

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme Master

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétal

Thème

**Effet de la pollution du sol aux hydrocarbures
sur les paramètres polyphénoliques de
Pistacia lentiscus L. 1739**

Présenté par :

KAOUANE Ourdia

TELFOUCHE Célia

Soutenu le 20/09/2023

Devant le jury :

Président : Mr. LHADJ MOHAND A.

M.A.A à L'UMMTO

Promotrice : Mme. CHEHRIT-HACID F.

M.C.A. à L'UMMTO

Examinatrice : Mme. BACHI K.

M.C.B. à L'UMMTO

2022- 2023

Remerciements

Il est primordial de remercier « ALLAH » le Tout-puissant de tout ce qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à mon encadreur, **Mme CHEHRIT- HACID Fatma.**, pour son savoir-faire, ses conseils, sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle elle a suivie et diriger ce travail.*

Nous tenons à remercier également les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail

*Mr **LH***

***Lhadj Mohand, A.**, assistant classe A au département biologie à L'U.M.M.T.O qui a accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*A **Mme Bachi, K.**, maître de conférences à L'U.M.M.T.O, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Je remercie aussi tous les membres du laboratoire de département Science et agronomique pour leur aide pendant ce travail.

Un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma gratitude en particulier.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentie pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés. Le fruit de vos innombrables sacrifices. Bien que je ne vous en acquitte jamais assez puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A mes frères, et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A mes proches, et ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

Merci.

OURDIA

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents,

A mes très chers sœurs Wacila, Farida et Samia, qui m'ont toujours motivé et encouragé dans mes études

A mes nièces et neveu : Elina, Farah, Khelifa et Salim

A ma famille et mes proches

A tous mes Amis (es) et toutes la promotion Biodiversité et Physiologie végétal (2022/2023).

CELIA

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Lexique des abréviations

Introduction 1

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I.1 Pollution de l'environnement 3

I.2. Définition de la pollution 3

I.3. Définition du sol..... 3

I.4. Définition du sol pollué 3

I.5. Principaux types de polluants des sols 4

1.5.1. Polluants minéraux 4

1.5.2. Polluants organiques..... 4

II.2. Pollution par les hydrocarbures 5

II.1. Définition des hydrocarbures 5

II.2. Principales sources d'hydrocarbures..... 5

II.3 Composition et caractéristiques 6

II.4 Devenir des hydrocarbures dans le sol..... 6

II.5. Pollution du sol par les hydrocarbures 7

II.6. Effets éco-toxicologiques des hydrocarbures 7

II.6.1. Effet sur les propriétés du sol..... 7

II.6.2 Effets sur les végétaux 8

II.6.3. Effet sur l'homme et les animaux 8

II.7. Méthodes de dépollution des sols 9

II.7.1. Procédés biologiques 9

II.7.1.1. La phytoremédiation 9

II.7.1.1.1. Différentes formes de phytoremédiations 9

II.7.1.1.1.1. Phytoextraction 9

II.7.1.1.1.2. Phytostabilisation..... 9

II.7.1.1.1.3. Phytovolatilisation 9

II.7.1.1.1.4. Phytodégradation 10

II.8. Avantages et de la phytoremédiation	10
III.3. Généralités	10
III.1. Description botanique.....	10
III.2. Taxonomie et systématique de la plante	11
III.3. Répartition géographique	11
III.4. Utilisation thérapeutique traditionnelle	12
III.5. Les effets biologiques de <i>Pistacia lentiscus</i>	13
III.5.1. Effets anti-cancérogène	13
III.5.2. Effets anti-inflammatoire.....	13
III.6. Exigences écologiques.....	13
III.7. Généralité sur les polyphénols	14
III.7.1. Les flavonoïdes	14
III.7.2. Les Tanins	14
III.7.2.1. Les tanins condensés (pro-anthocyanidines)	14
III.7.2.2. Tannins hydrolysables	14
III.8. Effets et intérêts biologiques des polyphénols	15

CHAPITRE II. Matériels et méthodes

II.1. Matériel et méthode	16
II.2. Description géographique de la station.....	16
II.3. Méthode d'échantillonnage.....	16
II.4. Préparation du matériel végétal	16
II.5. Extraction des polyphénols	16
II.6. Dosage des polyphénols.....	17
II.6.1. Dosage des Polyphénols totaux	17
II.6.1.1. Principe de dosage des PPT	17
II.6.1.2. Préparation de la gamme étalon d'acide gallique:	17
II.6.1.3. Protocole de dosage des PPT	18
II.6.2. Dosage des flavonoïdes totaux	19
II.6.3. Dosage des tanins hydrolysables	20
II.6.4. Analyse statistique	20

CHAPITRE III. Résultats et discussion

III. Résultats et discussion	21
III.1. Effet de la pollution aux hydrocarbures sur les polyphénols.....	21
III.1.1. Le système aérien	21
III.1.2. Système racinaire.....	22

III.2. Effet sur les flavonoïdes	23
III.2.1. Système aérien.....	23
III.2.2. Système racinaire.....	23
III.3. Effets sur les tanins hydrolysables	24
III.3.1. Système aérien.....	24
III.3.2. Système racinaire.....	25
Discussion.....	26
Conclusion.....	29
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des figures

Figure 01 : Arbuste de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	10
Figure02 : courbe d'étalonnage d'acide gallique.....	18
Figure 03 : courbe d'étalonnage de la rutine.....	19
Figure 04 : courbe d'étalonnage de l'acide tannique	20
Figure 05 : Teneur en polyphénols totaux de système aérien de <i>Pistacia lentiscus</i> dans un sol pollué (SA SP) et non pollué (SA SNP).....	21
Figure 06 : Teneur en polyphénole totaux de système racinaire de <i>Pistacia lentiscus</i> dans un sol pollué (SR SP) et sol non pollué (SR SNP).....	22
Figure 07 : Teneur en flavonoïde de système aérien de <i>Pistacia lentiscus</i> dans un sol pollué (SA SP) et sol non pollué (SA SNP)	23
Figure 08 : Teneur en flavonoïde de système racinaire de <i>Pistacia lentiscus</i> dans un sol pollué (SR SP) et dans un sol non pollué (SR SNP)	24
Figure 09 : Teneur en Tanin hydrolysable de système aérien de <i>Pistacia lentiscus</i> dans le sol pollué(SP) et non pollué (SNP).....	25
Figure 10 : Teneur en tanin hydrolysable de système racinaire de <i>Pistacia lentiscus</i> dans le sol pollué(SP) et non pollué(SNP).....	25

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers	06
Tableau 2: Vertus thérapeutiques des feuilles et des fruits de <i>P. lentiscus</i>	12
Tableau 3: Analyse de la gamme étalon de l'acide gallique.....	18

Liste des abréviations

TN : Tumor necrosis factor

PL: *Pistacia lentiscus* L.

SP: Sol pollué

ST: Sol témoin

SR : Système racinaire

PPT : Polyphénols totaux

UV : Ultra-violet

MS : Matière sèche

FV : Flavonoides

TH : Tanin hydrolysable

Introduction générale

Introduction

La pollution des sols est un phénomène complexe, qui peut être déclenché par une série de phénomènes et d'activités, comme l'accumulation de métaux lourds, l'utilisation excessive d'engrais chimiques. Ce phénomène inquiète de plus en plus les sociétés modernes par les nuisances qu'il entraîne aussi bien sur l'altération de l'environnement que sur la santé des organismes vivants, dont l'homme (Lecomte, 1998).

De nos jours, les industries pétrolières envahissent des écosystèmes fragiles et lointains. L'énergie fossile considérée comme la principale source d'énergie, les problèmes de pollution dû au pétrole perdureront (Infante et *al*; 2012), suite à la mauvaise gestion de ces produits pétroliers et à leurs déversements accidentels dans certaines composantes de l'environnement (sols et milieux aquatiques), il s'en suit d'énormes dégâts environnementaux, sanitaires et écologiques (Dabbs, 1996 ; Banks et *al*; 2003 ; Harmens et *al*; 2013). Les sols en raison de leurs caractéristiques très variables la diversité des processus qui s'y déroulent, la nature physique, physico-chimique et biologique de leur position de l'interface exercent une multiplicité de fonction notamment de régulation et d'épuration, ces dernières cependant peuvent être modifiées défavorablement par diverses formes d'agressions, liées à l'activité industrielle (Mamy, 1993).

La contamination du sol par les hydrocarbures peuvent avoir des impacts divers sur l'environnement, peut influencer l'équilibre écologique et entraîner la destruction des écosystèmes ainsi que la dégradation de la diversité biologique, ils polluent suite aux fuites lors de leurs utilisations dans plusieurs activités tel que le transport, le stockage, le pompage (Ogbo, 2009). Il est donc urgent de contrôler la pollution du sol afin de préserver sa fertilité et sa productivité (Havugimana et *al*; 2017).

Afin d'éliminer cette pollution dans le sol, diverses techniques sont applicables. Les techniques physiques, chimiques ou thermiques sont les plus fréquemment utilisées. Elles sont très efficaces pour certains types de contaminants. La phytoremédiation est l'une des technologies de la bioremédiation qui utilise les plantes pour décontaminer et restaurer les sols pollués par les hydrocarbures, cette technique présente de nombreux intérêts d'ordre environnemental et économique (Dabouineau et *al*; 2005), c'est la plus utilisée car l'installation d'espèces phyto restauratrices peuvent promouvoir la biodiversité et accélérer la restauration les écosystèmes perturbés. Certains végétaux ont la capacité d'absorber les contaminants hydrocarbonés contenus dans le sol, c'est dans ce contexte qu'il est

important de sélectionner l'espèce *P. lentiscus* qui est tolérante à la pollution pour étudier son effet aux hydrocarbures sur les paramètres polyphénoliques de cette espèce.

P. lentiscus connue sous le nom Derou (en arabe) appartenant à la famille des Anacardiaceae et l'une des plantes spontanées les plus répandue en Algérie. C'est une plante riche en composés phénoliques, et ces huiles essentielles importantes dans l'utilisation thérapeutique. Très utilisée pour la restauration forestière et capable d'absorber les métaux lourds et dégrader les polluants organiques, elle est appropriée à la phytoremédiation (Abdely, 2007).

L'objectif du présent travail consiste à étudier l'effet de la pollution du sol aux hydrocarbures sur quelques paramètres polyphénoliques de *P. lentiscus* à savoir les teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et tanins hydrolysables des systèmes aériens et racinaires des semis cultivés sur sol pollué et non pollué.

Ce travail se subdivise en trois chapitres :

-Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution du sol aux hydrocarbures et leur impact sur la terre agricole et la végétation, les méthodes de la dépollution dont la phytoremédiation et ses avantages ainsi qu'aux généralités sur *P. lentiscus*.

-Le deuxième chapitre consiste à présenter le matériel végétal et les méthodes de dosage adoptés dans notre expérimentation.

-Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus et à leur discussion, le manuscrit est achevé par une conclusion et perspectives.

Chapitre I

Synthèse bibliographiques

I.1 Pollution de l'environnement

La pollution de l'environnement causés par les activités humaines est un problème mondial majeur et pose des risques permanents, cependant, la contamination chimique de l'environnement est désormais répandue tant sur terre. Cette pollution environnementale a un potentiel d'induire un large éventail d'effets aigus et à long terme sur la santé humaine et les écosystèmes. (Sanchez; Egea, 2018).

I.2. Définition de la pollution

C'est un changement brusque où à long terme des taux de composantes de l'air, l'eau ou du sol, par une activité humaine (industrie ou agriculture,...), qui provoque la dégradation de l'environnement humain (Salomon, 2003). La pollution des sols peut être localisée ou diffuse, elle peut résulter soit d'une contamination accidentelle soit d'un projet chronique. L'origine est le plus souvent industrielle mais peut aussi être urbaine ou agricole (Ademe, Adit, 2006).

I.3. Définition du sol

Le sol est un compartiment essentiel de l'écosystème agissant comme contrôleur et révélateur de nombreux processus écologiques par ses caractères physiques, chimiques et biologiques à court et à long terme (Raoul, 2018). En pédologie, le sol est défini comme la partie de la croûte terrestre où la géologie et la biologie se rencontrent. C'est un milieu vivant, sur un support organique et minéral solide. Aussi une ressource naturelle essentielle, utilisée dans plusieurs secteurs d'activité tels que l'industrie, l'agriculture et l'urbanisme. Pour les géologues, le sol est la partie superficielle de la roche mère altérée par les conditions climatiques, biologiques et anthropiques. Pour les agriculteurs, le sol est simplement un milieu riche qui permet la récolte de nombreux produits végétaux (Benyahia et Mahdaoui, 2012).

I.4. Définition du sol pollué

Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluants, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour l'homme et l'environnement (Laigre, 1996).

I.5. Principaux types de polluants des sols

Un polluant est toute substance d'origine naturelle ou anthropique qui s'accumule dans le sol et modifie l'équilibre naturel de ce dernier à la suite d'une intervention humaine. On distingue deux types de polluants (Khellout, 2004).

1.5.1. Polluants minéraux

Il s'agit d'un ensemble ou de composés dont l'accumulation est responsable d'une pollution du sol. Généralement, ils sont non biodégradables, accumulatifs et toxiques quand ils sont présents en grande quantité. Les polluants minéraux sont présents naturellement à des concentrations généralement basses dans les sols. Ils proviennent, en grande partie, de l'altération de la roche mère du sous-sol. Les activités anthropiques peuvent conduire à une augmentation de ces concentrations naturelles. L'accumulation des métaux lourds dans l'environnement est liée à leur utilisation comme matières premières pour de nombreux produits industriels ou comme catalyseurs chimiques. On les trouve également dans des produits tels que les pesticides ou les engrais qui sont distribués sur une large surface. Ils sont aussi apportés sous forme de déchets urbains ou industriels, solides, liquides ou gazeux (Khellout, 2004).

1.5.2. Polluants organiques

Ce sont, en grande majorité, des produits de synthèse issus de l'activité anthropique. Ils proviennent principalement d'activités industrielles (production d'énergie, métallurgie, industries chimiques.), urbains (transport, traitement des déchets ...) et agricoles (utilisation de produits phytosanitaires). Les polluants organiques d'origine industrielle incluent le pétrole et ses dérivés, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui constituent une menace pour la santé de l'homme et son environnement par leur persistance, leurs propriétés toxiques et mutagènes, et les hydrocarbures chlorés. Les hydrocarbures les plus dangereux font partie des composés aromatiques et des hydrocarbures chlorés. Le benzène et le toluène sont deux composés aromatiques très utilisés en industrie, engendrant une pollution notable. Le degré de dangerosité devient plus important quand le sol assure difficilement la dégradation biologique de ce type de produits (Lumière, 2001).

II.2. Pollution par les hydrocarbures

II.1. Définition des hydrocarbures

Les hydrocarbures, encore appelés carbures d'hydrogène, sont des restes de matières organiques mortes, Ce sont parmi les substances polluantes les plus dangereuses pour l'environnement.

Les hydrocarbures constituent une classe ubiquiste de composés naturels. On les rencontre non seulement dans les sites contaminés par le pétrole mais aussi dans la plupart des sols et sédiments en petite quantité. Ils font partie des produits chimiques les plus importants pour l'humanité et sont notamment utilisés comme source d'énergie primaire. Ils ont la particularité d'être présent dans les différents compartiments des écosystèmes, c'est-à-dire dans l'eau, le sol et l'air ambiant. Les hydrocarbures regroupent différents produits pétroliers (pétrole brut, pétrole raffiné, Kérosène, essences, fuel, lubrifiants, et huiles à moteurs). Ils constituent la fraction la plus importante d'un brut pétrolier et ils représentent entre 65 et 95% de la plupart des pétroles bruts (Morgan et Watkinson, 1994). On définit les hydrocarbures par des familles de dérivés en fonction de leur utilisation ; ces familles sont basées sur des coupes de raffinage pétrolier. Il est possible de préciser le nombre d'atomes des molécules et leurs composants (Lemière et *al*; 2001).

II.2. Principales sources d'hydrocarbures

Les hydrocarbures sont émis dans l'environnement par des processus naturels ou anthropiques. Les hydrocarbures d'origine anthropique prennent progressivement le pas sur ceux d'origine naturelle (Colin, 2000).

Dans l'environnement plusieurs origines des hydrocarbures peuvent être distinguées :

- **Les hydrocarbures fossiles**, qui proviennent de la décomposition d'une grande quantité de matière organique coincée entre deux couches sédimentaires.
- **Les hydrocarbures actuels**, qui sont produits par des bactéries décomposant la matière organique. Cette production a lieu essentiellement dans les zones humides (tourbières, marins) et en quantité limitée. Le changement climatique pourrait accroître cette production dans les zones actuellement gelées et relâcher de grandes quantités de méthane dans l'atmosphère terrestre, ce qui accentuerait d'autant plus l'effet de serre.

- **Les rejets industriels et urbains**, qui sont les sources d'hydrocarbures pétroliers pyrolytiques. (Djerbaoui, 2011).

II.3 Composition et caractéristiques

Le pétrole brut est parmi les mélanges les plus complexes des composés organiques qui se produisent sur la terre. Les progrès récents de la spectrométrie de masse à ultra-haute résolution ont permis d'identifier plus de 17 000 composants chimiques distincts et le terme de pétroleomique est inventé pour exprimer cette complexité récemment découverte. Les principaux composants présents dans les hydrocarbures sont le carbone et l'hydrogène, et une proportion significative d'autres atomes peut être présente, celle-ci inclue l'oxygène, le soufre et l'azote (Morgan et Watkinson, 1994), et des minéraux tels que le calcium et le magnésium. Les hydrocarbures peuvent être classés en groupes de structures différentes. (Hassanshahian et Cappello, 2013).

Tableau 1 : Composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers (Speight, 2014)

Eléments	Pourcentage
carbone	83 à 87%
Hydrogène	10 à 14%
Azote	0,1 à 2%
L'oxygène	0,05 à 6,0%
Métaux	< 0,1%

II.4 Devenir des hydrocarbures dans le sol

Les informations relatives au comportement et devenir des hydrocarbures dans l'environnement sont nécessaires pour identifier les milieux potentiellement pollués et prévoir l'impact sur la santé. Après avoir été répandu dans le sol, c'est par des processus physiques, chimiques et biologiques qu'un hydrocarbure va pouvoir être déplacé, transformé, ou éliminé (Soltani, 2004).

Ces mécanismes peuvent être classés en trois classes :

- Mécanisme avec conservation de la masse : dispersion, diffusion, solubilisation, volatilisation.

- Mécanisme destructifs : dégradation physique ou chimique
- Mécanisme de dilution (Gomez, 2010).

II.5. Pollution du sol par les hydrocarbures

Les hydrocarbures interviennent dans 80% des cas de Pollution du sol (Lardjane et Mechraoui, 2001). L'origine des pollutions, localisées ou diffuses, est liée aux activités industrielles, lors d'accidents de transport d'hydrocarbures par route ou chemin de fer, lors d'incendies ou d'explosions d'unités de production industrielle ou de cuves de stockage hors sol dans les centres de distribution, lors des opérations de transfert et de distribution (fausses manœuvres humaines) .

-Déversements et enfouissements volontaires de déchets d'hydrocarbures, liés à des activités domestiques, artisanales, commerciales, agricoles ou industrielles.

-Retombées atmosphériques, dans les zones urbaines et industrielles ou leurs périphéries (hydrocarbures volatils, imbrûlés de combustion diverses) (Bertrand Ar, 2000 ; Gesamp, 1993).

II.6. Effets éco-toxicologiques des hydrocarbures

Les hydrocarbures légers sont plus toxiques, puisqu'il dissipe plus rapidement que les hydrocarbures lourds qui se dissipe lentement en revanche puisqu'il est moins soluble il présente moins de risque toxique (Fattal, 2008). La pollution par les hydrocarbures pose d'importants problèmes dans l'environnement, vis-à-vis des microorganismes, les plantes, les animaux et de la santé humaine. Les émissions d'hydrocarbures dans l'atmosphère et les divers habitats terrestres et aquatiques entraînent des changements importants dans les relations entre les trois compartiments de la biosphère (Ramade, 2007).

II.6.1. Effet sur les propriétés du sol

Les hydrocarbures représentent les principaux polluants qui affectent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Les effets des hydrocarbures sur les propriétés chimiques du sol sont traduit par une augmentation de la concentration du sol par élément chimique à l'état de trace tel que le manganèse (Mn), zinc (Zn) et le fer (Fe).L'augmentation de la conductivité électrique (CE) entrainant l'inhibition des mécanismes de certaines plantes très sensibles à la présence des sels (Khelout, 2004).

Les effets des hydrocarbures sur les propriétés biologiques du sol dépendent de leur nature, de leur concentration dans le sol et d'autres facteurs liés au milieu (Duchaufour, 2001). Les composés organiques contaminants peuvent inhiber la croissance des microorganismes et leur métabolisme. Cette inhibition est liée à des interactions avec la membrane cellulaire de ces composées fortement hydrophobes et à la formation de métabolites toxique (Girard et *al*; 2005). Les résultats montrent également que la pollution

Par les hydrocarbures réduit considérablement la diversité de la communauté bactérienne jusqu'à 90% (Gans, 2005).

II.6.2 Effets sur les végétaux

En ce qui concerne les végétaux, l'impact est différents dû au taux d'infiltration des hydrocarbures dans le sol, ces polluants peuvent toucher le système racinaire et limiter les échanges gazeux qui existent entre les racines et le sol, c'est par les racines que les plantes régénèrent (Zhu, 2020). Selon Koller (2004), les hydrocarbures ont un effet sur la germination et sur la croissance végétative tels que la diminution de l'activité photosynthétique et de stress hydrique, et sur le rendement en matière sèche. D'autres effets tels que l'apparition des chloroses (Norini, 2007).

II.6.3. Effet sur l'homme et les animaux

L'impact des hydrocarbures sur la santé humaine dépend du temps d'inhalation et du contact cutané. Les contacts avec les HAP à long terme provoquent des troubles neurologiques. Le contact cutané le plus courant avec les hydrocarbures concerne les mains et il provoque érythèmes (Fattal, 2008). Selon Abdely (2007), les hydrocarbures constituent une classe des produits chimiques organiques dangereux dont certains de leurs effets toxiques sont reconnus comme fortement cancérigènes, génotoxiques, immunotoxiques et mutagénique.

Les hydrocarbures ont des conséquences néfastes sur la santé, ils provoquent des leucémies (benzene), le cancer des poumons, ralentit la transmission nerveuse, altère le système nerveux central, abaisse la capacité de l'hémoglobine sanguine à retenir l'oxygène et réduit la capacité des récepteurs cellulaires à se lier aux hormones, l'irritation des yeux et les muqueuses respiratoires (Bourellier et Berthelin, 1998).

II.7. Méthodes de dépollution des sols

II.7.1. Procédés biologiques

Les processus biologiques font appel à des micro-organismes soit des champignons ou des bactéries ou des plantes pour favoriser la dégradation des polluants organiques. Ils représentent une autre option pour traiter les sols contaminés par les hydrocarbures. Leur principe de base est d'utiliser la capacité autonettoyante du sol. Ces processus reposent sur des populations microbiennes, elles-mêmes contrôlées par des facteurs environnementaux. Il s'agit d'une méthode plus économique car elle coûte respectivement environ 1/5 et 1/10 du coût des traitements chimiques et thermiques (Holen et Firestone, 1997).

II.7.1.1. La phytoremédiation

La phytoremédiation est un ensemble de technologie utilisant les plantes pour décontaminer les sols pollués et pour réduire des composés organiques polluants, étymologiquement, le terme phytoremédiation est issu du grec phyto qui signifie plante et du latin remedium qui signifie corriger un méfait (Bert et Deram, 1999).

II.7.1.1.1. Différentes formes de phytoremédiations

II.7.1.1.1.1. Phytoextraction

C'est l'absorption des contaminants par les racines et les accumuler dans la partie aérienne, ces plantes ont la capacité d'absorber les polluants dans le sol puis les transferts et les stockent dans leurs parties aériennes (Bert et Derma, 1999 ; Dechamp et Meerts, 2003).

II.7.1.1.1.2. Phytostabilisation

Dans la phytostabilisation, les plantes réduisent la biodisponibilité des polluants dans le sol, ce mécanisme se produit par immobilisation chimique, par précipitation dans la zone racinaire, ou l'absorption et accumulation par les racines (Bert et Derma, 1999)

II.7.1.1.1.3. Phytovolatilisation

C'est la transformation des polluants en éléments volatils moins toxiques, qui sont ensuite libérés dans l'atmosphère par transpiration de la plante (Dechamp et Meerts, 2003; Pilon-Smits, 2005).

II.7.1.1.1.4. Phytodégradation

C'est l'absorption et décomposition des contaminants par la libération des enzymes et par des processus d'oxydation et de réduction. Les polluants dégradés et donc moins

toxiques, sont ensuite incorporés dans la plante ou libérés de nouveau dans le sol (Pilon-Smits, 2005).

II.8. Avantages et de la phytoremédiation

Cette technique présente plusieurs avantages économiques et sociaux, parmi lesquels son faible coût, estimé 10 à 15 fois inférieur à celui des traitements physico-chimiques, et son potentiel de valorisation de la matière végétale ou du moins de ses traitements spécifiques au stock. La phytoremédiation est également adaptée à des traitements de grandes surfaces, jusqu'à plusieurs dizaines d'hectares (Verdin, 2004).

III.3. Généralités

Pistacia lentiscus est un arbre ou arbuste appartenant à la famille des Anacardiacees, (Delazar et al; 2004 ; Gaussen et al; 1982). C'est une espèce très répandue dans la méditerranée, où elle contribue à constituer les forêts, broussailles, et des maquis. On la trouve à l'état naturel dans toute l'Algérie, considéré comme une espèce thermophile qui pousse dans les régions chaudes et dans les endroits ensoleillés. (Quezel et Santa, 1962).

P. lentiscus est connu pour ses vertus médicinales (Bensalem, 2014). L'usage de cette espèce est très fréquent par les populations en Algérie (Krishnaiah et al; 2010).

III.1. Description botanique

P. lentiscus est une espèce dioïque, à feuilles composés avec 4 à 10 folioles elliptique, coriaces et luisante (Hans, 2007). Les fleurs constituent des denses grappes spiciforme, elles sont à l'origine de petites drupes rouges puis noirs, le fruit est une baie globuleuse, monosperme, sa couleur rouge puis elles deviennent noires à maturité (Boullard, 2001).



Figure 01: Arbuste de *P.lentiscus* (Cherif, 2016).

III.2. Taxonomie et systématique de la plante

Le nom pistachier vient du grec pistakê. Le nom lentisque vient du latin lentus.

La position systématique de *Pistacia lentiscus* (Belhachat, 2019).

- ✓ Règne : Plantae
- ✓ Embranchement : Spermaphytes
- ✓ Sous embranchement : Angiospermes
- ✓ Classe : Dicotylédones
- ✓ Ordre : Sapindales (Rutales)
- ✓ Famille : Anacardiacees
- ✓ Genre : *Pistacia*
- ✓ Espèce : *P. lentiscus* L.

III.3. Répartition géographique

P. lentiscus est un arbrisseau que l'on trouve largement distribué dans les pourtours de la méditerranée, et les régions du moyen orient. C'est une espèce thermophile, qui pousse dans les régions chaudes à basse altitudes et dans les endroits ensoleillés, il pousse à l'état sauvage dans la garrigue et sur les sols en friche. Le lentisque se rencontre dans toutes les parties chaudes de la méditerranée de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique jusqu'aux canaries (Belakhdar, 2003 in Belahchat, 2019).

En Algérie, *P. lentiscus* est très répandue dans tout le littoral et le bassin de la Soummam, les régions sublittorales et jusqu'au Sahara (Belhadj, 2000).

III.4. Utilisation thérapeutique traditionnelle

Depuis l'antiquité le *P. lentiscus* est largement utilisée en médecine traditionnelle, grâce à ses différents propriétés (Palevitch et Yaniv, 2000), telle que la jaunisse, maux de tête, l'eczéma, diarrhées, infections buccales, ulcères, asthme, et problèmes respiratoires (Said et al; 2002).

Les feuilles sont pourvue d'action anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antipyrétique, astringente, hépato-protective, expectorante et stimulante (Kordali et al; 2003).

Les huiles essentielles extraite de ces parties sont utilisées en aromathérapie et photothérapie pour ses propriétés décongestionnantes, pour traiter les problèmes veineux (les hémorroïdes) (Romani et al; 2002).

La partie racinaire (racines séchées), est efficace contre l'inflammation intestinale ainsi que dans le traitement de l'ulcère (Ouelmouhoub, 2005).

Le mastique est utilisé dans la médecine dentaire un simple bain de bouche en faisant une infusion des feuilles, se débarrasser ainsi de la mauvaise haleine, ils s'appliquent aussi sur les dents mortes pour qu'ils tombent facilement. La résine de *P. lentiscus* est considérée comme un agent anticancéreux, en particulier contre les tumeurs du sein, du foie, de l'estomac, de la rate, et de l'utérus (Assimopoulou et Papageorgiou, 2005).

Les huiles essentielles exercent aussi une action antifongique (Ali-Shtayeh et Abu Ghdeib, 1999) et hépato-protecteurs (Janakat et Al- Merie, 2002). Toutes les parties de cette plante ont des vertus thérapeutiques ; synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Vertus thérapeutiques des feuilles (Atmani et *al.*; 2009 ; Kivçak et Akay, 2005) et des fruits de *P. lentiscus* (Bensegueni et *al.*; 2007)

FRUITS (Bensegueni et <i>al.</i> , 2007)	FEUILLES (Atmani et <i>al.</i> , 2009) (Kivçak et Akay, 2005)
Pour les traitements des douleurs d'estomac	Apéritif et astringent
Pour les diabétiques	Traitement de diarrhée
Soigner les bruleurs	Guérir les troubles gastro-intestinaux

III.5. Les effets biologiques de *Pistacia lentiscus*

III.5.1. Effets anti-cancérigène

L'effet anti-cancérigène des feuilles de *P. lentiscus* a été étudié par Remila et al (2015), sur des cellules de mélanome, et sur des lignées cellulaires de carcinome mammaire, après une série d'étude et de tests. Ils ont constaté que l'extrait de *P. lentiscus* a un effet inhibiteur de la croissance des cellules de mélanome, alors qu'ils ont enregistré une inhibition non significative sur ces dernières (Remila et *al.*; 2015).

III.5.2. Effets anti-inflammatoire

-Inhibition de l'expression des molécules d'adhésion dans les cellules endothéliales aortiques humains stimulée par le TNF- α (Triantafyllou et *al.*; 2011).

-Inhibition de la PKC, entraînant une diminution de la production de superoxyde et d' H_2O_2 (Triantafyllou et *al.*; 2011).

-Effet anti-inflammatoire sur le modèle d'œdème de la patte de rat (Dellai et *al.*; 2013).

III.6. Exigences écologiques

Pistacia lentiscus existe avec densité dans les zones forestières et champêtres fraîches. Le lentisque préfère une ambiance climatique subhumide, semi-aride et chaude. Dans les zones humides, d'ailleurs les espèces de cette famille sont des arbres, des arbustes résistants à la chaleur, au froid et à la salinité puisqu'elles existent en abondance sur les

bords de la mer méditerranée (Boullard, 2001). Elles sont plus abondantes dans les plaines que sur les hauteurs. Le lentisque est une espèce indifférente aux propriétés physico-chimiques du sol, mais préfère des sols à faible concentration en phosphore et en potassium (Dogan et al; 2003).

P.lentiscus assure la protection du sol contre l'érosion et crée les conditions favorables pour l'humification de la matière organique et l'enrichissement de ses propriétés biologiques (Benrhieu et al; 2020).

III.7. Généralité sur les polyphénols

Les composés phénoliques sont des produits du métabolisme secondaire, caractérisés par la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre ou engagé dans une autre fonction (éther, ester, hétéroside...etc) (Bruneton, 1999; Collin et crouzet 2011).

III.7.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles, ils peuvent être exploités dans l'industrie cosmétique, pharmaceutique, alimentaire, ils constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels du règne végétal (Ghedira, 2005).

III.7.2. Les Tanins

Ils sont d'origine végétale et non azotée qu'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbres, les fruits (raisin, datte, café, cacao...) et les feuilles de thé. Ce sont des composés polyphénoliques, solubles dans l'eau de masse molaire entre 500-2000D, de structure variées ayant en commun la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines. (Vermerris et al ; 2006).

III7.2.1. Les tanins condensés (pro-anthocyanidines)

Leur structure est plus complexe, ils sont également appelés proanthocyanidines, largement trouvés dans le règne végétal et dans de nombreux aliments (fruits, légumes, boissons, etc) (Peronny, 2005). Ils ne contiennent pas de sucre dans leurs molécules ; ils résistent à l'hydrolyse ; ils ne se transforment en substances rouges que sous forte attaque

chimique en présence d'acides forts ou d'agents oxydants; phlobaphènes (ex: rouge de cola) (Atefeibu, 2002).

III.7.2.2. Tannins hydrolysables

Ce sont des hétéropolymères possédant un noyau central qui constitue un polyol, ils sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique ou enzymatique. Les tannins hydrolysables sont scindés en deux groupes : les tannins galliques et les tannins éllagiques (Macheix et *al*; 2005).

Ils sont constitués d'un noyau central -le glucose- et de chaînes latérales comprenant 1 à n monomère(s) d'acide phénol. (Bessas et *al*; 2007).

III.8. Effets et intérêts biologiques des polyphénols

Les polyphénols ont une multitude d'activités biologiques dépendant de leur structure chimique y compris comme agents anticancéreux et agents antimutagène (Falleh et *al*; 2008). Ils constituent une importante famille d'antioxydants dans les plantes, les fruits et les légumes puisqu'elles comprennent plus de 6000 molécules, les polyphénols n'ont aucun effet nuisible sur la santé humaine, ces composés montrent des activités anticarcinogènes, anti-inflammatoires, anti-thrombotiques, analgésiques, antibactériens, antiviraux, anticancéreux (Babar Ali et *al*; 2007), anti-allergènes, vasodilatateurs (Falleh et *al*; 2008) et antioxydants.

Ils ont également un rôle dans le contrôle de la croissance et le développement des plantes en interagissant avec les diverses hormones végétales de croissance. Ils permettent aux végétaux de se défendre contre les rayons ultraviolets (Falleh et *al*; 2008). Certains d'entre eux jouent le rôle de phytoalexines comme les isoflavonols permettant de lutter contre les infections causées par les champignons, ou par les bactéries, et dans le processus de pollinisation ils impliquent les pigments non azotés, ils attirent l'attention des insectes pollinisateurs, ou servent à dessiner les formes pour éloigner les prédateurs. D'autre sont des inhibiteurs d'enzymes et interviennent dans la protection de l'homme vis-à-vis de certaines maladies (Bruneton, 1999).

Les polyphénols sont également utilisés dans l'industrie agro-alimentaire comme additif, colorant, arôme ou agent de conservation (Bruneton, 1999).

Chapitre II:

Matériels et méthode

II.1. Matériel et méthode

Le présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de recherche scientifique et laboratoire d'écophysiologie au département des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Il fait suite aux travaux d'Aouici et Kanoun (2020), qui ont étudié l'effet de la pollution du sol aux hydrocarbures sur quelques paramètres morphologiques de *Pistacia lentiscus*.

Il porte sur l'étude des échantillons de système aérien et de système racinaire de *P. lentiscus*.

II.2. Description géographique de la station

Ifigha est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou en Algérie. Située à 38 Km à l'est de Tizi Ouzou et à 13 Km au sud d'Azazga. Ses coordonnées géographiques sont 36° 40' 14' Nord ; 4° 24' 37' Est, (Source ; APC Ifigha, 2012).

II.3. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage du matériel végétal a été réalisé au niveau de la localité d>Ifigha le 19/01/2020 par Aouici et Kanoun. Les fruits de *P. lentiscus* ont été récoltés et triés au laboratoire et seulement les fruits mûrs de couleur noire ont été utilisés dans notre études. Les graines viables sont récupérées pour le test préliminaire puis cultivé dans deux sols différents (sol pollué par les hydrocarbures et sol non pollué), dans le but d'étudier l'influence de la pollution aux hydrocarbures sur le taux de germination et la croissance des plantules de *P. lentiscus*.

II.4. Préparation du matériel végétal

Les systèmes aériens et racinaires de *P. lentiscus* (les feuilles et les racines) récoltés et séchés par Aouici et Kanoun (2020), ont été finement broyés et conservés à l'abri de la lumière et au sec. Cette poudre a été utilisée pour l'extraction des polyphénols et leur dosage.

II.5. Extraction des polyphénols

L'efficacité de l'extraction des polyphénols totaux (PPT) dépend de plusieurs paramètres tels que la température, le type de solvant, la durée de l'extraction et le rapport solide/solvant Li *et al. in* Chehrit -Hacid (2021).

Dans notre étude, nous avons opté pour la méthode décrite par (Chehrit- Hacid *et al.*; 2021). Dans 4 lots de 8 tubes a essaie :

Dans un tube à essai, on met 0.92 g de poudre végétale du système aérien (feuilles sèche) cultivés sur sol non pollué et dans un autre tube on met 0.92 g de système aérien (feuilles sèches) cultivés sur sol pollué, de même pour le système racinaire dans un tube on met 0,6 g de poudre végétale cultivé sur sol non pollué et dans un autre tube 0,6 g poudre végétale cultivés sur sol pollué.

Les contenus des tubes ont été acidifiés et soumis à une agitation aux vortex, puis portés au bain- Marie à 50° C pendant 30 minutes. Les solutions ont été centrifugées à 2400 g pendant 20 minutes, le surnageant récupéré est ajusté à 3,5ml avec l'éthanol (5ml d'éthanol dilué à 70%) dans le but d'obtenir une solution hydroalcoolique de 5 ml et ensuite stocké dans le congélateur à -20°C.

II.6. Dosage des polyphénols

II.6.1. Dosage des Polyphénols totaux

II.6.1.1. Principe de dosage des PPT

Le dosage des polyphénols totaux de *P. lentiscus* dans les différents extraits a été réalisé par le réactif de Folin-Ciocalteu a été décrit dès 1965 par Singleton et Rossi.

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique $H_3[P(W_3O_{10})_4]$ et d'acide phosphomolybdique $H_3[P(Mo_3O_{10})_4]$. Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes bleu de tungstène (W_8O_{27}) et de molybdène (Mo_7O_{23}). La coloration produite dont l'absorption Maximal est comprise à 740 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux.

II.6.1.2. Préparation de la gamme étalon d'acide gallique:

Les PPT présents dans les extraits des systèmes aérien (SA) et des systèmes racinaire (SR) cultivés sur sol pollués (SP) et sur sol non pollués (SNP) ont été dosés en préparant une gamme étalon d'acide gallique de 10 concentrations filles allant de 0 à 160µg/mL.

Ces concentrations ont été préparées en diluant la solution mère selon la formule suivante :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

C_i = Concentration de la solution mère = 200µg/mL

V_i = Volume initial prélevé de la solution mère = 1mL

V_f = Volume finale.

Tableau 03 : Analyse de la gamme étalon de l'acide gallique.

Concentration de l'acide	0	10	20	40	60	80	100	120	140	160
VOLUME final	0	20	10	5	3,33	2,5	2	1,6	1,42	1,25
Eau distillée a	0	10	9	4	2,33	1,5	1	0,6	0,42	0,25

II.6.1.3. Protocole de dosage des PPT

Prendre 200 µl de chaque extrait des deux échantillons de *P.lentiscus* et les mélanger avec 2.5 ml de folin-coicalteu dilué 10 fois, Puis 2.5ml de NA₂CO₃ (dilué à 7, 5%) ont été ajouté, après 5 min les mélanges ont été agités et mis à incuber pendant 60 min à température ambiante à l'obscurité. Les absorbances ont été lues à 740nm au spectrophotomètre (UV-2450). Les teneurs en PPT sont exprimées en mg équivalent d'acide gallique/g de la matière sèche (MS).

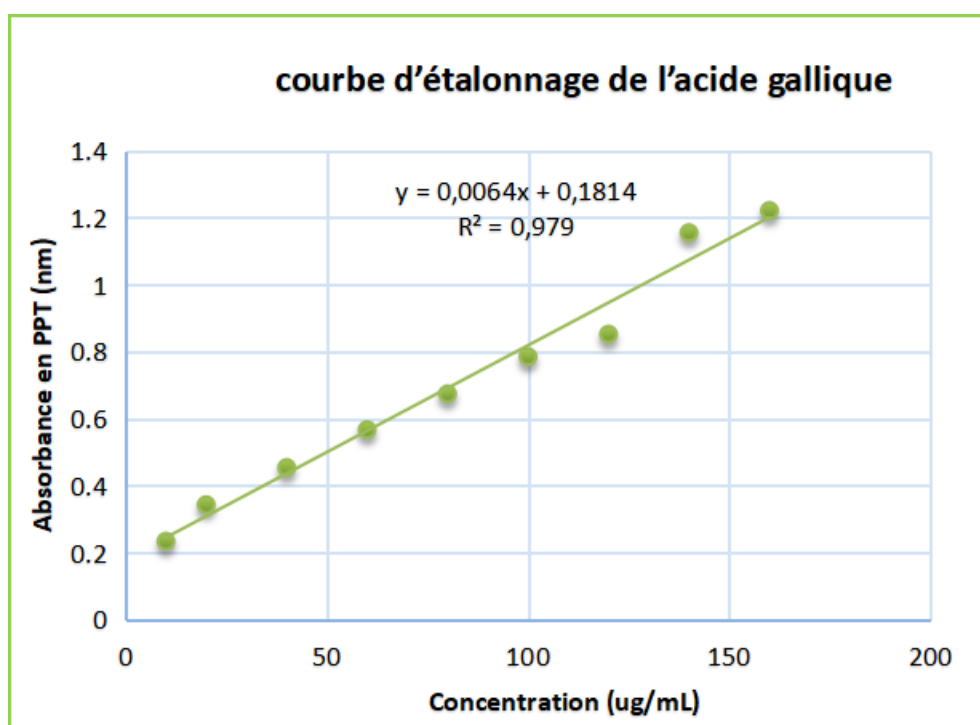


Figure 02 : courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

II.6.2. Dosage des flavonoïdes totaux

Les teneurs en flavonoïdes totaux (TF) dans les extraits des systèmes aériens et racinaires des deux échantillons de *P. lentiscus* ont été déterminés selon la méthode décrite par Li et al, (2010), in Chehrit-Hacid(2021). Un volume de 0,5ml de chaque extrait est introduit

dans un tube à essai. Chaque extrait est complété à 3ml avec de l'eau distillée, puis 0,3 ml de NaNO_2 a été ajouté. Après 6min, un volume de 0,3ml de AlCl_3 a été ajouté, 6min plus tard un volume de 4ml de NaOH à 1M a été additionné. Le tout est ajusté à 10 ml avec de l'eau distillée. Chaque tube contenant le mélange est bien agité et incubé à température ambiante pendant 15 minutes. Nous avons mesuré l'absorbance à 506 nm sur un spectrophotomètre (UV-2450).

Les concentrations des flavonoïdes totaux ont été déduites de la courbe standard de rutine et calculées en mg équivalents de rutine/g MS.

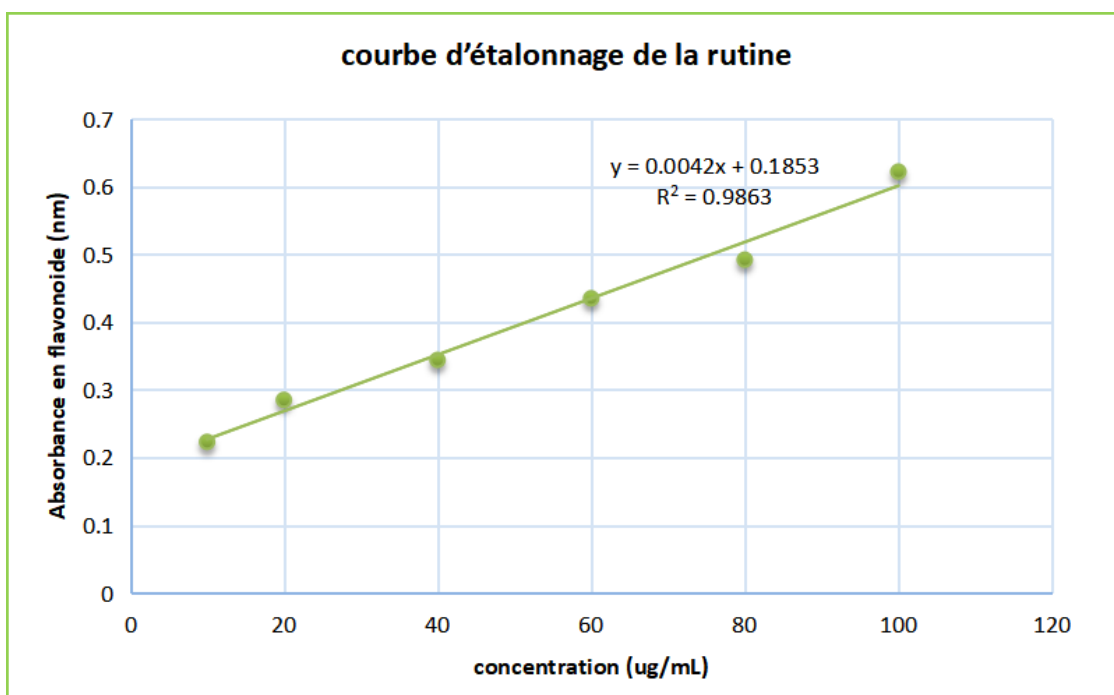


Figure 03 : courbe d'étalonnage de la rutine

II.6.3. Dosage des tanins hydrolysables

Les teneurs en tanins hydrolysables (TH) dans les extraits des systèmes aérien et racinaire des deux échantillons de *P. lentiscus* ont été déterminés par la méthode de Willis et Allen (1998) in Chehrit- Hacid (2021). Brièvement 0,2ml de chaque extrait ont été mélangés à 1,8ml de H₂O et 1ml de KIO₃ dilué à 2,5%. Les mélanges ont été agités au vortex puis mis à incuber pendant 30min à température ambiante dans l'obscurité. Les absorbances ont été lues à 550nm. La teneur en tannins hydrolysables est exprimée en mg d'équivalent acide tannique/g MS.

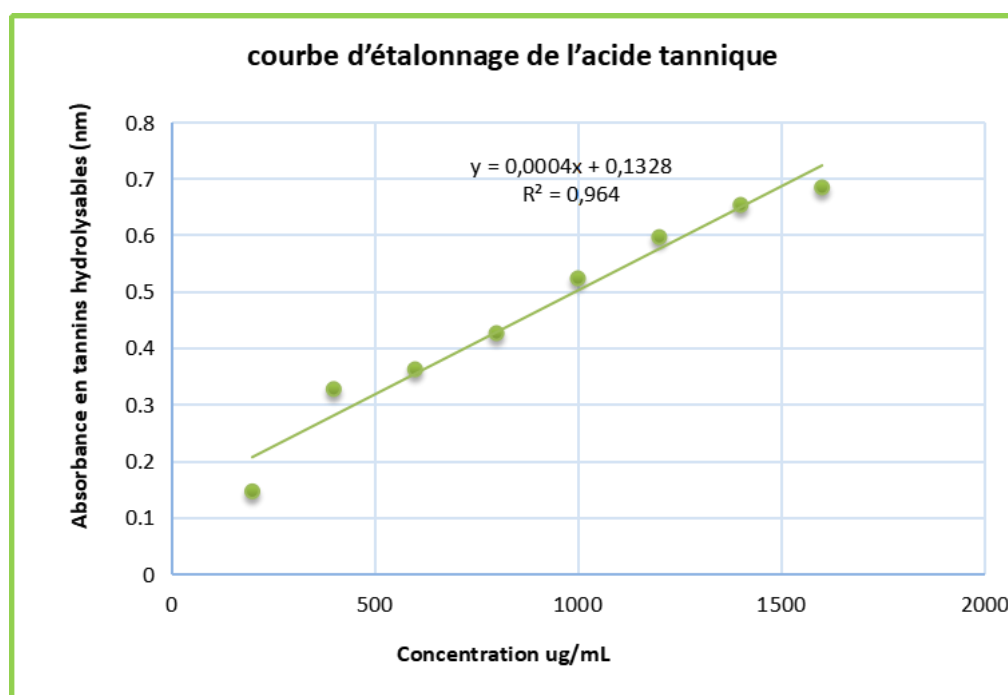


Figure 04 : Courbe d'étalonnage de l'acide tannique.

II.6.4. Analyse statistique

Les résultats de l'effet des hydrocarbures sur les PPT, flavonoïdes totaux et tanins hydrolysables ont été soumis au test Student pour deux échantillons indépendants de *P.lentiscus* dans deux sols contaminé aux hydrocarbures et non contaminé. Il a été utilisé pour comparer les moyennes et confirmer une différence significative lorsque p value inférieure au seuil 0.05 et non significative lorsque p value supérieure au 0.05.

Chapitre III :

Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

Les teneurs en PPT, en FT et en HT dans chacun des extraits des systèmes aérien et racinaire de semis de *P. lentiscus* cultivés sur sol pollué aux hydrocarbures et non pollué sont calculés à partir des équations de régression déduites des courbes étalons d'acide gallique, de rutine et d'acide tannique respectivement.

III.1. Effet de la pollution aux hydrocarbures sur les polyphénols

III.1.1. Le système aérien

Les résultats de la teneur en PPT mg/ml MS de système aérien de (*P. lentiscus*) dans le sol pollué et non pollué sont illustrés dans la figure 05.

La teneur en PPT dans l'extrait du système aérien des semis cultivés dans le sol non pollué est $(2,206 \pm 0,317)$ mg/g de MS, tandis que celle de l'extrait de semis cultivés dans le sol pollué est de $(1,654 \pm 0,218)$ mg/g de MS.

Nous remarquons que la teneur en PPT dans le sol non pollué est plus élevée que dans le sol pollué. Le test de student a révélé une différence non significative entre le sol pollué et le sol non pollué ($P=0,179$), (P est supérieure au seuil 0,05). Statistiquement ces valeurs ne sont pas significativement différentes.

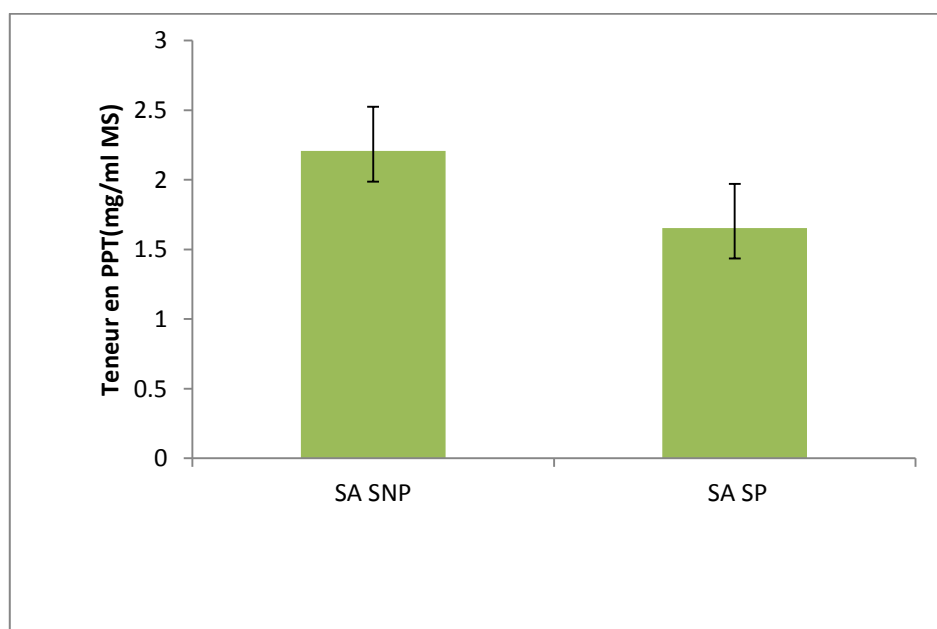


Figure 05 : Teneurs en polyphénols totaux de système aérien de *P. lentiscus* dans un sol pollué et non pollué.

III.1.2. Système racinaire

Les résultats de la teneur en PPT mg/ml MS de système racinaire de *Pistacia lentiscus* dans le sol pollué et non pollué sont illustrés dans la figure 06.

La teneur en PPT dans l'extrait du système racinaire des semis cultivés dans le sol non pollué est $(2,026 \pm 0,173)$ mg/g de MS et dans le sol pollué est $(0,125 \pm 0,077)$ mg/g de MS. Nous remarquons que la teneur en PPT dans le sol non pollué est plus élevée que dans le sol pollué.

Le test de student montre qu'il ya une différence significatives, entre le sol non pollué et sol pollué ($P= 0,004$), (P est inférieur au seuil 0,05).

On remarque que la pollution aux hydrocarbures à un effet significatif sur les PPT dans le système racinaire de *P. lentiscus*.

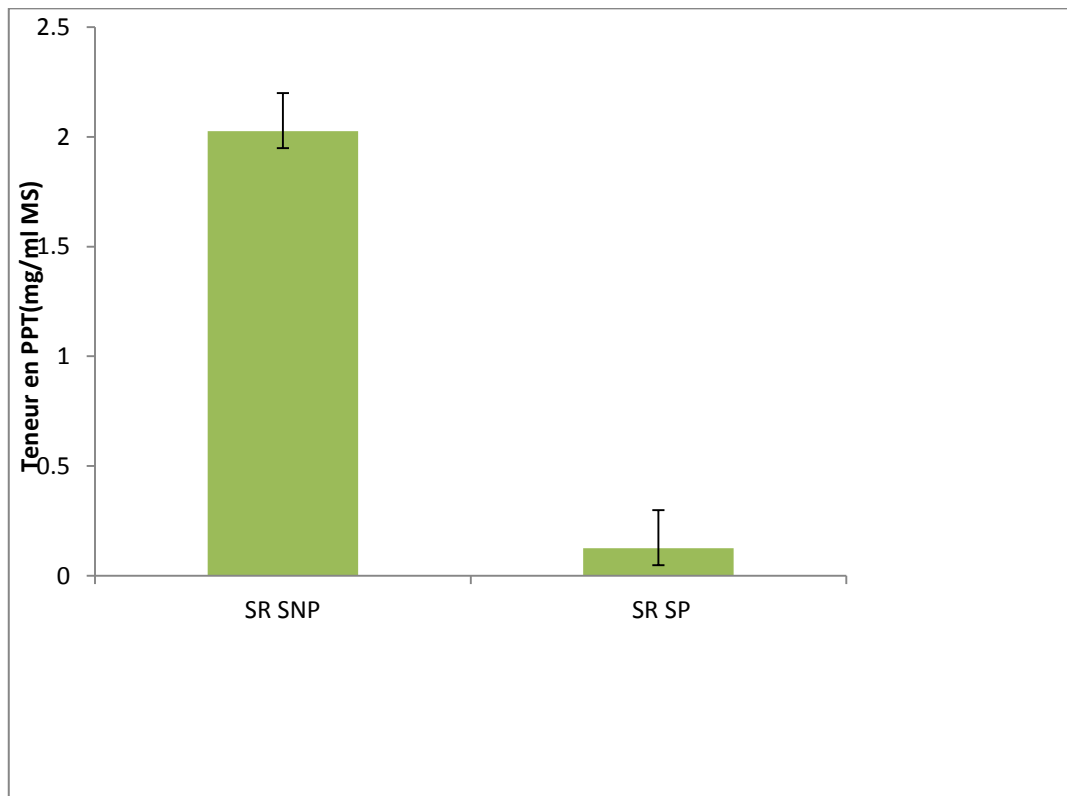


Figure 06 : Teneur en polyphénols totaux du système racinaire de *P.lentiscus* dans un sol pollué et sol non pollué.

III.2. Effet sur les flavonoïdes

III.2.1. Système aérien

Les résultats de teneur en flavonoïde mg/ml de matière sèche de système aérien de *P. lentiscus* dans le sol pollué et non pollué sont illustrés dans la figure 07.

La teneur en flavonoïde de système aérien de plantes cultivés dans le sol pollué est significativement plus faible ($1,424 \pm 0,208$ mg/g de MS), celle du système aérien de plantes cultivés dans le sol non pollué ($2,798 \pm 0,285$ mg/g de MS) ($P=0,03$).

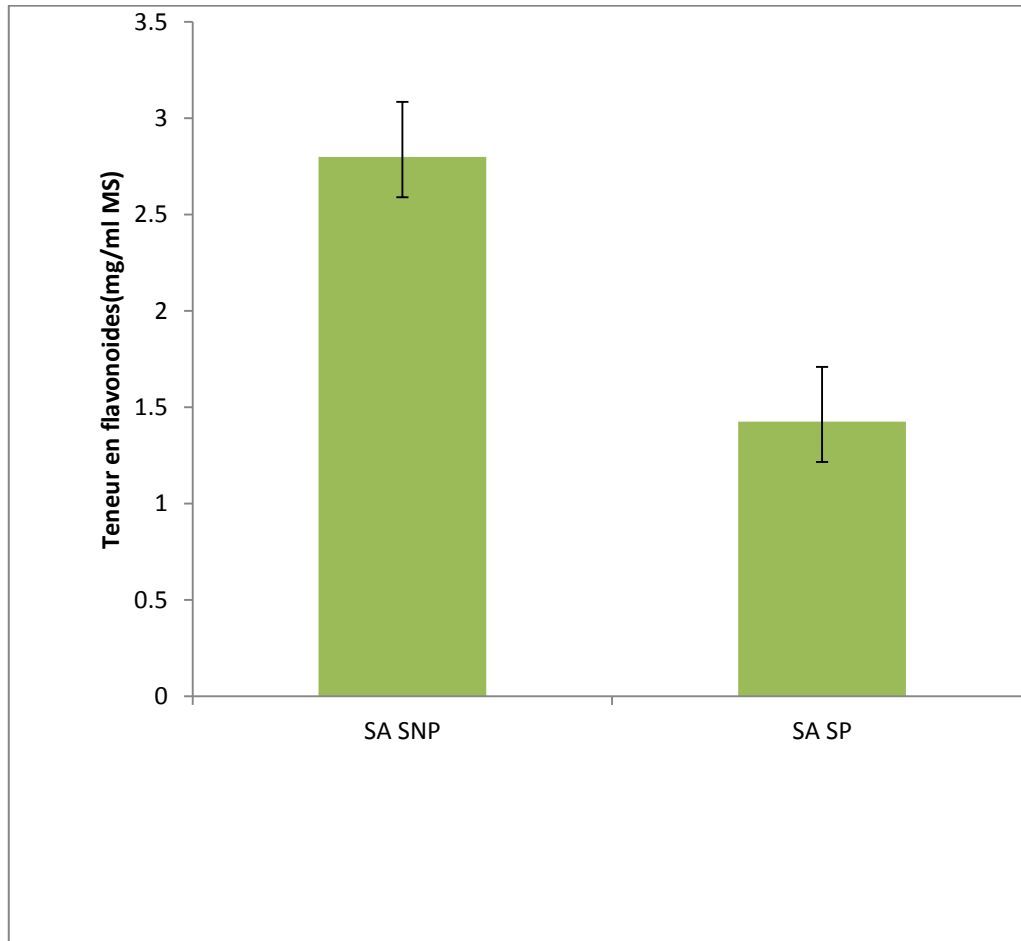


Figure 07 : Teneur en flavonoïde de système aérien de *P.lentiscus* dans un sol pollué et sol non pollué.

III.2.2. Système racinaire

Les résultats de la teneur en flavonoïde mg/ml MS dans le système racinaire de *P.lentiscus* dans le sol pollué et non pollué sont illustrés dans la figure 08.

La teneur en flavonoïde du système racinaire de plantes cultivés dans le sol pollué est ($0,414 \pm 0,061$ mg/g de MS), est significativement plus faible que celle du système aérien des plantes cultivés dans le sol non pollué ($3,120 \pm 0,162$) ($P=0,002$).

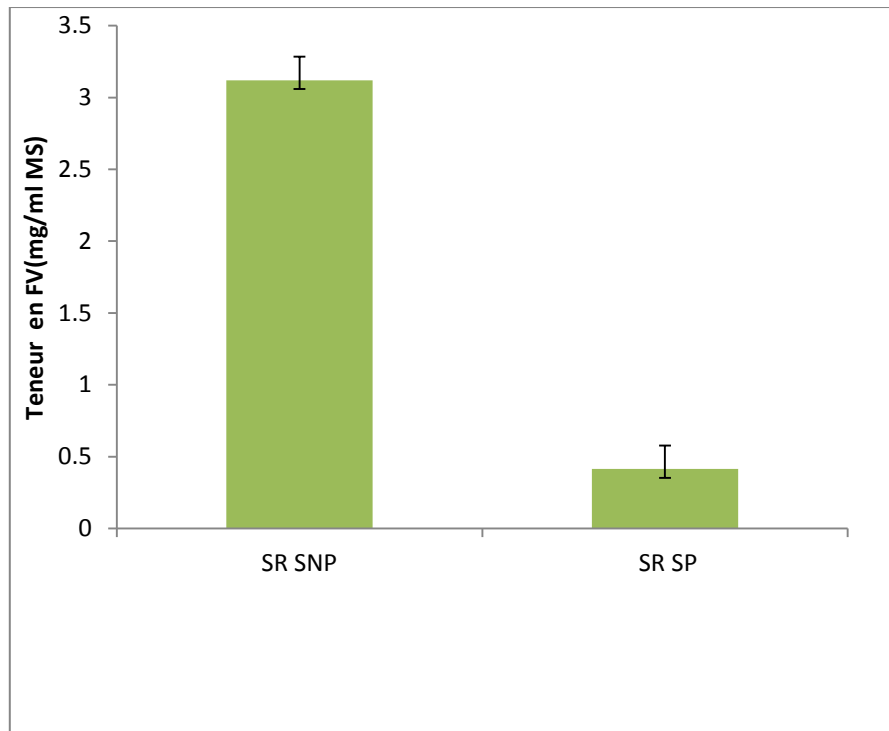


Figure08 : Teneur en flavonoïde de système racinaire de *P.lentiscus* dans un sol pollué et dans un sol non pollué.

III.3. Effets sur les tanins hydrolysables

III.3.1. Système aérien

La teneur en tanin hydrolysable mg/ml MS de système aérien dans les différents sols pollués et non pollués de *P.lentiscus* sont illustrés dans la figure 09.

La teneur en tanin hydrolysable du système aérien des plantes cultivées dans le sol pollué est ($20,93 \pm 2,38$ mg/g MS), est significativement plus faible que celle du système aérien des plantes cultivées dans le sol non pollué ($29,71 \pm 3,34$) ($P=0,09$).

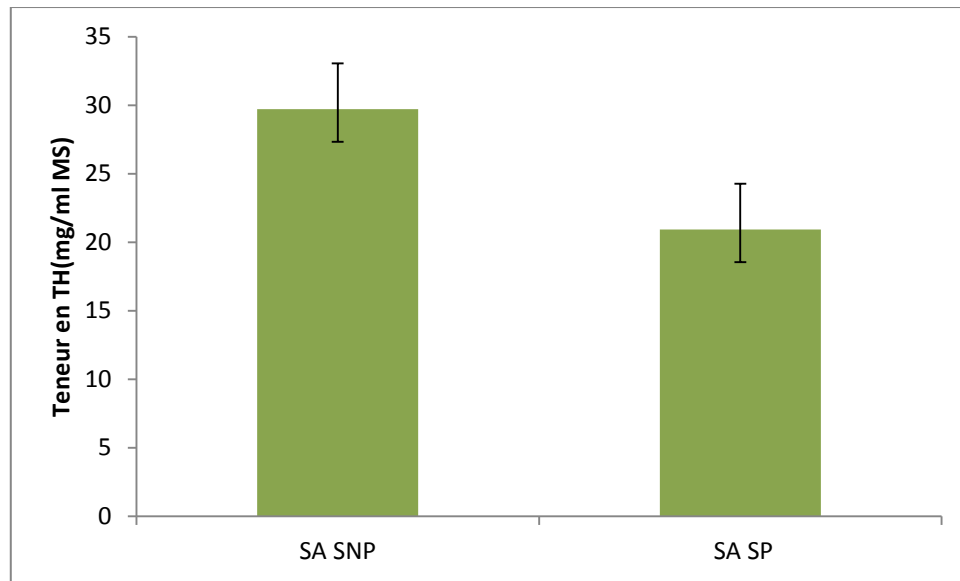


Figure 09 : Teneur en tanin hydrolysable de système aérien de *P.lentiscus* dans le sol pollué et non pollué.

III.3.2. Système racinaire

La teneur en tanin hydrolysable mg/ml MS dans le système racinaire de *P.lentiscus* dans le sol pollué et non pollué sont illustrés dans la figure 10.

La teneur en tanin du système racinaire des plantes cultivés dans le sol pollué sont ($4,01 \pm 4,24$ mg/g MS), est significativement plus faible que celle du système aérien des plantes cultivés dans le sol non pollué ($29,71 \pm 3,34$ mg/g MS) ($P=0.009$).

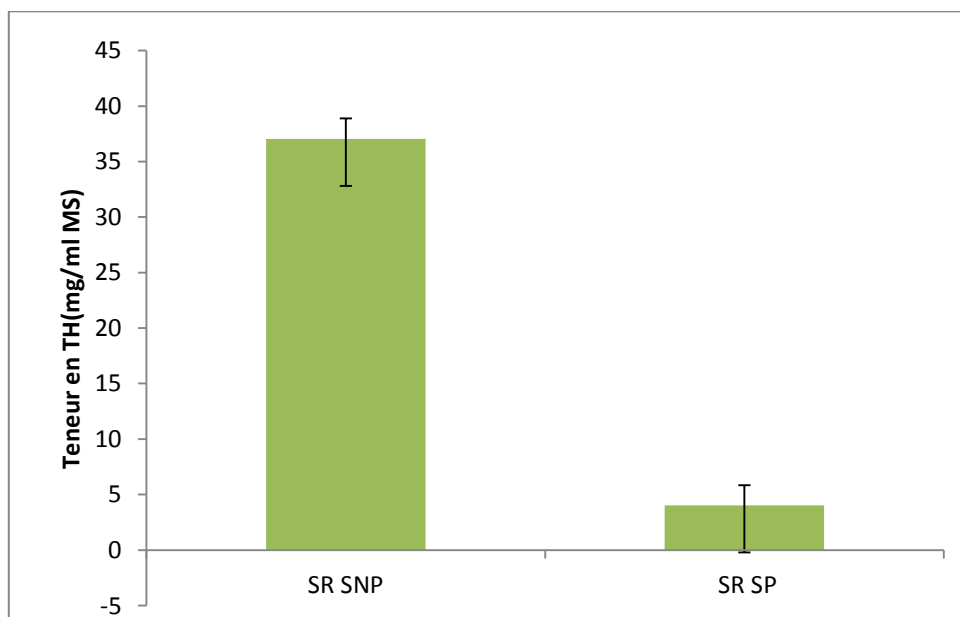


Figure 10 : Teneur en tanin hydrolysable du système racinaire de *P.lentiscus* dans le sol pollué et sol non pollué.

Discussion

D'après les résultats obtenus après les dosages des composés polyphénoliques de *P.lentiscus* à savoir les polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, tanins hydrolysables, nous ont permis de remarquer des différences existants au niveau de différents sols témoins et sols contaminés par les hydrocarbures, ce qui confirme l'effet toxiques des hydrocarbures sur les végétaux (*P.lentiscus*) qui se traduit par la diminution du teneur en PPT, flavonoïde, tanins hydrolysables, sur la biomasse végétale (système aérien et système racinaire).

Dans le sol témoin, la teneur en PPT est (2.209+0.317) mg/g MS pour le système aérien. Elle est de l'ordre de (2.026+0.173) mg /g MS dans le système racinaire.

La comparaison des résultats obtenus entre la teneur en PPT dans le système racinaire et aérien, révèlent une valeur élevée dans la partie aérienne, cette variation de distribution des PPT dans la plante *P.lentiscus* peut être dû à des facteurs génotypiques qui contrôlent l'accumulation de ces composés dans la plante (Hashemipour et al; 2010 ; Schmidt et al; 2010).

Nos résultats obtenus, concernant la teneur en PPT dans le système aérien, ne concordent pas avec ceux obtenues par Dahmoune (2014) pour les feuilles de l'extrait d'éthanol (152.58+3.41mg/GAE Kg dw) et (152.91+4.55mg GAE/Kg dw) car ces derniers et largement supérieurs à nos valeurs obtenues.

Des études effectuées sur les feuilles de *P.lentiscus* ont démontrées qu'elles constituent une source majeurs de composés phénoliques (Gardeli et al; 2008 ; Atmani et al; 2009).

La plante *P. lentiscus* est riche en composés phénoliques (Bampoule et al; 2014 ; Botsaris et al; 2015 ; Zitouni et al; 2016). Selon Arab et al; (2014) les feuilles de *P. lentiscus* ont un meilleur rendement en polyphénols qui est presque du double du rendement en composés phénolique des fruits dont ces valeurs obtenues 116.49% et 61.34% respectivement.

Concernant la teneur en flavonoides de *P.lentiscus* dans notre étude est 2.72+-0.28 dans le système aérien, et 3.12+-0.16 dans le système racinaire dans le sol non pollué. Ces valeurs supérieures aux valeurs trouvés dans le sol contaminé aux hydrocarbures de 1.42+-0.20 de système aérien, et de 0.41+-0.06 de système racinaire.

Plusieurs études effectuées sur les feuilles de *P. lentiscus* ont montré sa richesse en composés de type flavonoïdes tels que les flavonols glycosylés (y compris la myrecetine, la quercétine glycosylée), les flavones et les anthocyanes (Luigia et al; 2007).

L'analyse de nos résultats montre des valeurs faibles dans le système aérien ce qui ne concorde pas avec ceux trouvés par Zaouali et al; (2018) qui ont trouvé des concentrations en flavonoïdes des feuilles de *P.lentiscus* (47.5+-1.1mg EQ /g de matière sèche, et (7.8+-0.3 mg EQ/g de matière sèche pour les tiges lors des travaux sur la composition de la partie aérienne de *P.lentiscus*.

Concernant les teneurs en tanin hydrolysables nous avons trouvé des valeurs supérieures que les flavonoïdes et PPT. Elle est de l'ordre de 29.71+-3.34 mg/g MS dans le système aérien et de 37.05+-1.82 mg/g MS dans le système racinaire respectivement dans le sol témoin.

D'après ces résultats on peut déduire que les teneurs en PPT et flavonoïde et tanin hydrolysable sont très faibles dans le sol pollué par rapport au sol témoin, cela est dû probablement à la pollution par les hydrocarbures qui joue un rôle important dans la réduction de la synthèse de substances phénoliques dans le système racinaire et aérien de *P. lentiscus*.

Nous remarquons aussi que la pollution aux hydrocarbures affecte beaucoup plus le système racinaire que le système aérien ce qui prouve la diminution des teneurs des polyphénols dans le système racinaire (0.125 ± 0.077 ; 0.41 ± 0.06 ; 4.01± 4.24) mg/g MS respectivement par rapport au système aérien qui révèle des valeurs supérieures dans les sols contaminés (1.654 ± 6.218 ; 1.42 ± 0.20 ; 20.93 ± 2.38) mg/g MS respectivement.

Un impact négatif intense affecte le système racinaire de *P.lentiscus* suite à la contamination par les hydrocarbures par apport au système aérien, puisque la partie racinaire est en contact direct avec les hydrocarbures, ceci peut être expliqué par le fait que cette plante absorbe puis stocke les hydrocarbures dans sa tige.

Les plantes sont capables d'absorber et de métaboliser un grand nombre de polluants organiques et inorganiques, les plantes ont la capacité de stockage, ou au contraire de dégradation, qui sont très variables en fonction de l'espèce. L'absorption par la racine et la translocation vers la partie aérienne est en fait limitée, très variable et dépendante de l'espèce végétale concernée et des conditions environnementales (Norini, 2007).

Des valeurs très faibles de volume racinaire qui correspondent à un faible développement du système racinaire dans le sol témoin, car nous avons constaté que le système racinaire est moins ramifié et beaucoup moins développé. Selon Njoku et al; (2009), la pollution du sol par le pétrole brut entraîne une faible infiltration de l'eau dans le sol qui vont affecter le développement des racines.

Ces résultats nous ont permis de remarquer la différence existant au niveau de sol contaminé et non contaminé par les hydrocarbures, ces derniers nous laissent supposer que la

plante *P.lentiscus* tolère la pollution par les hydrocarbures qui ont un effet néfaste sur la croissance du végétal (Chaîneau et *al*; 1997).

Selon Heller (1998) l'oxygène est nécessaire dans la fixation d'azote par l'activation de la chromoprotéine (légnumoglobines) au niveau de la plante hôte, tandis que l'accumulation des hydrocarbures dans le sol provoque l'absence de l'oxygène au niveau des pores qui sont occupés par les hydrocarbures au lieu de l'air.

P.lentiscus est une plante capable d'absorber les métaux lourds, et secrète les exsudats racinaires qui favorisent la bioremédiation microbienne au niveau de la rhizosphère (Abdelly, 2007). Ceci confirme la tolérance de cette plante à la pollution.

Conclusion générale

Conclusion

Le présent travail a porté sur l'étude de quelques paramètres polyphénoliques de *P.lentiscus* (Polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins hydrolysables), dans les systèmes aériens et racinaires, ayant subi une contamination organique produite par les hydrocarbures pour mettre en évidence la capacité de cette plante à synthétiser ses substances polyphénoliques devant ces polluants organiques.

Les résultats obtenus après les dosages des polyphénols totaux montrent que *P. lentiscus* est une plante riche en substances phénoliques dans les parties aériennes que racinaires.

Nous avons constaté que l'effet des hydrocarbures sur la synthèse des composés phénoliques de *P. lentiscus* se traduit par une diminution de ces teneurs dans ces différentes parties. En revanche, l'espèce *P. lentiscus* a une grande adaptabilité aux contaminants organiques puisqu'elle a pu synthétiser ses composés phénoliques en présence des polluants organiques, donc cette plante pourrait être considérée comme espèce tolérante est appropriée pour la phytoremédiation c'est-à-dire l'utiliser pour la décontamination de sol pollués par des contaminants organiques.

La pollution des sols par des hydrocarbures affecte et diminue la teneur en polyphénols totaux, tanins hydrolysables et flavonoïdes de *P. lentiscus*.

Pour une meilleure compréhension des mécanismes de résistance de *P.lentiscus* aux hydrocarbures, il serait souhaitable de :

- Augmenter l'échantillonnage pour avoir plus de matériel végétal, augmenter les répétitions et faire une analyse quantitative pour déterminer les composés éventuellement synthétisés lors de la contamination aux hydrocarbures.
- Réaliser une étude sur la génétique de *P. lentiscus* à fin d'identifier les gènes responsables de la tolérance face aux polluants organiques, et de cibler précisément l'action des hydrocarbures au sein de la plante.
- Approfondir dans les propriétés physico-chimiques de sol et les modifications produites suite à une contamination organique et sa réaction face aux différents stress environnementaux.

-D'étudier les mécanismes enzymatiques qui optimisent les techniques de la phytoremédiation ainsi que le mécanisme d'élimination et la transformation des hydrocarbures.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abdely, C.** (2007). Biorémediation/phytoremédiation. Institut supérieure et de la formation contenant. Université Tunis. p144.
- **Ademe, Adit.** (2006). Traitement biologiques des sols pollués : recherche et innovation, (Etude réalisée pour le compte de L'ADEME par L'ADIT -Société Nationale d'intelligence stratigique), p 9
- **Ali-Shtayeh, MS., Abu Ghdeib, SI.** (1999). Antifungal Activity of Plant Extracts Against Dermatophytes. *Mycoses*, 42 (11-12), p 665-672.
- **Assimipoulou,AN., Papageorgiou,VP.** (2005). GC-MS analysis oftetracyclic triterpenses from resins of pistacia species. Part I. *pistacia lentiscus*.
- **Aouci, N et Kanoun, S.** (2021). Effets de la pollution du sol aux hydrocarbures sur la germination, le taux de survie et la croissance de *Pistacia lentiscus* L.
- **Arab, K., Bouchenak,O ., Yahiaoui, K .** (2014). Etude Phytochimique et Evaluation de L'activité Antimicrobienne et Antioxydante de L'huile Essentielle et des Composés Phénoliques du Pistachier Lentisque (*Pistacia lentiscus* L.). *Journal of fundamental and applied sciences .Appl. sci*, 6 (1), p 77-91.
- **Atefeibu, E.S.I.** (2002). Contribution à l'étude des tanins et de l'activité antibacterienne d'Acacia Nilotica Var Andesonii .Thèse de Doctorat, université cheikh Anta Diop de Dakar. (2002) p 33.
- **Atmani, D., Chaher, N., Berboucha, M., Ayouni, k., Loumis, H., Boudaoud, H.** (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112(2), p 303-309.
- **Babar Ali, M., Hahn, E.J., Paek, K.Y.** (2007). Methyl Jasmonate and Salicylic Acid Induced Oxidative Stress and Accumulation of Phenolics in Panax ginseng Bioreactor Root Suspension Cultures.
- **Bampouli, A., Kyriakopoulou, K., Papaefstathiou, G., Louli, V., Aligiannis, N., Magoulas, K.K., rokida, M.** (2015). Evaluation of total antioxidant potential of *Pistacia lentiscus* var. chia leaves extracts using UHPLC–HRMS. *Journal of Food engineering* (2015), Vol. 16, p12.
- **Bampoule, A., Kyriakopoulou, K., Papaefstathiou, G.** (2014). Comparison of Different Extraction Methods of *Pistacia lentiscus* var Chia Leaves: Yield, Antioxidant Activity and Essential Oil Chemical Composition. *J. Appl.Res.Met.Aromate.Plants*.1, p 81-91.

- **Banks, M.K., Schwab, P., Liu, B., Kulakow, P.A., Smith, J.S., Kim, R.** (2003). The effect of plants on the degradation and toxicity of petroleum contaminants in soil: a field assessment. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* p 78, 75–96.
- **Belhadj, S.** (2000). Les pistachiers algériens : Etat actuel et dégradation, Centre Universitaire de Djelfa, Algérie, p108.
- **Bellakhdar, J.** (2003). Le Maghreb à travers ses plantes : plantes, productions Végétal et traditions au Maghreb. Eds. Le fenec.
- **Belhachat, Djamilia.** (2019). Etude phytochimique des extraits de *Pistacia lentiscus* L. Activité antioxydante, antimicrobienne et insecticide. Thèse (2019).
- **Bensalem, G.** (2014). L'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) dans l'est algérien : caractéristiques physico-chimiques et composition en acides gras. Mémoire de Magister, Université Constantine (1). p 193.
- **Benyahia et Mahdaoui.** (2012). La pollution des sols par les hydrocarbures. Mémoire magister. Université Abderrahmane Mira Béjaia, Algérie.
- **Benrhieu. N; B.Farhi.** (2020). Etude de variabilité morphologique de quelques population de *Pistacia Lentiscus* L au centre d'Algérie.
- **Bensegueni, A., Belkhiri, A., Boulebda, N., Keck, G.** (2007). Evaluation de l'activité antioxydant de *Pistacia lentiscus* L. Ed: Estem, p 321, 329.26.
- **Bert, V et Deram, A.** (1999) « Guide des phytotechnologies : utilisation des plantes dans la dépollution et la réhabilitation des sites contaminés par les métaux lourds » France, Environnement et Développement alternatif.
- **Bertrand, Ar.** (2000). Devenir de la matière organique exogène. Un modèle : les hydrocarbures. In : Bianchi M, Marty D ; Bertrand J.C ; Caumette P ; et Gauthier M. J. (eds), Microorganismes dans les écosystèmes océaniques, Chapitre 13. Masson, Paris. p85-343.
- **Bessas, A; Benmoussa, L; Kerarma, M.** (2007). Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud Algérien. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie. (2007).
- **Boullard, B.** (2001). Dictionnaire des plantes médicinales du monde: Ed: Estem, p 414, 415.
- **Botsaris, George; Antia, Orphanides., Evgenia, Yiannakou., Vassilis, Gekas and Vlasios Goulas.** (2015). Antioxidant and Antimicrobial Effects of *Pistacia lentiscus* L. Extracts in Pork Sausages. *Food Technol. Biotechnol.* 53: p472–478 boues). Edition Dunod. Paris. p347.

- **Bourellier, P.H. et Berthelin, J.** (1998). Contamination des sols par les éléments traces : les risques et leur gestion. Académie des sciences, Paris, Rapport n°42, p 440.
- **Bruneton, J.** (1999). Pharmacognosie : phytochimie et plantes médicinales, 3ème édition. Tec et Doc Lavoisier, Paris. .
- **Chaineau, C. H., Morel, J. L et Oudot, J.** (1997). Phytotoxicity and plant Uptake of FuelOil hydrocarbons. J. Environ. Qual. V26. p 1478-1483.
- **Cherif, M.** (2016). Effets cicatrisants de produits à base d'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) sur les brûlures expérimentales chez le rat. Th. Doct. : Université des Frères Mentouri. Constantine, (2016), p42-44.
- **Colin, F.** (2000). Pollution localisées des sols et des sous-sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition TEC & DOC. p 417.
- **Colin, S., Crouzet, J.** (2011). Polyphénols et procédés. Lavoisier. P353.
- **Dabbs, C.W.** (1996). Oil Production and Environmental Damage [URL <http://environmentecology.com/environment-writings/759-oil-production-and-environmentaldamage.html>].
- **Dechamp, C ; Meerts, P.** (2003). « La phytoremédiation : Panacée pour l'environnement ou menace pour la biodiversité ? » les Naturalistes belges, n°82, p 135-148.
- **Dahmoune, F., Spigno, G., Moussi, K.** (2014). *Pistacia lentiscus* Leaves as a Source of Phenolic Compounds: Microwave-Assisted Extraction Optimized and Compared Withultrasound-Assisted and Conventional Solvent Extraction. Industrial Crops and Products, Vol 61 p31-40.
- **Delazar, A., Reid, R.G., Sarker, S.D.** (2004). GC-MS analysis of the essential oil from the oleoresin of *Pistacia atianica* var. *Mutica*. Chemistry of Natural Compounds. 40(1), p24-2.
- **Dellai, A; Souissi, H; Borgi, W; Bouraoui, A; Chouchane, N.** (2013). Antiinflammatory and antiulcerogenic activities of *Pistacia Lentiscus* L. leaves extracts. Industrial Crops and Products p 49, 879-882.
- **Djerbaoui, A.** (2011). Utilisation de souche bactérienne autochtone dans la production de bio surfactant et la bio remédiation des sols de Hassi Messaoud contaminés par les hydrocarbures. Diplôme de magister de science de la nature et de la vie, microbiologie appliquée, Ouargla.
- **Dogan, Y. S., Baslar, H.H; Mert and G, Ay.** (2003). Plants used as natural dye sources in Turkey. Econ. 54(4) p442-453.

- **Duchaufour, P.** (2001). Introduction à la science du sol : sol, végétation et environnement. 6ème édition MASSON, Paris Milan Barcelone p498.
- **Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N.,**
- **Boulaaba, M., Abdelly, C.** (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities .C. R. Biologies. (2008), Vol. 331; p372-379.
- **Fattal, P.** (2008). Pollution des cotes par les hydrocarbures. Presse universitaire de Rennes. p 498.
- **Gans, J.** (2005) « Améliorations informatiques révèlent une grande diversité bactérienne et une forte toxicité des métaux dans le sol ». Science 309(5739), p 1390 (<https://doi.org/10.1126/Science.1112665>).
- **Gardeli, C., Vassiliki, P., Athanasios, M., Kibouris, M., Komaitis, M.** (2008). Essential oil composition of *Pestacia lentiscus* L and *Myrtus communis*: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts, *food chemistry*: 107(03): p1120-1130.
- **Gausсен, H., Leroy, J.F., Ozenda, P.** (1982). Précis de Botanique2 – Les Végétaux Supérieurs .Ed Masson, 2 : p579.
- **GESAMP.** (1993). Joint Group of Experts on the scientific. Aspect of Marine Pollution (1993). Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine Environment GESAMP Reports and studies, Vol, 50. International Maritime Organization, London.
- **Ghedira, K.** (2005). Les flavonoïdes, structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 2005, Vol 3(4) ; p162-169.
- **Girard, C. M., Walter, C.H et Berthelin, J.** (2005). Sols et environnement. Edition DUNOD, paris (France). p529.
- **Gomez, D.** (2010). Etude approfondie de l'influence de la nature chimique des polluants d'hydrocarbures sur le calcul de risque sanitaire. Ecole de haute étude en santé publique, p74.
- **Hans, w., koth.** (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales. Ed: Terre: p242
- **HassanShahian, M et Cappello, S.** (2013). Grude oil biodegradation in the marine environments. *Biodegradation6engineering and technology*.
- **Hashempour, A., Ghazvini, R., Bakhshi, D.** (2010). Ascorbic Acid, Anthocyanins, and Phenolics Contents and Antioxidant Activity of Ber, Azarole, Raspberry, and Cornelian Cherry Fruit Genotypes Growing in Iran. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. Vol, 51(2): p83-88.

- **Harmens, H., Foan, L., Simon, V., Mills, G.** (2013). Terrestrial mosses as biomonitors of atmospheric POPs pollution: a review. *Environ. Pollut. Barking Essex* 1987 173, p245– 254.
- **Havugimana, E., Bhople, B.S., Kumar, A., Byiringiro, E., Mugabo, J. P., Kumar, A.** (2017). Soil pollution—major sources and types of soil pollutants. *Environmental science and engineering. Soil pollution and phytoremediation*, 11: p53-86.
- **Heller, R., Esnault, R., Lance, C.** (1998): *physiologie végétale, nutrition*. 6ème édition Dunod. Paris. p323.
- **Holen, A., Fireston M.K.**, (1997). Soil microorganisms in soil clean-up: How can we improve our understanding. *Journal of Environmental Quality*. Vol 26. N°1. P32-40.
- **Infante, C., Hernández-Valencia, I., López, L., Toro, M.** (2012). Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbon–Contaminated Soils in Venezuela, in: *Phytotechnologies*. CRC Press, p99–112.
- **Janakat, S., Al- Merie, H.** (2002). Evaluation of Hepatoprotective effet of pistacia lentiscus , phillyrea latifolia and Nicotiana glauca .*Journal of Ethanopharmacology*, 83(1-2), p135-138.
- **Kivçak, B., Akay, S.** (2005). Quantitative determination of α -tocopherol in Pistacia Kansole, M.M.R. Etude ethnobotanique, phytocuinimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de Leucas martinicansis (Jacquin) R. Brown, Hoslundia oppossta vahl et Orthosiphon pallidus royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme d’Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso, 2009 in fresh plums. *J. Agric. Food Chem*, 2003, Vol. 51(22); p6509-6515.
- **Khelout, Settouf.** (2004-2010). Impact de la pollution par le pétrole sur la stabilité structurelle d’un sol, p13.
- **Kordali, S., Cakis, A., Zengin, H., Duru, M.E.** (2003). Antifungal activities of the leaves of three pistacia species grown in turkey. *Fitoterapia*. 74(1), p164-167.
- **Koller, Emilien.** (2004). *Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchet, sol, boues)*. Edition Dunod. Paris. p347.
- **Krishnaiah, D., Sarbatly, R., Nithyanandam, R.** (2010). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food Bioprod Processing*. Phytochemical Laboratory Department of Chemical Engineering, School of Engineering and Information Technology University Malaysia Sabah Malaysia.

- Laigre, F.J.** (1996). Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Principaux rejets industriels en France, DPRP, p206.
- **Lardjane, N et Mecheraoui, H.,** (2001). Etude de la bioremédiation d'un sol pollué. Mémoire d'ingénieur d'état en chimie d'environnement, Université de Boumerdes.p51.
 - **Lecomte, P.** (1998). Les sites pollués. Traitement des sols et des eaux souterraines. 2eme Edition Lavoisier TEC et DOC. p204.
 - **Lemiere, B., Seguin, J.J., Le Guern, C., Guyonnet, D., Baranger, Ph., Darmendrail, D., Conil, P.** (2001). Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes applications dans un contexte d'évaluation détaillée des risques pour les ressources en eau.BRGM/RP-50662-FR.p103.
 - **Luigia, L., Anna, S., Giuseppe, V.** (2007). Identification and quantification of anthocyanins in the berries of *Pistacia lentiscus* L., *Phillyrealatifolia* L. and *Rubiaperegrina* L. Innovative Food Science and Emerging Technologies 8, p360-364.
 - **Macheix, J.J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C.** (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Suisse : Lausanne ; Presses polytechniques et universitaires Romandes (2005).
 - **Mamy, J.** (1993). Qualités, usages, fonctions des sols. In « La qualité des sols » supplément à chambres d'agriculture. 817 ; p6-7.
 - **Morgan, P., Watkinson, R.J.** (1994). Biodegradation of components of petroleum. Biochemistry of microbial degradation. VOL. 2 N°1. P1-31.
 - **Njoku, k., Akinola, O et Oboh, B.O.** (2009). Phytoremediation of crude oil contaminatedsoil. Edition marslandpress. p85.
 - **Norini , M.P.** (2007). Eco-dynamique des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des communautés microbiennes dans les sols à pollution mixte (HAP,métaux) avant et après traitement par biopile et par désorption thermique. Thèse de Doctorat, université Henri Poincaré, Nancy I. p303.
 - **Ogbo, E.M.** (2009). Effects of diesel fuel contamination on seed germination of four crop plants—*Arachis hypogaea*, *Vigna unguiculata*, *Sorghum bicolor* and *Zea mays*. *African Journal of Biotechnology*, 8(2), p250–253.
 - **Ouel mouhoub, S.** (2005). Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier casdes subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie).
 - **Palevitch, D., Yaniv,Z.** (2000). Medicinal plants of the Holy Land. Modan Publishing House, Tel Aviv, Israel.

- **Papageorgiou, V.P., Bacola., Christianopoulou, N.M., Apazidou, K.K.** (1997). Gaz chromatography mass spectroscopic analysis of the acidic triterpenic fraction of mastic gum. *Journal of Chromatography A*, 729, p263-273.
- **Peronny, S.** (2005). La perception gustative et la consommation des tannins chez le maki (*Lemur catta*). Thèse de doctorat. Muséum national d'histoire naturelle, France. p151.
- **Pilon-Smits, E.** (2005). « Phytoremediation » *Annual Review of plant. Biology*, Vol. 56, p15-39.
- **Quezel, P., Santa, S.** (1962). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales, Centre Nationale de la Recherche Scientifique .Paris. 2 volumes. p611-1170. .
- **Ramade, F.** (2007). Introduction à l'éco toxicologie fondamentales et applications. Edition Tec et Doc Lavoisier.
- **Raoul, C.** (2018). Les polluants dans le sol : Limiter leurs impacts environnementaux, 8 cité Paradis 75493 Paris Cedex 10, Edition France Agricole, (2018), p264.
- **Remila, S; Atmani-Kilani, D; Delemasure, S; Connate, J-L; Azib, L; Richard, T; Atmani, D.** (2015). Antioxidant, cytoprotective, anti-inflammatory and Anticancer activities of *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae) leaf and fruit extract. *European Journal of Integrative Medicine*, p274-286.
- **Romani, P., Pinelli, C., Galardi, N., Mulinacci, M and Tattini.** (2002). Identification and quantification of galloyl derivatives, flavonoid glycosides and anthocyanins in leaves of *Pistacia Lentiscus* L. *Phytochem Anal.* 13(2), p79-86.
- **Said, O., Khalil, K., Fluder, S., Azaizeh, H.** (2002). Ethno pharmacological survey of medicinal herbs in the Golan Height and the West Bank region. *Journal of Ethno pharmacology*. 83: p251-265.
- **Salomon, Jean-Noël.** (2003). Article Danger de Pollution; presses universitaires de Bordeaux p11.
- **Sanchez, W., Egea, E.** (2018). Risques sanitaires et environnementaux associés aux polluants émergents et aux nouveaux processus verts. *Environ Sci Pollut Res* 25, p6085-6086 (2018).
- **Schmidt, S., Zietz, M., Schreiner, M.** (2010). Genotypic and Climatic Influences on the Concentration and Composition of Flavonoids in Kale (*Brassica Oleracea* Var. *Sabellica*). *Food Chemistry*. 119 (4), p1293-1299.

- **Soltani, M.** (2004). Distribution lipidique et voies métaboliques chez quatre souches Gram négatif hydrocarbonoclastes, variation en fonction de la source de carbone. Thèse de doctorat de l'université de Paris. P (284).
- **Speight, J.G.** (2014). The chemistry and technology of petroleum-fifth. Edition CRC Press, Etats-Unis, p984.
- **Triantafyllou, A., Bikineyeva, A., Dikalova, R., Nazarewicz, S., Lerakis.** (2011). Phenolic compound biochemistry, Springer, Dordrecht. ISBN-10-1-4020-5163-8 (HB).
- **Verdin, A.** (2004). Les agents de la bioremédiation des sols pollués par les hydrocarbures aromatiques polycycliques, Déchets sciences et techniques, no 36, p30-37.
- **Vermerris, S. et Nicholson.** (2006). Phenolic compound biochemistry, Springer, Dordrecht. ISBN-10 1-4020-5163-8 (HB). (2006).
- **Zaouali, Y., Bel Hadj Yahya, I., Jaouadi, R., Messaoud, C., Boussaid, M.** (2018). Sex-related differences in essential oil composition, phenol contents and antioxidant activity of aerial parts in *Pistacia lentiscus* L. during seasons. Industrial Crops and Products, p151-159.
- **Zhu, Y.** (2020). Accumulation et sources potentielles de métaux lourds dans les sols de la région de Hetao, Mongolie intérieure, Chine, Pedosphere.
- **Zitouni, A., Belyagoubi, B.N., Ghembaza, N. T. F.** (2016). Assessment of Phytochemical Composition and Antioxidant Properties of Extracts from the Leaf, Stem, Fruit and Root of *Pistacia lentiscus* L. Int. J. Pharmacogn. Phytochem. P 627-633.

Annexes

Annexes

Tableau04: Résultats de test student de système aérien de PPT de *P. lentiscus*

		Test t pour des Echantillons Indépendants (Feuille de données2)									
		Note : Variables traitées comme des échantillons indépendants									
Groupe1 vs. Groupe2	Moyenne Groupe 1	Moyenne Groupe 2	valeur t	dl	p	N Actifs Groupe 1	N Actifs Groupe 2	Ec-Type Groupe 1	Ec-Type Groupe 2	Ratio F Variances	p Variances
P SANP vs. P SAP	2,206522	1,654552	2,027097	2	0,179865	2	2	0,317045	0,218569	2,104094	0,768492

Tableau05: Résultats de test student de système racinaire de PPT de *P. lentiscus*

		Test t pour des Echantillons Indépendants (Feuille de données2)									
		Note : Variables traitées comme des échantillons indépendants									
Groupe1 vs. Groupe2	Moyenne Groupe 1	Moyenne Groupe 2	valeur t	dl	p	N Actifs Groupe 1	N Actifs Groupe 2	Ec-Type Groupe 1	Ec-Type Groupe 2	Ratio F Variances	p Variances
P SRNP vs. P SRP	2,026562	0,125521	14,18077	2	0,004936	2	2	0,173094	0,077340	5,009070	0,535011

Tableau06: Résultats de test student de système aérien des flavonoides de *P. lentiscus*

		Test t pour des Echantillons Indépendants (Feuille de données2)									
		Note : Variables traitées comme des échantillons indépendants									
Groupe1 vs. Groupe2	Moyenne Groupe 1	Moyenne Groupe 2	valeur t	dl	p	N Actifs Groupe 1	N Actifs Groupe 2	Ec-Type Groupe 1	Ec-Type Groupe 2	Ratio F Variances	p Variances
FT SANP vs. FT SAP	2,798654	1,424431	5,496470	2	0,031543	2	2	0,285478	0,208618	1,872576	0,803515

Tableau07: Résultats de test student de système racinaire des flavonoides de *P. lentiscus*

		Test t pour des Echantillons Indépendants (Feuille de données2)									
		Note : Variables traitées comme des échantillons indépendants									
Groupe1 vs. Groupe2	Moyenne Groupe 1	Moyenne Groupe 2	valeur t	dl	p	N Actifs Groupe 1	N Actifs Groupe 2	Ec-Type Groupe 1	Ec-Type Groupe 2	Ratio F Variances	p Variances
FT SRNP vs. FT SRP	3,120635	0,414286	21,98856	2	0,002062	2	2	0,162747	0,061732	6,950413	0,461606

Tableau08: Résultats de test student de système aérien des tanins hydrolysables de *P.lentiscus*

		Test t pour des Echantillons Indépendants (Feuille de données2)									
		Note : Variables traitées comme des échantillons indépendants									
Groupe1 vs. Groupe2	Moyenne Groupe 1	Moyenne Groupe 2	valeur t	dl	p	N Actifs Groupe 1	N Actifs Groupe 2	Ec-Type Groupe 1	Ec-Type Groupe 2	Ratio F Variances	p Variances
TH SANP vs. TH SAP	29,71196	20,93478	3,023449	2	0,094193	2	2	3,343385	2,382642	1,969043	0,788341

Tableau09:Résultats de test student de système racinaire des tanins hydrolysables de *P.lentiscus*

		Test t pour des Echantillons Indépendants (Feuille de données2)									
		Note : Variables traitées comme des échantillons indépendants									
Groupe1 vs. Groupe2	Moyenne Groupe 1	Moyenne Groupe 2	valeur t	dl	p	N Actifs Groupe 1	N Actifs Groupe 2	Ec-Type Groupe 1	Ec-Type Groupe 2	Ratio F Variances	p Variances
TH SRNP vs. TH SRP	37,05833	4,016667	10,11608	2	0,009631	2	2	1,826693	4,242641	5,394381	0,517657

Résumé

La contamination du sol aux hydrocarbures a des conséquences graves sur les écosystèmes, ces éléments sont par nature non biodégradables, et sont d'une forte toxicité environnementale qui peut être impliquée dans de nombreuses maladies.

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'influence de la pollution aux hydrocarbures sur les paramètres biochimiques (les composés phénoliques, les tannins hydrolysables, flavonoïdes totaux) de système aérien et système racinaire de *Pistacia lentiscus* dans le sol pollué et dans le sol témoin, et de déduire le potentiel de cette plante à la phytoremédiation.

Les résultats obtenus montrent une diminution de la teneur en composés phénoliques (PPT, tannins hydrolysables, flavonoïdes) qui s'accompagne d'un faible développement de cette espèce.

Malgré le faible développement dans des conditions de pollution, *P.lentiscus* est considéré comme une plante résistante face aux hydrocarbures et approprié à la phytoremédiation.

Les mots clés : *Pistacia lentiscus*., paramètres biochimiques, hydrocarbures, phytoremédiation.

Abstract

The contamination of the soil with hydrocarbons has serious consequences on the ecosystems, these elements are by nature no-biodegradable, and are of high environmental toxicity which can be involved in many diseases.

The objective of this work is to study the influence of hydrocarbon pollution on the biochemical parameters (phenolic compounds, hydrolysable tannins, total flavonoids) of the aerial system and root system of *Pistacia lentiscus* L in the polluted soil and in the control soil, and to deduce the potential of this plant for phytoremediation.

The results obtained show the decrease in the content of phenolic compounds (PPT, hydrolysable tannins, flavonoids), as well as this decrease in these biochemical parameters is accompanied by a weak development of this species.

Despite the poor development in polluted condition, *P.lentiscus* is considered a resistant plant against organic pollutants, and suitable for phytoremediation.

Key words: *P.lentiscus* L, biochemical parameters, hydrocarbons, phytoremediation.