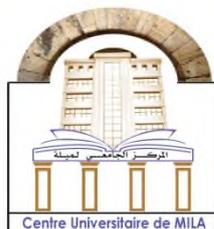


N° Ref :.....



Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement

Option : Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes Aquatiques et Forestiers

Thème :

**Evaluation spatiale de l'aire de répartition de l'Armoise
blanche (*Artemisia Herba Alba*) dans le contexte du
changement climatique en Algérie Orientale**

Présenté par :

M^{lle}: MEZITI Alima

M^{lle} : KADJA Wissam

Devant le jury composé de :

- | | | |
|--|-----|------------------------------|
| - Présidente: M ^{me} . MLIKI Feriel | MCB | Centre Universitaire de Mila |
| - Examineur: M ^r . LAALA Ahmed | MCB | Centre Universitaire de Mila |
| - Promoteur: M ^r . TABET Slimane | MAA | Centre Universitaire de Mila |

Année Universitaire: 2016/2017

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

A ma très chère mère

Les mots ne peuvent traduire l'amour que j'ai pour vous

A mon cher père

Que ce travail soit une prière pour le repos de leurs âmes

A ma grand-mère (Allah yerhamha)

*A très chers frères et leur épouse : **Azzedine (Kenza)**,*

ALI, Ahcene** et surtout mon petit frère **Karim

*A ma sœur : **Houda***

A toute ma famille et belle famille

A mes très chères amies

*A mon binôme **Wissam***

Qui j'ai partagé ce modeste travail

A mes camarades de la promo d'Ecologie de 2016/2017

A tous ceux que j'aime tant et que

Je n'ai pas cités

Alima



Dédicace

Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes dédicaces à : Ma très chère mère DALILA, que je ne pourrai remercier assez, pour son soutien moral et matériel, sa compréhension, amour, tendresse, et ses sacrifices, que Dieux lui offre la santé. Mon cher père MAHIEDDINE aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fourni jours et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travaille est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Ma chère sœur : HASNA et Mes chères frères ANIS et SAMI,

Mes amis :Alima, Kenza, Sabah,, Souad,Razika ,Nour,Ibtissem et Ilham

A tous ce que j'aime et qui m'aiment, et ceux qui ont veillé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.



Remerciements

Avant tout j'adresse mes remerciements à ALLAH, le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces longues années d'études et pour la réalisation de ce travail que j'espère être utile.

Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes remerciements à mon promoteur Mr. TABET SELIMANE, qui a bien voulu dirigé ce travail, pour tous ses conseils, ses encouragements et la correction du manuel.

Nous remercions à l'avance notre examinateur LAALA AHMED.

Nous adressons nos remerciements MLIKI FERJEL à l'université de Mila pour avoir accepté de présider le jury de notre mémoire.

Je voudrais remercier aussi toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à mes recherches et à l'élaboration de ce mémoire.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux et logiciels

Liste des abréviations

Introduction

Pages

Première partie: Etude bibliographique

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Localisation de la région d'étude.....	03
I.2. La géologie.....	04
I.3. Les sols.....	05
I.4. Le relief.....	06
I.4.1. Le système tellien.....	07
I.4.2. Les hautes plaines steppiques.....	07
I.4.3. Le sahara.....	07
I.5. Le climat.....	08
I.6. La végétation.....	10
A. La distribution des principales essences forestières en Algérie Orientale.....	11
B. Les caractéristiques végétales de la steppe.....	14
1. les steppes à l'Alfa (<i>Stipa tenacissima</i>).....	14
2. Les steppes à l'Armoise blanche (<i>Artemisia Herba Alba</i>).....	14
3. Les steppes à sparte (<i>Lygeum spartum</i>).....	14
4. Les steppes à remt (<i>Arthrophytum scoparium</i>).....	15
C. L'état de la dégradation des zones steppiques.....	15
D. Les facteurs de dégradation.....	15

Chapitre II : Description de l'espèce

II.1. Armoise blanche « <i>Artemisia herba alba. Asso</i> ».....	16
II.1.1. Origine	16
II.1.2. Présentation de la plante.....	16
II.1.3. Caractères botaniques.....	16
❖ Partie aérienne.....	17

Tige.....	17
Feuilles.....	17
Fleurs.....	18
❖ Partie souterraine ou racine.....	18
II.1.4. Phase de végétation.....	20
II.1.5. Répartition géographique.....	20
II.1.6. Exigences écologiques d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	21
❖ Facteurs climatiques.....	21
❖ Facteurs édaphiques.....	22
II.1.7. Caractéristiques morphologiques de l' <i>Artemisia Herba Alba</i>	22
II.1.8. La régénération d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	23
II.1.9. Les facteurs de dégradation d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	24
❖ Les facteurs physiques : sécheresse et érosion	24
❖ Les facteurs anthropiques	24
II.1.10. La dégradation des steppes à l' <i>Artemisia Herba Alba</i>	25
Chapitre III : Modélisation de la niche écologique	
Introduction.....	26
III.1. Le concept de niche écologique.....	26
III.2. Distribution d'une espèce.....	27
III.2.1. Les facteurs limitant de la distribution des espèces.....	27
III.3. L'objectif de la modélisation.....	28
III.3.1. Données pour modéliser la niche écologique d'une espèce.....	28
III.3.2. Les modèles de la niche écologique.....	29
III.3.2.1. Les Modèles mécaniste.....	29
III.3.2.2. Les Modèles corrélatives.....	29
• Les Modèles SDMs (Species Distribution Models).....	30

Deuxième partie: Etude expérimental
--

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV.1. Zone d'étude.....	32
IV.2. logiciels utilisés	32
IV.3. Description des données utilisées.....	32

IV.3.1. Données d'occurrence spatiale d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	32
IV. 3.2. Les Variables environnementales.....	33
IV.4. La modélisation de la distribution d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	34
IV.5.Application du modèle.....	37
Chapitre V: Résultat et discussion	
V .1. Résultats	38
V.1. 1.Validation du modèle.....	38
• Les valeurs d'AUC (Area Under Curve).....	38
V .1.2. Taux de contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution de l' <i>Artemisia Herba Alba</i>	39
❖ Les courbes de réponse.....	41
V.1. 3.1. La distribution actuelle de l' <i>Artemisia Herba Alba</i>	42
V. 1.3.2. Prédiction future d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	43
V.1.3.2.2. Prédiction future pour l'année 2070.....	44
V. 2. Discussion	45
a. Performance et fiabilité du model MAXENT	45
b. Analyse de contribution des variables environnementales.....	45
c. La répartition spatiale actuelle d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	46
d. Aire de distribution spatiale future d' <i>Artemisia Herba Alba</i>	46
Conclusion	
Référence Bibliographique	
Résumé	

Liste des figures

Figure n°	Titres	Page
Figure 01	localisation de la région d'étude (Tabet S, 2008).	03
Figure 02	Carte géologique d'Algérie Oriental (CGMW, 1990 in Tabet, 2008).	04
Figure 03	Carte des sols de la région d'étude (Tabet, 2008).	06
Figure 04	le relief de l'Algérie Orientale (Tabet S, 2008).	08
Figure 05	Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Algérie (ANRH, 2003).	10
Figure 06	La répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien (DGF modifier)	13
Figure 07	<i>L'Artemisia Herba Alba</i> (Zaim et al., 2012).	18
Figure 08	Morphologie générale de plante d' <i>Artemisia Herba Alba</i> (Eloukili, 2013)	16
Figure 09	Morphologie de la feuille d' <i>Artemisia Herba Alba</i> (Pourrat, 1974).	19
Figure 10	Morphologie de la fleur d' <i>Artemisia Herba Alba</i> (Goris, 1967).	19
Figure 11	Distributions géographiques d' <i>Artemisia Herba Alba</i> (Pouget, 1980)	21
Figure 12	La dégradation des steppes à l'Armoise blanche (Aidoud, 1988).	25
Figure 13	Méthodologie utilisée pour construire les modèles de distribution historique, projetée et actuelle dans les Pyrénées françaises (modifié de Kharouba et al., 2009; Grenouillet & Comte 2014).	31
Figure 14	Sources des données d'occurrence pour l' <i>Artemisia Herba Alba</i>	33
Figure 15	La méthode de modélisation de l' <i>Artemisia /Stipa t</i> par MAXENT	36
Figure 16	Le taux d'omission d'essai et la Superficie prédite	39
Figure 17	La courbe caractéristique de fonctionnement du récepteur ROC	39
Figure 18	Les courbes de réponse d' <i>Artemisia Herba Alba</i> aux variables environnementaux les plus contribués.	41
Figure 19	La carte de la niche potentielle d' <i>Artemisia Herba Alba</i> pour la période (1950-2000).	42
Figure 20	les cartes des quatre scénarios d'occurrence spatiale d' <i>Artemisia Herba Alba</i> à l'horizon 2050.	43
Figure 21	les cartes des quatre scénarios d'occurrence spatiale d' <i>Artemisia Herba Alba</i> à l'horizon 2070.	44

Liste des tableaux

Tableau n°	Titres	Page
Tableau 01	Taux de contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution d' <i>Artemisia Herba Alba</i> dans la période actuelle.	40

Liste des logiciels utilisés

	Paint
	Global Mapper Version 15
	MapInfo Professional Version 8.0
MaxEnt	Maximum Entropy

Liste des Abréviations

ANRH : L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

APFA: Accession la Propriété Foncière Agricole.

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

CMIP5 : Modèles Climatiques réalisés dans le cadre du projet d'Inter-comparaison Phase 5.

DGVM : Le Dynamique Global Model Végétation.

FAO: Food and Agriculture Organization.

GBIF: Global Biodiversity Information Facility.

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

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

MaxEnt : Maximum Entropy. (Maximum entropie).

MNT : Modèle Numérique Terrain.

PFT : Type Fonctionnel de Plante.

RCPs: Representative Concentration Pathways.

ROC : Courbe Caractéristique d'Opération (Receiver Operating Characteristic).

SDMs : Species Distribution Models.

SIG : Système d'information Géographique.

UTM WGS84: Universal Transverse Mercator coordinate system.

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

Introduction

Introduction

Le changement climatique est une menace majeure pour les zones arides, Ce phénomène peut entraîner des dommages considérables et des perturbations durables des écosystèmes steppiques a coté de la pression anthropique.

En Algérie, la steppe occupe des superficies considérables, 30 millions d'hectares environ (**Mouhous A, 2005**). Depuis une cinquantaine d'années, des scientifiques se sont penchés sur les problèmes qui se posent au niveau des espaces steppiques. Certains auteurs ont travaillé sur les caractéristiques écologiques, pastorales parmi lesquels on peut citer **Djebaili (1978)**, **Nedjraoui (1981)**, **Le Houérou (1985)** et **(Kadi-Hanifi, 1998)**.

Ces dernières décennies assistent a une dégradation considérable du tapie végétal des écosystèmes steppiques caractérisé par un climat arides et des sols pauvrement, Cette dégradation des terres, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio-économique (**Le Houérou, 1985**). L'*Artemisia Herba Alba* sont d'espèce les plus caractéristiques de la steppe et qui ont un intérêt socioéconomique et écologique très important. L'étude de la distribution des espèces est un aspect fondamental en écologie (**Pulliam, 2000**), qui constitue l'une des thématiques les plus anciennes. Cependant, la prévision de la répartition future des espèces sous les conditions environnementaux changeant est un challenge d'actualité.

Les approches de modélisation permettront de mettre en relation les variations spatiotemporelles des facteurs du milieu et ses variation de la distribution des espèces (**Thruiller., 2003 ; Guisan et Thruiller., 2005 ; Kearney et Porter., 2009**).

La modélisation de la distribution d'*Artemisia Herba Alba* permet de décrire, expliquer et prédire leur aire potentielle, en utilisant le modèle basé sur niche écologique SDMs, 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. Cette modélisation est de mieux comprendre l'écologie de l'espèce et donc de mieux comprendre les réponses de ces espèces aux variations des facteurs environnementaux.

Les SDMs (Species distribution Model) les mieux adapté pour la prédiction des habitats, concept essentiel en écologie végétale en conjonction avec les systèmes d'informations géographiques pour la cartographie de la distribution potentielle actuel et future de plusieurs espèces animales et végétales (**Austin, 2002**), parmi ces modèles est la méthode de Maximum Entropie pour évaluer l'influence le forçage climatiques sur de l'aire de répartition favorable. Ce modèle corrélatif permet d'établir des relations statistiques entre la distribution observée

de l'espèce et les facteurs de l'environnement (Facteurs climatiques, édaphiques, facteurs liés à la topographie), et d'identifier sous divers scénarios climatique les habitats futurs favorables.

Cette étude, vise la métrise de l'influence des facteurs environnementaux qui contrôlent la distribution spatiale d'*Artemisia Herba Alba* via un modèle statique tel que le modèle SDMs. Cependant, la méthode de Maximum d'entropie nous permettra de mètre en relation l'occurrence spatiale d'*Artemisia Herba Alba* avec des conditions climatiques récentes (1950-2000), ensuite la prédiction avec les conditions climatiques futures, pour les périodes 2050 et 2070, issu du modèle de circulation générale HadGEM2-ES, retrace l'aire favorable de la répartition future de l'espèce.

Première partie
Etude bibliographique

Chapitre I

Présentation

de la

zone d'étude

I-1. Localisation de la région d'étude

Afin d'étudier les espèces concernées, nous avons choisi la région d'Algérie Orientale notre zone se situe entre les proches les méridiens 4°16'28" et 8° 43' 30" Est des longitudes et 37°08'07" et 34° 39' 07" de latitude Nord.

Elle est limitée, à l'Est par la Tunisie, au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par une ligne verticale franchissant les hauteurs de la kabilye, chott el Hodna et les monts du zeb et au Sud par une ligne traversant Ouled Djellal, negrine et la limite nord de chott Melhir.

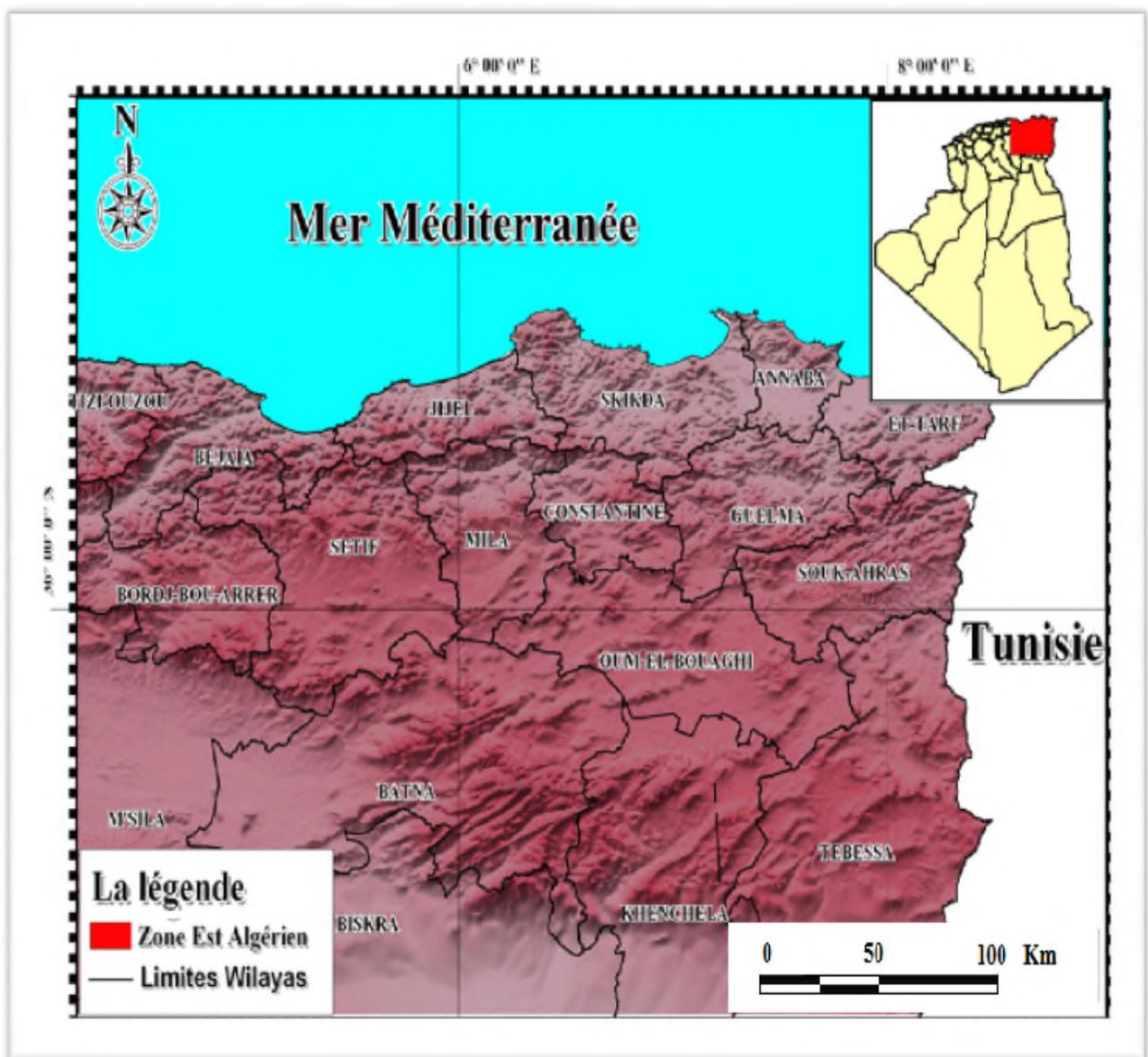


Figure 01 : localisation de la région d'étude (Tabet S, 2008).

I.2. La géologie

Comme l'Algérie nordique, l'Est est composé de reliefs jeunes, formés au cours du tertiaire par les déplacements alpins (Fig 02).

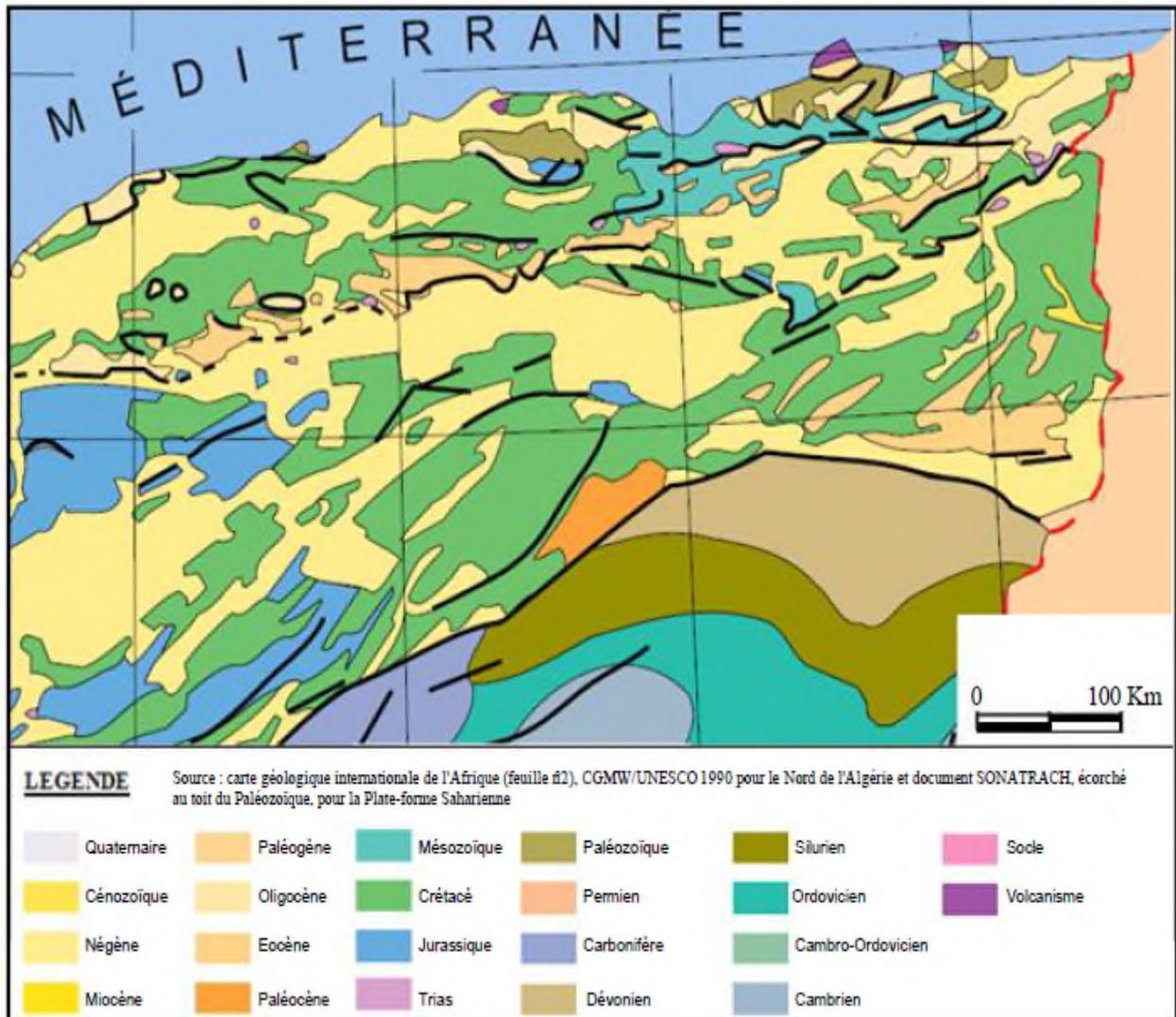


Figure 02 : Carte géologique d'Algérie Oriental (CGMW, 1990 in Tabet, 2008).

L'Algérie alpine est constituée des unités structuro-sédimentaires du Nord au Sud :

- ✓ La plateforme continentale algérienne limitée, à dépôts tertiaires et quaternaires (1000 à 3500 m), repose sur une base métamorphique.
- ✓ L'Atlas tellien est le domaine des nappes avec des bassins de type intra-montagneux.

- ✓ L'Atlas saharien est formé d'un grand sillon soutien placé entre les hauts plateaux et le plateau saharien. Ce sillon il à été par une forte série sédimentaire (7000 à 9000 m), par le tertiaire, une tectonique compressive active les compositions larges antérieures en fissures et structures inverses diriger à la composition de cette zone haut.
- ✓ Les hauts plateaux, à processus locaux d'élongation, où les couvertures sédimentaires réduites ont permis la composition des bassins intra-montagneux.
- ✓ La séquence de remplissage de Hodna débute par des dépôts continentaux d'âge Eocène et Oligocène et se poursuit par un Miocène marin.
- ✓ Les bassins du Chott Melrhir à remplir crétacé (5000 m), ont créés et cumulés des hydrocarbures essentiellement dans le crétacé (Djebel Onk).

I.3. Les sols

La distribution des sols présente des zones qui revoie le climat, elle est beaucoup modifiée par l'effet de la nature du relief, de l'eau, des roches mères, de la végétation et des facteurs biotiques et anthropogènes (Fig 03).

Il y a différents types des sols:

- ✓ Sols bruns lessivés et sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et subhumides (Luvisols, Calcisols).
- ✓ Sols châains et bruns iso humiques, 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, sols salins aux bioclimats arides et désertiques (Regosols, Solonchaks) **(FAO, 2005)**.

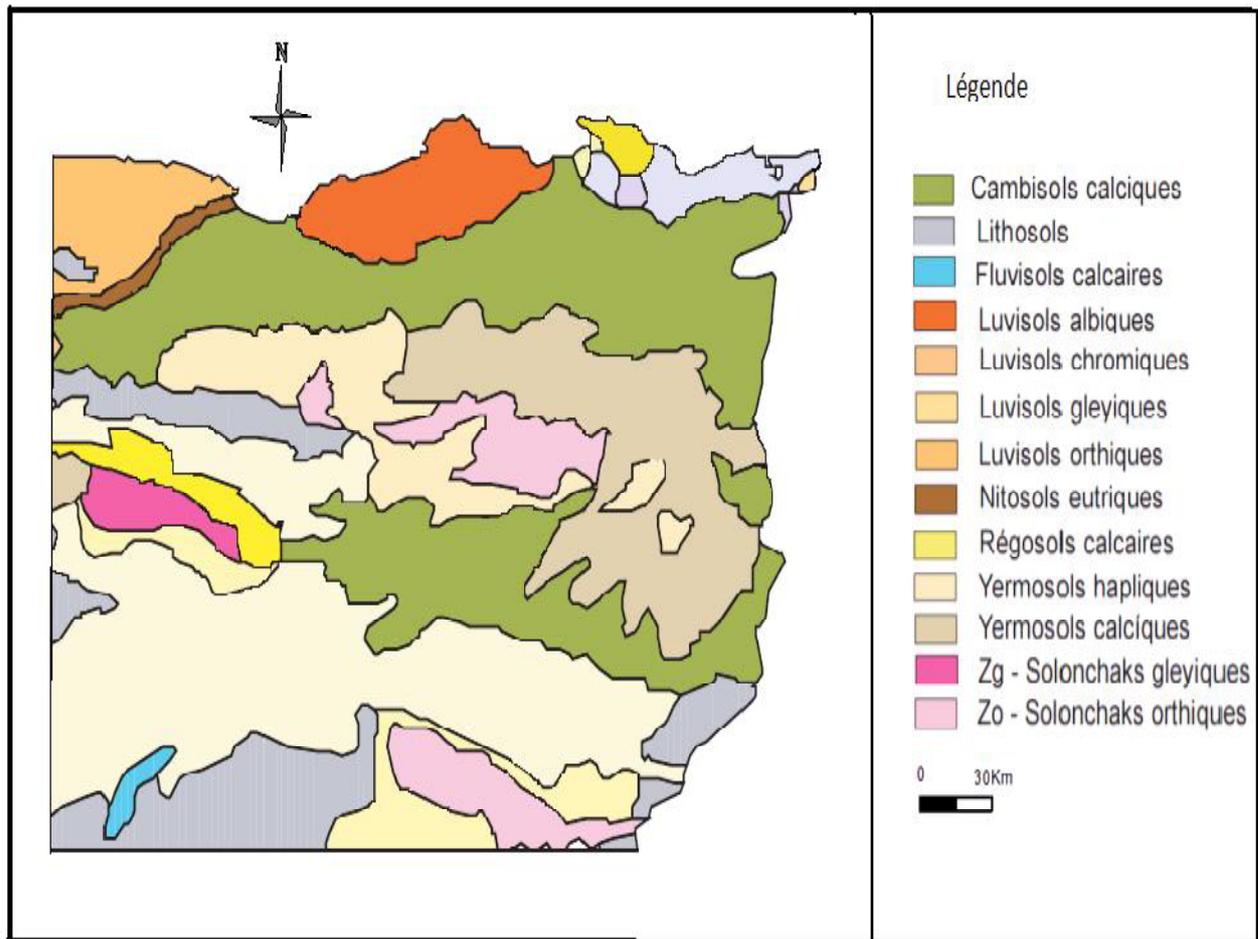


Figure 03 : Carte des sols de la région d'étude (Tabet, 2008).

I.4. Le relief

Le relief de partie est s'organise en un vaste ordre d'éléments parallèles (Cote, 1983). La chaîne Tellienne composée par une succession de massifs montagneux, et de plaines (Hadjiat, 1997), prolonge le socle kabyle par sa partie interne (représenté par les monts de Collo, monts de Skikda et Djebel Edough) et par sa partie externe (représenté par le Djebel Babors et Djebel Tababort qui Culmine à 2000 m).

La chaîne de l'Atlas Saharien à une morphologie plus grande. En Est se succèdent les montagnes des Ksour, des Ouled-Naïl, des Zibans, des Aurès (Nedjraoui, 2000), des Némémchas, les montagnes de Tébessa et Djebel Amour (Mebarki, 2005).

Cette distribution divisé le pays en trois grands ensembles structuraux (Fig 04) :

- le système tellien au nord qui plonge jusqu'à la mer Méditerranée.
- les Hautes Plaines Steppes située entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au sud.
- le Sahara.

I-4.1. Le système tellien

Le Tell Oriental C'est une plaine discontinue et de largeur variable (80 km à 190 km) ainsi que les vallées attenantes (**Nedjraoui, 2000**), il représente la partie la plus haut de l'Algérie et disposé en chaînes parallèles, on distingue du Nord au Sud et selon l'altitude:

- ✓ Les plaines littorales constituent la frange qui profite directement du climat méditerranéen et de sa régularisation thermique.
- ✓ Les plaines intérieures par la première chaîne Tellienne ; ordonnées par les hauteurs du Hodna, du Belezma, le massif des Aures (2328 m d'altitude) et les montagnes des Némemchas. Cet ensemble appartient au domaine atlasique.
- ✓ Les plaines externes sont composées par les chaînes telliennes littorales, où se trouvent les deux plus grandes zones humides d'eau douce : le lac Tonga et le lac Obéira, Ces massifs bordent la basse plaine d'Annaba.

I-4.2. Les hautes plaines steppiques

Les hautes plaines steppiques localisées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, à des altitudes variée de 800 à 1 200 m, elles sont plus haute e par rapport aux plaines littorales (**Cote, 1996**).

Les steppes orientales sont formées par les hautes plaines du Sud Constantinois où domine le Crétacé de nature calcaire et dolomitique. Ils sont limités par le Massif des Aurès et des Némemchas (**Tabet S, 2008**).

I-4.3. Le sahara

Le début du Sahara constitue les pentes sud du chaînon méridional de l'Atlas Saharien. La région d'étude constitué la partie nord du chott Melrhir (-34 m) qui comprend un récipient pour les Oueds du côté méridional des Aurès et des Némemchas, avec un sens d'écoulement Nord-Sud. Il existe une grande dépression lacustre que se coule à l'oued Dejadi avec une largeur de 500 m environ (**Mate, 2003**).

L'altitude moyenne est de 0 à 100 m sur les plaines côtières, moins de 700 m dans les basses montagnes et plus de 1000 m sur les massifs haut du tell. Elle avoisine les 800 m dans les Grandes Plaines, 400 m dans le Hodna. 1500 à 2000 m dans l'Atlas saharien et en fin moins de 100 m dans le piémont de saharien. Les reliefs ont des altitudes qui ne sont guère très hautes en valeur absolu mais se singularisent par leur fort gradient altimétrique (entre

Djebel Chélia et la haute plaine de Remila, la dénivellation atteint 1200 m. Du haut de ses 1462 m, Djebel Mcid) (Dubief, 1953).

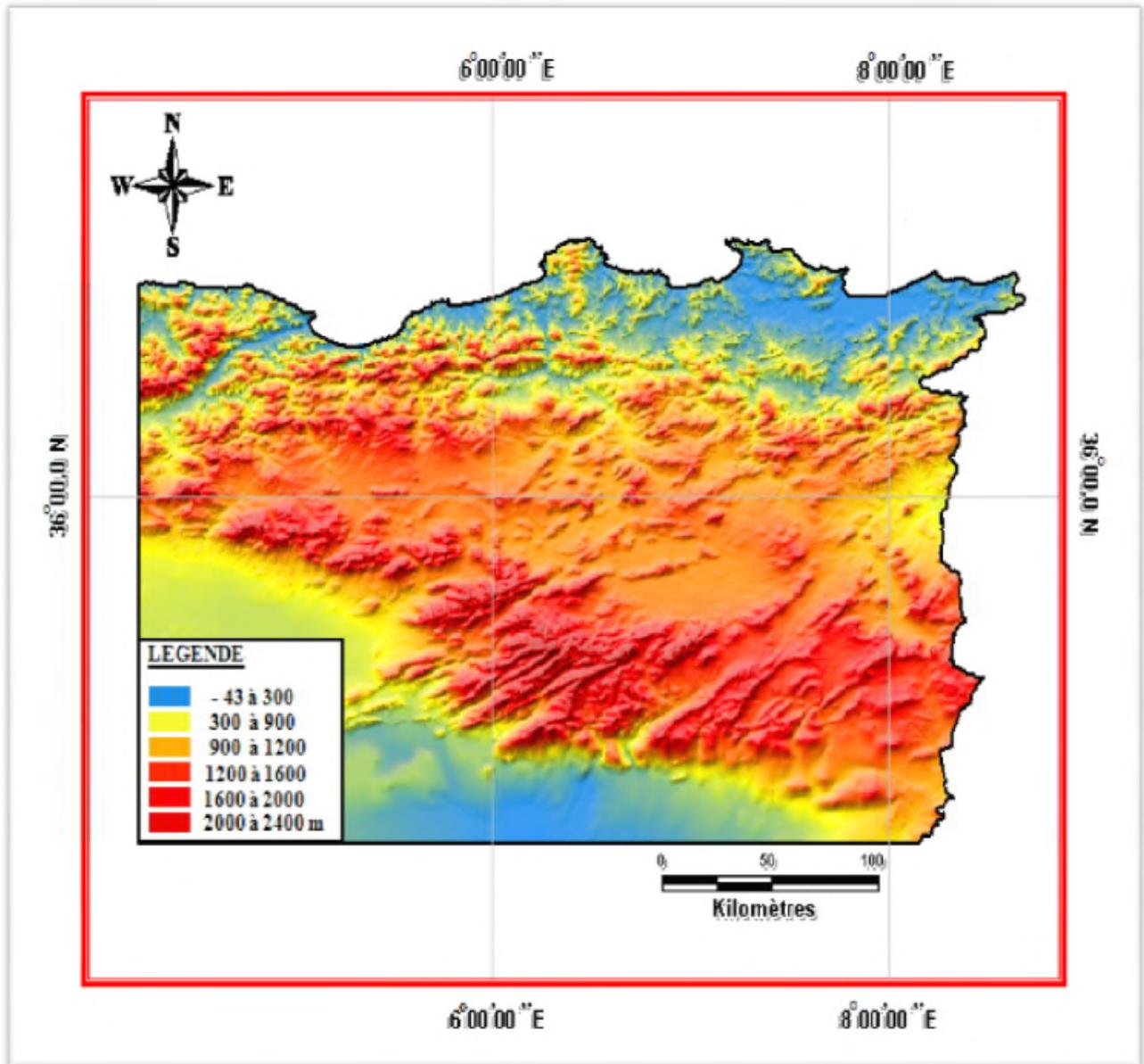


Figure 04 : le relief de l'Algérie Orientale (Tabet S, 2008).

I.5. Le climat

L'Algérie orientale montre divers 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) ils sont représentatives sous des ensembles naturels (Littoral, Atlas Tellien, Hauts Plateaux et Steppe, Sahara).

Les hauts plateaux et la steppe sont plus froids que l'Atlas tellien, le littoral et le Sahara en hiver. 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 Biskra.

La température moyenne diminue quand nous dirigeons de la mer vers les hauts plateaux de 18.13°C (Skikda) à 14.9°C (Batna) et accroît plus au Sud vers le Sahara et la steppe 22,25°C à Biskra 19.02°C à M'sila.

En été, la température au mois de Juillet est 24,8°C à Annaba, 24,5°C à Skikda, 26,1°C à Batna, on peut dire qu'en été le climat de l'Atlas Tellien ne se différencie pas beaucoup 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, influé par les reliefs et par le bourrelet montagneux Tellien et l'Atlas saharien, jusqu'à la réduction des précipitations au sud.

À travers la (Fig 06). On peut ressortir les zones de fortes précipitations, (> à 900 mm) dans la zone qui s'expose de Bejaia à Collo, avec les hauteurs du tell les plus hauts du Medjerda et du massif de l'Edough, atteignant plus de 1300 mm sur les altitudes d'Erraguene et jusqu'à 1680 mm sur le massif de Collo.

Les isohyètes de 600 à 700 mm limitent nettement les bordures Nord des hautes plateaux et décroît vers le Sud jusqu'à 250- 350 mm, dû à l'effet orographie et l'exposition Nord de l'Atlas saharien, on enregistre une élévation d'accumulation pluviométrique jusqu'à 600 mm qui atteint les 300 mm au piémont sud de l'Atlas saharien, et la diminution continue jusqu'à atteindre moins 100 mm.

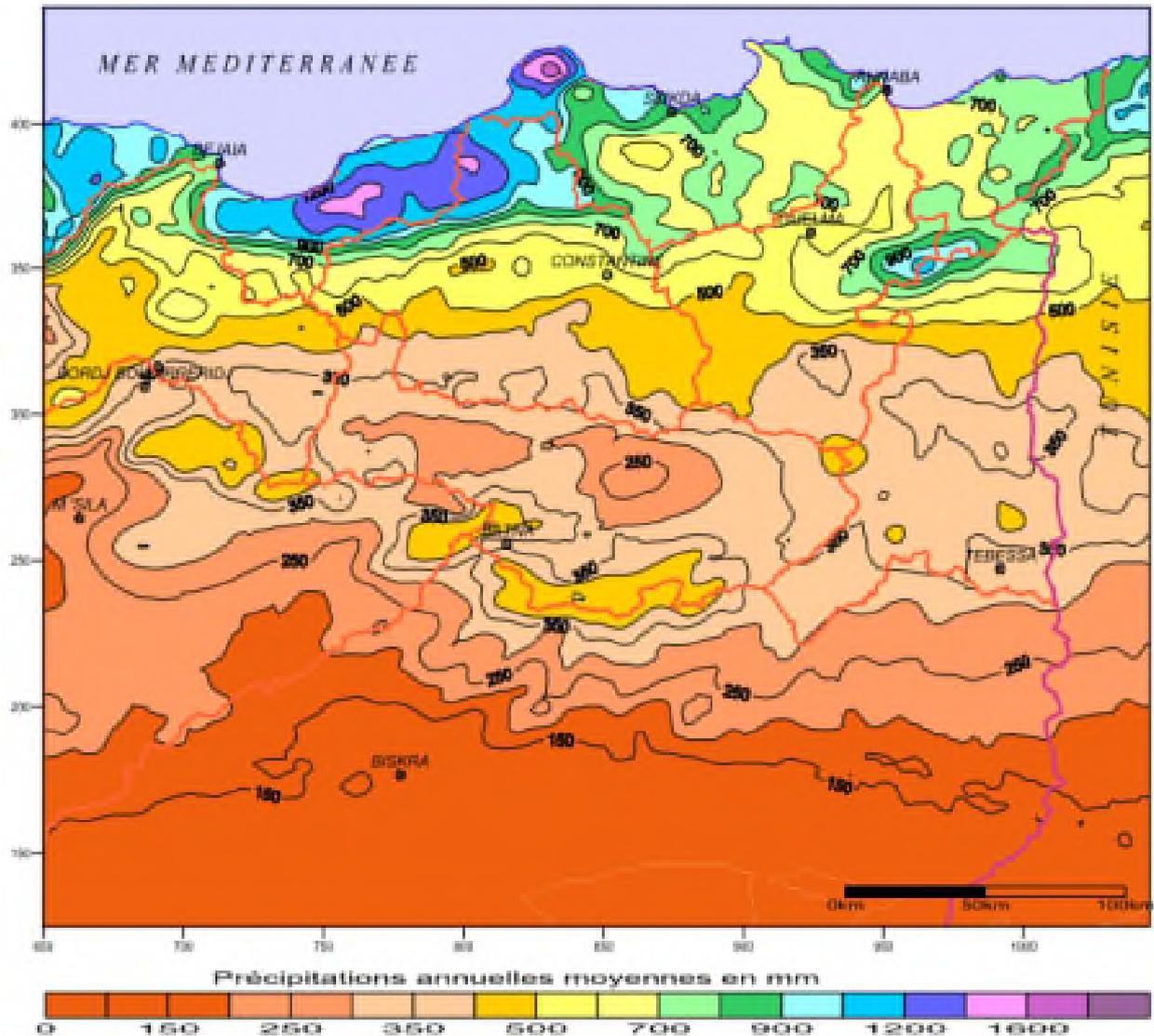


Figure 05 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Algérie (ANRH, 2003).

I.6. 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**).

a. La distribution de 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**) (Fig 06).

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.

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 Honda 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.

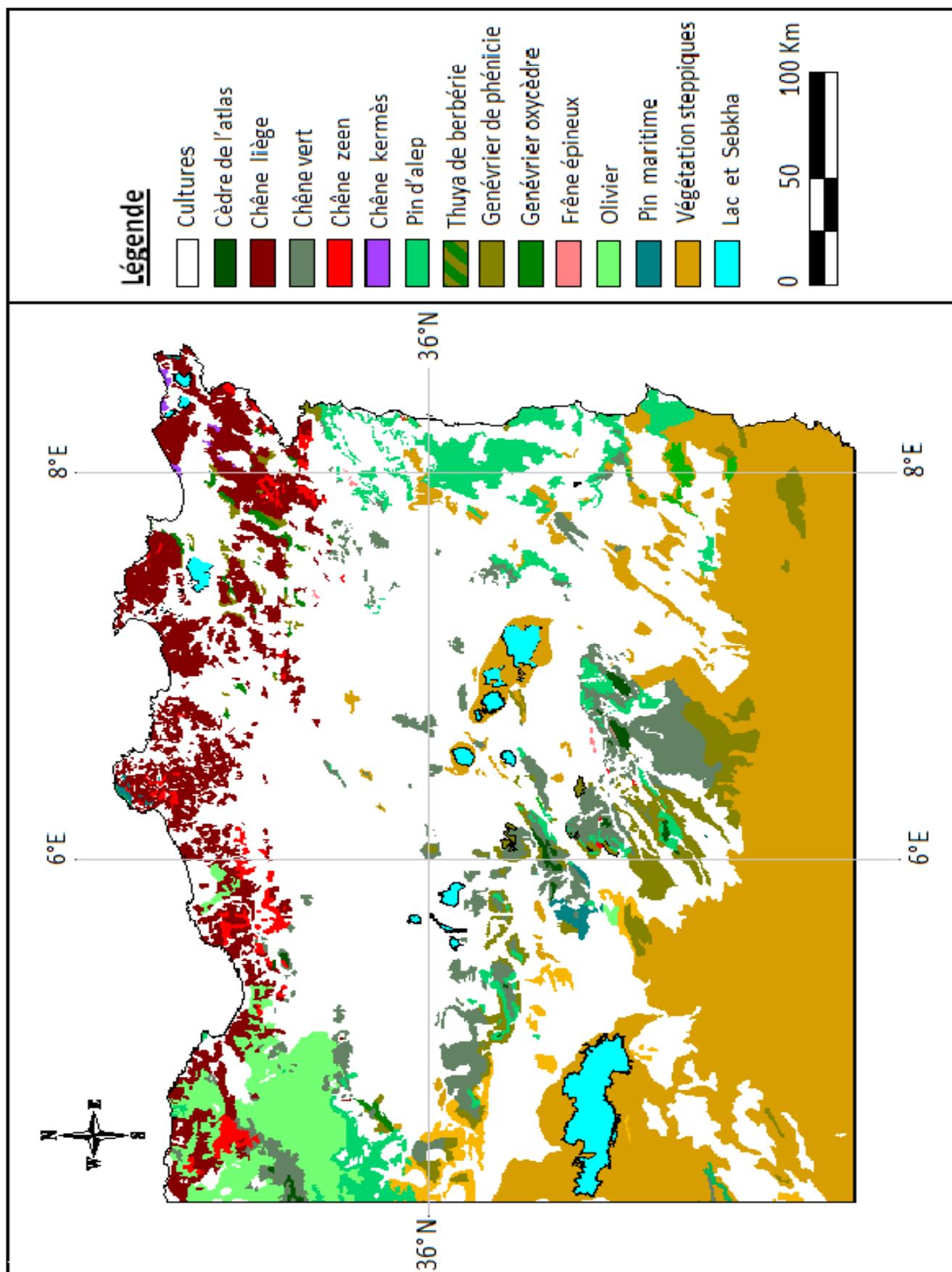


Figure 06 : La répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien (DGF modifier)

Les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, selon **Nadjraoui (2001)**, On en distingue deux grands ensembles : les steppes occidentales, qui sont constituées des hautes plaines sud oranaises et sud algérienne dont l'altitude décroît du djebel M'Zi à l'ouest (1200m) à la dépression salée du Hodna au centre (1100 hectares). Les steppes orientales situées à l'est du Hodna, elles sont formées par les Hautes plaines du Sud Constantine. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'*Alfa (Stipa tenacissima)* (**Aidoud A et Nedjraoui D, 1992**).

B. Les caractéristiques végétales de la steppe

Les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations végétales.

1. les steppes à l'Alfa (*Stipa tenacissima*)

Dont l'aire potentielle était de 4 millions ha. On les retrouve en effet dans les bioclimats semi-arides à hiver frais et froid dans l'étage aride supérieur à hiver froid. La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement végétal (**Nadjraoui, 2001**).

2. Les steppes à l'Armoise blanche (*Artemisia Herba Alba*)

Elles recouvrent 3 millions ha sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid. La productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L'Armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et la pression animale, en particulier la pression ovine, les steppes à l'Armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons (**Nedjraoui, 2001**).

3. Les steppes à sparte (*Lygeum spartum*)

Selon l'auteur précédent, elles représentent 2 millions ha, rarement homogènes, Ces steppes se trouvent dans les bioclimats arides, supérieurs et moyens à hivers froids et frais. Ce pendant, elles constituent des parcours d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces, elle est de 110 UF/ha en moyenne (**Nadjraoui, 2001**).

4. Les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*)

Elles forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12%. Ces steppes présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha /an. Ce type de steppe est surtout exploité par le camilen (**Nadjraoui, 2001**).

C. L'état de la dégradation des zones steppiques

Depuis une trentaine d'années. La steppe est bouleversée. Aussi dans sa structure que dans son fonctionnement et sa productivité. Le processus de dégradation est décelable à première vue. La réduction du couvert végétal et le changement de la composition floristique sont les éléments qui caractérisent l'évolution régressive de la steppe (**Nadjraoui, 2001**).

Selon **Aidoud (1991)**, la diminution du couvert végétal est passée en moyenne pour l'ensemble des groupements de 42% en 1976 à 12 % en 1989. Par ailleurs. Cette dégradation s'est accompagnée d'une prolifération d'espaces peu appétences.

D. Les facteurs de dégradation

Durant ces trois dernières décennies, la dégradation des steppes se traduit d'une part, par une régression des productions et d'autre part, par l'apparition de l'ensablement. Cette dégradation est par des facteurs physiques tels que la sécheresse, et par des anthropiques liés aux situations socio-économiques des agro-pasteurs (**Ministère de l'environnement, 1999**).

Chapitre II

Description

de

l'espèce

II.1. Armoise blanche « *Artemisia herba alba. Asso* »

II.1.1. Origine:

L'*Artemisia* est le nom de guerre des Armoises, il provient de celui de la déesse grecque de la chasse *Artémis*, la Diane des Romains, patronne des vierges à cause des bienfaits de cette herbe. *Herba alba* signifie herbe blanche. Plusieurs noms sont attribués à l'Armoise blanche tels le thym des steppes, absinthe du désert. En Afrique du Nord et en Moyen-Orient, on l'appelle communément "Shih" ou "Chih" (Francis J, 2001 et Nabli M, 1989).

II.1.2. Présentation de la plante

Le genre *Artemisia* est un membre d'une grande variété de plantes appartenant à la famille des Astéracées (Compositae). Plus de 300 différentes espèces de ce genre se trouvent principalement dans les zones arides et semi arides d'Europe, d'Amérique, l'Afrique du Nord ainsi qu'en Asie. Les espèces d'*Artemisia* sont largement utilisées comme plantes médicinales en médecine traditionnelle. Certaines espèces, telles que l'*Artemisia absinthium*, l'*Artemisia annua* ou l'*Artemisia vulgaris* sont incorporées dans les Pharmacopées de plusieurs pays européens et asiatiques (Proksch, 1992).

En commun avec plusieurs d'autres espèces de ce genre, l'*Artemisia Herba Alba*, plante caractéristique du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord (Feinbrun D, 1978), est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter plusieurs maladies.

II.1.3. Caractères botaniques

Le genre *Artemisia* appartient à la famille des Composées, il comprend environ 400 espèces regroupées en quatre sections : Abrotanum, Absinthium, Seriphidium et dracunculus.

La classification de l'*Artemisia Herba Alba* la plus utilisée dans la systématique du genre *Artemisia* est celle donnée par (Quenzel et Santa, 1963) :

- ❖ Règne : Plantae
- ❖ Embranchement : Spermatophyta (Phanérogames) ou « plantes à graines »
- ❖ Sous- embranchement : Angiospermes (Plantes à fleurs)
- ❖ Classe : Dicotyledones (Magnoliopsida)
- ❖ Sous- classe : Astéride
- ❖ Ordre : Aristolochiales
- ❖ Famille : Asteraceae

- ❖ **Tribu :** Anthemideae
- ❖ **Sous-tribu :** Aremisiinae
- ❖ **Genre :** Artemisia
- ❖ **Espèce:** Artemisia Herba Alba. Asso. D'autres noms vernaculaires lui sont attribués comme : Alala, Chih, Abelbel, Toumgalle, Zen, lfsi, et Odessir. (OZENDA.P, 1985).



Figure 07 : L'Artemisia Herba Alba (Zaim et al., 2012).

L'Armoise blanche « *Artemisia herba alba* » est composé de deux parties : souterraine et aérienne.

❖ **Partie aérienne**

Tige

Ou partie ligneuse, ramifiée de 30 à 50 centimètres de long, très feuillée avec une couche épaisse. La touffe des tiges est plus importante selon la pluviométrie (Ozenda, 1985).

Feuilles

Elles sont courtes, alternées, très divisées, laineuses, blanches, pubescentes et pennatipartites. Elles diminuent de taille au fur et à mesure que les rameaux s'allongent. Cette diminution de taille des feuilles entraîne une réduction considérable de la surface transparente, et par conséquent, permet à la plante de résister à la sécheresse (Pourrat, 1974).

Fleurs

Elles sont groupées en grappes, à capitules très petites (3/1.5mm) et ovoïdes. L'involucre est à bractées imbriquées, le réceptacle floral est nu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes hermaphrodites (Pottier, 1981).

Le calice est pentamère et est toujours réduit, la corolle est gamopétale et pentamère et peut se présenter sous trois formes différentes : tubuleuse, bilabée ou ligulée (Goris, 1967).

❖ Partie souterraine ou racine

Elle se présente sous forme d'une racine principale, ligneuse et épaisse, bien distincte des racines secondaires et qui s'enfonce dans le sol tel un pivot. La racine pénètre profondément jusqu'à 40 à 50 centimètres et ne se ramifie qu'à cette profondeur (Aidoud, 1983).

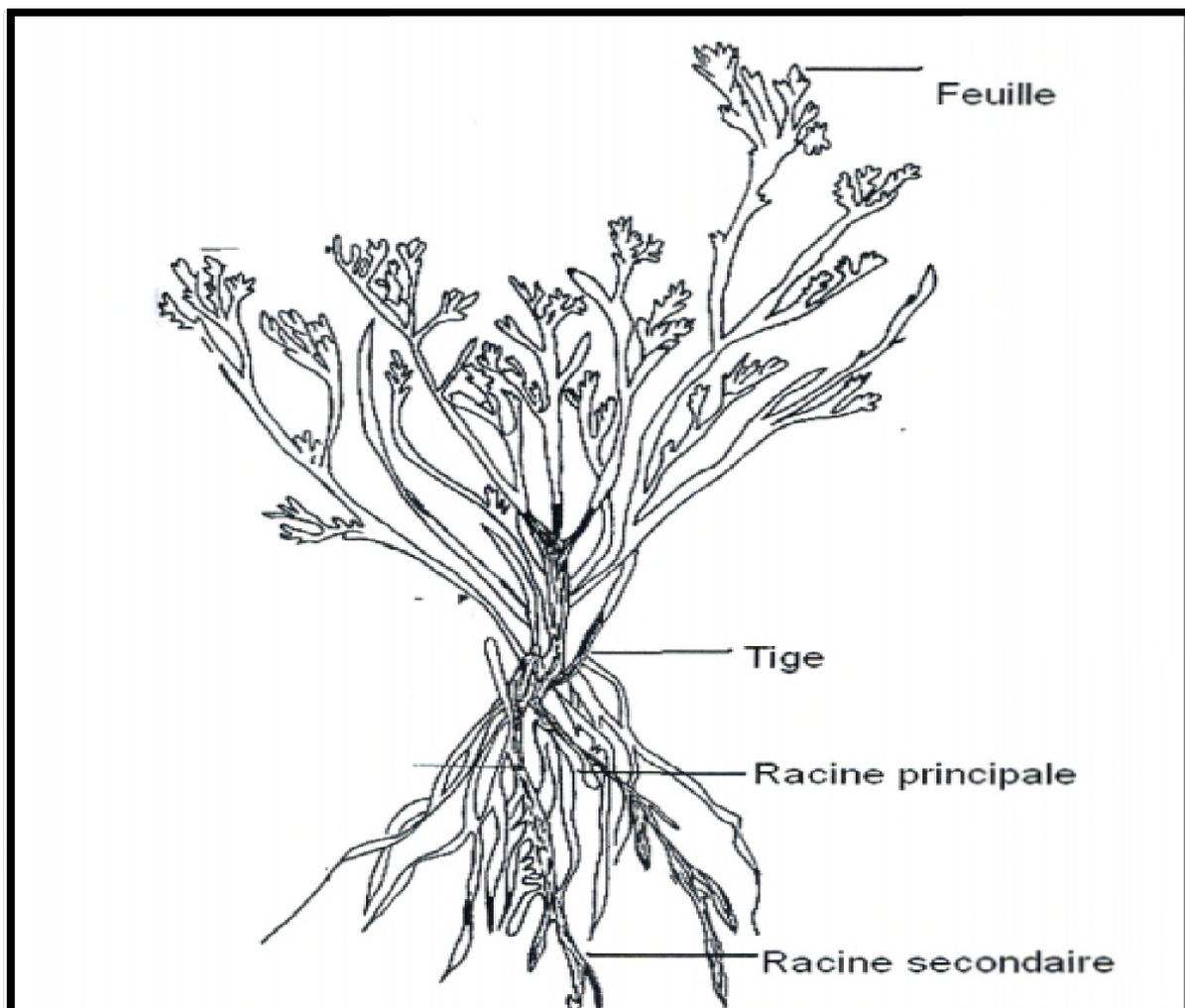


Figure 08 : Morphologie générale de plante d'*Artemisia Herba Alba* (Eloukili, 2013)

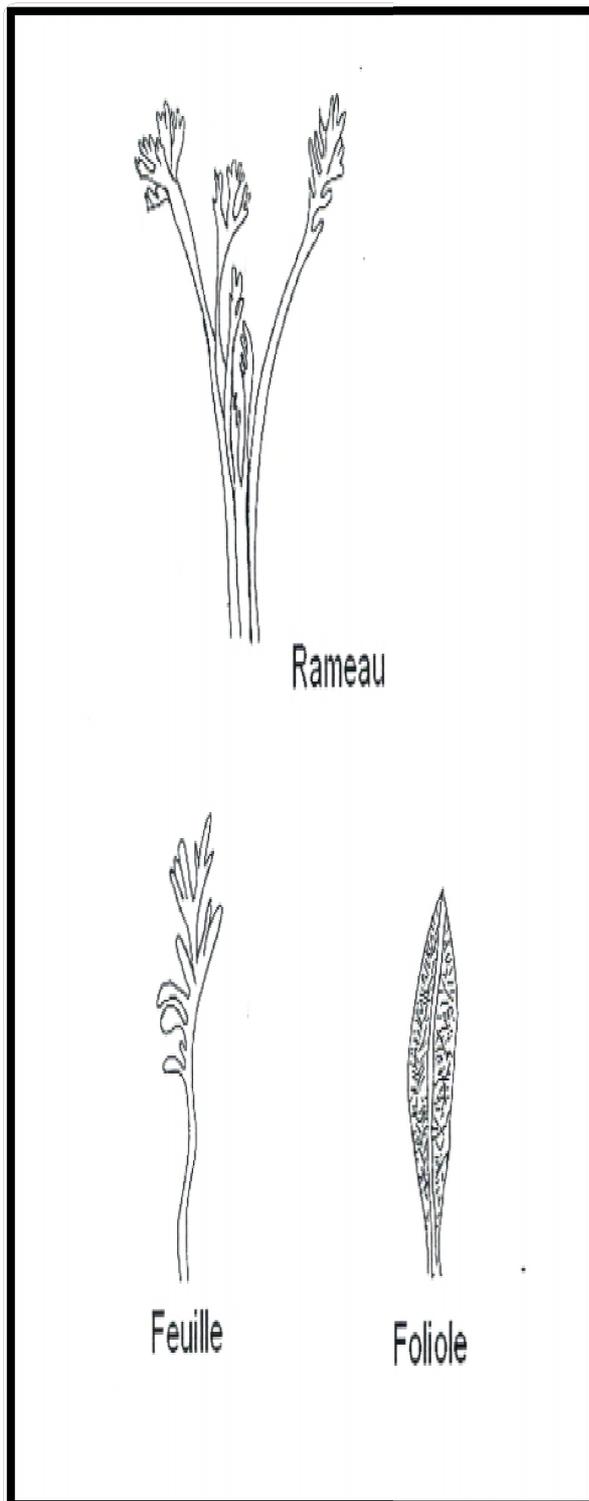


Figure 09: Morphologie de la feuille d'*Artemisia Herba Alba* (Pourrat, 1974).

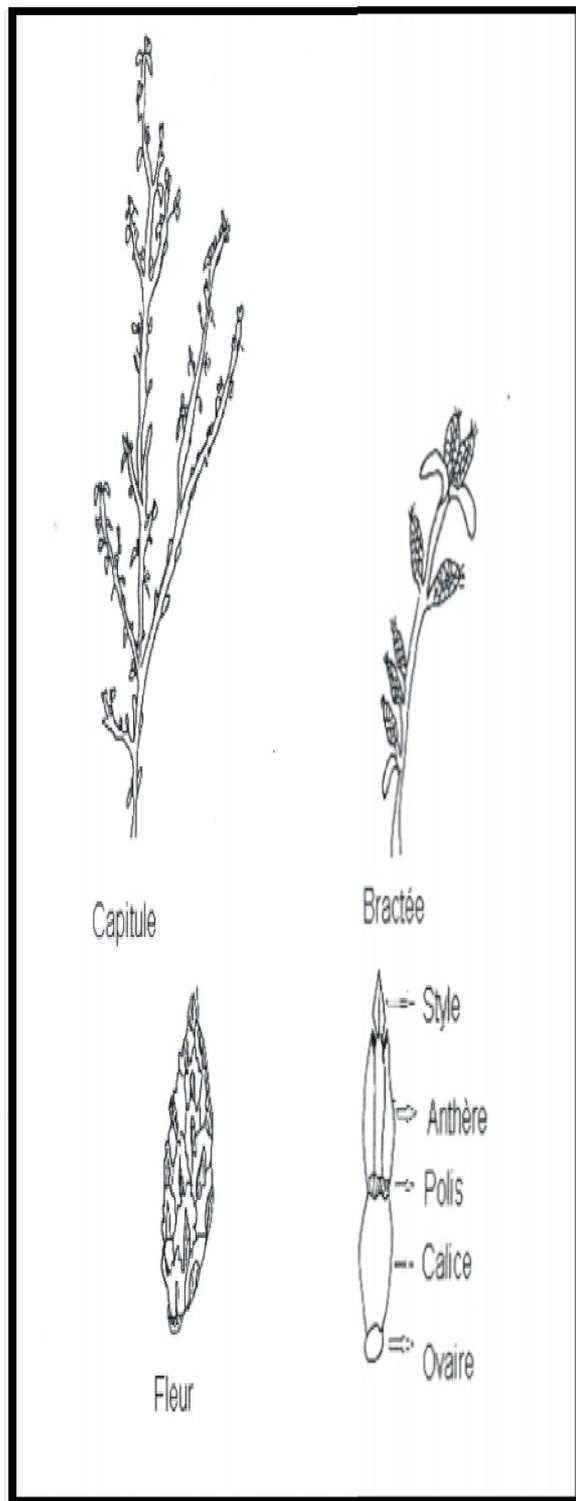


Figure 10 : Morphologie de la fleur d'*Artemisia Herba Alba* (Goris, 1967).

II.1.4. Phase de végétation

La croissance végétative de l'*Artemisia Herba Alba* à lieu à l'automne, la floraison commence en Juin et se développe essentiellement en fin d'été. L'*Armoise blanche* se développe dans les zones bioclimatiques qui vont de la partie supérieure semi-arides à la partie inférieure sub Saharienne (**Gharabi et al., 2008**).

II.1.5. Répartition géographique :

- **Local :** les Hauts plateaux et le Sahara septentrional
- **Régional :** Afrique du Nord
- **Mondial :** Espagne, Afrique du Nord et Asie occidentale.

L'*Artemisia Herba Alba* est une plante spontanée très répandue en Afrique du Nord et au moyen orient, elle affectionne les climats secs et chauds, et existe sous forme de peuplements importants dans les zones désertiques (**Malsot, 1981**).

C'est une plante steppique des régions irano-touraniennes, prédominante dans les steppes d'Espagne ainsi que dans le désert de Sinäi (**Segal, 1987**).

Au Maroc, l'*Artemisia Herba Alba* se rencontre à l'état spontané, il n'est pas rare de trouver des zones de plusieurs dizaines de kilomètres de rayon ou seule l'*Armoise blanche* règne dans un paysage quasi-désertique. Le Maroc attache beaucoup d'importance à cette plante qui constitue un excellent moyen naturel de lutte contre l'érosion et la désertification (**Bendjilali et Richard, 1980**).

En Algérie, l'*Artemisia Herba Alba*, connue sous le nom de « Chih » ou encore appelé semen-contra de barbarie, couvre près de six millions d'hectares dans les steppes, elle se présente sous forme de buissons blancs, laineux et espacés (**Boutekjenet, 1987**).

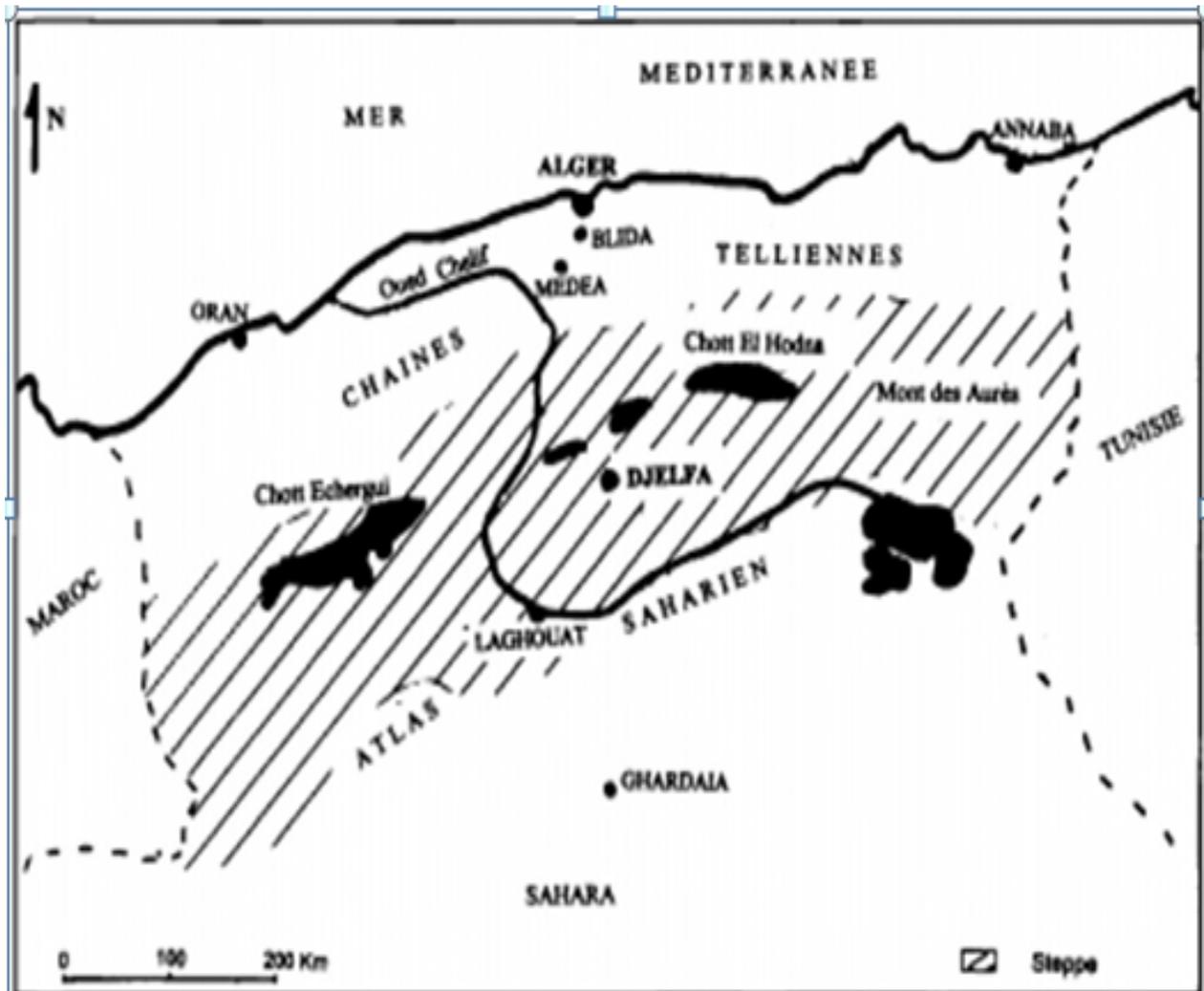


Figure 11 : Distributions géographiques d'*Artemisia Herba Alba* (Pouget, 1980).

II.1.6. Exigences écologiques

❖ Exigences climatiques

L'Armoise blanche existe dans les bioclimats allant du semi aride jusqu'au Saharien. Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans les régions d'hiver chaud à frais. Dans le sud, cette plante pousse sur les sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur les sols sableux. Elle résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés (Nabli, 1989).

Elle se développe dans les précipitations sont de l'ordre de 200mm/an. Son développement est lié à la nature du sol. En effet, il faut qu'il soit peu perméable, tassé et colmaté (Celles, 1980).

❖ Exigences édaphiques

Peu exigeante, l'Armoise blanche se plaît au soleil, en terre légère et bien drainée, plutôt calcaire, mais elle tolère des sols légèrement acides. Elle pousse naturellement sans aucun problème dans des sols pauvres et caillouteux, qui favorisent la couleur argentée et un port compact (Pouget, 1989).

Un sol riche provoque l'allongement démesuré des tiges, et en sol lourd, elle ne vit que très peu de temps, sauf l'*Artemisia pontica*, qui tolère un sol argileux, et l'*Artemisia lactiflora*, qui ne pousse qu'en terrain humide et à la mi-ombre. Toutes les espèces ne sont pas rustiques. Installez les plus frileuses contre un mur au sud, protégées des vents froids (Celles, 1980).

II.1.7. Caractéristiques morphologiques de la plante

Selon Matteucci (2008), l'*Artemisia Herba Alba* est une plante ligneuse basse et toujours verte. Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides.

- ✓ Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau.
- ✓ Grâce à son système racinaire très dense à la surface, l'*Artemisia Herba Alba* est capable de valoriser toute humidité superficielle occasionnée par des petites pluies.
- ✓ Cette espèce est également capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire, la tige principale se divise en « branches » physiologiquement indépendante les unes des autres et susceptibles de mourir sans entraîner la mort de la plante entière.
- ✓ La floraison de cette espèce débute le plus souvent en juin mais les fleurs se développent essentiellement à la fin de l'été.
- ✓ Lors des années pluvieuses et dans les sols qui lui conviennent, l'*Artemisia Herba Alba* présente une forte production de graines et un pouvoir de régénération élevé.

II.1.8. La régénération de l'*Artemisia Herba Alba*

La régénération de la phytomasse d'un parcours steppiques peut être quantifiée sous forme d'équations algébrique non linéaire en fonction de paramètres mesurables reliés à la plante. Les dimensions : hauteur, grande largeur et petite largeur de la plante semblent les plus faciles à mesurer.

Etant donné que le pacage est un acte qui exprime l'interaction entre l'animal et le végétal, il est donc logique que la recherche du modèle de régénération vise la mise en synergie des facteurs inhérents à la plantes : dimensions et durée de repos, et ceux relatifs à l'animal: la charge fixée dans notre cas à 05 têtes/ha (**Daget et Poissonet, 1972**).

Cette modélisation utilisant les dimensions physiques de la plante s'appuie sur les travaux de **Bartolome (2006)**, qui statue que "le pacage est un processus très complexe ce qui oblige à exprimer ces effets sur les plantes et leur réponse au pacage".

D'autre part, les travaux sur l'espèce de l'*Artemisia Herba Alba*, mettent en exergue l'importance de l'utilisation des modèles d'équations de régressions dans la prédiction de la production future des plantes ayant subies l'effet de différents degrés de sévérité de coupes. Aussi et en concordance avec **Ferchichi (2004)**, la modélisation peut offrir une opportunité pour une meilleure compréhension de la complexité des systèmes pastoraux.

Le processus de régénération de l'espèce *Artemisia Herba Alba* est un processus à dynamique non linéaire de part sa complexité et son obéissance à des facteurs non contrôlés (surtout ceux relatives au climat et au comportement alimentaire de l'animal sur parcours au sens de **Bourbouze (1997)**, qui régissent en grande partie son développement et sa croissance, la régénération d'un parcours steppique mis en défens à base de l'espèce *Artemisia Herba Alba* pendant une durée de pacage limitée à 02 mois en fonction des trois dimensions de la plante, la hauteur, la grande largeur et la petite largeur et ce après une période de repos de trois mois (**Aidoud, 1988**).

En ce qui concerne le taux de régénération et le taux de prélèvement, l'étude a démontré qu'ils sont soumis au degré de pacage et suivent des modèles d'équations mathématiques différentes et une tendance générale d'un taux de régénération inférieur à celui du prélèvement (**Chaieb, Ferchichi et Ferjani, 2004**).

Une efficacité in vitro pour l'induction multiple pousse des bourgeons et la régénération a été développée en *Artemisia Herba Alba* en utilisant des feuilles et des tiges explants dans différentes concentrations et combinaisons de régulateurs de croissance des plantes pour évaluer la fréquence de la régénération.

II.1.9. Les facteurs de dégradation de l'*Artemisia Herba Alba*

❖ Les facteurs physiques : sécheresse et érosion

La pluviosité suit différents cycles de durée. Un processus de désertification engendre une aridité croissante qui se traduit par une détérioration des caractéristiques du sol dont résulte une diminution de la matière organique en surface qui conduit à la diminution de la productivité pastorale (**Ministère de l'environnement, 1999**).

Dans un milieu où la végétation a un recouvrement inférieur à 30 %, l'action du vent engendre des sols grossiers et caillouteux peu propices à la recolonisation par la végétation. Ceci provoque une perte de sol de 150 à 300 t/ha/an, dans les steppes défrichées. L'érosion hydrique est due aux pluies torrentielles. Cette action désagrège les sols peu épais et diminue leur fertilité. La superficie totale menacée par l'érosion hydrique est estimée à près de 10 million d'ha (**Ministère de l'Agriculture, 1999**).

❖ Les facteurs anthropiques : population, céréaliculture, surpâturage et politiques d'organisation.

La société pastorale a connu une croissance démographique importante qui a engendré une augmentation des besoins. Ces besoins ont induit la transformation du mode de gestion des parcours par la surexploitation des ressources naturelles conduisant de fait à une dégradation croissante des pâturages (**Ministère de l'Agriculture, 1999**). La céréaliculture est pratiquée pour la consommation des populations et pour le complément fourrager des brebis agnelant. Elle s'est effectuée dans les dayats. Les lits d'oued et les zones d'épandage des crues. La première extension remonte à la période coloniale, où les meilleurs parcours sont défrichés. Dans les années 1970, une deuxième extension est caractérisée par l'utilisation du tracteur qui a permis de labourer plus de parcours. Dans les wilayas steppiques, les superficies céréalières sont passées de 540 000 ha entre 1985 et 1990 à 840 000 ha entre 1991 et 1995 (**Ministère de l'environnement, 1999**).

Contrairement aux défrichements et surpâturage dont la responsabilité incombe aux pasteurs et agro-pasteurs, des actions entreprises par l'état ont contribué à la réduction des zones de parcours. la loi d'accession la propriété foncière agricole de 1983 (APFA) et la politique de mise en valeur des terres par la concession en 1997 ont permis l'attribution des terres steppiques. En outre, l'état a particulièrement encouragé l'arboriculture fruitière au détriment des cultures fourragères dont la steppe a plus besoin pour le développement des élevages (Bensouiah et Bedrani, 2002).

II.1.10. La dégradation des steppes à l'Armoise blanche

L'Armoise n'occupe que des glacis. Une étude sur l'évolution d'un parcours à l'Armoise soumis à la libre pâture dans la région de Tadmit, a montré que les faciès à l'Armoise pure présentent un recouvrement de l'Armoise qui passe de 35 % en 1970 à 1989. Les nombreuses études réalisées sur l'Armoise blanche évaluent en moyenne les pertes des parcours à l'Armoise à 50 % de leurs potentialités (Ministère de l'environnement, 1999).



Figure 12 : La dégradation des steppes à l'Armoise blanche (Aidoud, 1988).

Chapitre III

Modélisation de la niche écologique

Introduction

Les changements climatiques de ces dernières années préoccupent les écologistes de par leur rapidité et leur amplitude. En effet ils auraient des conséquences plus ou moins importantes sur les niches écologiques des espèces végétales ou animales, notamment dans les domaines montagneux (**Tristan, 2012**).

La niche écologique est un concept central en écologie, elle a été définie comme un volume à n dimensions, où n représente idéalement tous les facteurs environnementaux permettant le maintien de populations viables d'une espèce (**Hutchinson, 1957**).

La distribution (ou habitat) d'une espèce en équilibre avec son environnement peut alors être considérée comme la dimension spatio-temporelle de la niche.

L'objectif de notre étude est de modéliser la répartition reposant sur des approches corrélatives et les liens mécanistes sous-jacents sont fondamentaux pour expliquer les réponses des écosystèmes (**Kearney et Porter, 2009**), ceci dans le but de montrer l'existence de l'influence du facteur climatique sur les écosystèmes.

III.1. le concept de niche écologique

Le concept de niche écologique est retrouvé dans presque toutes les réflexions écologiques allant des études comportementales, morphologiques et physiologiques des individus, jusqu'aux approches évaluant le rôle des espèces dans le fonctionnement des écosystèmes (**Chase et Leibold 2003**).

Le terme de niche écologique est utilisé pour définir la place qu'occupe une espèce dans un écosystème donné. Plus précisément, la niche écologique se caractérise par l'ensemble des facteurs constituant le milieu et permettant à une espèce d'y vivre et de s'y reproduire. La niche écologique est également caractérisée par le rôle que joue cette espèce dans l'écosystème (**Polechová et Storch 2008**). Deux concepts clés sont donc à considérer dans la définition de la niche écologique d'une espèce :

- Les effets de l'environnement sur l'espèce
- Les effets de l'espèce sur son environnement

III .2. Distribution d'une espèce

La distribution ou aire de répartition d'une espèce peut être définie comme le territoire occupé par l'ensemble des populations de cette espèce. L'espace géographique, à l'intérieur duquel on observe la présence ou non d'espèces, représente un ensemble de localités caractérisées par des combinaisons environnementales particulières.

Par conséquent, la distribution d'une espèce à un instant t est modélisée par 3 dimensions écologiques : la distribution spatiale des conditions environnementales abiotiques (niche fondamentale) et biotiques favorables à l'espèce dont l'intersection définit la projection spatiale de sa niche réalisée, et l'accessibilité du milieu passée et présente pour l'espèce dans dépendant principalement de sa capacité de dispersion, de la fragmentation spatiale de l'habitat et la physiographie du milieu (**Soberón et Peterson, 2005**).

La prise en compte de la seule niche écologique est donc insuffisante pour déterminer la distribution d'une espèce, elle décrit son habitat potentiel. Lorsque niche et processus spatiaux (tel que la dispersion de l'espèce ou la physiographie du paysage) sont inclus dans des modèles dynamiques (**Fordham et al, 2012**).

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

Un *facteur limitant* désigne un facteur écologique dont la carence entrave ou empêche un phénomène biologique ou la vie d'une espèce : selon la loi du minimum, lorsqu'un phénomène biologique dépend de plusieurs facteurs, si l'un d'eux est déficitaire, les autres facteurs sont ramenés à son niveau, affectant ainsi directement le facteur de croissance.

D'une manière générale on distingue deux facteurs limitant la distribution observée sont les facteurs abiotiques et les facteurs biotiques.

- les facteurs abiotiques

Ce sont des facteurs physico-chimiques du milieu, tels que les éléments du climat, du sol, etc. qui exercent une influence sur les êtres vivants .Ils ne dépendent pas des organismes vivants. Ils sont de nature chimique ou physique, climatique, hydrologique et édaphique. (**Soberón, 2007**).

- Les facteurs biotiques

Ce sont toutes les interactions qui existent entre les êtres vivants présents dans un écosystème donné. (Pearson et Dawson, 2003).

Une autre classification distingue :

- **les facteurs indépendant de la densité** (facteurs qui exercent leurs effets sur individus pris isolement, de façon indépendante de la densité)

- **les facteurs dépendant de la densité.**

III .3. L'objectif de la modélisation

Pourquoi modéliser ?

Cette question doit avoir reçu une réponse, non seulement pour justifier la démarche, mais aussi pour sélectionner l'approche modélisatrice la plus appropriée. Schématiquement, la modélisation peut avoir trois objectifs :

- ✓ décrire (résumer) les données.
- ✓ prédire (simuler), c'est à dire faire des inférences.
- ✓ expliquer (comprendre) c'est à dire avoir des objectifs mécanistiques.

Selon que l'on souhaite parvenir à l'un ou l'autre de ces objectifs, la modélisation sera réalisée selon des modalités différentes. (Toutain, 2007).

III .3.1. Données pour modéliser la niche écologique d'une espèce

Pour modéliser la niche écologique d'une espèce, il est 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. Dans le domaine des sciences écologiques, de telles données sont souvent

Austin (2007) classe en différentes catégories les paramètres environnementaux physiques et biophysiques susceptibles de conditionner la présence d'une espèce. Il établit une distinction entre paramètres indirects (comme l'altitude ou la latitude), paramètres directs (comme la température, le rayonnement solaire, les précipitations) et paramètres de ressource

(comme la disponibilité en azote pour les plantes). Il constate que la modélisation de la niche écologique est en général d'autant plus efficace que les paramètres environnementaux utilisés sont plus directs et plus proximaux. D'autres types de données environnementales peuvent être informatifs, par exemple des données édaphiques ou des données caractérisant la couverture du sol (**Thuiller et al, 2004**), ou encore des informations sur la présence d'autres espèces (compétiteurs, facilitateurs ou prédateurs de l'espèce à modéliser).

III .3.2. Les modèles de niche écologique

Il existe ainsi 2 grands types de modélisation

III .3.2.1. Les modèles mécanistes

Les modèles mécanistes incorporent quant à eux des traits écophysiologiques et/ou démographiques (**Kearney et Porter 2004 ; Buckley 2008**) afin de voir leur évolution le long des clines climatiques afin de spatialiser la niche fondamentale d'une espèce (**Guisan et Thuiller 2005 ; Kearney 2006**).

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**).

III .3.2.2. Les Modèles corrélatifs

Les modèles corrélatifs se basent sur des relations mathématiques entre les observations de terrain (occurrence) et les variables environnementales pour prédire la niche réalisée afin de la projeter géographiquement (**Guisan et Thuiller 2005**).

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

✚ Les Modèles SDMs (Species Distribution Models)

Les modèles de distribution d'espèces (SDM pour Species distribution model \approx niche model \approx habitat model) sont devenus un champ fondamental de la recherche scientifique en écologie, où ils sont utilisés pour la compréhension des relations espèces-environnement, les prévisions écologiques et la planification de la conservation des espèces. (**Guisan et Zimmermann 2000, Austin 2002, Guisan et Thuiller 2005, Araujo et Guisan 2006, Leathwick 2009**).

Actuellement les SDM sont fréquemment utilisés pour les deux objectifs « la réalisation des prédictions de la probabilité d'occurrence dans l'espace naturel des espèces en estimant la localisation de cette espèce par rapport à l'information environnementale sur site et la description des échantillons ».

Les SDMs sont des modèles statistiques corrélatifs dans lesquels l'occurrence, et moins souvent l'abondance, des espèces est reliée à un ensemble de variables environnementales. La mise en œuvre des SDMs passe par plusieurs étapes (**Guisan et Thuiller 2005**) :

- ✓ la conceptualisation.
- ✓ la préparation des données biologiques et environnementales.
- ✓ l'ajustement des modèles.
- ✓ l'évaluation des modèles.
- ✓ les prédictions spatiales dans un SIG ou l'évaluation des prédictions .
- ✓ l'évaluation de l'applicabilité des modèles.

Ces étapes détaillées peuvent être regroupées en trois étapes principales (**Austin, 2002**) :

- La théorie ou cadre conceptuel du modèle est nécessaire pour formuler les hypothèses quant au modèle à simuler.
- L'ensemble des données regroupe les données biologiques.
- les données environnementales.

L'application des SDMs requiert donc la maîtrise de deux composantes essentielles : un SIG, qui permettra de spatialiser les prédictions et la modélisation statistique, qui permettra de faire le lien entre occurrence et environnement (**Guisan et Zimmermann, 2000**). Parmi les modèles de distribution des espèces (SDM) on trouve MaxEnt (**Phillips et al., 2006**). Il peut être utilisé pour déterminer la densité d'une espèce dans son habitat ou prévoir quelle zone peut convenir à une espèce en dehors de son habitat actuel. Pour créer un modèle, MaxEnt génère aléatoirement des points d'arrière-plan pour comparer les données de

présence (Merow *et al.*, 2013). Ce modèle a l'avantage d'éviter l'erreur qui résulte de fausse absence (Vitasse, 2009).

La construction des SDMs impose une série d'étapes, chacune nécessitant un certain nombre de choix avec une bonne justification des décisions prises (Ferrier *et al.*, 2002; Guisan et Thuiller 2005). Le choix des données, des descripteurs et de l'échelle spatiale se base sur plusieurs critères liés aux objectifs et la disponibilité des données (Austin 2002).

Les données biologiques doivent faire l'objet d'un échantillonnage approprié et posent, par leur nature (valeurs manquantes, grand nombre de zéros) des contraintes de modélisation sur lesquelles nous reviendrons. Les données environnementales doivent être judicieusement choisies en fonction des hypothèses avancées dans le modèle conceptuel. Enfin, il s'agit d'identifier les modèles statistiques les plus adéquats et les plus fiables pour modéliser les variables réponses (e.g. des modèles mixtes pour modéliser l'abondance des espèces).

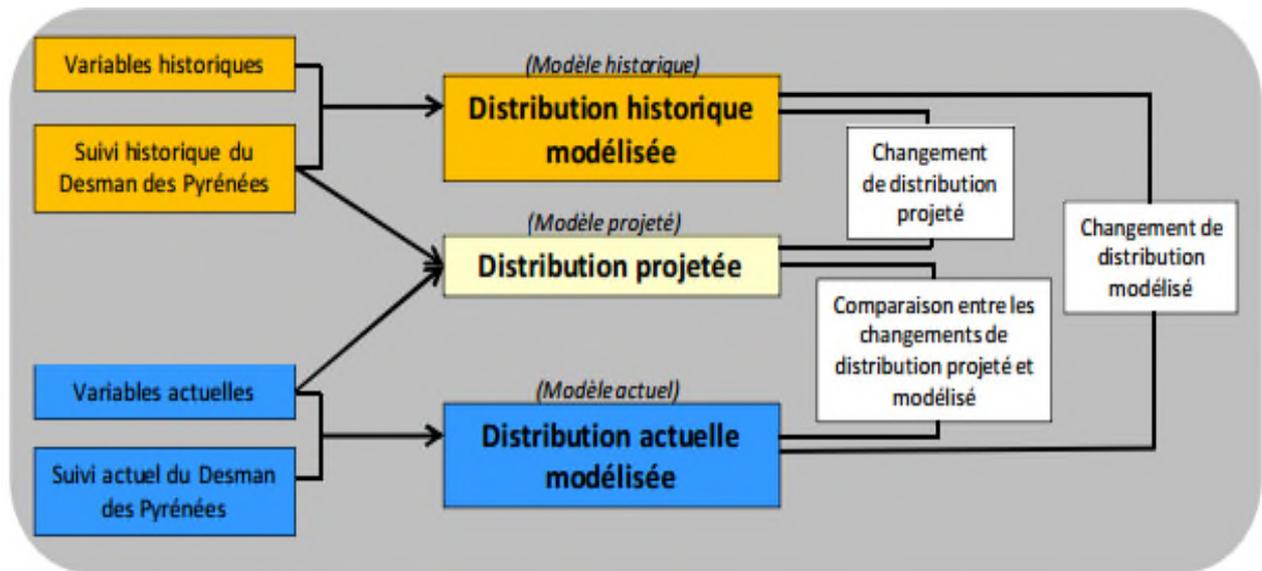


Figure 13 : Méthodologie utilisée pour construire les modèles de distribution historique, projetée et actuelle dans les Pyrénées françaises (modifié de Kharouba *et al.*, 2009; Grenouillet et Comte 2014).

Deuxième partie

Etude expérimentale

Chapitre IV

Matériels

et

Méthodes

IV.1. Zone d'étude

L'étude de la distribution du *Stipa tenacissima L* et l'*Artemisia Herba Alba* a été effectuée dans la zone du Nord-est Algérien, une telle zone englobe une grande diversité écosystémique due à la diversité des milieux naturels, résultante de son hétérogénéité géomorphologique et climatique.

IV.2. logiciels utilisés :

Notre étude consiste à modéliser l'*Artemisia Herba Alba* existant au niveau de site d'étude :

- ✓ MapInfo Professional Version 8.0
- ✓ Global Mapper Version 15
- ✓ MaxEnt (Maximum Entropy)

IV.3. Description des données utilisées**IV.3.1. Données d'occurrence spatiale d'*Artemisia Herba Alba***

Pour la réalisation de notre étude nous avons utilisé les données de présence et localisation de l'espèce (*Artemisia Herba Alba*) ont été complétées à partir des cartes de végétation, prises avec leurs coordonnées géographiques pour la modélisation de sa distribution spatiale dans le modèle SDM (Species distribution model), en suite la base de données a été effectuée avec des points de présence disponibles sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (www.gbif.org).

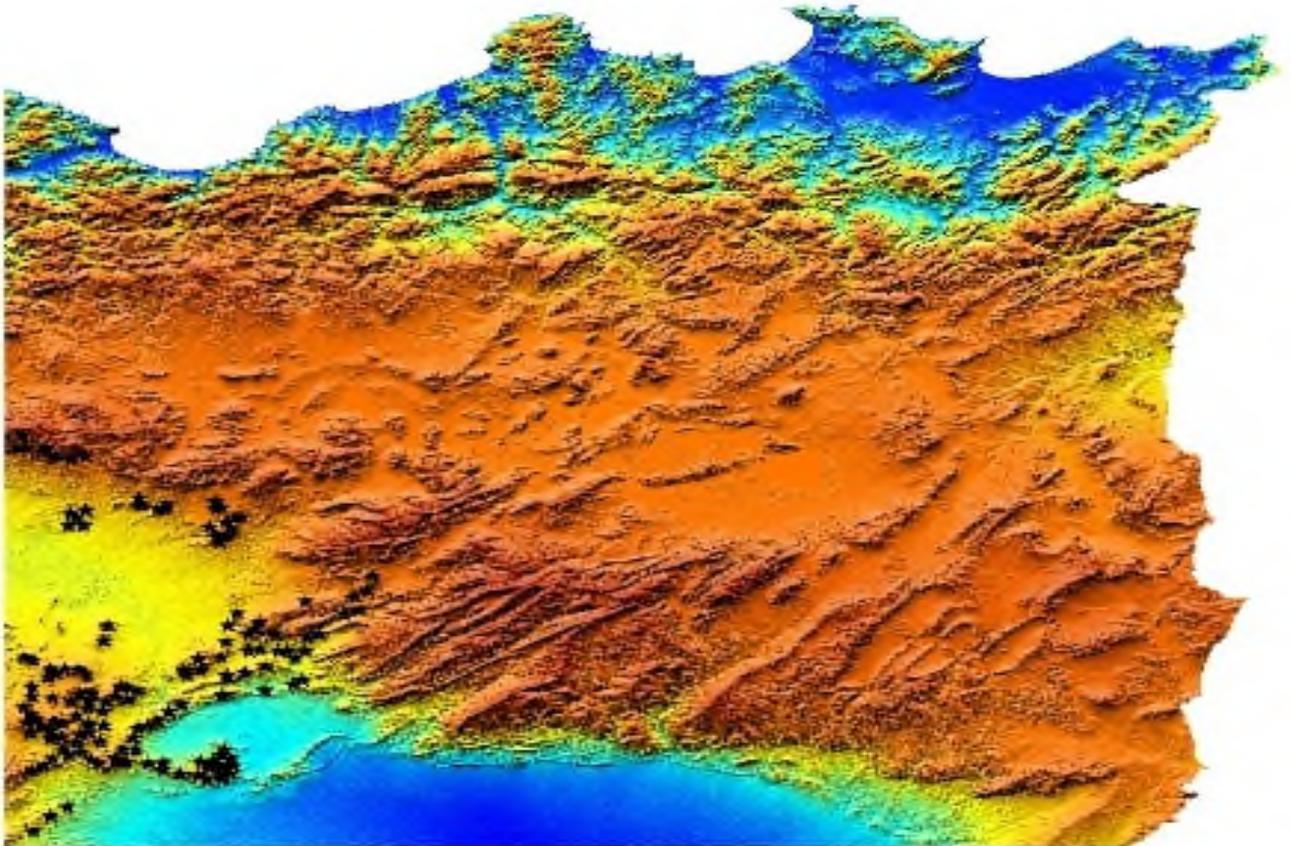


Figure 14 : Sources des données d'occurrence pour l'Artemisia Herba Alba

IV.3.2. Les Variables environnementales

Les diverses variables environnementales utilisées ont été regroupées en deux groupes:

- ✚ Les variables topographiques, générées à partir de Modèle Numérique Terrain (MNT), à résolution de 30 mètres d'origine ASTER GDEM, à savoir : l'altitude, la distance à la mer, le degré d'orientation Nord (Cos Exposition), la pente.
- ✚ Les variables climatiques, issu de la base de données Bioclim (<http://www.worldclim.org/bioclim>) pour la période (1950-2000).

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.

Nous avons utilisé le model HADGEM2-ES (*Hadley Global Environment Model 2 - Earth System*) obtenue par (Hadley centre for climat prédiction and research) pour la modélisation de la niche écologique future de l'espèce à l'horizon 2050 et 2070, issu de la nouvelle simulation des modèles climatiques réalisés dans le cadre du projet d'inter-comparaison phase 5 (*CMIP5*), de la recherche mondiale sur le climat (**Hijmans et al., 2005**), en incluant les quatre niveaux des RCPs (*Representative Concentration Pathways*), ces valeurs traduisent le forçage climatique prévu par le GIEC.

L'ensemble des variables ont une projection UTM WGS84 , sous format ASC grid et à une résolution 1 Km.

IV.4. La modélisation de la distribution de l'*Artemisia Herba Alba*

Maximum entropie est une méthode de modélisation à usage générale pour réaliser des prédictions à partir des informations des facteurs environnementaux associer à la présences des espèces (**Phillips et al., 2006**). Le principe d'entropie maximale est réalisé pour déterminer l'aire propice des espèces étudiées on utilisant l'enveloppe climatique et topographique actuelle et futur relative à la présence naturelle.

Le résultat de la modélisation ainsi que les testes de validation seront enregistrer dans un fichier résultat (résult) et donc cette distribution doit avoir une maximum entropie (**Phillips *et al.*, 2006**), C'est-à-dire à partir des points de présence observée, il estime la distribution potentielle la plus uniforme de l'espèce dans la zone d'étude par rapport à la valeur prévue pour chaque variable environnementale, MAXENT donne la probabilité de présence maximale en fonction de chaque variable environnementale (**Gbesso *et al.*, 2013**).

A partir des donnés WordClim des grilles régulières des variables climatiques couvrant la zone d'étude ont été extraites et importées sous forme d'un fichier ASCII (*.asc) comparant les données des facteurs environnementales actuelles (Totale) et l'un des quatre scénarios RPC à chaque fois (RPC 2,5, RPC 4,5, RPC 6,5, RPC 8,5), pour les deux périodes future (2050 ; 2070).

On à Plusieurs étapes nécessaires à suivre pour obtenir les résultats voulues, l'application de la méthode maximum entropie sous MAXENT consiste à introduire les données précédemment préparées sous forme d'un fichier ASC, dans la partie « Sample » il est nécessaire d'importer les données d'occurrence spatiale de l'espèce l'Artemisia Herba Alba sous forme d'un fichier CSV, et dans la partie « Environnementale layer ».

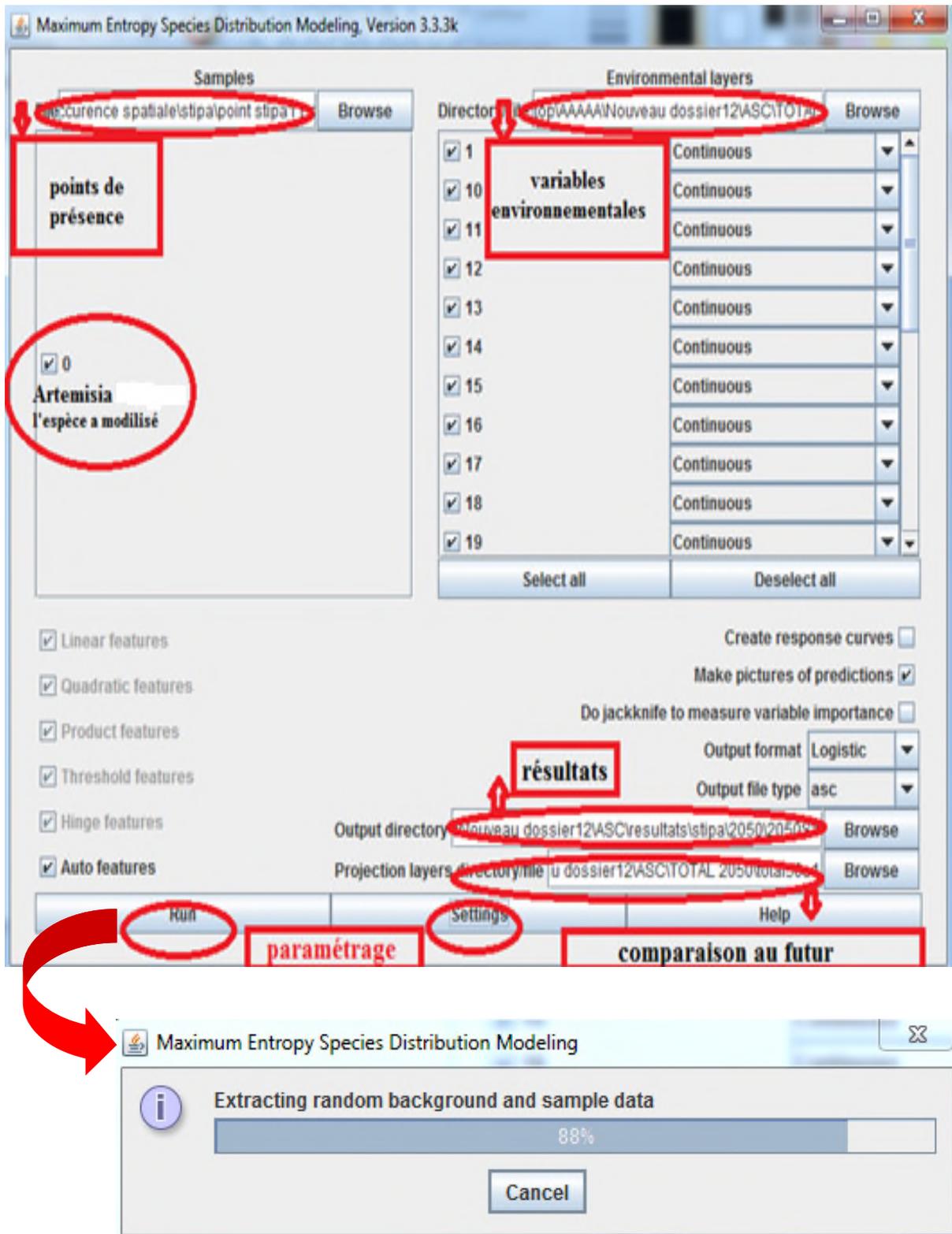


Figure 15 : La méthode de modélisation de l'Artemisia Herba Alba par MAXENT.

IV.5. Application du modèle :

On a procédé huit exécution séparé pour chacune des deux espèces et pour des fins comparatifs, nous avons intégré les données d'occurrence spatiale des l'espèces disponible avec les données environnementales actuelles et l'un des quatre scénarios RPC à chaque fois, pour les deux horizons future (**Phillips, S. J. et al., 2006**).

L'évaluation de la performance du modèle utilisé est nécessaire afin de contrôler la validité des prédictions résultantes et de confirmer leurs concordance avec la réalité de terrain (**Baldwin., 2009 ; Guisan and Zimmermann., 2000**).

L'analyse des caractéristiques de fonctionnement du modèle est tracé par la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic), (**Pearson et al., 2007 ; Philips et al., 2009 ; Guisan, 2009**), et le calcul de sa valeur l'Aire Sous la Courbe AUC (Area Under Curve) (**Phillips et al., 2006**), permet l'évaluation la performance du modèle à travers la valeur de l'AUC qui varie entre 0 et 1 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**).

Les courbes de réponse des variables environnementales ont été générée, elles montrent la contribution de chaque variable explicative dans la prédiction de la distribution des probabilisées de présence de l'espèce, ce qui décrit les exigences écologiques de l'espèce définissant ainsi la niche écologique. (**Buermann et al., 2008, Yost et al., 2008**).

Chapitre V

Résultats

et

Discussion

V .1. Résultats

Les résultats sont présentés en trois étapes:

- ✓ Analyse d'omission / commission et évaluation de la performance du modèle sur la base des valeurs de l'AUC.
- ✓ Taux de contribution des Variables explicatives.
- ✓ Les cartes de probabilité de présence actuelles et futures, déterminant l'habitat potentiellement propice.

V.1. 1.Validation du modèle

- **Les valeurs d'AUC (Area Under Curve)**

Le taux d'omission du test et la superficie prédite en fonction du seuil cumulé, calculé à la fois pour les données de formation et dans les données de test, 75% et 25%, respectivement, des données de présence. La performance du modèle a été évaluée par les valeurs d'AUC. Après évaluation de la capacité de discrimination des modèles, la performance des modèles en calculant la moyenne des répétitions de l'AUC du test moyenne pour les tests répétés qui est de l'ordre de:

- ✓ Pour l'*Artemisia Herba Alba.*, les points de présence ont été prédites de manière satisfaisante au vue du seuil de probabilité (0,962) d'AUC, le modèle est qualifié de très bons qualité (**Swets, 1988**).

La figure (Fig 27) montrent les variations des omissions tests et des omissions de formation et la surface prédite selon le choix du seuil cumulatif, la figure (Fig 28) La courbe de fonctionnement du récepteur ROC des deux espèces.

- *Artemisia Herba Alba .Asso*

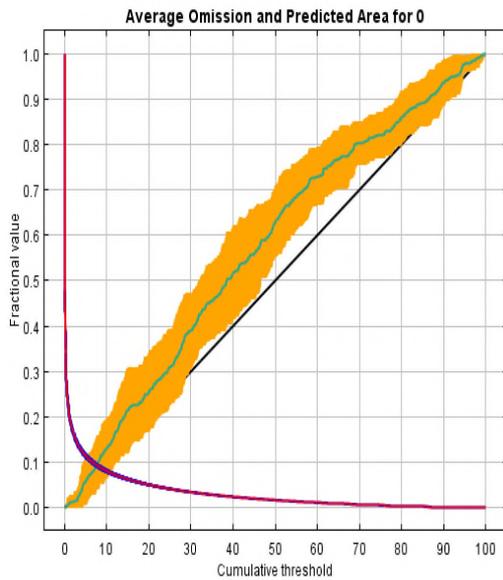


Figure 16 : Le taux d'omission d'essai et la Superficie prédite

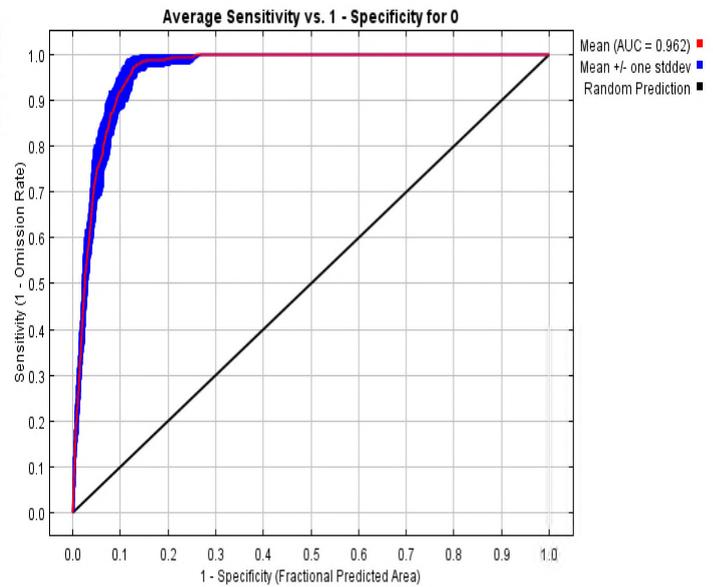


Figure 17 : La courbe caractéristique de fonctionnement du récepteur ROC

V .1.2. Taux de contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution de l'*Artemisia Herba Alba*.

- *Artemisia Herba Alba*

Au total 23 variables environnementales ont été retenues pour tourner le modèle, Le tableau (01) présente la contribution de chaque variable dans la modélisation de la distribution des espèces étudiées.

Tableau 01 : Taux de contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction de la distribution d'*Artemisia Herba Alba* .Asso dans la période actuelle.

Variables	Contribution en (%)
Bio-18	42.8
Bio-6	10.3
Bio-3	9.4
Dis-mer	8.1
Bio-16	6.7
Bio-15	4.2
Bio-2	3.5
Bio-7	3.2
Bio-8	2.2
Bio-19	1.5
Pente	1.5
Altitude	1.4
Bio-13	0.9
Bio-11	0.7
Cos_exposition	0.7
Bio-4	0.7
Bio-10	0.6
Bio-5	0.4
Bio-1	0.4
Bio-14	0.2
Bio-9	0.2
Bio-12	0.2
Bio-17	0.1

Les variables les plus importants qui contrôlent la distribution de cette espèce sont la Précipitation de trimestre le plus chaud (Bio18), Température minimale de Mois le plus froid (Bio6), Isothermality (Bio3), et distance à la mer qui contribuent avec des taux respectives ; 42.8%, 10.3%, 9.4% et 8,1%. Les autres variables présentent une participation moins importante : Précipitation de trimestre le plus humide (Bio16), Saisonnalité des précipitations (Bio15), moyenne amplitude diurne (Bio2), Plage de température annuelle (Bio7) participent avec des contributions qui varient entre 6.7% et 3.2%. Les 15 variables restantes ont une contribution qui voisine les 11%.

❖ Les courbes de réponse

Les courbes de réponses générées, montrant l'ampleur de présence de l'espèce le long des gradients des facteurs environnementaux. Les courbes de tolérances pour les variables les plus significatifs les plus déterminants la répartition spatiale pour l'*Artemisia Herba Alba*; la Réponse des Précipitation de trimestre le plus chaud (Bio18), Réponse à Température minimale de Mois le plus froid (Bio6), Réponse à Isothermality (Bio3) et la distance à la mer (Dis-mer) qui décrit des optimum de présence (Fig 18).

- *Artemisia Herba Alba*

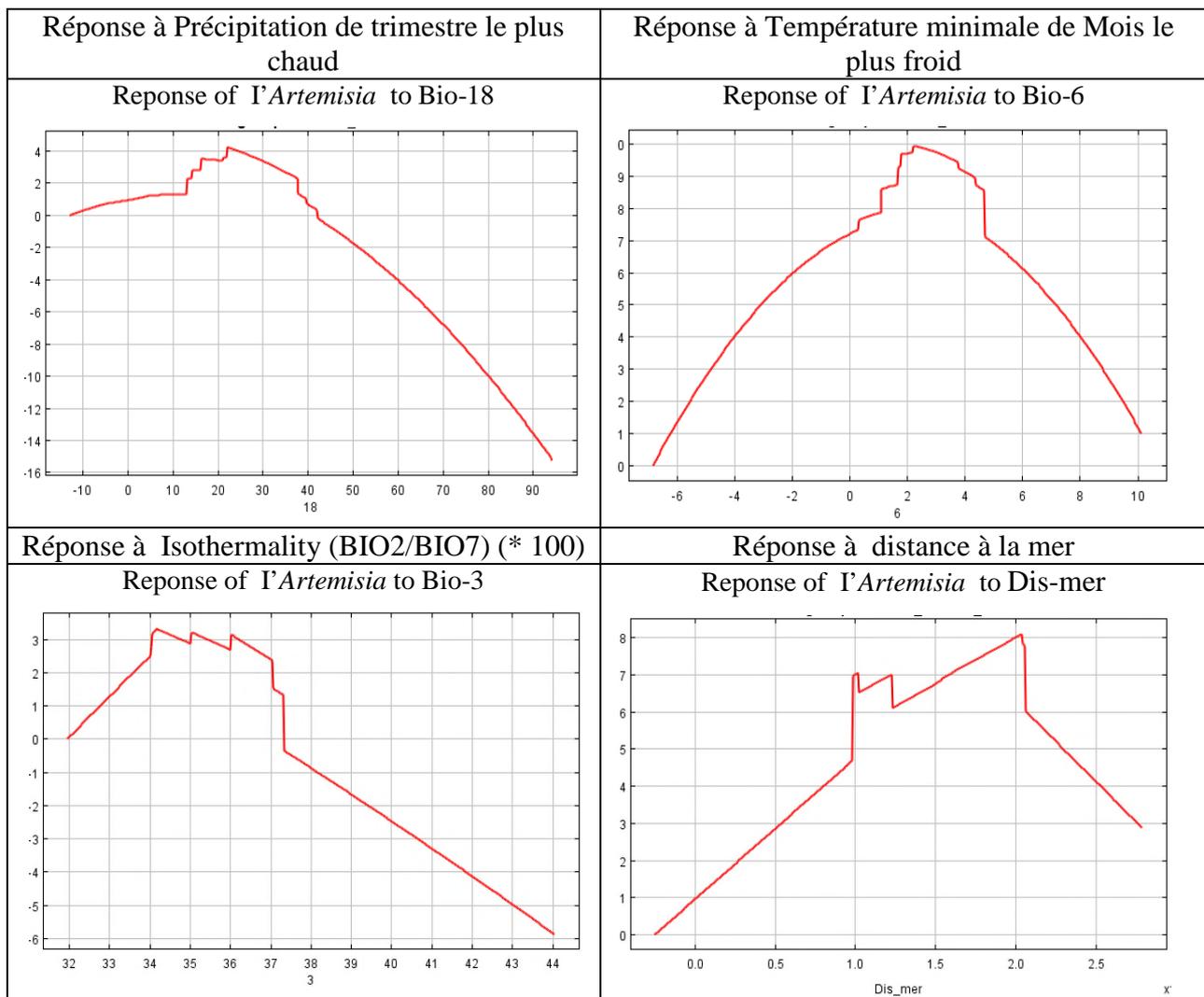


Figure 18: Les courbes de réponse d'*Artemisia Herba Alba* aux variables environnementaux les plus contribués.

V.1. 3.1. La distribution actuelle de l'*Artemisia Herba Alba*

La carte des habitats favorables d'*Artemisia Herba Alba* est représentée dans la figure suivante (Fig 19) présentent les résultats de modélisation de l'aire de répartition. La probabilité d'occurrence spatiale est représenté par une nuance de couleur, le Bleu représente les zones qui ne conviennent pas à l'*Artemisia Herba Alba*, le rouge représente une forte probabilité de présence, bleu ciel représente une faible probabilité de présence, jaune et vert probabilité modérée.

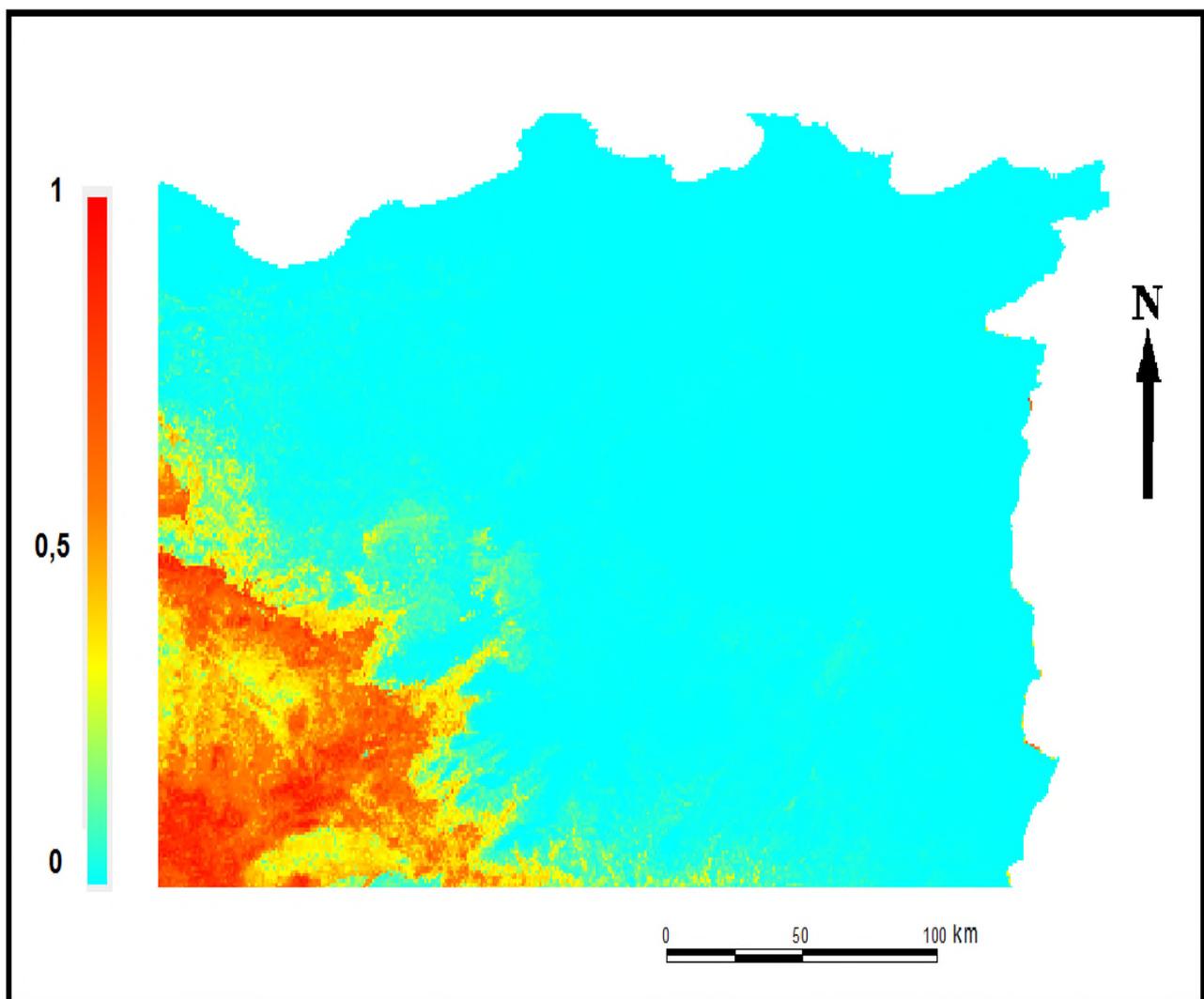


Figure 19: La Carte de la niche potentielle d'*Artemisia Herba Alba*. pour la période (1950-2000).

V. 1.3.2. Prédiction future d'*Artemisia Herba Alba*

Les résultats de prédiction de la répartition de l'espèce à l'horizon 2050 sont spatialisés et cartographiés sous forme des cartes suivante pour les quatre scénarios.

- *Artemisia Herba Alba* :

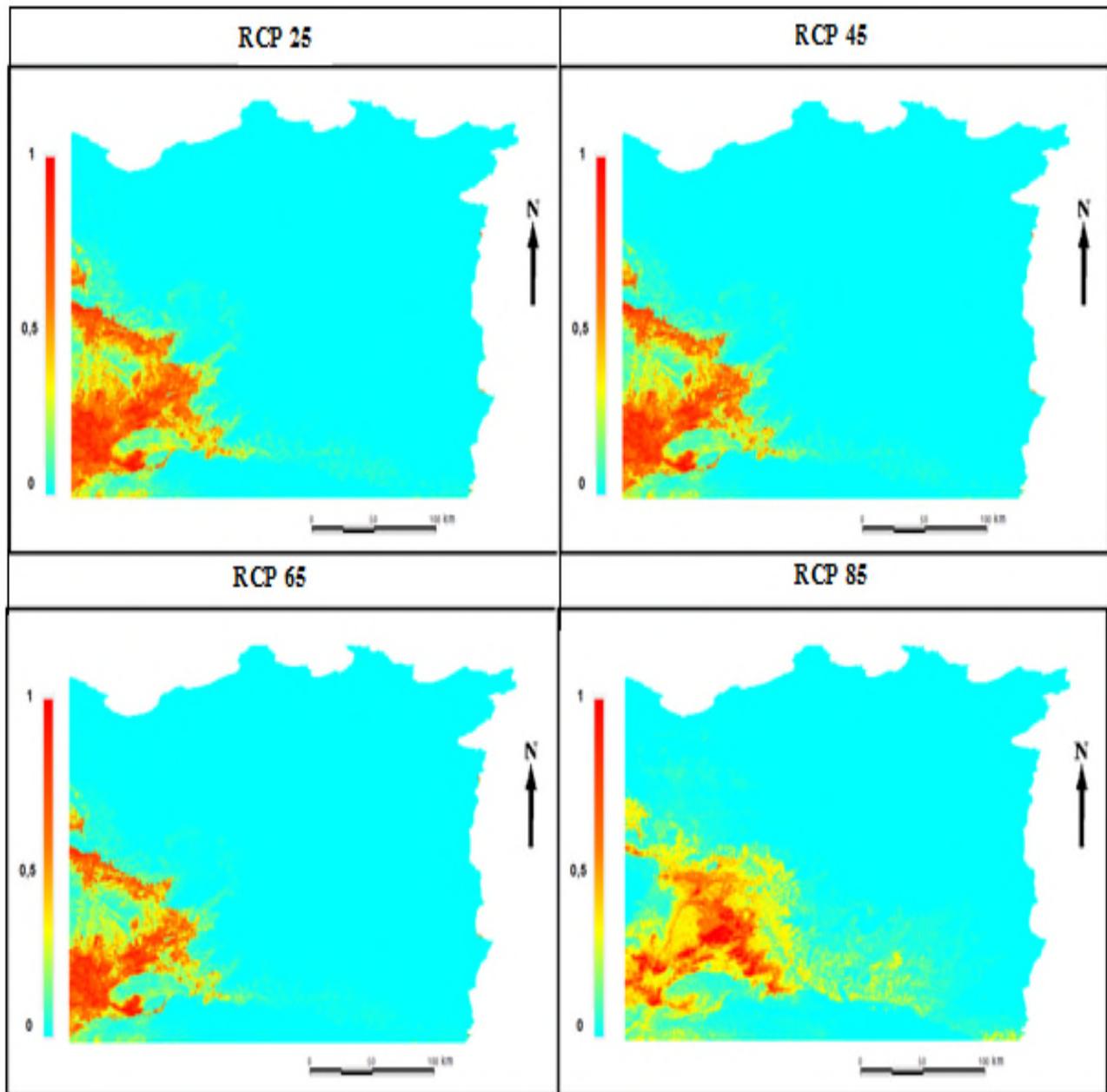


Figure 20: les cartes des quatre scénarios d'occurrence spatiale d'*Artemisia Herba Alba*. à l'horizon 2050.

V.1.3.2.2. Prédiction future pour l'année 2070 :

Les résultats de prédiction de la répartition de l'espèce à l'horizon 2070 sont spatialisés et cartographiés sous forme des cartes suivantes pour les quatre scénarios.

- *Artemisia Herba Alba. Asso* :

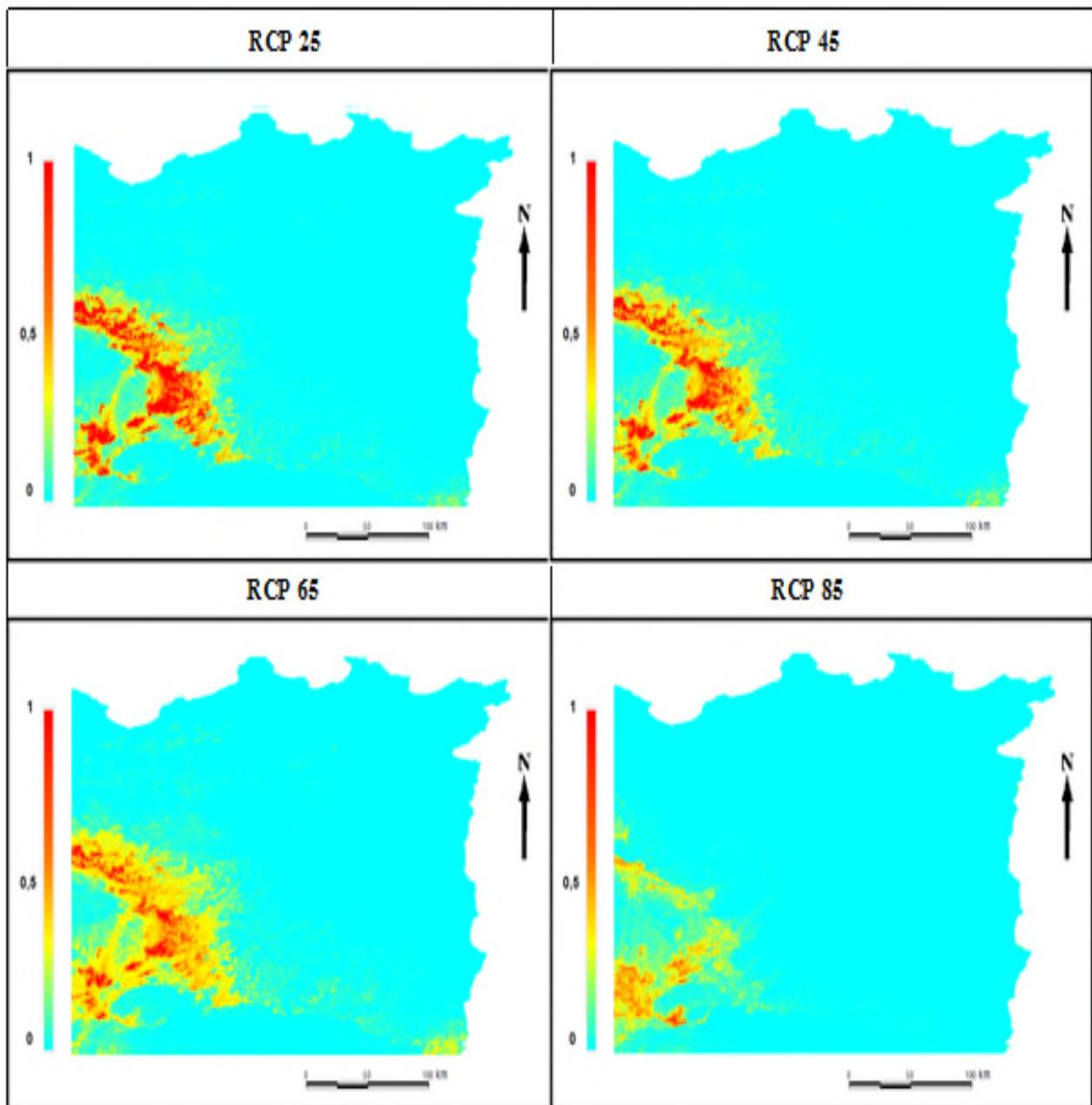


Figure 21: les cartes des quatre scénarios d'occurrence spatiale d'*Artemisia Herba Alba. Asso* à l'horizon 2070.

V. 2. Discussion

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

Le constat général sur l'évolution de l'aire de distribution favorable est un fort rétrécissement pour les projections climatiques futures. Les probabilités des zones propices au développement de l'*Artemisia herba alba* seront très affectées d'ici l'année 2070 (Fig 21).

a. Performance et fiabilité du modèle MAXENT

L'utilité d'un modèle pour l'utilisation dans le monde réel est dépendante de l'évaluation de la performance prédictive et la précision du modèle.

La courbe ROC est utilisée pour évaluer la précision de la simulation du modèle, la valeur de l'aire sous la courbe (AUC) indique la précision prédictive du modèle, la figure (Fig 17) montre les résultats d'évaluation obtenus qui confirment la haute performance du modèle avec un AUC d'ordre 0,962 pour l'espèce d'*Artemisia Herba Alba* pour les données de test par rapport à l'AUC de la prédiction au hasard qui est d'ordre de 0,5. Cela signifie que le modèle est très performant.

b. Analyse de contribution des variables environnementales

Les résultats prouvent que les variables climatiques ont plus d'influence par rapport aux variables topographiques sur la prédiction de la distribution des espèces. Parmi les variables qui ont un pouvoir prédictif élevé sont par ordre décroissant de leur contribution prédictive : Précipitation de trimestre le plus chaud (Bio18), Température minimale de Mois le plus froid (Bio6), Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100) (Bio3), et distance à la mer pour l'*Artemisia Herba Alba*.

c. La répartition spatiale actuelle d'*Artemisia Herba Alba*

D'après les résultats de la modélisation, la distribution spatiale et selon les conditions environnementaux pour la période (1950-2000) montre que, pour *Artemisia Herba Alba* les résultats révèlent une répartition probable qui se limite à chotte el Hodna et la partie Nord Ouest de chotte Melrhir.

L'Armoise blanche existe dans les bioclimats allant du semi aride jusqu'au saharien. Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans les régions d'hiver chaud à frais ce qui confirme par la forte contribution de Précipitation de trimestre le plus chaud (Bio18) et même de Température minimale de Mois le plus froid (Bio6) (**Nabli. Ma 1989**).

d. Aire de distribution spatiale future d'*Artemisia Herba Alba* et *Stipa tenacissima****Artemisia Herba Alba.***

Les résultats obtenus montrent la contribution la plus significatif des facteurs environnementaux, la Précipitation de trimestre le plus chaud (Bio18), Température minimale de Mois le plus froid (Bio6), Isothermality (Bio3) et la distance à la mer, le constat global révèle que l'aire propice va subir de fortes perturbations conduisant à un très fort rétrécissement de zone favorable au développement de l'Armoise Blanche, qui va se limiter à des agrégats en petits îlots autour du chotte el Hodna à l'horizon 2070 (Fig 21).

Conclusion

Conclusion

Le but d'estimer et d'évaluer l'évolution des aires propice des deux espèces d'ici à l'horizon 2070. Les résultats montrent que les formations steppiques dont l'*Artemisia Herba Alba* subiras des perturbations environnementales conduisant à un changement de leurs distribution spatiotemporel, d'ici à 2070.

L'utilisation combinée des SDM : modèle MAXENT à conduit à obtenir les courbes de réponse de l'espèce aux divers facteurs environnementaux. Ce modèle nous à permet de prédire l'abondance de cette espèces dans les conditions actuelles et futures et de mieux comprendre ses habitats favorables.

La mesure d'AUC montre que le modèle de la distribution de l'Armoise Blanche et de très bonne performance.

Les informations détaillées obtenues sur la distribution d'*Artemisia Herba Alba* le long des gradients environnementaux est très utile pour la gestion et la prise de décision en matière de conservation de cette espèce importante et pour la biodiversité accompagnante et l'amélioration des capacités adaptatives des populations dans le but de réduire leur vulnérabilité aux effets des changements climatiques.

Pour les recherches futures sur la gestion des ressources steppiques, nous recommandons de combiner des facteurs environnementaux avec des facteurs biotiques, des variables socio-économiques et particulièrement les interventions humaines.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

- 1-**Aidoud, 1983**. Contribution A L'étude Des Ecosystèmes Steppiques Du Sud 3^{ème} P 131.
- 2-**Aidoud, 1988**. Effets de la mise en repos sur les caractéristiques floristiques et pastorale des parcours steppiques de la région de Laghouat (Algérie).
- 3-**Aidoud A et Nedjraoui D, 1992**. The Steppes of Alfa (*Stippa Tenacissima* L) and their utilisation by sheeps. In plant animal interactions in Mediterranean type ecosystems.
- 4-**ANRH, 2003**. Etude de synthèse sur les ressources en eaux de surface de l'Algérie du Nord, Alger.
- 5-**Araujo et Guisan, 2006**. Five (Or So) Challenges for Species Distribution Modeling. *Journal of Biogeography*, 33(10):1677–1688. Cité Pages 25, 26 et 27.
- 6-**Austin M, 2002**. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological modelling*, 157(2), 101-118.

B

- 7-**Baldwin, 2009**. Use of Maximum Entropy Modeling In Wildlife Research. *Entropy*, 11(4), 854-866.
- 8-**Bensouiah R et Bedrani S, 2002**. Les causes du faible développement des Zones steppiques et la nouvelle politique agro-pastoral, Milieu rural et agriculture familiale : itinéraire méditerranéen. Ciheam-IAM. Montpellier 2002.
- 9-**Bertrand, 2012**. Réponse Spatio-temporelle De La Végétation Forestière Au Biologiques ; USTHB. Alger. Introduction+ P 81.
- 10-**Bourbouze, 1997**. L'incertitude climatique et la politique agricole: un modèle de programmation stochastique discret pour les fermes céréalières dans Algérie. P 13.
- 11-**Boutekjenet, 1987**. Contribution à l'étude chimique d'*Artemisia Herba Alba*, projet de fin d'étude en génie chimique. Ecole nationale polytechnique Alger, 1987.
- 12- **Buermann et al., 2008**. Application of Remote Sensing Data in Predictive Models Of Bulletin De La Société D'histoire Naturelle De Toulouse, 90 (3/4), 362-368. Context. *Ecology*, 76, 1371-1382.

C

- 13- **Celles, 1980**. Biologie et écologie végétales des régions arides Univ de Nice.1980, 1-20.
- 14-**Cgmw, 1990 in tabet, 2008**. Géologie de l'Algérie Contribution de SONATRACH Division Exploration, Centre de Recherche et Développement. Division Petroleum Engineering et Développement, PP 306.

15-Chaieb, Ferchichi et Ferjani, 2004. Caractérisation de la variabilité du comportement phytologique de certaines populations d'*Artemisia herba-alba* du sud tunisien.

16-Chase et Leibold, 2003. Ecological niches: linking classical and contemporary approaches.

17-Cote M, 1983. L'espace Algérien les prémices d'un aménagement. P 21.

D

18-Daget Ph et Poissonet J, 1972. Une méthode d'analyse phytoécologique des prairies, critères d'application. Ann. Agron, 22 (1): PP. 5 – 41.

19-Djebaili, 1984. Steppe Algérienne, Phytosociologie Et Ecologie O.P.U. Alger 127 P.

20- Dubief J, 1953 (in Mebarki Azzedine). Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara, GGA Direction du Service de la colonisation et de l'hydraulique, service des Etudes Scientifiques. Alger, P 457.

E

21-Eloukili, 2013. Valeur Nutritive De L'armoise Blanche (*Artemisia Herba Alba*) Comparée A L'unité Fourragère De L'orge. Thèse En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master.

F

22-FAO, 2005. Utilisation des engrais par culture en Algérie.56p.

23-Ferchichi A, 2004. Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens Zaragoza : P 239 -2 43 (Cahiers Option s Méditerranéen. 62).

24-Fordham *et al.*, 2012. Population dynamics can be more important than physiological limits for determining range shifts under climate change. *Global Change Biology* 19: 3224–3237.

25-Francis J, 2001. Dictionnaire De La Civilisation Mésopotamienne. Ed Robert Laffont ISBN2-221-09 207-4.

G

26-Gbesso *et al.*, 2013. Influence Des Changements Climatiques Sur La Distribution Géographique De *Chrysophyllum Albidum* G. Don (Sapotaceae) Au Benin. *International Journal Of Biological And Chemical Sciences*, 7(5), 2007-2018.

27-Gharabi *et al*, 2008. *Artemisia Herba Alba* Asso. A Guide To Medicinal Plants In Utilisation Of Fodder Trees And Shrubs In The Arid.

28- Goris, 1967. Manuel de botanique, édition Vigot Frères, 1967.

29-Guisan et Zimmermann, 2000. Predictive Habitat Distribution Models In Ecology. *Ecological Modelling*, 135(2), 147-186.

30-Guisan A et Thuiller W, 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8.993-1009

H

31-Hadjiat, 1997. Etat De Dégradation Des Sols En Algérie. Rapport D'expert PNAE.

32-Hijmans et al.,2005. Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces For Global Land Areas.*International Journal Of Climatology*, 25(15), 1965-1978.

33-Hutchinson, 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbour Symposia On Jørgensen And Brian D. Fath*. Oxford, Elsevier. 2: 1088-1097.

K

34-Kadi hanifi H, 1998. L'Alfa en Algérie .thèse doc. Science .USTHB. Alger.270p.

35-Kearney et al, 2004. Mapping the fundamental niche: Physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. *Ecology*, 85, 3119-3131.

36-Kearney M et Porter W, 2009. Mechanistic niche modeling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology Letters*. 12-350.

37-Kharouba et al., 2009. "Using Species Distribution Models To Effectively Conserve Biodiversity Into the Future." *Biodiversity* 9: 39-46.

L

38- Leathwick, 2009. Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology*.

39-Le Houerou H, 1985. La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation .Minéstère de l'agricultur en alger.

M

40-Malsot, 1981. Contribution A L'étude Chimique Dedeux Huiles d'Artémisia : Artémisia Herba Alba Asso Et Artémisia Vulgaris Linnaeus; Intérêt Chimiotaxonomique, *Rivista Italiana E.P.P.OS*, LXIII (6), 296-299.

41-Mate, 2003. Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, pp 465.

42-Matteucci, 2008. Proposal Open For Discussion : Defingar Ed Diagnostic Procedures In Experiment Al Diabetes Research. *J Etho Pharmacol*, 115 : 163-72.

81-Merow et al., 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36, 1058-1069.

43-Mebarki Azzedine, 2005. Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eaux, aménagement et environnement thés doc Univ Mnetouri ; pp 349.

[40] MICHEL Claud G et COLETTE M, 2004, taraitemnt des données de télédétection. DUNOD ? pp 529.

44-Ministère de l'Agriculture, 1999. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Cellule de prospective et stratégie. P 52-56.

45-Ministère De L'environnement, 1999. Rapport Sur L'état De L'environnement 2000 ; L'écosystème Steppique.

46-Mouhous A, 2005. Les causes de la dégradation des parcours steppique P.13.

N

47-Nabli M, 1989. Essai De Synthèse Sur La Végétation Et La Phyto-Ecologie tunisiennes. Tome 1. Ed MAB (faculté des sciences de Tunis) : 186-188 p.

48-Nakao K et al., 2010. Assessing The Impact Of Land Use And Climate Change On The Evergreen Broadleaved Species Of *Quercus Acuta* In Japan. *Plant Ecol*, 212, 229-243.

49-Nedjraoui D, 2000. Profil fourrager « Algérie » Rapport .35p.

<http://vwww.fao.org/Ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm>.

50-Nedjraoui D, 2001. Profil fourrager; URBT BP 295 Alger Gare, Alger 16000, Algérie.

O

51- Ozenda P, 1985. Flore Du Sahara, 2ème Ed CNRS, (France), 441pp

P

52-Pearson Et Dawson, 2003. Predicting The Impacts Of Climate Change On The Distribution Of Species : Are Bioclimate Envelope Models Useful ? *Global Ecology And Biogeography*, 12(5):361–371. Cité Page 26. PEARSON, R. G. Et DAWSON, T. P. (2004).

53-Phillips et al., 2006. Maximum Entropy Modeling Of Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231-259.

54-Polechová And Storch, 2008. Ecological Niche In Encyclopedia Of Ecology. S. E.

55-Pottier, 1981. *Artémisia herba alba* Flore de Tunisie: angiospermesdicotylédones Gamopétales , 1012p.

56-Pouget, 1989 : Les relations sol-végétation dans les steppes. Trav. Doct. De orstom, 19890, 556p.

57-Pourrat, 1974. Propriétés éco-physiologiques associées à l'adaptation d'*artémisia herba alba*, plante d'intérêt pastoral au milieu désertique, thèse du 3ème cycle à l'université de Paris, 1974.

58-Proksch, 1992). Toxicité fumigante de l'huile essentielle d'*Artemisia sieberi* Besser contre les trois principaux insectes stockés. P 123–128

59-Pulliam H, 2000. « On The Relationship Between Niche And Distribution », *Ecology Letters*, Vol. 3, P. 349.

Q

60-Quenzel et Santa, 1963. Nouvelles flores d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. CNRS Paris 1963, 1170p.

S

61-Segal, 1987. chemotypes of *artemisia herba albain* Israel based on their sesquiterpene lactone and essential oil constitution, *Biochemical systematics and Ecology*, 15,(4), 411-416, 1987.

62-Soberón J et Peterson A, 2005. Interpretation Of Models Of Fundamental Ecological Niches And Species' Distributional Areas. *Biodiversity Journal*, 2, 1-10.

63-Swets, 1988. Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. *Science*, 240-1293. *Systematic and Ecology*, 15, (4), 411-416.

T

64-Tabet S, 2008. Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière. Mémoire de Magistère. Université Mentouri de Constantine. 131 p.

65-Thruiller et al., 2004. Do We Need Land-Cover Data To Model Species Distributions In Europe? *Journal Of Biogeography*, 31, 353-361.

66-Toutain, 2007. Suivi des activités en matière de pastoralisme et de transhumance dans la zone d'influence du parc régional du W du Niger. Programme régional parc W/ ECOPAS.

67- Tristan C, 2012. Structure des assemblages fongiques de la phyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel du phyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel du changement climatique. Thèse de doctorat: Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Bordeaux : université Bordeaux, pp1-30.

V

68-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 Evolutive, Fonctionnelle Et Des Communautés : Université Bordeaux 180p.

Z

69-Zimmerman, 2000. Attaining self-regulation: A social-cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13-39). San Diego, CA: Academic Press.

www.gbif.org.

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

Résumé

La présente d'étude a pour but d'évaluer l'influence des changements climatiques sur la répartition spatio-temporaire d'*Artemisia Herba Alba*. Les prédictions en été effectuées par la méthode de maximum d'entropie qui a permis d'obtenir une modélisation de la niche écologique des deux espèces à été réalisée à partir des variables environnementales et les données d'occurrences spatiales de l'espèce. Simulation futur de cette dernière les données climatiques future ont été utilisées les deux horizons 2050, 2070 (modèle HADGEM-ES).

Les résultats obtenus montrent que le modèle MAXENT est performant et fait mieux qu'aléatoire en mesurant la valeur de l'AUC qui est d'ordre 0,962 Pour l'*Artemisia Herba Alba*. Les cartes des probabilités d'occurrences spatiales obtenues montrent une diminution alarmante des superficies de l'aire favorable des deux espèces d'ici 2070, ce qui relève que l'espèce a peu de chance de survivre face aux tels changements, ces résultats qui revendique la mise en place un plan de gestion urgente en vue de réduire la vulnérabilité de ses essences face aux changements climatiques.

Mots clés : Changements climatiques, l'*Artemisia Herba Alba*, Modélisation, Maximum Entropie, AUC, niche écologique.

Abstract:

The purpose of this study is to assess the influence of climate change on the spatial-temporal distribution of *Artemisia Herba Alba*. Summer predictions using the maximum entropy method that yielded a modeling of the ecological niche of the two species was carried out using the environmental variables and the spatial occurrence data of the species. Future simulation of the latter the future climate data were used the two horizons 2050, 2070 (model HADGEM-ES).

The results obtained show that the MAXENT model is efficient and performs better than random by measuring the value of the AUC which is of order 0.962 For *Artemisia Herba Alba*. The probability maps of spatial occurrences show an alarming decrease in the area of the favorable area of both species by 2070, indicating that the species is unlikely to survive such changes. Calls for the establishment of an urgent management plan to reduce the vulnerability of its species to climate change.

Keywords: Climate change, *Artemisia Herba Alba*, Modeling, Maximum Entropy, AUC, ecological niche.

المخلص:

- الهدف من هذه الدراسة يتمثل في تقييم تأثير تغير المناخ على التوزيع المكاني للشيح.
- التنبؤات مزجت بواسطة البرنامج MAXENT مما يسمح بالحصول على خريطة العشب المناخي الحالي الممكن وخرائط المتغيرات البيئية لكل من آفاق عام 2050 و 2070 (موديل HADGEM.ES).
- النتائج المحصل عليها تظهر أن البرنامج MAXENT ذو كفاءة عالية وأفضل من القياس العشوائي قيمته AUC هي 0.962 بالنسبة للشيح.

- خرائط الاحتمالات المكانية تبين نقصان مرعب لمساحات المناطق الملائمة للنوعية بحلول عام 2070 وهذا يشير إلى أن الأنواع لديها فرصة ضئيلة للبقاء على قيد الحياة في مثل هذه التغيرات.
- هذه النتائج تهدف للمطالبة بإنشاء خطة الطوارئ للحد من ضعف الأنواع في ظل تغير المناخ.

الكلمات المفتاحية:

- تغير المناخ - الشيح - النمذجة - MAXENT - AUC - المكانة الإيكولوجية.