

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de

Master II en biologie

Spécialités (Biodiversité et l'environnement)

THEME:

**Effet du plomb (PB) SUR les paramètres biométriques
de la tomate (lycopersicum esculentum Mill)**

Soutenue publiquement le/.../2020

Présenté par :

Mlle DAOUDI Ibtissem

Mlle BOUMEDIENE Nour el houda Kawtar

Devant le Jury

President	BEKADA Ahmed Mohamed Ali	Pr	C.U. Tissemssilt
Encadreur	NEBBACHE Salim	MCB	U. Mostaganem
Examineur	TAHRI Miloud	MCB	U. Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de biologie végétale de l'université Abdel Hamid Ibn Badis

Année universitaire 2019/2020

Dédicace

Grace ALLAH...

Je dédie ce travail

A mes très chers parents,

‘Mohamed’ et ‘Zohra’

Aux deux êtres qui m'ont prodigué tant d'amour, d'affection et de bonheur, qui ont fait tant de sacrifice pour mon éducation, mes études et mon bien être, qui m'ont comblé par leur soutien et leur générosité durant toute mon existence et qui continuent toujours à m'entourer de leur ample affection.

Aucun mot, aucune phrase ne peut exprimer mes sentiments profonds d'amour, de respect et de reconnaissance que je port pour vous.

A mon frère Mostapha.

A mes sœurs et mon cousin MOULAIAT Nouredine pour tout l'amour qu'ils m'apportent et leur soutien.

Et bien sûr à mes amis qui sont toujours à côté de moi dans les rires comme dans les larmes.

Enfin je dédie à toutes les profs et les étudiants de la promo de science de la nature et de la vie.

Ibtissem

Dédicace

Grâce a man dieu avens tout

Je dédie ce modeste travail

A ma **grande mère** pour son soutien moral et ses prières.

A mon **cher père** “Zoubir“ et à ma **chère mère** “Nadia“ Qui n’ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m’épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

À ma **chère sœur** et son défunt mari qui n’est plus de ce monde pour assister à ma fin d’études.

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études

A mes nerveux **sif eldine , rœya et raghad**

A mes frères **salah eddine et yassine a ma belle-soeur meriem** Je dédie également ce mémoire à toute ma **grande faMille**

Remerciement

Avant tout nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir montré la voie, guider et donner le courage de surmonter tous les obstacles.

Au terme de cette étude, on tient à remercier chaleureusement notre enseignant TAHRI Miloud sa confiance, son soutien et surtout sa précieux orientations.

On remercie également tous nos enseignants Du département de Biologie, filière Biodiversité et environnement de l'université de **ABDELHAMID IBN**

BADIS- MOSTAGANEM

Aussi tous nos collègues

Nos remerciements s'adressent aussi à nos parents qui nous ont toujours

Soutenu

Et à tous ceux qui nous ont aidé d'une manière ou d'une autre dans l'élaboration de ce travail...

De cet humble travail trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

LISTE D'ABREVIATION

Pb : plamb.

L : litre.

G : grame.

As : l'arsenic

Cd : le cadmium

Cr : le chrome

Cu : le cuivre

Hg : le mercure

Mn : le manganèse

Ni : le nickel

Sn : l'étain

Zn : le zinc

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I : LES METAUX LOURDS	3
1.1 Généralité sur les métaux lourds	4
1.2 Définition.....	4
1.3 Origine de la contamination des sols par les métaux lourds	5
1.3.1 Origine naturelle	5
1.3.2 Origine anthropique	5
1.3.3 La pollution atmosphérique	5
1.3.4 La pollution industrielle	5
1.3.5 La pollution liée aux activités agricoles	6
1.4 Le plomb.....	6
1.4.1 Généralités sur le plomb.....	6
1.4.2 Propriétés du plomb	6
1.4.3 Isotopes de plomb.....	7
1.4.4 Plomb d'origine naturelle.....	7
1.4.5 Le plomb dans le sol.....	8
1.5 Les interactions du plomb	9
1.5.1 Interactions avec les oxydes de fer et de manganèse	9
1.5.2 Interactions avec les argiles.....	10
1.5.3 Interactions avec les matières organiques du sol (MOS)	10
1.6 Mobilités du plomb.....	10
1.7 Le plomb dans la plante.....	11
1.7.1 Notion de phytodisponibilité	11
1.7.2 Absorption	11
1.7.3 Transferts du plomb du sol vers les racines	11

1.7.4	Translocations du plomb des racines vers les parties aériennes.....	12
1.7.5	Toxicités	13
1.7.6	Action sur les activités enzymatiques	13
1.7.7	Effets sur la nutrition minérale	13
1.7.8	Stress hydrique.....	13
CHAPITRE II : ORIGINE ET L'HISTOIRE DE LA TOMATE.....		15
2.1	Origine et histoire de la tomate	16
2.1.1	La tomate dans 3 régions.....	16
2.2	Classification botanique de la tomate.....	16
2.1	Caractéristiques morphologiques de la tomate :	17
2.1.1	Le système racinaire	18
2.2	L'appareil végétatif	18
2.2.1	La tige.....	18
2.2.2	Les feuilles.....	19
2.3	L'appareil reproducteur	19
2.3.1	Les fleurs.....	19
2.3.2	Le fruit	20
2.3.3	Les graines	20
2.4	Cycle de développement.....	21
2.4.1	La germination	21
2.4.2	La croissance	21
2.4.3	La floraison.....	21
2.4.4	La pollinisation.....	22
2.4.5	La fructification et la maturité des fruits	22
2.5	Exigences de la tomate	22
2.5.1	Le sol	22
2.5.2	Le ph du sol.....	23

2.5.3 La température.....	23
2.5.4 La lumière.....	23
2.6 Importance en Algérie.....	24
2.7 La production de la tomate à Mostaganem.....	24
2.8 Importance nutritionnelle.....	25
CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES.....	26
3.1 Objectif.....	27
3.1.1 Les paramètres biométriques.....	27
3.2 Matériel végétal	27
3.3 Dispositif expérimental	27
3.4 Conduite de l'essai.....	29
3.4.1 Germination.....	29
3.4.2 Semis.....	30
3.5 Application du stress	30
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION.....	31
4.1 Taux de germination	32
4.2 L'effet du plomb sur les paramètres biométriques de la tomate	33
4.2.1 La longueur des tiges	33
4.3 Discussion.....	37
CONCLUSION.....	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Propriétés physico - chimiques de l'élément de plomb (BRGM ; 2004).....	7
Tableau 2. Principaux minéraux et composés de plomb (BRGM, 2004).	8
Tableau 3. Classification botanique de la tomate.....	17
Tableau 4. Les résultats de l'évolution de la longueur des tiges (cm) dans les trois répétitions de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mi II en fonction des doses de plomb respectivement comparés au témoin.....	37

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. La diversité des formes, tailles et couleurs des fruits de tomate. (Benard et al 2009).	17
Fig. 2. Système racinaire de la tomate (Naika et al, 2005).	18
Fig. 3. Tige de tomate (Naika et al, 2005).	18
Fig. 4. Feuille de tomate (Naika et al, 2005).	19
Fig. 5. La fleur de tomate à l'anthèse (Chaïb, 2007).	19
Fig. 6. Les fruits de la tomate (Krid et Messati, 2013).	20
Fig. 7. Coupes transversale (a) et longitudinale (b) d'un fruit de tomate à maturité (Gillapsy et al, 1993).	21
Fig. 8. Cycle de développement (Mémento de l'agronome, 2003).	22
Fig. 9. Les étapes de la préparation du substrat.	28
Fig. 10. Tapisser le fond des pots par le gravier.	28
Fig. 11. Remplissage des pots par le substrat.	29
Fig. 12. les graines mis à germer dans une boîte Pétrie.	29
Fig. 13. Semi dans des plateaux alvéolé après 20 jours.	30
Fig. 14. Le taux de germination des graines de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	32
Fig. 15. Le taux de germination des graines de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	32
Fig. 16. la longueur des tigelles en témoin.	33
Fig. 17. Le taux de germination des graines de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill 0.03 g/l de pb.	33
Fig. 18. Le taux de germination des graines tigelles de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill 0.03 g/l de pb.	34
Fig. 19. la longueur des tigelles en dose 0.03g/l de pb.	34
Fig. 20. Le taux de germination des graines de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill 0.3 g/l de pb.	34
Fig. 21. Le taux de germination des graines de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill 0.3 g/l de pb.	35
Fig. 22. la longueur des tigelles en dose 0.3 g/l de pb.	35
Fig. 23. Le taux de germination des graines de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill 3.3 g/l du pb.	36
Fig. 24. la germination a inhibée dans la boîte R1 dose 3.3g/l de pb.	36
Fig. 25. la germination a inhibée dans la boîte R3 dose 3.3g/l de pb.	36

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.

Les aliments d'origine végétale contribuent à l'imprégnation des animaux et de l'homme par ces éléments en traces. L'absorption du plomb, son accumulation dans les parties comestibles des récoltes, et son transport par le biais de la chaîne alimentaire font actuellement l'objet de nombreuses recherches.

Notre étude a été entreprise 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 physiologiques de la germination (pourcentage de la germination et le temps moyen de la germination).

Les résultats obtenus montrent que le plomb exerce un effet dépressif sur la germination de la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Et Le taux de germination obtenu par les graines de la variété de Super Marmande expérimente est de l'ordre de 90%.

L'influence du stress métallique provoqué par le plomb se traduit par une diminution ou absence totale de la germination chez les sujets traités par dose 3.3g/l.

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

تقع احتياجات النباتات في العناصر النزرة ضمن فترات زمنية بين عتبة النقص وعتبة السمية. تلتقط النباتات أيضًا على سبيل المثال) العناصر النزرة في بيئتها بدون وظيفة أيضية معروفة Cd، Hg، Pb، As وبالتالي تعتبر (، إلخ غير ضرورية

تساهم الأطعمة ذات الأصل النباتي في تشريب الحيوانات والبشر بهذه العناصر النزرة. يعد امتصاص الرصاص. وتراكمه في الأجزاء الصالحة للأكل من المحاصيل ونقله عبر السلسلة الغذائية موضوعا للكثير من ال أجريت دراستنا بهدف تحديد تأثيرات أربع جرعات من نترات ((Pb No3 (2)أبحاث حاليًا بجرعات مختلفة الرصاص

جم / لتر و 3.0 ج م / لتر و 3.3 جم / لتر (على بعض المعايير الفسيولوجية للإنبات)النسبة المئوية 03.0) للإنبات .ومتوسط وقت الإنبات

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الرصاص له تأثير اكتئابي على إنبات طاحونة Lycopersicon Mill.ومعدل الإنبات الذي حصلت عليه بذور الصنف التجريبي من Marmande Super في حدود 90. %esculentum

يؤدي تأثير الجهاد المعدني الناجم عن الرصاص إلى انخفاض أو غياب كلي للإنبات في الموضوعات المعالجة بجرعة 3.3 جم / لتر

الكلمات الأساسية: طماطم ، مطحنة ليكوبرسيكون ، نترات الرصاص ، إنبات

Abstract

The needs of plants in trace elements fall within intervals between a threshold of deficiency and a threshold of toxicity. Plants also capture trace elements in their environment without a known metabolic function (for example Cd, Hg, Pb, As, etc.) and therefore considered non-essential.

Foods of plant origin contribute to the impregnation of animals and humans with these trace elements. The absorption of lead, its accumulation in the edible parts of crops, and its transport through the food chain are currently the subject of much research. Our study was undertaken with the aim of determining the effects of four doses of lead nitrate ((Pb (No3) 2) at different doses (0.03 g / l and 0.3g / l and 3.3g / l) on some physiological parameters of germination (percentage of germination and mean time of germination. The results obtained show that lead has a depressive effect on the germination of the tomato *Lycopersicum esculentum* Mill. And the germination rate.

Key words: tomato, *Lycopersicum esculentum* Mill, lead nitrate, germination.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les métaux lourds constituent un groupe d'éléments très différent. Tous ces éléments peuvent se présenter sous un grand nombre de formes de composés différents. Le comportement de ces éléments et les risques de liés à leurs présences dans le milieu dépendent fortement des conditions de l'environnement. Certains métaux sont des éléments nutritifs essentiels, d'autres connus comme étant toxiques.

Le plomb (de symbole Pb et de numéro atomique 82) est un métal gris-bleu, ductile, dense, résistant à la corrosion avec un faible pouvoir conducteur. C'est pour ses nombreuses propriétés physico-chimiques, que ce métal a été largement utilisé par l'homme. De nos jours, le plomb continue à être utilisé dans de nombreux processus industriels (**Sharma et Dubey, 2005**). Ceci a conduit à une augmentation significative de la concentration de ce métal dans tous les compartiments environnementaux biotiques et abiotiques

Les sols contaminés par le plomb sont très nombreux car cet élément a été utilisé dans des secteurs industriels variés depuis des siècles : canalisations anciennes de distribution des eaux, extraction minière, carburants automobiles, peintures, installations de transformation ou recyclage des déchets, accumulateurs, soudures, sertissage, protection contre les rayonnements, tir et chasse, etc... La présence de plomb dans les déchets en particulier, peut entraîner une contamination des sols et la réduction des possibilités de valorisation et de recyclage des déchets (compostage de déchets, épandage des boues, valorisation des mâchefers en sortie d'incinération...) (**AGHTM, 1996; Miquel, 2001**). Ce phénomène pose un problème environnemental, car le plomb est classé parmi les métaux potentiellement toxiques (anémie, hypertension artérielle, saturnisme, etc.) pour l'homme (**Pichard, 2002**) et cet élément persistant s'accumule dans les sols (**Baize, 1997**). Une fois le sol contaminé, le plomb peut être transféré aux écosystèmes et donc représenter un danger pour la santé humaine.

-La mobilité du plomb dans le sol est généralement considérée comme faible, mais elle dépend des conditions bio-physico-chimiques du milieu: un sol acide et la présence de ligands organiques peuvent favoriser son transfert vers les plantes.

En raison de la complexité du système sol-plante des interrogations demeurent encore concernant la compréhension des mécanismes qui gouvernent la mobilité du plomb dans les sols et son absorption par les plantes (**Miquel, 2001**). Le plomb accumulé dans le sol de surface peut donc être prélevé par les plantes, et par conséquent contaminer l'homme via la chaîne alimentaire, ce qui constitue un problème sanitaire majeur.

En raison de sa toxicité, les rejets de plomb sont contrôlés de nos jours et les principales utilisations (essence et peinture) sont interdites dans la majorité des pays du monde (ce qui n'est

pas le cas pour l'Algérie). Mais le plomb est toujours utilisé pour la fabrication des batteries et de plus cet élément persistant s'est accumulé dans les horizons de surface des sols en raison de la forte affinité du Pb pour les matières organiques (**Harter & Naidu, 1995 ; De Matos et al., 2001**). Dans les sols, le plomb peut induire une dégradation de l'activité biologique (**Dumat et al., 2006**).

Le travail présenté consiste en l'estimation de l'effet procuré par le plomb sur comportement de la tomate. Et englobe l'évaluation de la réponse de la tomate face au stress métallique induit par le plomb. Ces réactions s'identifient par des modifications comportementales dans l'élaboration de caractère d'ordre morphologique.

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

Ce travail comporte deux grandes parties :

*La première partie concerne la synthèse bibliographique incluant deux chapitres :

-Premier chapitre est focalisé sur les métaux lourds (plomb) dans le sol et le végétal.

- Deuxième chapitre donne un aperçu général sur la tomate *lycopersicum esculentum* Mill.

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

* Enfin une conclusion générale qui reprend l'essentiel de cette étude et où des perspectives ont été proposées.

- Vu la conjoncture actuelle et l'épidémie qui a touché le monde et le confinement qui nous a interdit le déplacement pour mieux enrichir nos recherches dans le cadre de notre sujet Et c'est pour cela que nos recherches sont limitées ainsi que notre expérience a été brève.

CHAPITRE I : LES METAUX LOURDS

1.1 Généralité sur les métaux lourds

Les métaux lourds constituent un groupe d'éléments très différent. Tous ces éléments peuvent se présenter sous un grand nombre de formes de composés différents. Le comportement et les risques dépendent fortement des conditions de l'environnement. Certains métaux sont des éléments nutritifs essentiels, d'autres connus comme étant toxiques. Un aspect particulier est que tous les métaux lourds sont naturellement présents dans le sol. Ce cahier entend présenter des informations d'ordre général sur les propriétés de métaux lourds, leur comportement dans le sol.

Des métaux lourds tels que le cuivre, le nickel, le chrome et le zinc sont utilisés à grande échelle dans toutes sortes d'objets courants et de matériaux de construction, sans que cela ne représente de risque pour l'utilisateur. Certains métaux sont essentiels pour la santé et sont ajoutés à des suppléments de vitamines. Une carence entraîne des symptômes de maladie. D'autre part, il existe des exemples d'effets graves sur la santé et même d'intoxication entraînant la mort. L'intoxication par le plomb était probablement courante chez les Romains, qui buvaient dans des coupes en plomb. Au Japon, des décès ont été constatés dans les années cinquante et soixante suite à la consommation de poissons contenant des concentrations élevées de mercure (maladie de Minamata). En Campine, les teneurs en cadmium dans certaines zones sont tellement élevées que la consommation de légumes provenant de jardins populaires peut entraîner des risques pour la santé.

Il est donc très important d'avoir une vision nuancée de la problématique des métaux lourds. Il n'est pas correct de voir dans chaque contamination par des métaux lourds un risque de toxicité. (Jaap, 2010).

1.2 Définition

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser.

D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- tout métal ayant une densité supérieure à 5.
- tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium ($Z=11$).
- tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques encore. Le géologue, par exemple, considérera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyrimidine (C_6H_5N).

Dans le traitement des déchets liquides, les métaux lourds indésirables auxquels on s'intéresse principalement sont : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le sélénium (Se), le zinc (Zn).

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et

de toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn).

Enfin, dans l'industrie en général, on considère comme métal lourd tout métal de densité supérieure à 5, de numéro atomique élevé et présentant un danger pour l'environnement et/ou pour l'homme.

1.3 Origine de la contamination des sols par les métaux lourds

Le problème principal avec les métaux lourds comme le plomb, le cadmium, le cuivre et le mercure est qu'ils ne peuvent pas être biodégradés, et donc persistent pendant de longues périodes dans les sols. Leur présence dans les sols peut être naturelle ou anthropogénique.

1.3.1 Origine naturelle

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

La concentration naturelle de ces métaux lourds dans les sols varie selon la nature de la roche, sa localisation et son âge.

1.3.2 Origine anthropique

Cependant, la source majeure de contamination est d'origine anthropique. Au cours des décennies dernières, l'apport de métaux lourds au sol dans le monde s'est étendu ; à l'heure actuelle on l'estime à 22000 tonnes de cadmium, 939000 t de cuivre, 783000 t de plomb, et 1350000 t de zinc (**Singh et al., 2003**). Les principaux types de pollutions anthropiques responsables de l'augmentation des flux de métaux, sont :

1.3.3 La pollution atmosphérique

Résulte des activités industrielles (rejets d'usine) et urbaines (gaz d'échappement, etc...). Il faut distinguer les apports diffus aériens d'origine lointaine (les poussières et aérosols provenant des chauffages ainsi que des moteurs d'automobiles) des apports massifs localisés d'origine proche (résultent d'apports anthropiques accidentels liés aux activités industrielles sans protection efficace contre la dispersion dans l'environnement) (**Baize, 1997**).

1.3.4 La pollution industrielle

Provenant des usines de production de l'activité humaine tels que les matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires), les produits chimiques divers (industries chimiques), les matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs) et la métallurgie (**Godin et al., 1985**). Les déchets miniers et les terrils industriels sont une source particulièrement importante de pollution par le zinc, le plomb et le cadmium.

1.3.5 La pollution liée aux activités agricoles

Est à l'origine de l'introduction de métaux lourds dans le sol. Les produits destinés à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol sont souvent plus riches en métaux lourds que le sol lui-même par exemple les engrais, les composts et les boues de station d'épuration (Robert et Juste, 1999).

1.4 Le plomb

1.4.1 Généralités sur le plomb

Le plomb (de symbole Pb et de numéro atomique 82) est un métal gris-bleu, ductile, dense, résistant à la corrosion avec un faible pouvoir conducteur. C'est pour ses nombreuses propriétés physico-chimiques, que ce métal a été largement utilisé par l'homme depuis les Égyptiens. De nos jours, le plomb continue à être utilisé dans de nombreux processus industriels (Sharma et Dubey, 2005). Ceci a conduit à une augmentation significative de la concentration de ce métal dans tous les compartiments environnementaux biotiques et abiotiques.

Les principales sources d'émission de plomb dans l'environnement ont été ou sont encore, l'utilisation des carburants d'origine fossile complétés en plomb, l'exploitation des mines, les anciennes peintures à base de plomb, la plomberie, les munitions, les boucliers de rayons X, le brasage, les conteneurs pour les liquides corrosifs. Les émissions de plomb dans le sol et l'eau peuvent également se produire suite à l'épandage des boues d'épuration ou lors du rejet d'effluents agricoles traités. Selon l'USGS, la production en 2009 de plomb extrait des mines en Chine, Australie et États-Unis, était respectivement de 1690, 516 et 400 Millions de tonnes. Le plomb est le 36ème élément le plus abondant dans l'écorce terrestre (Arias et al. 2010.) avec une concentration moyenne de 13 mg kg⁻¹. Dans la croûte terrestre, le plomb s'observe le plus souvent sous la forme de sulfures de plomb dans le minerai (la galène), produit final de la désintégration de trois éléments naturellement radioactifs: l'uranium, le thorium et l'actinium. Les teneurs naturelles de Pb dans les sols sont généralement inférieures à 50 mg.kg⁻¹. En raison d'une relativement faible mobilité dans les sols, le plomb est généralement peu soluble et disponible pour les plantes. Il est donc nécessaire de déterminer le comportement biogéochimique du plomb dans l'environnement.

Le plomb peut toutefois se retrouver dans les sols sous des formes plus mobiles et disponibles comme l'ion libre Pb²⁺, complexée par des ligands organiques ou absorbée à la surface de particules colloïdales. Cette fraction mobile du plomb peut être absorbée par les organismes vivants et contaminer la chaîne alimentaire.

1.4.2 Propriétés du plomb

Du latin (*plumbum*), le plomb est un élément présent naturellement dans l'environnement. Le plomb appartient au groupe IVB de la classification périodique. Sa configuration électronique

est (Xe) 4f14 5d10 6s2 6p2 avec deux électrons non appariés sur la dernière couche. Cette configuration électronique autorise les degrés d'oxydation (+2) et

(+4), en plus de la forme métal (0). Quelques propriétés physico-chimiques de l'élément plomb sont présentées dans le tableau.

Dans les milieux naturels, les espèces inorganiques du plomb incorporent cet élément sous le degré d'oxydation (+2). Le degré d'oxydation (+4) n'est représenté que dans des conditions très oxydantes, non rencontrées dans les sols ; il se retrouve majoritairement dans les composés organiques dont la source est principalement anthropique. la forme 0 (plomb natif) n'est quant à elle que rarement représentée car elle nécessite des conditions peu courantes dans un sol.

Tableau 1. Propriétés physico - chimiques de l'élément de plomb (BRGM ; 2004)

Numéro atomique	82
Masse atomique (g.mol ⁻¹)	207,2
Point de fusion	327 C
Point d'ébullition	1740 C
Densité	11,35
Configuration électronique	(Xe) 4f14 5d10 6s2 6p2
Valences	0, +2, +4
Rayons ionique (A)	
Pb+2	0,94 à 1,49
Pb+4	0,78 à 0,94

1.4.3 Isotopes de plomb

Le plomb possède 38 isotopes connus, de nombre de masses variantes de 178 à 215, ainsi que 46 isomères nucléaires. Quatre de ces isotopes, ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb et ²⁰⁸Pb, sont stables, ou du moins ont été observés stables jusqu'à présent, puisqu'ils sont tous soupçonnés de se désintégrer par désintégration α en isotopes du mercure correspondant, avec des demi-vies extrêmement longues. Le plomb 204 est entièrement un nucléide primordial et pas un nucléide radiogénique. Les isotopes plombs 206, plomb 207, et plomb 208 sont les produits finaux de trois chaînes de désintégration, respectivement la chaîne de l'uranium (ou du radium, 4n+2), de l'actinium (4n+3) et du thorium (4n+0). Chacun de ces isotopes est aussi à un certain point un nucléide primordial, produit par les supernovas.

Les quatre isotopes stables, ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb et ²⁰⁸Pb, sont présents dans la nature dans un ratio 1,4/24,1/22,1/52,4 et 5 radio-isotopes sont aussi présents à l'état de traces. La masse atomique standard du plomb est de 207,2(1) u.

Les isotopes sont parfois utilisés pour le traçage isotopique du plomb et lors d'analyses isotopiques destinées à étudier la cinétique environnementale de certains polluants dans l'environnement (ex : plomb de chasse après avoir été solubilisé dans le sang d'un animal atteint de saturnisme, plomb de retombées industrielles, ou plomb tétraéthyl de l'essence...).

1.4.4 Plomb d'origine naturelle

Le plomb est naturellement présent en moyenne à 0,002% dans la croûte terrestre (36^e 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- (Baize, 1997). Le plomb peut se substituer à de nombreux éléments (potassium, sodium, calcium, strontium ou barium) et rentre dans la composition de 240 minéraux naturels identifiés. Les principaux minéraux porteurs de plomb sont présentés dans le Tableau 3 ci-dessous. Ce sont les sulfates, les carbonates, les oxydes et hydroxydes, les sulfures ou les phosphates. Pour des conditions physicochimiques fixées, la solubilité du plomb dépendra fortement de la nature du composé dans lequel le plomb est engagé.

Tableau 2. Principaux minéraux et composés de plomb (BRGM, 2004).

Nom	Formule
Plomb	Pb
Galène	PbS
Anglésite	PbSO ₄
Boulangérite	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁
Franckéite	Pb ₅ Sn ₃ Sb ₂ S ₁₄
Cerussite	PbCO ₃
Hydrocerussite	(PbO) ₃ , (CO ₂) ₂ , H ₂ O
Phosgénite	PbCO ₃ , PbC ₁₂
Crocoïte	PbCrO ₄
Massicot	PbO
Minium	Pb ₃ O ₄
Dioxyde de plomb	PbO ₂
Hydroxyde de plomb	Pb(OH) ₂
Chlorure de plomb	PbCl ₂
Bromure de plomb	PbBr ₂
Pyromorphite	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl
Hydroxypyromorphite	Pb ₅ (PO ₄) ₃ OH
Fluoropyromorphite	Pb ₅ (PO ₄) ₃ F
Arséniate de plomb	Pb ₃ (AsO ₄) ₂
Plumbogummite	PbAl ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₅ , H ₂ O
Raspite	PbWO ₄
Wulfénite	PbMoO ₄
Vanadinite	Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl

1.4.5 Le plomb dans le sol

1.4.5.1 Généralités et concepts de base

Issu d'un processus d'altération, le sol est un milieu poreux, créé par des processus physiques, chimiques et biochimiques qui transforment des matériaux géologiques sous l'action combinée des êtres vivants et des solutions de percolation. Il est formé de minéraux primaires, hérités de la roche mère auxquels s'ajoutent des minéraux secondaires, issus de la transformation chimique des précédents. Les constituants organiques interfèrent fortement avec les constituants minéraux.

Le plomb est un élément minéral naturellement présent dans la croûte terrestre, en général à de faibles teneurs, son origine dans les sols étant liés à sa présence dans la roche mère. Ceci peut cependant conduire parfois à des teneurs sensiblement plus élevées dans certains gisements. Mais, ce sont surtout les dépôts continus de métaux et métalloïdes par les activités humaines qui ont conduit à leur accumulation dans les différents compartiments de l'environnement. Ceci surtout au voisinage des centres urbains et industriels, mais également dans des zones plus reculées.

Le comportement du plomb dans un sol dépend de différents facteurs comme sa dynamique propre mais également des caractéristiques pédologiques et physico-chimiques du sol. 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. En effet, de nombreux travaux ont montré que la spéciation avait une influence sur le devenir des ETM dans l'environnement. Il est donc fondamental de déterminer la genèse, la répartition, la localisation la configuration des associations du plomb avec les différents constituants du sol (**Baize, 1997**).

1.4.5.2 Associations avec les différents constituants du sol

Les interactions entre le métal et le sol dépendent des caractéristiques physico-chimiques du sol (pH, Eh, nature et proportions des argiles, matières organiques et oxydes, etc.), de son fonctionnement actuel, de la dynamique propre de l'élément et de la spéciation initiale du polluant.

Les interactions entre les différents constituants des sols (argiles, matières organiques et oxydes) modifient aussi la capacité individuelle de chacun des constituants à adsorber ou complexer les métaux.

1.5 Les interactions du plomb

1.5.1 Interactions avec les oxydes de fer et de manganèse

Les oxydes et les hydroxydes présents en abondance sous forme amorphe ou cristalline dans la majorité des sols jouent un rôle prépondérant dans la sorption des ions métalliques de par leur faible solubilité dans les conditions ordinaires de pH. Les oxydes et hydroxydes de fer (goethite, lépidocrocite, magnétite, ferrihydrite, formes amorphes) et de manganèse dans les sols montrent une affinité particulière pour les éléments traces. Ils jouent un rôle d'échangeurs de cations. Des phénomènes d'échange et d'adsorption spécifique peuvent conduire à des accumulations de quantité relativement fortes d'éléments traces.

Dès 1995, Sparks (1995) établit une échelle de sélectivité des cations métalliques divalents pour différentes formes de fer. Le plomb se trouve parmi les éléments qui ont la plus forte affinité pour les formes cristallisées de fer aussi bien que pour les formes amorphes (**Gavalda, 2001**).

1.5.2 Interactions avec les argiles

Les argiles sont des silicates d'aluminium organisés en feuillets formés d'un empilement successifs de couches tétraédriques - et octaédriques. Des substitutions isomorphiques de Si par Al dans la couche tétraédrique et d'Al par Fe et Mg dans la couche octaédrique vont générer des charges négatives sur les feuillets qui sont compensées par des cations majeurs tels que K^+ , Na^+ ou Ca^{2+} mais aussi des éléments traces tels que le Pb^{2+} . Chaque zone de cassure des feuillets est également chargée électriquement, or ces cassures sont nombreux car les argiles sont des particules de petite taille ($2\mu m$). Elles possèdent donc une forte réactivité chimique et physique, ainsi qu'une importante surface de contact. Elles peuvent développer de grande surface spécifique, et peuvent fixer les métaux par 3 mécanismes principaux : l'échange ionique, l'adsorption physique et l'adsorption chimique (**Alloway, 1995**).

1.5.3 Interactions avec les matières organiques du sol (MOS)

De nombreux travaux ont permis de mettre en évidence l'affinité des ETM pour les MOS. Cette affinité se traduit par des réactions d'absorption, qui sont contrôlées par des complexes de sphère interne ou externe ou bien par des mécanismes d'échanges ioniques. Les métaux se complexent à des matières organiques de poids moléculaires variables, par exemple aux substances humiques, qui sont les constituants majeurs de la fraction organique de la plupart des sols. Ces substances possèdent une capacité à fixer des métaux, qui ont été mise en évidence dans de nombreux travaux.

La lignine est un composé parmi les plus persistants dans le sol, qui possède également une capacité de fixation des métaux. Enfin, d'autres matières organiques peuvent fixer des métaux, telles que des acides organiques de faible poids moléculaire (acide acétique, oxalique...), des sucres (formation de complexes entre les métaux et les groupements hydroxyles des monosaccharides) ou des protéines (**Stevenson, 1989**).

1.6 Mobilités du plomb

La mobilité d'un élément dans le sol est son aptitude à passer d'un compartiment où il est retenu à un compartiment où il est retenu avec une énergie moindre, le compartiment ultime étant la phase liquide ou éventuellement l'atmosphère du sol, la mobilité du plomb est principalement contrôlée par sa spéciation en phase aqueuse et par des processus d'adsorption/désorption ainsi que de dissolution/précipitation. Le rôle de certains paramètres tels que le pH, le potentiel redox, la composition minéralogique du sol ou du sédiment et la présence de ligands ou de colloïdes dans la phase va être déterminante. Le plomb était en général considéré comme un élément peu mobile dans les milieux naturels, il a donc tendance à s'accumuler dans les horizons superficiels des sols. Les travaux de (**Stikeman, 2000**) par exemple, démontrent que dans des profils de sol au voisinage de 2 fonderies du Nord-pas de Calais, le plomb est essentiellement concentré dans les 30 premiers centimètres

(Juste, 1988).

1.7 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).

1.7.1 Notion de phytodisponibilité

La notion de phyto-disponibilité découle de la biodisponibilité, qui peut être définie comme «l'aptitude d'un élément à être transféré d'un compartiment du sol vers un organisme vivant (bactérie, végétal, animal, homme) ». Lorsque l'organisme vivant est une plante, on parle de phytodisponibilité (Baize, 1997).

1.7.2 Absorption

Au départ, le Pb^{2+} présent dans la solution du sol se lie aux groupements carboxyle de l'acide uronique composant le mucilage autour des racines (Sharma et Dubey, 2005).

Ce mucilage permet donc de restreindre le passage du plomb à l'intérieur des cellules racinaires, et constitue ainsi une protection du système racinaire. Une fois adsorbé à la surface des racines, la voie apoplastique pourrait être une voie importante pour le plomb qui peut être immobilisé par les charges négatives des parois cellulaires. Il aurait donc tendance à s'accumuler dans l'espace libre, étant fortement lié aux groupements carboxyliques des composés pectocellulosiques des parois. Des études ont montré que le plomb était majoritairement présent dans l'apoplaste et que seule une faible proportion pénétrait dans l'endoderme (Tung et Temple, 1996).

1.7.3 Transferts du plomb du sol vers les racines

La pénétration d'un élément dans une plante peut être évaluée par le facteur de transfert sol/plante ou également appelé facteur de bioconcentration, noté FBC. Il représente la possibilité de transfert d'un contaminant du sol vers les plantes, et il est généralement défini comme le ratio entre la concentration dans les plantes et celle dans le sol où ont poussé les plantes, et calculé comme suit : $FBC = [Pb]_{\text{plante}} / [Pb]_{\text{substrat de culture}}$ avec les concentrations exprimées en $mg.kg^{-1}$ et relatives aux masses sèches du sol et des plantes. Plus la plante absorbe facilement le plomb, plus le facteur de transfert n'est pas grand. Ce transfert du sol vers les plantes est fonction :

-De la nature du métal.

-De la nature des plantes (de l'espèce ou du cultivar) et également de leur âge.

-Des caractéristiques des sols telles que le pH, la teneur en matière organique, ou la capacité d'échange cationique. La mobilité des métaux et donc leur transfert est faible dans le sol, surtout si le pH ou les teneurs en matières organiques sont élevés.

Bien que le facteur de transfert soit assez largement utilisé dans les études portant sur l'impact de la contamination d'un sol sur les plantes, il existe de nombreuses ambiguïtés quant à son calcul. Tout d'abord, même s'il est la plupart du temps calculé à partir de la teneur totale en métal dans le sol, certains auteurs suggèrent que l'utilisation du métal biodisponible est plus judicieuse. Elle permet selon eux de mieux prédire le transfert potentiel du plomb du sol vers les plantes, en comparaison avec les teneurs totales. Une autre ambiguïté dans le calcul de ce facteur de transfert réside dans la manière de calculer la concentration dans la plante. En effet, après la récolte de plantes ayant été en contact direct avec le sol, les racines sont soigneusement rincées avant de procéder à la minéralisation et au dosage. Ce rinçage n'est jamais complet et il est possible que des particules de sols soient analysées en même temps que les tissus des racines. En effectuant ce rinçage avec des solutions acidulées, il est possible de réaliser également une désorption acide, qui permet de détacher le plomb adsorbé à la surface des racines. Par exemple utilise cette technique pour la désorption du cuivre. Cette quantité retrouvée dans la désorption représente souvent une majorité du plomb total de la plante. On peut donc se poser la question de savoir s'il faut tenir compte de cette quantité désorbée pour calculer le facteur de transfert. En effet, ce plomb n'a pas pénétré à proprement parler dans la plante, cependant, il est malgré tout étroitement lié aux racines et donc peut à terme être absorbé.

1.7.4 Translocations du plomb des racines vers les parties aériennes

Après l'absorption par les racines, la translocation correspond au transfert des éléments traces métalliques vers les parties aériennes. Elle peut varier considérablement en fonction du métal, mais également de l'espèce végétale. Pour être conduits vers les parties aériennes, les éléments prélevés dans le sol par les racines doivent être transportés dans le cortex puis déversés dans les vaisseaux du xylème (par circulation de la sève brute). Ce flux d'ions métalliques dans le xylème nécessite leur chélation à des acides organiques (tels que le citrate) ou à des acides aminés.

Pour la plupart des espèces, la majorité du plomb absorbé par les plantes réside dans les racines, et seulement une faible proportion est transloquée vers les parties aériennes. Ce transport limité des racines vers les feuilles peut être expliqué par la barrière formée par l'endoderme des racines. Les bandes de Caspary peuvent en effet être un facteur majeur limitant le franchissement de l'endoderme jusqu'au cylindre central. Pour illustrer ce propos, différents auteurs ont défini un facteur de translocation (**Briat et Lebrun, 1999**).

1.7.5 Toxicités

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. Tout d'abord le mucilage sécrété au niveau de la coiffe, qui a la capacité de lier le plomb et donc de gêner son adsorption aux parois cellulaires. Mais pour pouvoir pénétrer dans la racine jusqu'au cylindre central, il doit également passer à travers la paroi cellulaire et la membrane plasmique qui possèdent de nombreux sites de fixation pour le plomb. 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 (Seregin et al, 2004 ; Sharma et Dubey, 2005).

1.7.6 Action sur les activités enzymatiques

Le plomb peut inhiber l'action de certaines enzymes, notamment celles qui possèdent un groupement -SH, ce dernier présentant une forte affinité pour le plomb. Dans la plupart des cas, l'inhibition se fait par interaction du plomb avec ce groupement qui est indispensable pour l'activité et le bon fonctionnement des enzymes. Le plomb affecte donc la conformation de nombreuses enzymes, les empêchant de fonctionner convenablement. Parmi les enzymes fondamentales qui peuvent être inhibées par le plomb, se trouvent des enzymes impliquées dans la biosynthèse de la chlorophylle ou bien la RUBISCO qui permet la fixation du CO₂. L'inhibition de ce type d'enzymes entraîne une forte perturbation de la photosynthèse. Ceci entraîne une réduction de la teneur en chlorophylle ainsi que celle de tous les pigments photosynthétiques, et également une croissance réduite des feuilles. Une concentration plus élevée en plomb provoque une substitution de l'atome de magnésium au centre de la molécule de chlorophylle par un atome de plomb, provoquant un arrêt de la photosynthèse.

La photosynthèse reste de ce fait un des mécanismes les plus affectés par la présence du plomb.

1.7.7 Effets sur la nutrition minérale

Le plomb affecte également la nutrition minérale, en perturbant le prélèvement et le transport des nutriments par la plante, tels que Ca, Fe, Mg, Mn, P et Zn en bloquant leur entrée ou en se liant à eux, les rendant indisponibles pour les plantes. A montré que la présence de plombs entraînait une diminution du contenu en potassium dans tous les tissus du concombre, ainsi qu'une diminution du calcium dans les cotylédons et l'hypocotyle, mais aussi du fer dans les racines. Le plomb affecte aussi le métabolisme azoté en diminuant le prélèvement de nitrate et en perturbant le fonctionnement du nitrate réductase (Seregin et Ivanov, 2001).

1.7.8 Stress hydrique

Le plomb peut également affecter l'état hydrique de la plante, en provoquant un stress hydrique, notamment par la fermeture des stomates. Cette fermeture des stomates a un impact

sur divers processus dans la cellule, tel que la photosynthèse, en induisant une déficience en CO₂. Le stress hydrique s'exprime également par une réduction de la surface foliaire, ainsi que globalement de tous les organes sièges de la transpiration, afin de limiter les pertes en eau. On observe ensuite un flux transpiratoire diminué, une pression osmotique plus faible ou un potentiel hydrique réduit dans le xylème. Le plomb provoque une perte globale de turgescence et de plasticité, et enfin une réduction globale du contenu en eau de la plante (**Parys et al., 1998**).

Le prélèvement et le transport des nutriments par la plante, tels que Ca, Fe, Mg, Mn, P et Zn en bloquant leur entrée ou en se liant à eux, les rendant indisponibles pour les plantes. A montrer que la présence de plombs entraînait une diminution du contenu en potassium dans tous les tissus du concombre, ainsi qu'une diminution du calcium dans les cotylédons et l'hypocotyle, mais aussi du fer dans les racines. Le plomb affecte aussi le métabolisme azoté en diminuant le prélèvement de nitrate et en perturbant le fonctionnement du nitrate réductase (**Seregin et Ivanov, 2001**).

CHAPITRE II : ORIGINE ET L'HISTOIRE DE LA TOMATE

2.1 Origine et histoire de la tomate

2.1.1 La tomate dans 3 régions

2.1.1.1 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 XVI^{ème} 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)**.

2.1.1.2 La tomate en Europe

Elle fut introduite en Europe au XVI^{ème} 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, 2010)**. 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.

2.1.1.3 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 commencé.

2.2 Classification botanique de la tomate

Cronquist (1981), **Gaussen et al. (1982)**, rappellent que la tomate appartient à la classification suivante présentée dans le **tableau 3** :

Tableau 3. Classification botanique de la tomate

Règne	Plantae.
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Sonales
FaMille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicum</i>
Espèce	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill

2.1 Caractéristiques morphologiques de la tomate :

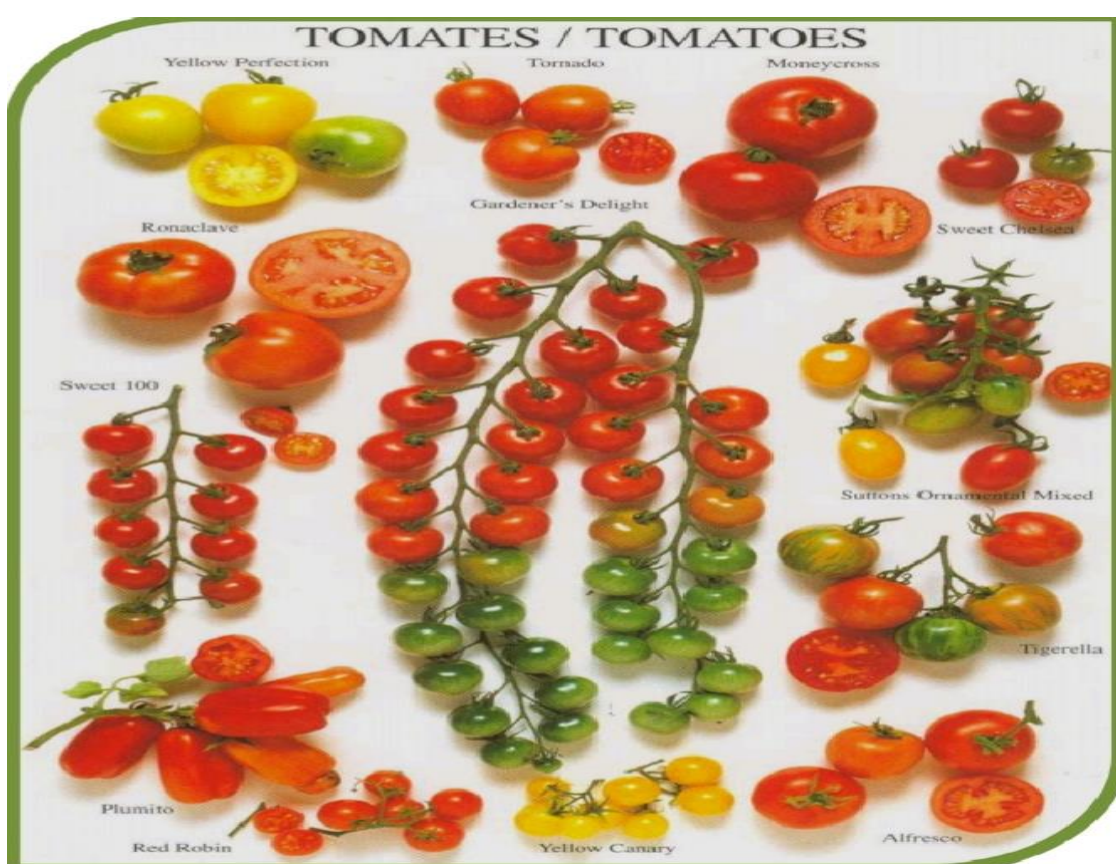


Fig. 1. La diversité des formes, tailles et couleurs des fruits de tomate. (Benard et al2009).

2.1.1 Le système racinaire

Le système racinaire est puissant, très ramifié à tendance fasciculée. Il est très actif sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, on peut trouver des racines jusqu'à 1 mètre de profondeur.

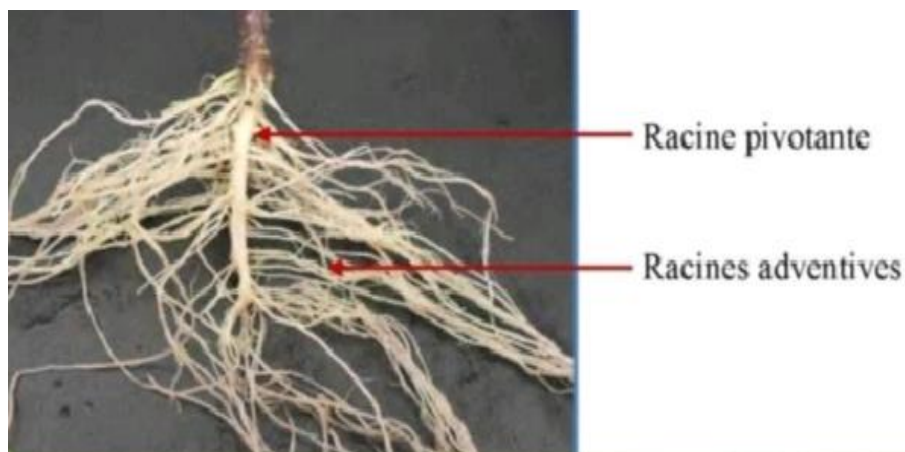


Fig. 2. Système racinaire de la tomate (Naika et al, 2005).

2.2 L'appareil végétatif

2.2.1 La tige

De la tomate, comme celle des autres solanacées est vigoureuse et ramifiée (Pntta, 1999). Elle est poilue, épaisse aux entre-nœuds. On trouve deux sortes de poiles sur la tige et feuilles : des poiles simples et des poiles glanduleux qui contiennent une huile essentielle, celle-ci donne l'odeur de la tomate et sa coloration verte. On distingue deux grandes catégories de tiges :

2.2.1.1 Les tiges à croissance déterminée

Leur croissance s'arrête après avoir émis un nombre variable de bouquets de fleurs. Elles donnent des pieds qui ont 60 à 80 cm de hauteur (Ex : cultures industrielles).

2.2.1.2 Les tiges à croissance indéterminée

Leur croissance ne s'arrête pas tant que la condition écologique est favorable. De telles variétés demandent à être palissées (Anonyme, 2007).



Fig. 3. Tige de tomate (Naika et al, 2005).

2.2.2 Les feuilles

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, longues de 10 à 25cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords, grisâtre à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige (**Raemaekers, 2001**) (**Fig 2**).



Fig. 4.Feuille de tomate (Naika et al, 2005).

2.3 L'appareil reproducteur

2.3.1 Les fleurs

Sont de couleur jaunâtre, regroupées en cyme.

La fleur est généralement hermaphrodite, elle se compose :

- D'un calice formé par 5 sépales soudés verts.
- D'une corolle formée par 5 pétales jaunes soudés par leur base.
- De 5 étamines soudées entre elles et aux pétales.
- D'un ovaire à deux carpelles soudés (**Raemaekers, 2001**) (**Fig 3**).

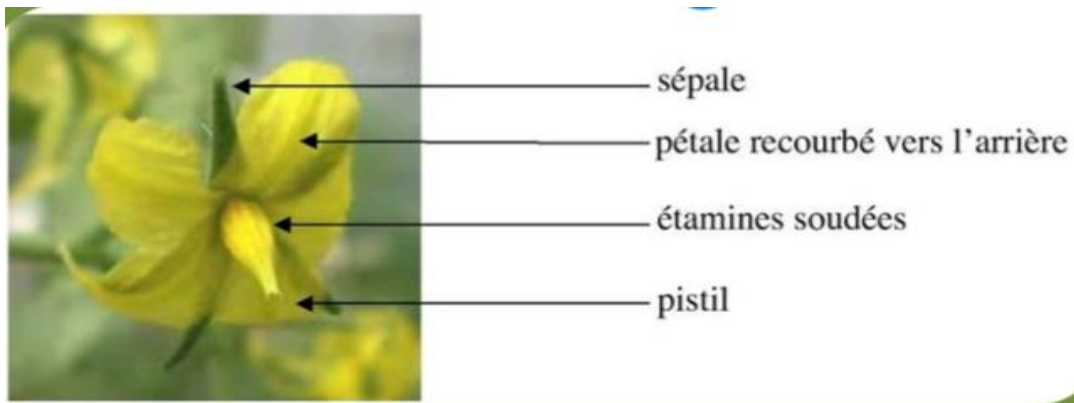


Fig. 5. La fleur de tomate à l'anthèse (Chaïb,2007)

2.3.2 Le fruit

Est un une baie charnue à un ovaire élargi et contient plusieurs loges (fruits locaux) qui renferment des graines (ovules fécondés) enveloppées dans un placenta gélatineux. La maturité du fruit peut continuer même après la cueillette, c'est un fruit c (**Pntta, 1999**). En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés (**Naika et al., 2005**) (**Fig 4**). Selon **Caux et Foury (1994)**, chaque fruit contient un nombre important de graine qui varie de 80 à 500 graines par fruit. Elles sont recouvertes d'un mucilage qui présente à maturité un albumen et embryon à courbe, à germination épigée. La graine est petite (250 à 350 graines par gramme) et velue. Après le stade cotylédonaire, la plante produit 7 à 14 feuilles composées avant de fleurir (**Dore et Varoqaux, 2006**).



Fig. 6. Les fruits de la tomate (Krid et Messati, 2013)

2.3.3 Les graines

Les graines sont nombreuses, réparties dans des loges remplies de gel (fig 8). En forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. Elles sont recouvertes d'un mucilage, L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de Mille graines est en moyenne de 3 g (**Shankara, 2005 ; Naika et al, 2005**).

Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3.5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (**Gallais et Bannerot, 1992**).

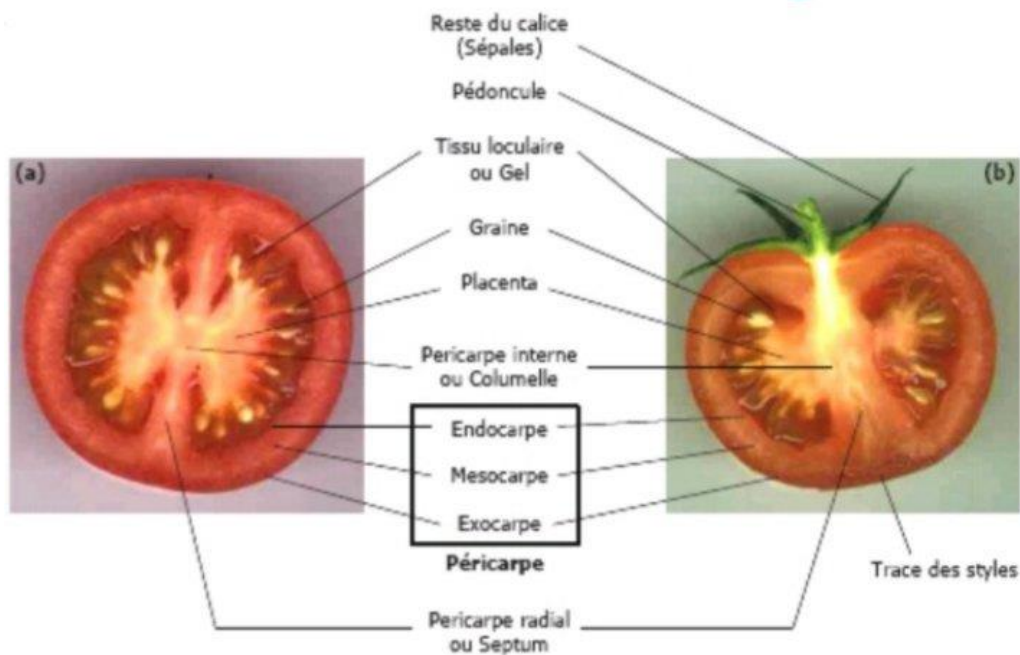


Fig. 7. Coupes transversale (a) et longitudinale (b) d'un fruit de tomate à maturité (Gillapsy et al, 1993).

2.4 Cycle de développement

2.4.1 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).

2.4.2 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, 1956). Selon (Laumonier, 1979), 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 prés feuilles.
- 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.

2.4.3 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). Selon Benton (1999), 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.

2.4.4 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 (Louveau, 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).

2.4.5 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 (Ray et Costes, 1965 ; Shankara,2005).

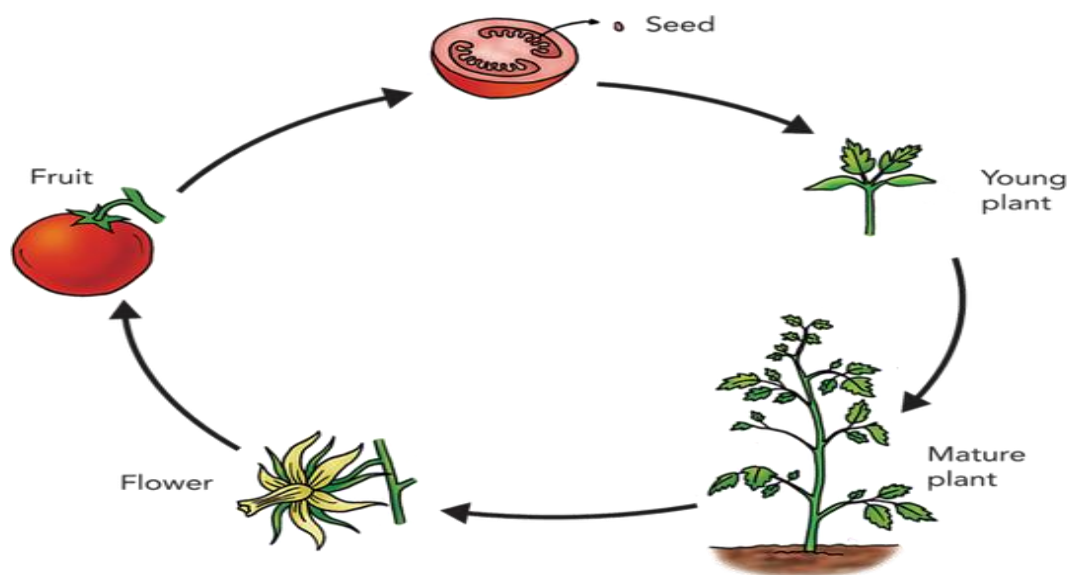


Fig. 8. Cycle de développement (Mémento de l'agronome, 2003)

2.5 Exigences de la tomate

2.5.1 Le sol

La tomate pousse bien sur la plupart des sols, avec une bonne aération et capacité de rétention d'eau, les plus préférés sont les sols limoneux profonds bien drainés, légère, meuble, riche en humus, s'échauffant rapidement et facilement (Laumonier, 1979). La perméabilité de la couche superficielle avec une profondeur de 15 à 20 cm est favorable à une bonne croissance d'une culture saine (Shankara et al., 2005). Khorsi (1993) a montré

que la production de tomate peut être augmentée de près de 50% en passant des sols sableux légers, à des sols limoneux plus lourds.

2.5.2 Le ph du sol

La tomate supporte modérément un large intervalle de valeurs du potentiel d'hydrogène, mais pousse mieux dans les sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 (**Shankara, 2005**).

2.5.3 La température

La température est un des facteurs essentiels qui intervient dans la physiologie de la tomate. En climat froid, les tomates sont cultivées comme plante annuelle. La tomate ne tolère pas le gel. La température optimale du substrat pour la germination se trouve entre 20 et 25 °C. La germination est quasiment impossible sous 10 °C et au-dessus de 35 °C. Des optimums de température du substrat existent aussi pour la croissance des systèmes aérien et racinaire, mais ils sont variables selon la variété.

La température du substrat a aussi une influence sur les fleurs ainsi que sur les fruits. Pour ce qui est de la température de l'air, les effets des différents niveaux de températures diffèrent selon la phase diurne ou nocturne.

On peut signaler que les températures nocturnes élevées limitent la croissance racinaire. De plus, la température nocturne a une grande influence sur l'élongation de la tige. Des températures nocturnes dépassant les 17 °C, surtout après une journée peu lumineuse, peuvent provoquer l'étiollement de la plante (à éviter !). C'est au cours de la phase nocturne que les produits de la photosynthèse migrent depuis les feuilles assimilatrices jusqu'aux autres parties de la plante. La température nocturne a aussi son rôle à jouer dans le nombre et la taille des fleurs, la quantité et la qualité du pollen ainsi que pour l'absorption du calcium. Il faut souligner que le niveau optimal nocturne est aussi fonction des températures diurnes.

Les températures diurnes ont moins d'effet sur la croissance végétative. Cependant, il faut savoir qu'une amplitude jour-nuit de 6 °C semble favorable à la croissance végétative ainsi qu'à la formation et au développement des inflorescences. Un autre fait important est que les températures optimales varient avec l'intensité lumineuse. Ainsi, elles tournent autour de 18 °C par temps couvert et sont plutôt de 21-22 °C lorsque le temps est ensoleillé (**Chaux, 1994; Stickland, 1998**).

2.5.4 La lumière

La tomate aime les situations bien ensoleillées mais elle ne présente pas d'exigence photopériodique très marquée. Pendant les quatre à six semaines qui suivent le semis, les fortes intensités lumineuses encouragent le raccourcissement de l'axe et l'induction du premier bouquet, surtout à température basse. Pendant la floraison, une forte intensité lumineuse favorise la pollinisation et régularise la croissance du style, surtout lorsque la

température du substrat est élevée. Par contre, l'insolation directe des fruits et l'élévation de température que cela entraîne est nocif quant à leur qualité (**Chaux, 1994**).

2.6 Importance en Algérie

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole Algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (Maraichère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 Millions de quintaux et des rendements moyen d'environ 311 Qx/ha (**Madr, 2009**). Ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) producteurs de tomate, où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500Qx/ha (**FAO, 2008**).

2.7 La production de la tomate à Mostaganem

La production maraichère constitue une composante importante dans la culture de la tomate dans la bande du littoral Mostaganem.

Le long du littoral, soit 122 km de côte, des terres de la Macta jusqu'à El Bahara dans la daïra de Achaâcha, des champs de tomates s'étendent à perte de vue.

Cette zone du littoral est gérée par des agriculteurs venus des régions de Chlef et de Tipasa maîtrisant parfaitement la culture de la tomate ; et le résultat de la production de ce produit est positif puisque les réalisations sont excellentes.

Grâce à des conditions climatiques très favorables (automne et hiver généralement doux auprès des côtes), les cultures maraichères en champs et en culture sous serre sont bien conduites au niveau de l'ensemble des plantations agricoles et leurs rendements sont assez intéressants, de plus l'écoulement de la marchandise est facile grâce aux moyens de transport rapides qui relient en un temps record l'autoroute Est-Ouest.

L'année 2017, la production s'est faite en champs avec 680 000 quintaux sur 2 200 hectares et une autre quantité de 200 000 quintaux sous serre, le rendement est de 260 quintaux à l'hectare pour la tomate des champs et 770 quintaux à l'hectare pour la tomate de serre. A titre indicatif, le quintal peut rapporter jusqu'à 4 à 5 000 DA de bénéfice à l'hectare. Au marché de fruits et légumes de AïnSefra, en cette période du mois de novembre, le prix de la tomate avoisine les 80/100 DA le kilo tandis que dans les halles centrales, les prix avoisinent les 60/80 DA le kilo. Et les prix vont baisser lorsque la production tournera à plein régime.

Sur la route nationale menant vers Oran, entre la localité de Stidia et la plage de Sidi Mansour, des champs de culture de la tomate sont à perte de vue et des petits vendeurs proposent ce produit en sacs de 5 à 10 kg à des prix abordables aux automobilistes. La filière de la tomate a connu un bond quantitatif grâce à la faveur de la maîtrise de techniques agricoles des agriculteurs venus de Ténès et de Cherchell, de l'extension des terres jadis incultes, et du soutien de l'Etat aux agriculteurs, ainsi que des actions de vulgarisation.

2.8 Importance nutritionnelle

Du point de vue botanique, la tomate est un fruit, mais elle est considérée comme un légume. Son principal atout nutritionnel est sa richesse particulière en vitamine C et lycopène, substances anti oxydantes dont les effets protecteurs sur la santé ont largement été démontrés. Riche en eau (environ 95 %), la tomate ne dépasse guère 15 calories aux 100 grammes.

L'essentiel de son apport énergétique est assuré par ses glucides (fructose et glucose). Les protéines et les lipides ne sont présents qu'en toute petite quantité.

Elle constitue une bonne source de vitamine C et de vitamines du groupe B, notamment B3, B5 et B9 (acide folique ou folates). Elle contient également des caroténoïdes : des carotènes, précurseurs de la vitamine A (qui se transforme en vitamine A dans l'organisme), et du lycopène.

Ces deux substances sont dotées de propriétés anti oxydantes et sont responsables de la couleur rouge de la tomate.

Ce légume renferme de nombreux minéraux : beaucoup de potassium, du phosphore et du magnésium ; ainsi que des oligo-éléments : fer, zinc, cobalt, nickel, fluor, bore... Concentrées dans sa peau et ses graines, ses fibres sont composées de celluloses, d'hémicelluloses, et d'un peu de pectines.

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

3.1 Objectif

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

3.1.1 Les paramètres biométriques

Hauteur de la tige

L'ensemble de ce travail a été réalisé au laboratoire de l'université Abed El Hamid Iben Badis de la wilaya de Mostaganem.

3.2 Matériel végétal

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

3.3 Dispositif expérimental

Le sable récupéré au bord de la plage de la wilaya de Mostaganem est tamisé préalablement par un tamis à maille de 2 mm après il a subit plusieurs traitements successifs. (Avec l'eau de robinet, HCl, Eau distillé.) (**Figure 9**)

Les pots utilisés ont 30 cm de hauteur et 15 cm de diamètre. Ils sont tapissés au fond par du gravier pour assurer le drainage suivi par un remplissage d'un substrat constitué d'un mélange de sable et de terreux t. Les composants du substrat sont bien mélangés afin de les homogénéiser (**Figure 10.et 11**).



(A) : Traitement avec HCL



(B) : Rinçage à l'eau



(C) : Séchage du sable à l'air libre



(D) : Substrat (Le sable avec le terreau)

Fig. 9. Les étapes de la préparation du substrat.



Fig. 10. Tapisser le fond des pots par le gravier



Fig. 11. Remplissage des pots par le substrat.

3.4 Conduite de l'essai

3.4.1 Germination

Les graines de la tomate sont désinfectées durant 5 min dans l'eau de de javel apres rincer a l'eau distillé . Puis elles sont mis à germer dans des boîtes de pétri tapissés de papier filtre imbibé d'eau distillé (témoin) (10 graines dans chaque boîte). La germination est réalisée à l'obscurité et à 25C° (Fig 12).

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{Graines germes}}{\text{Les grains a semes}} * 100$$

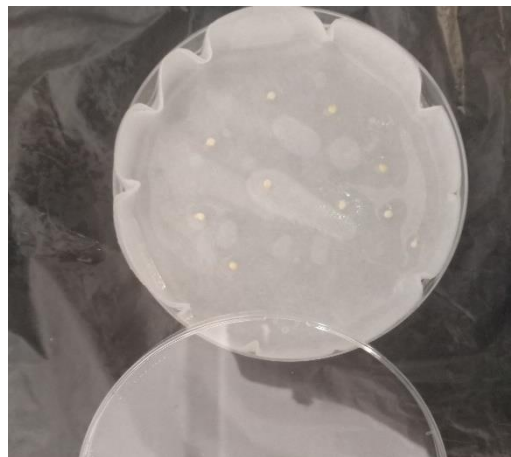


Fig. 12. Les graines mis à germer dans une boîte Pétrie.

3.4.2 Semis

L'expérimentation a été menée dans une serre non contrôlée (Température, humidité). Les graines sont semées dans des plateaux alvéolés (**Figure13**) dans la tourbe à raison 1 plant/alvéole pendant une période de 20 jours à 25C° pour assurer une bonne germination.



Fig. 13.Semi dans des plateaux alvéolé après 20 jours

3.5 Application du stress

Le plomb est apporté sous forme de nitrate de plomb ($Pb(NO_3)_2$) à doses différents 0g/l (le témoin) .(0.03 g/l et 0.3g/l et 3.3g/l).

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Taux de germination

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

La figure 14 représente le taux de germination obtenu (90%) par les graines de la variété de Super Marmande.

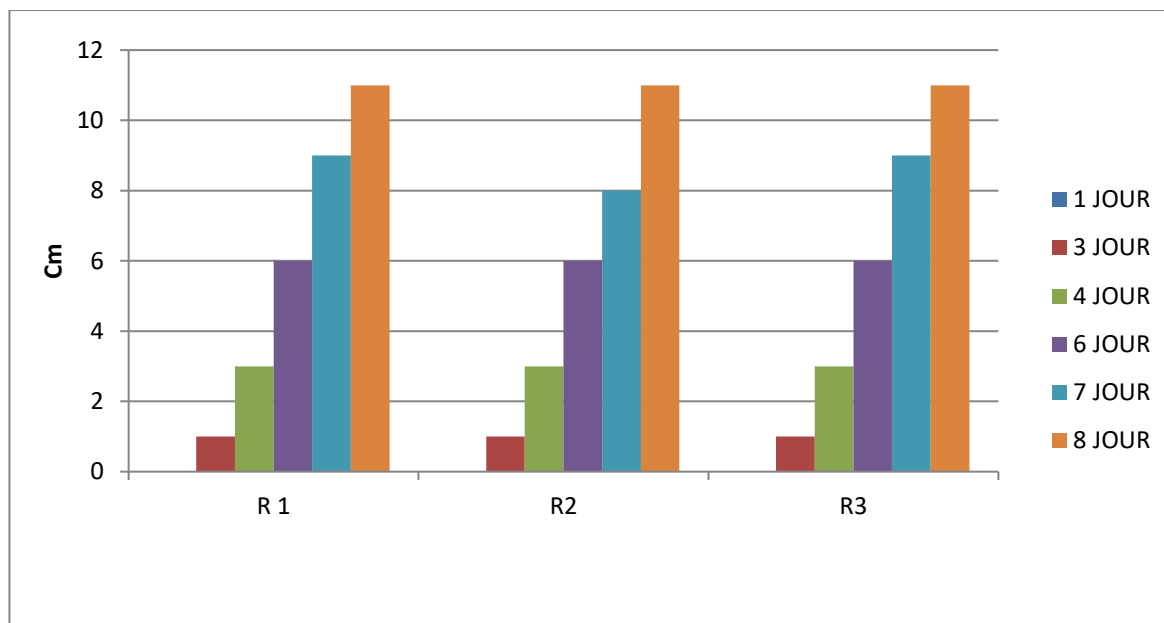


Fig. 14. Le taux de germination des graines.

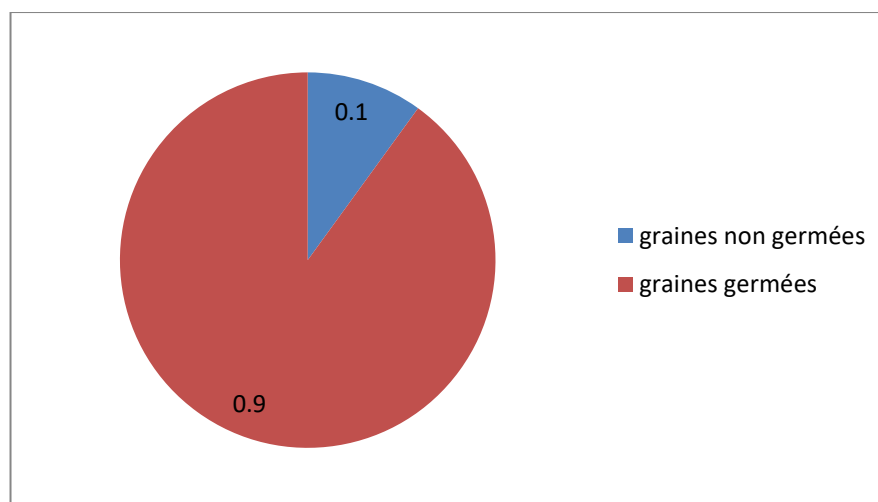


Fig. 15. Le taux de germination des graines.

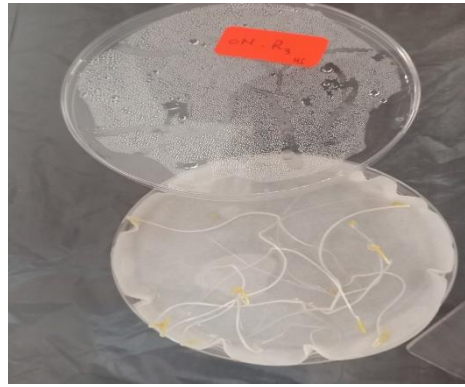


Fig. 16.la longueur des tigelles en témoin

4.2 L'effet du plomb sur les paramètres biométriques de la tomate

4.2.1 La longueur des tigelles

La figure 17 représente la longueur des tigelles (1,3 ; 5; 7,10 ; cm) des plantes traitées par le plomb sous la dose (0.03;g/1) .la valeur la plus élevée (10 cm).

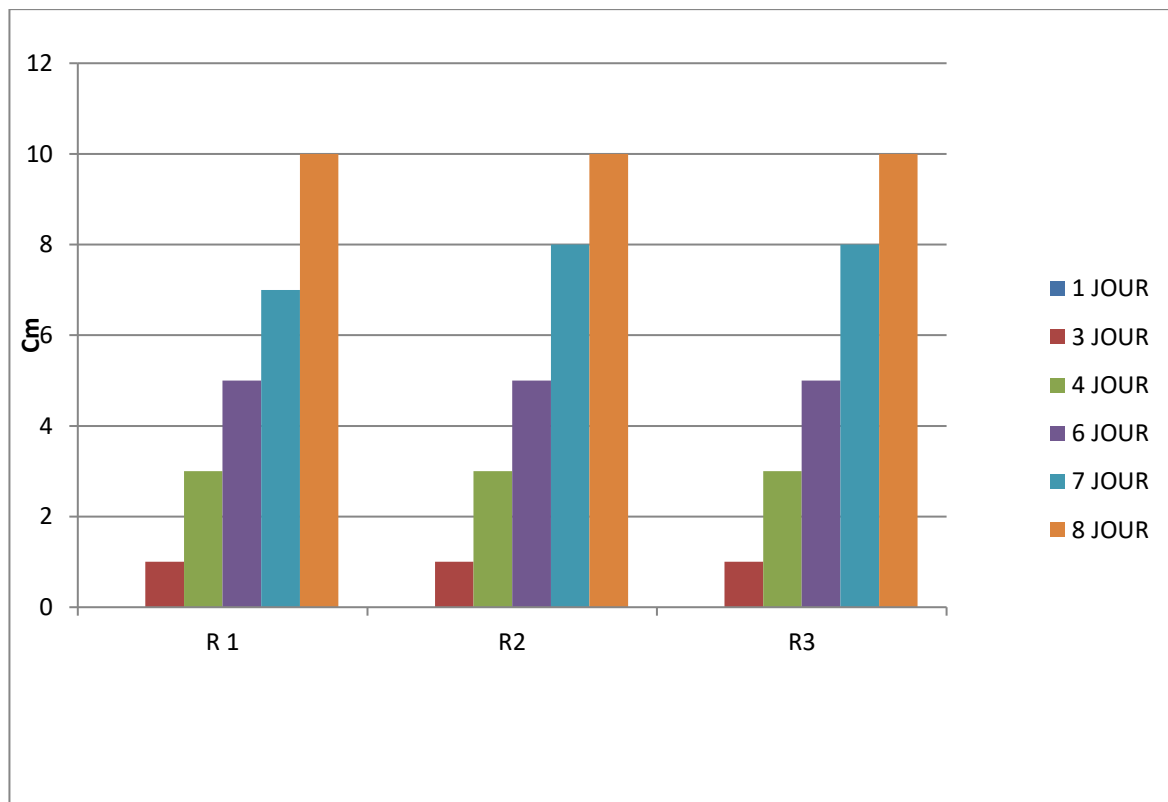


Fig. 17. Le taux de germination des graines de *Lycopersicum esculentum* Mill 0.03 g/l de pb

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 0.03 g/l du pb.

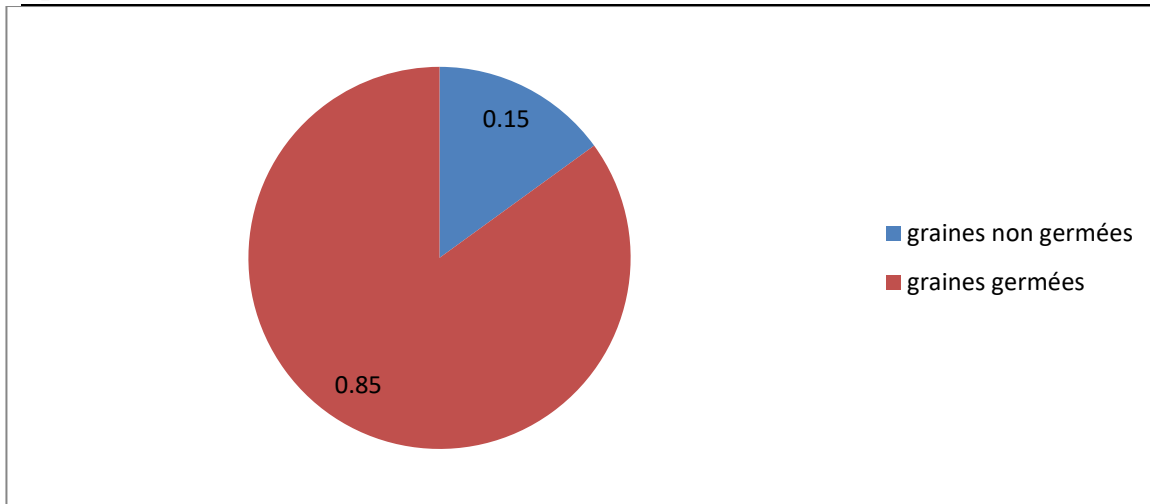


Fig. 18. Le taux de germination des graines 0.03 g/l de pb

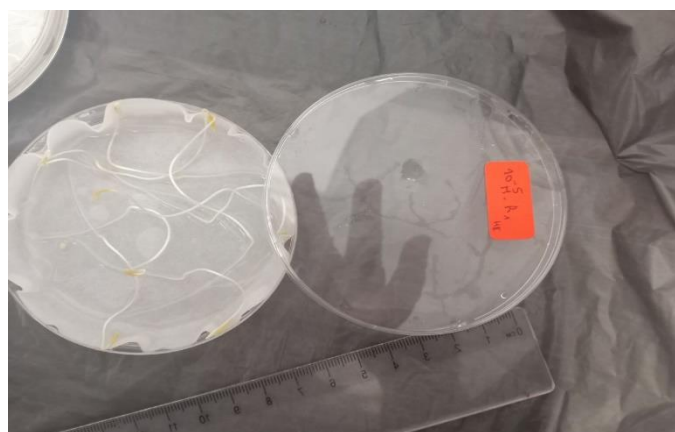


Fig. 19. la longueur des tigelles en dose 0.03g/l de pb

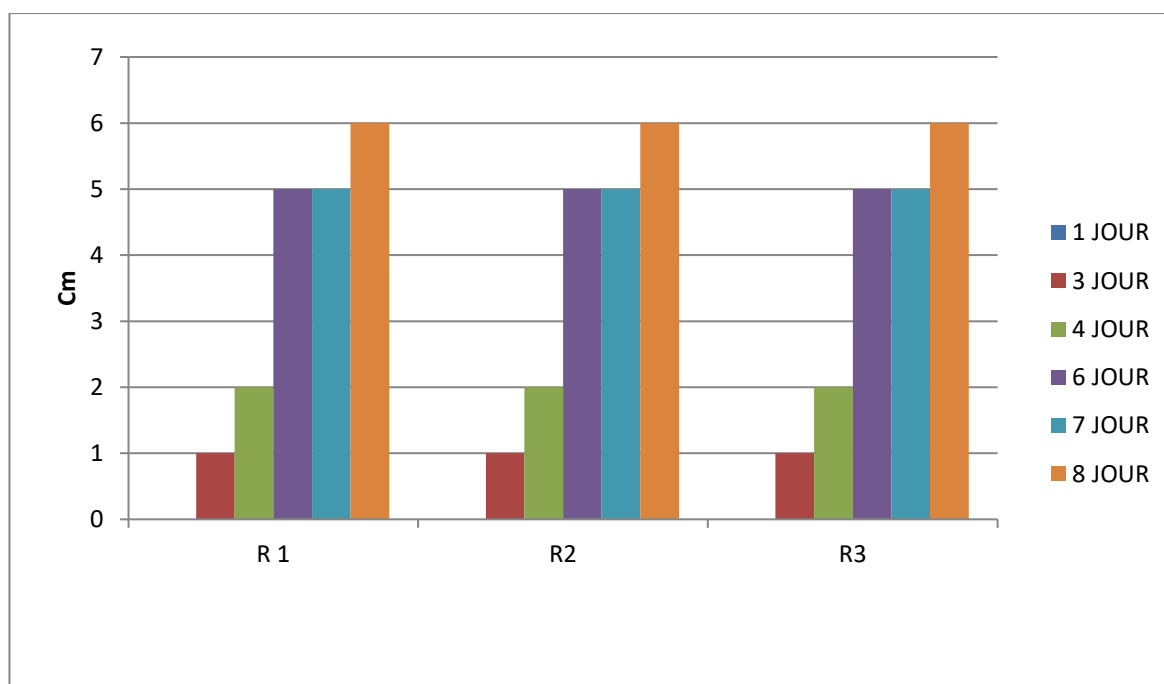


Fig. 20. Le taux de germination des graines 0.3 g/l de pb

La figure 20 représente la longueur des tiges (1,2 ; 5 ; 5,6 ; cm) des plantes traitées par le plomb sous la dose (0.3 ; g/l) .la valeur la plus élevée (6cm).

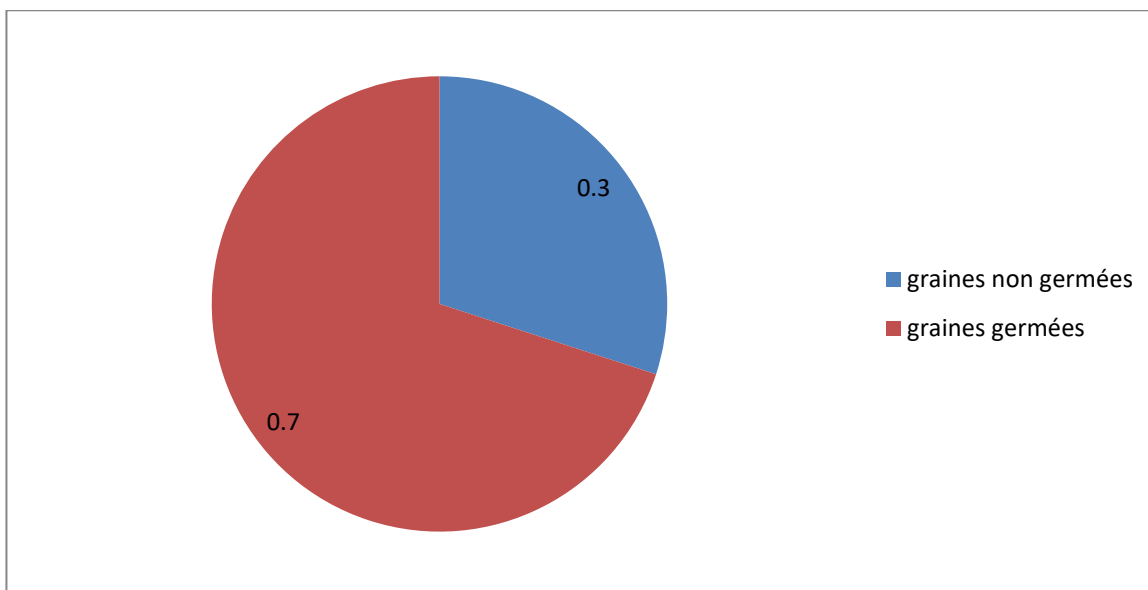


Fig. 21. Le taux de germination des graines 0.3 g/l de pb



Fig. 22.la longueur des tiges en dose 0.3 g/l de pb

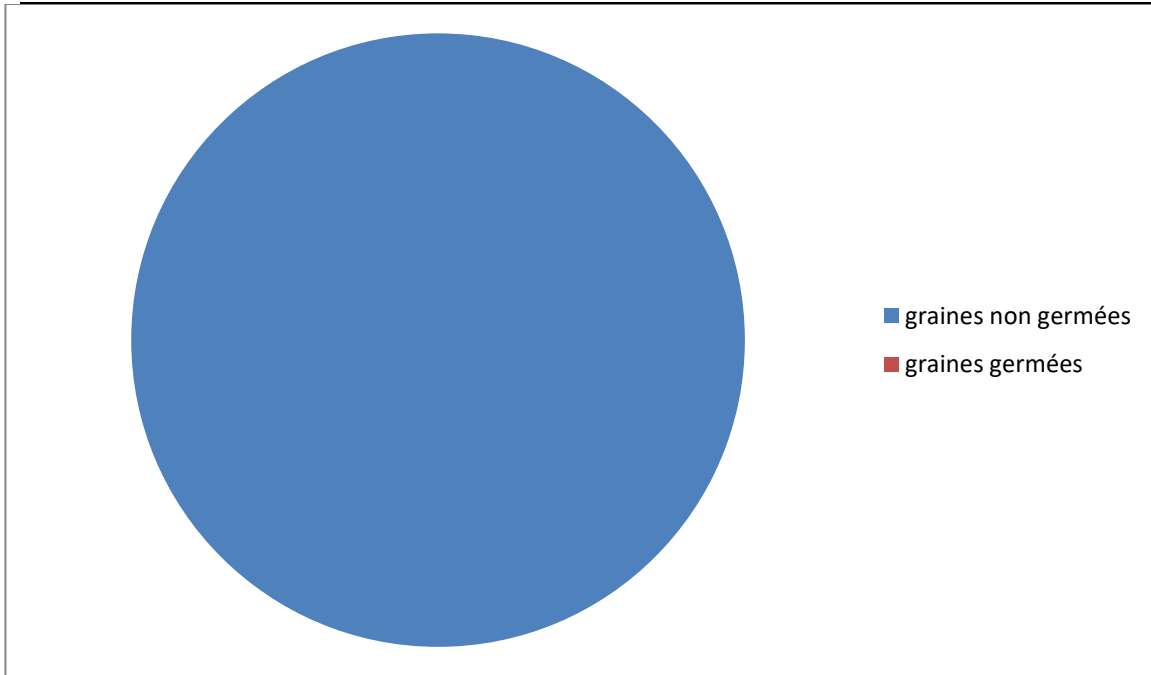


Fig. 23. Le taux de germination des graines 3.3 g/l du pb

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 pb.

Nous avons remarqué dans ce graphe (23) qu'il n'y avait pas de germination lors du prélèvement d'une grande dose de plomb R1 et R2.



Fig. 24: la germination a inhibée dans la boîte R1 dose 3.3g/l de pb



Fig. 25. la germination a inhibée dans la boîte R3 dose 3.3g/l de pb

Tableau 4. Les résultats de l'évolution de la longueur des tiges (cm) dans les trois répétitions de *Lycopersicon esculentum* Mill en fonction des doses de plomb respectivement comparés au témoin

Doses du plomb	Témoin	0.03g/l	0.3g/l	3.3g/l	
Longueur des tiges (cm)	11	10	6	0	R1
	11	8	5	0	R2
	11	9	6	0	R3

4.3 Discussion

Cette étude expérimentale a été entreprise dans le but d'étudier l'effet du plomb sur les paramètres biométriques de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

En conclusion, l'ensemble des résultats obtenus dans notre travail comparé à ceux rapportés dans la littérature nous permettent de suggérer l'hypothèse suivante :

Le taux de germination obtenu par les graines de la variété de Super Marmande est de l'ordre de 90%.

La réduction de croissance est généralement observée lorsque des plantes sont soumises à un stress à différentes doses pour le plomb (0.03 ; 0.3; 3.3 g/l) comparés aux plantes témoin non traités.

L'influence du stress provoqué par le plomb se traduit par une diminution de la germination (la hauteur des tiges)

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude expérimentale a été entreprise dans le but d'étudier l'effet du plomb sur les paramètres biométriques de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude ont révélé les principaux effets de *Lycopersicon esculentum* Mill. La contamination par le plomb sur la tomate. Les différents paramètres testés sur les plantes de ont permis de montrer, que le plomb induit des effets délétères sur la longueur des tiges.

Les résultats obtenus dans le présent travail, ont permis d'évaluer les effets engendrés par ce stress métallique sur le comportement morphologique de la tomate...

En conclusion, l'ensemble des résultats obtenus dans notre travail comparé à ceux rapportés dans la littérature nous permettent de suggérer l'hypothèse suivante :

Le taux de germination obtenu par les graines de la variété de Super Marmande est de l'ordre de 90%.

La réduction de croissance est généralement observée lorsque des plantes sont soumises à un stress à différentes doses pour le plomb (0,3. 0,3. 3,3 g/l) comparés aux plantes témoins non traitées.

L'influence du stress provoqué par le plomb se traduit par une diminution de la croissance des parties aériennes (la hauteur des tiges)

En résumé, les observations réalisées de cette étude ont révélé que la présence du plomb dans le milieu engendre des perturbations multiples sur le fonctionnement général des plantes, ces perturbations sont à l'origine des modifications visibles de nature morphologique.

Au terme de ce travail, il conviendrait de suivre cette étude par des travaux évaluant la localisation et la dynamique du plomb au sein de la plante.

Références bibliographiques

A :

B.J., 1995. Heavy metals in soils. Blackie Academic & Professional, London, 2nd Edition.

Arias JA, Peralta-Videa JR, Ellzey JT, Ren M, Viveros MN, Gardea-Torresdey JL (2010) Effects of *Glomus deserticola* inoculation on Prosopis: Enhancing chromium and Pb uptake and translocation as confirmed by X-ray mapping, ICP-OES and TEM techniques. Environ Exp Bot 68(2):139-148.

AGHTM, 1996. Aspects analytiques du plomb dans l'environnement. Techniques et documentation Ed, 483 p.

B :

Baize D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). Références et stratégies d'interprétation. INRA Éditions, Paris. 410 pp.

Benedetto M ; 1997(méthodes spectrométrique d'analyses et de caractérisation. Exp. Bot.18(2-3):5-8.

Bennett MD. 1976. DNA amount, latitude, and crop plant distribution. Environ. Exp. Bot.16(2-3):93-98, IN1-IN2, 99-108.

BRGM 2003 ; Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués). BRGM MEDD/DPPR-BRGM CV 0300001.

BRGM, 2004. Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués). BRGM MEDD/DPPR-BRGM CV 0300001.

Briat JF., Lebrun M., 1999. Plant responses to metal toxicity. Plant Biology and Pathology, cadmium and lead. Plant Physiol. 54, 122-124

Babich, H., Stotzky, G. (1977b). Sensitivity of various bacteria, including actinomycetes and fungi to cadmium and the influence of pH on sensitivity. Appl. Environ.

Microbiol,13p,14p **Babich, H., Stotzky, G.(1977a et b).** Effect of cadmium on fungi and on interactions between fungi and bacteria in soil: influence of clay minerals and pH. Appl. Environ. Microbiol.33, 1059-1066.

Babich, H., Stotzky, G. (1980). Environmental factors that influence the toxicity of heavy metals

and gaseous pollutants to microorganisms, Crit. Rev. Microbiol. 8, 99-145.

Baize, D. (1997). Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA. Paris,12p,16p,17p,21p

Références bibliographiques

C :

Cotelle S, 1999. Etude de la genotoxicité de matrices complexes à l'aide de plantes supérieures. Metz: Université de Metz. 179 p.

Cronquist, A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Colombia University. 2p

D :

DeMatos AT., Fontes MP., DaCosta LM., Martinez MA., 2001. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils. *Environmental Pollution* 111 (3): 429-435.

Davis, R.D., Beckett, P.H.T. (1978). Upper critical levels of toxic elements in plants. II. Critical levels of copper in young barley, wheat, rape, lettuce and ryegrass, and of nickel and zinc in young barley and ryegrass. *New Phytologist*, 18p

Deneux-Mustin, S., Roussel-Debet, S., Mustin, C., Henner, P., Munier-Lamy, C., Colle, C., Berthelin, J., Garnier-Laplace, J., Leyval, C. (2003). Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces : influence des micro-organismes du sol. TEC & DOC, Paris, 15p.

Desaules., Studer. (1993). Phytoextraction for Soil Remediation. In: Brooks, R.R. (Ed.). Plants that hyperaccumulate heavy metals. CABI Publishing, Wallingford, pp. 261-287.

Dore, C., Varoqaux F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA, Paris, 5p

DSA Mostaganem. (2017). Article du journal : le soir d'Algérie. [/www.lesoirdalgerie.com](http://www.lesoirdalgerie.com)

Dučić, T., Polle, A. (2005). Transport and detoxification of manganese and copper in

E :

Estevez. (2006). G:\Agriculture bio -SYNDICATS

AFFILIÉS\GrainsBio\Projets\Reproduction semences bio\Diffusion\Fiche technique éléments mineurs.doc

F :

Ferrara G ; Loffredo E ; Senesi N, 2004. Anticlastogenic, antitoxic and sorption effects of humic substances on the mutagen maleic hydrazide tested in leguminous plants. *Eur. J. Soil Sci.* 55(3):449-458.

G :

Gallais A, Bannerot H. 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection. Paris: INRA.

Gavaldà, D., 2001. Devenir des éléments traces métalliques dans les brousses (livi-redoxisol) après épandage de boues granulees. Thèse de doctorat, INP-ENSAT, 258p.

Gobat J. M., Aragno M. et Matthey W., 1998. Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols, Presses polytechniques et universitaires romandes, vol 14, coll. gérer l'environnement, 592pp.

Grant WF; Owens ET, 2001. Chromosome aberration assays in *Pisum* for the study of

Références bibliographiques

environmental mutagens. *Mutat. Res. - Rev. Mut. Res.* 488(2):93-118.

H :

Harter RD., Naidu R., 1995. Role of metal-organic complexation in metal sorption by soils. *Advances in Agronomy* 55: 219-261.

Huang G; Bazzaz FA; Vanderhoef LN, 1974. The inhibition soybean metabolism by cadmium and lead. *Plant Physiol.* 54, 122-124.

J :

Jaap Stéketee, 2010, Fondation Développement et transfert de connaissances sur le sol. P 6.

Juste C., 1988. Appréciation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments en traces du sol. *Sci. Sol* 26 (2) 103-112.

K:

Kabata-Pendias, A. (1986). Trace Elements in Soils and Plants. Fourth ed. CRC Press, Boca Raton, Taylor & Francis Group, 21p

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1992). Copper. In: Trace elements in soils and plants, 2nd Edition, CRC Press, 17p

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001). Trace Elements in Soils and Plants. Third ed. CRC

Liao, M.T., Hedley, M.J., Woolley, D.J., Brooks, R.R., Nichols, M.A. (2000a). Copper uptake and translocation in chicory (*Cichorium intybus* L. cv. *Grasslands Puna*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. *Rondy*) plants grown in NFT system. II. The role of nicotianamine and histidine in xylem sap copper transport. *Plant Soil*, 19p

Lindsay. (1997). Phytoextraction of toxic metals: A Review of Biological Mechanisms. *Journal of Environmental Quality* 31, 109-120

L :

Liator I., 1988. Review of soil solution samplers. *Water Resources Research* 24: 727-733.

Lin AJ; Zhang XH; Chen MM; Cao Q, 2007. Oxidative stress and DNA damages induced by cadmium accumulation. *J. Environ. Sci. (China)* 19(5):596-602.

M :

MacLaughlin MJ, 2000. Soil testing for heavy metals. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31:1661-1700.

N :

Naika, S. De., Jeude, J.V.L., De., Goffau, M., Hilmi, M., Van Dam, B. (2005). La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5ème (ed). Fondation agromisa et CTA, Wageningen, 5p

Navarre et al. (1980). A comparison of biochemical responses to oxidative and metal stress in seedling of barley, *Hordeum vulgare* L. *Environ. Pollut.* 101: 99-1

T:

Tahri Miloud, Chadli Rabah, Bouzid Khadidja, Flitti Abdelkarim. Search for physiological and anatomical parameters of salt tolerance in beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

Références bibliographiques

International Journal of Biosciences | IJB |, Vol. 11, No. 4, p. 184-197, 2017.

Tahri M. ,2018 .Recherche de paramètres Liés à la tolérance au sel chez L'haricot (Phaseolus vulgaris L.). Thèse doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.Algeri