

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la
Terre et de l'Univers

Département des Ressources Forestières



MEMOIRE

Présenté par M^{elle} **Hadjer BENDELLAA**

En vue de l'obtention du Diplôme de

MASTER En FORESTERIE

Option : Aménagement et Gestion des Forêts

Thème

**Etude de l'influence du chlorure de sodium (NaCl), sur la
germination, la croissance et le développement racinaire des
plantules du chêne-liège (*Quercus suber L.*)**

Soutenu le 04 Octobre 2020, devant le jury composé de :

Président	Mr BENMAHIOUL B.	Prof.	Université de Tlemcen
Encadreur	Mr KHOLKHAL Dj.	MAA	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mr LABIOD Med	MCA	Université de Tlemcen

Année Universitaire 2019/2020

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force et la santé afin d'accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, je voudrais exprimer toute ma reconnaissance aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Tout d'abord je remercie mon encadreur *Mr KHOLKHAL Djamel* Maitre Assistant "MAA" à l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, d'avoir accepté la charge de m'encadrer, et pour tout le temps qu'il m'a consacré malgré ces nombreuses occupations. Merci pour votre patience, votre sympathie et la confiance durant le déroulement de ce travail.

Je remercie *Mr BENMAHIOUL Benamar* Professeur à l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider mon jury.

J'exprime également ma reconnaissance à *Mr LABIOD Mohamed* Maitre de Conférence « MCA » à l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, de m'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier le technicien du laboratoire de la botanique *Mr. Zair Rachid*

J'adresse également nos sincères remerciements pour tous les enseignants du département des Ressources Forestières.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime et en particulier...

Mes chers grands parents et mes chers parents pour leurs amours et ses sacrifices

A mes chères sœurs

A mon cher frère

A mes oncles et tantes

A toute ma famille

A tous mes collègues de la promotion 2020 du département des Ressources

Forestières

دراسة تأثير كلوريد الصوديوم ، على انبات، نمو و تطور جذور شتلات بلوط الفلين
(*Quercus suber L.*)

ملخص

التراكم التدريجي للأملح القابلة للذوبان في التربة و خاصة املاح الصوديوم، تؤدي الى تفكيك بنية التربة و تسبب تدهور فسيولوجي للنباتات، تترجم بانخفاض توفر الماء للنبات و كذلك بالتسمم و تدهور التغذية المعدنية. النتائج التي تم الحصول عليها مع تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (0 ; 2,5 ; 5 ; 10 و 15 غ/ل) تظهر انخفاضا في معدل انبات بذور كلا المصدرين (جيجل و تلمسان) ، بداية من التركيز 5 غ/ل. بصفة عامة دراسة معايير الانبات ابرزت ان مصدر تلمسان اكثر حساسية من جيجل. بالإضافة الى ذلك فان الملوحة تطبق تأثير تثبيطي على استطالة الجذور في كلا المصدرين. وجدنا ايضا ان زيادة تركيز كلوريد الصوديوم تخفض بشكل ملحوظ طول جذور النباتات مقارنة بالشاهد. نمو الارتفاع كان متأثرا جدا بالضغط الملحي و هذا، مهما كان المصدر. على العكس، يظل التأثير على النمو الشاقولي ضعيفا.

الكلمات المفتاحية: املاح ، ضغط ، aNIC، انبات ، نمو ، بذور ، بلوط فلين ، العوانة (جيجل) ، حفير (تلمسان).

Etude de l'influence du chlorure de sodium (NaCl), sur la germination, la croissance et le développement racinaire des plantules du chêne-liège (*Quercus suber L.*)

Résumé

L'accumulation graduelle de sels solubles dans le sol en particulier les sels de sodium, dégradent la structure du sol et engendrent un stress physiologique sur les plantes, se traduisant par une réduction de la disponibilité de l'eau pour la plante et également par la toxicité et les perturbations de la nutrition minéral.

Les résultats obtenus avec les différentes concentrations du NaCl (0 ; 2,5 ; 5; 10 et 15 g/l) montrent une diminution du taux de germination des glands de deux provenances (Jijel et Tlemcen), à partir de la concentration 5g/l. De façon générale l'étude de l'ensemble des paramètres de germination a mis en évidence que la provenance de Tlemcen est plus sensible que celle de Jijel. De plus la salinité a exercé un effet dépressif sur l'élongation de la radicule chez les deux provenances.

Nous avons constaté aussi que l'augmentation de la concentration du NaCl a nettement réduit la longueur du système racinaire des plants par rapport au témoin. La croissance en hauteur a été très affectée par le stress salin et ce, quelque soit la provenance. Par contre, l'influence sur la croissance radiale reste faible.

Mots clés : sels, NaCl, stress, germination, croissance, glands, chêne liège, El Aouana (Jijel), Hafir (Tlemcen)

Study of the influence of sodium chloride NaCl on the germination, growth and root development of cork oak seedlings (*Quercus suber L.*)

Abstract

The gradual accumulation of soluble salts in the soil in particular sodium salts, degrade the structure of the soil and generate physiological stress on plants, resulting in a reduction in the availability of water for the plants and also by toxicity and disturbances of mineral nutrition.

The results obtained with the different concentrations of NaCl (0 ; 2,5 ; 5; 10 et 15 g/l) show a decrease in the germination rate of acorns from two provenances (Jijel and Tlemcen), from the concentration 5g/l. Generally the study of all the germination parameters has shown that the provenance of Tlemcen is more sensitive than that of Jijel. In addition, the salinity has a depressive effect on the elongation of the radicle in both provenances.

We also found that the increase in the concentration of NaCl significantly reduced the length of the root system of the plants compared to the control. Growth in height was greatly affected by salt stress and this, whatever the provenance. On the other hand, the influence on radial growth remains weak.

Keywords: salts, NaCl, stress, germination, growth, acorns, cork oak, El Aouana (Jijel), Hafir (Tlemcen)

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

DGRF : Direction générale des forêts

APCOR : Association portugaise du liège

ha : Hectare

DGF : Direction générale des forêts

Km : Kilomètre

cm : Centimètre

°C : Degré Celsius

mm : Millimètre

mg/L : Milligramme par litre

(mS/cm) : Millisiemens par centimètre

dSm⁻¹ : Décisiemens par mètre

g L⁻¹ : Gramme par litre.

NaCl : Chlorure de sodium.

KCl : Chlorure de potassium.

MgCl₂ : Chlorure de magnésium

CaCl₂ : Chlorure de calcium.

Na₂SO₄ : Sulfate de sodium

MgSO₄ : Sulfate de magnésium

NaHCO₃ : Bicarbonate de sodium

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

Ca²⁺ : Calcium

Mg²⁺ : Magnésium

Na⁺ : Sodium

K⁺ : Potassium

Cl⁻ : Chlore

SO₄²⁻ : Sulfate

CO₃²⁻ : Carbonate

NO₃⁻ : Nitrate

m : Mètre

mM : Millimole

mm/an : Millimètre par année

INRF : Institut National de Recherche Forestière

N° : Numéro

B.N.E.D.R : Bureau National d'Etude et de Développement Rural

ONM : Office national de la météorologie

N : Nord

E : Est

ISTA : Association internationale d'essais de semences

h : Heure

TE : Teneur en eau

p_f : Poids frais

p_s : Poids sec

Na : Sodium

Cl : Chlore

g/cm^3 : Gramme par Centimètre cube

NaCl : Chlorure de sodium.

g/l : Gramme par litre

g : Gramme

c_0 : Concentration correspondant à 0g/l

c_1 : Concentration correspondant à 2,5g/l

c_2 : Concentration correspondant à 5g/l

c_3 : Concentration correspondant à 10g/l

c_4 : Concentration correspondant à 15g/l

W : watt

A : ampère

Liste des tableaux

Tableau 01: Superficie de chêne-liège (<i>Quercus suber L.</i>) dans le monde (en hectare).....	06
Tableau 02 : les caractéristiques botaniques du chêne liège.....	09
Tableau 03: Description des stations des prélèvements	26
Tableau 04: Les Solutions préparées.....	29
Tableau 05: Biométrie des glands de chêne-liège (<i>Quercus suber</i>) des deux provenances.....	36
Tableau 06: Caractéristiques germinatives des glands de chêne-liège (<i>Quercus suber</i>) des deux provenances.....	38

Liste des Figures

Figure 01 : Distribution naturelle de l'aire géographique du chêne-liège (<i>Quercus suber</i>) Source : (Zribi, 2016).....	05
Figure 02 : Zone de distribution mondiale du chêne-liège (DGRF, 2006 et APCOR, 2006 in Pereira et al, 2008).....	06
Figure 03 : Aire de répartition et occupation actuelle du chêne-liège en Algérie (D.G.F., 2008 in Bouchaour-Djabeur, 2013).....	08
Figure 04 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (DGF, 2003 in Berriah, 2014).....	09
Figure 05 : Cadre géographique du massif subéricole hafir-zariffet (Letreuch-Belarouci et al, 2010).....	24
Figure 06 : Situation géographique de la zone de provenance des glands de chêne-liège El Aouana (Jijel).....	25
Figure 07 : Le matériel de laboratoire.....	27
Figure 08 : La numérotation des glands de chêne-liège.....	27
Figure 09 : Mesure biométrique des glands de chêne-liège: la longueur (A), la largeur (B) et le poids (C).....	28
Figure 10 : Le séchage des glands de chêne-liège: les glands de Jijel (A), les glands de Tlemcen (B).....	28
Figure 11 : Les concentrations de NaCl préparées en (g/l) : (C_1 : 2,5) ; (C_2 : 5) ; (C_3 : 10) et (C_4 : 15)	30
Figure 12 : Les différentes solutions salines préparées à base de NaCl (g/l): (C_1 : 2,5) ; (C_2 : 5) ; (C_3 : 10) et (C_4 : 15)	30
Figure 13 : Le teste de germination des glands de chêne-liège (<i>Quercus suber</i>) : les glands de Jijel (A), les glands de Tlemcen (B).....	31

Figure 14 : L'incubation des glands de chêne-liège dans une étuve réglée à 25°C pendant la germination: les glands de Jijel (A), les glands de Tlemcen (B).....	32
Figure 15 : L'immersion des glands de chêne-liège dans un milieu de culture salin.....	33
Figure 16 : L'incubation des glands de chêne-liège dans une étuve réglée à 25°C.....	33
Figure 17 : Le semis des glands de chêne liège dans le terreau.....	34
Figure 18 : Germination des glands de chêne-liège, d'El Aouana (Jijel) sous différentes concentrations saline en (g/l) : 0(A) ; 2,5(B) ; 5(C) ; 10(D) et 15(E).....	37
Figure 19 : Germination des glands de chêne-liège, de Hafir (Tlemcen) sous différentes concentrations saline en (g/l) : 0(A) ; 2,5(B) ; 5(C) ; 10(D) et 15(E).....	37
Figure 20 : Variation du taux de germination des glands de chêne-liège des deux provenances, en fonction de la concentration du NaCl.....	38
Figure 21 : Croissance de la racine en fonction de la concentration du NaCl g/l....	40
Figure 22 : Variation de la longueur racinaire sous l'effet des différentes concentrations saline:0 g/l (A) ; 2,5 g/l (B) ; 5 g/l (C) ; 10 g/l (D) ; 15 g/l (E) (El Aouana-Jijel).....	40
Figure 23 : Variation de la longueur racinaire sous l'effet des différentes concentrations saline : 0 g/l (A) ; 2,5 g/l (B) ; 5 g/l (C) ; 10 g/l (D) ; 15 g/l (E) (Hafir-Tlemcen).....	41
Figure 24 : La longueur moyenne de la zone de ramification racinaire sous l'effet des concentrations du NaCl g/l.....	42
Figure 25 : La longueur de la zone de ramification racinaire des jeunes plants témoins de deux provenances : (A : La provenance de Jijel) ; (B : La provenance de Tlemcen).....	42

Figure 26: Hauteur moyenne des jeunes plants de chêne-liège, en fonction de la concentration du NaCl g/l.....	43
Figure 27: Croissance en hauteur des jeunes plants de chêne-liège des deux provenances sous une concentration saline de (2,5g/l): (A : La provenance de Jijel) ; (B : La provenance de Tlemcen).....	44
Figure 28: Diamètre au collet des jeunes plants de chêne-liège en fonction des concentrations du NaCl g/l.....	44
Figure 29: Croissance de la partie racinaire des jeunes plants de chêne-liège, en fonction de la concentration du NaCl (g/l).....	45

Table des matières

Introduction Générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur le chêne-liège

1-Origine de chêne-liège.....	4
2-Taxonomie.....	4
3-Aire de répartition du chêne-liège	4
3-1. Dans le monde	4
3-2. En Algérie	7
4- Caractéristiques botaniques et biologiques	9
5-Ecologie de l'espèce	10
5-1.Exigence édaphique	10
5-2.Exigence climatiques	10
6- Les Ennemies	11
6-1. Les Insectes	11
6-2. Les Champignons	11
7- Les Incendies	11
8- Importance économique	12
9- Régénération de chêne liège.....	12
9-1. Régénération naturelle.....	12
9-2. Régénération assistée (semis directes et plantation).....	14

Chapitre II : La salinité

1- Définition de la salinité.....	17
2- Principaux sels solubles.....	17

3- La salinité et le sol.....	18
3-1 La genèse d'un sol salin.....	18
3-1.1. Les conditions de formation des sols salins.....	18
3-1.2 Le mécanisme de formation d'un sol salin.....	18
3-2 Les mouvements des sels.....	19
4- Types de la salinité des sols	19
4-1 La salinité primaire (ou naturelle)	19
4-2 La salinité secondaire (ou d'origine humaine)	19
5- La salinité et la plante	20
5-1 Effet de la salinité sur la physiologie des plantes	21
5-2 Effet de la salinité sur la germination	21
5-3 Effet de la salinité sur la croissance et le développement des plantes.....	22

Chapitre III : Matériels et méthodes

1- Matériel Végétal	24
2- Présentation des zones de prélèvement	24
3- Matériels du laboratoire.....	26
4- Méthodologie de travail.....	27
4-1 Numérotation des glands	27
4-2 Mesure biométrique des glands	28
4-3 Mesure de la teneur en eau	28
4-4 Préparation des différentes concentrations de solution saline	29
4-5 Préparation des glands.....	30
4-6 Dispositif expérimental.....	31
4-6.1 La germination des glands de chêne-liège des deux provenances sous différentes concentrations du NaCl.....	31
4-6.2 Effet des différentes concentrations du NaCl sur la croissance de la racicule	32
4-6.3 Effet du NaCl sur la croissance racinaire des plants de chêne-liège dans le substrat.....	33

Chapitre IV : Résultats et Discussions

1- Résultats.....	36
1-1 La Biométrie des glands	36

1-2 La Germination des glands	36
1-2-1 Le Taux de germination	36
1-2-2 Les caractéristiques germinatives des glands.....	38
1-3 La croissance racinaire des glands	40
1-3-1. L'effet du stress salin sur la longueur racinaire	40
1-3-2. L'effet du stress salin sur la longueur de la zone de ramification racinaire.....	41
1-4 Suivi de la Croissance des semis	42
1-4-1 La croissance en hauteur	42
1-4-2 La croissance en diamètre au collet.....	44
1-4-3 La croissance racinaire	45
2- Discussions des résultats	46
Conclusion Générale	48
Références bibliographiques	50

Introduction Générale

Introduction générale

Les terres, sous climats arides et semi arides, représentent environ 2/3 de la surface du globe terrestre (Benbrahim et al, 2004 in Benidire et al, 2015). Ces écosystèmes sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations (Chaieb, 2004 ; Rezgui et al, 2004 in Mrani Alaoui et al, 2013). Associés par des sécheresses rigoureuses et fréquentes, favorisant une importante évaporation et par conséquent l'accumulation des sels dans le sol, Ce qui explique la qualité médiocre (saumâtres) des ressources hydriques disponibles dans ces zones (Bouda et al, 2011 ; Mrani Alaoui et al, 2013).

Les sols salés ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons –ou de tout leur ensemble- sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels en particulier du sodium (INSID, 2008).

Le maintien et la régénération des arbres forestiers dans ces conditions constitue un défi. En effet, La germination peut être limitée par certains facteurs comme la prédation ou l'infestation des graines aux quels s'ajoute un taux élevé en sel.

L'introduction d'espèces végétales tolérantes à la salinité est une stratégie alternative recommandée pour valoriser les sols touchés par ce phénomène. Cette approche, permettraient d'améliorer le couvert végétal et résoudre les problèmes de régénération de certaines espèces forestières en zones arides et semi-arides (Chérifi et al, 2017).

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce typiquement Ouest méditerranéenne et Ouest atlantique, strictement calcifuge, colonisant surtout les substrats siliceux fissurés ou meubles; gneiss, micaschistes, granites, rhyolites, grès et sables fixés (Karam, 2005). Il est surtout présent au thermo et au méso méditerranéen. Du point de vue bioclimatique, c'est une essence exigeante qui reste cantonnée aux bioclimats humide, subhumide et même le semi-aride (Zeraia, 1981 ; Karam, 2005). Un taux élevé d'humidité atmosphérique (60% d'humidité relative en moyenne) surtout estivale, lui est indispensable, ce qui rend compte de sa localisation géographique en zone maritime ou sub-maritime.

L'Algérie a connu une évolution écologique irréversible caractérisée par un passage du régime semi aride á aride couvrant de grande surface (Belkhodja et Bidai, 2009).

Aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres (INSID, 2008).

Quelque soit son origine (sol ou eau d'irrigation), l'excès de sel affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (Delgado et *al*, 1994 ; Cordovilla et *al*, 1995a ; 1995b ; 1995c), conduisant à terme des baisses de rendement et de qualité des productions (Zaman-Allah et *al*, 2009).

Dans ce contexte, il nous a paru intéressant d'entreprendre une étude préliminaire sur l'effet de différentes concentrations du NaCl sur la germination, la croissance et le développement racinaire des jeunes plants issus des glands de chêne-liège de deux provenances : Hafir (Tlemcen) et El Aouana (Jijel).

Pour ce faire, nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres: un premier chapitre qui expose une synthèse bibliographique sur le chêne-liège. Un rappelle sur la salinité du sol et l'origine de ce phénomène fait l'objet du deuxième chapitre, le troisième chapitre est consacré au matériel et méthodes et le quatrième chapitre présente les résultats et la discussion de ces résultats.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Origine de chêne- liège

Le chêne-liège, est une essence endémique du bassin méditerranéen, dont l'origine remonte au Tertiaire (Natividade, 1956). Il est un descendant de la flore pliocène supérieure (Boudy, 1950 ; Quezel, 2000), très répandu dans l'hémisphère nord (Taib, 2016).

Des études palynologiques ont montré l'apparition de ce végétal au Sud de l'Espagne et au niveau de la frontière franco-espagnole entre 10 000 et 6 500 ans av. J.C (Dessain, 1992 ; Chaoui, 2017).

2. Taxonomie

Le chêne liège (*Quercus Suber* L.) est un arbre circonscrit en Méditerranée Occidentale depuis l'ère tertiaire, ce qui lui donne une soixantaine de millions d'années d'existence. Il est décrit pour la première fois par Linnée en 1753 (Natividade, 1956 cité par Yahiaoui, 2015), Il appartient à :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Fagales
Embranchement	Angiospermes
Sous/Embranchement	Dicotylédones
Famille	Fagaceae
Genre	<i>Quercus</i>
Espèce	<i>Quercus suber</i> L.
Nom vernaculaire	Ballout El feline

3. Aire de répartition de chêne-liège

3.1 Dans le monde

Le chêne-liège est une espèce typique de la région méditerranéenne occidentale, s'étant développé de façon spontanée au Portugal et en Espagne, mais aussi, dans le nord de l'Algérie au Maroc et en Tunisie. Il occupe également des zones plus restreintes dans le sud

de la France et sur la côte occidentale de l'Italie, y compris la Sicile, la Corse et la Sardaigne (Pereira et al, 2008) (figure 1). Où se trouve réunies les conditions climatiques qui conviennent à la végétation de cet arbre, Sous l'influence de la mer et de l'océan qui permet de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (Cantat et al, 2005 ; Boukhris, 2017).

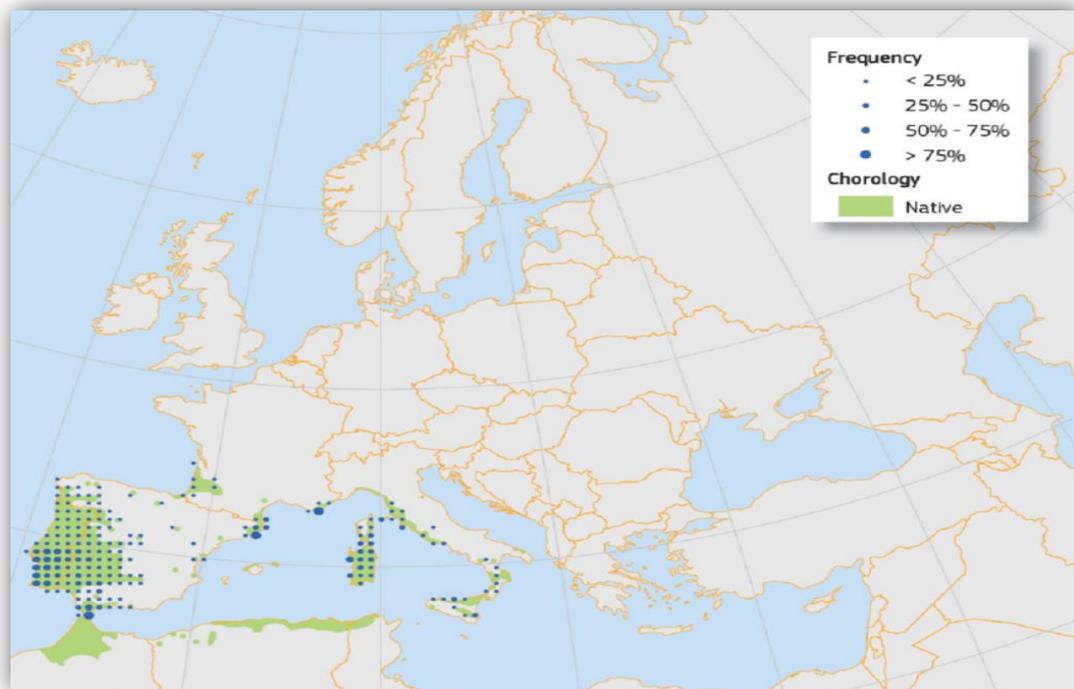


Figure 01 : Distribution naturelle de l'aire géographique du chêne-liège (*Quercus suber*)
Source : (Zribi, 2016).

La subéraie mondiale couvre actuellement une superficie globale environ 2,277 700 d'hectares (DGRF, 2006) répartie entre les sept pays dont environ 0,85 Millions d'hectares en Afrique du nord et 1,43 Millions d'hectares en Europe (Pereira et al, 2008) (figure 02). D'autres inventaires et auteurs plus anciens donnent des valeurs variant de 1,9 à 2,68 Millions d'hectares (Saccardy, 1938 ; Boudy, 1955 ; Salazar Sampaio, 1988 in Fatmi, 2014 ; Institut Méditerranéen de liège, 2004 ; Pereira et al, 2008) (Tableau 1).

Tableau 01 : Superficie de chêne-liège dans le monde (en hectare)

Pays	Saccardy, 1938	Boudy, 1955	Salazar Sampaio, 1988	Institut Méditerranéen de liège ,2004	(DGRF), 2006 et (APCOR)
Portugal	600.000	600.000	555.000	860.000	736.700
Espagne	310.000	340.000	340.000	725.000	506.000
Italie	75.000	51.000	70.000	99.000	92.000
France et Cor	150.000	150.000	150.000	44.000	92.000
Algérie	440.000	429.000	444.000	375.000	414.000
Maroc	300.000	397.000	300.000	440.000	345.000
Tunisie	140.000	127.000	140.000	144.000	92.000
Total	2.045.000	2.094.000	1995.000	2.687.000	2.277.700

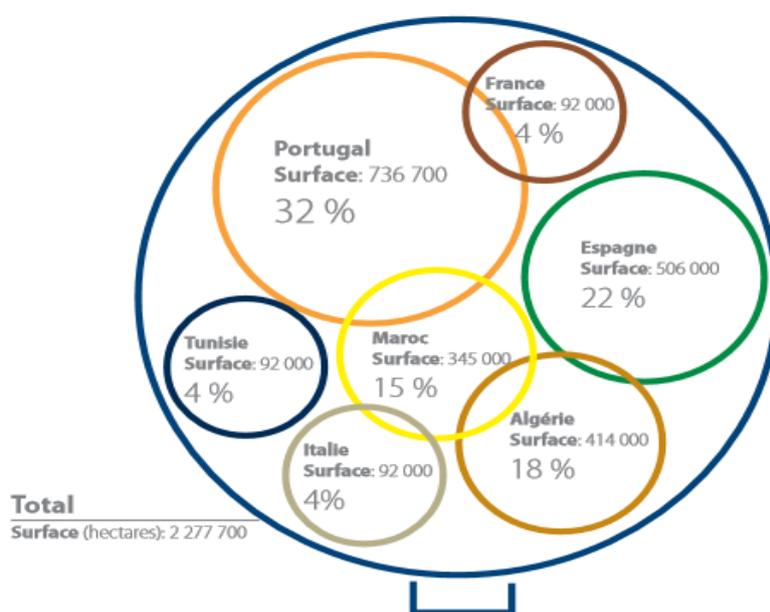


Figure 02 : Zone de distribution mondiale du chêne-liège (DGRF, 2006 et APCOR, 2006 in Pereira et al, 2008)

En dehors de son aire naturelle, le chêne-liège fut artificiellement introduit dans différents pays en raison des qualités industrielles du liège.

Boudy (1955) note que le chêne liège est l'une des espèces dont l'aire s'avère inextensible et étroitement limitée au bassin occidental de la méditerranée ; tous les essais d'acclimatation sur une vaste échelle entrepris au dehors (Etats-Unis, Caucase) ont échoué jusqu'à ce jour. Selon Dehane (2012) de très bon résultats d'acclimatation de chêne-liège mais sans production de liège furent obtenus en Bulgarie (Petrov et Genov, 2004), New Zeland (Macarthur, 1994), Sud de l'Australie, Chine, Russie, Californie et Japon (Aronson et *al*, 2009).

3.2 En Algérie

Les études palynologiques confirment que le chêne liège est présent en Afrique du Nord au moins depuis le Pléistocène (Ozenda, 1980 ; Ben Tiba et Reille, 1982). Les hommes ont très rapidement appris à extraire et à utiliser son écorce (Rouibah et *al*, 2018).

En Algérie, les données anciennes sur l'aire d'occupation naturelle de la subéraie variant de 410.000 ha à 480.000 ha selon les inventaires et les auteurs, (Lamey, 1893 ; Saccardy, 1938 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Seigue, 1985; Richard, 1987 ; Iprocor, 1999; Yessad, 2000 et Quezel et Medail, 2003), Où l'Algérie est classée au 3ème rang mondial après le Portugal et Espagne.

Le premier inventaire forestier national de 1983/1984 déclare que le véritable subéraies productives n'occupe qu'une superficie de 230 000 hectares (Zine, 1992 in Naggar et al, 2019). D'autre estimation fournie par la (DGF, 2007) déclarent que le patrimoine subéricole productif ne dépasse pas les 220 000 ha (Fatmi, 2014), Ce qui représente une perte de près de moitié de la surface (figure 03).

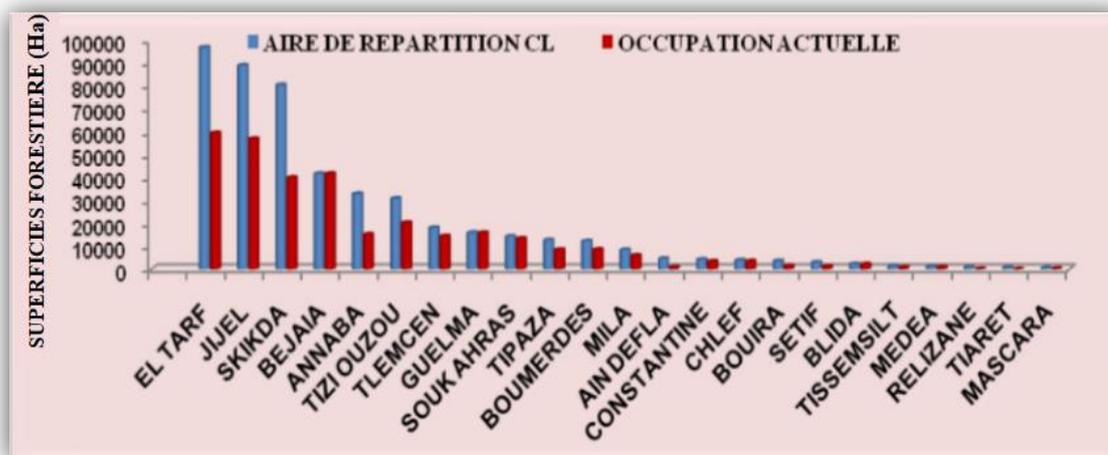


Figure 03 : Aire de répartition et occupation actuelle du chêne-liège en Algérie (D.G.F, 2008 in Bouchaour-Djabeur, 2013)

Les peuplements de chêne liège en Algérie comprennent entre les frontières marocaines et tunisiennes où ils montrent une dispersion géographique inégalement réparties à travers 22 wilayas (Ouled Mouhoub, 2005) (figure 04), s'étendent du littoral méditerranéen au nord et aux chaînes telliennes au sud, Sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (Bouhraoua, 2003). Ces peuplements sont plus présentés à l'est du pays, constituant les zones les plus importantes de production de liège, avec 4/5 de la subéraie algérienne et 97 % de la production nationale (D.G.F, 2008).

Selon Messaoudene (2000) la distribution des peuplements entre les principales régions est comme suit :

- Est : 392 000 ha (89 %) (Massifs de Collo, Skikda, Jijel, Annaba, Guelma et Souk-Ahras)
- Centre : 41 000 ha (9 %) (Ain Defla, Tissemsilt, Chlef, Médéa, Tipaza) ;
- Ouest : 7 000 ha (2 %) (Relizane, Mascara, Tiaret, Oran et Tlemcen) ;

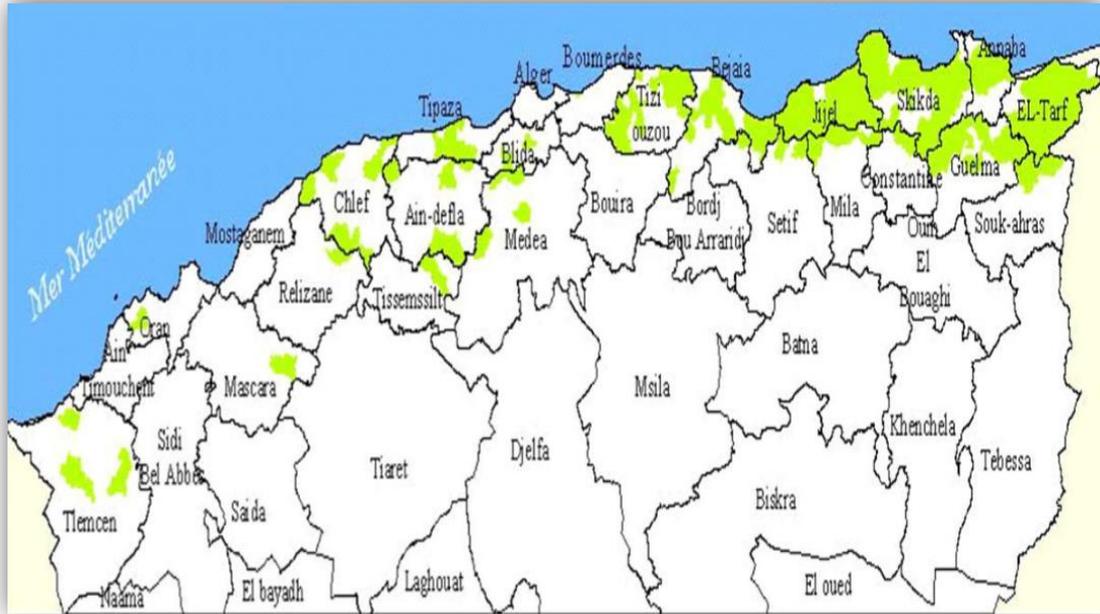


Figure 04 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (DGF, 2003 in Berriah, 2014)

4. Caractéristiques botaniques et biologiques

C'est une espèce très polymorphe dont on a différencié de nombreuses formes botaniques, qui ont été décrites par plusieurs auteurs (Belabbes, 1996).

Le chêne-liège a une taille variable de 10 à 20 m. A l'état isolé par contre, il peut atteindre jusqu'à 20 à 25 m de hauteur (Gil et Varela, 2003). Les principales caractéristiques botaniques sont les suivants (Tableau 02).

Tableau 02 : les caractéristiques botaniques du chêne liège

Feuilles	Selon Piazzetta, (2005) le chêne liège est un arbre à feuilles persistantes (2 à 3 ans). de forme est plus ou moins ovoïde à oblongue, à extrémités ondulées, glabres, d'un vert foncé sur la face supérieure et blanchâtres pubescentes sur la face inférieure. Leur taille varie de 4 à 7 cm de longueur et 2 à 3 cm de largeur.
Fleurs	Le chêne liège est monoïque. Les fleurs mâles en chatons filiformes (40 à 80 mm de long); les fleurs femelles, en chatons court (5 à 40 mm de long).

Fruits	qui est appelé communément « gland », est court et large, circulaire au sommet. Sa longueur varie entre 2,5 et 3 cm. La première fructification commence ordinairement vers l'âge de 15 ans.
Rameaux	Les rameaux sont sinueux pubescents les premières années, puis bruns clairs et enfin entièrement subéreux (Piazzetta, 2005)
Cime	est large bien étalée les arbres solitaires et les peuplements clairs. En peuplements embroussaillés et concurrencé par le sous-bois l'aspect devient élancé (Vignes, 1990)
Ecorce	est de couleur grise, qui se crevasse verticalement sur des épaisseurs larges du liège surtout pour le liège mâle ou très souvent pour le liège de reproduction (Maire, 1961).
Bois	Le bois du chêne liège est dur, lourd clair et légèrement rosé. Il sèche difficilement et se fend facilement.
Racines	Le chêne liège est fortement enraciné. Son système racinaire se caractérise par une distribution dimorphe (Pereira, 2007). Il est doté d'une racine pivotante, avec les ramifications latérales épaisses présentant une extension horizontale avec beaucoup de racines superficielles (Roula, 2010).

5. Ecologie de chêne liège

La répartition géographique de l'espèce est définie par ses exigences écologiques qui sont de quatre ordres : exigence en : lumière, chaleur, humidité et refus des sols calcaires (Piazzetta, 2005 in Taib, 2016).

5.1 Exigences édaphiques

En Algérie, le chêne-liège se développe sur des terrains siliceux provenant de grés de l'éocène (grés numidiens), de la roche éruptive, de schistes azoïques et de sables et grés du pliocène (Natividade, 1956). C'est une essence nettement calcifuge (Bennekrouf, 2016).

5.2 Exigences climatiques

- **Température**

Essence frileuse et thermophile ayant des exigences marquées en matière de température. La température moyenne favorable se situe entre 13 et 18 °C bien que les minimas ne

dépassent pas -9°C , donc elle exige une température plutôt douce (Boudy, 1950 ; Saïdi, 2017).

- **Lumière**

En ce qui concerne son exigence en matière de lumière le chêne-liège exige un fort ensoleillement puisque la saison végétative commence du mois d'Avril et s'achève au mois d'Octobre. L'espèce est signalée aussi comme une essence de pleine lumière. (Frochot et Levy, 1986), estiment que l'augmentation de l'éclairement provoque la levée de dormance d'une partie du stock de graines au sol et permet une photosynthèse plus intense

- **L'humidité**

L'humidité est également un facteur limitant, car bien qu'étant xérophile. Le chêne-liège exige une tranche pluviométrique annuelle de 600-1200mm et les précipitations ne doivent pas descendre en dessous de 550 mm et l'humidité atmosphérique doit être de l'ordre de 60 % au moins durant les mois de saison sèche (Sauvage, 1952).

6. Les ennemies

6.1 Les insectes ravageurs

Les attaques d'insectes ont causé des dommages à plus de 5 millions d'ha ce qui représente environ 14% des dommages totaux dans le monde et près de 6% de la superficie forestière totale de la région, dont les plus importants sont *Platypus cylindrus*, *Crematogaster scutellaris*, *Lymantria dispar*, *Cydia fagiglandana* (Bouhraoua, 2003 ; Belhoucin et al, 2011 ; Fatmi, 2014 ; Bouhraoua, 2015).

6.2 Les champignons

Les végétaux dépérissant sont souvent la cible d'attaques de champignons pathogènes tels que le charbon de la mère *Biscognauxia mediterranea* et *Phytophthora cinnamomi*, (Brasier et al, 1993 ; Piazzetta, 2014).

7. Les incendies

De part et d'autre de la Méditerranée, Le facteur de dégradation le plus redoutable de la subéraie est, sans contexte, l'incendie qui bénéficie de conditions physiques et naturelles favorables à son éclosion et à son propagation. Selon Chouahda et al (2013), les incendies de forêts influent beaucoup plus sur la structure des peuplements par leur périodicité que par leur intensité.

La prévention constitue le seul moyen pour pallier aux impacts socio-économiques et écologiques des effets du feu sur la forêt, elle repose sur la connaissance des causes d'éclosion et de propagation (Chelda et *al*, 2013).

8. L'importance économique

L'importance économique de cette espèce réside essentiellement dans son écorce, le liège, qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie. Ce matériau particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conducteur pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverses (Boudy, 1950). Il est utilisé dans la fabrication des bouchons, des panneaux d'agglomérés et l'isolation, pour la décoration et le revêtement et article divers. Il contient du tanin utilisé dans l'industrie de tannage. Son bois utilisé dans la fabrication des traverses de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair compact. De nos jours, ce bois est très peu utilisé, voire inutilisable en construction comme en menuiserie (Bonnier, 1990).

9. La régénération de chêne liège

Le chêne liège comme la plupart des essences feuillues se régénère en deux méthodes, l'une naturelle (par semis ou rejet de souche) et l'autre artificielle.

9.1 Régénération naturelle

- **Par semis (voie sexuée)**

La régénération naturelle par semis est liée directement au cycle de fructification et de leur fréquence, l'abondance et la qualité des semences, les conditions climatiques et la nature du sol (Nsibi et *al*, 2006). Les glands de chêne-liège ont des taux de germination très élevés, plus de 80% (Vinagre et *al*, 2005), ce que fait des événements de régénération naturelle profuse pendant les années pluvieuses et si le peuplement n'est pas pâturé.

La régénération naturelle offre beaucoup d'avantages, mais aussi quelques inconvénients.

Principales avantages

- Les nouveaux peuplements ont de fortes chances de bonne adaptation car leur origine génétique est celle d'arbres qui se sont développés dans la même station ;
- L'investissement est le plus faible de toutes les techniques de reboisement ;

- En régénération naturelle, il n'y a pas de perturbation du sol, un fait très important, surtout dans les sols pauvres et squelettiques et dans les stations avec étés chauds et secs où la matière organique se minéralise rapidement (Varela et Piazzetta, 2014).

Principales contraintes

- Les arbres-mères doivent être en bon état sanitaire, les peuplements où les arbres sont dépérissant ne doivent pas être utilisés pour la régénération naturelle (Varela et Valdiviesso, 2011) ;
- Une bonne régénération naturelle ne se produit pas toutes les années, elle est dépendante des années de bonne fructification ;
- Les glands sont des fruits appétissants pour beaucoup d'animaux ce qui peut nuire au processus de régénération naturelle dans les zones riches en faune sauvage (Varela et Piazzetta, 2014).

Il est aussi important que le peuplement ait une bonne densité et une bonne distribution spatiale d'arbres mères dans la zone à régénérer (Varela et Piazzetta, 2014). Bien que le chêne liège soit une essence de lumière les jeunes plants issus de la germination des glands tombés sur sol ont besoin pendant ses premières années d'un couvert léger pouvant le protéger durant l'été contre les fortes insolationes les vents violents ou desséchants et l'absence de cet écran protecteur est la raison principale rendant la régénération de chêne liège précaire (Boudy, 1950).

- **Par rejets de souche (voie végétative)**

La régénération naturelle de chêne liège peut-être aussi assurée par rejet de souche, cette méthode de régénération joué un rôle prépondérant dans la reproduction de chêne liège.

Le chêne liège repousse vigoureusement de souche jusqu'à un âge avancé de 100 à 120 ans en étage humide et subhumide et 80 à 90 ans en étage semi-aride pour les arbres non démasclés, étant étendu que ces chiffres doivent être réduits d'au moins 10 à 15% lorsque les arbres ont donné de nombreuses récoltes de liège (Boudy, 1950). En effet, il a été constaté que le diamètre moyen requis pour espérer obtenir une bonne régénération par rejet ne doit guère dépasser les 80 cm (Messaoudene et al, 2009 ; Roula, 2010).

Les rejets croît nettement plus vite que les brins de semence et on peut estimer qu'il existe un décalage de dix ans au moins en ce qui concerne l'âge et la dimension minima (Boudy, 1950). Ils forment d'abord une cépée assez touffue, mais leur nombre se restreint dans les premières années par le jeu de la concurrence (Saccardy, 1937). Ainsi, le plus souvent, à l'âge de 22 à 40 ans, selon de la fertilité des parcelles, suite à la sélection naturelle, les cépées se composent d'au moins quatre brins (Messaoudene et *al*, 2009 ; Roula, 2010).

9.2 Régénération artificielle et assistée

La régénération tant par rejet de souches que par semis naturel est très aléatoire et ne suffisait pas pour assurer la régénération du chêne liège (El Boukhari et *al*, 2015).

- **Le Semis direct**

C'est une technique intéressante de reboisement qui présente des avantages et des inconvénients intermédiaires entre la régénération naturelle et la plantation.

Principales avantages

- Le semis direct permet de planifier des peuplements en futaie régulière et en lignes rendant possible le débroussaillage mécanique ;
- Les plants développent un système racinaire profond adapté aux étés méditerranéens et l'investissement est plus faible que pour la plantation ;

Principales contraintes

- L'investissement est plus élevé que pour la régénération naturelle et la mortalité peut être élevée lors des années sèches ;
- De la même façon que pour les autres techniques de reboisement, la zone à régénérer doit être protégée du pâturage pendant quelques années ;
- L'ensemencement direct est aussi dépendant des années de bonnes glandées (Varela et Piazzetta, 2014).

- **La plantation ou reboisement**

Est une méthode de régénération pratiquée en absence d'une régénération naturelle ; mais elle peut aussi relever d'une décision propre de la part du propriétaire forestier. La plantation artificielle s'avère une solution efficace si les conditions d'élevage en pépinière et les méthodes de plantations sont maîtrisées (Varela et Piazzetta, 2014).

Parmi les facteurs clés de la réussite des plantations :

- Des travaux préparatoires notamment la préparation du sol, afin de faciliter l'installation du plant et la récupération d'une architecture naturelle des racines et aussi la cohésion entre le sol et les racines ;
- Le choix de technique de plantation à privilégier ;
- La qualité physiologique des plants produit en pépinière ;
- L'arrosage les deux premières années, Si la pluviosité est faible et irrégulièrement distribuée (Varela et Piazzetta, 2014).
- Une densité de plantation convenable avec le terrain (Terrain nu ou couvert) (El Antry et Piazzetta, 2014).
- L'entretien ultérieur des plants (Younsi, 2006).

Malgré l'intérêt toujours accordé au chêne liège, sa régénération qu'elle soit naturelle ou artificielle n'est pas du tout aisée ; les efforts entrepris depuis une vingtaine d'années pour régénérer la subéraie ont donné des résultats encourageants dans des sites d'étendues réduites et dans bien d'autres cas, les bilans enregistrés restent très faibles (Marion, 1951 ; Lepoutre, 1965 ; Amhajer, 1997 ; Ezzahiri et *al*, 2001 cité par El Boukhari et *al*, 2015).

Chapitre II : La salinité

1. Définition de la salinité

La salinité est définie par (Cherbuy, 1991), comme étant un processus résultant de la migration des sels à travers le profil du sol et de leur accumulation, par précipitation en profondeur.

La salinité peut être aussi définie comme étant un processus pédologique suivant lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles acquérant ainsi le caractère salin (Eilers et al, 1995 ; Gregory, 2005 ; Fetnassi, 2015).

Mermoud (2001), a ajouté qu'il s'agit d'un phénomène d'accumulation des sels solubles (en particulier le sodium) à la surface du sol et dans la zone racinaire, occasionne des effets nocifs sur les végétaux qui vont induire une diminution des rendements et une stérilisation du sol. Selon Salbolcs (1989), 351 millions d'hectares de terres sont définies comme « salines » (Girard et al, 2011 ; Benfatma, 2017).

La salinité est quantifiée en deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimées en mg/L, ou plus couramment, par la conductivité électrique exprimée en (mS/cm) (Couture, 2006).

Cette quantité, « la salinité des sols » est appréciée au laboratoire par la quantité d'électrolytes ou de solutés libérée par le sol au contact de l'eau dans un rapport de volume sol/eau qui peut être celui la saturation en eau (pâte saturée), ou un rapport de lixiviation (Grünberger, 2015).

La classification agronomique internationale, sous l'impulsion des Etats-Unis retient, dès les années 1960, une valeur de conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée de sol supérieure à 4 dSm^{-1} , comme le seuil de salinité au-delà duquel la plupart des plantes cultivées voient leur productivité baisser. C'est avec cette clé de classification que des inventaires mondiaux sont établis (Girard et al, 2011).

2. Les principaux sels solubles

Si, dans le langage courant, le sel est le chlorure de sodium, du point de vue de la classification en chimie minérale, les sels sont les très nombreux corps solides (ou liquides) neutres de structure ionique. Ils sont produits par neutralisation d'un acide et d'une base, ou de l'action d'un acide sur un métal. Dans les études sur les sols salés, les sels considérés

sont très généralement limités aux plus solubles et fréquents d'entre eux, c'est à dire, les sels de sodium, calcium et magnésium, potassium des acides minéraux chlorhydrique, sulfurique, nitrique et les sels de sodium de l'acide carbonique. Il est généralement admis que les sels à considérer dans ce cadre ont des solubilités supérieures au gypse (2g L^{-1}), cette limite caractérisant le fait que les rapports de lixiviation couramment pratiqués ne permettent pas la dissolution totale du minéral (Grünberger, 2015).

Les principaux sels solubles présentant dans les sols salés sont :

Sels chlorurés (NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2), sulfatés (Na_2SO_4 , MgSO_4), bicarbonatés (NaHCO_3), carbonatés (Na_2CO_3) ou sels plus ou moins hydratés (Bondy, 1993).

3. La salinité et le sol

3.1 La genèse d'un sol salin

3.1.1 Les conditions de formation des sols salins

Selon Bondy (1993), la formation des sols salins nécessite:

- ❖ Une condition de station: existence d'une source locale de sodium (nappe salée, dépôt sédimentaire salin, matériau d'altération d'une roche éruptive riche en minéraux sodiques) ;
- ❖ Une condition climatique permettant la conservation de l'ion Na^+ dans le sol: élimination par drainage en climat humide, maintien dans les zones arides (exception pour les sols de bordure de mer où le sodium est périodiquement renouvelé après son élimination par les pluies) ;

3.1.2 Le mécanisme de formation d'un sol salin

Les sels les plus communs présents dans la solution du sol correspondent aux cations Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , et aux anions Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NO_3^- . Egalement le bore, le sélénium, l'arsenic et le molybdène (les éléments traces) sont considérés comme d'autres sels moins courants et plus toxiques à faibles concentrations (Keren, 2000 ; Essington, 2004). De façon analogue à la formation d'un sol salin, un sol devient sodique lorsque la proportion d'ions Na^+ dépasse celle des autres électrolytes de plusieurs ordres de grandeur (Sumner, 1993 ; Levy, 2000 ; Essington, 2004). Cela dépend de la source de sels mais aussi des conditions physico-chimiques du sol (Noomene, 2011).

3.2 Les mouvements des sels

Les sels solubles déplacent dans le sol d'un horizon à une autre grâce à la présence d'eau avec des divers mouvements : descendant, ascendant, des mouvements verticaux et oblique ou avec un autre mécanisme appelé thermodialyse. Ces mouvements des sels dépendent des états physiques de l'eau du sol, du gradient de température existant dans ce sol, et de la texture des sols (Noomene, 2011).

4. Types de la salinité du sol

La salinité des sols n'est pas fortement liée aux conditions climatiques (Djili et Daoud, 2000) mais aux d'autres facteurs, conduisant à un processus de salinisation secondaire (Hamdy, 1999 ; Camara, 2018).

4.1 La salinité primaire (ou naturelles)

La salinité est dite primaire lorsqu'elle est due aux sels se formant in situ au cours du processus d'altération des roches (Jacob et *al*, 1998 cités par Abdelhafid, 2010), contenant des minéraux sodiques, potassiques ou magnésiques donne des sels souvent solubles, en particulier les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates et parfois les silicates de ces métaux (Zahow et Amrhein, 1992 cités par Benfatma, 2017).

La salinisation primaire s'effectue aux niveaux des périmètres et surtout dans les zones les plus basses grâce à la présence d'une nappe phréatique plus ou moins superficielle et salée entre 1,5 et 2 m et en l'absence d'un drainage efficace qui, sous l'influence de l'évaporation en période sèche, favorise la remontée des sels et leur accumulation dans la racinaire (Energoprojet, 1967 ; Abdelhafid, 2010).

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique » (Mermoud, 2006 ; Soffih, 2017) dont la mise en valeur de ces terres est généralement très difficile (Mian et Ali, 1977 ; Qureshi et Barrett-Lennard, 1998 ; Hamdy, 2004 ; Abdelhafid, 2010).

4.2 La salinité secondaire (ou d'origine humaine)

La salinisation secondaire est un processus ultérieur à la formation du sol et le caractère salin du sol est induit par plusieurs mécanismes (Durand, 1983 ; Benfatma, 2017). En effet, selon Soffih (2017), près de 20% des terres salinisées ont une origine anthropique ; sont qualifiées de « secondaires ».

5. La salinité et la plante

Les plantes sont toujours exposées aux différents types de contraintes (abiotiques et/ou biotiques). Le stress salin est l'une des principales contraintes abiotiques (Bartels et Sunkar, 2005 ; Chadli et Belkhodja, 2007 ; Djerah et Oudjehih, 2015) qui provoque à la fois un stress ionique et un stress osmotique sur les plantes (Dubey, 1997 ; Fetnassi, 2015). Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs sont affectés (Parida et Das, 2005 ; Bouzid, 2010), tel que : la croissance, les relations hydriques, la photosynthèse et l'absorption des minéraux (Neumann, 1997 ; Fetnassi, 2015).

En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes physiologiques (Parida et Das, 2005) et biochimiques (Brugnoli et Lauteri, 1991) impliquant une activité enzymatique (Chaffei et *al*, 2004), par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmoprotecteurs ou régulateurs osmotiques (Rathinasabapathi, 2000 ; Amara et Benrima, 2017).

Les différentes formes de réponses des plantes à l'effet défavorable du sel ont conduit à les distinguer en deux groupes : (1) des espèces tolérantes dont les différentes phases du développement sont peu affectées ; (2) des espèces sensibles pour lesquelles la croissance est inhibée dès les plus faibles concentrations en sel (Rajesh et *al*, 1998 ; Sobrado, 1999 ; Sobrado et Ball, 1999 ; Camara et *al*, 2018).

❖ Glycophytes

Les glycophytes sont des plantes apparemment dépourvues de bases génétiques pour une tolérance au sel (Arif, 2015) mais ils utilisent certaines stratégies des halophytes pour faire face au sel (Yokoi et *al*, 2002 in Chamekh, 2010 ; Benfatma, 2017), elles englobent la majorité des cultures végétales (Glenn et Brown, 1999). Exposées à des conditions salines, ces plantes subissent des désordres nutritionnels (Grattan et Grieve, 1992). Selon Parks et *al* (2002), cette sensibilité est due à leur incapacité d'éliminer efficacement les ions Na^+ du cytoplasme (Arif, 2015).

❖ Halophytes

Les halophytes sont des plantes naturellement adaptées aux milieux salés (Flowers et Colmer, 2015 ; Arif, 2015), se développer et de croître sous un régime salin de 300 mM de NaCl (Tester et Davenport, 2008 in Chamekh, 2010). Ces plantes sont capables d'accumulé

le sodium dans leurs matières foliaires à des concentrations élevées. Le sodium est stocké dans les vacuoles (Glenn *et al*, 1999 in Chamekh, 2010), ainsi que ces plantes présentent une modification de leurs enzymes ce qui permet une forte adaptation à la contrainte saline (Flowers et Dalmond, 1992 in Chamekh, 2010 ; Benfatma, 2017).

Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Choukr Allah *et al*, 1997 ; Katembe *et al*, 1998 et Bidai, 2001 ; Belkhodja et Bidai, 2004).

5.1 Effet de la salinité sur la physiologie des plantes

La salinité, même à des taux faibles (< 4 dS m⁻¹), engendre un stress physiologique sur les plantes, Ses effets néfastes touchent aussi bien les glycophytes que les halophytes (Zhu, 2002 ; Arif, 2015).

Physiologiquement, l'impact néfaste de la salinité se traduit par la conjonction d'un effet indirecte sur le potentiel hydrique se traduisant par une réduction de la disponibilité de l'eau pour la plante et également par la toxicité et les perturbations de la nutrition minérale induite par l'excès des ions Na^+ et Cl^- (Levigneron *et al*, 1995 ; Niu *et al*, 1955 ; Al Karaki, 2000 ; Ben khaled *et al*, 2007).

La majorité des changements physiologiques notés chez les plantes soumises au stress salin est une réponse à des composantes osmotiques. Néanmoins, en présence d'une osmorégulation les plantes traitées par le sel sont confrontées au problème d'accumulation d'ions toxiques dans leurs tissus, ce qui est considéré comme un élément clé limitant la croissance des plantes en milieu salin (Munns *et al*, 1995 ; Zahi et Lamara, 2019).

5.2 Effet de la salinité sur la germination

La germination des graines est généralement l'étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production réussie (Munns, 2002). Sous contrainte saline, les sels agissent sur la germination des graines en réduisant leur faculté et/ou leur énergie germinative (Mauromicale et Licandro, 2002 ; Bayuelo-Jiménez *et al*, 2002 ; Daroui, 2012).

Les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (Lachiheb *et al*, 2004 ; Selami et Meddour, 2016).

La diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin est variée en fonction de l'intensité du stress et la variété des plantes (Arif, 2015) et cela, pourrait également due :

- Selon Prado et *al* (2000), à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales ;
- À l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine (Botia et *al*, 1998 ; Daroui et *al*, 2012) ;
- À l'augmentation de la pression osmotique du milieu environnant qui diminue la vitesse d'absorption de l'eau par la graine entraînant ainsi un stress hydrique (Prisco et O'Leary, 1970) et une inhibition de la mobilisation des réserves de la graine pour la croissance de l'embryon (Prisco et *al*, 1981 ; Bouzoubaâ et El Mousadik, 2003) ;
- Augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (Debez et *al*, 2001 ; Arif, 2015).

Donc, La connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination révèle une bonne tolérance de l'espèce à la salinité (Jaouadi et *al*, 2010 ; Djerah et Oudjehih, 2015), et dans ce cas, la germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés (Sheikh et Mahmood, 1986 ; Ungar et Badger, 1989; Khan et Rizvi, 1994 ; Belkhodja et Bidai, 2004).

5.3 Effet de la salinité sur la croissance et le développement des plantes

La salinité constitue l'un des principaux facteurs limitant la croissance et le développement des plantes (Khalil et *al*, 2017). En effet, elle réduit la croissance et la productivité de la culture ou provoque la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement (Munns, 2002).

Chapitre III : Matériels et Méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des glands de chêne liège qui ont été récoltés en début et fin Novembre 2019 sur deux peuplements naturels, l'un situé dans la forêt de Hafir (Tlemcen) et l'autre dans la forêt domaniale d'El Aouana (Jijel). Les glands morphologiquement mature et sains ont été sélectionnés puis placés dans des sacs en plastique pour être stockés au réfrigérateur à +4 ° C, jusqu'à utilisation.

2. Présentation des zones de prélèvements

Les deux subéraies choisies présentent une grande diversité en condition écologique et climatiques (Tableau 03), il s'agit de la forêt de montagne de Hafir située au Sud-ouest de la Wilaya de Tlemcen (figure 05) et de la forêt de littorale d'El Aouana localisée à l'ouest de Jijel (figure 06).

□ La forêt de Hafir

Hafir qui a attiré la curiosité de nombreux chercheurs a un climat typiquement méditerranéen, subhumide inférieur caractérisé par deux saisons bien différenciées ; l'une estivale longue et sèche, à fort ensoleillement et à température élevée, l'autre hivernale peu froide et humide à précipitation (600 mm/an) parfois violentes et de courtes durées (Bouchaour-Djabeur, 2013).

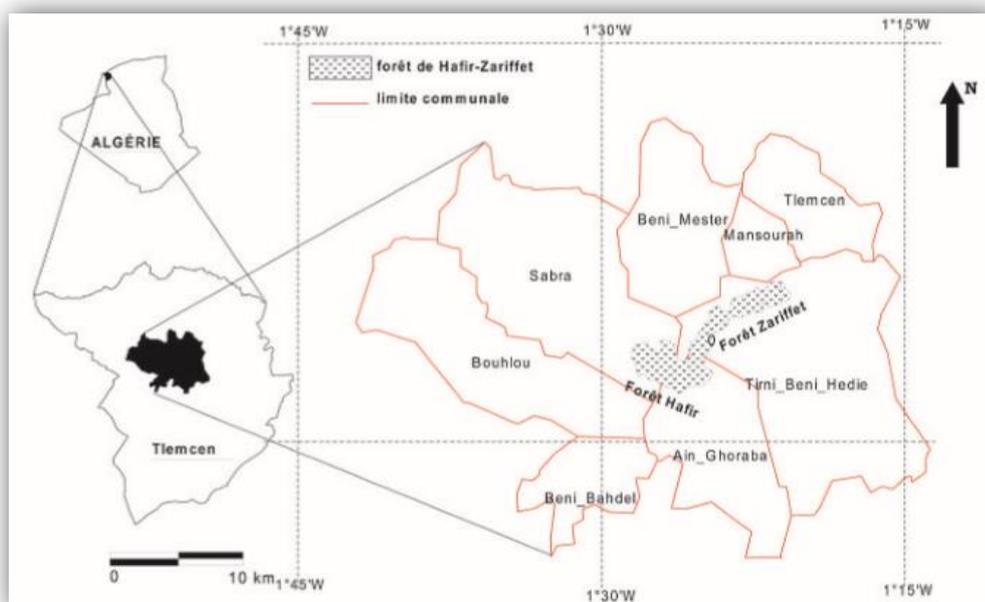


Figure 05 : Cadre géographique du massif subéricole hafir-zariffet (Letreuch-Belarouci et al, 2010)

□ **La forêt d'El Aouana (Kissir)**

La forêt domaniale d'El-Aouana (Kissir), canton Aghzar, constituée principalement d'un peuplement bien venant de chêne liège. Située au Nord-Ouest de la wilaya de Jijel, Plus précisément, à proximité de la station INRF qui se trouve sur la route nationale N°43 (Younsi, 2006). D'après Zeraia (1981), les subéraies de grande et de petite Kabylie sont pour la plupart installées sur les grès numidiens caractérisés par leur acidité. En revanche, les sols d'El Aouana renferment des grès numidiens (sols caillouteux) et des schistes (B.N.E.D.R, 1997).

D'après L'analyse climatique réalisée à partir des données établies par l'office national de la météorologie (ONM, 2004) pour la station de Jijel sur une période de 15 ans (de 1990 jusqu'à l'an 2004), la région de Jijel est bien arrosée, avec une température moyenne de l'air, la plus basse, est enregistrée au mois de Janvier (10,40 °C), la plus élevée au mois d'Août (26,10°C) (Rouibah et al, 2018).

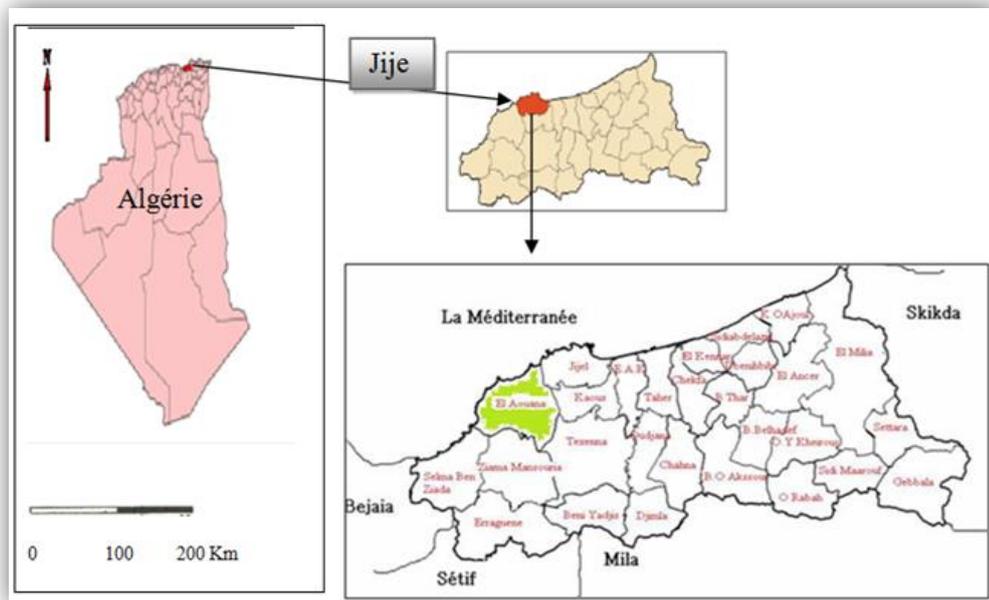


Figure 06:Situation géographique de la zone de provenance des glands de chêne-liège El Aouana (Jijel).

Tableau 03: Description des stations des prélèvements

	Kissir	Hafir
Localisation	11 km Ouest de Jijel	15 Km sud-ouest de la ville de Tlemcen
Altitude (m)	30	1100
Latitude	36° 45' 29,11'' N	34° 77' 79''N
Longitude	05° 39' 57,60'' E	0° 14' 29'' E
Exposition	Nord	toutes les expositions sont présentes (relief accidenté)
Pente (%)	10	12,5 à 25
Formation végétale	futaie de chêne-liège aménagée	vieille futaie mélangée et naturelle de chêne liège

3. Matériel de laboratoire

Les essais ont été conduits au laboratoire pédagogique de notre département où nous avons utilisé le matériel suivant : un pied à coulisse et une balance électronique qui sont utiles pour la détermination de la biométrie des glands. Une verrerie composée de : tubes à essais, des éprouvettes graduées et des boîtes de pétri stériles de 2,5 cm d'épaisseur et de 14 cm de diamètre. En outre deux étuves : l'une pour le séchage des glands et l'autre pour l'incubation au cours des expérimentations. Ainsi qu'un ensemble des produits (alcool, eau de javel et l'eau distillée) qui sont nécessaires pour nettoyer et stériliser les verreries et désinfecter le matériel végétal et une boîte de chlorure de sodium en poudre pour la préparation des solutions salines. Par la suite du papier absorbant qui est utile pour l'essuyage soit du matériel ou des glands et du papier filtre. En plus, pour l'étiquetage du matériel nous avons utilisé un marqueur permanent et un ruban papier adhésif plus qu'un stylo correcteur pour la numérotation des glands (figure 07).



Figure 07 : Le matériel de laboratoire

4. Méthodologie de travail

4.1 Numérotation des glands

Un lot de 50 glands a été sélectionné pour les mesures biométriques, nettoyé soigneusement. Et en fin numéroté de 01 à 50 pour chaque provenance à l'aide d'un stylo correcteur (figure 08).



Figure 08: La numérotation des glands de chêne-liège

4.2 Mesure biométrique des glands

Au laboratoire, les glands numérotés ont fait l'objet de mesure (longueur, largeur et poids) réalisés respectivement à l'aide d'un pied à coulisse manuel et une balance électronique de précision (figure 09).



Figure 09 : Mesure biométrique des glands de chêne-liège : la longueur (A), la largeur (B) et le poids (C).

4.3 Mesure de la teneur en eau

La teneur en eau des glands frais a été déterminée pour un échantillon de 50 glands pour chaque provenance par passage des échantillons à l'étuve à 103 °C pendant 17 h (ISTA, 1999) (figure 10), la teneur en eau est exprimée par la formule suivante

$$TE \% = \frac{p_f - p_s}{p_f} * 100$$



Figure 10: Le séchage des glands de chêne-liège : les glands de Jijel (A), les glands de Tlemcen (B).

4.4 Préparation des différentes concentrations de solution saline

□ Le sel utilisé

Le sel utilisé dans cette expérimentation pour préparer les solutions est : le NaCl qui présente généralement le sel soluble prédominant dans nos eaux d'irrigation et dans nos sols affectés par les sels (Snoussi et Halitim, 1998 in Nabi, 2009).

□ Les propriétés de chlorure de sodium

Le chlorure de sodium est un sel sans couleur, caractérisé par sa très grande solubilité dans l'eau. Dans le cristal, les ions Na et Cl s'alternent, dans lequel chaque ion est entouré par six ions de l'autre type, le chlorure de sodium est fortement transparent à la lumière. Le point de fusion pour le NaCl est 801°C et le point d'ébullition est de 1 465°C. Sa densité est de 2,16 g/cm³ à 25°C. La proportion de chlorure de sodium dans les sels de l'eau de mer est de 78% (Vilmann, 2002 in Ounoughi, 2006).

□ Préparation des solutions d'arrosage

Pour notre étude, Cinq éprouvettes graduées ont été nettoyée par un lavage avec l'eau de javel puis par l'alcool et par la suite rincées à l'eau distillée. Quatre concentrations du NaCl ont été préparées par l'addition des différentes doses croissantes de chlorure de sodium à l'eau distillée, plus un témoin composé unique de l'eau distillée (figures 11 ; 12), le choix des concentrations (Tableau 04) a été fait en se basant sur des données bibliographiques et des études récentes.

Tableau 04: différentes concentration du NaCl g/l.

Concentrations	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4
Concentration saline NaCl (g /l)	0	2,5	5	10	15

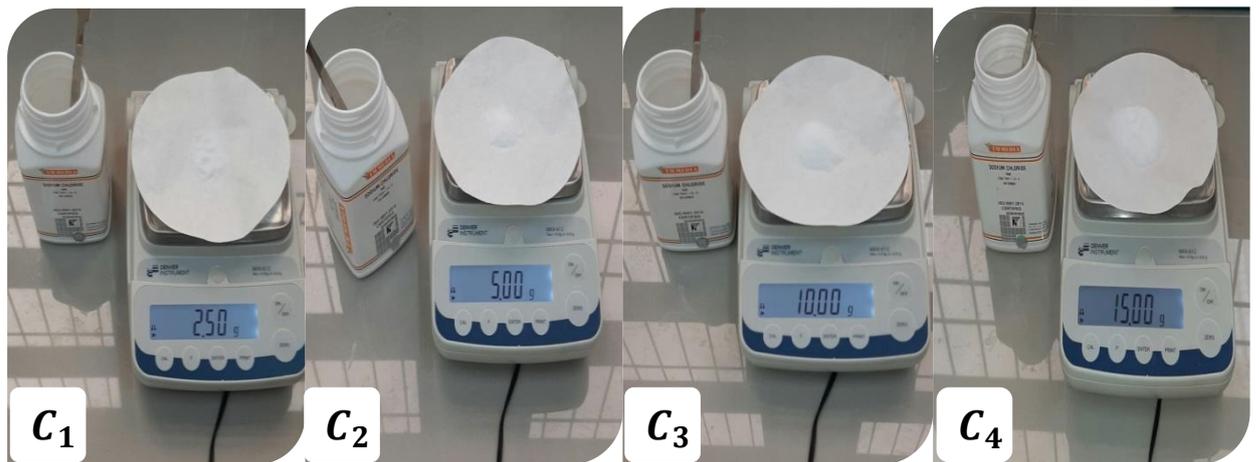


Figure 11 : Les concentrations de NaCl préparées en (g/l) :(C_1 : 2,5) ; (C_2 : 5) ; (C_3 : 10) et (C_4 : 15)

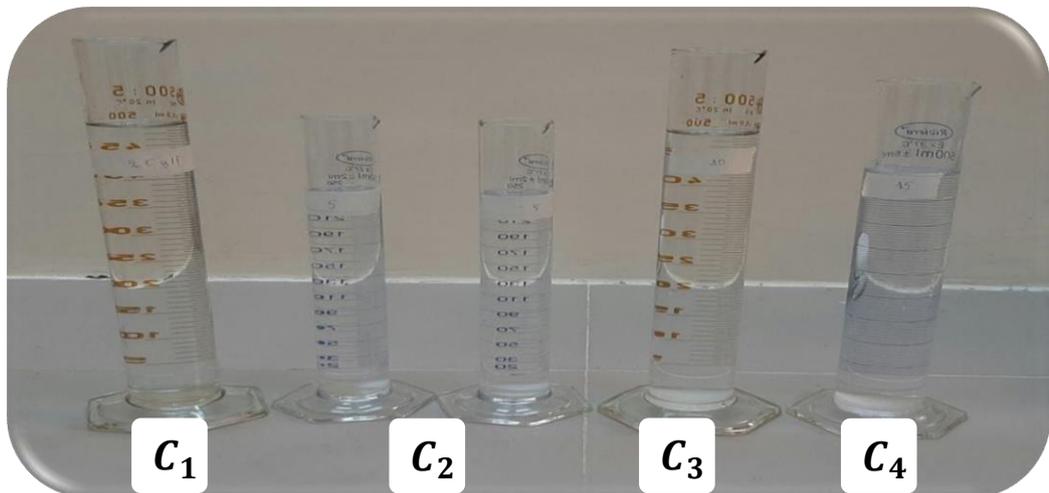


Figure 12 : Les différentes solutions salines préparées à base de NaCl (g/l): (C_1 : 2,5) ; (C_2 : 5) ; (C_3 : 10) et (C_4 : 15).

4.5 Préparation des glands

Afin d'appliquer le stress salin sur les glands de chêne liège, ont été préalablement désinfectées par un rinçage rapide avec l'eau de javel puis par l'Alcool, et par la suite rincées abondamment à l'eau distillée pour éliminer les traces des produits désinfectants.

4.6 Dispositif expérimental

Les deux premiers essais ont été conduits au sien de la faculté des sciences de la Nature et de la Vie au niveau de laboratoire de botanique en milieu contrôlé et le dernier essai de suivi de croissance des jeunes plants a été réalisé dans une chambre à température ambiante pourvue de lampe de (15W 70A), La photopériode est de 16 heures de lumière par jour.

4.6.1 La germination des glands de chêne-liège de deux provenances sous l'effet de différentes concentrations du NaCl

Dans le but d'étudier l'effet de différentes concentrations du NaCl, sur le taux de germination des glands issus de deux sites différents. 100 glands au total ont été utilisés. 10 glands par concentration et par provenance (figure 13) ont été mis séparément dans des boites de pétri en verre tapissées d'une double couche de papier filtre humidifié jusqu'à saturation par l'eau distillée, puis placés dans un étuve obscure réglée à une température de 25 °C pendant 27 jours. Le comptage des glands ayant germés a été effectué tous les jours (figure 14).

Un gland est considéré comme germé lorsque la radicule perce les enveloppes et manifeste son géotropisme positif (Merouani *et al*, 2001).



Figure 13 : Le teste de germination des glands de chêne-liège: les glands de Jijel (A), les glands de Tlemcen (B)



Figure 14 : L'incubation des glands de chêne-liège dans une étuve réglée à 25°C pendant la germination: les glands de Jijel (A), les glands de Tlemcen (B)

Les paramètres mesurés sont :

- Le taux de germination final : ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport de nombre des graines germées sur le nombre total des graines. Le taux de germination % = (Nombre de graines germées/ Nombre total des graines) *100.
- Temps de latence TL (jours) : intervalle de temps entre le semis et les premières graines germés ;
- Temps moyen (jours) de germination de 50% des glands ;
- Durée de la germination (jours) ;
- Taux moyen de germination en temps moyen ($T_{50\%}$) ;
- Vitesse de germination

4.6.2 Effet des différentes concentrations du NaCl sur la croissance de la racicule

Cent (100) glands germés et désinfectés (la racicule mesure 1 à 1.5 cm) ont été placés un à un dans des tubes à essais (100 tubes à essais), stériles de dimension de 18 x 150 (figure 15) contenant du milieu de culture à base d'eau distillée additionné de NaCl à des concentrations de 0 ; 2,5 ; 5 ; 10 et 15g/l, avec deux répétitions par concentration et par provenance. Par la suite, les tubes ont été placés dans des portoirs en fer et placés dans une étuve sous une température de 25°C pendant 15 jours (figure 16).



Figure 15 : L'immersion des glands germés de chêne-liège dans un milieu de culture salin.



Figure 16 : L'incubation des glands de chêne-liège dans une étuve réglée à 25°C.

Les paramètres étudiés à la fin de cette expérimentation sont :

- La longueur des racines. Afin d'évaluer la croissance vis-à-vis du stress salin, la longueur de la racine principale a été mesurée à l'aide d'une règle graduée ;
- La longueur de la zone de ramification ;

4.6.3 Effet du NaCl sur la croissance racinaire des plants de chêne-liège dans le substrat

Cette expérience a été réalisée durant la période Février-Juin 2020, pour évaluer les effets de l'irrigation avec différentes solutions salines sur la croissance racinaire des glands de chêne liège de deux provenances cultivés dans un substrat.

□ Préparation de milieu de culture

Les conteneurs utilisés dans le cadre de cette étude, sont des sachets polyéthylènes noirs de 10,4 cm de largeur et 19 cm de hauteur, avec huit perforations sur les côtés soit 04 ouvertures sur chaque côté. Ces conteneurs ont été remplis avec le substrat terreau.

□ Le semis

Des glands de bonne qualité ont été semés directement sans prétraitement à raison de 01 gland par sachet dans une chambre aérée et exposée à la lumière. Pour garder le substrat (terreau) humide, l'arrosage par les solutions salines a été appliqué tous les 2 jours et se répète selon les besoins. Aucune fertilisation n'a été apportée aux jeunes semis. Nous avons effectué une fois par semaine un comptage des plantules ayant levé. Le suivi de la croissance des jeunes plants a duré du 20 Février 2020 au 30 Juin 2020 (figure 17).



Figure 17 : Le semis des glands de chêne liège dans le terreau.

Les paramètres mesurés dans cette étape concernent, la partie aérienne (la hauteur de la tige et le diamètre au collet), pour la partie souterraine (la longueur de la racine principale) ;

Chapitre IV : Résultats et Discussions

1- Résultats

1-1 La Biométrie des glands

Les résultats obtenus dans le tableau 05 pour la longueur et la largeur des glands montrent qu'il n'y a pas une grande différence entre les deux provenances, Jijel (3.62 cm) et Tlemcen (3.34 cm) et pour la largeur 1.73 cm et 1.55 cm, respectivement. Par contre les glands d'origine de la forêt de Jijel s'avèrent un peu plus lourds (7,09 g) que ceux d'origine de Hafir (5,2 g).

Les glands de chêne- liège des deux provenances sont caractérisent par une couleur brun.

Tableau 05 : Biométrie des glands de chêne- liège

	Provenances	Biométrie			Nombre de Glands/Kg
		Longueur (cm)	Largeur (cm)	Poids (g)	
Moyenne et Ecart-type	El Aouana (Jijel)	3.62 ± 0.37	1.73 ± 0.19	7.09 ± 2.05	141
	Hafir (Tlemcen)	3.34 ± 0.42	1.55 ± 0.16	5.20 ± 1.43	192

1-2 La germination des glands

1-2-1 Le taux de germination

L'évolution des taux de germination en fonction des concentrations croissantes de NaCl, montre que la réponse des glands du chêne-liège au stress salin est variable en fonction de l'intensité du stress et de la provenance elle-même. En effet chez le témoin le taux de germination varie de 80 à 90% chez la provenance de Tlemcen et Jijel respectivement. Nos résultats montrent aussi qu'un stress salin de l'ordre de 2,5 g/l n'a pas affecté la germination des deux provenances testées (figures 18 ; 19).

Par ailleurs, Nous avons constaté que le ralentissement du processus de germination est apparent à partir de la concentration de 5g/l en NaCl concernant la provenance de Jijel, tandis que chez la provenance de Tlemcen cette réduction débute dès la concentration 10g/l. Au-delà de la concentration 10g/l, ce taux est inférieur à 60% pour celle de Tlemcen et de 70 % pour Jijel (figure 20).



Figure 18 : Germination des glands de chêne-liège, d’El Aouana (Jijel) sous différentes concentrations saline en (g/l) : 0(A) ; 2,5(B) ; 5(C) ; 10(D) et 15(E).



Figure 19 : Germination des glands de chêne-liège, de Hafir (Tlemcen) sous différentes concentrations saline en (g/l) : 0(A) ; 2,5(B) ; 5(C) ; 10(D) et 15(E).

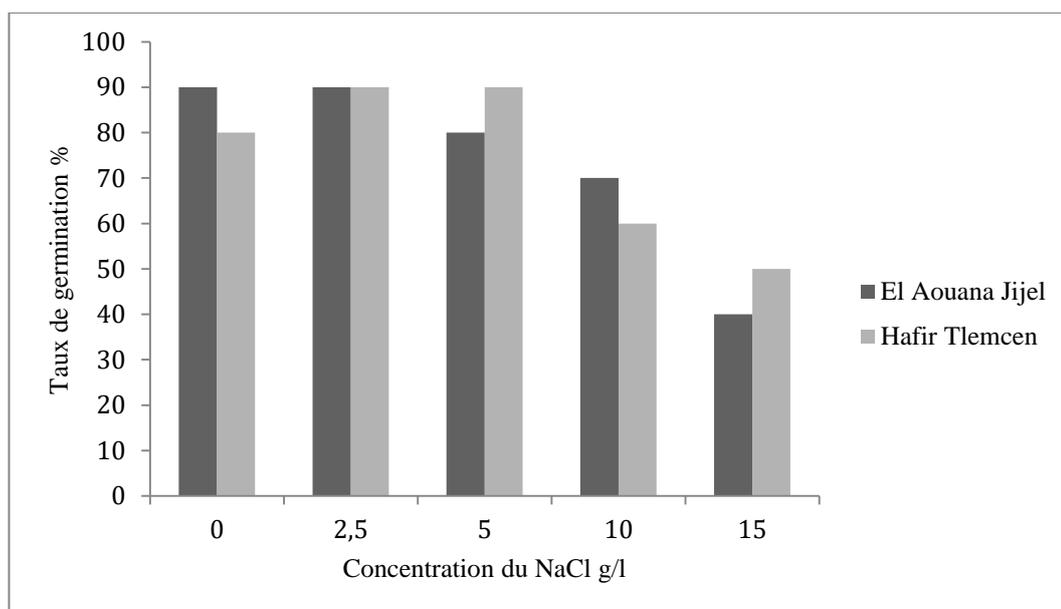


Figure 20: Variation du taux de germination des glands de chêne-liège des deux provenances, en fonction de la concentration du NaCl

1-2-2 Caractéristiques germinatives des glands

Tableau 06 : Caractéristiques germinatives des glands de chêne liège des deux provenances

	El Aouana (Jijel)					Hafir (Tlemcen)				
	Concentration du NaCl (g/l)					Concentration du NaCl (g/l)				
	0	2.5	5	10	15	0	2.5	5	10	15
Temps de latence TL (jours)	1	1	1	3	3	3	3	9	6	7
Temps moyen (jours) de germination de 50% des glands	6	5	4	8,5	10,5	7,5	8	11	11,5	9,5
Durée de la germination (jours)	12	10	8	17	21	15	16	22	23	19
Taux moyen de germination en temps moyen (T_{50%})	70	60	70	30	30	40	40	20	40	10
Vitesse de germination	7,07	7,7	7,88	3,96	3,07	6,37	6,51	3,59	3,66	2,25

L'examen des résultats du tableau 06 montre que pour :

- **Le temps de latence TL (jours) :** Les glands d'origine de la forêt d'El Aouana (Jijel) ont un temps de latence plus au moins court par rapport à ceux de la forêt de

Tlemcen, il varie entre 1 jour pour le témoin et les concentrations (2,5g/l et 5g/l) et 3 jours pour les concentrations (10g/l et 15 g/l). En outre, Ce temps de latence devient plus ou moins long pour la provenance de Tlemcen, Le témoin et les glands soumis à une concentration de 2,5 g/l, ont un temps de latence de 3 jours. Par contre, pour les concentrations (5g/l ; 10 g/l et 15 g/l), peut aller jusqu'à 9 jours.

- **La durée de la germination (jours) :** La provenance de Jijel répond aux différentes concentrations de NaCl par une réduction de la durée de germination pour les concentrations inférieures ou égales à 5g/l, Mais au-delà de 5g/l une augmentation importante est enregistrée, Ainsi la durée de germination la plus longue a été notée pour la concentration 15g/l (21 jours). Alors que chez la provenance de Tlemcen, Au fur et à mesure que la concentration du sel augmente l'intervalle de germination devient plus long, Cependant, la durée la plus longue correspond à la concentration 10g/l (23jours).
- **Le temps moyen (jours) de germination de 50% des glands :** Un stress salin de 2.5 et 5 g/l a engendré une diminution du temps moyen de germination (T_{50}) chez la provenance de Jijel et au-delà de 5 g/l a induit une augmentation de ce paramètre où la durée la plus longue a été constatée au niveau de la concentration 15g/l (10,5 jours). En ce qui concerne la provenance de Tlemcen pour le même paramètre il est corrélatif avec la sévérité du stress salin, en effet l'augmentation de la concentration en NaCl engendre une augmentation du temps moyen de germination (T_{50}), Par ailleurs le temps moyen de germination le plus long a été enregistré au niveau de concentration 10g/l (11,5).
- **Le taux moyen de germination en temps moyen ($T_{50\%}$) :** Les glands de chêne-liège répondent aux différentes concentrations de NaCl par une réduction de Taux moyen de germination en temps moyen ($T_{50\%}$), cette réduction est variable selon la provenance et la concentration de NaCl. Chez les glands d'origine de Jijel, le stress salin a entraîné une nette diminution du taux de germination au niveau des deux dernières concentrations (10 et 15 g/l) par rapport au témoin, en effet le taux le plus faible correspond à la concentration 15g/l (30%), En outre pour ceux d'origine de Tlemcen cette diminution est marquée au niveau des trois dernières concentrations (5, 10 et 15 g/l) où le taux le plus faible a été obtenu à la concentration 15g/l (10%).

1-3 La croissance racinaire des glands

1-3-1 L'effet du stress salin sur la longueur racinaire

A partir de la figure 21, nous constatons une réduction de la longueur racinaire d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée. L'importance de cette diminution varie également en fonction des provenances étudiées (figures 22 ; 23).

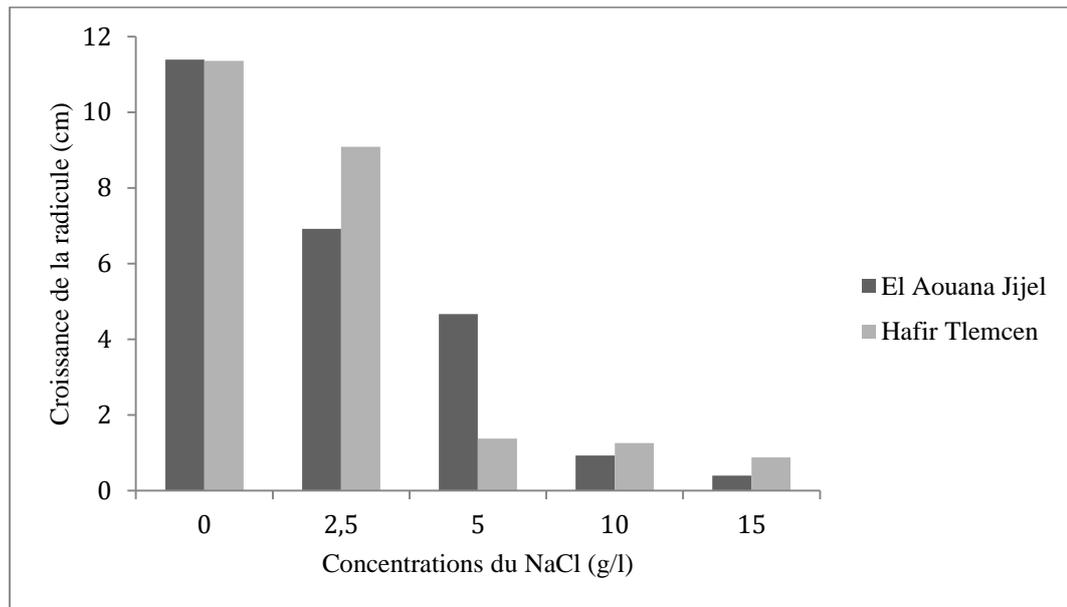


Figure 21: Croissance de la racicule en fonction de la concentration du NaCl g/l

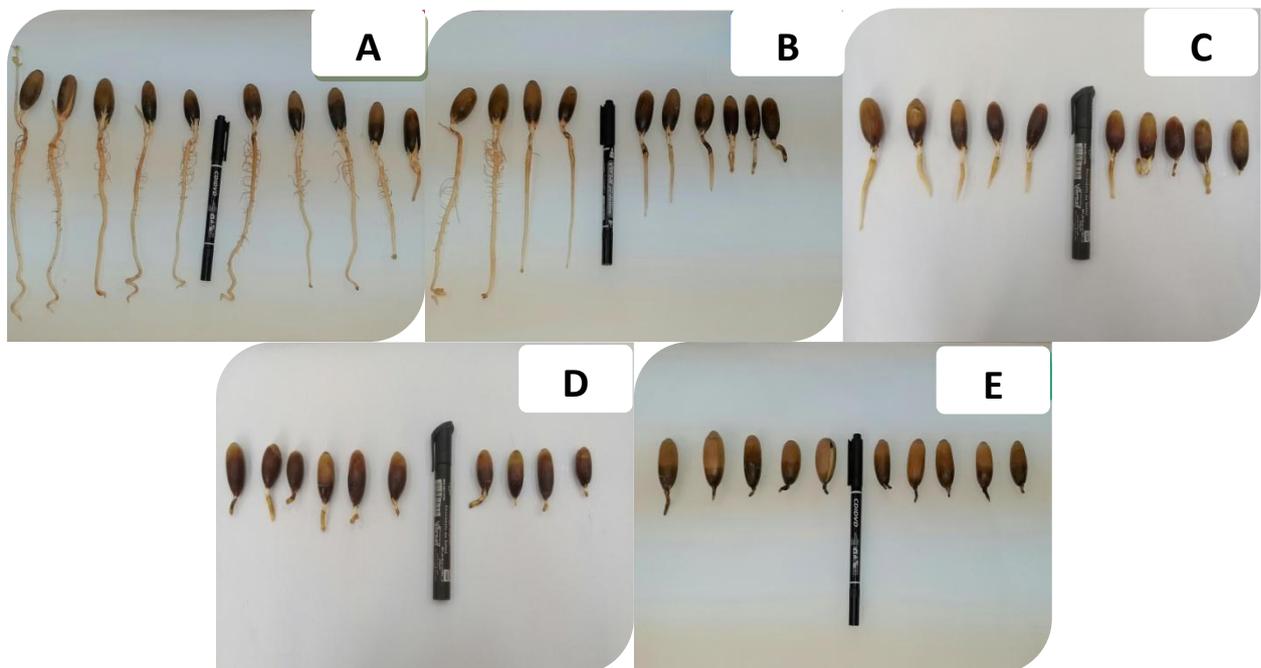


Figure 22 : Variation de la longueur racinaire des glands d'ElAouana (Jijel) sous l'effet des différentes concentrations saline: 0 g/l (A) ; 2,5 g/l (B) ; 5 g/l (C) ; 10 g/l (D) ; 15 g/l (E).

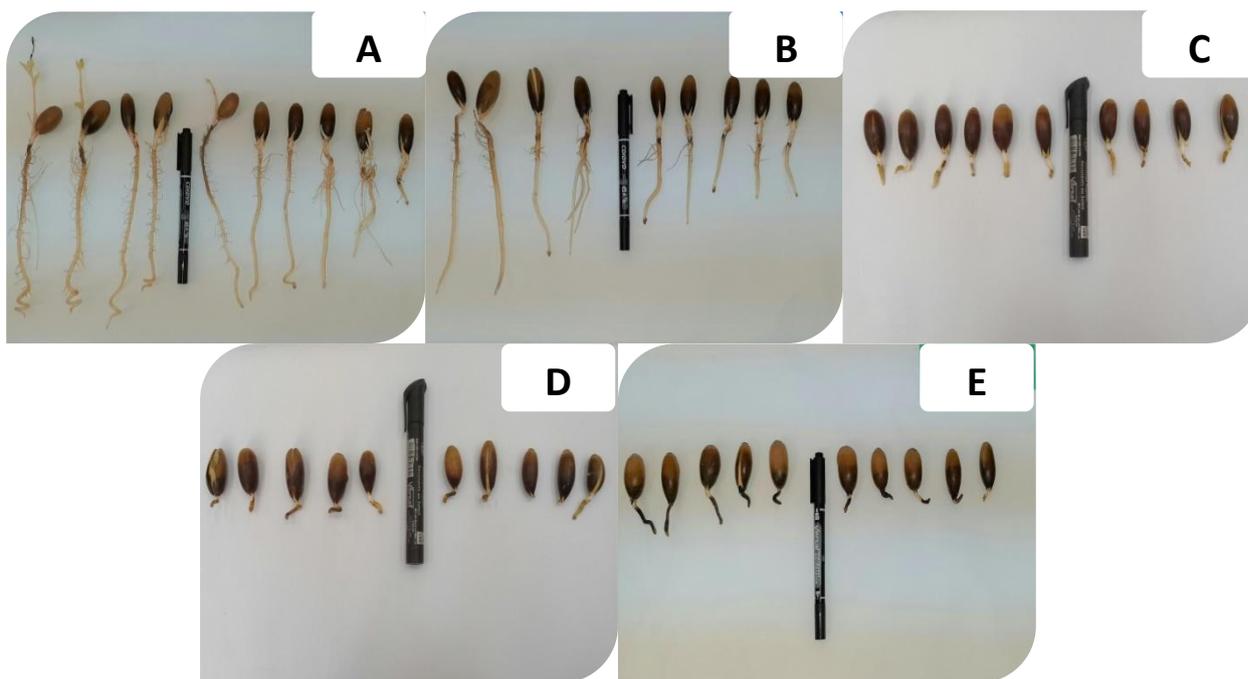


Figure 23: Variation de la longueur racinaire sous l'effet des différentes concentrations saline : 0 g/l (A) ; 2,5 g/l (B) ; 5 g/l (C) ; 10 g/l (D) ; 15 g/l (E) (Hafir-Tlemcen)

1-3-2 L'effet du stress salin sur la longueur de la zone de ramification racinaire

Les résultats illustrés dans la figure 24, montrent que pour les deux provenances étudiées, l'augmentation de la concentration du NaCl provoque une diminution de la longueur de la zone de ramification.

Par voie de comparaison (figure 25), la provenance de Jijel est passée de 6,58cm pour le traitement témoin à 4,93cm en présence de 2,5 g/l de NaCl, induisant ainsi une nette diminution de l'ordre de 25,08%. Ainsi, le taux de réduction par rapport au témoin pour la provenance de Tlemcen est 58,55% à la dose de NaCl 2,5g/l. Il est important de noter que pour les deux provenances étudiées, la croissance des ramifications est complètement inhibée à (5 ; 10 et 15 g/l) de NaCl.

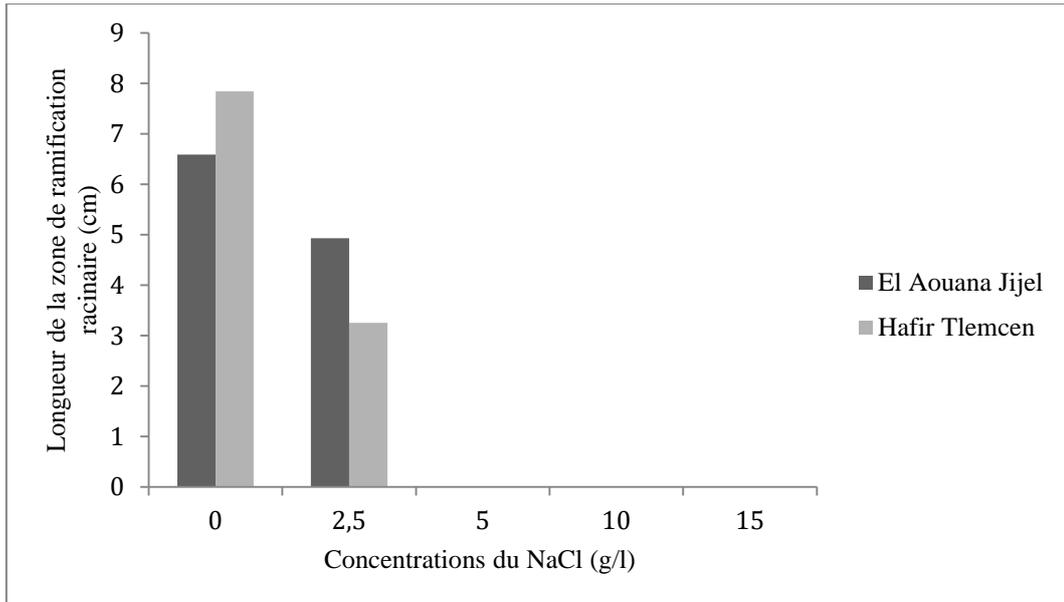


Figure 24: La longueur moyenne de la zone de ramification racinaire sous l'effet des concentrations du NaCl g/l

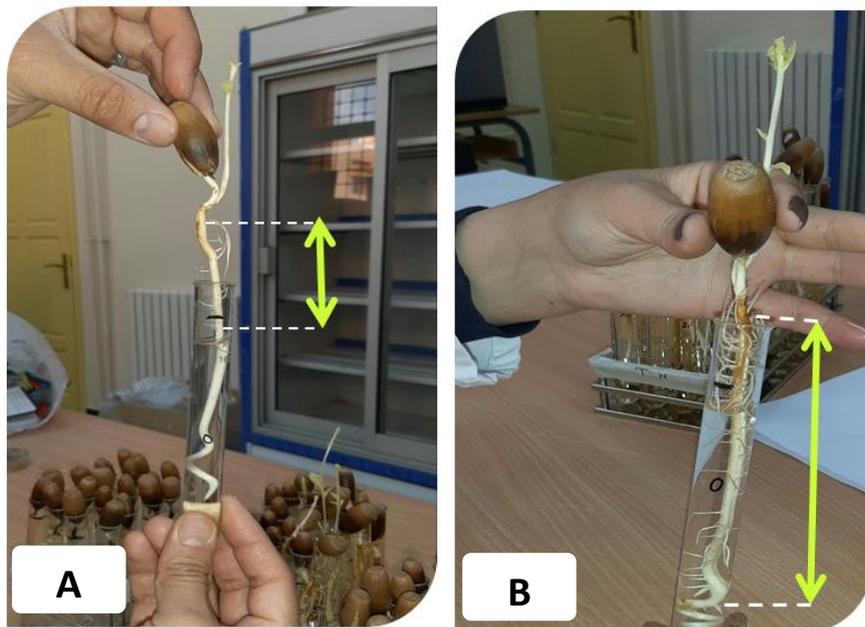


Figure 25 : La longueur de la zone de ramification racinaire des jeunes plants témoins de deux provenances : (A : La provenance de Jijel) ; (B : La provenance de Tlemcen)

1-4 Suivi de la croissance des semis

1- 4-1 La croissance en hauteur

L'irrigation avec une eau chargée en sel exerce un effet inhibiteur sur la croissance des jeunes plants de chêne-liège, qui se traduit par une réduction de la hauteur de la partie aérienne (figure 26).

En réponse à différentes concentrations du NaCl, la croissance est variable selon la provenance (figure 27). Pour le témoin et les plants arrosés avec des concentrations de 2,5 et 5g/l, la hauteur moyenne des plants est plus importante chez ceux de Jijel. A 10g/l, la hauteur moyenne des plants n'est pas nettement différente entre les deux provenances. Au niveau de la concentration 15g/l, aucune croissance n'a été enregistrée pour les deux provenances.

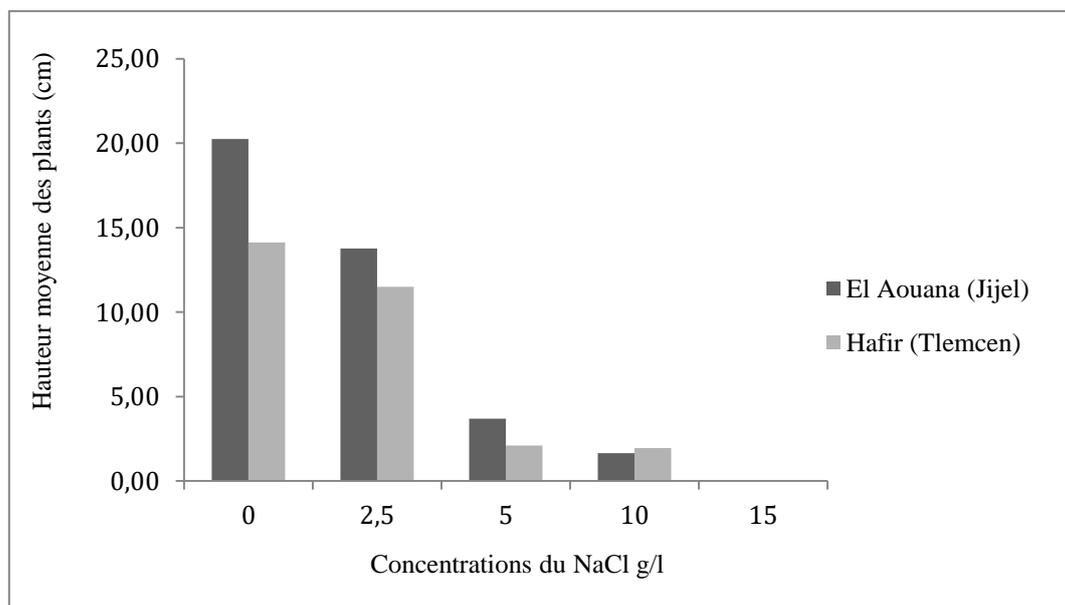


Figure 26: Hauteur moyenne des jeunes plants de chêne-liège, en fonction de la concentration du NaCl g/l

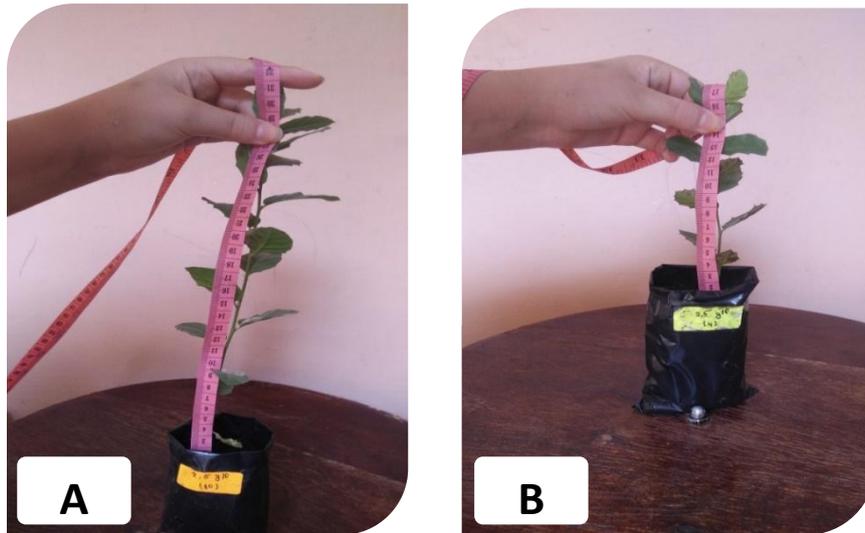


Figure 27 : Croissance en hauteur des jeunes plants de chêne-liège des deux provenances sous une concentration saline de (2,5g/l) : (A : La provenance de Jijel) ; (B : La provenance de Tlemcen)

1-4-2 la croissance en diamètre au collet

Pour la croissance radiale une légère différence a été enregistrée au niveau des concentrations (2.5 g/l ; 5 g/l et 10 g/l) par rapport au témoin (0 g/l) et ce, quelque soit l'origine des glands (figure 28).

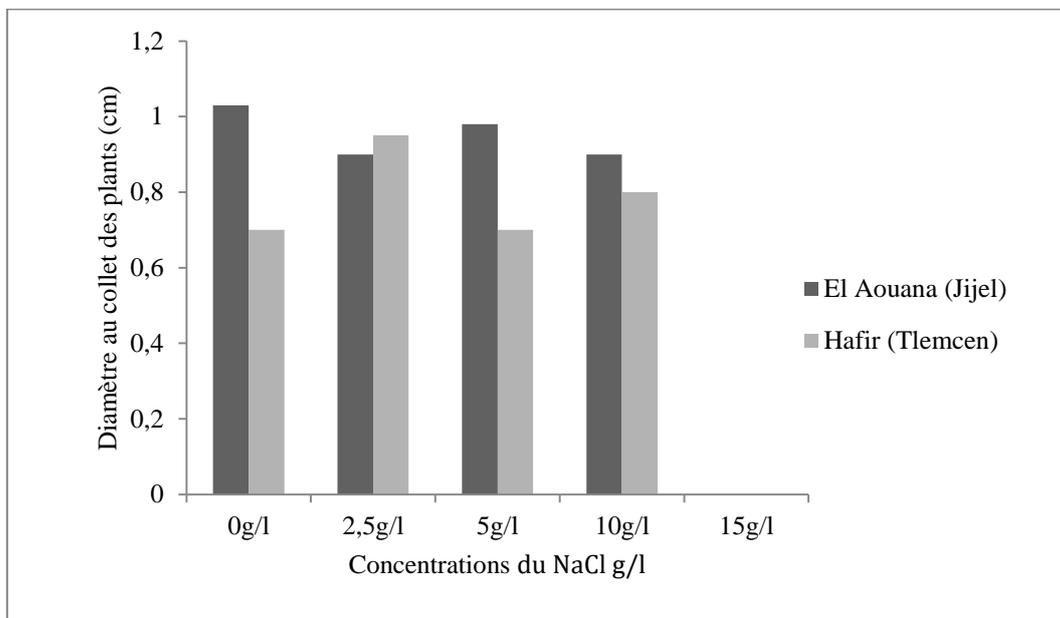


Figure 28: Diamètre au collet des jeunes plants de chêne-liège en fonction des concentrations du NaCl g/l

1-4-3 la croissance racinaire

Les mesures effectuées sur la longueur de la partie racinaire à la fin de l'expérimentation, montrent qu'un arrosage des plants avec de l'eau contenant des différentes concentrations du NaCl, a influencé sur ce paramètre. En effet, les plants issus de la forêt d'El Aouana, la croissance de leur système racinaire, diminue avec l'augmentation de la concentration du sel et ce, à partir de 2.5 g/l, pour passer de 42,15 cm (témoin) au 9.6 cm (10 g/l). Par contre pour ceux d'origine de Hafir, elle commence avec une dose de 5 g/l, avec un maximum enregistré chez le témoin (40 cm) et un minimum au niveau de 10 g/l (18.1 cm) (figure 29).

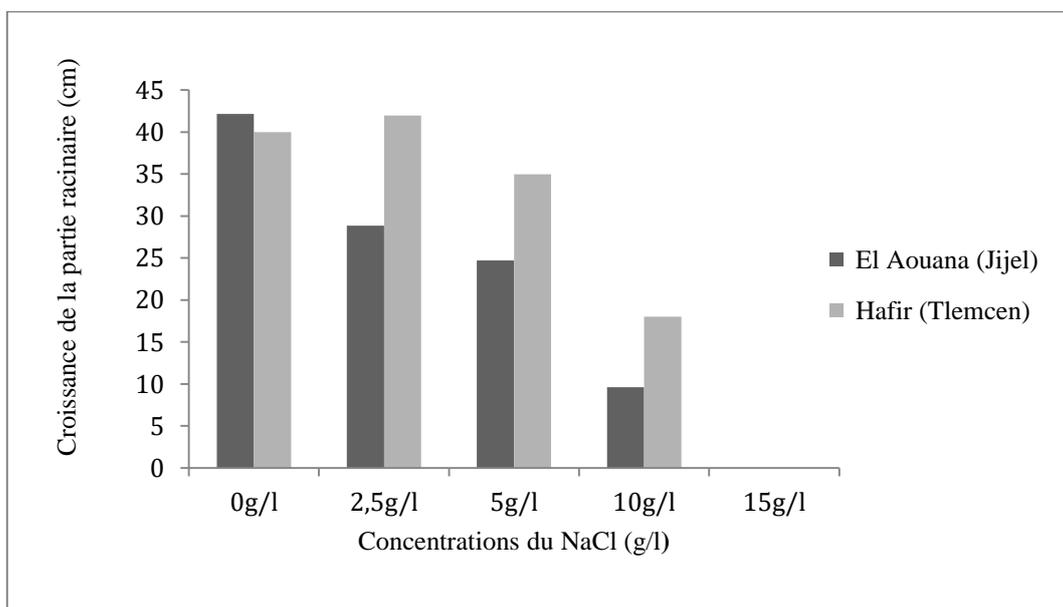


Figure 29: Croissance de la partie racinaire des jeunes plants de chêne-liège, en fonction de la concentration du NaCl (g/l)

2- Discussions

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent une variation sur le plan biométrique des glands de chêne-liège (longueur, largeur et poids), utilisés dans l'expérimentation. En effet, les glands issus de la subéraie de Jijel présentent une longueur et une largeur de (3,62 cm) et (1,73 cm) respectivement et un poids de (7,09 g). Ces résultats sont plus proches de ceux obtenus par Benkhedda (2020), sur les glands de la même espèce et de la même provenance, où elle a signalée une longueur et une largeur moyenne de (3,64 cm) et (1,66 cm) respectivement et un poids moyen de (6,75 g). Les glands d'origine de la forêt de Tlemcen présentent une longueur et une largeur de 3,34 cm et 1,55 cm respectivement et un poids de 5,02 g. Ces résultats sont en concordance avec ceux obtenus par Bouchaour-Djabeur (2011) et Yahiaoui (2015), sur un peuplement de chêne liège au niveau de Hafir, avec une longueur qui varie de (2.81 cm à 3.61 cm), une largeur de (1.52 cm à 1.55 cm) et le poids de (3.07 g à 6.24 g).

Par ailleurs, Nos résultats montrent clairement que les glands de chêne-liège germent mieux en absence du sel ou dans un milieu à faible concentration du NaCl (2,5g/l). Lorsque la concentration en sel augmente, une diminution des taux de graines germées se produit. Cette diminution est marquée à partir de 10 et 15 g/l de NaCl chez les deux provenances.

Selon Bouda et Haddioui (2011), les mêmes effets ont été observés sur quelques espèces d'*Atriplex*, qui se manifestent également par une réduction du taux de germination en réponse au stress salin dès que la concentration en NaCl dépasse 5 g/l, Dans une étude similaire sur les graines d'*Atriplex halimus*, Belkhodja et Bidai (2004), ont signalés une inhibition de la germination à (600 meq de NaCl). Les mêmes résultats ont été obtenus par Reda Tazi et *al.* (2001), sur la culture in vitro de l'arganier soumis à un stress salin de 7 g/l.

D'autre part, nos résultats ne se concordent pas avec ceux obtenus par Benmahioul et *al.* (2009), sur le *Pistacia vera* L. où il a signalé que la germination ne peut être pas influencé par la présence de stress salin et le taux de germination été de 100% pour l'ensemble des traitements appliqués. Radhouane (2009), confirme que le stress salin peut améliorer la germination des semences de certaines espèces, c'est le cas de mil *Pennisetum glaucum* où l'augmentation a été de l'ordre de 12% pour une concentration modéré par rapport au témoin.

Concernant la croissance de la racine, les résultats indiquent que les deux provenances répondent négativement et de la même manière. L'action du sel, est d'autant plus marquée que la concentration saline est élevée. Perez et Tambelini (1995) ont signalé que les concentrations

élevées de sel, particulièrement le chlorure de sodium (NaCl) peuvent inhiber l'activité enzymatique des graines et retarder la sortie et le développement de la radicule. Par contre Radhouane (2008) signale que chez *Pennisetum glaucum*, l'augmentation de stress salin a engendrée une augmentation au niveau des longueurs radicaire de l'ordre de 21% sous un stress salin modéré et de 51% sous un stress salin sévère.

L'effet de la salinité sur la croissance en hauteur des plants de chêne-liège varient selon la concentration du NaCl appliquée. Chez les deux provenances il se manifeste principalement par une réduction de la croissance en hauteur dès la plus faible concentration en NaCl (2,5g/l) d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée. Conformément à ce que Benidire et al. (2015) ont remarqué chez les plantules de *Vicia faba* L. qui montre que l'effet de chlorure de sodium a été significatif au-delà de 50 mM. De même, Ousseynou et al. (2014) signalent que Les plants de *Jatropha curcas* L. répondent aux différentes concentrations de NaCl par une réduction de la croissance en hauteur pour les concentrations supérieures ou égales à 4 g/l.

Nos résultats sont aussi en accord avec ceux obtenus par Daroui et al.(2013) sur la croissance in vitro du *Washingtonia filifera* L. dont la croissance en hauteur a diminué de l'ordre de 19,44% pour une concentration de NaCl de 5 g/l par rapport au témoin. Ce constat a été aussi fait par Reda Tazi et al. (2001), sur l'arganier *Argania spinosa* L. Skeels soumis à un stress salin in vitro, où les concentrations élevées en NaCl entravent d'une façon significative la croissance et la productivité de l'appareil végétatif, et par Benmahiou et al. (2009) sur la croissance en hauteur de *Pistacia vera*.

Pour la croissance radiale, chez les deux provenances étudiées, l'effet de la concentration en sel reste faible. Mais LY et al. (2014) et Chérifi et al. (2017), ont constaté une diminution significative de la croissance du diamètre au collet chez deux espèces *Jatropha curcas* et *Acacia*, respectivement avec l'augmentation de la concentration du sel.

En fin, l'effet du NaCl sur la croissance du système racinaire dépend de différentes concentrations du sel et de la provenance. En effet, chez les plants issus des glands d'El Aouana, nous avons constaté une nette diminution de la croissance par rapport à ceux de Hafir. Un effet similaire a été remarqué par Camara et al. (2018) sur trois légumineuses *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*.

Conclusion

Le stress salin constitue l'une des principales contraintes abiotiques auxquelles les plantes font face actuellement. Il provoque un déséquilibre au niveau des fonctions de la plante qui se traduit par un ralentissement de la croissance et du développement de la partie aérienne et le système racinaire.

La présente étude avait comme objectif d'étudier l'influence du NaCl soluble, sur la germination, la croissance et le développement racinaire des plantules du chêne liège (*Quercus suber* L.).

En premier lieu elle a permis de montrer que les glands de chêne-liège des deux provenances étudiées sont capables de germer sous stress salin (NaCl), même en présence de la plus forte concentration (15 g/l). Une nette diminution du taux de germination a été enregistrée avec les concentrations 5 ; 10 et 15 g/l chez la provenance d'El Aouana et Hafir. De façon générale l'étude de l'ensemble des paramètres de germination a mis en évidence que la provenance de Tlemcen est plus sensible que celle de Jijel. De plus la salinité a exercé un effet dépressif sur l'élongation de la racine chez les deux provenances

En second lieu les résultats obtenus au terme de ce travail ont permis de noter que la croissance en hauteur a été très affectée par l'augmentation du stress salin et ce, quelque soit la provenance. Par contre, l'influence sur la croissance radiale reste faible. En outre, nous avons constaté que l'arrosage avec une eau modérément salée (2,5 g/l), n'a aucune influence sur la croissance racinaire des plants de chêne-liège de Jijel et Tlemcen. En revanche, l'augmentation de la concentration du NaCl a nettement réduit la longueur du système racinaire des plants par rapport au témoin.

En fin, d'après les résultats de cette étude nous pouvons constater qu'à partir d'une concentration de 5 g/l du NaCl, les différentes caractéristiques germinatives des glands et les différents paramètres de croissance des plants ont été affectés par le stress salin.

Par ailleurs, il serait intéressant de confirmer ces résultats obtenus, par des études comparatives sur d'autres provenances des glands de la même espèce.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

Abdelhafid Y., 2010. Cartographie de la salinité des sols par induction électromagnétique cas de la zone est du périmètre irrigué de la Mina. Magister en science Agronomique, Ecole nationale supérieure agronomique-Alger, 102p.

Amara N et Benrima A., 2017. Effet de la contrainte saline sur la croissance et le développement de la coriandre (*coriandrum sativum L.*). *Agrobiologia*, 7(1): 203-209.

Arif F., 2015. Effets du stress salin et d'osmoprotecteurs naturels sur la germination de blé dur (*Triticum durum*) inoculé par *Pseudomonas fluorescens*. Doctorat en Biologie, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 155p.

Belaidi A., 2010. Étude comparative de trois provenances de chêne liège (*Quercus suber L.*) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de Guerbes (Wilaya de SKIKDA). Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques, Faculté des sciences, Université El Hadj Lakhdar Batna, 86p.

Belhoucine L., Bouhraoua R.T., Dahane B et Pujade-Villar J., 2011. Aperçu biologique du *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792) (*Coleoptera, Curculionidae: Platypodinae*) dans les galeries du bois de chêne-liège (*Quercus suber L.*). *Orsis* 25 : 105-120.

Belkhodja M et Bidai Y., 2004. Réponse des graines d'*Atriplex halimus L.* A la salinité au stade de la germination. *SECHERESSE*, 15(4): 331-335.

Benfatma K., 2017. Caractérisation de l'Etat actuel de la salinité. Perspectives d'amélioration de la gestion hydro agricole au niveau d'une parcelle située dans le périmètre irrigué de la Mina, Relizane. Mémoire de Master en Agronomie, Faculté des sciences de la Nature et de la vie, Université Abd el Hamid Ibn Badis Mostaganem, 86p.

Benidire L., Daoui K., Fatemi Z A., Achouak W., Bouarab L et Oufdou K., 2014. Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba L.* *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3) : 840-851.

Ben Khaled L., Ouarraqi E et Zid E., 2007. Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique, *Acta Botanica Gallica*, 154(1) : 101-116.

Benkhedda H., 2020. Etude de la variabilité des caractères morpho-physiologiques des glands de chêne-liège (*Quercus suber L.*) d'une subéraie de littoral, cas de la forêt d'El Aouana (Jijel). Mémoire de Master en Foresterie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 43p.

Benmahioul B., Daguin F et Kaid-Harche M., 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia Vera L.*). Comptes Rendus des sciences : 752-758.

Bennekrouf S., 2016. Contribution à l'étude de l'infection par le charbon de la mère causée par *Biscogniauxia mediterranea* du chêne-liège (*Quercus suber*) de la forêt de M'sila (W : Oran). Mémoire de Master en Ecologie et Conservation de la Biodiversité, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 70p.

Benzellat B., 2012. Contribution à l'amélioration des rendements des plantes cultivées en sols salés. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la nature et Sciences de la terre et l'univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 150p.

Berriah A., 2014. Les reboisements de chêne liège dans l'Ouest Algérien : bilan et perspectives d'amélioration. Mémoire de Magister en Foresterie, Faculté des Sciences de la Nature de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 138p.

Bondy., 1993. Cours «LES SOLS SALES ».

Bouchaour-Djabeur S., Benabdeli KH., Bejamaa M.L et Stiti B., 2011. Déprédation des glands de chêne liège par les insectes et possibilités de germination et de croissance des semis. Geo-Eco-Trop, 35 : 69 – 80.

Bouchaour -Djabeur S., 2013. Les insectes ravageurs du Chêne liège au nord-ouest algérien. Geo-Eco-Trop, 36 : 175-184.

Bouda S et Haddioui A., 2010. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Nature & Technologie, n° 05 : 72 - 79.

Boudy P., 1950. Economie forestière nord-africaine (Tome deuxième monographies et traitements des essences forestières). Parie, Ed Larose : pp 32- 49.

Bouhraoua R.T., 2015. Aménagement et Gestion forestière: Gestion post-feu (Des écosystèmes forestiers Restaurés). Cours pour Master II: Protection des Forêts.

Boukhris F. Z., 2017. Contribution à l'étude de l'effet du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège dans le massif forestier Hafir-Zarieffet (W.Tlemcen). Mémoire de Master en Foresterie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 102p.

Boutelli M.H., 2012. Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkhha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Mémoire de Magister en Hydraulique, Faculté des sciences et technologie et science de la matière, Université Kasdi Merbah Ouargla, 90p.

Bouzoubaâ Z et El Mousadik A., 2003. Effet de la température, du déficit hydrique et de la salinité sur la germination de l'Arganier, *Argunius pinosa* (L.) Skeels. Acta Botanica Gallica, 150 (3) :321-330.

Bouzid S., 2010. Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce (*Phaseolus vulgaris* L.). Mémoire de Magistère en Biologie Végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri Constantine, 124p.

Camara B., Sanogo S., Cherif M et Kone D., 2018. Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). Journal of Applied Biosciences 124: 12424-12432.

Chaabna Bouzitoune S., 2012. Etude des facteurs de dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Mémoire de Magister en Biologie, dpt de biologie, Université Badji Mokhtar Annaba, 125p.

Chaoui A., 2017. Situation sanitaire et sylvicole de la subéraie du massif forestier de Theniet El Had. Mémoire de Master en Foresterie, Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 80p.

Chérifi K., Anagri, A., Boufous E et El Mousadik A., 2017. Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la croissance de six espèces d'Acacia. American Journal of Innovative Research and Applied Sciences, 4(4): 105-113.

- Couture I.**, 2004. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. AGRI-VISION, 8p.
- Couture I.**, 2006. Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. Colloque sur l'irrigation, 12p.
- Daroui E., Boukroute A., Kouddane N et Berrichi A.**, 2013. Effet de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du (*Washingtonia filifera* L.). Nature & Technologie, n° 08 : 32- 38.
- Dehane B.**, 2012. Incidence de l'état sanitaire des arbres de chêne-liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies oranaise : M'sila (W. Oran) et Zariffet (W. Tlemcen). Thèse de Doctorat en Foresterie, Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de l'univers, Université Abou Bakr Bekaid Tlemcen, 275p.
- Diallo M.D., Ndiaye O., Mahamat Saleh M., Tine A., Diop A et Guisse A.**, 2015. Etude comparative de la salinité de l'eau et des sols dans la zone nord des niayes (Sénégal). African Crop Science Journal, 23(2) : 101 – 111.
- Djerah A., Oudjehih B.**, 2015. Effet du stress salin sur la germination de seize variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). Courrier du Savoir, n°20 :47-56.
- El Antry S., Piazzetta R.**, 2014. Les techniques de régénération du chêne-liège au Maroc. Forêt méditerranéenne, n°4 : 161-170.
- El Boukhari E., Brhadda N et Gmira N.**, 2015. Contribution à l'étude de la régénération artificielle du chêne liège (*Quercus suber* L.) vis-à-vis du contenu minéral des feuilles et des paramètres physicochimiques des sols de la Maâmora (Maroc). Nature & Technologie, n°14 : 26- 39.
- Fatmi H.**, 2014. Diagnostic préliminaire de la régénération naturelle des peuplements du chêne liège (*Quercus suber*) dans la forêt domaniale de Zerdab (sud-est de Tlemcen). Mémoire d'ingénieur d'état en Foresterie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bakr Belkaid -Tlemcen, 48p.
- Fetnassi O.**, 2015. Etude de l'effet de salinité sur la germination et la croissance de quelques variétés du Haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Mémoire de Master en Sciences

Agronomie, Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de l'univers, Université 8 Mai 1945 Guelma, 41p.

Girard M.C., Schvarty C et Jabiol B., 2011. Etude des sols description, cartographie, utilisation. Paris, Ed Dunode, pp 346.

Grünberger Olivier., 2015. Dynamiques salines des sols des milieux arides et semi-arides. Mémoire présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, 131p.

Guettas A., Croissance et structure d'un taillis de chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la forêt domaniale des Béni Ghobri. I.N.R.F Station régionale de Tizi-Ouzou.

Haffaf S., 2011. Contribution à l'étude de l'entomofaune du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la forêt de Zariffet (wilaya de Tlemcen). Mémoire de Master en Foresterie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 51p.

Ibn Maaouia-Houimli S., Denden M., Dridi-Mouhandes B et Ben Mansour-gueddes S., 2011. Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*Capsicum annum* L.) sous stress salin. TROPICULTURA, 29(2) : 75-81.

Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage (INSID) ., 2008. Les sols salins en Algérie.

Jaouadi W., Hamrouni L., Souayeh N et Khouja M. L., 2010. Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 14(4) : 643-652.

Kadri K., Maamam S., Cheikh M.H., Benabdallah A., Rahmoune C et Bennaceur M., 2009. Effet de stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'Orge (*HordeumVulgare* L.). Sciences & Technologie, n°29 : 72-79.

Khelfaoui L et Saad L., 2016. Impact des incendies sur les caractéristiques de la rhizosphère : cas d'une subéraie mise en défens (Taksebt, Zekri). Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 35p.

Letreuch-Belarouci A., Medjahdi B., Letreuch-Belarouci N et Aumasson P., 2010. Stratégie de développement et conservation des suberaies des monts de Tlemcen (Algérie). Aménagement et Gestion, n°1 : 25-42.

LY M., Kumar D., Diouf M., Nautiyal S et Diop T., 2014. Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de (*Jatropha curcas* L.) cultivés en serre. Int. J. Biol. Chem. Sci, 8(1): 46-56.

Merouani H., Branco C., Almeida M.H et Pereira J.S., 2001. Comportement physiologiques des glands de chêne liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. Ann. Forst. Sci. 58. INRA, EDP Sciences : 143-153.

Mrani Alaoui M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M et Hmyene A., 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé, J. Mater. Environ. Sci, 4 (6) : 997-1004.

Nabi F., 2009. Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.). Mémoire de Magister en Biotechnologies végétales. Ecole Nationale Supérieure Agronomique D'El Harrach (Alger), 133p.

Naggar O., Bouhraoua R. T., Torres E et Zedek M., 2019. Étude de l'influence des facteurs du milieu sur la croissance et la production du liège de la suberaie du Parc national de Theniet El Had (Tissemsilt, Algérie). Bois et Forêts des Tropiques, 342(4) : 41-54.

Ndour P et Danthu P., Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains : 105-122.

Noomene H., 2011. Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de Kalàcat Landelous en Tunisie : cas d'une parcelle de courge. Mémoire de Master de recherche environnement, aménagement et risque, Faculté des lettres, des arts et des humanités Manouba, 92p.

Ounoughi M., 2006. Effet de la salinité sur la germination et la croissance de L'*Atriplex halimus* de différentes provenances (Djelfa, Tébessa et Oran). Mémoire de Magister en science Agronomique, Faculté des sciences Agro-Vétérinaires, Université Saad Dahleb de Blida, 96p.

Pereira J. S., Bugalho M. N et Caldeira M.C., 2008. Du chêne-liège au liège (Un système durable). New York. Ed Aronson J., Pereira J.S., Pausas J, pp8.

Piazzetta R., 2014. Méthodes de régénération du chêne-liège en Sardaigne. Forêt méditerranéenne, n°2 : 109- 116.

Radhouane L., 2008. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* L.) R. Br.) autochtones de Tunisie. Comptes Rendus des sciences : 278-286.

Reda Tazi M., Berrichi A et Haloui B., 2001. Germination et croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. Actes Inst. Agron. Vet, Vol. 21 (3) : 163- 168.

Roula B., 2010. Etude de la qualité du liège de production des subéraies de la région de Jijel. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique-El-Harrach-Alger, 82p.

Rouibah M., Fennineche H et Herikeche M., 2018. Contribution à l'étude de quelques facteurs causant le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) dans le littoral ouest de Jijel (Algérie). Agriculture and Forestry Journal, 2 (2) : 92-100.

Saccardy L., 1938. Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie. Botanique appliquée et d'agriculture coloniale, n°203 : 488-497.

Saïdi I., 2017. L'étude des champignons pathogènes du genre *Botryosphaeria* affectant le chêne liège et son cortège floristique dans la forêt de Hafir. Mémoire de Master en Foresterie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 77p.

Selami F et Meddour Z., 2016. Effet du stress salin sur la germination des graines de quelques plantes spontanées sahariennes (*Retama retam*, *Genista saharae* *Asphodelus tenuifolius* et *Oudneya africana*). Mémoire de Master en Biologie, Faculté Des Sciences de la nature et de Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, 39p.

Smahi H., Belhoucine-Guezouli L, Berraf-Tebbal A., Chouih S., Arkam M., Franceschini A., Linaldeddu BT et Phillips AJL., 2017. Molecular characterization and

pathogenicity of *Diplodia corticola* and other *Botryosphaeriaceae* species associated with canker and dieback of *Quercus suber* in Algeria. *Mycosphere*, 8(2): 1261–1272.

Soffih M., 2017. Contribution au diagnostic de l'état de salinisation des sols de la plaine d'El Hmadena. Mémoire de Master en Agronomie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 118p.

Taib N., 2016. Mémoire de Master de l'Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.

Varela M. C et Piazzetta R., 2014. Méthodes de régénération du chêne-liège au Portugal. *Forêt méditerranéenne*, n°4 : 101-108.

Villemant C et Fraval A., 1993. Les insectes du chêne-liège. 88 : 13-16.

Yahiaoui E., 2015. L'adaptation de jeunes plants de chêne liège (*Quercus Suber*) soumis à des températures extrêmes de l'environnement, étude comparative entre provenance. Mémoire de Master en Ecologie Végétale et Environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 54p.

Younsi S., 2006. Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la région de Jijel. Mémoire de Magister En Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri de Constantine, 102p.

Zahi W et Lamara M., 2019. Effet de la salinité sur la germination et la croissance d'*Atriplex halimus* cas de Mostaganem et Oran. Mémoire de Master en Agronomie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Abdelhamid Ibn Badis -Mostaganem-, 66p.

Zaman-Allah M., Sifi B., L'Taief B et Hédi El Aouni M., 2009. Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13(1) : 113-119.

Zribi L., 2016. Bilan de carbone d'une forêt de chêne-liège en Tunisie. Flux et stocks. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Faculté des sciences de Tunis, Université Tunis El Manar, 201p.

Pathologie de la suberaie en France. Ravageurs et maladies du chêne-liège.

2013., Journées d'Etude sur : La Réhabilitation des Subéraies Incendiées et Reboisements.
Recueil des résumés, Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de
l'univers, Tlemcen, 72p.