycle de développement de Tomate (**Mémento de l'agronome, 2003**)

## Chapitre III : la tomate

### III.6. Importance économique de *Lycopersicon esculentum* Mill

La tomate a une valeur économique élevée, elle est presque cultivée dans tous les pays du monde, plus de 140 million de tonnes sont produites chaque année. La production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. (Shankara, 2005)

À l'échelle mondiale, la tomate est classé 2eme culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares (4,98 million ha) sont réservés annuellement à cette culture avec une production de plus de 34 millions de tonne (FAO STAT, 2015)

La tomate fraîche est présente presque toute l'année dans le commerce, grâce aux systèmes de culture protégés (Polese, 2007).

### III.7. Les valeurs nutritionnelles de *Lycopersicon esculentum* Mill

**Tableau 03** : Les neufs Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde. (FAO Stat, 2015).

Pays	Production
Chine	33 911 935
Inde	1 3 718 573
USA	10 965 452
Espagne	10 313 529
Egypte	9 204 602
Turku	5 976 732
Iran	4 826 851
Italie	3 922 179
Brasile	3 867 630

les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine avec 33,9 millions de tonnes suivie de l'Inde avec 13,7 millions de tonnes. Les États Unis occupent le troisième rang mondial avec plus de 10,9 millions de tonnes de tomate produite chaque année. De nombreux pays, tels que l'Espagne, l'Égypte, la Turquie, l'Iran, le Brésil, l'Italie et le Mexique produisent également chaque année plus de 30 million de tonnes de tomates (FAO Stat, 2014).

# Chapitre IV : matériels et méthodes

---

## IV.1. Site expérimental

L'essai a été réalisé sous une serre en verre au sein de l'atelier agricole située à Mazagran à 5 Km environ de la ville de Mostaganem, dont les facteurs température, humidité, et vents ont bien contrôlés.

## IV.2 Objectif :

L'objectif de ce travail porté sur l'effet toxique des métaux lourds ; le cas du plomb sur les paramètres de la tomate :

- Les paramètres morphologiques** : Nombre de feuilles, surface foliaire, hauteur de la tige, la longueur des racines.
- Les paramètres physiologiques** : Teneur relative en eau des feuilles (RWC), taux de déperdition d'eau (R.W.L).

## IV.3 Matériel végétal :

La variété de la tomate (« *Lycopersicum esculentum* Mill » choisie dans notre travail est Saint pierre. Elle est utilisée par les agriculteurs de la région de Mostaganem.

### IV.3.1. Préparation du substrat de culture

Le substrat utilisé dans ce travail est du sable des dunes ayant subi :

- Un tamisage approprié pour éliminer les débris et les déchets végétaux, animaux et toutes les pierres afin d'obtenir un sable fin et net.
- Des lavages successifs à l'eau ordinaire 3 fois.



## Chapitre IV : matériels et méthodes

---

- Un traitement à l'esprit de sel pour éliminer les sels, les carbonates, les chlorures...etc.
- Des rinçages répétés à l'eau ordinaire (3 fois) et à l'eau distillée (2 fois) afin de supprimer toute trace de chlore.
- Un test de nitrate d'argent a été réalisé pour vérifier la pureté du substrat.

En fin, un séchage à l'air libre.



### 3.1.1. Préparation des graines

Les graines sont décortiquées manuellement, désinfectées à l'eau de javel pendant 5 minutes puis rincées abondamment à l'eau distillée pour éliminer toute trace de chlore, elles ont été séchées avant la mise en germination.



## Chapitre IV : matériels et méthodes

### IV.3.2. Préparation des pots et remplissage du sable

Les pots utilisés pour les expérimentations sont des pots en plastiques. Ils ont un diamètre au sommet de 19 cm avec une profondeur de 17 cm. Chaque pot a une contenance d'environ 2 kg. Ils sont remplis par une quantité de 1880 g de mélange sable et terreau (deux volumes sable / un volume de terreau). Le fond des pots a été recouvert d'une couche de graviers permettant le drainage avant de recevoir le substrat. Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat (400 ml/pot).



### IV.3.3. Germination

Les graines de la tomate sont désinfectées durant 5 min dans une solution à 50% d'hypochlorite de sodium. Puis elles sont mis à germer dans des boîtes de pétri tapissés de papier filtre imbibé d'eau distillé (témoin). La germination est réalisée à l'obscurité et à 25°C.

a) Le taux de germination est le rapport des graines germées sur les graines semées.

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{Graines germées}}{\text{les graines a semés}} \times 100$$

#### IV.3.3.1 Préparation de solution stressante

Le plomb utilisé dans cette étude est sous forme de nitrate de plomb ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) à cinq doses différentes (0, 3, 5, 7 et 10 mM).

Dose 1 : 0 mM..... 0 ppm

Dose 2 : 3 mM .....399 ppm

## Chapitre IV : matériels et méthodes

---

- Dose 3 : 5 mM .....6969 ppm
- Dose 4 : 7 mM .....8362 ppm
- Dose 5 : 10 mM .....3368ppm



### IV.3.3.2 paramètres étudiés

Durant cette expérimentation, on a étudié :

### IV.3.3.3 Cinétique du taux de germination

Il est exprimé par le pourcentage de graines germées chaque jour par rapport au nombre total de graines par boîte de Pétri (%) (**Mazliak, 1981**).

En effet le taux de germination est calculé selon la formule suivante :

$$TG (\%) = (Gx / Gt) * 100$$

**Où :**

**TG :** Taux moyen de germination en (%).

**G** Nombre de graines germées.

**Gt :** Nombre total de graines mises à germer.

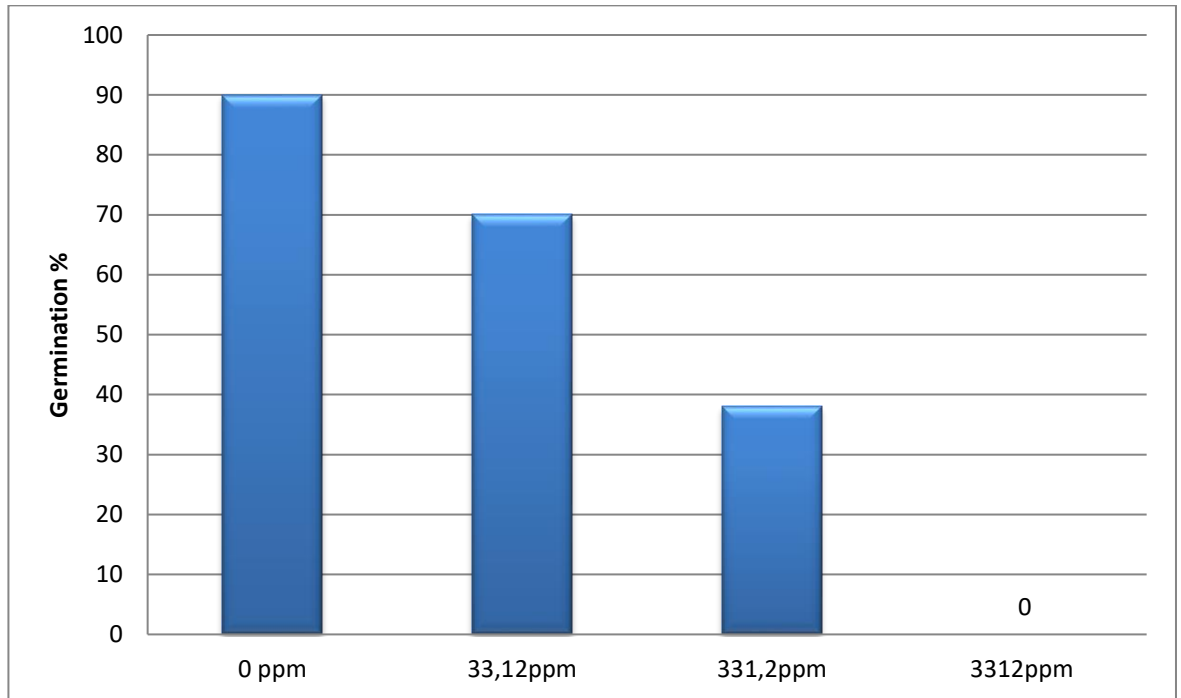
### IV.3.3.4 Cinétique de la longueur des racicules et des tiges

La longueur des racicules et des tiges des plantules de *Moringa oliéfira* L. est mesurée à partir de 4ème jour à l'aide d'une règle graduée en (cm) à raison de 6 graines par boîte.

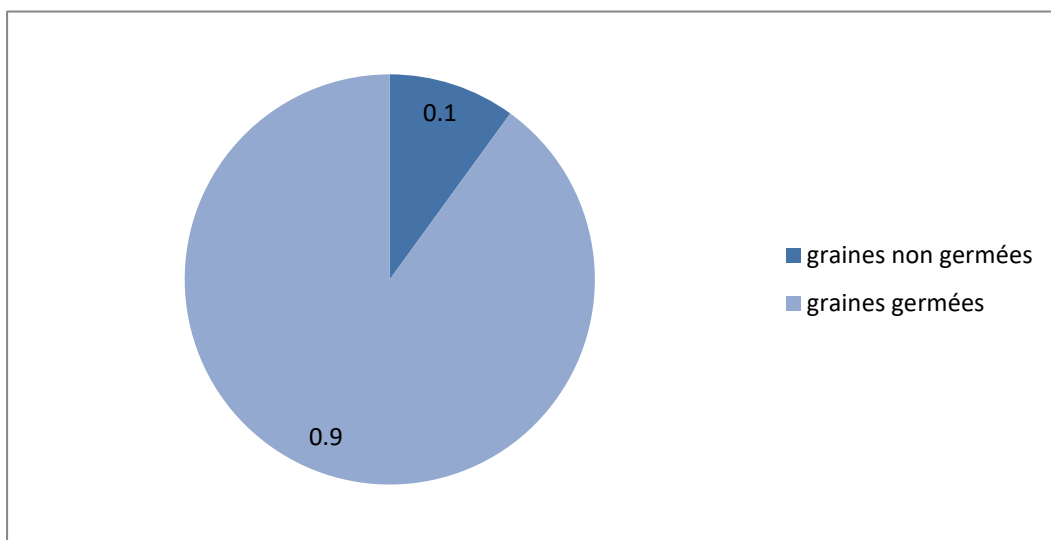
**V.1. Effet du plomb sur le taux de germination de *Lycopersicon esculentum* Mill**

Les résultats obtenus du taux de germination des graines *Lycopersicon esculentum* Mill (90%) par les graines de la variété.

L'analyse statistique montre une diminution non significative.



**Fig. 14.** Le taux de germination des graines de *Lycopersicon esculentum* Mill.



**Fig.15.** les graines germée et non germées(Témoin)

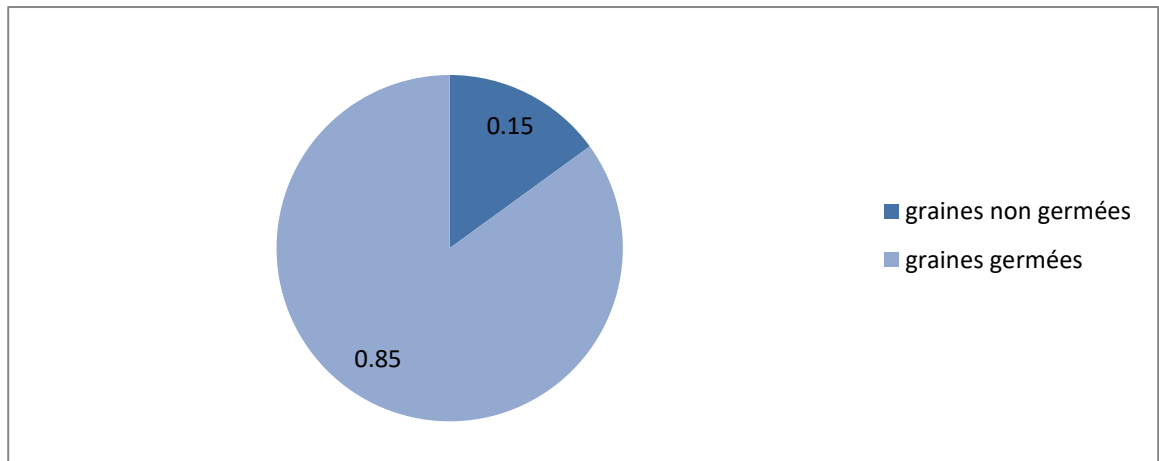


Fig .16. Les graines germées et non germées 0.03g/l du plomb

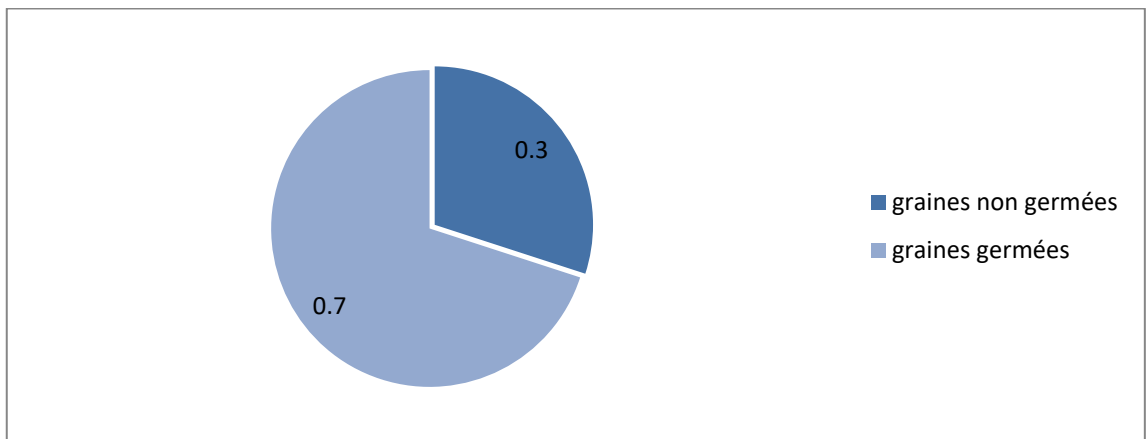


Fig .17. Graines germées et non germées .dose 0.3g/l

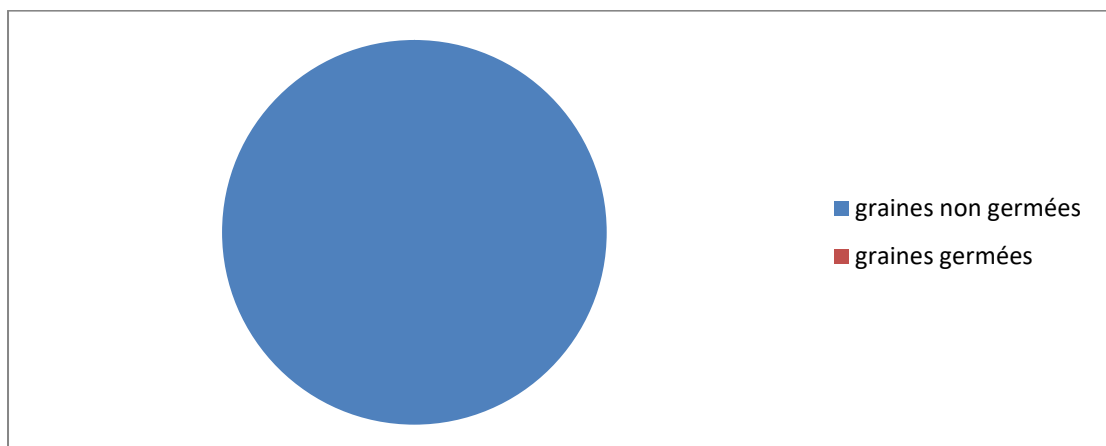
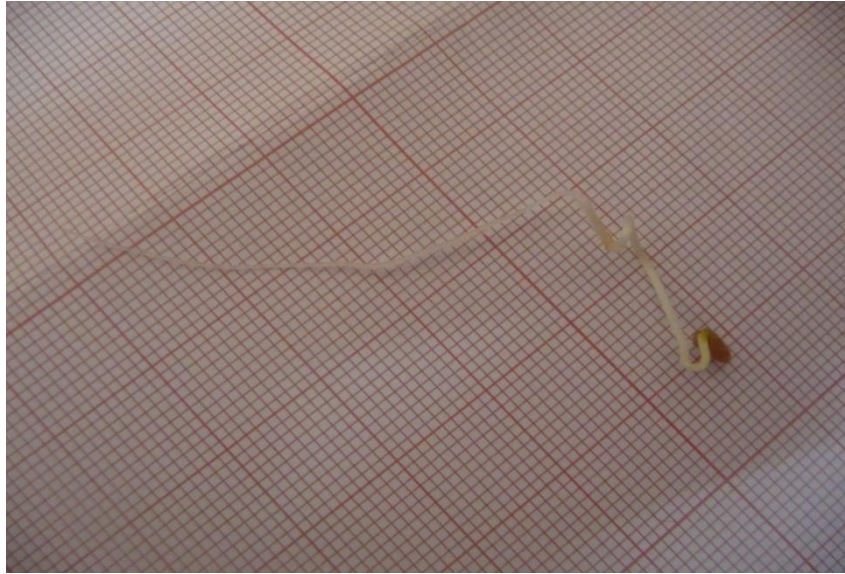


Fig .18. Graines non germées. Dose 3.3 g/l du plomb



**Fig.19.** la longueur d'une tigelle témoin

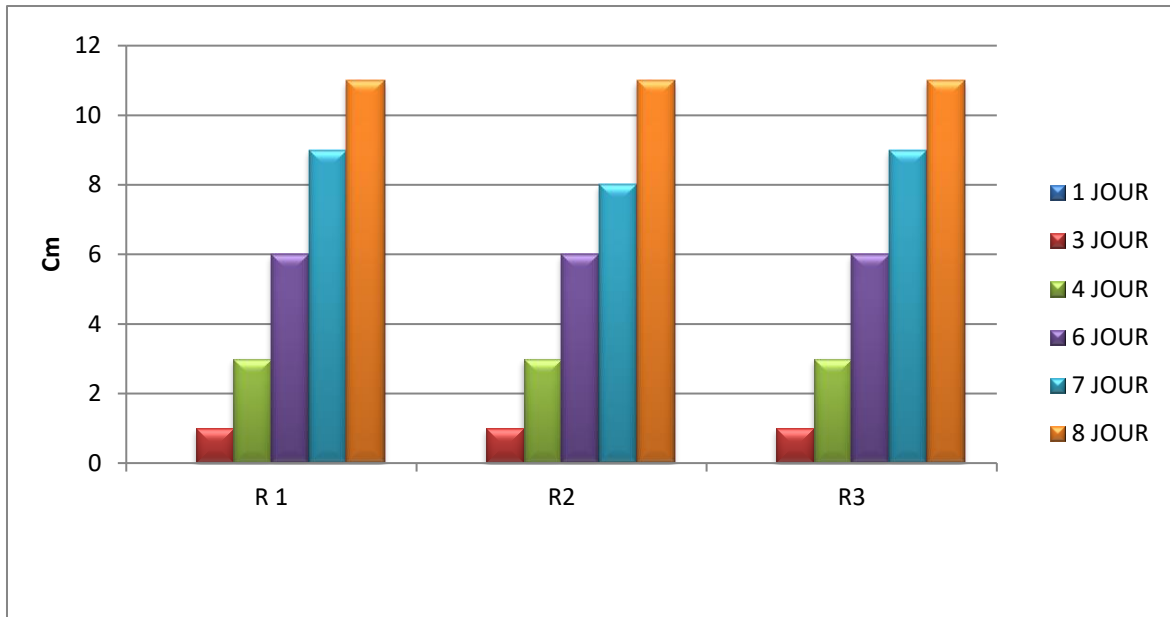
## **V. 2.L'effet du plomb sur les paramètres biométriques de la tomate**

### **V.2.1.Cinétique de la longueur des racicules et des tiges**

La longueur des racicules et des tiges des plantules de *Lycopersicum esculentum* Mill. Est mesurée à partir de 4ème jour à l'aide d'une règle graduée en (cm) à raison de 6 graines par boîte.

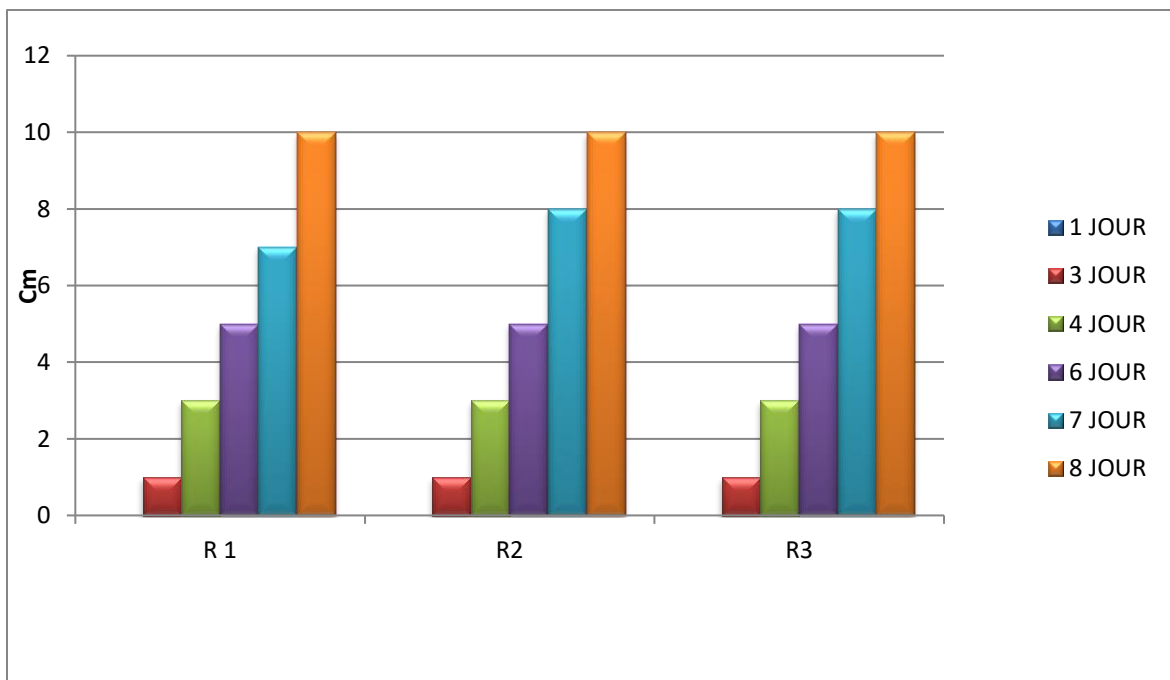
#### **V. 2.1.1. La longueur des tiges**

La figure 20 représente les valeurs moyennes de la longueur des tiges (1,3; 5; 7,10 ; cm) des plantes traitées par le plomb sous différentes doses (0.03; 0.3; 3.3;g/l ) respectivement, comparés au témoin qui a présenté la valeur la plus élevée ( 11 cm).



**Fig .20.** L’effet du plomb sur la longueur des tigelles de *Lycopersicon esculentum* Mill (Témoin)

Les résultats obtenus montrent que la longueur des tiges sous l'effet du plomb a enregistré une diminution remarquable par rapport au témoin avec une légère augmentation pour la dose de 0.03g/l.



**Fig .21.** L’effet du plomb sur la longueur des tigelles de *Lycopersicon esculentum* Mill 0.03 g/l de plomb.

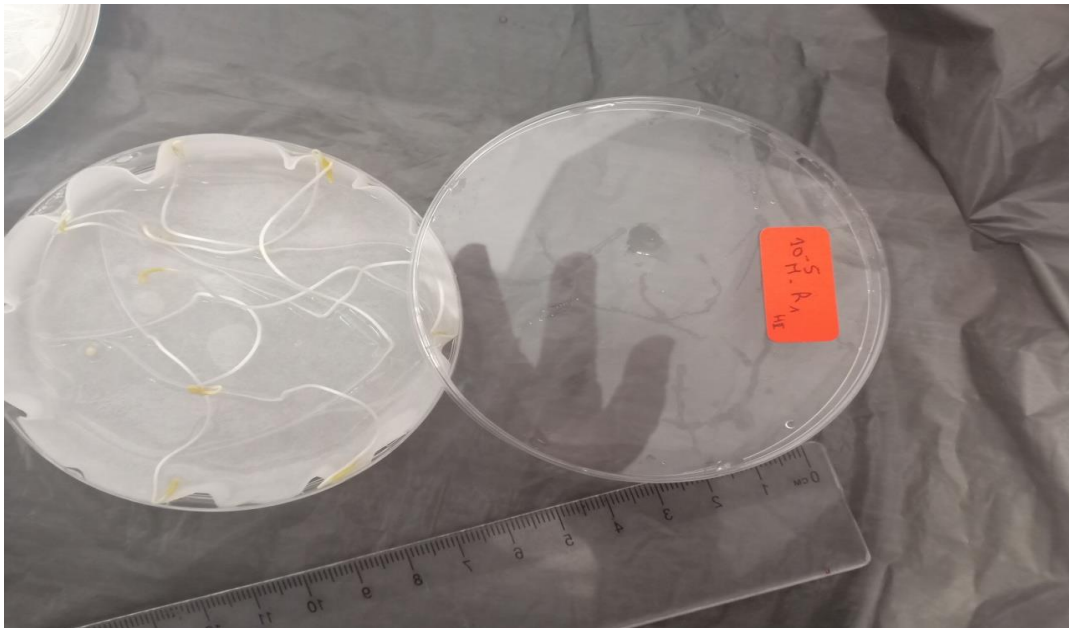


Fig.22 .mesure de la longueur des tigelles en dose 0.03g/l de plomb

**V. 2.1.2. La longueur des tigelles (0. 3g/l du plomb)**

Les résultats obtenus montrent que la longueur des tigelles sous l'effet du plomb a enregistré une diminution remarquable par rapport au témoin avec une légère augmentation pour la dose de 0.3 g/l du

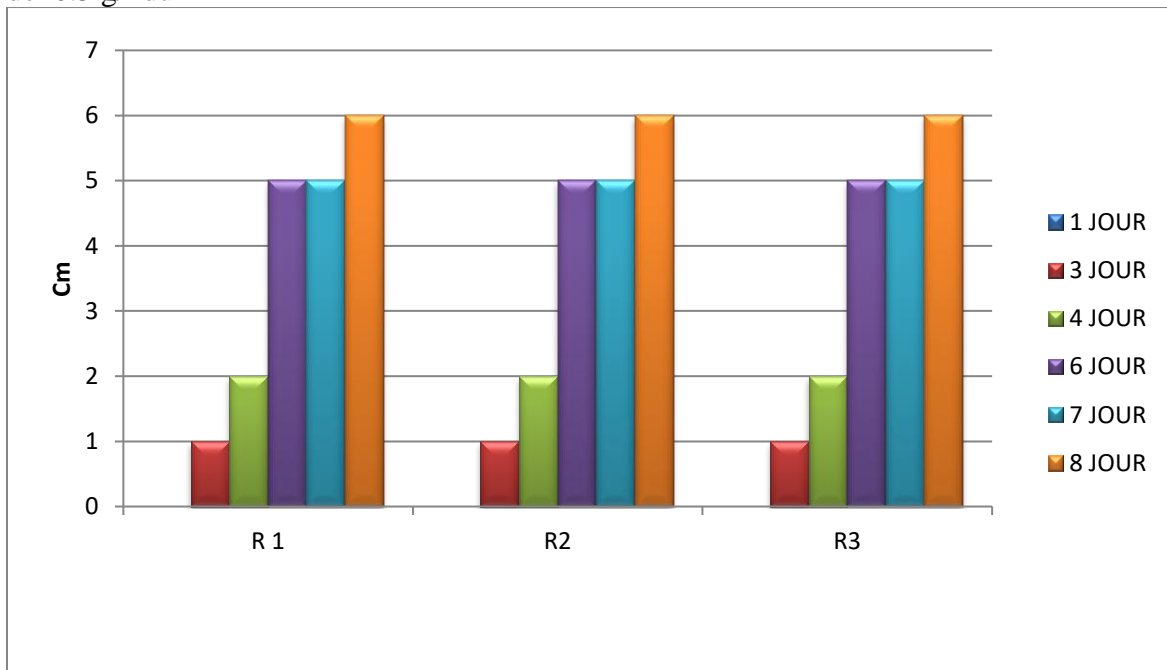


Fig. 23. L'effet du plomb sur la longueur des tigelles de *Lycopersicon esculentum* Mill 0.3 g/l



Fig.24. la longueur des tigelles en dose 0.3 g/l de plomb

V. 2.1.3. La longueur des tigelles (3. 3g/l du plomb)

Les résultats obtenus montrent que la longueur des tigelles sous l'effet du plomb a enregistré une diminution remarquable par rapport au témoin avec une légère augmentation pour la dose de 3.3g/l du plomb.

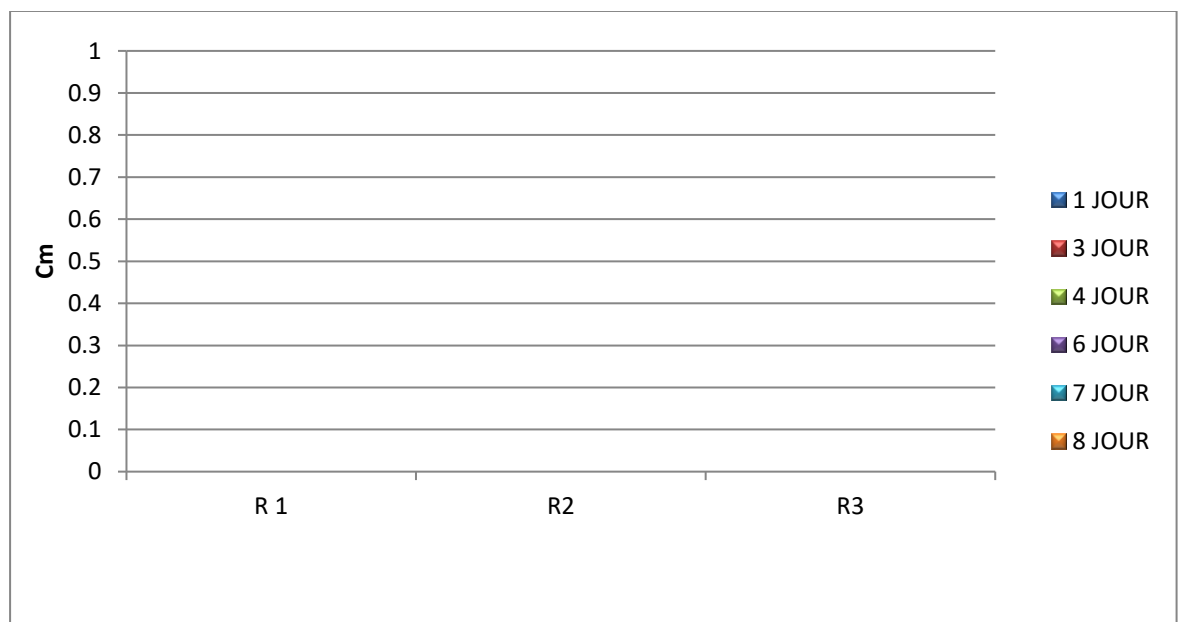


Fig.25. la longueur des tigelles en dose 3.3 g/l de plomb.

Nous avons remarqué qu'il n'y avait pas de germination dans une solution stressante d'une grande dose de plomb R1 et R2

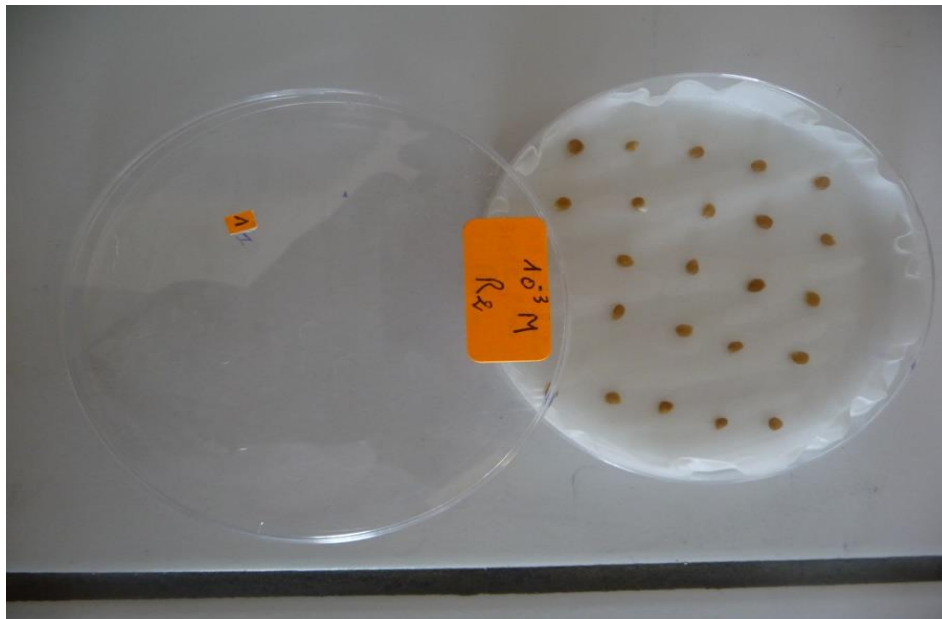


Fig.26. Graines non germées. Dose 3.3 g/l du plomb.

Les résultats moyens de l'évolution de la longueur des tiges (cm) de *Lycopersicon esculentum* Mill en fonction des doses de plomb.

Doses du plomb	Témoin	0.03g/l	0.3g/l	3.3g/l
Longueur des tiges (cm)	11	10	6	0

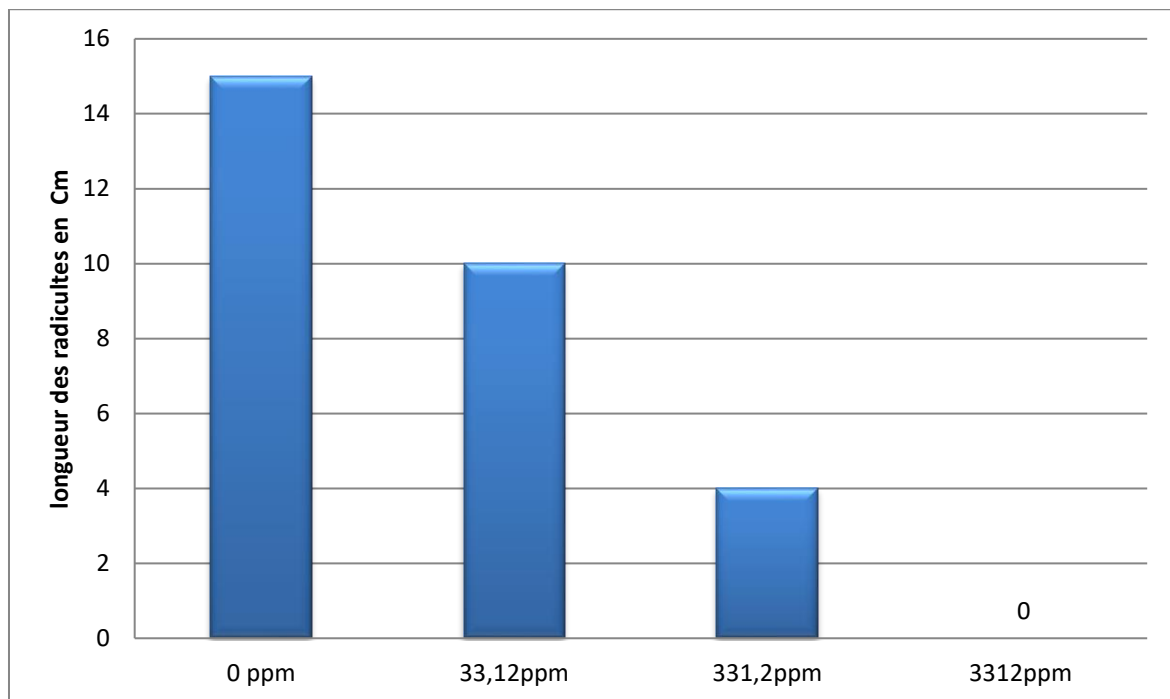
Tab .6. La longueur des tiges (cm) de *Lycopersicon esculentum* Mill en fonction des doses de plomb.

Les données de l'analyse statistiques indique que l'effet du plomb ( $g < 0,03$ ) sur les longueurs des tiges se révèlent très hautement significatifs avec (PROB =0,00001) .

### V. 2.2.La longueur des radicules

Après 15 jours d'exposition des graines *Lycopersicon esculentum* Mill a des concentration de Plomb, les résultats de l'analyse statistique des longueurs des radicules révèlent une diminution pour les doses (33.12 et 331.2 et 3312 ppm)

par rapport au témoin .



**Fig27** : effet du plomb sur la longueur des radicules de *Lycopersicon esculentum* Mill

# Conclusion

Le plomb pose actuellement des problèmes importants en matière de contamination de l'environnement. Les plantes, du fait de leur immobilité, sont particulièrement vulnérables à l'effet délétère de ce contaminant.

Ces dernières années, le développement de techniques efficaces pour décontaminer les sites pollués sont devenu indispensable. L'une d'elle, la phytoremédiation qui exploite les propriétés de certaines plantes à tolérer et accumuler de grandes quantités de métaux lourds.

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissant à l'émergence de la racine. Ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production agricole réussie.

Ce travail a porté donc sur l'étude des effets du plomb sur cinétique du taux de germination et l'élongation des racines et des tiges des graines de *Lycopersicon esculentum* Mill car la germination est la première étape du développement des plantes dans des milieux contaminés par ce métal.

Les résultats obtenus indiquent que l'exposition des graines de *Lycopersicon esculentum* Mill., à différentes doses de plomb affecte son processus germinatif, qui se traduit par une diminution non significative du taux de germination des graines traitées par le plomb à différentes concentrations (3, 5, 7 et 10 mM) par rapport au témoin où le taux de germination est égale 100%.

L'excès de plomb exerce un effet négatif sur la croissance de la plante de *Lycopersicon esculentum* Mill qui entraîne une réduction de la croissance de l'allongement des parties aériennes des plantules ainsi que la taille des racines et la densité des poils absorbants ce qui conduit au développement de racines plus courtes mais plus compactes spécialement au niveau des plantes traitées avec 10 mM de plomb.

D'après ces résultats, nous pouvons déduire que *Lycopersicon esculentum* Mill., a une forte potentialité vis-à-vis au stress métallique.

## Références bibliographiques

1. **Anonyme1.2007**. Autres noms scientifiques de *Tuta absoluta* .3p
2. **Kolev ,N.1976**. Les cultures maraichères en Algérie .Tome I .Légumes fruits .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles 1p
3. **Menard. 2009**. Impact of temperature on seed dormancy.38-39p.
4. **Latigui, A.1984** . Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister. INRA El-Harrach ,Algérie. 2p
5. **Dupont F .et Guignard J . 2012**. Botanique les familles de plante .300 P.
6. **Baba Aissa F. 1999**. Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et de Maghreb. ed. Librairie moderne, Rouiba : 278-279p.
7. **Shankara N.2005**. La culture de la tomate : Production, transformation et commercialisation. Cinquième édition révisée.
8. **Chaux. C.L et Foury .C.L.1994**. Cultures légumières et maraichère, TOME III : légumineuses potagères, légumes fruit. Doc Lavoisier, Paris. P563.
9. **Shankara N.,Shankara Naika, Joep van Lidt de Jeude , Marja de Goffau, Martin Hilmi , Barbara van Dam . 2005**. La culture de la tomate : Production, transformation et commercialisation. Cinquième édition révisée .
10. **Anonyme. 2008**. Nouveau ravageur de tomate.4p.
11. **Boumhiriz Rachid.2017**. tude «in vitro » de l'efficacité de l'extrait hydro-éthanolique des feuilles matures de la courge *Cucurbita pepo*, et de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles de la menthe *Mentha spicata* sur les larves de *T. absoluta* : L'appareil végétatif.P43-44-45-48
12. **Papadopoulos A.1991**.Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media.p77.
13. **Polese J. 2007** .La culture des tomates.N° d'édition 84416.
14. **Philouze J , Laterrot H. 1992**. La tomate.ed. Amélioration- des espèces végétales cultivées. Paris. P379-391.
15. **Camefort H.1969**. Reproduction et biologie des principaux groupes végétaux.
16. **Heller R.1990**. Physiologie végétale 2. Paris.

17. **Lambert L. 2006** .Lutte anti insectes appliquée aux tomates de serre .  
Agriculture et Agroalimentaire Canada. Août 2006
18. **Chibane A.1999** .Tomate sous serre : transféré de technologie en agriculture,  
n 57 Ed.
19. **Benton J.1999** .Tomato plant culture.183p.
20. **Shiffer .2008**.Itinéraire technique de tomate cerise programme initiative  
pesticides Gembleux.p31.
21. **Guenauoui Y. 2008** .Nouveau ravageur de la tomate en Algérie : Première  
observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive.  
Mostaganem.P18-19.
22. **Naïka S., de Jeude J. L., de Goffau M., Hilmi M., Dam B., 2005** : La  
culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Ed.  
Fondation Agromisa et CTA. 105 p .
23. **Gallais A et Bannerot H.1992**. Amélioration des espèces végétales cultivés  
objectif et critères de sélection.. 765p.
24. **Thiman K, Nonard P., 1956** .Les facteurs de la croissance cellulaire végétale  
: les auxines, in Les facteurs de croissance cellulaire.p243- 248.
25. **Laumonier R.1979**. Culture légumière et maraîchère .Eds. Paris.p276.
26. **Benton J.1999** .Tomate plante culture. P183.
27. **Louveaux J.984**. Pollinisation et production végétales. Ed.INRA. p 663.
28. **Polese J.2007**. La culture des tomates.
29. **Mémento de l'agronome.2003**).p8.
30. **Kabata-Pendias A et Pendias H., (1992)**. "Trace elements in soils and  
plants." CRC Press, Boca Raton, Florida, 2nd Edition, 209 p.
31. **Kabata-Pendias A et Pendias H., (2001)**. "Trace elements in soils and  
plants." CRC Press, Boca Raton, Florida, 2nd Edition, 209 p.
32. **Mazliak P., (1982)**. – Croissance et développement. Physiologie végétale II.  
Hermann Ed, Paris, Collection Méthodes, 465p.
33. **McGrath, S., (1998)**. Phytoextraction for soil remediation. In Plants that  
hyperaccumulate heavy metals: their role in phytoremediation, microbiology,  
archaeology, mineral exploration and phytomining, Brooks, R., Ed. CAB  
International: New York,; pp 261-288.

34. **Meagher RB., (2001)** Pink water, green plants and pinks elephants. *Nature Biotechnology* 19, 1120-1121.
35. **Meers E et Tack F., (2004).** The potential of foliar treatments for enhanced phytoextraction of heavy metals contaminated soil. *Remed J.* 14 : 111-123.
36. **Mench, M. Lepp, V. Bert, J.P. Schwitzguébel, S. Gawronski, P. Schröder, J.Vangronsveld., (2010).** *Journal of Soils and Sediments*, 10, 1039-1070.
37. **Meyer S, Reeb C, Bosdeveix R., (2004).** *Botanique, biologie et physiologie végétale.* Ed. Moline, Paris, 461p.
38. **Michel V., (1997).** *La production végétale, les composantes de la production.* Paris, Ed. Danger, 478p.
39. **Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Reeves, R.D., Smith, J.A.C., (1999).** Metal hyperaccumulator plants: a review of ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal polluted soils. Ed. Terry N and Banuelos G. Lewis Publishers Boca Raton, London, New York, Washington, 85-107.
40. **Baskin C.C et Baskin J.M., (1998).** *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination .* Academic Press, San Diego .C A.
41. **Bazzaz FA, Carlson RW, Rolfe GL., (1975).** "Inhibition of Corn and Sunflower photosynthesis by lead. " *physiologia plantarum* 34 :326-329.
42. **Berti WR., (1997).** Phytostabilization of metals. In: I. Raskin and B.D. Ensley eds. *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment.* New York, John Wiley & Sons, Inc. p. 71-88.
43. **Brooks, R.R., Lee, J. Reeves, R.D. and Jaffré, T., (1977).** Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. *Journal of Geochemical Exploration* 7, 49-57. )
44. **Zaier H, Ghnaya T, Lakhdar A, Baioui R, Ghabriche R, Mnasri M, Sghair S, Lutts S, Abdelly C. 2010.** Comparative study of Pb-phytoextraction potential in *Sesuvium portulacastrum* and *Brassica juncea*: tolerance and accumulation. *Journal of Hazardous Materials.* 183, 609-615.
45. **Zenk MH.1996.** Heavy metal detoxification in higher plants. a review *Gene.* 7;179(1),21-30.
46. **Zerrad W, Hillali S, Mataoui B, EL Antri S, Hmyene A. 2006.** Comparative study of the biochemical mechanisms of resistance to water stress of two varieties of durum wheat. *Lebanese Science Journal.* 9(2).
47. **Prasad MNV. 1999.** Heavy metal stress in plants: from biomolecules to ecosystems. Springer- Verlag, Berlin-Heidelberg. p 462.

48. **Prasad MNY, Drej K, Skawinska A, Stratka K. 1998.** Toxicity of cadmium and copper in *Chlamydomonas reinhardtii* wild-type (WT 2137) and cell wall deficient mutant strain (CW 15). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 60 (2), 306-311.
49. **Quevauviller P, Rauret G, LopezSanchez JF, Rubio R, Ure A, Muntau H. 1997.** Certification of trace metal extractable contents in a sediment reference material (CRM 601) following a three-step sequential extraction procedure. *Science of the Total Environment*. 205,223-34.
50. **Quezel P, Santa T. 1962.** Nouvelle flore de l'Afrique et les régions désertiques méridionales. Ed. Anatol. France. p 228.
51. **Rachid A, Camm EL, Ekramoddoullah AKM. 1994.** "Molecular mechanism of action of  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  on water oxidizing complex of photosystem II". *FEBS Letters*., 350, 296-298.
52. **Ramel F. 2009.** Involvement of soluble sugars in the stress responses xenobiotic oxidative and in *Arabidopsis thaliana*. Thèse de doctorat. University of Rennes 1, Rennes. p 230.
53. **Ran X, Liu R, Xu S, Bai F, Xu J, Yang Y, Shi J, Wu Z. 2014.** Assessment of growth rate, chlorophyll a fluorescence, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity in *Aphanizomenon flos-aquae*, *Pediastrum simplex* and *Synedra acus* exposed to cadmium. *Ecotoxicology*. 24, 468-77.
54. **Barbbrielli R. 2008.** Metal accumulation and damage in rice (cv. Vialonenano) seedlings exposed to cadmium. Anatomical variations in roots due to Cd stress. *Environmental and Experimental Botany*.62, 267-278.
55. **Rastgoo Leila, Alemzadeh, Abbas. 2011.** Biochemical Responses of Gouan ('*Aeluropus littoralis*') to Heavy Metals Stress. *Australian Journal of Crop Science*. 5(4), 375-383.
56. **Rathinasabapathi B, Sigua C, Ho I, Gage DA. 2000.** Osmoprotectant Balanine betaine synthesis in the Plumbaginaceae: S-adenosyl-L-methionine depend Nmethylation of B-alanine to its betaine is via N-methyl and N, N-diemethyl B-alanines. *Physiologia Plantarum*. 109, 225-231.
57. **Reddy CN, Patrick WH. 1977.** Effect of redox potential and pH on the cadmium and lead by rice plants. *Journal of Environmental Quality*. 6, 259-262.

58. **Redondo-Gómez S, Mateos-Naranjo E, Andrades-Moreno L. 2010.** Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in a halophytic Cd-hyperaccumulator, *Arthrocnemum macrostachyum*. *Journal of Hazardous Materials*. 184, 299–307.
59. **Reeves RD, Baker AJM. 2000.** Metal-accumulating plants. In: *Phytoremediation of toxic metals-using plants to clean up the environment*. Raskin I., Ensley, B.D. (Eds.), John Wiley and Sons, New York. 193-229.
60. **Rehman MZ, RizwanM, Ghafoor A, Naeem A, Ali S, Sabir M, Qayyum MF. 2015.** Effect Remon E.2006. Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques : vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution. Thèse de doctorat de l'Université de Jean Monnet. p157.
61. **Ren FC, Liu TC, Liu HQ, Hu BY. 1993.** Influence of zinc on the growth, distribution of elements, and metabolism of one-year-old American ginseng plants. *Journal of Plant Nutrition*. 16(2), 393 405.
62. **Reuser WE. 1995.** Phytochelatins and related peptides: structure, biosynthesis and function. *Plant Physiology*. 86, 1141-1149.
63. **Reymond M, Svistoonoff S, Loudet O, Nussaume L, Desnos T. 2006.** Identification of QTL controlling root growth response to phosphate starvation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell and Environment*. 29, 115-125.
64. **Rhoades JD. 1993.** Electrical Conductivity Methods For Measuring And Mapping Soil. *Advances in agronomy*, 49, 201
65. **Pich A. and Scholz G. (1996).** Translocation of copper and other micronutrients in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.): Nicotianamine-stimulated copper transport in the xylem. *Journal of Experimental Botany*, 47, 41–47
66. **PNTTA (1999).** Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA transfert de technologie en agriculture, Maroc. 4 p
67. **Polese J.M. (2007).** La culture de la tomate. Ed Artémis .95p.
68. **Publishers B. (2004).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Tome 2: Légumes. Ed. Dunod. 736p.
69. **Puig S, Andres-Colas N, Garcia-Molina A and Penarrubia L (2007).** Copper and iron homeostasis in *Arabidopsis*: response to metal deficiencies,

interactions and biotechnological applications. *Plant Cell and Environment*, 30: 271–290

70. **Quarili O, Boussama N, Zarrouk M, Cherif A and Ghorbal MH (1997).** Cadmium and copper-induced changes in tomato membrane. *Phytochem.*45:1343-1350.
71. **Raemaekers R. (2001).** Agriculture en Afrique tropicale. DGIC, Bruxelles. 1634 p.
72. **Redon P.O. (2009).** Rôle de champignons mycorhiziens à arbuscules dans le transfert du cadmium (Cd) du sol à la luzerne (*Medicago truncatula*).Thèse doctorat. Université Nancy I en Sciences du Sol. France.198 p.
73. **Reichman S.M. (2002).** The responses of plants to metal toxicity: a review focusing on copper, manganese and zinc. The Australian Minerals Energy and Environment Foundation 54 p
74. **Reuter DJ and Robinson JB (1997).** Plant Analysis: an Interpretation Manual. CSIRO publishing, Australia. 572 p
75. **Rey Y. et Costes C. (1965).** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA .111p.
76. **Sancenon V., Puig S., Mateu-Andres I., Dorcey E., Thiele DJ. and Penarrubia L. (2004).** The Arabidopsis copper transporter COPT1 functions in root elongation and pollen development. *Journal of Biological Chemistry* 279, 15348–15355.