

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département des Sciences Biologique



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Spécialité : Protection de l'environnement

THÈME

**Contribution à l'étude de l'influence de deux
fongicides ; Difénoconazole et Himéxazole, et un
herbicide le Glyphosate sur la germination et la
croissance du Pin d'Alep
(*Pinus Halepensis* M.)**

Présentée par : M^{elle} LAKHDARI Souhila

Devant le jury :

Présidente : Mme Hannachi L. Maître de conférences U.M.M.T.O

Promotrice : M^{elle} Daoudi H. Maître assistante classe A U.M.M.T.O

Examinatrice : M^{elle} Ali Ahmed S. Maître assistante classe B U.M.M.T.O

Promotion 2016 - 2017

Remerciement

Avant tout. Je remercie le bon Dieu tout puissant qui m'a donné la force et de m'avoir permis d'arriver à ce stade là.

Ma première pensée va tout naturellement à ma promotrice **M^{elle} Daoudi H.**, maître assistant classe A et chargée de cours, qui suit fidèlement mon travail. Je tien à la remercie pour son encadrement, pour la confiance qu'elle m'a témoignée en me confiant ce travail et pour m'avoir donnée les moyens d'arriver au bout de ce projet. J'ai apprécié sa grande chaleur humaine et sa disponibilité quotidienne.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Je voudrais remercier **Mme Hannachi L.**, Maître de conférences U.M.M.T.O qui m'a honoré d'avoir accepté de présider le jury. Je remercie également **M^{elle} Ali Ahmed S.**, Maître assistante classe A U.M.M.T.O qui a accepté d'examiner ce travail.

Je teins particulièrement à remercier **Mr Si Salem A.**, Maître de conférence à l'université de Bejaïa, qui a apporté une aide efficace et une part active à l'élaboration de ce travail.

Il me reste, pour terminer, l'agréable devoir de remercier tout personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A la mémoire de Mr Messaoudane

Que Dieu l'accueille dans son vaste Paradis

A Mes Très Chers Parents

*Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour
que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne
pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé
de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*

A mon très cher Mari Serir Hamza

A mon cher frère Yacine

A ma chère sœur Ikrame

A toute la famille Lakhdari et Doulache

A ma chère amie Naili Hakima

Souhila qui vous aime

Liste des figures

Figure 1 : Aire de répartition de Pin d'Alep et Pin Brutia (Quézel et Médail 2003)

Figure 2. Evolution du taux de germination de *P. halepensis* témoin (T) et traité au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H) en fonction du temps.

Figure 3. Temps moyens de germination de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 4. Vitesse de la germination de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 5. Taux final de levé de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 6 : Le poids sec des systèmes racinaires des plantules de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 7 : Le poids sec des systèmes aériens de de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 8 : La biomasse foliaire des plantules de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 9 : le rapport poids sec des systèmes racinaires (SR) sur le poids sec des systèmes aériens (SA) des plantules de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Figure 10 : la teneur en eau des plantules de Pin d'Alep témoin (T) et traitées au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

Liste des tableaux

Tableau I: Modes d'action des herbicides (Calvet *et al.*, 2005; Berrah, 2011)

Tableau II : Modes d'action des fongicides (Calvet *et al.*, 2005 ; Berrah, 2011)

Tableau III : Superficies forestières du Pin d'Alep dans certain pays méditerranéens.

Tableau IV. Taux de germination de *Pinus halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H) en fonction du temps.

Tableau V : tableau récapitulative des résultats.

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

Partie I : Rappel bibliographique

I- les pesticides

I-1-Définition des pesticides	3
I-2-Classification des pesticides	3
I-2-1-Les insecticides	3
I-2-2-Les herbicides	3
I-2-2-1-Définition	3
I-2-2-2-Classification et mode d'action	3
I-2-3-Les fongicides	5
I-2-3-1- Définition	5
I-2-3-2-Classification et mode d'action	6
I-3-Effets des pesticides	7
I-3-1-Effets sur la santé humaine	7
I-3-2-Effet sur le sol	8
I-3-3-Effet sur les végétaux	8
I-3-4-Effet sur les animaux	9

II- le pin d'Alep

II-1- La classification de Pin d'Alep	10
II-2- Caractéristiques botaniques	10
II-3- Aire de répartition du Pin d'Alep	11
II-3- Les exigences écologiques du Pin d'Alep	13
II-4-1- Altitude	13
II-4-2- Climat	13
II-4-3- Les exigences édaphiques	14
II-5- Les maladies du Pin d'Alep en pépinières	14

Partie II : Matériels et Méthodes

1- Provenance des graines de Pin d'Alep	15
2- Les pesticides utilisés	15
3- Etude de l'influence des pesticides sur la germination	15
3-1- Tests de germination en boîtes de Pétri	15
3-1-1- Les traitement pesticides	15
3-1-2- Mise en germination	16
3-2- Test de germination sur substrat en barquette alvéolaire	16
4- Etude de l'influence des pesticides sur la croissance	17
5- Etude de l'influence des pesticides sur la teneur en eau des plantules.....	17
6- Analyse statistique	18

Partie III : résultats et discussion

I-Influence des pesticides sur la germination	19
I-1-Dans les boites de Pétris	19
I-1-1-Taux de germination	19
I-1-2-Temps moyen de germination	21
I-1-3- Vitesse de germination	21
I-2- Sur substrat en barquettes alvéolaires	22
I-2-1- Taux de levée	22
II- Influence des pesticides sur la croissance du Pin d'Alep	23
II-1- Influence des pesticides sur le poids sec de système racinaire	23
II-2- Influence des pesticides sur le poids sec de système aérien	24
II-3- Influence des pesticides sur la biomasse foliaire	24
II-4- Influence des pesticides sur le rapport de poids sec de système racinaire sur le poids sec de système aérien (SR/SA)	25
III- Influence des pesticides sur la teneur en eau	26
IV- Tableau récapitulative des résultats	27
V- Discussion	28
Conclusion général	31

Références bibliographiques

INTRODUCTION GENERALE

Les pesticides constituent un moyen de lutte efficace contre les différentes maladies qui touchent les végétaux et sont nécessaires au maintien, voire à l'augmentation des rendements agricoles. Cependant, leur usage intensif s'accompagne d'une contamination des écosystèmes terrestres et aquatiques. En effet, la majorité des pesticides sont persistants, surtout dans les sols montrant une faible activité microbiologique pour les dégrader (Fomsgaard, 1995). Mais les problèmes des pesticides ne sont pas liés qu'à leur persistance mais aussi à leur non spécificité et leur accumulation dans le milieu (Ramade, 2005).

Les pesticides sont largement et régulièrement utilisés dans les forêts et les pépinières dont 42% étaient des herbicides, 40% des fongicides et 18% des insecticides (Juntunen 2001 *in* Tarja et Tanski, 2002).

Il existe principalement trois catégories de pesticides à savoir : les insecticides pour lutter contre les insectes, les herbicides pour lutter contre les plantes adventices nuisibles et les fongicides pour lutter contre les champignons (Bazzi, 2010).

Plusieurs études ont été menées sur l'impact des pesticides sur la germination et la croissance de nombreuses espèces végétales (Ramade, 1978). Cependant, les résultats de ces études sont très controversés ; des effets neutre, positif et négatif sont rapportés par les auteurs (Calvet *et al.*, 2005)

Le Pin d'Alep est une espèce largement répandue sur le pourtour méditerranéen et particulièrement en Algérie où il occupe une superficie de 3.5 millions hectares C'est une espèce qui a une importance écologique et économique. Ecologiquement, c'est une espèce du semi-aride qui peut supporter les températures élevées (Quézel, 1980 et Nahal, 1962) et donc peut sauver la région méditerranéenne en cas de réchauffement climatique (Vennetier, 2011). Economiquement le bois de Pin d'Alep est de qualité et de coût élevé dans les marchés régionaux et mondiaux (Bettayeb et Azzaoui, 2010)

Vu cette importance, le Pin d'Alep est privilégié dans les reboisements dans certains pays comme l'Algérie. Mais la production des plants destinés aux reboisements en pépinières est confrontée à plusieurs problèmes tels que la fonte des semis due essentiellement aux champignons des genres *Pythium* et *Fusarium* et aux mauvaises herbes (Perrin, 1986) causant de fortes mortalités. Ainsi, de nombreux pesticides sont utilisés en pépinière forestières à titre préventif pour augmenter les taux de survie des plantules.

L'Algérie est classée parmi les pays qui utilisent le plus les pesticides de façon massive et répétée en agriculture comme dans la production des plants en pépinières destinés aux reboisements (Kheddam-Benadjal, 2012).

L'objectif de notre travail est l'étude de l'effet de deux fongicides, l'Hyméxazole et le Difénoconazole et d'un herbicide, le Glyphosate, sur la germination en boîtes de Pétri et dans des barquettes alvéolaires sur sol (prélevé au pied d'arbres de Pin d'Alep), sur la croissance par la mesure de différents paramètres morphologiques (le poids sec de système racinaire, poids sec de système aérien, poids sec de système racinaire/ système aérien et le poids sec de la biomasse foliaire) et sur la teneur en eau des plantules de Pin d'Alep.

Ce mémoire est divisé en trois parties :

- Une première partie consacré à un rappel bibliographique sur les pesticides (essentiellement les fongicides et les herbicides) et le Pin d'Alep.
- Le deuxième partie : matériels et méthodes consacré à la description du matériel et des méthodes utilisés.
- Le troisième et dernière partie où les résultats obtenus ont été exposés avec une interprétation suivie d'une discussion.

PARTIE I : RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

I- Les pesticides

I- 1-Définition des pesticides :

. Le terme pesticide couvre un champ plus vaste et général que l'expression, souvent utilisée « produit phytosanitaire » car il englobe toute substance, naturelle ou de synthèse, capable de contrôler, de repousser ou de détruire des organismes dits nuisibles, ou indésirables ou les médicaments destinés à protéger les animaux domestiques et les gibiers (Bliefert et Perraud, 2001 in El azzouzi, 2013)

I- 2-Classification des pesticides :

Il existe plusieurs critères pour la classification des pesticides, parmi ces critères :

- Le mode d'action : herbicides, fongicides, insecticides...etc
- La composition chimique : les amides, les organochlorés, les triazines....etc

Nous adoptons la classification la plus utilisée basée sur le critère mode d'action qui repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe plusieurs familles. Les insecticides, les herbicides et les fongicides sont les plus utilisées dans le monde.

I- 2-1-Les insecticides

Les insecticides sont des produits destinés à tuer ou empêcher le déroulement normal du cycle de vie des insectes par la perturbation des processus vitaux par action chimique (El azzouzi, 2013). Ils peuvent être des produits organiques ou inorganiques, naturelles ou synthétiques (Calvet *et al.*, 2005 ; El azzouzi, 2013). Les familles les plus importantes sont les organophosphorés, les organochlorés et les insecticides d'origine végétale.

I- 2-2-Les herbicides

I-2-2-1-Définition

Les herbicides sont également appelés désherbants. Ils sont destinés à limiter l'installation et la croissance des adventices ou de mauvaises herbes. Ils peuvent être sélectifs ou totaux (Calvet *et al.*, 2005 ; El azzouzi, 2013)

I-2-2-2-Classification et modes d'actions :

Les herbicides sont classés selon leurs modes de pénétration et de circulation dans les plantes en plusieurs familles :

-herbicides à pénétration racinaire : appliqués sur le sol, ils pénètrent par les organes souterrains des végétaux (racines des plantules) (Calvet *et al.*, 2005).

-herbicides à pénétration foliaire : appliqués sur les feuillages, ils pénètrent par les organes aériens des végétaux (feuilles et tiges) (Calvet *et al.*, 2005).

- herbicides de contact : herbicides qui agissent après pénétration plus ou moins profonde dans les tissus, sans aucune migration d'un organe à un autre de la plante traitée (Calvet *et al.*, 2005).

- herbicides systémiques : herbicides capables d'agir après pénétration et migration d'un organe à un autre de la plante traitée (Calvet *et al.*, 2005).

Dans chaque famille on distingue plusieurs modes d'action selon les cibles moléculaires attaquées par l'herbicide. Les cibles moléculaires les plus fréquemment attaquées par les herbicides sont les constituants des membranes (protéines et lipides) et les enzymes. Ainsi, des processus fondamentaux tels que la photosynthèse, les transports membranaires, la division cellulaire et la croissance sont affectés par ces herbicides (Tableau I).

Le Glyphosate est le désherbant le plus utilisé dans le monde, essentiellement, en agriculture. C'est un herbicide total foliaire systémique, absorbé par les feuilles et peu sélectif. (Acquavella *et al.*, 2004). Il inhibe les enzymes 5-énolpyruvique-shikimate-3-phosphatesynthétase (EPSP) essentielle à la vie végétale et bloque ainsi la synthèse des acides aminés aromatiques au niveau de tous les organes de réserve (feuille, rhizome, bulbe) ; ces acides aminés participent à la synthèse des vitamines et de nombreux métabolites secondaires.

Tableau I: Modes d'action des herbicides (Calvet *et al.*, 2005; Berrah, 2011)

Famille d'Herbicides	Modes d'action
Herbicides à pénétration racinaire	<ul style="list-style-type: none"> • Altération de la membrane cellulaire • Altération de l'osmose et autre mécanisme de transport membranaire.
Herbicides à pénétration foliaire	<ul style="list-style-type: none"> • Dessèchement des parties vertes par l'attaque des membranes cellulaires. • Inhibition de la synthèse des chlorophylles.
Herbicides de contact	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibition de la division cellulaire durant la métaphase. • Inhibition enzymatique. • Inhibition de la production de l'ATP.
Herbicides systémiques	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibition de la photosynthèse en empêchant le transfert des électrons à partir du photosystème I. • Inhibition de la synthèse des lipides, des pigments et des acides aminés • Inhibition de la synthèse de la cellulose de la paroi-cellulosique provoquant la perturbation de la croissance.

I-2-3-Les fongicides :**I-2-3-1- Définition :**

Un fongicide est un produit phytosanitaire conçu exclusivement pour tuer ou limiter le développement des champignons parasites des végétaux (Calvet *et al.*, 2005). Les fongicides s'attaquent aux spores des champignons en empêchant leur germination ou bloquent les divisions cellulaires des champignons (Tableau II) (Severin *et al.*, 1991 in El azouzzi, 2013).

I-2-3-2-Classification et modes d'actions :

Les fongicides sont classés en trois familles selon leur mode d'action (Tableau II)

- **Les multi-sites :** ce sont des fongicides possédant plusieurs sites d'action et n'ont pas de cible moléculaire spécifique d'où leur non spécificité s'attaquant aux organismes cibles et non cibles (Carisse, 2008)
- **Les unisites :** ce sont des substances systémiques pénétrant par les racines ou les feuilles. Ils agissent sur un nombre très limité de cibles, souvent sur une seule. ils sont plus spécifiques (Berrah, 2011).
- **Les anti- mitotiques :** ce sont des fongicides qui se transforment après leur absorption en carbendazime qui est un antimitotique. Ils sont des substances qui s'opposent à la mitose (Berrah, 2011).

Le Difénoconazole est un fongicide systémique appartenant à la famille chimique des triazoles. Il contrôle un large spectre de maladies foliaires, de semences et du sol qui sont causées par les Ascomycètes, les Basidiomycètes et les Deutéromycètes. Il agit de manière préventive et curative au niveau de la synthèse des stérols et il empêche la croissance des champignons dans les tissus végétaux (Berrah, 2011).

L'Hyméxazole est un fongicide systémique de la famille des isoxasole , il est un fongicides de contact à action protectrice et curative. Il inhibe le développement de plusieurs champignons comme *Pythium* (Davet et rouxel, 1997). Il empêche les champignons d'assurer leurs activités par inhibition de la synthèse de l'ATP (Shigehiro *et al.*, 1990).

Tableau II : Modes d'action des fongicides (Calvet *et al.*, 2005 ; Berrah, 2011)

familles des fongicides	mode d'action
Les multi-sites	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibition de la germination des spores. • Inhibition de production d'ATP chez les champignons. • Ils désactivent les enzymes et les coenzymes impliqués dans la respiration.
Les uni-sites	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibition des complexes I et III de la chaîne respiratoire. • Inhibition de la synthèse des stérols. • Inhibition de la synthèse des chitines et des glucanes des parois.
Les antimétabolites	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibition de l'ARN polymérase. • Perturbation de la ségrégation des chromosomes.

I-3-Effets des pesticides :

Les pesticides ont un rôle important dans le domaine de l'agriculture car leur utilisation permet d'améliorer et d'augmenter les rendements pour satisfaire les besoins de l'humanité. Cependant, ces pesticides présentent des risques et des dangers pour la santé humaine et l'environnement car ils sont persistants et peu spécifiques et provoquent des effets nocifs même chez les organismes non cibles (El azzouzi, 2013).

I-3-1-Effets sur la santé humaine :

Les pesticides regroupent un nombre très important de substances dont la toxicité et les effets sur la santé sont variables (Feillet, 2012).

- Certains sont peu toxiques mais extrêmement persistants ; ils deviennent alors dangereux du fait de leur accumulation dans les organismes et dans l'environnement (Feillet, 2012)

- D'autres sont très toxiques à court terme, et peuvent provoquer des intoxications aiguës, notamment chez les utilisateurs. Ils peuvent provoquer des atteintes dermatologiques, neurologiques, hépatiques, cardiovasculaires et respiratoires. Ils peuvent être responsables de troubles du système immunitaire ou reproductif. Ils peuvent aussi être cancérigènes (Feillet, 2012).

- A la toxicité des matières actives peut s'ajouter celle des solvants et autres additifs, dans lesquels ils sont souvent préparés, qui se traduisent le plus souvent par une irritation plus ou moins intense (Feillet, 2012).

I-3-2-Effet sur le sol :

L'exposition des organismes du sol est inévitable dans les parcelles cultivées soumises à des traitements phytosanitaires. Un déclin des effectifs de ces organismes est en général évoqué depuis que les pesticides sont utilisés de façon intensive.

-Les pesticides diminuent les effectifs des nématodes bactériophages favorables au développement de la biomasse bactérienne dans les agro-écosystèmes (Berkelmans *et al.* 2003, Ferris *et al.* 1996, Freckman et Ettema, 1993 et Neher et Olson, 1999 *in* Hole *et al.*, 2005). Les vers de terre sont deux fois plus nombreux dans les systèmes biologiques sans pesticides de synthèse (Pfiffner et Mader, 1997 *in* Hole *et al.*, 2005). Cette diminution des effectifs des organismes de sol provoque une diminution de la fertilité des sols (Karen et Wijnard, 2014).

-Certains fongicides diminuent le développement des champignons mycorhiziens présents dans le sol réduisant ainsi la mycorhization des plantes et supprimant tous les effets bénéfiques de cette symbiose mycorhizienne pour les plantes (Trappe *et al.*, 1984).

-Certains pesticides peuvent être sans effet ou peuvent même avoir un effet positif, en constituant eux-mêmes ou en libérant après biodégradation, des substances qui peuvent être utilisées par certaines espèces de la microflore du sol comme source d'énergie (Karen et Wijnard, 2014).

Les pesticides modifient la microflore du sol en éliminant une ou plusieurs des espèces qui la compose. Cette modification pourrait être bénéfique si les espèces attaquées sont indésirables, cependant l'élimination de certaine espèces peut provoquer Le ralentissement de la dégradation des pesticides et leur accumulation dans les sols d'où prolongement de leur effets sur la microflore a une influence sur la microflore par ce que ils sont considéré comme des polluants (Calvet *et al.*, 2005).

I-3-3-Effet sur les végétaux :

Les pesticides peuvent avoir des effets négatifs directs et/ou indirects sur de nombreuses espèces végétales contaminées par voie stomatique, épidermique ou racinaire.

-Les effets directs se traduisent par un dessèchement des végétaux et donc une diminution de la couverture végétale (Berrah, 2011).

-Les effets indirects se traduisent par une inhibition ou une réduction de la croissance due essentiellement à la diminution de la fertilité des sols (liée aux effets sur les microorganismes impliqués dans le recyclage de la matière) et de la mycorhization. La régression des populations des insectes pollinisateurs est responsable de la diminution de la productivité (Karen et Wijnard, 2014).

-La diversité des plantes sauvages dans les champs agricoles et leurs bordures est en déclin à cause de l'utilisation des pesticides (Hole *et al.*, 2005).

-Certains fongicides peuvent provoquer des stress lorsque ils sont appliqués sur les plantes cultivées (Saladin et Clément, 2005 *in* Bougdour *et al.*, 2013) ; ils peuvent provoquer une modification de la fixation de CO₂ et de la teneur en pigment photosynthétique d'où une réduction de la photosynthèse (Saladin et al, 2003 *in* Bougdour *et al.*, 2013).

I-3-4-Effet sur les animaux :

Les pesticides ont des effets sur les animaux non cibles, contaminés soit directement par leur biotope (air, sol et eau) soit indirectement à travers la chaîne trophique par ce que les pesticides peuvent s'accumuler graduellement dans les chaînes alimentaires.

-Les résidus de pesticides dans les aliments consommés par les vertébrés peuvent entraîner la mort. Les granulés de formulation ou les semences traitées représentent également un risque d'ingestion plus important lorsqu'ils sont utilisés par les oiseaux comme nourriture ou comme particules de broyage (Mc Laughling et Mineau, 1995).

-De nombreuses espèces animales telles que la tortue, l'Alligator, des poissons, des mollusques, des insectes sont affectées par les effets néfastes des pesticides (Giroux, 1992 ; Willemsen et Hailey, 1989).

II- Le Pin d'Alep

II-1- La classification de Pin d'Alep

Le Pin d'Alep est une espèce du genre *Pinus*, et du sous-groupe *halepensis*. Ce groupe est essentiellement représenté par deux espèces *Pinus halepensis* Mill et *Pinus brutia* Ten appartenant exclusivement au circumméditerranéen (Nahal, 1986 ; Ozenda, 2006).

Règne : *Plantae*

Sous-règne : *Tracheobionta*

Embranchement : *Spermaphytes*

Sous-embranchement : *Gymnospermes*

Classe : *Pinopsida*

Ordre : *Coniferales*

Famille : *Pinaceae*

Sous-famille : *Pinoideae*

Genre : *Pinus*

Espèce : *halepensis* (Miller, 1968) Subsp. *halepensis*

((Quézel et Médail, 2003)

II-2- Caractéristiques botaniques

Le Pin d'Alep est un arbre toujours vert, d'une hauteur d'environ 20 à 30 m, souvent penché et peu droit, à cime claire, écrasée et irrégulière (Rameau *et al.*, 2008).

Le système racinaire des jeunes plantules est pivotant présentant de nombreuses radicelles, dites chevelues, à croissance rapide. Et chez les adultes la racine pivot disparaît peu à peu (Rameau *et al.*, 2008). Les racines sont souvent mycorhizées (Kadik, 1987).

L'écorce des jeunes plantules est lisse et gris argenté, et chez les adultes elle présente des gerçures en écailles sombres (Seigue, 1985 ; Rameau *et al.*, 2008).

Les branches sont légèrement étalées. Les rameaux sont fins, de couleur vert clair puis gris clair (Seigue, 1985 ; Rameau *et al.*, 2008).

Les feuilles sont sous forme d'aiguilles de 1 mm d'épaisseur et d'environ 6 à 10 cm de longueur. Elles sont groupées par deux, de couleur vert grisâtre et persistantes 2 à 3 ans sur l'arbre (Seigue, 1985 ; Rameau *et al.*, 2008).

Le Pin d'Alep est une espèce monoïque, portant deux types d'inflorescence : des cônes mâles de couleur jaune teintée de rouge et des cônes femelles pédonculés roses et violacés (Seigue, 1985 ; Rameau *et al.*, 2008).

C'est un arbre qui fructifie très tôt ; à partir de 10 à 12 ans, mais les graines ne sont fertiles qu'à partir de 18 à 20 ans. La fructification a lieu en été et en automne de l'année suivante après fécondation (Seigue, 1985 ; Rameau *et al.*, 2008).

Les graines, comestibles, sont de petite taille, grises mouchetées sur une des faces, de 5 à 7 mm de longueur avec des ailes 4 fois plus longue que la graine (seigue, 1985).

II-3- Aire de répartition du Pin d'Alep :

Le Pin d'Alep constitue l'une des essences majeures sur le pourtour méditerranéen où il occupe plus de 3.5 millions hectares (Quezel, 1986). Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers (Quézel et Médail, 2003; Tsitsoni 2009).

Cette espèce est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne. Il est abondant et bien développé en Tunisie et en Espagne, peu abondant en Maroc, et rare au Italie (Tableau III).

En Algérie, le Pin d'Alep occupe 35% de la surface boisée (Mezali, 2003). Il est présent dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride. Il est abondant à l'ouest d'Alger, dans les hauts plateaux et l'Atlas saharien (Kadik 1983). Il existe naturellement dans les forêts des monts de Tébessa, des monts de Saida et Mascara. Il est aussi la première espèce de reboisement ; il est utilisé dans presque tous les projets de reboisement notamment dans le barrage vert (Bentouati, 2006).



Figure 1 : l'aire de répartition de Pin d'Alep et pin Brutia (Quézel et Médail 2003)

Tableau III : Superficies forestières du Pin d'Alep dans certain pays méditerranéens.

Pays	Superficie (ha)	Source
Espagne	1 046 978	Montéro (2000)
Algérie	800 000	Mezali (2003)
Tunisie	170 000 à 370 000	Chakroun (1986) Ammari <i>et al</i> (2001)
Grèce	330 000	Seigue (1985)
France	202 000	Couhert et Duplat (1993) Bochiero <i>et al</i> (1999)
Maroc	65 000	Bakhiyi (2000)
Italie	20 000	Seigue (1985)

II- 4- Les exigences écologiques du pin d'Alep :

II- 4-1- Altitude :

Le Pin d'Alep se développe essentiellement aux étages thermo et méso-méditerranéens c'est-à-dire entre 0 et 300 – 600 m en Méditerranée septentrionale (France) et entre 0 et 1200 – 1400 m en Méditerranée méridionale (Maroc et Algérie) (Quézel, 1980 ; Quézel et Médail, 2003). Il peut s'élever jusqu'à 2600 m dans le Haut Atlas central et même à 2800 m en individus épars (Quézel, 1986)

II- 4-2- Climat:

Selon Quézel (1980) et Nahal (1962), le Pin d'Alep apparaît dans des zones où les précipitations sont comprises entre 200 et moins de 1500 mm. Il présente son développement optimal entre 350 et 700 mm, c'est-à-dire dans les bioclimats semi-aride et subhumide.

II- 4-3- Les exigences édaphiques :

Le Pin d'Alep peut végéter sur des substrats extrêmement variés, mais il est possible de mettre en évidence certaines préférences (Quézel, 1986).

Il pousse essentiellement sur les substrats marneux et calcaro-marneux parce qu'ils sont des sols profonds et accessibles à son système racinaire (Braun-Blanquet, 1936 *in* Quézel et Médail, 2003). Mais il existe aussi sur les calcaires compacts fissurés et les terra rossa (Molinier, 1934 *in* Quézel et Médail, 2003) et les substrats non calcaires comme les schistes et les micaschistes comme le cas dans le littoral Algérois (Quézel, 1986). En revanche il ne tolère pas les substrats sablonneux, hlo-gypseux et limoneux ni les substrats où existent des nappes aquifères permanentes ; l'eau provoque l'asphyxie de son système racinaire (Quézel, 1986 ; Quézel et Médail, 2003).

II- 5-Les maladies du Pin d'Alep en pépinières :

Le Pin d'Alep est une espèce sensible aux attaques de nombreux agents pathogènes (insectes, parasites, champignons et bactéries). Ces derniers attaquent les graines, les plantules et les arbres (Hamrouni *et al.*, 2011). La première étape de la croissance de la plante, le stade plantule, est le plus sensibles aux pathogènes (Chaba *et al.*, 1994)

Les maladies, nombreuses et dommageables, constituent le principal obstacle qui réduit la production du Pin d'Alep en pépinières. La graine peut transporter des parasites capables de provoquer plusieurs maladies comme la fonte de semis qui représente la maladie la plus fréquente en pépinières. Cette maladie est, essentiellement, provoquée par *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* et *Pythium sp* qui induit un dessèchement des plantules après la germination (Hamrouni *et al.*, 2011)

La nécrose racinaire affecte le système racinaire des plantules causant l'arrêt de croissance, le jaunissement des feuilles et parfois la mort des plantules. Ce sont souvent les mêmes agents pathogènes qui provoquent la fonte des semis et la nécrose racinaires (Perrin, 1986).

Le semis de Pin d'Alep, en pépinière, est aussi confronté à l'apparition des mauvaises herbes qui cause une diminution du taux de levée et même la fonte des semis (Chaba *et al.*, 1994)

PARTIE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

1-Provenance des graines de Pin d'Alep

Les graines de Pin d'Alep utilisées ont été récoltées en juin 2016, de la Forêt de Bainem située dans la wilaya d'Alger, par l'institut de recherche INRF. Cette forêt s'étend sur 504 ha entre 80 et 500 m d'altitude. Elle est caractérisée par des sols qui sont des terra rosa à tendance acide (Ghezali, 2012). Le climat est typiquement méditerranéen et l'étage bioclimatique est sub-humide à hiver chaud. Les précipitations sont de 716.77 mm/an, et la température maximale est de 29.84 °C et la température minimale est 7.47 °C (Makhloufi, 2011).

Les graines ont été conservées au réfrigérateur dans des conditions de froid sec à 4°C.

2-Les pesticides utilisés

Nous avons étudié l'effet de trois pesticides : deux fongicides et un herbicide.

- L'herbicide utilisé est le Glyphosate, désherbant le plus utilisé dans le monde et souvent utilisé en pépinières forestières (Berrah, 2011).

- Les fongicides utilisés sont le Difénoconazole et l'Hyméxazole, qui sont souvent utilisés en pépinières forestière contre les champignons qui attaquent les graines ou les plantules (Berrah, 2011).

Nous avons testé les doses prescrites sur les flacons.

3-Etude de l'influence des pesticides sur la germination

3-1- Tests de germination en boîtes de Pétri

3-1-1- Les traitement pesticides

Nous avons constitué quatre lots de 125 graines chacun :

- Un lot de graines mis dans un bécher contenant 150 ml d'eau distillée qui constitue le lot témoin

- Un lot de graines mis dans un bécher contenant 150 ml d'une solution de Glyphosate d'une concentration de 48% de matière active qui est la concentration de fabricant.

- Un lot de graines mis dans un bécher contenant 150 ml de Difenoconazole d'une dose de 25% de matière active (concentration de fabricant).

- Un lot de graines mis dans un bécher contenant 150 ml d'Hymexazole d'une dose de 30% de matière active qui est le pourcentage de fabricant.

La durée de ces différents traitements (eau distillée et solutions de pesticides) est d'une heure.

3-1-2- Mise en germination

Les graines, des quatre lots précédents (témoin, Glyphosate, Difénoconazole et Hyméxazole), après une heure de traitement, sont mises à germer dans des boîtes de Pétri contenant une couche de même poids (10g/ boîte) de coton, recouverte par un papier filtre. Une quantité de 40 ml d'eau distillée est versée dans chaque boîte de Pétri. Nous avons effectué cinq répétitions (boîtes de Pétri)/ traitement à raison de 25 graines/boîte. Les boîtes sont mises à germer à une température de $16 \pm 2^\circ\text{C}$. L'arrosage est fait quotidiennement.

Le nombre de graines germées est compté chaque trois jour, pendant un mois. Nous avons considéré qu'une graine a germé lorsque la radicule a percé le tégument de la graine en nous référant à la définition physiologique de la germination qui considère que la germination est un processus dont les limites correspondent au temps qui s'écoule de l'imbibition de la semence jusqu'au début de la croissance de la radicule (Evenari 1957 *in* Mazliak, 1982).

Nous avons mesuré trois paramètres de germination (Mazliak, 1982).

-Le taux de la germination « G »

$$G = \frac{n}{N} * 100$$

-Le temps moyen de germination « TMG » :

$$TMG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

-La vitesse de la germination « VG » :

$$VG = \sum \frac{n_i}{t_i}$$

- **N** : nombre total de graines.
- **n** : nombre des graines germées à la fin du test.
- **n_i** : nombre des graines germées au temps t_i.
- **t_i** : nombre de jours.

3-2-Test de germination sur substrat en barquette alvéolaire

Le sol utilisé a été prélevé de l'intérieur de Bastos, au pied d'arbres de pin d'Alep. Il a été étalé pendant 24h pour son aération. La même quantité de substrat est introduite dans chaque alvéole des barquettes. Au total 12 barquettes contenant 32 alvéoles chacune ont été

utilisées à raison de trois barquettes (répétitions)/ traitement (témoin, Glyphosate, Difénoconazole et Hyméxazole). Le traitement a consisté à l'arrosage de chaque alvéole avec 30 ml de solution de pesticide (Glyphosate, Difénoconazole ou Hyméxazole) ou d'eau distillée. Nous avons semé trois graines/alvéole le 11 décembre 2016. Les barquettes sont laissées au laboratoire sur la paillasse, à températures ambiantes de 16 à 22 °C et les plantules ont été arrosées quotidiennement.

À cause de la difficulté d'observer la percée du tégument de la graine par la radicule dans le substrat, nous avons déterminé le taux de levée des plantules après 40 jours.

4-Etude de l'influence des pesticides sur la croissance

Après 5 mois ; le 15 mai 2017, et afin d'évaluer l'effet des pesticides utilisés sur la croissance des plantules de Pin d'Alep, nous avons mesuré plusieurs paramètres morphologiques :

- le poids sec de la biomasse foliaire (g)
- le poids sec du système aériens (g)
- le poids sec du système racinaire (g)
- le rapport poids sec du système racinaire/ poids sec du système aériens (SR/SA)

Les poids secs ont été déterminés, après passage des plantules à l'étuve à 70°C pendant 72 h. Le nombre de répétitions est de 10 plants/Barquette soit 30 plants/Traitement.

5 - Etude de l'influence des pesticides sur la teneur en eau des plantules

Certains pesticides tels que le Glyphosate après biodégradation libèrent des sels qui augmentent la pression osmotique dans le sol ce qui peut exposer les plantes à un stress hydrique, pour cela nous avons étudié l'influence des trois pesticides utilisés sur la teneur en eau des plantules (TEP). Nous avons déterminé la TEP chez 30 plantules/traitement par le calcul de la formule suivante:

$$\text{Teneur en Eau des Plantules(\%)} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PF}} * 100$$

PF : poids frais des plantules

PS : poids sec des plantules (après passage à l'étuve à 70°C pendant 72h)

6- Analyse statistique

Tous les résultats obtenus ont été soumis à une analyse statistique à l'aide du logiciel R par le test de l'ANOVA quand les conditions de la normalité et d'homogénéité des variances sont respectées, dans le cas contraire, nous avons réalisé le test de Kruskal-Wallis. Une différence est considérée significative quand $p < 0,05$ et le classement en groupes a été effectué par le test de New-Man et Keuls ou par le post hoc de test de kruskal Wallis selon le teste effectué.

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I- Influence des pesticides sur la germination

I-1-Dans les boites de Pétris

I-1-1-Taux de germination

L'évaluation des taux de germination de Pin d'Alep (en %) en fonction de temps a été mesuré pendant 39 jours. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau IV et la figure 2.

Nous remarquons une augmentation des taux de germination en fonction du temps (Fig. 2). L'évolution des taux de germination des graines de pin d'Alep au cours de temps fait apparaître globalement trois phases :

- Une première phase de latence de moins de 10 jours chez les quatre lots (témoin et pesticides) où aucun taux de germination n'est enregistré
- Une deuxième phase exponentielle de 10 jours à 17 jours pour le témoin, de 10 jours à 28 jours pour le Glyphosate, de 10 jours à 20 jours pour de Difénoconazole et l'Hyméxazole où les taux de germination augmentent au cours du temps
- Une troisième phase caractérisée par une stabilisation des taux de germination à partir du 17^{ème} jour pour le témoin, du 28^{ème} jour pour le Glyphosate, du 20^{ème} jour pour l'Hyméxazole. Le taux de germination pour le difénoconazole se stabilise le 20^{ème} jour puis augmente au 34^{ème} jour.

Les taux de germination obtenus après 39 jours chez les quatre lots ont été comparés statistiquement par le test de Kruskal Wallis qui a révélé que les différences sont significatives ($p < 0,05\%$).

Tous les pesticides utilisés ont stimulé la germination des graines de pin d'Alep et c'est le Glyphosate qui a eu l'effet positif le plus élevé.

Signalons que le traitement par le Glyphosate n'ait pas empêché la contamination des grains ; le lot traité par le Glyphosate était le plus contaminé que le témoin. Cependant les lots traités par le Difénoconazole et l'Hyméxazole étaient moins contaminées que le témoin.

Tableau IV. Taux de germination de *Pinus halepensis* témoin (T) et traité au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l’Hyméxazole (H) en fonction du temps.

Temps Pesticides											
	6J	10J	14J	17J	20J	25J	28J	31J	34J	39J	
T	0 ± 0	39,2±3.56	63,2±6.57	64± 6.52	64± 6.52	64± 6.52	64± 6.52	64± 6.52	64± 6.52	64± 6.52	64± 6.52 (d)
G	0 ± 0	52,8±4.66	77,6±5.27	80,8±5.36	80,8±5.36	82,4±5.32	83,2±5.36	83,2±5.36	83,2±5.36	83,2±5.36	83,2±5.36 (a)
D	0 ± 0	56,8±5.36	73,6±5.37	78,4±4.56	80,8±4.66	80,8±4.66	80,8±4.66	80,8±4.66	82,4±4.93	82,4±4.93	82,4±4.93 (b)
H	0 ± 0	56,2±1.64	74,4±3.91	76,8±4.32	78,4±4.28	78,4±4.28	78,4±4.28	78,4±4.28	78,4±4.28	78,4±4.28	78,4±4.28 (c)

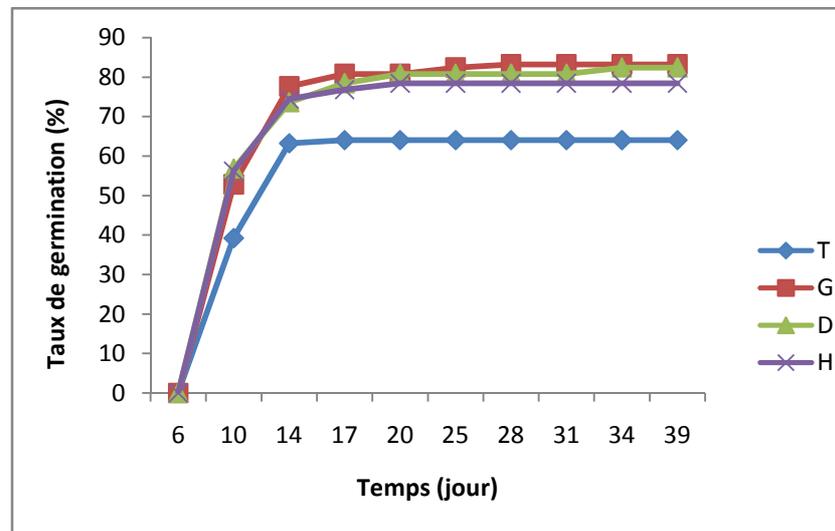


Figure 2. Evolution du taux de germination de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l’Hyméxazole (H) en fonction du temps.

I-1-2-Temps moyen de germination :

Les temps moyens de germination calculés pour les graines témoin et les graines traitées aux trois pesticides utilisés sont représentés dans la figure 3.

Le temps moyen de germination le plus élevé est obtenu avec le Difénoconazole (11,98 jours) et le plus faible est enregistré avec l'Hyméxazole (11,32). Cependant, l'analyse statistique réalisée n'a pas montré de différences significatives pour ce paramètre.

Nous remarquons aussi que l'écart type est grand pour tous les paramètres étudiés (Fig.3, Fig.4, Fig.5, Fig.6, Fig.7, Fig.8 et Fig.9) et ça peut être due à l'hétérogénéité de l'espèce de Pin d'Alep car le Pin d'Alep peut se croiser avec plusieurs espèces est forme des hybrides (Rameau *et al.*, 2008)

Donc, ces traitements pesticides sont sans effet sur le temps moyen de germination.

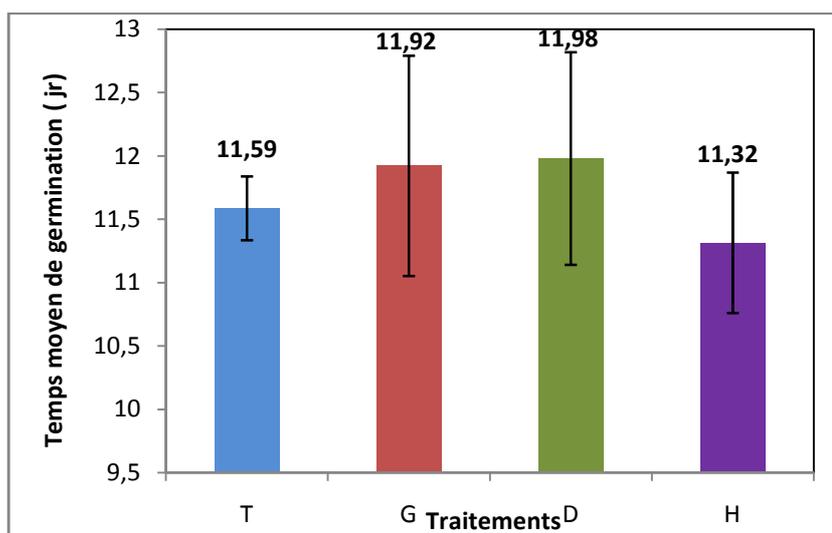


Figure 3. Temps moyens de germination de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

I-1-3- Vitesse de germination :

Les résultats des vitesses de germination des graines de Pin d'Alep témoin et traités par les trois pesticides (G, D et H) sont représentés dans la figure 4. Le Glyphosate et le Difénoconazole montrent une vitesse identique qui est la plus élevée (1,83 gr/ jour) qui est suivie par l'Hyméxazole (1,79 gr / jour) puis le témoin qui montre la vitesse la plus faible

(1.42 gr/jour). Mais l'analyse statistique réalisée n'a pas montré de différences significatives pour ce paramètre.

Les pesticides utilisés n'ont aucun effet sur la vitesse de germination.

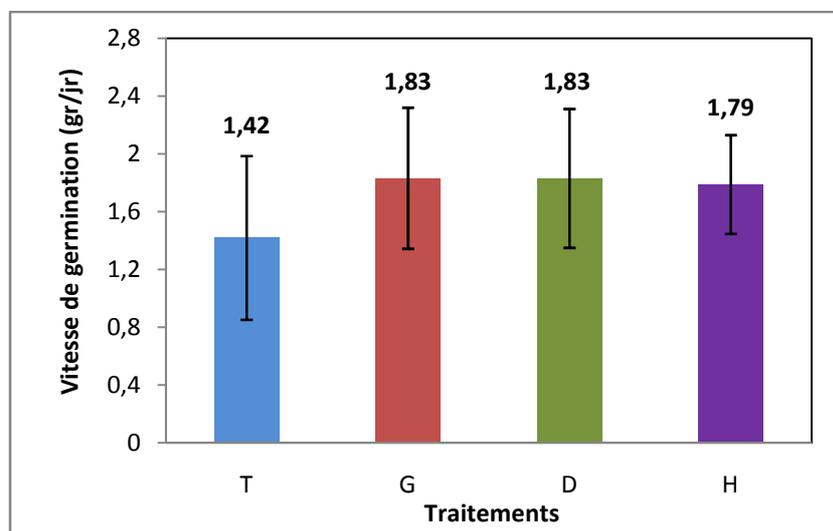


Figure 4. Vitesse de la germination de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

I-2-Sur substrat en barquettes alvéolaires :

I-2-1- Taux de levée :

Après 40 jours de la mise en germination, nous avons calculé le taux de levée du Pin d'Alep et les résultats sont représentés dans la figure 5.

Nous constatons que les taux de levée sont faibles (moins de 50%) pour tous les lots. Le lot traité au Difénoconazole montre le taux de levée le plus élevé (48.46%) et le taux le plus faible est enregistré chez le lot traité par l'Hyméxazole (37.35) Pour le lot témoin et le lot traité au Glyphosate, les taux sont 44.75 et 44.44 respectivement. Cependant l'analyse statistique réalisé pour ce paramètre montre que il n'y a pas une différence significatif entre les quatre lots.

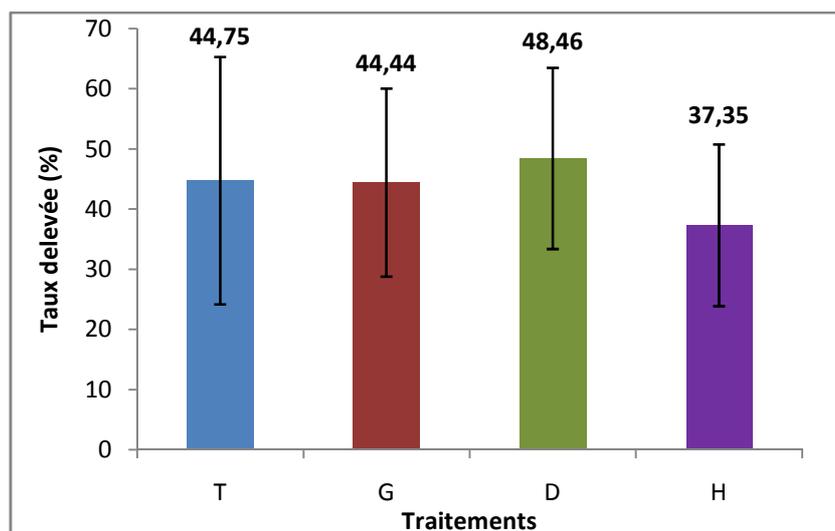


Figure 5. Taux final de levée de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l’Hyméxazole (H).

II- Influence des pesticides sur la croissance du pin d’Alep :

II-1- Influence des pesticides sur le poids sec de système racinaire :

Nous constatons que les poids sec des systèmes racinaires obtenus pour les quatre lots témoin (T) et traités (G, D, et H) ne diffèrent pas d’une manière significative. En effet le test de Kruskal-Wallis ne montre pas de différence significative (Fig.6).

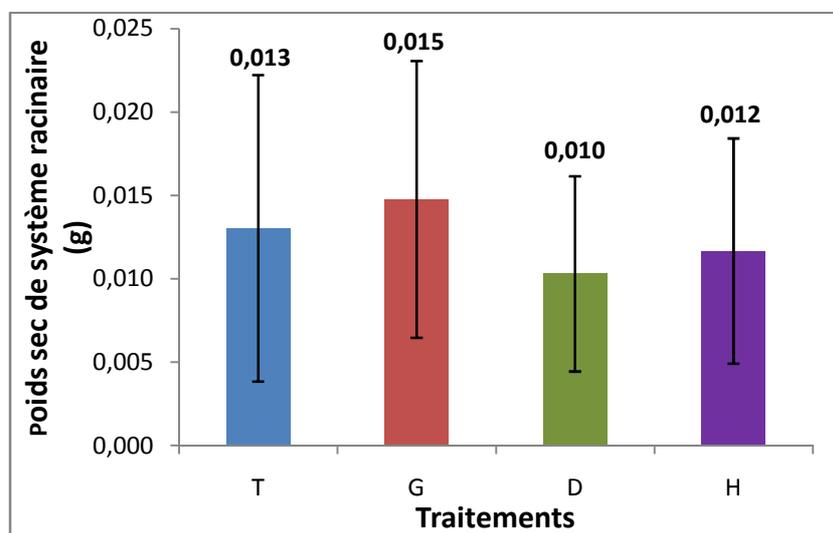


Figure 6 : Le poids sec des systèmes racinaires des plantules de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l’Hyméxazole (H).

II-2- Influence des pesticides sur le poids sec du système aérien :

Comme pour le poids sec des systèmes racinaires, le poids sec des systèmes aériens ne diffère pas d'une manière significative entre le lot témoin et les lots traités. Les faibles différences constatées ne sont pas statistiquement significatives (Fig.7)

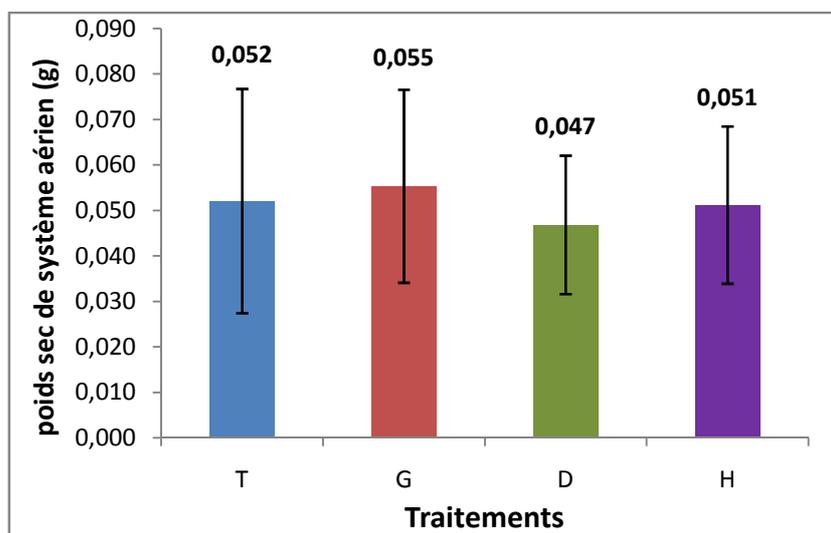


Figure 7 : Le poids sec des systèmes aériens de de *P. halepensis* témoin (T) et traitéS au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H).

II-3- Influence des pesticides sur la biomasse foliaire :

Les pesticides utilisés n'ont également pas d'effet sur la biomasse foliaire (Fig.8). En effet, les différences observées pour les quatre lots témoin et traités ne sont pas statistiquement significatives.

Ainsi, le Glyphosate, le Difénoconazole et l'Hyméxazole sont sans effet, aux doses utilisées, sur la croissance de jeunes plantules de *P. halepensis*, âgées approximativement de cinq mois.

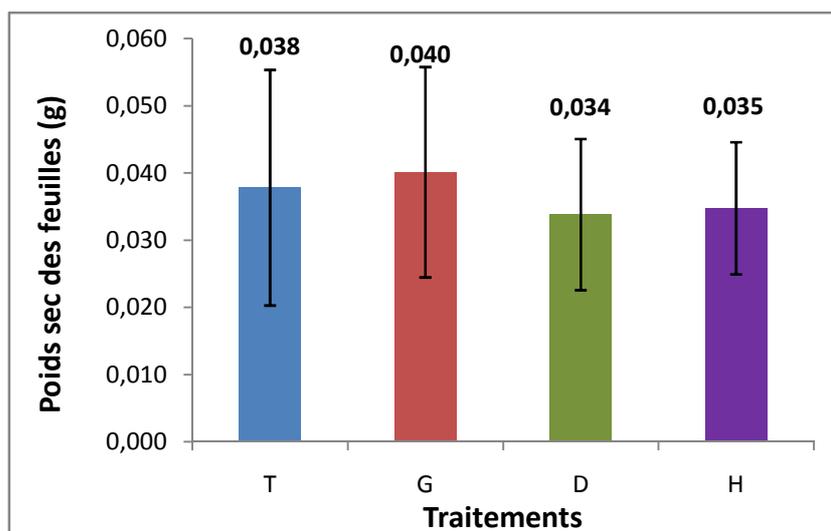


Figure 8 : La biomasse foliaire des plantules de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l’Hyméxazole (H).

II-4- Influence des pesticides sur le rapport du poids sec du système racinaire sur le poids sec du système aérien (SR/SA) :

Les rapports SR/SA calculés pour les plantules témoin et traitées aux trois pesticides utilisés (G, D, H) ne sont pas statistiquement différents (fig. 9).

Donc, ces pesticides sont sans effet sur ce paramètre (SR/SA).

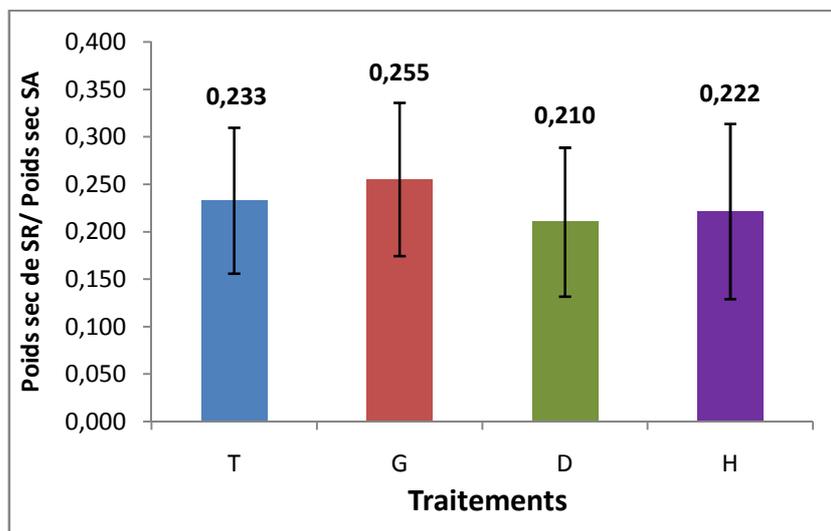


Figure 9 : Le rapport poids sec des systèmes racinaires (SR) sur le poids sec des systèmes aériens (SA) des plantules de *P. halepensis* témoin (T) et traités au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l’Hyméxazole (H).

III- Influence des pesticides sur la teneur en eau :

Les teneurs en eau des plantules des quatre lots sont représentées dans la figure 10.

Les plantules dont le substrat est traité au Difénoconazole ont la teneur en eau la plus élevée (81.053%) alors que celles dont le substrat est traité au Glyphosate sont les plus pauvres en eau (78.7%).

Le test statistique ANOVA montre l'existence de différence significative entre les quatre lots, et le test de Newman-Keuls a classé ces lots en trois groupes :

-le groupe **a** constitué par les lots témoin et traité au Glyphosate

-le groupe **b** constitué par le lot traité au Difénoconazole

-le groupe **ab** constitué par le lot traité à l'Hyméxazole.

Ainsi, le Difénoconazole et à moindre degré l'Hyméxazole ont un effet positif sur la teneur en eau des plantules alors que le Glyphosate n'a aucun effet (Figure 10).

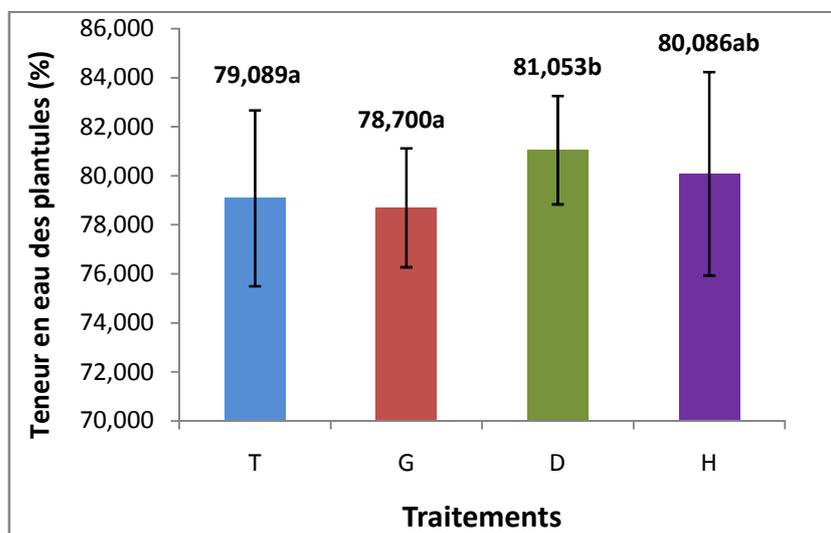


Figure 10 : La teneur en eau des plantules de Pin d'Alep témoin (T) et traitées au Glyphosate (G), au Difénoconazole (D) et à l'Hyméxazole (H) en fonction du temps.

IV-Tableau récapitulative des résultats

Les trois pesticides ont stimulé la germination de pin d'Alep, ont aucun effet sur le temps moyen de germination, la vitesse de germination, le taux de levée et la croissance de pin d'Alep. Le Glyphosate a aucun effet sur la teneur en eau des plantules de pin d'Alep, alors que le Difénoconazole et l'Hyméxazole la augmenté.

Tableau V : tableau récapitulative des résultats.

pesticide paramètre	Glyphosate	Hyméxazole	Difénoconazole
Taux de germination	+	+	+
Temps moyen de germination	0	0	0
Vitesse de germination	0	0	0
Taux de levée	0	0	0
Croissance	0	0	0
Teneur en eau	0	+	+

V-Discussion :

Nous avons étudié l'effet de trois pesticides, deux fongicides, le Difénoconazole et l'Hyméxazole, et d'un herbicide, le Glyphosate, sur la germination des graines du Pin d'Alep en boîtes de Pétri et sur substrat dans des barquettes alvéolaires.

Dans les boîtes de Pétri, tous ces pesticides utilisés ont stimulé le taux de germination du Pin d'Alep. Cet effet positif enregistré est plus élevé pour le Glyphosate suivi par le Difénoconazole et enfin l'Hyméxazole. Ces trois pesticides n'ont eu aucun effet sur le temps moyen et la vitesse de germination ainsi que sur le taux de levée dans le substrat.

Plusieurs auteurs ont étudié les effets de plusieurs pesticides sur la germination de nombreuses espèces végétales. Les pesticides peuvent avoir des effets positifs (stimulation), négatif (inhibition) ou être sans effet (effet neutre) (Barriuso, 2003).

De nombreux pesticides testés (fongicides, insecticides) n'ont eu aucun effet sur le taux de germination de *Ricinodendron heudelotii* mais ont diminué le taux d'infection des graines et des plantules (Djeucap, 2013).

Siddiqui *et al.*, (1999) rapportent que le traitement des semences de *Penisetum americanum* L. par des organophosphatés inhibe la germination des graines et la croissance des plantules.

Cependant, l'effet des pesticides sur la germination dépend de la dose utilisée. En effet, chez le maïs, l'utilisation du Benlate à la concentration de 100 mg/l dans le traitement des semences, donne un taux de germination de 100% qui diminue avec l'augmentation de la concentration (Siddiqui et Zaman, 2004).

La stimulation du taux de germination par le Difénoconazole et l'Hyméxazole obtenue dans les boîtes de Pétri peut être due, dans notre cas, à une diminution des taux d'infection des graines. Cependant, pour le Glyphosate, la stimulation du taux de germination est associée à une augmentation des taux d'infection des graines, alors que, généralement, les pesticides, essentiellement les fongicides, diminuent l'infection des graines donc stimulent le taux et la vitesse de germination car les graines infectées ne peuvent pas germer (Djeucap, 2013).

Le Glyphosate, le Difénoconazole et l'Hyméxazole n'ont eu aucun effet sur la croissance des plantules de Pin d'Alep. En effet, tous les paramètres morphologiques de croissance mesurés (poids secs de système racinaire, système aérien, de la biomasse foliaire et le rapport poids sec du système racinaire /poids sec du système aérien) ne diffèrent pas entre les lots traités et le lot témoin. Camara et Chaibi (2011) ont obtenu une stimulation de la croissance du chêne liège par l'Hyméxazole dans approximativement les mêmes conditions dans le même laboratoire.

Plusieurs auteurs ont étudié l'effet des pesticides sur la croissance des ligneux. Les pesticides soit stimulent ou inhibent la croissance (Perrin, 1986). Certains fongicides n'ont aucune incidence négative sur les plantes alors que d'autres stimulent leur croissance (Rocher, 2004). Carrilo *et al.*, (2011) ont montré que l'Hyméxazole stimule la croissance des jeunes plantules de *P. halepensis*; ces auteurs ont observé une augmentation significative de la croissance en hauteur chez les plants traités avec l'Hyméxazole par rapport aux plants témoins non traités. Selon O'Neill et Michell (2000), les pesticides diminuent la longueur des racines et des pousses chez les jeunes plants d'épicéa. Le Glyphosate stimule la croissance du Pin d'Alep (Chaba *et al.*, 1994). Cette stimulation peut être due à une stimulation de la microflore du sol par les pesticides; ces derniers ou les produits de leurs dégradations seraient utilisés comme source d'énergie par la microflore (Karen et Wijnard, 2014).

L'Hyméxazole et le Difénoconazole sont sans effet sur les microorganismes (bactéries totales, champignons et actinomycètes) d'un sol forestier prélevé sous chêne liège, aux doses prescrites (Abbas, 2012; Bougdour *et al.*, 2013). Ces résultats peuvent expliquer, en partie, l'effet neutre de ces deux fongicides sur la croissance du pin d'Alep. Le pin d'Alep serait également insensible à ces fongicides et au Glyphosate ou posséderait des mécanismes de détoxification. En effet, certaines espèces végétales sont tolérantes aux pesticides (Ramade, 1978)

Le Glyphosate n'a pas eu un effet sur la teneur en eau des plantules de *P. halepensis* alors que le Difénoconazole et l'Hyméxazole ont eu un effet positif.

Alors que selon plusieurs auteurs, le Glyphosate se dégrade rapidement par certaines composantes de la microflore du sol en substances simples alors que le Difénoconazole et l'Hyméxazole se dégradent lentement (El Azouzi, 2013). Certains résidus de dégradation du Glyphosate peuvent être des sels qui augmenteraient la pression osmotique du sol causant

ainsi des problèmes d'absorption de l'eau pour les plantes (Barriuso, 2003) d'où l'effet négatif du Glyphosale sur la teneur en eau des plantules du Pin d'Alep.

L'augmentation de la teneur en eau par les deux fongicides peut être due aussi à l'activité des champignons mycorhiziens, alors que plusieurs auteurs montre que les fongicides diminuent le développement de ces champignons mycorhiziens (trappe *et al.*, 1984).

CONCLUSION GENERALE

L'effet de trois pesticides : un herbicide, le Glyphosate et deux fongicides, le Difénoconazole et l'Hyméxazole, fréquemment utilisés en pépinières forestières sur la germination, la croissance et la teneur en eau de jeunes plants de Pin d'Alep a été évalué dans la cadre de ce mémoire.

Les résultats de cette étude ont montré, dans les tests menés en boîtes de Pétri, que ces trois pesticides stimulent de manière significative le taux de germination mais ils n'ont aucun effet sur la vitesse et le temps moyen de germination.

Les taux de levée des plantules, sur substrat constitué de sol prélevé sous Pin d'Alep dans des barquettes alvéolaires, sont faibles (< 50%) mais ne sont pas affectés par les pesticides utilisés.

L'évaluation de l'effet de ces pesticides sur la croissance de *P. halepensis*, après germination, a été réalisée par la mesure de quelques paramètres morphologiques. Les résultats ont montré que le Glyphosate, le Difénoconazole et l'Hyméxazole n'ont eu aucun effet significatif sur ces paramètres (le poids sec du système racinaire, le poids sec du système aérien, le rapport système racinaire/ système aérien et le poids sec de la biomasse foliaire).

La teneur en eau des plantules de pin d'Alep est significativement affectée par les deux fongicides. Le Difénoconazole et l'Hyméxazole ont augmenté la teneur en eau des plantules de pin d'Alep alors que le Glyphosate n'a pas eu un effet sur ce paramètre.

Pour de prochaines études, l'évaluation de l'effet de ces pesticides sur d'autres espèces végétales plus exposées (par exemple espèces fréquemment utilisées dans les opérations de reboisements) en utilisant des doses plus élevées, à cause de l'accumulation de certains pesticides persistants car ils sont peu dégradables, paraît intéressante. De même, l'étude de l'influence de ces pesticides sur d'autres paramètres biochimiques tels que les teneurs en chlorophylles, en sucres, en protéines pourrait nous renseigner sur les réponses physiologiques des plantes contaminées.

L'effet de l'interaction de deux ou plusieurs pesticides sur différents paramètres morphologiques et physiologiques du Pin d'Alep et d'autres espèces végétales est également un aspect intéressant à étudier car actuellement les plantes ne sont pas exposées à un seul pesticide mais à plusieurs pesticides à la fois et les interactions entre pesticides sont très mal connues par les scientifiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ **Abbas F., 2012 :** Contribution à l'étude de l'influence du fongicide Hyméxasole sur la microflore du sol. Mémoire de fin d'étude. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 25p.
- ❖ **Acquavella J F., Alexander B H., Mandel J S., Gustin C., Baker B., Chapman P., Bleeke M., 2004:** Glyphosate biomonitoring for farmers and their families: results from the Farm Family Exposure Study. *Environmental Health Perspectives* 112(3). 321-326.
- ❖ **Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A. et Garchi S., 2001 :** Productivité du pin d'Alep en Tunisie. Table de Production. *Annales de L'INGREF N° Spécial*. 239-246.
- ❖ **Barbero M., Quézel P. et Rivas-Martínez S., 1981 :** Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *phytocoenologia* 9. 311-412.
- ❖ **Bariuso Enrique., 2003 :** estimation des risques environnementaux des pesticides ; édition Quae.123p.
- ❖ **Bazzi L., 2010 :** Etude de la persistance de quelques pesticides dans la culture de l'haricot vert dans la région de Souss Massa. Thèse de doctorat. Université Ibn Zohr, Maroc. 123p.
- ❖ **Bentouati Abdallah., 2006 :** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* M.) du massif d'Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès). Thèse de doctorat. Université el hadj lakhdar-Batna. 115p.
- ❖ **Berrah Awatef., 2011 :** Etude sur les pesticides. Mémoire master 2. Université de Tebessa . Algérie. 152p.
- ❖ **Bettayeb A. et Azzaoui M., 2010 :** Etude comparative entre les propriétés physiques de base du bois de pin d'Alep et de pin maritime. Mémoire de fin d'étude. Université Ibn Khaldoun Tiaret. Algérie. 129p.
- ❖ **Bouaza Fatima., 2013 :** Intérêt de la mycorhization contrôlée de chêne vert (*Quercus ilex* L) et du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) par deux espèces de Terfez, en conditions gnotoxéniques et axéniques. Mémoire de magister. Université d'Oran Es-Senia .129p.
- ❖ **Bougdoor S., Boudjaoui S. et Bessa L., 2013 :** Contribution à l'étude de l'influence de deux fongicides, l'Hyméxasole et le Difénoconazole, sur la microflore et quelques propriétés d'un sol forestier. Mémoire de fin d'études. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 36p.

- ❖ **Brochiero F., Chandioix O., Ripert C. et Vennetier M., 1999 :** Autécologie et croissance du Pin d'Alep en Provence calcaire. *Forêt méditerranéenne*, 20(2). 215-224.
- ❖ **Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M-P. et Coquet Y., 2005 :** Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales. Edition France agricole. 637p.
- ❖ **Camara S et Chaibi A., 2011 :** contribution à l'étude de l'effet du fongicide Hyméxasole sur la croissance et la mycorhization de jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber*). Mémoire de fin d'étude. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie. 39 p.
- ❖ **Carisse O., 2008 :** Comment bien utiliser les fongicides systémiques. Translaminaires sur l'oignon. 12-24.
- ❖ **Carrilo C., Diaz G. et Honrubia M., 2011:** Testing the effect of routine fungicide application on ectomycorrhiza on *Pinus Halipensis* seedling in a nursery. *Forest pathology* 41. 70-74.
- ❖ **Chaba B., Ouanouki B. et Belaib D., 1994:** Maitrise de la végétation indésirable application aux semis de pin d'Alep. *Technique et forêt*. 680-688.
- ❖ **Christensen OM., Mather J G., 2004:** Pesticides induced surface migration by lumbricid earthworms in grassland life stage and species differences. *Ecotoxicol environ saf.* 89-99.
- ❖ **Davet P. et Rouxel F., 1997 :** Détection et isolement des champignons du sol. INRA édition. 203p.
- ❖ **Djeucap F G., 2013 :** Contraintes de germination et diagnostic moléculaires des champignons associés aux maladies chez *Ricinodendron Heudlotii* au Cameroun. Thèse de doctorat. Université Laval Canada. 158p.
- ❖ **Feillet P., 2012 :** Nos aliments sont-ils dangereux ? 60 clés pour comprendre notre alimentation. Edition quae. 240p.
- ❖ **Fomsgaard I S., 1995:** Degradation of pesticide in sub-surface soils, unsaturated zone-a review of method and results. *Int J Environ. An. Ch.*58. 231-245.
- ❖ **Ghezali D., 2012 :** Systématique et bioécologie des acariens du sol (*Acari-Oribatida*) en Algérie. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach Alger. 106 p.
- ❖ **Giroux Isabelle., 1992 :** Contamination du milieu aquatique et des eaux souterraines par les pesticides au Québec. *Revue des différentes activités d'échantillonnage*

réalisées de 1980 à 1991. Ministre de l'environnement, direction du milieu agricole et du contrôle des pesticides.74 p.

- ❖ **Hamrouni L., Hanana M., Ghazi G., Aini R. et Khouja M., 2011 :** Essais de multiplication du pin d'Alep. Forêt méditerranéen. 271-276.
- ❖ **Hol D G., Perkins A J., Wilson J D., Alexander I H., Grice P V. et Evans A D., 2005:** Dose organic farming benefits biodiversity? Biological conservation 122. 113-130.
- ❖ **Kadik B., 1987 :** Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*pinus halepensis* Mill) en Algérie, écologie dendrométrie, morphologie. Ed. OPU. Alger. 581p.
- ❖ **Kadik B., 1983 :** Etude du Pin d'Alep en Algérie. Thèse de doctorat d'Etat. Université d'Aix-Marseille 3. Marseille. 313 p.
- ❖ **Karen Wolmarans., Wijnand J Swart., 2014:** Influence of glyphosate, other herbicides and genetically modified herbicide-resistant crops on soil microbiota: a review, South African Journal of Plant and Soil, 31:4. 177-186, DOI10.1080/02571862.2014.960485.
- ❖ **Kheddam-Benadjal N., 2012 :** Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherche d'une méthode de lutte alternative contre *Meloidogyne incognita* (Nematoda : Meloidogynidea). Mémoire de fin d'étude. Ecole Nationale supérieure agronomique El Harrach Alger.78p.
- ❖ **Makhloufi A., 2011 :** Reproduction et régime alimentaire de la mésange bleue *Parus Caeruleus* Boonaparte, 1841 (Aves, Paridae). Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrache Alger. 151p.
- ❖ **Mazliak P., 1982 :** Physiologie végétale. Tome II. Croissance et développement. Ed Hermann. Coll méthodes Paris. 465p.
- ❖ **MC Laughlin A. et Mineau P., 1995:** The impact of agricultural practices on biodiversity; agriculture. Ecosystems and environment 55. 201- 212.
- ❖ **Mezali M., 2003 :** Rapport sur le secteur forestier en Algérie .3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts. 9.
- ❖ **Nahal B., 1986 :** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86 /1. 1-9.
- ❖ **Nystrom B., Bjornsater B. et Blanck H., 1999:** Effects of sulfonylurea herbicides on non-target aquatic micro-organisms – Growth inhibition of micro-algae and short-term inhibition of adenine and thymidine incorporation in periphyton communities. Aquatic Toxicology 47. 9-22.

- ❖ **O’Keeffe M G., 1980:** The control of *Agropyron repens* and broad-leaved weeds pre-harvest of wheat and barley with the isopropylamine salt of glyphosate. Proceedings of British Crop Protection Conference – Weeds, 1. 53-60.
- ❖ **O’Neil J J M. et Mitchell D T., 2000:** Effects of benomyl and captan on growth and mycorrhizal colonization of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) and ash (*Fraxinus excelsior*) in Irish nursery soil. Forest pathology 30. 165-174.
- ❖ **Ozenda P., 2006 :** Les végétaux : organisation et diversité biologique. Ed. Dunod (2ème éd), Paris. 516p.
- ❖ **Pérez G L., Torremorell A., Mugni H., Rodriguez P., Vera M S., Do Nascimento M., Allende I., Bustingorry J., Escaray R., Ferraro M., Izaguire I., Pizarro H., Bonetto C., Morris D P. et Zagarese H., 2007 :** Effects of herbicide Roundup on freshwater microbial communities a mesocosm study. Ecol Appl 17. 2310 -2322.
- ❖ **Perrin P., 1986 :** Les agents pathogènes de sol en pépinières forestières prévision des risques – lutte. Station de recherches sur la flore pathogène dans le sol. 243 – 248.
- ❖ **Philernon Manirakiza., 2002 :** Accumulation des pesticides organochlorés dans la chaîne alimentaire en Afrique de l’ouest, cas du Sénégal et la Gambie. Volume 1386. Universiteit Antwerpen. Departement Scheikunde. 167p.
- ❖ **Quézel P., 1980 :** La végétation forestière de Cr4te. Ecol. Medit 5. Marseille. 175-210.
- ❖ **Quézel P., 1986 :** Les pins du groupe "Halepensis". Ecologie végétation, écophysologie. Le Pin d’Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. Paris : CIHEAM, 1986. 11 -23.
- ❖ **Quézel P. et Médail F., 2003 :** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. 571p.
- ❖ **Ramade F., 1978 :** Ecotoxicologie. Edit. Masson. Paris. 125p.
- ❖ **Rocher F., 2004 :** Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes : Evaluation de la systémie phlioémienne de nouvelles molécules à effets fongicides et d’activateurs de réactions de défense. Thèse de Doctorat. Université de Poitiers. 91p.
- ❖ **Schiavon M., Perrier C G. et Portal J M., 1995 :** La pollution de l’eau par les produits phytosanitaires, état et origine. Agronomie ; vol 15. 157-170.
- ❖ **Seigue A., 1985 :** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes Techniques agricoles et production méditerranéennes. Maison neuve et Larose Edition, Paris. 502p.

- ❖ **Shigehiro K., Richard C., Laura N. et Michael W D., 1990:** Joournal of general microbiology. Sensitivities of various Oomycetes to hymexazol and metalaxyl. 2127-2134.
- ❖ **Siddiqui S Z., Ahmed S. et Shaukat S S., 1999:** Effect of systemic fungicide (Topsin-M) and insecticide (Dimecron) on germination, seedling growth and phenolic content of *Pennisetum americanum* L. *Pak. J. Biol. Sci.* 2: 182-184.
- ❖ **Siddiqui S Z., et Zaman A U., 2004:** Effects of benlate systemic fungicide on seed germination, seedlings growth, biomass and phenolic contents in two cultivars of *Zea mays* L. *Pakistan Journal of Botany* 36. 577-582.
- ❖ **Tarja L. et Tanski H., 2002:** Mycorrhisal growth in pure cultures in the presence of pesticides. *Microbiological Research.* 127-13.
- ❖ **Trappe J M., Molina R. et Castellano M., 1984:** Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides. *Annu. Rev. Pytopathol.*22. 231-259.
- ❖ **Vennetier M., Girard F., Didier C., Ouamim C., Ripert C., Misson L., Esteve R., Martin., W Ndiaye-Boubacar A., 2011 :** Adaptation phréologique du pin d'Alep au changement climatique. *Foret méditerranéenne.* 2011, 32 (2). 151 - 167.
- ❖ **Willemsen E E., Haily A., 1989:** Status and conservation of tortoise in Greece. *Herpetological journal* 1. 394-408.