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

N° Ref :……

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
En :

-Filière : Biologie
- Spécialité : Biologie Applique et Environnement
- Option : Gestion des Ecosystèmes Aquatiques et Forestiers

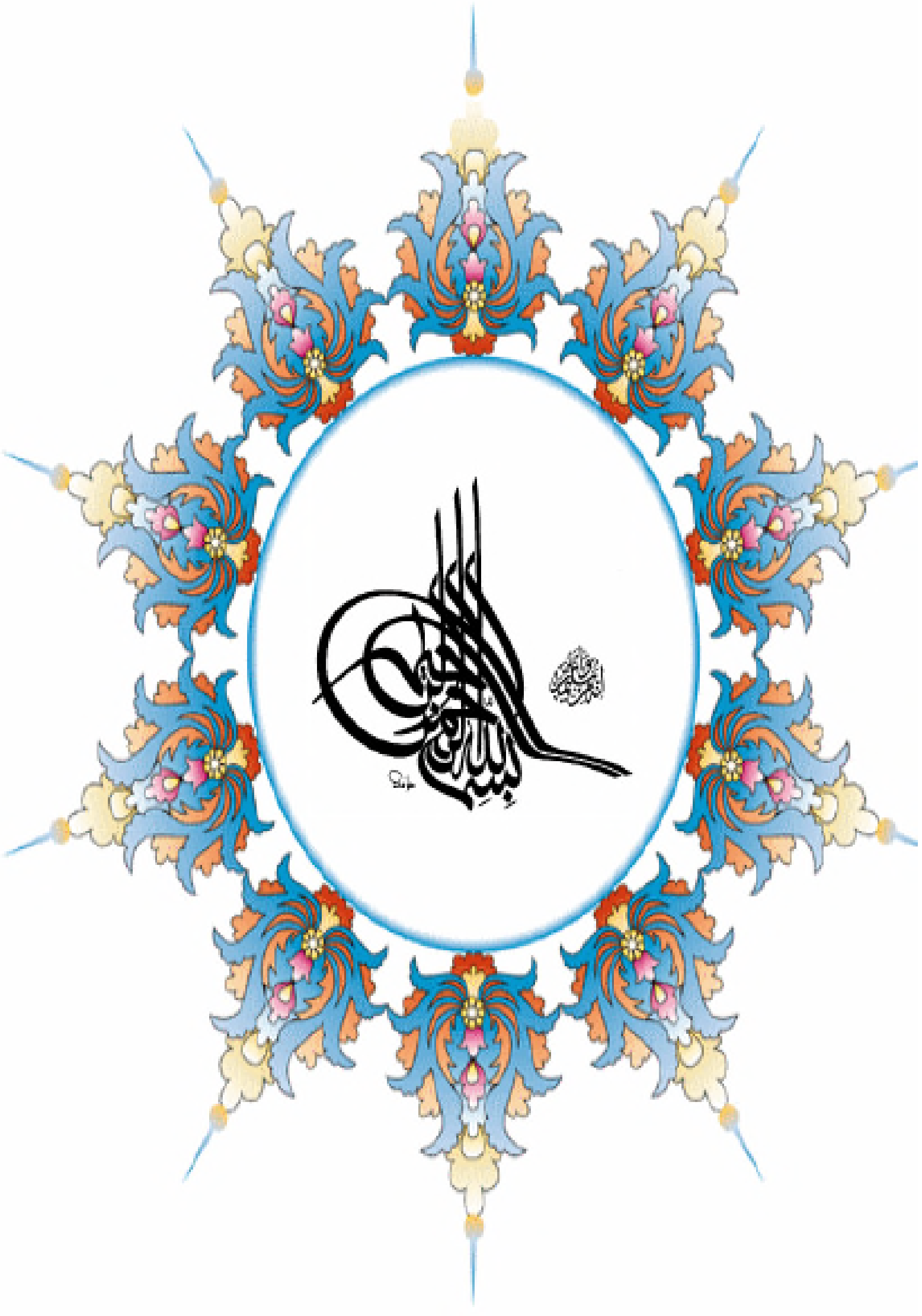
Thème
Caractérisation écologique de la répartition spatiale du chêne vert dans l'Est Algérien

Préparé par : BAKOUCHE Warda
HADJAZ Kenza

Soutenue devant le jury :

- Président :	RAMMACH Ilham	MAA Centre Universitaire de Mila
- Examinateur :	BOUZEGGAG Abdelaziz	MAA Centre Universitaire de Mila
- Promoteur :	TABET Slimane	MAA Centre Universitaire de Mila

Année universitaire : 2013/2014



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mon père, ma mère

pour leurs Encouragements

A mes frères et sœurs

A toute ma famille.

A tous mes amis.

A tous mes Enceignent

Je lui souhaite une très longue vie

Warda et Kenza

Remerciements

Nous remercions, en premier lieu, le grand Dieu pour m'avoir donné la force et la résolution pour réaliser ce travail.

Nous remercions à l'avance notre examinateur ***BOUZEGGAG Abdelaziz*** *pour son attention et son suivi*

Nous adressons mes remerciements ***RAMMACH Ilham*** *à l'université de Mila pour avoir accepté de présider le jury de notre mémoire, pour son soutien et ses conseils avisés.*

Un remerciement particulier à notre encadreur ***Mr Tabet Slimane*** *pour sa présence, son aide et surtout pour ses précieux conseils qui nous ont assistés pour l'accomplissement de notre mémoire malgré les préoccupations administratives.*

Nos remerciements à nos très chers parents, frères, soeurs, collègues et amis en particulier ***Mona, Hadjer, Rana, Meriem et Samira*** *qui nous ont encouragés, soutenu durant tout notre parcours.*

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tout le personnel de l'institut de science et technologie surtout les enseignants qui nous ont enseigné durant toutes nos années d'étude. Enfin nous remercions toutes personnes qui ont contribué de prés ou de loin à l'achèvement de ce travail. Merci bien.

WARDA et KENZA

Table des Matières

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I: Présentation de la Région d'étude

I.1. Localisation géographique…….....**01**

I.2. les aspects topographie……...**01**

I.2.1. Les plaines littorales……..**02**

I.2.2. L'Atlas tellien……**02**

I.2.3. Les Haut plaines……**03**

I.2.4. L'Atlas saharien……**03**

I.2.5. Le Sahara……...**03**

I.3. La Géologie……**04**

I.4. Les Sols……...**06**

I.5. La Végétation……..**07**

A. La Distribution des principales essences forestières en Algérie orientale…….....**08**

I.6. Le Climat ……..**10**

Chapitre II : Description de l'espèce

II. Généralités sur le chêne vert ……..**12**

II.1. Caractères botaniques du *chêne vert* ……..**12**

II.2. Etages de végétation ……...**14**

II.3. Répartition géographique ……...**14**

II.4. Caractères climatiques……**16**

II.5. Caractères édaphiques……**17**

II.6. Situation altitudinale……**17**

II.7. Cortège floristique du chêne vert ……**17**

II.8. Contexte écologiques et potentialités ……**18**

II.9. La régénération de chêne vert ……**18**

II.9.1. Les futaies ……**19**

II.9.2. Les taillis……...**19**

II.10. Les facteurs de dégradation……**20**

III. Modélisation de la niche écologique

Introduction……22

III.1. le concept de niche écologique…….22

III.1.1. La nucléation du concept….....22

III.1.2. l'Hypervolume de Hutchinson……..23

III.1.2.1. La niche Fondamentale et la niche réalisée…….24

III.1.3. Le concept de La niche ontogénique…….25

III.1.4. Vision moderne de la niche écologique……..26

III.1.5. Utilisations de concept de la niche écologique.....26

III.2. Distribution d'une espèce……....26

III.2.1. Les facteurs limitant de la distribution des espèces……...27

III.3. Modélisation de la niche écologique……..28

III.3.1. L'objectif de la modélisation ……29

III.3.2. Données pour modéliser la niche écologique d'une espèce……30

III.3.3. Les modèles de la niche écologique ……...30

III.3.3.1.Les Modèles mécaniste…….31

III.3.3.2. Les Modèles corrélatives……32

A. Les modèles SDMs (Species Distribution Models)…….. 32

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV.1. Description des données utilisée……....34

IV.1.1. Données d'occurrence spatiale de chêne vert……34

IV.1.2. Les Variables environnementales……..34

IV.2. La modélisation de la distribution du chêne vert……....35

IV.3. La validation du modèle……..36

IV.4. Les courbes de réponse des variables…….....37

Chapitre V: Résultats et discussion.

V.1. Résultats……...38

V.1. 1. La contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution du chêne vert……38

V.1. 2. Les courbes de réponse……40

V.1. 3. La distribution actuelle de chêne vert……42

V.1.4. La distribution à venir……43

V.1.5 Validation du modèle**…….45**

- Les valeurs d'AUC**……..45**
- Le Test de Jakknif**……46**

V.2. Discussion**…….....47**

V.2.1. Analyse de la contribution des variables environnementales**……47**

V.2.2. Modélisation et fiabilité du modèle**……47**

Conclusion

Annexe

Référence Bibliographique

Résumé

Summary

الملخص

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure n°	Titres	Page
Figure 01	Localisation de la région d'étude.	**01**
Figure 02	Le relief de l'Algérie Orientale	**04**
Figure 03	Carte géologique d'Algérie Oriental	**05**
Figure 04	Carte des sols de la région d'étude **(FAO, 2005)**.	**07**
Figure 05	La répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien	**09**
Figure 06	précipitations annuelles moyennes de l'Algérie **(ANRH, 2003)**.	**11**
Figure 07	Aperçu d'ensemble du chêne vert (*Quercus ilex)* **(Benia, 2010)**.	**13**
Figure 08	Répartition du chêne vert dans le monde **(Michaud, 1995)**.	**15**
Figure 09	Répartition du chêne vert en Algérie **(Kadik, 2002)**.	**16**
Figure 10	Vue générale du taillis de chêne vert **(Khater, 2010)**.	**20**
Figure 11	Le modèle de la niche écologique formalisé par **(Hutchinson, 1957)**.	**23**
Figure 12	La Niche fondamental et la Niche réalisée **(Thuiller, 2003)**.	**24**
Figure 13	Facteurs limitant des aires de répartition des plantes **(Soberon, 2007)**.	**27**
Figure 14	procédure de modélisation de la distribution des espèces.	**29**
Figure 15	La modélisation de la niche écologique par l'approche mécaniste **(Gadenne, 2006)**.	**31**
Figure 16	La modélisation de la niche écologique par l'approche corrélative **(Gadenne, 2006)**.	**32**
Figure 17	La méthode de modélisation de chêne vert par MaxEnt	**36**
Figure 18	Les courbes de réponse de chêne vert aux variables environnementaux les plus contribués.	**41**
Figure 19	La carte de la niche climatique potentielle du chêne vert pour la période (1950-2000)	**42**
Figure 20	Cartes représentent les niches climatiques potentielles du chêne vert pour les périodes (2050 et 2070)	**44**
Figure 21	les valeurs d'AUC (Area Under Curve) donnée par Maxent**.**	**45**
Figure 22	Résultat du test de Jackknife sur la contribution de modèle**.**	**46**
Figure 23	Fonctionnement des méthodes statistiques de modélisation.	**Annexe**

Liste des tableaux

Tableau n°	**Titres**	**Page**
Tableau 01	La contribution des 12 variables retenus dans la période (1950-2000)	38
Tableau 02	Les 4 variables les plus importants dans l'année 2050 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP45)**.**	39
Tableau 03	Les modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP85).	39
Tableau 04	Les 4 variables les plus importants dans l'année 2070 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP45).	39
Tableau 05	Les 4 variables les plus importants dans l'année 2070 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP85).	40

Liste des logiciels utilisés

	Microsoft© Office Word 2007
	Microsoft© Office Excel© 2007
	Paint
	MapInfo Professional Version 7
	Vertical Mapper ^{TM} Version 3.0
	Global Mapper Version 15
MaxEnt	Maximum Entropy

ABREVIATIONS

ANRH : L'Agence Nationale des Ressources Hydroliques.

AUC: Area under the Curve (Aire sous courbe).

FAO: Food and Agriculture Organization.

GBIF: Global Biodiversity Information Facility.

GCM: Global Circulation Model.

HadGEM2-ES: Hadley Global Environnement Model 2 - Earth System.

MaxEnt : Maximum Entropy. (maximum entropie).

ONM : Office National Météorologique.

RCP: Représentative Concentration Pathways.

SDM: Specie Distribution Model.

SIG : Système d'information Géographique.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Introduction

Introduction

L'Est algérien étant la région la plus arrosée, il abrite une diversité biologique, le secteur des forêts a été de tout temps synonyme de développement rural et a toujours été à l'avant-garde de toutes les actions liées au développement agricole avec une incidence appréciable sur le plan économique et social. Or l'effort de protection de la couverture forestière n'arrive même pas à compenser les pertes dues aux incendies et au surpâturage.

L'étude de l'écologie des plantes a concerné principalement la relation entre les espèces et le climat, puisque le climat est le facteur le plus déterminant, ayant une influence sur la distribution spatiale des espèces végétales.

Le changement climatique de ces dernières décennies associé à l'accroissement de l'impact anthropique ont entraînés une régression inquiétante du patrimoine forestier **(Dahmani, 2002)** ; la surface occupé par le chêne vert aurait fortement régressé en 30 ans de 700 000 ha **(Boudy 1955)** ; à 108 200 ha **(FAO 2000)**, bien que le chêne vert représente l'une des espèces qui ont payé la plus lourd tribut au regard du faible intérêt économique qu'il a toujours représenté pour les gestionnaires malgré son importance indéniable au niveau rural (chauffage, confection d'abris, clôtures, cuisson des aliments …), donc il est important d'établir des stratégies de protection de ce patrimoine biologique à moyen et à long terme en tenant compte des conditions climatiques futures.

La modélisation de la distribution du chêne vert permet de décrire, expliquer, et prédire leur aire potentielle, en utilisant le modèle basé sur niche écologique SDM, pour obtenir une prédiction spatiale des aires propices d'espèce dans les conditions actuelles du période 1950- 2000 et des prévisions, selon le modèle HadGEM2-ES, à l'horizon 2050 et 2070.

Dans ce contexte l'hypothèse de travail est articulée autour de la question principale suivante: quelle évolution spatiale future de l'aire de distribution du chêne vert face au changement climatique prévu par GIEC ?

Afin de répondre a cette question il faux métrisé comment les facteurs de milieu contrôlent la distribution spatiale du chêne vert via un modèle statique tel que le modèle SDM. Cependant, le logiciel MaxEnt nous permettra de mètre en relation l'occurrence spatiale du Chêne vert avec des conditions climatiques récentes (1950-200), ensuite l'utilisé des conditions climatiques futures, pour les périodes 2050 et 2070, issu du modèle

de circulation générale HadGEM2-ES, en tenant compte des scénarios d'émissions des gaz a effet de serre RCP 45 et RCP 85, afin de prédire la répartition future de l’espèce.

CHAPITRE I :
Présentation de la région d'étude

I.1. Localisation géographique

La région d'étude se situe dans le 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 kabilye, chott El Hodna et les monts du Zeb et au Sud par une ligne parcourant Ouled Djellal, Negrine et la limite Nord de chott Melrhir. Elle est Comprise entre les parallèles 37°08'07" et 34° 39' 07" de latitude Nord et les méridiens 4°16'28" et 8° 43' 30" Est des longitudes.

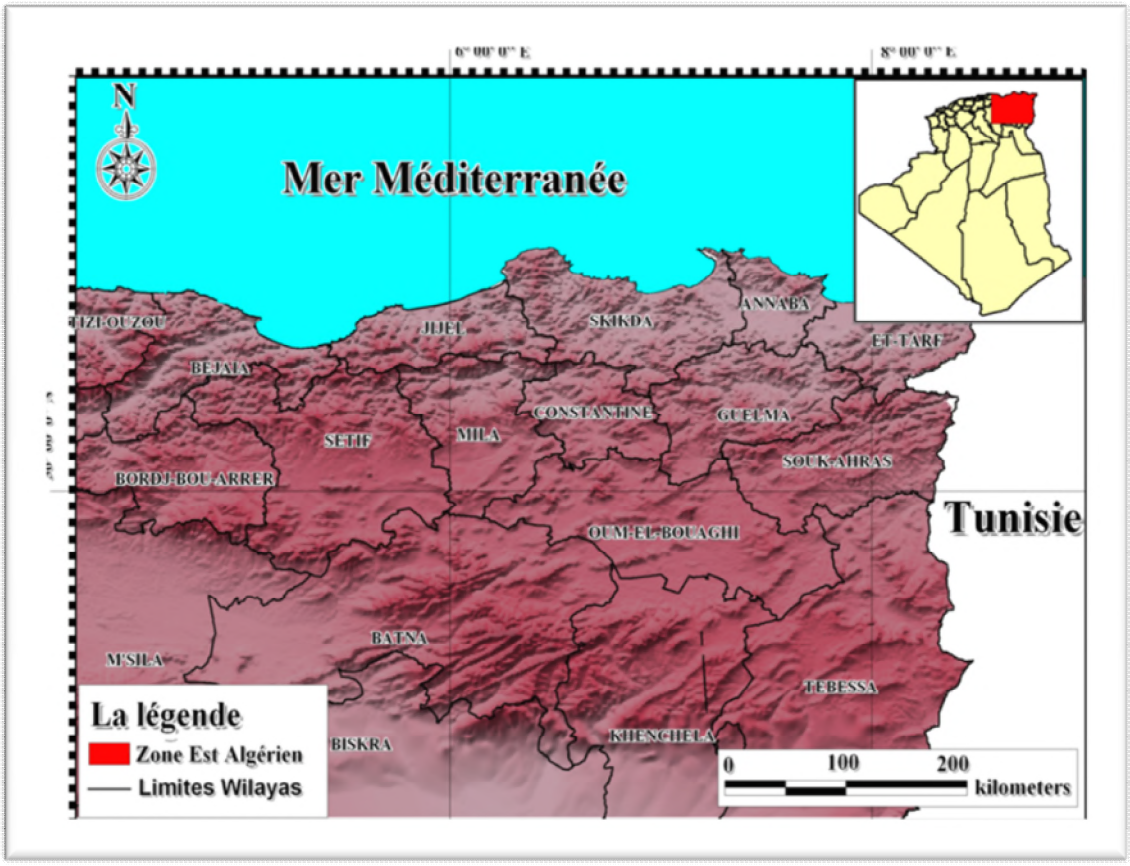


Figure 01 : localisation de la région d'étude (Originale).

I.2. les aspects topographie

A l'image de l'Est algérien, le relief de partie orientale s'organise en un vaste ordonnancement d'éléments parallèles **(Cote, 1983)**.Cette organisation sépare en 5 grands unités structurales (Figure 02) ; se distinguent par leurs relief, leurs morphologie et leurs climat offrant une grand diversité écologique.

I.2.1. Les plaines littorales

Une bande discontinue, qui borde la mer méditerranée est fragmentée par quelques monts. Dans la partie Ouest, ces formes sont peu nombreuses, et peu étendues ; ce sont les plaines de Collo et de Skikda. En revanche, dans la partie Est un large croissant de plaine, long de 100Km s'étale autour de Djebel Edough, depuis la forêt de Guerbes jusqu'à la région de Boutelja ; c'est là une succession de paysages variés avec des dunes sableuses dans le Guerbes, le lac Fetzara, la plaine d'Annaba, et les maris de la M'khada **(Marre, 1987)**.

Ces formes ont une situation favorable aux vents du Nord et Nord-Ouest souvent humides.

Marre (1987), considère que les vraies plaines sont toujours littorales et correspondent aux débouchés des oueds.

I.2.2. L'Atlas tellien

Se présente comme un bourrelet longeant et dominant la mer méditerranée depuis Bejaia jusqu'à la frontière tunisienne. C'est une chaîne longue de 300Km mais large seulement de 50 à 80km composée de plusieurs massifs, d'Ouest vers l'Est, on trouve le massif de la petite Kabylie constitué par la chaîne des Babors, qui débute vers l'Ouest à la vallée de la Soummam et se termine à l'Est, au niveau de l'oued Djenjen et du massif d'El Ouana.

Les altitudes des massifs restent modestes ; le Djebel Babor (2004m), point culminant de la chaîne **(Marre, 1987)**.

Lorsqu'on déplace vers l'Est, les altitudes décroissent rapidement, ainsi au-delà de la vallée d'Oued Rhumel, on trouve un ensemble de sommets alignés d'Ouest en Est; c'est la chaîne Numidique, qui vers le Sud, descend jusqu'aux les hautes plaines constantinoises, ou par endroit elle est relayée par le Djebel Chettaba (1316m) et Djebel Ouash (1282m) et Djebel Mahouna (1411m).

Sur cette chaîne se trouve les escarpements les plus hardis, les sommets les plus aigues sont Kef Sidi Driss (1273m) et les deux Kefs Toumiet (883 m).

Le massif de l'Edough est nettement isolé de la chaîne tellienne et présente une bande sub-littorale, sa ligne de crête rectiligne débute de Koudiat El-Rocha (616m), passe par Kefseba (1008m).

I.2.3. Les Haut plaines

Elles se présentent comme un large boulevard tendu d'Ouest en Est à travers l'Algérie orientale, entre les deux alignements du tell au Nord et les monts de Hodna-Aurès-pays Nememcha au Sud.

Sur le plan topographique, elles constituent un ensemble homogène, dont l'altitude moyenne est de 800m**.** Les hautes plaines constantinoises offrent un type de hautes plaines aux horizons plus coupés, formés de larges fonds synclinaux aux reliefs érodés à l'Ouest (Sétif) et plus à l'Est (Tébessa) plus souvent dans le plancher rocheux, et isolant des reliefs anticlinaux de moins en moins discontinus vers le Nord-Est, ou s'accolant au tell.

La présence de quelques dépressions fermées forme des chotts et des sebkhas (Aïn M' lila).

1.2.4. L'Atlas saharien

L'Atlas saharien apparu par les monts des Aurès, dont les principaux sommets culminent à plus de 2000m : Djebel Chelia (2328m), Djebel Mahmel (2321m) et Bélazma (2094m). Ils sont constituées par une série de plis parallèles orientées S.O-N.E, s'étendant sur une soixantaine de Km. La dissymétrie entre les profils transversaux est la caractéristique principale de ces massifs montagneux : flancs septentrionaux humides et boisés et flancs méridionaux moins humides et peu boisés.

A l'Est, les monts de Nememcha continue l'Aurès par ses alignements S.O-N.E, caractérisées par leurs forts retombés sud.

A l'Ouest, le massif de Boutaleb extrêmement accidentés avec ses lignes de crêtes formées : par Djebel Afgane, Djebel Chehelou, et Djebel Tafliount ; ce massif constitue un maillon important dans la suite de la chaîne des Aurès.

I.2.5. 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 de Nememcha, avec un sens d'écoulement Nord-Sud. C'est au niveau de cette grande dépression lacustre que se déverse l'oued Dejedi, d'une largeur de 500 m environ.

Schématiquement, l'altitude moyenne est de 0 à100 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 saharien. Les reliefs ont des altitudes qui ne sont guère très élevées en valeur absolu mais se singularisent par leur fort gradients altimétrique (entre Djebel Chélia et la haute plaine de Remila, la dénivellation atteint 1200 m. Du haut de ses 1462 m, Djebel Mcid Aicha domine la vallée de l'oued kébir de plus de mille mètres) **(Dubief, 1953).**

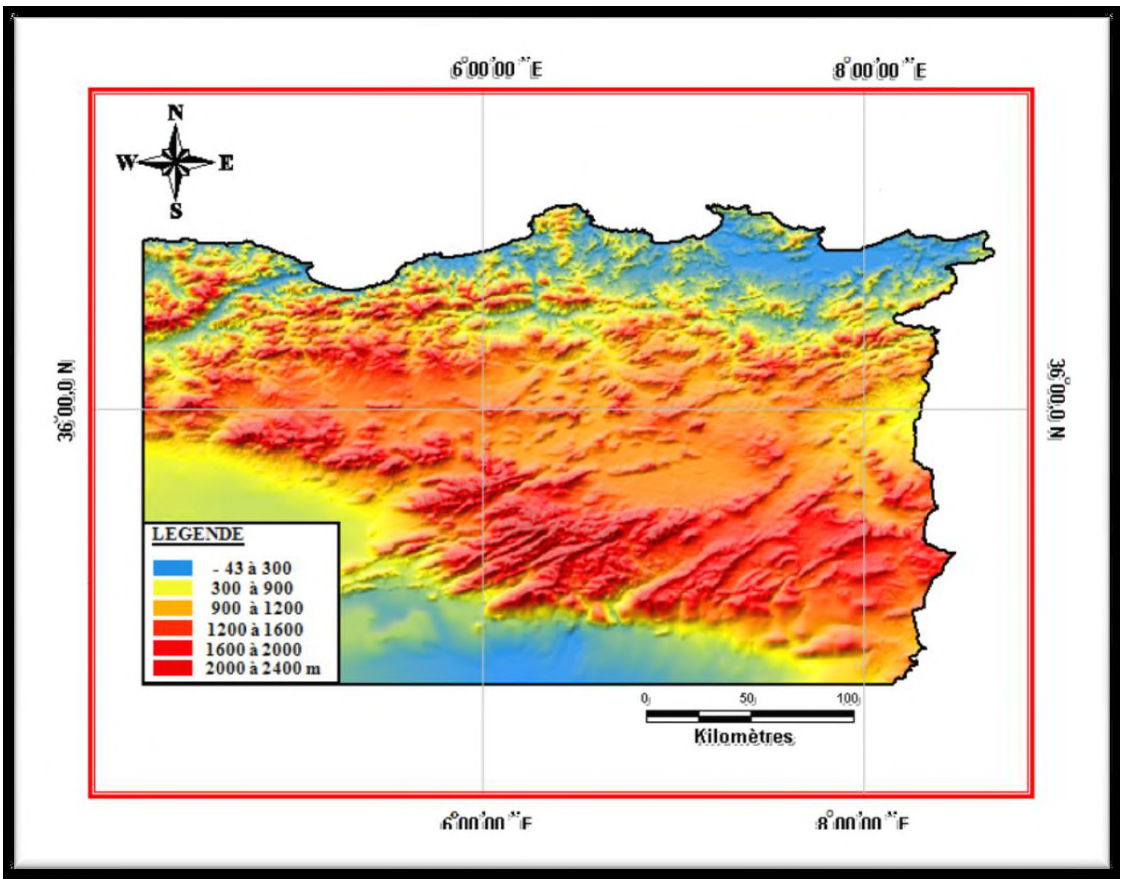


Figure 02: Le relief de l'Algérie Orientale (Modifier).

I.3. 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 03).

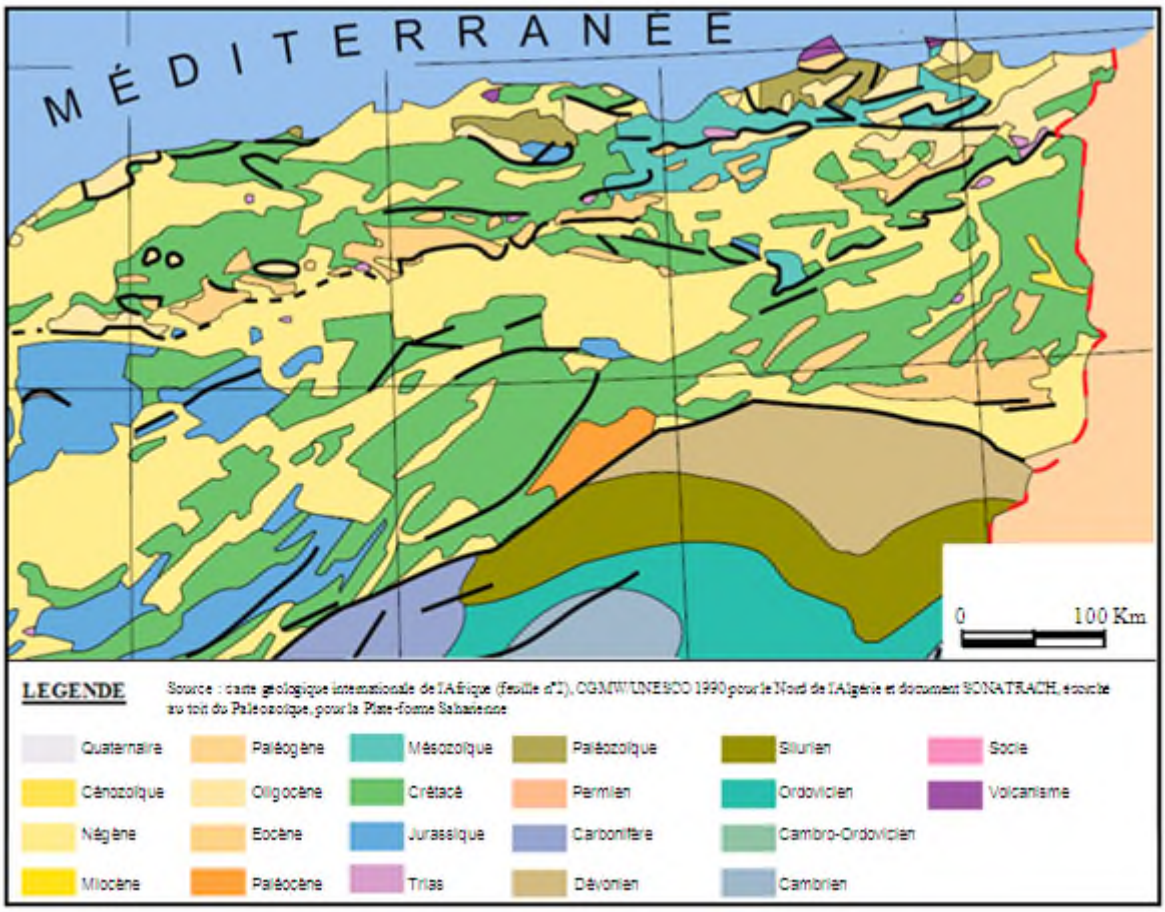


Figure 03: Carte géologique d'Algérie Orienta (Modifier).

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.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 04).

On rencontre différents types des sols :

- Sols bruns lessivés et sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et sub-humides (Luvisols, Calcisols).
- Sols châtains 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)**.

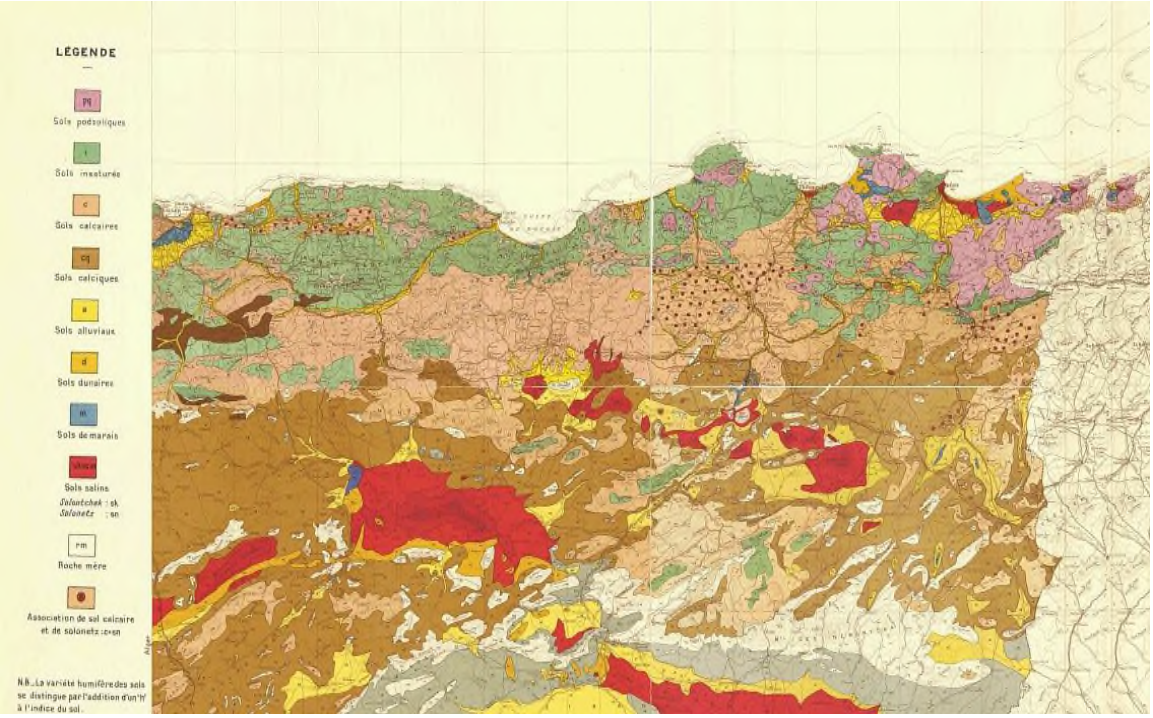


Figure 04: Carte des sols de la région d'étude **(FAO, 2005)**.

I.5. 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, 2000)**.

I.5.1. 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 **(Mate, 2003)** (Figure 05).

Dans la zone tellienne en particulier le tell 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.

Le 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 ilots de cèdre occupent les sommets de l'Atlas saharien, ce dernier est le domaine ou prédominent et le chêne vert et le pin d'Alep. Les forêts de pin et de chêne vert avec quelques ilots de cèdre, occupent les altitudes de l'Atlas saharien à l'Ouest de la zone d'étude et les 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 1400 m 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.

Les hautes plaines constantinoises, région à climat continental et semi-aride ne renferment que quelques lambeaux de broussailles du chêne vert.

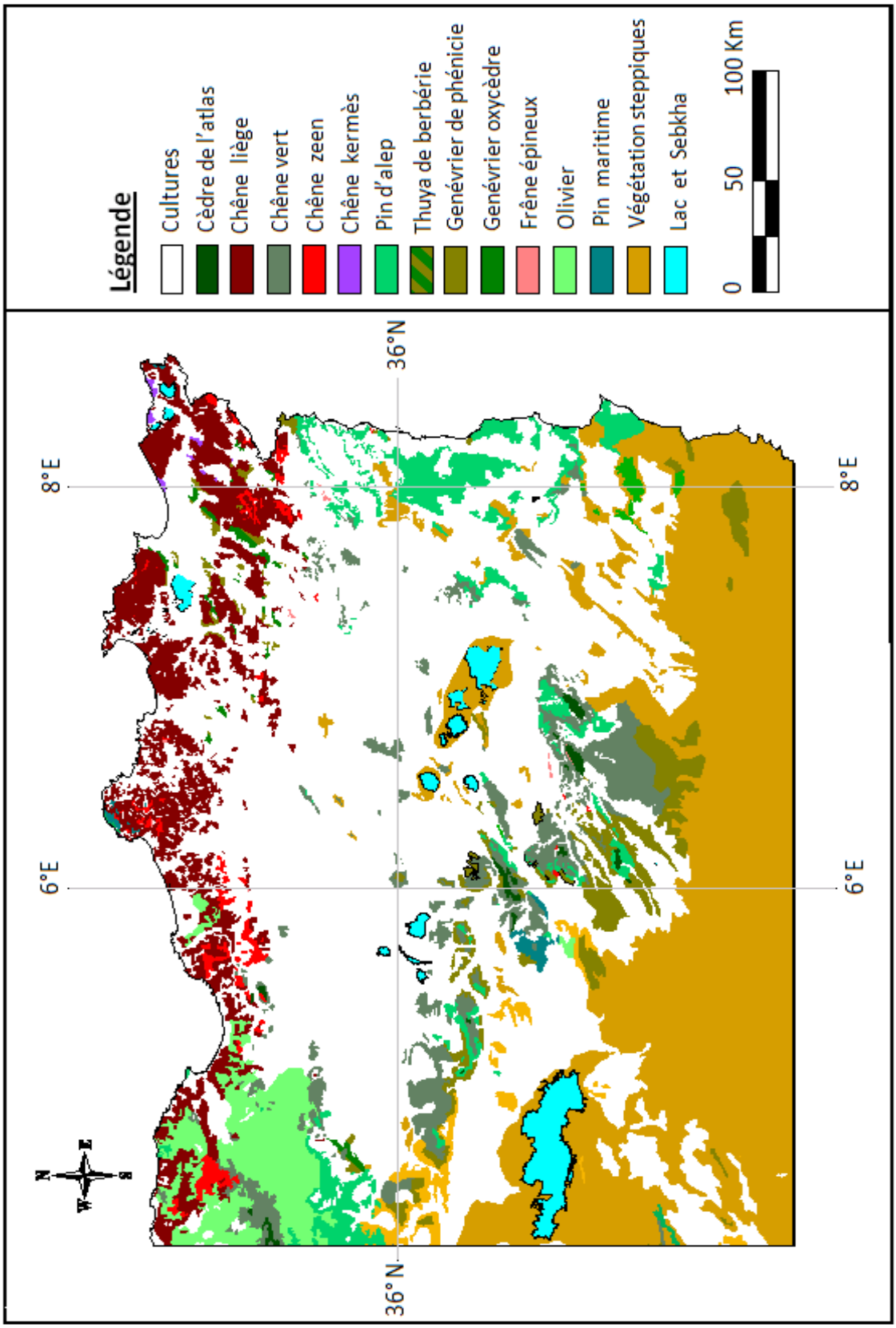


Figure 05 : la répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien (DGF modifier).

I.6. Le climat

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

En hiver, les hauts plateaux et la 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 hauts 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).

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.

Les zones de fortes précipitations, (supérieurs à 900 mm) s'étalant de Bejaia à Collo, avec les monts du tell les plus élevés du Medjerda et du massif de l'Edough, atteignant plus de 1300 mm sur les hauteurs d'Erraguene et jusqu'à 1680 mm sur le massif de Collo. (Figure 06)

Les isohyètes de 600 à 700 mm limitent nettement les bordures Nord des hautes plateaux et décroits 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 de la chotte Hodna.

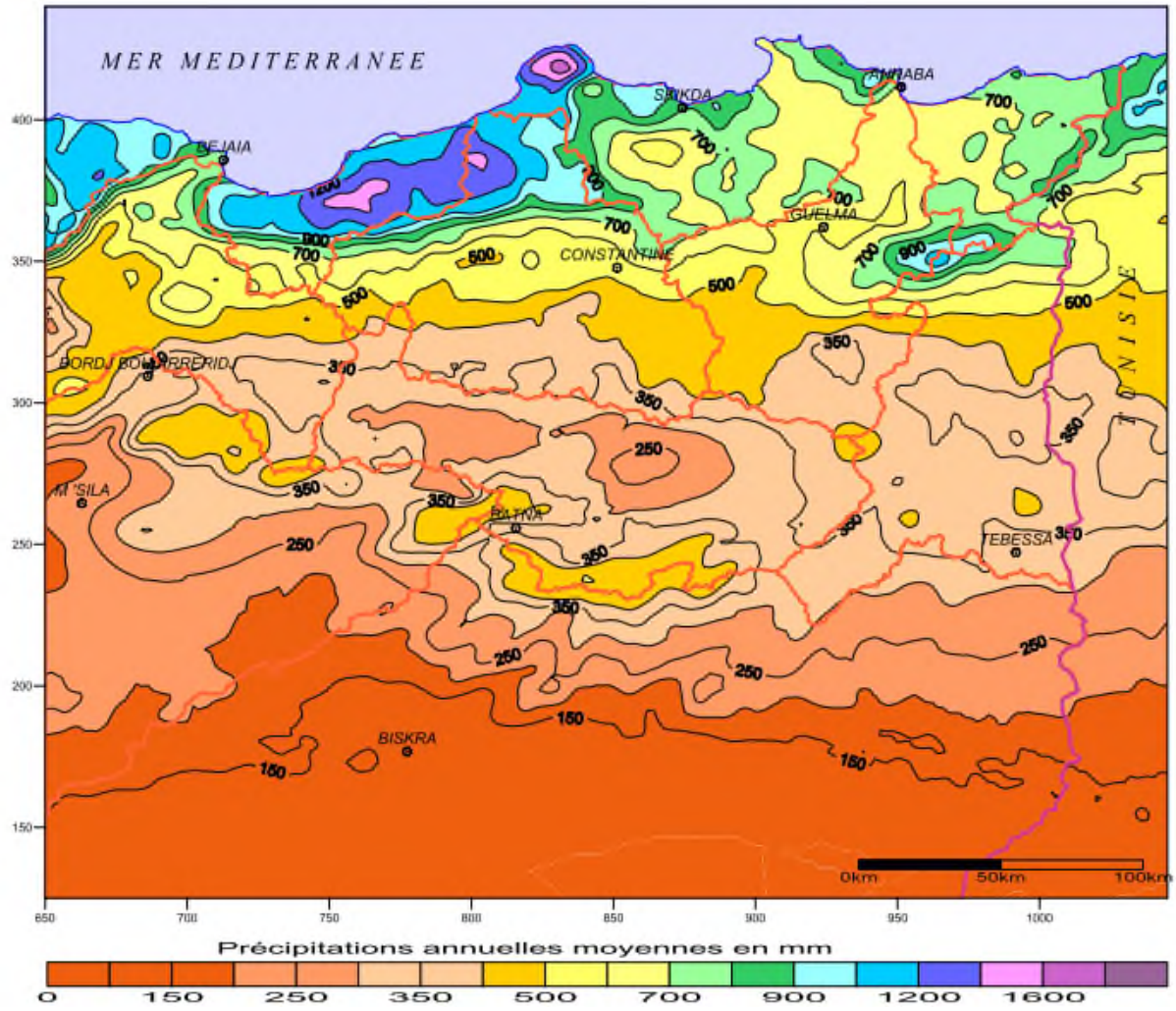


Figure 06: Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Algérie **(ANRH, 2003)**.

CHAPITRE II:
Description de l'espèce

II. Généralités sur le chêne vert

II.1. Caractères botaniques du *chêne vert*

Le chêne vert, *Quercus ilex L* est une espèce sempervirente de la famille des Fagacées. Il est considéré comme l'une des espèces les plus caractéristiques de la région méditerranéenne **(Haichour, 2009)**.

Quercus ilex, encore appelé Yeuse, occupe dans la systématique de la flore la place suivante :

- Règne : Végétal
  - ❖ Embranchement : Trachéophytes
    - Sous-embranchement : Ptéropsidé
  - ❖ Classe : Angiospermes
    - Sous classe : Dicotylédones
  - ❖ Ordre : Fagales
  - ❖ Famille : Fagaceae
- Genre : *Quercus*
  - ❖ Sous genre : Sclérophyllodys
- Espèce : *Quercus ilex L* **(Dahmani, 1984)**.

Le chêne vert est un arbre de moyenne dimension, de 5 à 10 m de haut, mais qui peut atteindre 20 m en milieu humide. Il présente un tronc unique, trapu, tortueux et robuste, à écorce finement fissurée, de couleur brun grisâtre et qui apparait sous forme de petits carrés (Figure 07).

L'arbre a un enracinement pivotant, profond, pouvant atteindre 10 m et des racines latérales, traçantes et drageonnantes peut dépasser 20 m.

Cet arbre présente un houppier ovale avec un couvert épais à ramifications serrées et denses **(Girardet, 1980)**.

Les feuilles sont alternes, coriaces, petites (3 à 8 cm de long, 1 à 3 cm de large), de forme variable, peuvent être entières, dentées ou épineuses, elliptiques, lancéolées, arrondies ; elles sont luisantes, vert foncé sur le dessus, et pubescentes blanchâtres à grisâtres dessous **(Barbero et Loisel, 1980)**.

Le pétiole est court 0,5 à 2 mm de longueur, comme leur durée de vie est de deux ans et la répartition par âge aléatoire sur les rameaux, l'arbre est sempervirent **(Benia, 2010)**.

Les fleurs sont unisexuées (arbre monoïque : un même pied porte à la fois des organes mâles et femelles mais sur des fleurs séparées), et la floraison ne s'effectue que sur la première pousse de l'année pour les fleurs femelles, mais peut se retrouver sur la pousse de l'année précédente pour les fleurs mâles, la floraison s'étend d'avril à mai **(Dahmani, 1984)**.

Les fruits (glands) sont subsessiles sur les ramuscules de l'année, la fructification annuelle (Novembre-Décembre) ne commence que lorsque l'individu atteint douze ans environ, devient appréciable vers vingt à trente ans et abondante entre cinquante et cent ans **(Floret *et al*., 1992)**.

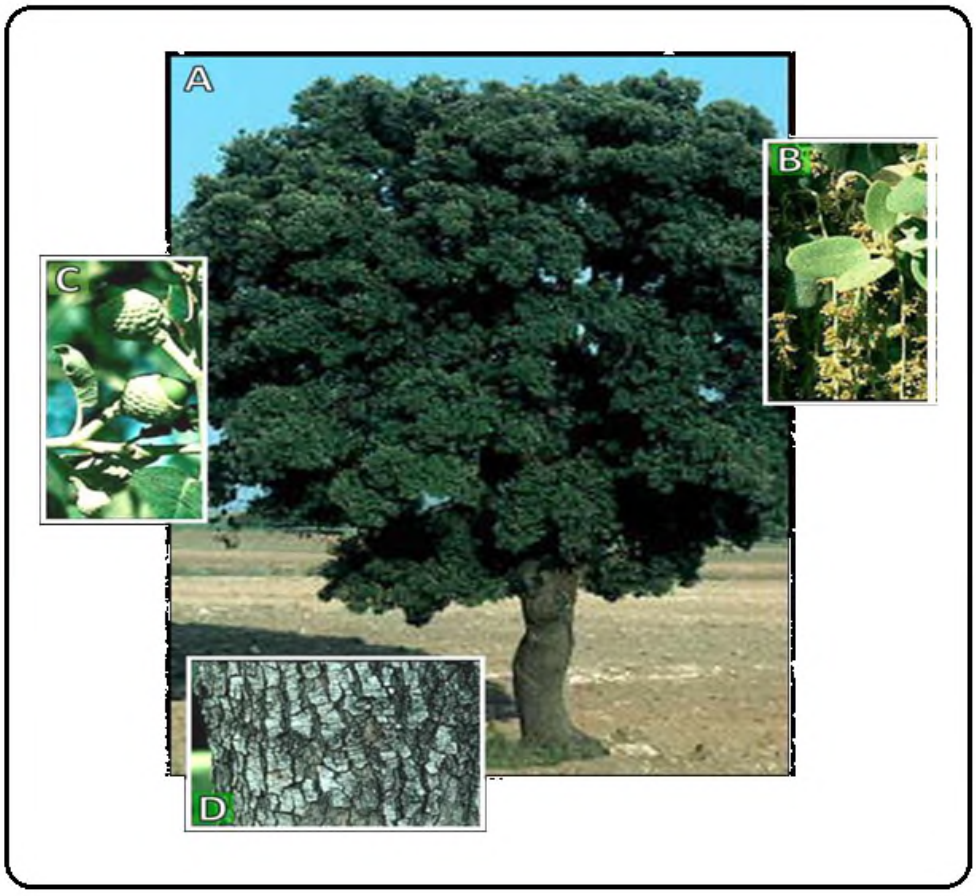


Figure 07 : Aperçu d'ensemble du chêne vert (*Quercus ilex)* (A) : chêne vert sur pied, B : Fleurs (chatons), (C) : fruit (gland), D : écorce (tronc) **(Benia, 2010)**

II.2. Etages de végétation

Le chêne vert est encore assez bien conservé en exposition Nord, et atteint son optimum dans le méso-méditerranéen, et il se rencontre également dans le montagnard méditerranéen.

En exposition Sud où les influences désertiques se font plus sentir, il est très dégradé et apparait à l'étage méso-méditerranéen prés-steppique et en montagne pré-steppiques **(Benia, 2010)**.

II.3. Répartition géographique

L'aire du chêne vert comme l'indique la (Figure 08), occupe une grande partie du bassin méditerranéen, cette espèce constitue avec son abondance, l'un des arbres les plus importants.

Quercus ilex L est originaire de la région méditerranéenne vers le Nord et le bassin de la Loire **(Benia, 2010)**.est une essence s'étend depuis la Chine et l'Himalaya jusqu'en Grande - Bretagne, puis aux confins sahariens **(Boudy, 1950)**.

Dans le midi français, il serait l'essence la plus dominante ; qui rencontré tout le long de la frontière Espagnole à celle de l'Italie. Il est abondant dans le secteur méridional du massif central, mais beaucoup moins dans les alpes maritimes **(Vernet, 1972)**.

En Espagne, il colonise toutes les provinces à l'exception de la Galice, mais il est particulièrement abondant en Andalousie occidentale **(Canadell et *al*., 1988)**.

Les formations les plus âgées se rencontrent en Asie centrale **(Boudy, 1955)**.

En Afrique du Nord, le chêne vert est assez répandu au Maroc, il se situe au moyen Atlas et les massifs forestiers d'El Ayat, situés sur le revers oriental du Maroc, et de la forêt d'Ait Hathem sise dans le plateau central. Il peut même être présent à 2800 mètres d'altitude **(Achhal, 1987)**.

Il est à remarquer que bien que sa répartition géographique semble assez large, d'après **Seigue (1985)**, le chêne vert est parfois disséminé ou mélangé, très souvent dégradé, si bien qu'il est difficile d'en faire une bonne répartition. Ceci mis à part le bassin occidental méditerranéen.

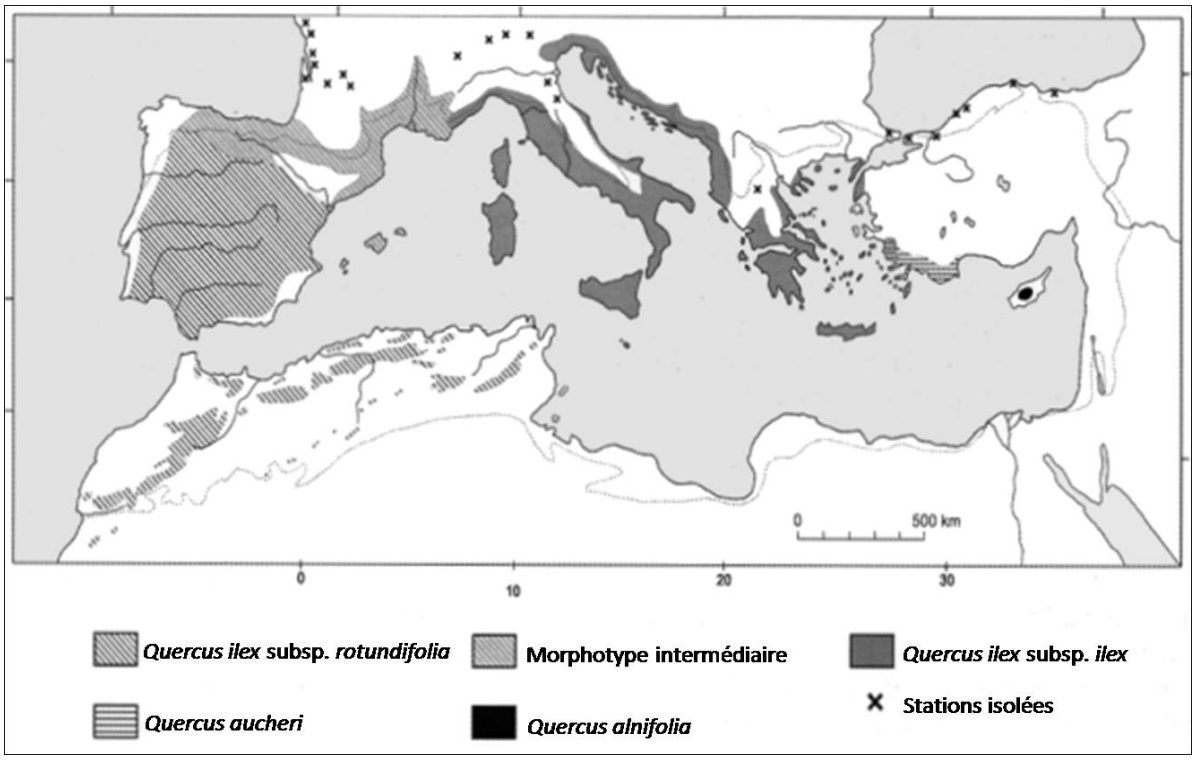


Figure 08: Répartition du chêne vert dans le monde **(Michaud, 1995)**.

En Algérie, (Figure 09) sa superficie potentielle est estimée à 1.807.000 ha **(Barbero et *al*., 1990)**. **Boudy (1955)**, évalue sa superficie à 700.000 ha, ce qui le plaçait à l'époque en 2ème position après le pin d'Alep, sa superficie actuelle n'est plus que de 354.000 ha (B.N.E.F, 1984).

Les plus importantes chênaies sont localisées en Oranie, en peuplements purs ou mélangés avec le pin d'Alep dans la région de Saîda. Il se trouve sous forme de futaies âgées dans la région de Tlemcen.

Dans la région de Tiaret notamment le massif de Tagdempt et des Sdamas (forêts du tell), se rencontrent des forêts importantes à base d'un mélange de chêne vert et de pin d'Alep **(Zeraia, 1978)**.

Au niveau de l'Algérois, le chêne vert est rencontrée dans le massif de Zaccar et forme un taillis qui descend jusqu' à Miliana.

A l'Est le chêne vert est présent sur les monts de Medjerda, sur les monts de Tébessa à Ain el Badie. Dans les Aurès, il se cantonne en zones steppiques sur les versants des djebels, souvent à des altitudes supérieures à 1200 mètres. Sur le massif du Chélia sont rencontrées, des forêts mixtes de chêne vert et du cèdre. Sur les monts de Belezma, cette essence constitue

des taillis sur la pente Nord, et des maquis à chêne vert et genévrier (*Juniperus oxycedrus*) sur la pente Nord-est. Le chêne vert se rencontre également dans le constantinois, de même qu'au niveau des massifs de Babor et Tababor où il occupe de grandes surfaces **(Gharzouli, 1989)**.

Au Sud c'est dans l'Atlas saharien, notamment la région de Djelfa et du djebel Senalba que l'on rencontre le chêne vert **(Benia, 2010)**.

Figure 09 : Répartition du chêne vert en Algérie. **(Kadik, 2002)**.

II.4. Caractères climatiques

Le chêne vert, répute essence plastique, montre une aptitude à s'accommoder des conditions climatiques variées, lui permettant ainsi de couvrir plusieurs zones à étages bioclimatiques différents. Dans l'étage semi-aride, il représente le type xérophile de la chênaie verte localisée en Algérie, dans les Aurès et les montagnes du Sud-oranais, mais c'est dans les étages Sub-humide et humide qu'il connait son plein développement en peuplement, surtout dans la partie occidentale de l'Algérie **(Dahmani, 1984)**.

Selon **Barry et *al.*, (1976)**, le chêne vert peut apparaitre dans les conditions extrêmes de températures (m) et de pluviosité (P), avec m = -15° et P = 250 mm par an. Toutefois il résiste à des variations de températures allant de -3°C à +7°C, et supporte des maxima pouvant

atteindre 42° C. Il prospère dans une tranche pluviométrique allant de 380 mm à 1460 mm par an **(Sauvage, 1961)**; mais il peut atteindre un minimum de 250 mm.

Le tri des espèces par le froid placerait le chêne zeen et le chêne vert en tête ; suivis en ordre décroissant par le pin d'Alep, l'alfa, le thuya et le chêne liège **(Alcaraz, 1970)**.

Les auteurs qui se sont intéressés à la répartition du chêne vert, s'accordent tous pour retenir le climat comme facteur déterminant.

II.5. Caractères édaphiques

Le chêne vert présente une grande plasticité édaphique. Il est indifférent à la composition chimique du substrat. En effet, en Algérie, il se rencontre sur grés, calcaire, marno-calcaire, sur sols superficiels ou profonds. Cependant il fuit les substrats mobiles et les sols hydro-morphes **(Dahmani, 2002)**.

II.6. Situation altitudinale

En France, le chêne vert colonise les plaines et les collines, alors qu'en Afrique du Nord, il est considère comme une essence de montagne. Il n'apparait pas au dessous de 400 mètres d'altitude **(Barbero et Loisel, 1980)**.

En Algérie et plus précisément dans l'Atlas tellien, le chêne vert apparait à partir de 400 mètres d'altitude et monte jusqu'a 1700 mètres ; par contre dans les Aurès, il se rencontre entre 1200 mètres et 1800 mètres d'altitude, et dans l'Atlas saharien entre 1500 mètres et 2200 mètres **(Berrichi, 2011)**.

II.7. Cortège floristique du chêne vert

Le chêne vert est supplanté par les chênes liège et zeen, leur vaste amplitude écologique lui permet de constituer des formations mixtes avec la plupart des espèces forestières des plus thermophiles (thuya, chêne kermès, chêne liège) au plus alticoles (cèdre ; genévrier thurifère) et des plus xérophiles (genévrier rouge, pin d'Alep) aux plus mésophiles (chêne zeen, érable, merisier) **(Dahmani, 1984)**.

L'association végétale du chêne vert est du caractère xérophile, elle affecte deux faciès botaniques bien tranchés :

- Le premier correspondant à l'étage semi-aride qui se présente sous forme d'une futaie claire, basse et xérophile et qui regroupe le genévrier de phénicie, le genévrier oxycèdre,

le chêne kermès, le frêne dimorphe, le pistachier de l'Atlas et le térébinthe ainsi que le romarin.

- Le second, en étage sub-humide et humide, se présente sous l'aspect de futaies denses et élevées avec en sus du chêne vert, le pin d'Alep, le pin maritime, l'érable de Montpellier, le caroubier, le merisier…etc **(Boudy, 1950)**.

II.8. Contexte écologique et potentialité

Le chêne vert est une espèce très plastique et se rencontre même sur des stations proches du Sahara ou la pluviométrie est peu élevée **(Barbero et *al*., 1980)**.

C'est aussi une essence robuste et qui s'accommode à différents types de climats ; elle supporte autant les froids hivernaux que les grandes sécheresses estivales **(Dahmani, 1984)**.

Sur le plan édaphique ; outre son indifférence à la nature chimique du substrat, il se retrouve depuis les sols profonds forestiers aux sols peu évolués squelettiques, ne fuyant que les sols lourds ou hydro-morphes **(Zitouni, 2010)**.

Le chêne vert se distingue par sa grande résistance aux perturbations, liée vraisemblablement :

- A sa capacité de rejeter de souche qui s'accroît avec l'intensité des perturbations **(Barbero et *al*., 1990)**.

La régénération du chêne vert est très lente et représente son principal handicap dans la concurrence avec les autres essences forestières ; mais sa vitalité est remarquable du fait qu'il rejette des souches jusqu'à un âge très avancé, sa longévité moyenne est de 200 à 300 ans et plus **(barbéro et loisel 1980)**.

- A sa faculté à s'adapter aux changements du milieu liée à sa capacité de régulation au plan Nutritionnel **(Zitouni, 2010)**.

Le chêne vert est par contre défavorisé par ses propriétés biologiques notamment, sa faible capacité de dissémination, sa faible production due à sa lente croissance et sa faible capacité de germination **(Dahmani, 1984)**.

Pour la germination ; sa réussite dépend essentiellement des précipitations printanières et estivales. En milieu fermé, la faible luminosité constitue un frein à la germination notamment, en condition de sécheresse.

La capacité de rétention en eau des sols détermine par la suite, la survie des plantules, à ce stade de croissance, le pâturage bovin peut constituer une menace à la régénération ; si la charge animal est trop élevée **(Panaiotis, 1996)**.

II.9. La régénération de chêne vert

Le chêne vert se régénère par rejets de souches et drageons de racines, la faculté de rejeter vigoureusement se maintient chez le chêne vert jusqu'à un âge avancé, 200 ans en moyenne **(Boudy, 1950)**.

La fructification est évidement plus abondante dans les futaies denses et les taillis. La fréquence des fructifications est de 2 à 5ans selon la qualité du site.

En effet, les rejets de souches ont une croissance annuelle en hauteur et en diamètre très rapide dans la jeune souche, mais elles sont assez rapidement surtout si la souche vieille **(Khater, 2010)**.

Boudy (1950), divise les iliçaies en un certains nombres de types spécifiques, dont les caractères extérieurs résultent de l'action des facteurs naturels et surtout de l'intervention de l'homme ou du feu. Ces types de peuplements présentent aussi des faciès différents suivant qu'ils se trouvent dans l'étage bioclimatique semi-aride ou sub-humide ou selon qu'ils sont purs ou mélangés. En gros, on les répartira en deux grandes catégories: les futaies et les taillis.

II.9.1. Les futaies

La futaie de chêne vert dans des meilleurs cas représente le point idéal d'équilibre entre végétation et milieu et assure une protection très efficace du sol **(Thomas et Christine, 1997)**.

En raison de la densité de son couvert et de l'ombrage qui en résulte, la futaie de chêne vert fait obstacle au développement d'un sous bois, conserve au sol un taux d'humidité relativement élevé, empêche le passage des feux au niveau des cimes.

L'extension de ces futaies de chêne vert dans les zones où les conditions écologiques sont très sévères est un remède efficace contre la dégradation du sol et contre les incendies **(Morandini, 1982)**.

II.9.2. Les taillis

En Algérie les taillis dégradés sont les plus nombreux. La dégradation de ces taillis résulte de l'action de l'homme et surtout du pâturage intensif, des incendies, des extractions de

souches. Tous ces facteurs de dégradation ont attribué à ces peuplements une physionomie particulière caractérisée par une faible densité, forme rabougrie des cépées, hauteur moyenne faible ne dépassant pas 2,50 m, et une productivité faible **(Teibi, 1992)**.

Le chêne vert compose également l'étage dominé du pin d'Alep et du cèdre de l'Atlas dans la plupart des forêts du semi-aride. Dans ce type de peuplements, le chêne vert joue un rôle écologique important dans la protection du sol et dans la production de l'humus de bonne qualité **(Dahmani, 2002)**.

Figure 10 : Vue générale du taillis de chêne vert **(Khater, 2010).**

II.10. Les facteurs de dégradation

L'accroissement de l'impact anthropique lié à l'importante explosion démographique que connaît le pays, associé au forçage climatique de ces dernières décennies et aux mauvaises méthodes d'aménagement a entraîné une dégradation important du patrimoine forestier **(Dahmani, 1984)**. Parmi les facteurs les plus importants de la dégradation de chêne vert en distingue :

- **Le feu** est un facteur écologique quasi-universel **(Seigue, 1987)**. En général la plupart des incendies sont dus à des causes naturelles et ont eu lieu durant la saison estivale où la sécheresse atteint son maxima.

Les incendies accidentels sont dus à la négligence humaine (barbecue allumé en forêt, randonneurs mal intentionnés..).

Le chêne vert est moins nuisible à l'action du feu **(Boudy, 1950)**, il fait parti des espèces les plus résistantes en comparaison avec le chêne liège et le pin d'Alep, en raison de son sous bois qui est beaucoup moins développé, ce qui rend les dégâts généralement peu importants dans les futaies, contrairement aux jeunes taillis **(Zitouni, 2010)**.

- **Le pâturage**

La yeuseraie, en offrant entre 150 a 200 unîtes fourragères par hectares est intégrée facilement, dans le calendrier alimentaire du bétail **(Bellon et *al*., 1996)**, cependant les pâturages excessifs sont des facteurs majeurs de dégradation et risquent la destruction progressive de ces yeuseraie.

- **Les ennemis biotiques**

Le chêne vert est influencé par des facteurs biotiques parmi les quels : les insectes, les champignons et les cuscutes.

- **Les insectes**

Le chêne vert est très sensible à *Lymantria dispar* qui provoque la défoliation des chênes **(Boudy, 1950)**. En plus, il y a un coléoptère du genre *Balaninus* qui attaque leurs glands.

- **Les champignons**

Les champignons qui se développent sur le tronc des sujets déjà affaiblis, telle que l'espèce *Polyporus sulfurens* (polypore soufré), qui est l'une des espèces *polyporacées* saprophytes les plus importantes par sa fréquence et la gravité des dégâts provoqués sur ce dernier **(Zitouni, 2010)**, en ajoute *Microsphaera quercina* ou « blanc des chênes » qui ralenti la croissance des feuilles et entravé l'élaboration chlorophyllienne.

- **Les cuscutes**

Parmi les végétaux nuisibles au chêne vert, **Boudy (1950)** cite cuscute (*Cuscuta monogyna*) qui s'attaque aux jeunes taillis, ces derniers sont tus au bout d'une année ou deux années.

Bien que le chêne vert soit un arbre robuste et résistant, les incendies, l'utilisation des terrains comme pâture et les abattages d'arbres répétés, peuvent arrêter la succession dés ses premiers stades. De ce fait une forêt en mauvais état est au moins dans certaines conditions favorables aux ravageurs.

CHAPITRE III :
Modélisation de la niche ecologique

Introduction

L'aire de répartition, ou la distribution géographique, d'une espèce constitue une dimension fondamentale en écologie **(Pulliam, 2000)**. L'explication et la prédiction de cette distribution se fait en fonction des paramètres du milieu repose sur le concept de niche écologique. Les végétaux et les animaux sont toujours colonisés des espaces plus ou moins éloignés de leurs aires de distribution originelle sous l'effet de variations des conditions climatiques **(Walther et *al.*, 2005)**.

Les conditions climatiques ont significativement modifiés la structure et le fonctionnement des écosystèmes et par conséquent les répartitions temporelles et spatiales des populations, ainsi que l'abondance des espèces **(Hughes 2000 ; Walther et *al.*, 2005 ; Hurrell et Trenberth, 2010)**.

De nombreuses études ont modélisés l'évolution des aires de répartition potentielle des espèces sous l'hypothèse d'un changement climatique et prédire son état futur **(Thuiller, 2003 ; Guisan et Thuillier, 2005)**. La plupart de ces études reposent sur des approches corrélatives pourtant les liens mécanistes sous-jacents sont fondamentaux pour expliquer les réponses des écosystèmes **(Kearney et Porter, 2009)**.

III.1. le concept de niche écologique

Un écosystème est une unité fonctionnelle au sein de laquelle les plantes, les animaux et l'habitat interagissent sous forme d'échange d'énergie mais également de matière. Les différents organismes formant la biocénose qui sont la faune et la flore, échangent avec leur environnement, appelé biotope, et permettent le développement et le maintien de la vie.

Pour comprendre et formaliser la relation entre une espèce particulière et son environnement, le concept de niche écologique, développé à l' origine pour les espèces animales a été adapter pour les espèces végétales **(Austin, 1985)**. Le terme de niche a été cité dans le cadre des travaux de **Darwin (1859)** et **Wallace (1876)** sur la sélection naturelle et l'évolution des espèces.

De nombreuses définitions ont été énoncées depuis le début du 20 ^{éme} siècle pour formaliser cette relation espèce/environnement **(Chase et Lei bold, 2003)**.

III.1.1. La nucléation du concept

La première utilisation du mot « niche » dans le sens de la place occupée par une espèce dans l'environnement est probablement due à **Roswell Johnson (1910)**, **Joseph Grinnell (1913)** qui a inséré le concept dans un programme de recherche, en décrivant explicitement les niches de certaines espèces.

Grinnell (1917) et **Elton (1927)** ont développés deux visions de ce concept aussi complémentaires que différentes. En effet, **Grinnell (1904)** entend tout ce qui conditionne l'existence d'une espèce à un endroit donné, ce qui inclut des facteurs abiotiques comme la température, l'humidité, les précipitations et des facteurs biotiques comme la présence de nourriture, de compétiteurs, de prédateurs, d'abris,… etc.

Charles Elton (1927), propose lui, une vision à la fois plus fonctionnelle et centrée sur la communauté en faisant référence aux fonctions qu'assure l'espèce dans la chaine alimentaire et à son impact sur l'environnement (producteur primaire, secondaire, prédateur), la niche est définie principalement par la place dans les chaînes trophiques, comme carnivore, herbivore. Donc il voit l'environnement comme une conséquence à l'assemblage des espèces dans les communautés.

L'un perçoit l'environnement comme la cause de la présence des espèces (Grinnell, 1917) alors que l'autre le voit plus comme une conséquence à l'assemblage des espèces dans les communautés **(Elton, 1927)**.

III.1.2. l'Hypervolume de Hutchinson

Réorientant le concept, **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 (Figure 11).

Ce concept a évolué avec le temps et il possède différentes interprétations, mais la définition de **Hutchinson (1957)** reste la référence classique de la niche écologique.

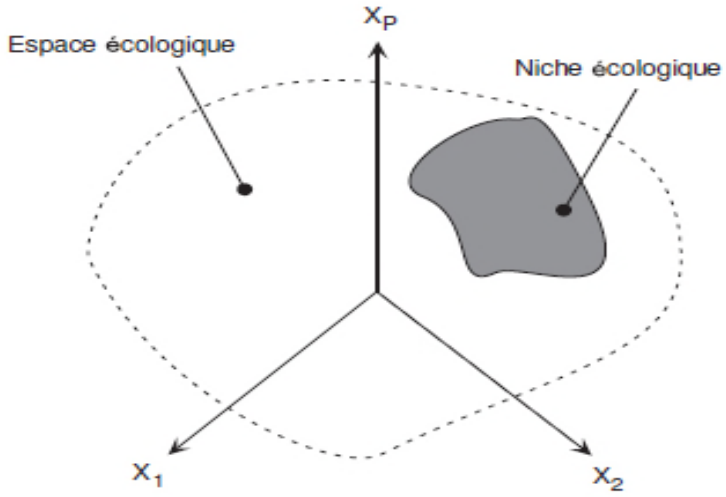


Figure 11 : Le modèle de la niche écologique formalisé par **(Hutchinson, 1957).**

III.1.2.1. La niche Fondamentale et la niche réalisée

Hutchinson (1957) a distingue 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 (Figure 12).

- ✓ **La niche fondamentale**

La niche fondamentale correspond à l'ensemble des conditions environnementales abiotiques permettant à l'espèce d'exister indéfiniment, en négligeant les interactions biotiques (compétition, facilitation, etc.) **(Hutchinson, 1959)**.

- ✓ **La niche réalisée**

La niche réalisée est définit comme les dimensions environnementales où l'espèce peut survivre et se reproduire en évaluant les interactions biotiques existantes **(Hutchinson, 1957; Austin, 1985)**. Elle est correspond à l'hypervolume des conditions environnementales défini par la niche fondamentale sous contrainte des relations biotiques **(Hutchinson, 1957)**.

La niche réalisée ne correspond qu'à une portion de la niche fondamentale, elle renvoie à la distribution réelle d'une espèce alors que la niche fondamentale renvoie à la distribution potentielle de l'espèce **(Bertrand, 2012)**.

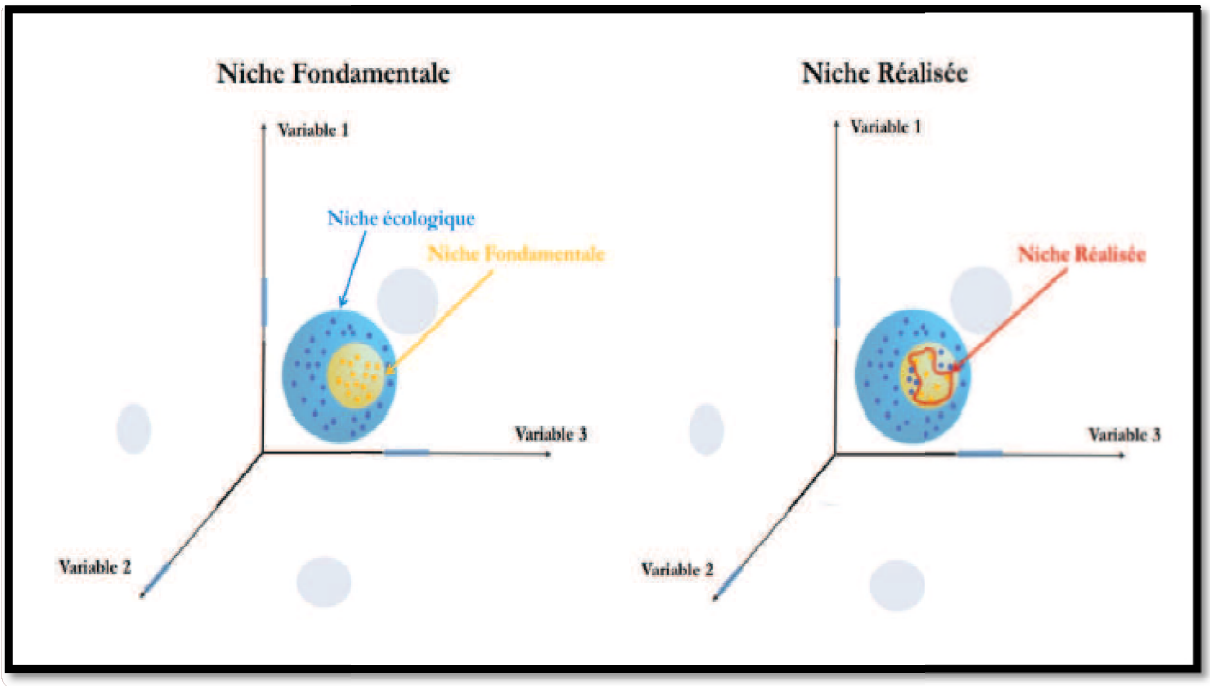


Figure 12 : La niche fondamentale et la niche réalisée.

Dans chaque diagramme ;

***Le globe orange* :** représente la niche fondamentale, englobant la combinaison de variables environnementales

***Les ronds orange* :** montrent la présence de l'espèce dans un habitat caractérisé par des valeurs particulières des variables 1, 2, et 3.

***Les ronds bleus* :** indiquent l'absence de l'espèce dans un habitat.

En haut : espèce présente là où les conditions sont favorables.

En bas : espèce absente dans les portions de sa niche fondamentale occupées par un compétiteur dominant **(Thuiller, 2003)**.

III.1.3. Le concept de La niche ontogénique

Dans le cadre de la compréhension de la structuration des communautés et la conservation de la biodiversité. **Grubb (1977)** a initié le concept de niche ontogénique pour cela il ajoute une dimension temporelle laisse la possibilité au déterminisme environnemental des espèces de varier au cours de leur cycle de vie.

La niche ontogénique peut être définie plus généralement comme l'ensemble des conditions environnementales biotiques et abiotiques nécessaires et/ou contraignantes au développement d'un stade critique d'une espèce.

Grubb (1977) identifie quatre niches ontogéniques qui selon lui devraient être distinguées pour avoir une vision complète de la niche écologique des plantes :

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

Bien que pertinent, le concept de niche ontogénique a été peu étudié chez les végétaux, il offre cependant un cadre théorique important pour l'écologie des communautés, la restauration des écosystèmes mais aussi l'étude de l'impact des changements environnementaux sur les espèces **(Bertrand, 2012)**.

III.1.4. Vision moderne de la niche écologique

Le concept de la niche écologique est actuellement revisité et rénové vers des approches plus mécanistes **(Pulliam, 2000 ; Chase et Leibold, 2003)**.

Chase et Leibold (2003) propose une définition plus large de la niche incluant une dimension démographique : « concept intégrant (i) les conditions environnementales qui permettent à une espèce de satisfaire ses exigences minimales de telle sorte que le taux de natalité d'une population locale soit égale ou supérieure à son taux de mortalité ainsi que (ii) l'ensemble des effets de cette espèce sur son environnement ».

III.1.5. 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 insitu d'espèces sauvages ;
- ✓ La planification des missions de collecte de ressources génétiques liées aux plantes cultivées ;
- ✓ Identifier les zones agro-écologiques idéales pour faire pousser des espèces données des arbres ou des plantes cultivées **(Scheldeman et van Zonneveld, 2012)**.

III.2. Distribution d'une espèce

L'un des enjeux majeurs en écologie est de comprendre la distribution et l'abondance des organismes dans l'espace et dans le temps. Cette problématique est à la cour des préoccupations actuelles des sociétés faisant face aux changements climatiques et à

l'érosion de la biodiversité. Afin d'évaluer l'impact des perturbations du climat sur la biodiversité, il est nécessaire de connaitre les réponses des espèces tout en prenant en compte leur répartition géographique **(Guillon, 2006)**.

La distribution observée, ou aire de répartition peut donc se définir comme, à la portion de territoire occupée par l'ensemble des populations de cette espèce. Il s'agit d'un concept complexe, qui englobe les limites de distribution d'une espèce qui sont évolutives du fait de la dynamique des populations **(Pulliam, 2000)**, mais aussi des activités humaines. Les aires de répartitions doivent se concevoir a différentes échelles spatio-temporelles, ce qui a occasionne un débat nourri sur la façon de caractériser les aires de répartition **(Van Couwenberghe, 2011)**.

III.2.1. Les facteurs limitant de la distribution des espèces

Les deux facteurs limitant la distribution observée sont les facteurs abiotique et biotique (Figure 13).

Les facteurs abiotiques est reconnue en écologie comme :

- Le climat jouer un rôle fondamental sur la distribution des organismes ; contrôle la distribution des animaux et des plantes à l'échelle globale **(Geir *et al.*, 2008)**.
- La topographie qui s'agit en premier lieu de l'altitude en outre des variables telle que :
  - la pente et l'orientation des versants ;
  - la rugosité topographique ;
  - l'énergie solaire a généralement une forte influence sur la croissance des plantes;
  - degré de continentalité.
- Les caractères édaphiques : La répartition d'une espèce peut être influencée par les caractères édaphiques, notamment l'épaisseur, l'humidité, ou encore la granulométrie ainsi que l'acidité (PH), les éléments minéraux (NO_3^-, Cl^-, Ca^{2+}, …), ces caractères sont expliquées rarement complètement la limite de répartition d'une espèce **(Geir et *al.*, 2008)**.

Les facteurs biotiques, comme la compétition, affectent pour leur part la distribution des espèces à des échelles plus locales **(Pearson et Dawson, 2003)**.

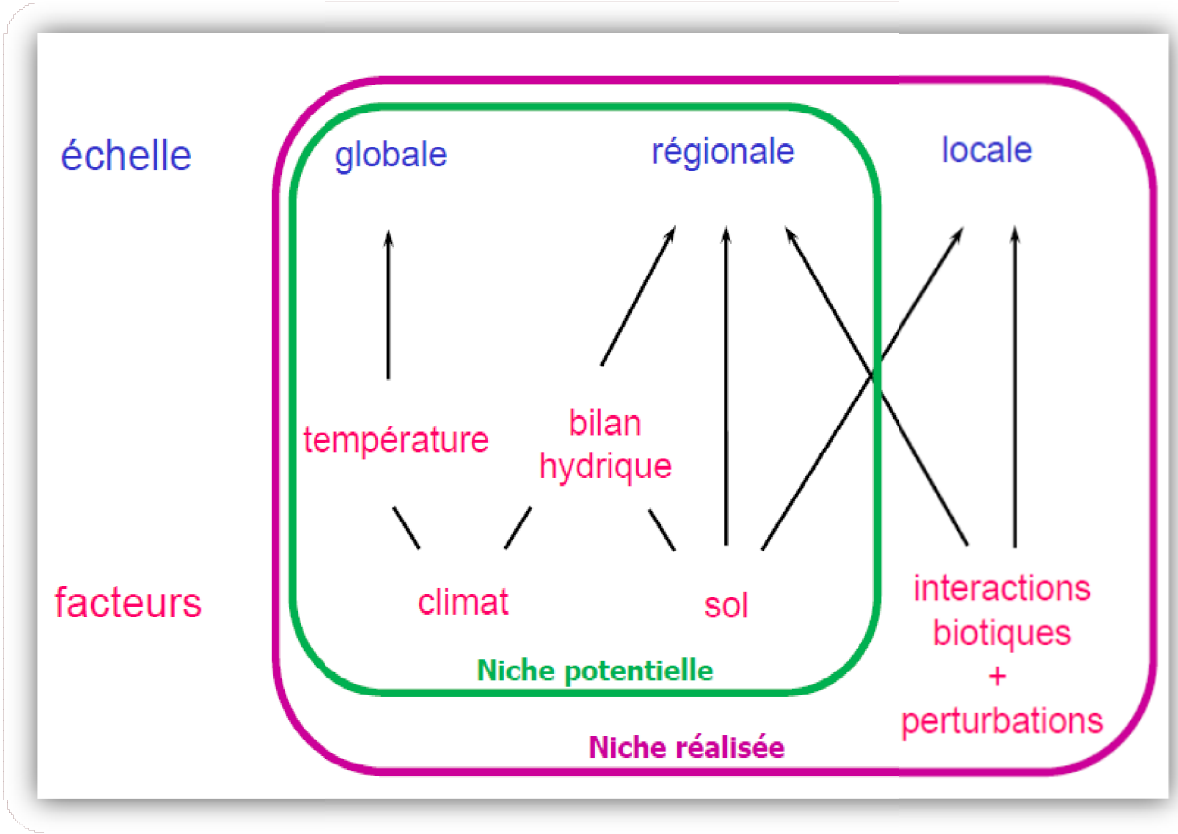


Figure 13 : Facteurs limitant des aires de répartition des plantes **(Geir et *al.*, 2008)**.

III.3. Modélisation de la niche écologique

La modélisation est une opération mathématique qui consiste à réduire un système complexe en un système plus simple, dans le but de proposer une ou plusieurs solutions à un problème donné **(Khater, 2010)** (Figure 14).

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 c'est une représentation simplifiée de la réalité : Dessin, Schéma, équation conceptuelle …etc.

La modélisation de la distribution des espèces est l'étude des relations entre les espèces et les facteurs du milieu nécessite de travailler sur de larges emprises, afin de prendre en compte le plus largement possible le gradient écologique qui conditionne la distribution des espèces **(Guillon, 2006)**.

La modélisation statistique est utilisée pour modéliser la niche écologique d'une espèce, consiste à construire une fonction de paramètres environnementaux ; qui prédit la probabilité de présence de l'espèce à partir d'un jeu de données de calibration comprenant

des données de présence/absence ou d'abondance de l'espèce et des valeurs de paramètres environnementaux aux sites d'observation **(Ndiouma ,2012)**.

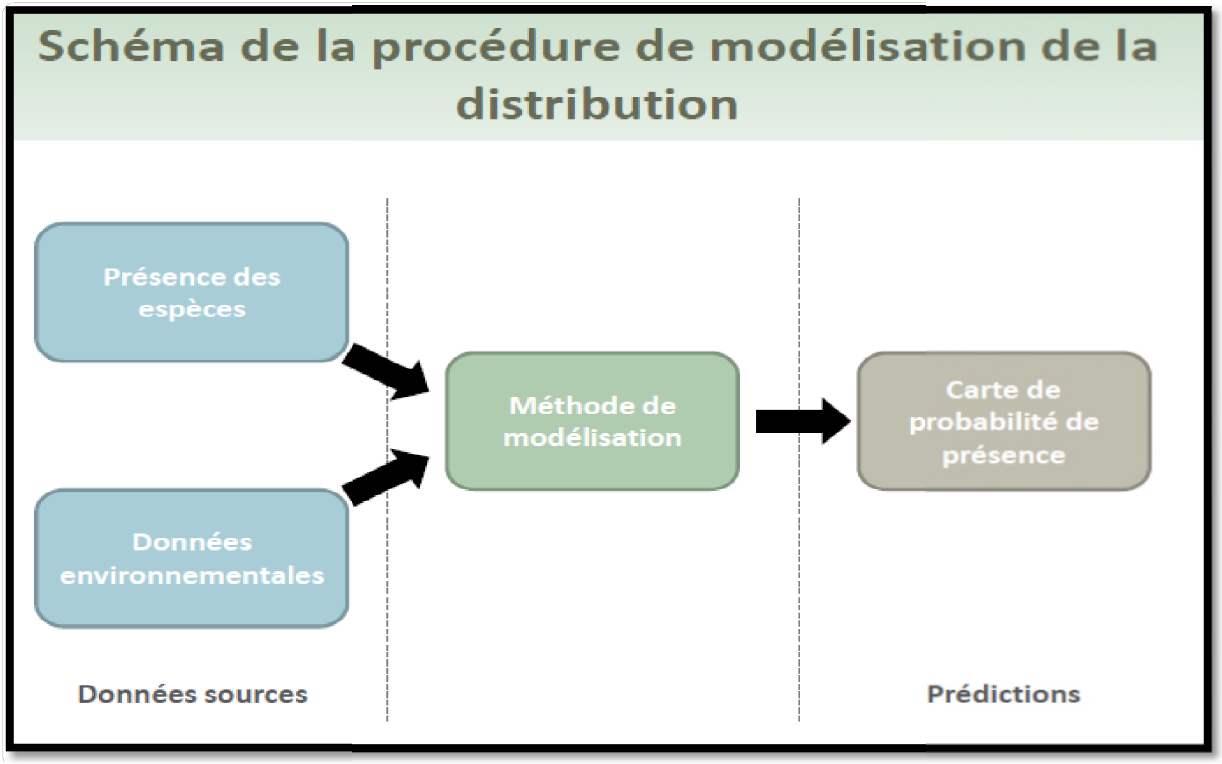


Figure 14 : Procédure de modélisation de la distribution des espèces **(Walaa, 2012)**.

III.3.1. L'objectif de la modélisation

La modélisation de la niche écologique d'une espèce sert à étudier (comprendre, trouver, prédire) les comportements (distribution, migration, menace d'extinction, possibilité d'établissement, …) de l'espèce vis-à-vis des facteurs environnementaux selon les dimensions spatio-temporelles de l'étude.

Dans la majorité des cas, le but de la modélisation statistique est la prédiction de la distribution géographique des espèces, la détection des relations fonctionnelles entre les espèces et l'environnement **(Guisan et Zimmermann, 2000)**. Dans ce cadre la modélisation est utiliser pour :

- Estimer la distribution potentielle des espèces ;
- Déterminer la localisation des espèces en voie d'extinction **(Geir et *al.*, 2008)** ;
- Guider la réintroduction d'espèces menacées et de définir des zones pour les protections. ;

- De connaître et gérer la biodiversité, à différentes échelles spatiales ; régionales ou continentales, temporelles ; passé, présent et futur **(Perrigault, 2009)**.

On trouve des applications de la modélisation de niche écologique en agronomie (prévision des rendements, impact des abeilles sur une fleur, orientation vers une nouvelle espèce d'arachide, …), en écologie (dégager les zones de protection pour une espèce menacée, migration des hirondelles en hiver,…), en élevage (rendement d'une espèce herbivores en fonction des ressources et cohabitation entre plusieurs espèces) **(Walaa, 2012)**.

III.3.2. Données pour modéliser la niche écologique d'une espèce

Pour modéliser la niche écologique d'une espèce, il es nécessaire de disposer d'un jeu de données de calibration associant des données d'occurrence de l'espèce à des valeurs de paramètres environnementaux sur un certain nombre de sites d'observation. Les données d'occurrence de l'espèce peuvent être des données de présence/absence ou des données d'abondance. Les paramètres environnementaux peuvent être des données physico-chimiques (températures, salinité, rayonnement solaire) qui caractérisent la zone d'étude et des données d'interaction avec d'autres espèces **(Ndiouma ,2012)**.

III.3.3. Les modèles de niche écologique

Il existe une grande variété de modèles utilisés pour décrire, expliquer, et prédire la distribution spatiale des espèces, de même, différents modèles ont été implémentés pour étudier les communautés des plantes, les types de végétation **(Brown 1994)**, les types fonctionnels, biomes ou assemblages complexes ,les modèles prédictifs, développés en écologie :

- ✓ sont des outils rationnels qui peuvent répondre aux objectifs de la compensation écologique pour prédire la distribution future de la population ;
- ✓ Pour comprendre les impacts des changements environnementaux sur les populations naturelles **(Thuiller, et *al.*, 2005)** ;
- ✓ pour en déduire les exigences environnementales d'une espèce ;
- ✓ pour comprendre l'impact des changements climatiques sur les aires de répartition des espèces ou les risques d'extinction **(Deville, 2013)**.

Les prédictions de changements de répartition des espèces s'appuient principalement sur deux approches de modélisation **(Vitasse, 2009)**.

III.3.3.1. Les Modèles mécanistes

Les modèles mécanistes simulent la réponse de divers processus d'une espèce (croissance, survie et reproduction) à des variables environnementales, fondés sur une connaissance approfondie des caractéristiques physiologiques et écologiques de l'espèce **(Lauzeral, 2012)**.

Il est possible de visualiser dans un domaine géographique (topographie et végétation) les caractéristiques physiologiques et comportementales des organismes (niche fondamentale) qui peuvent expliquer les limites de distribution de l'espèce et de prédire ces réponses dans le temps pour voir l'impact des changements climatiques **(Kearney et Porter, 2009)**.

Les modèles mécanistes sont dite « process-based models » **(Kearney, 2006)**, n'utilisent que des variables abiotiques en lien avec des réponses physiologiques et simulent donc l'aire potentielle de l'espèce. ils permet de prendre en compte des stratégies fonctionnelles des espèces, des processus biologiques tels que la dispersion, l'établissement et le recrutement entrant en jeu dans les dynamiques de migration des espèces ou encore leur propriété phrénologique **(Morin et *al*., 2008).** Un des exemples de modèle mécaniste est le modèle PHENOFIT ; ce modèle se base sur l'effet des variations saisonnières du climat sur la survie et la reproduction des espèces **(Van Couwenberghe, 2011)**.

Les modèles mécanistes sont basés sur l'explicitation des dynamiques sous-jacentes à la compétition et aux autres interactions interspécifiques, comme par exemple la dynamique des ressources consommées **(Vitasse, 2009)** (Figure 15).

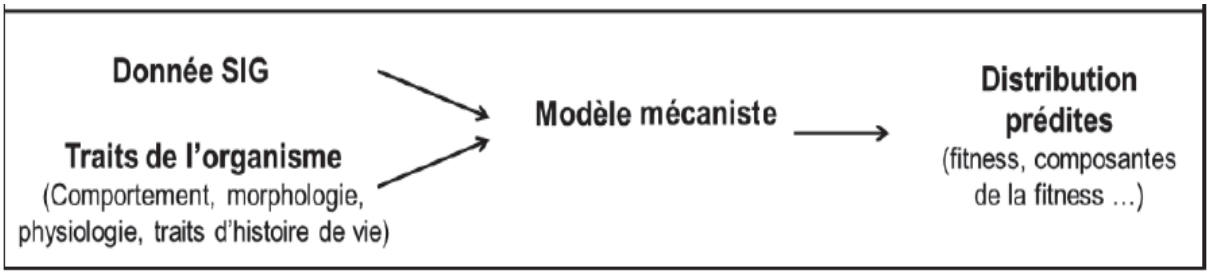


Figure 15 : la modélisation de la niche écologique par l'approche mécaniste **(Gadenne, 2006).**

III.3.3.2. Les Modèles corrélatifs

Les modèles corrélatifs ou appelés également modèles basés sur les niches « Niche-based models » ou modèles bioclimatiques, utilisent le traitement statistique des données réelles d'espèces dans un environnement donné pour prédire la distribution future.

Plus précisément, ils ont basés sur l'établissement de relations statistiques entre des facteurs environnementaux (par exemple des données climatiques) et des distributions d'espèces observées **(Pearson et Dawson 2003)**, Pour en déduire les exigences environnementales d'une espèce, et donc permettent de faire l'extrapolation entre la niche réalisée et la distribution observée **(Van Couwenberghe, 2011)**.

Les modèles corrélatifs sont plus rapides à paramétrer que les modèles mécanistes, notamment car ils nécessitent moins des donnés. Ils ont des bons prédicateurs sur une large échelle spatiale, permettraient de cibler une zone géographique **(Gadenne, 2006)**.

Des modèles dite « habitat-based model » **(Kearney, 2006)** ou plus généralement SDMs « species distribution models », sont aujourd'hui populaires du fait de la facilite d'accès aux données a référence spatiale et aux Systèmes d'Information Géographique (SIG) **(Guisan et Zimmermann, 2000;Guisan et Thuiller, 2005)**. Ils sont largement utilisés à de nombreuses fins dans la biogéographie, la conservation biologie et l'écologie **(Elith et *al*., 2011)**.

L'approche corrélative est une première étape vers la compréhension des relations espèces/environnement, mais dont les limites ne permettent pas de répondre avec pertinence à toutes les problématiques de l'écologie **(Dormann et *al.*, 2012)** (Figure 16).

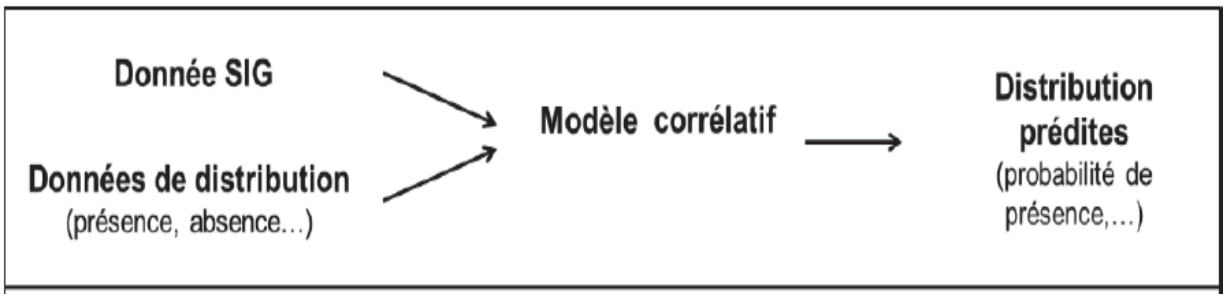


Figure 16 : la modélisation de la niche écologique par l'approche corrélative **(Gadenne, 2006)**.

A- **Les modèles SDMs (Species Distribution Models)**

Les modèles de distribution des espèces (SDMs) sont supposés approcher la niche fondamentale de l'espèce, la vérification de l'équilibre espèce/environnement est donc importante **(Elith et *al.*, 2011)**.

Les SDMs cherchent à établir des corrélations entre des données d'occurrence des espèces et des données environnementales. Il s'agit aujourd'hui de la stratégie la plus commune pour :

- construire la répartition géographique actuelle et future d'une espèce ;
- caractériser les conditions écologiques qui lui sont favorables ;
- Localiser géographiquement ces conditions ;
- générer des prédictions statistiques sur la distribution géographique de l'espèce en fonction des caractéristiques de l'environnement **(Perrigault, 2009).**

L'application des SDMs requiert donc la maîtrise de deux composantes essentielles : la modélisation statistique, qui permettra de faire le lien entre occurrence et environnement, et un SIG, qui permettra de spatialiser les prédictions **(Guisan et Zimmermann, 2000)**.

Parmi les modèles de distribution des espèces (SDM) en trouve MaxEnt **(Phillips et *al.*, 2006; Elith et *al.*, 2011)**. Il n'utilise que des données de présence unique et donc principalement développé pour :

- Surmonter le problème de la taille des échantillonnages grâce à sa fonction de la régularisation ;
- Estimer la probabilité de distribution en calculant la distribution du maximum d'entropie la plus proche du modèle **(Elith et *al.*, 2006)** ;
- Montrer l'importance de chaque variable intégrée dans le modèle pour expliquer la distribution de l'espèce étudiée ;
- Minimiser les contraintes de choix sur les variables écologiques afin de prédire la distribution observée des présences. Ce modèle à l'avantage d'éviter l'erreur qui résulte de fausse absence.

A l'heure actuelle, les modélisateurs s'efforcent d'affiner leur prédiction en créant des modèles complexes « hybrides » qui intègrent dans les modèles de niches certains processus biologiques prépondérants comme la capacité de dispersion des graines, le taux de régénération ou la phénologie foliaire **(Vitasse, 2009)**.

CHAPITRE IV:
Matériel et Méthodes

IV.1. Description des données utilisées

IV.1.1. Données d'occurrence spatiale de chêne vert

La localisation des données de présence ont été extraites a 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)**.

IV.1.2. Les Variables environnementales

Les variables environnementales, pour la période actuelle (1950-2000), de l'Est algérien utilisées pour construire le modèle de distribution de chêne vert sont de nature climatique, Ils ont été extraites à partir de la base de données WorldClim **(http://www.worldclim.org/bioclim) (Hijmans et *al*., 2005)**.

Les 19 variables sont codés comme suit :

BIO1 : Température moyenne annuelle.
BIO2 : moyenne amplitude diurne (moyenne mensuelle de (temp max - min temp).
BIO3 : Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100).
BIO4 : Saisonnalité de la température (écart-type * 100).
BIO5 : Température maximale de Mois le plus chaud.
BIO6 : Température minimale de Mois le plus froid.
BIO7 : Plage de température annuelle (BIO5-BIO6).
BIO8 : Température moyenne de trimestre le plus humide.
BIO9 : Température moyenne de trimestre le plus sec.
BIO10 : Température moyenne de trimestre le plus chaud.
BIO11 : Température moyenne de trimestre le plus froid.
BIO12 : précipitations annuelles.
BIO13 : Précipitation de mois le plus humide.
BIO14 : Précipitation de mois le plus sec.
BIO15 : Saisonnalité des précipitations (coefficient de variation).
BIO16 : Précipitation de trimestre le plus humide.
BIO17 : Précipitation de trimestre le plus sec.
BIO18 : Précipitation de trimestre le plus chaud.
BIO19 : Précipitation de trimestre le plus froid.

Ces variables ont été conçus et principalement utilisés pour la modélisation des niches écologiques.

Pour les projections climatiques futures des années 2050 et 2070, ont été extraites à partir de base données WorldClim **(http://www.worldclim.org/bioclim)**, un modèle de circulation générale (Global Circulation Models : GCMs) parmi les plus recommandés a été utilisé : le modèle HadGEM2-ES (Hadley Global Environnement Model 2 - Earth System) obtenue par (Hadley centre for climat prédiction and research). Les réalisations supplémentaires apportées par (l'Institue National de Recherche Spatiale Libre). Dans le cadre des scénarios d'émissions des gaz à effet de serre dits RCP (Représentative Concentration Pathways): de 4,5 et 8,5 ppm pour les RCP45 et RCP85 respectivement **(Roudier, 2012)**.

IV.2. La modélisation de la distribution du chêne vert

A partir des donnés WordClim des grilles régulières des variables climatiques couvrant la zone d'étude ont été extraites, ensuite elles ont été importées sous forme d'un fichier ASCII (*.asc).a fin d'alimenter le programme MaxEnt en plus des points de présence de l'espèce sous forme d'un fichier csv (*.csv).

Le principe d'entropie maximale (maximum entropy modeling) est exécuté sous MaxEnt, le résultat de la modélisation ainsi que les testes de validation seront enregistrer dans un fichier résultat (result)

L'intérêt de cette méthode est de faire la combinaison des données de présence de chêne vert avec les caractéristiques bioclimatiques actuelles et future de la zone d'étude pour générer:

- une carte globale actuelle de l'aire potentielle de répartition de chêne vert dans l'Est algérien.
- des cartes de la distribution de l'espèce vis-à-vis des projections climatiques futures des années 2050 et 2070 faites pour la zone étudiée (Figure 17).

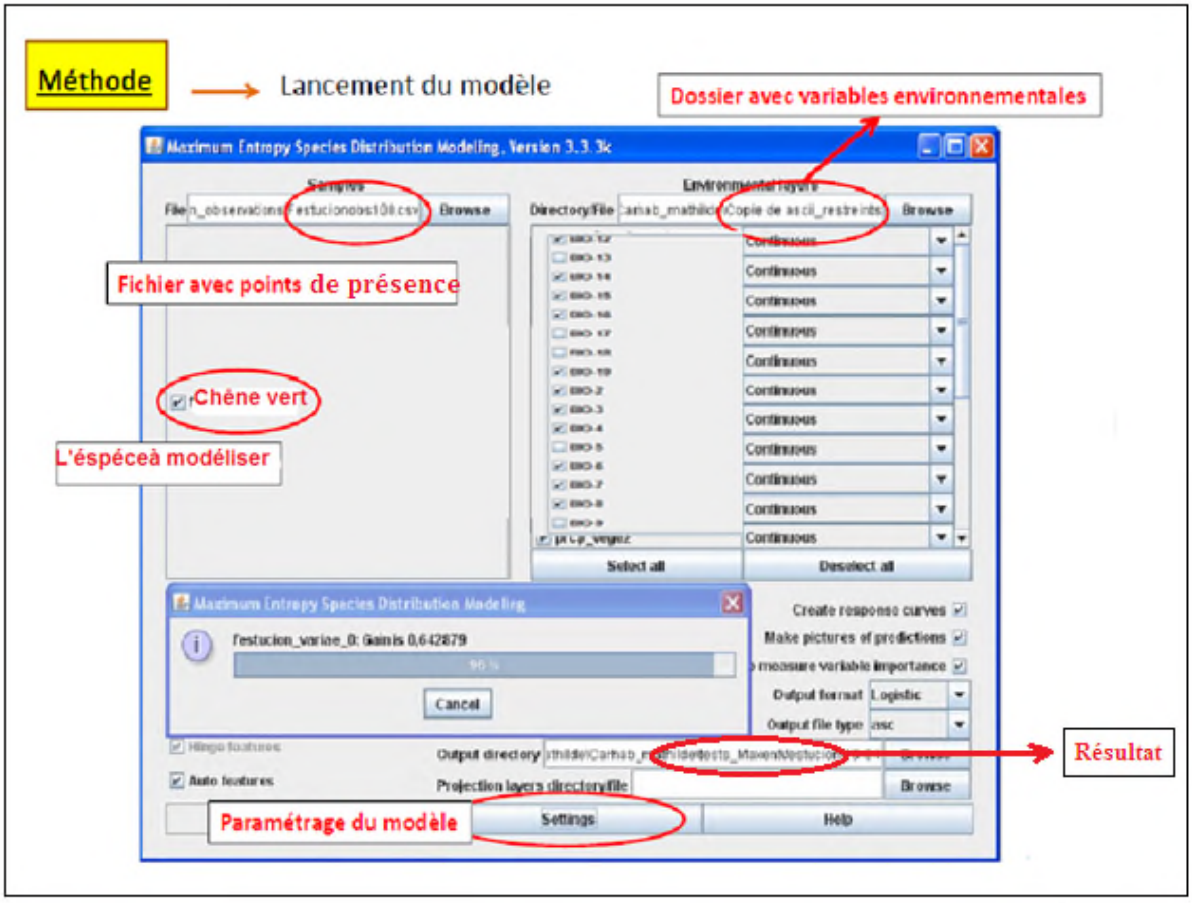


Figure 17 : La méthode de modélisation de chêne vert par MaxEnt.

IV.4. La validation du modèle

- Les variables bioclimatiques ont été soumises à un test de Jackknife pour déterminer celles qui contribuent le plus à la modélisation du chêne vert.
- La performance du modèle a été évaluée en utilisant la statistique AUC (Area Under the Curve) **(Phillips et *al*., 2006)**.

Les 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)**.

IV.5. Les courbes de réponse des variables

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

CHAPITRE V:
Résultats et Discussion

V.1. Résultats

V.1.1. La contribution des facteurs bioclimatiques dans la prédiction de la distribution du chêne vert

Au total douze variables bioclimatiques ont été retenus pour tourner le modèle, sont respectivement :

BIO2,BIO 3,BIO4 ,BIO6 ,BIO7 ,BIO9 ,BIO10,BIO12,BIO14,BIO15,BIO16,BIO19.

Parmi les quels les plus importants pour expliquer la distribution du chêne vert sont :

La température moyenne de trimestre le plus chaud (BIO10), Température minimale de Mois le plus froid (BIO6), Saisonnalité de la température (BIO4), Température moyenne de trimestre le plus humide (BIO8).

Tableau 01 : La contribution des 12 variables retenus dans la période (1950-2000)

Variables	Contribution en (%)
BIO-10	61
BIO-6	11.6
BIO-4	8.6
BIO-8	7.6
BIO-2	2.7
BIO-19	2.3
BIO-15	1.7
BIO-16	1.5
BIO-14	1.4
BIO-3	0.9
BIO-7	0.6
BIO-12	0.1

Les tableaux 2, 3,4 et 5 présentent les 4 variables les plus importantes dans les années 2050et 2070.

Tableau 2 : Les 4 variables les plus importants dans l'année 2050 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP45).

Variables	Contribution en (%)
BIO-10	64.3
BIO-6	15.9
BIO-8	4.6
BIO-2	4.1

Tableau 3 : Les 4 variables les plus importants dans l'année 2050 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP85).

Variables	Contribution en (%)
BIO-10	62
BIO-6	20.5
BIO-2	6.3
BIO-8	3.5

Tableau 4 : Les 4 variables les plus importants dans l'année 2070 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario(RCP45).

Variables	Contribution en (%)
BIO-10	26.4
BIO-6	17.1
BIO-4	16.5
BIO-9	13.1

Tableau 5 : Les 4 variables les plus importants dans l'année 2070 pour le modèle HadGEM2-ES du scénario (RCP85).

Variables	Contribution en (%)
BIO-10	59.1
BIO-6	14
BIO-4	8.6
BIO-8	6.2

V.1.2. Les courbes de réponse

Les courbes de réponses générer par MaxEnt ci-dessous représentent les courbes de tolérances pour les variables les plus significatifs qui commandent la répartition spatiale du chêne vert (Figure 18).

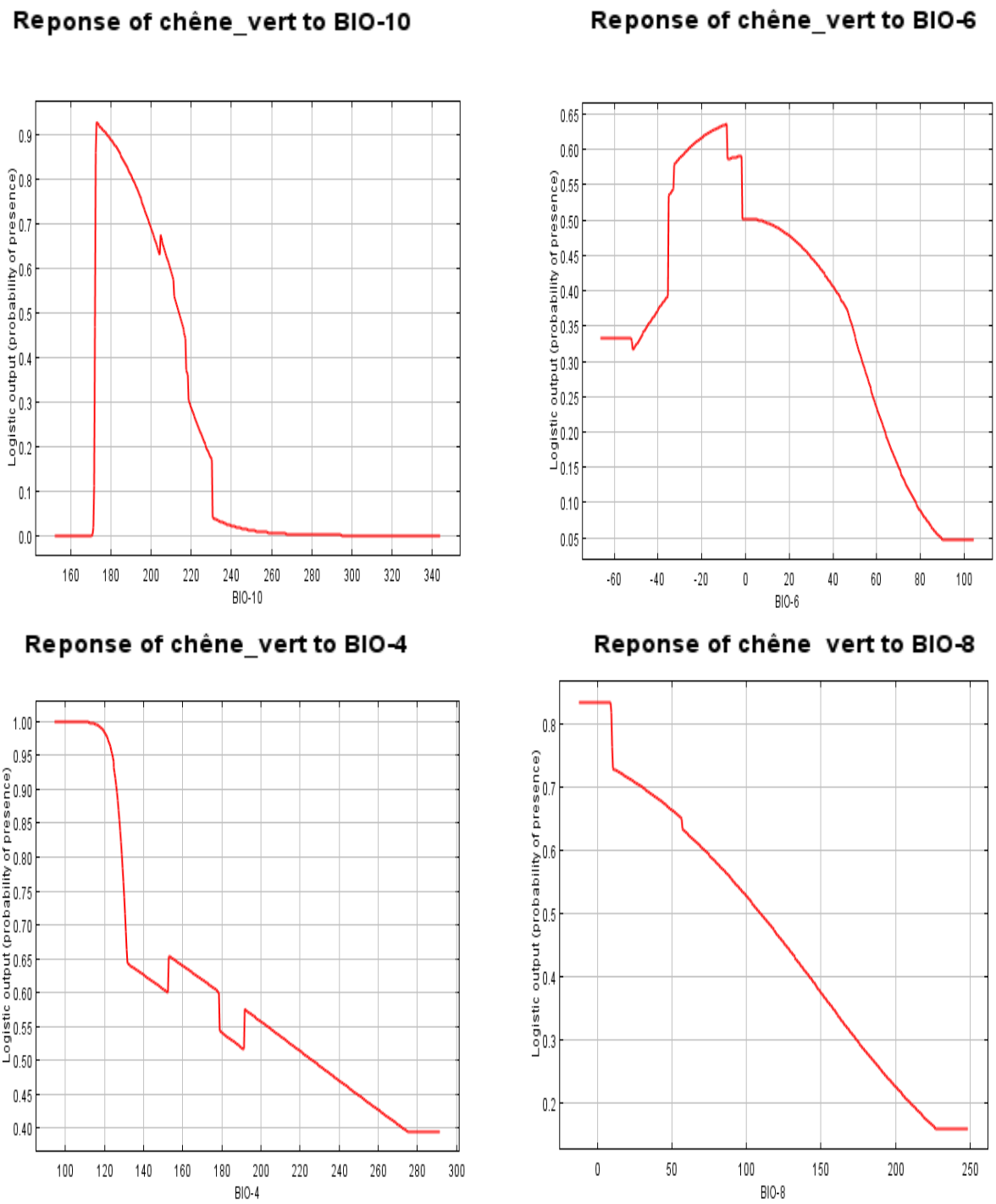


Figure 18: Les courbes de réponse de chêne vert aux variables bioclimatiques les plus contribués.

V.1.3. La distribution actuelle de chêne vert

Le chêne vert caractérisé par une grande plasticité et résistance lui permettent de coloniser tous les types de substrats géologiques, et de se situer dans presque touts les étages bioclimatiques. C'est une espèce montagnarde qui colonise les altitudes entre 400 et 2328 m.

Les résultats de modélisation du chêne vert montrent une forte probabilité de présence d'espèce comprise entre 0.77 et 1 (en rouge, orange et en jaune) à savoir des aires potentielles du chêne vert essentiellement localisées ; d'une part dans les massifs d'Atlas saharien particulièrement les monts de Belezma et les massifs de Chelia et les monts de Nememcha et les monts de Tébessa, et d'autre part dans l'Atlas tallien principalement les massifs de Babor et Tababor.

Alors que les aires peu favorables concernent les hautes plaines constantinois et les monts de Medjarda et les monts d'El Hodna, caractérisées par une moyenne probabilité de présence d'espèce comprise entre 0.46 et 0.69 (en vert foncé) (Figure 19).

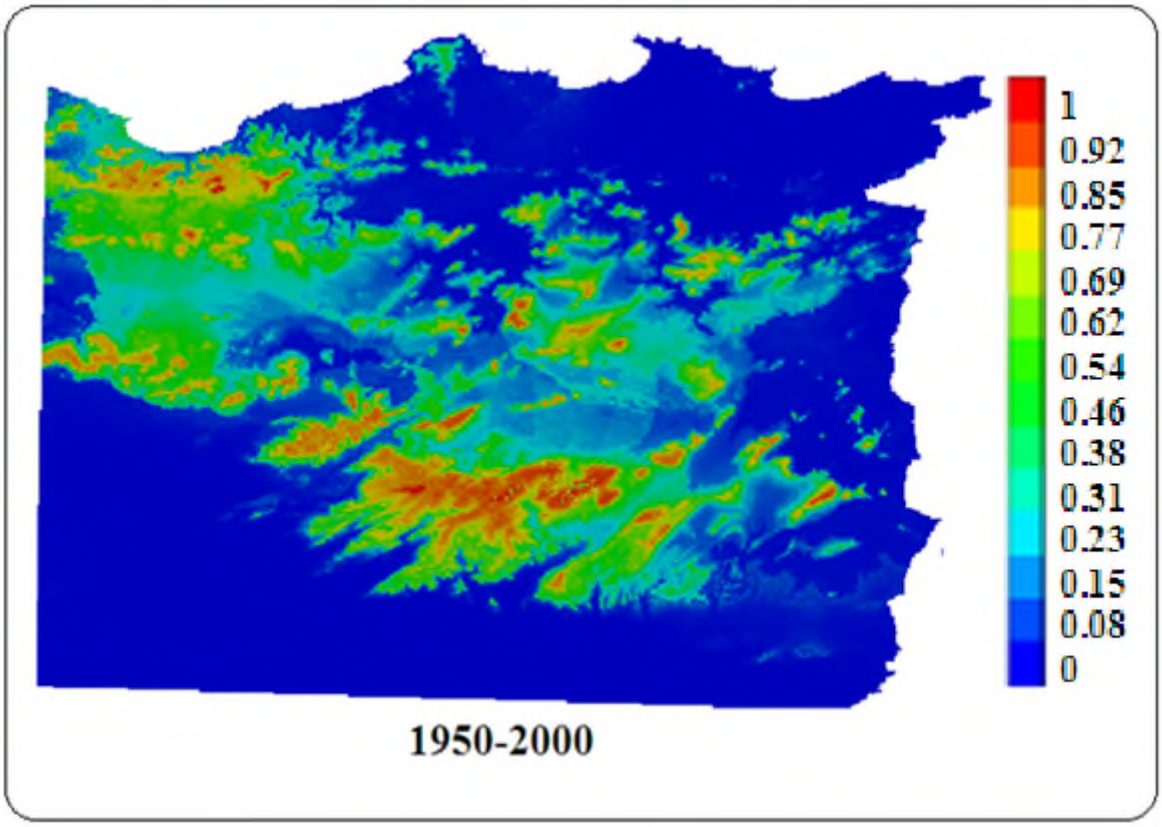


Figure 19 : La carte de la niche climatique potentielle du chêne vert pour la période (1950-2000).

Les différentes plages de couleurs représentent les probabilités de présence : fortes probabilités représenter en rouge-orange et en jaune, une probabilité moyennes manifester en vert foncé et enfin faibles a très faible probabilités apparaisse en couleur verte claire au bleu clair et nulle en et bleu foncé.

V.1.4. La distribution à venir

Les scénarios climatiques des prédictions utilisés ont montrés des changements peu importants entre la distribution actuelle et celle à venir. En ce qui concerne les projections futures à l'horizon 2050 et 2070, le modèle HadGEM2-ES prédit les mêmes résultats pour les scenarios d'émissions RCP45, et RCP85 remarquer par :

- Une légère augmentation de la distribution spatiale du chêne vert au niveau d'Atlas tallien (les chaines de Babor et Tababor) et dans les massifs de l'Atlas saharien (les monts des Aurès) et dans les hautes plaines constantinois et les monts de Medjarda.
- Une légère réduction de la distribution spatiale du chêne vert dans les monts de Nememcha.
- La prédiction montre aussi que les aires potentielles d'espèce dans les massifs de Tébessa et les monts de Belezma serons moins favorables (Figure 20).

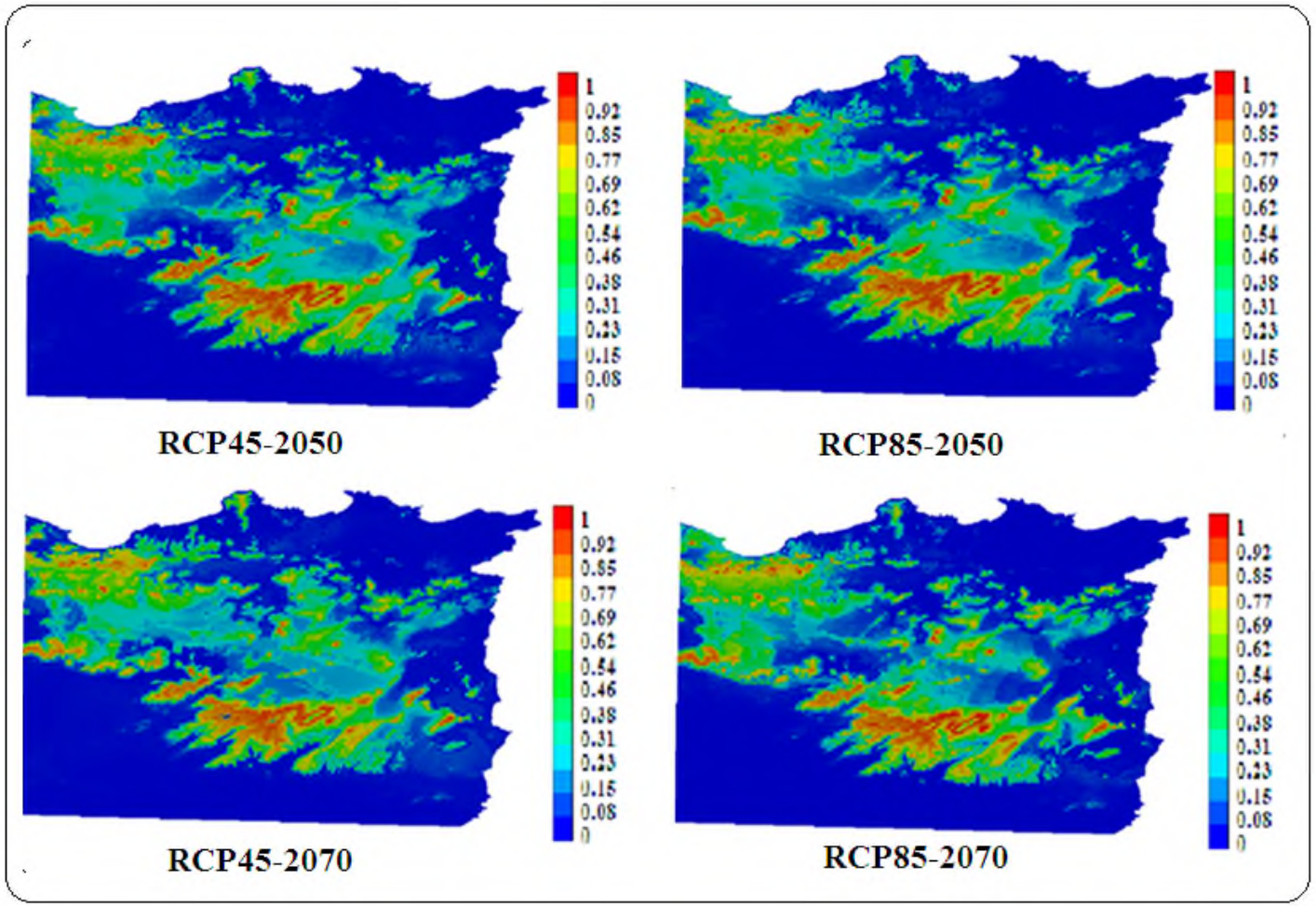


Figure 20: Cartes représentent les niches climatiques potentielles du chêne vert pour les périodes (2050 et 2070).

V.1.5. Validation du modèle

- **Les valeurs d'AUC**

La performance du modèle a été évaluée par les valeurs d'AUC (Area Under Curve) (Aire sous courbe) au calibrage de 0,95 après le test du modèle MaxEnt. Cela dénote que la plupart des points de présence du chêne vert ont été prédites de manière satisfaisante au vue du seuil de probabilité (0,95) de AUC. Donc se modèle est de bonne qualité (Figure 21).

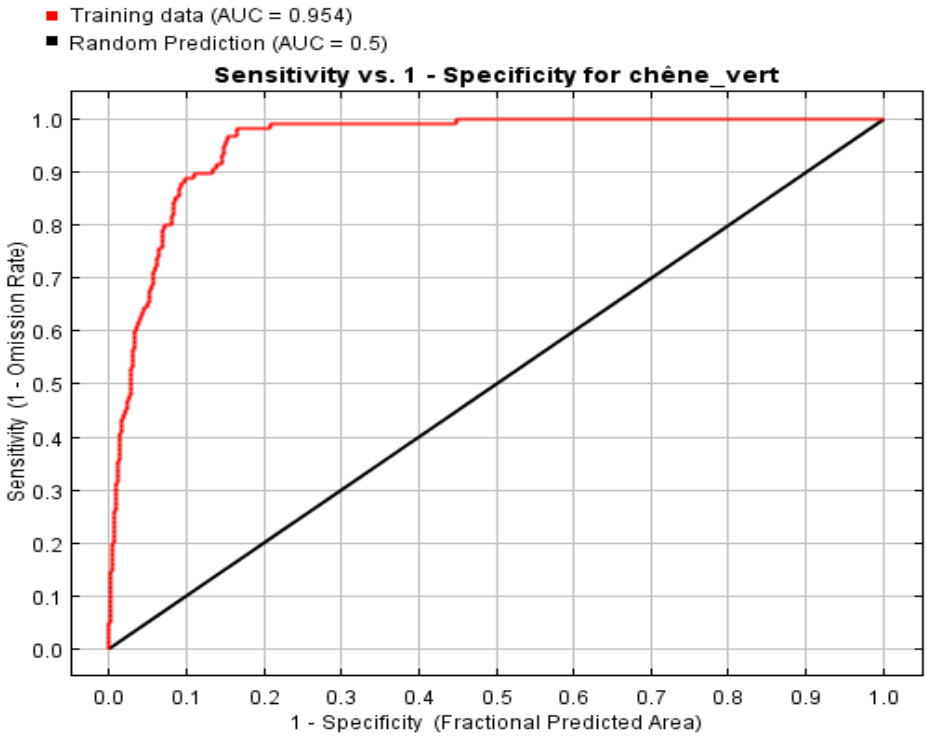


Figure 21 : les valeurs d'AUC (Area Under Curve) ; données par MaxEnt.

La sensitivité et la spécificité, représentant respectivement le taux de présences et d'absences bien prédites.

Le modèle de distribution de chêne vert est de très bonne performance (AUC > 0,9). Ainsi, permet de prédire 95 % de présence observée.

- **Le Test de Jakknif**

L'image suivante montre les résultats de teste Jackknif donnée par MaxEnt. Le variable bioclimatique avec contribution la plus importante est Bio-10 qui semble donc avoir l'information la plus utile (Figure 22).

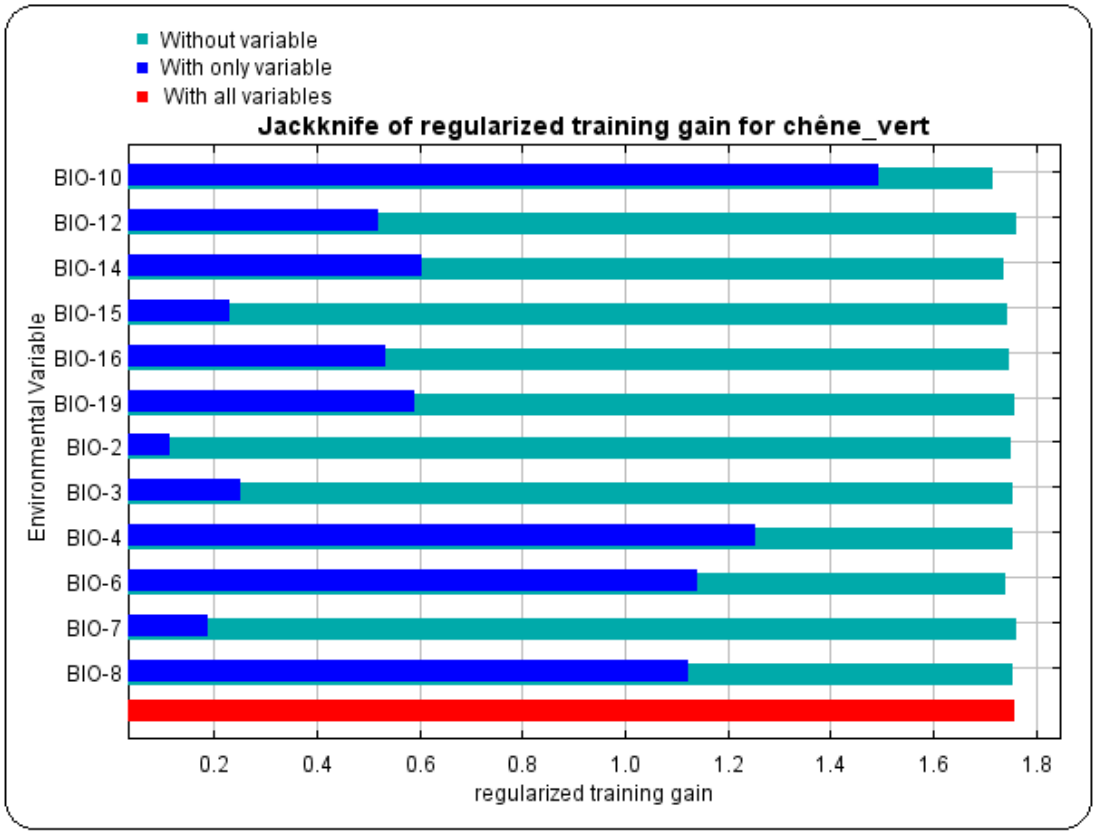


Figure 22 : Résultat du test de Jackknif sur la contribution de modèle.

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 bleue-verte est la performance du modèle tandis que la barre rouge correspond à la performance totale du modèle.

V. 2. Discussion

V. 2.1. Analyse de la contribution des variables environnementales

Parmi les variables bioclimatiques, les résultats actuelle du période 1950-2000 et la prédiction à venir des périodes 2050-2070 montrent que la température moyen de trimestre le plus chaud a un pouvoir prédictif très élevé (Figure 22), ce qui accorde avec les caractéristiques bioclimatiques de l'espèce, tandis que le chêne vert est une espèce thermophile de pleine lumière peut apparaitre dans les conditions extrêmes de températures (m) avec m= -15° par an. Toutefois il résiste à des variations de températures allant de -3°C à +7°C et supporte des maxima pouvant atteindre 42° C **(Alcaraz, 1970)**.

V. 2.2. Modélisation et fiabilité du modèle

D'après les résultats de la modélisation, la distribution spatiale du chêne vert selon les conditions climatiques pour la période (1950-2000), montre que l'espèce a une forte probabilité de présence, comprise entre 0,77 et 1 dans les zones montagnards (Figure 19) , ces derniers caractérisées principalement par un climat subhumide chaud et semi aride froid ce qui confirme par la forte contribution de : la température moyen de trimestre le plus chaud (Figure 22) et de même la contribution de la température minimale de mois le plus froid.

Donc les conditions climatiques actuelles prédites sont les plus favorables pour l'espèce lui offrirons des aires potentielles ou des niche climatiques potentielles.

La prédiction de répartition obtenus et les variables définissant les niches climatiques potentielles du chêne vert semblent globalement corrélâtes avec les connaissances actuelles ce qui confirme par la bonne qualité du nos modèle. (La valeur d'AUC est forte (AUC=0,95) (Figure 21**)**.

Les projections climatiques futures selon le modèle HadGEM2-ES à l'horizon 2050 et à l'horizon 2070 montre que la probabilité de présence d'espèce varie peu ceci pour les deux scenarios d'émissions des gaz a effet de serre ; RCP45 et RCP85, indiquant que la distribution spatiale des zones propices au développement du chêne vert changera légèrement (Figure 20).

Ce changement caractériser par :

- Une légère augmentation des aires potentielles d'espèce vers le Sud d'Atlas tellien, des hautes plaines constantinois et d'Atlas saharien où. le modèle prédit des conditions climatiques très favorables au développement du chêne vert

- Une légère réduction de l'aire potentielle de l'espèce vers le Nord de Nememcha où le modèle prédite des conditions climatiques affectera l'aire de distribution spatiale du chêne vert.
- Quelle que zones particulièrement dans l'Atlas saharien sont actuellement potentielles pour le chêne vert serons moins favorable face a leurs vulnérabilité aux conditions climatiques prédite par le modèle.

Le modèle prédit des distributions spatiales futures de l'espèce, basées sur leur exigences climatiques, lorsque on associe cette prédiction avec le comportement écologique du chêne vert et ces caractéristiques physiologiques de survie et de ça dispersion des graines, le changement de la zone de distribution propice d'espèce s'explique principalement par :

- des déplacements futures de leur niches bioclimatiques montrées essentiellement par la migration d'espèce a des altitudes moyen vers des altitudes supérieurs ou il occupera des zones climatiques plus adapté.
- L'élévation de la température du climat future qui permettra de créer des zones thermiques très favorables au chêne vert.

Le chêne vert est une espèce robuste qui peuvent s'adapter a différents conditions climatiques, car leur amplitude écologique demeure importante sur le plan climatique **(Dahmani, 2002)** ce qui explique ce légère changements de leur distribution entre les simulations future et l'aire actuellement.

Conclusion

Conclusion

Le modèle MaxEnt permet de faire la prédiction des aires favorables au chêne vert dans l'Est algérien pour les conditions climatiques actuelles du période 1950-2000, les prédictions sont réalisé avec des projections climatiques futures du modèle HadGEM2-ES (2050 et 2070), pour les deux scenarios d'émissions des gaz a effet de serre ; RCP45 et RCP85.

Les modèles ont fournies des bonnes prédictions de répartition spatiale pour le chêne vert à savoir que la plupart des points de présence d'espèce ont été prédites de manière satisfaisante au vue du seuil de probabilité (0,95) d'AUC.

Les résultats obtenus pour la prédiction de la distribution du chêne vert, ont montrés que la température moyenne de trimestre le plus chaud (BIO10) est le variable climatique le plus explicative de la distribution actuelle et future du chêne vert.

Les résultats de la simulation future pour les périodes 2050 et 2070 indiquant que certaines zones offriront de bonnes conditions climatiques, d'autres de moins favorables ; mais le constat général est l'augmentation des aires potentielles d'espèce dans l'Est algérien se qui confirme leur forte capacité d'adaptation et leur ajustements aux variations climatiques grâce à leur plasticité phénotypique.

Les aires favorables (les massifs d'Atlass saharien et les hauts monts de l'Atless talien) et les aires moins favorables (les hautes plaines constantinois et les monts de Hodna) prédites sur le plan climatique pourraient s'avérer la meilleure solution des substitutions pour conserver l'espèce et pour améliorer leur capacité adaptative dont le contexte de son rôle dans la lute contre la désertification et la dégradation des sols.

Toutefois, d'autres facteurs influençant la distribution du chêne vert tels que ; les conditions édaphiques, les interactions biotiques, l'adaptation génétique et les capacités de dispersion des graines de l'espèce doivent être prises en compte pour obtenir un meilleur prédiction spatiale de l'aire de répartition du chêne vert afin de tirer des conclusions pertinentes devant permettre de mieux orienter les prises de décision en matière de conservation.

Annexe

Annexe

1. Présentation du modèle de *MaxEnt*

Les systèmes d'information géographique comme *MaxEnt* incluent la capacité de modélisation des niches écologiques à partir des données environnementales disponibles sur les sites où l'espèce a été observée (points de présence). Il existe déjà des bases de données qui fournissent des informations détaillées sur le climat (fondées sur l'interpolation de données collectées dans le monde entier par des stations de mesure climatiques) comme WorldClim **(Hijmans et *al*., 2005),** mais la disponibilité de données concernant d'autres facteurs environnementaux pertinents, comme les variables édaphiques, est encore limitée.

MaxEnt est un programme de modélisation de la distribution d'espèces envisagé pour prédire la distribution potentielle d'une ou de plusieurs espèces. Il estime la distribution potentielle de l'espèce en déterminant la densité de probabilité de présence de l'espèce contrainte par la distribution des variables environnementales **(Elith et *al.*, 2011; Philips et *al.*, 2006).**

Le logiciel MaxEnt **(Phillips et *al.,* 2006)** a été utilisé pour créer des modèles de distribution d'espèces (SDM) à partir de données de présence **(Elith et *al*., 2010) ;** MaxEnt détermine en effet l'importance de la contribution de chaque variable d'enivrement au ses modèles **(Philips et *al.*, 2006)**.

La méthode de modélisation par MaxEnt est considérée comme performante même pour des données de distribution relativement peu nombreuses. De plus, il s'agit d'une méthode particulièrement adaptée à la modélisation en présence seulement, c'est-à-dire quand il n'existe pas de donnée fiable concernant l'absence de l'espèce **(Elith et *al.*, 2006 ; Philips et *al.*, 2006)**

2. L'importation des points de présence géoréférencés dans maxent

MaxEnt travaille avec des données de présence géoréférencées. Dans MaxEnt, les données doivent être importées sous forme d'un fichier CSV (*.csv) qui doit comprendre trois champs fixes (colonnes) correspondant aux catégories suivantes : Espèce (nécessite un code d'identification (ID), le nom taxonomique d'espèce), Longitude et Latitude (les coordonnées latitude/longitude et présentées en Degrés Décimaux (*Decimal Degrees*, DD) Se fichier peut être préparé et construire sous Excel et ensuite sauvegardée au format CSV (*.csv).

3. Importation de données climatiques dans MaxEnt

Les données climatiques sont disponibles gratuitement depuis des bases de données mondiales. La base de données la plus couramment référencée est WorldClim **(Hijmans et *al.*, 2005)**, qui utilise 19 variables bioclimatiques dérivées. Voir le tableau (http://www.worldclim.org/bioclim)

Las 19 Variables bioclimatiques
BIO1 = Température moyenne annuelle
BIO2 = Ecart diurne moyen (température maximale – température minimale ; moyenne mensuelle)
BIO3 = Isothermalité (BIO1/BIO7) * 100
BIO4 = Saisonnalité de la température (Coefficient de variation)
BIO5 = Température maximale de la période la plus chaude
BIO6 = Température minimale de la période la plus froide
BIO7 = Ecart annuel de température (BIO5-BIO6)
BIO8 = Température moyenne du trimestre le plus humide
BIO9 = Température moyenne du trimestre le plus sec
BIO10 = Température moyenne du trimestre le plus chaud
BIO11 = Température moyenne du trimestre le plus froid
BIO12 = Précipitations annuelles
BIO13 = Précipitations de la période la plus humide
BIO14 = Précipitations de la période la plus sèche
BIO15 = Saisonnalité des précipitations (Coefficient de variation)
BIO16 = Précipitations du trimestre le plus humide
BIO17 = Précipitations du trimestre le plus sec
BIO18 = Précipitations du trimestre le plus chaud
BIO19 = Précipitations du trimestre le plus froid

La modélisation dans MaxEnt utilisée des données climatiques d'un raster environnemental au format ASCII (*.asc) pour obtenir des couches environnementales prêtes à être utilisées dans la modélisation de la distribution des espèces.

4. La modélisation de la distribution d'espèce par maxent

La modélisation de la distribution de l'espèce permet d'identifier l'aire potentielle où cette espèce pourrait se trouver de façon naturelle **(van Zonneveld et *al.*, 2009)**. L'utilisation de MaxEnt pour la modélisation de la distribution d'espèce va suivre les étapes suivantes :

- L'importation les points de présence sous forme d'un fichier CSV (*.csv) dans la fenêtre *Samples*. MaxEnt permet aussi de choisir des fichiers raster de résultats au format *.grd
- L'importation des couches climatiques au format ASCII (*.asc) en utilisant l'option *Environmental layers*.
- MaxEnt génère un raster de la distribution potentielle a l'aide de l'option Output file type.

- La sélection de l'emplacement (chemin d'accès) où doivent être sauvegardés les résultats de la modélisation dans la fenêtre *Output directory*.

Pour que MaxEnt traite les rasters environnementaux, tous les rasters doivent avoir les mêmes propriétés, résolution et coordonnées des coins ou sommets (vertices).

MaxEnt est capable de conduire une analyse simultanée sur plusieurs espèces lorsque les points de présence de chaque espèce sont sauvegardés dans le même fichier CSV (*.csv).

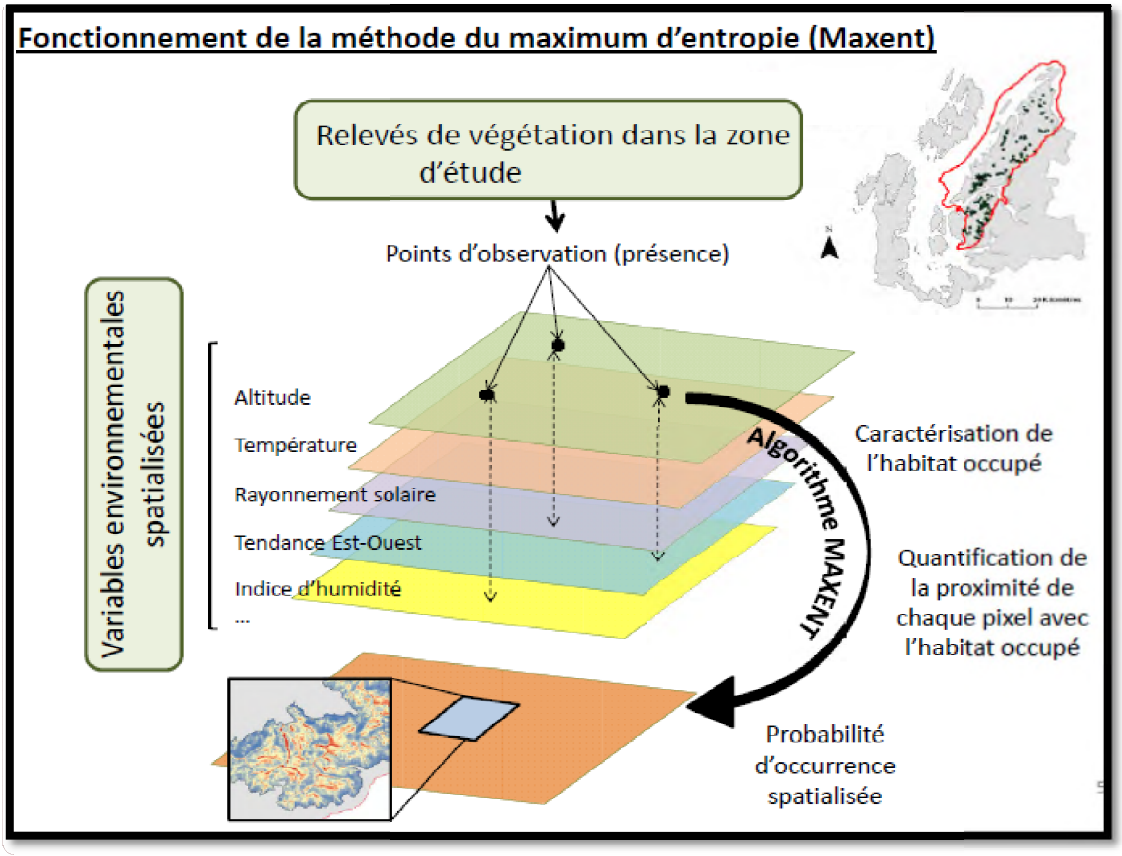


Figure 23: Fonctionnement des méthodes statistiques de modélisation

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

A

1. **Achhal H. (1986)**. Etude phytosociologique et dendrométrique des écosystèmes forestiers du bassin versant du N'fis (haut atlas central).Thèse de doctorat : Université-Aix- Marseille III. 188p.
2. **Alcaraz C. (1970)**. Détermination de la limite de l'influence de la brise marine, son action sur la répartition de la végétation oranaise. *Bull. Soc. Hist. Mat. Afr. Nord*. 61-93.
3. **Austin M.P. (1985)**. Continuum concept: Ordination Methods and Niche Theory Annual Review of Ecology and Systematics. 16-61.

B

4. **Barbero M., Loisel R. (1980)**. Le chêne vert en région méditerranéenne : Sciences et Techniques de St-Jérôme : Université de Marseille cedex 4.531-539.
5. **Barbero M., Quezel P., Rivas-Martinez S. (1981)**. Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré forestiers du Maroc. Phytocoenologia. 3-442.
6. **Barbero M., Quezel P., Loisel R. (1990)**. Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbation induit par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens : Foret méditerranéenne, XII. 194-215p.
7. **Barry J.P., Celles J.C., Faurel L. (1976)**. Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuilles d'Alger, 1/100000. Soc. Hist. Nat. d'Afrique du Nord. Alger.
8. **Belarmain F., Gerard N. G. , Noël H. F., Brice S, Jian L.(2013)**. Impact des changements climatiques sur la répartition géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés : cas du tamarinier au Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2013 **17**(3), 450-462.
9. **Bellon S., Cabanes B., Dimanche N., Guerin G., Msika B. (1996)**. Les ressources sylvo-pastorales des chênaies méditerranéennes. : Forets méditerranéennes. XVII.3-209.

10. **Benia F. (2010)**. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de doctorat : biologie animale : Université Ferhat Abbas.229p.
11. **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 (AgroParisTech).309p.
12. **Boudy P. (1950)**. Economie forestière Nord Africaine. Tome(2) Fasc.1. Monographie et traitement des essences forestières. Edition, Larose, Paris. 525p.
13. **Boudy P. (1955)**. Economie forestière Nord-Africaine : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Tome IV. Edition, Larose.Paris.483p.
14. **Berrichi M. (2011)**. Détermination des aptitudes technologiques du bois de *quercus rotundifolia* lamk et possibilités de valorisation. Thèse de doctorat : Sciences d'Agronomie et des Forêts : Université aboubakr belkaid Tlemcen.149p.
15. **Brown D.G. (1994)**. Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. Journal of Vegetation Science 5, 641-656p.
16. **Bureau National des Etudes Forestières (B.N.E.F.). (1984)**. Rapport de synthèse.

C

17. **Canadell J., Ribam. Andres P. (1988)**. Biomass equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny Massif, Northeastern Spain.Forestry.61 (2): 137-147.
18. **Chase- J.M., Leibold M.A. (2003)**. Ecological niches: linking classic and contemporary approaches: University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 212p.
19. **Cote M. (1983)**. L'espace Algérien les prémices d'un aménagement. 21p.

D

20. **Dahmani M. (1984)**. Contribution à l'étude des groupements à chêne-vert (*Quercus rotundifolia* Lamk.) des monts de Tlemcen (Ouest-Algérien): Approche phytoécologique et phytosociologique : Thèse de doctorat. 3^{e} Cycle : Université de Science et Technologie Houari Boumediène, Alger.238p.

21. **Dahmani M., (2002)**. Typologie et chênaies vertes en Algérie. Forêt méditerranéenne. XXIII (2) :15p.
22. **Darwin C.R. (1859)**. The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favored races in the struggle of life. John Murray, London, England. 1st ed., 1st issue. <http://darwin-online.org.uk>.
23. **Deville A.S. (2013)**. Besoins énergétiques et distribution spatiale du Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*) dans les salins de Camargue, conséquences de la reconversion du site pour la conservation de l'espèce. Thèse de doctorat : Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences, Environnement : université montpellier II sciences et techniques du languedoc.311p.
24. **Dormann C.F., Schymanski S.J., Cabral J., Chuine I., Graham C., Hartig F., Kearney M., Morin X., Römermann C., Schröder B.,Singer A. (2012)**. Correlation and process in species distribution models, bridging a dichotomy. *Journal of Biogeography*, In Press.
25. **Dubief J. (1953)**. (In Mebarki Azzedine), essai sur l'hydrologie superficielle au GGA Direction du Service de la colonisation et de l'hydraulique, service des Etudes scientifiques Alger. 457p.

E-F

26. **Elton C. (1927)**. Animal ecology. Sidwick and Jackson, London, England.
27. **FOSA. (2002)**, L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique. 61 p.
28. **FAO. (2005)**. Utilisation des engrais par culture en Algérie.56p.
29. **Floret C., Galan M.J., Le-Floch E., Romane F. (1992)**. Dynamics of holmoak (*Quercus ilex* L.)Coppices after clear cutting in southern France. Veg. 97-105p.

G

30. **Gadenne H, (2006)**. les effets des changements climatiques et des changements d'usages sur les oiseaux d'eau migrateurs : une approche mécaniste chez un oiseau emblématique, la cigogne blanche. Thèse de doctorat : biologie de l'environnement, des populations, écologie : Université de Poitiers.222p.
31. **Geir A., Daniel J., Lennart N. (2008)**. Modélisation de la distribution des plantes arctiques vasculaires. Exemple de l'archipel de Svalbard dans l'arctique europeen.

Journées de Climatologie – Nantes, - Climat et société : Climat et végétation. daniel.joly@univ-fcomte.fr

32. **Gharzouli R. (1989)**. Contribution à l'étude de la végétation de la chaine des Babors. (Analyse Phytosociologique des Djebels Babors et Tababors).Thèse de doctorat : Université Sétif. 235p.
33. **Girardet P. (1980)**. Chêne vert (*Quercus ilex*). Bull. Vulg. Ed.C.A.V.I.F. (Sécrétariat d'état aux forêts et à la mise en valeur des terres).Alger. 6p.
34. **Grinnell J. (1904)**. "The origin and distribution of the chestnut-backed chickadee", The Auk, 21: 364-379.
35. **Grinnell J. (1913)**. "An account of the birds and mammals of the San Jacinto area of Southern California": University of California Publications in Zoology, 10:197-406.
36. **Grinnell J. (1917)**. The Niche-Relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34-433.
37. **Grubb P.J. (1977)**. Maintenance of species-richness in plant communities - Importance of regeneration niche. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 52-145.
38. **Guillon M. (2006)**. De la Physiologie a la répartition: Adaptations Climatiques et Sensibilité thermique chez une relique glaciaire. Thèse de doctorat: Physiologie, biologie des organismes, populations, interactions, Poitiers: Université de Poitiers. 242p.
39. **Guisan A., N. E. Zimmermann. (2000)**. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological modelling 135:147-186.
40. **Guisan A., Thuiller W. (2005)**. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letters 8.993-1009.

H

41. **Haichour R, (2009)**. Stress thermique et limite écologique du *Chêne vert* en Algérie. Thèse de magister : Ecophysiologie et biotechnologie des végétaux : Université mentouri-Constantine.140p.
42. **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

43. **Hughes L. (2000)**. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution*. 15-61.
44. **Hurrel J.W., Trenberth K.E. (2010)**. Climate Change In: *Effects of Climate Change on Birds,* (eds. Moller A.P., Fiedler W., Berthold P.): University Press, Oxford, New York. 9-29.
45. **Hutchinson G.E. (1957)**. Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposia on* Quantitative *Biology*.22-427.
46. **Hutchinson G. E. (1959)**. "Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals?" American Naturalist .93: 145-159.

J–K

47. **Jean-Marc L, (2009)**. Vulnérabilité du chêne vert (*quercus ilex* l.) a une augmentation de la sécheresse : quels ajustements fonctionnels ? .Thèse de doctorat : Biologie de l'Evolution et Ecologie : Ecole doctorale : Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences, Environnement.246p.
48. **Johnson R.H. (1910)**. Determinate evolution in the color pattern of the Ladybeetles, Washington, Carnegie Institution of Washington. USA. 212 p.
49. **Kadik L. (2002)**. Cartes d'occupation des terres des zones forestières et pré forestières du semi-aride algérien. CRSTRA.INCT.
50. **Kearney M. (2006)**. Habitat, environment and niche: what are we modelling? Oikos. 115-191.
51. **Kearney M., Porter W. (2009)**. Mechanistic niche modeling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology Letters*. 12-350.
52. **Khater N. (2010)**.Contribution à l'étude de la production d'un taillis de chêne vert dans une séquence dégradée cas du taillis de marccona (Batna).Mémoire Magister : gestion durable des écosystèmes forestier : Université el hadj lakhdar-Batna.50p.

L

53. **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. 225p.

54. **Lenoir J, Gégout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P., Brisse, H., (2008)**. A Significant Upward. 1768-1771.

M

55. **Marre A. (1987)**. Etude géomorphologique du tell oriental algérien : de Collo à la frontière Tunisienne. O.P.U, Tome 1, Thèse de Doctorat : Université. Aix Marseille II.411p.
56. **MATE. (2003)**. rapport sur l'état et l'avenier de l'environnement. 465p.
57. **Michaud H. L., Toumi R., Lumaret T.X. LI, F., Romane F., Di Giusto. (1995)**. Effect of geographic discontinuity on genetic variation in the holm oak (*Quercus ilex* L.). Evidence from enzyme polymorphism. *Heredity* 74: 590-606.
58. **Morandini R. (1981)**.Sylviculture des forêts des chênes méditerranéens. In RFF n° spécial 1981.140-141.

N

59. **Ndiouma B, (2012).** Gestion de données complexes pour la modélisation de niche écologique. Rapport d'évaluation parcours de thèse. 15p.
60. **Peyerimhof P. (1941)**. Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie : 1/1.500.000. Noce 70 : 1-7.

P

61. **Panaiotis Ch. (1996)**. Etude des potentialités de pérennisation du chêne vert (Quercus ilex L.) en Corse : Le cas de la forêt du Fango (réserve de l'homme et la biosphère) : Thèse de Doctorat. Institue Science : Université Corse.259 p.
62. **Pearson R., Dawson T. (2003)**. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Global Ecology and Biogeography.12: 361-371.
63. **Perrigault M. (2009)**. Systèmes d'Information Géographique pour l'étude des caractéristiques écologiques de la distribution d'un genre de rongeur africain (*Rhabdomys*) susceptible d'être utilisé comme marqueur des changements climatiques et de leur impact sur l'environnement : Rapport de stage Master I : Ingénieure en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité : Université de Montpellier II sciences et techniques du languedoc. Master IEGB UM2. 23p.

64. **Phillips S, Anderson R, Schapire R, (2006)**. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling.190: 231-259.
65. **Pulliam H.R. (2000)**. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3-361.

R - S

66. **Roudier P. (2012)**. Climat et agriculture en Afrique de l'Ouest : Quantification de l'impact du changement climatique sur les rendements et évaluation de l'utilité des prévisions saisonnières. Thèse de doctorat : Economie de l'environnement et ressources naturelles : Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED), UMR CNRS - EHESS - ENPC - AgroParisTech - CIRAD - Météo France. 189p.
67. **Sauvage C. (1961)**. Flore des subéraies marocaines (Catalogue des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames). Trav.Inst. Science .Cherif. Bot. 22- 252 p.
68. **Scheldeman X., Van Zonneveld M. (2012)** : Manuel de formation à l'analyse spatiale de la diversité et de la distribution des plantes Bioversity International.181p.
69. **Seigue A**. (1985). Ŕ La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. 82- 91 p.
70. **Seigue A. (1987).** La flore méditerranéenne française. Aménagement et protection contre les incendies. EDISUD, Aix en Provence. 159p.
71. **Swets J.A., (1988).** Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240-1293.
72. **Soberón J., Nakamura M. (2009)**. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106, 19644-19650.

T

73. **Teibi M. (1992)**. Contribution à l'étude de l'estimation de biomasse aérienne d'un taillis de chêne vert et de deux genévriers : (Genévrier oxycédre, et genévrier de plièniciе):Mémoire Ingénieur : INESA Batna. 2-30.
74. **Thomas C., Christine M. (1997)**. La gestion des taillis de chênes vert et pubescent dans les garrigues du Gard, Analyse du milieu et de la productivité des peuplements Ingénieries – EAT – N°11. 71,84 p.

75. Thuiller W. (2003). Impact des changements globaux sur la biodiversité en Europe : projections et incertitudes. Thèse de doctorat : Université de Montpellier 2.107p.

V

76. 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 (AgroParisTech). Ecole doctoral abies.159p.

77. Van Zonneveld M., Koskela J., Vinceti B., Jarvis A. (2009). Impact of climate change on the distribution of tropical pines in Southeast Asia. *Unasylva*, 231/232, Vol. (60), 24-29.

78. Vernet J. L. (1972). Nouvelle contribution à l'histoire de la végétation holocène des grands Causses, d'après les charbons de bois. Bull. Soc. Bot. Fr.35 .169- 182.

79. Vitasse Y. (2009). Déterminismes environnemental et génétique de la phénologie des arbres de climat tempère « *Suivi des dates de débourrement et de sénescence le long d'un gradient altitudinal et en tests de provenances* ».Thèse de doctorat : Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés : Université bordeaux 180p.

W -Z

80. 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 Gélinotte des bois dans une perspective de gestion conservatoire. Thèse de doctorat : Modèles, méthodes, algorithmes en biologie, Grenoble : Université de Grenoble, 262p.

81. Wallace A.R. (1876). The geographical distribution of animals. Hafner, New York, USA.

82. Walther G.R., Berger S., Sykes M.T. (2005). an ecological 'footprint' of climate change. *Proceedings of the Royal Society B.* 272-1432.

83. Zeraia L. (1978). La forêt Algérienne, Approche socio-écologique. Bull publié par L'union des Ingénieurs Algériens. El Hindessa (2) : 48-61.

84. Zitouni W. (2010). Croissance et productivité d'un taillis de chêne vert à la lisière de la pinède Ain Mimoun –massif d'ouled yagoub. Mémoire Magister : Gestion durable des écosystèmes forestiers : Université el hadj lakhdar-batna.44p.

www.gbif.org.

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

http://biogeo.berkeley.edu.

Résumé

***Résumé* :**

À partir des données d'occurrence spatiale du chêne vert et des données bioclimatiques dérivées de la base de données WorldClim, la distribution spatiale du chêne vert dans l'Est algérien a été modélisée par le logiciel MaxEnt ; permettant d'obtenir la carte de la niche climatique potentielle pour les conditions actuelle de l'espèce et des cartes de leur niche potentielle pour les conditions future issu du modèle HadGEM2-ES pour les deux scénarios d'émission des gaz à effet de serre RCP45 et RCP85.

Le modèle MaxEnt a était testé et qualifier de bonne qualité, le variable climatique le plus explicative de la distribution actuelle et future du chêne vert est la température moyenne de trimestre le plus chaud.

La prédiction de la répartition spatiale d'espèce montre essentiellement une légère augmentation de leur distribution face au changement climatique prévu par GIEC.

***Les mots clés* :** chêne vert, distribution spatiale, modélisation, MaxEnt, Est Algérien.

Abstract:

From the occurrence spatial data of holm oak and bioclimatic data derived from the WorldClim data base, the spatial distribution of holm oak in eastern Algerian was modeled by the MaxEnt software; to obtain the map of the current potential climatic niche of the species and maps of their potential niche for future requirements resulting from HadGEM2-ES model for two scenarios of greenhouse gas emissions RCP45 et RCP8.

The MaxEnt model was tested and described as good quality, the most explanatory variable climate of the current and future distribution of holm oak is the average temperature of the warmest quarter.

The prediction of the spatial distribution of species essentially shows a slight increase in their distribution to climate change predict by **GIEC**.

Keywords: holm oak, spatial distribution, modeling, MaxEnt, eastern Algerian.

ɑ‡ďžıɛ ţ :

انطلاقا من المعطيات المكانية للبلوط الأخضر والمعطيات المناخية المستمدة من قاعدة البيانات ; WorldClimالتوزيع المكاني لهذا النوع في شرق الجزائر نمذج من خلال البرنامج (MaxEnt) الذي سمح لنا بالحصول على خريطة العش المناخي الحالي الممكن للنوع و خرائط عشها البيئي المناسب المحتمل في المستقبل التي تنبأ بها النموذج (HadGEM2 –ES) حسب سيناريوهات انبعاث غازات الاحتباس الحراريRCP45 وRCP85 .

البرنامج(MaxEnt)اختبر و وصف تنبؤه بالنوعية الجيدة .

المتغير المناخي الأكثر مساهمة في التوزيع المكاني الحالي و المستقبلي للبلوط الأخضر هو متوسط درجة الحرارة للثلاثي الأكثر حرا.

التنبؤ بالتوزيع المكاني لهذا النوع يظهر أساسا توقع زيادة طفيفة في توزيعه بالنظر للظروف المناخية المتنبئ بها من طرف خبراءالأمم المتخصصة في التنبؤ في تحولات الجو (GIEC)

الكلمات المفتاحية : البلوط الأخضر ، التوزيع المكاني، النمذجة ، MaxEnt ، الشرق الجزائري.