

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Med-Seddik Benyahia - Jijel

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département des Sciences de l'Environnement

et Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم علوم المحيطات

و العلوم الفلاحية



Mémoire de fin d'étude

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

Option : Phytopharmacie et gestion des agrosystèmes

**Contribution à l'étude de quelques facteurs explicatifs
du phénomène d'enrésinement de la subéraie par le pin
maritime**

Jury de soutenance :

Président: Mr. YOUNSI S.

Promoteur: Mr. SEBTI M.

Examineur: Mr. ROULA S.

Présenté par :

BOUTALEB Samira

KINIOUAR Samira

Session: ... (Juin 2016)

Numéro d'ordre :(réservé à la bibliothèque).

Laboratoire où le travail a été réalisé : INRF

Sommaire

Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures	vii
Liste des abréviations.....	ix
Introduction.....	1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le chêne liège et le pin maritime

I. Généralités sur le Chêne liège (<i>Quercus suber</i> L.).....	3
I.1. Place taxonomique du chêne-liège	3
I.2. Associations végétales	3
I.3. Caractères botaniques et forestiers.....	3
I.4. Exigences écologiques	4
I.5. Aire de répartition	5
I.5.1. Aire de répartition mondiale.....	5
I.5.2. Aire de répartition en Algérie.....	5
I.6. Régénération naturelle	7
I.6.1. Régénération naturelle (semis naturel).....	7
I.6.2. Régénération par rejet de souche.....	7
I.7. Causes du dépérissement	7
II. Généralités sur le Pin maritime (<i>Pinus pinaster</i> Ait.)	9
II.1. Place taxonomique et systématique du Pin maritime	9
II.2. Association végétale	9
II.3. Botanique du pin maritime	10
II.4. Ecologie et habitat du pin maritime.....	10
II.5. Répartition géographique du pin maritime	11
II.6. Utilisations du pin maritime	11

II.7. Régénération naturelle du pin maritime	12
--	----

Chapitre II : Allélopathie

I. Composition chimique du genre Pinus	13
II. Définition de l'allélopathie	14
II.1. Les composés allélopathiques (les allélochimiques)	15
II.2. Modes d'action des composés allélopathiques	17
II.3. Voies d'émission des composés allélopathiques	18
II.4. Facteurs influant l'activité des composés allélopathiques	19
II.5. Allélopathie chez le genre pinus	19

Etude expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude	22
I.1. Situation géographique	22
I.2. Géologie du site	24
I.2.1. Formations du flysch numidien	24
I.2.2. Formations de l'Oligo-miocène –Kabyle	24
I.2.3. Dépôts quaternaires	24
I.3. Caractéristiques climatiques	25
I.3.1. Pluviométrie	25
I.3.2. Température	26
I.3.3. Les gelées	26
I.3.4. Humidité	27
I.3.5. Vent	27
II. Matériels et Méthodes	27
II.1. Récolte et exploitation des données	27
II.2. Echantillonnage	28
II.3. Réalisation des relevés	28
II.4. Analyse numérique de la végétation	30

II.4.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	30
II.4.2. Classification hiérarchique ascendante	30
III. Analyses physico-chimiques du sol	30
III.1. Analyses physiques	31
III.1.1. Analyse Granulométrique	31
III.2. Analyses chimiques	32
III.2.1. Matière organique	32
III.2.2. Le pH	32
III.2.3. Conductivité électrique (CE)	33
IV. Etude de l'hypothèse allélopathique	33
IV.1. Période d'échantillonnage	33
IV.2. Préparation des solutions	33
IV.2.2. Préparation des macéras	34
IV.3. Test de germination	36
IV.3.1. Substrat utilisé	37
IV.3.2. Matériel végétal	37
IV.3.3. Protocole expérimental	37
IV.3.4. Paramètres calculées	38
IV.4. Traitement statistique	39

Chapitre IV: Résultats et discussion

I. Présentation des résultats	40
I.1. Etude de végétation	40
I.1.1. Inventaire floristique	40
I.1.2. Analyse numérique de la végétation	41
I.2. Analyses physico-chimiques du sol	45
I.2.1. Analyses physiques	45
I.2.2. Analyses chimiques	45
I.3. Comportement germinatif des glands	47

I.3.1. Vitesse de germination	47
I.3.2. Pourcentage de germination	51
II. Discussion	56
Conclusion	61

Liste des tableaux

Tableau 1: Réparation et superficie des forêts de chêne liège en Algérie	5
Tableau 2: Principaux acides résiniques retrouvés chez le genre Pinus.	13
Tableau 3: Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à Jijel sur une période d'observation de vingt ans allant de 1994 à 2014.	26
Tableau 4: Températures moyennes mensuelles (°C) enregistrées à Jijel sur une période d'observation de vingt ans allant de 1994 à 2014.	26
Tableau 5: Humidité moyennes mensuelles (%) enregistrées à Jijel sur une période d'observation de vingt ans allant de 1994 à 2014.....	27
Tableau 6: L'ensemble des analyses des sols.	31
Tableau 7: Conditions opératoires liées à la macération.....	36
Tableau 8:Principales espèces recensées.	40
Tableau 9: Valeurs propres des trois premiers axes factoriels.....	41
Tableau 10: Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.....	45
Tableau 11 : Résultats de différents types de texture du sol.....	45
Tableau 12: Normes d'interprétation de la matière organique selon (Schaffer, 1975).....	45
Tableau 13: Résultats de la matière organique.	45
Tableau 14: Echelle de classification du pH de la solution du sol.....	46
Tableau 15: Résultats de pH.	46
Tableau 16: Résultats de la conductivité électrique.....	47
Tableau 17: Cinétique de germination des glands arrosés par différentes solutions.	47
Tableau 18: Cinétique de germination des glands arrosés par différents macéras (F).	48
Tableau 19: Cinétique de germination des glands arrosés par différents macéra (S).	49
Tableau 20: Cinétique de germination de glands arrosés par lessivât (L)	50
Tableau 21: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par différentes solutions.	51
Tableau 22: Pourcentage de germination de glands arrosés par différentes solutions.....	52
Tableau 23: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par différents macéra (F).....	52
Tableau 24: Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (F).....	53
Tableau 25: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par différents macéra (S).....	53
Tableau 26: Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (S).....	54

Tableau 27: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par lessivât (L).....54

Tableau 28: Pourcentage de germination de glands arrosés par Lessivât (L).....55

Liste des figures

Figure 1: Répartition du chêne-liège dans le bassin méditerranéen (Yessad, 2000).	5
Figure 2 : Aire de répartition de chêne liège dans l'Algérie (Mezali, 2003).	6
Figure 3: Dépérissement du chêne-liège (Amandier, 2006).	8
Figure 4: Arbre de pin maritime.	9
Figure 5: Certaines molécules allélochimiques et les régions de leur émission (Weir et al, 2004 in Benzeggouta, 2015).	16
Figure 6: Effet direct ou indirect des molécules allélochimiques (Soltys et al, 2013).	17
Figure 7: Voies de libération des molécules allélopathique (Regnault-Roger et al, 2008).	19
Figure 8: Carte de localisation du site d'étude.	23
Figure 9: Esquisse géologique de la petite Kabylie (Andrieux et Djellite, 1989).	25
Figure 10: Carte de localisation des relevés (Google Earth, 2016).	29
Figure 11: Echantillons de sol dans le four à moufle.....	32
Figure 12: Couche holorganique récupérée à l'aide d'une tarière pédologique.	34
Figure 13 : Couche holorganique récupérée est arrosée par 1L d'eau de pluie.	34
Figure 14: Aiguilles fraîches du pin maritime trempées dans l'eau de pluie pendant 5 jours.	35
Figure 15: Aiguilles (sénescents) du pin maritime séchées dans l'étuve à 45°C pendant 72 h.	35
Figure 16: Aiguilles sénescents trempées dans 1l d'eau de pluie pendant 24 h.....	36
Figure 17: Substrat utilisé dans le test de germination.	37
Figure 18 : Glands trempés dans l'eau de robinet et l'eau de javel.	37
Figure 19: Mise en germination des glands de chêne liège arrosés par lessivât (L) et l'eau de pluie (T-).	38
Figure 20: Ensemble des glands arrosés par différents macéras.....	38
Figure 21: Mélange de chêne liège et de pin maritime (Kissir, Forêt domaniale El-Aouana).	41
Figure 22: Analyse globale – Plan factoriel des relevés (axe 1-3).....	42
Figure 23: Analyse globale – Plan factoriel des espèces (axe 1-3).....	44
Figure 24: Grés Numidien.....	46
Figure 25: Echelle de salure des sols (Aubert, 1978).	47
Figure 26: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par différentes solutions. ..	48
Figure 27: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par macéra (F).	49
Figure 28: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par macéra (S).	50
Figure 29: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par lessivât (L).....	51
Figure 30: Pourcentage de germination de glands arrosés par différentes solutions.	52

Figure 31: Pourcentage de germination de glands arrosés (MF) et le (T-).53
Figure 32: Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (S) et le (T-).54
Figure 33: Pourcentage de germination de glands arrosés par lessivât (L) et le (T-).55

Liste des abréviations

Km : kilomètre.

M² : mètre carré.

Mm : Millimètre.

g : gramme.

l : litre

D.D.L : Degré de liberté.

°C : degré Celsius.

% : Pourcentage.

Ms/ cm : millisiemens par centimètre.

AFC : analyse factorielles des correspondances.

CHA : Classification hiérarchique ascendante.

C.E : conductivité électrique.

MF : macération avec des aiguilles fraîches.

MS : macération avec des aiguilles sénescents.

L : lessivât.

(T-) : Témoin.

Jrs : jours.

Echt. : Échantillon.

MO : matière organique.

R : relevé.

CTR : contribution totales relatives.

Cmnt. : commentaire.

F : fraîche.

Introduction

Introduction

La structure du peuplement végétal d'un territoire dépend à la fois de l'histoire des flores et de l'action actuelle du milieu, qui favorise certaines espèces, les répartit dans l'espace suivant leurs exigences biologiques, ou, au contraire, les élimine (Schnell, 1971).

D'après Bournérias (2015), le pouvoir colonisateur des résineux, et surtout des pins, se manifeste particulièrement dans les zones tempérées chaudes. Là, de vastes espaces à climax « feuillu » ont été conquis par les conifères à la suite de la destruction par l'homme de la forêt primitive. Ainsi, dans une partie importante de la France méditerranéenne, sur les « ruines » de la chênaie d'yeuses a pris pied une garrigue à cistes, puis la pinède de pins d'Alep, paraclimacique. Dans les landes de Gascogne, le chêne-liège occidental a régressé au profit du pin maritime, tandis que la luxuriante forêt « chinoise » de Virginie s'efface devant la monotone pinède à *Pinus taeda*.

La régénération des chênes méditerranéens a toujours été considérée comme problématique et jusqu'à présent aucune explication particulière n'a été privilégiée (Li et Romane, 1997). A des explications impliquant surtout des mécanismes de compétition entre espèces (pour l'eau, la lumière, les éléments minéraux) ou de prédation des graines et des semis, ont succédé des hypothèses alternatives mettant en cause la présence dans le lit de germination de substances organiques toxiques, pouvant freiner ou empêcher le développement des semis (Fisher, 1987): ces interactions biochimiques sont dites allélopathiques (Gallet et Pellissier, 2002). Le phénomène de l'allélopathie est connu depuis plus de 2000ans (Rice, 1984 in Ben Meddour 2010). Ce phénomène consiste à l'interférence chimique d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes (Benmeddour, 2010).

Les écosystèmes des résineux montrent une forte influence allélopathique. Ces plantes de la canopée déterminent le modèle du sous-bois à travers les interactions allélopathique qui sont provoquées par le lessivage des composés phénoliques en grande partie de la litière d'aiguilles d'arbres qui prennent plus de temps pour se décomposer (Singh *et al*, 1999).

Les progrès analytiques de ces dernières décennies ont permis l'identification et le dosage de plusieurs milliers de ces structures (composés phénoliques) (Gallet et Pellissier, 2002). Pour des arbres, les phénomènes sont plus difficiles à mettre en évidence (Bonin *et al*, 2007). Ces études n'ont que très rarement pris comme modèle des espèces méditerranéennes (Bousquet- Melou et Boudenne, 2012).

Le pin maritime, qui est naturel dans le nord-est de l'Algérie (31 510 ha), s'installe dans les subéraies plus ou moins dégradées (FOSA, 2000). Cette espèce a des caractéristiques qui assurent à ses organes une certaine résistance au feu, et des modalités de reproduction qui lui permettent de se reconstituer rapidement après incendie (Rigolot et Fernandes, 2005). Ainsi, de nombreuses pinèdes sont issues du passage répété du feu (Aubert, 2005). Selon Boudy (1952), le pin maritime a un grand pouvoir d'expansion; il envahit souvent le chêne liège (Djidjelli et Tabarca), alors qu'en montagne, il enrésine des taillis de chêne vert.

Vue son importance environnementale, les modifications intervenues dans la composition de la subéraie suite à divers facteurs de dégradation ont suscité l'ampleur de cette dégradation tant sur le plan qualitatif et quantitatif. A ce propos, l'enrésinement par le pin maritime constitue l'une des modifications apparentes dans la composition des subéraies qui mérite une attention particulière.

Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de vérifier en partie le potentiel allélopatique du pin maritime à travers l'étude de l'effet des macéras des aiguilles et du lessivât de la couche holorganique sur la régénération du chêne liège au stade germination dans un premier temps, et d'essayer de mettre en évidence les facteurs explicatifs du phénomène d'enrésinement à l'échelle de la végétation et du milieu, dans un deuxième temps.

Pour répondre à cet objectif, le présent document est composé de quatre chapitres : Le premier chapitre est consacré à des généralités sur les deux espèces : Chêne liège et Pin maritime. Le deuxième chapitre comporte quelques concepts liés au phénomène d'allélopathie. Le troisième chapitre décrit la méthodologie suivie sur terrain et au laboratoire. Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le quatrième et dernier chapitre.

Synthèse bibliographique

Chapitre I

*Généralités sur le chêne liège et
le pin maritime*

I. Généralités sur le Chêne liège (*Quercus suber* L.)

I.1. Place taxonomique du chêne-liège

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce végétale qui appartient à la famille des Fagacées (sous famille des Quercoidées), ordre des Fagales, classe des Dicotylédones, sous embranchement des Angiospermes, embranchement des spermatophytes et genre *Quercus*, un genre qui comprend 200 à 500 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord (El Antry tazi et al, 2008). Le chêne-liège est relativement polymorphe, de nombreuses variétés ont été décrites. Aime (1976), signale que le genre *Quercus* pose un problème polygénétique qui n'est toujours pas résolu, il met l'accent sur le problème posé par *Quercus suber* et les espèces voisines: *Quercus pseudo suber* et *Quercus cerris*.

I.2. Associations végétales

Le chêne-liège est un élément du maquis méditerranéen qui se partage l'espace avec d'autres essences arboricoles telles que *Quercus ilex*, *Q. faginea*, *Q. pyrenaica*, *Castanea sativa*,... etc., et une multitude d'arbustes, comme *Arbutus unedo*, *Juniperus.sp.*, *Ulex.sp.*, *Cistus.sp.*, et d'essences aromatiques, etc. Son cortège floristique est le suivant :

- **Strate arborescente:** chêne vert, chêne zeen, chêne afares, pin maritime.
- **Strate arbustive:** bruyère arborescente (*Erica arborea*) et à ballet (*Erica scoparia*), arbousier (*Arbutus unedo*), filaires (*phylaria.sp.*), lentisque (*Pistascia lentiscus*), neprum (*Rhamus alaternus*), viorne (*Vuburnum timus*), myrte (*Myrtus communis*), Calycotome (*Calycotome spinosa*), la lavande (*Lavandula stoechas*), cistes (*Cistus sp.*) lierre, clématite. (Boudy, 1952)

I.3. Caractères botaniques et forestiers

Les feuilles de chêne liège sont persistantes, coriaces et de couleur verte foncée. Glabres sur leurs parties supérieures et quelque peu pubescentes en dessous, (Yessad, 2000).

Les bourgeons sont de forme ovoïde et protégés par des bractées tomenteuses plus développées dans les parties terminales, (Zeraia, 1981).

L'arbre est monoïque ; Les fleurs mâles, en grappes de 4 à 8 cm apparaissent sur les rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles poussent isolées ou en groupes de trois maximum sur les rameaux de l'année en cours. Leur cupule protectrice se retrouvera sur les futurs glands, (Fraval, 1991).

Le fruit de chêne liège présente une forme et des dimensions très variables 2 à 5 cm en longueur et 1 à 2 cm en largeur. La maturation des glands a lieu dans l'année de floraison (Boudy, 1950, Natividade, 1956 et Maire, 1961), les glands tombent en Octobre et Novembre, parfois

jusqu'à Janvier (Pizzetta, 2005). Selon Saccardy (1937), la fructification commence dès l'âge de 15 ans. Les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans.

Bien qu'en mentionne des spécimens de dimensions remarquables, le chêne liège est un arbre de taille moyenne atteignant une hauteur de 10 à 12 mètres (Cantat et Piazzetta, 2000) avec un maximum de 27 m observé à Collo en Algérie (Yessad, 1999).

Sous l'effet des incendies et des diverses mutilations anthropiques, et lorsqu'il est exploité la durée de vie de cet arbre oscille entre 150 et 200 ans (Cantat et Piazzetta, 2000).

De point de vue enracinement, le chêne liège montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol (Natividade, 1956). En sol meuble et profond, il présente un enracinement pivotant constitué d'un fort pivot garni de nombreuses racines latérales horizontales. En sol rocheux, des fortes racines s'insinuent dans des fissures des roches.

L'écorce du chêne liège prend l'aspect ligneux vers 5 à 6 ans (Yessad, 1999). Il s'agit d'une couche de couleur grisâtre, peu dense et avec de nombreuses et profondes crevasses le long du tronc, composée essentiellement de liège (succession de cellules mortes et creuses) généré par l'assise subéro-phellodermique.

Sur le plan anatomique, le bois du chêne liège est largement maillé avec un aubier épais et un parenchyme très abondant. Ce bois est dur, lourd et compact, difficile à travailler se fend en séchant comme tous les bois feuillus nord africains (Boudy, 1952).

I.4. Exigences écologiques

Le chêne liège est une essence forestière qui pousse dans les zones à climat tempéré, chaud et humide, méditerranéen et atlantique. Il a besoin de chaleur, d'humidité et de lumière.

Bien évidemment, ces exigences varient en fonction des conditions situationnelles, topographique notamment (Boudy, 1952).

Il se développe sous une pluviométrie moyenne annuelle de 500 à 600 mm (Boudy, 1952). Toutefois, il présente une remarquable plasticité vis-à-vis des précipitations ; sa station la plus arrosée (Grazalema en Espagne) reçoit plus de 2000 mm/an alors que la moins arrosée (Algarve au Portugal) reçoit 400 mm/an avec un optimum compris entre 800 et 1200 mm (Yessad, 1999).

C'est une essence relativement thermophile. Elle demande une température moyenne annuelle douce dont l'optimum se situe entre 13 et 18 °C ; elle ne supporte pas plus de 1 à 2 jours de gelées de -9°C (Boudy, 1952).

Le chêne liège exige un état hygrométrique élevé d'au moins 60% durant les mois de la saison sèche (Boudy, 1952). C'est une essence héliophile. Selon Zeraia (1981), la meilleure glandée se manifeste dans les expositions Sud et Ouest où la lumière et la température sont suffisantes. De

même, Aouka (1980), a constaté que le nombre de semis est toujours supérieur sur le versant le plus ensoleillé.

De point de vue sol, il préfère les sols acides, profonds et bien drainés, il ne s'accommode pas des sols argileux compacts. Il marque nettement sa préférence pour les terrains siliceux tels que les grès numidiens (Algérie et Tunisie) ou les sables pliocènes (Boudy, 1952). Il fuit les calcaires actifs et les sols hydro morphes. Selon Yessad (1999), la majorité des subéraies naturelle se trouvent sur sols contenant plus de 50 % de sable dans leurs horizons supérieurs et reposant sur roche mère métamorphique.

I.5. Aire de répartition

I.5.1. Aire de répartition mondiale

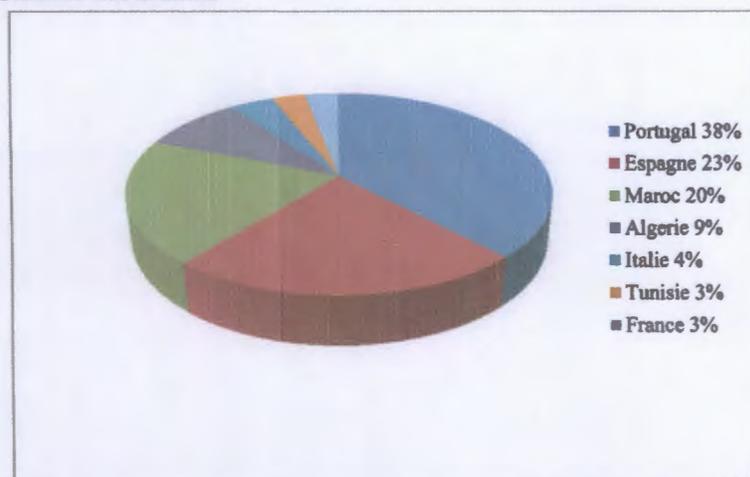


Figure 1: Répartition du chêne-liège dans le bassin méditerranéen (Yessad, 2000).

I.5.2. Aire de répartition en Algérie

Tableau 1: Répartition et superficie des forêts de chêne liège en Algérie

Subéraies orientales	Superficie	Subéraies occidentales	Superficie
Skikda	40000 ha	Tlemcen	2000 ha
Jijel - El-Milia	40000 ha	Chlef	3000 ha
Guelma	20000 ha	Médéa	200 ha
Annaba-EL Tarf	30000 ha	Blida	1000 ha
Tizi-Ouzou	10000 ha		
Bouira	1 500 ha		
Total	141 500 ha		6200 ha

Source : (Yessad, 2000)

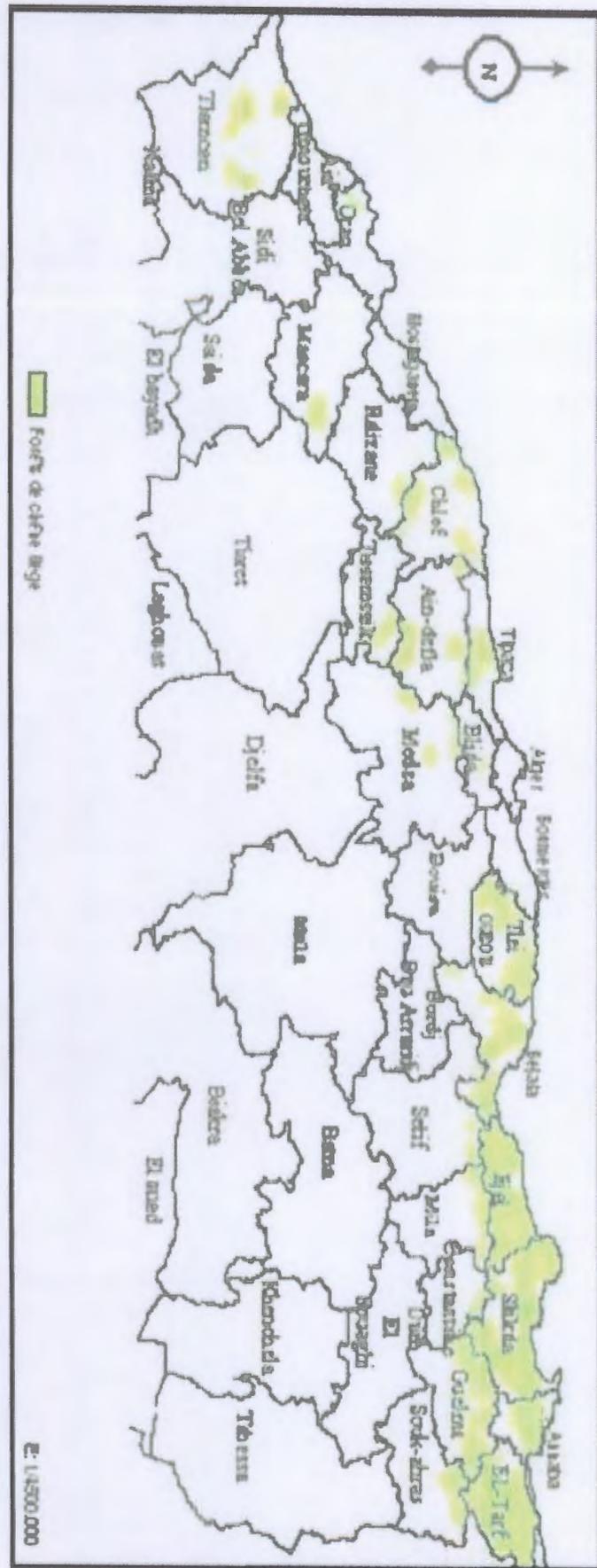


Figure 2 : Aire de répartition de chêne liège dans l'Algérie (Mezali, 2003).

I.6. Régénération naturelle

Malgré les diverses possibilités de multiplication naturelle de l'espèce (semis, drageons, rejets de souches), les difficultés de régénération au niveau des subéraies ont été soulignées depuis longtemps par plusieurs auteurs (Lapie, 1929 ; Saccardy, 1937 et Peyerimhoff, 1941) cités par Natividade (1956).

I.6.1. Régénération naturelle (semis naturel)

Partout en Algérie, la régénération par semis naturel est déficiente en raison du manque de sylviculture. Etant une espèce de lumière, à tous les niveaux de son développement, le jeune semis issu d'un gland supporte mal le couvert végétal et finit par disparaître à l'ombre de ses concurrents (Belabbes, 1996).

I.6.2. Régénération par rejet de souche

D'après Belabbes (1996), le chêne-liège est doté d'une grande faculté de rejeter vigoureusement après recépage mais la méthode est peu utilisée en Algérie en raison du manque d'information sur ses possibilités de production.

I.7. Causes du dépérissement

Depuis le début des années 1980, le déclin généralisé des subéraies a induit une réduction graduelle de la superficie dans son aire de répartition (Ghanem et *al*, 2011). Le dépérissement du chêne-liège est un phénomène général et préoccupant dans la plupart des pays méditerranéens. Il est difficile d'expliquer de manière satisfaisante l'origine exacte et les causes spécifiques du phénomène (Ben Jamaa et Abdel Moula , 2004), la majorité des peuplements subéricoles sont âgés et le déliègeage répété accélère la mortalité des arbres (El Kbiach et *al*, 2011). Dans le Nord-est algérien, la superficie de ces forêts se réduit sérieusement en raison de nombreux facteurs tel que les incendies répétés, la longue saison sèche, le surpâturage et la surexploitation (Merabet et *al*, 2011).

Les facteurs prédisposant et/ou déclenchant ne provoquent pas à eux seuls le dépérissement des arbres. Il est nécessaire que des facteurs aggravants interviennent tels les insectes, les champignons ou encore l'homme par un démasclage mal effectué engendrant des blessures à la mère, de mauvaises façons culturales ou des levées exagérées.



Figure 3: Dépérissement du chêne-liège (Amandier, 2006).

II. Généralités sur le Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.)

II.1. Place taxonomique et systématique du Pin maritime

D'après Emberger (1960), le classement du pin maritime s'ordonne comme suit :

- Embranchement : Gymnospermes.
- Sous embranchement : Conifères.
- Ordre : Pinales
- Famille : Pinacées
- Genre : *Pinus*
- Espèce : *Pinus pinaster* Ait.
- Nom arabe: senoubre – El Bahri.
- Nom berbère : Thaida.

II.2. Association végétale

Elle varie selon qu'il s'agit de la race du littorale ou de celle de montagne. Pour la première, elle comprend : Le chêne liège, le chêne zéen, l'Arbousier, la Bruyère à balai et la Bruyère arborescente, le Myrte, le Ciste à feuille de sauge et de Montpellier, le Genet de Numidie et le Daphné. Pour la race Montagnarde : le chêne vert, le chêne zéen, le Pin d'Alep, le Cèdre, le Romarin, l'Epine vinette d'Espagne, le Philaria. Le Genêt à 4 fleurs, la Viorne-tin, les Cistes et le Daphné (Boudy, 1952).



Figure 4: Arbre de pin maritime.

II.3. Botanique du pin maritime

Le pin maritime est un arbre qui peut atteindre 30 m de haut (en général de 20 à 30 m), qui arrive à maturité vers 40 ou 50 ans et qui peut vivre jusqu'à 500 ans.

Le tronc est généralement flexueux, et le bois de couleur rougeâtre avec des grains grossiers présente une odeur de résine très prononcée avec parfois des poches de résine.

L'écorce de couleur gris pâle sur les jeunes arbres, prend une coloration rougeâtre puis rouge-noirâtre chez les sujets adultes. Elle est très épaisse et se fissure profondément au fur et à mesure que l'arbre croît.

Les aiguilles épaisses et rigides, sont groupées par deux (gémées), persistantes (environ quatre ans). Elles se décomposent très lentement et forment une épaisse litière au pied de l'arbre.

C'est une espèce monoïque, les organes reproducteurs sont des cônes soit mâles, soit femelles. L'ouverture des écailles des cônes libère des graines dotées d'une ailette. Elles sont disséminées par anémochorie. (Mayer, 2007).

Le pin maritime met en place un système racinaire profond et un système racinaire superficiel, traçant (Aubert, 2005).

II.4. Ecologie et habitat du pin maritime

Essence de lumière, le pin maritime demande un climat assez chaud et supporte assez mal les hivers rigoureux. Cet arbre apprécie une exposition en plein soleil, dans un sol ordinaire mais toujours non calcaire (espèce calcifuge; la présence de calcaire dans le sol provoque une chlorose). Il présente par contre une bonne adaptation aux sols acides mais aussi basiques et pauvres (podzols, sables dunaires) s'ils sont suffisamment profonds et dépourvus de calcaire (Mayer, 2007).

En altitude il ne dépasse pas les 600 à 700 mètres en Algérie-Tunisie. Par contre, au Maroc, il peut atteindre 2200 mètres dans le Moyen Atlas ou on ne le rencontre jamais au-dessous de 1500 à 1600 mètres.

Il lui faut une tranche pluviométrique d'au moins 800 à 900 mm. La température qui lui convient sur le littoral est la même que pour le chêne liège (16°C en moyenne). Par contre la race marocaine se comporte comme le Cèdre et supporte la neige et les froids rigoureux (Boudy, 1952).

II.5. Répartition géographique du pin maritime

Le pin maritime est un conifère largement distribué et commun de l'océan Atlantique ainsi que dans le bassin occidental de la méditerranée: du sud de l'Europe à l'Afrique du nord, ainsi que sur la côte atlantique du Portugal, de l'Espagne et de la France.

Sa répartition sur les îles méditerranéennes est limitée à la Corse et, dans une moindre mesure, au nord de la Sardaigne.

Il est considéré comme invasif dans de nombreux endroits: Afrique du Sud, Australie, Chili. Assez commun en Italie, et au Maroc, on le trouve aussi en Afrique du Sud où il est cultivé à grande échelle. Un peuplement marginal existe sur l'île de Pantelleria, près de la côte tunisienne (Alia et Martin, 2011).

En peuplement dense et à partir d'une quinzaine d'années, il exerce une forte pression séminale, d'où son caractère de pionnier et de colonisateur lorsque le semis peut s'installer. Certaines activités humaines peuvent le favoriser comme l'incendie de la couverture végétale (de nombreuses pinèdes sont issues du passage répété du feu), coupe de bois, abandon de culture, etc (Aubert, 2005).

Dans le secteur littoral, le pin maritime forme des peuplements en mélange très intime avec le chêne liège ; on en trouve de purs en Algérie-Tunisie. En raison de sa croissance plus rapide, il tend souvent à l'envahissement de la subéraie et il faut alors procéder à des extractions (Boudy, 1952).

II.6. Utilisations du pin maritime

Ce conifère est essentiellement exploité à des fins utilitaires (reforestation, stabilisation de sols sablonneux, industries du bois et du papier, industries de peinture et de vernis).

Cependant, l'écorce, les rameaux, les bourgeons et les aiguilles de l'arbre sont aussi employés dans des préparations pharmaceutiques. L'oléorésine (ou térébenthine dite de Bordeaux) issue du gemmage, ainsi que son dérivé de distillation, l'essence de térébenthine, possèdent des propriétés physiologiques au niveau des voies d'élimination des systèmes respiratoire et urinaire. La colophane et la poix noire, dénuées de telle activité, entrent quant à elles uniquement dans la composition de pansements vésicants et pommades vétérinaires.

Il est important de ne pas confondre l'huile essentielle ou essence de térébenthine distillée à partir de l'oléorésine et l'huile essentielle de Pin obtenue par hydrodistillation des aiguilles et des bourgeons de Pin (Fourasté, 2002).

II.7. Régénération naturelle du pin maritime

Lowe *et al* (2000), signalent qu'en dehors de son aire de répartition naturelle, cette espèce est considérée comme l'une des plantes les plus envahissantes dans le monde. D'après de nombreux auteurs, les surfaces dénudées par le feu, où la compétition est moins sévère que sous le couvert du maquis, des conditions favorables à leur installation sur des sols enrichis en éléments fertilisants par les cendres (Le Houerou, 1980). Au total, ces auteurs reconnaissent clairement, et cela dans diverses régions du bassin méditerranéen, une action favorable du feu sur la régénération de ce pin (Meddour, 1992).

Chapitre II

Allélopathie

I. Composition chimique du genre *Pinus*

Chimiquement, la famille des *Pinaceae*, dont les pins font partie, est surtout caractérisée par la présence de résines, de tanins, de terpènes, de lignans et de quelques stilbènes (Simard, 2007).

Dans tous les conifères, la résine, ou oléorésine, est présente de façon constitutive (synthétisée dans des structures anatomiques très spécialisées) ou induite (généralement provoquée par des attaques d'insectes ou d'agents pathogènes (Lafever et al, 1994).

La résine des pins est un mélange complexe de terpènes constitué d'une partie volatile appelée térébenthine et d'une partie non volatile appelée colophane (rosin) (Zinkel et Russel, 1989).

Les principaux tanins retrouvés dans les pins, surtout étudiés à partir du pin maritime (*Pinus maritima* L.), sont des oligomères de deux à sept unités de flavan-3-ol. (Romani et al, 2006).

Une très grande variété de terpènes a été identifiée dans le genre *Pinus*. Les compositions en terpènes volatils des aiguilles de plusieurs espèces de pin ont déjà été analysées (Yu et al, 2004; Ka et al, 2005; Hong et al, 2004; Tsitsimpikou et al, 2001).

Les acides résiniques sont des diterpènes, souvent de type abietane, pimarane ou isopimarane, qui se retrouvent dans les différentes parties des conifères (Zinkel et Russel, 1989).

La colophane est constituée presque essentiellement d'acides résiniques qui sont aussi les composés majoritaires du bois interne, de l'aubier et des aiguilles. La plupart des acides résiniques retrouvés dans les pins sont accompagnés par des traces des alcools et des aldéhydes correspondant (Zinkel et Evans, 1972).

Tableau 2: Principaux acides résiniques retrouvés chez le genre *Pinus*.

Nom commun	Nomenclature
Type abietane	
Acide abiétique	Acide abiétadi-7, 13-én-18-oïque
Acide néoabiétique	Acide abiétadi-8(14),13(15)-én-18-oïque
Acide palustrique	Acide abiétadi-8(9),13-én-18-oïque
Acide lévopimarique	Acide abiétadi-8(14,12)-én-18-oïque
Acide pimarique	Acide abiétadi-8,11,13-én-18-oïque
Type pimarane	
Acide pimarique	Acide pimaradi-8(14),15-én-18-oïque
Acide isopimarique	Acide isopimaradi-7(8),15-én-18-oïque
Acide sandaracopimarique	Acide isopimaradi-8(14),15-én-18-oïque

(Source : Simard, 2007).

Les composés phénoliques retrouvés dans les pins sont très variés. Les lignans, qui sont dérivés des phénylpropanes, sont souvent présents en grande quantité (Suga *et al.*, 1993; Willför *et al.*, 2003a; Willför *et al.*, 2003b).

Les stilbènes constituent aussi des composés phénoliques majoritaires dans le bois interne de plusieurs pins. Certains agissent comme phytoalexin, c'est-à-dire que leur présence a été induite par un stress provenant d'une attaque fongique ou bactérienne (Tallent *et al.*, 1955).

Les arbres, caractérisés par de longues périodes de croissance, sont plus sévèrement touchés par ces stress et sont, par conséquent, plus productifs de ces métabolites secondaires (Osakabe *et al.*, 2012).

En raison de ces contraintes, les écorces, qui sont le dernier rempart physique entre l'arbre et le monde extérieur et les nœuds, c'est à dire les parties des branches encastrées dans le tronc, contiennent de grandes quantités de composés bioactifs, parmi lesquels les polyphénols occupent une place particulièrement importante (Celhay, 2013).

Les extraits d'écorces de pin maritime, contiennent de fortes teneurs en polyphénols, notamment en flavonoïdes et en proanthocyanidines. Ces extraits, présentant également un fort pouvoir antioxydant, sont connus pour leurs effets sur des maladies générées par les espèces réactives (Celhay, 2013).

II. Définition de l'allélopathie

Le terme « allélochimiques » dérive du « allelochemicals » inventé par Whittaker et Feeny (1971) et a été employé la première fois par Chou et Waller en 1983. Depuis ce temps, le terme a été employé en littérature traitant des interactions chimiques interspécifiques entre les organismes (Zeghada, 2009).

En 1984, Rice propose les fondements de l'allélopathie « moderne » et la définit comme « un effet positif ou négatif, direct ou indirect, d'un végétal-micro-organismes inclus sur un autre par le biais de composés chimiques libérés dans l'environnement ». Cette définition prévaut aujourd'hui et indique bien que ce type d'interaction diffère du parasitisme et de la symbiose ainsi que de la compétition (Chiapusio *et al.*, 1997 *in* Zeghada, 2009).

Kruse *et al.* (2000) définissent l'allélopathie comme un mécanisme d'interférence entre une plante qui émet des composés chimiques, par le matériel végétal mort (litière) ou vivant, sur une autre, exerçant un effet généralement négatif. C'est un mécanisme qui permet aux espèces présentes de limiter l'installation de nouvelles espèces même dans l'hypothèse d'une destruction partielle des

tissus de la plante : les composés chimiques émis dans le milieu peuvent être à l'origine d'un blocage successional.

Selon Gallet et Pellissier (2002), c'est un phénomène complexe, car il met en jeu, en plus des deux végétaux respectivement "producteur" et "cible" des molécules, un intermédiaire, le sol, dont les caractéristiques abiotiques et biotiques (en particulier la microfaune) sont fondamentales pour l'expression de ce potentiel allélopathique. Cette complexité explique d'ailleurs les nombreuses controverses qui existent encore concernant l'importance écologique de ces interactions, ainsi que la difficulté à les démontrer.

Ces molécules appartiennent le plus souvent à la classe des métabolites secondaires, c'est-à-dire des molécules a priori inutiles à la plante à l'échelle cellulaire, mais impliquées à l'échelle de l'organisme dans la communication avec l'environnement (pathogènes, herbivores, pollinisateurs, etc.).

De plus, les microorganismes du sol, capables d'interagir avec les allélochimiques libérés dans le système, vont jouer un rôle clé dans l'expression du potentiel allélopathique. Parmi ces microorganismes, les champignons mycorhiziens occupent une place à part car ils peuvent modifier la sensibilité d'un végétal à des substances allélopathiques. Ainsi, Timbal et *al.* (1990) ont démontré l'action de la molinie (*Molinia coerulea* Moench.) sur l'état mycorhizien de semis de chênes rouges (*Quercus rubra* L.).

II.1. Les composés allélopathiques (les allélochimiques)

Les allélochimiques sont les métabolites secondaires des plantes ou les déchets du métabolisme tels que les acides organiques hydrosolubles et insolubles simples, les acides gras et phénoliques, les alcools de chaîne droite, les aldéhydes et cétones aliphatiques, les lactones insaturées simples, les naphthoquinones acétyléniques de composés, les anthraquinones, les quinones complexes; les phénols, les flavonoïdes et tannins simples, les terpénoïde de beaucoup de catégories; les alcaloïdes et les saponines sont des groupes de métabolites secondaires qui ont été produits dans des interactions allélochimiques (Elrefai et Moustafa, 2004).

C'est dans le groupe des composés phénoliques que l'on rencontrera le plus souvent des substances susceptibles d'exercer une action allélopathique. Par rapport aux métabolites dits primaires (comme les glucides et les protéines), ces métabolites secondaires sont synthétisés en quantités souvent faibles par la plante, mais avec une variabilité très importante (Gallet et Pellissier, 2002).

D'après Celhay (2013), les écorces des arbres, qui sont le dernier rempart physique entre l'arbre et le monde extérieur et les nœuds, c'est à dire les parties des branches encastrées dans le

tronc, contiennent de grandes quantités de composés bioactifs, parmi lesquels les polyphénols occupent une place particulièrement importante.

Dans les plantes, les molécules allélochimiques peuvent être présentes dans les feuilles, l'écorce, les racines, les exsudats des racines, les fleurs et les fruits (figure 5) (Li et al, 2010).

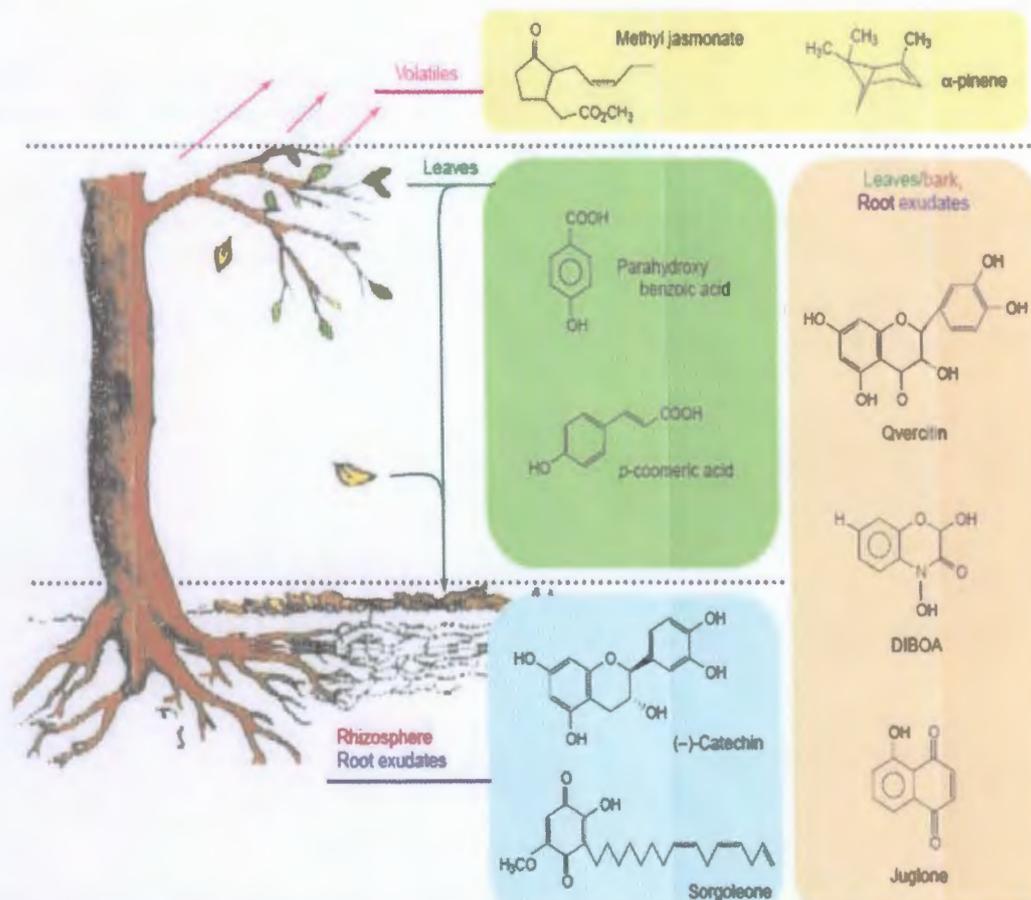


Figure 5: Certaines molécules allélochimiques et les régions de leur émission (Weir et al, 2004 in Benzeggouta, 2015).

Ces composés, ajoutent Dobremez et al. (1995), ne jouent aucun rôle dans le métabolisme de base de la plante émettrice. Il s'agit de :

- **Gaz toxiques :** le cyanure ou l'ammoniac inhibe la germination et la croissance des plantes, alors que l'éthylène stimule la germination.
- **Acides organiques :** l'acide citrique inhibe la germination à (0,1%) ; les acides oxalique ou acétique, très abondants, peuvent inhiber la germination.
- **Composés aromatiques :** acides phénoliques, coumarines (parmi les composés naturels les plus phytotoxiques) ; alcaloïdes (caféine et nicotine) ; flavonoïdes, tannins (peu efficace) ; quinone (la juglone du noyer) ; terpénoïdes : Salvia et Eucalyptus (camphre) (Chadda, 2008).

L'effet de ces molécules peut être direct sur la plante cible, ou indirect par sa transformation dans le sol par les microorganismes (Figure 6) (Soltys et al, 2013).

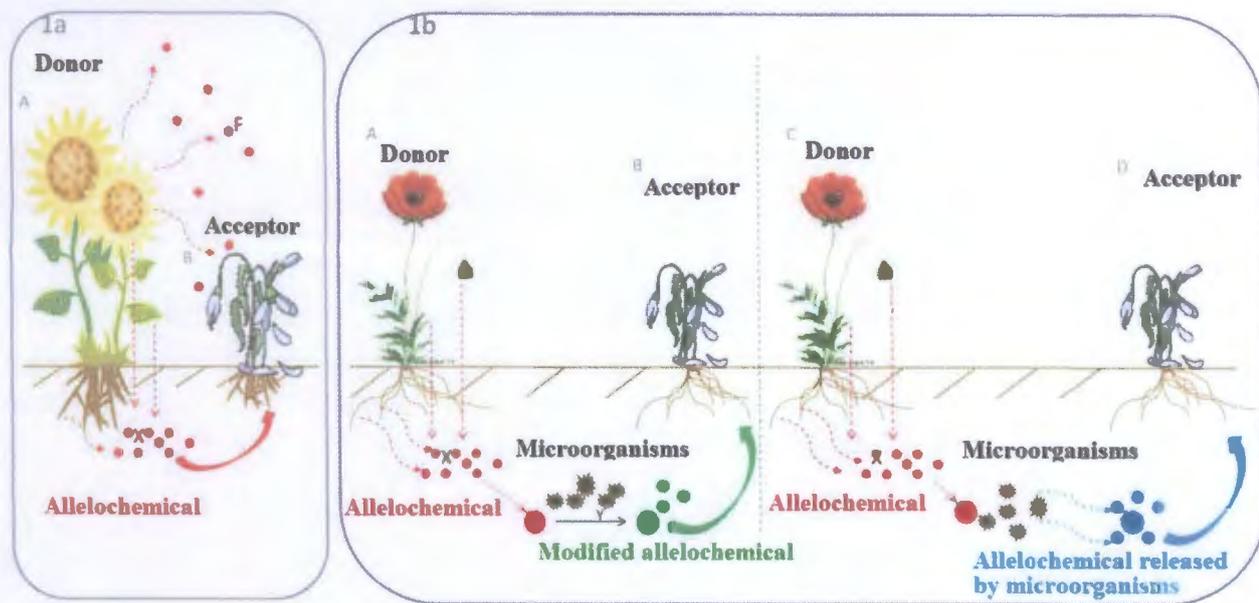


Figure 6: Effet direct ou indirect des molécules allélochimiques (Soltys et al, 2013).

II.2. Modes d'action des composés allélopathiques

L'exposition des plantes sensibles aux allélochimiques peut affecter leur germination, leur croissance et leur développement. En effet, la germination des graines est alors retardée ou le développement des plantes est inhibé. Les variations morphologiques sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement : des effets sur l'allongement de la tige et de la racine (coléoptile et coléorhiz des poacées). Ces variations peuvent être observées au stade post-levée sur le développement des pousses et des racines (Kruse et al, 2000).

Selon Ferguson et al. (2003), les substances allélopathiques agissent sur :

- **la division cellulaire** : la coumarine inhibe la mitose dans les racines d'oignon.
- **la croissance et synthèse** : les composés phénoliques ont une action sur la régulation des hormones de croissance.
- **la photosynthèse et respiration** : la scopolétine réduit la photosynthèse chez le tournesol et le tabac par fermeture des stomates.
- **la perméabilité membranaire** les composés phénoliques accroissent le flux de potassium hors des tissus racinaires.
- **l'absorption minérale** : l'acide férulique inhibe l'absorption de potassium par les plantes (confusion avec les effets de la compétition).
- **le cycle de l'azote** : fixation de l'azote et nitrification.

Macheix et al. (2005), ont donné l'exemple de composés phénoliques pour expliquer l'action des composés allélopathiques dans les relations des plantes avec les facteurs de milieu.

Ils ont illustré l'action de ces composés comme suite :

- Les composés phénoliques interviennent dans les symbioses Rhizobium/Légumineuses par:
 - ✓ Activation des gènes de nodulation
 - ✓ Inhibition de l'activation des gènes de nodulation.
- Ils interviennent également dans les réactions hôte/parasite par :
 - ✓ Activation des gènes de virulence
 - ✓ Barrière physique ou chimique, constitutive ou induite
- Ils jouent un rôle dans la protection contre le rayonnement UV
- Ils interviennent dans les relations Plantes/animaux en influençant la couleur et la pollinisation. Selon Dumas (2002) les acides phénoliques sont d'autant plus toxiques que le pH du sol est faible.

Les interactions allélochimiques sont souvent le résultat d'action jointes de plusieurs composés différents. Ainsi, les activités biologiques des plantes réceptrices sont dépendantes de la concentration des produits allélochimiques, c'est-à-dire qu'il y a émission d'une réponse que lorsque la concentration en produits allélochimiques atteint une certaine valeur seuil (Thomson, 1985).

II.3. Voies d'émission des composés allélopathiques

Les substances allélochimiques sont libérées à l'environnement au moyen de quatre processus écologiques: volatilisation, lixivation, exsudat racinaire et décomposition des résidus de la plante (Thomson, 1985).

La libération de substances toxiques volatiles par les plantes est un phénomène écologiquement plus important dans les milieux arides ou semi-arides. Les substances émises par cette voie sont le plus souvent des monoterpènes simples.

On appelle exsudats racinaires toutes les substances organiques solubles et insolubles libérées dans le sol par les racines saines ou lésées. L'exsudation racinaire présentent un intérêt particulier pour les phénomènes allélopathiques parce qu'il s'agit d'une voie de libération directe des toxines dans la rhizosphère, pouvant ainsi potentiellement influencer la composition de la flore microbienne (Bertin *et al*, 2003).

Le lessivage du feuillage forestier se définit par le prélèvement des substances contenues dans le feuillage sous l'action des solutions aqueuses comme la pluie, la rosée, la buée, le brouillard ou la neige (Smith, 1981). Ainsi, Tukey (1970), ajoute que la grande majorité des substances

allélopathiques peut être lessivée, y compris les terpènes, les alcaloïdes et les substances phénoliques.

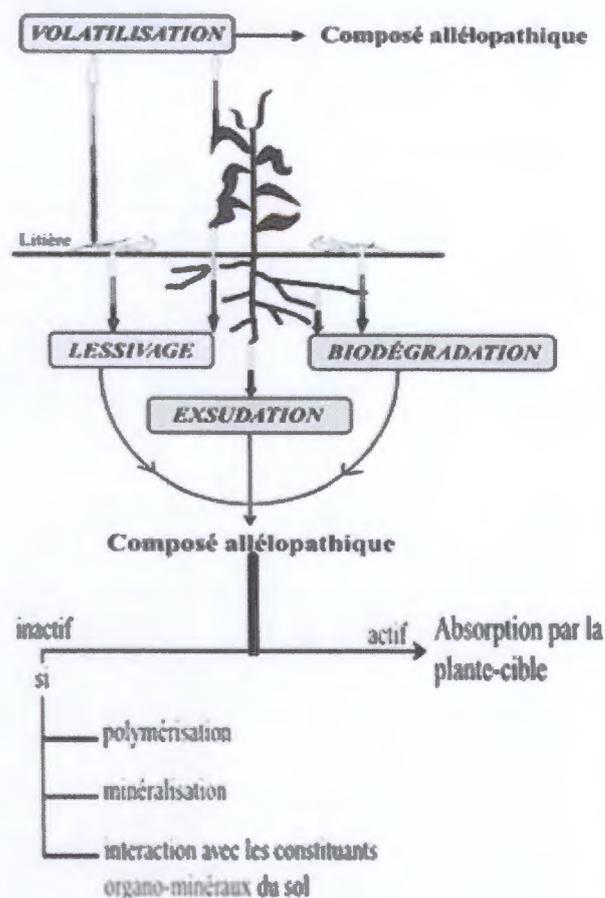


Figure 7: Voies de libération des molécules allélopathique (Regnault-Roger et al, 2008).

II.4. Facteurs influant l'activité des composés allélopathiques

D'après Thomson (1985), les facteurs influant l'activité des composés allélochimiques sont :

- ❖ **Nature du sol** : les composés allélopathiques ont une activité réduite lorsqu'ils sont fixés par les argiles ou la matière organique, alors qu'ils sont totalement disponibles dans un sol très sableux ; un amendement calcaire aurait la propriété de lier ces composés et de les inactiver.
- ❖ **Eau**: un apport d'eau dilue les substances et diminue leur activité (rôle du drainage).
- ❖ **Etat de la plante réceptrice** : stress.
- ❖ **Substance actives** : durée de vie des substances (décomposition, migration) – synergie.

II.5. Allélopathie chez le genre pinus

En milieu méditerranéen, de nombreuses espèces présentent des propriétés allélopathiques comme le thym (*Thymus vulgaris* L.), le Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.), ou certains cistes (*Cistus albidus* L.) (Pelissier et al, 1989). De même, un certain nombre d'essences forestières et

plus particulièrement des conifères présentent aussi cette propriété (Pelissier et al, 1989 ; Singh et al, 1999 ; Maimoona et al, 2011)

Une substance allélopathique, 9α , 13β -epidioxyabeit-8 (14) de l'acide en-18-oïque, a été trouvé dans l'extrait méthanolique aqueux des aiguilles de pin rouge qui inhibe la croissance du cresson (*Lepidium sativum* L.), laitue (*Lactuca sativa* L.), luzerne (*Medicago sativa* L.), ray-grass italien (*Lolium multiflorum* Lam.), fléole (*Phleum pratense* L.), digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) et du panic pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) (Kato-Noguchi et al. 2009).

L'huile essentielle de pin noir (*Pinus nigra* J.F.Arnold) a été montré pour inhiber la croissance des herbes Canaries (*Phalaris canariensis* L.), trèfle champêtre (*Trifolium campestre* Schreb.) et champ de moutarde (*Sinapis arvensis* L.) plants à 5 mg / ml (Amri et al. 2014). Plusieurs isomères pinènes ont montré différents effets allélopathiques contre la germination des graines du maïs (*Zea mays* L.) (Areco et al. 2014).

L'extrait aqueux des aiguilles de *Pinus roxburghii* Sarg. inhibe la croissance des semis de la moutarde et du blé (Baroniya et Baroniya, 2014) tandis que celui de *Pinus eldarica* (Syn. *Pinus brutia* Tenore ou le pin Turc) inhibe la croissance des semis du ray-grass anglais et le pâturin des prés (*Poa pratensis*) (Aliloo et al. 2012).

Fernandez et al. (2008) ont mis en évidence dans une expérimentation menée dans des conditions contrôlées, l'effet autotoxique de certaines parties des arbres de Pin d'Alep (aiguilles vertes, racines) prélevées d'un jeune peuplement ainsi que d'un autre vieux via la production de certains composés phénoliques (acide vanillique, acide syringique, acide gallique, acide p-couramique, acide ferulique, acide benzoïque) Fernanadez et al. 2006) aussi via des terpénoïdes. Parmi les composés phénoliques identifiés dans des extraits aqueux du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), l'acide vanilique et l'acide ferulique sont connus comme des agents antimittotiques (Sampietro et al. 2006).

D'après Fernandez et al. (2008), la libération des composés allélochimiques dans l'environnement est dépendante de l'âge et l'organe de l'espèce en considération. En effet, les jeunes pins présentent une auto-inhibition pour la germination alors que les vieux ayant un effet remarquable sur la croissance des plants. En outre, les extraits d'aiguilles, qui se rapprochent des lixivats naturels, présentent un effet dose plus importants que les extraits des racines mais seulement sur la germination.

Les mêmes auteurs ont montré également que la litière semble avoir l'effet inhibiteur le plus important sur la germination, le taux de germination le plus faible (moins de 30%) est observé dans

le cas d'un sol couvert de litière provenant de vieux pins. En effet, la litière semble avoir à côté de son effet phytotoxique, un effet de barrière physique.

Etude expérimentale

I. Présentation de la zone d'étude**I.1. Situation géographique**

Notre zone d'étude se situe à 14 Km à l'ouest du chef-lieu de la wilaya de Jijel et à 6 Km de l'est de la localité d'El Aouana en suivant la route nationale RN 43, plus exactement derrière le centre de formation des agents techniques spécialisés des forêts à oued Kissir.

La zone est limitée au sud par la forêt domaniale de Guerrouch, au nord par la mer méditerranéenne, à l'ouest par la commune d'El Aouana et à l'est par la commune de Jijel. Le choix du site d'étude est motivé par le fait de l'apparence très nette du phénomène d'enrésinement de la forêt chêne liège par le pin maritime.

Chapitre III

Matériels et méthodes

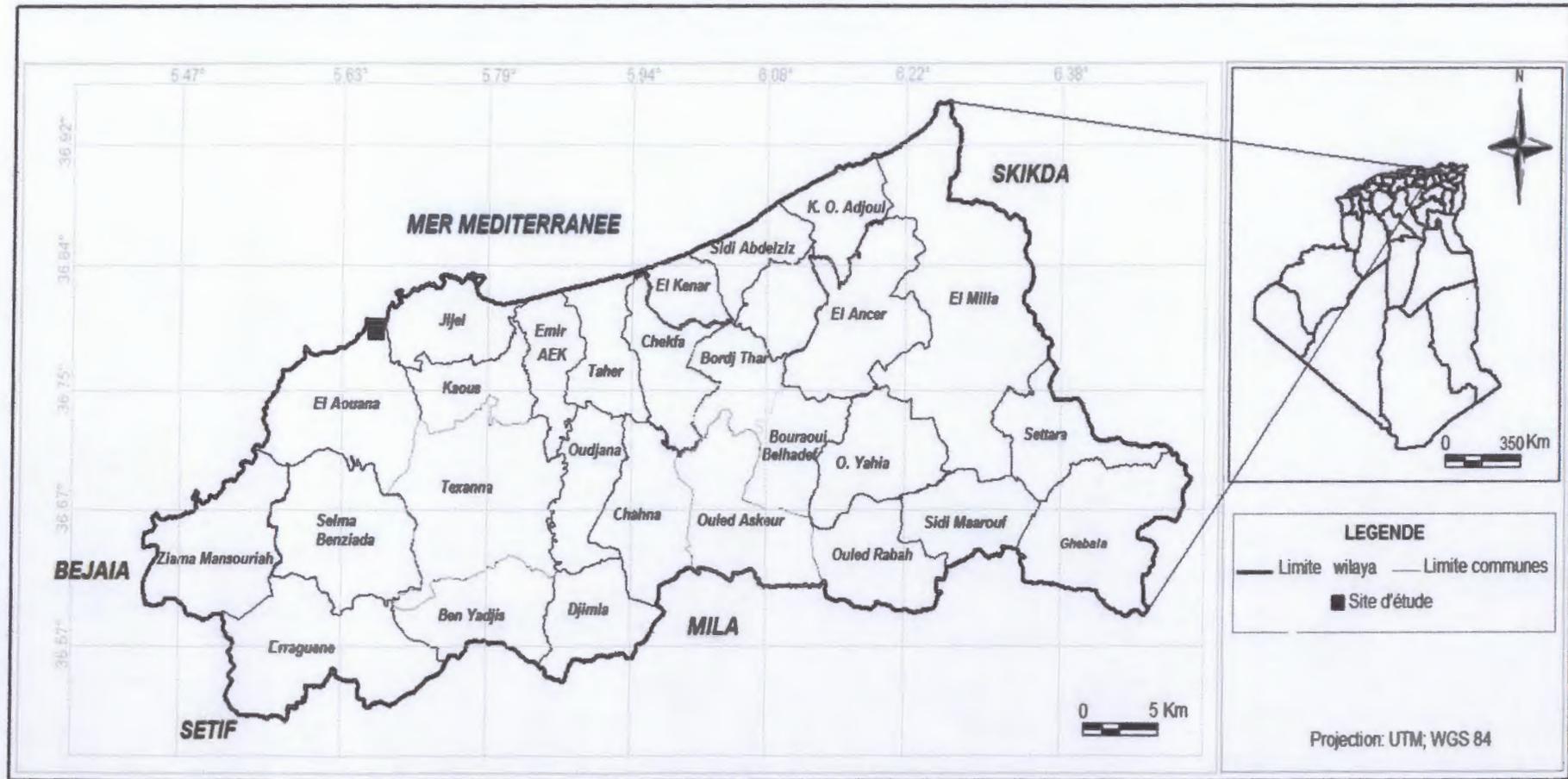


Figure 8: Carte de localisation du site d'étude.

I.2. Géologie du site

Les unités lithostratigraphiques formant le site de l'oued de Kissir sont représentées par :

- Les formations du flysch Numidien.
- Les dépôts de l'Oligo-miocène-Kabyle.
- Les dépôts quaternaires.

I.2.1. Formations du flysch numidien

Le flysch Numidien est représenté par :

- Une assise gréseuse
- Alternance de bancs de grés et argile

I.2.2. Formations de l'Oligo-miocène –Kabyle

Elles sont représentées par une alternance de pélites et des bancs de grés micacés, dilacérés et très perturbés (fractures, plissement,.....etc.). Les marnes sont très altérées en surface donnant des horizons argileux.

I.2.3. Dépôts quaternaires

Dans la région de Kissir, les dépôts quaternaires sont représentés pour l'essentiel par les dépôts des terrasses alluviales et les colluvions (éboulis de pente).

A. Dépôts des terrasses alluviales

➤ Terrasses alluvionnaires anciennes

Constituées essentiellement par un mélange d'argiles, de limons, de sables fins à grossiers, et un faible pourcentage de graviers et blocs de nature dominée par les grés numidiens. Elles constituent en surface un sol fertile cultivé.

➤ Terrasses alluviales récentes

Constituées d'alternances de graviers et cailloux avec une matrice sableuse constituée de sable fin à moyen avec présence de graviers et sables fin argileux à argile sableuse parfois à aspect vaseux.

B. Colluvions (éboulis de pente)

Ils couvrent la totalité des versants en amont et en aval du site ainsi que le relief gréseux, et sont très étendus sur toute la zone du site. Ces dépôts sont constitués par des fragments à éléments anguleux de nature gréseuse, emballés dans une matrice argilo-sableuse, provenant de l'altération

superficielle des grés et des marnes. En plus de ces éboulis de pente, il faut signaler la présence de gros paquets rocheux de grés numidiens qui se sont détachés, et viennent glisser au pied du versant ou vers le lit de l'oued, et se trouvent emballés dans les alluvions (Djellit, 1987).



1: Granite miocènes, 2: Numidien, 3: Oligo-miocène et unités allochtones suprakabyles, 4: Dorsale calcaire, 5: Socle kabyle, 6: Unités schisteuse infra-kabyle, 7: Unités telliennes.

Figure 9: Esquisse géologique de la petite Kabylie (Andrieux et Djellite, 1989).

I.3. Caractéristiques climatiques

L'étude climatique a pour but essentiel d'analyser les deux principales caractéristiques du climat, à savoir : la pluviométrie et la température permettant de déterminer la durée des périodes de croissance des végétaux au cours de l'année. Donc, toute étude climatique et de surcroît bioclimatique, repose sur la disponibilité de données suffisantes et fiables.

Par manque de station météorologique au voisinage du site d'étude, nous nous sommes référés à la station ONM de l'aéroport Achwat située à 10 m d'altitude et à 20 Km au Nord-Est du site d'étude. Nous avons pris en considération les paramètres les plus déterminants sur une période de 20 ans (1994-2014).

I.3.1. Pluviométrie

Les moyennes mensuelles pluviométriques de la période (1994-2014) enregistrées à la station météorologique d'Achwat sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 3: Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à Jijel sur une période d'observation de vingt ans allant de 1994 à 2014.

Mois	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total
P (mm)	194,59	128,79	100,84	73,37	83,12	45,46	13,13	3,4	12,46	52,87	80,73	145,65	934,41
Saison	Hiver			Printemps			Eté		Automne				
P (mm)	424,22			201,95			28,99		279,25				

P (mm) : précipitation en millimètre

Source : ONM. (Jijel, 2015)

Le tableau montre que la région de Jijel reçoit une tranche pluviométrique annuelle très importante avec (934.41mm/an), marquée par une irrégularité de la répartition des pluies au cours de l'année où presque 50% des précipitations tombent en Hiver (Décembre, Janvier, Février). Les mois de Juin, Juillet, Aout marquent de très faibles quantités de pluies ne dépassant pas 3,10 % du total annuel, ce qui entrave la régénération naturelle dans ces premiers stades (croissance initiale des semis).

I.3.2. Température

La température, second facteur constitutif du climat influe sur le développement de la végétation, et se sont surtout les températures extrêmes (valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M ») qui ont une influence directe sur la végétation par rapport aux moyennes, sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée.

Tableau 4: Températures moyennes mensuelles (°C) enregistrées à Jijel sur une période d'observation de vingt ans allant de 1994 à 2014.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	moyenne annuelle
M(°C)	16,1	16,7	19,1	19,9	24,3	27,5	30	31	28,5	25,6	20,4	17,1	23,01
m(°C)	6,7	6,5	8,1	9,6	12,9	16,5	19	20,3	18,3	15,1	10,8	8,1	12,65
$\frac{M+m}{2}$	11,4	11,6	13,6	14,75	18,6	22	24,5	25,65	23,4	20,35	15,6	12,6	17,83

M : température maximale moyenne ; m : température minimale moyenne

Source : O.N.M. (Jijel ,2015)

Il ressort du tableau 4 que la température moyenne annuelle au niveau de Jijel est estimée 17,83°C, les minima sont enregistrés au mois de février avec une valeur moyenne de 6.5°C, le mois d'aout est le plus chaud avec une valeur moyenne maximale de 31°C.

I.3.3. Les gelées

Phénomène engendré par les basses températures, il atteint les parties sensibles du végétal (plantules, fleurs, bourgeon, ...etc.), dangereux surtout pour les jeunes plantations. On enregistre 25

jours de gelées par an qui se manifestent de décembre à mars. Toutefois, compte tenu de leurs faibles fréquences, elles ne constituent pas un facteur limitant pour le développement de la végétation d'une manière générale.

I.3.4. Humidité

Tableau 5: Humidité moyennes mensuelles (%) enregistrées à Jijel sur une période d'observation de vingt ans allant de 1994 à 2014.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Humidité (%)	78,1	77,5	76,7	76,3	77,4	74,1	72,1	71,6	74,3	75,1	76,4	76,9	75,5

Source :O.N.M.(Jijel,2015)

L'humidité exprime l'état hygrométrique de l'atmosphère qui varie beaucoup au cours de la journée. C'est à la valeur de l'humidité relative que correspond la sensation d'humidité ou sécheresse de l'air. Elle varie au cours de l'année, enregistrant une valeur maximale de 78,1% au mois de janvier, et un minimum de 71,6 au mois d'aout, et une moyenne annuelle de 75,5 % qui reste assez élevée (tableau 5).

I.3.5. Vent

Les vents dominants soufflant tous les mois de l'année avec une fréquence et une vitesse variable généralement, ont une direction Nord-ouest surtout en période froide. Cependant, il y a quelques jours de sirocco, qui soufflent en moyenne 11 jours par an pendant l'été d'une manière irrégulière, mais dont la présence peut favoriser la propagation des feux des forêts, causant ainsi de grandes dommages à la régénération naturelle et aux sujets de chêne-liège nouvellement démasclés.

II. Matériels et Méthodes

II.1. Récolte et exploitation des données

Pour que le travail réalisé soit proche aux conditions naturelles, on avait besoin tout d'abord d'une prospection du terrain pour avoir des idées. Ainsi, on a choisi de faire des transects dans les trois directions Nord, Est et Ouest. Dans chaque transect nous avons fait trois relevés phytécologiques regroupant des données topographiques, pédologiques et de végétation auxquelles ont été greffés des données historiques (ex. incendie). A chaque point de relevé, les données ont été prélevées dans des placettes circulaires de 10 m diamètres correspondant à une superficie de 78.5 m².

Puisque l'effet allélopathique est exprimé par plusieurs voies incluant la plante entière et le sol et d'après Gauquelin *et al* (1992), les pluviollessivats des forêts contiennent une part d'éléments déjà présents dans les eaux de pluie et une autre provenant du lavage du feuillage et dans le but d'imiter la nature, on a choisi de préparer deux types de solutions ; des lessivats de la couche holorganique et des macéras préparés à base des aiguilles de pin maritime avec des concentrations différentes. Les deux catégories de solutions, lessivats et macéras, ont servi par la suite pour arroser les glands de chêne liège mis à germer dans des bacs remplis de sable d'oued.

II.2. Echantillonnage

Dans toute étude de végétation, le problème d'échantillonnage se pose de façon fondamentale (Gounot, 1969). De nombreux chercheurs, se sont préoccupés du nombre et de l'implantation des relevés pour avoir un inventaire représentatif de la végétation du territoire étudié (Guinochet, 1973).

Selon Gounot (1969), l'échantillonnage consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble. Celui adopté dans notre étude est de type subjectif. Le même auteur note que c'est la forme la plus simple et la plus intuitive d'échantillonnage. Il s'agit en fait d'une méthode de reconnaissance qualitative rapide qui permet de débayer le terrain en vue d'études plus précises. La surface à échantillonner doit être plus ou moins homogène du point de vue floristique et géomorphologique (topographie et la nature du sol).

II.3. Réalisation des relevés

La technique qui a servi de base à notre étude est celle du relevé phytoécologique portant sur l'inventaire des données floristiques et écologiques. Il comporte un inventaire floristique complet des espèces présentes à l'intérieur de chaque placette circulaire échantillonnée.

Le relevé doit être caractérisé par :

- Sa position sur terrain, pour ce faire nous avons utilisé un GPS (Garmin 60 Cx), afin de définir ses coordonnées géographiques et son altitude ;
- Les caractères généraux de la station à savoir : la pente, l'exposition, la morphologie, le sol et le recouvrement général de la végétation (en %) ;
- Coefficient d'abondance-dominance des espèces composantes suivant l'échelle de Braun-Blanquet ; c'est l'échelle la plus couramment utilisée (Guinochet, 1973) :
 - 5: recouvrement de 75%, abondance quelconque ;
 - 4: recouvrement de 50 à 75%, abondance quelconque ;

- 3: recouvrement de 25 à 50%, abondance quelconque ;
- 2: recouvrement de 5 à 25%, individus très abondants ;
- 1: recouvrement faible moins de 5%, individus assez abondants ;
- +: simplement présent, recouvrement et abondance très faibles.

On appelle abondance la proportion relative des individus d'une espèce donnée, et dominance la surface couverte par cette espèce (Ozenda, 1982). Toutefois, puisque le logiciel utilisé pour le traitement des données ne reconnaît pas le plus (+) de l'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet, on était alors obligé de décaler notre échelle en remplaçant : le + par 1, le 1 par 2, le 2 par 3, le 3 par 4, le 4 par 5, le 5 par 6 et l'absence par 0.

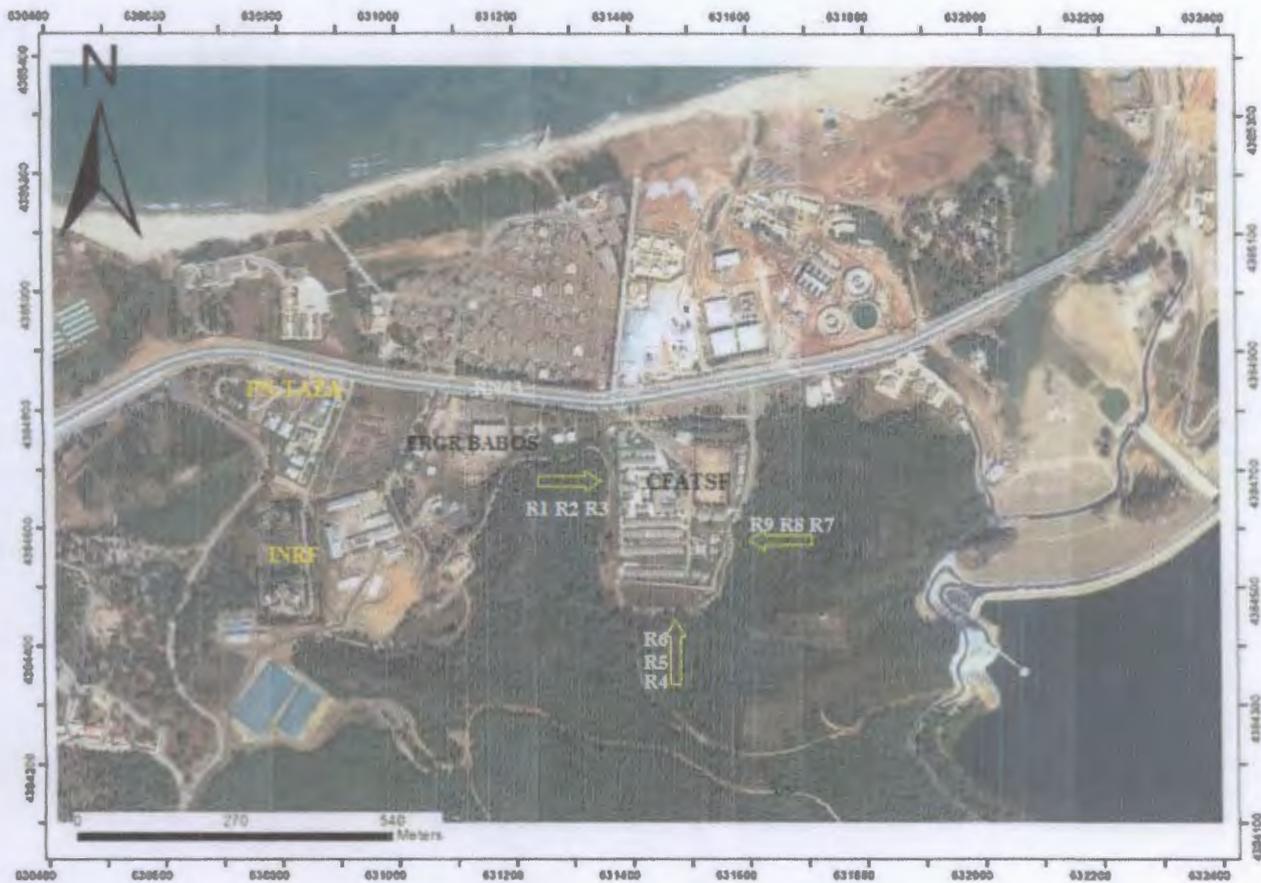


Figure 10: Carte de localisation des relevés (Google Earth, 2016).

Ainsi, nous avons réalisé 09 relevés le long de la zone d'étude, soit 3 relevés par transect dans trois expositions nord, est et ouest, le versant sud étant inaccessible. Par cette méthode d'échantillonnage nous espérons pouvoir couvrir différents stades d'envahissement : terrain exclusivement dominé par le chêne liège (non envahi), terrain partiellement envahi par le pin maritime et terrain où le pin maritime domine le chêne liège.

Par ailleurs, pour caractériser l'état de régénération de chêne liège, le nombre de semis présents dans chaque placette a été également noté.

II.4. Analyse numérique de la végétation

Cette étape consiste en la comparaison analogique des relevés. A l'heure actuelle cette étape est le plus souvent réalisée par ordination. Parmi les techniques d'ordination, nous avons retenu pour notre étude l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) conjuguée à une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) qui sert de base pour confirmer les résultats de l'AFC.

II.4.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Cette analyse est très souvent employée pour résumer la structure d'un jeu de données de distribution d'espèces et mettre en relation les conditions écologiques des stations avec les espèces qui en sont caractéristiques (Ezzahiri, 1989)

Pour permettre une meilleure interprétation des graphiques, l'analyse fait intervenir les calculs suivants :

- Les coordonnées de chaque point "relevé" et point "espèce", ces coordonnées permettent la projection des points relevés et espèces sur le plan factoriel ;
- Les valeurs propres et le taux d'inertie quantifiant la part de l'information expliquée par les différents axes. Ces valeurs propres permettent de décider du nombre d'axes à retenir ;
- Les contributions relatives des relevés et des espèces renseignant sur la part ou l'importance du relevé ou de l'espèce dans la création de l'axe. Les éléments ayant les plus fortes contributions relatives sont les plus explicatifs pour l'axe factoriel considéré (BRIANE, 1994 *in* Hamimeche 2007).

II.4.2. Classification hiérarchique ascendante

La CHA est un complément de l'AFC, elle permet de confirmer ses résultats et de faciliter l'identification des différents ensembles de relevés.

Le logiciel utilisé est le "PC ORD. Version 4" (Mc Cune & Mefford, 1999). Ce dernier, nous a permis de traiter une matrice de 09 relevés et 24 espèces.

III. Analyses physico-chimiques du sol

Dans le souci d'objectivité en rapport avec les conditions naturelles du terrain, et pour mener à bien notre étude, nous avons opté d'effectuer une analyse physico-chimique du sol. Pour cela les 09 relevés floristiques ont été accompagnés par des prélèvements d'échantillons de sol. Les prélèvements d'échantillons de sol ont été effectués à la tarière pédologique au centre de chaque

placette échantillonnée. Cependant, en raison de la configuration du terrain engendrant des sols superficiels, le prélèvement d'échantillons a été réalisé à l'aide de la tarière pédologique dans les 20 premiers centimètres, à l'exception du relevés 9 où on a pu prélever trois échantillons à 20 cm, 40 cm et 60 cm de profondeur.

Aussitôt après le prélèvement, les sols sont placés dans des sacs en plastique étiquetés, fermés de façon non hermétique pour conserver un état d'aérobiose et transportés au laboratoire où ils subissent un tamisage à 2 mm destiné à retirer les corps indésirables (racines, vers de terre, etc.) et à obtenir un échantillon moyen parfaitement homogène. Les analyses de terre classiques pH, conductivité électrique (C.E), matière organique ont été effectuées au niveau de laboratoire d'LN.R.F de Bainem à Alger.

Tableau 6: L'ensemble des analyses des sols.

Analyses physiques	Analyses chimiques
Analyse Granulométrique	Matière organique pH Conductivité électrique (C.E)

III.1. Analyses

physiques

III.1.1. Analyse Granulométrique

Méthode internationale, par l'emploi de la pipette de Robinson.

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments ≤ 2 mm). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats.

- Argile: $\Phi < 0.002$ mm
- Limon: $0.002 < \Phi < 0.05$ mm
- Sable fin: $0.05 < \Phi < 0.2$ mm
- Sable grossier: $0.2 \text{ mm} < \Phi < 2$ mm

Le principe de l'analyse consiste à séparer la partie minérale du sol et éliminé la matière organique en lots d'après la dimension des particules et à déterminer, en poids, les proportions relatives à ces lots.

Les sables grossiers et fins sont séparés par tamisage, tandis que les limons et argiles sont séparés par sédimentation. Le principe de la sédimentation est donné par la loi de STOKES, le prélèvement de ces fractions est fait par la méthode de la pipette ROBINSON ; dans des conditions bien déterminées (temps, température) (Baize, 2000).

III.2. Analyses chimiques

III.2.1. Matière organique

Le taux de matière organique a été déterminé par perte au feu (méthode dite calcination) :

- Peser la capsule vide (p1),
- Mettre le sol (sol + capsule) (p2) dans le four à moufle à 850°C pendant une heure,
- Ouvrir la porte du four pour que ça refroidi,
- Sortir ensuite la capsule du four et la placer dans un dessiccateur pour quelle puisse se refroidir assez rapidement sans se hydrater,
- Peser le sol (sol + capsule) (p3) après les avoir retirés du four à moufle.
- La différence (P3-P1) correspond à la perte au feu ou poids sec (P sec), tandis que la différence (P2-P1) correspond au poids frais, (Baize, 2000).
- On détermine le taux de matière organique (estimé en %) suivant la formule :

$$M. O\% = \frac{P.Frais - P.Sec}{P.Frais} \times 100 \quad / \text{ Ou}$$

$$M. O\% = \frac{(P.Substrat - P.Capsule) - (P.Substrat calciné - P.Capsule)}{(P.Substrat - P.Capsule)} \times 100$$

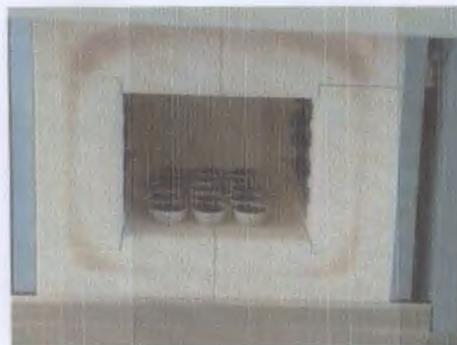


Figure 11: Echantillons de sol dans le four à moufle.

III.2.2. Le pH

Le pH est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution en ions $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$, le pH varie entre 0 et 14 et le $\text{pH} = 7$ lorsque $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$.

L'ion H^+ occupe donc une place importante dans la catégorie des ions échangeables puisqu'il détermine le pH des sols.

La mesure de pH s'effectue sur une suspension de terre fine. Le pH doit être pris d'abord dans de l'eau distillée bouillie, puis dans une solution normale de KCl, en utilisant la méthode électrométrique à électrode de verre (Aubert, 1978).

III.2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique CE du sol est déterminée selon le rapport (sol-eau) 1/5 au conductimètre. La mesure de la conductivité permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous sur un extrait saturé ou dilué (Aubert, 1978).

IV. Etude de l'hypothèse allélopathique

Les substances allélochimiques sont libérées à l'environnement au moyen de quatre processus écologiques: volatilisation, lixivation, exsudat racinaire et décomposition des résidus de la plante (Thomson, 1985). Dans ce contexte, Maimoona *et al*, (2011) ajoutent que les conifères montrent une allélopathie qui est principalement due à des composés phénoliques de la litière d'aiguilles sur le sol de la forêt.

Ainsi, dans ce travail on a choisis l'étude de l'effet allélopathique des aiguilles de pin maritime sur la germination du chêne liège par deux voies: le lessivage et la volatilisation. Ainsi deux solutions ont été préparées : lessivât de la couche holorganique et macéra a base des aiguilles de jeunes sujets de pin maritime fraîches et sénescents.

IV.1. Période d'échantillonnage

La cueillette a été réalisé tôt le matin, au moment de la pleine floraison avril-Mai 2016, par temps sec pour éviter toutes altérations des huiles essentielles.

IV.2. Préparation des solutions

Les acides phénoliques, des acides gras à longue chaîne, des tanins, de l'indole et de flavonoïde ont souvent été identifiés à partir des aiguilles de pin, l'écorce et les sols sous les arbres de pin en tant que substances allélopathiques putatifs (Lodhi et Killingbeck, 1982). L'inhibition de la germination des graines et de la croissance par les acides phénoliques et d'autres allélochimiques avaient été largement observées (Batish *et al*, 2008), ainsi plusieurs auteurs ont cité la présence des acides phénoliques dans *Pinus halepensis* (Fernandez *et al*, 2006), *Pinus roxburghii* et *Pinus wallichiana* (Maimoona *et al*, 2011) et *Pinus densiflora* (Kimura *et al*, 2015). D'après Augusto (1999) les branches et le feuillage sont beaucoup plus concentrés que le tronc.

Pour la préparation des macéras et des lessivats nous avons utilisé dans cette étude les aiguilles du pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.), espèce naturellement présente dans la région méditerranéenne,

IV.2.1. Préparation du lessivât

Pour la préparation du lessivât, une portion de terre à une profondeur de 20 cm a été récupérée à l'aide d'une pelle. La portion de terre récupérée représente la couche holorganique de sol formé sous pin maritime.

La portion de terre récupérée a été mise dans un bac à base perforée et arrosée par un 01 L d'eau de pluie récupérée lors des journées pluvieuses de l'année en cours. L'eau précipitée après 24 h de lixiviation à travers la portion de terre est filtrée puis conservée dans une bouteille fermée fermées pour réaliser les essais de germination.



Figure 12: Couche holorganique récupérée à l'aide d'une tarière pédologique.



Figure 13 : Couche holorganique récupérée est arrosée par 1L d'eau de pluie.

IV.2.2. Préparation des macéras

La macération consiste à mettre une plante ou partie de plante, dans de l'eau froide (macération aqueuse) ou une huile végétale (macération huileuse), pendant plusieurs heures, voire plusieurs jours, pour permettre aux constituants actifs de bien diffuser (Kraft et Hobbs, 2004). L'extrait des aiguilles se fait toujours dans de l'eau de pluie non calcaire et non chlorée (Bernard et *al*, 2012). A

ce propos, l'étude menée par Nektarios *et al.* (2005) sur le potentiel allélopathique de *Pinus halpensis* sur la fétuque élevée (*Festuca arundinacea*), l'herbe des Bermudes (*Cynodon dactylon*), l'avoine (*Avena sativa*) et la petite lenticule (*Lemna minor*), suggère fortement le potentiel allélopathique du tissu du pin, étant plus prononcé dans les aiguilles fraîches, modéré dans les aiguilles sénescents et faible dans aiguilles en décomposition.

Ainsi, deux types de macéra ont été préparés:

- ❖ Macéras des aiguilles fraîches (MF) immédiatement coupées après récolte et trempées dans l'eau de pluie pendant 5 jours,
- ❖ Macéras des aiguilles sénescents (MS) obtenus après trempage dans l'eau de pluie pendant 24h des aiguilles fraîches séchées à l'étuve maintenue à 45°C pendant 72 h comme décrit par Bulut et Demir (2007).



Figure 14: Aiguilles fraîches du pin maritime trempées dans l'eau de pluie pendant 5 jours.



Figure 15: Aiguilles (sénescents) du pin maritime séchées dans l'étuve à 45°C pendant 72 h.



Figure 16: Aiguilles sénescents trempées dans 1l d'eau de pluie pendant 24 h.

Dans la recherche de la concentration et l'efficacité de l'activité, six (06) concentrations successives ont été choisies pour les deux types de macéras: 5%,4%, 3%,2% et 1%. Des concentrations 50%,40%, 30%,20% et 10% ont été utilisées par (Bulut et Demir, 2007) dans leur étude menée sur les effets allélopathiques des extraits d'aiguilles du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) sur la germination des graines et la croissance des semis du gazon. Les extraits (5 extraits) sont préparés à la température ambiante du laboratoire (20 -24°C). Pour cela et à l'aide d'une balance électronique (max 160g, e=0.01g), nous avons pesé 10g, 20g, 30g et 50g des aiguilles fraîches et 10g, 20g, 30g et 50g des aiguilles sénescents. Nous avons ajouté à chaque quantité pesée 1000 ml d'eau de pluie dans des récipients en plastique. Les récipients contenant les macéras ont été couverts par du papier aluminium pour éviter tous types de volatilisation.

Tableau 7: Conditions opératoires liées à la macération.

Espèce	Aiguilles de pin maritime									
	(MF)					(MS)				
Type du macérât										
Poids de la matière végétale	10g	20g	30g	40g	50g	10g	20g	30g	40g	50g
Poids d'eau de pluie utilisée	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g
Concentration	1%	2%	3%	4%	5%	1%	2%	3%	4%	5%

Les extraits obtenus sont mis au réfrigérateur afin de les utiliser pour les tests de germination.

IV.3. Test de germination

Dans plusieurs domaines, y compris l'allélopathie, les bio-essais de germination sont largement utilisés pour évaluer l'efficacité des traitements conçus. La plupart du temps la germination maximale en pourcentage est considérée comme suffisante pour l'interprétation, qui ne dépend que des résultats finaux (Anjum et Bajwa, 2005).

IV.3.1. Substrat utilisé

Le substrat utilisé est un sable d'oued récupéré d'Oued Bourchaid dans la région d'El Aouana. Le sable ne présente aucune performance de qualité et ne sert que de support, il n'a donc aucune influence sur les résultats. Après tamisage, le sable est placé dans des bacs en verre dans une étuve maintenue à 200 °C pendant 2h pour éviter toute sorte de contamination (Merouani et *al.* 2005).



Figure 17: Substrat utilisé dans le test de germination.

IV.3.2. Matériel végétal

Les glands de chêne liège utilisés ont été récoltés d'un peuplement bien venant de la région de Kissir en 24/11/2014 et conservés pendant 18 mois en chambre froide. Un triage par flottation et une stérilisation sont réalisés dans un bac rempli d'eau où le volume d'eau est deux fois le volume des glands immergés avec quelques gouttes de l'eau de javel, les glands qui paraissent morphologiquement endommagés ou déformés et ceux qui sont attaqués par des microorganismes devenant plus légers flottent sur l'eau sont éliminés, alors que les sains descendent au fond du récipient.



Figure 18 : Glands trempés dans l'eau de robinet et l'eau de javel.



IV.3.3. Protocole expérimental

Pour étudier l'effet du lessivât et des macéras d'aiguilles de pin maritime sur la germination des glands de chêne liège, 10 glands paraissant sains après flottation à l'eau ont été semés en position horizontale dans des boîtes en plastiques à moitié remplies de sable d'oued, puis recouverts avec du sable d'oued. Les boîtes ont été ensuite généreusement humectées chacune par l'une des quatre solutions : lessivât de la couche holorganique, macéras des aiguilles fraîches, macéras des aiguilles sénescents et l'eau de pluie comme témoin. Dans chaque boîte ont été placés 10 glands avec trois

répétitions donnant un total de 360 glands pour l'ensemble du protocole. Les 36 boîtes ont été par la suite placées en étuve maintenue à 20°C pendant 28 jours.



Figure 19: Mise en germination des glands de chêne liège arrosés par lessivât (L) et l'eau de pluie (T-).



Figure 20: Ensemble des glands arrosés par différents macéras.

IV.3.4. Paramètres calculées

Un seul paramètre a été calculé qui est le taux de germination.

- **Energie ou vitesse de germination en %**

Il existe plusieurs définitions de l'énergie germinative (Ford-Robertson, 1971) in Willan, 1992: Pourcentage de semences (en nombre) d'un échantillon donné qui germent pendant une période déterminée (définie comme la période énergétique) par exemple 7 jours dans des conditions optimales ou strictement définies.

- **Pourcentage de germination**

Le pourcentage de germination est défini comme le rapport entre le nombre de glands germés et le nombre de glands testés. Il est exprimé par l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage de germination en \%} = \frac{\text{Nombre de glands germés}}{\text{Nombre de glands testés}} \times 100$$

Un gland est considéré comme germé lorsque la radicule perce les enveloppes et manifeste son géotropisme positif (Merouani *et al*, 2005). Le nombre de glands germés par boîte est relevé chaque semaine et le taux final est obtenu après 28 jours d'incubation en étuve.

IV.4. Traitement statistique

Les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel « XLSTAT ». L'analyse de la variance à un facteur de variation (solution d'arrosage) a été faite par ANOVA. En cas de différence significative ($F_{\text{observée}} > F_{\text{tabulée}}$ de Fisher), les moyennes sont rangées en groupes homogènes par le test de comparaison multiple de Newman et Keuls au risque d'erreur de 5%.

Chapitre IV

Résultats et discussions

I. Présentation des résultats

I.1. Etude de végétation

I.1.1. Inventaire floristique

L'inventaire de la flore naturelle du site d'étude, établi dans le présent travail de manière subjective, compte 24 taxons appartenant à 19 familles (tableau n°8).

Tableau 8: Principales espèces recensées.

N°	Famille	Espèce
1	Fagaceae	<i>Quercus suber</i>
2	Pinaceae	<i>Pinus pinaster</i>
3	Ericaceae	<i>Erica arborea</i>
4		<i>Arbutus unedo</i>
5	Oleaceae	<i>Phillyrea angustifolia</i>
6	Poaceae	<i>Ampelodesma moritanica</i>
7	Labiaceae	<i>Smilax aspera</i>
8	Fabaceae	<i>Calycotome spinosa</i>
9		<i>Cytisus triflorus</i>
10		<i>Genista tricuspida</i>
11		<i>Retama monosperma</i>
12	Adoxaceae	<i>Viburnum tinus</i>
13	Daphnaceae	<i>Daphne gnidium</i>
14	Cistaceae	<i>Cistus salviaefolius</i>
15	Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i>
16	Liliaceae	<i>Asparagus acutifolius</i>
17	Arecaceae	<i>Chamaerops humilis</i>
18	Myrtaceae	<i>Myrtus communis</i>
19	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>
20	Gentianaceae	<i>Lonocera implexa</i>
21	Salicaceae	<i>Salix sp</i>
22	Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>
23		<i>Prunus avium</i>
24	Composeae	<i>inula viscosa</i>



Figure 21: Mélange de chêne liège et de pin maritime (Kissir, Forêt domaniale El-Aouana).

I.1.2. Analyse numérique de la végétation

a. Analyse de la matrice globale

L'analyse des données a porté sur une matrice initiale constituée par un ensemble de 09 relevés et 24 espèces. La matrice, sur laquelle nous avons effectué les traitements numériques, est donc composée de 09 relevés et 24 espèces. Cette matrice a été soumise à un traitement numérique à savoir l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA), en utilisant le logiciel "PC ORD", lequel est spécialement conçu pour réaliser des analyses multivariées des données écologiques.

Sachant que le logiciel utilisé pour le traitement des données fournit des résultats uniquement pour les trois premiers axes, l'étude des valeurs propres (tableau 9) relatives aux principaux axes ne permet de retenir qu'un certain nombre d'axes factoriels.

Tableau 9: Valeurs propres des trois premiers axes factoriels.

Axes	Valeurs propres
1	0.18
2	0.14
3	0.12

Cela signifie que la représentation de l'AFC est suffisante pour analyser les relations entre les relevés, les espèces et les variables écologiques au niveau du site d'étude.

b. Individualisation des ensembles de relevés et des espèces

L'examen de la C.A.H. (annexe 1) et la représentation graphique du premier plan factoriel nous a permis d'extraire deux ensembles de relevés répartis comme suit :

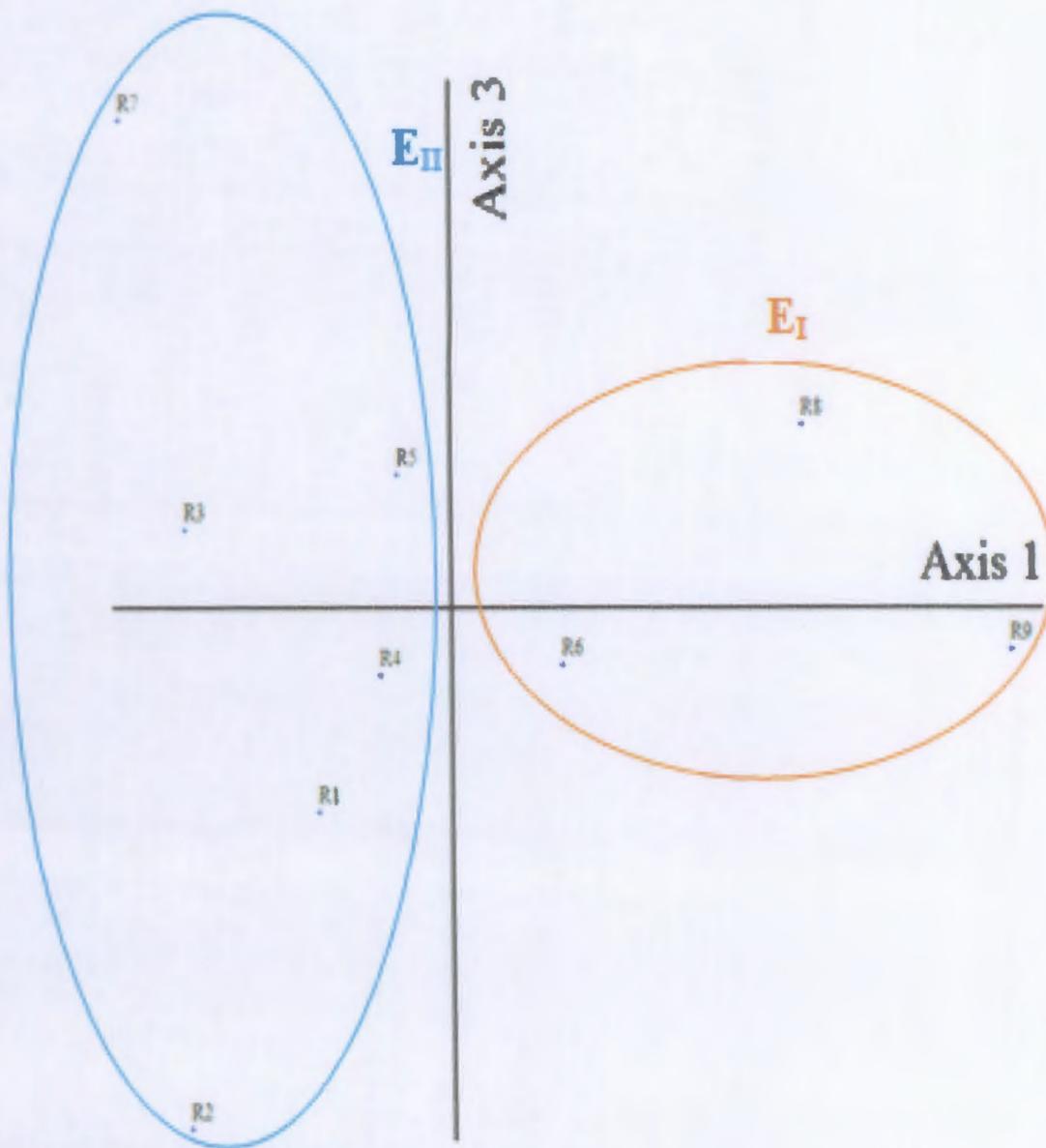


Figure 22: Analyse globale – Plan factoriel des relevés (axe 1-3).

- **Ensemble I** : composé de 3 relevés (6, 8 et 9), groupés dans le quadrant positif de l'axe 1. Il réunit les relevés effectués à une altitude qui ne dépasse pas les 57m. Ces relevés présentent des structures plus au moins dégradées. Le pin maritime est l'espèce dominante dans ce groupe. Ce dernier est très bien adapté aux sols acides et pauvres. C'est un groupe à *Pinus pinaster*.

Cet ensemble est essentiellement composé de *Pinus pinaster*, *Rubus ulmifolius*, *Inula viscosa*, *Asparagus acutifolius*, *Salix sp*, *Myrtus communis*, *Retama monosperma*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, qui sont les principales espèces du maquis arboré et qui constituent le cortège floristique classique du Chêne liège.

- **Ensemble II** : composé de 6 relevés, dont la totalité des relevés forme un amas de point relevés dans le quadrant négatif de l'axe 1 et forme un nuage, étalé et s'étirant parallèlement à l'axe 3. Le Chêne liège (*Quercus suber*), espèce méditerranéenne sclérophylle, est dominante dans ce groupe. C'est un groupe à *Quercus suber*.

Cet ensemble regroupe les relevés réalisés à différentes altitudes jusqu'à 86m. Il est dominé par *Quercus suber*, *Erica arborea*, *Viburnum tinus*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa*, *Chamaerops humilis*, *Daphne gnidium*, *Smilax aspera*, *Cytisus triflorus*, *Prunus avium*, *Arbutus unedo*, *Cistus salviaefolius*, *Genista tricuspidata*, *Lonicera implexa*, *Laurus nobilis*. Ce sont les espèces qui constituent la subéraie des milieux relativement évolués.

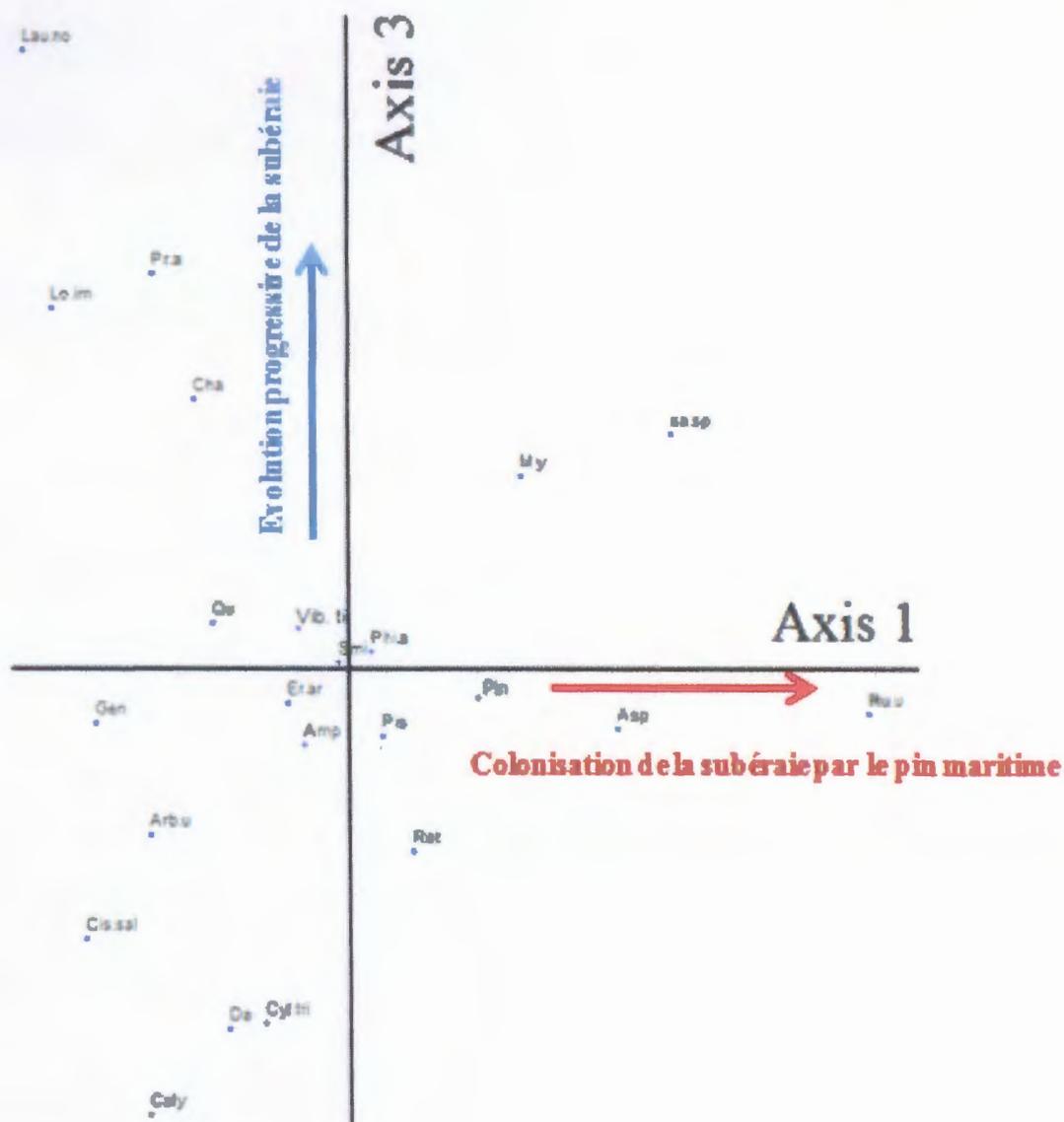


Figure 23: Analyse globale – Plan factoriel des espèces (axe 1-3).

Qu : *Quercus suber* **Phi.a** : *Phillyrea angustifolia* **Smi** : *Smilax aspera* **Cyt.tri**: *Cytisus triflorus*

Arb.u : *Arbutus unedo* **Amp** : *Ampelodesma moritanica* **Pis** : *Pistacia lentiscus* **Da** : *Daphne gnidium*

Pin : *Pinus pinaster* **Er.ar**: *Erica arborea* **Caly** : *Calycotome spinosa* **Vib.ti** : *Viburnum tinus*

Cis.sal : *Cistus salviaefolius* **Ret**: *Retama monosperma* **Lo.im** : *Lonocera implexa*

Gen : *Genista tricuspidata* **Asp** : *Asparagus acutifolius* **Cha** : *Chamaerops humilis*

My : *Myrtus communis* **Pr.a** : *Prunus avium* **sa.sp**: *Salix sp* **Ru.u** : *Rubus ulmifolius*

Inu : *inula viscosa* **Lau.no** : *Laurus nobilis*

I.2. Analyses physico-chimiques du sol

I.2.1. Analyses physiques

a. Analyse Granulométrique

Tableau 10: Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.

Classe de texture	Type de texture
Textures fines	Argilo sableuse, argileuse
Textures moyennes	Limoneuse fine, limoneuse
Textures grossières	Limono sableuse, sablo limoneuse, sableuse

Source : Hénin, 1969 in ENITA, 2000.

Tableau 11 : Résultats de différents types de texture du sol.

N° Echt.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9		
									R9 ₁	R9 ₂	R9 ₃
Texture	LS	LS	LS								

L'analyse granulométrique a montré que tous les relevés appartiennent à la classe texturale limono-sableux ce qui donne à notre sol une bonne perméabilité et aération.

I.2.2. Analyses chimiques

a. Matière organique

Tableau 12: Normes d'interprétation de la matière organique selon (Schaffer, 1975).

Taux de matière organique (%)	Terre
< 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> 4	Riche

Tableau 13: Résultats de la matière organique.

N° Echt.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9		
									R9 ₁	R9 ₂	R9 ₃
MO (%)	12.63	8.42	9.05	2.73	4.31	4.42	4.21	4.73	3.47	0.94	1.89
Cmnt.	Très riche	Très riche	Très riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Très faible	Faible

D'après les normes de Schaffer, le sol prélevé à partir de R1, R2 et R3 est très riche en matière organique, les autres échantillons de sol des relevés R4, R5, R6, R7, R8, et R9₁ sont considérés comme riche alors que les deux derniers relevés R9₂ et R9₃ sont caractérisés respectivement par des sols très faible et faible pourvus en matière organique.

Le sol forestier qui en résulte dans le site d'étude est le plus souvent réduit à l'affleurement de la roche mère comme montre la figure 24.



Figure 24: Grès Numidien

b. Le pH

Tableau 14: Echelle de classification du pH de la solution du sol.

pH	>3,5	3.5- 4.2	5- 4.2	5 - 6.5	6.5 – 7.5	7.5 – 8.7	< 8.7
Classes	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très basique

Source: Baize (2000)

Tableau 15: Résultats de pH.

N° Echt.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9		
									R9 ₁	R9 ₂	R9 ₃
pH	6.3	6.2	6.2	6.5	6.3	6	6.5	6.5	6.5	6.3	6.6
Cmnt.	Peu acide	Peu acide	Neutre								

Le pH moyen de sol est de l'ordre de 6 et 6.5 pour tous les relevés, donc peu acides d'après Baize (2000), à l'exception de R9₃ ayant un pH de 6.6 donc plus proche de la neutralité.

c. Conductivité électrique (CE)

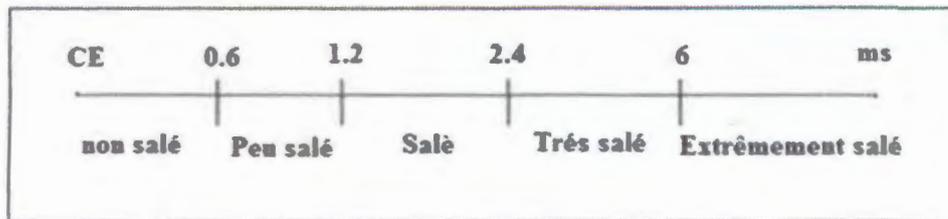


Figure 25: Echelle de salure des sols (Aubert, 1978).

Tableau 16: Résultats de la conductivité électrique.

N° Echant.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9		
									R9 ₁	R9 ₂	R9 ₃
CE (mS/cm)	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.3	0.3
Cmnt.	Peu salé	Non salé	Non salé								

Selon l'échelle de salure des sol établie par Aubert (1978), avec des valeurs de conductivité électrique de 0.7 mS/cm et 0.8 mS/cm, les sols des relevés R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 et R9₁ sont peu salés alors que les sols des relevés R9₂ et R9₃ sont non salés

I.3. Comportement germinatif des glands

Deux paramètres de germination sont considérés : le pourcentage de germination et la vitesse germinative.

I.3.1. Vitesse de germination

a. Cinétique de germination des glands arrosés par différentes solutions

Tableau 17: Cinétique de germination des glands arrosés par différentes solutions.

Durée (jrs)	Germination en %			
	MF	MS	L	(T-)
7	8,86	19,3	0	0
14	75,96	83,32	83,3	63,3
21	96,64	93,32	86,6	86,6
28	96,64	94,64	86,6	86,6

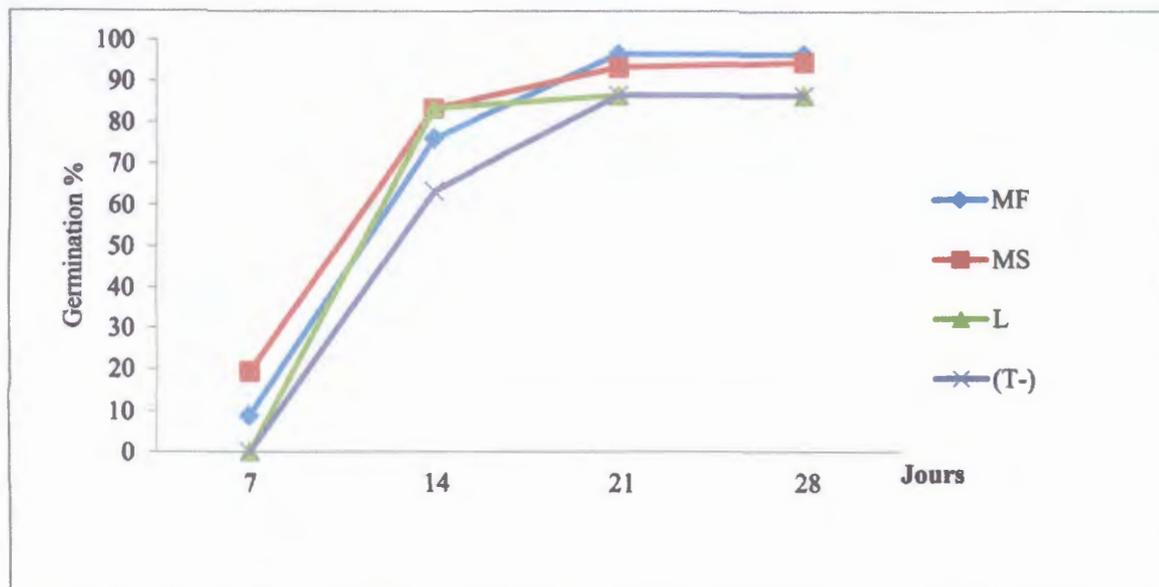


Figure 26: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par différentes solutions.

Après sept jours d'ensemencement, aucune germination n'a été enregistrée par les glands arrosés par l'eau de pluie et le lessivât, alors que des taux de 19.83% et 8.86% ont été enregistrés respectivement pour les glands arrosés par les macéras des aiguilles sénescents et fraîches. Par la suite, les glands arrosés par les quatre solutions germent sensiblement avec la même vitesse.

- Cinétique de germination des glands arrosés par macéra (F)

Tableau 18: Cinétique de germination des glands arrosés par différents macéras (F).

Durée (jrs)	Germination %					
	MF1	MF2	MF3	MF4	MF5	(T-)
7	40	1	0	0	3,3	0
14	93,3	83,3	70	66,6	66,6	63,3
21	96,6	100	100	93,3	93,3	86,6
28	96,6	100	100	93,3	93,3	86,6

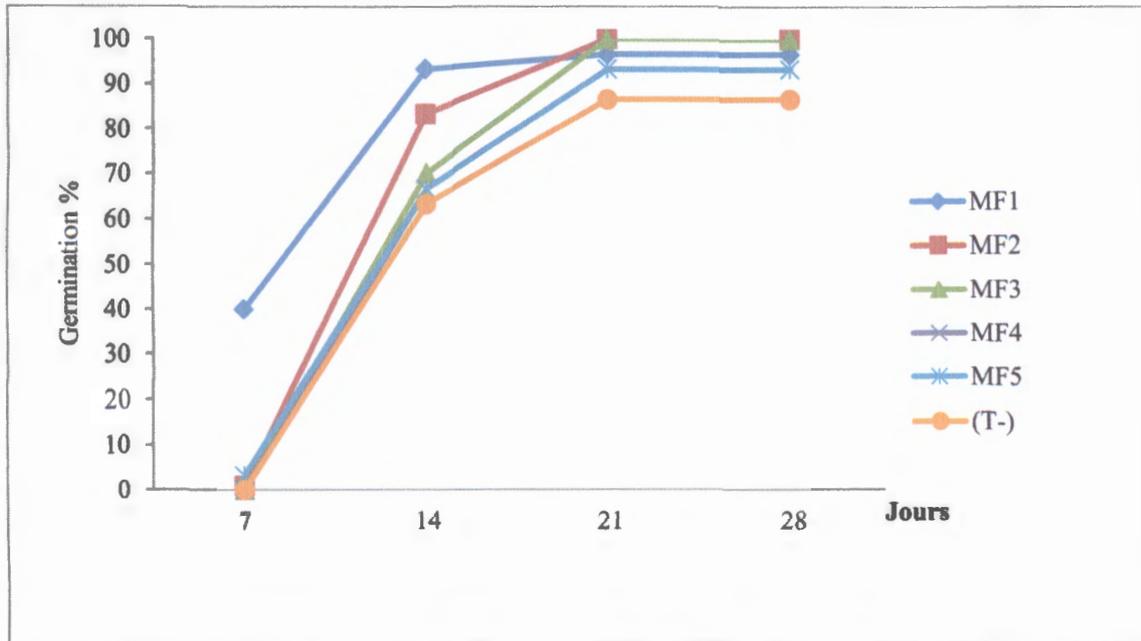


Figure 27: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par macéra (F).

Comme le montre la figure n°27, la germination des glands arrosés par différentes concentrations de macéra (F) suit la même cinétique de germination. La majorité de glands ont germés après 21 avec des taux dépassant 90% à l'exception de (T-) qui présente 86.6%. Il apparait toutefois, que les glands arrosés par la concentration 10 germent plus rapidement que les glands arrosés par des concentrations supérieures à 10%.

- **Cinétique de germination des glands arrosés par macéra (S)**

Tableau 19: Cinétique de germination des glands arrosés par différents macéra (S).

Durée (jrs)	Germination %					
	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	(T-)
7	13,3	36,6	0	46,6	0	0
14	83,3	90	70	90	83,3	63,3
21	93,3	100	90	90	93,3	86,6
28	93,3	100	90	96,6	93,3	86,6

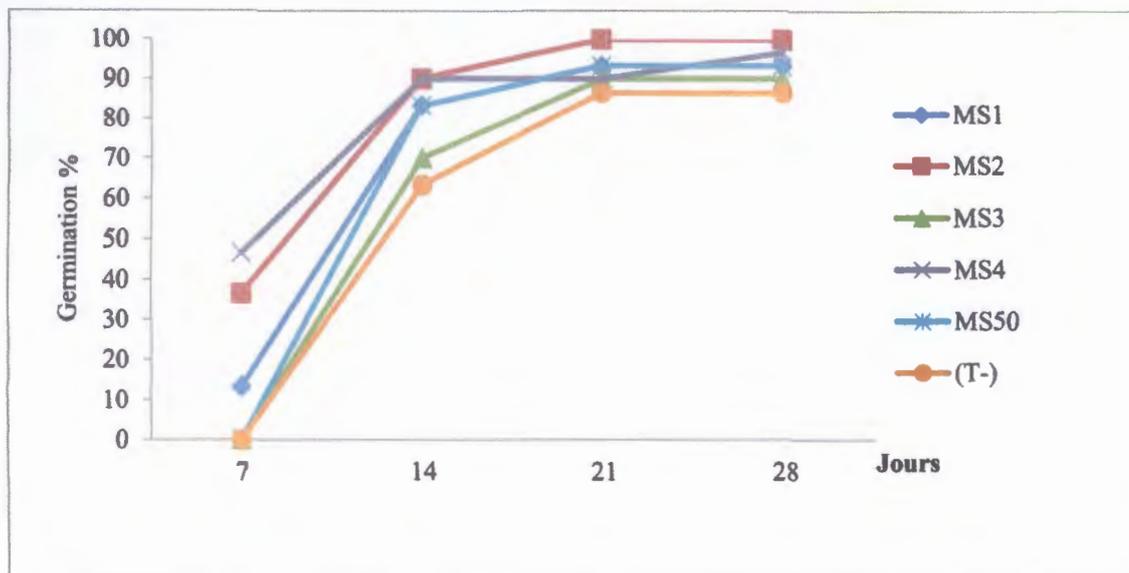


Figure 28: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par macéra (S).

La figure 28 illustre bien la cinétique de germination des glands de chêne liège arrosés par macéra (S). La cinétique de germination des glands suit une évolution parallèle et les courbes se rapprochent les unes des autres. Plus de 70 % des glands germent dès les 14 jours du test, et après 21 jours d'ensemencement, on a constaté que la cinétique de germination devienne plus groupée avec un taux supérieur à 90 %. Il apparait de ces résultats que la concentration de macéra n'as pas d'effet sur la germination des glands.

- Cinétique de germination des glands arrosés par lessivât (L)

Tableau 20: Cinétique de germination de glands arrosés par lessivât (L)

Durée (jrs)	Germination %	
	Lessivât (L)	(T-)
7	0	0
14	83,3	63,3
21	86,6	86,6
28	86,6	86,6

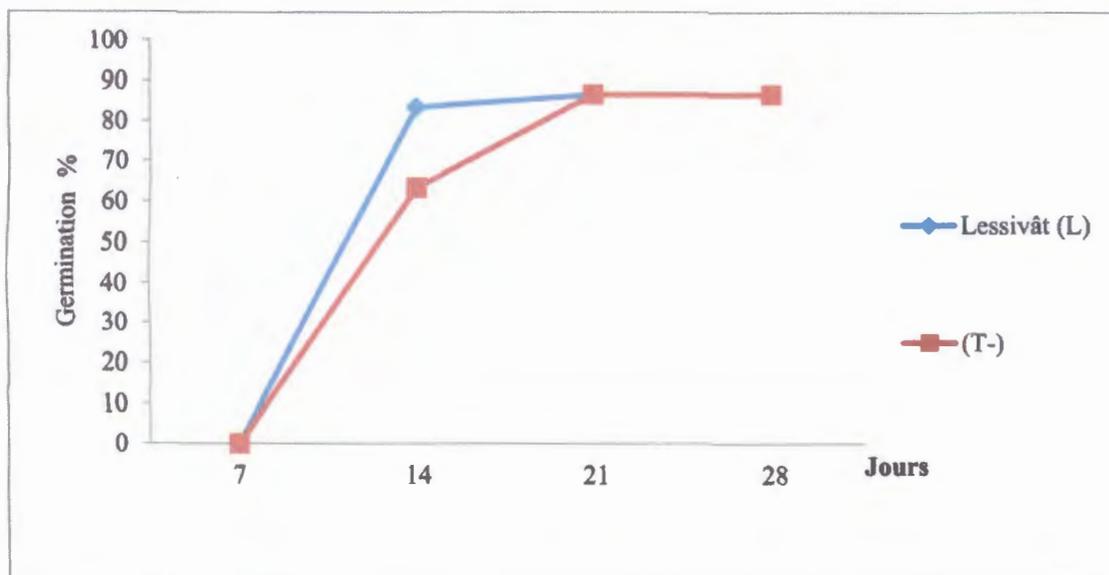


Figure 29: Evolution de la cinétique de germination des glands arrosés par lessivât (L).

La cinétique de germination des glands arrosés par lessivât (L) suit une évolution en parallèle avec le (T-). On constate que les deux courbes de la vitesse de germination prennent une ligne droite dès les 21 jours et se stabilise jusqu'à la fin du test avec une moyenne de 86,6% ce qui indique que le lessivât n'a pas une influence sur la germination des glands de chêne liège.

I.3.2. Pourcentage de germination

A la fin du test de germination, nous avons procédé à un comptage des glands germés et au calcul du pourcentage de germination après 28 jours d'ensemencement. Les résultats obtenus montrent que le pourcentage final de germination des glands arrosés par différentes solutions est supérieur à 86%.

a. Pourcentage de germination en fonction de type de solution

Tableau 21: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par différentes solutions.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	7,067	0,642	1,304	0,283
Erreur	23	11,333	0,493		
Total corrigé	34	18,400			

D'après le tableau, $F_{cal} = 1.304$ est inférieur à $F_{tab} = 2.24$, donc il n'y a pas une différence significative au seuil de probabilité de 0.05%.

Tableau 22: Pourcentage de germination de glands arrosés par différentes solutions.

Solution	MF	MS	L	(T-)
Germination (%)	96,6	94,6	86,6	86,6

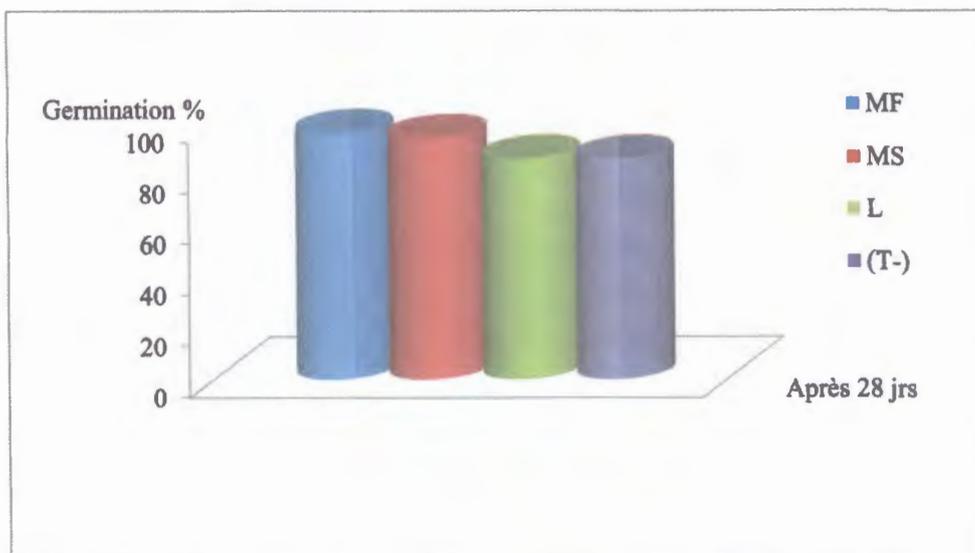


Figure 30: Pourcentage de germination de glands arrosés par différentes solutions.

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de germination de glands arrosés par différentes solutions (F) (S) (L) (T-) est influencé par le type de solution utilisé pour arroser les glands. En effet, le pourcentage le plus élevé de germination a été obtenu chez les glands arrosés par le macéra des aiguilles fraîches avec une valeur de 96.6%, suivi par les glands arrosés par le macéra des aiguilles sénescentes avec une valeur de 94.6%, alors qu'un pourcentage moins élevé de 86.6 % a été enregistré pour les glands arrosés par le lessivât et l'eau de pluie mais toutefois non statistiquement différent des premiers.

b. Pourcentage de germination en fonction des concentrations

- **Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (F)**

Tableau 23: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par différents macéra (F).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	4,235	0,847	1,553	0,252
Erreur	11	6,000	0,545		
Total corrigé	16	10,235			

D'après le tableau, $F_{cal} = 1.553$ est inférieur à $F_{tab} = 4.04$, donc il n'y a pas une différence significative au seuil de probabilité de 0.05%.

Tableau 24: Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (F).

Solution	MF1	MF2	MF3	MF4	MF5	(T-)
Germination (%)	96,6	100	100	93,3	93,3	86,6

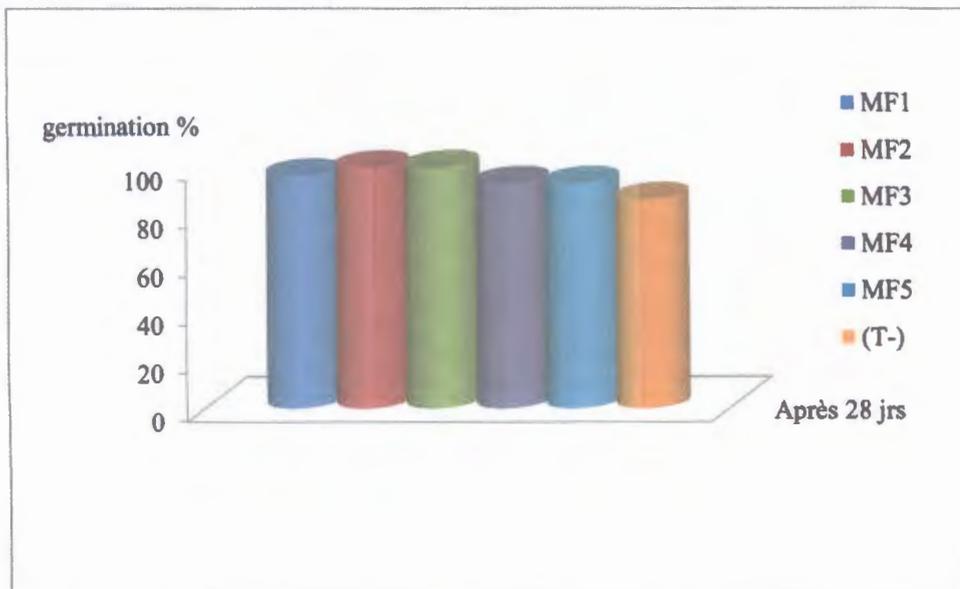


Figure 31: Pourcentage de germination de glands arrosés (MF) et le (T-).

La figure représente le pourcentage de germination des glands arrosés par macéra (MF). Il apparait que le pourcentage de germination des glands arrosés par le macéra des aiguilles fraîches varie avec la concentration utilisée mais avec des valeurs non statistiquement différentes au risque d'erreur de 5%. Les pourcentages les plus élevés correspondent aux glands arrosés par les macéras préparés par des concentrations respectives de 2%, 3% et 1%.

- **Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (S)**

Tableau 25: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par différents macéra (S).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	2850,441	570,088	1,909	0,173
Erreur	11	3284,500	298,591		
Total corrigé	16	6134,941			

D'après le tableau, $F_{cal} = 1.909$ est inférieur à $F_{tab} = 4.04$, donc il n'y a pas une différence significative au seuil de probabilité de 0.05%.

Tableau 26: Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (S).

Solution	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	(T-)
Germination (%)	93,3	100	90	96,6	93,3	86,6

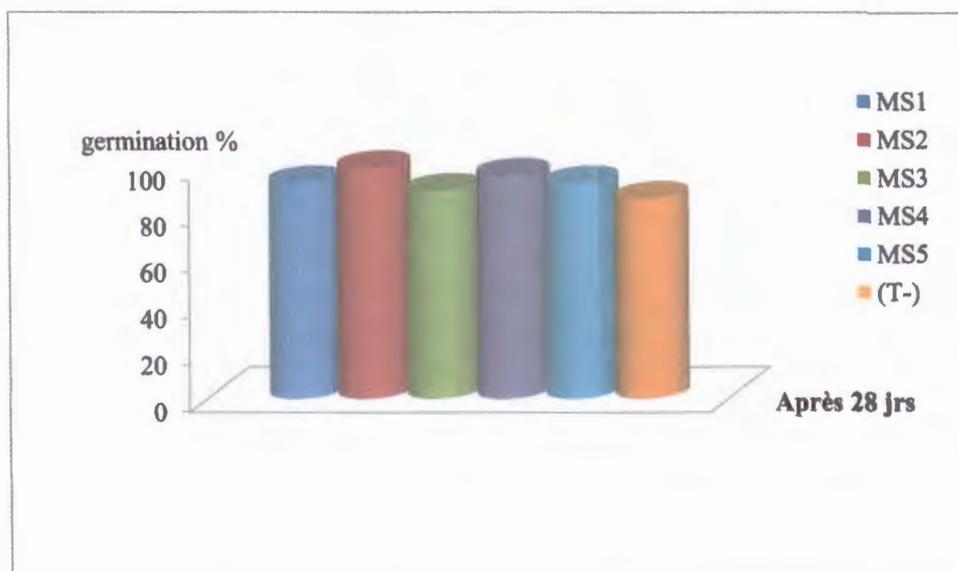


Figure 32: Pourcentage de germination de glands arrosés par macéra (S) et le (T-).

La figure32 illustre le pourcentage de germination des lots de glands arrosés par les macéras des aiguilles sénescents après 28 jours. En effet, la germination des glands arrosés par (MS2) se singularise de d'autres concentrations avec un pourcentage de 100%, suivi par 96.6% (MS4), 93.3% pour (MS1), (MS5) et 86.6% (T-).

- **Pourcentage de germination de glands arrosés par lessivât (L)**

Tableau 27: Analyse de la variance relative au pourcentage de germination des glands arrosés par lessivât (L).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	0,133	0,133	0,086	0,789
Erreur	3	4,667	1,556		
Total corrigé	4	4,800			

D'après le tableau 29, $F_{cal} = 0.086$ est inférieur à $F_{tab} = 17.44$, donc il n'y a pas une différence significative au seuil de probabilité de 0.05%.

Tableau 28: Pourcentage de germination de glands arrosés par Lessivât (L).

Solution	Lessivât (L)	(T-)
Germination%	86,6	86,6

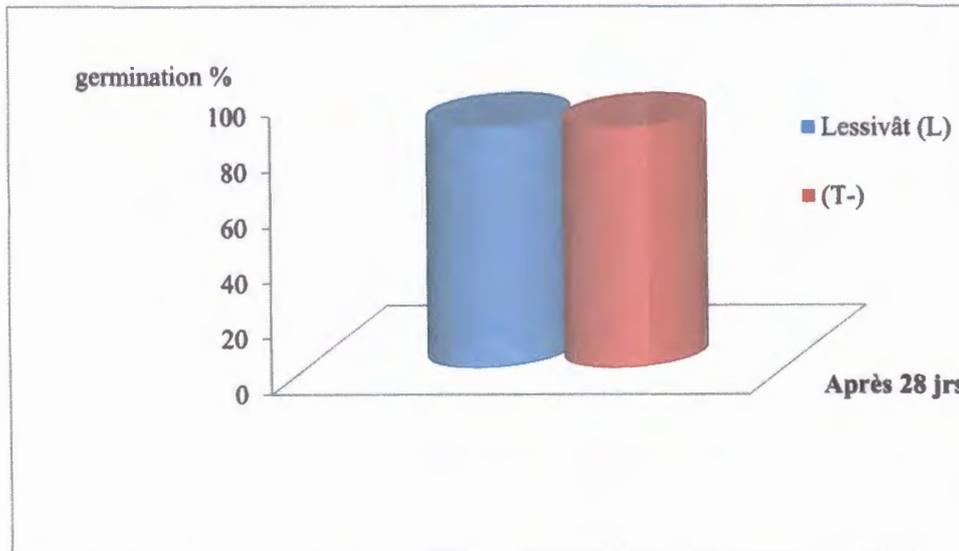


Figure 33: Pourcentage de germination de glands arrosés par lessivât (L) et le (T-).

Le pourcentage de germination de glands arrosés par lessivât (L) est identique avec le (T-) (figure 33) où plus de 86 % des glands ont germé après 28 jours d'ensemencement.

II. Discussion

• Interprétation des axes factoriels

La détermination des gradients écologiques se fait à travers l'interprétation des axes factoriels. Cette interprétation tient compte d'une part de la nature des relevés et d'autre part des contributions relatives des espèces et des relevés. Plus les contributions relatives sont fortes, plus le relevé ou l'espèce est proche de l'axe considéré et par conséquent aide à mieux déterminer le ou les gradients écologiques exprimés par chaque axe.

• Axe factoriel 1

Cet axe réunit dans sa partie positive les relevés de l'ensemble I, réalisés dans l'exposition Ouest du site d'étude. Quant aux relevés situés dans la partie négative de l'axe 1, ils ont été effectués dans les expositions Est et Nord.

En ce qui concerne les espèces à forte contributions relatives du côté positif de l'axe 1, sont les principales espèces du maquis arboré et qui constituent le cortège floristique classique du Chêne liège. Cet axe est marqué par une forte régression du nombre de pieds de chêne liège au sein des relevés et par l'absence totale de semis de ce dernier, des phanérophytes (*Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*) traduisant une ambiance pré-forestière et fraîche et qui caractérise la formation à *Pinus pinaster*. En effet, le couvert clair de la couronne du pin maritime permet le développement d'une strate arborescente en sous étage.

Une abondance de jeunes sujets de pin maritime dans la partie du site exposée à l'ouest est très distinguée par rapport aux autres expositions, cela est peut être dû à une ancienne plantation (*comm. pers* Agent. forestier.) à l'est du site d'étude qui a contribué, par manque de gestion sylvicole appropriée sur ce site, à la colonisation de ce versant par cette espèce considérée par (Lowe et al (2000) comme envahissante.

Sur terrain, nous avons pu constater la présence de traces d'incendie survenu aux années 1990 (*Comm. Perso. Tech. Forest*) sur les écorces de sujets de chêne liège non encore démasclés. Fort heureusement, cette espèce a le pouvoir de rejeter après passage d'un incendie si ce dernier ne survient pas juste après récolte du liège.

La partie intermédiaire de l'axe est occupée surtout par des Ericacées réagissant vigoureusement en développant un maquis arboré dense parfois impénétrable. Il en résulte un déséquilibre de cet écosystème à chêne liège entravant toute régénération de cette essence héliophile. Selon zanndouche (2011) un maquis élevé à arbousier et bruyère arborescente constitue en général le premier stade de dégradation de la chênaie acidophile.

En ce qui concerne les espèces à fortes contributions relatives du côté négatif de l'axe 1, sont des espèces caractéristiques de la subéraie. L'examen de la végétation sur terrain montre que les arbres de chêne liège sont bien venant en absence de signes de dépérissement avec l'existence de quelques semis de chêne liège. Ajoutant que, le pin maritime ne figure que peu dans les relevés correspondant à ce côté d'axe.

L'axe, exprime donc un gradient de dégradation de la subéraie croissant dans le sens de l'axe, favorisant ainsi une colonisation de la subéraie par le pin maritime.

- **Axe factoriel 3**

L'axe 3 fait apparaître deux groupes d'espèces. Le premier groupe, sur le côté positif de l'axe 3, correspond aux relevés effectués à des niveaux où la végétation est plus évoluée et physionomiquement plus dense avec une faible apparence de pin maritime. L'examen des relevés montre qu'elles contiennent des espèces indicatrices des forêts denses, moins ensoleillées, peu touchées par les incendies, et colonisant des sols plus au moins riches. Au niveau du cortège floristique de la strate arbustive cohabitent des espèces ombrophiles, colonisant des sols plus évolués comme: *Prunus avium*, *Laurus nobilis*, *Viburnum tinus*, *Lonicera implexa*, *Myrtus communis*.

Le second groupe, sur le côté négatif de l'axe 3, réunit les relevés sur de basses altitudes, où, la pénétration de la lumière est suffisante. En effet, le côté négatif de l'axe 3 réunit des espèces héliophiles indicatrices des milieux ouverts, c'est le cas d'*Erica scoparia*, *Genista tricuspidata*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calycotome spinosa*, *Retama monosperma* et *Cistus salvifolius*, caractéristiques des milieux préforestiers, bénéficiant d'un ensoleillement fort, exposées fréquemment à des incendies et adaptées à des sols pauvres.

L'axe 3, exprime donc un gradient d'évolution progressive de la subéraie croissant dans le sens de l'axe.

On peut dire que notre zone d'étude connaît une dégradation moyenne de la subéraie, qui va au sens positif de l'axe 1. Par exemple, la graminée *Ampelodesmos mauritanicus* marque une présence dans tous les relevés floristiques des deux ensembles indiquant la perturbation de la subéraie par le feu (Ouelmouhoub et Benhouhou, 2007). D'autres espèces même si elles sont de faible apparence dans les relevés, témoignent d'un certain degré de perturbation telle que: *Cistus salvifolius*. En effet, les Cistes sont des espèces pionnières des zones dégradées (Robles, 1998).

Cette dégradation de la subéraie a favorisé l'installation du pin maritime qui va au sens positif de l'axe 1. Dans ce même sens, une espèce qui correspond aux relevés situés sur des dunes, est le *Retama monosperma* indicatrice de ce type de milieux et qui témoigne ainsi de l'adaptation du pin même sur des sols sableux.

Les espèces présentes sur le site, toutes acidiphiles ou tolérant très bien les sols acides, témoignent de la nature du sol. Selon (Kiniouar H., *comm.pers.*) la roche mère est une roche siliceuse (type grés) à l'origine de l'acidité du sol. De plus, comme soulignent Beaumelle et *al* (2010), la présence de résineux « le pin maritime et la bruyère » influe fortement la nature du sol. Ce sont, en effet, des espèces qui vont participer à son acidification, du fait de la composition de la litière, difficilement dégradable.

Par ailleurs, Smaïhi (2009) et Adili (2013) ont pu démontrer qu'un meilleur développement du pin est favorisé dans les forêts mixtes de pin et chêne car une décomposition rapide des feuilles des chênes améliorera la composition du sol. Le mélange semble donc plus avantageux aux pins par rapport à l'espèce d'origine.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons de sol prélevés des 20 premiers centimètres dans cette étude donnent une vision générale des propriétés pédologiques des sols superficiels du site d'étude. Il est à noter que l'affleurement rocheux et la faible profondeur du sol sont le résultat de la pente prononcée du site. Bien que les résultats d'analyses pédologiques ne montrent pas globalement une différence des caractères pédologiques des sols des placettes échantillonnées, la matière organique semble reflète, néanmoins, une certaine variabilité. En effet, la teneur en matière organique va de très riche (12.63%) dans les relevés marqués par la dominance du chêne sur le pin, à riche (4.73%) dans les relevés où le chêne cède la place au pin, jusqu'au faible (1.89%) et très faible (0.94%) dans les 40 et 60 cm de profondeur de sol du relevé 9. A cet effet, Bonneau (1985) ajoute que contrairement aux essences feuillues, les résineux engendrent souvent des humus de type moder et mor dont le développement fait ensuite évoluer les sols bruns acides de la forêt feuillue initiale vers des sols plus ou moins podzoliques.

En parallèle à l'étude de végétation sur terrain, nous avons testé l'effet allélopathique des aiguilles de pin maritime sur la germination des glands du chêne liège au laboratoire. Les tests de germination sont communément utilisés pour évaluer la sensibilité des plantes cibles aux allélochimiques (Pellissier, 1993). Les résultats obtenus dans cette expérience montrent globalement l'absence d'effet significatif des trois solutions préparées (macéra des aiguilles fraîches, macéra des aiguilles sénescents et lessivât) sur le comportement germinatif des glands. En effet, l'effet inhibiteur, s'il existe, des extraits de différentes doses et le type de solution sur la germination des glands de chêne liège est statistiquement insignifiant.

En ce qui concerne les résultats de la vitesse de germination, la cinétique de germination des glands arrosés par les différentes solutions été sensiblement identique, quoique la germination été moins rapide au départ pour les glands arrosés par le lessivât et l'eau de pluie comparativement aux glands

arrosés par les macéras MF et MS. En somme, les courbes ont pratiquement la même allure tout au long de l'essai de germination.

A son tour, le pourcentage final de germination été légèrement différent entre les différents types de solutions mais statistiquement non significatif. En effet, le macérât F se manifeste par une meilleure germination avec un pourcentage de 96.6%. Ce résultat est incompatible avec celui de Fernandez et al. (2006) qui ont constaté que les extraits d'aiguilles fraîches de *Pinus halepensis* ont un effet négatif sur la germination et la croissance de *Lactuca sativa* et *Linum strictum*. Cette incompatibilité des résultats entre ces deux espèces du même genre semble devoir être recherchée dans des différences de composition chimique, de degrés de sensibilité des espèces cibles et des conditions expérimentales.

Avec un pourcentage de germination de 86.6%, le lessivât L de la litière extraite sous pin maritime prétend avoir une légère inhibition sur la germination de glands chêne liège par rapport aux macéras MF et MS. A ce propos, la plupart des études sur l'allélopathie des gymnospermes ont été attribués aux lessivats (principalement composés phénoliques) des feuilles ou des aiguilles, écorce et litière qui sont tombés au sol (Singh et al., 1999; Cimmino et al. 2014) in (Silva et al., 2015). En effet, la litière contient des quantités considérables de substances solubles dans l'eau, qui sont plus ou moins facilement lessivés, selon le type de litière (Navarro et al. 2010). Dans la plupart des cas, le lessivage des composés phénoliques de la litière principalement d'aiguilles d'arbres, qui restent sur le terrain pour un temps plus long en raison de la lenteur de décomposition, sont tenus responsables des interactions allélopathiques et la plupart des études se rapportant à l'échec de la régénération sont attribués au sous-bois et à la libération de phytotoxines / allélochimiques des couches de litière tombées (Singh, 1999). Par ailleurs, sachant que pour avoir un effet, les allélochimiques doivent s'accumuler en quantité suffisante (Gama, 2006), il est intéressant de rappeler ici qu'une partie des substances libérées dans la litière est ruisselée en raison de la pente du terrain de notre site d'étude.

Concernant l'effet de différentes doses de macéras, on a pu enregistrer pour le MF dès les premiers jours de germination une différence en fonction des concentrations où la vitesse de germination diminue avec l'augmentation de la concentration du macéra. De même, le pourcentage final de germination été plus élevé pour les glands arrosés par MF1, MF2 et MF3 que pour les glands arrosés par MF4 et On peut dire donc que la germination des glands semble influencée par la concentration des composés libérés par les aiguilles fraîches. Ce résultat corrobore avec Arslan et al. (2005), Nandal et Dhillon (2005), Uremis et al. (2005), Turk et Tawaha (2003) et Batish et al. (2002) qui ont montré que l'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits. Par contre, les résultats obtenus de notre étude indiquent que les macéras des aiguilles

sénescentes n'ont aucun effet sur le comportement germinatif des glands en termes de vitesse et de pourcentage de germination quel que soit la dose de préparation.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'essayer de mettre en lumière les facteurs impliqués dans la dynamique du pin maritime dans la forêt de chêne liège. Ainsi, suivant nos hypothèses initiales, nous avons essayé i) de tester *ex-situ* l'effet allélopathique des extraits d'aiguilles de pin maritime et du lessivât de litière sur la germination des glands du chêne liège ii) et de décrire *in-situ* les conditions phytoécologiques résultant et accompagnant le phénomène d'enrésinement.

Bien que les quelques caractéristiques physico-chimiques des sols prélevés des placettes échantillonnées ne soient pas très différentes, une certaine variabilité de la teneur en matière organique été néanmoins enregistrée. En effet, la géomorphologie du site est à l'origine de la faible profondeur du sol alors que la teneur en matière organique est le résultat du changement de la couverture végétale. Nos résultats suggèrent que sous couvert du pin maritime la matière organique se raréfie et s'appauvrit en raison de la faible décomposition des aiguilles, contrairement aux placettes sous couvert du chêne liège où la matière organique est très riche, composée essentiellement des feuilles facilement décomposées. En plus d'influencer la qualité du sol et de type d'humus qui en résulte, le tapis d'aiguilles tombées au sol constitue une barrière physique limitant fortement l'installation de la régénération de chêne liège dans endroits de la forêt en mélange avec le pin maritime

Pour ce qui est de la description de la végétation sur place, l'analyse de la matrice brute (24 espèces x 9 relevés) en utilisant l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA), nous a permis de faire ressortir deux ensembles, à savoir : un groupe à *Pinus pinaster* et un groupement à *Quercus suber*. La projection des relevés et des espèces suivant les deux axes 1 et 3, nous a permis de faire ressortir deux (02) gradients écologiques, à savoir un gradient d'évolution progressive de la subéraie et un gradient de dégradation de la subéraie. Ainsi, l'abondance et la fréquence des espèces traduisant une composition floristique différente d'une placette à une autre peuvent s'expliquer par le changement d'un ou plusieurs facteurs écologiques.

Par ailleurs, en absence de travaux sylvicoles, la subéraie se trouve sujette aux facteurs anthropiques comme les incendies successives et le surpâturage conduisant souvent à son déséquilibre et par conséquent à la disparition de certains taxons qui leurs sont attachés.

Dans notre contexte, l'écosystème de la subéraie évolue, cette situation se traduit le plus souvent par une répartition hétérogène de la végétation dont l'ensemble est caractérisé par une instabilité. Une telle perturbation au sein de la forêt a favorisé un envahissement préoccupant par le pin maritime dont l'origine et le point de départ restent à déterminer et par conséquent une modification

du cortège floristique en engendrant ainsi d'autres structures végétales qui diffèrent de celle de la subéraie climacique.

Bien que l'existence de sujets de chêne bien venant témoignant d'un état climacique au milieu de la subéraie dans certaines des placettes étudiées, il ressort que l'état global du chêne liège montre une régression significative dans l'ensemble du site étudié et un remplacement progressif par le pin maritime qui possède un caractère envahissant avec un pouvoir d'adaptation élevé aux conditions du milieu qu'il a tendance à coloniser. Ce constat doit inciter les gestionnaires à la surveillance accrue du site et d'en définir un mode de gestion approprié dans le cadre des orientations de la politique forestière nationale.

Dans le cadre des perspectives, on voit toute l'importance d'intensifier encore les recherches sur ce phénomène préoccupant pour la subéraie qui certes plus intéressantes qu'une pinède sur plusieurs plans. Toutefois les expérimentations ultérieures doivent être mises en œuvre sur de plus grandes échelles temporelles et spatiales, afin d'aboutir à une cartographie et espérer accentuer les tendances observées et mieux comprendre la dynamique d'envahissement du pin maritime et son effet sur le chêne-liège.

Concernant le potentiel allélopathique, le comportement germinatif des glands de chêne liège humectés par les macéras des aiguilles fraîches et sénescents et par le lessivât n'a pas révélé un effet chimiotoxique significatif. Cependant, on ne peut pas exclure définitivement la présence de cet effet, mais, il serait préférable de mener des études sur un plus long terme en passant du stade de germination au stade de croissance des semis et de changer le mode opératoire, en testant l'effet inhibiteur des extraits d'autres parties et organes autre que les aiguilles comme les cônes les racines en fonction de l'âge des arbres tout en pensons à élargir les concentrations des macéras et lessivats. Il serait par ailleurs intéressant de mettre en évidence l'effet physique de la litière sur l'établissement de la régénération de chêne liège comme signalent beaucoup d'auteurs.

Enfin, nous pensons que le présent travail constitue une approche intéressante dans l'étude du phénomène d'enrésinement de la subéraie par le pin maritime. Tout de même, nous suggérons d'étendre l'échelle spatiotemporelle de l'étude et d'approfondir l'étude du potentiel allélopathique pour pouvoir confirmer ou infirmer les hypothèses initialement formulées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adili B., 2013**-Croissance, fructification et régénération naturelle des peuplements artificiels de Pin pignon (*Pinus pinea* L.) au nord de la Tunisie. Agricultural sciences. Univ. Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II. French. 177p.
- Aime S., 1976**-Contribution à l'étude écologique du chêne-liège. Etude de quelques Limites. Thèse. Doc. Univ de Nice. France, 180 p.
- Alia R. & Martin S., 2011**-Fiche technique d'EUFORGEN pour la conservation génétique et l'utilisation du pin maritime (*Pinus pinaster*). Rome, Italie, et Min. Agriculture, Paris, France. 6p.
- Aliloo A.A., Shahabivand S., Farjam L., Heravi S., 2012**- Allelopathic effects of pine needle extracts on germination and seedling growth of ryegrass and Kentucky bluegrass. *Advances in Environmental Biology*. 6. pp. 2513-2518.
- Amandier L., 2006**- Les causes de dépérissement du chêne liège et du chêne vert. Séminaire "Vitalité des peuplements de chênes liège et chênes verts : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre" (25-26 octobre 2006). Evora, Portugal, pp:3.
- Amri I., Hanana M., Jamoussi B., Hamrouni L., 2014**- Essential oils of *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *laricio* Maire: Chemical composition and study of their herbicidal potential. *Arab. J. Chem.*
- Anjum T. & Bajwa R., 2005**-Importance of germination indices in interpretation of allelochemical effects. *International Journal of Agriculture and Biology*. Vol. 7, pp. 417-419.
- Andrieux J., Djellit H., Aubouin J., 1989**-Structure de la Petite Kabylie Occidentale (Algérie): Flysch "ultra" et flysch externe. *C.R. Acad. Sci.*, 309, pp.1191-1196.
- Aouka M.S., 1980**-Etude de la régénération naturelle du chêne liège et la production de reproduction en fonction des facteurs de station de la série V des forêts domaniales d'El Milia (W. Jijel). *Mém. Ing. INA (El Harrach)*, 45 p.
- Areco V.A., Figueroa S., Cosa M.T., Dambolena J.S., Zygadlo J.A., Zunino MP., 2014**-Effect of pinene isomers on germination and growth of maize. *Biochemical Systematics and Ecology*. 55. pp 27-33.

Arslan, M., I. Uremis and A. Uludag. 2005. Determining bio-herbicidal potential of rapeseed, radish and turnip extracts on germination inhibition of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. *Journal of Agronomy* 4:134-137.

Aubert G., 1978 -Méthodes d'analyses des sols. CRDP Marseille, 191 p.

Aubert G., 2005-Dynamique des peuplements de pin maritime en région méditerranéenne française. *Forêt méditerranéenne* t. XXVI, n°1.62p.

Augusto L., 1999-Etude de l'impact de quelques essences forestières sur le fonctionnement biogéochimique et la végétation de sols acides. Thèse Univ. Nancy I, 161 p.

Baize D., 2000-Guide des analyses en pédologie. INRA ed. Paris, 257 p.

Batish D. R., Singh H. P., Kohli R. K., Saxena D. B. Kaur S., 2002-Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*. *Environmental and experimental botany* 47(2):149-155.

Batish D.R., Kaur S., Singh H.P., Kohli R.K., 2008-Role of root-mediated interactions in phytotoxic interference of *Ageratum conyzoides* with rice (*Oryza sativa*). *Flora*, 204, 388-395.

Beaumelle L., Huard J., Kiviranta A., Nalin A., 2010- Caractérisation et évaluation de l'état sanitaire de deux systèmes forestiers distincts -Stage de Paimpont. Master 1 Univ.Paris-Sud 11.27p.

Belabbes D., 1996- Le chêne-liège, la forêt Algérienne n°1, pp26-30.

Ben Jamaa M L., Abdel moula K., 2004-Les feux de forêts dans la subéraie Tunisienne. 11p.

Benmeddour T., 2010- Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel (*Pegamum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander* L.) et l'ailante (*Ailanthus altissima*) sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales. Thèse mag. Univ. Ferhat Abbas -Setif.79p.

Benzeggouta N., 2015- Evaluation des Effets Biologiques des Extraits Aqueux de Plantes Médicinales Seules et Combinées. Thèse Doct. Univ Mentouri-Constantine. 80p.

Bernard JL., My J.,Veschambre D., 2012-Protection des plantes, tradition et macération d'ortie. Dossier «Regard du Conseil Scientifique», édité par la Société Nationale d'Horticulture de France, 30 p.

Bertin C., Yang X., Weston L.A., 2003-The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant soil* 256.pp. 67-78.

Bonin G., Bousquet-Mélou A., Lelong B., Voiriot S., Nozay S., Fernandez C., 2007-Expansion du pin d'Alep. Rôle des processus allélopathiques dans la dynamique successionnelle. For. Médit. XXVIII(3) : pp.211-218.

Bonneau M., 1985- Influence des résineux sur le sol généralités sur les recherches effectuées dans le cadre du programme : « milieu rural » du Piren. *Science du sol* n°4 - pp. 179-181

Baroniya SS., Baroniya MB., 2014- Germination and early seedling growth of mustard and wheat as affected by allelopathic activity of Pinus needle extracts, International Research Journal of Environment Sciences 3: 27-34.

Boudy P., 1950- Economie forestière Nord -Africaine. Monographie et traitement des essences forestières. Fasc.I, tome I .Ed la rose, Paris, 575 p

Boudy P., 1952- Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris. Ed. Maison rustique. 509 p.

Bouhraoua R.T., 2003-Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest Algérien : étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse.Doc. Univ de Tlemcen. 267p.

Bousquet-Melou A & Boudenne J. L., 2012- Allélopathie, élément clé de la régénération des forêts méditerranéennes. Appel d'offre projet ECCOREV, 06 p.

Bulut Y. & Demir M., 2007-The allelopathic effects of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) leaf extracts on turf grass seed germination and seedling growth. Asian J. Chem., 19: 3169-3177.

Cantat R et Piazzetta R., 2000- La levée du liège : Ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du liège. Guide édité par l'Institut Méditerranéen du liège (IML). France, 12 p.

Celhay M.C., 2013- Fractionnement de coproduits de pin maritime (*Pinus pinaster*) et de peuplier (*Populus tremula*) pour l'obtention d'extraits polyphénoliques à activité antioxydante : procédé d'extraction aqueuse en extracteur bi-vis et étude des conditions subcritiques. Thèse Doct. Univ de Toulouse.315p.

Chadda D., 2008- Influence des matières organiques (feuilles, chattons et racines) du noyer (*Juglans regia* L.) sur le comportement de jeunes plants de pommier (*Malus domestica* Borkh) dans la région de R'haouat (Hidoussa) (Belezma). Thèse.Mag. Agronomie. Univ. El Hadj Lakhdar Batna, 124 p.

Cimmino A., Andolfi A., Evidente A., 2014-Phytotoxic terpenes produced by phytopathogenic fungi and allelopathic plants.Natural Product Communications 9: 401-408.

da Silva, J.A.T., Karimi, J., Mohsenzadeh, S., Dobranszki, J., 2015-Allelopathic Potential of Select Gymnospermous Trees. Journal of Forest and Environmental Science. Vol.31. 109-118.

Djellit H., 1987 -Evolution tectono-métamorphique de socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie), Thèse. Doc, Univ. de Paris-sud, centre d'Orsay.

Dumas Y., 2002- Que savons-nous de la Fougère-aigle? Rev. For. Fr. Vol. LIV. N°4. pp. 357 -374.

El Antry Tazi S., Abourouh M., Afi A., 2008-Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. Ann. Rech. For. Maroc, pp 9-18.

El Kbiach M.L., Lamarti A., Badoc A., 2001-Culture in vitro du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, pp 89-110.

Elrefai I.M. & Moustafa S.M.I., 2004- Allelopathic effect of some cruciferous seeds on *Rhizoctonia solani kuhn* and *Grossypium barbadense* L. Pakistan journal of biological sciences 7 (4): 550-558.

Emberger L., 1960- Traite de botanique systématique. Ed. Masson. Paris ; pp 383-417.

ENITA (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Travaux Agricoles -Bordeaux) ., 2000-Agronomie aux nouvelles orientations. Edition Synthèse agricole.339p.

Ezzahiri M., 1989-Application de l'analyse numérique à l'étude phytoécologique et sylvicole de la cédraie du Moyen Atlas tabulaire : l'exemple de la cédraie de Sidi-Mguild, Thèse .Doct. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 163p.

Ferguson S., Baïs H-P., Vepachedu R., Gilroy S., Vivanco J-M .,2003- Allelopathy and exotic plant invasion from molecules and genes to species interactions. Science.301.1277-1380.

Fernandez C., Lelong B., Vila J.-P., Mevy C., Robles S., Greff S., Dupouyet A., Bousquet-Mélou., 2006-Potential allelopathic effect of *Pinus halepensis* in the secondary succession: an experimental approach. Chemoecology 16: 97-105.

Fernandez C., Voiriot S., Mévy J. P., Vila B., Ormeo E., Dupouyet S., Bousquet-Mélou A., 2008-Regeneration failure of *Pinus halepensis* Mill: The role of autotoxicity and some abiotic environmental parameters. *Forest Ecology and Management*. 255. pp. 2928-2936.

Fisher R.F., 1987-Allelopathy :a potential cause of forest regeneration failure. In : Allelochemicals : role in Agriculture and Forestry / G.R. Waller Ed.Washington D.C: American Chemical Society. pp. 176-184.

FOSA, 2000 -L'étude prospective du secteur forestier en Afrique. Algérie. FAO, Rome, 60 p.

Fourasté I., 2002-Étude botanique « Le Pin maritime ». *Pinus pinaster* Aiton (Pinaceae).Faculté des Sciences Pharmaceutiques de Toulouse.7p.

Fralval A., 1991- Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne liège en forêt de la Mamora. Ann. Rech. For. Maroc, T (25), 102-118.

Gallet C. & Pellissier F., 2002- Interactions allélopathiques en milieu forestier. Rev. For. Fr. vol. LIV, n°6. pp567-576.

Gama A., Dumas Y., Frochot H., 2006- Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable. Ed. Quae, 320 p.

Gauquelin T., Fromard F., Badri W., Dagnac J., 1992- Apport d'éléments minéraux aux sols par l'intermédiaire de la litière, des pluies et pluviollessivats dans un peuplement à genévrier thurifère (*Juniperus Thurifera*) du haut atlas occidental (Maroc) Ann. Sci.For, N°5,49 p.

Ghanem R., Ouakid M.L., Adjamily Y., Bouchaib B., Amamra R., 2011- Etude de l'état sanitaire de quelques subéraies de la région d'El Kala : Cas du Parc National d'El Kala-PNEK- (W.Taref), Deuxième Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaires Industriels Sur La Gestion des Subéraies et la Qualité du Liège Jijel les 18 et 19 octobre 2011, 98 p.

Gounot M., 1969- Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson & C^{ie}, Paris, 314 p.

Guenzi W.D., McCalla T.M., Norstadt F.A., 1967- Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat and sorghum residues. Agron. J. 59:163-165.

Guinochet M., 1973- Phytosociologie. Ed. Masson & C^{ie}, Paris, 227 p.

Hamimeche M., 2007- Relation avifaune-végétation dans le secteur Est (Hammam Melouane) du Parc National de Chréa. Mém. Mag. Agronomie, I.N.A. El Harrach, Alger. 142p.

Hong, E. J.; Na, K. J.; Choi, I. G.; Choi, K. C; Jeung, E. B.; 2004, Anticacterial and Antifungal Effects of Essentials Oils from Coniferous Trees. Biological and Pharmaceutical Bulletin: 27 (6), p. 863-866.

Ka, M. H.; Choi, E. H.; Chun, H. S.; Lee, K.-G.; 2005, Antioxydante Activity of Volatiles Extracts Isolated from *Angelica tenuissimae* Roots, Peppermint Leaves, Pine Needles, and Sweet Flag Leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry: 53, p. 4124-4129.

Kato-Noguchi H., Fushimi Y., Shigemori H., 2009- An allelopathic substance in red pine needles (*Pinus densiflora*). J Plant Physiology. 166 (4):442-446.

Kimura F., Sato M., Kato-Noguchi H., 2015- Allelopathy of pine litter: delivery of allelopathic substances into forest floor. J Plant Biol 58(1):61-67.

Kraft K. & Hobbs C., 2004- Pocket Guide to Herbal Medicine. Thieme, Stuttgart, New York. 491p.

- Kruse M., Strandberg M., Strandberg B., 2000-** Ecological Effects of Allelopathic Plants. Rev. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. NERI Technical Report. N°31. pp. 66.
- Lafever R. E.; Vogel B. S.; Croteau R.; 1994-** Diterpenoid Resin Acid biosynthesis in Conifers: Enzymatic Cyclization of Geranylgeranyl Pyrophosphate to Abietadiene, the Precursor of Abietic Acid. Archives of Biochemistry and Biophysics: 313 (1), pp. 139-149.
- Le Houérou H. N., 1980-** L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. Forêt Méditerranéenne, 2 (1) : 31-44.
- Li J. & Romane F., 1997-** Effects of germination inhibition on the dynamics of *Quercus ilex* stands. J. Veg. Sci.8: pp.287-294.
- Li Z.H., Wang Q., Ruan X., Pan C.D., Jiang D.A., 2010-** Phenolics and Plant Allelopathy. China. pp.1420-3049.
- Lodhi M.A.K. & Killingbeck K.T., 1982-** Effects of pine-produced chemicals on selected understory species in a *Pinus ponderosa* community. J. Chem. Ecol., 8, 275-283.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M., 2000-** 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species Database. ISSG, Auckland, New Zealand. 11p.
- Macheix J.-J., Fleuriet A., Jay-Allemand C., 2005-** Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR, Lausanne. pp. 91-92
- Maimoona A., Naeem I., Saddiqe Z., Taskeen A., 2011-** Analysis of total flavonoids and phenolics in different fractions of bark and needle extracts of *Pinus roxburghii* and *Pinus wallichiana*. Research. J Med Plant Res. vol 5. pp 2724-2728.
- Maire R., 1961-** Note phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie avec une carte/Alger.
- Mayer P., 2007-** Le Nom de l'arbre. Le pin maritime. Actes Sud. 96p.
- Meddour R., 1992-** Régénération naturelle de *Cedrus atlantica* Man. et de divers pins après incendie dans l'arboretum de Meurdja (Algérie). Forêt méditerranéenne XIII (4): 275-287.
- Merabet A., Adouane M., Beddiar A., 2011-** Les acacias introduits dans le Nord-est algérien : une menace potentielle pour le Chêne-liège (*Quercus suber* L), Deuxième Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaires Industriels Sur La Gestion des Suberaies et la Qualité du Liège Jijel les 18 et 19 octobre 2011, 98 p.
- Merouani H., Trubat R., Lourenço M.J., Sampaio T., Santos M.L., Cortina J., Perira, J.S., Almeida M.H., 2005-** Le développement de champignons, un facteur limitant la conservation à long terme des glands de chêne-liège (*Quercus suber* L.). IOBC/wprs Bull. 28(8): 129-136.

- Mezali S., 2003-** Le liège : histoire, transformation et utilisation. Alger: Eb. Jijel Liège Etanchéité. .7p. (Brochure).
- Nandal D. P. S. & Dhillon A., 2005-** Allelopathic effects of poplar (*Populus deltoides* Bartr Ex Marsh): an assessment on the response of wheat varieties under laboratory and field conditions. 4th World Congress on Allelopathy, 21-26 August 2005, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia.
- Natividade J.V., 1956 -**Subériculture. ED Française de l'ouvrage Portugais Subériculture. E.N.E.F. Nancy, 303p.
- Navarro-Cano J.A., G. Barbera V., Castillo., 2010-**Pine litter from afforestations hinders the establishment of endemic plants in semiarid scrubby habitats of natura 2000 network. Rest. Ecol. 18:165-169.
- Nektarios PA., Economou G., Avgoulas C., 2005-**Allelopathic effects of *Pinus halepensis* needles on turf grasses and biosensor plants. Horticultural Science 40: 246-250.
- O.N.M-**Office National de Météorologie. Station de Jijel.
- Osakabe Y., Kawaoka A., Nishikubo N., Osakabe K., 2012-**Responses to environmental stresses in woody plants: key to survive and longevity. J Plant Res 125 (1):1-10.
- Ouelmouhoub S. & Benhouhou S., 2007-** Évolution floristique des suberaies incendiées dans la région d'El Kala (nord-est Algérie). *ecologia mediterranea*. Rev.internationale d'écologie méditerranéenne Vol. 33. pp 85-94.
- Ozenda P., 1982-**Les végétaux dans la biosphère. DOIN Editeurs. Paris, 431 p.
- Patrick Z.A., Toussoun T.A, and Snyder W.C., 1963-** Phytotoxic substances in arable soils associated with decomposition of plant residue. *Phytopathology* 53:152-161.
- Pellisier F. & Trosset L., 1989-**Effect of phytotoxie solutions on the respiration of mycorrhizal and non mycorrhizal spruce roots. *Picea abies* L. Karst. Ann.Sci.For.46. pp.731-733.
- Pellisier F., 1993-**Allelopathic inhibition of Spruce germination. *Acta Oecologia-Int.J Ecol.*14: 211-218.
- Piazzetta R. ,2005 -** Etat des lieux de la filière liège française .Institut Méditerranéen du liège Vivés. pp13-17.
- Regnault-Roger C., Philogene B., Vincent C., 2008-** Biopesticides d'origine végétale (2e éd.). Ed Tec & doc, Lavoisier, 546 p.

- Suga T., Ohta S., Munesada K., Ide N., Kurokawa M., Shimizu M., Ohta E., 1993**-Endogenous Pine Wood Nematicidal substances in Pines, *Pinus Massoniana*, *P. strobus* and *P. Palustris*. *Phytochemistry*: 33 (6), p. 1395-1401.
- Tallent W. H., Stromberg V. L., Horning E. C., 1955**-Pinus Alkaloids. The Alkaloids of *P. sabiniana* Dougl. And related Species. *Journal of American Chemical Society*: 11, pp.6361-6364.
- Thomson A-C., 1985**-The chemistry of allelopathy: Biochemical interactions among plants. *American Chemical Society Symposium*. Series 268. Washington. 470 p.
- Timbal J., Gelpe J., Garbaye J. 1990**-Etude préliminaire sur l'effet dépressif de la molinie (*Molinia coerulea*) sur la croissance et l'état mycorhizien de semis de chênes rouges (*Quercus rubra*). *Ann. Sci. For.* 21: pp.643-649.
- Tsitsimpikou, C; Petrakis, P. V.; Ortiz, A.; Harvala, C; Roussis, V.; 2001**, Volatile Needle Terpenoids of Six *Pinus* Species. *J. Essent. Oil Res.*: 13, p. 174-178.
- Tukey H. B., 1970**-The leaching of substances from plants. *Ann. Rev. plant Physiologic*. Vol 21. pp.305-358.
- Turk M. A. & Tawaha A. M., 2003**-Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). *Crop protection* 22(4):673-677.
- Uremis I., Arslan M., Uludag A., 2005**-Allelopathic effects of some brassica species on germination and growth of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. *Journal of Biological Sciences* 5:661-665.
- Varela M.C., 2000** -Le liège et le chêne liège au troisième millénaire: défis et potentialités. Colloque de chêne liège, 15 et 16 juin 2000. France.
- Willan R.L., 1992**- Guide de manipulation des semences forestières. Organisation des notions unies pour l'alimentation et l'Agriculture, Rome, 444 p.
- Yessad S.A., 1999**- Le chêne liège dans les pays du méditerranée occidentale, Unité EFOR, UCL, Belgique, 190 p.
- Yessad S.A., 2000**- Le chêne-liège et le chêne dans les pays du méditerranée occidentale. Ed ASBL forêt Wallonne, 190p.
- Yu E. J., Kim T. H., Kim K. H., Lee H. J., 2004**- Aroma-active compounds of *Pinus densiflora* (red pinel) needles. *Flavour and Fragrance Journal*: 19, pp. 532-537.

Zanndouche O., 2011-Conservation de la biodiversité de la subéraie (*Quercus suber*). Journée d'information DGF-INRF sur la gestion, la valorisation et la protection des forêts de chêne liège , le 6 oct. 2011, Arboretum de Bainem BP 37 Cheraga. Alger, 12p.

Zeghada F-Z., 2009-Activité allélopathique et analyse chimique. Thèse mag. Univ d'Oran ES-Sénia, 19p.

Zeraia L., 1981- Essai d'interprétation comparative de données dans les écologies phréologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence cristalline, (France Méridional) et Algérie. Thèse. Doct. Univ, d'Aix Marseille, saint Jérôme, 367 p.

Zinkel D. F. & Evans B. B., 1972-Terpenoids of *Pinus Strobus* Cortex Tissue. *Hytochemistry* : 11, p. 3387-3389.

Zinkel D.F. & Russel J., 1989-Naval Stores: Production, Chemistry, Utilization. Pulp Chemicals Association, New-York, a) pp. 227-229; b) pp. 262-270.

Site Internet

Bournérias M., 2015-« RESINEUX FORETS DE », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 5 Mai 2016. URL:<http://www.universalis.fr/encyclopedie/forets-de-resineux/>.

Annexes

Annexe 1: Localisation géographique des relevés en degrés décimaux (projection UTM ; WGS 84)

Relevé	Coordonnées géographiques (degrés décimaux)			Exposition
	Longitude dd	Latitude	Altitude (m)	
1	5.6705	36.7929	62	Est
2	5.6711	36.7929	33	Est
3	5.6715	36.7930	24	Est
4	5.6734	36.7900	86	Nord
5	5.6730	36.7902	56	Nord
6	5.6727	36.7911	33	Nord
7	5.6739	36.7918	42	Ouest
8	5.6737	36.7918	57	Ouest
9	5.6735	36.7918	33	Ouest

Annexe 2 : Evolution du taux de germination des glands arrosés par différents macérations (F) .

Type de macérât	Répétition	Nombre des glands germés			
		Après 7 jrs	Après 15 jrs	Après 21 jrs	Après 28 jrs
MF 1	1	6	9	9	9
	2	3	9	10	10
	3	3	10	10	10
Moyenne	1+2+3/3	4	9.33	9.66	9.66
MF 2	1	0	7	10	10
	2	0	9	10	10
	3	3	9	10	10
Moyenne	1+2+3/3	1	8.33	10	10
MF 3	1	0	7	10	10
	2	0	7	10	10
	3	0	7	10	10
Moyenne	1+2+3/3	0	7	10	10
MF 4	1	0	7	10	10
	2	0	9	10	10
	3	0	4	8	8
Moyenne	1+2+3/3	0	6.66	9.33	9.33
MF 5	1	1	4	10	10
	2	0	8	9	9
	3	0	8	9	9
Moyenne	1+2+3/3	0.33	6.66	9.33	9.33
(T-)	1	0	8	10	10
	2	0	6	8	8
	3	0	5	8	8
Moyenne	1+2+3/3	0	6.33	8.66	8.66

Annexe 3: Evolution du taux de germination des glands arrosés par différents macérations (S).

Type de macérât	Répétition	Nombre des glands germés			
		Après 7 jrs	Après 15 jrs	Après 21 jrs	Après 28 jrs
MS 1	1	1	10	10	10
	2	3	6	9	9
	3	0	9	9	9
Moyenne	1+2+3/3	1.33	8.33	9.33	9.33
MS 2	1	5	9	10	10
	2	6	9	10	10
	3	0	9	10	10
Moyenne	1+2+3/3	3.66	9	10	10
MS 3	1	0	4	9	9
	2	0	8	9	9
	3	0	9	9	9
Moyenne	1+2+3/3	0	7	9	9
MS 4	1	1	7	7	9
	2	9	10	10	10
	3	4	10	10	10
Moyenne	1+2+3/3	4.66	9	9	9.66
MS 5	1	0	9	10	10
	2	0	9	9	9
	3	0	7	9	9
Moyenne	1+2+3/3	0	8.33	9.33	9.33
(T-)	1	0	8	10	10
	2	0	6	8	8
	3	0	5	8	8
Moyenne	1+2+3/3	0	6.33	8.66	8.66

Annexe 4: Evolution du taux de germination des glands arrosés par lessivât.

Type de macérât	Répétition	Nombre des glands germés			
		Après 7 jrs	Après 15 jrs	Après 21 jrs	Après 28 jrs
L	1	0	7	8	8
	2	0	10	10	10
	3	0	8	8	8
Moyenne	1+2+3/3	0	8.33	8.66	8.66
(T-)	1	0	8	10	10
	2	0	6	8	8
	3	0	5	8	8
Moyenne	1+2+3/3	0	6.33	8.66	8.66

Annexe 5: Tableau floristique des espèces.

N° de relevé	Espèce	Taux de recouvrement	Observations
Relevé 1	<i>Quercus suber</i> . L.	5	-Affleurement rocheux
	<i>Pinus pinaster</i>	5	
	<i>Erica arborea</i>	3	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
	<i>Arbutus unedo</i>	1	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	1	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Calycotome spinosa</i>	+	
	<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
	<i>Quercus suber</i> . L.	3	-Jeunes sujets de chênes liège et de pin maritime -Présence de roches
	<i>Pinus pinaster</i>	3	
	<i>Arbutus unedo</i>	+1	

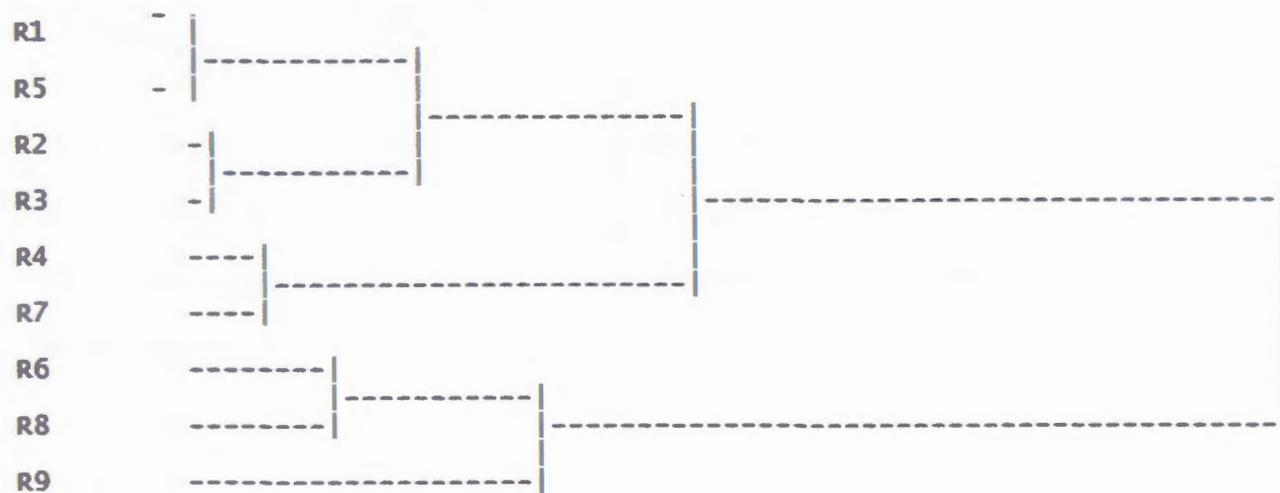
Relevé 2	<i>Erica arborea</i>	2	
	<i>Viburnum tinus</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+, 1	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Cytisus triflorus</i>	+	
	<i>Daphne gnidium</i>	+	
	<i>Cistus salviaefolius</i>	+	
	<i>Calycotome spinosa</i>	+	
	<i>Retama monosperma</i>	+	
Relevé 3	<i>Quercus suber. L.</i>	2	<p>-Présence de roches -Régénération de chênes liège et de pin maritime</p>
	<i>Pinus pinaster</i>	2	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
	<i>Erica arborea</i>	3	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
	<i>Lonocera implexa</i>	+	
	<i>Viburnum tinus</i>	+	
	<i>Genista tricuspidata</i>	+	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
<i>Cistus salviaefolius</i>	+		
	<i>Quercus suber. L.</i>	5	<p>-Traces d'incendies -Régénération de chênes liège (5 semis)</p>
	<i>Pinus pinaster</i>	2	
	<i>Erica arborea</i>	2	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Retama monosperma</i>	2	

Relevé 4	<i>Phillyrea angustifolia</i>	2	
	<i>Viburnum tinus</i>	+	
	<i>Asparagus acutifolius</i>	+	
	<i>Daphne gnidium</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Chamaerops humilis</i>	+	
	<i>Myrtus communis</i>	+	
	<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
Relevé 5	<i>Quercus suber. L.</i>	4	-Pas de régénération de chênes liège -Traces d'incendies
	<i>Pinus pinaster</i>	6	
	<i>Erica arborea</i>	3	
	<i>Viburnum tinus</i>	1	
	<i>Prunus avium</i>	+	
	<i>Arbutus unedo</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
Relevé 6	<i>Quercus suber. L.</i>	5	-Pas de régénération de chênes liège
	<i>Pinus pinaster</i>	9	
	<i>Erica arborea</i>	3	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	1	
	<i>Quercus suber. L.</i>	7	-Traces d'incendies -Présence de roches -Régénération de chênes liège (3semis)
	<i>Pinus pinaster</i>	1	
	<i>Erica arborea</i>	2	
	<i>Cytisus triflorus</i>	+	

Relevé 7	<i>Chamaerops humilis</i>	+	
	<i>Viburnum tinus</i>	+	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	1	
	<i>Myrtus communis</i>	+	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Laurus nobilis</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Arbutus unedo</i>	+	
	<i>Lonocera implexa</i>	+	
	<i>Prunus avium</i>	+	
Relevé 8	<i>Quercus suber. L.</i>	2	<p>-Présence de roches -Régénération de chênes liège (3semis)</p>
	<i>Pinus pinaster</i>	8	
	<i>Erica arborea</i>	1	
	<i>Myrtus communis</i>	1	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Viburnum tinus</i>	+	
	<i>Salix sp</i>	+	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
Relevé 9	<i>Quercus suber. L.</i>	1	<p>-Présence de roches -Pas de régénération de chênes liège</p>
	<i>Pinus pinaster</i>	13	
	<i>Calycotome spinosa</i>	+	
	<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	1	
	<i>Smilax aspera</i>	+	
	<i>Viburnum tinus</i>	+	

	<i>Retama monosperma</i>	+	
	<i>Erica arborea</i>	+	
	<i>Asparagus acutifolius</i>	+	
	<i>Ampelodesma moritanica</i>	+	
	<i>Myrtus communis</i>	+	
	<i>Rubus ulmifolius</i>	+	
	<i>inula viscosa</i>	+	

Annexe 6: Dendrogramme de l'analyse globale



Annexe 8: Relevés et espèces à contribution relative élevée pour l'axe 3.

Côté positif de l'axe 3		Côté négatif de l'axe 3	
N° relevé	CTR	N° relevé	CTR
R7	71	R2	73
R8	27	R1	28
R5	20	R4	8
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Prunus avium</i>	369	<i>Calycotome spinosa</i>	412
<i>Lonicera implexa</i>	337	<i>Daphne gnidium</i>	331
<i>Myrtus communis</i>	182	<i>Cytisus triflorus</i>	326
<i>Genista tricuspidata</i>	99	<i>Cistus salviaefolius</i>	248
<i>Viburnum tinus</i>	64	<i>Arbutus unedo</i>	151
<i>Quercus suber</i>	41	<i>Retama monosperma</i>	167

Résumé

Le présent travail constitue une approche dans l'étude des facteurs impliqués dans la dynamique du phénomène d'enrésinement de la subéraie par le pin maritime. Concernant le potentiel allélopathique, le comportement germinatif des glands de chêne liège humectés par les macéras des aiguilles fraîches et sénescentes du pin et par le lessivât de litière n'a pas révélé un effet chimiotoxique significatif. Le plan d'échantillonnage adopté a permis de réaliser 9 relevés phytoécologiques lesquels ont permis d'inventorier 24 espèces végétales. En dépit des conditions topographiques du terrain, l'analyse des échantillons de sol n'a pas révélé de différences dans les paramètres mesurés mis à part la matière organique qui présente quant à elle une certaine variabilité. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) associée à la classification hiérarchique ascendante (CHA) nous a permis de distinguer 02 groupes d'espèces distribués principalement suivant deux 02 dynamiques: évolution progressive de la subéraie et dégradation de la subéraie marquée par une forte colonisation par le pin maritime. Globalement, on a constaté un déséquilibre de cet écosystème qu'il le faudra restaurer.

Mots-clés : Chêne liège, régénération naturelle, germination, allélopathie, enrésinement par le pin maritime.

ملخص

هذا العمل هو نهج لدراسة العوامل التي تدخل في ديناميكية اكتساح أشجار الصنوبر البحري لغابة البلوط الفليني. فيما يخص ظاهرة الألبوباثي وسلوك الانتاش لبذور البلوط مسقية بمستخلص أوراق الصنوبر البحري الطازجة، الهرمة و عصاره بقايا الاوراق الابرية التي توجد فوق التربة لم تكشف عن وجود تأثير كيميائي سام كبير. حققت خطة أخذ تسعة عينات فيطوايكولوجيك المعتمدة عن وجود 24 نوع من النباتات. على الرغم من الظروف الطوبوغرافية للأرض، لم تكشف تحليل عينات التربة عن وجود اختلافات في القيم المقاسة وبصرف النظر عن المواد العضوية التي تحتوي بدورها بعض التقلبات. وقد سمح لنا تحليل المراسلات (AFC) المتطقة التحليل العنقودي الهرمي (CHA) للتمييز بين مجموعتين من الأنواع وزعت بشكل رئيسي في ديناميتين: التطور التدريجي من البلوط الفليني تدهور غابات البلوط الفليني تميزت بالاستعمار القوي من طرف الصنوبر البحري. وعموما، كان هناك خلل في النظام البيئي الذي يجب استعادته.

كلمات البحث: البلوط الفلينية، التجدد الطبيعي، بذور، الانبات، تضاد بيوكيميائي، اكتساح الصنوبر البحري، اكتساح لغابة البلوط الفليني.

Abstract

This work is an approach to the study of factors involved in the dynamics of the phenomenon on enrésinement of the cork oak forest by the maritime pine. Allelopathic potential on the germination behavior of cork oak acorns moistened by Maceras fresh and senescent pine needles and the litter leachate did not reveal a significant effect chemotoxic. The sample design adopted has allowed us the realization of 9 records phytoecological which helped to inventory 24 plant species. Despite the topographical conditions of the terrain, the analysis of soils amples has not revealed differences in the measured parameters except for the organic matter which has in turn some variability. The Correspondence Analysis (AFC) associated with the Ascending Hierarchical Classification (CHA) allowed us to distinguish 02 groups of plants, distributed mainly in 02 dynamics: the gradual evolution of the cork oak forest and a deterioration of the cork oak forest marked by a strong colonization maritime pine. Overall, there was an imbalance in the ecosystem as it takes to restore.

Keywords: Oakcork, natural regeneration, germination, allelopathy, colonization of the corkoakforest.