



N° Réf :.....

## Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de la Technologie  
Département de Science de la Nature et de la Vie

### Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière: Biologie

Spécialité: Biologie Appliqué et Environnement

Option: Gestion et Fonctionnement des Écosystèmes Aquatiques et Forestières

### *Thème*

*Evaluation écologique d'aire potentielle du chêne  
liège dans l'Est Algérien*

Préparé par:

BOUDAB Nour El Houda

DELLOUCHE Manal

Soutenue devant le jury :

Présidente	: M.Ramache Ilhem	MAA	Centre universitaire de Mila
Examineur	: Mr. Bouzegag Abdelaziz	MAA	Centre universitaire de Mila
Promoteur	: Mr. Tabet Slimane	MAA	Centre universitaire de Mila

Année universitaire: 2013/2014

*Dédicace*

*A mon cher père Noredidine et ma chère  
mère Fahima*

*A mes frères et ma sœur : Rachad,  
Hicham et Loubna*

*A tous mes amis*

*A tous ceux qui me sont chers*

*Manal*

## *Dédicaces*

*Au symbole de tendresse et de sympathie mon  
cher père Lakhdar et ma chère mère Saida  
pour leurs amours et ses sacrifices.*

*A mes chers frères : Abd El raouf,*

*Nour El islam, Ishak,*

*A mes chères sœurs : Amina, Nada, Lamisse.*

*A toute ma grande famille et voisins.*

*A tous mes collègues (promotion d'Ecologie  
Et l'environnement)*

*A tous mes amis,*

*A tous ceux qui me sont chers.*

*Je dédie ce modeste travail.*

*Nour El houda*

# Remerciements

*Je tiens tous d'abord à exprimer ma très grande gratitude et ma reconnaissance la plus sincère à Monsieur **Tabet Slimane**, maitre-assistant au centre universitaire de Mila, qui ma conseillé, guidé et orienté. Je lui exprime ma profonde gratitude pour l'aide et le soutien qu'il ma apporté.*

*Mes remerciements vont également à Mademoiselle **Ramache Ilham**, maitre-assistant au centre universitaire de Mila pour avoir accepté de présider notre jury de mémoire et pour ces précieuses orientations et ces encouragements.*

*Mes remerciements vont également à Monsieur **Bouzegag Abdelaziz** maitre-assistant au centre universitaire de Mila Pour avoir d'examiner et participer à notre jury de mémoire.*

*Mes vifs remerciements vont à tous ceux qui ont collaboré à l'achèvement de ce travail particulièrement à ma famille.*

***Manal et Nour El Houda***

## Introduction

### Chapitre I : la description de la zone d'étude

I. Localisation géographique.....	01
I.1. La géologie.....	02
I.2. Le relief.....	03
I.2.1. Le Système Tellien.....	03
I.2.2. Les Hautes Plaines Steppiques.....	04
I.2.3 Le Sahara.....	04
I.3. La végétation.....	05
I.3. La distribution des principales essences forestières en Algérie orientale.....	07
I.4. Les sols .....	09
I.5. Le climat.....	10

### Chapitre II : Description de l'espèce

II.1. Taxonomie et systématique.....	12
II.2. Aire de répartition.....	12
II.2.1 Aire de répartition mondiale.....	12
II.2.2 Aire de répartition en Algérie.....	14
II.3. Caractères botaniques.....	14
II.4. Exigences écologiques de chêne liège.....	17
II.5. Association végétale.....	19
II.6. Importance écologique du liège.....	19
II.7. Importance économique du liège.....	19
II.7.1. Utilisation du chêne liège.....	20
II.8. Les causes du dépérissement.....	20

## Chapitre III : Modélisation de la niche écologique

III .1.Introduction.....	22
III .2.La modélisation.....	23
III .2.1.Objectifs de modélisation de la distribution des espèces.....	23
III .3.Les modèles de niche.....	23
III .4.La définition de la niche écologique.....	24
III .5.La niche fondamentale et la niche réalisée.....	25
III .5.1.La niche fondamentale.....	25
III .5.2.La niche réalisée.....	25
III .6.Utilisations de concept niche écologique.....	26
III .7.La définition de niche ontogénique.....	26
III.8. Les limites d'aire de répartition.....	26
III .9.Les modèles.....	27
III.9.1.Modèles mécanistes.....	28
III .9.2Modèles corrélatifs.....	29
III .10.Les modèles SDMs.....	31
III.11. L'utilisation des données de présence/absence.....	31
III.11.1.Modèles se basant sur des données de présence seule.....	32

## Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1.Description des données utilisées.....	33
IV.1.1.Les variables environnementales.....	33
IV.2.Données d'occurrence spatiale de chêne liège.....	34
IV.3.Modélisation.....	34
IV.4.Description de la méthode utilisée (MaxEnt).....	34

IV.5.Les courbes de réponse des variables.....	35
IV.6.Evaluation du modèle.....	36

## Chapitre V : Résultat et Discussion

V.1.Résultats.....	37
V.1.1.La contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution du chêne liège.....	37
V.1.2.Les courbes de réponse.....	40
V.1.3.La distribution actuelle.....	40
V.1.4. La distribution à venir de chêne liège.....	41
V.1.5. La validation du modèle.....	44
V.2.Discussion .....	46
V.2.1Analyse de la contribution des variables environnementales.....	46
V.2.2.Modélisation et fiabilité du modèle.....	46

Conclusion

## *Liste des abréviations*

<b>ONM</b>	Office National Météorologique
<b>ANRH</b>	L'Agence Nationale des ressources Hydrauliques
<b>SDM</b>	Species Distribution Model
<b>MaxEnt</b>	Maximum Entropy (maximum entropie)
<b>GCMs</b>	Global Circulation Models (modèle de circulation générale)
<b>HadGEM2-ES</b>	Hadley Global Environment Model 2 - Earth System
<b>RCP</b>	Représentative Concentration Pathways
<b>GBIF</b>	Global Biodiversity Information Facility
<b>AUC</b>	Area Under the Curve (aire sous la courbe)
<b>ROC</b>	Courbe Caractéristique d'Opération (Receiver Operating Characteristic)
<b>PS</b>	Présence Seule
<b>P/A</b>	Présence/Absence
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique

## *Liste des figures*

- Figure 02 :** Localisation de la région d'étude
- Figure 02 :** Carte géologique d'Algérie Oriental
- Figure 03 :** Le relief de l'Algérie Orientale
- Figure 04 :** La répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien
- Figure 05 :** Les types des sols en Algérie
- Figure 06 :** Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est Algérien
- Figure 07 :** La distribution mondiale du chêne liège
- Figure 08 :** Superficies estimées des forêts de chêne liège par pays
- Figure 09 :** Aire de répartition du chêne-liège en Algérie
- Figure 10 :** Le modèle de la niche écologique Hutchinson (1957)
- Figure 11 :** Les différents types de distribution d'une espèce
- Figure12 :** Schéma synthétique présentant l'approche mécaniste pour prédire la distribution d'une espèce de gecko australien (*Heteronatiabinoei*)
- Figure13 :** Schéma synthétique présentant l'approche corrélative pour prédire la distribution d'une espèce de gecko australien
- Figure 14 :** Représentation simplifié de modèle MaxEnt
- Figure 15 :** Les courbes de réponse du chêne liège aux variables environnementales les plus contribués
- Figure 16:** La destribution actuelle (1950-2000) du chêne liège en l'Est Algerien selon le programme MaxEnt
- Figure 17 :** Modélisation de la probabilité d'occurrence du chêne liège en 2050
- Figure 18 :** Modélisation de la probabilité d'occurrence du chêne liège en 2070
- Figure 19 :** Analyse de la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) et de la valeur d'AUC (Area Under Curve) donnée par MaxEnt
- Figure 20 :** Les variables environnementales réalisés par le test de jackknif pour le modèle de niche écologique du chêne liège

## *Liste des tableaux*

**Tableau 01 :** Ecogramme de chêne liège

**Tableau 02 :** Représentation de la contribution des 12 variables retenus dans la période (1950-2000)

**Tableau 03 :** Représentation des 4 variables les plus importants dans l'année 2050 pour le scénario HadGEM2-ES de RCP 45.

**Tableau 04 :** Représentation des 4 variables les plus importants dans l'année 2050 pour le scénario HadGEM2-ES de RCP 85

**Tableau 05 :** Représentation des 4 variables les plus importants dans l'année 2070 pour le scénario HadGEM2-ES de RCP 45

**Tableau 06 :** Représentation des 4 variables les plus importants dans l'année 2070 pour le scénario HadGEM2-ES de RCP 85

# INTRODUCTION

## Introduction

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) est une essence forestière localisée principalement du Nord-Est de l'Algérie jusqu'à la frontière Tunisienne. Cette essence présente une grande valeur écologique et économique, grâce à sa particularité physiologique. Malgré de son importance, le chêne liège a connu ces dernières décennies une régression considérable par plusieurs facteurs climatiques et anthropiques.

La modélisation spatiale de la distribution de cette espèce a été réalisée dans la région de l'Est Algérien, cette modélisation est basée sur la corrélation de l'occurrence spatiale de l'espèce *Quercus suber* avec les conditions climatiques actuelles, en suite évaluer quelle évolution spatiale future de l'aire de distribution du chêne liège face au changement climatique prévu par les GIEC (2014) . Ce dernier constitue une question environnementale qui mérite une attention particulière en matière de planification et de conservation des ressources forestières ; étant donné qu'il y a de plus en plus d'évidence que les fluctuations des variables climatiques tels que les précipitations et la température auront une incidence sur la diversité biologique et sur la répartition géographique des niches écologiques favorables aux espèces.

Dans un environnement changeant, prédire les variations de distribution d'espèces peut être un enjeu important, notamment en termes de gestion. D'autre part, l'évolution récente des techniques statistiques et des systèmes d'information géographique (SIG) permet d'envisager des modèles de distribution beaucoup plus satisfaisants (**Tristan, 2012**). Ces modèles vont d'une part apporter une meilleure compréhension de l'écologie des espèces, d'autre part permettre des prédictions plus fiables. Parmi ces modèles se trouvent les modèles de Maximum d'Entropie (MaxEnt), (**Phillips et al., 2006**). Cette méthode est une technique largement utilisée pour modéliser de distribution des espèces (SDM), elle présente des caractéristiques intéressantes pour expliquer la distribution du chêne liège.

# CHAPITRE I

## LA DESCRIPTION DE LA

## ZONE D'ETUDE

## I. Localisation géographique

La région d'étude se situe au Nord-Est algérien (Figure 01). Elle est limitée, à l'Est par la frontière tunisienne, au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par une ligne verticale traversant les monts de la Kabylie, chott el Hodna et les monts du zeb au Sud par une ligne parcourant Oued Djalal, négride et la limite nord de chott Melrhir. Elle est Comprise entre les parallèles  $37^{\circ}08'07''$  et  $34^{\circ}39'07''$  de latitude Nord et les méridiens  $4^{\circ}16'28''$  et  $8^{\circ}43'30''$  Est des longitudes.

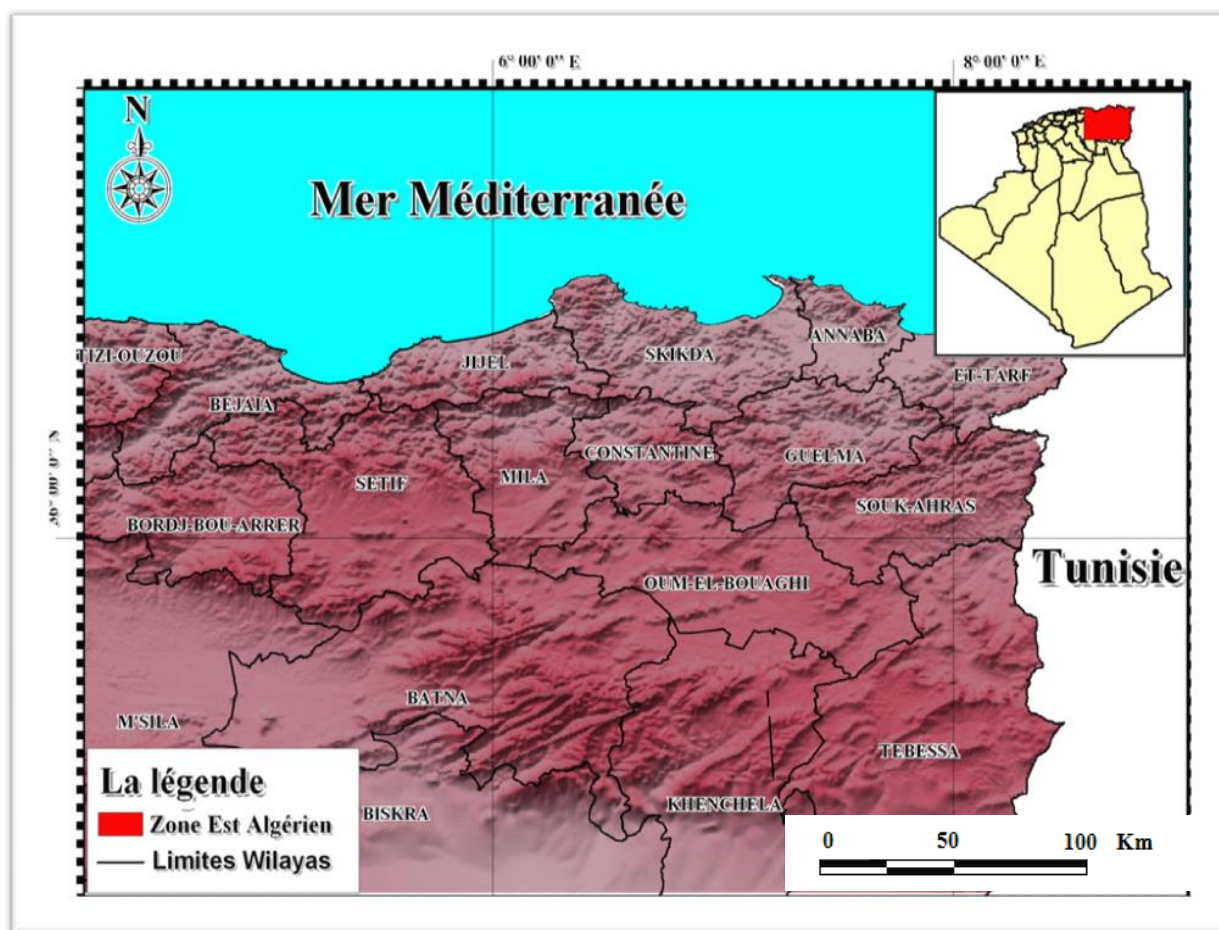
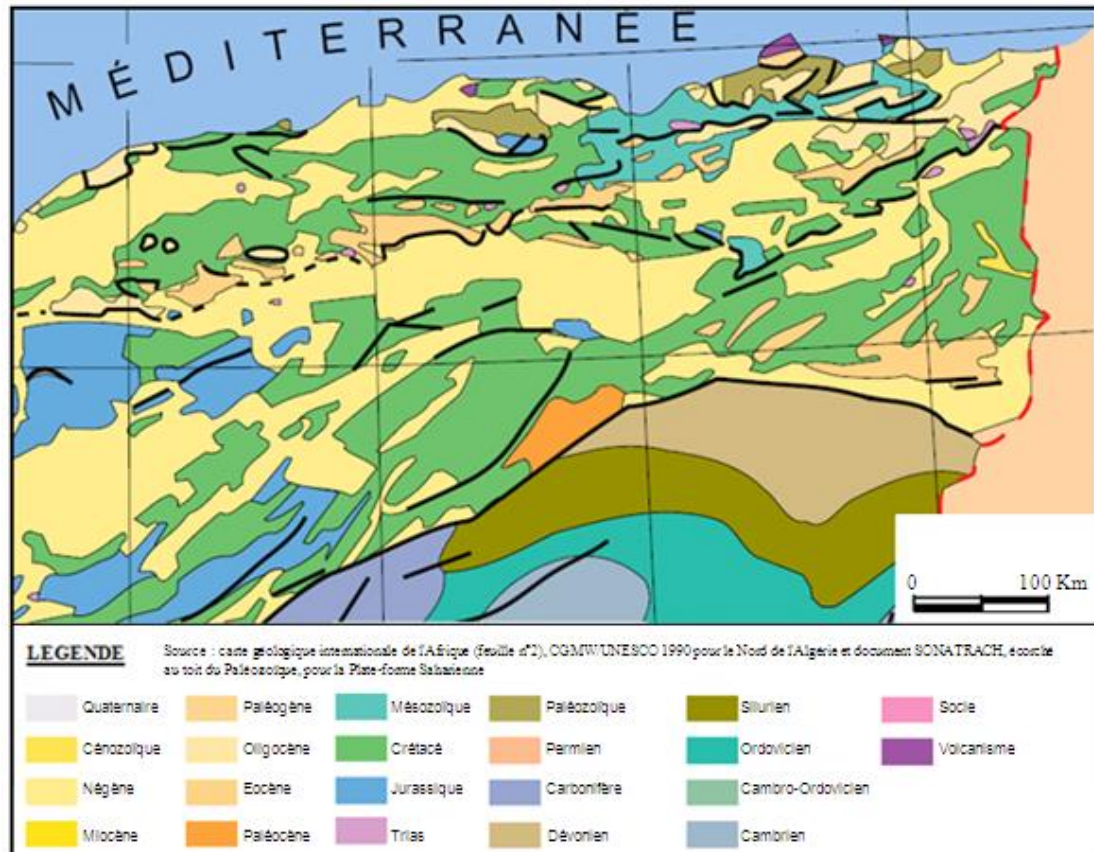


Figure 01 : localisation de la région d'étude

### I.1. La géologie

A l'instar de l'Algérie septentrionale, l'Est est constitué de reliefs jeunes, modelés au cours du tertiaire par les mouvements alpins (Figure 02).



**Figure 02 :** Carte géologique d'Algérie Oriental.

L'Algérie alpine est composée des ensembles structuro-sédimentaires suivants, du Nord au Sud :

Le plateau continental algérien réduit, à dépôts tertiaires et quaternaires (1000 à 3500 m), repose sur un socle métamorphique.

L'Atlas Tellien est le domaine des nappes, avec des bassins de type intra-montagneux dont la série sédimentaire s'étend du Jurassique au Miocène.

Le Hodna est un bassin d'avant-fosse dont la séquence de remplissage débute par des dépôts continentaux d'âge Eocène et Oligocène et se poursuit par un Miocène marin. Les hauts plateaux, avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation des bassins intra-montagneux comme ceux de Telagh et de Tiaret.

L'Atlas saharien est né d'un long sillon subsident pincé entre les hauts plateaux et la plate-forme saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire (7000 à 9000 m), durant le tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives antérieures en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse.

Les bassins du Chott Melrhir dans le Sud-est constantinois, structurés au tertiaire, à remplissage crétacé (5000 m), ont engendrés et accumulés des hydrocarbures principalement dans le crétacé (Djbel Onk,).

## **I .2. Le relief**

A l'image de toute l'Algérie, le relief du Nord-Est s'organise en un vaste ordonnancement d'éléments parallèles (**Cote, 1983**).

La chaîne Tellienne, constituée essentiellement de massifs anciens, prolonge le socle kabyle par sa partie interne (monts de Collo, monts de Skikda et Djebel Edough) et par sa partie externe (Djebels Babors et Djebel Tababort qui culmine à 2000 m).

La chaîne de l'Atlas Saharien a une morphologie plus massive. Dans sa partie Est, elle est constituée par les massifs des Aurès, les monts du Ksour, les monts de Ouled Naïl, les monts du Zeb, les monts du Némemchas, les monts de Tébessa et Djebel Amour (**Mebarki, 2005**).

Cette organisation sépare le pays en trois grandes unités structurales (figure03). Elles se distinguent par leurs reliefs, leurs morphologies et leurs climats, offrant une grande diversité écologique.

On distingue successivement :

- le système tellien au nord qui plonge vers la mer Méditerranée ;
- les Hautes Plaines Steppes comprises entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud ;
- le Sahara.

### **I .2. 1. Le Système Tellien**

C'est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, et de plaines.

On distingue du nord au sud et selon l'altitude :

- les plaines littorales qui s'adossent à la première chaîne montagneuse, constituent la frange qui bénéficie directement du climat méditerranéen et de sa régulation thermique.
- les plaines intérieures sont continentalisées par la première chaîne tellienne.
- les montagnes : on distingue les chaînes telliennes littorales représentées par les massifs de Collo, Skikda et de l'Edough. Ces massifs bordent la basse plaine d'Annaba où se trouvent les deux plus grandes zones humides d'eau douce : le lac Tonga et le lac Oubeira. Plus au sud, on retrouve les chaînes Telliennes externes constituées par les monts des Babors et les massifs de Petite Kabylie.

### **I.2.2. Les Hautes Plaines Steppiques**

Une large plate forme de hautes plaines steppiques est perchée par rapport aux plaines littorales. Cependant, elles sont toujours dominées par l'Atlas Tellien au nord et par l'Atlas Saharien au sud, avec des altitudes plus ou moins importantes entre 800 et 1200 m. Elles sont parsemées de dépressions salées, de chotts et de sebkhass.

Les steppes orientales à l'Est du Hodna, qui sont formées par les Hautes Plaines du Sud Constantinois où domine le Crétacé de nature calcaire et dolomitique. Ces Hautes Plaines sont bordées par le Massif des Aurès et des Némémchas.

### **I.2.3. Le Sahara**

Les pentes sud du chaînon méridional de l'Atlas Saharien s'affaissent brusquement dans une plaine immense qui constitue le début du Sahara. Le Sud de la région d'étude comprend la partie nord du chott Melrhir (-34 m). Ce dernier constitue un réceptacle pour les Oueds du flanc méridional des Aurès et des Némémchas, avec un sens d'écoulement Nord-Sud. C'est au niveau de cette grande dépression lacustre que se déverse l'oued Dejadi, d'une largeur de 500 m environ.

Schématiquement, l'altitude moyenne est de 0 à 100 m sur les plaines côtières, moins de 700 m dans les basses montagnes et plus de 1000 m sur les massifs élevés du tell. Elle avoisine les 800 m dans les Hautes Plaines, 400 m dans le Hodna. 1500 à 2000 m dans l'Atlas saharien et en fin moins de 100 m dans le piémont de saharien. Les reliefs ont des altitudes qui ne sont guère très élevées en valeur absolue mais se singularisent par leur fort gradient altimétrique (entre Djebel Chélia et la haute plaine de Remila, la dénivellation atteint 1200 m. Du haut de ses 1462 m, Djebel M'cid Aïcha domine la vallée de l'oued kébir de plus de mille mètres) (**Dubief, 1953**).

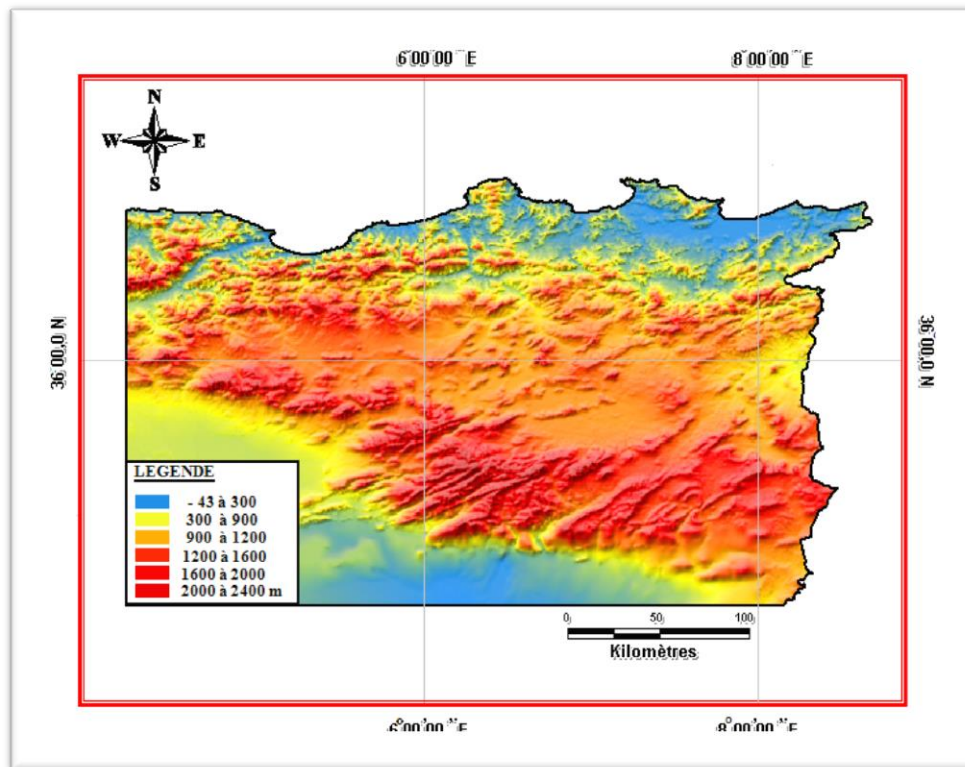


Figure 03 : le relief de l'Algérie Orientale.

### I.3. La végétation

La végétation algérienne est fortement diversifiée ; Cela dû aux grands ensembles topographiques, climatiques et la diversité des sols variant du Nord au Sud. Le relief et la pluviométrie agissent comme des facteurs déterminants de la distribution de la végétation dans l'Est Algérien.

Une forêt essentiellement de lumière, La forêt Algérienne est irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts formés d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné.

La présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux. (Fosa, 2002). L'essence prédominante est le pin d'Alep qui occupe 880 000 ha et se rencontre principalement dans les zones semi arides. Le capital sur pied de ces pineraies est assez pauvre.

Le chêne liège avec 230 000 ha se localise principalement dans le Nord-Est du pays alors que les chênes zeen et afarès avec 48 000 ha occupent les milieux les plus frais dans la subéraie. Les cèdres sont éparpillés sur 16 000 ha en îlots discontinus dans le tell central et les Aurès. Le pin maritime est naturel dans le nord-est du pays et

couvre 32 000 ha. Les eucalyptus introduits dans le Nord et surtout l'Est du pays occupent 43 000 ha. Ces essences constituent le premier groupe de forêts dites économiques qui totalisent 1 249 000 ha dont 424 000 ha de peuplements artificiels tandis que le second groupe, constitué par le chêne vert, le thuya et le genévrier qui, en étage semi-aride jouent un rôle de protection essentiellement, ne couvre que 219 000 ha. Le reste des surfaces forestières qui s'étendent sur 2 603 940 ha se répartissent entre les reboisements de protection qui couvrent 727 000 ha et les maquis et broussailles qui occupent une superficie de 1 876 000 ha. S'ajoutent à ces superficies forestières les nappes d'alfa qui totalisent 2,7 millions d'hectares (**Mate, 2003**).

### I.3.1. La distribution des principales essences forestières en Algérie orientale

Malgré sa faible extension en termes de surface et sa discontinuité, le couvert forestier en Algérie orientale s'étend depuis les forêts des montagnes méditerranéennes, surplombant la mer jusqu'aux forêts subalpines des montagnes de l'atlas saharien (Figure 04) (Mate, 2003).

Dans la zone tellienne- en particulier le telle maritime-, les résineux : pin d'Alep, pin maritime, cèdre et les feuillus : chêne liège, chêne zeen, chêne afarès, chêne kermès, chêne vert, constituent les principales essences forestières.

Ce domaine humide et subhumide (la zone la plus arrosé de toute l'Algérie) renferme les subéraies des massifs de Bejaia, de l'Edough, de la petite Kabylie, du massif de Collo et des confins Algéro-tunisiens. Les chênes zeen et afarès se limitent à quelques étendues restreintes de même que l'on révèle quelques îlots de chêne kermès et de pin maritime, le cèdre se localise sur les reliefs élevés et bien enneigés des Babors.

Quelques îlots de cèdre occupent les sommets de l'Atlas saharien, ce dernier est le domaine où prédominent le chêne vert et le pin d'Alep. Les forêts de pin et de chêne vert avec quelques îlots de cèdre occupent les altitudes de l'Atlas saharien à l'Ouest de la zone d'étude et Monts d'El Hodna plus au Nord (haute plaine de Bordj Bou Arreridj).

Le pin d'Alep gagne également le long des confins Algéro-tunisiens jusqu'au flanc sud des Monts de la Medjerda. Le cèdre occupe un étage bien déterminé, au dessus de 1400m dans l'Aurès (Djebel Chélia) et dans le massif de Belezma, la steppe à Genévrier de Phénicie occupe les versants sous l'influence de l'ambiance subaride.

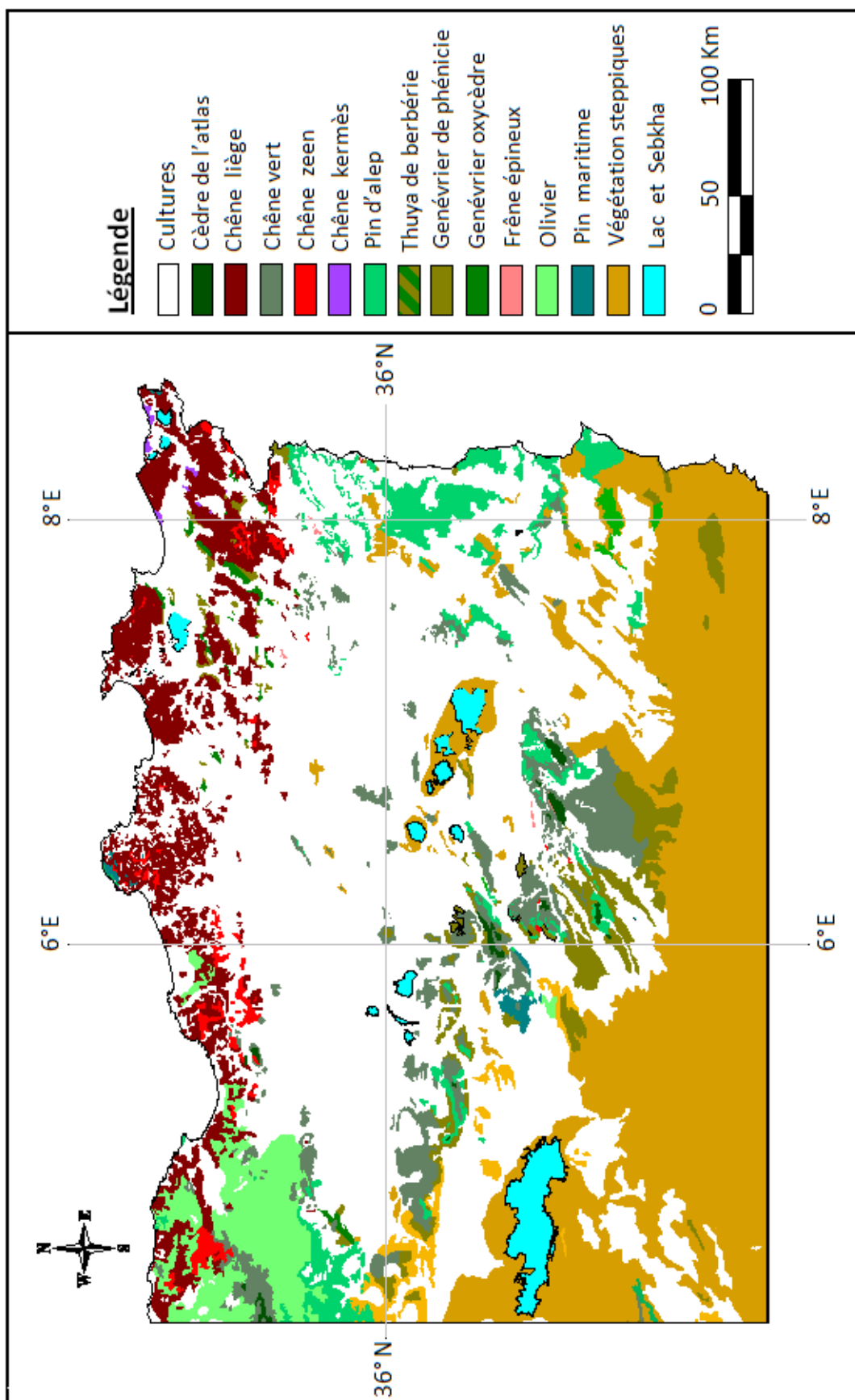


Figure 04 : La répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien

#### I.4. Les sols

La répartition des sols présente une zonation qui reflète celle du climat. Cependant, elle est largement modifiée par l'influence de la nature des roches mères, du relief, de l'eau, de la végétation, ainsi que des facteurs biotiques et anthropogènes (Figure 05).

On rencontre différents types des sols :

- ✓ Sols bruns lessivés et sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et sub-humides (Luvisols, Calcisols).
- ✓ Sols châtaîns et bruns isohumiques, souvent avec des accumulations calcaires en profondeur, dans les bioclimats semi arides et arides (Kastanozems, Calcisols).
- ✓ Sols gris subdésertiques, minéraux bruts d'érosion ou d'apport, ainsi que des sols salins aux bioclimats arides et désertiques (Regosols, Solonchaks) (FAO, 2005).



**Figure 05** : Les types des sols en Algérie (FAO, 2005)

### I.5. Le climat

L'Est Algérien présente différents climats du Nord au Sud (selon les données de l'ONM 1976-2005), les températures des stations (Annaba, Bejaia, Constantine, Batna, Biskra) sont jugées représentatives des sous ensembles naturels (Littoral, Atlas Tellien, Hauts Plateaux et Steppe, Sahara).

En hiver, les Hauts plateaux et Steppe sont plus froids que l'Atlas Tellien, le Littoral et le Sahara. Le mois de janvier est le plus froid de l'année, la température moyenne est de 5,3°C à Batna, 6.6°C à Tébessa, et 8.6°C à M'sila, pour les haut plateaux et la Steppe, Skikda et 11°C à Bejaia (littoral) et 12°C pour la station de Biskra.

Schématiquement la température moyenne diminue en allant de la mer vers les hauts plateaux de 18.13°C (Skikda) à 14.9°C (Batna) et augmente plus au sud vers le Sahara et la steppe 22,25°C à Biskra 19.02°C à M'sila.

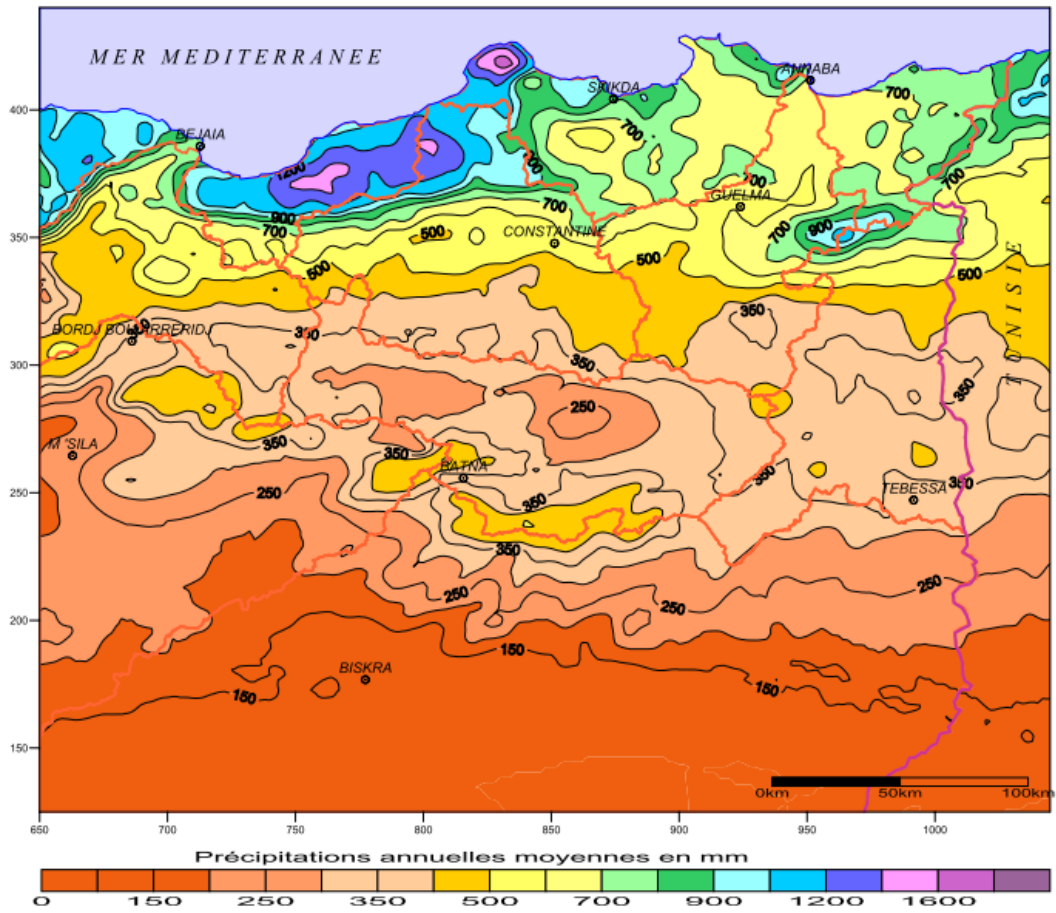
En été, la température avoisine au mois de Juillet : 24,8°C à Annaba 24,5°C à Skikda, 26,1°C à Batna, cependant, les températures restent assez voisines. On peut dire qu'en été le climat de l'Atlas Tellien ne se différencie pas fortement de celui des Hauts plateaux. Le mois de juillet est le plus chaud dans le Sahara (34°C à Biskra) ; en été et en hiver, le littoral jouit de l'effet adoucissant de la mer mais cet effet s'estompe dès que l'on pénètre de quelques kilomètres à l'intérieur des terres.

La répartition spatiale des pluies caractérisées par un gradient latitudinale décroissant du littoral vers l'intérieur, altéré par l'effet du relief et spectaculairement par le bourrelet montagneux tellien et l'Atlas saharien jusqu'à la raréfaction des précipitations au piémont sud de ce dernier.

La Figure 06 ; permet de ressortir les zones de fortes précipitations, (Supérieurs à 900 mm) dans la zone qui s'étale de Bejaia à Collo, avec les monts du telle les plus élevés du Medjerda et du massif de l'Edough, atteignant plus de 1300 mm sur les hauteurs d'Erraguene jusqu'à 1680 mm sur le massif de Collo.

Les isohyètes de 600 à 700 mm limitent nettement les bordures Nord des hautes plateaux et décroît vers le Sud jusqu'à 250- 350 mm, en raison de l'effet orographie et l'exposition Nord de l'Atlas saharien, on enregistre une remontée du cumul pluviométrique jusqu'à 600 mm qui rejoint les 300 mm au piémont sud de l'Atlas

saharien, et la décroissance continue jusqu'à atteindre moins 100 mm, le même creux que l'on observe sur la cuvette du chotte Hodna.



**Figure 06 :** Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est Algérien (A.N.R.H., 1993).

**CHAPITRE II**  
**DESCRIPTION DE**  
**L'ESPECE**

## II.1. Taxonomie et systématique

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) est une espèce végétale endémique de la méditerranée occidentale (**El Aantry Tazi ,2008**), elle est décrite pour la première fois par Linné en 1753.

Il appartient :

**Règne** : végétal

**Embranchement** : Spermaphyte

**Sous embranchement** : Angiosperme

**Classe** : dicotylédones

**Sous classe** : Apétales

**Ordre** : Fagales

**Famille** : Fagaceae

**Sous famille** : Quercoïdeae

**Genre** : *Quercus*

**Espèce** : *Quercus suber* L.

En Algérie, le chêne liège est reconnu selon les noms suivants :

**Belloute El Féline** : cette dénomination est probablement due au fait de la dénomination grecque Phelloderus (Phellos : liège).

**Aqchouch**: dans les régions de grande Kabylie.

**Fernane**: dans les régions de petite Kabylie (**Bouhraoua et al., 2002**).

## II.2. Aire de répartition

### II.2. 1Aire de répartition mondiale :

Le chêne liège est circonscrit à la région de la méditerranée occidentale et déborde le long du sud de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (**Cantat et Biazetta, 2005**).Son aire de répartition figure dans la carte ci-dessous :



Figure 07 : La distribution mondiale du chêne liège(Cheriet ,2009).

En termes de superficies de forêts de chêne liège, il répartition exclusivement sur sept pays comme suivre : Portugal 32%, Espagne 27%, Algérie16%,Maroc14%, Tunisie5%, Italie 4% et France 2% .

(Figure 8).

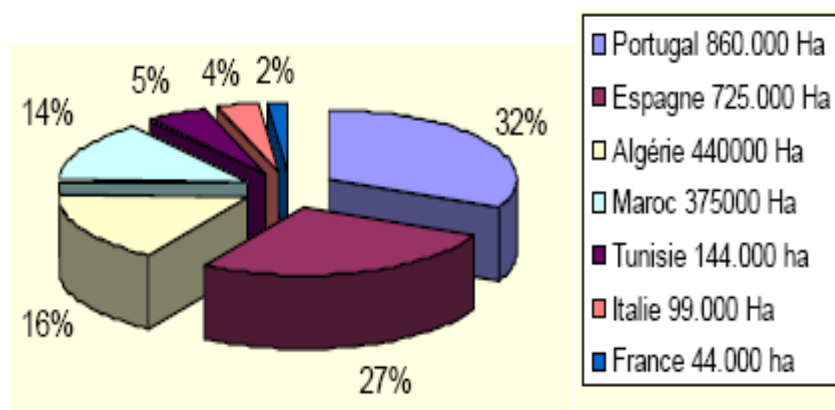
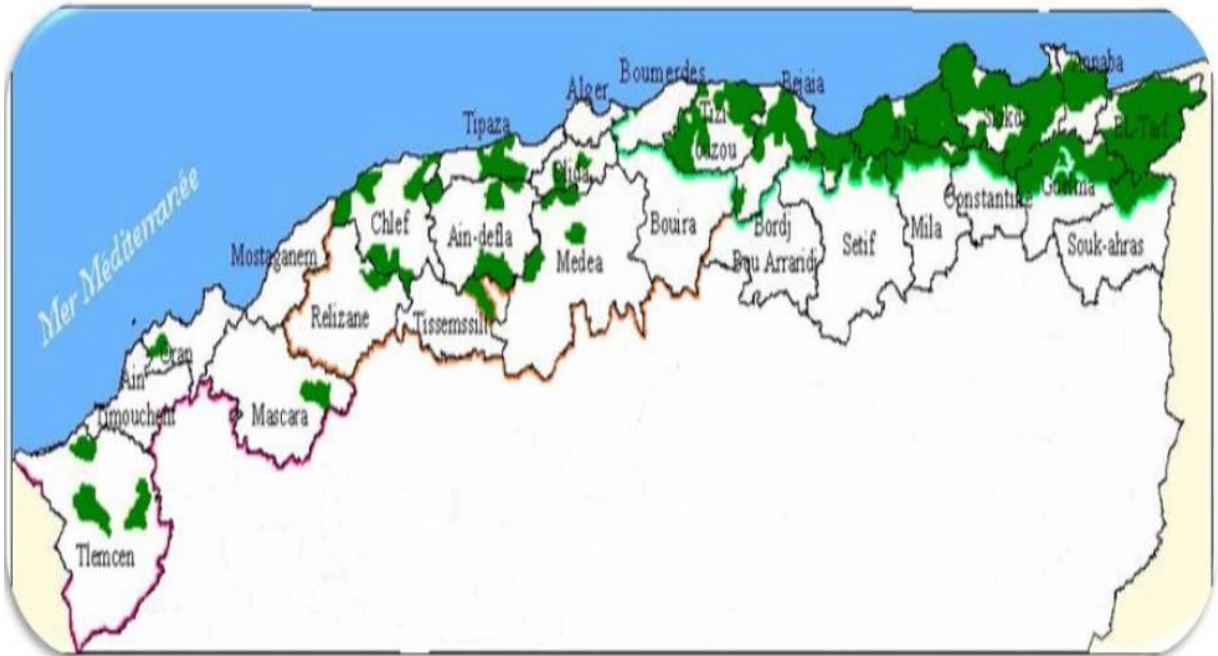


Figure 08 : superficies estimées des forêts de chêne liège par pays (Cheriet ,2009).

### II.2.2. Aire de répartition en Algérie

Le chêne liège est une espèce forestière principale en Algérie, il est présent sur 450000 ha (**Chenel, 1951**).

Les forêts de chêne liège se répartissent à travers 22 wilayas (figure 9).



**Figure 09** : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (**Belhocine, 2013**)

Cet arbre est localisé entre le littoral et une ligne passant approximativement par Tizi-Ouzou, Kherrata, Guelma et Souk-Ahras (Figure 09). Elle est également représentée à l'ouest dans la région de Tlemcen et Mascara (**Younsi, 2006**).

Les principales subéraies algériennes sont situées essentiellement en zone subhumide humide au nord, et entre l'algérois et la frontière Tunisienne, où elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200m d'altitude (**Zeraia, 1981**).

### II.3. Caractères botaniques

Le genre *Quercus* compte un grand nombre d'espèces, soit environ 550 et actuellement on compte que 450 (**Dehane, 2012**).

C'est une espèce extrêmement commune comme la plupart des chênes ; elle est caractérisée par une grandeur moyenne, atteignant une hauteur de 10 à 15 mètres et une circonférence de 5 mètres. Elle se trouve parfois associée au chêne vert, au chêne pédonculé et au pin maritime.

### Ecorce

L'écorce naturelle est crevassée, d'une épaisseur moyenne de 3 cm. atteignant 5 à 10 cm à 100 ans et même 20 à 22 cm sur les arbres très âgés (**Belhocine, 2013**).

En terme de production, on l'appelle "liège mâle". Il représente une bonne protection contre le feu. Dans le cas des arbres écorcés, le liège mâle est remplacé par le "liège de reproduction" ou "liège femelle", de couleur rouge puis noire. Cette nouvelle écorce est beaucoup plus régulière que la précédente, présentant des crevasses moins profondes et des caractéristiques dans l'ensemble plus homogènes.



### Feuilles

Les feuilles sont très polymorphes, coriaces et arrondies, plus ou moins dentées; elles sont d'un vert brillante au-dessus et pubescentes sur la face inférieure. Elles sont renouvelées au printemps. Leur taille varie de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur, le pétiole peut atteindre 2 cm. L'arbre fructifie à partir de 15 à 20 ans et se poursuit au-delà de 100 ans (**Boavida et Varela, 1999**).



### Fleurs

Le chêne liège est monoïque et allogame ; Les fleurs mâles pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année (**Fraival, 1991**). Les fleurs femelles sont par contre solitaires ou groupées par trois, s'insérant à l'ais-selle du rameau de l'année.

Le climat et l'exposition conditionne la floraison qui commence dès l'âge de 12- 15 ans et déroule entre la fin Avril et la fin Mai (**Piazzetta, 2005**).



### Fruits

Les fruits du chêne liège appelés glands est de couleur brune, avec un pédoncule jusqu'à 4 cm de long. Sa taille varie de 2 à 5 cm en longueur et de 1 à 2 cm en largeur.

La maturation des glands à lieu dans l'année de floraison (**Boudy, 1950**). Les glands tombent en Octobre et Novembre, parfois jusqu'à Janvier (**Piazzetta, 2005**), la fructification commence dès l'âge de 15 ans. Les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans. Les glands sont amers, ils sont rarement consommés par l'homme, mais ils constituer un aliment du choix pour le bétail et le sanglier.



### Racines

L'enracinement est constitué par un puissant et profond pivot, il est constitué d'une grosse racine qui sert de support à l'arbre même dans les sols les plus rocheux. Il permet l'approvisionnement en eau et en élément minéraux, et peuvent s'emmêler racines des arbres voisins et s'associer avec le mycélium de certains champignons qui favoriseront la capture des minéraux (**Lepoutre ,1965**).

### Longévité

La longévité du chêne liège peut atteindre jusqu'à 250 à 300 ans, mais les levées successives diminuent fortement cette remarquable longévité qui, compte tenu de l'état de dégradation des subéraies (abandon, feu successifs,). En Algérie et au Maroc, les vieux arbres de 220 ans ne sont pas rares et la longévité moyenne est en générale de l'ordre de 150 ans (**Boudy, 1950**).



### II.4. Exigences écologiques de chêne liège

La répartition géographique de l'espèce est définie surtout par ses exigences écologiques qui varient selon les particularités des stations. L'arbre du chêne-liège a besoin de chaleur, d'humidité et de lumière et évite les sols calcaires.

#### Lumière

Le chêne liège est une essence héliophile c'est à dire de pleine lumière et exigeant une forte insolation. Des observations quantifiées, confirment que la survie des semis et leur croissance augmente sensiblement avec l'éclairement relatif (**Karoune, 2008**).

#### Bioclimat

Le climat de cet arbre est caractérisé par des températures moyennes annuelles entre 13°C et 16°C. Il occupe les bioclimats humides à subhumide à hivers doux et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer (**Younsi, 2006**). Il ne supporte pas du minimum de température inférieur à - 9°C; à partir de -5 °C les feuilles subissent des lésions irréversibles.

### Humidité

L'humidité est également un facteur limitant, car bien qu'étant xérophile, le chêne liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60 %, même en saison sèche, et d'une pluviométrie allant de 400 à 1200 mm par an voire 1700 mm (Dehane, 2012). Si le maintien pendant la saison sèche d'une certaine humidité dans le sol est une condition n'est ni suffisante, ni toujours ni primordial, selon Zeraia (1981) la fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus important pour la régénération de chêne liège.

### Altitude

L'aire de développement du chêne liège dépend du relief, il pousse à une altitude pouvant atteindre 1550m en Algérie, mais ne prospère bien que jusque vers 900-1000m (Karoune, 2008). En voisinage des côtes atlantiques au Portugal, il descend jusqu'à 200 m et atteint 2400 m sur les pentes humides exposées au Nord dans le grand Atlas marocain, c'est donc une essence de plaine et de moyenne montagne. Les limites altitudinales varient considérablement avec l'exposition.

### Sol

Au point de vue édaphique, le chêne liège est une espèce calcifuge préfère les sols siliceux tel que les grès numidiens (Algérie, Tunisie) et les sables pliocène (Maroc) ou à la rigueur argilo siliceux. Il s'accommode à des sols fertiles, superficiels ou lourds, mais recherche plutôt des textures légères (sables), bien aérées et drainés riches en matière organique (Veillon, 1998).

	Très acides	Acides	Assez acides	Peu acides	Neutres	Calcaires
Xérophiles						
Mésoxérophiles						
Mésophiles						
De.milieu.frais						
Hygroclines						
Mésohygrophiles						
Hygrophiles						

Légende:	
	Optimum
	Fréquence plus faible

Tableau 01: Ecogramme de chêne liège

### II.5. Association végétale

Le chêne liège est une espèce du maquis méditerranéen qui se partage l'espace avec d'autres essences arboricoles telles que *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, *Quercus pureniaca*, *Castaneasativa*, etc., et une multitude d'arbustes, comme *Arbutusunedo*, *cistus*sp, *Juniperussp*, *Ulexsp*, et d'essences aromatiques, etc. Son cortège floristique est le suivant :

**Strate arborescente:** chêne vert, chêne zeen, chêne afares, pin maritime

**Strate arbustive:** bruyère arborescente (*Erica arborea*) et à ballet (*Erica scoparia*), arbousier (*Arbutusunedo*), filaires (*phylariasp*), lentisque (*pistacialentiscus*), neprum (*Rhamusalaternus*), viorne (*Vuburnumtimus*), myrte (*Myrtuscommunis*), calycotome (*Calycotomespinosa*), la lavande (*Lavandulastoechas*), cistes (*Cistus-sp.*). En altitude, le myrte, la viorne, le lentisque, la filaire sont remplacés par le cytise (*CytisusTriflorus*).

### II.6. Importance écologique du liège

Les forêts de chêne liège sont importantes pour la préservation de la biodiversité. Ces forêts jouent également un rôle dans la régulation du cycle hydrologique, la protection des sols et la séquestration du carbone.

L'écorce remarquable du chêne liège, en plus de réduire les pertes d'eau, est une adaptation aux incendies : la sélection naturelle a favorisé cette espèce car le liège est un excellent isolant et le feu n'atteint pas l'aubier, la partie vivante sous l'écorce. Tandis que les autres essences périssent, de nouvelles branches peuvent repousser rapidement à partir de celui-ci. Cet arbre est donc potentiellement d'un grand intérêt pour lutter contre le problème récurrent des incendies estivaux dans les régions méditerranéennes et leurs conséquences directes et indirectes.

### II.7. Importance économique du liège

En raison de la qualité, de la valeur de son écorce et de son bois, le chêne liège est de point de vue économique l'essence forestière la plus importante d'Afrique du nord. Son écorce (liège) est une ressource exploitable dans plusieurs domaines, 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 sert à la fabrication des traverses de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair compact.

### II.7.1. Utilisation du chêne liège

- **Le bois:** le bois du chêne liège est utilisé comme bois d'œuvre, il représente une source importante de bois de chauffage et charbon, vu son pouvoir calorifique considérable 7000 cal à 25% d'humidité.
- **L'écorce à tanin:** est utilisée pour l'extraction du tanin, qui présente des caractéristiques intéressantes (**Boudy, 1950**).
- **Le liège:** est utilisé pour la fabrication des agglomérés, bouchons, panneau de revêtement et décoration.
- **La cellulose:** est utilisé pour la fabrication papetière
- **Les glands:** présente une valeur nutritive intéressante, ils sont appréciés par le bétail, la valeur fourragère est de 0.73 uf/kg.
- **Les feuilles:** peuvent constituer un fumier de bonne valeur fertilisante des plantes médicinales et aromatiques...etc.

### II.8. Les causes du dépérissement

Les problèmes sanitaires des subéraies Algériennes remontent au début du siècle suite à l'apparition du phénomène du dépérissement sur tout à l'Ouest du pays, sur des jeunes sujets (moins de 15 ans et des arbres adultes).

Actuellement, la majorité des subéraies Algériennes se trouve dans un état déplorable et une grande partie est vouée encore à disparaître (**Messoudene, 2000**).

Le dépérissement peut s'expliquer par la conjonction de trois types de facteurs :

**a- Les facteurs prédisposant:** qui caractérisent les peuplements vieilliss, récemment incendiés en exposition sud, ou sur station à trop faible réserve en eau.

**b- Les facteurs déclenchants:** comme les épisodes de sécheresse estivale qui ont marqué ces dernières années et qui ont considérablement affaibli les arbres relativement exigeants en eau.

**c- Les facteurs aggravants:** les facteurs prédisposant et/ou déclenchants ne provoquent pas à eux seuls le dépérissement des arbres. Il est nécessaire que des facteurs aggravants interviennent tels les insectes, les champignons ou encore l'homme (par un

démasclage mal effectué engendrant des blessures à la mère, de mauvaises façons culturelles ou des levées exagérées).

# CHAPITRE III

## MODELISATION DE LA

## NICHE ECOLOGIQUE

### III .1.Introduction

Le changement climatique en cours et prévu a donné un nouvel intérêt et essor aux études de distribution spatio-temporelle des espèces, grâce à son importance pour expliquer la distribution des plantes et des animaux qui a été reconnue et étudiée au début du 19ème siècle, notamment avec les travaux de Van Humboldt et Bonpland (1807) et de Candolle (1855). La quantification de ces relations espèce-milieu représente le fondement de la biogéographie prédictive en écologie.

La niche écologique est un concept central en écologie utilisée pour prédire la distribution d'une espèce en équilibre avec son environnement peut alors être considérée comme la dimension spatio-temporelle de sa niche.

Les modifications de distributions géographiques en réponse au changement climatique ont d'abord été étudiées chez des animaux supérieurs (**Root et al., 2003 ; Devictor et al., 2008**) et des plantes (**Lenoir et al., 2008**), avec des approches a posteriori, c'est-à-dire en comparant des distributions observées actuelles et passées.

Les modèles de distribution spatiale, qui mettent en relation des données de présence d'espèces avec des variables environnementales, vont permettre d'estimer une « enveloppe bioclimatique », dans laquelle l'espèce est présumée pouvoir survivre, se développer et se reproduire.

### III.2. La modélisation

Charpentier (1995) définit la modélisation comme étant un processus d'analyse de données visant l'élaboration de modèle (**Rabhi, 2011**).

Le modèle est tout d'abord un outil dans le processus d'acquisition des connaissances. Son domaine d'utilisation et de précision, c'est-à-dire un domaine de « confiance », est bien défini (**Schmidt-Laine et Pave, 2008**).

Un modèle peut être aussi considéré comme la transformation de l'ensemble des données expérimentales sous une forme réduite, le plus souvent une forme mathématique, permettant la mise en évidence d'un certain nombre d'informations qualitatives ou quantitatives (**Rabhi, 2011**).

Un modèle est une représentation simplifiée de la réalité : Dessin, Schéma, Equation conceptuelle etc. (**Goreaud, 2000**).

#### III.2.1. Objectifs de modélisation de la distribution des espèces

- Les personnes en charge de la protection des espaces naturels, les botanistes et naturalistes entre autres, utilisent fréquemment des modèles prédictifs pour estimer la distribution potentielle des espèces de plantes et d'animaux (**Loiselle et al., 2003**) ;
- Pour déterminer la localisation de plantes en voie d'extinction (**Arnesen ; Joly et Nilsen, 2008**) ;
- Calculer les probabilités d'invasion d'un organisme (**Peterson et Robins 2003**) ;
- Evaluer l'impact du changement climatique sur la distribution des espèces (**Beaumont, Hughes et Poulsen 2005; Thuiller, Lavorelet Araújo 2005**) ;
- Guider l'échantillonnage pour détecter une espèce connue ;
- Guider l'échantillonnage pour accélérer la détection de nouvelles espèces ;
- Définir zone de protection.

### III.3. Les modèles de niche

Le concept de niche écologique a une longue histoire en écologie. Pour comprendre et formaliser la relation entre une espèce particulière et son environnement, de nombreuses définitions ont été énoncées depuis le début du 20ème siècle pour formaliser cette relation espèce et environnement et la niche écologique (**Chase et Leibold, 2003**).

Grinnell (1917) a introduit ce terme pour décrire l'ensemble ou l'étendue des caractéristiques environnementales qui permet aux individus d'une espèce de survivre et de se reproduire.

Dix ans plus tard, Elton (**Elton, 1927**) donne une autre définition de la niche écologique, selon lui la niche est la fonction qu'occupe l'espèce dans la communauté dont elle est un membre.

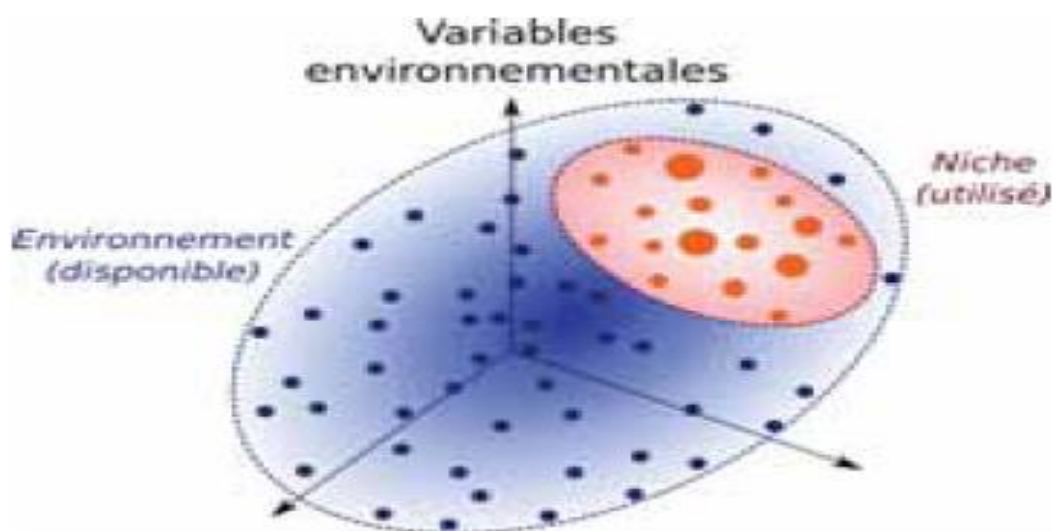
Trente ans plus tard **Hutchinson (1957)**, a décrit la niche d'une espèce comme un hypervolume à  $n$  dimensions (chacune des dimensions étant un facteur environnemental biotique ou abiotique) correspondant à l'ensemble des conditions de l'environnement permettant la croissance et la reproduction des individus d'une espèce, elle est propre à chaque espèce.

#### III .4.La définition de la niche écologique

La niche écologique est un des concepts théoriques de l'écologie. Il traduit à une notion d'espace et de localisation d'une espèce, mais aussi et surtout à sa fonction (son rôle, aussi bien dans la chaîne alimentaire que dans les autres interactions) et à la manière de la remplir.

**Hutchinson (1957)** formalise le concept de niche écologique par un modèle géométrique qui aura un impact déterminant sur l'écologie de ces cinquante dernières années (figure 10).

Les variables environnementales de l'étude définissent un espace multidimensionnel (chacune des variables correspondant à une dimension dans cet espace) pouvant être analysé statistiquement.



**Figure 10:** Le modèle de la niche écologique **Hutchinson (1957)** (**Basille et al., 2007**).

### III.5. La niche fondamentale et la niche réalisée

L'analyse des relations entre une espèce et son environnement est une problématique majeure de l'écologie actuelle et qui est à la base de la modélisation prédictive de la distribution et de la qualité d'un habitat. Les espèces n'occupent pas tous les habitats qui leur sont favorables.

Hutchinson (1957) a distingué la niche fondamentale de la niche réalisée, car la première n'est fonction que de la performance physiologique de l'espèce et des contraintes environnementales, tandis que la seconde inclut les interactions biotiques (**Van Couwenberghe, 2011**).

#### III .5.1. La niche fondamentale

- La « niche fondamentale » est l'ensemble des conditions environnementales permettant à l'espèce d'exister indéfiniment (**Saltré, 2010**).
- Chaque espèce animale ou végétale ayant ses préférences vitales propres peut très bien, compte tenu des compétitions, se développer dans la totalité de ses potentialités adaptatives. En conséquence, sa niche écologique correspondra à l'hypervolume (**Faurie et al., 2012**).
- correspond aux conditions environnementales dans laquelle une espèce peut se maintenir éternellement en absence d'interaction avec les autres êtres vivants (interactions biotique) (**Gross, 2007**).

#### III.5.2. La niche réalisée

- Elle est un territoire occupé par une espèce, laquelle exerce son rôle d'une façon stable et clairement établie (**Akpoué Blache, 2012**).
- la niche réalisée correspond à l'hypervolume effectivement occupé par l'espèce dans un écosystème, donc en présence d'autres espèces compétitrices (**Calenge, 2005**).
- La « niche réalisée » est la réalisation de la niche fondamentale une fois les interactions biotiques prises en compte (**Saltré, 2010**).
- Elle se définit comme les dimensions environnementales où l'espèce peut survivre et se reproduire en évaluant les interactions biotiques existantes (**Hutchinson, 1957; Austin, 2002**).

### III.6. Utilisations de concept niche écologique

La niche écologique est un concept fréquemment utilisé pour :

- ✓ les études de conservation de la biodiversité ;
- ✓ Définir les sites prioritaires pour la conservation in situ d'espèces sauvages (Scheldeman et al., 2007) ;
- ✓ La planification des missions de collecte de ressources génétiques liées aux plantes cultivées (Scheldeman et al., 2007) ;
- ✓ Identifier les zones agro-écologiques idéales pour faire pousser des espèces données d'arbres ou de plantes cultivées.

### III.7. La définition de niche ontogénique

Le concept de niche ontogénique a été utilisé en écologie par **Grubb (1977)**. Pour cela il reprend le concept de niche écologique lui ajoutant une dimension temporelle laissant la possibilité au déterminisme environnemental des espèces de varier au cours de leur cycle de vie

Grubba distingué 4 niches ontogéniques :

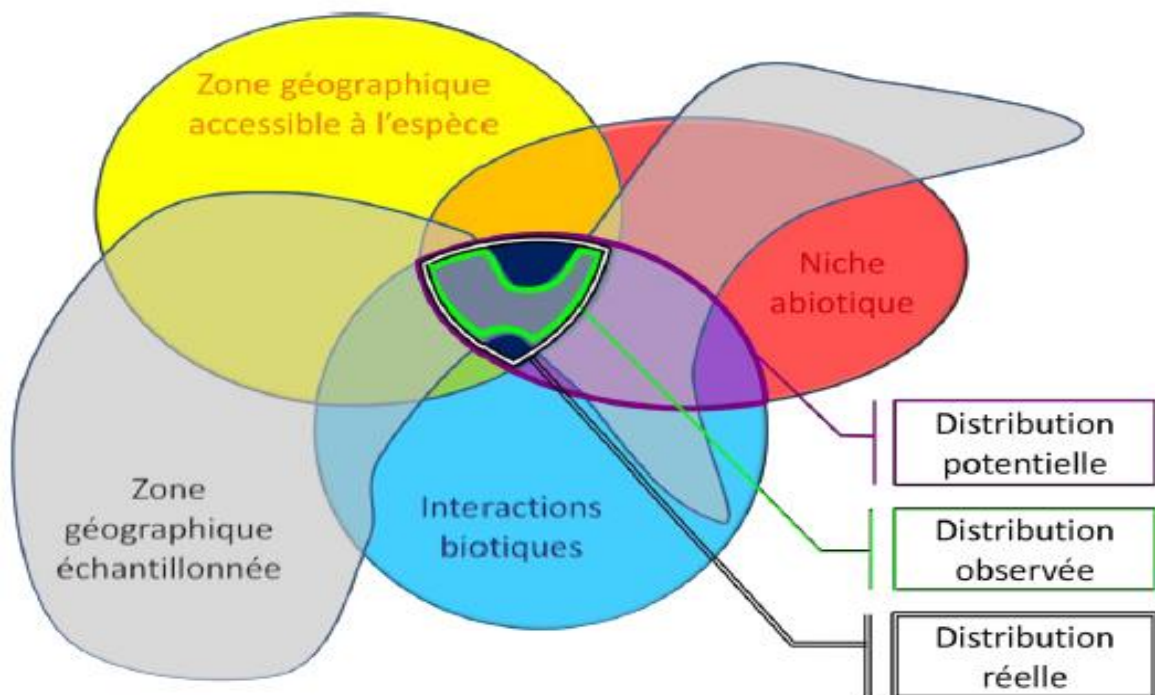
- **niche habitat** : correspond aux conditions environnementales rencontrées et tolérées dans l'habitat par les individus matures.
- **niche life-form** : correspond aux conditions environnementales nécessaires à la croissance des plantes.
- **niche phenological** : correspond aux conditions environnementales expliquant le développement saisonnier des plantes (débourrement, floraison, ...).
- **niche regeneration** : correspond aux conditions environnementales nécessaires à la plante pour qu'un individu mature soit remplacé par un autre.

### III.8. Les limites d'aire de répartition

L'aire de répartition d'une espèce est l'expression de sa niche réalisée dans l'espace. En effet, quelle que soit la taille de l'aire de répartition, elle est limitée par des conditions physiques ou biotiques qui ne permettent pas à ses individus de survivre et de se reproduire. Chaque facteur climatique, topographique ou biotique, ou la combinaison des trois peut créer une barrière à l'aire de répartition d'un organisme (Cox et Moore, 2010).

Il est généralement admis un équilibre entre l'aire de répartition d'une espèce et les conditions climatiques existantes. Cet équilibre implique que les limites d'aires de répartition sont étroitement corrélées aux limites climatiques tolérées par l'espèce. Le degré avec lequel l'aire de répartition d'une espèce est en équilibre avec le climat est un important débat en écologie (Guillon, 2006).

Une espèce est dite « à l'équilibre » avec le climat si elle est présente dans toutes les zones où le climat lui est favorable, et absente des zones de climat défavorable (c.-à-d., si elle suit sa niche fondamentale (Saltré, 2010).



**Figure 11:** Les différents types de distribution d'une espèce (Lauzeral, 2012)

### III.9. Les modèles

Pour déterminer la niche d'une espèce, on distingue deux grands types de modèles (Morin et Thuiller, 2009). D'une part, les modèles mécanistiques (Kearney et al., 2008; Kearney et Porter, 2009) et d'autre part, les modèles corrélatifs.

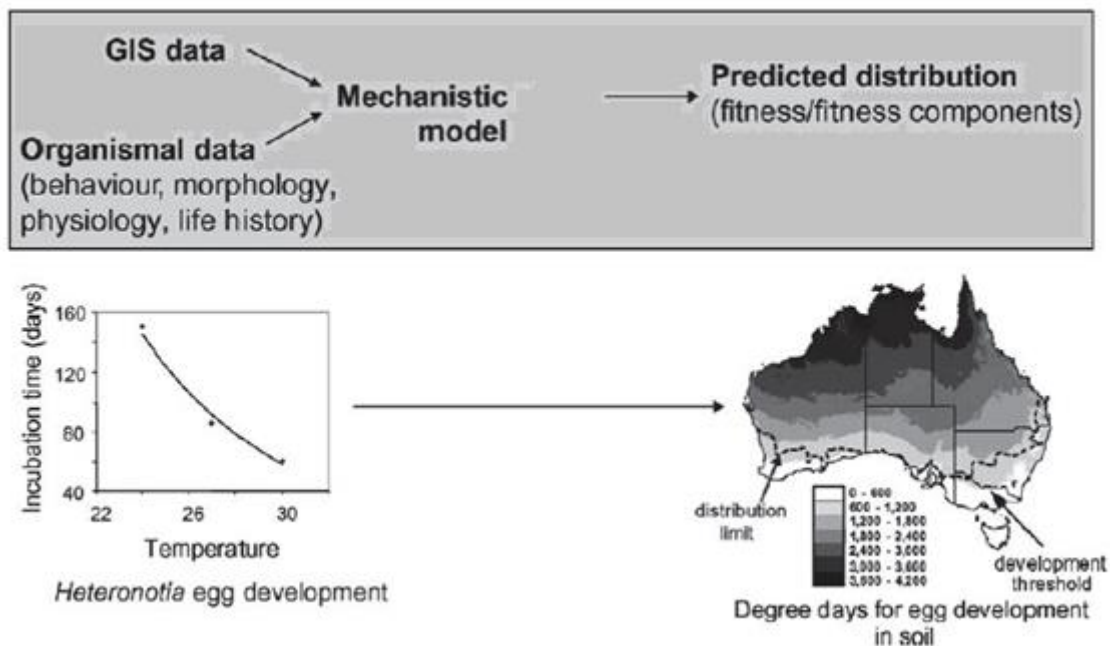
- ✓ Les modèles mécanistiques sont basés sur les caractéristiques physiologiques et écologiques de l'espèce.
- ✓ Les modèles corrélatifs sont basés sur l'établissement de relations statistiques entre des variables environnementales (climatiques, topographiques,...) et les distributions observées des espèces.

### III.9.1. Modèles mécanistes

Du fait du lien fort qui lie les performances des ectothermes terrestres et les facteurs abiotiques, les modèles mécanistes permettent de prédire spatialement l'évolution de traits écophysiologiques le long de gradients climatiques. Ainsi en cumulant les prédictions sur un ensemble de performances, il est possible de visualiser dans un domaine géographique (topographie et végétation) les limites physiologiques et comportementales des organismes (niche fondamentale) qui peuvent expliquer les limites de distribution de l'espèce (**Kearney et Porter, 2009**).

Le modèle mécaniste repose notamment sur des principes biophysiques qui permettent le transfert d'un espace environnemental multivarié en un ensemble de performances physiologiques de l'espèce. Il demande une connaissance approfondie de la physiologie des organismes et qu'ils possèdent souvent un pouvoir prédictif plus réduit sur la distribution réelle des espèces que les modèles corrélatifs, cette approche propose un pouvoir explicatif bien plus important sur les facteurs proximaux limitant la distribution des organismes (**Kearney et Porter, 2004; Kearney et Porter, 2009**). Elle permet aussi d'adresser des situations où l'espèce n'est pas en équilibre avec son environnement (**Kearney et al., 2008**). Cette approche en plein développement ouvre de larges possibilités pour mieux cerner la distribution des espèces (**Kearney et Porter, 2009**).

Toutefois, une telle approche est lourde à paramétrer et son succès dépend principalement du niveau de connaissance de l'écologie des espèces (**Kearney et Porter, 2004 ; Kearney et Porter, 2009**).



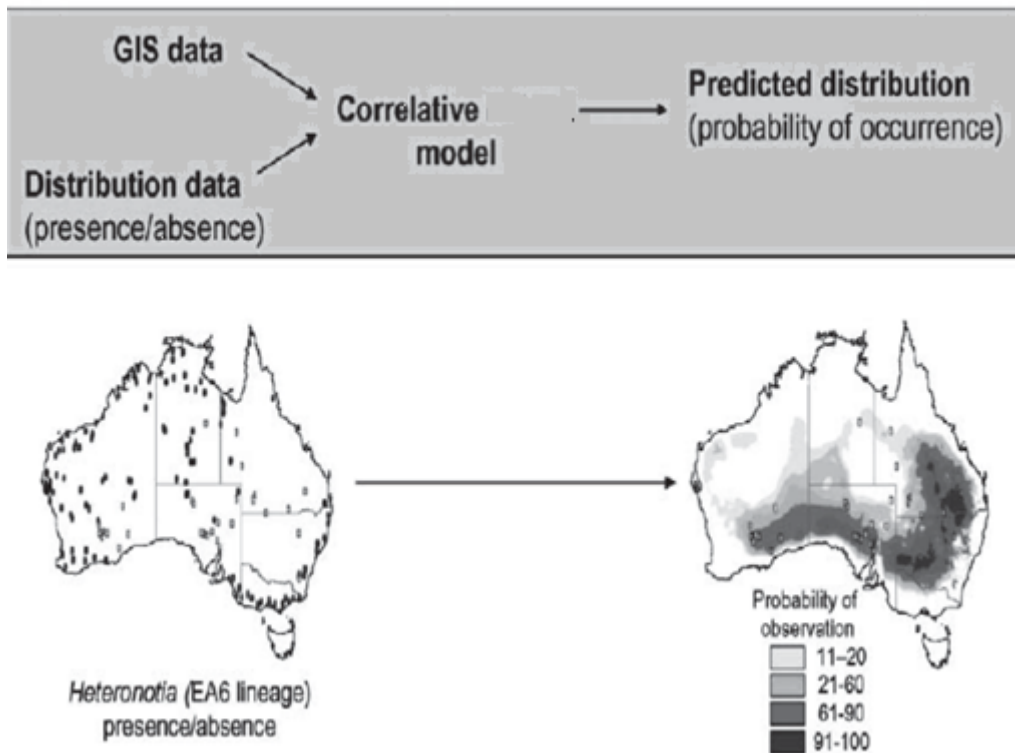
**Figure 12:** Schéma synthétique présentant l'approche mécaniste pour prédire la distribution d'une espèce de gecko australien (*Heteronotia*).

Les mécanismes des interactions entre les propriétés de l'organisme et les conditions environnementales sont modélisés pour déterminer leur conséquence sur la fitness et sont spatialisés dans le paysage (Kearney et al., 2004).

### III .9.2 Modèles corrélatifs

Les méthodes corrélatives ou appelées empiriques ou statistiques modèles basés sur les niches «Niche-based models» élaborent directement les relations statistiques entre l'occurrence des espèces et leur environnement pour quantifier implicitement le processus limitant la distribution des espèces. Pour cela, il est nécessaire d'avoir d'une part, des données sur la répartition de l'espèce et d'autre part des données spatialisées des variables environnementales (climatiques, topographiques,...).

L'approche corrélative ne nécessite pas une connaissance a priori de l'autécologie des espèces, est largement développé depuis le milieu des années 90 et favorisé par la disponibilité croissante de modèles statistiques performants, d'atlas et bases de données floristiques géo référencées, de données environnementales spatialisées et de Systèmes d'Information Géographique (SIG) (Bertrand, 2012).



**Figure 13:** Schéma synthétique présentant l'approche corrélative pour prédire la distribution d'une espèce de gecko australien (*Heteronatiabinoei*).

Dans l'approche corrélative, les données de distribution (présence/absence) et les variables environnementales spatialisées (SIG) sont associées statistiquement, souvent dans la forme d'un modèle de régression, afin d'être interpolées à l'ensemble de la zone d'étude couverte par les variables environnementales pour prédire les probabilités d'occurrence de l'espèce (Kearney et al. 2003).

Il existe deux grands types de données qui peuvent caractériser la distribution des espèces :

Les données de présence seule (PS) et les données de présence absence (P/A).

Les données PS sont les plus fréquentes et adressent le plus grand nombre d'espèces de manière historique et à large échelle (Graham et al., 2004). En effet, quantifier avec robustesse l'absence d'une espèce demande beaucoup de moyens sur le terrain pour s'affranchir des contraintes de détectabilité, de rareté ou de mobilité. Les bases de données d'observations ponctuelles ou les atlas correspondent exactement à ce type de données et sont d'ailleurs de plus en plus accessibles (mise à disposition en ligne de bases de données

mondiales ; <http://www.gbif.org>). De même, de plus en plus de variables environnementales spatialisées sont disponibles gratuitement en ligne (**Sillero et Tarroso, 2010**).

Ainsi l'intérêt fondamental de modéliser la distribution d'une espèce est de pouvoir identifier les facteurs limitant et/ou déterminant la répartition des espèces. Les algorithmes utilisés permettent d'expliquer les réponses de l'espèce face à chacun des facteurs pris en compte. Il est possible alors de projeter ces réponses dans un autre environnement spatial et/ou temporel afin de prédire. Ces méthodes vont également implicitement capturer l'ensemble des processus écologiques faisant le lien entre l'environnement et les données d'occurrence. Le choix des variables environnementales est donc fondamental car ce sont ces processus qui seront directement projetés vers un nouvel environnement spatial et/ou temporel (**Guisan et Zimmermann, 2000**).

### **III.10. Les modèles SDMs**

On trouve les précédents modèles statistiques de type SDM sous les noms de (Species Distribution Model). Ces derniers combinent les données de l'espèce avec des paramètres environnementaux pour générer des cartes de qualité d'habitat suivant différentes méthodes. Ils sont une approche alternative qui permet d'utiliser efficacement les observations et prouver ensuite les interprétations ainsi que la compréhension de la distribution des espèces (**Walaa, 2012**).

### **III.11. L'utilisation des données de présence/absence**

Lorsque les données de présence et d'absence sont disponibles, la réponse de la distribution des espèces en relation avec les variables potentiellement explicatives se présente comme binaire (présence/absence). Plusieurs méthodes statistiques se basant sur cette approche sont couramment utilisées (**Augustin et al., 1996; Lehmann et al., 2002**).

Cet outil statistique a été largement utilisé dans la plupart des études pour analyser les données et les variables éco-géographiques indépendantes (données topographiques, écologiques et même d'infrastructure humaine. Il permet de prédire les habitats favorables à une espèce donnée et d'expliquer sa distribution selon les variables sans avoir besoin de connaître le lien fonctionnel entre ces variables et l'espèce.

### III.11. 1 Modèles se basant sur des données de présence seule

Pour faire face au manque de données d'absence précises et assez fiables de nouvelles méthodes de modélisation ont été développés. Ces dernières se basent uniquement sur des données de présence afin de prédire la distribution de l'espèce et extrapoler l'observation locale, sur l'ensemble du site d'étude, en fonction des variables éco-géographiques (**Hirzel et Guisan 2002; Elith et al., 2006; Phillips et Dudik 2008**). Les SDMs qui intègrent à cette nouvelle approche sont indifférents aux sources et aux modes de collectes des données (**Preston et al., 2006; Franklin 2009**). Ces méthodes ne font pas donc appel à des échantillonnages rigoureux de terrain (enjeux de temps et d'argent) notamment dans les zones de montagne (accessibilité difficile) (**Guisan and Zimmermann, 2000**).

Parmi les méthodes qui se basent sur des données de présence seule, les modèles de maximum d'entropie, comme la méthode MaxEnt (**Phillips et al., 2006**), largement utilisé est adopté pour réaliser nos traitements de modélisation.

**CHAPITRE IV**  
**MATERIEL ET**  
**METHODES**

## IV.1. Description des données utilisées

### IV.1.1. Les variables environnementales

Les variables climatiques de l'Est Algérien utilisées pour construire le modèle de distribution de chêne liège sont de nature climatique, ils ont été extraites à partir de base données WorldClim (<http://www.worldclim.org/bioclim>) (**Hijmans et al., 2005**).

Les 19 variables sont codés comme suit :

BIO 1 : Température moyenne annuelle, BIO2 : Moyenne amplitude diurne (Moyenne Mensuelle de (temp max - min temp) ), BIO 3 : Isothermalité (variation saisonnière  $BIO2/BIO7^* (100)$ ), BIO4 : Saisonnalité de la température (de type  $\text{Écart} * 100$ ), BIO5 : Température maximale de mois le plus de chaud , BIO6 : Température minimale de mois le plus de froid, BIO7 : Plage de température annuelle ( $BIO5 - BIO6$ ), BIO8 : Température moyenne de trimestre le plus de humide, BIO9 : Température moyenne de trimestre le plus de sec, BIO10 : Température moyenne de trimestre le plus de chaud \*, BIO11 : Température moyenne de trimestre le plus froid, BIO12 : Précipitation annuelle, BIO13 : Précipitations de mois le plus les humide , BIO14 : Précipitations de mois plus le sec, BIO15 : Saisonnalité des précipitations (coefficient de variation), BIO16 : Précipitations de trimestre le plus de humide, BIO17 : Précipitation de trimestre le plus sec, BIO18 : Précipitation de trimestre le plus chaud et BIO19 : Précipitation de trimestre le plus froid.

Ces variables ont été conçues et principalement utilisées pour la modélisation de niches écologiques (**Hijmans et al., 2005**).

Pour les projections climatiques futures à l'horizon 2050 et 2070, un modèle de circulation générale (Global Circulation Models: GCMs), parmi les plus recommandés a été utilisé ; le modèle HadGEM2-ES (Hadley Global Environment Model 2 - Earth System) établie par le centre d'Hadley pour la recherche et prédiction climatique (Hadley centre for climate prediction and research). Les réalisations supplémentaires apportés par l'Institut National de Recherche spatiale libre) dans le cadre d'un scénario d'émissions des gaz à effet de serre de 4,5 et 8,5 ppm pour les RCP45 et RCP85 respectivement.

## IV.2. Données d'occurrence spatiale de chêne liège

La localisation des données de présence ont été extraites à partir des cartes de végétation prises avec leurs coordonnées géographiques, en suite la base de données a été complétée par les points de présence disponibles sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (voir [www.gbif.org](http://www.gbif.org)).

## IV.3. Modélisation

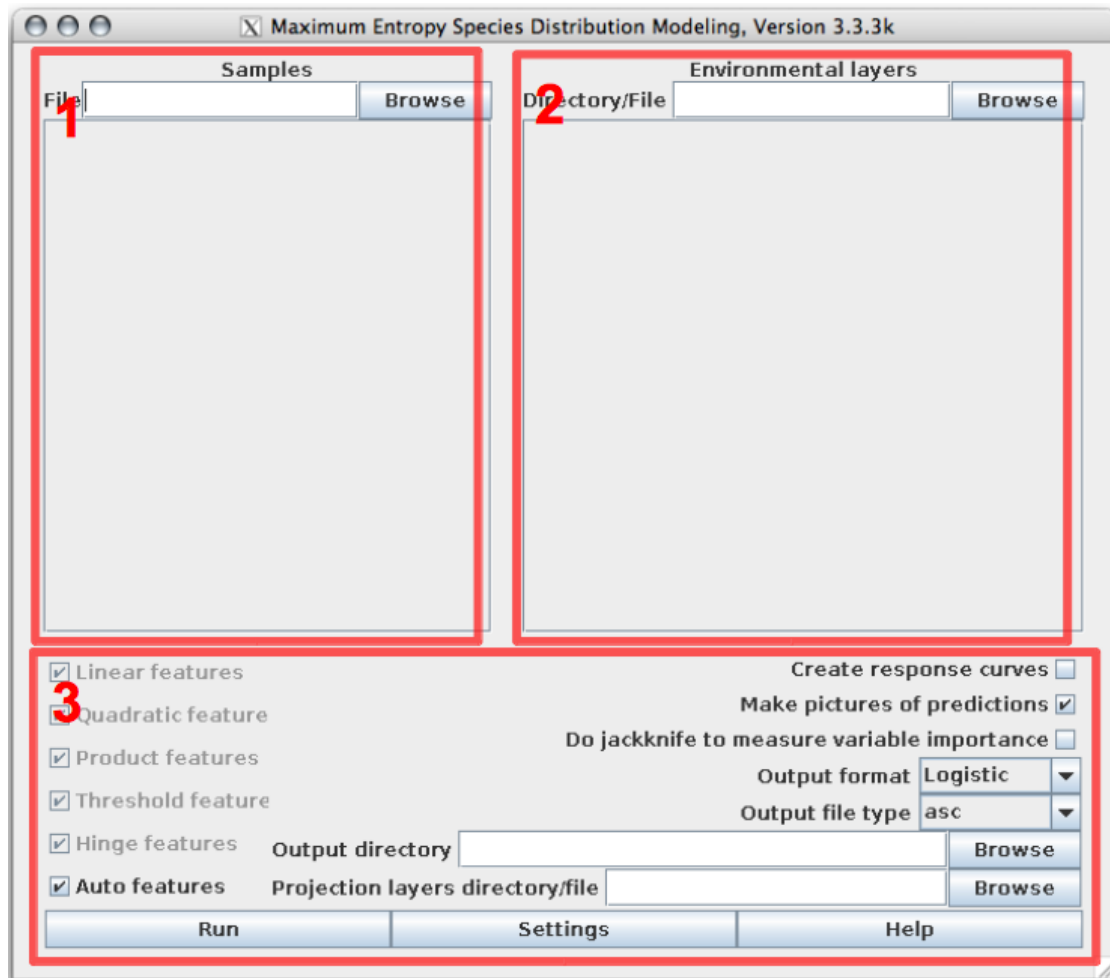
La modélisation de niche climatique est un outil qui sert à évaluer rapidement l'impact potentiel du forçage sur la répartition des espèces et des écosystèmes. Des déplacements futurs de la niche climatique sont ensuite estimés en fonction des projections climatiques futures des modèles de circulation globale. Une approche statistique corrélative est utilisée pour la modélisation des aires favorables de chêne liège pour les situations actuelles (1950-2000) et des prévisions pour les horizons 2050 et 2070.

Le programme MaxEnt (**Phillips, Anderson et Schapire, 2006**) a été utilisé pour élaborer l'enveloppe climatique actuelle et futur relative à la présence naturelle de l'espèce étudiée.

## IV.4. Description de la méthode utilisée (MaxEnt)

MaxEnt est un programme qui utilise le principe de l'entropie maximale avec une formulation mathématique simple et précise qui a été appliquée avec succès à la modélisation de la distribution de plusieurs espèces biologiques (**Phillips et al., 2006 ; Elith et al., 2006**).

MaxEnt utilise des données environnementales (climatiques) pour obtenir des résultats sous forme de probabilités d'occurrence ou de présence des espèces. Ces données de l'environnement sont appliquées à des données géo référencées de l'espèce sous étude pour construire la distribution géographique de l'espèce en probabilité d'occurrence (**Elith et al., 2006**). MaxEnt a montré de meilleurs résultats de prédiction de la distribution des espèces que d'autres modèles.



**Figure14 :** Représentation simplifié de modèle MaxEnt.

- 1- Liste de la localisation de présence de l'espèce.
- 2- Liste des variables environnementales.
- 3- Les outils les plus avancés, répertoire de sortie et d'autres paramètres.

#### **IV.5. Les courbes de réponse des variables**

Les courbes de réponse des variables environnementales ont été créées par le programme MaxEnt. Elles montrent comment la prédiction repose sur les variables explicatives, ce qui décrit les exigences écologiques de l'espèce (la niche écologique) (Buermann et al., 2008, Yost et al., 2008).

#### IV.6. Evaluation du modèle

Plusieurs analyses sont produites au cours du calcul du modèle afin d'évaluer sa pertinence. Parmi eux, les plus significatifs sont :

- **AUC**

La robustesse du modèle est testée par la Courbe Caractéristique d'Opération ROC (Receiver Operating Characteristic) et le calcul de sa valeur l'Aire Sous la Courbe AUC associée (Area Under Curve). La performance du modèle a été évaluée en utilisant la statistique AUC (**Phillips et al., 2006**).

Des valeurs d'AUC comprises :

- entre 0,5 et 0,7 correspondent à des modèles mauvais à médiocre.
- entre 0,7 et 0,8 à des modèles corrects.
- entre 0,8 et 0,9 de bons modèles.
- puis 0,9 et 1 à très bons modèles (**Swets, 1988**).

- **Jackknif**

Les variables bioclimatiques ont été soumises à un test de Jackknif qui consiste à une évaluation pour chaque variable, de son apport au modèle. Cet outil permet donc d'obtenir une vision claire de l'apport de chaque variable au modèle.

**CHAPITRE V**  
**RESULTAT ET**  
**DISCUSSION**

## V.1. Résultats

### V.1.1. La contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution du chêne liège

En fonction de leurs contributions, au total de onze variables environnementales ont été maintenues pour tourner le modèle. Il s'agit de: BIO15, BIO16, BIO12, BIO19, BIO7, BIO3, BIO10, BIO, BIO14, BIO4, BIO2 et BIO6.

**Le Tableau02** : Représentation de la contribution des 12 variables retenus dans la période (1950-2000) :

Variables	Contribution en (%)
BIO_15	52.3
BIO_16	16.1
BIO_12	8.6
BIO_19	8.5
BIO_7	4.7
BIO_3	2.9
BIO_10	2.3
BIO_8	1.7
BIO_14	1.2
BIO_4	1.2
BIO_2	0.4
BIO_6	0.2

Les Tableaux 3, 4, 5 et 6 présentent les 4 variables les plus importants dans les périodes 2050 et 2070.

**Tableau 03 :** Représentation des 4 variables les plus importants dans la période 2050 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario (RCP45).

Variables	Contribution en (%)
BIO_15	60.5
BIO_4	15.3
BIO_19	9.7
BIO_12	6.5

**Tableau 04 :** Représentations des 4 variables les plus importants dans la période 2050 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario (RCP85)

Variables	Contribution en (%)
BIO_15	54.4
BIO_4	13.9
BIO_16	11.8
BIO_12	8.5

**Tableau 05 :** Représentations des 4 variables les plus importants dans la période 2070 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario (RCP45).

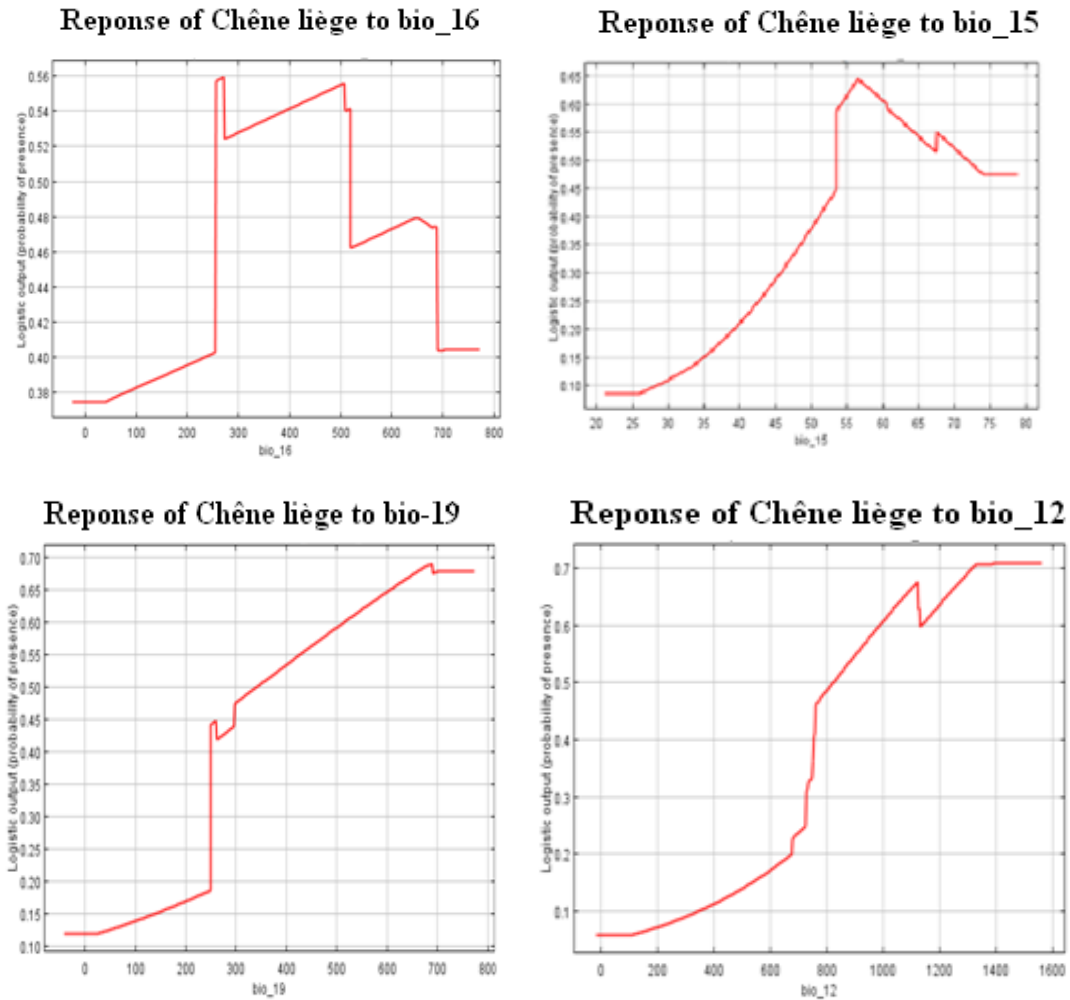
Variables	Contribution en (%)
BIO_15	64.2
BIO_4	11.5
BIO_19	7.2
BIO_12	4.8

**Tableau 06 :** présent les 4 variables les plus importants dans la période 2070 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario (RCP85).

Variables	Contribution en (%)
BIO_15	41.1
BIO_4	29.2
BIO_16	12.7
BIO_10	4

**V.1.2. Les courbes de réponse**

Les courbes générées par MaxEnt ci-dessous représentent les variables environnementales les plus contributives qui expliquent la distribution de chêne liège. Ce sont BIO15, BIO16, BIO12 et BIO19.

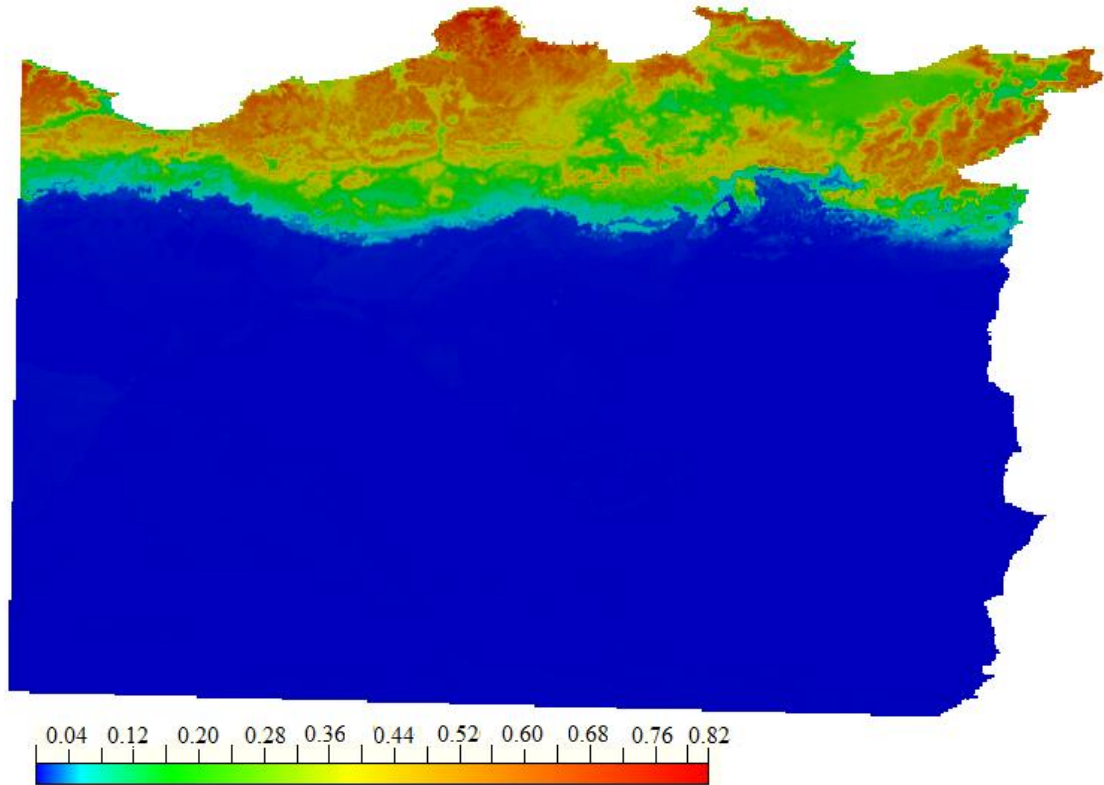


**Figure15 :** Les courbes de réponse du chêne liège aux variables environnementales les plus contributives.

**V.1.3. La distribution actuelle**

Les principales subéraies sont situées essentiellement en zones humide et subhumide du Nord-Est de l'Algérie jusqu'à la frontière Tunisienne, où elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200 à 1500 m d'altitude. Elles se présentent en massif continu surtout le long de la zone littorale. Les résultats de modélisation montrent que globalement, les aires qui sont actuellement très favorables pour chêne liège sont essentiellement localisées dans les régions suivantes Jijel, Skikda, El taraf et Annaba

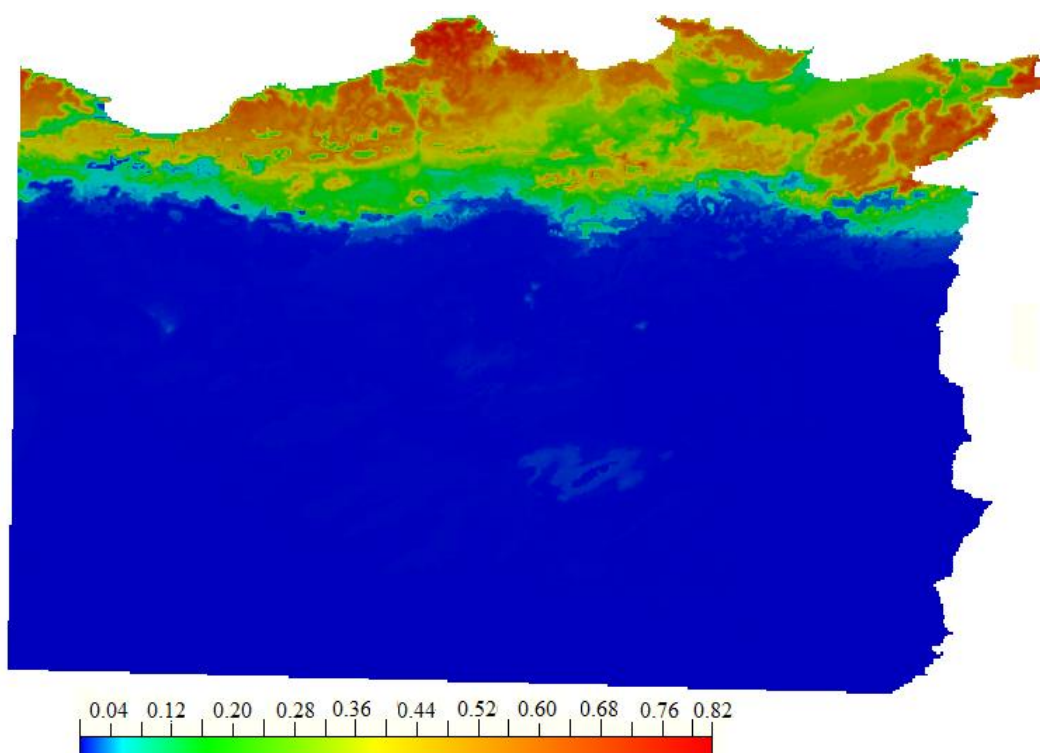
Ces dernières semblent être propices pour la croissance et le développement de cet arbre. Lorsque cette distribution est pondérée par le seuil du modèle MaxEnt (figure16), nous constatons que les régions propices restantes sont Bejaia, Guelma, Mila, Souk- Ahras, Constantine et Sétif.



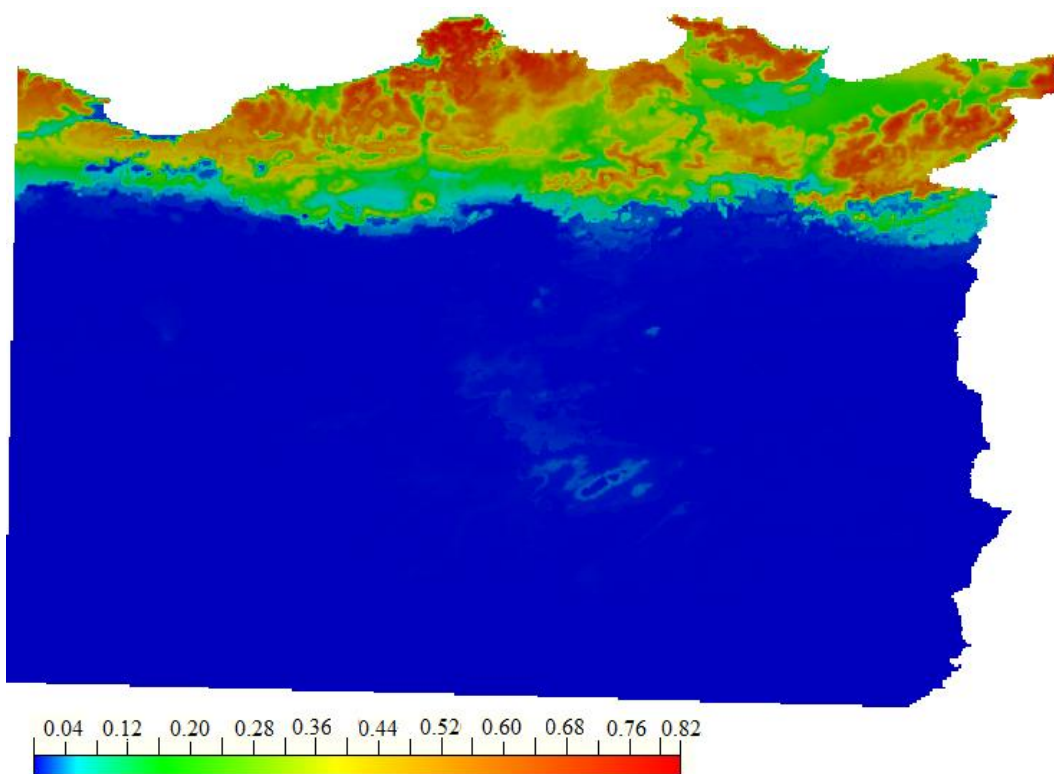
**Figure16** :La distribution actuelle (1950-2000) du chêne liège en l’Est Algerien selon le programme MaxEnt.

#### V.1.4. La distribution à venir de chêne liège

Dans le cadre du scénarioHadGEM2-ES pour les émissions des gaz à effet de serre de 4,5 et 8,5 ppm, pour les RCP45 et RCP85 respectivement, utilisés ont montré des changements mineurs entre la distribution actuelle et celle à venir (figures17et 18). Les prévisions de la distribution en 2050 et 2070prédisent une légère diminution des aires de distribution. Les résultats indiquent que les régions de Bejaia et Jijel dans de la zone d’étude qui avaient être prédite propice pour les conditions actuelles sont prédite moins favorable au futur pour les deux périodes et pour l’ensemble des Rcp. On observe une légère baisse de la probabilité d’occurrence du chêne liège par rapport à sa distribution actuelle.

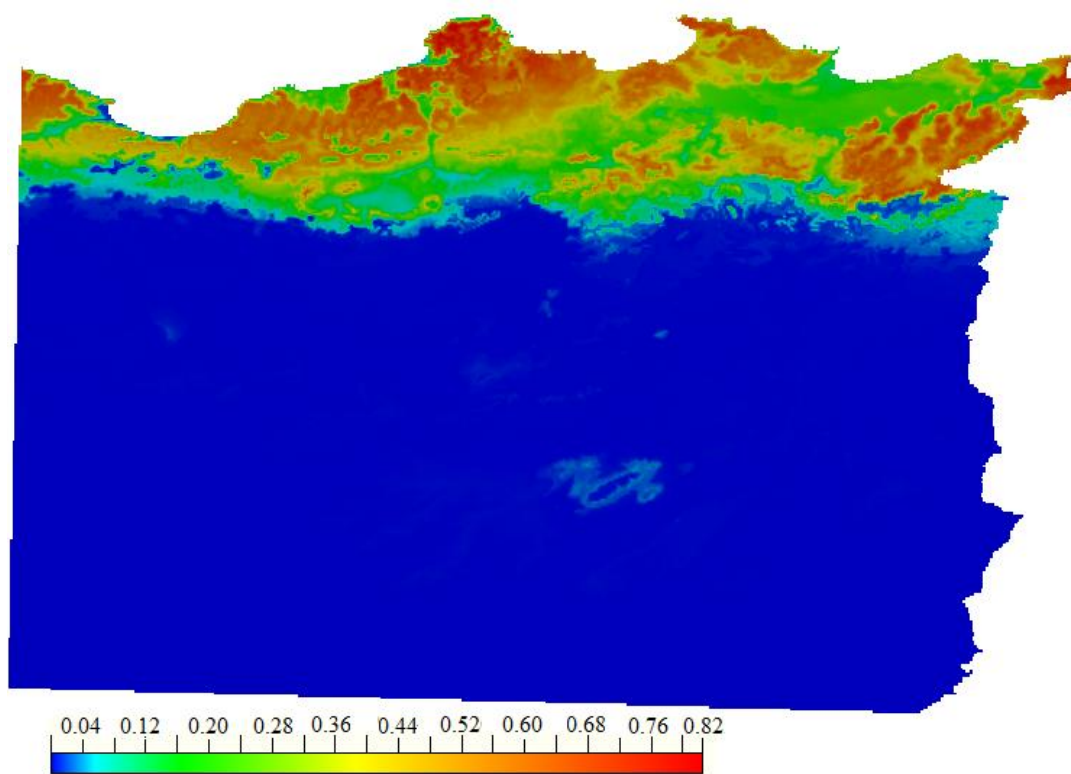


RCP45-2050

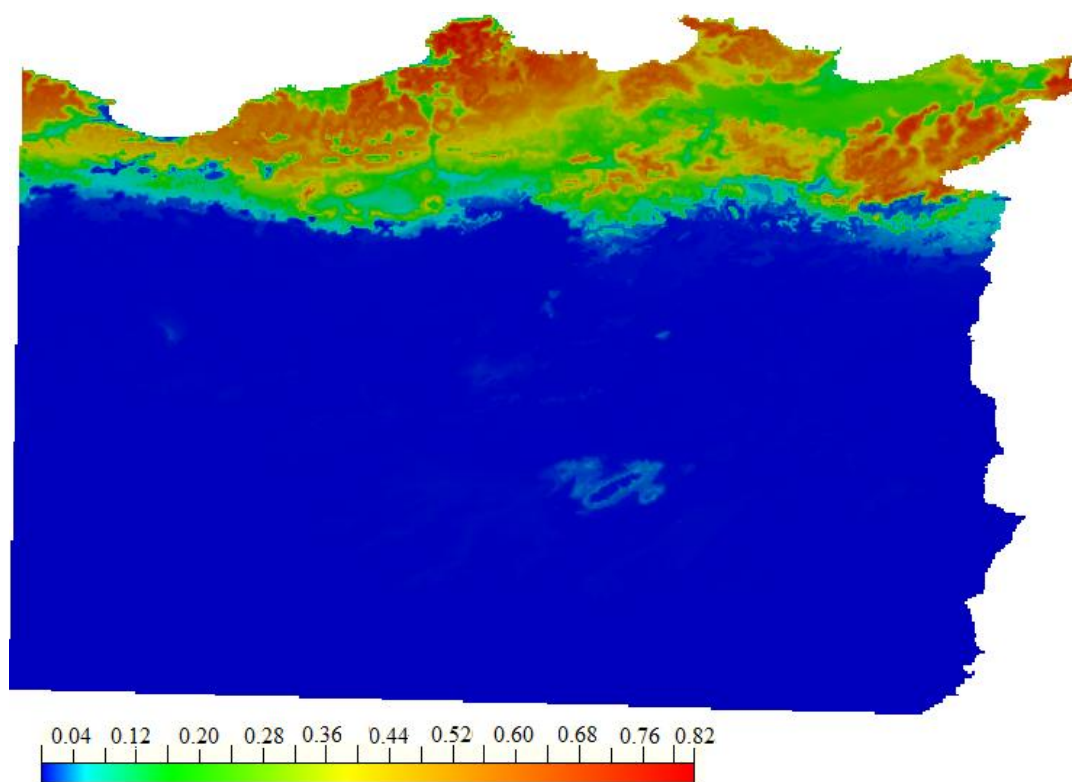


RCP85-2050

**Figure17** : Modélisation de la probabilité d'occurrence du chêne liège en 2050



RCP45-2070



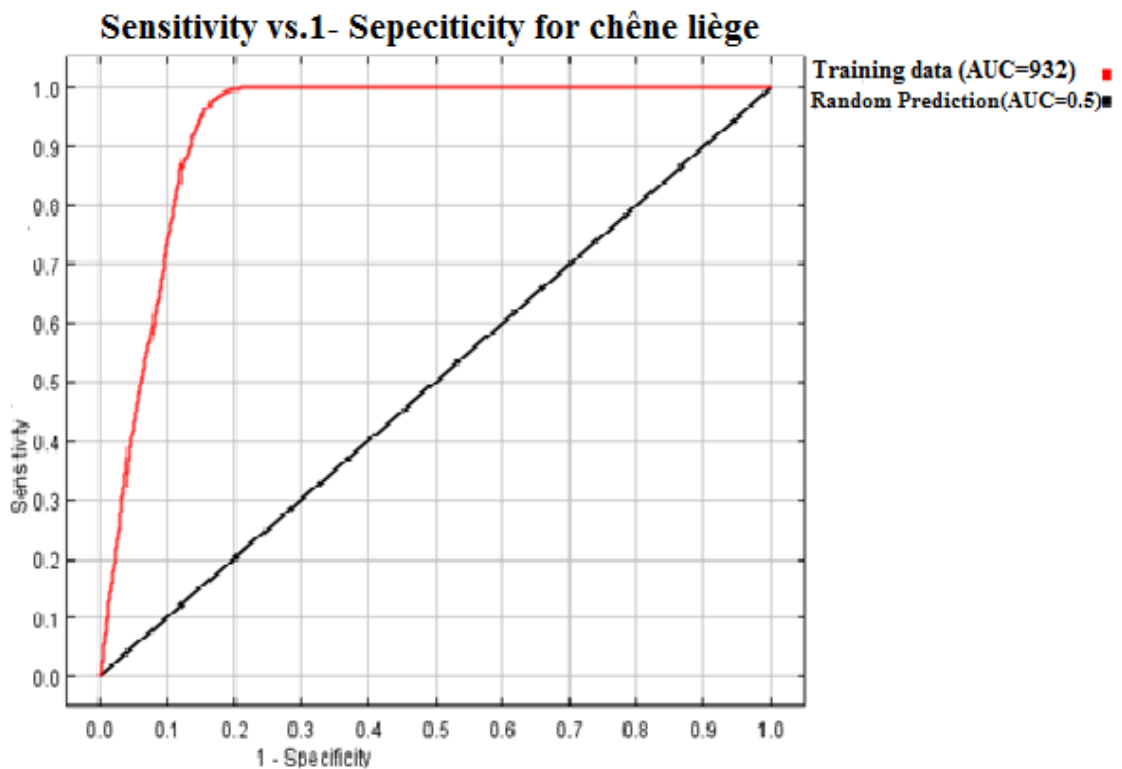
RCP85-2070

**Figure18** : Modélisation de la probabilité d'occurrence du chêne liège en 2070

### V.1.5. La validation du modèle

- Valeur AUC

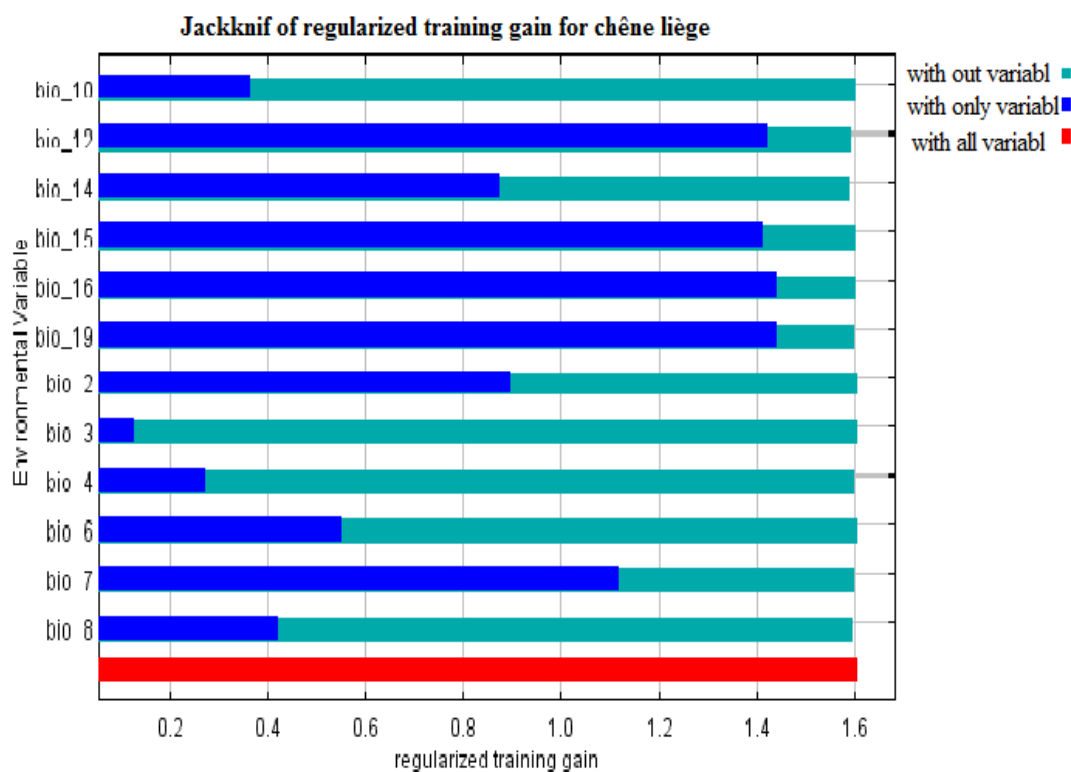
Le modèle de prédiction de la distribution du chêne liège utilisé a montré un niveau de performance acceptable avec des valeurs d'AUC au calibrage de 0,93 d'après le test du modèle MaxEnt. Cela dénote que la plupart des points de présence du chêne liège ont été prédites de manière satisfaisante au vue du seuil de probabilité (0,93) de AUC. Donc ce modèle est de bonne qualité.



**Figure19** : Analyse de la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) et de la valeur d'AUC (Area Under Curve) donnée par MaxEnt.

- **Jackknif**

L'image suivante montre les résultats du test jackknif donnée par MaxEnt. La variable d'environnement avec gain le plus élevé est Bio-16, qui semble donc avoir l'information la plus déterminante.



**Figure 20 :** Les variables environnementales réalisés par le test de jackknif pour le modèle de niche écologique du chêne liège.

Pour chaque variable, la barre bleue correspond à la performance du modèle (regularized training gain) lorsqu'il est calculé uniquement avec la variable considérée, la barre bleu-verte est la performance du modèle sans cette variable et la barre rouge correspond à la performance totale du modèle.

## V.2. Discussion

### V.2.1. Analyse de la contribution des variables environnementales

La carte de la distribution des conditions climatique pour la période 1950-2000 du chêne liège montre que l'espèce s'étend du Nord-Est de l'Algérie jusqu'à la frontière Tunisienne.

Les aires favorables au son développement sont essentiellement localisées dans les régions littorales qui se caractérise par un climat humide et subhumide. En effet la saisonnalité des précipitations (BIO15) montre un pouvoir prédictif très élevé, il est à signaler que ces résultats méritent d'être interprétés avec attention en considérant les caractéristiques écologiques de l'espèce. Ainsi, *Quercus suber* est une espèce des zones humides et subhumides nécessite une pluviométrie allant de 400 à 1200 mm par an, voire 1700 mm (Dehane, 2012) et des températures moyennes annuelles comprise entre 13°C et 16°C (Karoune, 2008). Les résultats confirment que les précipitations et la température moyenne ont été identifiées comme les variables environnementales les plus déterminants de la distribution du chêne liège (Tableau 02). Donc prédiction avec les conditions climatiques actuelles (1950-2000) des aires favorables au chêne liège s'accord avec la répartition du chêne liège selon la carte Tunis Sfax.

Cependant, la prédiction de la distribution à venir pour les deux périodes (2050 et 2070) et les deux RCP45 et RCP85 du chêne liège montre l'Aire de distribution a légèrement diminuer, plus marquer dans la région des Baborsentre Bejaia et Jijel (Figure17et 18). La saisonnalité de la température (BIO4) et le variable explicatif le plus déterminant pour les simulations futur en seconde position viens le variable les précipitations de trimestre le plus de humide (BIO16). Ces résultats confirment que le forçage climatique affectera la répartition spatiale de l'espèce.

### V.2.2. Modélisation et fiabilité du modèle

La modélisation des niches écologiques a souvent été citée comme un puissant outil pour cartographier la distribution actuelle et future des espèces et prédire l'impact des changements climatiques sur leur distribution (Nakao et al., 2010).

Dans le cadre de cette étude, en général, les projections climatiques futures (HadGEM2-ES) à l'horizon 2050 et à l'horizon 2070, montrés que les probabilités de

présence d'espècevaris peu pour les RCP45 et RCP85, indiquant que la distribution spatiale des zones propices au développement de chêne liège changera légèrement (Figure17 et 18).

L'élévation des températures pour les périodes 2050 et 2070 pour le variable de Saisonnalité de la température (BIO4) et la diminution considérable des précipitations de trimestre le plus de humide (BIO16) sont les principaux variables qui pourront affecter la répartition spatiale du chêne liège (Tableau 02), en particulièrement dans les régions de Bejaia et Jijel.

# CONCLUSION

## **Conclusion**

La répartition géographique de l'espèce est définie par ses exigences écologiques qui varient selon les particularités des aires qu'elle occupe, notamment les facteurs climatiques.

Les prévisions climatiques à venir pour les deux périodes (2050 et 2070) et pour les deux scénarios d'émission des gaz à effet de serre RCP45 et RCP85 indiquent les zones propices au développement du chêne liège a légèrement diminué en particulier dans la région du massif des Babors entre Bejaia et Jijel.

Les résultats révèlent que la répartition géographique de cette essence forestière est déterminée sous l'influence des changements climatiques. Ces derniers semblent donc confirmer le fait que les facteurs climatiques tels que les précipitations et la température sont les facteurs les plus déterminants, point de vue distribution du chêne liège.

L'évaluation de la qualité de modèle montre que la plupart des points de présence du chêne liège ont été prédites de manière satisfaisante au vue du seuil de probabilité (0,93) d'AUC. Donc ce modèle est de bonne qualité.

Ces résultats, permettrons évaluer l'espace qu'occuperale chêne liège au futur en Algérie Orientale, pourront servir comme outil d'aide à la décision dans différentes actions (i) Faciliter la planification d'opérations qui, si elles devenaient nécessaires, pourraient contribuer à la conservation de chêne liège contre le forçage du climat futur et de l'action anthropique, (ii) améliorer la capacité adaptative de l'espèce afin de réduire leur vulnérabilité aux effets du changement climatique.



# Références bibliographiques :

1. **Akpoué-Blache, P. (2012).** Modélisation bayésienne des changements aux niches écologiques causés par le réchauffement climatique. Thèse de doctorat: statistique. Montréal: Université de Montréal, pp 6-7.
2. **Arnesen, G., Joly, D., Nilsen, L. (2008)** .Modélisation de la distribution des plantes arctiques vasculaires : Exemple de l'archipel de Svalbard dans l'arctique européen. Journées de Climatologie ,13-14 mars, 11p.
3. **Augustin, N.H.M., Muggleston, A-S., Buckland, T. (1996).** "An Autologistic Model for the Spatial Distribution of Wildlife." *Journal of Applied Ecology*, 33. (2), 339-347.
4. **Austin, M., P. (2002).** "Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling." *Ecological modelling* ,157. (2-3), 101-118.
5. **Basille, M., Calenge, C., Marboutin, E ., Andersen, R ., Gaillard, J.M. (2007).**Rapport scientifique- Caractérisation de l'habitat à partir de données de présence : le cas du lynx dans les Vosges. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage ,21p.
6. **Beaumont, L.J., Hughes, L., Poulsen, M. (2005).** Predicting species' distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological n Modelling*, 186, 250–269.
7. **Belaidi, A. (2010).**Etude comparative de trios provenances de chêne-liège (*quercus suber* l) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de gerbes (Wilaya de Skikda). Mémoire de Magistère: Gestion durable des écosystèmes forestiers. Batna: Université El Hadj Lakhdar, pp5-10.
8. **Belhocine, L. (2013).**Les champignons associés au platypus cylindrus fab. (coleoptera, curculionodae, platypodinae) dans un jeune peuplement de chêne-liège de la forêt de M'sila (Oran, nord-ouest d'Algérie) : Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. Thèse Doctorat : science forestières. Tlemcen: université Abou Bakr Belkaid, pp8-11.

9. **Bertrand, R. (2012).**Réponse spatio-temporelle de la végétation forestière au réchauffement climatique Evaluation du remaniement de la végétation et caractérisation de l'effet des facteurs écologiques et géographiques le modulant à l'échelle de l'espèce et des communautés. Thèse de doctorat: Sciences Forestières et du Bois .France: L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), pp33- 50.
10. **Boavida, L. C. (2005)** .L'essor économique du Maroc en 1917:Les résultats acquis les perspectives d'avenir. Terre et vie, 87,9-10.
11. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière Nord Africaine. Tome(2) Fasc.1. Monographie et traitement des essences forestières. Edition, Larose, Paris. 525p.
12. **Bouhraoua, R. T., Villemant, C., Khelil, M. A., Bouchaour, S. (2002).**Situation sanitaire de quelques subéraies de l'Ouest algérien : impact des xylophages, IOBC/wprs Bull, 25. (5), 85-92.
13. **Buermann ,B., Saatchi ,S., Zutta ,B., Chaves ,J., Mila ,B., Graham ,C ., Smith, T .(2008).** Application of remote sensing data in predictive models of species' distribution. Journal of Biogeography, 35, 1160–1176.
14. **Calenge, C. (2005).**Des outils statistiques pour l'analyse des semis de points dans l'espace écologique. Thèse de doctorat: Biométrie et biologie évolutive. Villeurbanne: Université Claude Bernard Lyon I, pp 16-17.
15. **Cantat, R., Biazetta, R. (2005).**La levée de liège. Institut méditerranéen de liège.
16. **Chase, J.M., Leibold, M.A. (2003).** Ecological niches: linking classic and contemporary approaches. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 212p.
17. **Chenel, P. (1951).** Le liège en Algérie : Importance et répartition. In: Annales de Géographie. 1951, t. 60, n°321.p296
18. **Cheriet, C. (2009).**La Subéraie Algérienne Dans le bassin : Importance, répartition et méditerranéen diagnostic écologique. Conservation des forêts de la wilaya de Tizi Ouzou, Université de Tlemcen, 19 octobre 2009, p4.
19. **Cote, M. (1983).** L'espace Algérien les prémices d'un aménagement, 21p.
20. **Cote, M. (1983).** L'espace Algérien les prémices d'un aménagement, p 21.

21. **Cox, C.B., Moore, P.D. (2010).** Biogeography: an ecological and evolutionary approach Eighth 4 Edition. John Wiley & Sons, Inc, London, 100p.
22. **Dehane, B. (2012).** Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne –liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies oranaises: M'sila(W.Oran) et zariéffet (W.Tlemcen). Thèse de doctorat : Sciences d'Agronomies et des Forêts. Tlemcen: Université Abou bakr Blekaid, pp34-35.
23. **Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., Jiguet, F. (2008).** Birds are tracking climate warming, but not fast enough. Proc. R. Soc. B, 275, 2743-2748.
24. **Dubief, J. (1953) (in MEBARKI Azzedine).** Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara, GGA Direction du Service de la colonisation et de l'hydraulique, service des Etudes Scientifiques Alger, p 457.
25. **El Aantry tazi, S., Abourouh, M et Aafi, A. (2008).** Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. Ann. Rech. For. Maroc. Tome special, 39, 9-18.
26. **Elith, J.C.H., Graham, R.P., Anderson, M., Dudik, S., Ferrier, A., Guisan, R.J., Hijmans, F., Huettmann, J. R., Leathwick, A., Lehmann, J. Li. L. G., Lohmann, B. A., Loiselle, G., Manion, C., Moritz, M., Nakamura, Y., Nakazawa, J. M., Overton, A. T., Peterson, S. J., Phillips, K., Richardson, R., Scachetti-Pereira, R. E., Schapire, J., Soberon, S., Williams, M. S., Wisz., Zimmermann N.E. (2006).** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29,129-151.
27. **Elton, C. (1927).** Animal ecology. Sidgewick and Jackson, London, 207p.
28. **FAO. (2005).** Utilisation des engrais par culture en Algérie. 56 p.
29. **Faurie, C., Ferra, CH., Médori, P., Dévaux, J., Hemptinne, J.L. (2012).** Ecologie : Approche scientifique et pratique. 6 éditions. Paris: Editions Tec et DOC ,38p.
30. **Fosa. (2002).** L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique, p 61.
31. **Franklin, J. F., R. Forman, T.T. (1987).** "Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles." Land scape Ecology, 1, 5-18.
32. **Fraval, A. (1991).** Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne liège en forêt de la Mamora. Ann. Rech. For. Maroc, T ,25 ,102-118.

33. **GIEC. (2014).** Cinquième rapport du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat. (www.ipcc.ch).
34. **Goreaud, F. (2000).** Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse doctorat : sciences forestière. Ingref : centre de Nancy, 525p.
35. **Graham, C.H.S.R., Ron, J.C., Santos, C.J., Schneider., Moritz C. (2004).** Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution*, 58, 1781-1793.
36. **Grinnell, J. (1917).** The Niche-Relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34,427-433.
37. **Gross, N. (2007).** Mécanismes de structuration des prairies subalpines: apport des traits fonctionnels. thèse doctorat : Biodiversité, Ecologie, Environnement. Grenoble: l'université J. Fourier – Grenoble, pp 1-25.
38. **Grubb, P.J. (1977).** Maintenance of species-richness in plant communities - Importance of regeneration niche. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 52, 107-145.
39. **Guillon, M. (2006).** De la physiologie à la répartition: adaptations climatiques et sensibilité thermique chez une relique glaciaire. Thèse de doctorat: Physiologie, biologie des organismes, populations, interactions, Poitiers: Université de Poitiers, pp 29-34.
40. **Guisan, A., Zimmermann, N.E. (2000).** Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling*, 135,147-186
41. **Hijmans R, Cameron S, Parra J, Jones P & Jarvis A (2005).** The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 1.3. <http://biogeo.berkeley.edu>
42. **Hirzel, A.H.J., Hausser, D., Chessel., Perrin, N. (2002).** Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 83, 2027- 2036.
43. **Hutchinson, G. (1957).** Concluding remarks. In cold springharbour symposium, volume 22, pages 415–427. *Quantitative biology*. Industries du vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), 36P.
44. **Karoune, S. (2008).** Effets des boues résiduares sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.).Mémoire de Magister: Gestion et

pathologie des écosystèmes forestiers. Constantine: Université Mentouri Constantine, 60p.

- 45. Kearney, M., Moussalli A., Strasburg J., Lindenmayer, D., Moritz C. (2003).** Geographic parthenogenesis in the Australian arid zone: I. A climatic analysis of the *Heteronotiabinoei* complex (Gekkonidae). *Evolutionary Ecology Research*, 5,953-976.
- 46. Kearney, M., Phillips, B. L., Tracy, C. R., Christian, K. A., Betts, G., Porter, W. P. (2008).** Modelling species distributions without using species distributions: the cane toad in Australia under current and future climates. *Ecography*, 31,423-434.
- 47. Kearney, M., Porter, W. (2009).** Mechanistic niche modeling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology Letters*, 12, 334-350.
- 48. Kearney, M., Porter, W.P. (2004).** Mapping the fundamental niche: Physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. *Ecology*, 85, 3119-3131.
- 49. Lauzeral,C.(2012).** Prédiction du potentiel d'invasion des espèces non natives par des modèles de niche : approches méthodologiques et applications aux poissons d'eau douce sur le territoire français. Thèse de doctorat : Ecologie. Toulouse : Université Toulouse III - Paul Sabatier, 18P.
- 50. Lehmann, A.J., Overton, M., Austin, P. (2002).** "Regression models for spatial prediction: their role for biodiversity and conservation." *Biodiversity and conservation*, 11, 2085-2092.
- 51. Lenoir, J., Gégout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P., Brisse, H. ( 2008).** A significant spward, 1768-1771.
- 52. Lepoutre, B. (1965).** Régénération artificielle du chêne liège et équilibre climatique de la subéraies en forêt de Mamora. *Ann. Rech. For, Maroc*, 279p.
- 53. Loiselle, B.A., Howell, C.A., Graham, C.H., Goerck, J.M., Brooks, T., Smith, K.G., Williams, P.H., (2003).** Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology*, 17, 1591–1600.
- 54. Marre, A. (1987).** Etude géomorphologique du tell Oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne. O.P.U, Tome 1, Thèse Doctorat: Univ. Aix Marseille II. 411p.

- 55. Mate (2003).** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, p 465.
- 56. Mate. (2003).** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, 465 p.
- 57. Mebarki, A. (2005).** Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eaux, aménagement et environnement. Thèse doctorat : Université Mentouri, p349.
- 58. Messaoudene, M. (2000).** réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège en Algérie. La forêt Algérienne, n° 3, 5-9.
- 59. Morin, X., Thuiller, W. (2009).** Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change. Ecology, 90, 1301- 1313.
- 60. Nakao, K., Tetsuya, M., Masahiro, H., Ikutaro, T., Nobuyuki, T. (2010).** Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of *Quercus acuta* in Japan. Plant Ecol, 212, 229-243.
- 61. Nedjraoui, D. (2000).** Profil fourrager « Algérie » Rapport. 35 p.
- 62. Peterson, A.T., Robins, C.R. (2003).** Using ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. conservation Biology, 17, 1161–1165.
- 63. Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. (2006).**Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190, 231-259.
- 64. Phillips, S.J., Dudik, M (2008).** Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography, 31, 161-175.
- 65. Piazzetta, R. (2005).**Etat des lieux de la filière liège française. Institut Méditerranéen du Liège – Vivès.
- 66. Rabhi, K. (2011).**Ajustement de modèles hauteur – circonférence – âge pour le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi-Ouzou) : effet de la densité et de la station. Mémoire de Magister : Gestion et Conservation des Ecosystèmes. Tlemcen : Université Abou bekr Belkaïd, pp 13-18.
- 67. Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C., Pounds, J.A. (2003).** Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature, 421,57-60

- 68. Saltré, F. (2010).** Modélisation de la dispersion a grande échelle évolution de l'aire de répartition passée et future du hêtre commun (*fagussylvatica*) en réponse aux changements climatiques. Thèse doctorat : Biologie des Organismes. Montpellier : Montpellier, pp2-25.
- 69. Scheldeman, X., Willemen, L., Coppens D'eeckenbrugge ,G., Romeijn-Peeters, E., Restrepo ,M.T., Romero Motoche ,J., Jimenez, D., Lobo ,M., Medina, C.I., Reyes, C., Rodriguez, D., Ocampo, J.A., Van Damme ,P., Goetghebeur, P.(2007).**Distribution, diversity and environmental adaptation of highland papaya (*Vasconcelleaspp.*) in tropical and subtropical America. *Biodiversity and Conservation* 16(6), 1867-1884.
- 70. Schmidt-laine, C.L., Pave, A. (2008).**La modélisations au cour de la démarche scientifique et à la confluence des disciplines. *Les cahiers du Musée des Confluences*. N°2, 21-34.
- 71. Sillero, N., Tarroso, P. (2010).** Free GIS for herpetologists: free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free/open source software. *Acta Herpetologica*, 5,63-85.
- 72. Swets, J.A. (1988).** Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240, 1285-1293.
- 73. Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B. (2005).** Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 347–357.
- 74. Tristan, C. (2012).** Structure des assemblages fongiques de la phyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel duphyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel du changement climatique. Thèse de doctorat: Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Bordeaux : université Bordeaux, pp1-30.
- 75. Van couwenberghe, R. (2011).** Effets des facteurs environnementaux sur la distribution et l'abondance des espèces végétales forestières aux échelles locales et régionales. Thèse de doctorat: Sciences Forestières et du Bois. France: L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) ,36p.
- 76. Veuillon, S. (1998).**Guide de subériculture des pyrénée Orientale. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude .FIF-ENGREE, France, 37P.

- 77. Walaa, A. (2012).**Influence des indicateurs paysagers et de leur échelle d'intégration sur l'habitat d'une espèce avienne: conséquences sur la modélisation de la qualité de l'habitat de la Gêlinotte des bois dans une perspective de gestion conservatoire. Thèse de doctorat : Modèles, méthodes, algorithmes en biologie. Grenoble : université de Grenoble, pp74-79.
- 78. Yost, A., Petersen, S., Gregg, M., Miller, R. (2008).** Predictive modeling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics*, 3,375-386.
- 79. 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: Ecologie Végétale, Constantine: Université Mentouri de Constantine, pp5-9.
- 80. Zeraia, L. (1981).** Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologique et production subéro-lignieuse dans les forêts de chêne liège de provenance cristallines (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de doctorat : es-sciences .Aix-Marseille, 367p.

[www.gbif.org](http://www.gbif.org)

<http://www.worldclim.org/bioclim>

## Résumé

Le chêne liège (*Quercus suber* L.), est une essence très répandue dans les régions tempérées et méditerranéennes de l'Algérie. Il forme de véritables subéraies qui jouent un rôle indéniable sur le plan écologique, économique et social du pays. Sa distribution géographique potentielle a été modélisée pour la région de l'Est Algérien, afin de: i) déterminer sa niche fondamentale ; ii) évaluer la possibilité d'utilisation de la probabilité d'occurrence comme paramètre permettant de déduire les caractéristiques biogéographiques de cette espèce; et iii) comparer sa distribution géographique potentielle avec son aire.

On utilisant les données WorldClim pour la modélisation qui a été réalisée avec le programme MaxEnt. Le modèle produit a été testé et est qualifié de bonne qualité. La variable environnementale qui a le plus influencé le modèle de distribution fut la précipitation de trimestre le plus froid (52,3%).

## Mots clés

Modélisation, MaxEnt, probabilité d'occurrence, distribution géographique, Est Algérienne.

## Abstract

The cork oak (*Quercus suber* L.) is a widespread species of trees which spreads in temperate and Mediterranean regions of Algeria. It forms real cork forests that play an undeniable role in the ecological, economic and social plan of the country. Its potential geographic distribution was modeled for the region of eastern Algeria in order to: i) determine its fundamental niche; ii) evaluate the possibility of using the probability of occurrence as a parameter that permits inferring the biogeographical characteristics of this species; and iii) to compare its potential geographical distribution with its area using WorldClim data, and modeling was performed with the MaxEnt program. The test of the model is described as having a good quality. The environmental variable that has most influenced the distribution model was the precipitation of the coldest quarter (52.3 %).

## Keywords

Modeling, MaxEnt, probability of occurrence, geographic distribution, The East of Algeria.

## المخلص

البلوط الفليني (*Quercus suber* L.) هو نوع من الأشجار التي تنتشر على نطاق واسع في المناطق المناخية المعتدلة ومناطق مناخ البحر الأبيض المتوسط في الجزائر. هذا النوع من الغابات يلعب دورا لا يمكن إنكاره من الناحية البيئية، الاقتصادية والاجتماعية للبلد. تمت نمذجة توزيعه الجغرافي المقدر لمنطقة الشرق الجزائري، من أجل: أ) تحديد العش الأساسي؛ ب) تقدير إمكانية استعمال احتمالية الظهور كمتغير يسمح باستنتاج الخصائص البيوجغرافية لهذا النوع؛ ج) مقارنة توزيعه الجغرافي المقدر مع مساحته و هذا باستعمال معطيات WorldClim. تم إجراء النمذجة باستخدام برنامج MaxEnt. اختبار النموذج حدد جودة نوعيته، المتغير البيئي الأكثر تأثيرا في نموذج التوزيع هو تساقطات الفصل الأكثر برودة (52.3%).

## الكلمات المفتاحية

نمذجة، MaxEnt، احتمالية الظهور، توزيع جغرافي، الشرق الجزائري.