



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة
Université Ziane Achour – Djelfa
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie végétale et environnement

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème

**Impact des changements climatiques sur la biodiversité et
L'environnement dans les milieux ouverts cas des steppes de
Djelfa**

Présenté par : Mechelfekh Loubna

Devant le jury :

Président :	M. Boubakeur G	MCA	Université de Djelfa
Directeur :	M. Azzouz M	MAA	Université de Djelfa
Examinatrice :	M ^{me} Daoud N	MAA	Université de Djelfa

Année Universitaire 2022/2023

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant, pour nous avoir donné la santé, la patience, la volonté et le courage.

*Je voudrais remercier **Mr AZZOUZ Mohamed** pour son encadrement tout au long de mon mémoire et pour ses importantes remarques, ses orientations et ses conseils.*

Je tiens à remercier les membres du jury :

Mr. BOUBAKEUR Guesmi, et Mme. DAOUD Nassera, d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Votre présence parmi le jury de Mémoire représente un véritable honneur,

Je voudrais remercier tous les enseignants du département Biologique et Agronomique.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail tout d'abord à mes très
Chers parents qui
N'ont jamais cessé de sacrifier pour
Mon bien, pour
Mon bonheur et pour Trouver le chemin de ma vie, que le bon dieu les garde
pour moi.*

À Mes sœurs et mon frère et ma cousine.

À mes chers amis et collègues.

À mes chers professeurs qui m'ont toujours soutenue.

*À tous mes frères et sœurs les étudiants de notre faculté avec lesquels je
partage les plus beaux souvenirs.*

Mechelfekh loubna.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Pages

Introduction 1

Partie 1 : Etude bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le climat et les phénomènes météorologiques

1. Climat.....	3
1.1. Éléments du climat	3
1.1.1. Température de l'air	3
1.1.2. Précipitations.....	4
1.1.3. Pression atmosphérique.....	5
1.1.4. Vents.....	5
1.1.5. Humidité	6
2. Changements Climatiques	6
2.1. Changements climatiques observées	6
2.2. Changements climatiques passés	6
2.2.1. Le mouvement de la Terre par rapport au soleil.....	7
2.2.2. La composition de l'atmosphère.....	7
2.2.3. L'intensité de l'activité solaire	7
2.2.4. La position des continents.....	8
2.3. Les changements climatiques actuels.....	8
3. L'effet de serre.....	8
3.1. Bilan énergétique de la Terre et effet de serre.....	10
3.2. Effet de serre naturel.....	12
3.2.1. Rayonnement solaire.....	12
3.2.2. Volcans.....	12
3.2.3. Vapeur d'eau.....	13
3.2.4. Ozone.....	13
3.3. Effet de serre forcé ou anthropique.....	14
3.4. Sources des gaz à effet de serre.....	14
3.4.1. Combustion de combustibles fossiles.....	14
3.4.2. Agriculture.....	15
3.4.3. Industrie.....	15
3.4.4. Transport.....	15
3.4.5. La déforestation et la dégradation des terres.....	15
3.4.6. Les déchets.....	15
4. Réchauffement climatique.....	16

5. Impacts observés sur la biosphère.....	16
5.1. Au niveau global.....	17
6. Effets sur les milieux naturels.....	18
6.1. Perte de biodiversité.....	18
6.2. Dégradation des écosystèmes marins.....	19
6.3. Perturbation des cycles hydrologiques.....	19
6.4. Modifications des écosystèmes terrestres.....	19

Chapitre 2 : Général sur la biodiversité et effets des changements climatiques

1. Généralités sur la biodiversité	20
1.1. Concept de biodiversité.....	20
1.2. Définition de la biodiversité.....	21
1.3. Climat et biodiversité sont interdépendants.....	21
1.4. Rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes.....	22
2. Effets des changements climatiques sur la biodiversité végétale.....	23
2.1. Déplacements d'aires de répartition.....	23
2.2. Changements dans la phénologie.....	23
2.3. Perturbations dans les écosystèmes.....	23
2.4. Perte de biodiversité.....	23

Partie 2 : Etude expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Généralités sur la steppe.....	24
1.1. Situation géographique de la steppe algérienne.....	24
1.1.1 La steppe algérienne.....	24
1.1.2 Délimitation géographique de la steppe algérienne.....	26
1.2 La végétation des zones steppiques.....	28
1.2.1 Les steppes à alfa.....	28
1.2.2 Les steppes à armoise.....	28
1.2.3 Les steppes à sparte.....	29
1.2.4 Les steppes à psamophytes.....	29
1.2.5 Les steppes à halophytes.....	29
1.2.6 Les steppes à remt.....	30
2. La dégradation de la steppe algérienne.....	32
2.1 Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques (causes et conséquences).....	32
2.2.1 Les facteurs naturels.....	32
2.2.2 Facteurs anthropiques.....	34
3. Présentation de la zone d'étude.....	36
3.1 Domaine forestier.....	36
3.2 Effet et procédé des gaz à effet de serre sur les écosystèmes naturels.....	39
3.2.1 Effet de l'agriculture et la foresterie.....	39
3.3 Les risques jugés pertinents pour les écosystèmes forestiers de la Wilaya de Djelfa...39	
3.4 Les écosystèmes forestiers assurent l'adaptation des changements climatiques.41	
3.5 Les déterminants de l'adaptation.....	42

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. Climat de la wilaya de Djelfa – zone d'étude.....	43
1.1 L'aridité.....	44
1.2 La pluviosité.....	45
1.3 La Température.....	46
2. La gelée.....	47
3. Humidité.....	48
4. Vitesses des vents.....	48
5. Quantités des pluies tombées.....	49
6. Classes des terres.....	49
Conclusion	51
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

% : Pourcent.

°C : Degré Celsius

CPDN : La Contribution Prévues Déterminées au niveau National

PNA : Plan National d'Adaptation

PNC : Plan National Climat

GIEC : Groupe International d'Experts sur le Climat

I.P.C.C.: Intergovernmental Panel on Climate Change

O.N.M : Office national météorologique

O.M.M : Office mondial météorologique

CFCs : Chlorofluorocarbons

GES : Gaz à Effet de Serre

IRT : L'infrarouge thermique

UV : Le rayonnement ultraviolet

FR : Forçage radiative

FRE : Forçage radiatif effectif

L'UCIN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UTCF : Utilisation des terres, leurs changements et la forêt

ARV : Analyse Risques et Vulnérabilités

PFNL : Produit forestière non-ligneux

Liste des tableaux

Tableau01 : Valeurs moyenne mondiale FR et FRE en 2011 pour l'ère industrielle.....14

Tableau 02 : Classes des terres selon leurs étages bioclimatiques.....49

Liste des figures

Figure 01 : Carte simplifiée des climats mondiaux	5
Figure 02 : Evolution périodiques des taches solaires	7
Figure03 : Schéma de l'effet de serre	10
Figure04 : l'importance des gaz à effet de serre dans le bilan énergétique du système terrestre.....	11
Figure05 : graphe des différentes sources des gaz à effet de serre	15
Figure06 : Relations entre changement climatique, biodiversité et bonne qualité de vie.....	22
Figure07 : les steppes arides Nord africaines avec leurs variantes du désertiques au subhumide et océanique représentées par les hachures différentes.	25
Figure08 : limites de la steppe algérienne	27
Figure 09 : Couvert végétal algérien.	28
Figure 10 : Carte détaillée des groupements végétaux dans la région de Djelfa	31
Figure 11 : Dégradation des steppes à alfa	32
Figure 12 : Effet de l'érosion éolienne et hydrique sur les sols steppiques.	33
Figure13 : Carte d'occupation du sol du massif forestier de la wilaya de Djelfa	37
Figure14 : Carte du patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa	38
Figure 15 : Chaîne de risques des écosystèmes forestiers de la Wilaya de Djelfa (Barrage Vert et forêt de Sénalba) face au changement climatique	40
Figure 16 : Les écosystèmes forestiers : une solution pour réduire les vulnérabilités sociales, économiques et environnementales.	41
Figure 17 : Les déterminants de l'adaptation des forêts au Changement climatique.....	42
Figure 18 : L'aridité de la wilaya de Djelfa selon l'indice de Martonne.....	44
Figure 19 : carte pluviométrique de la wilaya de Djelfa.....	45
Figure 20 : Carte de la température moyenne de la wilaya de Djelfa.....	46
Figure 21 : Valeurs moyennes des nombres de jours, 2018 de gelée dans la wilaya de Djelfa.....	47
Figure 22 : Moyennes des valeurs d'Humidité de la wilaya de Djelfa.....	48
Figure23 : Moyennes des valeurs des vitesses des vents de la wilaya de Djelfa Période.....	48
Figure 24 : Quantités des pluies tombées dans la wilaya de Djelfa durant la période.....	49
Figure25 : Classes des terres selon leurs étages bioclimatiques 2001-2010.....	50
Figure26 : Classes des terres selon leurs étages bioclimatiques 2011-2020.....	50

Introduction

Introduction

Les effets attendus du changement climatique constituent un défi important à surmonter pour le développement du pays. Planifier l'adaptation et l'atténuation aux changements climatiques en Algérie, en menant des actions prioritaires, est donc une nécessité pour réduire les Gaz à effets de serre et assurer la continuité d'un développement socio-économique qui soit durable et qui renforce la résilience des populations et des écosystèmes les plus vulnérables. **(Projet Renforcement de la gouvernance climatique au service de la CPDN-ClimGov-, avril 2022).**

L'Algérie est donc fortement impactée par les changements climatiques. Ceci a des conséquences sur son développement économique et social. Aussi, la Contribution Prévues Déterminées au niveau National (CPDN) du pays, datée de 2015, évoque la nécessité d'élaborer un Plan National d'Adaptation (PNA) « en vue de promouvoir une société et une économie plus résilientes aux effets des changements climatiques. La priorité est donnée à la protection des populations, à la préservation des ressources naturelles et des infrastructures de base contre les risques des phénomènes extrêmes » La CPDN mentionne aussi que ce PNA aura notamment pour objectif « d'intégrer les effets des changements climatiques dans les stratégies sectorielles, en particulier, l'agriculture, l'hydraulique, la santé humaine et les transports ». Ceci est également inscrit dans le Plan National Climat (PNC) du pays, validé par le Conseil de gouvernement en date du 21 septembre 2019.

« La Wilaya de Djelfa est l'une des wilayas pilotes du projet « ClimGov », au même titre que les wilayas de Guelma et Tamanrasset. La Direction Général des Forêts l'a choisi pour y opérationnaliser le concept de suivi des résultats des actions d'adaptation au niveau des écosystèmes forestiers (forêt de Sénalba/Programme Barrage Vert). A cet effet, il était nécessaire d'initier une prise de contact et la concertation avec les acteurs locaux des secteurs des forêts, de l'agriculture et de l'environnement à Djelfa, en vue de les sensibiliser et de faciliter l'appropriation des activités prévues de la composante. » **(Projet Renforcement de la gouvernance climatique au service de la CPDN-ClimGov-, avril 2022).**

La Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) préconise deux réponses principales au changement climatique, l'atténuation cherchant à combattre ses causes et l'adaptation visant à réduire les impacts (Nations Unies 1992). L'adaptation se définit comme un ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, qui en limite les dommages ou en exploite les opportunités bénéfiques (GIEC 2014). Autrement dit, il s'agit d'un processus transversal qui exige des réponses ciblées dans certains domaines clés, tels que l'agriculture et les forêts, ainsi qu'une planification intégrée et un financement à court et long terme à la fois pour les investissements urgents et stratégiques. Pour le secteur des forêts, les stratégies d'atténuation sous-entendent, entre autres, la réduction des émissions résultant de la déforestation ; la réduction des émissions

issues de la dégradation des forêts ; le renforcement du rôle des forêts comme puits de carbone ; et la substitution des produits forestiers. Tandis que l'adaptation se rapporte aux interventions visant à réduire la vulnérabilité au changement climatique des forêts et des populations qui en dépendent (FAO 2013). L'encadré ci-après donne un aperçu sur les principaux éléments du cadre politique régissant la question d'adaptation au changement climatique à l'échelle internationale. **(Ateliers de renforcement des capacités destinés aux acteurs locaux du secteur des forêts portant sur le suivi de l'adaptation au changement climatique, mars 2022).**

Objectifs et démarche du suivi de l'adaptation au niveau des écosystèmes forestiers

L'adaptation au changement climatique comporte des défis particuliers en termes de suivi, et notamment de l'analyse du degré de réduction des risques face au changement climatique.

Le changement climatique annoncé aura des impacts sur l'état et la dynamique des forêts qui risqueraient de compromettre l'atteinte des objectifs actuellement fixés dans les documents de référence. Les conséquences liées au changement climatique pourraient également affecter la capacité des gestionnaires forestiers à intervenir en absence d'une connaissance suffisante de la nature et de l'ampleur de ces répercussions. Il est donc essentiel d'évaluer la capacité d'adaptation du système étudié face aux menaces climatiques actuelles et futures. Sur la base des nouvelles connaissances sur le changement climatique et ses répercussions sur les écosystèmes forestiers algériens. (Projet Renforcement de la gouvernance climatique au service de la CPDN-ClimGov-, avril 2022)

1. Climat

Le mot climat apparaît en français au 12^{ème} siècle et dérive du mot grec "klima". Signifie "inclinaison" par rapport à l'inclinaison de l'axe de la Terre provoquant un changement climatique avec la latitude. **(Pailleux, 2012, Vandenplas, 1995).**

Au sens strict, climat signifie « temps moyen » en général, et désigne plus précisément une description statistique basée sur les valeurs moyennes et la variabilité des grandeurs pertinentes sur des périodes allant de quelques mois à des milliers, voire des millions d'années (une celle définie par l'Organisation mondiale de la météorologie est de 30 ans). Ces quantités sont principalement des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Dans un sens plus large, le climat décrit l'état du système climatique, y compris sa description statistique. Plusieurs chapitres de ce rapport utilisent également des périodes standards de différentes longueurs, par ex. B. Périodes de 20 ans. **(G.I.E.C, 2007).**

1.1. Éléments du climat

1.1.1. Température de l'air

Physiquement, la température est un gradient qui mesure ou quantifie la chaleur, qui est en fait une forme d'énergie que le corps gagne ou perd.

En météorologie, l'air est le corps dont on veut mesurer la température. Les variations de cette température affectent d'autres éléments du climat, qui sont eux-mêmes des propriétés de l'atmosphère. (Humidité, pression, nuages ...etc.) **(ONM, 2013)**

La température de l'air usuelle est la température de l'air mesurée à l'ombre, dans un abri météorologique, à une hauteur de 1,50m. Le choix de ce niveau d'hauteur revient au fait que l'air s'échauffe en contact direct avec le sol. Ainsi, la température de l'air est maximale près du sol : elle s'affaiblie en altitude avec gradient fort près du sol, ce gradient devient nul près de 1,50 m.

Remarque:

- si la mesure de température est faite au soleil, il y a un risque de mesurer la température du matériau du thermomètre
- la température minimale se produit autour du lever du soleil (ou une demi-heure après le lever du soleil).
- la température maximale se produit deux heures dans l'après-midi de la journée.
- la température de l'air sous abri ne correspond pas étroitement aux sensations de chaleur (ou température, mais aussi à l'humidité, vent, froid) par les êtres vivants (l'homme par exemple). Cette sensation est, certes, liée à la
- l'amplitude thermique annuelle augmente en fonction de la latitude.
- Dans les premières couches d'air au-dessus du sol, la température du sol est supérieure à celle de l'air pendant le jour et inférieure pendant la nuit.

1.1.2. Précipitations

La précipitation est un phénomène naturel par lequel l'eau contenue dans l'atmosphère, sous forme de vapeur d'eau, se condense et tombe au sol sous forme de gouttes de pluie, de grêle, de neige ou de glace. La précipitation est l'une des principales sources d'eau douce sur Terre et est essentielle pour la croissance des plantes et pour maintenir les écosystèmes terrestres.

Avec la température, les précipitations sont l'élément le plus important qui détermine le climat d'un lieu donné. Ils ont un impact énorme sur la vie humaine et la végétation, ainsi que sur les animaux.

Selon certains auteurs, précisément avec le cumul annuel des précipitations, formes de pluie et de neige...

Types de climats

On peut classer les climats en:

- climat désertique : < 120 mm
- climat aride: entre 120 mm -250 mm
- climat semi-aride: 250 mm -500 mm
- climat modérément humide : 500 mm - 1000 mm
- climat humide: 1000 mm -2000 mm
- climat excessivement humide: > 2000 mm (**Ghazel.Z et Radouane.Y 2012**)

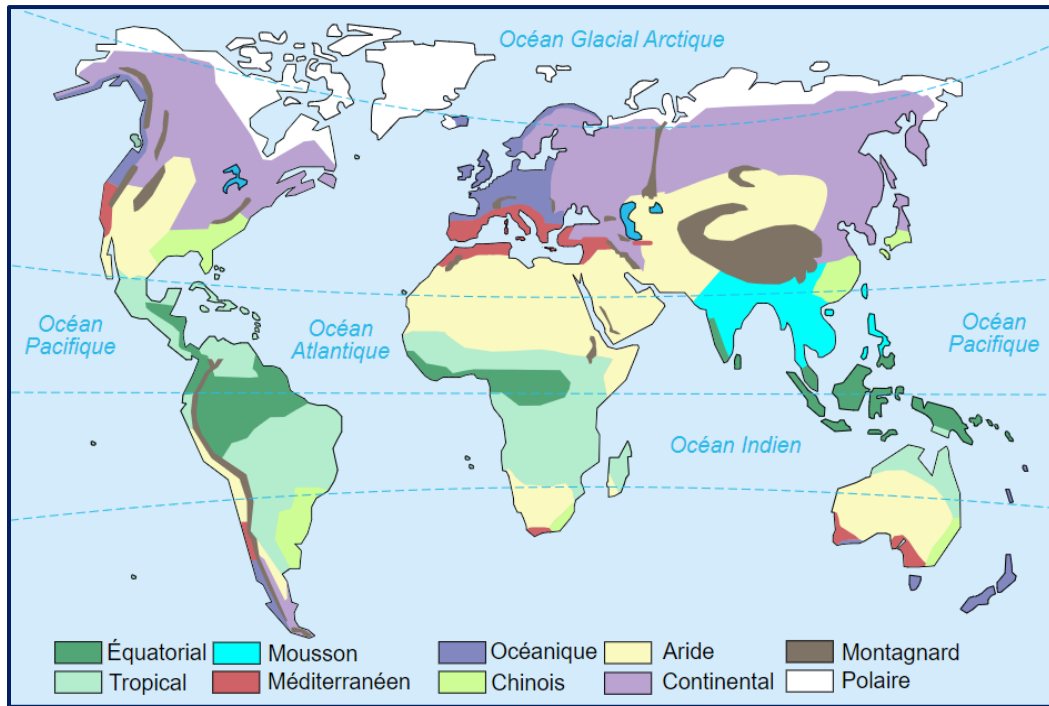


Figure 01 : Carte simplifiée des climats mondiaux (ANAT, 2004)

1.1.3. Pression atmosphérique

La pression atmosphérique est la force exercée par l'atmosphère sur une unité de surface. Elle est généralement mesurée en hectopascals (hPa). La pression atmosphérique varie en fonction de l'altitude et des conditions météorologiques. Les changements de pression atmosphérique sont liés aux systèmes météorologiques, tels que les zones de haute et de basse pression, qui influencent les conditions climatiques.

1.1.4. Vents

Les vents sont le mouvement de l'air à grande échelle. Ils sont causés par les différences de pression atmosphérique et sont influencés par des facteurs tels que la rotation de la Terre, les différences de température et la topographie. Les vents jouent un rôle crucial dans la redistribution de la chaleur à travers la planète et influencent les modèles climatiques régionaux.

1.1.5. Humidité

L'humidité fait référence à la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Elle peut être mesurée en termes d'humidité relative, qui indique la quantité de vapeur d'eau

Présente par rapport à la quantité maximale que l'air peut contenir à une température donnée. L'humidité a une incidence sur la formation des nuages, les précipitations et la perception de la température.

2. Changements Climatiques

Il s'agit de variations de l'état du climat, qui peuvent être détectées (par exemple par des tests statistiques) par des changements dans la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés et persister sur une longue période de temps, souvent des décennies ou plus. Le changement climatique peut être causé par des processus internes naturels, des influences externes ou des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des sols. **(I.P.C.C, 2007).**

2.1. Changements climatiques observées

Onze des douze dernières années (1995-2006) sont parmi les douze plus chaudes depuis 1850, lorsque des enregistrements spécifiques des températures de surface mondiales ont commencé. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, mais plus particulièrement dans les hautes latitudes de l'hémisphère nord. De plus, les terres émergentes se réchauffent plus vite que les océans. Les observations des continents et de la plupart des océans montrent qu'une multitude de systèmes naturels sont affectés par le changement climatique régional, en particulier la hausse des températures. **(G.I.E.C, 2007).**

2.2. Les Changements climatiques passés

L'histoire de la terre est une succession de changements climatiques. En effet, le climat varie en général peu dans une région donnée sur 100 ans, mais il peut varier considérablement à une échelle de temps géologique (centaines de milliers ou millions d'années). La paléoclimatologie est la science qui reconstitue le climat des époques passées, grâce à des indices trouvés dans des sédiments ou dans les glaces. On sait aujourd'hui que les températures moyennes sur terre ont déjà été beaucoup plus froides ou beaucoup plus chaudes qu'aujourd'hui, et que la terre a subit, à l'échelle des ères géologique des cycles alternés de glaciation et de déglaciation **(Fall et Nasir, 2011)** qui sont, généralement, connus par le rythme d'âge de glace **(Nicholas, 2000).**

Grâce à ces études, les scientifiques ont pu déterminer les facteurs principaux qui influencent le climat de la terre à l'échelle des temps géologiques :

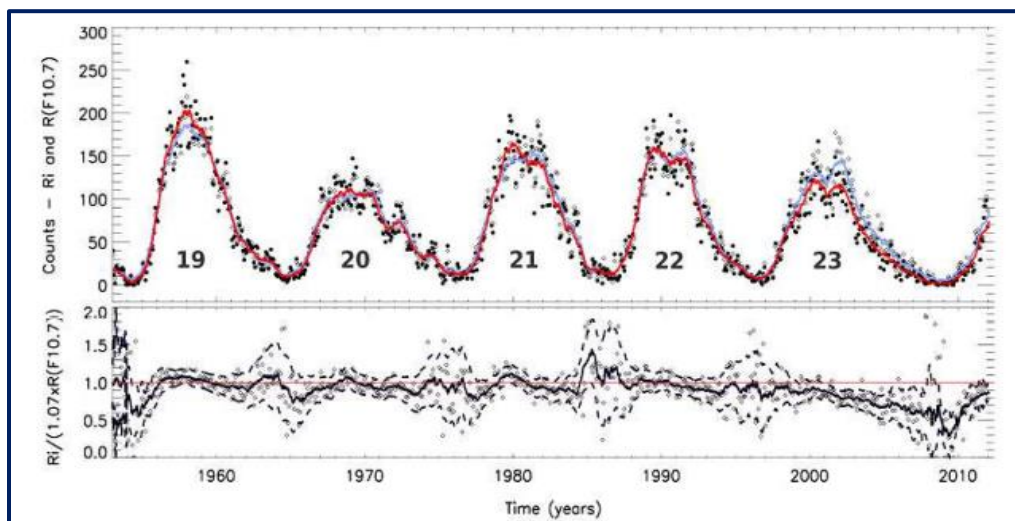
2.2.1 Le mouvement de la Terre par rapport au soleil (cycles de Mylankovitch): Ce mouvement varie très lentement sur des centaines de milliers d'années et influence la quantité d'énergie que la terre reçoit du soleil.

Par exemple, le parcours effectué par la terre autour du soleil peut former une ellipse plus ou moins allongée.

2.2.2 La composition de l'atmosphère : Certaines composantes de l'atmosphère, appelées "gaz à effet de serre" ont une influence directe sur le climat de la terre, car ils influencent la quantité d'énergie solaire piégée par l'atmosphère. La composition de l'atmosphère varie en fonction de nombreux paramètres (p. ex: émissions de gaz par des éruptions volcaniques, captures ou émissions de gaz par les plantes ou les océans, etc.).

2.2.3 L'intensité de l'activité solaire : Lors des périodes de forte intensité, la terre reçoit plus d'énergie, ce qui influence les températures sur terre. Cette activité solaire est dépendante des taches solaires (Sun spots) dont le nombre varie périodiquement tous les onze ans (**Theodore, 2007**) (Figure 2)

Cependant, des études récentes (**Frédéric et Laure, 2012**) ont montré que l'activité solaire tend à diminuer (Figure 2).



2.2.4 La position des continents. Les continents se déplacent lentement (mouvement des plaques tectoniques). Suivant leur position sur le globe, ils vont modifier les grands courants océaniques et influencer les courants atmosphériques, altérant ainsi le climat global de la terre.

2.3. Les changements climatiques actuels :

Plusieurs enquêtes menées auprès des grandes revues scientifiques ont confirmé que la quasi-totalité des articles qui ont trait à la science du changement climatique souscrivent au principe d'un changement climatique d'origine humaine. Cette littérature scientifique digne de foi est évaluée périodiquement par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), OMM, PNUE. Dans une étude réalisée en 2009, l'Union géophysique américaine a conclu que 82 % des 3 000 spécialistes des sciences de la Terre interrogés, dont 97,4 % sont des climatologues, sont convaincus que les activités humaines contribuent au changement climatique (OMM, 2013).

Si la terre subit des changements climatiques depuis la nuit des temps, on peut se demander avec raison pourquoi l'on fait autant de bruit autour du changement climatique actuel, aussi appelé "réchauffement climatique". En réalité, le changement climatique actuel est inquiétant, car il est très rapide, ce qui diminue la possibilité d'adaptation pour de nombreuses espèces animales et végétales qui risquent de disparaître. Mais le changement climatique actuel est surtout unique, car c'est la première fois que l'homme y joue un rôle important.

3. L'effet de serre

Les gaz à effet de serre (O_3 , CO_2 , N_2O , CH_4 , H_2O , CFCs etc.) absorbent efficacement le rayonnement infrarouge thermique émis par la surface terrestre, par l'atmosphère elle-même en raison de la présence de ces gaz, et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans toutes les directions, y compris vers la surface terrestre. En conséquence, les gaz à effet de serre emprisonnent la chaleur dans la troposphère de surface : ce phénomène est connu sous le nom d'effet de serre.

Dans la troposphère, le rayonnement infrarouge thermique est étroitement lié à la température de l'atmosphère à l'altitude à laquelle il est émis, qui diminue généralement avec l'altitude. En effet, le rayonnement infrarouge émis dans l'espace provenant d'une altitude dont la température moyenne est de $-19^{\circ}C$, est en équilibre avec le rayonnement solaire incident total, alors que la surface de la Terre se maintient à des températures beaucoup plus élevées, $+14^{\circ}C$ sur moyenne. Une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre augmente l'opacité de l'atmosphère au rayonnement infrarouge et conduit ainsi à un rayonnement efficace dans l'espace depuis des altitudes plus élevées et à des températures plus basses.

Il en résulte une force radiative entraînant un effet de serre accru; C'est ce qu'on appelle l'effet de serre renforcé (**G.I.E.C, 2007**).

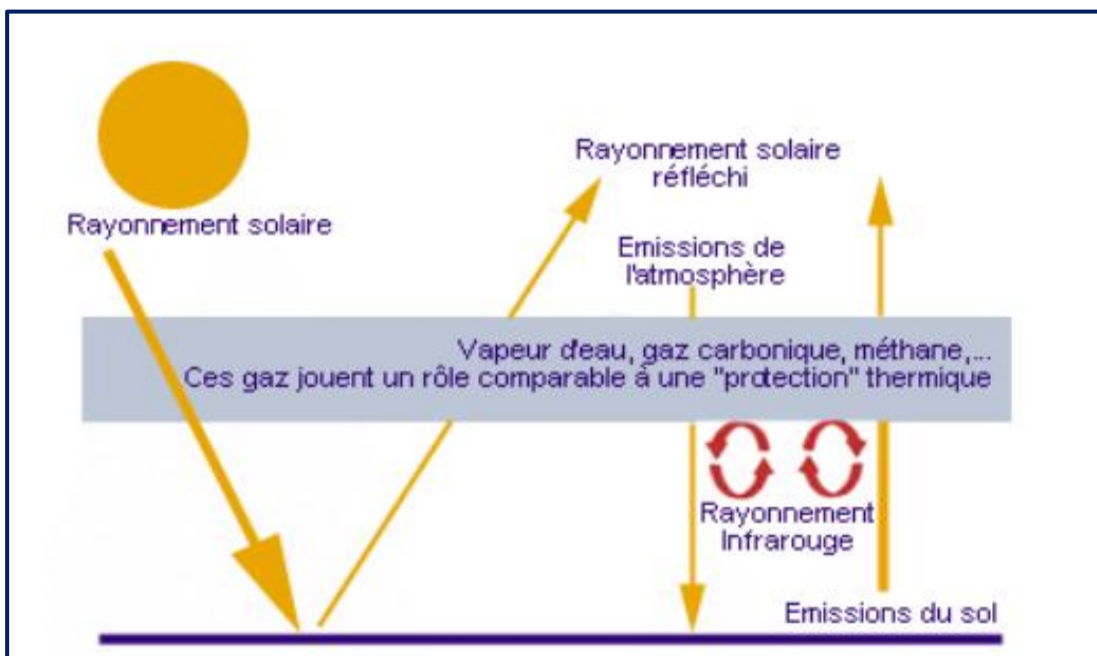
La planète est entourée d'un édredon isolant, lorsqu'elle est dotée d'une atmosphère contenant des constituants atmosphériques même éventuellement minoritaires, tels que la vapeur d'eau, le méthane, le gaz carbonique, etc.... qui absorbent et réémettent l'infrarouge thermique (IRT), et sont appelés « Gaz à Effet de Serre (GES) ». Ce nom a été choisi parce que les vitres des serres de jardinier absorbent le rayonnement infrarouge et laissent passer le rayonnement visible ; ce phénomène ne joue cependant pas un rôle essentiel dans la chaleur qui y règne.

Dans l'atmosphère, un photon infrarouge émis depuis le sol vers le haut est absorbé par une molécule qui passe alors dans un état excité. Mais, cet état est instable et en revenant sur son état fondamental, la molécule émet un nouveau photon de même fréquence (donc de même énergie) qui est émis dans une direction aléatoire.

Certains de ces nouveaux photons se dirigent vers le haut, mais d'autres retournent vers la surface du sol et de la mer qui s'en trouve réchauffée. Toutefois, au-dessus d'une certaine altitude (hauteur d'émission), lorsque la quantité de GES qui reste à traverser devient suffisamment faible pour qu'elle cesse d'absorber l'IRT, l'atmosphère envoie vers l'espace l'infrarouge thermique qu'elle émet. Lorsque la concentration en GES augmente, cette hauteur d'émission augmente elle aussi. Comme la température de l'atmosphère décroît avec l'altitude, la différence entre la température au sol et celle des couches dont s'échappe le rayonnement IRT croît avec la teneur en GES. Cette température d'émission est imposée par l'équilibre énergétique à assurer avec le rayonnement solaire absorbé ne dépend pas de la concentration en GES ; la température au sol augmente donc avec la teneur en GES de l'atmosphère.

En moyenne annuelle, la Terre reçoit du Soleil, un flux de 342 Watt/m², (dont 92 % dans la partie visible et proche infrarouge et 8 % dans l'UV). Compte tenu de l'albédo terrestre de 0,313, un (petit) tiers de ce flux incident (107 W/m²), est réfléchi par les nuages ou par la surface du globe ; il est directement renvoyé dans l'espace.

Les deux tiers restants (235 W/m²) sont absorbés par l'atmosphère (67 W/m²), par l'eau des mers et océans, et par les continents (168 W/m²). (**Michel Petit,2004**).



Source : Institut d'aéronomie spatiale de Belgique

Figure03 : Schéma de l'effet de serre

3.1. Bilan énergétique de la Terre et effet de serre

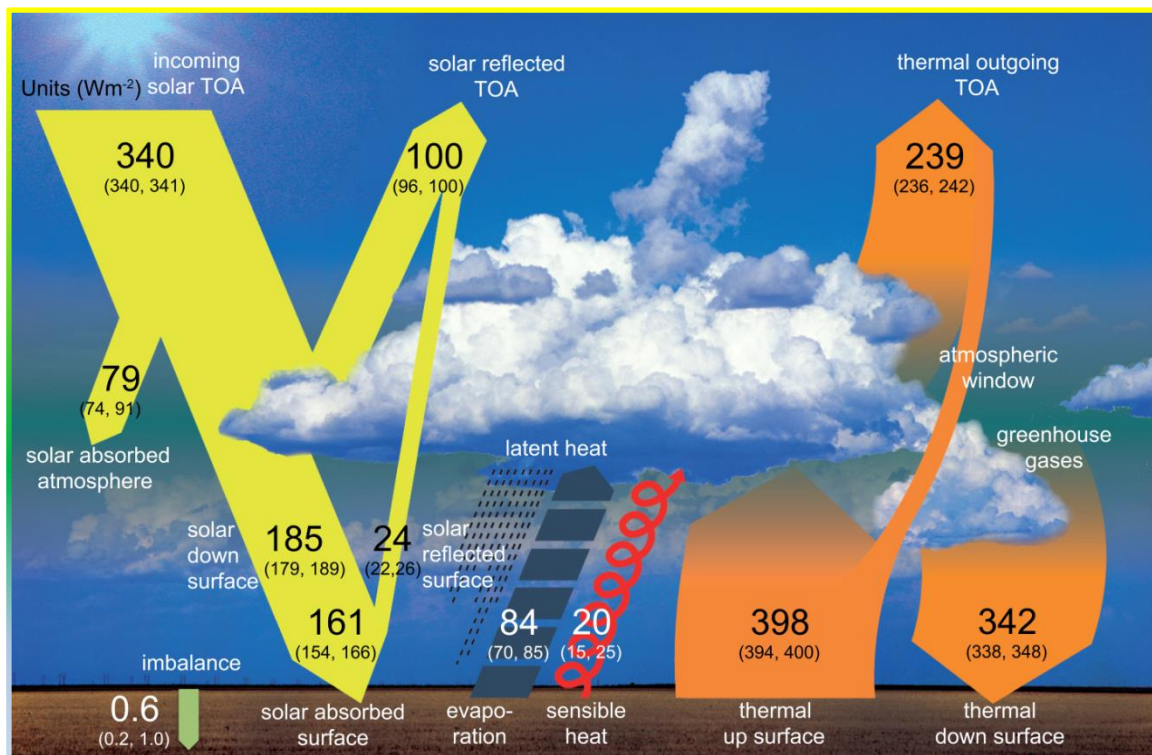
La température du système terrestre est déterminée par les quantités de rayonnement entrant (courte longueur d'onde) et sortant (à la fois courte et longue longueur d'onde). A l'ère moderne, les flux radiatifs sont bien contraints par les mesures satellitaires (Figure 4.). Environ un tiers (29,4%) de l'énergie entrante à courte longueur d'onde du soleil est réfléchi vers l'espace, et le reste est absorbé par le système terrestre. La fraction de lumière solaire diffusée vers l'espace est déterminée par la réflectivité (albédo) des nuages, des surfaces terrestres (y compris la neige et la glace), des océans et des particules dans l'atmosphère.

La quantité et l'albédo des nuages, de la couverture de neige et de la couverture de glace sont des déterminants particulièrement importants de la quantité de lumière solaire réfléchi vers l'espace, car leurs albédos sont bien supérieurs à ceux des terres et des océans.

En plus de la lumière solaire réfléchi, la Terre perd de l'énergie par le rayonnement infrarouge (longueur d'onde) de la surface et de l'atmosphère. L'absorption par les gaz à effet de

serre (GES) de l'énergie infrarouge émise par la surface entraîne un réchauffement de la surface et de l'atmosphère. (Figure 4) illustre l'importance des gaz à effet de serre dans le bilan énergétique du système terrestre. Les GES naturellement présents dans l'atmosphère terrestre, principalement la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, maintiennent la température de l'air près de la surface à environ 60 °F (33 °C) de plus qu'elle ne le serait en leur absence, en supposant que l'albédo reste constant. (Lacis, A. A., G.A. Schmidt, D. Rind, et R.A. Ruedy, 2010).

La chaleur géothermique de l'intérieur de la Terre, le chauffage direct par la production d'énergie et le chauffage par friction par les courants de marée contribuent également à la quantité d'énergie disponible pour chauffer la surface et l'atmosphère de la Terre, mais leur contribution totale est une fraction extrêmement faible (< 0,1 %) de celle due au rayonnement net solaire (ondes courtes) et infrarouge (ondes longues). (Davies and Davies 2010).



(Source : science2017.globalchange.gov)

Figure04 : l'importance des gaz à effet de serre dans le bilan énergétique du système terrestre.

3.2. Effet de serre naturel

3.2.1 Rayonnement solaire

Les changements de l'irradiance solaire ont un impact direct sur le système climatique car l'irradiante est la principale source d'énergie de la Terre. (**Lean, J, 1997**)

À l'ère industrielle, les variations les plus importantes de l'irradiance solaire totale suivent un cycle de 11 ans. (**Frohlich,C,etJ.Lean, 2004**). Des observations solaires directes sont disponibles depuis 1978, bien que des indicateurs indirects des cycles solaires soient disponibles depuis le début des années 1600. Bien que ces variations ne représentent que 0,1 % de la production solaire totale d'environ 1360 W/m², les variations relatives de l'irradiance à des longueurs d'onde spécifiques peuvent être beaucoup plus importantes (dizaines de pour cent).

Les variations spectrales de l'irradiance solaire sont les plus élevées dans le proche ultraviolet (UV) et les longueurs d'onde plus courtes, qui sont également les longueurs d'onde les plus importantes pour entraîner des changements dans l'ozone. , En affectant les concentrations d'ozone, les variations de l'irradiance solaire totale et spectrale induisent des changements perceptibles dans le chauffage atmosphérique et des changements dans la circulation.

Les relations entre les changements d'irradiance et les changements de composition, de chauffage et de dynamique atmosphériques sont telles que les changements d'irradiance solaire totale ne sont pas directement corrélés aux changements de flux radiatif qui en résultent. (**Xu,J.,et A.M,Powell,2013**)

3.2.2 Volcans

La plupart des éruptions volcaniques sont des événements mineurs dont les effets des émissions sont confinés à la troposphère et ne durent que des semaines, voire des mois. En revanche, les éruptions volcaniques explosives injectent des quantités importantes de dioxyde de soufre (SO₂) et de cendres dans la stratosphère, ce qui entraîne d'importants effets climatiques à court terme (**Myhre et al. 2013**). Le SO₂ s'oxyde pour former de l'acide sulfurique (H₂SO₄) qui se condense, formant de nouvelles particules ou ajoutant de la masse aux particules préexistantes, améliorant ainsi considérablement l'atténuation de la lumière solaire transmise à travers la stratosphère (c'est-à-dire augmentant la profondeur optique des aérosols).

3.2.3 Vapeur d'eau

La vapeur d'eau dans l'atmosphère agit comme un puissant GES naturel, augmentant considérablement la température d'équilibre de la Terre. Dans la stratosphère, les abondances de vapeur d'eau sont contrôlées par le transport depuis la troposphère et l'oxydation du méthane. Les augmentations de méthane provenant des activités anthropiques augmentent donc la vapeur d'eau stratosphérique, produisant un RF positif (**Solomon et al. 2010; Hegglin et al. 2014**).

D'autres sources anthropiques moins importantes de vapeur d'eau stratosphérique sont l'oxydation de l'hydrogène, les gaz d'échappement des avions et les éruptions volcaniques explosives.

3.2.4 Ozone

L'ozone est un GES naturel dans la troposphère et la stratosphère et est produit et détruit en réponse à une variété d'émissions anthropiques et naturelles. Les abondances d'ozone ont une grande variabilité spatiale et temporelle en raison de la nature et de la variété des processus de production, de perte et de transport contrôlant les abondances d'ozone, ce qui ajoute de la complexité aux calculs FR de l'ozone.

Dans la troposphère mondiale, les émissions de méthane, de NO_x, de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatils (COV) non méthaniques forment de l'ozone photo chimiquement à la fois près et loin sous le vent de ces émissions de sources précurseurs, entraînant des contributions FR positives régionales et mondiales (**Dentener et al. 2005**). L'ozone stratosphérique est détruit photo chimiquement dans des réactions impliquant les espèces halogénées chlore et brome. Les halogènes sont libérés dans la stratosphère à partir de la décomposition de certains halocarbures émis à la surface à la suite de processus naturels et d'activités humaines. (**WMO ,2014**).

L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, qui est le plus notable dans les régions polaires, produit un FR net négatif.

3.3. Effet de serre forcé ou anthropique

Les valeurs de meilleure estimation du GIEC des FR et FRE actuels des principaux facteurs climatiques anthropiques et naturels sont présentées dans le tableau01.

Tableau01 : Valeurs moyenne mondiale FR et FRE en 2011 pour l'ère industrielle

Terme de forçage radiatif	Forçage radiatif (W/m ²)	Forçage radiatif effectif (W/m ²) ^b
Gaz à effet de serre bien mélangés (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O et halocarbures)	+2.83 (2.54 à 3.12)	+2.83 (2.26 à 3.40)
Ozone troposphérique	+0.40 (0.20 à 0.60)	
Ozone stratosphérique	-0.05 (-0.15 à +0.05)	
Vapeur d'eau stratosphérique de CH ₄	+0.07 (+0.02 à +0.12)	
Interactions aérosol-rayonnement	-0.35 (-0.85 à +0.15)	-0.45 (-0.95 à +0.05)
Interactions aérosol-nuage	Non quantifié	-0.45 (-1.2 à 0.0)
Albédo de surface (utilisation du sol)	-0.15 (-0.25 à -0.05)	
Albédo de surface	+0.04 (+0.02 à +0.09)	
Trainées	+0.01 (+0.005 à +0.03)	
Contrails combinés et cirrus induits par les contrails	Non quantifié	+0.05 (0.02 à 0.15)
Total anthropique	Non quantifié	+2.3 (1.1 à 3.3)
Rayonnement solaire	+0.05 (0.0 à +0.10)	

b .FR est une bonne estimation de FRE pour la plupart des agents de forçage, à l'exception du noir de carbone sur la neige et la glace et des interactions aérosol-nuage.

3.4. Sources des gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre (GES) sont des gaz présents dans l'atmosphère qui contribuent au réchauffement climatique en emprisonnant la chaleur du soleil et en empêchant une partie de celle-ci de retourner dans l'espace. Les principales sources de GES sont les suivantes :

3.4.1 Combustion de combustibles fossiles : La combustion de charbon, de pétrole et de gaz naturel pour produire de l'énergie est la principale source de GES. Cette activité est responsable de 70% des émissions de dioxyde de carbone (CO₂), le principal GES, dans le monde.

- 3.4.2 Agriculture :** L'agriculture contribue aux émissions de GES par la production de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote Déforestation et changement d'affectation des terres : La destruction des forêts tropicales et la conversion des terres pour la production de cultures et de pâturages libèrent du CO_2 dans l'atmosphère. Cette activité représente environ 8 % des émissions mondiales de GES.
- 3.4.3 Industrie :** L'industrie est responsable d'environ 14 % des émissions mondiales de GES. Les principales sources sont la production de ciment, la sidérurgie, la production de papier et de plastique, et les procédés chimiques.
- 3.4.4 Transport :** les véhicules à moteur émettent des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, le méthane et le dioxyde d'azote. 4%
- 3.4.5 La déforestation et la dégradation des terres :** les activités humaines telles que l'exploitation forestière, l'agriculture et l'urbanisation détruisent les forêts et les terres, ce qui libère du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. 2%
- 3.4.6 Les déchets :** la gestion des déchets, y compris la mise en décharge et l'incinération, produit du méthane et du dioxyde de carbone.2%

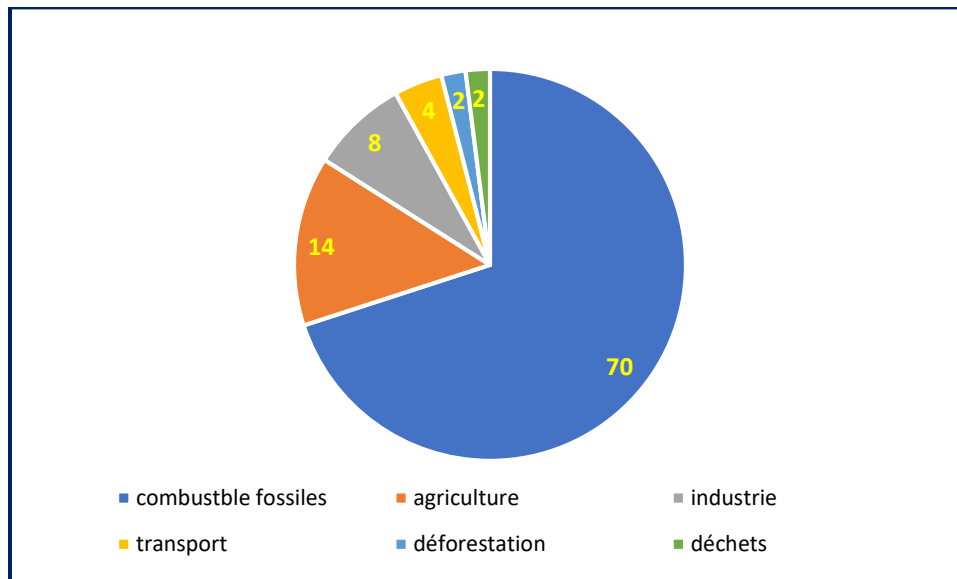


Figure05 : graphe des différentes sources des gaz à effet de serre

4. Réchauffement climatique

Le réchauffement climatique » est une expression qui fait référence à l'effet sur le climat des activités humaines, en particulier la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) et la déforestation à grande échelle, qui provoquent des émissions dans l'atmosphère de grandes quantités de « gaz à effet de serre ». Gaz », dont le plus important est le dioxyde de carbone. Ces gaz absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre et agissent comme des couvertures sur la surface en la gardant plus chaude qu'elle ne le serait autrement.

A ce réchauffement s'associent des changements climatiques. La science fondamentale de « l'effet de serre » qui conduit au réchauffement est bien comprise. Une compréhension plus détaillée repose sur des modèles numériques du climat qui intègrent les équations dynamiques et physiques de base décrivant le système climatique complet. Bon nombre des caractéristiques probables des changements climatiques qui en résultent (comme des vagues de chaleur plus fréquentes, une augmentation des précipitations, une augmentation de la fréquence et de l'intensité de nombreux événements climatiques extrêmes) peuvent être identifiées.

Des incertitudes substantielles subsistent dans la connaissance de certaines des rétroactions au sein du système climatique (qui affectent l'ampleur globale du changement) et dans une grande partie des détails du changement régional probable. En raison de ses impacts négatifs sur les communautés humaines (y compris, par exemple, l'élévation substantielle du niveau de la mer) et sur les écosystèmes, le réchauffement climatique est le problème environnemental le plus important auquel le monde est confronté. L'adaptation aux impacts inévitables et l'atténuation pour réduire leur ampleur sont toutes deux nécessaires. Des actions internationales sont menées par les communautés scientifiques et politiques du monde. En raison de la nécessité d'une action urgente, le plus grand défi consiste à passer rapidement à une efficacité énergétique nettement accrue et à des sources d'énergie non fossiles. **(John Houghton 2005).**

5. Impacts observés sur la biosphère

Les impacts observés sur la biosphère Comme le climat, et en partie à cause de lui, les écosystèmes terrestres, qu'ils soient naturels ou cultivés, conjuguent une variabilité à différentes échelles temporelles et une évolution à long terme. Celle-ci traduit un déplacement de l'équilibre correspondant à un état stationnaire sur une période donnée.

L'attribution d'un changement écologique à ce réchauffement climatique récent n'est pas une question scientifique facile. D'une part, de nombreux facteurs autres que le climat agissent sur les réponses de différents systèmes ou secteurs (en premier lieu les facteurs anthropiques allant de l'économie à l'utilisation de la surface ou la modification du type d'occupation, en passant par

les pollutions diverses dans l'atmosphère, les eaux et les sols) ; d'autre part, les impacts éventuels ne se répercutent pas forcément en réponse immédiate au forçage climatique, et un temps de latence de durée variable caractérise l'inertie de différents systèmes.

Il est donc logique que ces impacts soient seulement réellement identifiés depuis peu, avec quelques années de recul par rapport à la mise en évidence effective du réchauffement qui date seulement de la fin des années 90. Il faut aussi que des chercheurs de diverses disciplines soient stimulés afin de se mobiliser pour analyser une tendance éventuelle à travers leurs propres données, ce qui se fait progressivement actuellement.

5.1 Au niveau global

Au niveau global, les impacts observés étaient ainsi pratiquement absents des deux premiers rapports du GIEC, et sont apparus en tant qu'information significative seulement pour le 3e rapport (**GIEC, 2001**). L'analyse effectuée alors, à partir de 2500 articles publiés, portait uniquement sur les relations avec la température, en recherchant trois critères qui devaient être satisfaits simultanément : un changement observé sur au moins dix années, pouvant être corrélé de manière déterministe à un changement de température, et un changement simultané de température. Deux grandes catégories ont ainsi été mises en évidence :

– 44 études sur les plantes et les animaux, couvrant 600 espèces, dont 90 % (plus de 550) ont montré des signes de changement, et 80 % (plus de 450) allaient dans le sens attendu.

– 16 études sur les glaciers, la couverture neigeuse et la glace sur les lacs ou les

Fleuves portant sur 150 sites. Environ 100 (67 %) montraient une évolution, dont 99 dans la direction attendue.

Les travaux préparatoires à la publication du 4e rapport (**GIEC, 2007**) ont permis d'actualiser ces données globales (qui portent le nom de méta-analyses) : 13 études pour les changements dans la cryosphère, 22 pour l'hydrologie et les ressources en eau, 30 sur les processus côtiers, 37 sur les systèmes biologiques marins et d'eau douce, 156 sur les systèmes biologiques terrestres, et 32 sur l'agriculture et la forêt (soit 258 au total, à comparer aux 60 études mentionnées ci-dessus dans le 3e rapport).

En nous limitant aux écosystèmes continentaux, les effets observés peuvent être résumés ainsi :

– pour la cryosphère, une fonte accélérée, qui se traduit par un recul généralisé des glaciers, une augmentation du ruissellement et des débits dans les zones glaciaires ou nivales, ainsi que des avalanches de glaces et de rochers, le déplacement des mammifères dans l'Arctique et de la faune de l'Antarctique, la fonte du permafrost dans les hautes latitudes, le déplacement vers le haut de stations de ski, etc.

- pour l’hydrologie et les ressources en eau, l’accroissement des sécheresses en zones arides et semi-arides, les inondations et les glissements de terrain pendant la saison chaude en zones montagneuses.
- pour les eaux douces, fleuves et rivières se réchauffent, avec des conséquences bien établies sur la stratification thermique et la composition chimique, l’abondance et la productivité, la composition des communautés, la phénologie, la distribution et la migration des espèces végétales et animales.
- pour les systèmes biologiques terrestres, des réponses bien établies dans l’hémisphère Nord, avec une avancée généralisée de la phénologie au printemps, et une saison de végétation plus longue. La population de certaines espèces a diminué ou même disparu, et des mouvements vers le nord ou des altitudes plus élevées ont été observés.
- pour l’agriculture et la forêt, une avancée similaire de la phénologie en Europe et en Amérique du nord, avec une saison de végétation sans gel allongée (en partie sans doute à l’origine de l’augmentation de la productivité forestière, de l’ordre de 30 à 40%, maintenant confirmée par des observations satellitaires). En dehors de l’observation d’une avancée systématique des dates de floraison des arbres fruitiers, l’illustration la plus nette se situe en viticulture, particulièrement sensible à ce réchauffement : l’ensemble des régions viticoles de ces mêmes zones montre une avancée des stades phénologiques, qui se répercute sur les dates de vendange, ainsi qu’une augmentation de la teneur en sucre et du degré alcoolique qui conduit, pour les vingt dernières années, à des vins généralement de haute qualité. Pour la forêt, on a observé également une avancée des dates de débourrement de l’ordre de 5 à 8 jours sur l’Eurasie, une migration vers le nord de la limite entre la forêt et la toundra et une augmentation des feux de forêt au Canada, ainsi qu’une extension de certains insectes aux États-Unis.

6. Effets sur les milieux naturels

Les changements climatiques sont en train de transformer rapidement les milieux naturels de notre planète. Les impacts de ces changements sur les écosystèmes sont multiples et variés, et ils mettent en péril la biodiversité, les services écosystémiques et la stabilité de notre environnement naturel. Les activités humaines, telles que l’émission croissante de gaz à effet de serre, sont les principales causes de ces changements climatiques.

6.1 Perte de biodiversité :

Le changement climatique constitue une menace majeure pour la biodiversité. Les espèces animales et végétales subissent des perturbations dans leurs habitats naturels et leurs cycles de vie en raison des changements de température, de la modification des régimes de précipitations et des phénomènes météorologiques extrêmes. Selon une étude

publiée dans la revue Nature en 2017, le changement climatique pourrait entraîner des extinctions accélérées d'espèces animales et végétales dans le monde. **(Urban, M.C. et al. (2017)).**

6.2 Dégradation des écosystèmes marins :

La hausse des températures de la mer et l'acidification des océans ont de graves conséquences sur les écosystèmes marins. Par exemple, les récifs coralliens sont très sensibles à l'eau chauffée, qui provoque le blanchissement et la mort des coraux. Une étude de 2018 publiée dans la revue Science a révélé que plus de 90% récifs coralliens pourraient disparaître d'ici 2050 en raison du changement climatique **(Hughes, T.P. et al. (2018)).**

6.3 Perturbation des cycles hydrologiques :

Les changements climatiques modifient les régimes de précipitations et entraînent une augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements climatiques extrêmes, tels que les sécheresses et les inondations. Ces perturbations affectent les écosystèmes aquatiques, tels que les rivières, les lacs et les zones humides, ainsi que la disponibilité en eau pour les espèces terrestres.

6.4 Modifications des écosystèmes terrestres :

Les écosystèmes terrestres, tels que les forêts, les prairies et les toundras, sont également soumis à des changements majeurs. Les incendies de forêt plus fréquents et plus intenses, associés à des températures plus élevées et à une disponibilité réduite en eau, modifient la structure et la composition des écosystèmes forestiers. Une étude publiée dans la revue Nature Climate Change en 2019 a montré que les incendies de forêt ont augmenté de manière significative dans de nombreuses régions du monde au cours des dernières décennies en raison du changement climatique **(Abatzoglou, J.T. et Williams, A.P. (2016))**

1. Généralités sur la biodiversité

1.1. Concept de biodiversité

Le terme biodiversité synonyme de diversité biologique, est un néologisme apparu au sein de l'UCIN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) au début des années 1980, mais son usage ne s'est généralisé qu'après la Conférence de Rio. en 1992, qui a marqué un tournant important dans la prise de conscience de l'importance du patrimoine naturel.

Le terme biodiversité a été inventé en 1980 par **Thomas Lovejoy** (un biologiste américain spécialiste de l'Amazonie), tandis que le terme biodiversité lui-même a été introduit en 1985 par **Walter G. Rosen** (un biologiste américain) lors de la préparation du premier American Biodiversité Forum le suivant année.

Le mot « biodiversité » apparaît et a été popularisé pour la première fois en 1988 par le professeur d'entomologie Edward O. Wilson lors de la publication d'un rapport de ce forum et à travers son livre « Biodiversité » il en donne la définition suivante : « C'est la totalité de toutes les espèces de tous les êtres vivants." Le mot biodiversité s'est avéré plus efficace pour communiquer la biodiversité.

Depuis 1986, le terme et le concept ont été largement utilisés par les biologistes, les écologistes, les chefs d'entreprise et les citoyens. L'utilisation du terme coïncide avec la prise de conscience croissante de l'extinction des espèces au cours des dernières décennies du XXe siècle.

En juin 1992, le Sommet planétaire de Rio de Janeiro marque l'entrée en vigueur sur la scène internationale des préoccupations et des aspirations liées à la diversité du monde vivant. Lors de la Convention sur la diversité biologique, tenue le 5 juin 1992, « La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. »

(Article.2 de la Convention sur la diversité biologique, 1992)

1.2. Définition de la biodiversité

La biodiversité, dans sa forme la plus simple, représente la vie sur terre. **Ramade (1993)** définit la biodiversité comme la variété des espèces vivantes peuplant la biosphère. En termes simples, la biodiversité est mesurée par le nombre total d'espèces vivantes présentes dans tous les écosystèmes terrestres et aquatiques de la planète aujourd'hui.

Selon **Fontaubert et al. (1996)** définit le concept de diversité biologique comme la variabilité entre les organismes vivants de toutes origines, y compris, mais sans s'y limiter, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie.

De leur côté, **Levêque et Mounolou (2001)** définissent la biodiversité comme la nature utile, c'est-à-dire l'ensemble des espèces ou des gènes que l'homme utilise pour son propre bénéfice, qu'ils soient issus du milieu naturel ou domestique. Plus précisément, la biodiversité est la dynamique d'interaction dans des environnements changeants. Ce terme fait référence à la diversité des formes de vie, y compris les plantes, les animaux et les micro-organismes, les gènes qu'ils contiennent et les écosystèmes qu'ils créent.

En agriculture, la biodiversité a été fortement enrichie par l'homme à partir des espèces sauvages qu'il a domestiquées depuis la préhistoire. L'homme a créé des espèces végétales et reconstitué en grande partie le paysage. Il a constamment amélioré l'expression du pool génétique des plantes cultivées pour leurs diverses utilisations. Le patrimoine génétique des plantes est contenu dans les graines ou graines qu'elles portent (**GNIS, 2006**).

1.3. Climat et biodiversité sont interdépendants

L'existence même de la vie sur Terre dépend d'un climat qui a varié dans des limites relativement étroites sur des centaines de millions d'années (**Haywood et al., 2019 ; Westerhold et al., 2020**). La variabilité climatique dans le passé lointain a joué un rôle dans la formation de la biodiversité contemporaine, par le biais de redistributions, d'extinctions et d'origines d'espèces induites par le climat (**Mathes et al., 2021 ; Norberg et al., 2012 ; Theodoridis et al., 2020**). La biodiversité mondiale a augmenté au cours des temps géologiques malgré les changements climatiques.

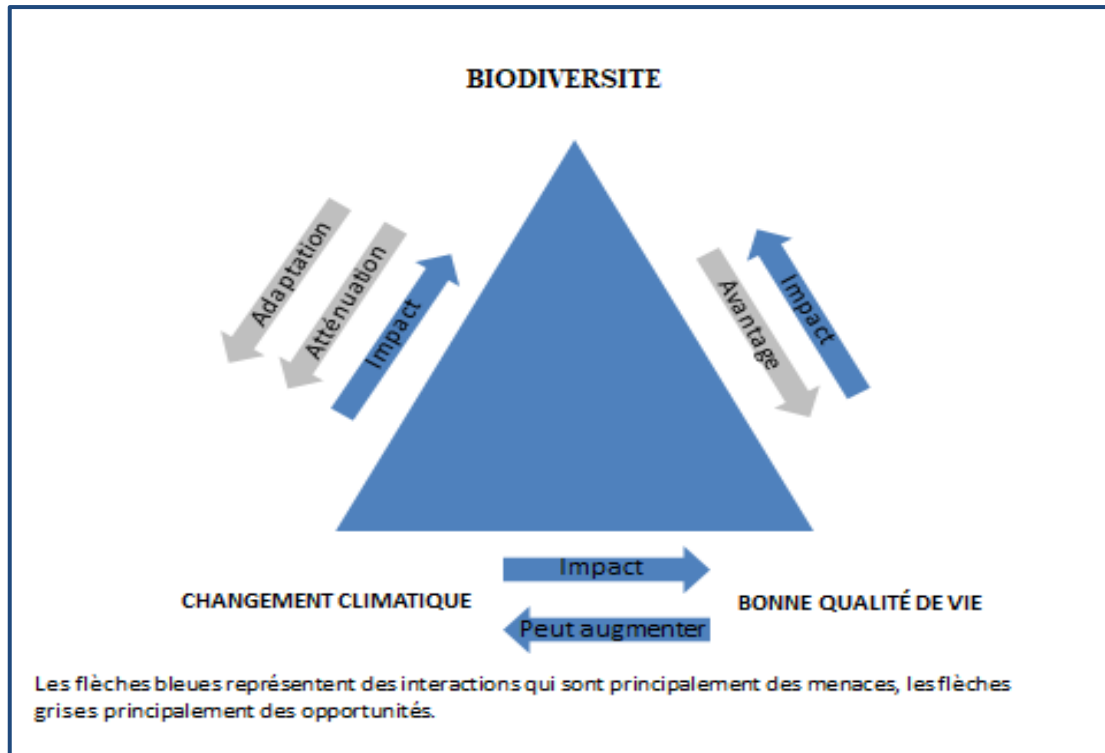


Figure06 : Relations entre changement climatique, biodiversité et bonne qualité de vie.

Modifié de Korn et al. (2019).

1.4. Rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes

Chaque espèce a sa place dans un écosystème et jouera un rôle dans le maintien des écosystèmes.

Plus un écosystème contient d'espèces, plus il sera diversifié. Elle est d'autant mieux à même d'accompagner la disparition des espèces sous influence humaine.

Espèces interagissent à plusieurs niveaux dans un écosystème, l'exemple qui me vient le plus souvent à l'esprit est la chaîne alimentaire (producteurs primaires, consommateurs primaires, consommateurs secondaires et décomposeurs), mais il en existe bien d'autres : relations prédatrices, relations parasitaires, etc...

Sans oublier les micro-organismes du sol, qui jouent un rôle essentiel dans l'utilisation de la matière organique.

2. Effets des changements climatiques sur la biodiversité végétale

Les changements climatiques ont un impact significatif sur la biodiversité végétale à travers le monde. Les plantes sont sensibles aux variations du climat et peuvent subir des changements dans leur distribution géographique, leur phénologie (le moment où elles fleurissent, fructifient, etc.), leur physiologie et leur écologie en réponse aux changements du climat. Voici quelques-uns des effets des changements climatiques sur la biodiversité végétale :

2.1 Déplacements d'aires de répartition : Les plantes sont soumises à des conditions climatiques spécifiques pour leur croissance et leur reproduction. Le changement climatique modifie ces conditions, ce qui peut conduire à des déplacements d'aires de répartition des espèces végétales, souvent vers des altitudes plus élevées ou des latitudes plus septentrionales, où les conditions climatiques sont plus favorables. Cela peut entraîner des changements dans la composition des communautés végétales, ainsi que des perturbations dans les interactions écologiques entre les plantes et les autres organismes. **(Barrett et al., 2020).**

2.2 Changements dans la phénologie : Le changement climatique affecte également le calendrier saisonnier de la croissance et de la floraison des plantes. Les changements dans la température, les précipitations et la durée de la journée peuvent affecter les cycles de vie des plantes, entraînant des avancements dans le temps de la floraison, de la feuillaison et de la fructification. Ces changements peuvent avoir des conséquences pour les pollinisateurs et les herbivores qui dépendent des plantes pour leur nourriture et leur reproduction. **(Polgar and Primack, 2013).**

2.3 Perturbations dans les écosystèmes : Les changements climatiques peuvent entraîner des perturbations dans les écosystèmes végétaux, y compris les feux de forêt, la sécheresse et les événements météorologiques extrêmes tels que les tempêtes. Ces perturbations peuvent avoir des effets significatifs sur la biodiversité végétale en modifiant les communautés végétales et en réduisant la capacité des plantes à fournir des services écosystémiques tels que la régulation du climat et la protection des sols. **(Phillips et al., 2015).**

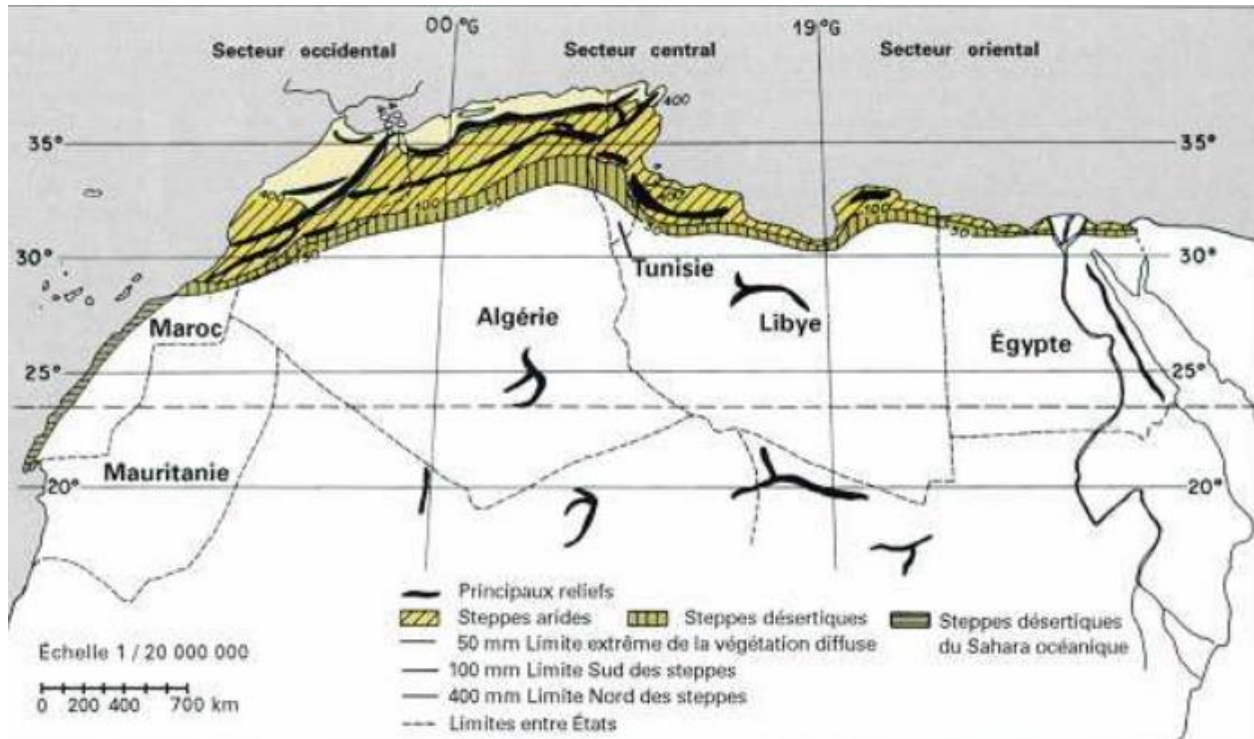
2.4 Perte de biodiversité : Les changements climatiques peuvent entraîner la perte de biodiversité végétale, en raison de la mort des plantes qui ne peuvent pas survivre aux nouvelles conditions climatiques, de la fragmentation des habitats, de la concurrence accrue entre les espèces et de l'arrivée de nouvelles espèces invasives. **(Smith et Knapp, 2018).**

1. Généralités sur la steppe

Le terme « steppe » évoque de vastes étendues arides couvertes de végétation basse et semées en transparence. Pour le phytogéographe, ce sont des formations végétales basses et ouvertes, dominées par des espèces pérennes, sans arbres, où le sol nu est présente dans des proportions variables. **(Aig et L'houérou in L'houérou,1995)**. D'après **L'houérou (1995)** La physionomie de la steppe dépend des espèces dominantes qui peuvent être soit :

- Des graminées pérennes cespiteuses telle que l'alfa (*Stipa tenacissima*), le sparte (*Lygeum spartum*) ou plus rarement, diverses espèces de genres *Stip*, *Stipagrostis*, *Eragrostis* et parfois d'autres genres
- Des arbustes (0,5 à 5 mètres de haut) tels que le Jujubier (*Ziziphus lotus*), les r'tem (*Retama raetam*, *Retama sphaerocarpa*), le gommier (*Acacia raddiana*, *Acacia ehrenbergiana*) les nitraires (*Nitraria retusa*, *Nitraria schoberi*), les hallaba (*Periploca angustifolia*), les nerpruns (*Rhamus lycioides*, *Rhamus oleoides*), les sumacs tizra (*Rhus pentaphylla*) et idèri (*Rhus tripartita*), les thamarine éthel (*Tamarix aphylla*) et Tarfa (*Tamarix spp.*).
- Des arbrisseaux et sous- arbrisseaux tels que les armoises (*Artimisia herba alba*, *Artimisia compestris glutinosa*, *Artimisia monosperma*), L'arfej (*Rhanterium suaveolens*), le r'met (*Hammada scoparia*), le baguel (*Hammada schmitiana*), les hélianthèmes (*Helianthemum lippii*, *Helianthemum kahiricum*, *Helianthemum cinereum*, *Helianthemum hirtum*, *Helianthemum virgatum*), Le chabrok (*Noaea mucronata*), l'ajrem (*Anabasis oropodiorum et Anabasis articulata*), le dega (*Anabasis [fredolia] aretioides*), le srif (*Salsola vermiculata var. villosa*), la sarr (*Atractylis serratuloides*), les passerines (*Thymelaea spp. dzainae*) d'autres qui déterminent, dans une large mesure l'aspect des paysages.
- Des arbrisseaux et sous- arbrisseaux épineux pulvinsés (en coussinets) tels que *Erinacea anthylis*, *bupleurum spinosum*, *alyssum spinosum*, *pseudosytus mairei*, *arenaria pungens*, *cytisus balansae*, *prunus prostrata* qui caractérisent les steppes tragacantes des hautes montagnes
- Des arbustes crassulescents souvent des Chénopodiacées halophiles : *atriplex spp.*, *Salsola tetrandra*, *Suaeda ticsa*, *Suaeda molis*, *Athrocneum macrostachym*, *sallicornia fruticosa*, *halocneum strobilaceum* qui constituent les chotts (pâturage salés) qui entourent les sebkhas.
- Des arbustes pachycaules ou succulents, glycophytes plus ou moins cactoides tels que *Euphorbia resinifera*, *Euphorbia echinus*, *Euphorbia beaumierana*, *Euphorbia balsamifer*, *Euphorbiaregis-jubae*, *Kleinia (senecio) anteuphorbium*, *caralluma spp.*, qui caractérisent le sud-ouest marocain.

L'Houérou (2001) définit les steppes arides nord sahariennes comme étant une zone de 630000 Km², limitée par les isohyètes 100 et 400 mm de précipitation annuelle moyenne, s'étendant de la Mer Rouge à l'océan Atlantique (figure 07).



Source : Le Houérou, 1995

Figure 07 : les steppes arides Nord africaines avec leurs variantes du désertiques au subhumide et océanique représentées par les hachures différentes.

1.1 Situation géographique de la steppe algérienne

1.1.1 La steppe algérienne

Grâce à sa position intermédiaire entre le littoral et le grand Sahara Algérien, la steppe Algérienne représente un espace stratégique pour la lutte contre la désertification et donc pour la protection du Nord humide, où se situent les principales zones d'activité agricole.

Tous les autres secteurs, y compris l'industrie, le tourisme et la politique nationale. Pour cette raison, la steppe, notamment en Algérie, doit être protégée avec le plus grand soin et doit faire l'objet de recherches scientifiques afin de l'étudier et d'établir des stratégies et des politiques dont la mise en œuvre garantira la protection de cet écosystème et/ou sa valorisation afin d'assurer sa pérennité et ainsi la protection durable des écosystèmes bien développés de la région tellienne septentrionale et ainsi sauver l'économie du pays.

La steppe algérienne, qui s'étend assez loin d'ouest en est du pays, représente une véritable barrière physique et écologique qui empêche le sable et le désert de se déplacer vers le nord, ainsi que les conditions climatiques et écologiques difficiles du Sahara.

La superficie de la steppe algérienne est d'environ 20 millions d'hectares (**Mohammedi, 2015**), elle occupe donc la plus grande partie de la steppe nord-africaine, à savoir 63 millions d'hectares, soit 31,74%, dont la steppe algérienne est importante à l'intérieur Afrique.

Au niveau écologique, les régions steppiques forment un tampon entre l'Algérie côtière et l'Algérie désertique, limitant les effets climatiques négatifs de la première (**Nedjraoui et al, 2008**), et ce dans le contexte l'Algérie a un grand désert parmi les pays d'Afrique du Nord, sa steppe est donc confrontée à un véritable défi de désertification.

De plus, l'Algérie occupe une position stratégique en raison à la fois de sa position au centre de l'Afrique du Nord et de sa position centrale par rapport au bassin méditerranéen. Cette situation fait de la steppe algérienne un théâtre de conflit entre les conditions éco-climatiques du littoral méditerranéen d'une part, et la rigueur des conditions climatiques du géant désert algérien d'autre part. Ce conflit aura certainement des conséquences destructrices sur l'écosystème de la steppe déjà fragile et appauvri par la nature.

1.1.2 Délimitation géographique de la steppe algérienne

La steppe algérienne est une vaste étendue s'étendant de l'ouest à l'est du pays, formant un ruban long de 1000 km et large de 300 km, descendant à moins de 150 km à l'est. (**Mohammedi, 2015**).

Situées entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, les steppes algériennes (Figure08) couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares (**Hellal et al., 2014, khaldi, 2014**). 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*). Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au per-aride supérieur frais (**Nedjraoui et al, 2008**). Ce zonage bioclimatique est actuellement en cours de révision par les chercheurs qui se penchent sur l'impact des changements climatiques (**Boubakeur, 2009 ; Nedjraoui et al, 2008**) et celui du processus de désertification sur ces limites (**Nedjraoui et al, 2008**).

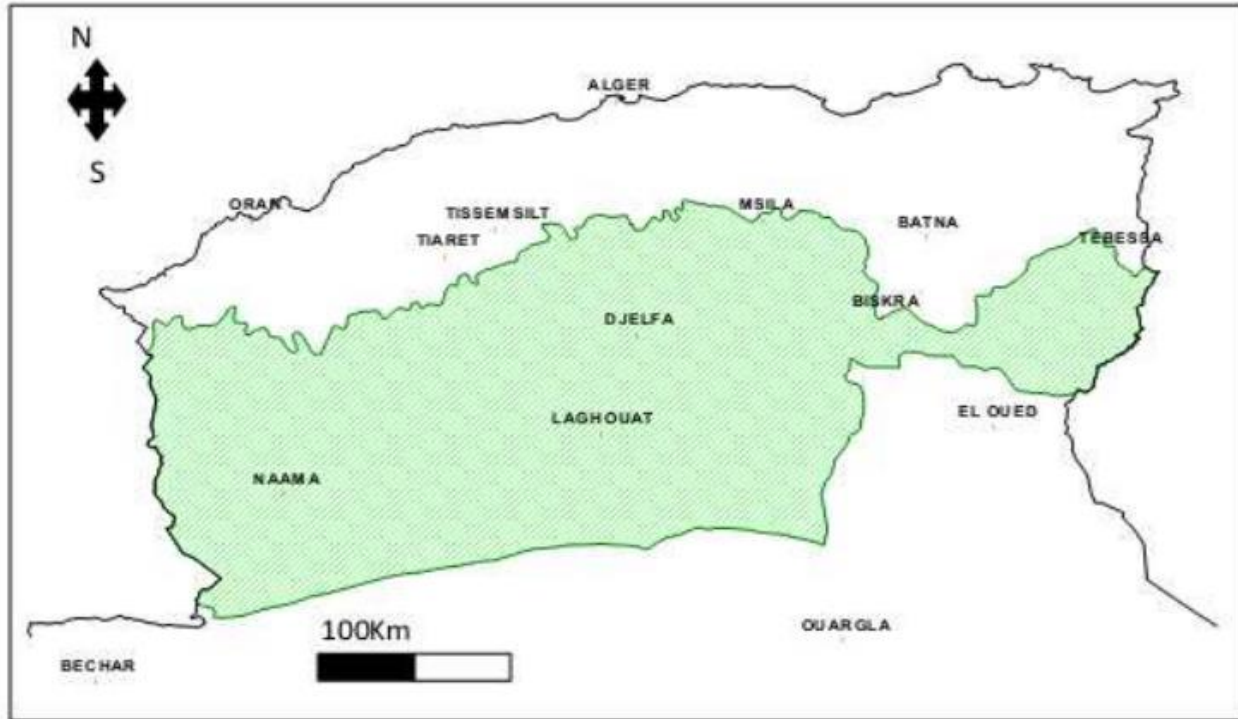


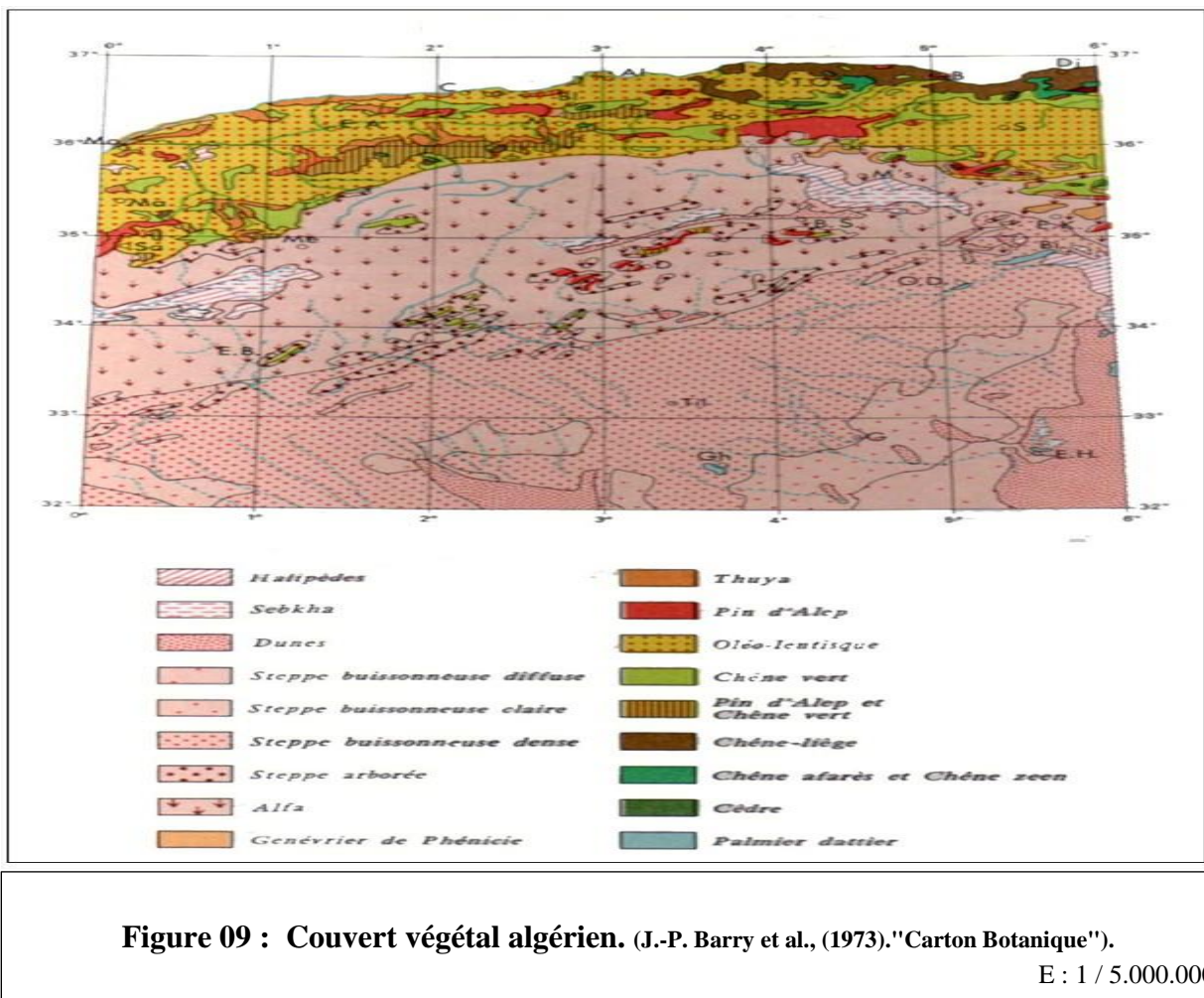
Figure08 : limites de la steppe algérienne (Nedjraoui et al, 2008)

Malgré l'importance de sa fonction protectrice, la steppe en Algérie ne couvre que 4,8% du territoire par rapport au grand Sahara, qui couvre la majeure partie du pays et couvre 84% du pays. Cela signifie une situation de steppe très critique en rapport avec la menace de désertification et les conditions difficiles dans le désert.

1.2 La végétation des zones steppiques

Les steppes algériennes sont à base de graminées :

L'alfa (*Stipa tenacissima*), Sparte (*Lygeum spartum*), et (ou) de chaméphytes vivaces Armoise blanche (*Artemisia herba alba*), et Remt (*Hamada scoparium*). (Pouget, 1980).



1.2.1 Les steppes à alfa (*Stipa tenacissima*) :

L'alfa est abondant entre les isohyètes 200 à 400 mm/en (Boukhelifa, 1977 in Ben kadour, 1991).

1.2.2 Les steppes à armoise (*Artemisia herba alba*) :

Les steppes à armoise blanche couvrent 3 millions d'hectares de superficie potentielle. Armoise à haute valeur fourragère de 0,45 à 0,70 UF/kg MS. Ces steppes sont souvent considérées comme les meilleurs parcours. La charge pastorale est de 1 à 3 hectares par mouton. (Nedjraoui, 1981).

1.2.3 Les steppes à sparte :

Les steppes à sparte couvrent 2 millions d'hectares. *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). La productivité, relativement élevée (110 kg MS/ha/an). Des espèces annuelles et petites vivaces, confèrent à ces types de parcours une production pastorale importante de 100 à 190 UF/HA/an et une charge de 2 à 5 ha/mouton. (Djebaili, 1974).

1.2.4 Les steppes à psamophytes :

Sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Ces formations psammophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Aristida punjens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama retam* (Djebaili, 1978).

1.2.5 Les steppes à halophytes :

Ces steppes couvrent environ 1 million d'hectares. La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace va créer une zonation particulière de la végétation halophile autour des dépressions salées. On distingue selon la texture et la teneur en gypse du sol, l'intensité, la nature et l'origine de la salure (nappe phréatique, apport latéral par les eaux de ruissellement), sept groupements identifiés selon **Peuget, 1971** comme suit :

- Le groupement des sols gypseux à encroûtement de surface (sols calcimagnésique) où on distingue le groupement à *Herniaria mauritanica*.
- Les groupement sur sols gypseux et salés (avec encroûtement gypseux de nappe) où on distingue :

Groupement à *Traganum nudatum*, *Frankenia thymifolia* et *Suaeda fruticosa*.

Groupement à *Suaeda fruticosa* et *Atriplex portulacoides*.

Groupement à *Halocnemum strobilaceum*.

Groupement à *Salicornia*.

- Les groupements sur sols peu gypseux et salés (alluvions de texture variable) où on distingue :

Groupement à *Salsola vermiculata* var, *villosa* et *Atriplex glauca*.

Groupement à *Salsola tetrandia* et *Agropyron orientale*.

Ce type de steppe est très recherché par les pasteurs et sa valeur pastorale est d'environ 300 UF/ha. (Nedjraoui, 2001).

1.2.6 Les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*)

Ils forment des steppes arbustives chaméphytes avec un couvert moyen inférieur à 12,5 %. Les mauvaises conditions environnementales, xérophilie (20-200 mm/an), thermophilie, fluctuations chaud-froid, sols pauvres, bruns calcaires à dalles ou sierozems encroûtés font de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique de l'espèce est de l'ordre de 0,2 UF/kg/MS. La production moyenne annuelle varie de 40 à 80kgMS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an. Ce type est surtout exploité par les camelins. (**Nedjraoui, 1981**).

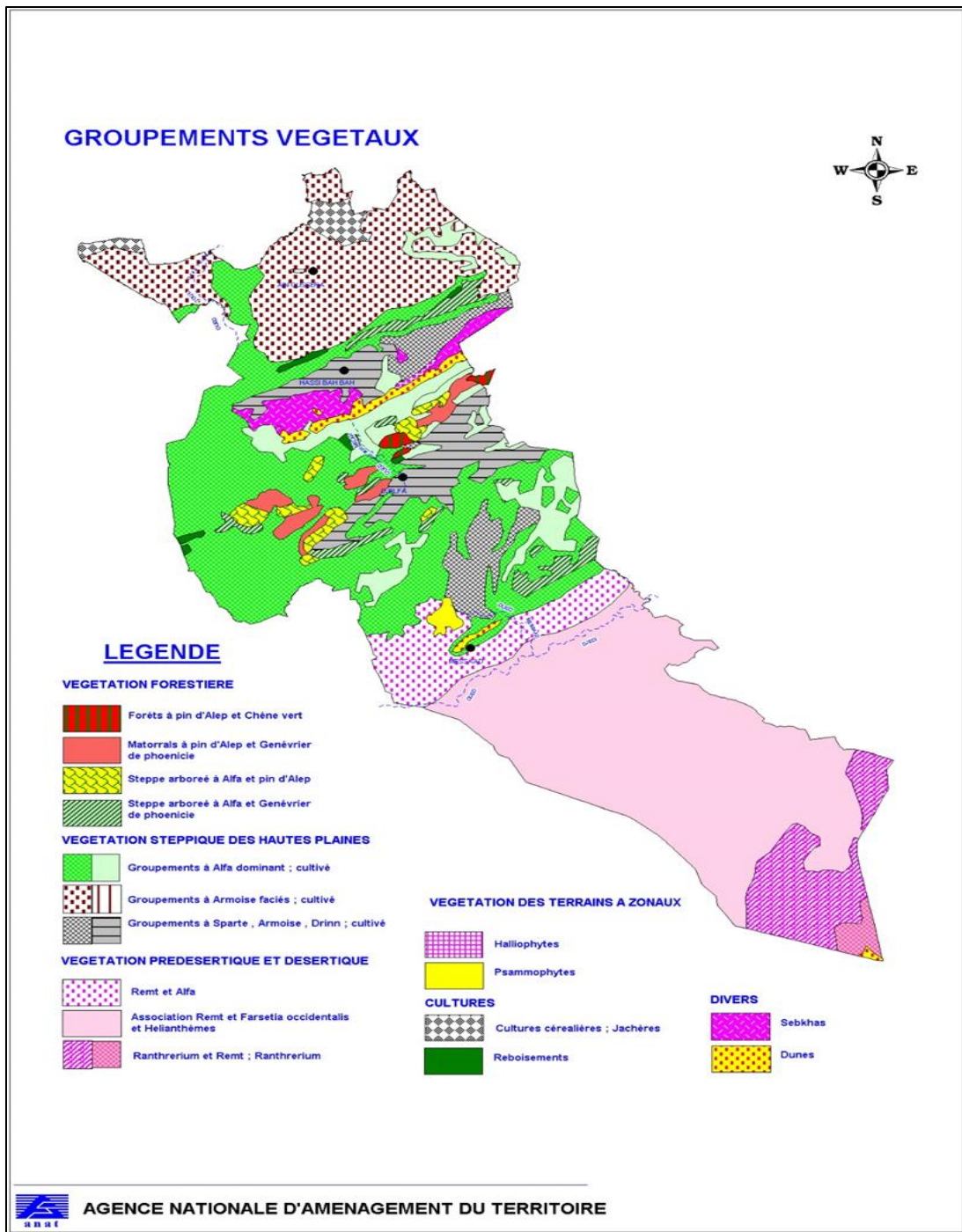
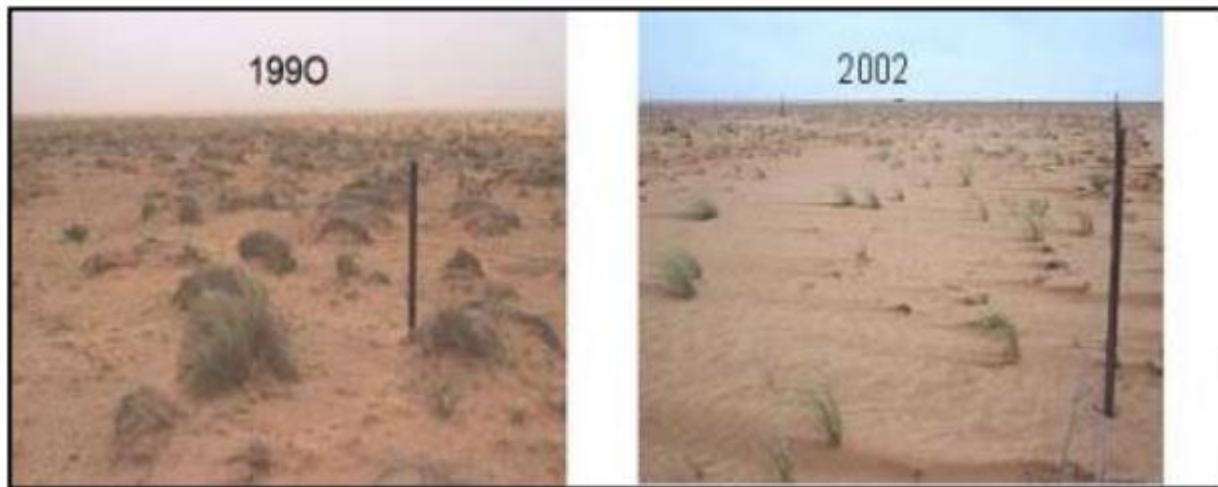


Figure 10 : Carte détaillée des groupements végétaux dans la région de Djelfa

2. La dégradation de la steppe algérienne

Au cours des 30 dernières années, l'écosystème de la steppe a subi de profonds changements, tant dans sa structure que dans son fonctionnement, notamment en termes de productivité primaire. La dégradation des parcours est le résultat de l'interaction entre deux types de facteurs : des facteurs naturels liés aux conditions environnementales, et des facteurs socio-économiques anthropiques qui entraînent souvent une intervention anarchique de l'homme dans l'écosystème.



Source : Revue électronique en science de l'environnement, (2008)

Figure 11 : Dégradation des steppes à alfa de 1990 à 2002.

2.1 Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques (causes et conséquences)

Facteurs de dégradation des écosystèmes steppique Face à l'augmentation des populations humaines et animales alors que l'espace vital se rétrécit de plus en plus, on assiste actuellement à une surexploitation de ce qui reste de la steppe.

La dégradation des parcours est issue de l'interaction de deux types de facteurs. Les facteurs naturels liés aux conditions du milieu physique en général, et en particulier les facteurs socio-économiques et anthropiques qui favorisent l'influence anarchique de l'homme sur l'écosystème.

2.2.1 Les facteurs naturels :

Les facteurs naturels qui provoquent la dégradation des parcours steppiques sont intimement liés à la fragilité de l'écosystème de ces zones. L'action combinée des facteurs climatiques hostiles développement intensif qu'une végétation pérenne et les facteurs édaphiques liés à la structure et à la texture des sols font que les parcours sont soumis à une dégradation irréversible accentuée par le phénomène de l'érosion (figure 11) (**Le Houerou, 1995**)

❖ Erosion éolienne:

Ces dernières années, une diminution importante de la quantité annuelle de précipitations a été observée, ce qui a accéléré le phénomène d'érosion éolienne en fonction de la densité du couvert végétal.

Dans un milieu ouvert où le couvert végétal est inférieur à 30 %, l'action du vent induit un tri en transportant des particules fines telles que le limon et l'argile, laissant sur place des sols squelettiques à dominance d'éléments grossiers présentant un faible pouvoir de rétention d'eau, qui ne peut favoriser la remontée biologique. Ce type d'érosion provoque une perte de sol de 150 à 300 t/ha/an, dans les steppes défrichées (**Le Houerou, 1996**).

❖ Erosion hydrique:

L'érosion hydrique est due en grande partie aux pluies torrentielles qui, sous forme d'orages violents désagrègent les sols peu épais, diminuent leur perméabilité et leur fertilité. Les éléments fins, l'humus et les éléments minéraux sont emportés par le ruissellement qui provoque la formation de rigoles et de ravines entaillant profondément la surface du sol. Comme conséquence directe de ce phénomène d'érosion, un volume de 50 à 250 tonnes par hectare et par an de terre sont ainsi entraînées par le ruissellement sur les sols dénudés à forte pente (**Le Houerou, 1995**).



Source : Nedjraoui, (2011)

Figure 12 : Effet de l'érosion éolienne et hydrique sur les sols steppiques.

❖ Sécheresse:

Les steppes algériennes sont marquées par une très grande variation annuelle des précipitations. De plus, les dernières décennies ont vu des baisses importantes des précipitations annuelles, parfois accompagnées de sécheresses persistantes pendant plusieurs années consécutives. Les précipitations diminuent et les raisons de la sécheresse augmentent de mois en mois au cours du siècle dernier (**NADJRAOUI et al, 2008**).

❖ Problème de salinité des sols :

Le problème de la salinité des sols steppiques en Algérie est une question importante pour l'agriculture et l'environnement dans la région. Les sols steppiques de l'Algérie sont souvent caractérisés par des niveaux élevés de sels dissous, ce qui peut entraîner une diminution de la fertilité des sols et une réduction de la productivité agricole.

Plus de 95% des sols des régions arides sont soit calcaires, gypseux ou sal sodiques (**Halitim, 1988**). Comme les températures élevées règnent pendant une longue période de l'année, les précipitations subissent après leur infiltration, une forte évaporation entraînant la remontée vers la surface du sol, des particules dissoutes qui se concentrent en croûtes et stérilisent le sol. On trouve deux types de dépressions salées aux niveaux des régions arides et semi-arides dont les termes vernaculaires sont Chott et Sebkh (**Pouget, 1980**) ;

La différence entre ces deux noms réside dans le mode d'alimentation. Les sebkhas sont sous la dépendance d'apport des eaux de crues et les Chotts sont alimentés respectivement par les apports de ruissellement et aussi par les nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources et/ou des suintements. Les Chotts seraient de véritables « machines évaporatoires », en période pluvieuse normale (hiver, printemps) une couche d'eau de quelques centimètre, saturée en sel (300-400g/l) recouvre la surface, laissant après évaporation des dépôts surtout de chlorure de sodium, parfois exploitables.

2.2.2 Facteurs anthropiques :

Le Houérou, 2002, affirme que l'équilibre des écosystèmes naturels a été fortement perturbé au cours des récentes décennies dans la plupart des régions arides et semi-arides sous l'effet de la modification des systèmes d'exploitation du milieu liée à la transformation des conditions socio-économiques et à l'évolution des techniques de production.

❖ L'agriculture intensive :

La pratique de l'agriculture intensive sur des terres steppiques peut entraîner une dégradation des sols et une diminution de la qualité de la végétation. (**Benabderrahmane et al, 2015**).

❖ **Le surpâturage :**

Le surpâturage est un facteur majeur de dégradation des écosystèmes steppiques. Les animaux qui pâturent sur les terres steppiques peuvent réduire la qualité de la végétation, entraîner l'érosion des sols et la désertification. **(Zakia et al, 2013)**

❖ **L'exploitation minière :**

Les activités minières telles que l'extraction de minéraux peuvent entraîner la destruction de la couverture végétale et la dégradation des sols, ce qui a un impact négatif sur la biodiversité. **(Djebbar et al, 2019)**

❖ **La construction de routes et d'infrastructures :**

La construction de routes, de barrages et d'autres infrastructures peut entraîner la fragmentation de l'habitat, la destruction de la couverture végétale et la perte de biodiversité. **(Benmessaoud et al, 2015)**

❖ **L'urbanisation :**

L'urbanisation est un facteur important de dégradation des écosystèmes steppiques. L'expansion urbaine peut entraîner la destruction de la couverture végétale, la fragmentation de l'habitat et la perte de biodiversité. **(Meddour et al, 2017).**

❖ **Défrichement et extension :**

De la céréaliculture Au cours des années 70, l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation du tracteur à disques pour le labour des sols à texture grossière fragile. Les labours par ces dernières constituent en un simple grattage de la couche superficielle accompagné de la destruction quasi-totale des espèces pérennes. Ces techniques de labour ont aussi une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible **(Nedjimi et al, 2006).**

Ce passage décrit les indicateurs de la dégradation des ressources végétales dans les écosystèmes steppiques. Cette dégradation peut être détectée grâce à plusieurs indicateurs, notamment

La diminution du taux de recouvrement végétal et le changement du cortège floristique. Ces indicateurs peuvent se manifester par la diminution des espèces pérennes productives, qui sont remplacées par des espèces annuelles à faible biomasse.

3. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au-delà des piémonts Sud de l'Atlas Tellien en venant du Nord, dont le chef-lieu de Wilaya est à 300 kilomètres au Sud de la capitale. Elle est comprise entre 2 ° et 5 ° de longitude Est et entre 33 ° et 35 ° de latitude Nord. La Wilaya de Djelfa est limitée par 9 wilayas :

Au Nord par les Wilayas de Médéa et de Tissemsilt.

À l'Est par les Wilayas de Msila et Biskra.

À l'Ouest par les Wilayas de Laghouat et de Tiaret.

Au Sud par les Wilayas d'Ouargla, d'El Oued et de Ghardaïa.

La wilaya de Djelfa s'étend sur une superficie totale de 32 256,35 km² représentant 1,36% de la superficie totale du pays.

Le territoire de Djelfa érigé au rang de wilaya à la faveur du découpage administratif de 1974 se compose actuellement de 36 communes regroupées en 12 Daïras.

Le couvert végétal des écosystèmes steppiques en Algérie est présent sous plusieurs faciès à savoir les essences forestières, la strate arbustive des vergers de l'arboriculture fruitière et les parcours steppiques.

Dans notre étude on va baser sur les écosystèmes agro-sylvo pastoraux dans la wilaya de Djelfa

3.1 Domaine forestier

L'inventaire forestier réalisé en 2008 par **le Bneder** fait ressortir que les formations forestières (forêts, maquis et reboisements) occupent une superficie de 219 224 ha. Elles sont essentiellement localisées au niveau des monts de Ouled Nail généralement à partir de 1000 m d'altitude et réparties à travers 03 sous-zones à typologie forestière à savoir, Djebel Sahari ; Massif forestier du Senalba Chergui et le Massif forestier du Senalba Gherbi.

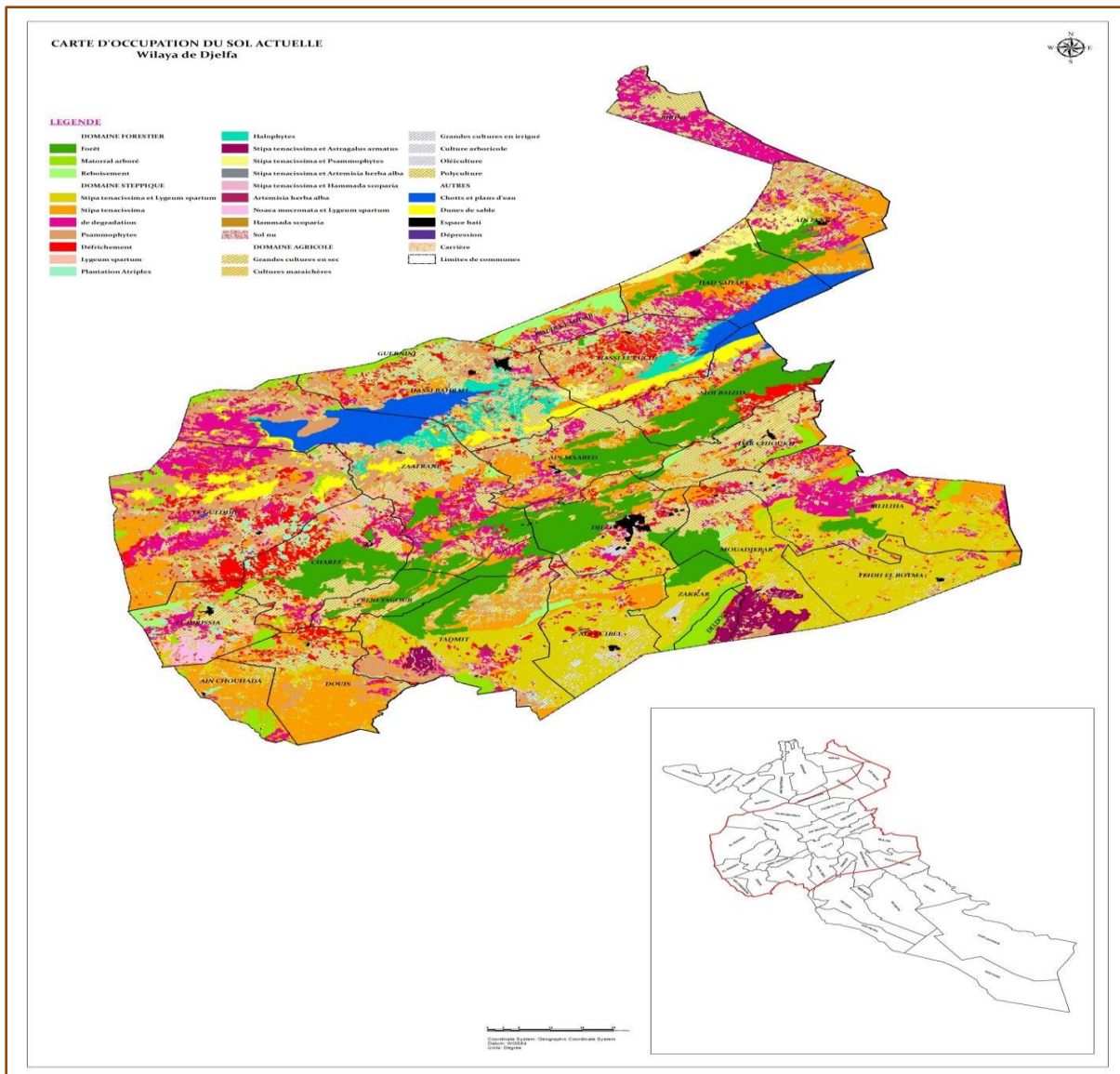
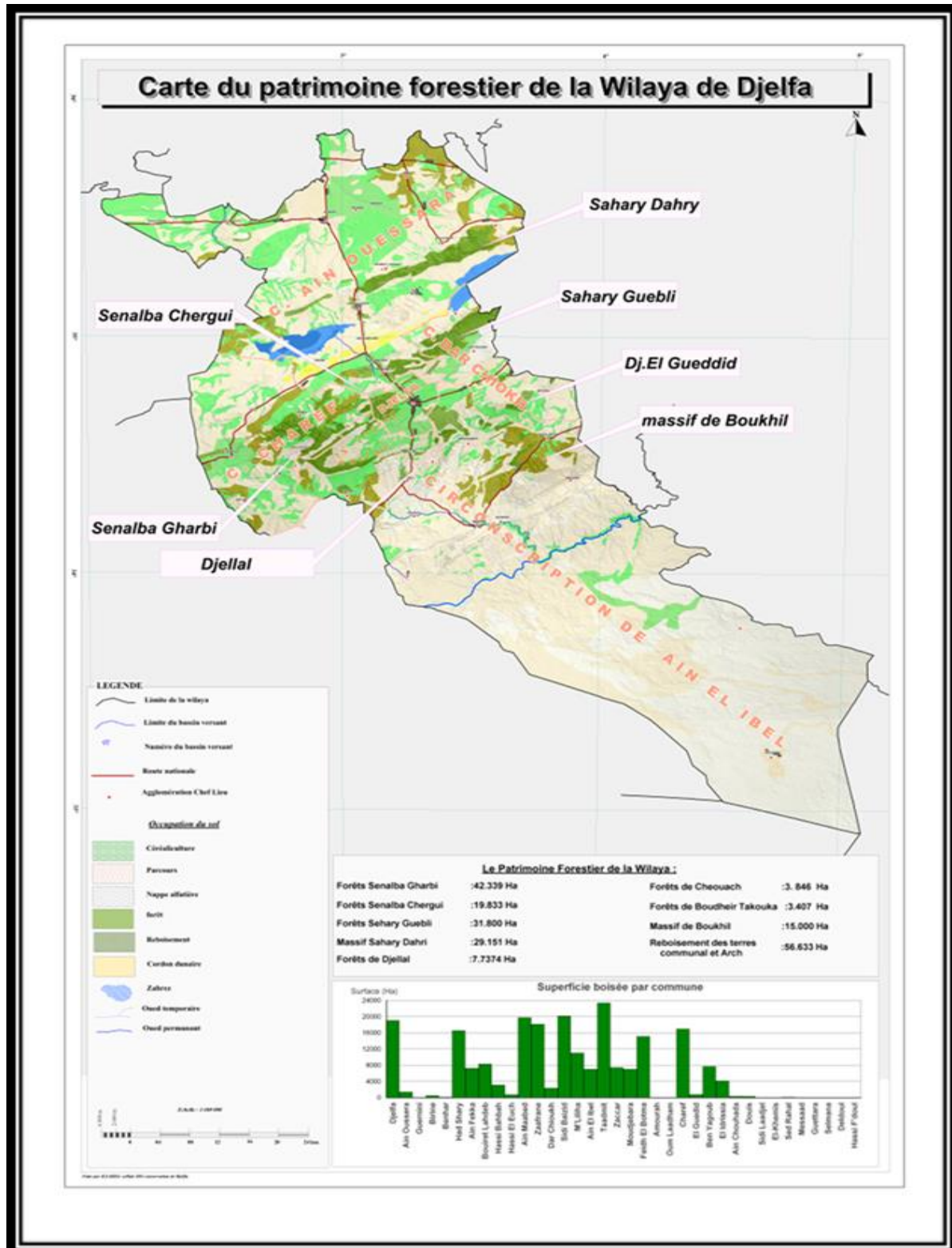


Figure13 : Carte d'occupation du sol du massif forestier de la wilaya de Djelfa

Ces massifs présentent un climat de type méditerranéen semi continental avec une diversité bioclimatique, allant du semi-aride supérieur froid à l'aride supérieur frais. Les forêts proprement dites sont prédominantes, elles occupent une superficie de 49 508 Ha, soit 38 % des formations forestières cartographiées. Les maquis, formations issues de la dégradation des forêts, occupent une superficie de 45 883 Ha (32%) dont 13 142 Ha de maquis arborés de Pin d'Alep.



Source : conservation des forêts de la wilaya de Djelfa, 2019

Figure14 : Carte du patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa

Les reboisements de Pin d'Alep : ils couvrent une superficie de 35 625 Ha (27%). Ils sont pour l'essentiel au stade perchis (jeunes reboisements) et clairs. Ils représentent 40% de la superficie boisée occupée par cette essence, soit (34 127 Ha).

3.2 Effet et procédé des gaz à effet de serre sur les écosystèmes naturels

3.2.1 Effet de l'agriculture et la foresterie

Toutes les émissions liées aux usages d'énergie dans l'agriculture, la foresterie, pour la biomasse ligneuse (bois et dérivés) : les émissions de CO₂ issues de cette biomasse sont comptabilisées dans le secteur de l'UTCF, partie récolte forestière. L'utilisation en tant que combustible est rappelée pour mémoire dans la catégorie relative à l'énergie mais exclue des totaux du secteur de l'énergie.

3.3 Les risques jugés pertinents pour les écosystèmes forestiers de la Wilaya de Djelfa

Suite à la présentation par la Conservation des Forêts décrivant les écosystèmes forestiers de la Wilaya de Djelfa et leurs défis face au changement climatique, un bref rappel de l'ARV (Analyse Risques et Vulnérabilités) réalisée à l'échelle nationale a été présenté, suivi d'une discussion collective autour d'une chaîne de risques, spécifique aux écosystèmes forestiers de la Wilaya de Djelfa. (**Ateliers de renforcement des capacités destinés aux acteurs locaux du secteur des forêts portant sur le suivi de l'adaptation au changement climatique, mars 2022**)



Figure 15 : Chaîne de risques des écosystèmes forestiers de la Wilaya de Djelfa (Barrage Vert et forêt de Sénalba) face au changement climatique

3.4 Les écosystèmes forestiers assurent l'adaptation des changements climatiques

Les biens et services écosystémiques liés aux écosystèmes forestiers de la forêt de Senalba et au Barrage Vert dans la Wilaya de Djelfa Suite à un rappel sur les notions de biens et services écosystémiques et sur les menaces climatiques et anthropiques sur leur pérennité, l'importance des biens et services écosystémiques liés aux écosystèmes forestiers pour réduire les vulnérabilités sociales, économiques et environnementales a été remise en avant. **(Ateliers de renforcement des capacités destinés aux acteurs locaux du secteur des forêts portant sur le suivi de l'adaptation au changement climatique, mars 2022)**

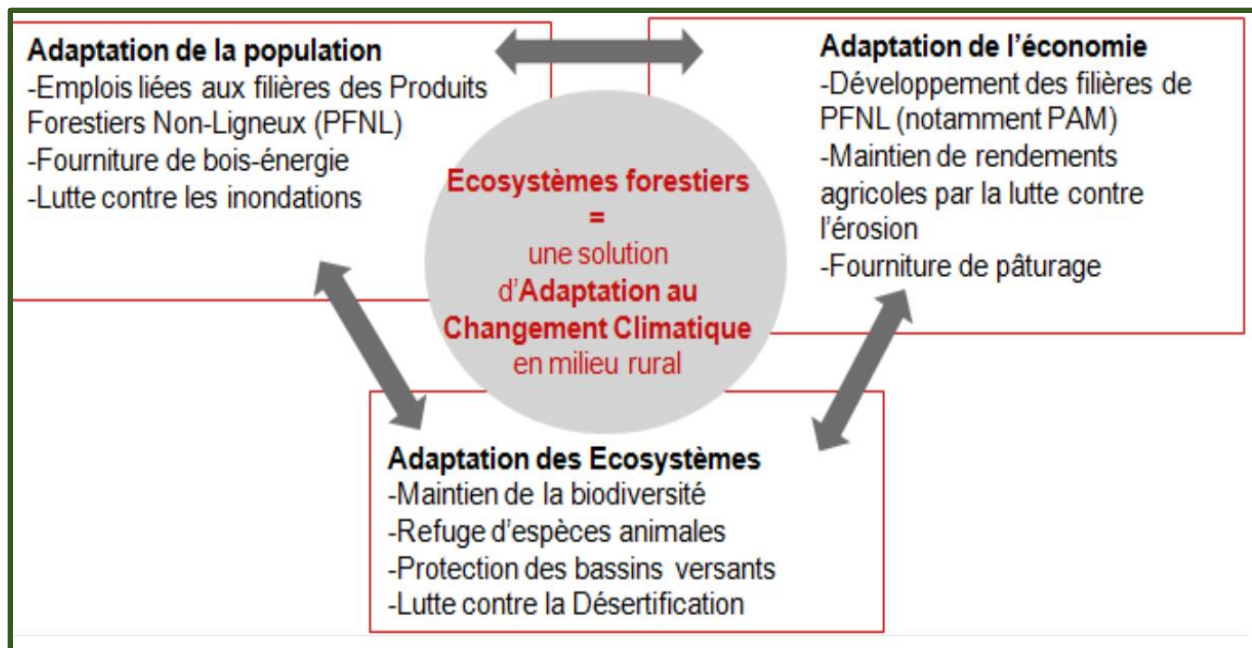


Figure 16 : Les écosystèmes forestiers : une solution pour réduire les vulnérabilités sociales, économiques et environnementales.

3.5 Les déterminants de l'adaptation

L'adaptation des forêts au changement climatique repose sur une compréhension approfondie des dynamiques environnementales. Cela implique l'analyse des données météorologiques locales, l'évaluation de la diversité génétique des espèces forestières, la mise en place de pratiques de gestion durable et la préservation des corridors écologiques. Ensemble, ces mesures contribuent à renforcer la résilience des forêts face aux défis climatiques actuels et futurs, tout en préservant leur rôle essentiel dans la régulation du climat et la biodiversité.

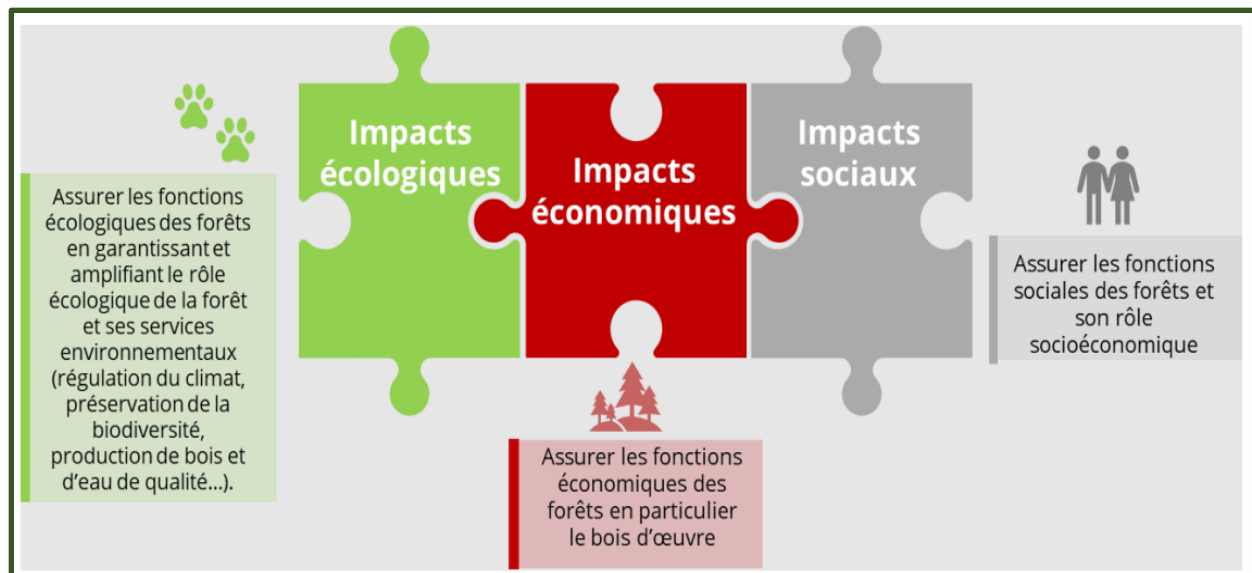


Figure 17 : Les déterminants de l'adaptation des forêts au Changement climatique

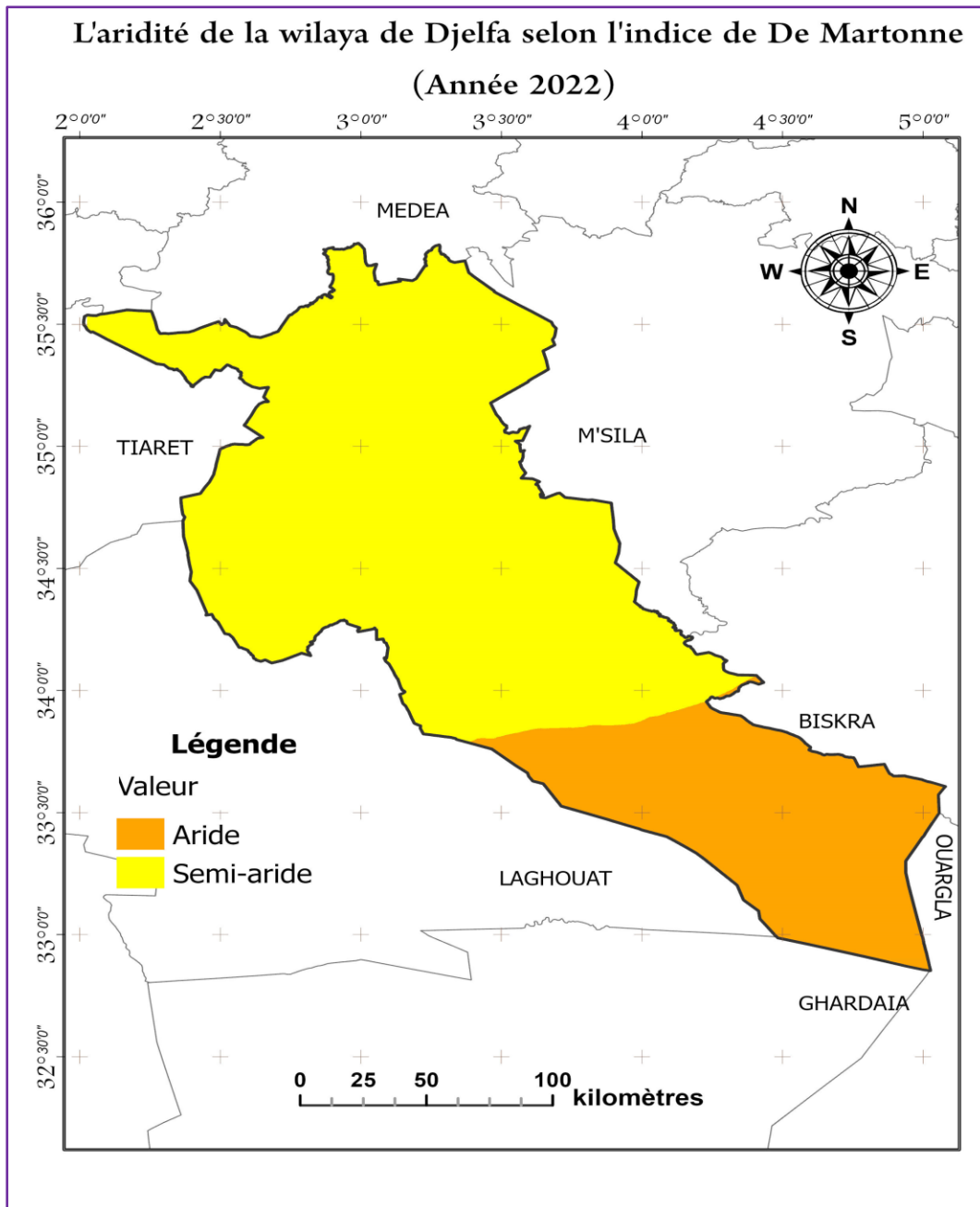
1. Climat de la wilaya de Djelfa – zone d'étude

La plupart des communes de la wilaya ne possèdent pas de stations météo locales, capables de donner des paramètres du climat actualisés et fiables. Le peu de celles qui existent ne possèdent pas l'ensemble des équipements nécessaires aux relevés complets et ne sont toutes dotées d'instruments informatiques spécialisés. Pour certains cas il faut parfois avoir recours aux stations météo des *wilayat* limitrophes. (**Azzouz. M, 2023**)

Pour les études au long cours on prend référence jusqu'aux données Seltzer des années 1945, en vue d'examiner les variations climatiques sur la biodiversité (écosystèmes naturels) ou sur les rendements des agro systèmes (écosystème artificiels). (**Ibidem**)

Le climat de la wilaya de Djelfa chevauche sur trois étages climatiques : il est du type aride au nord, aride à semi-aride inférieur sur la partie centrale et aride à sub-saharien au sud ; les hivers sont froids et rigoureux et les étés chauds et secs.

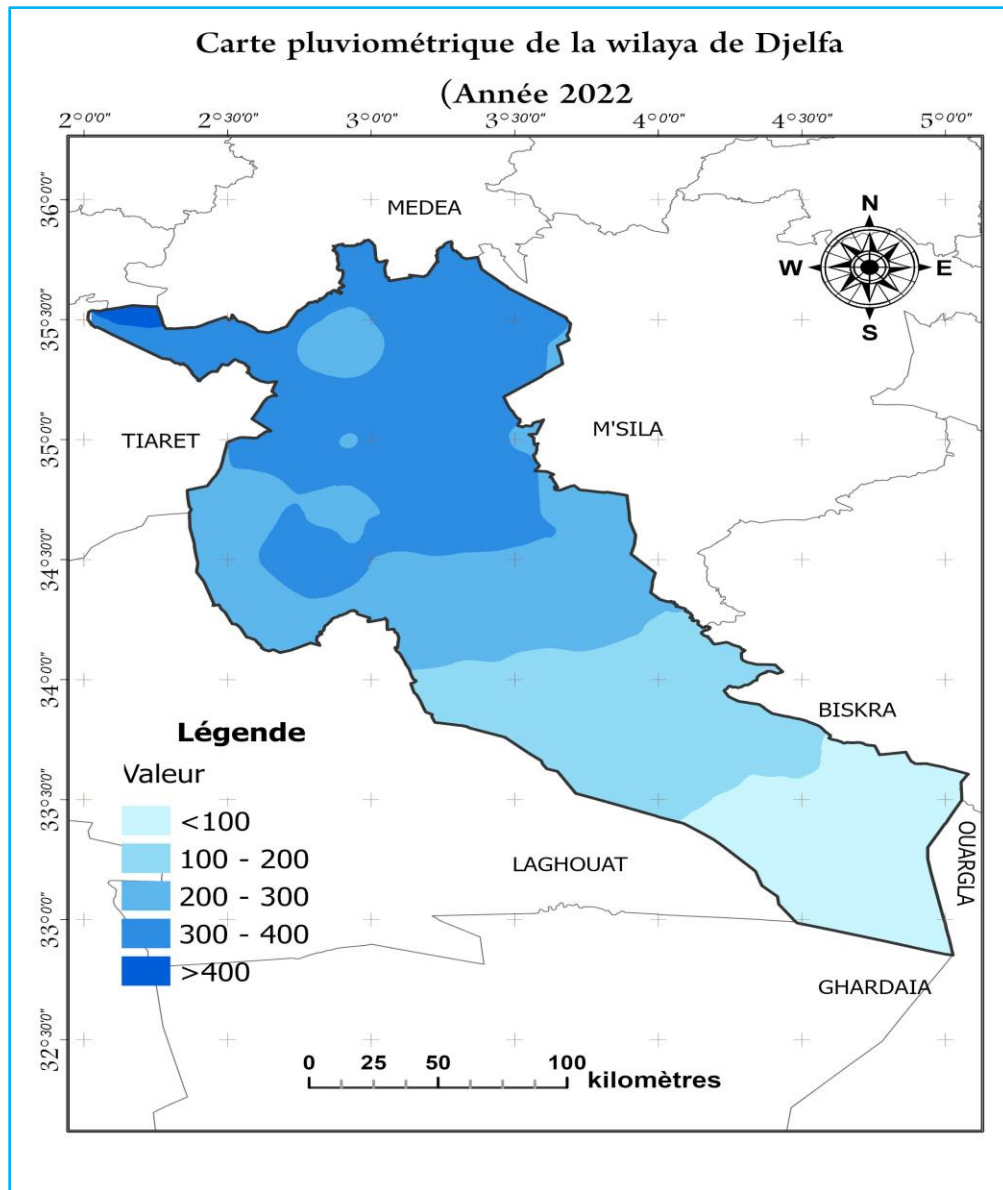
1.1 L'aridité



Source : Azzouz, M 2023

Figure 18 : L'aridité de la wilaya de Djelfa selon l'indice de Martonne

1.2 La pluviosité

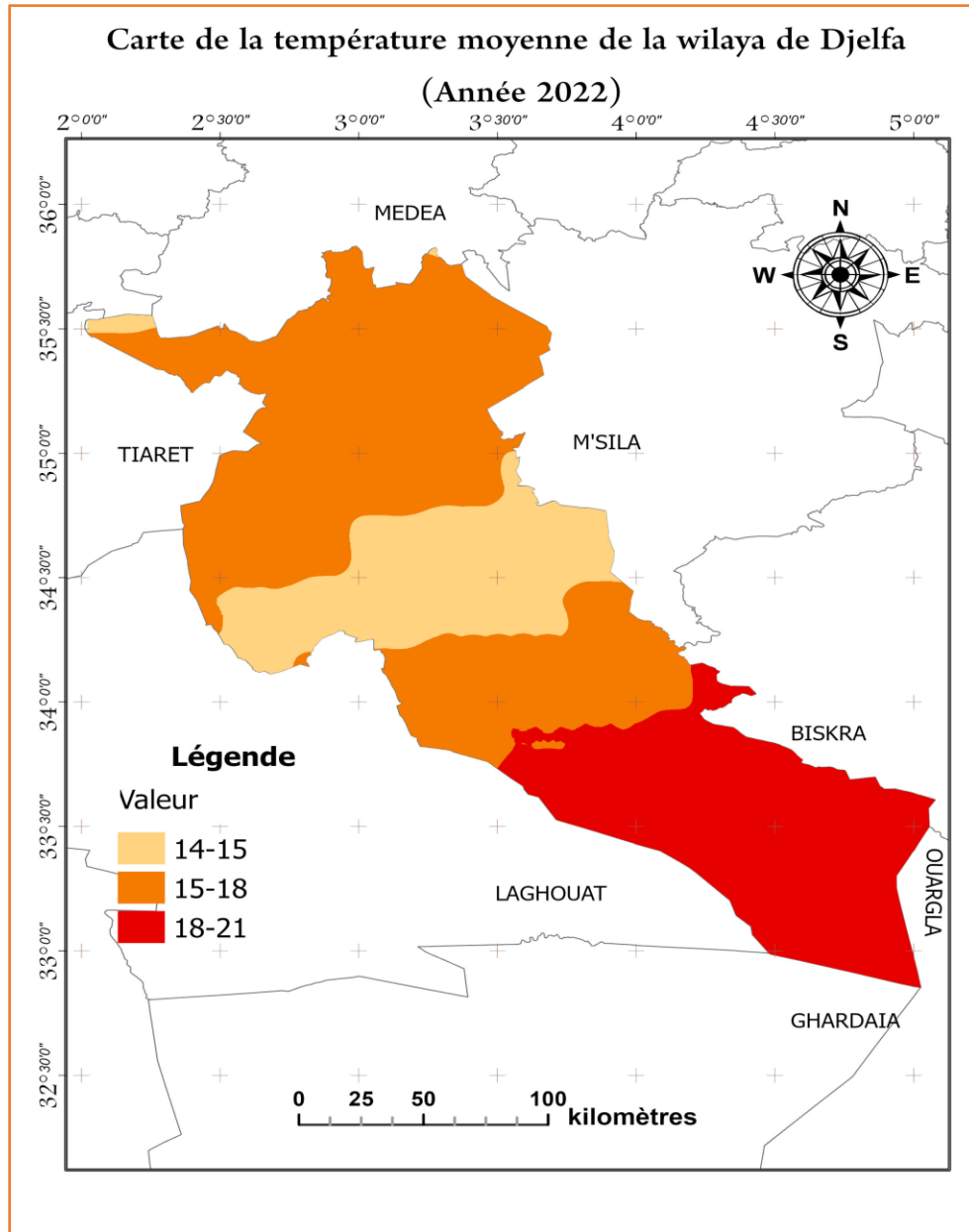


Source : Azzouz. M 2023

Figure 19 : carte pluviométrique de la wilaya de Djelfa

Selon **Azzouz M, 2023**, « Le gradient pluviométrique est négatif du nord au sud depuis 400 à 100 mm/an, ce qui a laissé les paysans à pratiquer l'agriculture plutôt dans le nord entre 400 et 300 mm/an dans le sens où la fréquence des précipitations favorise la recharge des nappes phréatiques. D'une manière globale la wilaya a été affecté par une déficience pluviométrique ces dernières années. »

1.3 La Température



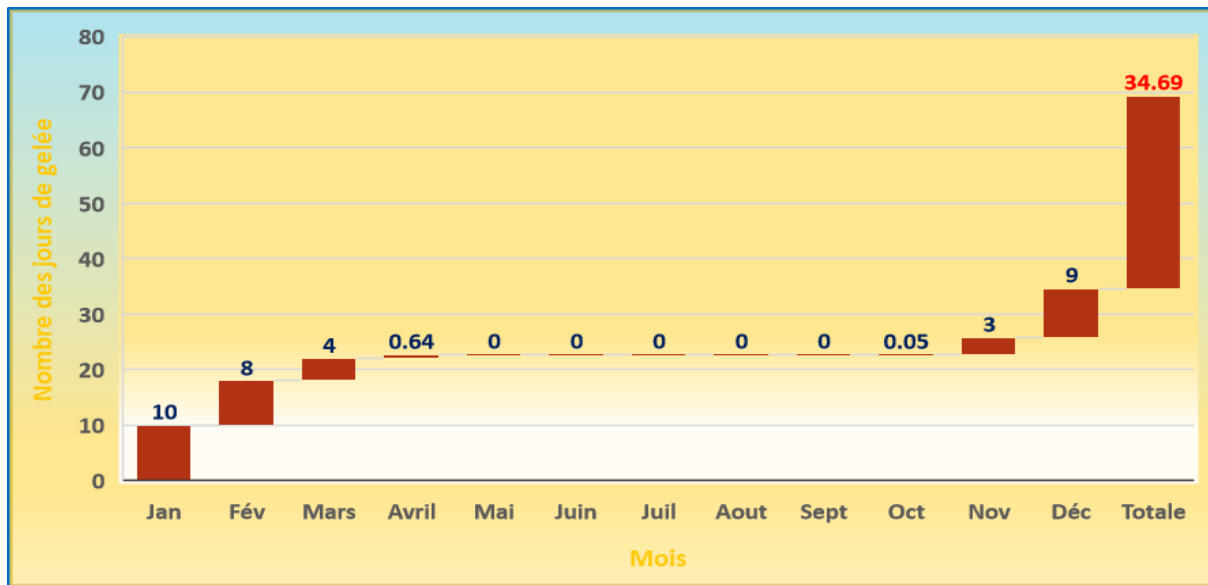
Source : Azzouz. M 2023

Figure 20 : Carte de la température moyenne de la wilaya de Djelfa

Selon le même auteur : « Les données chiffrées de géolocalisation ont été communiquées aux satellites. Pour obtenir une synthèse des plages de températures couvrant la wilaya. Le résultat obtenu illustré par les cartes ci-dessus fait ressortir qu'il réellement un réchauffement climatique de 1984 à 2022. »

2.La gelée

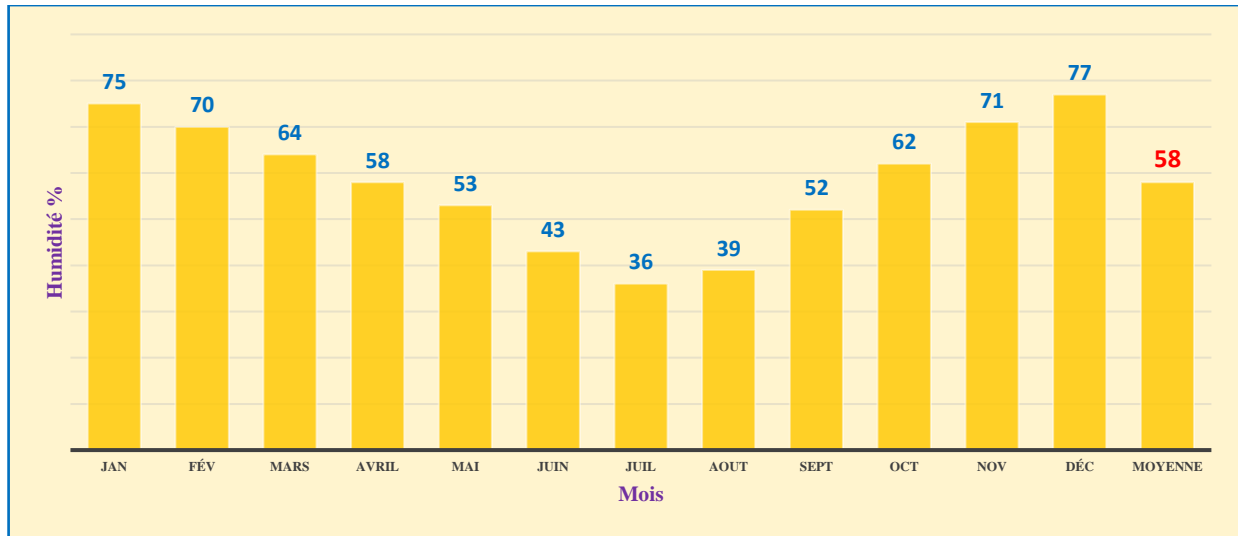
Les valeurs moyennes des nombres de jours de gelée dans la wilaya de Djelfa varient considérablement selon les saisons. En hiver, Djelfa est réputée pour son climat froid et sec, avec une moyenne d'environ 90 jours (Jan, Fév, Mar) de gelée par an. Cela s'explique par les températures nocturnes souvent bien en dessous de zéro degré Celsius pendant cette période. Cependant, au fur et à mesure que les mois plus chauds de l'année approchent, le nombre de jours de gelée diminue considérablement, pour atteindre presque zéro pendant les mois d'été. Cette variation climatique influence grandement l'agriculture et la vie quotidienne des habitants de Djelfa.



Source : Azzouz. M 2023

Figure 21 : Valeurs moyennes des nombres de jours, 2018 de gelée dans la wilaya de Djelfa (1976-2018)

3.Humidité



Source : Azzouz. M 2023

Figure 22 : Moyennes des valeurs d'Humidité de la wilaya de Djelfa 975-2018)

Deux valeurs de deux mois qui coïncident avec la moyenne annuelle estimée à 58%, le mois d'avril milieu de la saison printanière avec 58 % et le mois octobre avec 62% avoisine la valeur moyenne.

4.Vitesses des vents

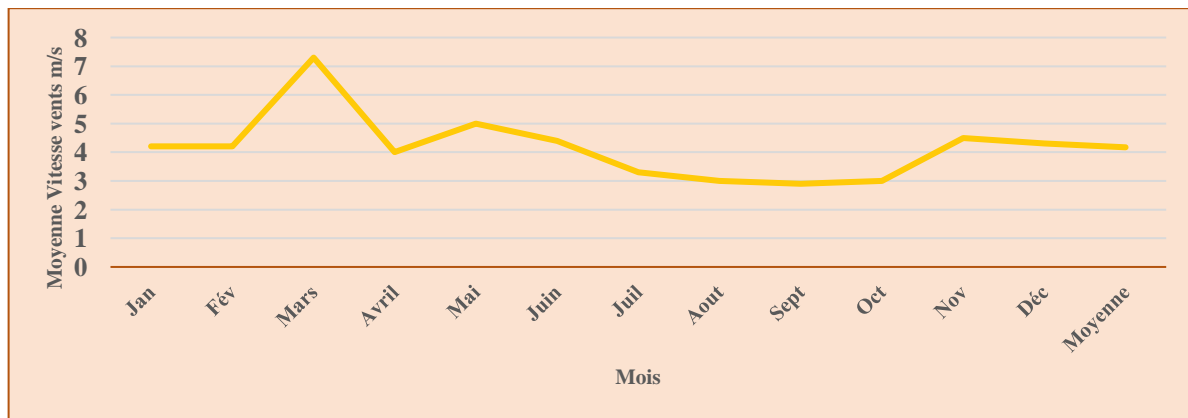
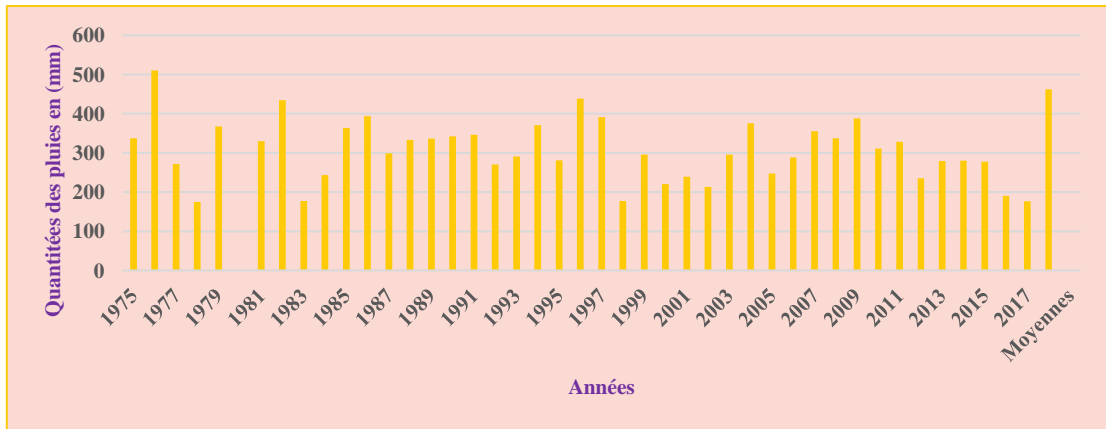


Figure23 : Moyennes des valeurs des vitesses des vents de la wilaya de Djelfa Période (1975-2018)

Pour les vents il est à noter que la wilaya de Djelfa rencontre des vitesses des vents importants, surtout pendant les mois de Février et Mars, cela coïncide avec l'évolution du couvert végétal et la croissance physiologique des plantes steppiques.

5. Quantités des pluies tombées



Source : Azzouz. M 2023

Figure 24 : Quantités des pluies tombées dans la wilaya de Djelfa durant la période (1975-2018)

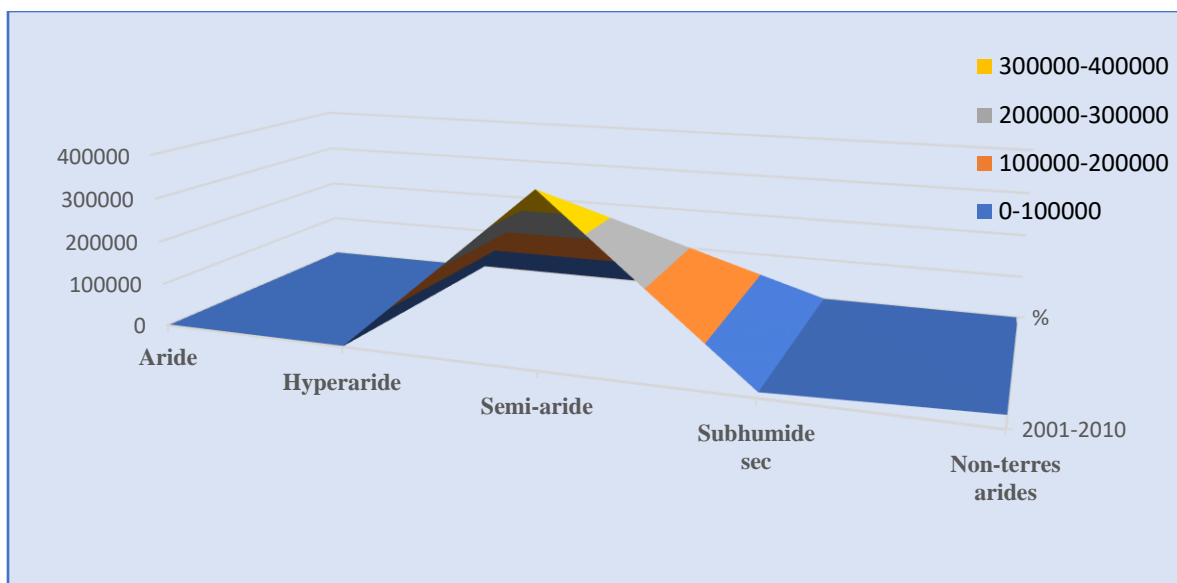
D'après le graphe de la figure précédente, on remarque que les quantités de pluies tombées sont au-dessous de la moyenne, surtout à partir de l'année 1995.

6. Classes des terres

Tableau 02 : Classes des terres selon leurs étages bioclimatiques

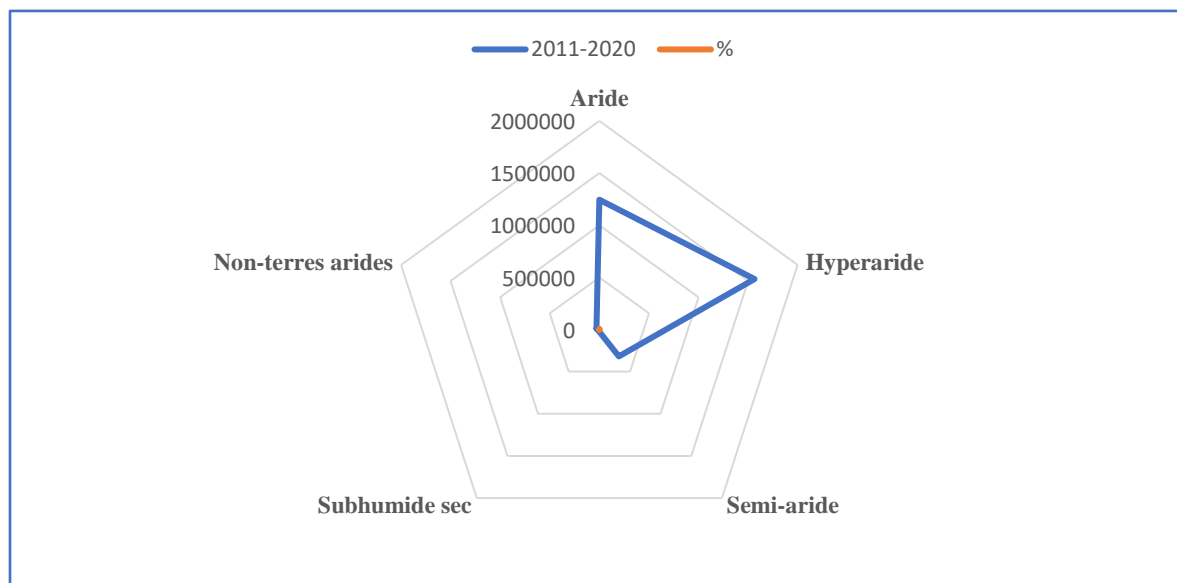
Classe	2001-2010	%	2011-2020	%
Aride	1 244 513.03	38.46	1 244 513.03	39.23
Hyperaride	1 565 494.88	48.38	1 565 494.88	49.35
Semi-aride	384 535.55	11.88	319 708.67	10.07
Subhumide sec	12 621.77	0.39	13 512.62	0.42
Non-terres arides	28 242.9	0.87	28 982.06	0.91
Totale	3 235 408.13	100	3 172 211.26	100

Source : Azzouz. M 2023



Source : Azzouz. M 2023

Figure25 : Classes des terres selon leurs étages bioclimatiques 2001-2010



Source : Azzouz. M 2023

Figure26 : Classes des terres selon leurs étages bioclimatiques 2011-2020

Conclusion

Les changements climatiques dans la zone d'étude ont un impact négatif sur la biodiversité et l'environnement des steppes de Djelfa, mettant en péril la stabilité de ces écosystèmes. Des mesures de conservation, telles que la gestion durable des ressources en eau, la protection des habitats naturels et l'adoption de pratiques agricoles plus durables, sont essentielles pour atténuer ces effets et préserver la biodiversité de cette région précieuse.

Cependant, les changements climatiques aident sous l'influence des changements de températures généralement en hausse aident les végétaux à pousser en précoce.

Les espèces végétales de la rive sud du méditerranéen en l'occurrence celle issues des différents écosystèmes de l'Algérie ont constitué depuis longtemps une importance stratégique des autorités coloniales en préservant les semences des souches et leurs semences.

Les recommandations inspirées de l'atelier

Parmi les actions :

- Création d'un observatoire des impacts du changement climatique
- Formation spécialisée (formation des formateurs en instaurant la notion de leadership)
- Programme de sensibilisation sur les effets du changement climatique
- Intégration de la thématique du changement climatique au sein de l'Education Nationale
- Créer des périmètres de mise en valeur à base de plantes fourragères
- Réaliser une étude de faisabilité d'une filière labellisée d'artisanat local et des produits du terroir dans une logique d'entrepreneuriat en mobilisant le savoir-faire des femmes rurales
- Réaliser un inventaire des techniques traditionnelles de CES et les intégrer dans les documents de gestion
- Valorisation des plantes médicinales (armoise, genévrier, romarin...)
- Valorisation des produits forestiers non ligneux (miel, graines, résine...)

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Agoumi A., (2003). Vulnerability of North African Countries to Climatic Changes, International Institute for Sustainable Development. 10p. Disponible sur : [http://cckn.net/pdf/north africa.pdf](http://cckn.net/pdf/north%20africa.pdf). Consulté le : 04 -04-2013.

Azzouz M.,(2023) Modélisation des aménagements agro-sylvo-pastoraux des écosystèmes steppiques dans la région de Djelfa ,sujet de thèse de doctorat (université de Ouargla).

Barrett et al., (2020) . la revue *Global Change Biology* en 2020 a montré que les plantes avaient tendance à se déplacer vers des latitudes plus septentrionales en réponse au réchauffement climatique dans l'Arctique

Barry J-P., Celles J-C., Faurell., 1973 - Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques.

Benabderrahmane A., Zouak M., Ouled Belgacem A. (2015). Impact of intensive agriculture on the degradation of the steppe ecosystem in the region of Setif, Algeria. *Journal of Environmental Protection*

Benkadour L., (1991) - La production fourragère des steppes à armoise blanche, cas de la station expérimentale dans la région de Djelfa. Thèse d'Ing. Agro. 110 p.

Benmessaoud S., Ouakid M.L., Slatni A. (2015). Impact of a highway on the vegetation structure and soil properties of a semiarid steppe ecosystem (northern Algeria). *Journal of Arid Environments,*

Boubakeur Guesmi (2009) les changements climatiques dans le milieu steppique (évaluation et impact)-cas de Djelfa , thèse de Magister en sciences agronomiques, université De Djelfa, Algeria.

Christian Lévêque et Jean-Claude Mounoulou, Biodiversité, dynamique biologique et conservation. DUNOD, 248 p., 2001.

Davies, J. H., and D. R. Davies, (2010): Earth's surface heat flux. *Solid Earth*, **1**, 5–24, doi:10.5194/se-1-5-2010.

Dentener, F., D. Stevenson, J. Cofala, R. Mechler, M. Amann, P. Bergamaschi, F. Raes, and R. Derwent, 2005: The impact of air pollutant and methane emission controls on tropospheric ozone and radiative forcing: CTM calculations for the period 1990-2030. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **5**, 1731–1755, doi:10.5194/acp-5-1731-2005.

Djebaili S., 1978 - Recherche phyto-écologique et phyto-sociologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'atlas saharien algérien. Thèse.Doct. U.S.T. Langue doc. Montpellier. 229 p.

- Djebbar Y., Haciane A., Berrahmoune S.** (2019). Impacts of mining activities on the environment in the Algerian Sahara: case of iron ore mines. *Journal of Cleaner Production*
- Fall M; et Nasir O.** (2011) Impacts of Past and Future Glaciation- Deglaciation Cycles on Sedimentary Rocks in Southern Ontario, Final report of Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC), Civil Engineering Department, Faculty of Engineering University of Ottawa, 97p.
- Fröhlich, C., and J. Lean,** (2004): Solar radiative output and its variability: Evidence and mechanisms. *The Astronomy and Astrophysics Review*, **12**, 273–320, doi:10.1007/s00159-004-0024-1.
- G.I.E.C,** (2007). Bilan 2007 des changements climatiques : Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 103p
- Haywood, A. M., Valdes, P. J., Aze, T., Barlow, N., Burke, A., Dolan, A. M., von der Heydt, A. S., Hill, D. J., Jamieson, S. S. R., Otto-Bliesner, B. L., Salzmann, U., Saupe, E., & Voss, J.** (2019). What can Palaeoclimate Modelling do for you? *Earth Systems and Environment*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00093-1>
- Hellal Benchaben, AYAD Nadira, AYACHE Abassia, CHARIF hadidja et HELLAL Tidjani** (2014) Biomasse et taux de recouvrement de l'armoise blanche des parcours steppiques du sud de la préfecture de Tlemcen, *Revue Ecologie-Environnement*, N°10, pp. 66-70.
- I.P.C.C,**(2000). Special Report on Emission Scenarios. In: Nakicenovic N. et Swart R. (eds), Cambridge University Press, New York, USA, 599 pp.
- John Houghton** (Published 4 May 2005) • 2005 IOP Publishing Ltd
Reports on Progress in Physics, Volume 68, Number 6**Citation** John Houghton 2005 *Rep. Prog. Phys.* **68** 1343
- Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A.** (2019). Global Developments: Policy Support for Linking Biodiversity, Health and Climate Change. In M. R. Marselle, J. Stadler, H. Korn, K. N. Irvine, & A. Bonn (Eds.), *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change* (pp. 315–328). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_14
- Lacis, A. A., G. A. Schmidt, D. Rind, and R. A. Ruedy,** 2010: Atmospheric CO₂: Principal control knob governing Earth's temperature. *Science*, **330**, 356–359, doi:10.1126/science.1190653.
- Le Houérou H. N.** (1995), Considération biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique , *Sécheresse*, N.2, Vol.6, pp. 167-182.

Le Houérou H. N., (1996) - Climate change, drought and desertification. *J. Arid Environm.*, 34: 133-185.

Le Houerou H.N.,(1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes Algériennes. Apport de mission de consultation et évaluation. ESAT. Dr de sciences consultantes. pp2-18.

Le Houerou H.N., (2002). Man-made deserts: Desertization processes and threats. *Arid Land Res. Manag.*, 16: 1-36.

Lean, J., (1997): The sun's variable radiation and its relevance for earth. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, **35**, 33–67, doi:10.1146/annurev.astro.35.1.33.

Mathes, G. H., van Dijk, J., Kiessling, W., & Steinbauer, M. J. (2021). Extinction risk controlled by interaction of long-term and short-term climate change. *Nature Ecology & Evolution*. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01377-w>

Meddour-Sahar O., Lancelot L., Meddour R., Belhamra M. (2017). Urbanization effect on the soil degradation in the steppe regions (case of Algeria). *Journal of Environmental Science and Health*,

Michel Petit(2004). VI - L'Effet de Serre Michel Petit Les chercheurs analysent.

Mohammedi Halima, Labani Abderrahmane et Benabdeli Khéloufi,(2006) « Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne », Développement durable et territoires [En ligne], Varia, mis en ligne le 17 juillet 2006, consulté le 26 juillet 2015. URL : <http://developpementdurable.revues.org/2925> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.2925

Nedjimi B., Houmid A M ., (2006). Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *Revue de Chercheur*, 4 : 13/19.

Nedjraoui D. Country pasture/forage resource profiles. Algeria. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2001 Jan.

Nedjraoui D.,(1981).- Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. Thèse Doct. 3^ecycle, USTHB, Alger, 156p.

Nedjraoui D., Bedrani S., (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, 8 : 1-15

Nedjraoui, D. and Bédrani, S. (2008) 'La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte', *VertigoO: la revue électronique en science de l'environnement* , Vol. 6, No. 1 [online] <http://vertigo.revues.org/5375?lang=en#text> (accessed 7 Mai 2015).

Norberg, J., Urban, M. C., Vellend, M., Klausmeier, C. A., & Loeuille, N. (2012). Eco-evolutionary responses of biodiversity to climate change. *Nature Climate Change*, 2(10), 747–751. <https://doi.org/10.1038/nclimate1588> Organisation Météorologique Mondiale OMM (2013) changement climatique : constat et chiffres clés, Note d'information de l'OMM, 11p.

Pailleux Jean (2012) Quelle est la différence entre « météorologie » et « climatologie »FAQClimat,clubdes argonautes, [online]
<http://www.clubdesargonautes.org/faq/pdf/climatetmeteo.pdf>

[accessed on 23/08/2015]

Phillips et al., (2015). la revue *Science* en 2015 a montré que le réchauffement climatique avait entraîné une augmentation de la mortalité des arbres dans les forêts tropicales d'Amérique du Sud en raison de la sécheresse.

Polgar and Primack, (2013). la revue *Ecology Letters* en 2013 a montré que les plantes avaient tendance à feuiller plus tôt en réponse au réchauffement climatique dans les régions tempérées de l'Amérique du Nord

Pouget M., (1980) – Les relations sols végétation dans les steppes Sud Algéroises. 60-

Pouget M., (1980) - Les relations sol- végétation dans les steppes Sud algéroises. Thèse Doct, état. Ed. O.R.S.T.O.M. Paris. 555 p.

Solomon, S., K. H. Rosenlof, R. W. Portmann, J. S. Daniel, S. M. Davis, T. J. Sanford, and G.-K. Plattner, 2010: Contributions of stratospheric water vapor to decadal changes in the rate of global warming. *Science*, **327**, 1219–1223, doi:10.1126/science.1182488.

Smith et Knapp, (2018) .la revue *Nature Climate Change* en 2018 a montré que la concurrence accrue entre les espèces végétales avait entraîné une diminution de la diversité des espèces végétales dans les prairies de Californie en raison du réchauffement climatique

Theodoridis, S., Fordham, D. A., Brown, S. C., Li, S., Rahbek, C., & Nogues-Bravo, D. (2020). Evolutionary history and past climate change shape the distribution of genetic diversity in terrestrial mammals. *Nature Communications*, 11(1), 2557. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16449-5>

Vandenplas, A.(1995): Note sur l'origine et la définition du mot « climat », *Ciel et Terre*, Vol. 71, p. 7-9.

Westerhold, T., Marwan, N., Drury, A. J., Liebrand, D., Agnini, C., Anagnostou, E., Barnet, J. S. K., Bohaty, S. M., De Vleeschouwer, D., Florindo, F., Frederichs, T., Hodell, D. A., Holbourn, A. E., Kroon, D., Lauretano, V., Littler, K., Lourens, L. J., Lyle, M., Pälike, H., ...

Zachos, J. C. (2020). An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years. *Science*, 369(6509), 1383. <https://doi.org/10.1126/science.aba6853>

WMO,(2014): Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014. 416 pp., World Meteorological Organization.

Xu, J., and A. M. Powell, (2013): What happened to surface temperature with sunspot activity in the past 130 years? *Theoretical and Applied Climatology*, **111**, 609–622, doi:10.1007/s00704-012-0694-y.

Zakia N., Yahdjian L., Moureau G. (2013). Long-term effects of overgrazing on plant and soil microbial communities in a North African steppe. *Journal of Arid Environments*,

Résumé

Les changements climatiques dans la zone d'étude ont des répercussions graves sur la biodiversité et l'environnement des steppes de Djelfa, mettant en péril l'équilibre fragile de cet écosystème et la subsistance des populations locales. Des mesures de préservation et d'adaptation sont essentielles pour atténuer ces effets néfastes.

Mots clés : Changement Climatique- Biodiversité-La steppe.

Summary

Climate change in the study area has serious repercussions on the biodiversity and environment of the Djelfa steppes, endangering the fragile balance of this ecosystem and the livelihood of local populations. preservation and adaptation measures are essential to mitigate these harmful effects.

Key words: Climate Change-Biodiversity-The steppe.

ملخص

إن لتغير المناخ في منطقة الدراسة عواقب خطيرة على التنوع البيولوجي والبيئة في سهوب الجلفة، مما يعرض التوازن الهش لهذا النظام البيئي وسبل عيش السكان المحليين للخطر. تعتبر تدابير الحفظ والتكيف ضرورية للتخفيف من هذه الآثار الضارة.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية- التنوع البيولوجي-السهوب