

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA – Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques et de l'Environnement
Spécialité : Toxicologie Industrielle et Environnementale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Contribution à l'étude de l'effet du nickel (Ni) et du cadmium(Cd) sur la germination des graines du *Cistus monspeliensis* (L.)

Présenté par :

Maachi Razik

Soutenu le : **Juin 2022**

Devant le jury composé de :

Mr <i>Benadjaoud A.</i>	MCB	Président
Mr <i>Dadach M.</i>	MCB	Encadreur
Mr <i>Saadali R.</i>	MCB	Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu le tout puissant, donné savoir donné la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Mes sincères remerciements et ma gratitude à Mr ***Dadach Mohamed*** pour sa patience, et sur tout pour sa confiance, ses orientations et ses conseils, sa grande disponibilité et sa bienveillance.

Je le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel et sa rigueur durant la préparation de ce mémoire.

Je remercie vivement et sincèrement :

Mr ***Saadli R.*** pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Mr ***Benadjaoud A.*** en étant président du jury de soutenance.

Nous tenons aussi à remercier tous les techniciens du laboratoire pour nous avoir accordé leur confiance et leur accueil au sein de laboratoire.

A tous Nos enseignants qui nous ont initiés aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect et d'un profond amour.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A mes chers parents Grâce

Grâce à leurs grands sacrifices leurs encouragements pour créer le climat affectueux à la poursuite de mes études.

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*Mr **Meziani B.** pour ses conseils, ses explications et ses encouragements.*

A mes chers amis

Massinissa Madi, Rahim, Islem, Massi Maafa, Mokrane, Billel, Nordine, Sofiane, Walid..

A mes chères amies

Saou Katia, Mahdjouba, Wafa, Liticia. Naziha, Nesrine.

Razik Maachi

Sommaire

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction	1
CHAPITRE 1: DESCRIPTION DE L'ESPECE	
1- Généralité sur l'espèce	3
1-1- Historique	3
1-2- Etymologie	3
2- Caractéristique Morphologique	3
2-1- Feuille	4
2-2- Fruit	4
2-3- Tige	5
2-4- Fleur	5
3- Taxinomie et la classification	5
4- Répartition Géographique	6
5- Ecologie de l'espèce	6
5-1- Conditions climatiques	6
5-1- L'humidité de sol	6
5-1- Le vent	7
5-1- La lumière	7
5-1- La température	7
6- Utilisation traditionnelle	7
7- Estimation du tonnage du Ciste de Montpellier	8
8- Etudes phytochimiques	8
9- Etudes pharmacologiques	9
Chapitre 2 : Aspect physiologique de la Germination	
1- Définition de la germination	10
2- Types de germination	10
3- Les phases de la germination	10

3-1-Phase d'imbibition.....	10
3-2-Phase de germination au sens strict	10
3-3-Phase de croissance post-germinative	11
4- Les paramètres de germination	11
4-1- Le pouvoir de germination.....	11
4-2-La capacité de germination	12
4-3- La vitesse de germination	12
4-4- La courbe de germination	12
5-Les facteurs de la germination	12
5-1- Conditions extrinsèques	12
5-1-1- L'eau.....	12
5-1-2- L'oxygène.....	12
5-1-3-Température.....	13
5-1-4-La lumière	13
5-2-Les Conditions intrinsèques.....	13
5-2-1- La maturité	13
5-2-2- La longévité.....	13
5-2-3-Structure de la graine... ..	14
5-2-4-L'aptitude à germer.....	14
6- Dormances des graines.....	14
6-1- Définition de la dormance.....	14
6-2-Type de dormance	14
6-2-1-Dormance tégumentaire	14

5-2-2- Dormance embryonnaire	14
5-2-2-1- la dormance primaire.....	14
5-2-2-2- la dormance secondaire	15
6-3- La levée de dormance.....	15
6-3-1-Les conditions naturelles de la levée de dormance	15
6-3-2-Les prétraitements artificiels.....	15

Chapitre 3 : La phytoremédiation

1-Généralités sur les métaux lourds	16
2-Dépollution de sol	16
3-Définition de la phytoremédiation.....	16
4-Technique de la phytoremédiation.....	16
4-1- Phytoextraction	17
4-1-1- Phytoextraction continue	17
4-1-2-Phytoextraction induite ou assistée par des chélateurs.....	18
4-2-Phytodégradation	18
4-3- Phytovolatilization	19
4-4- Phytostabilisation	20
4-5- Rhizofiltration	20
5-Les avantages et les limites de la phytoremédiation	21
5-1- Les avantages	21
5-2-Les limites	21

DOUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

1- Site d'étude	23
2-Matériel végétal	23
2-2-Traitement des graines	23
2-3-Répartition des graines	24
2-4-Comptage et mesure des graines	25
3-Matériels utilisés	25
3-1-Préparation des solutions et mise en place des graines	26
3-2-Sulfate de nickel	26
3-3-Sulfate de cadmium	27
4-Méthodes utilisées	27
4-1-La précocité de la germination	27
4-2-Taux de germination	28
4-3-Vitesse de germination.....	28
4-4-Cytotoxicité des métaux sur la germination.....	28
4-5-Cinétique et la longueur des radicules et des tigelles	29
4-6- Traitement de données et analyse statistique	29

Chapitre 2 : résultats et discussion

1-Résultats.....	30
1-1-Description de la germination	30
1-2-Effet du nickel sur la germination des graines de <i>C. monspeliensis</i>	31
1-3-Effet du cadmium sur la germination des graines de <i>C. monspeliensis</i>	32
2-L'effet du Ni sur la taille de l'hypocotyle et la radicule	34

2-L'effet du Ni sur la taille de l'hypocotyle et la radicule	35
3-L'effet du Cd sur la taille de l'hypocotyle et la radicule.....	36
4-Pourcentage de la phytotoxicité.....	38
5- discussion.....	39
6-Conclusion	42
- Références	
-Annexes	
-Résumé	

Liste des abréviations

% : pourcentage

° : degré

ANOVA : analyse de la variance

As : arsenic

°C : degré Celsius

Cd : cadmium

CO₂ : Dioxyde de carbone.

Cu : cuivre

DG : la durée de germination

EDDS : ethylenediamine-N, N'-disuccinic acid

EDTA : éthylènediaminetétraacétique

EPA : Environmental Protection Agency

ETM : les éléments traces métalliques

Fe : fer

Fig : Figure

G (%) : pourcentage de germination.

g : gramme

Hg : mercure

mg : milligramme.

min : minute

mm : millimètre

MDA : malondialdéhyde

NGG : nombre des graines germées

Ni : nickel

NTG : nombre total des graines

LOX : lipoxygénase

LSD: least Significant difference

PFG : pourcentage final de germination

PP : le pourcentage de phytotoxicité

Pb : plomb

ppm : partie par million

Ps : poids sec.

Se : Sélénium

T: témoin.

TG : le taux de germination

TL : temps de latence

TMG : temps moyen de germination

VG : vitesse de germination

Zn : zin

Liste des tableaux :

o

Tableau 1 : Les masses de (Ni) et (Cd) pour chaque concentration26

Liste des figures

Figure 1 : La plante <i>Cistus monspeliensis</i>	4
Figure 2 : Les feuilles de <i>Cistus monspeliensis</i>	4
Figure 3 : Les fleurs de <i>Cistus monspeliensis</i>	5
Figure 4 : Courbe théorique d'imbibition d'une semence.	11
Figure 5 : Schéma du mécanisme de l'apport d'oxygène à l'embryon, à travers les enveloppes séminales imbibées qui renferment des composés phénoliques.	13
Figure 6 : Principales méthodes de phytoremédiation.	17
Figure 7 : Processus de phytoextraction, absorption des contaminants présents dans le Sol.....	18
Figure 8 : Processus de la Phytodégradation des contaminants au niveau du sol.....	19
Figure 9 : Processus de la Phytovolatilization des contaminants au niveau du sol.....	20
Figure 10 : Processus de la phytostabilisation des contaminants au niveau du sol.....	20
Figure 11 : Site expérimental de l'université. Abderrahmane Mira à Bejaia.....	23
Figure 12 : préparations des boites pétris et mise en place des graines de <i>Cistus monspeliensis</i>	24
Figure 13 : boites pétris mise place dans une étuve de type Friocell réglée à 20 °C.....	25
Figure 14 : Aspect, fiche technique du sulfate du nickel (NiSO ₄)	26
Figure 15 : Aspect, fiche technique du sulfate de cadmium (CdSO ₄).....	27
Figure 16 : Processus de germination et de croissance d'une graine de <i>Cistus monspeliensis</i>	30
Figure 17 : Pourcentage final de germination des graines de <i>Cistis monspeliensis</i> en fonction de différentes concentrations de nickel. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	31

Figure 18 : Pourcentage cumulé de germination des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> en fonction de différentes concentrations de nickel.....	31
Figure 19 : Temps moyen de germination des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> en fonction de différentes concentrations de nickel. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	32
Figure 20 : Pourcentage final de germination des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> en fonction de différentes concentrations de cadmium. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	33
Figure 21 : Pourcentage cumulé de germination des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> en fonction de différentes concentrations de nickel.....	33
Figure 22 : Temps moyen de germination des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> en fonction de différentes concentrations de cadmium. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	34
Figure 23: Effet du nickel sur la longueur de l'épocotyle chez des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> . Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le Test de Tukey	35
Figure 24: Effet du nickel sur la taille de la racicule chez des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> . Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	36
Figure 25 : Effet du cadmium sur la longueur de l'épocotyle chez des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> . Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	37
Figure 26: Effet du cadmium sur la taille de la racicule chez des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> . Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	37
Figure 27: Effet du nickel et cadmium sur le pourcentage de la phytotoxicité chez des graines de <i>Cistus monspeliensis</i> . Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.....	38

Introduction générale

La région méditerranéenne présente une des flores les plus remarquables du monde. Sa grande diversité climatique, géologique et géographique a permis l'apparition de nombreuses espèces endémiques. Elle constitue une zone à une haute biodiversité végétale. Notre étude a été réalisée sur la plante de *Cistus monspeliensis* L. cette plante appartient à la famille des cistacées, elle est très commune en région méditerranéenne.

Cette plante très répandue dans le monde à usages multiples, était connue depuis longtemps et était utilisée traditionnellement à des fins thérapeutiques, alimentaires et industriels (**Aafi et al., 2002**). La découverte de son rôle dans la dépollution des eaux et des sols et L'écosystème en général, comme un procédé biologique respectueux de l'environnement n'a été prouvé que récemment (**Julve, 2015**).

Dans ce cadre s'inscrit notre synthèse qui vise à évaluer la contribution à l'effet des métaux lourds cadmium et le nickel et sur les paramètres de vitesse et le taux de germination de ciste de Montpellier. Ainsi, la détermination du pouvoir phytoremiadant de cette espèce, et ce par la détermination de la capacité de résister devant les métaux lourds.

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaires. (**Deysson, 1967**). Selon **Guyot (1978)**. La germination, phase première de la vie de la plante, assure la naissance d'une jeune plantule aux dépens de la graine Selon **Soltner (2007)**. La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température. Le problème des sols contaminés est aujourd'hui très préoccupant pour les pays émergents. Les métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le cuivre, le zinc, et le mercure ne peuvent pas être biodégradés et donc persistent dans l'environnement pendant de longues périodes. L'accumulation des métaux lourds dans l'environnement peut se répercuter sur la germination des plantes les métaux lourds influencent la phytotoxicité, et dans certains cas, la croissance des plantes peut être réduite (**Salt et al., 1998**).

La solution pour pallier à ce problème est de traiter les sols contaminés afin d'en retirer les éléments métalliques ou, au moins, de ramener leur concentration à des niveaux acceptables pour la viabilité de l'écosystème. Une de ces méthodes de traitement, apparue au début des

années 1990, consiste en l'utilisation de plantes capables de croître sur des sols à forte teneur en métaux et susceptibles d'en mobiliser ou absorber une quantité appréciable. Cette technique, est appelée phytoremédiation (**Kumar et al., 1995**). La phytoremédiation a un impact positif sur l'opinion publique en tant que "dépollution verte". En effet, elle respecte et restaure l'environnement et représente une alternative aux méthodes classiques trop destructrices et polluantes. Elle tend surtout à être utilisée pour les composés chimiques présentant un risque pour l'environnement (**Meagher, 2001**), malgré son défaut et sa lenteur de remédiation qui s'estime à plusieurs dizaines d'années (**Evlard, 2013**).

Plusieurs études ont confirmé l'efficacité du ciste de Montpellier contre la pollution et la toxicologie industrielle, par contre en Algérie cette plante est délaissée. Pour cela, nous avons choisi cette espèce dans ce cadre le travail a été organisé comme suit :

Partie bibliographique incluant trois chapitres

- Premier chapitre nous avons présenté une description générale du Ciste de Montpellier
- Deuxième chapitre présente une idée générale sur l'aspect physiologique de la germination
- Troisième chapitre vise à étudier la phytoremédiation et ces techniques.

Partie expérimentale :

- Chapitre I : Matériel et méthodes
- Chapitre II : Résultats et discussion.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale rappelant ainsi les objectifs de notre travail et les principales conclusions et perspectives tirées de cette étude.

Première partie : partie
Bibliographique
Chapitre
01: Description de la
Plante

1- Généralités sur l'espèce :

Les Cistacées sont des arbrisseaux aromatiques, sous-arbrisseaux ou plantes herbacées qui poussent souvent dans les régions aérées ensoleillées et sur des sols sablonneux ou calcaires (**Quezel et Santa, 1963**). Les cistacées forment une famille qui comprend environ 180 espèces des régions tempérées et chaudes et bien représentées en particulier sur le pourtour de la méditerranéen, réparties en 8 genres (**Botineau, 2010**).

Le genre de ciste ou bien « *Cistus* » est un genre qui renferme une vingtaine d'espèces dont les principaux caractères sont: de pousser généralement en masse, d'exiger une exposition ensoleillée (d'où leur prédilection pour les régions méditerranéennes) et de renfermer des essences aromatiques et des substances résineuses qui les rendent très combustibles. Autre particularité : leurs fleurs ressemblent à celles des rosiers sauvages (rosier des champs, rosier pimprenelle, églantier...). En Algérie on compte environ une douzaine d'espèces et quelques hybrides bien déterminés (**Baba Aissa, 2011**).

Parmi les espèces de *Cistus* il y a «le Ciste de Montpellier » (**Couplan, 2012**).
Qu'est un arbuste originaire du Sud de l'Europe et d'Afrique du Nord (**Anonyme, 2007**).

1-1 Historique :

Ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis* L.), son nom est « Ciste », Joseph piton de Tournefort, Il est très proche de la forme utilisée par Anciens Grecs (cisthos) (**Dorvault, 1995**).

1-2 Etymologie :

«Ciste» est l'appellation française de *Cistus*, qui désignait des arbrisseaux en latin et est noté (également *Cisthos*) et en grec (kisthos ou kistos). Tous ces noms provient du grec kistê, qui évoque la forme de leurs fruits (**Couplan, 2012**).

2- Caractéristiques Morphologiques :

Le Ciste de Montpellier ou bien *C. monspeliensis* est un arbuste de la famille des Cistaceae. On peut dire c'est un arbuste de taille moyenne mesurant entre 0,5 m et 1,2 m de hauteur. Son feuillage est persistant. Les feuilles sont opposées, allongées, étroites à bords enroulés, sécrétant une résine collante à odeur forte, lui procurant ainsi sa forte inflammabilité. Les fleurs sont

formées de cinq pétales de couleur blanche, parfois colorées en jaune à leur base (fig.1). (Anonyme, 2007).



Figure 1 : La plante *Cistus monspeliensis*

2-1 Feuille :

Les feuilles opposées, sessiles, étroitement lancéolées, de 4-8 cm de long, vert foncé, ridées et légèrement poisseuses dessus. Plus claire et couvertes de poils étoilés dessous, à marge un peu enroulée (Fig.2). (Lippert et Podlech, 2010).



Figure 2 : Les feuilles de *Cistus monspeliensis*

2-2 Fruits :

Les fruits de Ciste de Montpellier sont des capsules déhiscents à 5 valves contenant de nombreuses graines (Quezel et Santa, 1963).

2-3 Tige :

La tige est sous forme d'un rameau cylindrique de couleur marron (**anonyme, 2007**).

2-4 Fleurs :

Les fleurs sont blanches, jusqu'à 3 cm de diamètre, par 2-8 en inflorescences terminales, en grappes, enroulées, sans bractées, 5 sépales, à veines rouges, les extérieurs un peu plus grands, pétales délicats, légèrement échancrés. Nombreuses étamines jaunes, ovaire supère à style court et stigmate globuleux à 5 lobes (Fig.3). (**Bayer et al., 2001**).



Figure 3: Les fleurs de *Cistus monspeliensis*

3- Taxinomie et la classification :

L'espèce *C. monspeliensis* fait partie de la classe des dicotylédones, d'une famille de Cistaceae, la mieux connue sur le plan systématique. Selon **Guignard (2007)**, la position Systématique du ciste de Montpellier est comme suit :

- Règne : Plantae
- Embranchement: Spermaphyids
- Sous Embranchement: Angiospermes
- Classe: Dicotylédones
- Ordre: Malvales
- Famille: Cistaceae

- Genre: *Cistus*
- Espèce: *Cistus monspeliensis* L.
- En Arabe: Oum Aliya
- En Kabyle :Tuzalte
- En anglais : Rock-rose

4- Répartition géographique :

Les espèces du genre *Cistus* généralement poussent dans la région méditerranéenne d'Afrique, d'Europe, It en Asie. *C. monspeliensis* est parmi les espèces le plus répandues en Algérie. Cette espèce est présente dans les terrains chauds, ensoleillés, protégés des intempéries et en plus c'est une espèce calcifuge fréquemment rencontrée dans les forêts claires à substrat siliceux (Aafi et al., 2002).

Lorsque la dégradation des sols est trop avancée, le Ciste de Montpellier couvre à lui seul des surfaces importantes. On le retrouve notamment dans les sols montagneux dégradés après une perturbation (incendie, débroussaillage...). Cette espèce végétale pérenne se régénère partir de semence (voix sexuée), ce qui lui permet de constituer des communautés importantes en région méditerranéenne (Guignard et al., 2007).

5 - Ecologie de l'espèce:

Le Ciste de Montpellier est une espèce des garrigues et coteaux secs méditerranéens. Il s'adapte parfaitement aux conditions difficiles des sols pauvres de la garrigue ainsi que des sols pauvres proches des zones côtières méditerranéennes. Cette espèce est présente sur les sols siliceux, acides. L'espèce est présente jusqu'à 1200 m d'altitude (Anonyme, 2008).

5-1 : L'humidité de sol :

Le sol dans lequel les Cistes de Montpellier sont retrouvés doit être bien drainé et sec. Lorsque la terre est lourde et humide, cette espèce ne survit pas longtemps (Camus, 1932).

5-2 : Le vent :

Le vent a une action mécanique et un pouvoir desséchant. Il augmente la transpiration des feuilles et entraîne le dessèchement de ces dernières, c'est pour ce la *C. monspeliensis* doit être abrité de vent (Anonyme, 2012).

5-3 : La Lumière :

Le Ciste de Montpellier est une espèce héliophile retrouvée dans les régions à forte luminosité. L'action de la lumière favorise la photosynthèse et la maturation des plantes, ainsi, ces plantes ne se développent complètement qu'en pleine lumière (Julve, 2015).

5-4 : La Température :

Le Ciste de Montpellier est une plante rustique qui peut vivre dans un intervalle de température compris entre 10 et 36°C (Lahondere et al., 1979).

6-Utilisations traditionnelles :

Diverses espèces de *Cistus* sont utilisées (en Italie, Grèce, Espagne et Turquie) pour le traitement de la diarrhée et des ulcères gastro-duodénaux, comme des agents anti-inflammatoires et antispasmodiques, et comme recours généraux pour plusieurs maladies de la peau (Attaguile et al., 2004). Elles sont utilisées également pour leurs propriétés antidiabétiques (Orhan et al., 2013), antimicrobiens, et cytotoxiques (Jemia et al., 2013).

Les feuilles de *C. monspeliensis* sont utilisées en infusion comme digestif et pour le traitement des douleurs gastriques. Le décocté de la plante entière de *C. monspeliensis* est utilisé, comme cataplasme, pour traiter les blessures (Lahsissene et al., 2009). Les graines de quelques espèces du genre *Cistus* sont apprêtées avec des épices, s'emploient comme aliment apéritif. Les graines pilées de la plupart des cistes sont consommées dans les campagnes Algériennes, comme amuse-gueule, ses graines sont utilisées comme chapelure dans la préparation des gâteaux. Dans le nord d'Algérie (les fruits des cistes (âmerîl) servent à confectionner le harkûs (fard à tatouage) (Bellakhdar, 1997).

7- Estimation du tonnage du Ciste de Montpellier :

Les Cistes sont considérés parmi les espèces colonisatrices les plus communes des milieux incendiés du bassin méditerranéen (**Troumbis et al., 1986**). Malgré l'absence des cistes aux stades matures des successions forestiers, ils persistent généralement au niveau de la banque des graines du sol et réapparaissent rapidement en cas d'incendie.

Durant les premiers stades des successions végétales et en raison de son importance, le *C. monesliensis* est très largement étudié au niveau de divers écosystèmes de la région méditerranéenne. En Afrique du Nord, à notre connaissance aucune donnée relative à ce sujet n'est disponible (**Ferrandis et al., 1999**).

En Afrique du Nord, à notre connaissance aucune donnée relative à ce sujet n'est disponible

8 -Etudes phytochimiques :

La majorité des études phytochimiques effectuées sur un nombre important d'espèces du genre *Cistus* en générale ont montré la richesse ainsi que la diversité structurale de ce genre en métabolites secondaires.

L'analyse d'un extrait aqueux lyophilisé de *C. monpsliensis* d'Italie par HPLC-DAD a montré la richesse de cette espèce en catéchine, gallocatéchine et en acide gallique (Santagati et al., 2008). **Ponponio et ses collaborateurs (2003)** ont montré la présence de (+)-catechin et (-) galloocatechin dans l'extrait aqueux lyophilisée des parties aériennes de *C. monpsliensis* d'Italie par la méthode de Chromatographie électrocinétique en microémulsion.

9- Etudes Pharmacologique :

L'étude pharmacologique effectuée par **Nicoletta (2015)** a montré que l'extrait méthanolique des feuilles de *C. monpsliensis* de Tunisie a une importante activité antioxydante in vitro. L'extrait aqueux des parties aériennes de *C. monpsliensis* d'Italie montre également une forte activité antioxydante. Il inhibe la génération de superoxyde et réduit la lipoperoxydation dans les microsomes de foie de rat, et il a une activité protectrice contre le clivage de l'ADN (**Attaguile et al., 2000**). Cet extrait possède également un effet cytotoxique et antiprolifératif sur les cellules prostatiques humaines (**Vitali et al., 2011**).

L'extrait hexanique de *C. monpsliensis* d'origine tunisien a une activité antiproliférative importante sur la lignée cellulaire de mélanome humain A-375 (**Jemia et al., 2013**). Les huiles essentielles de *C. monpsliensis* de Tunisie et *C. salviifolius* d'Italie ont montrés des effets

antioxydants potentiels, et des activités inhibitrices de cholinesterases utiles pour la prévention et le traitement de la maladie d'Alzheimer (**Loizzo et al., 2013**).

Chapitre 2 :

Aspect physiologique de la
Germination

1-Définition de la germination :

La germination se définit comme « phénomène » par lequel l'embryon croit en utilisant les réserves de la graine ». La vie individualisée des graines commence dès que celle-ci est séparée de la plante qui lui a donnée naissance, et se termine par la germination (**Bennet, 1978**).

La germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le début de la croissance de la radicule (**Evenhari, 1957**).

Selon **Mazliak (1982)**, la germination d'une semence est terminée quand la radicule commence à s'allonger.

2-Type de germination :

On distingue deux types de germinations :

La germination épigée, caractérisée par un soulèvement des cotylédons hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle. Le premier entre-noeud donne l'épicotyle, et les premières feuilles, au-dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales. Tandis que chez les plantes à germination hypogée, les cotylédons restent dans le sol (**Ammari, 2011**).

3-Les phases de la germination :

3-1-Phase d'imbibition :

La première phase ou le phénomène d'entrée est rapide et passive d'eau. Elle se déroule même si la graine n'est pas viable. Cette entrée d'eau est accompagnée d'une augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales. (fig 5).

3-2-Phase de germination au sens strict :

Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau ; l'hydratation des tissus et des enzymes est totale. La consommation en oxygène est stable. De plus, les synthèses protéiques sont facilitées car la graine renferme toute la machinerie nécessaire, en particulier des ARNm y sont accumulés (**Rajjou et al., 2004**).

Durant cette phase, il y a reprise de la respiration et des activités métaboliques. La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques. L'eau rend mobiles et actives les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurones où elles vont activer la synthèse

d'hydrolases (telles que les α -amylases, les nucléases ou les protéinases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire. Les α -amylases hydrolysent l'amidon stocké dans l'albumen et libèrent des molécules de glucose, substrat du métabolisme respiratoire. La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules (**Heller et al., 2004**).

3-3-Phase de croissance post-germinative :

Est caractérisée à nouveau par une entrée d'eau et une augmentation importante de la respiration. La consommation de l'oxygène serait due aux enzymes néosynthétisées. D'après **Grappin et ses collaborateurs (2000)**, l'ABA maintiendrait la dormance au cours de l'imbibition et serait ainsi le facteur qui régulerait l'entrée en phase III. En effet, ces auteurs ont démontré la présence d'une néosynthèse d'ABA dans les premières heures de l'imbibition chez *C monspeliensis*, qui empêcherait l'accomplissement de la germination.

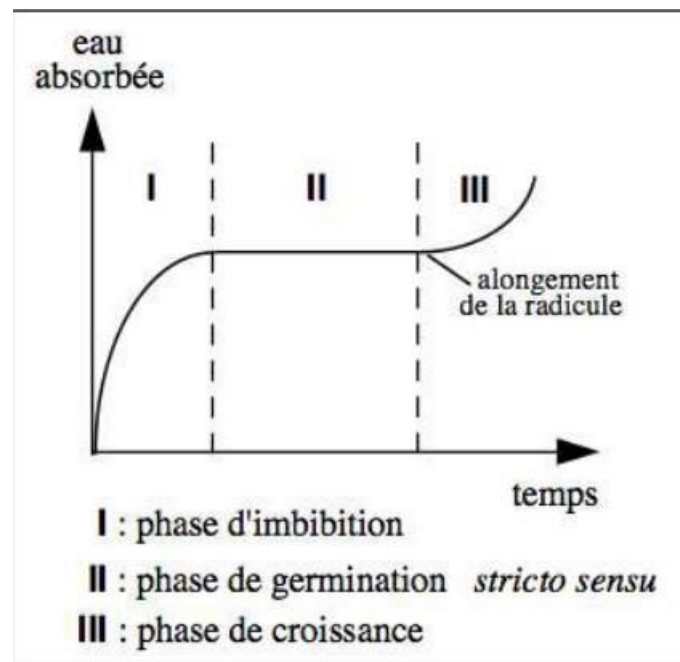


Figure 4 : Courbe théorique d'imbibition d'une semence (**Côme, 1982**).

4- Les paramètres de germination :

4-1- Le pouvoir de germination :

C'est le pourcentage des semences capables de germer dans les conditions les plus favorables.

4-2-La capacité de germination :

C'est le pourcentage maximal de semences germées dans des conditions données. Il est donc indispensable de préciser les conditions exactes dans lesquelles les semences sont mises à germer (Côme, 1970).

4-3- La vitesse de germination :

C'est le temps nécessaire mis par les semences germées, pour obtenir 50% de la capacité germinative (Lang, 1965), elle est calculée par l'indice de germination (Abbot, 1955 in Mazliak, 1982).

4-4- La courbe de germination :

La courbe de germination représente l'évolution des pourcentages en fonction du temps ; elle permet de donner une idée précise sur la germination des semences. La courbe a généralement une allure sigmoïde (Mazliak, 1982).

5-Les facteurs de la germination :

5-1 Conditions extrinsèques :

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (Soltner, 2007).

5-1-1- L'eau :

Selon Chaussat et Ledunff (1975), la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division.

5-1-2- L'oxygène :

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (soltner, 2007). Selon Mazliak (1982), une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination

D'après Meyer *et al.* (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve (fig.6).

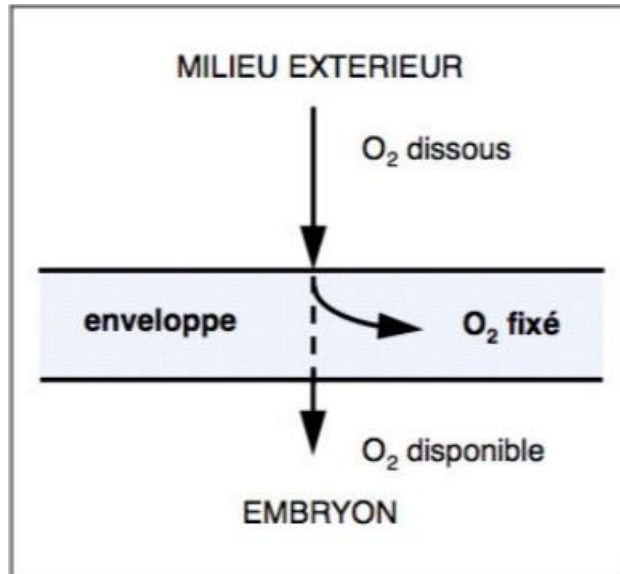


Figure 5 : Schéma du mécanisme de l'apport d'oxygène à l'embryon, à travers les enveloppes séminales imbibées qui renferment des composés phénoliques. (Côme, 1967).

5-1-3-Température :

La température a deux actions :

Soit directe par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (Mazliak, 1982), soit indirecte par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (Chaussat et al., 1975).

5-1-4-La lumière :

La lumière agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des graines à photosensibilité négative et stimule celles à photosensibilité positive (Anzala, 2006). Les espèces indifférentes à la lumière sont rares (Heller et al., 1990).

5-2-Les Conditions intrinsèques :

5-2-1- La maturité :

Pour qu'une semence germe, il faut qu'elle soit mature et toutes les parties constitutives soient complètement différenciées morphologiquement (Heller et al., 1990).

5-2-2- La longévité :

C'est la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. La longévité varie selon les espèces et elle dépend des conditions de conservation, d'humidité et de température (Heller et al., 1990).

5-2-3-Structure de la graine :

La première condition d'une structure dite normale de la semence est la présence d'un embryon vivant, d'un tégument en bon état et selon les cas d'un albumen intact (Guyot, 1978).

5-2-4-L'inaptitude à germer :

Quand les semences vivantes mures, placées dans des conditions favorables, germent mal ou pas de tout, elles sont dites dormantes ou inaptées à germer (Lafoun, 1988).

6- Dormances des graines :

6-1- Définition de la dormance :

La dormance est un état physiologique durant lequel les fonctions biologique d'une plante sont stoppées. C'est un repos apparent de l'activité de croissance d'un organisme ou d'une partie d'un organisme. Le processus est régulé par les hormones végétales et en particulier par l'acide abscissique. La dormance peut concerner la graine ou les bourgeons (Hilhorst 2007).

6-2-Type de dormance :

Les semences qui ne germent pas dans les différentes conditions de milieu, sont des semences dites «dormantes», et leur dormance peut concerner soit les téguments (inhibition tégumentaire), soit l'embryon (dormance au sens strict), soit les deux à la fois (Soltner, 2001).

6-2-1-Dormance tégumentaire :

L'imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène cause des dormances tégumentaires, c'est le cas des graines dures (Soltner, 2001). D'après Mazliak (1982), les inhibitions tégumentaires peuvent être facilement définies par : les semences ont des enveloppes ; totalement imperméable à l'eau, les enveloppes séminales ne sont pas suffisamment perméables à l'oxygène.

5-2-2- Dormance embryonnaire :

Selon **Baskin (1998)**, la dormance embryonnaire est due à la présence d'un embryon « sous-développé » au moment de la dissémination des graines. Il existe deux types de dormance embryonnaire :

5-2-2-1- la dormance primaire : Où l'embryon peut être dormant au moment de la récolte des semences (**Chaussat et al., 1975**).

5-2-2-2- la dormance secondaire : dont laquelle l'embryon est capable de germer mais il perd cette aptitude sous l'influence des facteurs défavorables à la germination (**Chaussat et al., 1975**).

6-3- La levée de dormance :

Il existe des conditions naturelles et artificielles grâce à des prétraitements qui permettent de lever les dormances des graines et d'améliorer la germination.

6-3-1-Les conditions naturelles de la levée de dormance :

Plusieurs stimuli environnementaux peuvent faciliter la levée de dormance des graines, c'est le cas de l'humidité ou de la lumière. La température reste cependant le paramètre qui a le plus d'effet chez le plus grand nombre d'espèces (**Geneve, 2003**). La levée de dormances tégumentaires s'effectue par l'altération des enveloppes, sous l'effet de la sécheresse, qui fait craqueler les téguments, ou celui des alternances de sécheresse et d'humidité, plus efficace encore, ou des alternances de gel et de réchauffement (**Côme, 1970 ; Heller et al., 2000**). Les inhibiteurs volatils s'évaporent avec le temps les autres inhibiteurs sont peu à peu lessivés par les pluies. Les dormances embryonnaires sont généralement aussi éliminées par les températures hivernales (**Heller et al., 2000**). Par ailleurs, l'infestation des graines et l'intervention des microorganismes du sol sans dommage à l'embryon peuvent augmenter la perméabilité du tégument à l'eau et favoriser ainsi la germination des graines dures (**Tybirik, 1991**). Selon **Côme (1970)**, le séjour prolongé des semences dans la terre humide provoque une putréfaction partielle des enveloppes et permet ainsi leur ramollissement ou leur imbibition.

6-3-2-Les prétraitements artificiels :

Les légumineuses comportent un pourcentage élevé de graines « dures », qui ne germent pas même en condition favorables. Il s'agit d'une inhibition embryonnaire ou une inhibition tégumentaire (**Skerman, 1983**). Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais les rendent capables de germer ultérieurement quand toutes les conditions requises sont réunies.

C'est, par définition, le (ou les) prétraitement(s) réalisé(s) avant, pendant ou après la conservation, qui permet (tent) l'élimination de la dormance par leurs effets mécaniques, chimiques, physiologiques (isolés ou associés) (**Debroux et al., 1998**). Selon ces auteurs, c'est en fonction de la constitution de la coque des graines que le type de prétraitement est défini.

Chapitre 3: La Phytoremédiation

1- Généralités sur les métaux lourds

2-Dépollution du sol :

Nos écosystèmes sont exposés à de nombreuses sources de pollution. Les sols et Eaux, près des sites industriels, subissent une accumulation de métaux lourds, de composés organiques, Nous N'aborderons pas les conséquences de ces pollutions sur les écosystèmes mais plutôt comment des sols peuvent être dépollués. Cette accumulation peut être très importante aux abords des sites industriels et dans ce cas, la seule solution est l'excavation et le retraitement. C'est le concept de phytoremédiation ou dépollution des sols par des plantes (Dabouineau et al., 2005).

3- Définition de la phytoremédiation :

Le terme phytoremédiation vient du préfixe grec « phyto » (plante) et du mot latin *remedium* (pour corriger ou éliminer un mal) (Ghosh et sing, 2005). La phytoremédiation ou la bioremédiation est une nouvelle technologie qui utilise les plantes vertes et/ou des microorganismes associés (ex. bactéries, champignons) pour le nettoyage d'un environnement pollué par les métaux lourds et les métalloïdes (Smits et Freeman, 2006 ; Lamb et al., 2010).

4- Techniques de la phytoremédiation :

la phytoremédiation regroupe différentes méthodes qui sont appliquées selon la contamination et les objectifs de remédiation (Brooks, 1998 ; Bert et al., 2000), qui peuvent mener à la dégradation du contaminant, enlèvement (par accumulation ou dissipation), ou immobilisation. Actuellement, la phytoremédiation se divise en cinq domaines d'application différents : phyto-extraction, phyto-transformation, rhizo-dégradation, phyto-stabilisation et phyto-volatilisation (Pulford et Watson, 2003 ; Vavasseur et al., 2003). (Fig.6)

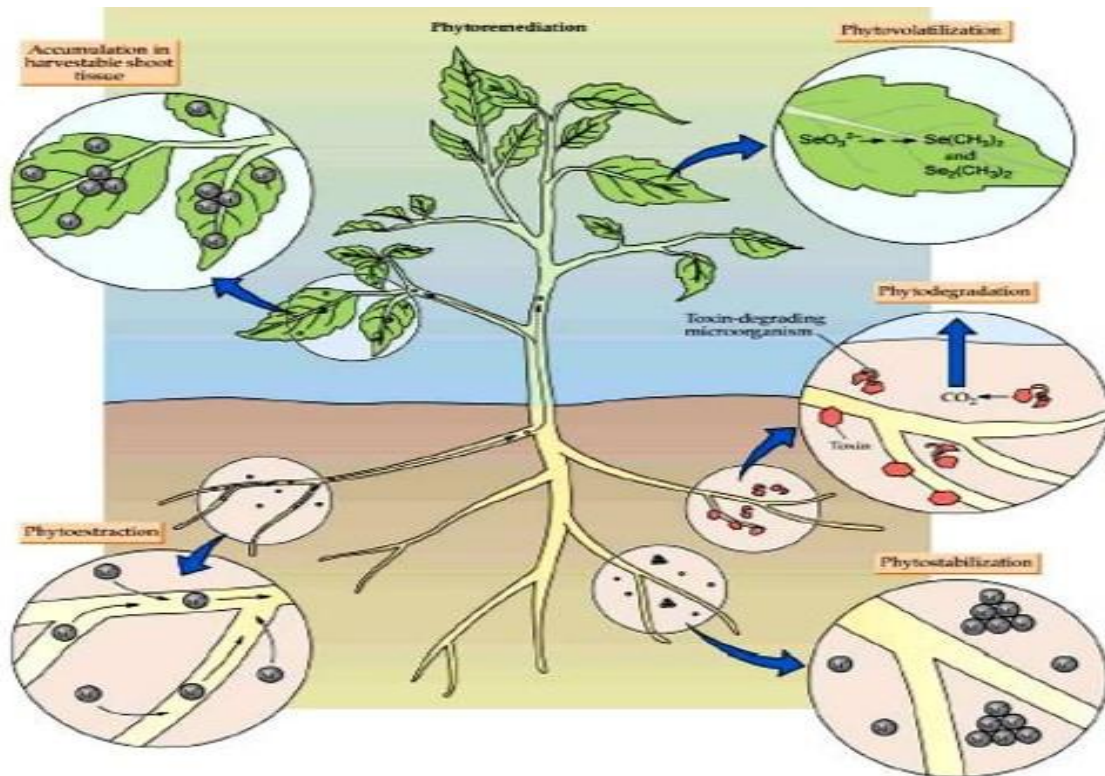


Figure 6 : Principales méthodes de phytoremédiation (Buchanan et al., 2002).

4-1- Phyto-extraction :

La phytoextraction est une technologie in situ liée aux plantes qui sont capables d'absorber les métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn ...) par leurs racines et de les transporter ensuite vers les parties aériennes (Zheng et al., 2011). Les tiges et les feuilles sont alors récoltées et éliminées des sites pollués. Ceci contribue à rétablir la fertilité de larges zones agricoles, contaminées pour la plupart dans leur couche supérieure (Alkorta et al., 2004) (Fig. 7).

Deux stratégies sont proposées pour une phytoextraction réussie des sols contaminés par les métaux lourds et autres polluants : phytoextraction continue et la phytoextraction induite ou assistée par des chélateurs :

4-1-1- Phytoextraction continue :

Pour qu'une plante soit adéquate pour la phytoextraction d'un polluant donné, elle doit être capable durant toute sa vie de résister à la toxicité du polluant et de l'accumuler dans ses parties aériennes. En effet, la phytoextraction naturelle utilise des plantes hyperaccumulatrices qui peuvent naturellement extraire de teneurs importantes de métaux présent sur des sols pollués sans présenter de signes de phytotoxicité (Zheng et al., 2011).

4-1-2- Phytoextraction induite ou assistée par des chélateurs :

L'utilisation de chélateurs permettant à des plantes non hyperaccumulatrices mais de biomasse importante d'absorber des teneurs élevées en métaux à partir d'un site pollué. La solubilité des métaux est accrue par des chélateurs tels que l'acide citrique, l'EDTA et l'EDDS. Ils sont appliqués soit directement sur le sol ou en condition hydroponiques (Zheng et al., 2011).

C'est ainsi que l'EDTA a permis d'améliorer la mobilisation et le transport subséquent du Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn par la moutarde indienne et le tournesol (Ann-Peer et al., 2003).

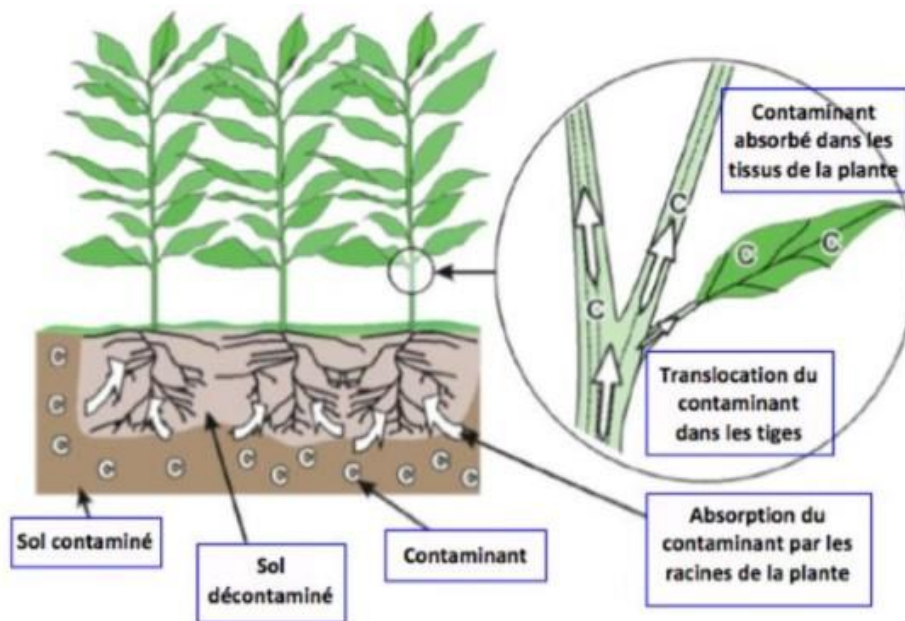


Figure 7 : Processus de phytoextraction, absorption des contaminants présents dans le sol.

(ITRC, 2001)

4-2-Phytodégradation :

Cette méthode concerne la pollution organique et non pas celle des éléments traces. Les plantes utilisées dans cette technique n'ont pas la capacité de stocker les polluants dans leurs organismes. Cependant, elles sont capables de dégrader les polluants organiques à l'intérieur des cellules de leurs appareils aériens et racinaires. Il a été démontré que les éléments majeurs présentaient un danger lorsqu'ils formaient certaines molécules toxiques. Avec la Phytodégradation, les plantes utilisées absorbent les molécules nocives et sont capables de les dégrader en molécules moins toxiques (Dabouineau, et al., 2005). Les végétaux concernés sont donc capables de vivre dans des milieux saturés en polluants organiques (fig.8). Ils absorbent les éléments polluants dans la solution du sol et les dégradent au sein de différents organes.

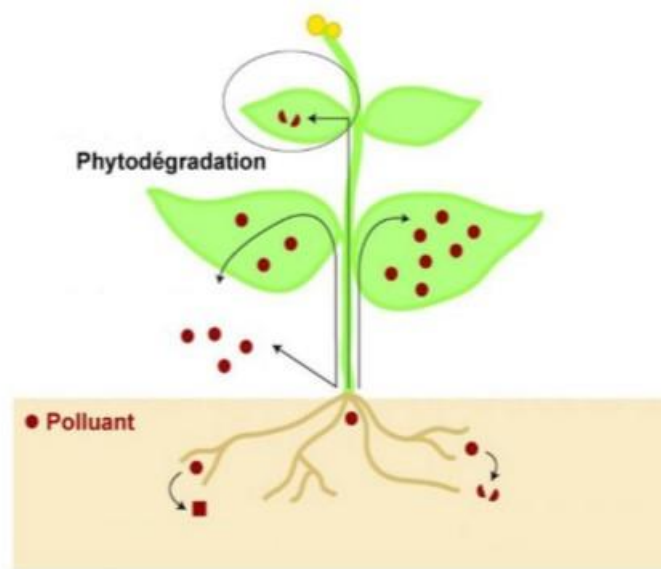


Figure 8 : Processus de la Phytodégradation des contaminants au niveau du sol
(Pilon-Smits 2005)

4-3- Phytovolatilization :

La Phytovolatilization utilise les plantes pour transférer les ETM du sol vers l'atmosphère. En effet, certains éléments (As, Hg et Se) peuvent être présents sous forme gazeuse dans l'environnement. Dans ce procédé, les ETM sont absorbés par les racines, transférés dans les parties aériennes où ils sont transformés sous leur forme volatile avant d'être émis dans l'atmosphère. Cette technique a tout d'abord été utilisée pour la remédiation des sols contaminés au mercure, les ions Hg^{2+} et le Hg organique peuvent être transformés en Hg de la même façon, le Se peut être transformé en $(\text{CH}_3)_2\text{Se}$ qui est volatile (Kabata-Pendias 2011) (fig. 9).

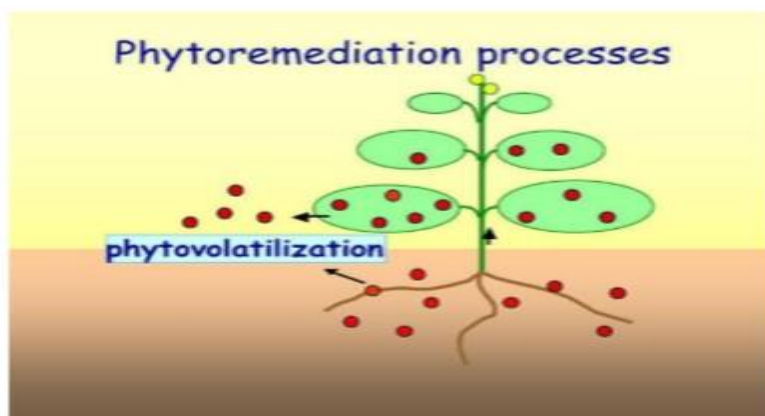


Figure 9 : Processus de la Phytovolatilization des contaminants au niveau du sol
(Pilon-Smits 2005)

4-4- Phytostabilisation :

La phytostabilisation vise à végétaliser un sol pollué dans le but d'immobiliser les ETM dans le sol. Cette technique permet la diminution du transfert des polluants vers les nappes phréatiques et vers l'atmosphère. Les ETM sont immobilisés dans la rhizosphère grâce à différents mécanismes dont l'adsorption au niveau des racines, la précipitation dans la rhizosphère (**Bolan et al., 2011**).

Le choix de la plante et l'apport d'un amendement sont deux critères importants dans la réussite de la remédiation. En particulier, la plante doit tenir compte des critères suivants (1) être tolérante aux ETM présents dans le sol, (2) avoir une croissance rapide avec une grande capacité de couverture du sol et un système racinaire étendu et abondant (**Phielier et al., 2013**) (fig.10).

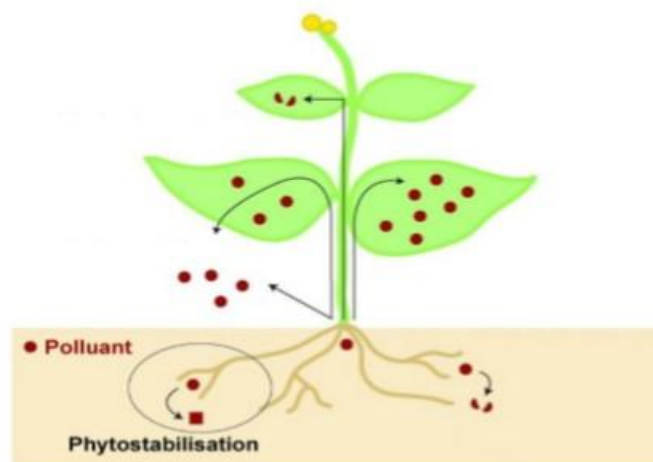


Figure 10 : Processus de la phytostabilisation des contaminants au niveau du sol

(**Pilon-Smits 2005**).

4-5- Rhizofiltration :

Ce dernier cas ressemble beaucoup au précédent. Nous restons ici sur un traitement de pollution organique. Selon (**Sterckeman et al., 2011**) la rhizodégradation désigne la dégradation des contaminants, pour la plupart organiques, sous l'action des racines et des micro-organismes associés. Les plantes utilisées ne sont pas dans la capacité de faire passer les éléments toxiques dans leurs organismes. L'efficacité de cette méthode dépendra donc de l'importance de la vie microbienne présente au sein de l'appareil racinaire. Tout comme la

Phytodégradation, le but ici est de dégrader les polluants en substances moins toxiques, pour les réintégrer dans les cycles de matières. Les facteurs limitant sont les mêmes que pour la Phytodégradation : la concentration en molécules toxiques et surtout la vie microbienne du sol. Des plantes comme la luzerne (*Medicago sativa*) mais aussi le trèfle rampant (*Trifolium repens*) peuvent être utilisés dans cette technique (Bert et al., 2013).

5-Les avantages et les limites de la phytoremédiation :

5-1- Les avantages :

La phytoremédiation est de plus en plus utilisée de nos jours puisqu'elle contribue au maintien de la structure des sols étant donné qu'elle ne nécessite aucune excavation (EPA, 2012). En plus d'être reconnue comme un choix économique comparativement aux techniques de décontamination conventionnelles, la phytoremédiation est largement acceptée par le grand public puisque peu d'impacts y sont associés. Plusieurs autres avantages sont attribués à cette technique de décontamination, dont la quantité de résidus générés par la phytoremédiation. Cela dit, lorsque l'on a recours à des technologies classiques, le volume de matière à enfouir ou à incinérer est plus élevé que si l'on utilise la phytoremédiation (réduction de plus de 95 %) (Forget, 2004).

5-2- Les limites :

Comme Forget (2004) a dit : Comme toute technique de décontamination des sols, la phytoremédiation comporte certaines limites avec lesquelles il faut composer. Une des premières limitations est le contact entre la rhizosphère et les contaminants présents dans le milieu à décontaminer (EPA, 2000). La capacité des plantes à atteindre une certaine profondeur de par leurs racines dépend de l'espèce végétale et des conditions géomorphologiques et climatiques (EPA, 2000). Par exemple, certaines espèces d'arbres comme le peuplier ont des racines qui potentiellement peuvent atteindre une profondeur de 15 pieds dans les sols tandis que celles des arbustes vont être plus superficielles (EPA, 2000). Enfin, la phytoremédiation doit se restreindre aux sites présentant une contamination peu profonde et dont les concentrations sont relativement faibles pour que les plantes soient en mesure de croître de façon convenable afin de capter tous les contaminants (Singh, 2005). Ces contaminants absorbés par les végétaux peuvent aussi présenter un risque potentiel pour l'environnement puisqu'ils peuvent se retrouver dans la chaîne alimentaire si les animaux ingèrent des plantes contaminées (Gouvernement du Canada, 2008). D'ailleurs, plusieurs études ont démontré que certains animaux et insectes ne consommaient pas les plantes

contaminées puisqu'elles avaient un mauvais goût (**Chaney et autres, 2000**). Le taux de croissance des végétaux va aussi influencer la phytoremédiation puisque plusieurs années peuvent être nécessaires afin d'atteindre un niveau de décontamination acceptable.

Deuxième partie : partie expérimentale

Chapitre 01 : Matériel et méthodes

1- Site d'étude :

Cette expérimentation a été réalisée au niveau de laboratoire de recherche en écologie et environnement à l'Université de Bejaia en vue d'étudier la contribution à l'étude de l'effet du nickel (Ni) et du Cadmium (Cd) sur la germination des graines du *Cistus monspeliensis*. (fig.12).



Figure 11 : Site expérimental de l'université. Abderrahmane Mira à Bejaia

2-Matériel végétal :

2-1-Origines des graines :

Les graines utilisées dans cette expérimentation sont des semences de *Cistus monspeliensis* L. D'origine du village Tazeboudjth (36°44'N, 05°01'E) wilaya de Bejaia (nord algérien), était récoltées en mois Aout 2020.

2-2-Traitement des graines :

Avant d'utiliser les graines de *C. monspeliensis* L. il faut une désinfection désinfectées pendant 2 à 3 mn dans de l'hypochlorite de sodium (NaClO) 10°, puis sont rincées par 3 passages dans de l'eau distillée. Après un laps de temps de séchage, nous avons mis toutes les graines dans une boîte Petrie, posé un morceau de papier absorbant sur la surface de la boîte bien fermée et enveloppée avec un parafilm et la mettre dans un réfrigérateur avec une température de 5°C pendant 15 jours (pour que les graines levées de la dormance) (Fig. 12).



Figure 12 : préparations des boites pétri et mise en place les graines de *Cistus monspeliensis* L.

2-3-Répartition des graines :

Avant de prendre les 25 boites de pétri, mettre un morceau de papier absorbant sur la surface de chaque boite, donc on les nomme au crayon, chaque métal contient 12 boites, pour le premier métal on met du Nickel (Ni L1 100 ppm, Ni L1 200, L1 300 ppm, Ni 400, Ni L2 100 ppm.....), pour le seconde métal Cadmium on met (Cd L1 100 ppm, Cd L1 200 ppm, Cd L1 300 ppm, Cd L1 400 ppm, Cd L2 100 ppm, Cd L2 200 ppm, Cd L2 300 ppm....), Puis ouvrir une autre boite de pétri comme témoin sans aucun métal. A l'aide d'une pince à épiler, on place les graines de *Cistus monspeliensis* L. Dans les boites de Pétri (25 graines par boites) on les met dans une étuve réglée a 20 pendant 20 jours dans l'obscurité (Fig .13).



Figure 13 : boîtes pétrie mise place dans une étuve de type Friocell réglée à 20 °

2-4-Comptage et mesure des graines :

Durant 20 jours de germination on fait un comptage chaque 48 heures pour dénombrer les graines germées, jusqu'aux derniers jours on doit ouvrir les boîtes pétri et on prend 4 graines germées (plantules) pour mesuré la taille de radicule et la partie aérienne.

3-Matériels utilisés :

Echantillon des graines de *Cistus monspeliensis L.*

L'hypochlorite de sodium

Sulfate de nickel

Sulfate de cadmium

Eau distillé

Seringue de 5 ml

Balance

Boîtes pétries, Ciseaux, passoire, une pince, papier absorbant

Etuve type Friocell

3-1-Préparation des solutions et mise en place des graines :

Pour préparer les solutions qui contiennent les concentrations de nickel et le cadmium on doit calculer la masse des métaux, en utilise la formule suivante :

$$C_m \text{ (mg /L)} = m \text{ (mg)} / V \text{ (L)}$$

Ça donne : $m = C_m \times V$

Tableau 1 : Les masses de (Ni) et (Cd) pour chaque concentration.

	100 ppm	200 ppm	300 ppm	400 ppm
NiSO ₄ (mg.100 ml ⁻¹) 1)	10	20	30	40
NiSO ₄ (μmol)	646.17	1292.35	1938.53	2584.71
CdSO ₄ (mg.100 ml ⁻¹) 1)	10	20	30	40
CdSO ₄ (μmol)	479.68	959.37	1439.05	1918.74

3-2-Sulfate de nickel :

Le sulfate de nickel utilisé est un composé inorganique sous sa forme anhydre, très soluble dans l'eau et source courante d'ions (Fig.14).

Masse molaire : 154,75g/mol

Masse volumique : 3,68g/cm³

Point d'ébullition:840°C

Formule brute : NiSO₄ (anhydre)



Figure 14 : Aspect, fiche technique du sulfate du nickel (NiSO₄).

([en.wikipedia.org/wiki/Nickel\(II\)_sulfate](https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel(II)_sulfate)).

3-3-Sulfate de cadmium :

Le sulfate de cadmium utilisé est un composé chimique minéral, corps ionique anhydre, composé de cations divalents et d'anions sulfates. C'est une poudre cristalline, de couleur blanchâtre, constituée de cristaux incolores, très solubles dans l'eau (Fig.15).

Masse molaire : 208,47g/mol

Masse volumique:4,69g/cm³

Point d'ébullition : 1000°C

Formule brute : CdSO₄



Figure 15 : Aspect, fiche technique du sulfate de cadmium (CdSO₄).

(fr.wikipedia.org/wiki/Sulfate_de_cadmium).

4-Méthodes utilisées :

La germination des graines est exprimée par les paramètres suivants :

La précocité de germination ou le temps de latence (TL) : signifie le début de la germination, est exprimé en jours.

La durée de germination (DG) : c'est le nombre de jours pour l'achèvement de la germination

La cinétique de germination estimée en % des taux cumulés des graines germées.

La vitesse de germination, exprimée en temps moyen de germination (TMG) évaluée en jours.

4-1-La précocité de la germination :

En générale chaque espèce dispose d'une précocité de germination signifie à sa nature, car même placée dans les mêmes conditions expérimentales, le début d'apparition de la racicule à travers la membrane n'aura pas lieu en même temps chez toutes les graines. Ce paramètre déterminé lorsque nous observons les premières graines germées, il est exprimé par le taux des premières des graines germées (Belkhodja, 1996).

4-2-Taux de germination :

La germination est notée par comptage effectué toutes les 24 heures, jusqu'au 10ième jour. Le pourcentage de graines germées est déterminé par le rapport entre le nombre des plantules normales développées sur le nombre total de graines incubées (Ista, 2003), d'où :

$$G (\%) = 100 \left(\frac{NGG}{NTG} \right)$$

G (%) : est le pourcentage de germination.

NGG : est le nombre des graines germées

NTG : est le nombre total des graines incubées.

Toute plantule dont la longueur de la racicule est égale ou supérieure à 2 mm est considérée comme normale (Ista, 2003).

4-3-Vitesse de germination :

La vitesse de germination est définie selon Côme (1970) comme étant le temps mis par les semences pour germer ; elle peut s'exprimer par un pourcentage, un temps ou un coefficient. Nous l'avons exprimée en taux selon la relation de Kotowski (1926) :

$$TMG = \frac{N1T1 + N2T2 + N3T3 \dots NnTn}{N1 + N2 + N3 + \dots Nn}$$

N1 : nombre de graines germées au temps T1

N2 : nombre de graines germées entre T1 et T2

4-4-Cytotoxicité des métaux sur la germination :

Le pourcentage de phytotoxicité (P.P.) a été calculé selon Ray and Banerjee (1981) :

$$P. P. = \frac{\text{la taille de la racicule dans témoin} - \text{la taille de la racicule traitée}}{\text{la taille de la racicule dans témoin}} \times 100$$

4-5-Cinétique et la longueur des racicules et des tigelles :

La cinétique de germination est une courbe de germination qui décrit le déroulement de la germination du lot de semences considéré placé dans des conditions bien précises. Elle représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction du temps. Cette cinétique est établie à partir des taux cumulés de graines germées c'est-à-dire la variation des taux de germination en fonction du temps exprimé en jour.

Les courbes de germination donnent une idée complète de l'évolution de la germination d'un lot de semences placées dans des conditions déterminées (Mguis et al., 2011). La longueur des racicules et des tigelles des plantules de *Cistus monspeliensis* L. Et mesurée à partir de 20 ème jour à l'aide d'une Feuille millimétrée en (mm) à raison de 4 graines par boîte.

4-6- Traitement de données et analyse statistique :

Pour chacun des essais appliqués, les résultats obtenus sur trois répétitions à raison de vingt graines par boîte de Pétri sont statistiquement analysées par le logiciel SPSS pour Windows, version 22. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée pour la comparaison de plusieurs moyennes. Le test de Tukey (LSD) est utilisé pour identifier la signification des différences entre les moyennes deux à deux au seuil de 5%.

Chapitre 02

Résultats et Discussion

1-Résultats :

1-1-Description de la germination :

La germination est la reprise du métabolisme d'un embryon, jusqu'à ce qu'il devienne une jeune plante autotrophe, elle est exprimée d'abord par le gonflement des graines et se conclue par la percée de la radicule. La fig.16 illustre l'évolution de la germination d'une graine du ciste de montpellier qui a subi une stratification au froid humide à 4 °C pendant 15 jours et ensuite incubée à 20 °C. Dans le deuxième jour la graine s'est gonflée appréciablement, après, dans le quatrième jour la radicule perce le tégument et commence à croître. L'étape post-germination est marquée aussi par l'apparition des feuilles cotylédonaires et l'élongation de l'hypocotyle.



Figure 16 : Processus de germination et de croissance d'une graine de *Cistus monspeliensis*

1-2-Effet du nickel sur la germination des graines de *C. monspeliensis* :

La fig.18 présente le pourcentage final de germination (PFG) des graines de *C. monspeliensis* en réponse à des concentrations croissantes de Ni. On constate d'après cette figure que le PFG dépasse le 52% chez tous les traitements, y compris le témoin (55%), tandis que le pourcentage le plus important a été constaté pour les graines stressées par 200 ppm (70,67%). Au-delà de cette dernière concentration la germination chute jusqu'à atteindre 62,67% à 400 ppm. Néanmoins, le test de Tukey nous a révélé aucune différence significative entre les PFGs ($F = 2,818$; $P = 0,084$, voir annexe I). Nous avons noté aussi que, quoi que ce soit la concentration utilisée, l'émergence des graines (le temps de latence) commence dès le 2^{ème} jour Fig.18. Les graines soumises à 100, 200 et 300 ppm atteignent le maximum de germination au 4^{ème} jour, alors que les graines traitées par 0 et 400 ppm le PFG maximal a été retardé jusqu'au 6^{ème} jour.

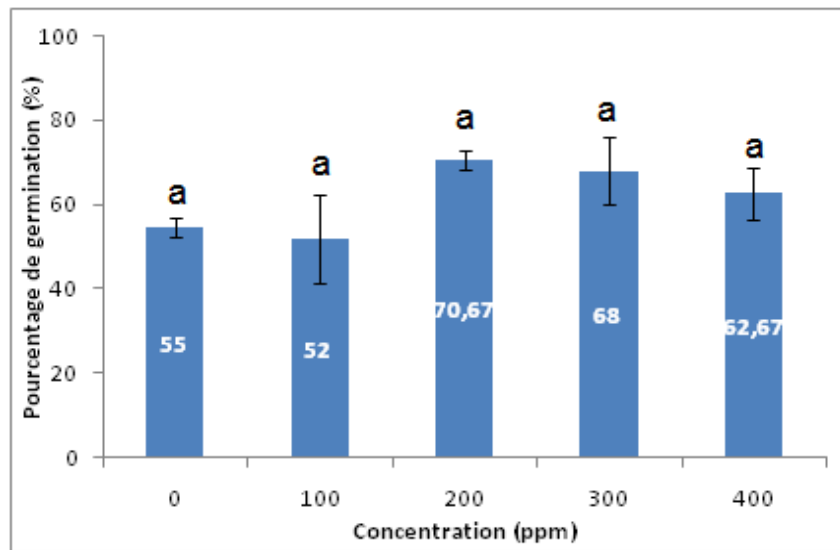


Figure 17 : Pourcentage final de germination des graines de *Cistis monspeliensis* en fonction de différentes concentrations de nickel. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

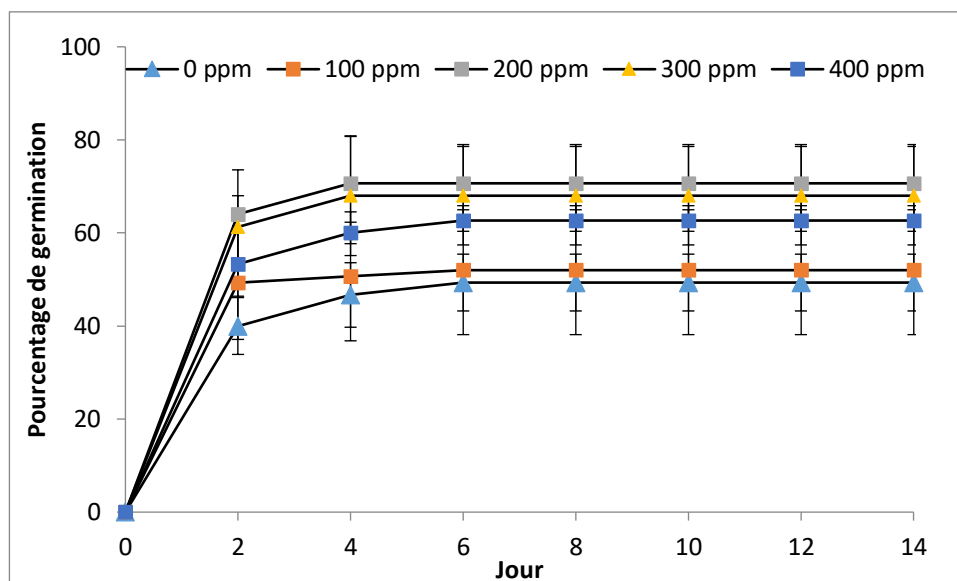


Figure 19 : Pourcentage cumulé de germination des graines de *Cistis monspeliensis* en fonction de différentes concentrations de nickel.

Le temps moyen de germination (TMG) est montré dans la fig.19. Le TMG le plus important a été enregistré chez le témoin (1,65) et plus le stress métallique par le Ni s’intensifie dans le milieu, le TMG diminue pour atteindre une valeur la plus faible à 400 ppm (0,95). Aux concentrations 100 à 300 ppm, le TMG est dans les alentours de (1,10). Malgré la chute du TMG, nous avons noté une

différence non-significative, en appliquant le test de Tukey (ANOVA I), entre les différentes valeurs de TMG ($F = 1,801$; $P = 0,205$, voir l'annexe I).

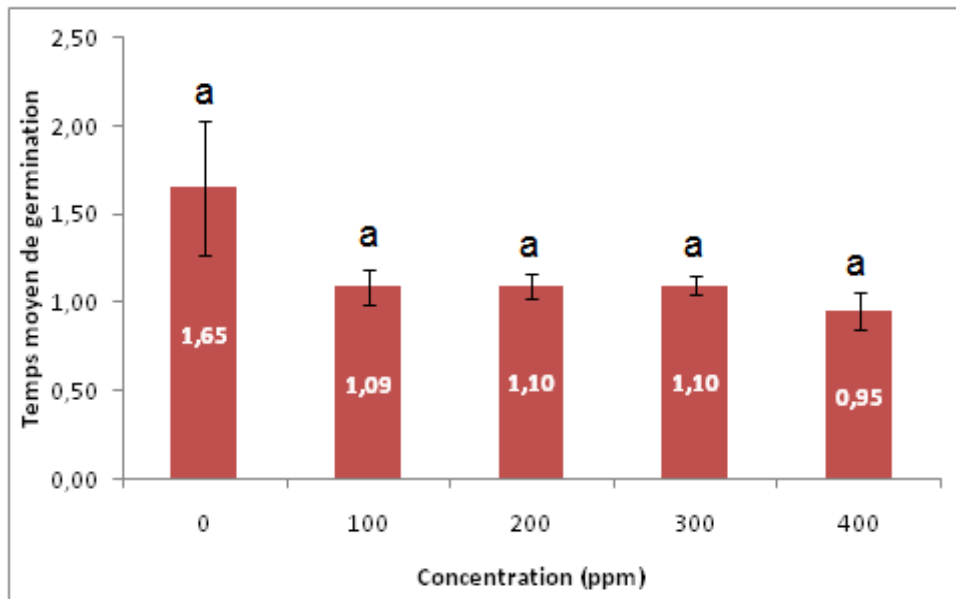


Figure 19 : Temps moyen de germination des graines de *Cistis monspeliensis* en fonction de différentes concentrations de nickel. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

1-3-Effet du cadmium sur la germination des graines de *C. monspeliensis* :

A l'instar du Ni, le PFG le plus prononcé a été signalé chez les concentrations modérées de Cd, sauf que cette fois si à 100 ppm (64%) suivi par le témoin (55%). La germination ainsi a vu une diminution quand les graines étaient stressées par 200 ppm et plus, dont la valeur la plus faible a été noté à 400 ppm (33,33%) (Fig.20). Cela dit à des concentrations accentuées, le Cd a un effet dépressif sur l'émergence de la racicule et l'accomplissement de la germination des graines de *C. monspeliensis*. Le test de Tukey a révélé une différence statistiquement significative à $P \leq 0,05$ ($F = 5,44$) entre les graines traitées par 100 ppm et 400 ppm (appartient à deux groupes différents) (annexe II). La germination s'est stabilisée au 4^{ème} jour pour les graines stressées avec 100 ppm de Cd, alors que chez les autres concentrations (0, 200, 300 et 400 ppm) la germination s'est stagné au 6^{ème} jour. (Fig.22).

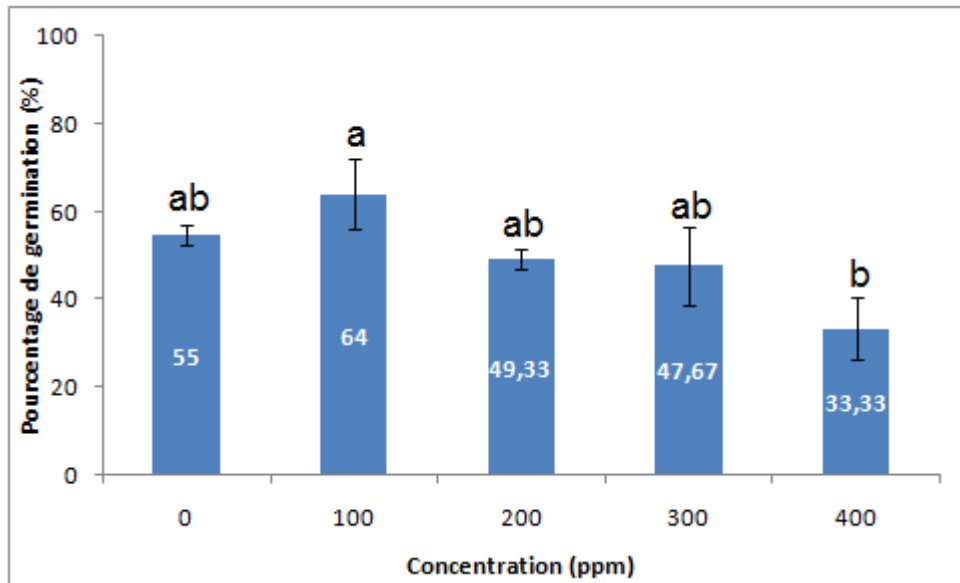


Figure 20 : Pourcentage final de germination des graines de *Cistus monspeliensis* en fonction de différentes concentrations de cadmium. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

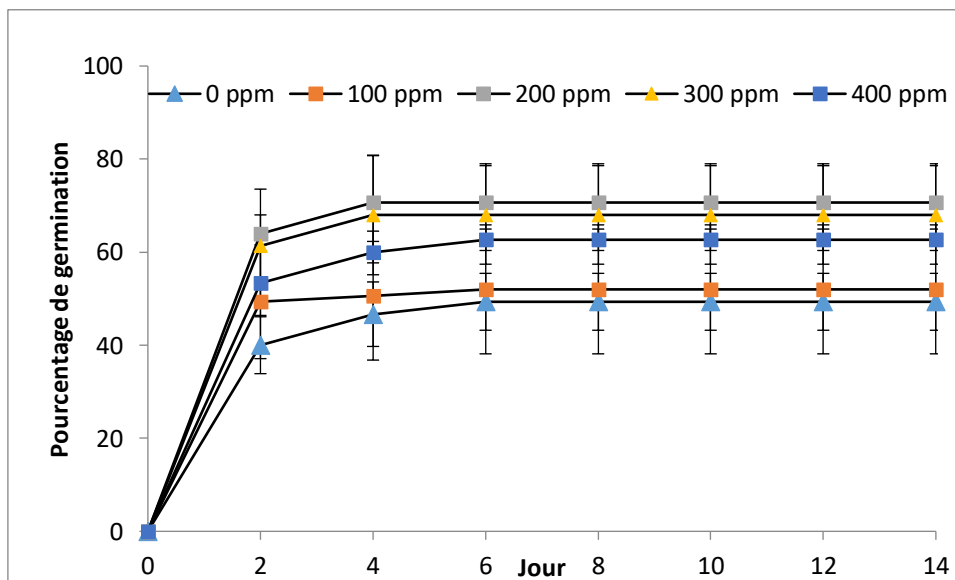


Figure 21 : Pourcentage cumulé de germination des graines de *Cistus monspeliensis* en fonction de différentes concentrations de nickel.

Nous avons noté que la valeur de TMG la plus importante a été signalée chez le témoin (1,65). Ce paramètre décline, en revanche, avec l'augmentation du stress métallique induit par le Cd jusqu'à atteindre une valeur minimale à 400 ppm (1,01) (Fig.22). Selon le test de Tukey, cette réduction, en fait, est statistiquement insignifiante ($F = 1,37$; $P = 0,31$). Cela indique que, pour les concentrations moins de 400 ppm, le Cd n'a pas d'effet significative sur la vitesse de germination des graines de notre espèce (annexe II).

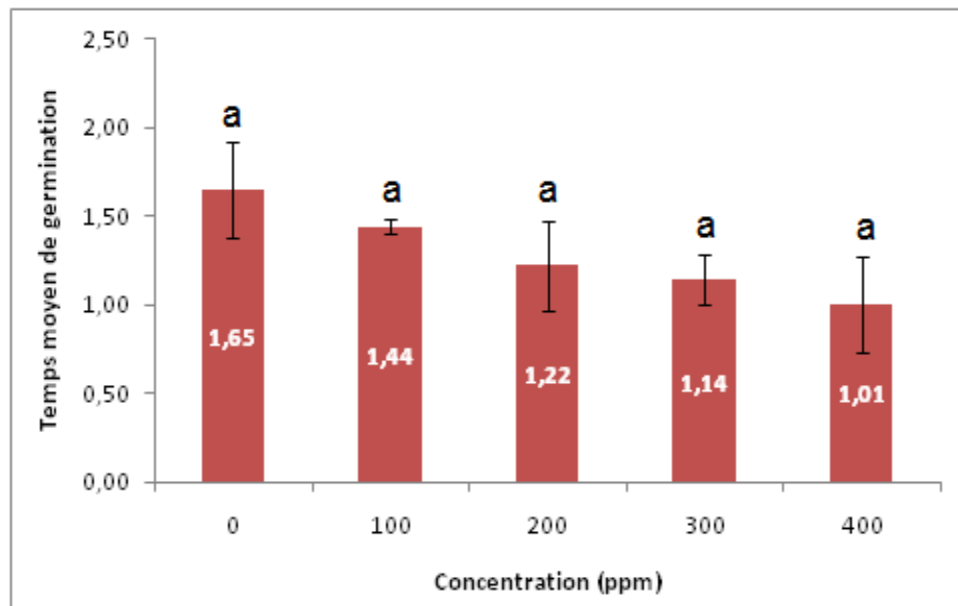


Figure 22 : Temps moyen de germination des graines de *Cistus monspeliensis* en fonction de différentes concentrations de cadmium. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

2-L'effet du Ni sur la taille de l'hypocotyle et la radicule :

La fig.23 indique l'influence du Ni sur le développement et l'élongation de l'hypocotyle. L'analyse de la variance de la taille de l'hypocotyle a confirmé l'existence d'une différence très hautement significative avec l'augmentation de la concentration de Ni dans le milieu au seuil de probabilité fixée à 1‰ (annexe III). Ce test a révélé quatre groupes homogènes. La taille moyenne la plus importante a été enregistrée pour le lot témoins alors que plus le stress métallique devient intense, le développement de l'hypocotyle serait dramatiquement impacté

On a constaté d'après l'analyse de la variance que mis à part le témoin et malgré la chute des valeurs, toutes les concentrations (de 100 à 400 ppm) avaient une influence non-significative sur la longueur de la radicule (annexe III). Cela indique que notre espèce mention la longueur de la radicule quoi que ce soit la concentration utilisée avec un seuil de 400 ppm. La valeur de ce paramètre a décliné avec

presque de moitié en comparant le témoin (10,55 mm) avec l'autre concentration (de 5,8 à 4,5 mm) (Fig.23).

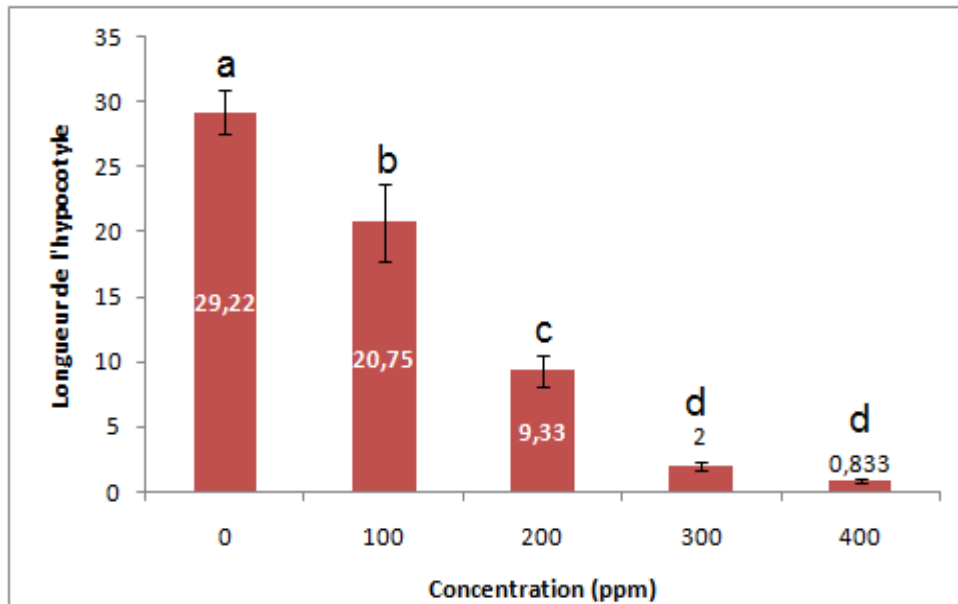


Figure 23 : Effet du nickel sur la longueur de l'épocotyle chez des graines de *Cistus monspeliensis*. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey

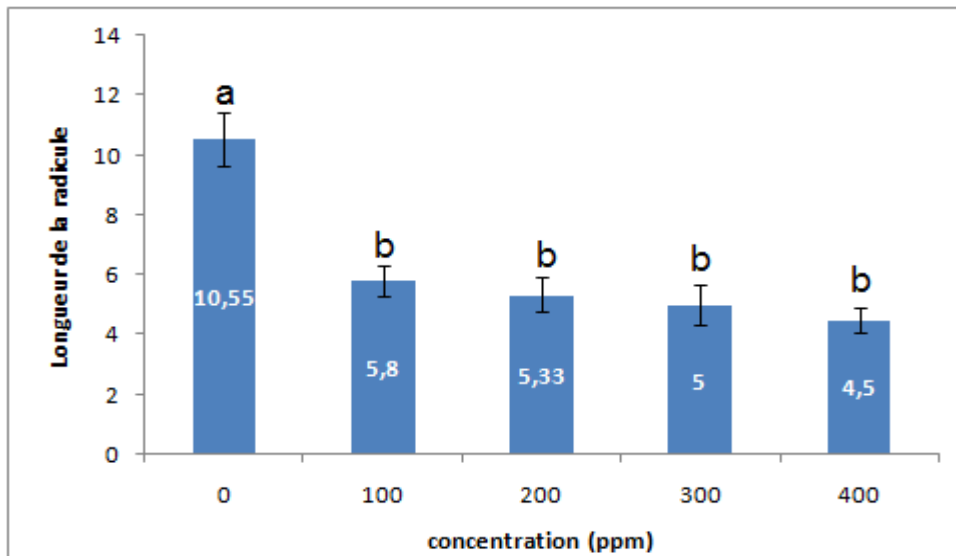


Figure 24: Effet du nickel sur la taille de la racine chez des graines de *Cistus monspeliensis*. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

3-L'effet du Cd sur la taille de l'hypocotyle et la racine:

Les résultats présentés dans la (fig.25) expriment les valeurs de la taille de l'hypocotyle vis-à-vis des différentes concentrations de cadmium utilisées (0-400 ppm). L'ANOVA I a révélé une différence très hautement significative de l'utilisation de différentes concentration de Cd sur ce paramètre étudié ($F = 78,63$; $P = 1,62 \times 10^{-7}$, voir annexe IV). Le test de Tukey pour la comparaison des moyennes (deux-à-deux) confirme l'existence de cinq groupes homogènes (annexe IV). La taille de l'hypocotyle a vu une chute graduelle avec l'augmentation du Cd dans le milieu cela dit que la valeur la plus faible a été enregistrée chez les graines soumises à 400 ppm (1,8 mm), cette valeur est 16 fois moins de celle enregistrée chez le témoin (29,22 mm).

La (fig.25) présente le développement de la longueur de racine chez les graines stressées par différentes concentrations de Cd pendant 14 jours. L'analyse de la variance indique une différence significative du Cd sur ce paramètre mesuré ($F = 34,97$; $P < 0,001$, annexe VI). Néanmoins, nous avons remarqué que la valeur chez la concentration de 200 ppm (5,33 mm) est homogène avec celle de 100 ppm d'une part et avec 300 ppm d'autre part (une valeur partagé pour donner deux groupes distinctes). L'absence de stress (témoin, 10,55 mm) a toujours manifesté la plus importante valeur suivis par celle de 100 ppm (7,25 mm), 200 ppm (5,33 mm), 300 ppm (4,83 mm) et 400 ppm (3,66 mm).

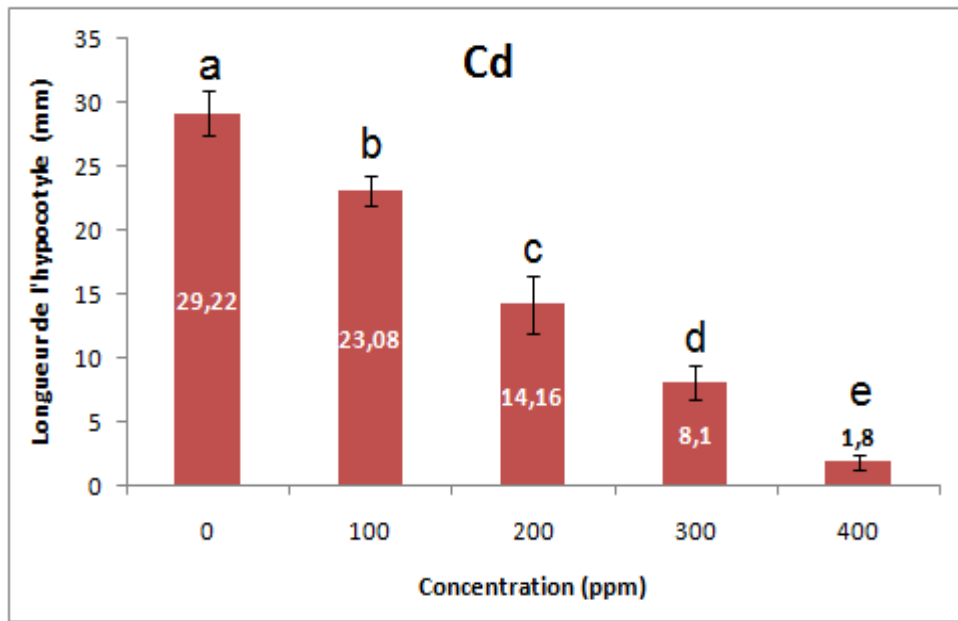


Figure 25: Effet du cadmium sur la la longueur de l'épocotyle chez des graines de *Cistus monspeliensis*. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

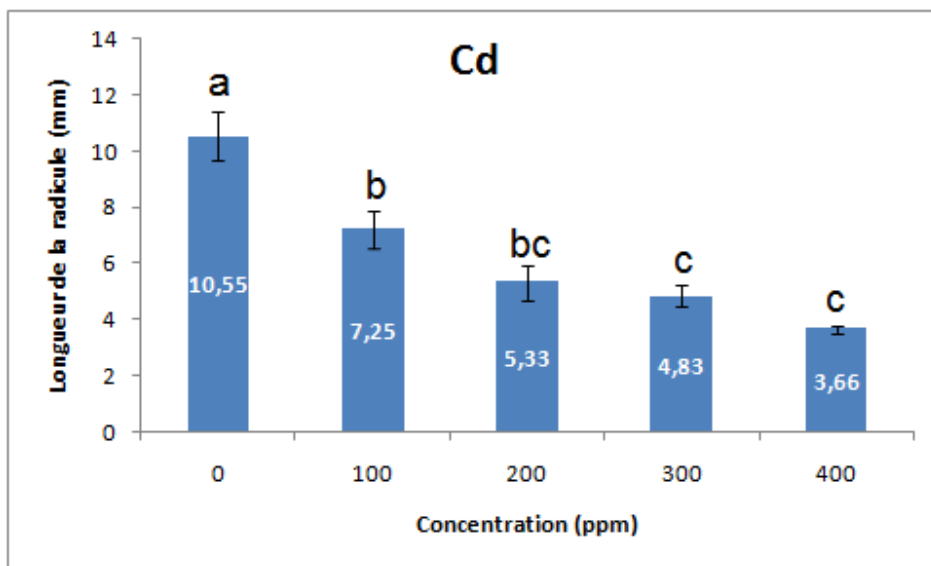


Figure 26: Effet du cadmium sur la taille de la radicule chez des graines de *Cistus monspeliensis*. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey

4-Pourcentage de la phytotoxicité:

La phytotoxicité des deux métaux sélectionnés sur la longueur de la racine est représentée dans la (fig.27). L'augmentation de l'intensité des deux métaux a aggravé la toxicité (traduit par une augmentation du pourcentage de phytotoxicité), sauf que cette différence est insignifiante ($F = 3,27$; $P = 0,08$) pour le Ni et elle est seulement significative entre 100 ppm et les autres concentrations utilisées ($F = 10,19$; $P = 0,004$) pour le Cd (annexe V). Les pourcentages de phytotoxicité les plus faibles étaient enregistrées chez la concentration de 100 ppm (44,5% et 30,1% pour le Ni et Cd, respectivement). A une concentration de moins de 200 ppm la phytotoxicité est de $< 50\%$. D'une façon intéressante, pour les deux métaux, le pourcentage est le même pour cette concentration (49,5%). Nous avons constaté aussi qu'à 100 ppm le Ni est plus phytotoxique par rapport au Cd (44,5% vs. 30,1%). Par contre, aux concentrations de 300 et 400 ppm le Ni devient moins nocif sur l'élongation de la racine en le comparant avec le Cd (52,4% et 57% pour le Ni vs. 54% et 64,9% pour le Cd).

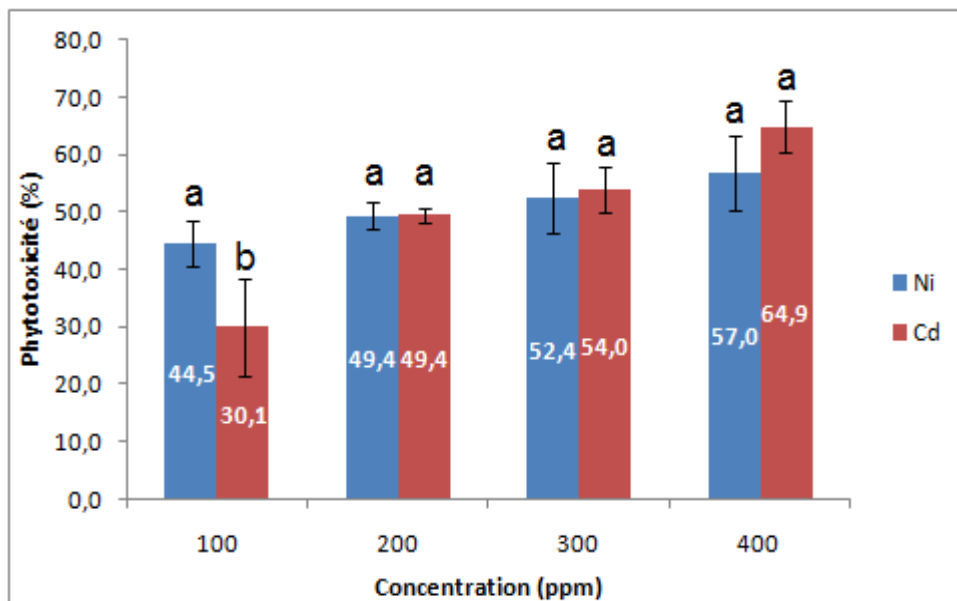


Figure 27 : Effet du nickel et cadmium sur le pourcentage de la phytotoxicité chez des graines de *Cistus monspeliensis*. Les lettres minuscules disposées sur les barres indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) selon le test de Tukey.

5- discussion :

Dans cette étude, la germination des graines de *C. monspeliensis* a été étudiée en réponse à des stress métalliques (*i.e.* Ni et Cd). Les résultats primaires ont montré que le pourcentage de germination des graines de cette espèce a été significativement affecté seulement à la concentration de 400 ppm-Cd. Les résultats ont montré également que le taux de germination des graines est supérieur sous l'effet de Ni (max. 70,67% à 200 ppm) par rapport au Cd (max. 64% à 100 ppm). Cela peut être expliqué par l'existence des variations inter-spécifiques des germinations des graines soumises à un stress métallique.

La croissance des semis est considérée comme un indicateur du stress métallique sur la capacité des plantes à survivre. La toxicité de certains métaux peut être assez élevée pour la croissance des plantes d'une manière à retarder l'émergence des semis avant que de grandes quantités de l'élément puissent être transférés (**Haghiri, 1973**). Nous avons étudié comment le traitement des graines par le Ni et Cd a affecté la germination et le stade de croissance précoce de *C. monspeliensis*. La réduction dans la germination des graines et la croissance des semis de notre espèce, fourni la preuve que, les éléments métalliques comme le Ni et Cd, s'ils sont présents en quantité excessive, sont responsables de produire des effets toxiques qui réduisent le développement de la plante. La diminution de la germination des graines et la croissance des semis due au traitement des métaux lourds est en conformité avec les résultats d'autres travaux (**Ayaz and Kadioglu, 1997; Jamal et al., 2006; Kabir et al. 2007**). Par exemple, **Rahman et al. (2010)** ont observé une réduction de la germination des graines et la croissance des semis chez le pois chiche traité avec 50, 100, 200 et 400 ppm-Ni. Le traitement de *Leucaena leucocephala* avec 25, 50, 75 et 100 ppm de plomb et de cadmium ont montré une réduction graduelle de la germination des graines et de la croissance des semis (**Shafiq et al., 2008**).

De plus, les longueurs de l'hypocotyle et de la radicule des plantules semblent être inhibées sous stress métallique. Il est évident que la diminution de la germination des graines et de la croissance des plantules s'accompagne par l'augmentation de la dose du métal, étant les phases les plus sensibles au traitement au Ni et Cd. Différentes études (**Fargašová et al., 2010 ; Mourato et al., 2015 ; Chandra et Kang, 2016**) ont rapporté que les ions métalliques en quantités toxiques génèrent un effet négatif sur le processus photosynthétique. Par exemple, **Rosca et al. (2021)** ont indiqué que la présence des ions de nickel et cadmium dans le milieu exerce un effet de stress sur les plantes de colza, inhibant ainsi l'activité photosynthétique, ce qui suggère un blocage de la chaîne de transport

d'électrons et une atteinte aux systèmes enzymatiques antioxydants. Ces effets pourraient s'expliquer par une carence en fer et en zinc, la diminution de la quantité de magnésium ou par des ions cadmium se lie aux groupes thiol dans différentes enzymes. Le Cd peut aussi influencer les enzymes hydrolytiques, ce qui réduit la disponibilité de nourriture pour la racine. Le stress métallique induit une diminution de la croissance des cellules méristématique (**Kabir et al., 2010**) et la réduction de l'activité des enzymes hydrolytiques comme l'amylase et la protéase conduisant à une restriction de la longueur de la racine et de la tige comme il a été décrit dans des recherches antérieures (**Ashraf et al., 2011**). Par ailleurs, le Cd inhibe les activités des invertases [ex., acide soluble (INV-AS), soluble neutre (INV-NS) et acide lié à la paroi cellulaire (INV-AW)], altèrent l'intégrité de la membrane par une teneur élevée en malondialdéhyde (MDA) et l'activité de lipoxygénase (LOX) (**Sfaxi-Bousbih et al., 2010**), réduisent la teneur en eau, l'allongement des pousses et la biomasse (**Ahsan et al., 2007**).

A l'instar du Cd, le Ni serait toxique pour la plupart des espèces végétales, affectant l'activité enzymatique de l'amylase, de la protéase et de la ribonucléase, retardant ainsi la germination des graines et la croissance de nombreuses cultures (Ahmad et Ashraf, 2011). Il a été rapporté qu'il affecte la digestion et la mobilisation des réserves alimentaires telles que les protéines et les glucides dans les graines en germination (**Ahmad et Ashraf, 2011 ; Ashraf et al., 2011**), réduisant la hauteur de la plante, la longueur des racines, le poids frais et sec, la teneur en chlorophylle et l'activité de l'enzyme anhydrase carbonique, et augmentant la teneur du MDA et la fuite d'électrolyte (**Siddiqui et al., 2011**). Il a été rapporté que le stress au Ni affecte les pigments photosynthétiques, diminue le rendement et provoque une accumulation de Na^+ , K^+ et Ca^{2+} dans le haricot mungo (**Ahmad et al., 2007**). La combinaison de Ni et de NaCl dans les graines en germination de *Brassica nigra* provoque une baisse significative de la croissance, du potentiel hydrique des feuilles, des pigments et de la machinerie photosynthétique par augmentation des fuites d'électrolytes, de la peroxydation lipidique, de la teneur en H_2O_2 , de l'activité des enzymes anti-oxydantes et du niveau de proline. Il est également rapporté qu'il diminue la stabilité de la membrane et l'activité de la nitrate réductase et de l'anhydrase carbonique (Yusuf et al., 2012).

D'autre part, cette étude a montré que l'augmentation des concentrations de Cd et Ni diminue significativement la tolérance à la toxicité des métaux de tous les semis. Avec des concentrations élevées, l'effet du Cd était plus prononcé que celui du Ni. La tolérance du *C. monspeliensis* en présence de Ni peut être due à la sélectivité de son tégument. La différence observée dans l'effet des métaux peut être liée à la sélectivité d'absorption des métaux en raison de la différence intrinsèque

dans la structure du tégument (**Tariq Mahmood et al., 2007**). Chez plusieurs espèces végétales, le tégument assure une très haute protection contre les stress abiotiques, et les fortes variations interspécifiques des morphologies de ces téguments peuvent affecter leur perméabilité aux métaux (**Touaihia, 2021**). **Wierzbicka et Obidziniska (1988)** ont rapporté que la différence de perméabilité de téguments aux métaux conduit à une gamme d'inhibitions de la germination des graines. La phytotoxicité du métal, discutée ici, est liée au métal et ses doses utilisées. Les résultats indiquent que les plus faibles concentrations de ces deux métaux induisent une diminution de phytotoxicité, tandis que des niveaux élevés de métaux augmentaient la phytotoxicité des racines de notre espèce. Ces constatations sont en concordance avec les résultats obtenus par **Gang et al. (2013)**, **Habtamu et al. (2013)** et **Shaikh et al. (2013)** qui ont signalé que la phytotoxicité des métaux sur les racines ont diminué à des concentrations plus faibles et ont augmenté à des concentrations plus élevées.

Conclusion

Les sols sont pourvus d'éléments traces métalliques, ils sont générés par l'activité anthropogénique et sont tous potentiellement polluants, en fonction de leur concentration dans le milieu et de leur forme chimique (Walker et Lutts, 2014). Leurs effets sont diversement appréciés, certains sont essentiels à très faible concentration pour le métabolisme en général et la production végétale en particulier (Zinc, Cuivre, Chrome, Molybdène et Bore), d'autres (Cadmium, Plomb, Nickel, Mercure et Etain) y sont toxiques pour les organismes vivants (Ernst, 1998).

Le Nickel et le Cadmium sont deux métaux lourds qui posent actuellement des problèmes importants en matière de contamination et pollution de l'environnement. Les plantes, du fait de leur immobilité, sont particulièrement vulnérables à l'effet délétère de ce contaminant.

Plusieurs recherches ont mis la lumière sur les mécanismes physiologiques qui ensemble avec les caractéristiques morphologiques de *C. monspeliensis* contribuent à sa remarquable tolérance aux stress métalliques, en l'occurrence la sécheresse, les températures extrêmes et la contamination des sols par les éléments traces métalliques. Les études des effets des métaux lourds (Ni et Cd) sur la germination des graines de *C. monspeliensis* démontrent que, comme la plupart des Cistacées arbrisseaux aromatiques, cette espèce est très sensible au stress métallique au stade de la germination. Les fortes concentrations des métaux inhibent sa germination, mais ne tuent pas la graine. Les graines des Cistacées tolèrent le stress métallique durant leur séjour dans le sol et germent quand le niveau de concentration des métaux est réduit.

Les résultats dégagés dans notre étude montrent que de *C. monspeliensis* peut germer dans des milieux fortement pollués par le Ni et Cd. De ce fait, la culture de cette espèce souvent elle résiste contre les sites pollués par les métaux, pourrait être établie par semis. Le taux de germination et la cinétique de croissance racinaire constitueraient des marqueurs intéressants pour le criblage d'écotypes tolérants aux métaux au cours de leur germination. La germination dans les concentrations proposées dans notre approche (à partir de 100 ppm jusqu'à 400 ppm) montre les fortes potentialités de ciste de Montpellier qui pourrait présenter les caractéristiques d'une plante modèle pour élucider les stratégies biochimiques et moléculaires impliquées dans le phénomène de tolérance des graines aux métaux.

La capacité germinative finale est fort dépendante de la concentration de l'élément trace métallique utilisé et aussi du temps moyen de germination qui s'allonge au fur et à mesure avec l'augmentation de la concentration des éléments traces métalliques expérimentés. Les temps de latence pris par les graines pour germer sont encore plus longs.

De mon point de vue personnel et d'après les résultats finaux de notre travail, cette plante peut être une raison pour la croissance d'autres plantes à côté d'elle en raison de sa tolérance aux fortes concentrations des métaux lourds, ce qui réduit son effet sur les plantes de son environnement.

En perspective, il serait souhaitable de reprendre cette étude en travaillant sur un autre modèle d'étude, qui est la plante entière, susceptible de jouer un rôle dans l'hyperaccumulation de ce métal et de mettre en évidence ses pouvoirs à décontaminer les sols pollués.

Références bibliographiques

A

- Aafi, A., Taleb, M.S. and Fechtal, M., 2002.** Espèces remarquables de la flore du Maroc.
- Ahmad MS, Ashraf M. 2011.** Essential roles and hazardous effects of nickel in plants. *Rev Environ Contam Toxicol.*, 214:125–67.
- Ahmad MS., Hussain M, Saddiq R, Alvi AK. 2007.** Mung bean: A nickel indicator, accumulator or excluder? *Bull Environ Contam Toxicol.*, 78:319–24.
- Ahsan N., Lee SH, Lee DG, Lee H, Lee SW, Bahk JD, et al. 2007.** Physiological and protein profiles alternation of germinating rice seedlings exposed to acute cadmium toxicity. *C R Biol.*,330:735–46.
- Alkorta I., Hernandez-Allica J., Becerril J.M., Amezaga I., Albizu I et Garbisu C 2004.** Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead and arsenic. *Environ Sci Biotechnol.*3 : 73-90.
- Amensour., M., Sendra, E., Pérez-Alvarez, J.A., Skali-Senhaji, N., Abrini, J. and FernándezLópez, J., 2010.**Antioxidant activity and chemical content of methanol and ethanol extracts from leaves of rockrose *Cistus ladaniferus*. *Plant foods for human nutrition*, 65(2), pp.170178.
- Ammari S., 2011.** Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes broutées par le dromadaire, 46p.
- Ann-Peer W., Baxter I.R., Richards E.L., Freeman J.L et Murphy A.S. 2003.** Phytoremediation and hyperaccumulator plants. *Int J Phytorem.*5 : 89-103.
- Anonyme., 2007.** La fiche de la flore : *Cistus Monspeliensis L.* Tela Botanica, eFlore, la flore.
- Anzala F.J., 2006.** Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de Doctorat. Université d'Angers.148p.
- Aromatiques, plantes alimentaires. Edition El Marifa. Alger, 112p.
- Ashraf MY., Sadiq R, Hussain M, Ashraf M, Ahmad MS. 2011.** Toxic effect of nickel (Ni) on growth and metabolism in germinating seeds of sunflower *Helianthus annuus L.* *Biol Trace Elem Res.*, 143:1695–703.

Ashraf .,M. Y., Sadiq, R., Hussain, M., Ashraf, M., & Ahmad, M. S. A. 2011. Toxic effect of nickel (Ni) on growth and metabolism in germinating seeds of sunflower *Helianthus annuus L.* Biological Trace Element Research, 143(3), 1695–1703.

Attaguile ., G., Russo, A., Campisi, A., Savoca, F., Acquaviva, R., Ragusa, N. and Vanella, A., 2000. Antioxidant activity and protective effect on DNA cleavage of extracts from *Cistus incanus L.* and *Cistus monspeliensis L.* Cell biology and toxicology, 16(2), pp.83-90.

Ayaz FA., Kadioglu A 1997. Effects of heavy metals (Zn, Cd, Cu, Hg) on the soluble protein bands of germinating *Lens esculenta L.* Seeds. Turk. J. Bot., 21: 85-88.

B

Baskin C.C et Baskin J.M., 1998. Seeds: Ecology.biogeography and evolution of dormancy and germination .Academic Press, San Dieg .C A.

Bayer, E., Buttler, K.P., Fenkenziller, X. et Grau, J. 2001. Guide de la flore méditerranéenne Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de plus de 536 espèces. Edition Delachaux et Niestlé, Milan, 108p.

Bekdouche F., 2010. Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (nord Algérien). Thèse Doctorat en ecologie forestière. Université Mouloud Mammeri. Tizi ouzou. 84.

Belkhodja M., 1996. Action de la salinité sur le comportement physiologique métabolique chez la fève (*Vicia faba L.*). Thèse de doctorat. Université d'Oran. 255 p.

Bellakhdar J., 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires, 189.

Bennet B.,1978. Caractéristique physiologiques liées à l'halophylie et à la résistanceauxsels. Sco.Botfranc .Franc.Act.Bot, p.3-4,p.73-93.

Bert, V. et al., 2013. Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués ; Etat de l'art et guide de mise en oeuvre. EDP Science éd. s.l.:Ademe.

Bolan NS, Park JH, Robinson B et al 2011. Chapter four : Phytostabilization: A green approach to contaminant containment. Advances in Agronomy. Vol 112, 145–204.

Botineau, M. 2010. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Lavoisier,835.

Bouamama, H., Noel, T., Villard, J., Benharref, A. and Jana, M., 2006. Antimicrobial activities of the leaf extracts of two Moroccan *Cistus L.* species. Journal of ethnopharmacology, 104(1-2), pp.104-107.

Brooks, R.R., 1998. Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals. (ed.) CAB International, Wallingford, UK, 380 p.

Bruce, E., et Pivetz, A., 2001. Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites. Ground Water Issue. Office of Solid Waste and Emergency Response. Office of Research and Development United States Environmental Protection Agency. EPA/540/S-01/500 February 2001, 1-5.

Buchanan B., Gruissem W., et Ones R.L. 2002. Biochemistry & molecular and Biology of plants American society of plant physiologists (distribution through Wiley et sons). Monona Drive, Rockville, USA. P 224

C

Centre National de la Recherche Forestière: Rabat, Morocco. Available at:(accessed 8 August 2018).

Chandra R., Kang, H. 2016. Mixed Heavy Metal Stress on Photosynthesis, Transpiration Rate, and Chlorophyll Content in Poplar Hybrids. For. Sci. Technol., 12, 55–61.

Chaney R.L., Brown S.L., Yin-Ming L., Angle J.S., Stuczynski T.I., Daniel W.L., Henry C.L., Siebielec G., Malik M., Ryan J.A and Crompton H. 2000. Progress in risk assessment for soil Metals, and in-situ Remediation and phytoextraction of metals from hazardous contaminated soils. In US-EPA's conference phytoremediation : state of the science conference, boston, MA, May 1-2 2000

chaussat r et ledeunff y., 1975. La germination des semences .ed. bordars, paris, 232p.

Cistus species. Acta Oecol, pp 235 - 250.

Côme D., 1970. Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Masson et Cie (Ed.) Paris, 162p.

Come d., 1970. Obstacles à la germination. ed ; masson et cie.paris.pp1-pp20-26.

Couplan, F.2012. Les plantes et leurs noms : Histoires insolites, Edition Quae, 45p.

D

Dabouineau, L., Lamy, Y. & Collas, P., 2005. Phytoremédiation et phytorestoration ou l'utilisation des plantes pour la dépollution et l'épuration des eaux usées. Dans: Le Rôle d'eau Vol 124. s.l.:s.n., p.3.

Debroux L., Delvingt W., Mbololo M. et Amougou A. 1998. La régénération du Moabi et du Mukulungu au Cameroun. Bois et forêts des tropiques. 255 : 5-17.

Deysson G., 1967. Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie, physiologie. Ed Société d'édition d'enseignement supérieur. Paris, 335p. D'Oléron Départ./Région : 17, Bulletin de la Société Botanique du Centre Ouest, 2, Tome 10, - p35- 36.

Dorvault F., 1995. L'officine, Vigot ISBN 2-7114-1190-7. p 95 électronique de Tela Botanica. 2p.

E

Ernst W.H. 1998. Effects of heavy metal in plants at the cellular and organismic level ecotoxicology. In S. Gerrit & M. Bernd (eds.). Bioaccumulation and biological effects of chemicals. III. John Wiley & Sons and Spektrum Akademischer Verlag. 587-620 Etats-Unis.

Etats-Unis. United States Environmental Protection Agency EPA 2000. Introduction to Phytoremediation. Cincinnati, OH, 104p. (EPA/600/RO99/107).

Evenari M., 1957. les problèmes physiologiques de la germination Bull. Soc Frnc. physiol-végé ,3(4), p.105-124.

F

Fargašová, A., Molnárová, M. 2010. Assessment of Cr and Ni Phytotoxicity from Cutlery-Washing Waste-Waters Using Biomass and Chlorophyll Production Tests on Mustard *Sinapis Alba L.* Seedlings. Environ. Sci. Pollut. Res., 17, 187–194.

Ferrandis P. Herranz J.M. et Martinez-Sanchez J.J., 1999. Effect of fire on hard-coated Cistaceae seed banks and its influence on techniques for quantifying seed banks, pp103-114.

Forget., D. 2004. Réhabilitation des sols. In ETS. École de technologie supérieure (ETS).

G

Gang, A., Vyas, A. & Vyas H. 2013. Toxic effect of heavy metals on germination and seedling growth of wheat. *J. Environ. Res. Develop.*, 8(2), 206–213.

Geneve R.L. 2003. Impact of temperature on seed dormancy. *HortScience*. 38:336-341.

Ghosh M et Sing S.P. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by products. *App Eco Environ Res*. 3 : 1-18.

Guignard J.L. et Dupont F., 2007. Abrégé botanique – systématique moléculaire. Ed. Masson

Guignard J.L., et Dupont F., 2007. Abrégé botanique – systématique moléculaire. Ed. Masson SAS, pp. 187-189.

Guyot I., 1978. Biologie végétale. Collection que sais- je .eds. press universitaire de France, p. 127.

Guyot L., 1978. La biologie végétale. 4ème édition. Collection "que sais-je ". Presses Universitaires de France, 127p.

H

Habtamu, A., Derara, A. & Tesfaye F. 2013. Effect of copper and zinc on seed germination, phytotoxicity, tolerance and seedling vigor of tomato (*Lycopersicon esculentum* L. cultivar Roma VF). *International Journal of Agricultural Science Research*, 2(11), 312–317. <http://academeresearchjournals.org/journal/ijasr>.

Haghiri F 1973. Cadmium uptake by plants. *J. Environ. Qual.*, 2: 93-96.

Hajlaoui H., Denden M., et Bouslama M., 2007. Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade de germination. *Tropicultura*, Vol 25(3), p. 168-173.

Heler R., Esnault R. et Lance C. 2000. Physiologie végétale et développement, Ed. Dunod, Paris. 366p.

Heller R., Esnault R et Lance C., 2004. Plant Physiology 1 Tome I. Nutrition. Dunod, Paris, Pages: 350.

Heller r; esnault s et lance c., 1990. Physiologie Végétale, *Masson Paris* P 16.

Hilhorst, H.W. 2007. Definitions and hypotheses of seed dormancy. In *Seed development, dormancy and germination*, K.Bradford and H.Nonogaki, Eds (Oxford, UK: Blackwell Publishing), 50-67.

I

Ista 2003. Ista handbook on seedling evaluation. 3rd ed. International Seed Testing Association.

J

Jamal SN., Iqbal MZ, Athar M 2006. Effect of aluminum and chromium on the growth and germination of mesquite (*Prosopis juliflora* (Swartz.) DC). *Internat. J. Environ. Sci. Technol.*, 3: 173-176.

Jemia, M.B., Kchouk, M.E., Senatore, F., Autore, G., Marzocco, S., De Feo, V. and Bruno, M., 2013. Antiproliferative activity of hexane extract from Tunisian *Cistus libanotis*, *Cistus monspeliensis* and *Cistus villosus*. *Chemistry Central Journal*, 7(1), p.47.

K

Kabata-Pendias A., Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, 2011.

Kabir M, Iqbal MZ, Shafiq M, Farooqi ZR 2008. Reduction in germination and seedling growth of *Thespesia populnea* L., caused by lead and cadmium treatments. *Pak. J. Bot.*, 40(6): 2419-2426.

Kabir, M., Iqbal, M. Z., Shafiq, M., & Farooqi, Z. R. 2010. Effects of lead on seedling growth of *Thespesia populnea* L. *Plant, Soil and Environment*, 56, 194–199.

Kumar PBAN., Dushenkov V» Motto H» Raskin I., 1995. Phytoremediation : the use of plant to re/move heavy metals from soil. *Environ. Sci. Technol.* 29 : 1232-1238.

Küveli, E. and Yesilada, E., 2007. Flavonoids with anti-inflammatory and antinociceptive activity from *Cistus laurifolius* L. leaves through bioassay-guided procedures. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(3), pp.524-530.

L

Lafon j.p et tharaud c., prayeur c., 1988. Biologie des plantes cultivées ii. Physiologie du développement génétique et amélioration.p.67-73.

Lahondere. Et Botanique C., 1979. Une station nouvelle de *Cistus Monspeliensis* L. à l'île

Lamb D.T., Ming H., Megharaj M et Naidu R. 2010. Phytoextraction and accumulation of lead in Australian native vegetation *Arch Environ Contamin Toxicol.* 58 (3) : 6136621.

Lamb D.T.,BMing H., Megharaj M et Naidu R. 2010. Phytoextraction and accumulation of lead in Australian native vegetation *Arch Environ Contamin Toxicol.* 58 (3) : 6136621.

Lang a., 1965. Effects of somme internal and external conditions on seed germination hand. pf lanzenphysiol, 15(2), p.848-893.

Lippport, w. et Podlesh D. 2010. Gros plan sur les plantes de méditerranée. Edition Nathan, 180p.

Loizzo, M.R., Jemia, M.B., Senatore, F., Bruno, M., Menichini, F. and Tundis, R., 2013. Chemistry and functional properties in prevention of neurodegenerative disorders of five Cistus species essential oils. Food and chemical toxicology, 59, pp.586-594.

M

Mahar A., Wang P, Ali A et al 2016. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. Ecotoxicol Environ Saf;126:111–21.

Mazliak P., 1982. Eroissance et développement .éd. Herma. Collection méthodes.-Grappin P; **Bouinot D; Sotta B; Miginiac E et Jullien M., 2000.** synthesis imposes dormancy maintenance. *Planta* 210, 279-85.

Mazliak P., 1982. Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed., Paris, Collection Méthodes, 465p.

Meagher RB., 2001. Pink water, green plants and pinks elephants. Nature Biotechnology 19, 1120-1121.

Meyer S; Reeb C et Bosdeveix R., 2004. Botanique, biologie et physiologie végétale .Ed. Moline, Paris, 461p.

Mguis k., Albouchi A., Ben Brahim N., 2011. Effect of temperature and salinity on germination of *Ruta graveolens L.* Acta Bot. Gallica 158(4): 645-652.

Mourato, M., Moreira, I.; Leitão, I.; Pinto, F.; Sales, J.; Martins, L. 2015. Effect of Heavy Metals in Plants of the Genus Brassica. Int. J. Mol. Sci., 16, 17975–17998.

N

Nicoletti, M., Toniolo, C., Venditti, A., Bruno, M. and Ben Jemia, M., 2015. Antioxidant activity and chemical composition of three Tunisian Cistus: *Cistus monspeliensis* *Cistus villosus* and *Cistus libanotis*. Natural product research, 29(3), pp.223-230.

U

United States Environmental Protection Agency (EPA) 2012. A Citizen's Guide to Phytoremediation. 2p. (EPA 542-F-12-016).

P

Phieler R., Voit A, Kothe E 2013. Microbially supported phytoremediation of heavy metal contaminated soils: Strategies and applications. In: Schippers A, Glombitza F, Sand W (eds.). Geobiotechnology I. Springer Berlin Heidelberg,, 211–35.

Pilon-Smits, E., 2005. Phytoremédiation . Annual Review of Plant Biology, Vol. 56: 15-39.

Pomponio, R., Gotti, R., Santagati, N.A. and Cavrini, V., 2003. Analysis of catechins in extracts of *Cistus* species by microemulsion electrokinetic chromatography. Journal of chromatography A, 990(1-2), pp.215-223.

Pulford., I.D. et Watson, C., 2003. Phytoremédiation of heavy metal contaminated land by trees. A review. Environment International, Vol. 29: 529-540.

Q

Quezel,P., et Santa, S.1963. Nouvelles flores d'Algérie et des désertiques méridionales

R

Rahman Khan M., Mahmud Khan M 2010. Effect of varying concentration of nickel and cobalt on the plant growth and yield of chickpea. Australian J. Basic and Appl. Sci., 4(6): 1036-1046.

Rajjou L., Gallardo K., Debeaujon I; Vandekerckhove J; Job C et Job D., 2004. The effect of alpha-amanitin on the *Arabidopsis* seed proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination. *Plant Physiol* 134, 1598-613.

Ray, M. & Banerjee S.1981. Detection of phytotoxicity in irrigation water passing through an industrial belt of West Bengal. *Proceedings of the VI. International Conference of Women Engineers and Scientists* (pp. 59–65). Bombay.

Rosca M., Cozma P., Minut M., Hlihor R.M., Betianu C., Diaconu M. Gavrilesu M. 2021. New Evidence of Model Crop *Brassica napus* L. in Soil Clean-Up: Comparison of Tolerance and Accumulation of Lead and Cadmium Plants, 10, 2051.

S

- Salt, D.E., Smith, R.D. et Raskin, I., 1998.** Les mécanismes de la phytoaccumulation cellulaire. La phytotolérance chez les plantes hyperaccumulatrices. I. Phytoremediation. Annu. Rev. Plant. Physiol., Vol. 49: 643-668.
- Santagati., N.A., Salerno, L., Attaguile,G., Savoca,F. and Ronsisvalle, G., 2008.** Simultaneous determination of catechins, rutin, and gallic acid in *Cistus* species extracts by HPLC with diode array detection. Journal of chromatographic science, 46(2), pp.150-156
- SAS, pp. 187-189.
- Sfaxi-Bousbih A., Chaoui A, El Ferjani E. 2010.** Cadmium impairs mineral and carbohydrate mobilization during the germination of bean seeds. *Ecotoxicol Environ Saf.*,73:1123–9.
- Shafiq M ., Iqbal, MZ, Athar M (2008).** Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. J. Appl. Sci. Environ. Manage., 12(2): 61- 66.
- Shaikh, I.R., Shaikh, P.R., Shaikh, R.A. & Shaikh A.A. 2013.** Phytotoxic effects of heavy metals (Cr, Cd, Mn and Zn) on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and seedlings growth in black cotton soil of Nanded, India. *Research Journal of Chemical Sciences*, 3(6), 14–23. www.isca.in
- Siddiqui MH., Al-Whaibi MH, Basalah MO.** Interactive effect of calcium and gibberellin on nickel tolerance in relation to antioxidant systems in *Triticum aestivum* L. *Protoplasma*. 2011;248:503–11.
- Singh A., Chan J, Chern JJ, Choi KW. 2005.** Genetic interaction of Lobe with its modifiers in dorsoventral patterning and growth of the *Drosophila* eye. *Genetics*. 171(1); 169 – 183.
- Skerman P.J ., 1983.** Les légumineuses fourragères tropicales. PP 73-76.
- Smits E.A.H.P et Freeman J.L.2006.** Environnemental cleanup using plants biotechnological advances and ecological consideration. *Front Eco Environ*. 4 : 203-210.
- Soltner D., 2007.** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.
- Sotner D., 2001.** Les bases de la production végétale. Tome III la plante et son amélioration, 3ème édition Paris, 189p.
- Sterckeman, T., Ouvrard, S. & Leglize, P., 2011.** Phytoremédiation des sols - Principes et définitions. Dans: s.l:s.n, p.1.

T

Tariq, Mahmood, Islam, K.R. & Muhammad S. 2007. Toxic effects of heavy metals on early growth and tolerance of cereal crops. *Pak. J. Bot.*, 39(2), 451–462.

Touaihia S., 2021. Effet de quelques métaux lourds sur la germination et la croissance des plantules d'*Atriplex halimus* L. Mémoire de Master. Université de Laarbi Tébessi (Tébessa). 34 p.

Troumbis A ., et Trabaud L., 1986. Comparison of reproductive biological attributes of two

Tybirk K ., 1991. Régénération des légumineuses ligneuses du Sahel. AAU Reports 28, Botanical Institute, Aarhus University. (1). 28 : 13-86.

V

Vitali, F., Pennisi, G., Attaguile, G., Savoca, F. and Tita, B., 2011. Antiproliferative and cytotoxic activity of extracts from *Cistus incanus* L. and *Cistus monspeliensis* L. on human prostate cell lines. *Natural product research*, 25(3), pp.188-202.

W

Walker D.J. & Lutts S ., 2014. The tolerance of *Atriplex halimus* L. to environmental stresses. *Emir. J. Food Agric.* 26, 1081-1090.

Wierzbicka, M. & Obidzinska J., 1998. The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species. *Plant Sci.*, 137, 155–171. doi : 10.1016/S0168-9452(98)00138-1.

Y

Yusuf M., Fariduddin Q, Varshney P, Ahmad A ., Salicylic acid minimizes nickel and/or salinity-induced toxicity in Indian mustard (*Brassica juncea*) through an improved antioxidant system. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2012;19:8–18.

Z

Zheng L.J L., iu X.M, Lutz-Meindl U. et peer T., 2011 ., Effects of lead and EDTAassisted lead on biomass, lead uptake and mineral nutrients in *lespedeza chimensis* and *lespedeza davidii*. *Water Air Soil Poll.* 220 (1-4) : 57-68.

Zheng L.J, Liu X.M, Lutz-Meindl U. et peer T. 2011 ., Effects of lead and EDTAassisted lead on biomass, lead uptake and mineral nutrients in *lespedeza chimensis* and *lespedeza davidii*. *Water Air Soil Poll.* 220 (1-4) : 57-68.

Les annexes

Annexe I :

Pourcentage finale et temps moyen de germination chez les graine stressées par le Ni

ANOVA

PFG

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	793,600	4	198,400	2,818	,084
Intragroupes	704,000	10	70,400		
Total	1497,600	14			

PFG

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.01
		1
2,00	3	52,0000
1,00	3	54,6667
5,00	3	62,6667
4,00	3	68,0000
3,00	3	70,6667
Sig.		,119

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

ANOVA

TMG

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	,700	4	,175	1,801	,205
Intragroupes	,972	10	,097		
Total	1,673	14			

TMG

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05
		1
2,00	3	1,0903
4,00	3	1,0960
3,00	3	1,0960
5,00	3	1,1910
1,00	3	1,6503
Sig.		,255

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

Annexe II :

Pourcentage finale et temps moyen de germination chez les graines stressées par le Cd

ANOVA

PFG

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	1486,933	4	371,733	5,445	,014
Intragroupes	682,667	10	68,267		
Total	2169,600	14			

PFG

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
5,00	3	33,3333	
3,00	3	49,3333	49,3333
4,00	3	50,6667	50,6667
1,00	3	54,6667	54,6667
2,00	3		64,0000
Sig.		,061	,264

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

ANOVA

TMG

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	,679	4	,170	1,375	,310
Intragroupes	1,235	10	,124		
Total	1,914	14			

TMG

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05
		1
2,00	3	1,0443
4,00	3	1,1397
3,00	3	1,2223
5,00	3	1,3853
1,00	3	1,6503
Sig.		,287

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

Annexe III :

Taille de l'hypocotyle et la radicule chez les graine stressées par le Ni

ANOVA

LH

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	1812,174	4	453,044	75,906	,000
Intragroupes	59,685	10	5,969		
Total	1871,859	14			

LH

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05			
		1	2	3	4
5,00	3	,8333			
4,00	3	2,0000			
3,00	3		9,3333		
2,00	3			20,7500	
1,00	3				29,2222
Sig.		,974	1,000	1,000	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

ANOVA

LR

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	72,817	4	18,204	27,150	,000
Intragroupes	6,705	10	,670		
Total	79,522	14			

LR

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
5,00	3	4,5000	
4,00	3	5,0000	
3,00	3	5,3333	
2,00	3	5,8333	
1,00	3		10,5667
Sig.		,334	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

Annexe VI :

Taille de l'hypocotyle et la radicule chez les graines stressées par le Cd

ANOVA

LH

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	1463,878	4	365,970	78,629	,000
Intragroupes	46,544	10	4,654		
Total	1510,422	14			

LH

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
5,00	3	1,8333				
4,00	3		8,1667			
3,00	3			14,1667		
2,00	3				23,0833	
1,00	3					29,2233
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

ANOVA

LR

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	87,367	4	21,842	34,966	,000
Intragroupes	6,247	10	,625		
Total	93,614	14			

LR

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
5,00	3	3,6667		
4,00	3	4,8333		
3,00	3	5,3333	5,3333	
2,00	3		7,2500	
1,00	3			10,5667
Sig.		,147	,082	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

Annexe V :

Pourcentage de la phytotoxicité chez les graine stressées par le Ni et le Cd

ANOVA

PP Ni

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	247,441	3	82,480	3,268	,080
Intragroupes	201,887	8	25,236		
Total	449,329	11			

PP Ni

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05
		1
1,00	3	44,5045
2,00	3	49,3744
3,00	3	52,4330
4,00	3	56,9766
Sig.		,063

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

ANOVA

PP Cd

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	1904,450	3	634,817	10,192	,004
Intragroupes	498,264	8	62,283		
Total	2402,714	11			

PP Cd

Différence significative de Tukey^a

Concentration	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
1,00	3	30,0671	
2,00	3	49,4359	49,4359
3,00	3		53,9603
4,00	3		64,9051
Sig.		,066	,154

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

Résumé

Deux éléments traces métalliques : le Nickel et le Cadmium ont été testés sur la capacité et la vitesse de la germination des graines de *Cistus monspeliensis* (L.), une espèce capable de jouer un grand rôle dans la dépollution et la phytoremédiation des sols contaminés. A cet effet, les graines ont été mises à germer en présence d'un large spectre de concentration déférente (0, 100, 200, 300, 400 ppm) en CdSO₄ et NiSO₄ dans des conditions contrôlées (température fixée à 20°C et dans obscurité).

Les résultats obtenus montrent que les deux métaux lourds ont des effets identiques; les deux concentrations les plus faibles (100, 200ppm) ont des effets moindres sur le pouvoir germinatif des graines, par contre la concentration les plus fortes (300,400 ppm) réduisent dramatiquement la germination. Pareille, le temps moyen de la germination s'allonge en fonction et à mesure que la concentration des métaux lourds augmente, un nombre important de graines germent soit dans le 3^{ème} jour si le traitement est faible, soit dans le 5^{ème} jour si le traitement est marqué, rare les graines qui germent au 2^{ème} jour. De plus, l'augmentation du niveau de ML a eu un effet néfaste sur la longueur de l'hypocotyle et de la radicule. La résistance remarquable aux Ni et Cd au stade de germination stipule que cette espèce peut être une candidate potentielle pour la réhabilitation et la restauration des terrains déjà impactés par ces deux métaux.

Mots-clés: *Cistus monspeliensis* CdSO₄;NiSO₄; la germination des graines; phytoremédiation.

Abstract

Two metal trace elements, nickel (Ni) and cadmium (Cd), were tested upon the seed germination and initial growth of *Cistus monspeliensis* (L.), a species able of playing a major role to decontaminate and phytoremediate of heavy-metal-affected soils. For this, seeds of this species have been allowed to germinate in the presence of a broad range of different concentrations (0, 100, 200, 300, 400 ppm) of CdSO₄ and NiSO₄ under controlled conditions (temperature set at 20°C and in darkness).

The results obtained showed that the two heavy metals (i.e., Ni and Cd) have similar effects; the lowest concentrations (100, 200 ppm) affected less germination capacity of the seeds, however, the highest concentrations (300, 400 ppm) dramatically reduced germination. Similarly, the average time of germination was postponed as the concentration of heavy metals increases, a large number of seeds germinating either on the 3rd day after sowing, if the treatment is moderate, or on the 5th day if the treatment is strong, rare whom seeds which germinated on the 2nd day. Furthermore, increasing the level of HMs exhibited a detrimental effect on hypocotyl and radicle length. The remarkable resistance to Ni and Cd at the germination stage means that this species can be a potential candidate for the rehabilitation and restoration of land already or prone to be impacted by these two metals.

Key words: *Cistus monspeliensis*; CdSO₄; NiSO₄ ; seed germination; phytoremediation.

