

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Dr. MOULAY TAHAR -Saida-



**Faculté des Faculté des
sciences de la nature et de la
vie**

**Département Agronomie et
sciences nutrition**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme

De Master en Agronomie

Option: Protection des Ecosystèmes

Thème

**Impact du changement climatique sur les
formations forestières de la zone de Saida**

Présenté par: M^r KHELIDJ Mokhtar

Soutenu le: 30 /06/2024

Devant la commission de jury, composée par:

Président: Mr. YAHYA Nasrallah

Encadreur: Mr. SI TAYEB Tayeb

Examineur: Mr. BELHADI Abdelkader

Année universitaire: 2023 – 2024

Remerciements

Nos Remerciements vont tout premièrement, à Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage pour réaliser ce travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr SI TAYEB Tayeb, un remerciement spécial pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, son aide et ses conseils pour élaborer ce travail.

Nos sincères remerciements à tous les membres du jury : Mr. YAHYA Nasrallah et Mr. BELHADI Abdelkader, qui nous ont fait l'honneur d'avoir accepté d'examiner et évaluer notre modeste travail.

En fin toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire soit sincèrement remerciée ainsi que les enseignants qui ont partagés avec nous à tous les moments de notre chemin d'étude.

Dédicaces

A mes chers parents, qui nous ont donnés tout le courage, la tendresse et la passion.

A mes sœurs et frères

A toutes la famille KHELIDJ

A tous mes chers amis

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

A tous ceux qui nous ont honorés de leur savoir, nous dédions ce travail.

Résumé

Le phénomène de la désertification affecte tous les continents, essentiellement les zones arides et semi-arides. Son expansion est un des problèmes environnementaux majeurs de notre époque. Selon la convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, le terme désertification désigne « la dégradation des terres par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

La problématique de la désertification, connue comme étant le processus de dégradation des sols sous l'effet des facteurs anthropiques, engendre des répercussions souvent irréversibles (labours steppiques, surcharges pastorales, défrichement, incendies, déboisements (coupes illicites), etc.). Elle se pose particulièrement et avec acuité dans les zones à bioclimat aride et semi-aride de l'Atlas tellien. Ainsi, ce travail s'inscrit dans le cadre du suivi du phénomène de la désertification et de l'impact des facteurs naturels (sols, climat, hydrologie et végétation) sur un espace au cœur des hautes plaines steppiques sud-oranaises, en l'occurrence la région de Saïda en Algérie.

Mot-clés: *Désertification/ région semi-aride/ Climat/ facteurs climatiques/ région saïda (algérie)*

Abstract:

The phenomenon of desertification affects all continents, mainly arid and semi-arid areas. Its expansion is a major environmental problem of our time. According to the United Nations Convention to Combat Desertification, desertification is the term for "land degradation resulting from various factors, including climatic variations and human activities."

The problem of desertification, known as the process of land degradation due to anthropogenic factors, results in often irreversible impacts (plowing of steppe lands, overgrazing, land clearing, fires, deforestation (illegal logging), etc.). This issue is particularly acute in areas with arid and semi-arid bioclimates of the Tell Atlas. Thus, this work is part of the monitoring of desertification and the impact of natural factors (soils, climate, hydrology, and vegetation) on a region in the heart of the high steppe plains of southern Oran, specifically the Saida region in Algeria.

Keywords: Desertification, semi-arid region, climatic factors, Saida region, Algeria

المخلص:

تؤثر ظاهرة التصحر على جميع القارات، وخاصة المناطق القاحلة وشبه القاحلة. يعد توسعها أحد المشاكل البيئية الرئيسية في عصرنا. ووفقاً لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر، يشير مصطلح التصحر إلى "تدهور الأراضي نتيجة لعوامل مختلفة، بما في ذلك التغيرات المناخية والأنشطة البشرية".

إن مشكلة التصحر، المعروفة بعملية تدهور التربة تحت تأثير العوامل البشرية، غالباً ما تكون لها تداعيات لا رجعة فيها (حرق السهوب، والأحمال الرعوية الزائدة، وتطهير الأراضي، والحرائق، وإزالة الغابات (قطع الأشجار غير القانوني)، وما إلى ذلك). وينشأ بشكل خاص وحاد في المناطق ذات المناخ الحيوي الجاف وشبه الجاف للأطلس التلي. وبالتالي، فإن هذا العمل يندرج في إطار رصد

ظاهرة التصحر وتأثير العوامل الطبيعية (التربة، المناخ، الهيدرولوجيا والغطاء النباتي) على منطقة في قلب سهول وهران الجنوبية المرتفعة، وتحديد منطقة صيدا في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: التصحر/ المنطقة شبه القاحلة/ المناخ/ العوامل المناخية/ منطقة صيدا (الجزائر)

Liste des figures

Les figures de chapitre I

Figure 1.1: Evolution des températures moyenne (l'OMM, 2021).....	9
Figure 1.2: Contributions au changement de la température observé en surface entre 1951 et 2010 (Melle ZIMOUCHE Afaf, 2021).....	13
Figure 1.3: Bilan d'énergie annuelle globale de la Terre. La quantité de rayonnement solaire absorbée par la surface et l'atmosphère est compensée par celle de rayonnement infrarouge émis par la surface et l'atmosphère (W/m2) (Pascalle, , 2008).....	16

Les figures de chapitre II

Figure 2.1 : Carte de situation administrative de Saida.....	23
Figure 2.2 : Carte étages climatique de la wilaya de Saida.....	25
Figure 2.3 : La carte Administratif de la willaya de SAIDA.....	27
Figure 2.4 : Carte bassins versants.	28
Figure 2.5 : Carte hydrographique.....	29
Figure 2.6 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida.....	31
Figure 2.7: Evolution du débit de quelques sources (KEFIFA, 2013-2014).	34
Figure 2.8 : Carte d'occupation du sol (KEFIFA, 2013-2014).	35
Figure 2.9 : Carte des groupements forestiers (TERRAS, 2010-2011).	40
Figure 2.10 : Carte des monts Saida.	45
Figure 2.11 : Carte des pentes des monts de Saida (KEFIFA, 2013-2014).	47

Les figures de chapitre III

Figure 3.1: Carte de régions climatiques des 4 zones (KHEZAZNA, 2017)	53
Figure 3.2: Carte de températures min max de la station Alger port.....	54
Figure 3.3: Carte de températures min max de la station chlef.....	55
Figure 3.4: Carte de températures min max de la station djelfa.....	55
Figure 3.5: Carte de températures min max de la station Adrar.....	56
Figure 3.6: Carte de températures min max.	57
Figure 3.7: Les précipitations annuelles (1981 à 2001 et de 2002 à 2022).....	59
Figure 3.8: Les précipitations mensuelles (1981 à 2001 et de 2002 à 2022).....	59
Figure 3.9: Température annuelle maximale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022).....	62
Figure 3.10: Température mensuelle maximale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022).....	62

<i>Figure 3.11: Température annuelle minimale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)</i>	63
<i>Figure 3.12: Température mensuelle minimale(1981 à 2001 et de 2002 à 2022)</i>	64
<i>Figure 3.13: Température écarte annuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)</i>	65
<i>Figure 3.14: Température écarte mensuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)</i>	66
<i>Figure 3.15: Humidité annuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)</i>	67
<i>Figure 3.16: Humidité mensuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)</i>	67
<i>Figure 3.17: Position de la wilaya de Saida dans le Climagramme d'Emberger</i>	74
<i>Figure 3.18: fenêtre d'affichage des donnes sur SPSS (Hamedane, 2017)</i>	76
<i>Figure 3.19: L'ongle affichage des variables (Hamedane, 2017)</i>	77
<i>Figure 3.20: Fenêtre des résultats (Hamedane, 2017).</i>	79
<i>Figure 3.21: Moyennes marginales estimées de précipitations</i>	83
<i>Figure 3.22: Moyennes marginales estimées de données de températures annuelles.</i>	86
<i>Figure 3.23: Moyennes marginales estimées de données de l'humidité relative annuelles</i>	89

Les figures de chapitre VI

<i>Figure 4.1: Méthodologie du travail</i>	94
<i>Figure 4.2: Indice de végétation NDVI 2005</i>	95
<i>Figure 4.3: Indice de végétation NDVI 2010</i>	95
<i>Figure 4.4: Indice de végétation NDVI 2020</i>	96
<i>Figure 4.5: Changement entre 2005 et 2010</i>	97
<i>Figure 4.6: Changement entre 2010 et 2020</i>	97

Liste des tableaux

Les tableaux de chapitre I

Tableau 1.1: Classification du climat selon Koppen (types des climats) (claude gabriel.be., 2001).....	5
Tableau 1.2 : Conséquences et impacts des différents aléas. (Melle. Lemkak Hafssa, 2022).	20

Les tableaux de chapitre II

Tableau 2.1 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie (1980-2010) (KEFIFA, 2013-2014).	24
Tableau 2.2 : Moyennes mensuelles des températures (1980-2010) (KEFIFA, 2013-2014) ..	24
Tableau 2.3: débit initial et actuel d'eau (KEFIFA, 2013-2014)	33
Tableau 2.4 : Les fores de wilaya.	38

Les tableaux de chapitre III

Tableau 3.1: Caractéristiques de la station de SAIDA (Rebahia).....	58
Tableau 3.2 : Statistiques descriptives des données de précipitations	81
Tableau 3.3: Tests des effets inter-sujetsdes données de précipitations.....	82
Tableau 3.4 : Tests post hocdes données de précipitations	82
Tableau 3.5 : Statistiques descriptives des données de températures moyennes annuelles	84
Tableau 3.6: Tests des effets inter-sujets des données de températures moyennes annuelles .	85
Tableau 3.7:Tests post hocdes données de températures moyennes annuelles	85
Tableau 3.8 : Statistiques descriptives des données de l'humidité relative.....	87
Tableau 3.9 : Tests post hocdes données des données de l'humidité relative	88
Tableau 3.10: Tests post hocdes données de données de l'humidité relative	88

Table des matières

Dédicaces

Résumé

<i>Liste des figures</i>	<i>i</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>iii</i>
<i>Table des matières</i>	<i>iv</i>
<i>Introduction générale</i>	<i>1</i>

CHAPITRE I : Etude Bibliographique

1. Introduction.....	4
2. Le climat.....	4
3. Classification du climat.....	4
4. Les éléments de climat	5
5. Les échelles du climat	7
5.1. Les climats zonaux	7
5.2. Les climats régionaux ou macroclimats	7
5.3. Les climats locaux ou mésoclimats	7
5.4. Les microclimats.....	8
6. Changement climatique.....	8
7. L'histoire de changement climatique	9
8. Les indicateurs de l'évolution climatique.....	10
9. Types de changement climatique.....	11
9.1. Changement climatique mondial (global)	11
9.2. Changement climatique régional	11
9.3. Changement climatique aux pays du Maghreb	12
10. Les causes du changement climatique.....	12
10.1. Causes humaines	14
10.2. Causes naturelles	15
10.3. Effet de serres naturelles	15
10.4. Les gaz responsables du changement climatique	16

11. La Sécheresse	17
11.1. Définition.....	17
11.2. Les types de Sécheresse.....	18
11.2.1. La sécheresse météorologique.....	18
11.2.2. La sécheresse hydrologique	18
11.2.3. La sécheresse agricole.....	18
12. Conséquences du changement climatique	19
13. Conclusion.....	20

CHAPITRE II: Présentation De La Zone D'étude

1. Introduction.....	22
2. Localisation de la zone d'étude.....	22
2.1 Situation géographique et administrative	22
2.2. Le climat.....	23
2.3. Commune de Saida.....	25
3. Présentation du bassin Versant.....	27
4. Hydrologie.....	29
4.1. Le réseau hydrographique.....	29
4.2. Estimation des ressources en eau superficielles.....	31
4.2.1. L'espace Nord ou Zone des Bassins versants comprend	31
4.2.2. L'espace Sud Zone steppique.....	32
4.3. Ressources en eaux souterraines	32
4.4. La répartition de l'eau	32
5. La végétation.....	34
6. Start forestier	36
6.1 Caractéristiques floristiques.....	38
6.1.1. Aspects floristiques	38
6.1.2. Groupement à Chêne vert.....	38
6.1.3. Groupement à Pin d'Alep et Chêne kermès	38
6.1.4. Groupement Oleo-lenisque	39
6.1.5. Groupement de Tetraclinis articulata	39
6.1.6. Importance des grandes graminées.....	39

6.2. La connaissance des stations forestières.....	40
6.3. Connaitre les facteurs de croissance des arbres	40
6.4. Identifier et caractériser les stations forestières	41
6.5. Qu'est –ce qu'un type de station forestière ?.....	41
6.6. Stations et production forestière	41
7 Géographie physique, géologie et géomorphologie.....	42
7.1 Aspects géographiques.....	42
7.2. Les caractéristiques physiques du relief.....	43
7.2.1. Le milieu montagnard	43
7.2.2. Les plateaux.....	44
7.2.3 Le milieu steppique	44
8. Caractérisation des monts de Saida.....	44
8.1. Généralité territoriale	44
8.2. Les caractéristiques physiques des monts de Saida	45
8.2.1. Aspects géographiques	45
8.2.2. Les pentes	46
9. Etude Eco pédologie.....	47
9.1. Stratigraphie et lithologie	47
9.1.1. Formation Marneuse du Toarcien	47
9.1.2. Formation Aoleno-Bajocien	48
9.1.3. Formation du Bajocien-Bathocien	48
9.1.4. Formation Callovien-Oxfordien	48
9.1.5. Formation Lusitancien-Kimmerdigien	48
9.1.6. Formation Plio-Quaternaire et Quaternaire.....	48
10. Cadre édaphique.....	49
10.1. Sols calcaires	49
10.2. Sols rouges.....	49
10.3. Sols calciques	49
11. Conclusion.....	50

CHAPITRE III: Etude climatique

1. Introduction.....	52
2. Définition du climat	52
3. Le climat de l'Algérie.....	52
4. le climat dans la zone d'étude (SAIDA).....	57
5. Les facteurs climatiques	57
6. Aspect climatologique	58
6.1. La pluviométrie	58
6.2. Analyse des Données Climatiques.....	60
6.2.1. Précipitation	60
6.2.2. Interprétation	60
6.3. Température	61
6.3.1. Interprétation des Données de Température.....	64
6.4. Humidité.....	66
6.4.1. Analyse des Données d'Humidité.....	67
6.4.2. Interprétation des Données d'Humidité	68
7. Analyse des variables climatiques.....	69
8. Quotient pluviothermique et climagramme	73
9. Qu'est-ce que SPSS ?	74
10. Objectifs de SPSS.....	75
11. Les différentes fenêtres de SPSS.....	75
11.1. La fenêtre éditeur de données	75
11.1.1. Description du menu	76
11.1.2. L'onglet affichage données	77
11.1.3. L'onglet Affichage des variables	77
11.1.4. La définition des variables	77
11.2. Fenêtre de syntaxe (syntax editor)	78
12. Analyse des Précipitations sur Cinq Périodes de Dix Ans	80
13. Analyse des Températures Annuelles sur Quatre Périodes de Dix Ans	83
14. Analyse de l'Humidité Relative sur Quatre Périodes de Dix Ans	86

<i>15. Synthèse</i>	89
<i>16. Conclusion</i>	90
<i>CHAPITRE IV: Détection Des Changements De La Couverture Végétale De La zone De Saida</i>	
<i>1. Introduction</i>	92
<i>2. Méthodologie</i>	93
<i>3. Préparation des images</i>	94
<i>4. Calcul du NDVI</i>	94
<i>5. Classification du changement</i>	96
<i>6. Résultats</i>	98
<i>7. Recommandations</i>	98
<i>Conclusion Générale</i>	101
<i>Référence Bibliographie</i>	102

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Par sa position géographique et son climat semi-aride, l'Algérie se trouve confrontée à d'énormes défis liés principalement aux différentes perturbations climatiques qui engendrent des irrégularités dans les systèmes climatiques, affectant sensiblement les activités économiques du pays (succession des sécheresses, inondations catastrophiques). L'Algérie, à l'instar des autres pays de la région, n'est nullement à l'abri du changement climatique observé à l'échelle planétaire durant les dernières décennies (BELAROUÏ, 2012).

Le problème des sécheresses chroniques, la dégradation de la steppe, les incendies de forêts ainsi que la désertification demeurent toutefois des incidences climatiques ayant considérablement affecté le pays et sont souvent attribués à un changement climatique dans notre région (BELAROUÏ, 2012).

L'étude de quelques paramètres météorologiques (température minimale, température maximale, précipitations) à l'échelle saisonnière et annuelle révèle des tendances significatives enregistrées au cours des 50 dernières années. Une sensible augmentation de la température minimale et maximale est notée depuis les années quatre-vingt sur l'ensemble de la région nord du pays après avoir connu une diminution régulière, et ce, pour les saisons d'automne, de printemps, d'été et à l'échelle annuelle. L'ouest et l'extrême sud du Sahara ont plutôt connu une tendance significative à la hausse de la température maximale pour les saisons d'automne et une diminution de celle-ci au printemps, dans la même période (BELAROUÏ, 2012).

Le régime pluviométrique, quant à lui, révèle une baisse sensible des pluies sur la majeure partie du pays à l'échelle saisonnière et annuelle, à l'exception de la région de Constantine et du nord-est du Sahara. La vigueur des pluies d'hiver à l'échelle régionale confirme bien les résultats obtenus à l'échelle saisonnière (BELAROUÏ, 2012).

Le déboisement, causé par la recherche de bois à brûler et l'abattage des arbres, expose le sol au soleil, au vent et à l'eau, ce qui entraîne l'érosion avec le temps. Le déboisement détruit les arbres qui maintiennent la terre en place. Le bois est la principale source d'énergie domestique (éclairage, cuisson) dans de nombreuses régions arides (BELAROUÏ, 2012).

La surexploitation des pâturages et l'usage incontrôlé de ces pratiques peuvent mener à la surexploitation des terres, qui sont la principale cause de la dégradation des terres sèches (BELAROUÏ, 2012).

L'étude de la dynamique de la végétation forestière des Monts de Saïda à l'aide du SIG et de l'imagerie satellitaire a été considérée pour estimer l'ampleur de la dégradation qui a affecté cette zone très sensible et importante. Cette connaissance de la dynamique de la végétation constitue un enjeu indispensable pour la conservation et la préservation durable des écosystèmes forestiers.

En somme, cette étude vise à examiner les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers de la région de Saïda, en mettant l'accent sur les modifications de la structure, de la composition et de la dynamique des peuplements forestiers. Nos recherches contribueront à une meilleure compréhension des vulnérabilités de ces formations forestières face aux variations climatiques, et fourniront des données précieuses pour l'élaboration de stratégies de gestion et de conservation adaptées aux défis environnementaux actuels et futurs.

CHAPITRE I :

Etude Bibliographique

1. Introduction

Le climat est le plus grand facteur affectant le secteur agricole, car il a un impact aussi bien sur la plante que sur le sol. La meilleure preuve est les grands changements qui se produisent ces dernières années dans le monde et son impact sur les cultures agricoles en raison du phénomène de chevauchement des saisons et des changements soudains et brusques du temps tels que : l'intensité du vent, taux et quantités de précipitations, différence de température entre froid en hiver et chaud en été et la violence des phénomènes météorologiques au printemps. Ces menaces du changement climatique sont le centre d'inquiétude de la communauté. Afin de comprendre ce phénomène, il faudrait connaître la signification du terme « changement climatique ». Le sens du terme « changement climatique » est assez simple à comprendre et ne suscite plus de controverses. Cependant, ses causes, sa magnitude ainsi que les impacts de ces changements sur le bien-être humain et l'environnement sont très discutés (ZIMOUCHE, 2021)

2. Le climat

Le climat est l'état physique de l'atmosphère en un lieu et à un moment donnée. Il correspond à la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période de temps donné. Le climat est une ressource naturelle qui affecte une bonne partie des activités humaines telles que la production agricole, la consommation d'énergie et l'utilisation de certaines ressources telle que l'eau (ONM, 1992).

Le climat est défini comme l'état moyen sur une période d'au moins 30 ans de l'atmosphère en un lieu donné, en termes de températures et de précipitations ou encore d'humidité. La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent, sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels (Yahiaoui, 2015.).

3. Classification du climat

Ci-après récapitule les différentes zones climatiques selon Koppen (tableau 1)

Code	Type	Description
A	Climat tropical	<ul style="list-style-type: none"> – Température moyenne de chaque mois est supérieure à 18°C. – Pas de saison hivernale – Fortes précipitation annuelles (supérieure à l'évaporation annuelle)
B	climat sec	<ul style="list-style-type: none"> – Evaporation annuelles supérieure aux précipitations annuelles – Aucun cours d'eau permanent
C	Climat tempéré chaud	<ul style="list-style-type: none"> – Températures moyennes des 3 mois les plus froids comprises entre -30°C et 18°C. – Température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10°C – Les saisons été et hiver sont bien définies.
D	Climat tempéré froid	<ul style="list-style-type: none"> – Température moyenne du mois le plus froid est inférieurs à -3°C – Température moyenne du mois le plus chaud est supérieur à 10°C. – Les saisons été et hiver sont bien définies
E	Climat polaire	<ul style="list-style-type: none"> – Température moyenne du mois le plus chaud est inférieur à 10°C. – La saison d'été est très peu marquée

Tableau 1.1. Classification du climat selon Koppen (types des climats) (claude gabriel, 2001)

4. Les éléments de climat

- Pression atmosphérique

La pression atmosphérique définie comme l'intensité du poids P (produit de la masse m par l'accélération de la pesanteur g , $P = mg$) de la colonne d'air qui se trouve au-dessus d'une surface horizontale d'aire unité. Une connaissance fine des variations horizontales et verticales de la pression atmosphérique, comme de

celles de la température, de l'humidité et du vent, est fondamentale en météorologie car elle permet de déterminer les principales caractéristiques de l'état physique de l'atmosphère, de ses déséquilibres et de ses futures évolutions. Les zones de hautes pressions (anticyclones, dorsales météorologiques) favorisent les ciels dégagés, les zones de basses pressions (dépressions, thalwegs) favorisent au contraire les nuages, la pluie et le vent qui accompagnent le mauvais temps. De faibles variations locales de la pression peuvent être le signe avant-coureur d'une transformation rapide, et parfois dramatique, des conditions ambiantes.

- La température

La température est considérée comme une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. La température est la manifestation, à l'échelle macroscopique, du mouvement des atomes et molécules. Le régime thermique d'un milieu est la variation des températures enregistrée en ce milieu. L'amplitude thermique annuelle est la différence de température entre les mois les plus chauds et les mois les plus froids au cours d'une année. La température varie avec les saisons, l'altitude, la latitude et la proximité de la mer (Vincent, 2010).

- Les précipitations

C'est l'ensemble des différentes formes et états sous lesquelles l'eau atmosphérique: solide (neige), liquide (pluie) et gazeuse (brouillard, rossé), se déplace à la surface du globe. Les pluies ont pour origine la vaporisation des eaux terrestres, qui après condensation, se transforment en liquide au niveau de l'atmosphère, puis tombent sous forme de pluies (Vincent, 2010).

- Vent

Le vent est le déplacement de l'air au sein de l'atmosphère. Il est né sous l'effet des différences de températures et de pressions. Ainsi, lorsqu'il existe une différence de pression entre deux points, l'air circule de l'endroit où la pression est la plus élevée (où l'air est froid) vers l'endroit où elle est la moins élevée (où l'air est chaud). En d'autres termes, l'air se déplace de la haute pression vers la basse pression.

Le grand responsable de ce phénomène est le soleil. Il chauffe les mers et les continents mais pas au même rythme (matin et soir). Une fois réchauffés, ces derniers chauffent à leur tour les masses d'air qui les surplombent. La mesure du vent comprend deux grandeurs à savoir, la vitesse et la direction du vent. Pour mesurer la vitesse du vent on se sert d'un anémomètre (Berrached, 2015).

- L'humidité

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace. On doit distinguer l'humidité relative et l'humidité absolue : L'humidité relative n'est pas réellement une mesure de la quantité de vapeur d'eau dans l'aire mais plutôt un ratio entre la quantité de vapeur d'eau dans l'aire et sa capacité. En général, quand on parle de mesure d'humidité, on fait allusion à l'humidité relative exprimée en % (Vincent, 2010).

- Ensoleillement

On appelle durée effective d'ensoleillement ou insolation (SS) le temps pendant lequel, au cours d'une journée (mesure en durée d'insolation en heures), le rayonnement solaire direct a atteint le sol du lieu considéré. On appelle rayonnement direct le rayonnement qui atteint la surface terrestre sans avoir subi de déviation depuis son émission par le soleil (Reddah, 2015).

5. Les échelles du climat

On distingue les climats zonaux, régionaux, locaux et les microclimats (BENTOUATI, 2023).

5.1. Les climats zonaux

De part et d'autre de l'équateur et en se déplaçant vers des pôles, on trouve un climat équatorial, tropical, subtropical, tempéré, subpolaire et polaire. Le découpage définit cinq bandes de latitude à climat homogène de variabilité pluriannuelle : les zones équatoriale, tropicale, aride, tempérée et polaire

5.2. Les climats régionaux ou macroclimats

Le climat régional se limite à une région mieux définie par son relief, sa latitude, son éloignement de la mer. Les climats régionaux sont déterminés par des facteurs dont l'influence est plus limitée : montagne, mers inférieures.

5.3. Les climats locaux ou mésoclimats

Dans une région climatique le climat n'est pas le même en tout lieu, on distingue ainsi, des climats locaux variables suivant l'altitude, la nature du sol et de sa couverture, l'éloignement de la mer et l'exposition. Le climat local est une variante de climat régional causée par le relief, la présence de forêts ou type de sol.

Le mésoclimat désigne les conditions climatiques différentes des conditions régionales qui se manifestent sur une étendue de quelques kilomètres de diamètres et sur une hauteur de 100 à 200 mètres. C'est un climat d'un biotope et ambiance climatique interne d'une végétation.

5.4. Les microclimats

Le microclimat désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très restreinte, significativement distinctes du climat général de la zone où se situe cette région. Le microclimat est représentatif des conditions climatiques qui règnent au sein d'une station écologique (micro-écosystème), celle-ci résultant d'une modification plus ou moins accusée de climat local (mésoclimat) sous l'influence de divers autres facteurs (topographie, sol) ainsi que des constituants biologiques (plus particulièrement végétation) propre à cette station, avec l'intervention en particulier des caractéristiques géomorphologiques régionales susceptibles de modifier le bilan énergétique et perturber l'écoulement de l'air.

6. Changement climatique

Le changement climatique, correspond à une modification durable de la décennie au million d'années, des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures, ou plus récemment, aux activités humaines (Yahiaoui, 2015.).

Des changements climatiques et des changements de rythme correspondants peuvent être observés dans cette zone. Le temps moyen comprend tous les éléments que nous associons normalement au temps, à savoir la température, les caractéristiques des vents, les précipitations et la durée d'insolation. Lorsque nous parlons de changement climatique à l'échelle de la planète, nous faisons référence aux modifications que nous connaissons' l'ensemble de la terre. Développement rapide de mesures pour faire face au changement climatique à long terme dans le domaine des écosystèmes naturels (Tabet, 2008)

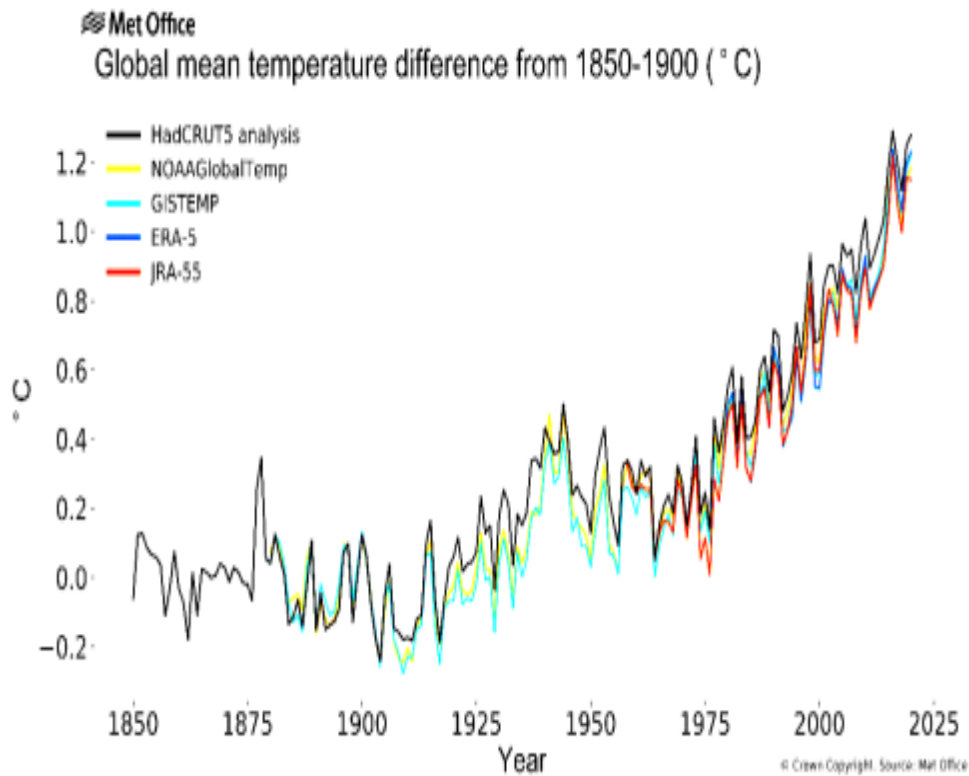


Figure 1.1: Evolution des températures moyenne (l'OMM, 2021)

Les six années écoulées depuis 2015 ont été les plus chaudes jamais enregistrées, et la décennie 2011-2020 a été la plus chaude jamais constatée.

7. L'historique de changement climatique

Le changement climatique est considéré comme l'un des phénomènes les plus importants pouvant affecter l'humanité à moyen et long terme, raison pour laquelle, depuis le XIXe siècle, les scientifiques se sont intéressés à étudier tous les aspects du climat (Pierrehumbert, 2005).

À la fin du XXe siècle, les premiers signes de modification de l'équilibre naturel ont été observés. Ce changement s'est traduit par une augmentation de la température moyenne, une plus forte variabilité de la pluviométrie et l'augmentation de l'occurrence de conditions extrêmes telles que les inondations, les sécheresses, les cyclones, les tsunamis, etc. (GIEC, 2007). Les dernières observations scientifiques sur les causes du changement climatique et leurs impacts à court, moyen et à long terme ont été présentés dans le cinquième rapport mondial d'évaluation du climat du AR5 préparé par "Intergouvernemental Panel on Climate Change" (IPCC, 2014)

À l'échelle globale, les statistiques montrent qu'au cours du 20^{-ème} siècle, la terre s'est réchauffée de 0,76°C. Les données météorologiques concernant l'Afrique du Nord (AN) indiquent que le réchauffement climatique est plus accentué dans cette région en comparaison avec la moyenne mondiale. En effet, la hausse des températures au 20^{ème} siècle concernant l'AN s'est située entre 1,5 et 2°C selon les régions, et la baisse des précipitations est estimée entre 10 et 20% (Philippe, 2007). Ceci montre que les pays de l'AN subiront, plus que d'autres régions, les impacts du CC (Aoul, 2007.).

Les simulations effectuées indiquent que les principaux facteurs à l'origine de ce phénomène sont à la fois naturels (rayonnement solaire, activités volcaniques, etc.) et anthropogènes (dus aux activités humaines). Les dernières décennies sont caractérisées par un réchauffement intense à la surface de la Terre par rapport aux décennies précédentes depuis 1850. (ALLOU et BENMKIDICHE, 2022)

8. Les indicateurs de l'évolution climatique

Selon le 4^{ème} rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) publié en 2007, les principaux indicateurs d'un changement climatique peuvent être résumés comme suit:

* L'augmentation de la température moyenne à la surface de la terre. Selon le même rapport, la nouvelle valeur de la vitesse moyenne du réchauffement au cours des cents dernières années (1906-2005) est de 0,74°C en moyenne (0,56 à 0,92°C). Cette valeur est plus grande que celle calculée au moment du troisième rapport pour la période 1901-2000, soit 0,6 °C.

* L'augmentation du niveau moyen des océans. Ce dernier, qui était mesuré par des marégraphes le long des côtes continentales et de quelques îles, en moyenne annuelle sur toute la planète, s'est élevé à un rythme de 0,7 mm/an entre 1870 et 1930 et d'environ 1,7 mm/an après 1930

* La variation des précipitations : entre 1900 et 2005, les précipitations ont fortement augmenté dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le nord de l'Europe et dans le nord et le centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud. Il est probable que la sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970.

* Les indicateurs biologiques tels que les déplacements de populations animales terrestres ou marines et l'évolution des dates d'activités agricoles saisonnières, montrent aussi la survenue d'un réchauffement climatique.

* Les évènements climatiques extrêmes comme les inondations, les sécheresses et les vagues chaleurs.

* Une diminution dans la masse des calottes de glace du Groenland et de l'Antarctique

Augmentation de la température des océans, et aussi du contenu d'énergie thermique de l'océan.

* Modification de la fréquence des évènements extrêmes (Ghodbane et Berrached, 2020)

9. Types de changement climatique

9.1. Changement climatique mondial (global)

Le changement climatique correspond à un changement du «temps moyen» observé dans une région donnée. Le temps moyen comprend tous les éléments que nous associons habituellement au temps, à savoir la température, les caractéristiques des vents et les précipitations. Lorsque nous parlons de changement climatique à l'échelle de la planète, nous faisons référence aux modifications que connaît l'ensemble du climat de la terre. A long terme, la rapidité et l'ampleur des changements climatiques peuvent avoir de nombreuses conséquences sur les écosystèmes naturels. (Environnement Canada, 2014)

Le changement climatique mondial est bel et bien un phénomène naturel. Le système climatique naturel de la terre a toujours connu, et continue de connaître des changements. Les scientifiques ont étudié les données qu'ont emmagasinées au fil des époques les roches et les nappes glaciaires. Ils ont ainsi découvert que la terre a connu de nombreuses périodes de réchauffement et de refroidissement au cours du dernier million d'années. (TABEAUD et MAGDELAINE, 2014).

9.2. Changement climatique régional

Les activités humaines modifient le climat de certaines régions. Les villes créent des microclimats et élèvent la température de quelques degrés. La déforestation accélère la sécheresse. Comme le montrent les données d'observation disponibles, le changement climatique à l'échelle régionale, en particulier la hausse des températures, affecte déjà différents systèmes physiques et biologiques dans de nombreuses régions du monde. Certains des changements observés sont le recul glaciaire, la fonte du pergélisol, le gel lent et l'effondrement précoce de la glace dans les rivières et les lacs, la prolongation de la croissance

des latitudes moyennes aux hautes latitudes, les changements d'altitude ou vers les pôles. Espèces animales, régression de certaines populations végétales et animales, précocité des fleurs des arbres, émergence des insectes et ponte.

Certaines corrélations entre l'évolution des températures à l'échelle régionale et les changements observés des systèmes physiques et biologiques ont été établies dans nombre de milieux marins, terrestres et aquatiques. (AHMAD et al., 2001).

Beaucoup d'études ont montré que les villes présentent des micros-climat, ou encore appelé "Ilot de Chaleur urbain», et prouve ainsi que l'activité humaine influe sur le climat. (ELOUISSI, 2016).

9.3. Changement climatique aux pays du Maghreb

Le climat de la zone méditerranéenne se situe dans une zone climatique de transition entre deux autres régimes bien plus réguliers (tempéré et tropical). Dans la zone méditerranéenne, l'année se divise en deux saisons. Compte tenu de la latitude, la température varie dans l'année. Il existe donc une saison froide et une saison chaude. En Afrique du Nord, les pays du Maghreb se trouvent dans une région aride à semi-aride avec un climat saharien dans la partie sud, océanique dans la partie Ouest et méditerranéen dans la partie Nord. Les changements climatiques, pour cette partie du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) très peu émettrice de gaz à effet de serre, représentent une véritable menace pour son développement socio-économique et pour la vie des populations. Cette vulnérabilité extrême et le besoin de stratégies d'adaptation de secteurs clés de l'économie de la région aux impacts possibles de ces changements climatiques représentent de vrais enjeux pour le développement durable de ces pays. (TABEAUD et MAGDELAINE, 2014)

10. Les causes du changement climatique

Les définitions du changement climatique soulignent qu'il est causé par des processus naturels internes et les forçages externes tels que les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques et les changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres. Parmi toutes ces causes, il est largement noté dans la littérature que l'action de l'homme sur le système climatique participe le plus au changement climatique à travers les émissions anthropiques de gaz à effet de serre qui sont de plus en plus élevées.

Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) que sont le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et le dioxyde de carbone (CO₂), ont

considérablement augmenté depuis l'ère préindustrielle, et en même temps causé l'augmentation de la température mondiale et le changement climatique.

Les émissions mondiales totales de gaz à effet de serre anthropiques ont continué d'augmenter de 1970 à 2010, et l'augmentation absolue de 2000 à 2010 a été encore plus importante. En 2010, les émissions anthropiques annuelles de gaz à effet de serre ont atteint 49 ($\pm 4,5$) GteqCO₂. Le GIEC a souligné que la croissance économique et démographique expliquait ces chiffres élevés. Ces deux facteurs restent les principaux moteurs de l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) causées par l'utilisation de combustibles fossiles. Entre 1970 et 2010, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) provenant des combustibles fossiles et des procédés industriels ont représenté 78 % de l'augmentation des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Selon ce rapport, l'Homme ait été extrêmement probable la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du 20^{ème} siècle. (ZIMOUCHE, 2021)

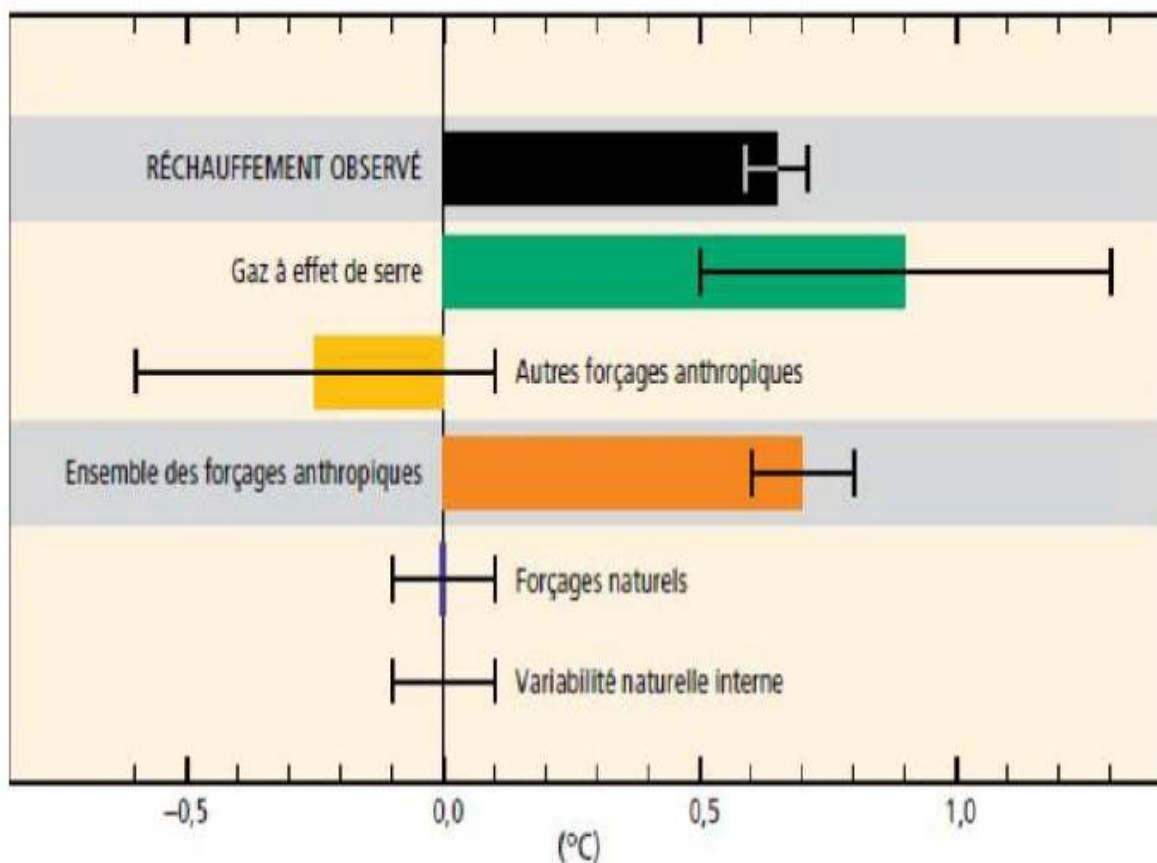


Figure 1.2: Contributions au changement de la température observé en surface entre 1951 et 2010 (ZIMOUCHE, 2021)

10.1. Causes humaines * Déforestation :

La déforestation est l'une des principales causes humaines du changement climatique. Les humains enlèvent des arbres dans la plupart des forêts pour créer de l'espace pour l'agriculture, les bâtiments et d'autres activités, contribuant au réchauffement planétaire. Les arbres consomment du dioxyde de carbone dans les constructions photovoltaïques, et les surplus sont stockés pour soutenir leur croissance et leur développement, et lorsqu'ils sont coupés, le dioxyde de carbone qui y est stocké est émis pour s'accumuler dans l'atmosphère.

***L'agriculture :**

L'agriculture est l'une des causes humaines les plus importantes de changement climatique, en raison de la déforestation, de l'exploitation des terres et de la conversion agricole, ainsi que des pratiques agricoles modernes. - Tels que l'utilisation d'engrais industriels et l'utilisation de machines pour intensifier la production agricole : préparation, stockage, traitement, emballage et transport. Chez le bétail, le méthane est produit à partir de certains corps animaux en raison de la fermentation intestinale pendant la digestion des fourrages, ainsi que d'importantes émissions de méthane provenant des rizières. Il convient de noter que les déchets chimiques produits par certaines pratiques agricoles ont contribué au changement climatique, car ils sont causés par la perte de biodiversité et l'érosion accélérée des sols, ce qu'a accru l'acidification des eaux océaniques.

***l'industrie :**

La révolution industrielle et les diverses activités de fabrication sont liées aux effets environnementaux négatifs qui causent le changement climatique. Les innovations technologiques récentes ont conduit au remplacement du travail humain par des machines qui consomment de grandes quantités d'énergie. À mesure que l'industrialisation a augmenté, la consommation de carburant a augmenté aussi, entraînant de nombreuses émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre. La croissance des activités industrielles a accompagné le déplacement des populations vers les zones urbaines à la recherche de travail, contribuant au surpeuplement, à l'augmentation de la pollution et à la déforestation urbaine massive. (Murat, 2019)

10.2. Causes naturelles

*Rayonnement solaire

L'énergie changeante du Soleil dans le passé a affecté la température de la Terre, mais elle n'a pas suffi à changer le climat. Toute augmentation de l'énergie solaire réchauffe l'atmosphère terrestre, mais seulement le substrat.

*Éruptions volcaniques

Les volcans émettent des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, mais leur quantité est 50 fois inférieure à celle produite par les activités humaines. En revanche, ils peuvent avoir un effet différent sur le climat de la terre, refroidit, pas réchauffé. (Melissa, 2017)

10.3. Effet de serres naturelles

Le rayonnement solaire fournit à la Terre une énergie moyenne de 342 W par m² de sa surface. 30% de cette énergie est réfléchié directement vers l'espace par les nuages, les aérosols et la surface de la Terre. Les 70% restants sont absorbés par l'atmosphère (20%) et par la surface (50%), qui se réchauffe. La Terre réémet de l'énergie vers l'atmosphère.

Une partie de cette énergie est piégée par les molécules de Gaz à Effet de Serre (GES) puis réémise en partie vers la surface terrestre. Cette deuxième étape de circulation de l'énergie qui réchauffe encore plus la surface (et refroidit la haute atmosphère) constitue l'effet de serre. Sans atmosphère, la température à la surface terrestre serait de -18°C. Grâce à l'effet de serre naturel, elle est de +15°C. Les gaz à effet de serre comme la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone (CO₂) contribuent respectivement à 62% et 22% de cette augmentation naturelle de 33°C de la température d'équilibre. Au cours des deux derniers millénaires et jusqu'en 1750, la concentration en CO₂ dans l'atmosphère a très peu varié, de même que celle en méthane (CH₄) et en oxyde nitreux (N₂O). Cette stabilité résultait de l'équilibre entre flux bruts de gaz échangé dans les deux sens (émission, absorption) entre l'atmosphère et les autres compartiments (biosphère continentale, océan) (Pascalle, 2008)

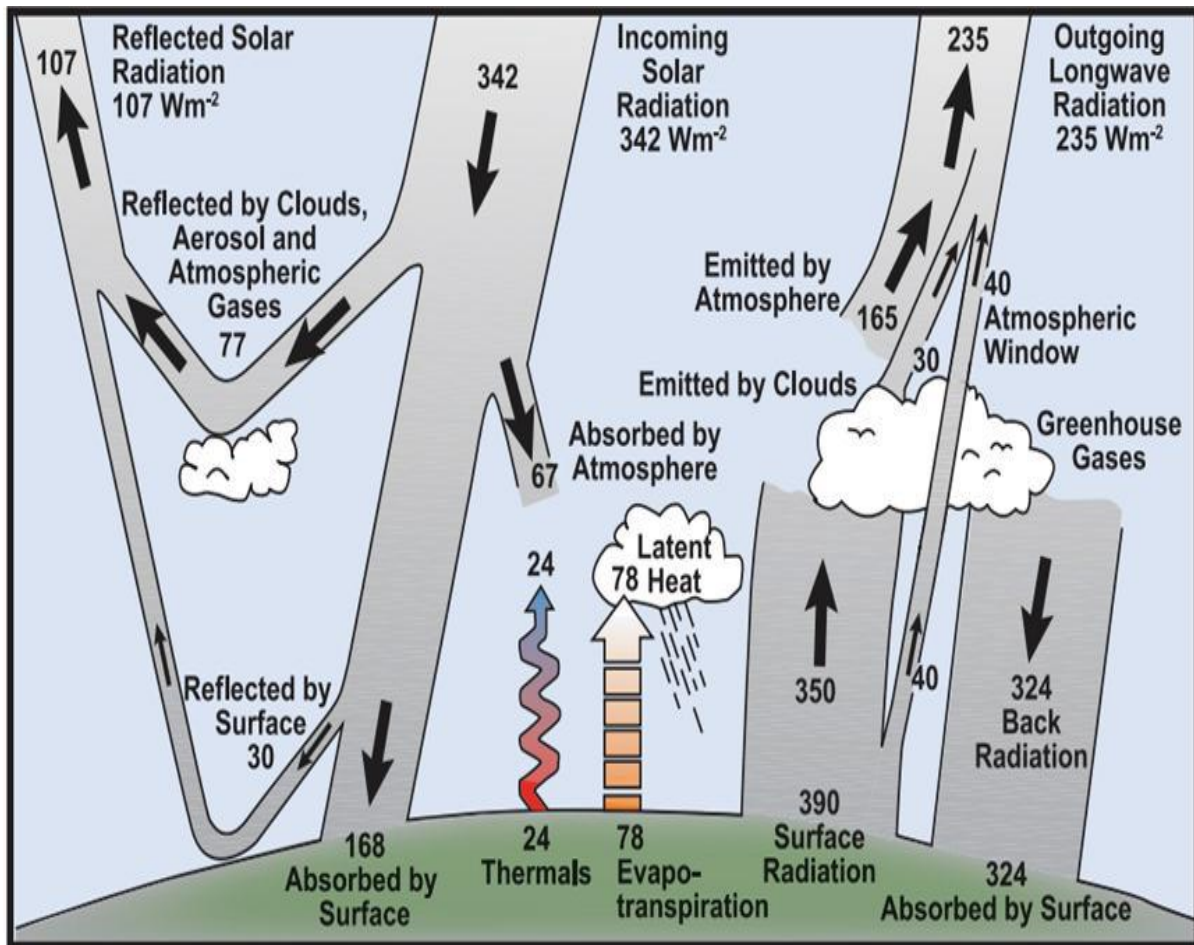


Figure 1.3: Bilan d'énergie annuelle globale de la Terre. La quantité de rayonnement solaire absorbée par la surface et l'atmosphère est compensée par celle de rayonnement infrarouge émis par la surface et l'atmosphère (W/m^2) (Pascalle, 2008)

10.4. Les gaz responsables du changement climatique

*Vapeur d'eau

La vapeur d'eau est l'un des gaz à effet de serre les plus abondants et a l'avantage d'augmenter avec le réchauffement de l'atmosphère terrestre, augmentant ainsi la probabilité de nuages et de précipitations, ce qui en fait l'une des conséquences directes de réchauffement climatique.

*Le dioxyde de carbone (CO_2)

Le dioxyde de carbone est libéré dans l'atmosphère par des processus naturels tels que ; la respiration, les éruptions volcaniques ou par des activités humaines, comme la déforestation, et la combustibles fossiles brûlants, les humains ont causé une augmentation de 47% de la concentration de dioxyde de carbone atmosphérique, provoquant un changement climatique à long terme.

***Méthane(CH₄)**

Il s'agit d'un gaz d'hydrocarbures produit à partir de sources naturelles et d'activités humaines, comme la dégradation des déchets, résultant aussi de l'agriculture, la digestion de la nourriture réalisée par les animaux dépendants et la dégradation des résidus organiques des animaux. Le méthane est plus influent en tant que gaz chaud que le dioxyde de carbone, mais il est disponible avec moins de concentration dans l'atmosphère.

***Oxyde d'azote (NO)**

L'oxyde d'azote est produit à partir de certaines pratiques, comme l'utilisation d'engrais industriels et organiques en agriculture, des combustibles fossiles brûlants, le processus de production d'acide nitrique et d'autres sources. L'oxyde d'azote est connu comme un puissant gaz à effet de serre.

***Les chlorofluorocarbones (CFC)**

Les chlorofluorocarbones (CFC) sont des composés synthétiques utilisés dans de nombreuses applications, leur production et leur rejet dans l'atmosphère ont été empêchés et déterminés par une convention internationale en raison de leur effet dévastateur sur la couche d'ozone, et parce qu'ils sont également des gaz à effet de serre. (Murat, 2019)

11. La Sécheresse

11.1. Définition

La sécheresse se définit comme un déficit en précipitations inhabituel s'étendant sur de longues périodes, et menant à une pénurie en eau pour un ou différents secteurs d'activités.

Techniquement, elle peut être identifiée par un écart aux conditions historiques moyennes de précipitation et/ou de température menant à la diminution du contenu en eau des sols.

En plus d'une diminution des précipitations, une hausse de la température assèche les sols en augmentant à la fois leur évaporation de surface et la quantité d'eau qui leur est soutirée par les végétaux (ce qui correspond à l'évapotranspiration). Ainsi, une sécheresse pourrait survenir en réponse à une hausse de température prolongée sans une baisse notable des précipitations. Une diminution des réserves de neige accumulées à l'hiver et leur fonte plus hâtive

peut également limiter la quantité d'eau disponible pour les arbres pour pallier aux stress climatiques de l'été. (Ghodbane et Berrached, 2020)

11.2. Les types de Sécheresse

La sécheresse est classée selon les différents secteurs qui interagissent avec ses effets. On définit donc une sécheresse du point de vue météorologique, hydrologique, agricole ou socioéconomique.

11.2.1. La sécheresse météorologique

Correspond à un déficit prolongé de précipitations. Elle est généralement définie par un seuil correspondant à un certain déficit de précipitations sur une période de temps déterminée. Le seuil choisi (par exemple 75 % de la normale) et la durée de la période (par exemple six mois) varient d'un endroit à l'autre selon les besoins des utilisateurs ou les applications concernées. La sécheresse de type météorologique est un phénomène naturel dû à des causes multiples, qui varient d'une région à l'autre. Pour les autres types de sécheresse (agricole, hydrologique et socioéconomique), l'accent est davantage mis sur les aspects humains et sociaux du phénomène, de façon à souligner les relations réciproques entre les caractéristiques naturelles de la sécheresse de type météorologique et les activités humaines qui sont tributaires des précipitations pour assurer un approvisionnement suffisant en eau, répondant ainsi aux besoins sociétaux et environnementaux.

11.2.2. La sécheresse hydrologique

Se manifeste enfin lorsque les lacs, rivières ou nappes souterraines montrent des niveaux anormalement bas. Elle dépend des précipitations mais aussi de l'état du sol influant sur le ruissellement et l'infiltration. Le réseau hydrographique détermine les temps de réponse aux déficits de précipitations observés sur différentes périodes.

11.2.3. La sécheresse agricole

Se caractérise par un déficit en eau des sols superficiels (entre 1 et 2 m de profondeur), suffisant pour altérer le bon développement de la végétation.

Elle dépend des précipitations et de l'évapotranspiration des plantes. Cette notion tient compte de l'évaporation des sols et de la transpiration des plantes (l'eau puisée par les racines est évaporée au niveau des feuilles). La sécheresse agricole est donc sensible aux précipitations, à l'humidité et à la température de l'air, au vent mais aussi à la nature des plantes et des sols.

12. Conséquences du changement climatique

L'étude des contraintes liées aux changements climatiques permet non seulement d'identifier les conséquences directes et indirectes des aléas sur les différentes ressources mais aussi d'évaluer l'impact des changements climatiques (Sow et Bathiery, , 2022). Le tableau 01 liste les conséquences du changement climatique certains aspects naturels et climatiques.

Aléa (s)	Conséquences et impacts
Variabilité pluviométrique	Baisse des revenus, maladie et mortalité du bétail, baisse des rendements agricoles, baisse des productions animales, rabattement de la nappe phréatique, réduction des superficies cultivables, réduction des activités commerciales, allongement de la période de soudure, exode rural, déforestation, instabilité sociale, inondation, destruction des habitats.
Vents forts et chauds	Baisse des revenus, ensablement des mares, destruction d'habitats, prolifération des maladies respiratoires humaines et animales, déracinement des arbres, disparition de bergers et d'animaux, réduction de la mobilité des personnes, baisse de la fertilité des sols, baisse des productions végétales, destruction des cultures, perturbation des systèmes de production, érosion des terres, réduction des activités agricoles
Erosions hydrique et éolienne	Baisse de la fertilité des terres agricoles, dégradation des pistes et des routes, enclavement, destruction d'habitats, ensablement des bas-fonds.
Feux de brousse et incendies	Baisse des revenus, déforestation, dégradation des sols, baisse de la phytomasse, destruction des réserves fourragères et de subsistance, destruction des forêts et habitats, insécurité alimentaire, disparition d'espèces faunique.

Salinisation des terres et des eaux	Baisse des revenus, réduction des superficies cultivables, destruction de la végétation, baisse des productions végétales, animales et halieutiques, altération de la qualité des eaux, destruction d'habitats.
Sécheresse / Désertification	Baisse des revenus (agricoles, élevages, pêche etc.), dégradation de l'environnement, érosion des terres, réduction la pluviométrie, augmentation de la température, mortalité cheptel.
Inondations	Destruction d'habitats, submersion des terres agricoles, réduction de la mobilité des personnes, prolifération de certaines maladies, intrusions salines, destruction des arbres, ralentissement des activités économiques et sociales.

Tableau 1.2 : Conséquences et impacts des différents aléas. (Lemkak, 2022)

13. Conclusion

Le phénomène du changement climatique a été au centre de l'attention du monde depuis le début du 19^{ème} siècle, des études ont démontré que les causes du changement climatique sont naturelles et humaines, mais ces dernières sont les principales causes. Ce phénomène à des impacts sur l'environnement et sur la vie humaine, en particulier le secteur agricole, A l'issue de l'analyse des études précédentes, on put dégager les canaux de transmission par lesquels des changements climatiques affectent le rendement agricole (ZIMOUCHE, 2021)

CHAPITRE II:

Présentation De La Zone D'étude

1. Introduction

Située au nord-ouest de l'Algérie, la wilaya de Saïda se distingue par ses paysages naturels époustouflants. Nichée entre les montagnes de l'Atlas Tellien et les plaines semi-arides des hauts plateaux, cette région offre une diversité écologique remarquable.

D'un point de vue naturel, Saïda abrite des massifs montagneux imposants qui abritent une végétation riche et variée. Les forêts de chênes verts, de pins d'Alep et de genévriers ponctuent les pentes, offrant un habitat précieux pour de nombreuses espèces animales.

En matière de ressources hydriques, la wilaya est traversée par un nombre des Oueds, ils sont cours d'eau importants qui serpentent à travers les paysages verdoyants. Ces rivières alimentent également plusieurs barrages, tels que le barrage d'Ouizert, fournissant ainsi une source d'eau précieuse pour l'agriculture et l'approvisionnement en eau potable.

2. Localisation de la zone d'étude

2.1 Situation géographique et administrative

C'est dans l'ensemble géographique des hauts plateaux telliens que se situe la wilaya de Saida qui est limitée naturellement au Sud par le chott Chergui, au nord par la wilaya de Mascara, au sud par celle d'El Bayadh, à l'est par la wilaya de Tiaret et à l'ouest par la wilaya de Sidi bel Abbés. Cette position lui donne un rôle de relais entre les wilayates steppiques au sud et les wilayates telliennes au nord, elle correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts, l'un est atlasique Tellien au nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques.

Dans les temps historiques, cette position de contact a fait vivre la région d'échanges avec la steppe et les régions pré sahariennes. Cette économie d'échange, très largement ouverte sur le sud, convenait parfaitement au type de ressources qu'offre le territoire de la wilaya. Elle couvre une superficie de 6613 km²; le chef-lieu (commune de Saïda) est limité au nord par la commune d'Ouledkhaled, au sud par celle d'Aïn El Hadjar, à l'est par la commune d'El Hassasna et à l'ouest par la commune de DouïThabet. La wilaya regroupe six dairate coiffant 16 communes, elle est caractérisée par un espace Agro-sylvo-pastoral (TERRAS, 2010-2011).

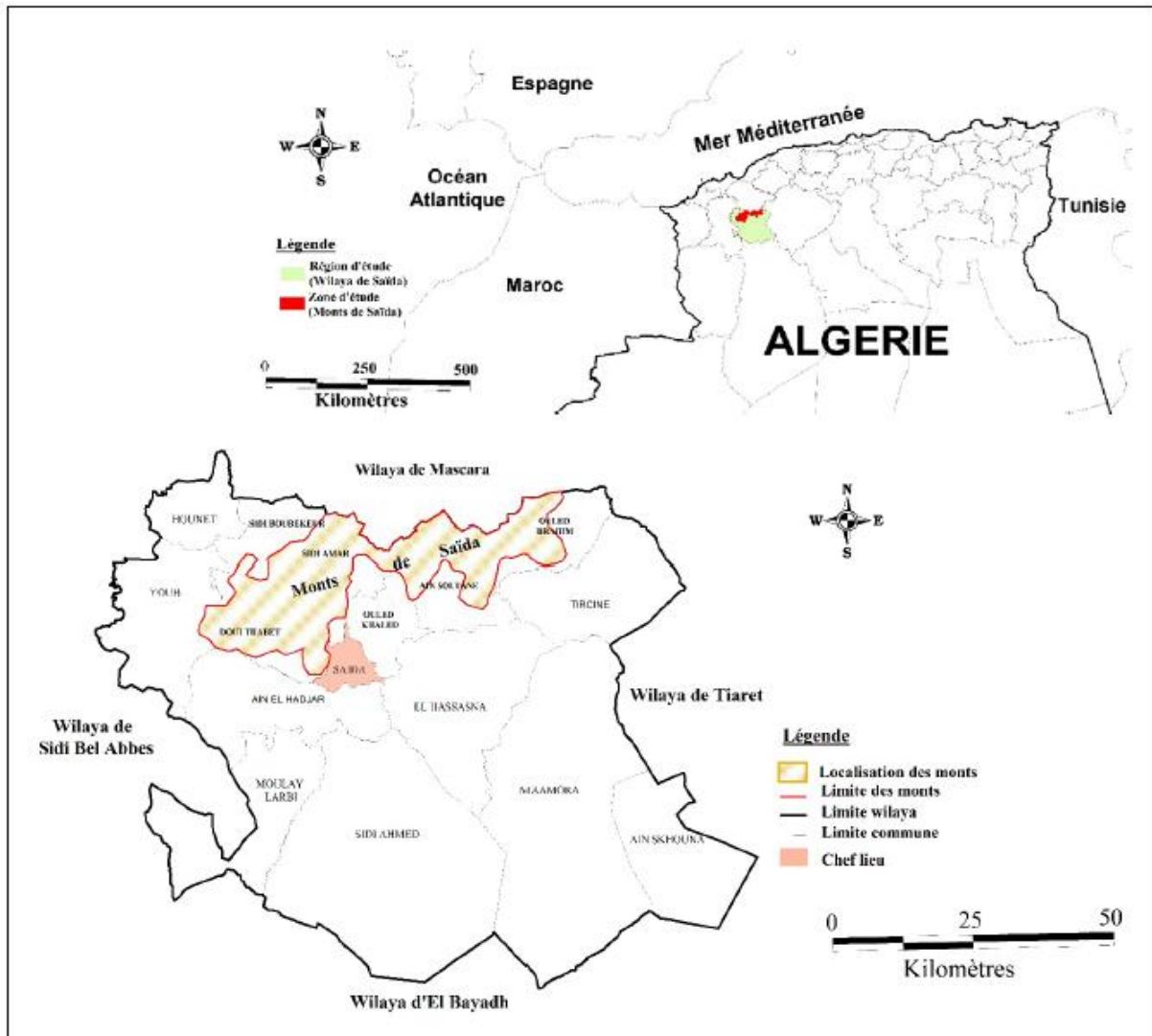


Figure 2.1 : Carte de situation administrative de Saïda.

2.2. Le climat

Le climat de la région est de type méditerranéen ; Il est semi-aride et caractérisé par deux périodes distinctes ; d'une part, une période froide et humide et d'autre part ne période chaude et sèche. Les précipitations moyennes annuelles oscillant entre 420 mm en 2007 et 350 mm en 2016 ; avec une moyenne durant cette décennie d'environ 370 mm/an. Durant cette même période, la température moyenne et la température maximale moyenne annuelle sont respectivement 17.1°C et 43.5 °C. En termes de vents, la région est exposée

Le vent est de direction dominante NW avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal. Le déficit hydrique s'étale sur une période de 5 mois ». (TALBI, 2019)

Tableau 2.1 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie (1980-2010)

Stations	Pluviomètre moyenne sur 30ans											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Saida	37,4	41,2	44,3	36	30,6	12,4	2,7	2,3	12	45	54,3	40,1
A. El hadjar	42,3	38,8	51,5	35,6	15,6	4,7	7,8	2,8	14,9	22,8	32,9	31,4
Youb	41,3	38,9	49	30,9	16,9	5,9	4,3	2,8	16,1	24,4	35,6	25,5
El kheiter	9,9	17,3	19,5	15,2	11,9	7,9	4,6	4,9	4,7	9,4	15,3	20,2
S.amar	45,6	31,7	53	40	24	6	9,4	5,8	19,9	22,6	28,2	18,4
A. Skhouna	10,2	16,5	20	16,3	12,1	6,4	5,1	4,6	5,2	9,3	14,8	10,5

Tableau 2.2 : Moyennes mensuelles des températures (1980-2010)

Stations	Température moyenne sur 30ans											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Saida	7,9	9,3	10,4	13,1	15,9	21,8	26,5	26,5	21,8	16,5	11,6	9,2
A. El hadjar	5,2	7,2	9,2	12,2	14,2	21,5	25,6	24,3	20	15,5	10	6,9
Youb	9	10,1	12,4	12,7	17,4	22,2	25,2	26,9	22,6	17,8	13,6	10,2
El kheiter	6,5	7	9,5	12,5	16	21	25,5	25,5	22	16,5	10,5	7
S.amar	8,1	9,5	11,6	12,9	17,4	22,1	15,3	24,2	22,1	17,6	13,2	9,7
A. Skhouna	6,5	7,5	9,5	12,5	16,5	21	26	26	22	16,5	10,5	7

Les données climatiques essentiellement les précipitations et les températures se distinguent par une fluctuation à tendance globale régressive pour les précipitations et évolutives pour les températures. Ces faits constituent des

éléments déterminants dans la dynamique des écosystèmes naturels (KEFIFA, 2013-2014).

CARTE DES ETAGES CLIMATIQUES DE LA WILAYA DE SAIDA

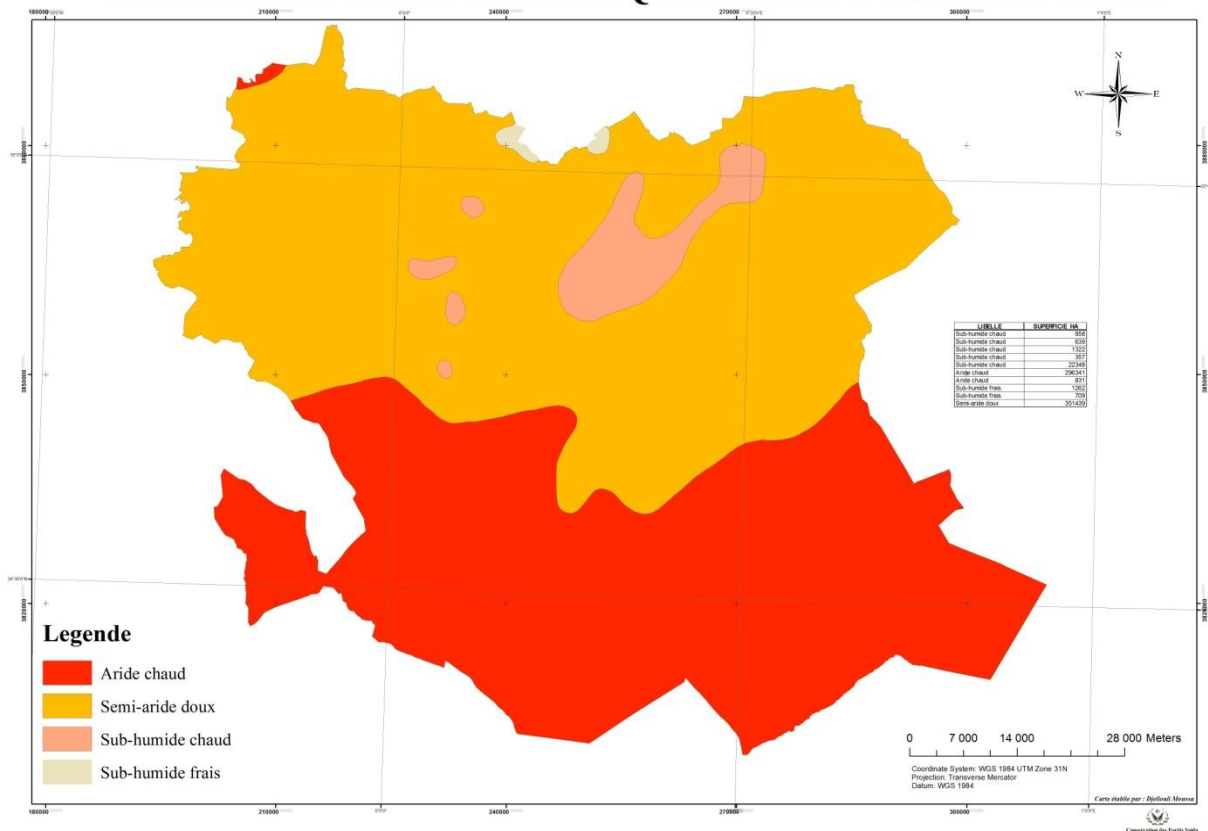


Figure 2.2 : Carte étages climatique de la wilaya de Saida

2.3. Commune de Saida

La wilaya de Saida regroupe 06 daïras coiffant 16 communes totalisent une population de 344 455 habitants (BAGHDADI, 2017)

Tableau 2.3 : Les dairas et les communes de willaya de SAIDA (Willaya de SAIDA, 2015)

Dairas	Communes
Saïda	• Saïda
Aïn-Lahdjar	• Aïn-Lahdjar • Moulay-Larbi • Sidi-Ahmed

Sidi-Boubekeur	<ul style="list-style-type: none">• Sidi-Boubekeur• Ouled-Khaled• Sidi-Amar• Hont
EI-Hassasna	<ul style="list-style-type: none">• EI-Hassasna• EI-Mafniotlfp• Skhouna
Ouled-Brahîm	<ul style="list-style-type: none">• Ouled-Brahim• Tirssiné• Aïn- Soltane
Youb	<ul style="list-style-type: none">• Youb• Douithabet

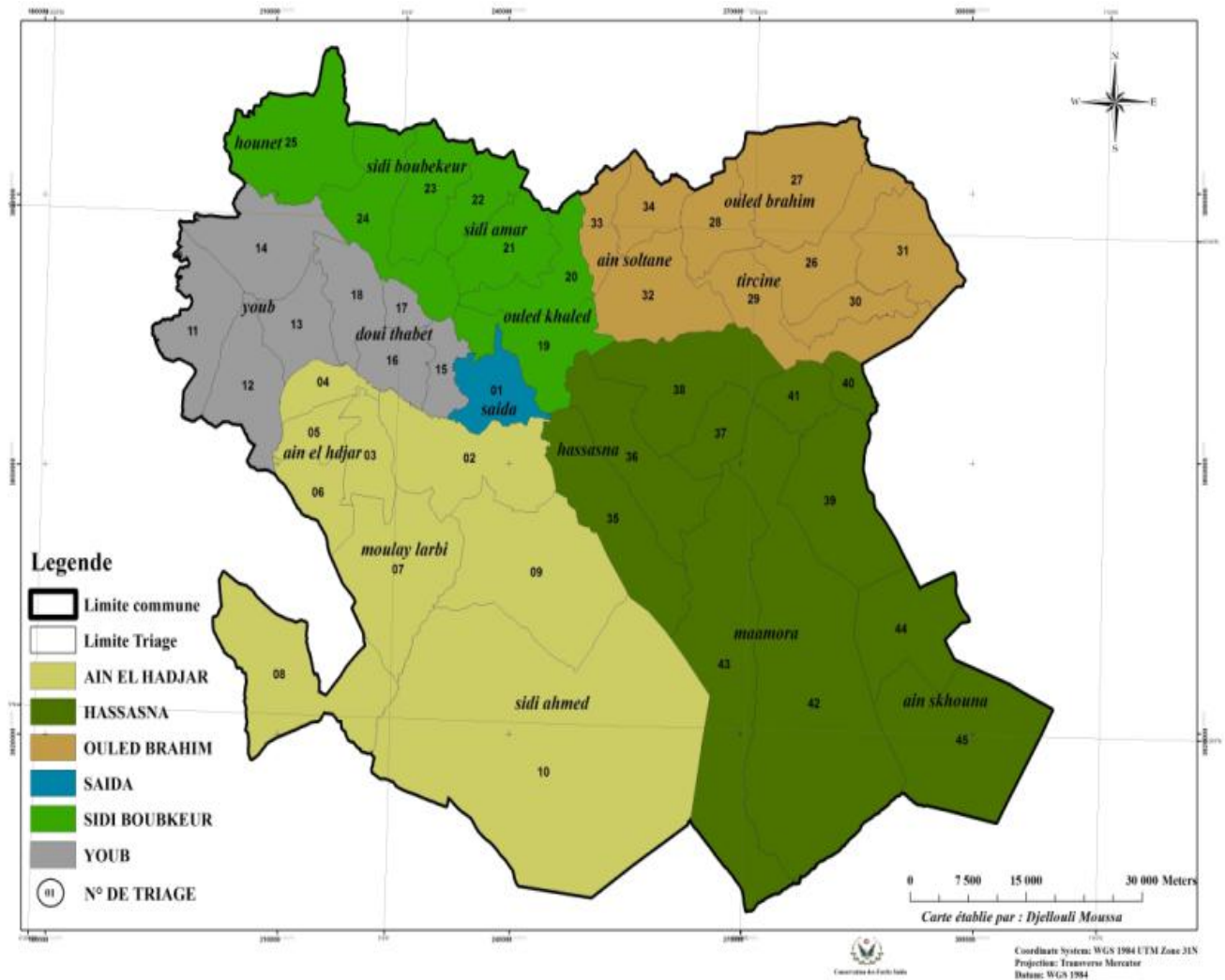


Figure 2.3 : La carte Administratif de la wilaya de SAIDA.

3. Présentation du bassin Versant

Le secteur étudié du bassin versant est limité au sud par le plateau calcaire d'Ain El Hadjar au Nord par la vallée de l'Oued Saida, à L'Est par la dépression des Hassasnas et à l'Ouest par le Djebel Abdelkrim et son prolongement. Le bassin versant totalisant une superficie de l'ordre de 517,18 Km².

Vue leur position géographique défavorable aux précipitations, les monts de Saida ne reçoivent en moyenne qu'une quantité insuffisante en eau. Elle ne dépasse que rarement les 400 mm par an. De plus, elle est très mal répartie dans l'espace et dans le temps.

Ayant toujours représenté un enjeu pour la zone d'étude depuis plusieurs décennies, l'eau continue à s'imposer comme une priorité d'actualité indiscutable et une problématique pour l'aménagement de son territoire .Elle demeure pour l'heure un de ses défis majeurs et un facteur sensible et limitant.

L'écoulement des eaux se fait au niveau des monts de Saïda (surtout la partie nord) dans le milieu montagneux et le régime hydrographique est de type endoréique.

Les monts de Saida sont caractérisés par une ressource en eau souterraine moyenne, un accès limité à ses ressources de surface. La répartition des ressources en eau des monts de Saida est difficilement maîtrisable. La connaissance des volumes d'eau ruisselés ou infiltrés dans le sol dépend de plusieurs facteurs variable et complexes (pente, perméabilité du sol, la densité du couvert végétal, la structure géologique du sol, l'évaporation etc.). Parmi les spécificités des monts de Saida, il y a lieu de signaler la particularité de son potentiel hydrique qui présente des caractéristiques thermales se manifestant à travers les stations de Hammam Rabbi, de Sidi Aissa, ainsi que minérales et dont la réputation est bien connue sous l'appellation des «eaux minérales de Saida». La nappe des eaux minérale de Saida a longtemps alimenté la ville de Saida et Rebahia(KEFIFA, 2013-2014).

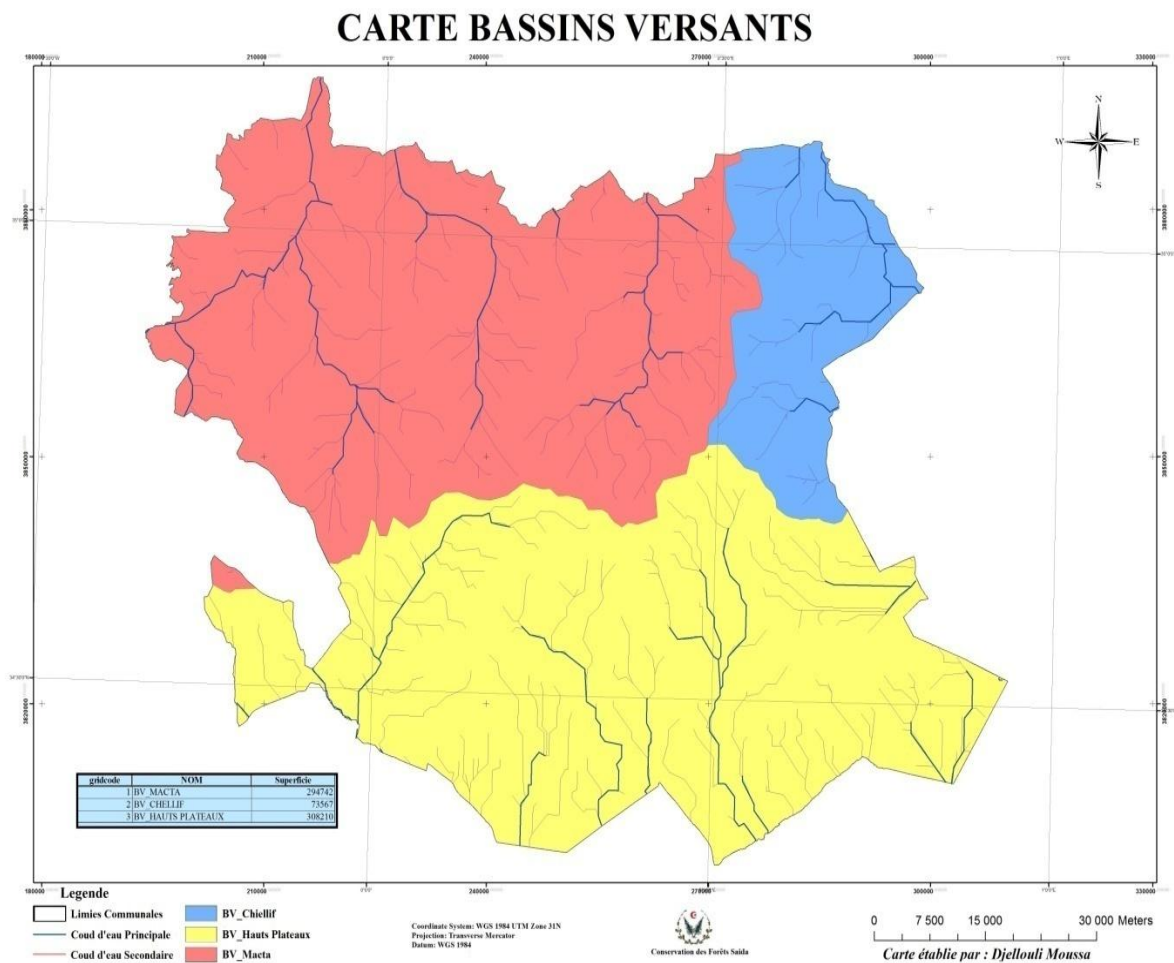


Figure 2.4 : Carte bassins versants.

4. Hydrologie

4.1. Le réseau hydrographique

L'hydrographie de la région permet de distinguer plusieurs bassins superficiels où l'écoulement se fait vers le nord exception faite du bassin du Chott Echergui où l'écoulement se fait vers le sud. La nature essentiellement carbonatée des roches qui constituent la zone d'étude a permis aux oueds de ces bassins de creuser des vallées très encaissées et des lits très profonds et étroits, leur solidité a favorisé la dissolution en profondeur donnant une véritable région Karstique. Lorsque les affleurements sont marneux ou argileux, le relief devient beaucoup plus mou, il s'agit des croupes très arrondies subissant un ruissellement intense et une forte érosion. A ce propos DESCHAMPS (1973), note : « Etant donné la disposition du plateau de Saida, légèrement bombé au centre et descendant en pente douce vers ses bordures, l'hydrographie de la région permet d'y distinguer plusieurs bassins superficiels (TALBI, 2019).

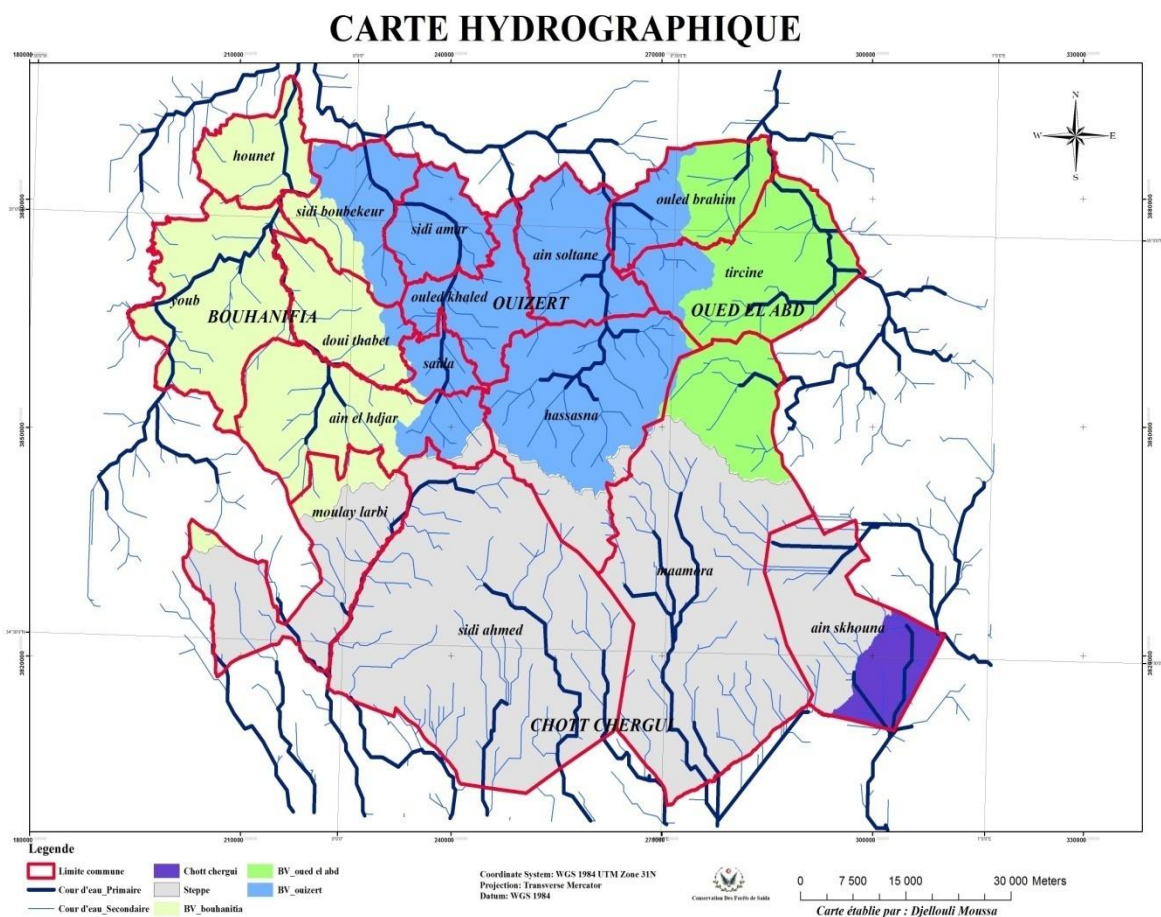


Figure 2.5 : Carte hydrographique

➤ **Bassin de l'oued Saida** : il s'agit du haut cours de l'oued Saida, celui-ci prenant sa source près d'Ain El Hadjar (Ain-Tebouda Sud-ouest de Ain El-Hadjar). La superficie du plateau dolomitique intéressée par ce bassin est d'environ 115 Km². L'oued est pérenne. A Charrier, la superficie du bassin est de 560 Km². Ses nombreux affluents dont les plus importants sont oued Nazreg, Oued Massif, oued Taffrent sont alimentés également à partir de ressources de ruissellement sur les hauteurs des montagnes (TERRAS, 2010-2011).

➤ **Bassin de l'oued Tiffrit** : Il s'agit du haut cours de l'oued Taria. L'oued Tiffrit prend sa source au plateau de Hassasnas avec l'oued Foufot, il présente un écoulement pérenne. La partie du plateau dolomitique couverte par ce bassin peut être évaluée à 600 Km². A Taria, il couvre 1806 Km². Il s'écoule dans une vallée assez profonde aux berges parfois escarpées, de nombreux affleurements viennent grossir l'écoulement des ces cours d'eaux tel que l'oued Belloul et l'oued Minouma. L'oued Berbour à l'ouest des montagnes, qui est un important apport des oueds Bouatrous, Fourhalzid, conflue avec l'oued Sefioun pour donner l'oued de Hounet(TERRAS, 2010-2011).

➤ **Bassin de l'oued El Abd** : il s'agit du haut court de l'oued El Abd, celui-ci prend sa source au Djebel Derkmous. Il présente un écoulement pérenne. A Takhemaret, la superficie du bassin versant de l'oued El Abd est de 560 Km² (TERRAS, 2010-2011).

➤ **Bassin du Chott Chergui** : il s'agit de la bordure Nord de la dépression du Chott, et la surface intéressant le plateau de Saida s'étend sur près de 250 Km². L'écoulement dans ce dernier bassin se fait vers le sud (oued Falette), alors que dans les trois premiers, il s'effectue vers le Nord (TERRAS, 2010-2011).

➤ **Les principaux oueds** : ils sont au nombre de sept, oued Sefioun, oued Berbour, oued Saida, oued Sidi Mimoun, oued Hassa, oued Guernid et oued El Abd. Partant des données exploitées de divers documents disponibles, les écoulements du principal bassin versant de l'espace «Chott Chergui » auquel appartient la région Hauts Plateaux ouest, sont évalués de façon sommaire et estimés à un volume de 240 à 300 Hm³ / an (TERRAS, 2010-2011).

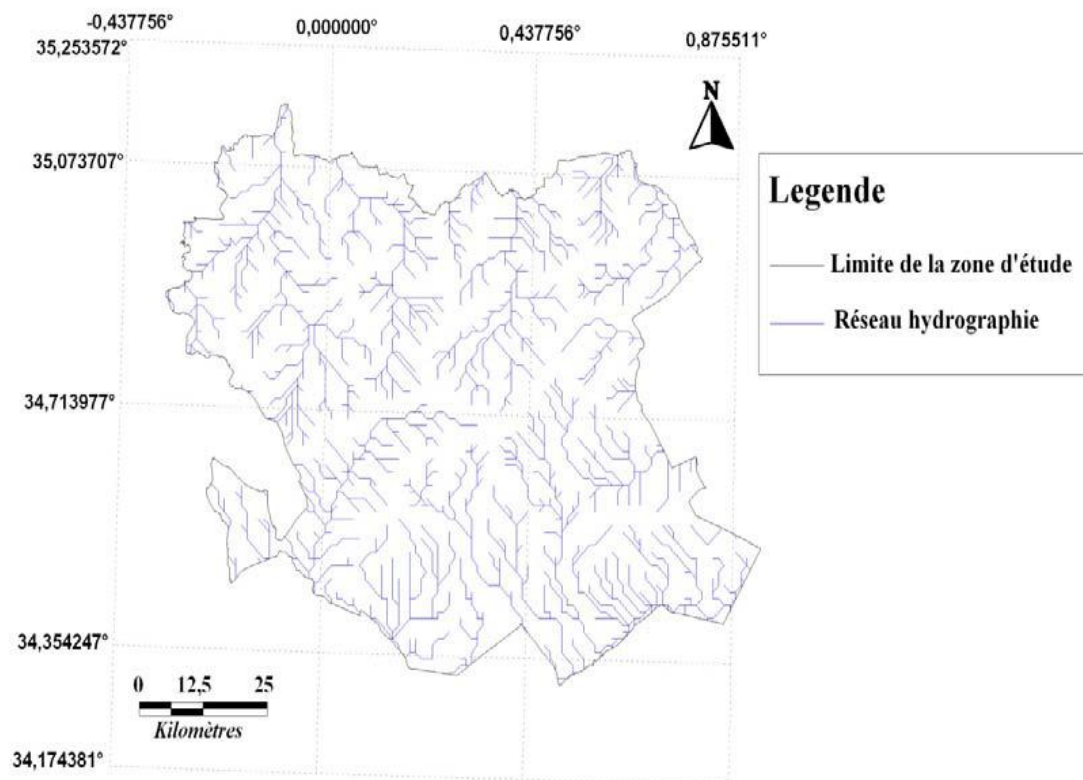


Figure 2.6 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saïda.

4.2. Estimation des ressources en eau superficielles

La ressource en eau de surface est constituée du ruissellement des pluies. Ce ruissellement peut être mobilisé, lorsque les conditions topographiques et géotechniques le permettent, par des barrages, des retenues collinaires ou des ouvrages traditionnels de dérivation (Mimouni, 2018).

Les trois Bassins hydrographiques s'inscrivent sur le territoire de la wilaya comme suit :

4.2.1. L'espace Nord ou Zone des Bassins versants comprend

Le bassin supérieur de l'oued El Hammam intégré au Bassin de la Macta et qui réunit à l'échelle de la wilaya cinq sous bassins qui s'étalent sur une superficie de 3086,40km². Ces sous bassins rassemblent, d'une part les apports de oued Séfioune, de oued Berbour et de oued Hounet estimés en moyenne à 73 hm³/an et qui alimentent le barrage de Bouhanifia, et d'autre part ceux de l'oued Saïda, de oued Hammam, de loued El Mimoun et de oued Taria estimés à 100 hm³/an et qui se déversent dans le barrage de Ouizert . Ces oueds prennent leurs sources sur les versants nord des monts de Daïa et de Saïda, à une altitude dépassant les 1200

m. L'amont du bassin Mina –Chéiff ne représente qu'une superficie de l'ordre de 377,10 km² correspondant aux versants Nord-Est des monts de Saïda où l'oued Takhemareth et d'autres oueds secondaires y prennent leurs sources avant de s'écouler dans la wilaya de Tiaret (Mimouni, 2018).

4.2.2. L'espace Sud Zone steppique

Le bassin versant des hautes plaines steppiques s'étend à l'échelle de la wilaya sur une superficie de 3301,90 km². Il s'étale en partie sur 3 sous bassins du Chott Chergui, qui disposent d'un ensemble d'oueds présentant un écoulement intermittent. Il s'agit de oued El Oglal, oued Abter, oued Ouastani et oued El Melah. Ces oueds qui prennent naissance sur les versants sud des Monts de Saïda à une altitude de 1300 m déversent leurs apports en zones steppiques. Sans avoir pu être mobilisées, ces ressources s'écoulent vers le Sud pour alimenter les nappes du bassin endoréique du Chott Chergui. Le chevelu hydrographique y est très peu développé, le régime des cours d'eau très irrégulier et le débit d'étiage est nul ou insignifiant durant toute la longue période sèche (Mimouni, 2018).

4.3. Ressources en eaux souterraines

Les monts de Saida sont limités par la Plaine de Ghriss au Nord, les Monts de Tiaret à l'Est, les Monts de Daïa à l'Ouest et le bassin du Chott Chergui au Sud. Ils renferment une nappe aquifère qui présentent un intérêt hydrogéologique certains, il s'agit de la vallée de l'Oued Saida qui est une nappe superficielle généralement libre, située dans les horizons supérieurs de la formation de Saida et les dépôts plio-quadernaires (sables argileux, argiles calcaires et conglomérats). D'une épaisseur de 10 à 15 mètres, la nappe renferme un potentiel de l'ordre de 5 hm³/an et couvre une superficie de 228 km². Les Monts de Saida délimitent des formations hydrogéologiques complexes renferment une avancée de la nappe du Djebel Remailia dans la zone de Youb, qui est contenue en grande partie dans la wilaya de Sidi Bel Abbès.

En matière de ressources hydriques c'est le bassin versant de l'oued Saida qui draine le maximum de ressources mobilisables et souterraines, la carte établie par Boudjemaa (2010) en donne un aperçu (KEFIFA, 2013-2014).

4.4. La répartition de l'eau

La disponibilité en eau de la wilaya est en moyenne de l'ordre 230 m³ / habitant, soit un ratio inférieur de 47 % à la moyenne nationale 430 m³ / habitant. Ce ratio confirme la rareté de l'eau dans la wilaya. Bien que dotée en ressources

hydriques importante par la nappe du Chott chergui, la zone connaît une situation préoccupante.

La carence d'études constitue une tare de taille dans l'ensemble du territoire de la wilaya, qui se justifie par la méconnaissance des ressources potentielles souterraines non explorées jusqu'à ce jour sur toute une partie importante de la wilaya. En effet selon la direction de l'hydraulique, 1982 ; seul 26,000 Km² sont exploré sur les 106.000 Km² posant des difficultés quant à la recherche et la mobilisation de la ressource. Il est important de noter que les ressources superficielles ne sont pas mobilisées malgré un apport pluviométrique annuel de l'ordre de 20.000 millions de mètre cube et seules les ressources souterraines couvrent actuellement les besoins de l'ordre de 200 millions de mètres cube par an.

L'épuisement à l'étiage des oueds permanents (Oued Saida, Oued Berbour / Hounet, Oued Sefioun, Oued Mimoun et oued Tifrit) et le tarissement de nombreuses sources engendrent la diminution de plus de la moitié des débits des sources récapituler dans le tableau suivant (KEFIFA, 2013-2014):

Tableau 2.3: débit initial et actuel d'eau (KEFIFA, 2013-2014)

Source	Débitinitial(l/s)	Débitactuel(l/s)
AinZerga	170	55
AinSoltane	40	15
OumRekhail	30	15
AinTebouda	30	00
Poirier	60	20

Le rabattement de la nappe dans l'ensemble des forages implantés dans la vallée de l'oued Saida, dont la plupart a perdu leur cartésianisme. Cet épuisement constant des nappes est traduit par le graphe suivant:

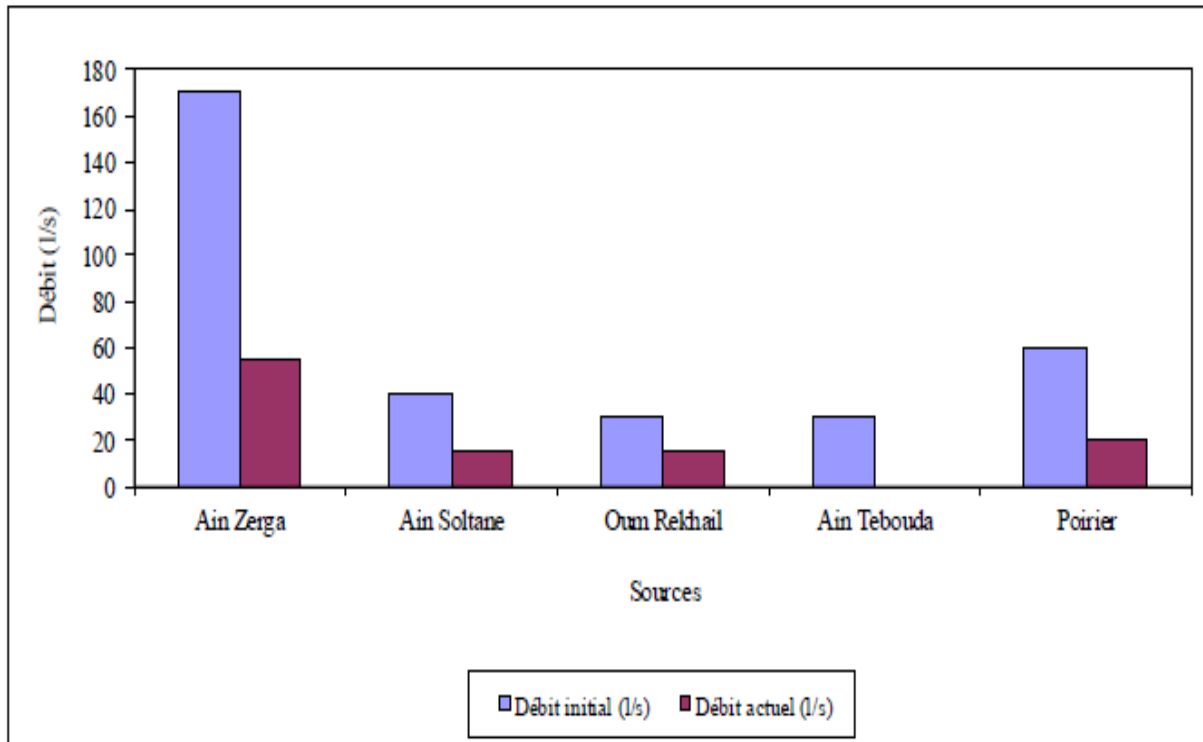


Figure 2.7: Evolution du débit de quelques sources (KEFIFA, 2013-2014).

Compte tenu de l'absence de mobilisation des eaux des bassins versants, le réseau hydrographique est peu profitable pour la wilaya de Saida, dont les écoulements contribuent à l'alimentation des barrages situées à l'aval (Ouzert wilaya de Mascara et Sidi M'Hamed Benaouda dans la wilaya de Relizane)(KEFIFA, 2013-2014).

5. La végétation

L'exploitation des travaux permet d'avoir un aperçu sur les groupements forestiers dominants (TALBI, 2019):

- Pin d'Alep (*Pinetum halepensis*), la structure et la composition restent très proche de toutes les formations forestières de la région méridionale de la Méditerranée. Il se distingue par un recouvrement global faible, avec une densité moyenne à claire ne dépassant qu'exceptionnellement 300 arbres à l'hectare.
- Thuya (*Tetraclinum articulata*) cantonnée dans les expositions sud et sud-est avec un cortège floristique caractéristique de l'étage bioclimatique semi-aride à variante chaude avec un sous-bois de faible recouvrement où dominant les genres de la strate buissonnante comme *Genista*, *Calycotome*, *Cistus*,
- Chêne vert (*Quercetum ilicis*) avec un cortège floristique diversifié en espèces de la strate arbustive et sous arbustive adaptées aux conditions du milieu

et résistantes de par leur faculté de rejeter de souche. Le lentisque (*Pistacialentiscus*), la filaire (*Phillyreaangustifolia*), les genêts (*Genistatricuspidata* et *ericoides*), le romarin (*Rosmarinustournefortii*) et d'autres espèces dominant en sous-bois.

▪ L'Oleolentisque appartenant à l'alliance de *l'Oleo-ceratonionet* correspond à des peuplements très ouverts et classés parmi les plus dégradés. Le Chêne vert en est absent, par contre le Pin d'Alep y est fréquent au même titre que le lentisque. Le chêne kermès et la filaire sont abondants dans les zones de transition avec les groupements précédents. Les espèces dominantes sont accompagnées de toute une série d'espèces thermophiles telles que *Cistussericeus*, *Cistuslandaniferus*, *Ebenuspinnata*, *Genistaquadriflora*, *Coronilajuncea*.

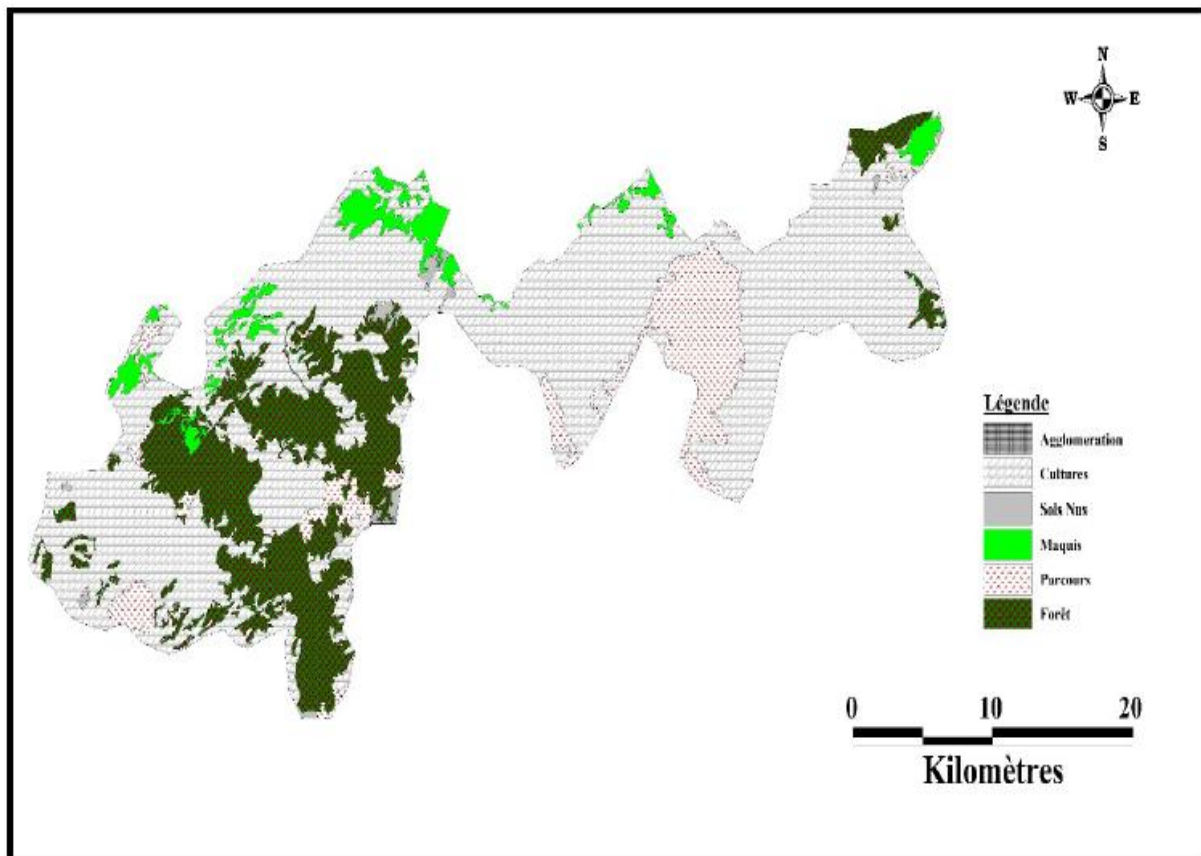


Figure 2.8 : Carte d'occupation du sol (KEFIFA, 2013-2014).

L'arboriculture reste presque insignifiante elle occupe 2570 ha soit 0.39% de la superficie totale de la wilaya. La même observation est à faire en matière de localisation de l'arboriculture avec la vallée de Saida : commune de Ouled Khaled 22.8 % et Sidi Amar 25.29 %. Par ailleurs, il faut noter que quatre communes (Sidi Amar, Ouled Khaled, SidiBoubkeur et Youb) avec respectivement (25.28), (22.8), (15.06) et (11.87) détiennent plus de 75% de la superficie totale réservée à

l'arboriculture, composée essentiellement d'arbres rustiques (oliviers et amandiers). Le pommier a connu récemment un développement avec un taux de réussite très satisfaisant mais localisé car exigeant en conditions de milieu. Les plantations de pistachier qui n'est pas aussi exigeant que le pommier s'étendent sur environ 20 ha, localisées essentiellement à Tifrit (commune de Ain Soltane), Sidi Aissa (commune de Sidi Amar) et Ain Beida (commune Ain El Hadjar). Avec des exigences proches de celles de l'amandier, le pistachier peut être développé et occuper des superficies plus importantes.

D'une manière générale, l'arboriculture connaît une très faible extension compte tenu des potentialités que lui offre le cadre physique de la wilaya, plus particulièrement dans la zone tellienne (KEFIFA, 2013-2014).

6. Start forestier

On trouve à Saida l'une des zones forestières parmi les plus importantes de l'ouest algérien. Il faut y ajouter 120 000 hectares de steppes dont 29 000 ha de nappes alfatières potentiellement exploitables pour les besoins industriels et artisanaux. L'alfa qui se contente de peu d'eau pour pousser, constitue un excellent rempart contre la désertification et l'érosion en même temps qu'une réserve nourricière pour la faune locale. En outre l'alfa permet la fabrication d'un papier de luxe auquel, d'ailleurs, il a donné son nom. Ce sont là de sérieuses perspectives de développement pour la région (Willaya de SAIDA, 2015).

<i>Wilaya</i>	<i>Commune</i>	<i>Nom de la foret domaniale</i>	<i>Seperficie</i>	<i>Espece Fores tier e Principale</i>	<i>Espece Forestie re Secondaire</i>
Saida	SAIDA	TOUTA	411 Ha 00 a 00 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	SAIDA	SIDI AHMED ZEGGAI	855 Ha 00 a 00 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	DOUI THABET	DOUI THABET	4827 Ha 11a 70 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	AIN ELHDJER	TANDFELT	6275 Ha 89 a 20 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	AIN ELHDJER	FENOUAN	2470 Ha 40 a 76 ca	Pin D'Alep	THUYA

Saida	AIN ELHDJER	MAALIF	315 Ha 32 a 53 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	AIN ELHDJER	DJAFFRA CHERAGA	8042 Ha 70 a 08 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	OULED KHALED	TAFRENT	1670 Ha 67 a 90 ca	Pin D'Alep	THUYA , LENTISQUE
Saida	MOULY LARBI	MAALIF	2478 Ha 03 a 80 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	MOULY LARBI	DJAFFRA CHERAGA	244 Ha 70 a 71 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	MOULY LARBI	FENOUAN	537 Ha 57 a 06 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	MOULY LARBI	AIN ELHDJER	2721 Ha 78 a 10 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	YOUB	SEFOUNE	6689 Ha 92a 29 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	YOUB	DJAFFRA CHERAGA	2156 Ha 68 a 70 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	YOUB	OUKER ZEBOUDJ	1128 Ha 80 a 90 ca	THUYA	Pin D'Alep
Saida	HOUNET	OUKER ZEBOUDJ	204 Ha 80 a 37 ca	THUYA	Pin D'Alep
Saida	SIDI AMAR	TAFRENT	4221 Ha 33a 2ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	SIDI BOUBKEUR	TAFRENT	3931 Ha 00 a 00 ca	Pin D'Alep	THUYA
Saida	HASSASNA	HASSASNA	15696 Ha 51 a 00 ca	Pin D'Alep	genevrierox ,chene vert
Saida	MAAMORA	HASSASNA	13817 Ha 53 a 00 ca	chene vert	genevrierox , Pin D'Alep
Saida	SIDI AHMED	HASSASNA	3780 Ha 06 a 00 ca	Pin D'Alep	genevrierox
Saida	OULED BRAHIM	AIOUN BRANISE	1213 Ha 98 a 90 ca	THUYA	Pin D'Alep

Saida	TIRCINE	TIRCINE	3703 Ha 84 a 20 ca	THUYA	Pin D'Alep
Saida	TIRCINE	AIOUN BRANISE	2845 Ha 91 a 30 ca	THUYA	Pin D'Alep
Total	14 communes	13 forêts domaniales	83964 Ha 72 a 50 ca	/	/

Tableau 2.4 : Les fores de wilaya.

6.1 Caractéristiques floristiques

6.1.1 Aspects floristiques

Une étude phytoécologique à permis de donner une composition floristique moyenne assez représentative des différents groupements végétaux de la zone (KEFIFA, 2013-2014).

6.1.2. Groupement à Chêne vert

C'est le groupement le plus en équilibre et adapté aux conditions du milieu, il se présente le plus souvent sous forme d'un matorral élevé moyen à dense ou d'un taillis de hauteur moyenne de l'ordre de 3 m imposée par une surexploitation et des incendies répétées. Le nombre d'espèces reste très élevé et constitue l'ossature de basse de toutes les formations forestières de la région. L'importance des formations ligneuses basses de chêne vert dans la préservation de la couverture forestière. Le cortège floristique représentatif de ce groupement se compose de : *Phyllirea media*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, par contre, les grandes graminées Alfa ou Diss ne jouent qu'un rôle secondaire. Le Pin d'Alep dans ce groupement ne représente qu'un pionnier dans le retour au stade forestier dont le climax serait une foret de chêne vert pur avec *Quercus ilex*, *Arbutus unedo*, *Jasminum fruticans*, *Lonicera etrusca*, *Alyssum alpestre*, *Osyris alba*, *Asperula hirsuta*, *Phillyrea angustifolia*, *Atractylis humilis*, *Pyrus gharbiana*, *Atractylis macrophylla*, *Ruscus aculeatus*, *Bupleurum balansae*, *Asphodelus cerasiferus*, *Bupleurum rigidum*, *Smilax aspera*, *Clematis flammula*, *Staeheina dubia*, *Daphne gnidium*, *Valeriana tuberosa*, *Genista cinerea* et *Viburnum tinus* (KEFIFA, 2013-2014).

6.1.3. Groupement à Pin d'Alep et Chêne kermès

Les espèces les plus présentes et dominantes imposant une physionomie au groupement sont *Quercus coccifera*, *Calycotome intermedia*, *Cistus villosus*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea media*, et *Ampelodesma mauritanica*. Dans la strate

arborescente notant la présence de *Tetraclinis articulata* et *Quercus rotundifolia*. La composition moyenne du cortège floristique de ce groupement forestier comprend les espèces suivantes : *Pinus halepensis*, *Calycotome villosa*, *Cistus alviaefolius*, *Erica arborea*, *Genista erioclada*, *Globularia alypum*, *Halimum halimifolium*, *Helianthemum racemosum*, *Lavandula stoechas*, *Quercus coccifera* et *Rosmarinus tournefortii*. Il y a lieu de noter deux facies dans ce groupements selon le type de sol, sur sol siliceux caractérisés par *Lavandula stoechas*, *Cistus alviaefolius* et *Halimum haimfolium*. Par contre sur sols calcaires c'est *Rosmarinus tournefortii*, *Globularia alypum*, et *Genista erioclada* qui caractérise ce facies (KEFIFA, 2013-2014).

6.1.4. Groupement *Oleo-lenisque*

Ce groupement appartient à l'alliance de l'oleo-ceratonion et correspond à des peuplements très ouverts et classés parmi les plus dégradés. Le Chêne vert en est absent, par contre le Pin d'Alep y est fréquent au même titre que le lentisque. Le chêne kermès et la filaire sont abondants dans les zones de transition avec les groupements précédents. Les espèces dominantes sont accompagnées de toute une série d'espèces thermophiles telles que *Cistus sericeus*, *Cistus landaniferus*, *Ebenus pinnata*, *Genista quadriflora*, *Coronilla juncea* (KEFIFA, 2013-2014).

6.1.5. Groupement de *Tetraclinis articulata*

La composition floristique moyenne représentative dans le territoire étudié de la tétraclinaie regroupe les espèces suivantes : *Tetraclinis articulata*, *Arbutus unedo*, *Asparagus albus*, *Astragalus lusitanicus*, *Bupleurum gibraltarium*, *Calycotome spinosa*, *Carallum europaea*, *Cistus landaniferus*, *Cistus sericeus*, *Coronilla juncea*, *Ebenus pinnata*, *Elichrysum stoechas*, *Genista quadriflora*, *Olea europaea sylvestris* et *Quercus coccifera* (KEFIFA, 2013-2014).

6.1.6. Importance des grandes graminées

Les graminées *Stipa tenacissima* et *Ampelodesma mauritanicum* sont présentes dans tous les groupements et constituent une strate intéressante dans le recouvrement du sol. Elles jouent un rôle déterminant dans la configuration des paysages forestiers dégradés grâce à leur capacité de résistance aux différentes pressions qui s'exercent sur l'espace forestier. Quand les groupements de pin d'Alep, de chêne vert et de thuya sont dégradés (coupes, incendies, parcours, défrichement) l'alfa et le diss colonisent rapidement l'espace et joue le rôle

d'espèces pionnières préparant l'installation des espèces ligneuses basses dans un premier temps (TERRAS, 2010-2011).

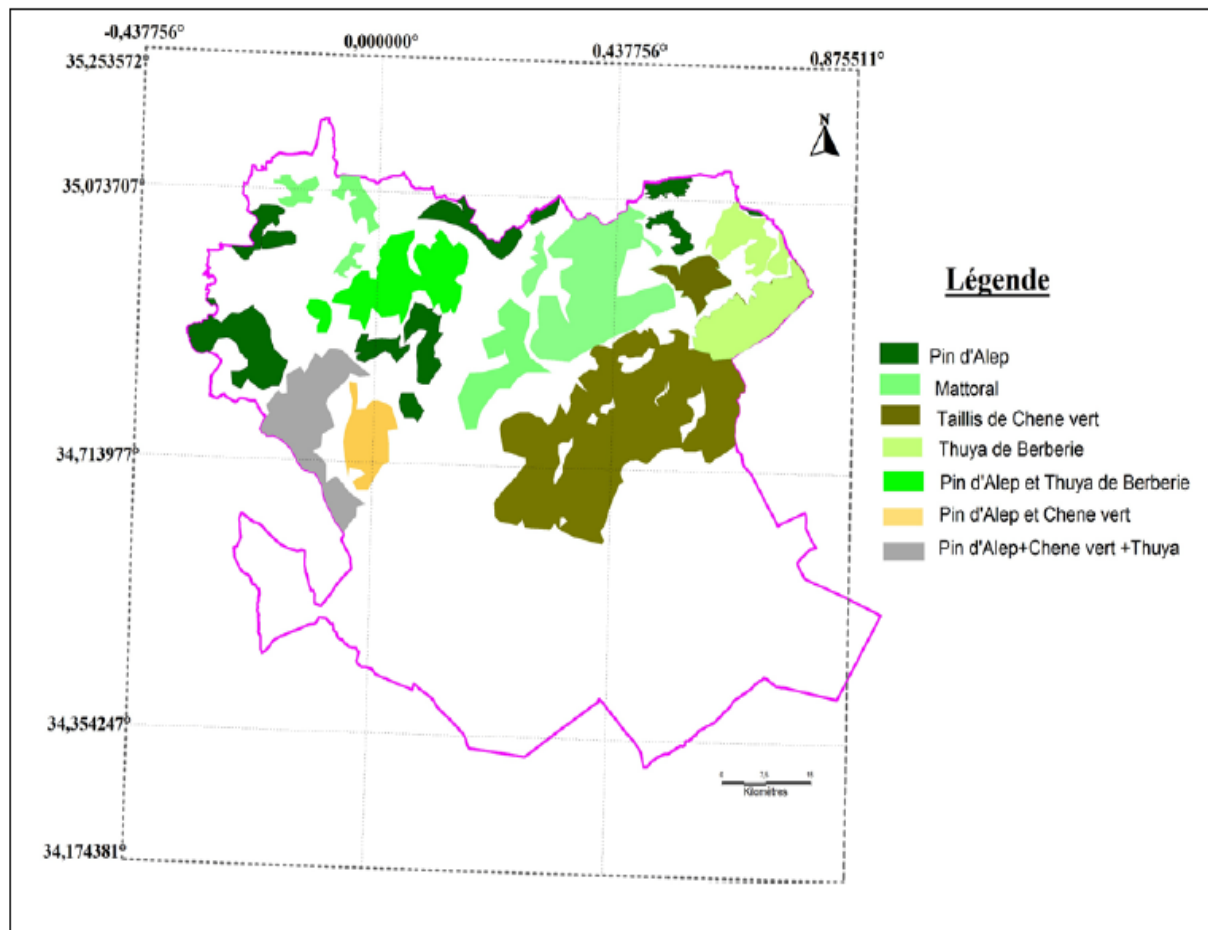


Figure 2.9 : Carte des groupements forestiers (TERRAS, 2010-2011).

6.2. La connaissance des stations forestières

On ne peut pas gérer de façon raisonnée et durable une forêt sans connaître parfaitement ses conditions de croissance. C'est précisément l'objet des études de typologie des stations. A partir de l'analyse des différents ensembles climat- sol – végétation d'un massif forestier ou d'une région naturelle, on aboutit à l'établissement d'un outil pratique de diagnostic pour le forestier. Le forestier a besoin, pour l'application à la gestion, d'une approche synthétique. La description d'une station permet de préciser les facteurs qui, pour cette station, vont conditionner leur croissance ; il s'agit d'une démarche pluridisciplinaire (TERRAS, 2010-2011).

6.3. Connaitre les facteurs de croissance des arbres

La typologie des stations n'est donc pas une fin en soi ; elle constitue la fondation pour l'aménagement des forêts. A l'origine, on lui assignait surtout pour

l'objectif de guider le forestier dans le choix des principales essences ; mais elle apporte aussi des informations précieuses pour l'orientation des travaux et des pratiques sylvicoles. Elle devient indispensable pour certaines formes de gestion minutieuses (essences en mélanges, culture de feuillus précieux disséminés), la typologie des stations intégraient les notions de biodiversité et d'écologie forestières (TERRAS, 2010-2011).

6.4. Identifier et caractériser les stations forestières

La caractérisation des stations repose sur l'analyse des trois composantes indissociables du milieu : le sol, la végétation et la topographie (pente, exposition, altitude).

-Sol : description du profil (profondeur, charge en cailloux, fertilité minérale, réserve en eau utile, etc.)

-Végétation : chaque espèce végétale a en effet ses propres exigences écologiques et ne se développe correctement que dans un milieu qui lui convient (richesse chimique, alimentation en eau, microclimat). L'ensemble des espèces végétales présentes reflète ainsi l'ensemble des conditions du milieu et en constitue un bon indicateur. L'interprétation du cortège floristique est réalisée à partir d'analyses statistiques multivariées qui permettent de relier chaque espèce avec les divers caractères du milieu. Sont ainsi définis des groupes écologiques d'espèces qui seront utilisés comme éléments de diagnostic du milieu (TERRAS, 2010-2011).

6.5. Qu'est-ce qu'un type de station forestière ?

Un type de station forestière correspond à un regroupement de relevés qui sont suffisamment homogènes quant à leur sol, leur groupement végétal et leur situation topographique, pour que le forestier puisse en attendre un comportement identique pour les essences qui y pousseront. Chacun de ces types de stations est ainsi caractérisé par une combinaison originale des facteurs topographique, pédologiques et floristiques. La fiche d'identité du type de station décrit et traduit chacun de ces facteurs en termes de potentialité ou de contrainte pour sa mise en valeur forestière (TERRAS, 2010-2011).

6.6. Stations et production forestière

Le forestier est confronté en premier lieu au choix des essences les mieux adaptées, et de connaître le niveau de production en volume et la qualité des produits qu'il peut espérer. Deux approches, complémentaires, sont

envisageables, la première démarche, dite autécologie, consiste à rechercher les liens entre un indice de fertilité (le plus souvent la hauteur à un âge donné) et les facteurs de croissance pris indépendamment les uns des autres. Cette démarche permet de définir les facteurs discriminant au mieux les niveaux de fertilité, et de préciser les bornes des classes au sein de chacun de ces facteurs, ses classes n'étant valables que pour l'essence étudiée. Le forestier peut donc prévoir le comportement de cette essence en comparant son autécologie aux caractères des types de stations définis dans le catalogue.

Dans la deuxième démarche, l'indice de fertilité est calculé pour chacun des types de stations décrit préalablement. Ces résultats permettent de classer ces types les uns par rapport aux autres (TERRAS, 2010-2011).

7 Géographie physique, géologie et géomorphologie

7.1 Aspects géographiques

L'utilisation du modèle numérique de terrain (MNT), a permis de réaliser un certain nombre de cartes thématiques : carte hypsométrique, carte des pentes, carte des expositions, carte du réseau hydrographique. La zone d'étude correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts. L'atlas tellien au Nord et les hautes plaines steppiques au Sud. Dans ce contexte la wilaya de Saida est délimitée sur le plan naturel à l'Ouest et au Nord-Ouest par les Monts de Daia, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Tazenaga, Tennfeld, Nser et El Assa. Au Nord et nord-est par les Monts de Saida, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Yehres, Bel-Hadj, Bel Aoued, Mekhnez et Touskiret. A l'Est, la limite correspond à l'extrémité Est du Djebel Sidi Youssef qui appartient normalement à l'ensemble orographique des Mont de Saida mais qui s'en détache légèrement vers le Sud. Alors qu'au Sud et sud-ouest (le territoire de la wilaya s'ouvrant sur les hautes plaines steppique). Le cadre physique régional de la wilaya de Saida correspond aux conditions du tell occidental et des hautes plaines steppiques occidentales d'une manière générale, plus précisément à des plateaux ondulés, les Monts de Frenda, de Saida, de Daia et de Tlemcen qui dominant au Nord les bassins intérieurs et s'inclinent lentement vers les hautes plaines steppiques. Leur aspect tabulaire contraste avec le relief des chaînes qui ont la structure complexe de l'Atlas Tellien. Ces plateaux telliens laissent voir, sous les assises de calcaires jurassiques, le socle primaire anciennement plissé, métamorphosé et nivelé. Il n'apparaît en Algérie que grâce à deux fenêtres d'érosion, GharRouban, au sud- Ouest de Tlemcen, et à Tifrit, au nord-est (TERRAS, 2010-2011).

7.2. Les caractéristiques physiques du relief

A l'exception du Sud de la wilaya où le paysage s'ouvre sur les hautes plaines steppique, l'on se trouve partout ailleurs dans un domaine relativement montagneux constitué par les Djebels des Monts de Daia et de Saida. Il s'agit donc d'un contraste bien net entre le Sud et le Nord de la wilaya. La limite entre les deux milieux (nord, montagneux et sud steppique) se situe un peu au sud de la latitude de Moulay Larbi ; toutefois une limite plus nette se distingue et correspond à la ligne de partage des eaux de petits djebels au nord de Moulay Larbi et du djebel Sidi Youssef. De part et d'autre part de cette ligne l'écoulement des eaux se fait au nord dans le milieu montagneux et le régime hydrographique est de type endoréique ; et vers le sud dans le milieu steppique où le régime hydrographique est ici, de type exoréique. Ce territoire n'a donc pas de caractère homogène : il se caractérise par une alternance de milieux très contrastés dont les grands ensembles sont au nombre de trois :

7.2.1. Le milieu montagnard

Il est constitué par une série de djebels généralement orientés vers sud-ouest nord-est, peu accentués et aux dénivellations peu importantes conférant à l'ensemble orographique une allure tabulaire ondulée. Ces plateaux ondulés sont incisés par une série d'oueds pérennes courants dans des fonds de vallées plus au moins aérées : il s'agit d'ouest en est des vallées de l'oued Mellala qui rejoint celle de l'oued Sefioun, et de l'oued Berbour. Oued Tala Amrane qui à la confluence de l'oued Sefione devient la vallée de l'oued Hounet, de l'oued Saida qui est la plus importante, de l'oued El Khachba et de l'oued Tifrit qui devient la vallée de Sidi Mimoune plus au nord et de l'oued El Abd qui débouche sur la plaine de Beranis au nord -est. Les altitudes sont élevées (1000 m en moyenne) et déclinent progressivement des sommets à la base ; les dénivellements sont en moyenne de l'ordre de 300 m et les points les plus élevés au culminants se trouvent sur le djebel Sidi Youcef (Koudiat Si Elkbir-1339 m). Au sud de ces plateaux ondulés se trouve une zone de contact avec les hautes plaines steppiques. C'est la plaine des Maalifs (ou plaine de Hassasna- Moulay Larbi) se situant à des altitudes très peu variables d'une moyenne de 1100 m (TERRAS, 2010-2011).

7.2.2. Les plateaux

Ils se localisent dans la partie sud de la wilaya et concernent la région de la commune de Sidi Ahmed et Maarmora. Le premier plateau se localise à l'Est de Aïn-El-Hadjar et se distingue par une altitude qui varie entre 900 et 1300 m. Le deuxième au Sud de la wilaya présente des affleurements rocheux, il est occupé par une garrigue ou une erme claire à Doum ou Palmier nain (*Chamaerops humilis*) et de broussailles basses clairsemé à genévrier oxycèdre, indicateur de conditions de froid et de forte amplitude thermique (*Juniperus oxycedrus* ». Un troisième plateau (la plaine des Maalifs) constitué par un assez vaste replat au sud ouest de la daïra d'Ain El Hadjar et Bourached. Ce plateau est caractérisé par des sols profonds riches à vocation céréalière encore sous utilisée malgré les potentialités édaphiques. Les plateaux ondulés sont incisés par une série d'Oueds. Ils constituent un véritable espace de transition entre la montagne et la steppe. A 1000 mètres d'altitude, ce vaste plateau était à l'origine un lieu de passage des pasteurs-nomades faisant la transhumance entre le sud et le nord. Il est aujourd'hui une véritable aire de sédentarisation de nombreuses populations nomades et montagnardes qui cultivent désormais céréales et fourrages et qui élèvent d'importants troupeaux de moutons (TERRAS, 2010-2011).

7.2.3 Le milieu steppique

Est caractérisé par des altitudes élevées (1100 m en moyenne), les plus hautes atteignent 1200 m et les plus basse oscillent entre 1000 et 1100 m, ce qui signifie que les dénivellations sont ici encore, peu importante, soit moins de 200 m. Cet espace est caractérisé par l'aridité du climat, la faiblesse des précipitations, leur irrégularité et les effets néfastes du sirocco. Le substrat est à dominance calcaire relativement encroûté ne générant que de faibles horizons. Ces derniers sont mis à rude épreuve par l'érosion éolienne (TERRAS, 2010-2011).

8. Caractérisation des monts de Saida

8.1. Généralité territoriale

A l'exception du Sud de la wilaya où le paysage s'ouvre sur les hautes plaines steppique, l'on se trouve partout ailleurs dans un domaine relativement montagneux constitué par les Djebels des Monts de Dhaya et de Saida .Il s'agit donc d'un contraste bien net entre le Sud et le Nord de la wilaya.

Ce territoire n'a donc pas de caractère homogène : il se caractérise par une alternance de milieux très contrastés dont les grands ensembles sont le milieu montagneux, les plateaux et le milieu steppique (KEFIFA, 2013-2014).

8.2. Les caractéristiques physiques des monts de Saida

8.2.1. Aspects géographiques

Le milieu montagneux est constitué par une série de djebels généralement orientés vers sudouest nord-est, peu accentués et aux dénivellations peu importantes conférant à l'ensemble orographique une allure tabulaire ondulée. Ces plateaux ondulés sont incisés par une série d'oueds pérennes courants dans des fonds de vallées plus au moins aérées : il s'agit d'ouest en est des vallées de l'oued Mellala qui rejoint celle de l'oued Sefiou, de l'oued Berbour, oued

Tala Amrane qui à la confluence de l'oued Sefione devient la vallée de l'oued Hounet, de l'oued Saida qui est la plus importante, de l'oued El Khachba et de l'oued Tifrit qui devient la vallée de Sidi Mimoune plus au nord, de l'oued El Abd qui débouche sur la plaine de Branis au nord -est.

Les altitudes sont élevées (1000 m en moyenne) et déclinent progressivement des sommets à la base ; les dénivellements sont en moyenne de l'ordre de 300 m et les points les plus élevés au culminants se trouvent sur le djebel Sidi Youcef (Koudiat Si Elkbir-1339m). Au sud de ces plateaux ondulés se trouve une zone de contact avec les hautes plaines steppiques. C'est la plaine des Maalifs (ou plaine de Hassasna- Moulay Larbi) se situant à des altitudes très peu variables d'une moyenne de 1100 m (KEFIFA, 2013-2014).

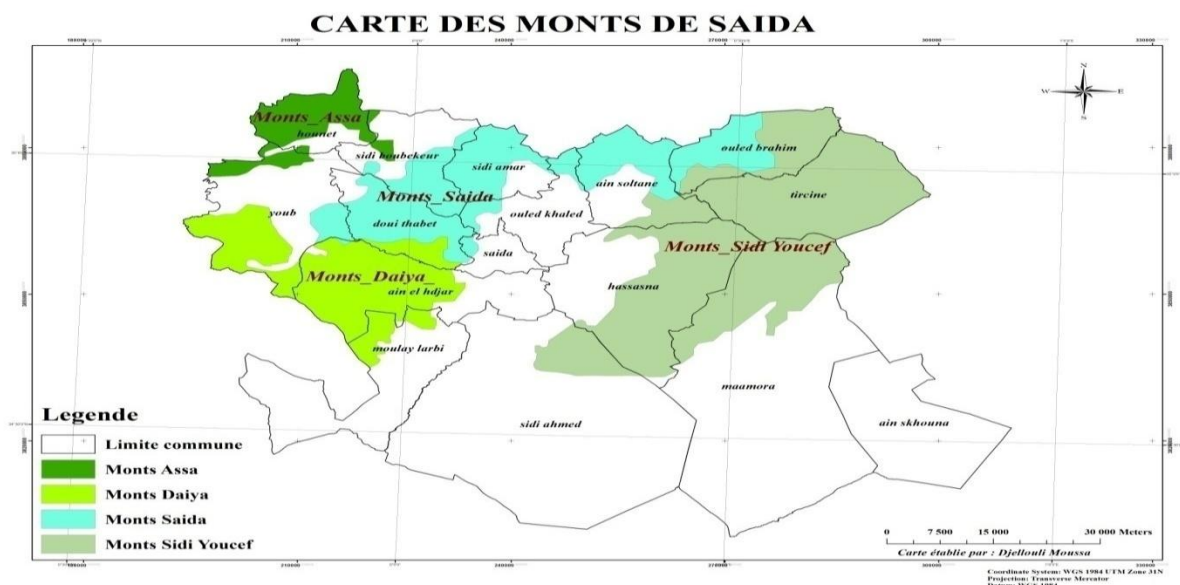


Figure 2.10 : Carte des monts Saida.

8.2.2. Les pentes

La réalisation de la carte des pentes a pour but d'illustrer une des principales caractéristiques physiques du territoire d'étude.

En effet, la potentialité et les limites d'utilisation du territoire dépendent dans leur majeure partie de la pente puisque celle-ci contribue à la détermination des possibilités d'érosion en relation avec d'autres facteurs de mécanisation des cultures, des modalités d'irrigation, des possibilités de pâturage, de l'installation et le développement de la végétation de reforestation. D'une manière générale, la topographie des monts de Saïda est relativement plane car les classes de pentes inférieures à 13 % occupent environ 84 % de la superficie totale des monts. Soit 62 620 ha de la superficie totale des monts de Saïda, et occupent surtout les communes de Saïda, Doui Thabet, Sidi Amar, Sidi boubkeur et Ouled Khaled.

Le reste soit 16 % du territoire 11940 ha ont une inclinaison bien marquée avec néanmoins une classe intermédiaire 10-25 % relativement importante. La partie de la zone dont la pente est supérieure 12,5 % est caractérisée le plus souvent les zones de piémonts, se sont le prolongement des massifs montagneux de la wilaya de Saïda, elles sont considérées sensibles aux phénomènes d'érosion et leurs conséquences. Ce sont généralement des terrains de parcours et des terrains forestiers (maquis clairs).

La région où les pentes dépassent les 25%, également les hauts piémonts et les zones montagneuses, de forte inclinaison. Ces terrains sont généralement boisés et s'étendent sur l'ensemble des massifs de la wilaya (KEFIFA, 2013-2014).

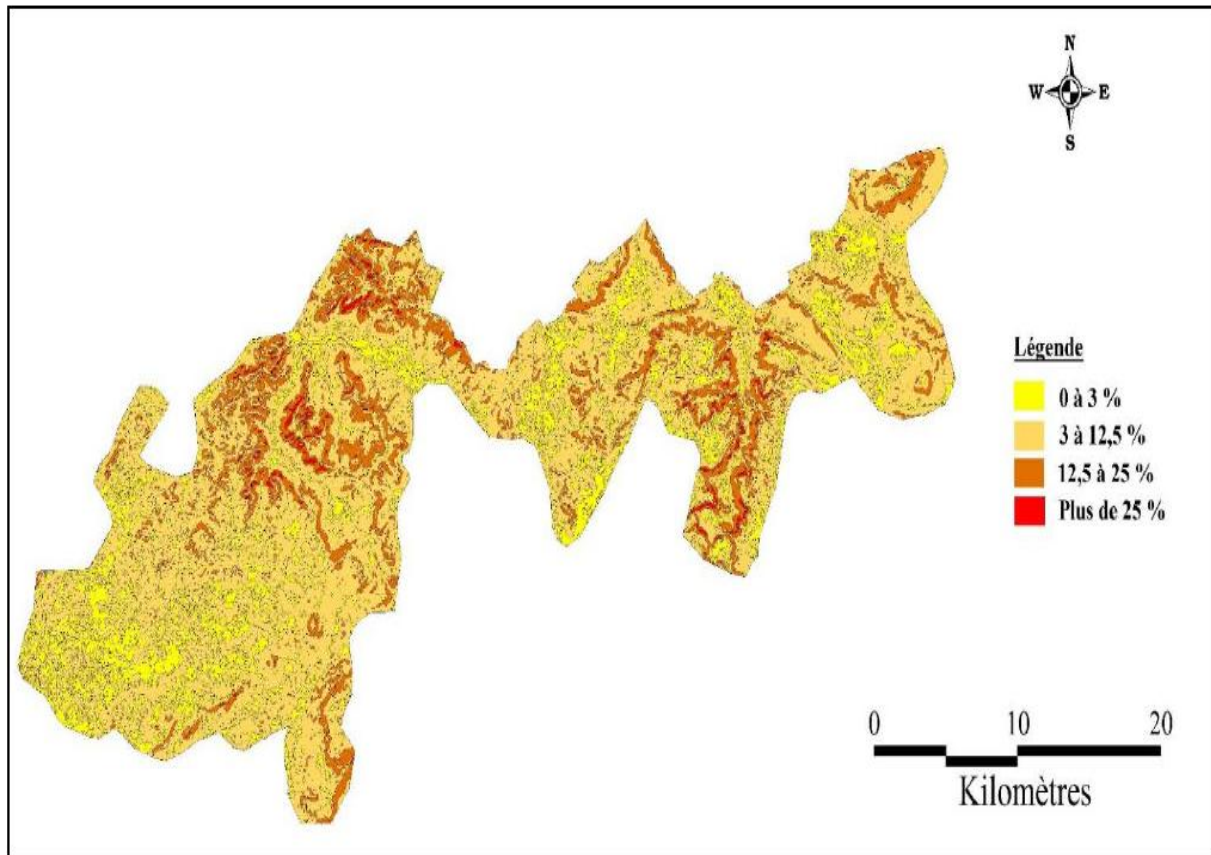


Figure 2.11 : Carte des pentes des monts de Saida (KEFIFA, 2013-2014).

9. Etude Eco pédologie

9.1. Stratigraphie et lithologie

La structure géologique de la région d'étude est composée des terrains d'âges différents (voire la carte géologique), les plus répandus sont des terrains jurassiques qui en outre sont les plus intéressants du point de vue hydrogéologique. Les dolomies du jurassique moyen et inférieur reposent sur le trias volcano-détritique imperméable. Ces dolomies sont aquifères et surmontées de dépôts détritiques du callovo-oxfordien et mio-pliocène peu perméable. La tectonique cassante des dolomies a déterminé une Karstification intense, l'érosion a provoqué avant la Karstification la mise à nu de la dolomie pour décapage des terrains détritiques (KEFIFA, 2013-2014).

9.1.1. Formation Marneuse du Toarcien

L'épaisseur faible de 6 à 15m joue un rôle important du point de vue hydrogéologique formant un mur imperméable entre les formations dolomitique.

La coupe typiquement prétellienne de l'oued Mimouna identique à celle de Modzab, l'épaississement du Toarcien à Ain Balloul, la présence de calcaire

siliceux du Bajocien le long de la route Balloul-Takhmeret en sont des témoins (TERRAS, 2010-2011).

9.1.2. Formation Aoleno-Bajocien

Elle est composée de dolomies souvent recristallisées dans leurs parties supérieures (l'épaisseur moyenne de 50 à 70 m au maximum 150 m). Les carbonates sont du point de vue lithologique très proche du membre des carbonates de Zerzour (TERRAS, 2010-2011).

9.1.3. Formation du Bajocien-Bathocien

Cette unité litho-stratigraphique est assez répandue, elle est composée exclusivement de calcaire et calcaire dolomitique et dolomies. L'épaisseur du membre des carbonates de Zerzour est de 50 m environ. Les deux membres des carbonates mentionnés forment un réservoir important des eaux souterraines, la succession de cette stratification est interrompue sur quelque endroit par une intercalation des couches bigariées de Sidi Youcef (TERRAS, 2010-2011).

9.1.4. Formation Callovien-Oxfordien

Elle est composée d'un ensemble argilo-gréseux ou parfois calcaire, repose directement sur des dolomies Aalenieuses. Les marnes et les argiles à bancs de grès représentant le callovien moyen, le complexe argileux remonte jusqu'au sommet de l'Oxfordien supérieur au-dessus viennent de gros bancs de grès blanchâtres à débits argileux (TERRAS, 2010-2011).

9.1.5. Formation Lusitancien-Kimmerdigien

Le lusitancien est composé de grès avec des intercalations carbonatées et argilo-sableuse, il occupe un espace important dans la région d'études tandis que le Kimmerdigien n'est pas apparent. Sur la région d'étude généralement, il est composé de dolomie cristalline massive de Tlemcen (TERRAS, 2010-2011).

9.1.6. Formation Plio-Quaternaire et Quaternaire

Elle est composée de cailloutis, poudingues, calcaire lacustre, tufs. Tandis que, le quaternaire est représenté par des alluvions, croûtes et dépôts. Vers le Nord, on trouve une bonne coupe près d'Ain-Balloul entre l'oued qui en descend et celui qui vient de l'Ain-Boucif. Sur les dolomies inférieures, viennent se succéder de haut en bas, des calcaires clairs à accidents siliceux et fossiles ; des calcaires gris à Brachiopodes ; des calcaires argileux rougeâtres, grumeleux. des calcaires argileux blanchâtres (10 m), des calcaires noduleux rougeâtres à Ammonite, des

dolomies (20 m) de l'Aalecien, des calcaires blancs grisâtres, porcelaines, Bajocien inférieur (à l'Est du pont de la route, et près du village de Balloul) (TERRAS, 2010-2011).

10. Cadre édaphique

Le sol classé en trois groupes : sols calcaires, sols rouges et sols calciques (KEFIFA, 2013-2014).

10.1. Sols calcaires

Ils occupent une partie assez importante de l'Oranie et sont localisés comme suit (KEFIFA, 2013-2014):

- sols calcaires typiques : entre le littoral et les versants méridionaux de l'Atlas,
- sols calcaires humifères situés entre l'Atlas plissé et les hautes plaines.

Ces sols se caractérisent par :

- présence de calcaire à un taux en liaison avec la nature de la roche-mère,
- l'horizon superficiel toujours moins riche en calcaire que l'horizon sous-jacent,
- la teneur en argile diminue en profondeur,
- la présence généralement d'un seul horizon différencié.

10.2. Sols rouges

Ils existent trois types caractérisés généralement par une richesse en fer libre, une texture argilo-limoneuse et une friabilité :

- terra rossa non calcaire (Ca CO₃ inférieur à 1%),
- terra rossa peu calcaire (Ca CO₃ inférieur à 10%),
- rendzines rouges (KEFIFA, 2013-2014).

10.3. Sols calciques

Sont concentrés sur les plaines steppiques et parfois sur les dépressions des hautes plaines telliennes ils sont caractérisés par un seul horizon, peu épais, plus ou moins riche en calcaire, avec un pourcentage appréciable de matière organique (entre 5 et 8%). Ce type de sol n'est que rarement colonisé dans notre zone par des formations forestières (KEFIFA, 2013-2014).

11. Conclusion

En définitive, la wilaya de Saïda se démarque par sa riche diversité naturelle. Ses sols fertiles, alternant entre les terres cultivables des plaines et les sols rocheux des montagnes, offrent un terreau propice à l'épanouissement d'une flore variée.

Les hauts plateaux semi-arides contrastent avec les massifs montagneux imposants de l'Atlas Tellien, formant un paysage kaléidoscopique unique. ces montagnes abritent une végétation luxuriante, composée de forêts de chênes verts, de pins d'Alep et de genévriers.

Mais c'est sans doute l'abondance de ses ressources en eau qui fait la richesse de cette région. Ainsi que les barrages comme celui de Ouizert, irriguent généreusement cette terre, permettant une agriculture prospère et un approvisionnement en eau potable suffisant.

Ainsi, Saïda se présente comme un véritable joyau naturel, alliant harmonieusement diversité des sols, reliefs montagneux majestueux, couverture végétale généreuse et ressources hydriques abondantes, offrant un cadre exceptionnel.

CHAPITRE III:

Etude climatique

1. Introduction

Les questions de changement et de variabilité climatiques sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques et des décideurs politiques dans le monde. Le cycle de l'eau étant l'une des composantes majeures du climat, les implications de ces changements sur les régimes pluviométriques sont importantes.

Il est étroitement lié aux modifications de la température atmosphérique et du bilan radiatif. Le réchauffement du système climatique au cours de ces dernières décennies est sans équivoque, ainsi qu'il ressort aujourd'hui des observations des augmentations mondiales des températures moyennes de l'air et des océans, de la fonte généralisée de la neige et de la glace ainsi que l'élévation du niveau de la mer à l'échelle du globe.

La climatologie repose sur l'interprétation des données des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie, permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique ; ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface (OUANES, 2020).

2. Définition du climat

Au sens étroit du terme, le climat désigne en général « le temps moyen » ou, plus précisément, c'est la synthèse des variations quotidiennes observées en un lieu précis. Le climat d'une région donnée est obtenu par la collecte de données statistiques sur les conditions météorologiques d'une période donnée variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années. Il est effectué à l'aide de valeurs moyennes établies à partir de mesures statistiques, mensuelles et annuelles, et il inclut généralement les éléments météorologiques suivants: la température, la hauteur de précipitation, l'humidité, l'ensoleillement et la vitesse des vents (OUANES, 2020).

3. Le climat de l'Algérie

Le climat de l'Algérie est essentiellement méditerranéen, c'est-à-dire caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers pluvieux. Mais sous ce qualificatif général, on est appelé à distinguer une grande diversité de climats régionaux, déterminés par la situation géographique et par l'orographie de l'Algérie. Celle-ci est bordée au Nord par la Méditerranée, relativement fraîche en été, relativement

chaude en hiver, au Sud par le Sahara où la température est élevée en moyenne, mais très variable dans le temps ; il en résulte pour les différentes parties de l'Algérie, soumise à ces deux influences, des écarts de température considérables, et essentiellement variables d'une saison à l'autre (ce qui se traduit par une déformation des courbes isothermes). Les importantes chaînes de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien qui traversent le pays d'ouest en est contribuent pour leur part à différencier les climats en abaissant la température de l'air, et en augmentant les précipitations aux dépens des régions situées plus au Sud. Cette diversité des climats régionaux et locaux entraîne la bigarrure de la carte agricole de l'Algérie.

On définit pour l'Algérie les régions ou les zones climatiques suivantes:

- 4 zones climatiques et une sous zone au Nord.
- 3 zones climatiques au Sud. Pour chaque zone, on distingue les sites d'altitude inférieure à 500 m, comprise entre 500 et 1000 m et supérieure à 1000 m (KHEZAZNA, 2017).

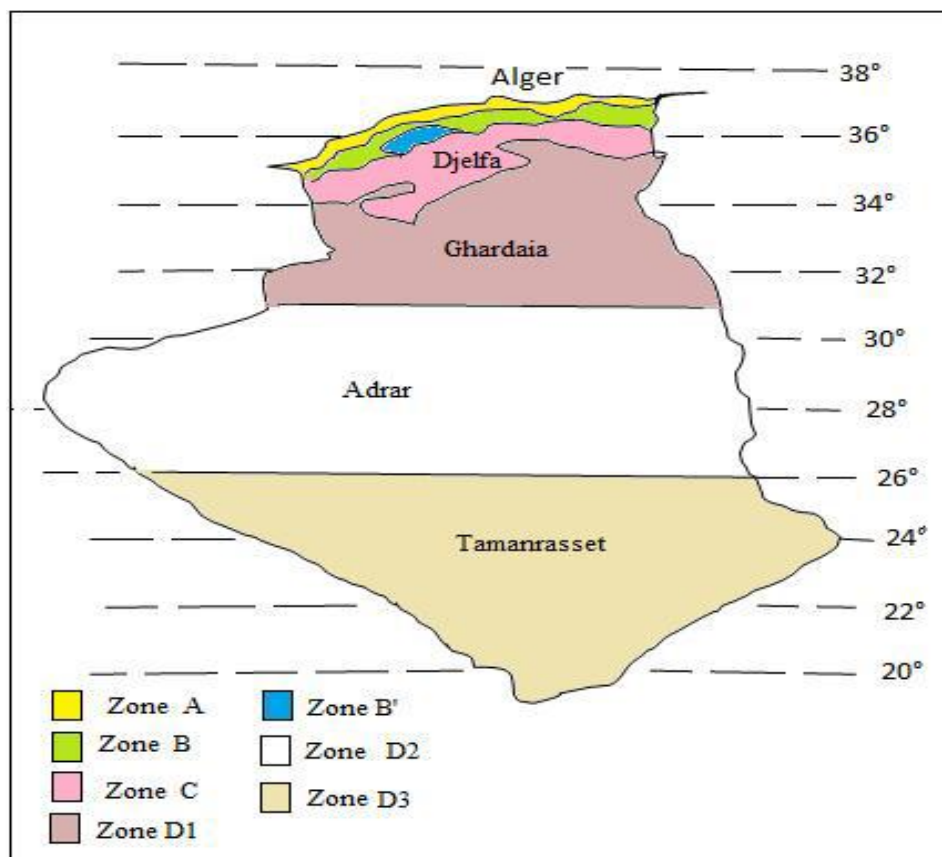


Figure 3.1: Carte de régions climatiques des 4 zones (KHEZAZNA, 2017)

La zone A: Elle comprend le littoral et une partie du versant Nord des chaînes côtières (climat méditerranéen maritime).

Cette zone bénéficie d'un climat doux et régulier, dû à l'influence modératrice de la mer. Les températures moyennes y sont sensiblement les mêmes de l'Ouest à l'Est, et en un point donné la température varie relativement peu entre le jour et la nuit comme entre l'hiver et l'été.

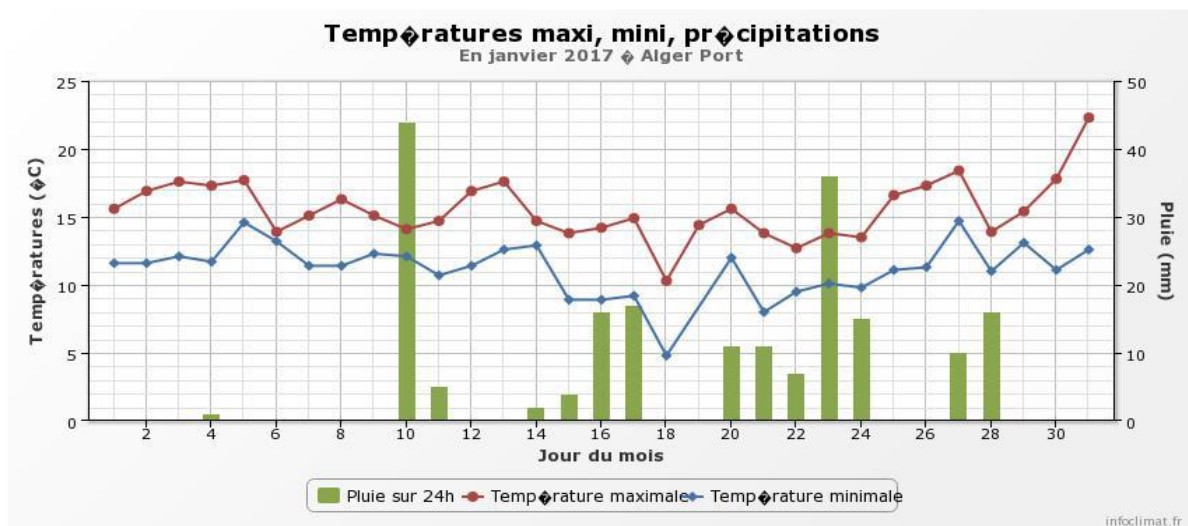


Figure 3.2: Carte de températures min max de la station Alger port

La zone B: Elle comprend la plaine et les vallées comprises entre les chaînes côtières et l'Atlas Tellien, autre que celle de Chlef (climat méditerranéen continental).

La plaine du Chélif peut être considérée comme " *une zone climatique un peu particulière* " de l'Algérie, par les écarts de température considérables que l'on y rencontre. Distante de la mer de moins de 50 km., elle est cependant soustraite à l'influence maritime par la chaîne du Dahra qui la borde au Nord. L'important massif de l'Ouarsenis qui la domine au Sud augmente les effets du sirocco, les masses d'air transportées des Hautes Plaines s'échauffant en même temps qu'elles s'abaissent vers la plaine du Chélif. Enfin on trouve confirmée ici la loi générale suivant laquelle toute forme concave du terrain - vallée, cuvette - entraîne de fortes variations de température,

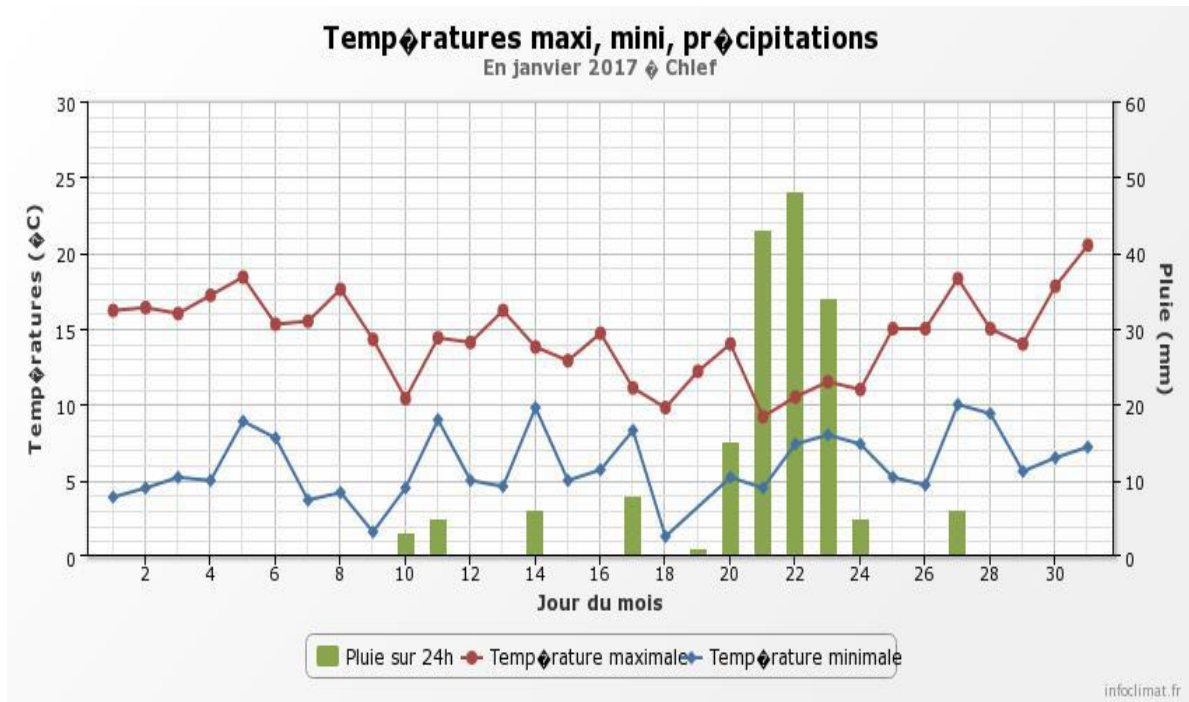


Figure 3.3: Carte de températures min max de la station chlef

La zone B' : C'est une sous-zone de la zone B. Elle comprend la vallée de Chlef, comprise entre la chaîne de l'ouarsenis et les montagnes du Dahra et des Braz.

La zone C : Elle comprend les hauts plateaux entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, avec des altitudes supérieures à 500 m (climat méditerranéen de montagne).

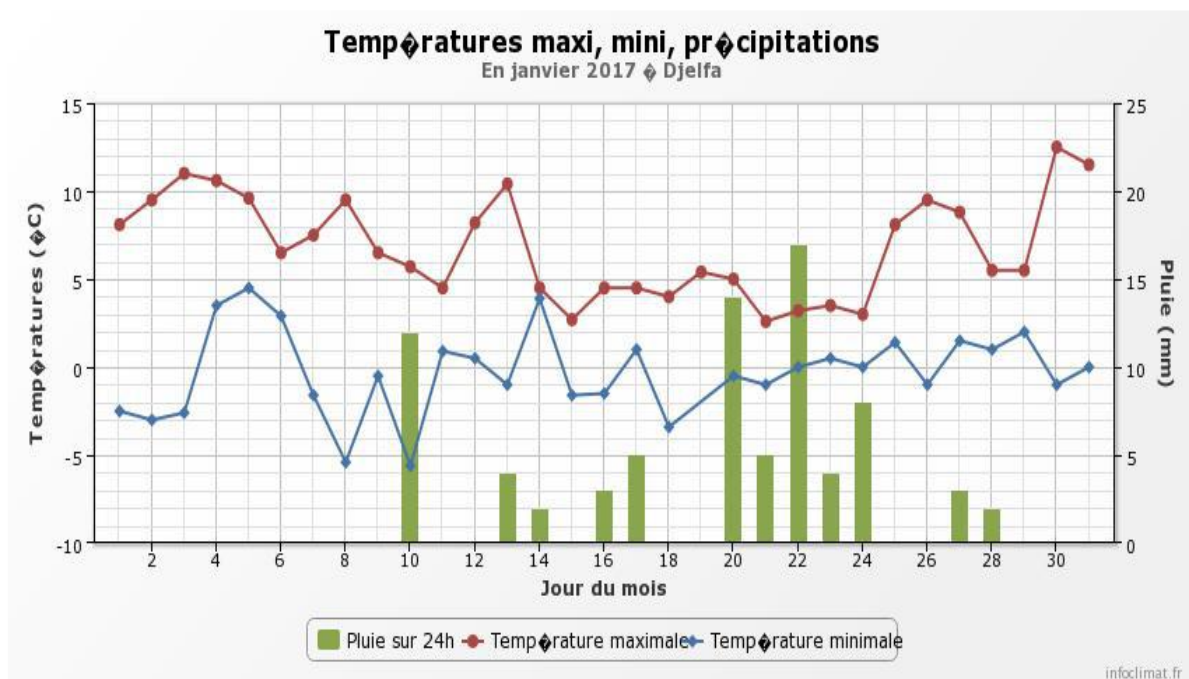


Figure 3.4: Carte de températures min max de la station djelfa

La zone D1: Elle comprend le Sahara au-delà de l'Atlas Saharien jusqu'à la latitude 31°.

Au-delà de l'Atlas saharien, on observe les mêmes fortes amplitudes thermiques, mais des températures plus élevées dues à la moindre altitude et aussi à la latitude plus basse :

Touggourt est un exemple typique du climat nord-saharien, avec des maxima absolus voisins de 50°, alors que dans l'Algérie septentrionale ceux-ci dépassent rarement le 45°. La faible humidité atmosphérique permet un rayonnement intense, et les nuits peuvent être très fraîches.

La zone D2: Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 31° jusqu'à la latitude 26°.

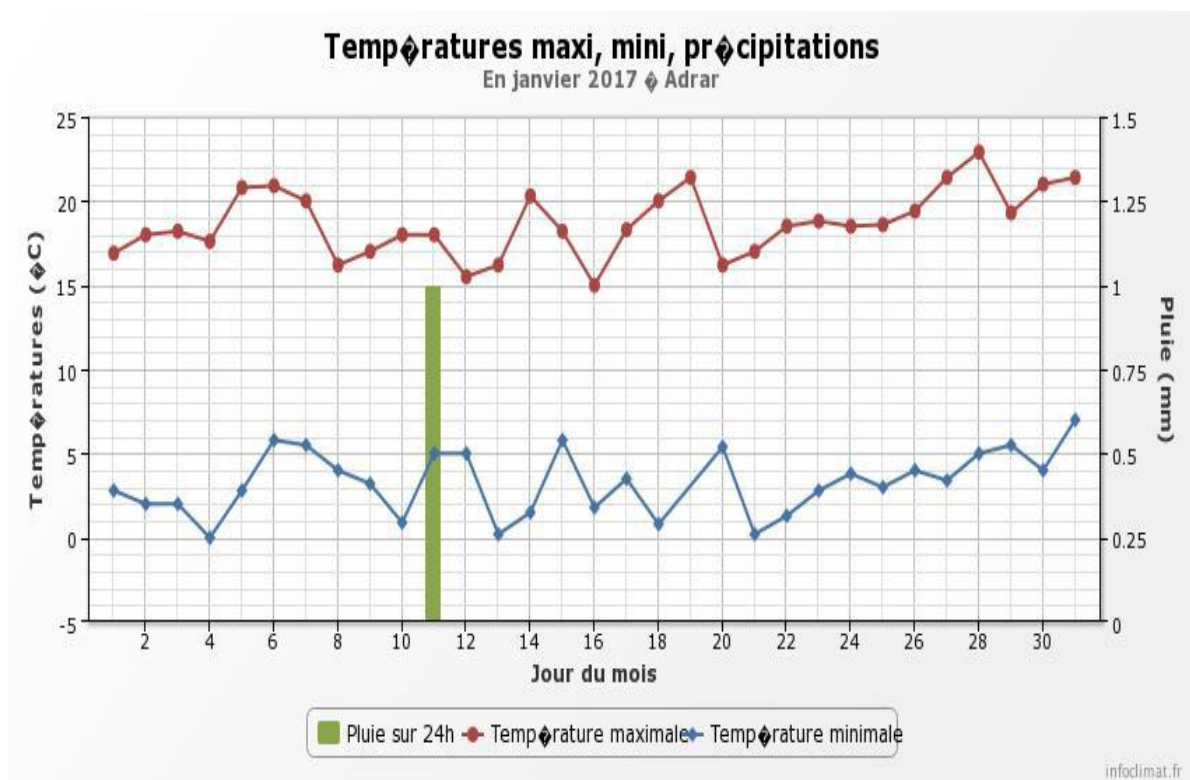


Figure 3.5: Carte de températures min max de la station Adrar

La zone D3: Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 26° jusqu'aux frontières Sud.

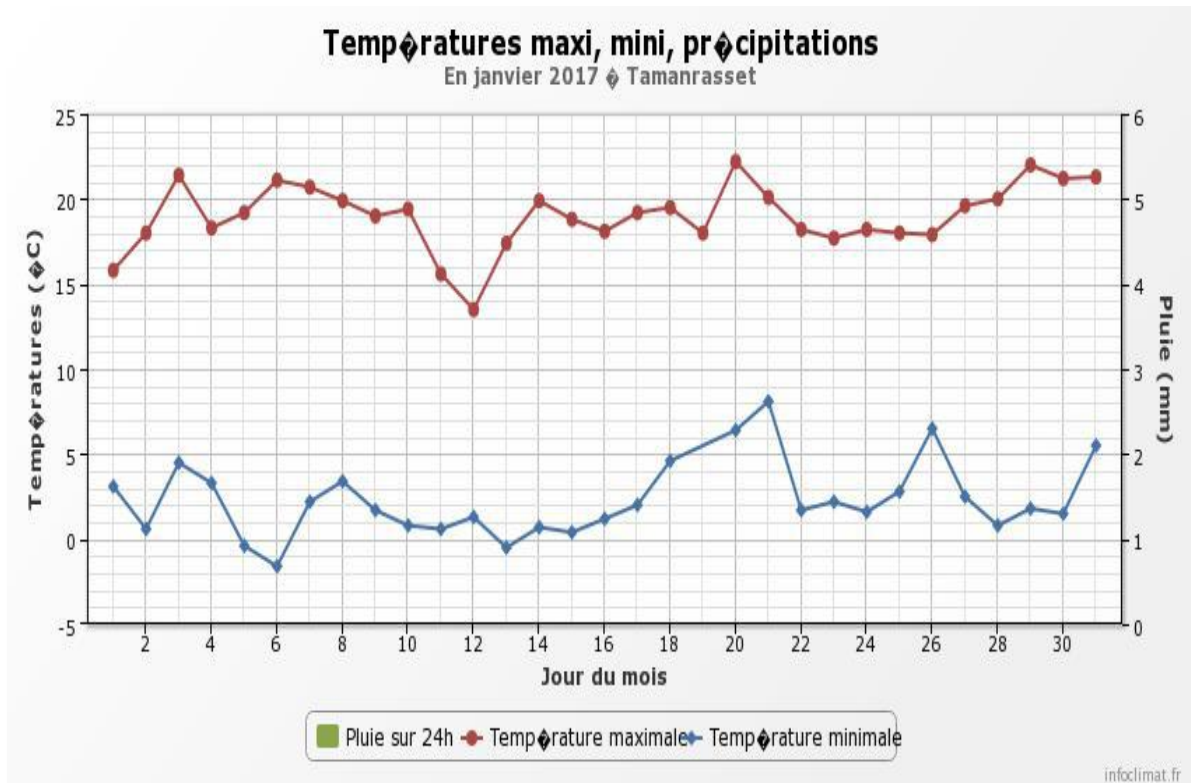


Figure 3.6: Carte de températures min max.

4. le climat dans la zone d'étude (SAIDA)

Le climat de la région est de type méditerranéen ; Il est semi-aride et caractérisé par deux périodes distinctes ; d'une part, une période froide et humide et d'autre part ne période chaude et sèche. Les précipitations moyennes annuelles oscillant entre 420 mm en 2007 et 350 mm en 2016 ; avec une moyenne durant cette décennie d'environ 370 mm/an. Durant cette même période, la température moyenne et la température maximale moyenne annuelle sont respectivement 17.1°C et 43.5 °C. En termes de vents, la région est exposée.

Le vent est de direction dominante NW avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal. Le déficit hydrique s'étale sur une période de 5 mois» (TALBI, 2019).

5. Les facteurs climatiques

Pour les besoins de notre étude, nous avons utilisé les données de la station pluviométrique de SAIDA (Rebahia). Les caractéristiques de la station sont résumées dans le tableau 1.

Caractéristiques de la station	Altitude	Latitude	Longitude
SAIDA (Rebahia)	750 m	34°55'00''N	00°09'00'' E

Tableau 3.1: Caractéristiques de la station de SAIDA (Rebahia).

6. Aspect climatologique

Pour l'analyse du contexte climatique dans la zone d'étude les méthodes les plus rationnelles, basées sur l'adéquation des formules régionales, sont utilisées, tout en prenant en compte les résultats des études réalisées dans cette même région particulière. A ce titre, l'estimation des différents paramètres étant basée, d'une part, sur les observations hydro-climatologiques analysées pendant une période suffisamment longue en matière statistique (KEFIFA, 2013-2014).

6.1. La pluviométrie

Les précipitations représentent la source principale d'eau nécessaire pour une production de la biomasse, caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années. On utilise généralement la pluviosité moyenne annuelle pour caractériser la quantité de pluie en un lieu donné. L'unité de mesure utilisée est le millimètre de hauteur de pluie, qui correspond à un volume d'eau de 1 litre par mètre carré.

Le massif montagneux est positionné dans la zone tellienne subissant un régime climatique semi-aride caractérisé par une nette opposition entre saisons sèches et saisons humides liées respectivement aux deux principaux facteurs pluviométriques continentaux au Sud et marin au Nord. Ainsi, au nord du relief, la zone montagneuse est soumise à l'influence de deux régimes entièrement contrastés en matière de formation de précipitations.

L'un méditerranéen, agit directement par des entrées marines, provoquant de fortes précipitations, en saison d'hiver ; l'autre, orographique, est marqué par la vaste étendue continentale, où la pluviométrie, plus intense, est caractérisée par les effets orageux des saisons estivales (KEFIFA, 2013-2014).

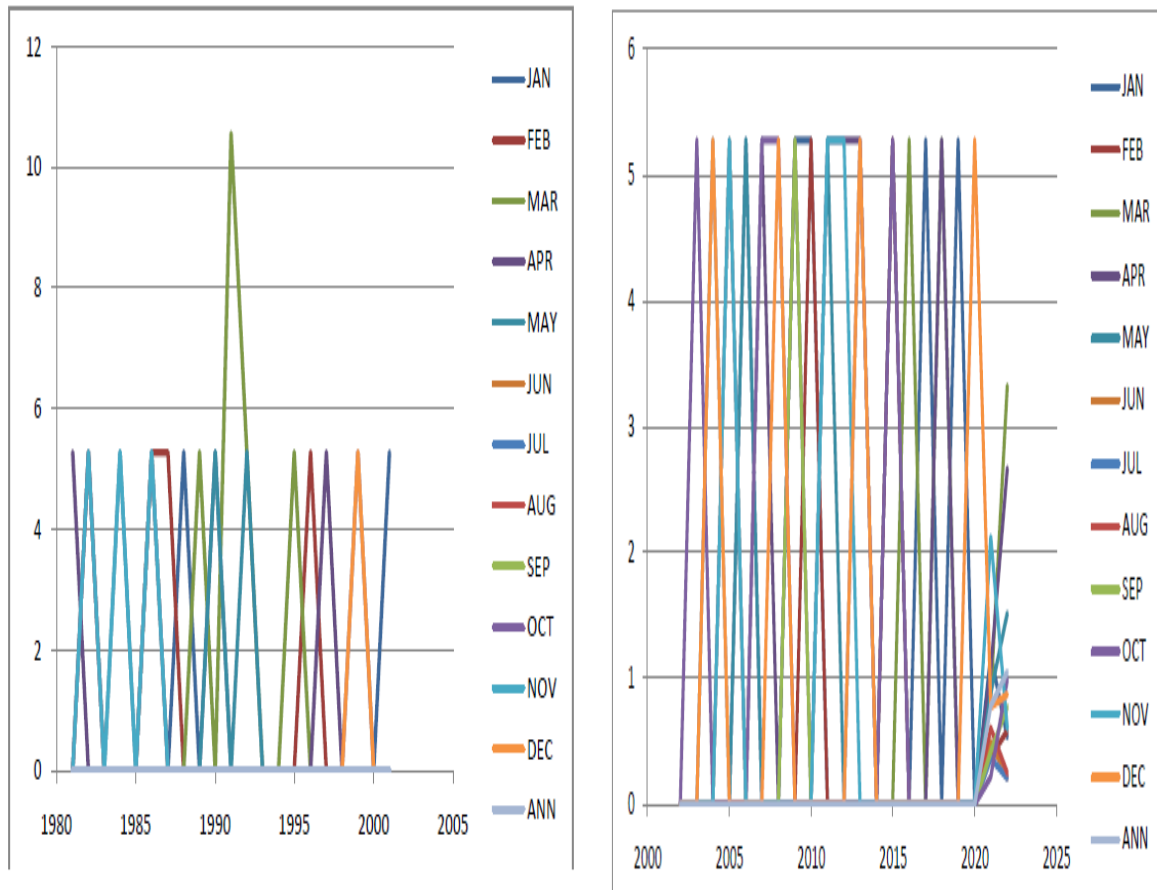


Figure 3.7: Les précipitations annuelles (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

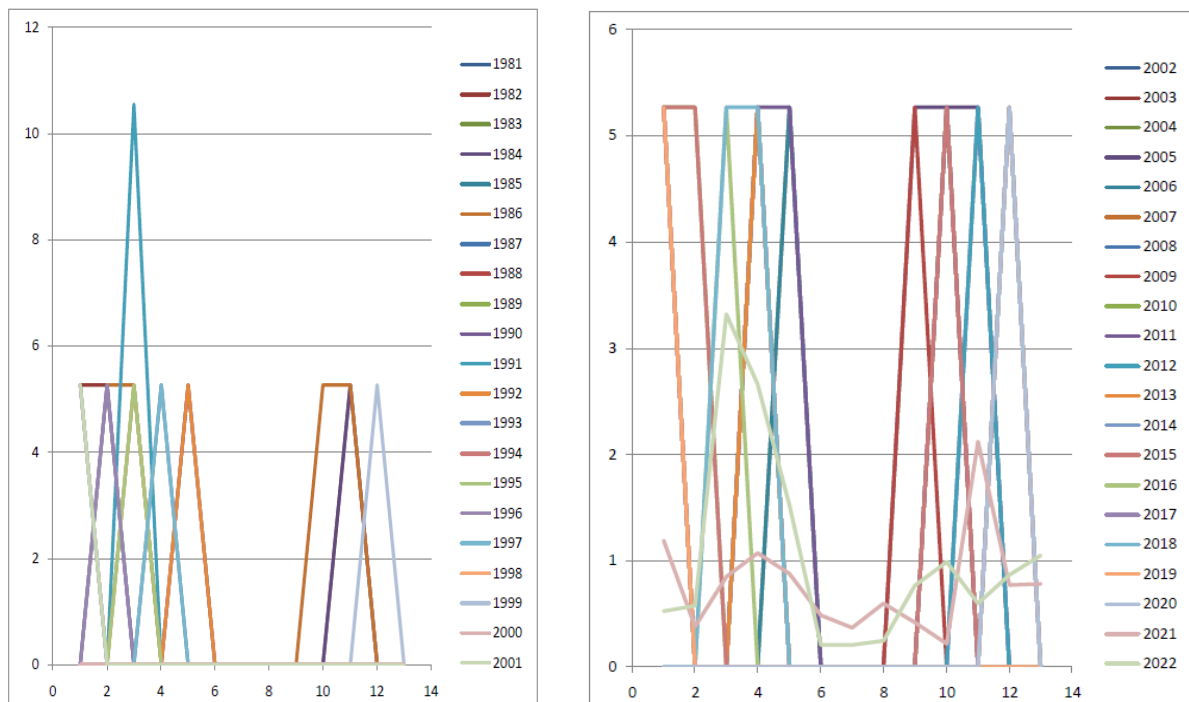


Figure 3.8: Les précipitations mensuelles (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

6.2. Analyse des Données Climatiques

6.2.1. Précipitation

Nous avons étudié les données climatiques sur des périodes de 5 et 10 ans en utilisant le logiciel SPSS pour effectuer les calculs statistiques nécessaires. Les moyennes marginales de prédiction pour ces périodes ont révélé les tendances suivantes (figure 3.21) :

- **(1972 - 1981)** : La précipitation a augmenté de manière significative, atteignant jusqu'à 250,00 mm. Cette augmentation peut être attribuée à des conditions climatiques favorables et stables, qui ont permis une accumulation constante de précipitations au fil des années.
- **(1982 - 1991)** : La moyenne des précipitations a commencé à diminuer progressivement. Ce déclin indique peut-être le début de modifications dans les conditions climatiques, pouvant inclure des variations dans les systèmes météorologiques ou des changements plus subtils dans les modèles de précipitations.
- **(1992 - 2001)** : La tendance à la baisse des précipitations s'est poursuivie. Cette période pourrait avoir été marquée par des événements météorologiques particuliers ou des changements environnementaux affectant la quantité d'eau reçue.
- **(2002 - 2011) et (2012 - 2022)** : La diminution des précipitations a commencé à s'accélérer rapidement. Cette baisse rapide pourrait être le signe de changements climatiques plus prononcés, tels que le réchauffement global, la modification des courants océaniques, ou des influences anthropiques plus directes.

6.2.2. Interprétation

En analysant les précipitations sur des périodes de 20 ans, nous observons les phénomènes suivants :

- **(1981 - 1991)** : La précipitation a augmenté, probablement en raison d'un climat relativement stable durant cette décennie. Les conditions météorologiques n'ont pas beaucoup varié, permettant une accumulation soutenue de précipitations.

- **Pour les 20 dernières années (2002 - 2022) :** La précipitation a diminué de manière significative, ce qui peut être attribué à des changements climatiques. Les influences potentielles incluent le réchauffement climatique, l'urbanisation, la déforestation, et d'autres activités humaines qui modifient les cycles naturels de l'eau.

Les données climatiques sur les 50 dernières années montrent des variations significatives dans les précipitations. Après une période de relative stabilité et même d'augmentation des précipitations dans les années 70 et 80, une tendance à la diminution s'est installée à partir des années 90, s'accéléralant de manière marquée au cours des deux dernières décennies. Cette évolution met en lumière l'importance de surveiller et d'analyser les tendances climatiques pour mieux comprendre les impacts des changements environnementaux et prendre des décisions informées pour l'avenir.

6.3. Température

La température est une mesure numérique d'une chaleur, sa mesure se fait par détection de rayonnement thermique, la vitesse des particules, l'énergie cinétique, ou par le comportement de la masse d'un matériau thermométrique.

La température est un facteur écologique très important pour la détermination du climat de la zone d'étude à partir de deux paramètres principales : la température minimale du mois le plus froid et la température maximale du mois le plus chaud.

L'étude des températures permet de quantifier l'évaporation et par conséquent les conditions d'alimentation des aquifères profonds et la concentration des sels dissous dans leurs eaux et de préciser les limites de la thermalité (OUANES, 2020).

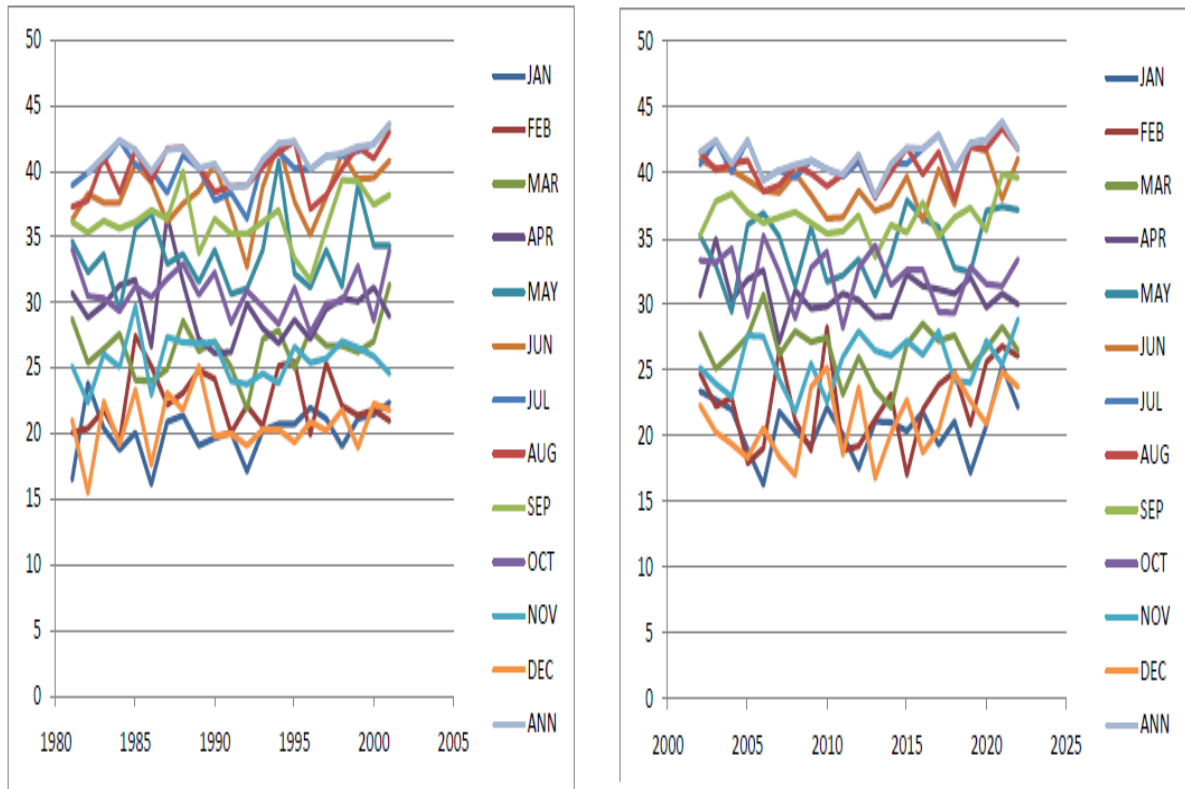


Figure 3.9: Température annuelle maximale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

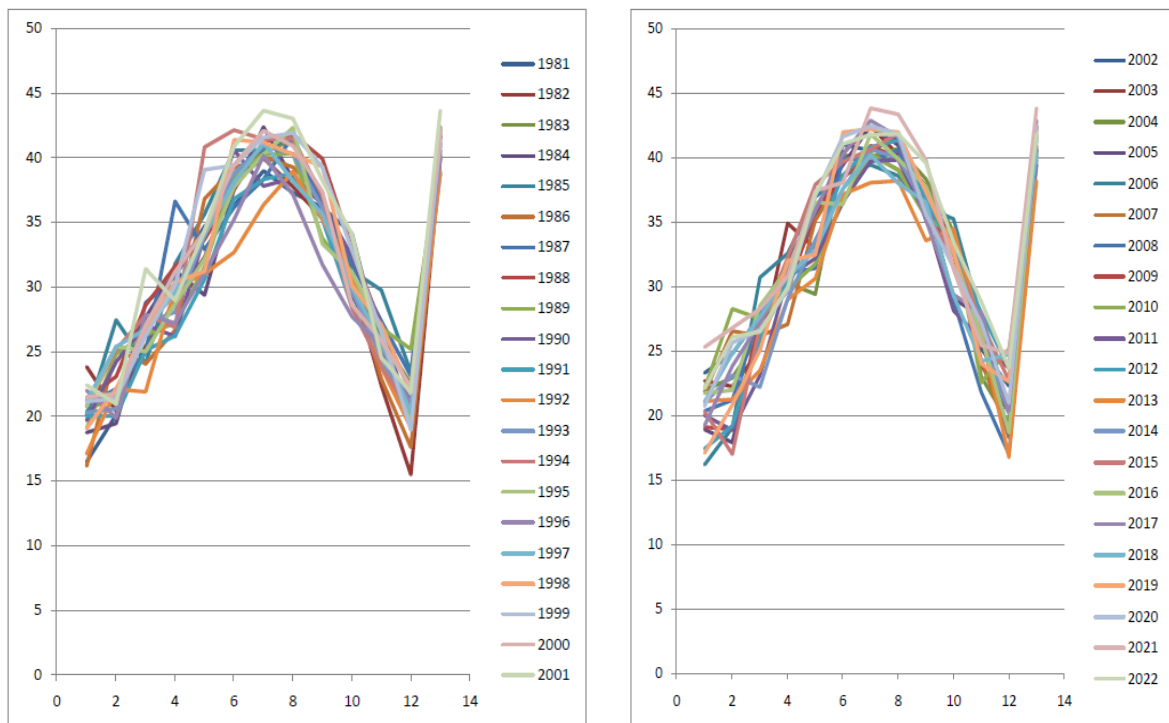


Figure 3.10: Température mensuelle maximale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

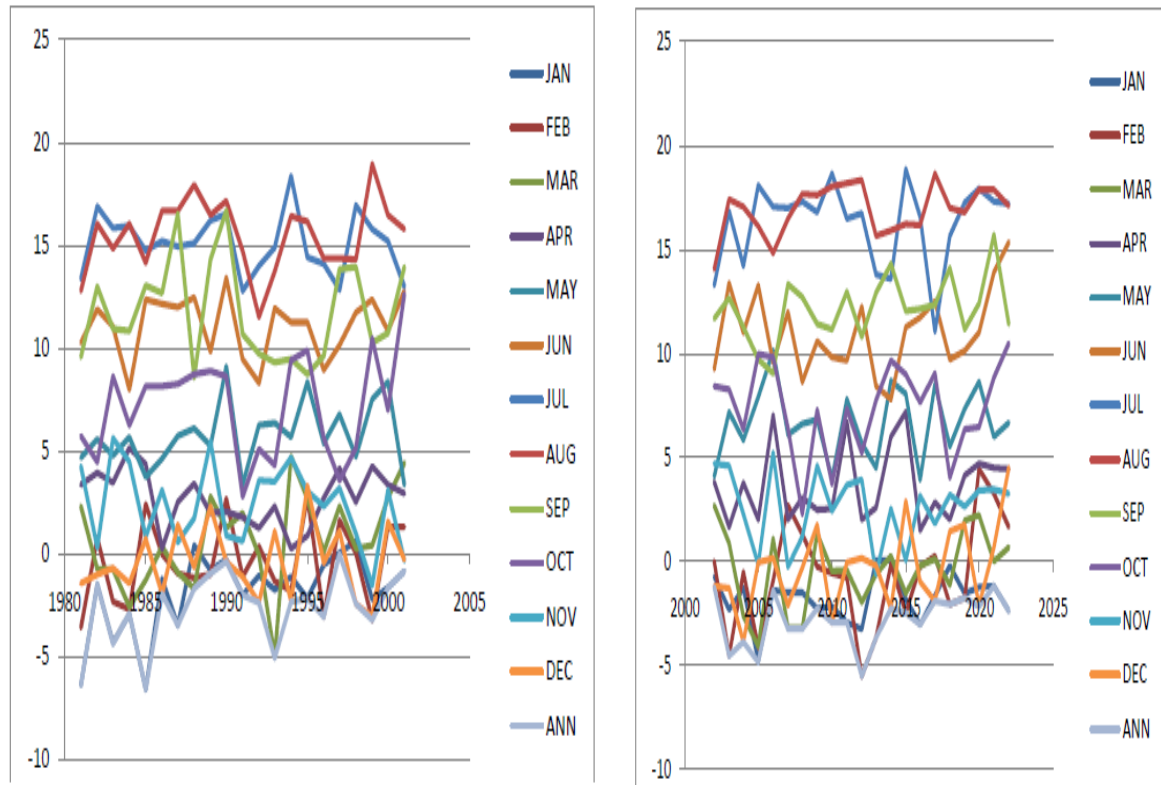


Figure 3.11: Température annuelle minimale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

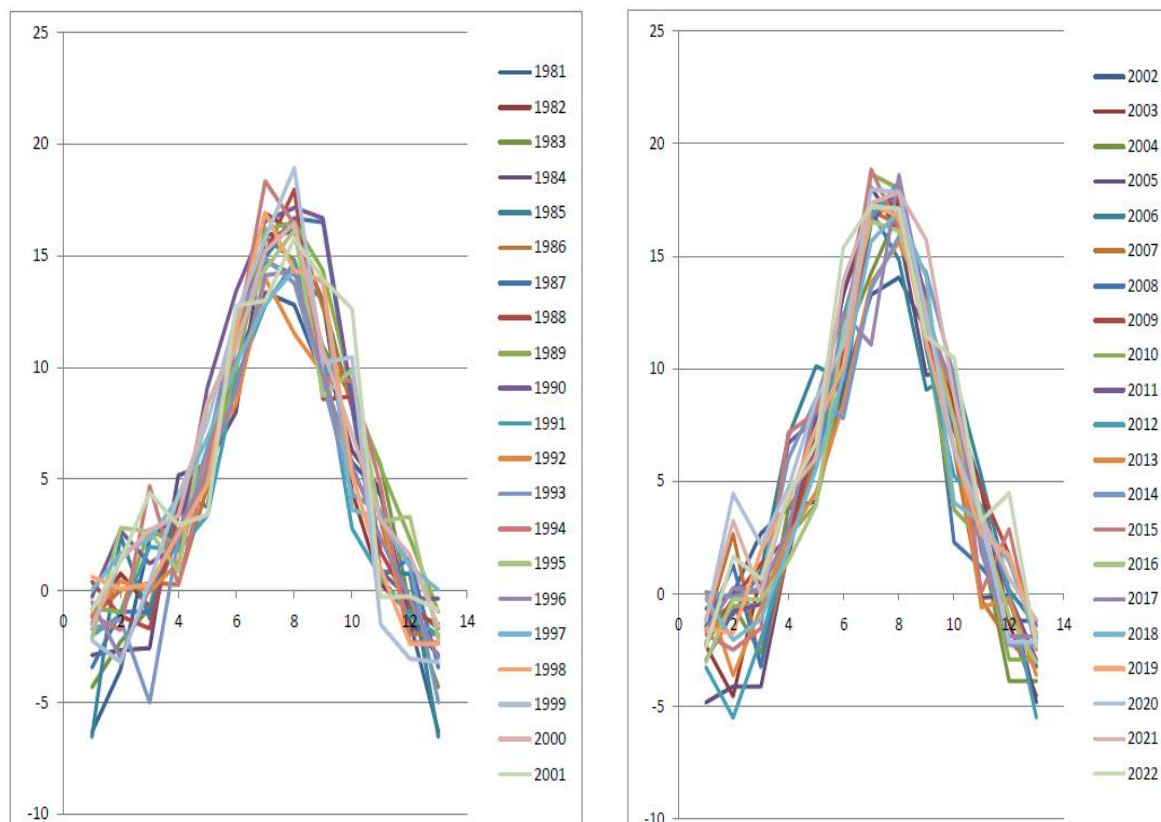


Figure 3.12: Température mensuelle minimale (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

Nous avons examiné les données de température pour quatre périodes de dix ans allant de 1981 à 2022. Les résultats montrent des variations et des tendances intéressantes en matière de température sur ces 40 années :

- **(1981 - 1990)** : La température moyenne était relativement stable, oscillant entre 43,80°C et 44,04°C. Cette période a connu des fluctuations mineures, mais globalement, les températures sont restées dans une fourchette restreinte.
- **(1991 - 2000)** : La température a légèrement diminué au début de cette période, avant de remonter. Ce comportement pourrait être dû à des variations naturelles des conditions climatiques ou à des événements météorologiques ponctuels.
- **(2001 - 2010)** : La température a de nouveau augmenté, revenant à des niveaux similaires à ceux observés dans les années 80. Cette augmentation pourrait être liée à des phénomènes climatiques globaux tels que le réchauffement climatique.
- **(2011 - 2022)** : Finalement, la température s'est stabilisée à nouveau, maintenant des valeurs proches de celles observées précédemment. Cette stabilité pourrait indiquer une certaine résilience climatique de la région malgré les changements globaux.

6.3.1. Interprétation des Données de Température

La stabilité relative des températures sur ces 40 années indique plusieurs aspects importants :

- **Stabilité Climatique** : La température oscillant autour de 44°C sur quatre décennies suggère que, malgré des fluctuations ponctuelles, la région a maintenu une stabilité thermique. Cette stabilité est notable dans un contexte global où beaucoup de régions ont connu des augmentations significatives de température.
- **Entrée en Sécheresse** : La stabilité des températures peut également être un indicateur de l'entrée progressive de la région en période de sécheresse.

Les températures élevées et constantes, combinées à une diminution des précipitations comme mentionné précédemment, sont des signes typiques des conditions de sécheresse. Cette situation peut avoir des répercussions graves sur l'agriculture, la disponibilité en eau et la biodiversité de la région.

L'analyse des données de température sur les 40 dernières années révèle une remarquable stabilité thermique dans la région, malgré quelques variations. Cette stabilité, toutefois, peut masquer des tendances plus inquiétantes telles que l'entrée en sécheresse, comme en témoignent la diminution des précipitations et les impacts potentiels sur les ressources naturelles. Comprendre ces tendances est essentiel pour anticiper et atténuer les effets négatifs des changements climatiques sur la région, en informant les politiques de gestion de l'eau, de l'agriculture et de la conservation des écosystèmes.

La température écart, également appelée différence de température ou ΔT , est la différence entre deux températures mesurées. Elle est calculée en soustrayant la température la plus basse de la température la plus élevée (OUANES, 2020).

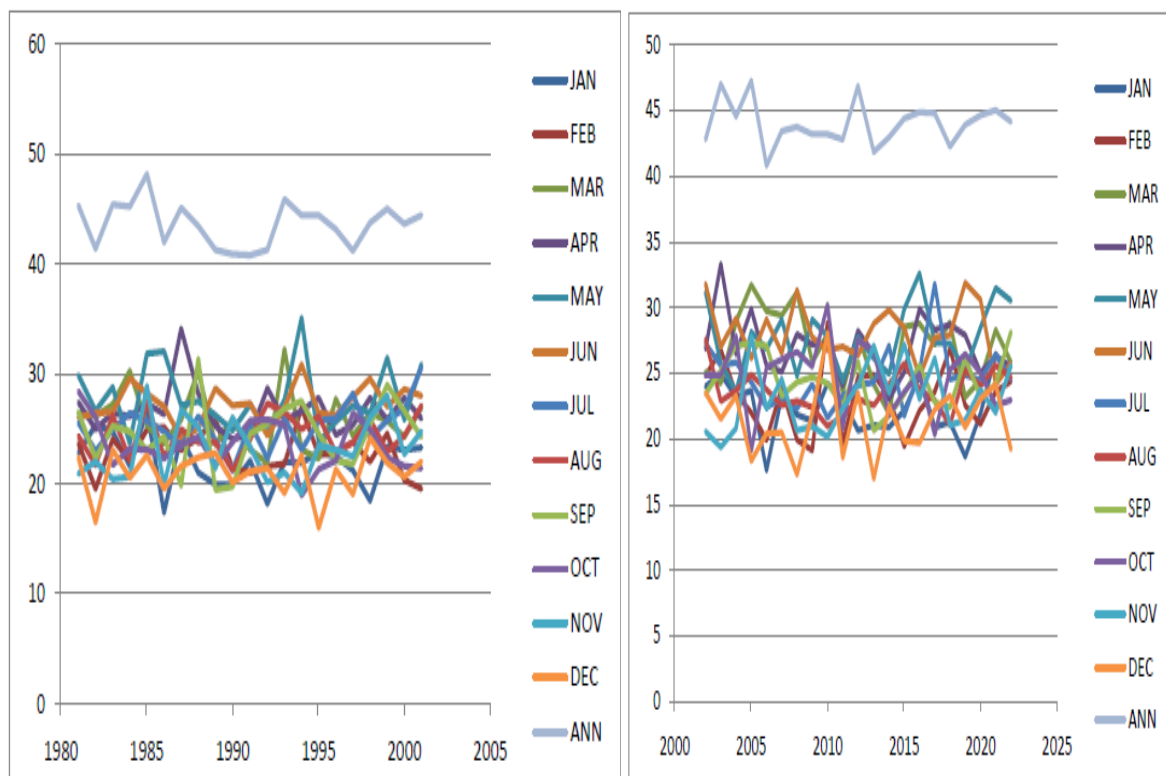


Figure 3.13: Température écarte annuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

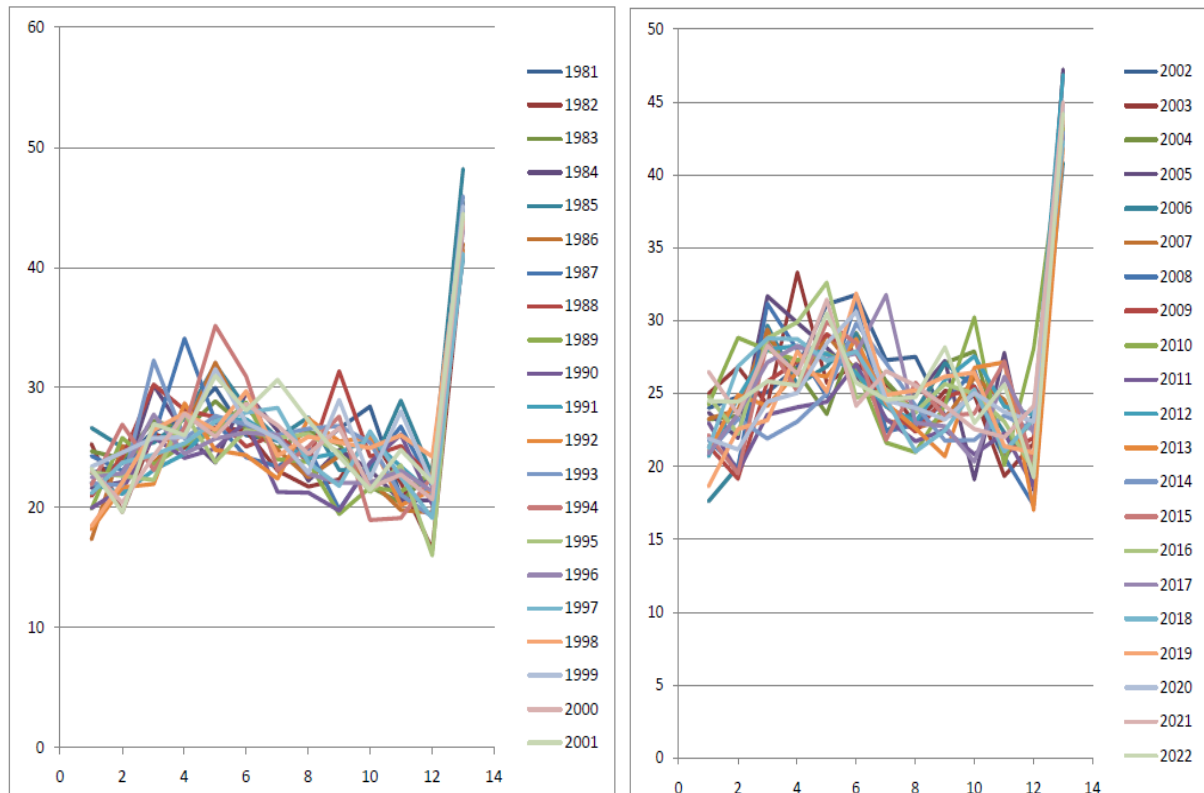


Figure 3.14: Température écarte mensuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

6.4. Humidité

Le degré hygrométrique de l’air, c’est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression. Il est étroitement lié à la température de l’air; Le maximum de l’humidité relative est atteint au minimum de température et inversement (OUANES, 2020).

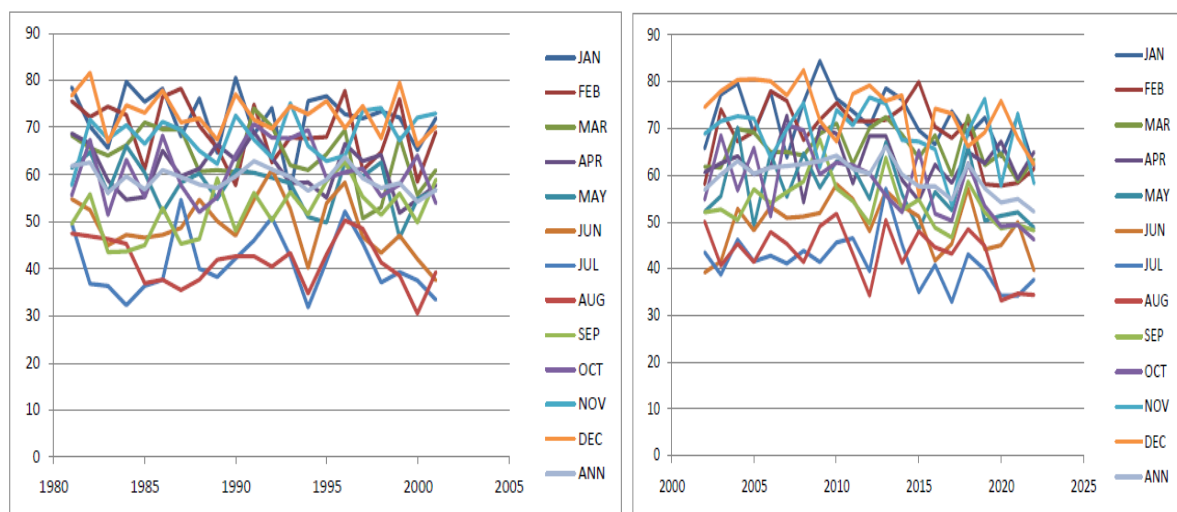


Figure 3.15: Humidité annuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022).

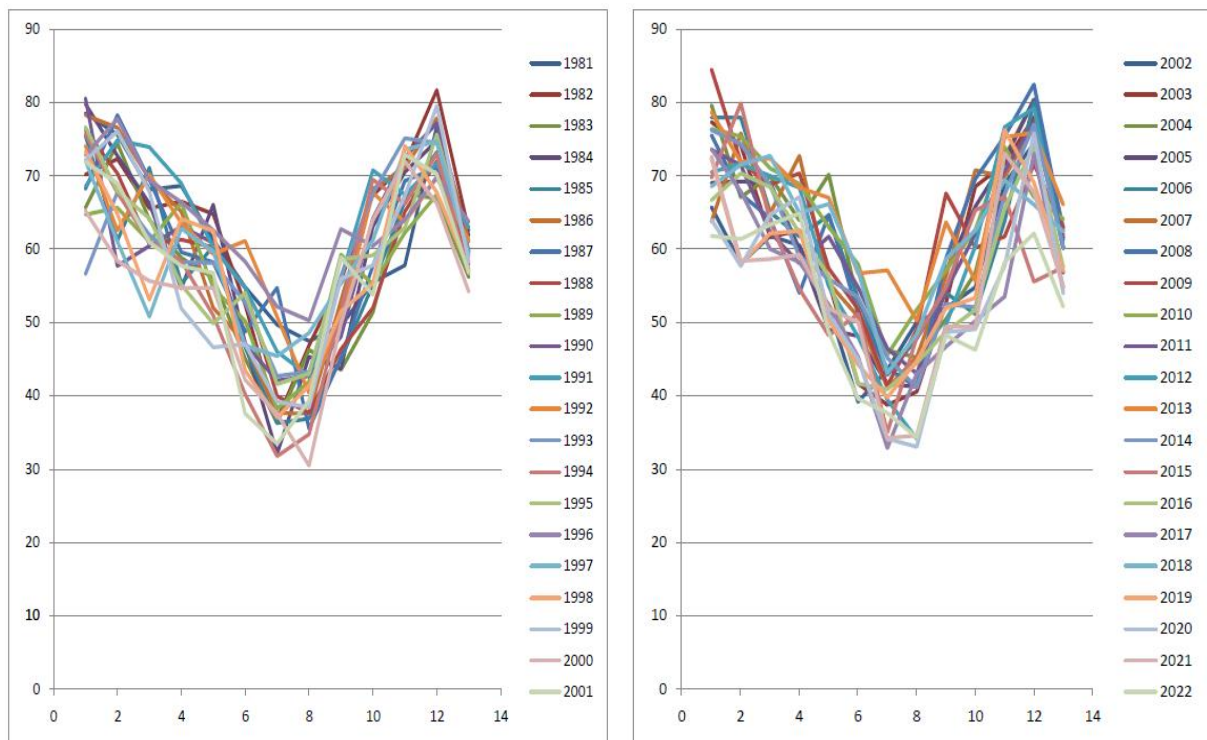


Figure 3.16: Humidité mensuelle (1981 à 2001 et de 2002 à 2022)

6.4.1. Analyse des Données d'Humidité

Nous avons observé les données d'humidité pour quatre périodes de dix ans, de 1981 à 2022. Les résultats montrent des variations significatives en termes de taux d'humidité au fil du temps, révélant des tendances intéressantes :

- **(1981 - 1990)** : Durant cette première décennie, l'humidité est restée relativement stable. Le taux moyen d'humidité oscillait autour de 61%, indiquant un niveau d'humidité élevé qui pouvait contribuer à la formation de brouillards fréquents et à des conditions climatiques stables.
- **(1991 - 2000)** : Cette période a vu une légère augmentation du taux d'humidité. Les niveaux élevés d'humidité ont continué à soutenir la formation de brouillards, mais ont également commencé à influencer les conditions climatiques de manière plus prononcée.
- **(2001 - 2010)** : L'humidité a commencé à diminuer progressivement au cours de cette décennie. Cette baisse pourrait être liée à des changements

dans les conditions climatiques locales ou à des variations saisonnières affectant l'humidité relative de l'air.

- **(2011 - 2022)** : La dernière décennie a montré une tendance à la diminution continue de l'humidité. Bien que le taux d'humidité dans la région ait été globalement constant sur les 30 premières années, les données récentes montrent un léger changement par rapport aux décennies précédentes.

6.4.2. Interprétation des Données d'Humidité

L'analyse des données d'humidité pour ces quatre périodes de dix ans révèle plusieurs points clés :

- **Humidité Élevée et Brouillard** : Les niveaux élevés d'humidité observés au début de la période d'étude ont favorisé la formation de brouillards fréquents. Cette condition est typique dans des environnements avec une humidité relative élevée, où l'air est suffisamment saturé pour permettre la condensation et la formation de brouillard.
- **Impact sur le Climat** : L'humidité élevée au début des années 1980 a contribué à des conditions climatiques stables. Cependant, avec le temps, la diminution de l'humidité a pu entraîner des modifications climatiques, notamment une réduction de la formation de brouillard et des changements dans les régimes de précipitations.
- **Changements Récents** : Les données récentes montrent un léger changement dans le taux d'humidité, ce qui pourrait indiquer des fluctuations dans les conditions climatiques locales. Cette diminution de l'humidité peut être attribuée à des facteurs tels que le changement climatique global, l'altération des cycles hydrologiques locaux, et les modifications des usages des terres.

L'analyse des données d'humidité sur quatre décennies (1981 - 2022) montre une stabilité initiale suivie d'une augmentation et d'une diminution progressive de l'humidité. Les niveaux élevés d'humidité dans les premières décennies ont favorisé la formation de brouillards et des conditions climatiques stables, tandis que les changements récents dans le taux d'humidité indiquent des modifications possibles dans le climat local. Ces observations sont cruciales pour comprendre les dynamiques climatiques de la région et pour planifier des stratégies d'adaptation face aux changements climatiques en cours 40.

7. Analyse des variables climatiques

En plus de l'étude des tendances observées dans les séries chronologiques des variables climatiques choisies, les valeurs extrêmes ont été également analysées à travers le calcul d'un certain nombre d'indices statistiques très fréquents dans les études bio-climatologiques (ACHIIR, 2016).

▪ La température moyenne

Pour le calcul de la température moyenne (T_m) les services météorologiques nationaux des trois pays participant au projet LAGUNIS utilisent la formule basée sur les minima (T_n) et maxima (T_x) :

$$T_m = \frac{(T_n - T_x)}{2}$$

Pour le calcul de l'humidité relative (H_m) nous avons utilisé la formule suivante:

$$H_m = \frac{(H_{6h} + H_{12} + H_{18})}{3}$$

Avec H_{6h} , H_{12h} (H_{13h} dans le cas de Seltzer), H_{18h} étant l'humidité relative mesurée à 06 heure, 12 heure, 18 heure en %.

Pour calculer la vitesse moyenne journalière du vent (V_m), nous avons utilisé la formule suivante:

$$V_m = \frac{(V_{6h} + V_{12} + V_{18})}{3}$$

Avec V_{6h} , V_{12h} , V_{18h} étant la vitesse du vent mesurée à 06 heure, 12 heure, 18 heure en m/s.

Les valeurs de la durée d'insolation journalière sont exprimées en heures. A partir des données de base, les moyennes mensuelles des sommes journalières sur une longue période ont été calculées pour chaque site d'observation (pour 34 stations).

Un travail de critique et d'homogénéisation de l'ensemble des séries quotidiennes (pour 34 stations), mensuelles, et annuelles des données climatiques (humidité relative, vent, durée d'insolation) a été réalisé à l'aide de méthodes

statistiques, ce qui nous a permis d'obtenir une base de données climatologiques cohérente et assez fiable.

▪ **L'indice SPI « Standardized Precipitation Index »**

Il a été mis au point par l'université du Colorado en 1990. C'est un indice simple, puissant et souple à la fois, basé sur des données pluviométriques (ACHIIR, 2016).

Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$\text{SPI} = (\text{Pi} - \text{Pm})/\text{sigma}$$

Où :

SPI = Indice standardisé de précipitation ;

pi= Moyenne inter-annuelle (mm) ;

pm= Moyenne de la série (mm) ;

sigma = Ecart type de la série (mm).

L'intensité des événements est évaluée selon la valeur de l'indice obtenu. L'indice SPI indique qu'une sécheresse débute quand sa valeur est inférieure ou égale à $-1,0$ et qu'une sécheresse se termine quand sa valeur devient positive.

▪ **L'indice du déficit pluviométrique(IDP)**

Cet indice permet aussi de montrer et de calculer le nombre des années déficitaires et leur succession. Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif, de sèche lorsqu'il est négatif. Il s'exprime par la formule suivante(ACHIIR, 2016) :

$$\text{IDP} (\%) = (\text{Pi} - \text{Pm})/\text{Pm} \times 100$$

Où :

IDP : Indice de déficit pluviométrique (en pourcentage) ;

Pi : précipitation annuelle (en mm) ;

Pm : précipitation moyenne (en mm).

▪ **L'Indice de pluviosité (Ip)**

C'est le rapport de la hauteur de précipitation d'une année à la hauteur moyenne annuelle de précipitation de la série. Il est exprimé par la formule suivante (ACHIIR, 2016) :

$$I_p = P_i / P_m$$

Une année est dite humide si ce rapport est supérieur à 1 et sèche s'il est inférieur à 1.

▪ L'indice de sécheresse (IS)

Cet indice permet d'estimer le déficit pluviométrique annuel. Cet écart à la moyenne est la différence entre la hauteur des précipitations d'une année P_i et la hauteur moyenne annuelle de précipitations P de la série. La formule est (ACHIIR, 2016) :

$$IS = P_i - P$$

L'indice est positif pour les années humides et négatives pour les années sèches.

▪ Indice d'aridité

L'aridité traduit des conditions climatiques caractérisées par la faiblesse des précipitations moyennes annuelles (moins de 250 mm d'eau par an) et par le fort déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle.

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_a). Ce dernier est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau, présent à un endroit donné.

Cet indice est défini comme étant un rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles (P en mm) et la moyenne des températures annuelles (T en °C), et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (KHEZAZNA, 2017).

On peut calculer cet indice (I_a) selon la formule suivante :

$$I_a = P / (T + 10)$$

Avec:

I_a : indice d'aridité

P: précipitations moyennes annuelles (mm).

T: températures moyennes annuelles (°C).

- **Rapport à la normale des précipitations (RN) :**

Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$\mathbf{RN(\%) = (P_i/P_n) \times 100}$$

P_i est la précipitation de l'année i pour la période 1981-2022 et P_n est la précipitation normale pour la même période de temps. Une année sèche est une année dont la pluviométrie se situe au-dessous de la normale ; c'est-à-dire lorsque la RN est inférieure à 100 %.

- **Indice de l'écart à la normale (En) :**

Cet indice nommé aussi indice de déficit pluviométrique, permet de visualiser et de déterminer le nombre des années déficitaires et leur succession. Elle s'exprime par :

$$\mathbf{En(\%) = (P_i - P_n)/P_n \times 100}$$

Une année est dite sèche lorsque cet indice est négatif et humide quand il est positif. Le cumul de l'indice de l'écart en pourcentage à la normale des années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des indices croît, il s'agit d'une tendance humide.

- **Indice standardisé de précipitation(SPI) :**

L'indice standardisé de précipitation 'SPI' (standardized precipitation index) a été développé en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il prend en considération l'importance du temps dans l'analyse de la disponibilité des ressources en eau. En effet, la période de temps sur laquelle le déficit des précipitations est accumulé devient extrêmement importante pour séparer entre les différents types de sécheresses.

La formule mathématique de SPI est la suivante :

$$\mathbf{SPI = (p_i - p_m)/\sigma}$$

P_i : Précipitation de l'année i

P_m : Précipitation moyenne

σ : Déviation standard ou écart type

Cet indice pluviométrique traduit un excédent ou un déficit pluviométrique pour l'année considéré par rapport à la période de référence choisie. En premier lieu, une cartographie de la moyenne par décennie des indices pluviométriques pour chacun des postes pluviométriques considérés est dressée (KHEZAZNA, 2017).

▪ **Indice de Demartone [memoire]:**

En 1923, **Demartone** a défini un indice d'aridité I correspondant au rapport entre la moyenne mensuelle des précipitations P(mm) et la moyenne annuelle des températures T(C°), tel que :

$$I = P/T + 10.$$

Une fois l'indice d'aridité calculé, il y a lieu de le reporter sur le climagramme de Demartone pour déduire le type de climat correspondant à chaque station.

8. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

La dernière formulation du quotient pluviothermique peut s'écrire :

$$Q2 = [1000 / (M + m/2) + 273] \times P/M - m.$$

Puisque pour nos stations la première partie est peu variable peut être ramené à une constante K dont la valeur pour le Maroc et l'Algérie est égale à **3,43** d'où la nouvelle formule (BAGHDADI, 2017) :

$$Q2 = 3,43 \times P / M - m.$$

Les stations s'agencent en fonction de la sécheresse globale du climat (valeur du **Q2**) d'une part et de la rigueur du froid (m).

M : moyenne des températures du mois le plus chaud en C°.

m: moyenne des températures du mois le plus froid en C°.

P : pluviométrie annuelle (mm).

D'après nos calculs avec les données suivant :

$$P = 365 \text{ mm.}$$

$Q_2 = 65.89$.

Alors que le quotient pluviométrique pour la période (1981 - 2022) est égal à 30,26.

Donc l'étage bioclimatique de la région selon la **figure 19** est l'étage **semi-aride frais** pour la station de Saïda.

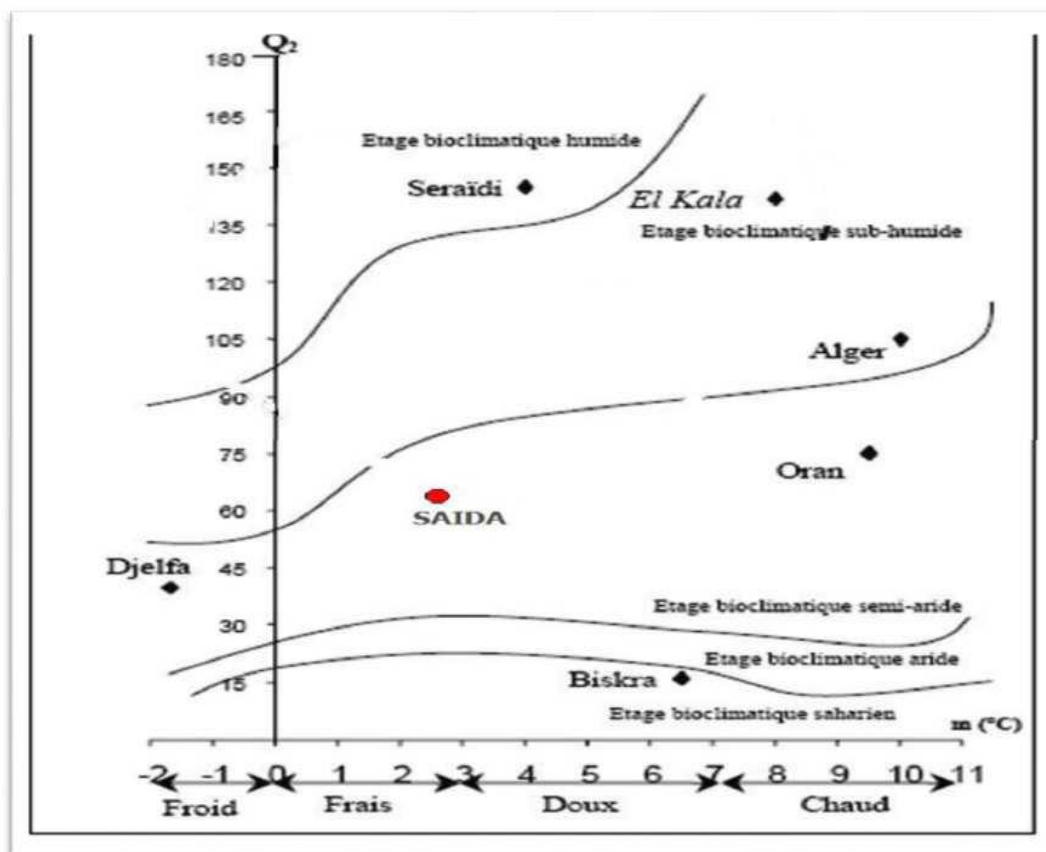


Figure 3.17: Position de la wilaya de Saïda dans le Climagramme d'Emberger

9. Qu'est-ce que SPSS ?

SPSS signifie « Statistical Package for the Social Sciences ». c'est un des **logiciels de calcul statistique** les plus performants, il s'adapte à toute source de données. Il peut utiliser les données de presque tout type de fichier pour générer des rapports mis en tableau, des diagrammes de distributions et de tendances, des statistiques descriptives et des analyses statistiques complexes (Hamedane, 2017).

- SPSS fonctionne sur les plateformes MAC et Windows, ainsi que sur le système central tel UNIX - nous ferons référence à trois types de documents SPSS :

- a) des fichiers de données (SPSS Data Editor)
- b) des fichiers de commandes permettant d'exécuter des procédures statistiques (SPSS Syntax editor)
- c) et des fichiers de résultats où apparaissent les tableaux et les graphiques produits par SPSS (SPSS Viewer)

10. Objectifs de SPSS

L'objectif de SPSS est d'offrir un logiciel intégré pour réaliser la totalité des tests statistiques ou des analyses statistiques habituellement utilisés en sciences sociales et en psychologie.

1.) Savoir gérer (importer, exporter, recoder, transformer, filtrer) les données

Avec SPSS.

2.) Analyse statistique descriptive (notion de distribution, graphiques et Indicateurs statistiques)

3.) Quelques principes de statistique inférentielle

(a) Estimation ponctuelle : biais et variance

(b) Intervalle de confiance et marge d'erreur

(c) Principe du test statistique d'hypothèse (Hamedane, 2017)

11. Les différentes fenêtres de SPSS

11.1. La fenêtre éditeur de données

La fenêtre Éditeur de données présente le contenu d'un fichier de données que vous avez préalablement sélectionné. Vous pouvez créer de nouvelles feuilles de données ou modifier des données préexistantes. Cette fenêtre comprend deux onglets (Hamedane, 2017) :

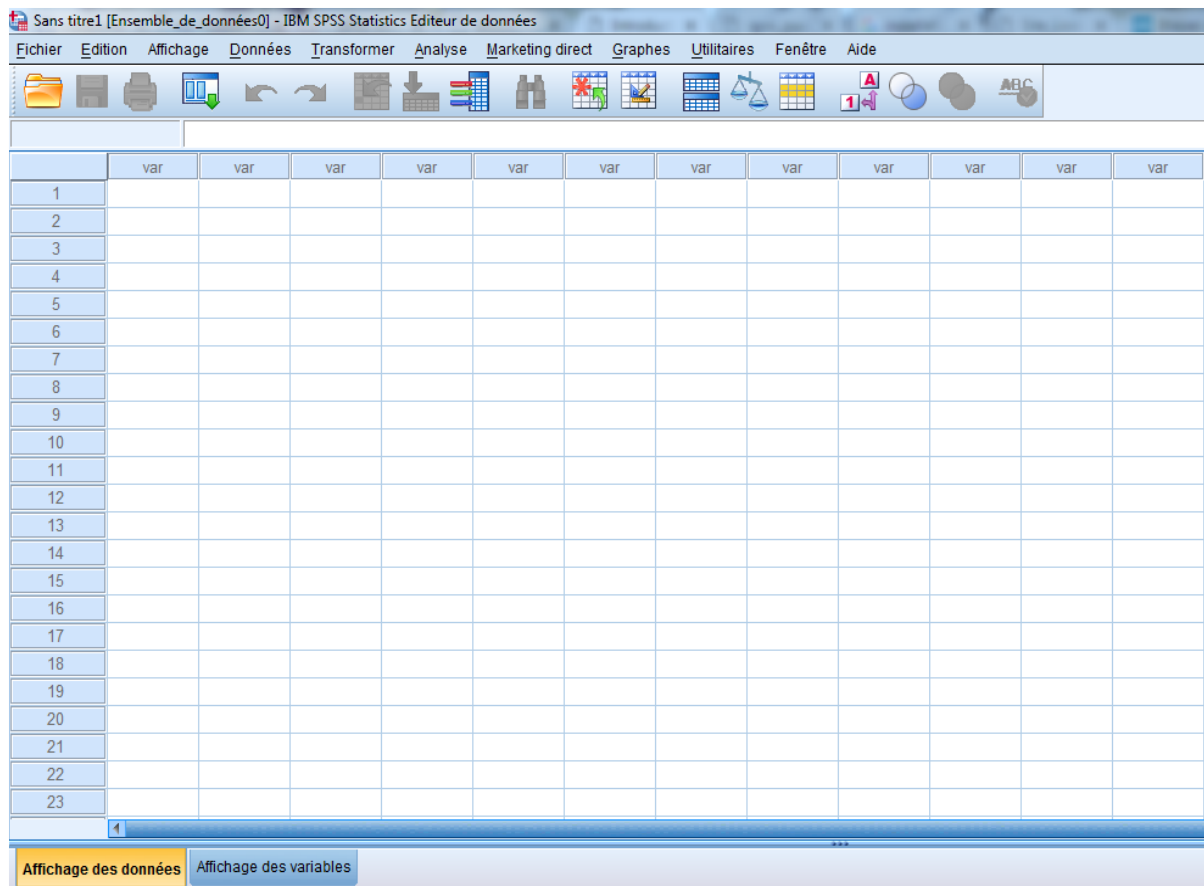


Figure 3.18: fenêtre d’affichage des données sur SPSS (Hamedane, 2017)

11.1.1. Description du menu

Fichier : permet la gestion des fichiers (ex. : ouvrir un nouveau fichier, fermer, enregistrer...) **Edition** : permet d’effectuer les opérations de traitement de texte (ex. : copier, couper, coller...).

Affichage : permet de définir les options de l’écran (ex. : barres d’outils).

Données : traite tout ce qui est lié à la gestion de la barre de données (ex. : définir une variable, insérer une variable, etc.).

Transformer : permet d’effectuer les différentes opérations de transformation des variables (ex. : recodification, catégorisation, création d’indices, etc.).

Analyser : permet toutes les analyses statistiques que SPSS permet d’effectuer (ex. : analyses descriptives, corrélations, régressions, etc.).

* **Graphs** : présente tous les types de graphiques que SPSS permet de créer (ex. : histogrammes, etc.).

Utilitaires: comprend les utilitaires sur le programme (ex. : infos sur les fichiers, infos sur les variables, etc.)(Hamedane, 2017).

11.1.2. L'onglet affichage données

- Chaque ligne représente un cas, par exemple un sujet (case)
- Chaque colonne représente une variable (variable)
- Chaque cellule contient une valeur d'un cas sur une variable(Hamedane, 2017)

11.1.3. L'onglet Affichage des variables

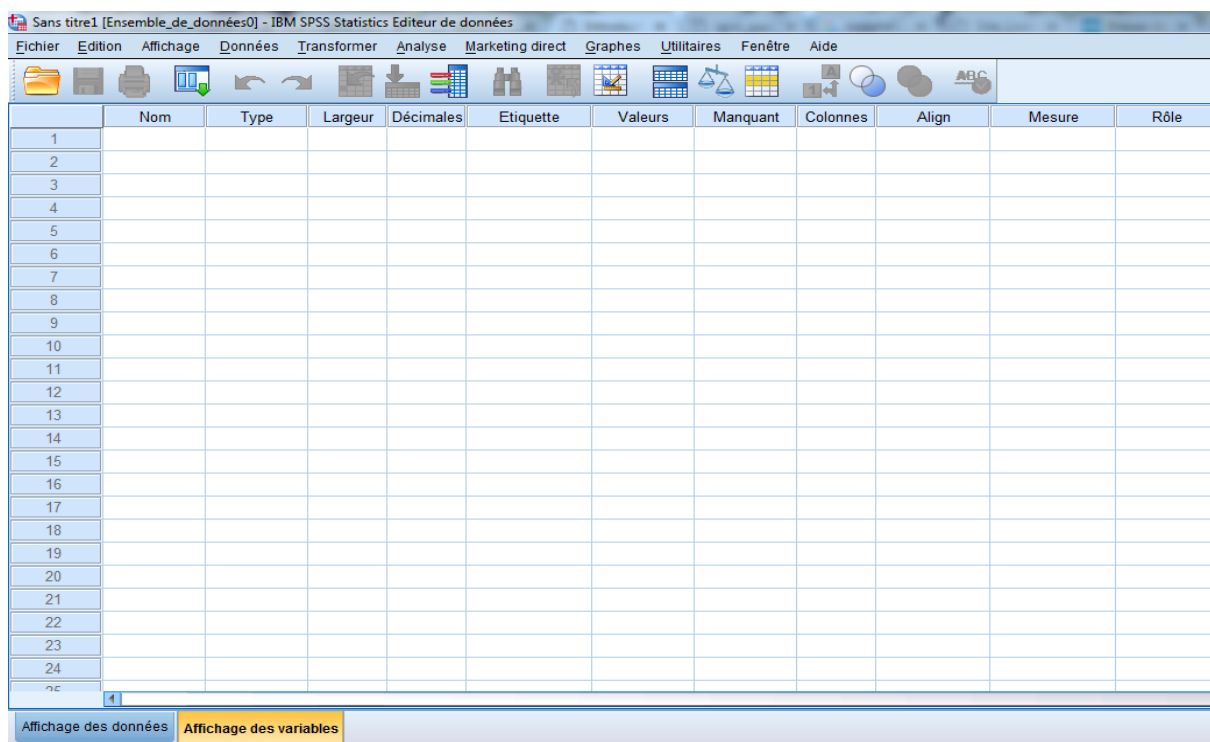


Figure 3.19: L'onglet affichage des variables (Hamedane, 2017)

11.1.4. La définition des variables

Nom: sert à donner un nom à la variable. Le nom ne doit pas dépasser 8 caractères et il est recommandé de ne pas utiliser de caractères accentués. Il doit bien représenter la variable pour vous permettre de la reconnaître facilement.

Type : sert à décrire la variable et le format de la colonne. Il est recommandé de laisser l'option «numeric» qui est indiquée par défaut. Pour les décimales «decimal places», vous pouvez les laisser égales à 2 ou les mettre à 0, selon la situation.

Etiquette : permet de donner une identification plus explicite à la variable qui sera affichée dans les différents calculs statistiques.

Valeurs : permet de définir les valeurs que peuvent prendre la variable. Missing : permet d'indiquer si la variable peut accepter ou non des valeurs manquantes. manquants : la saisie des données manquantes se fait habituellement en effectuant un simple «retour» (c'est la méthode recommandée). Si vous avez prévu d'utiliser des codes spécifiques (ex. : 9, 99, etc.), il faut les définir dans «missing».

Colonnes : permet de terminer la largeur de la colonne. Vous pouvez augmenter ou réduire la taille de la colonne.

Aligner : sert à aligner les données à l'intérieur des cellules.

Mesure : permet de définir le type de l'échelle (nominale, ordinale, intervalles et ratio) (Hamedane, 2017).

11.2. Fenêtre de syntaxe (syntax editor)

Il existe une autre manière de lancer des analyse : passer par la fenêtre de syntaxe. Cette fenêtre permet d'écrire les commandes d'analyses statistiques. Elle fonctionne comme un traitement de texte simple. Mais pourquoi s'amuser à taper les analyses quand il suffit de faire défiler des menus et cliquer sur des icônes ? Parce que lorsqu'on veut refaire une analyse qu'on a déjà effectuée et juste changer n paramètre, il suffit de reprendre la feuille de syntaxe de l'analyse précédente, changer un mot et renvoyer l'analyse. Sinon, il faudrait recommencer toute l'analyse de A à Z, vu, qu'on ne peut pas enregistrer la séquence de clics. De plus, les menus ne donnent pas accès à toutes les commandes SPSS. Finalement, c'est aussi utile pour faire la même analyse sur plusieurs fichiers de données. Ainsi, une fois la syntaxe faite pour une opération, il est facile d'enregistrer les commandes et de les réutiliser pour différents fichiers de données. Voici les règles générales pour écrire des commandes dans SPSS :

- Chaque nouvelle commande se trouve en tête de ligne, précédée d'aucun espace

- Les options qui suivent une commande débutent sur la ligne suivante et sont précédées d'au moins un espace et d'une barre oblique (/).

- Chaque commande doit absolument se terminer par un point. - Lorsqu'on spécifie un nom de fichier, il doit être « entre guillemets »

- SPSS ne fait pas de différence entre les lettres majuscules et minuscules. Vous pouvez taper les commandes autant d'une manière ou de l'autre

- De plus, entre les commandes, vous pouvez insérer des lignes vides. SPSS les ignore, mais elle peuvent améliorer la lisibilité des commandes quand il y en a plusieurs dans une fenêtre. Pour exécuter une commande, il faut sélectionner la commande à exécuter puis choisir dans le menu « run : current » ou encore Ctrl-R ou encore utiliser le bouton 'run' (?) (Hamedane, 2017).

11.3. Fenêtre des résultats (output editor)

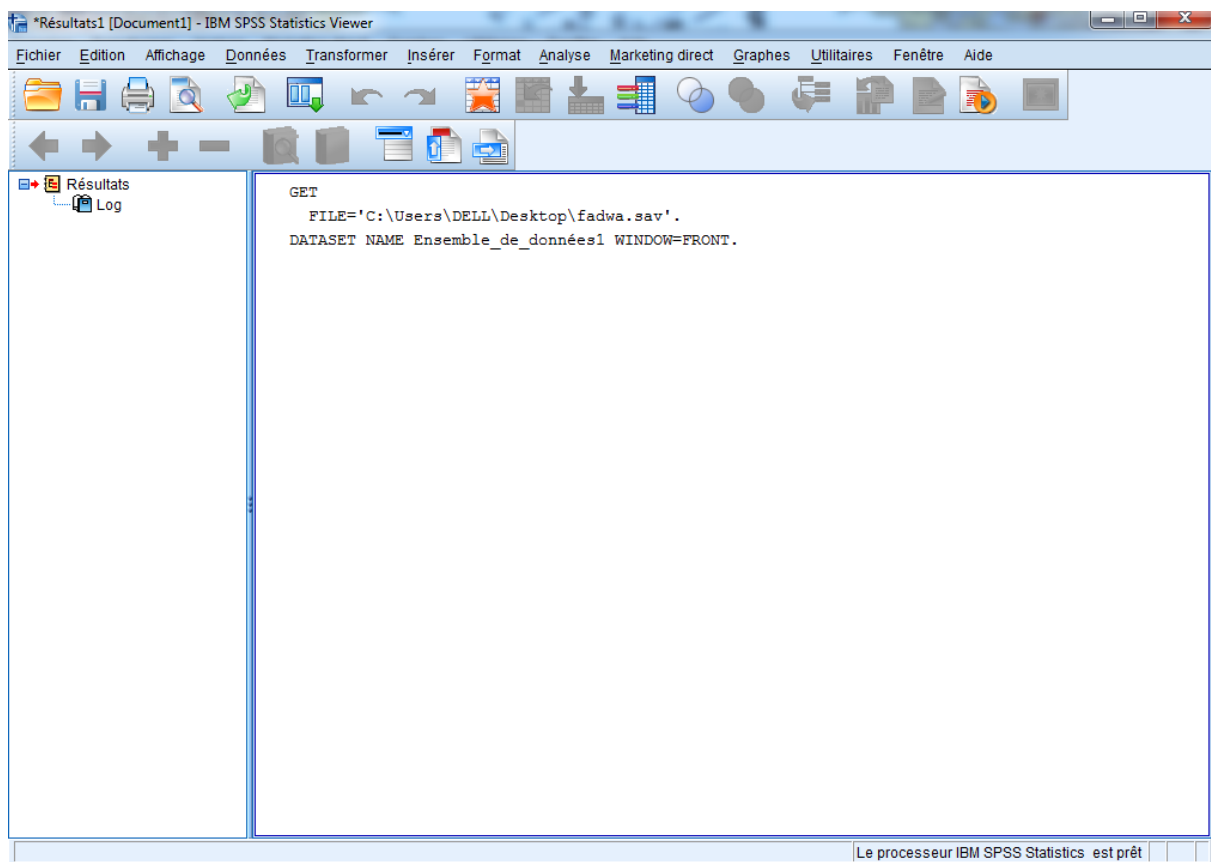


Figure 3.20: Fenêtre des résultats (Hamedane, 2017).

Cette fenêtre apparaît après qu'une commande d'analyse a été effectuée, et contient les résultats de cette analyse. Les résultats apparaissent à droite dans la fenêtre. A gauche, figure une table des matières des résultats générés par SPSS. Les résultats peuvent être imprimés tels (mais avec le risque de voir un tableau s'imprimer sur plusieurs pages). Il est également possible de copier les tableaux qui nous intéressent pour les coller ensuite dans Word, Excel ou dans un autre logiciel. Il est possible de copier un tableau de deux manières. En cliquant sur le tableau en appuyant sur le bouton de droite de la souris, SPSS vous propose de

copier (copy) ou de copier l'objet (copy object). Copier correspond à copier les valeurs, mais lorsqu'il est collé il peut perdre son format (utile pour copier les résultats dans une feuille Excel par exemple). Copier les objets correspond à copier les valeurs et le format du tableau : une fois collé, impossible de modifier les cellules du tableau (utile pour copier les résultats dans word).

Quitter SPSS Sur PC : on exécute l'option exit du menu File pour quitter SPSS. Le logiciel vous demande si vous voulez vraiment quitter l'application, cochez yes. Sur MAC : on exécute l'option quit SPSS du menu SPSS (qui se trouve à gauche du menu File). Le logiciel vous demande si vous voulez sauver les données contenues dans chaque fenêtre avant de quitter, répondez yes (Hamedane, 2017).

12. Analyse des Précipitations sur Cinq Périodes de Dix Ans

Nous avons effectué une comparaison des moyennes de précipitations sur cinq périodes distinctes, chacune couvrant une durée de dix ans, au sein d'une même station météorologique d'AIN Alhjar. Les moyennes de précipitations pour chaque période sont les suivantes :

- **Période 1 (1972-1982):** 259,15 mm
- **Période 2 (1983-1993):** 237,80 mm
- **Période 3 (1994-2004):** 214,70 mm
- **Période 4 (2005-2015):** 187,50 mm
- **Période 5 (2016-2022):** 127,80 mm

Pour analyser statistiquement les différences entre ces périodes, nous avons appliqué un test ANOVA à un facteur. Ce test permet de déterminer si les différences observées entre les moyennes de précipitations sont significatives.

Les résultats du test ANOVA indiquent une variation significative des précipitations moyennes entre les différentes périodes étudiées. Pour identifier plus précisément quelles périodes diffèrent les unes des autres, nous avons ensuite effectué un test post hoc de Duncan.

Le test post hoc de Duncan a révélé les groupes d'homogénéité suivants :

- Les périodes **1** et **2** forment un groupe homogène, indiquant qu'il n'y a pas de différence significative entre leurs moyennes de précipitations (259,15 mm et 237,80 mm, respectivement).

- Les périodes **3**, **4**, et **5** se distinguent des périodes **1** et **2**, ce qui signifie que les moyennes de précipitations pour ces périodes sont significativement différentes de celles des périodes **1** et **2**.

En conclusion, l'analyse révèle une diminution progressive des précipitations moyennes au fil des périodes. Les périodes les plus récentes (3, 4, et 5) montrent des précipitations nettement plus faibles que les périodes 1 et 2. Ces résultats suggèrent un changement notable dans les précipitations au cours du temps pour la station étudiée, pouvant refléter des changements climatiques ou d'autres facteurs environnementaux.

Tableau 3.2 : Statistiques descriptives des données de précipitations

Période	Moyenne	Ecart-type	N
Période-1	259.1500	22.21430	10
Période-2	237.8250	37.20701	10
Période-3	214.7250	23.37361	10
Période-4	187.5000	37.51278	10
Période-5	127.7956	34.62346	9
Total	206.9829	54.31965	49

Tableau 3.3: Tests des effets inter-sujets des données de précipitations

Variable dépendante : Précipitation

Source	Somme des carrés de type III	Ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	97557.369 ^a	4	24389.342	24.349	.000
Ordonnée à l'origine	2063582.357	1	2063582.357	2060.183	.000
Période	97557.369	4	24389.342	24.349	.000

a. R deux = .689 (R deux ajusté = .661)

Tableau 3.4 : Tests post hoc des données de précipitations

Duncan

Période	N	Sous-ensemble			
		1	2	3	4
Période-5	9	127.7956			
Période-4	10		187.5000		
Période-3	10			214.7250	
Période-2	10				237.8250
Période-1	10				259.1500

Sig.		1.000	.064	.114	.143
------	--	-------	------	------	------

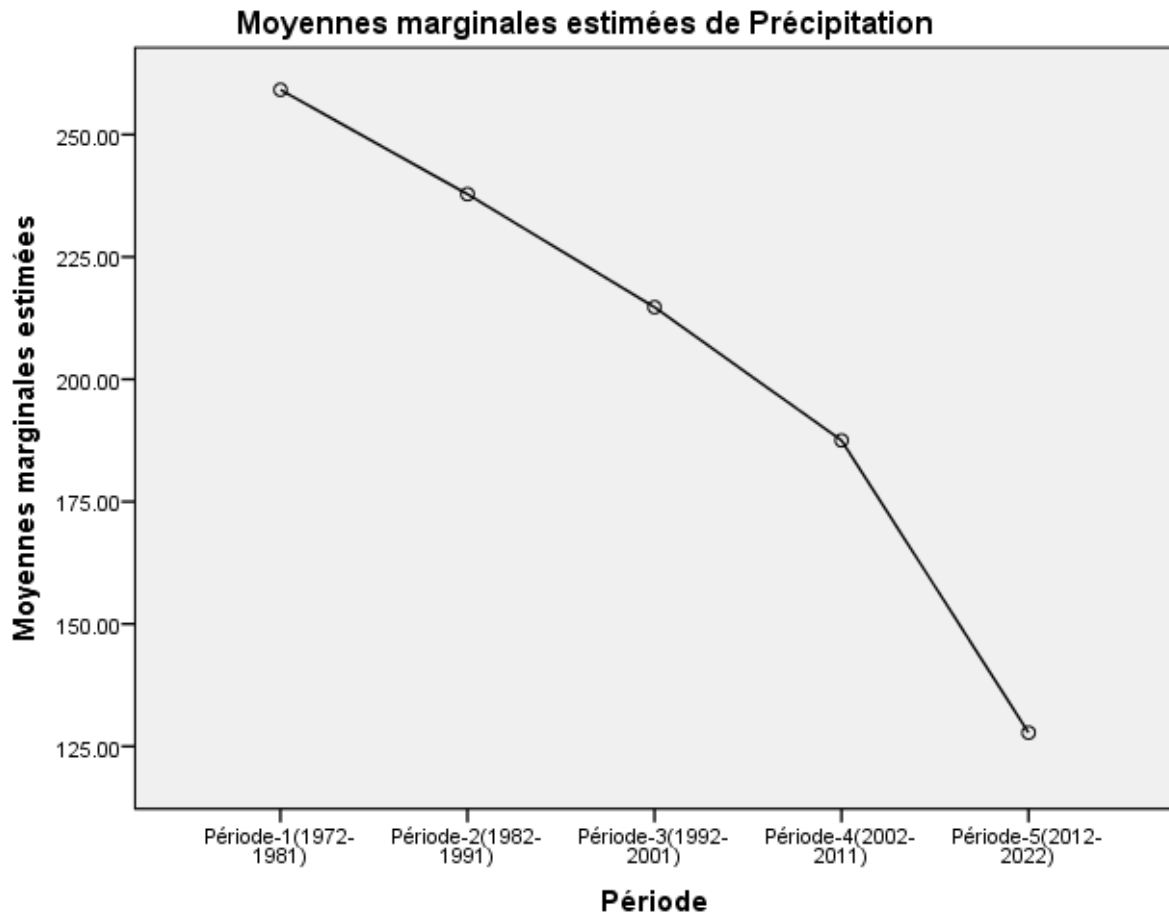


Figure 3.21: Moyennes marginales estimées de précipitations

13. Analyse des Températures Annuelles sur Quatre Périodes de Dix Ans

Nous avons entrepris une comparaison des moyennes annuelles de température sur quatre périodes distinctes, chacune couvrant une durée de dix ans, au sein d'une même station météorologique d'AINAlhjar. Les moyennes de température pour chaque période sont les suivantes :

- **Période 1 (1981-1991):** 43,84 °C
- **Période 2 (1992-2002):** 43,38 °C
- **Période 3 (2003-2013):** 44,04 °C

- **Période 4 (2014-2022):** 43,83 °C

Pour analyser les différences potentielles entre ces périodes, nous avons appliqué un test ANOVA à un facteur. Ce test est utilisé pour déterminer si les variations observées entre les moyennes de température sont statistiquement significatives.

Les résultats du test ANOVA indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de température des quatre périodes étudiées. Afin de confirmer ces résultats et d'identifier si certaines périodes pourraient présenter des différences plus subtiles, nous avons également effectué un test post hoc de Duncan.

Le test post hoc de Duncan a confirmé les résultats du test ANOVA en montrant qu'aucune des périodes ne présente de différence significative par rapport aux autres. En d'autres termes, les températures moyennes des quatre périodes (43,84 °C, 43,38 °C, 44,04 °C, et 43,83 °C) sont statistiquement indifférenciables.

En conclusion, l'analyse révèle une stabilité relative des températures annuelles moyennes au fil des décennies pour la station étudiée. Les variations observées entre les périodes ne sont pas suffisamment importantes pour être considérées comme statistiquement significatives. Ces résultats suggèrent une constance des conditions climatiques en termes de température annuelle moyenne sur les périodes analysées.

Tableau 3.5 : Statistiques descriptives des données de températures moyennes annuelles

Période	Moyen ne	Ecart- type	N
Période1	43.8410	2.40880	10
Période2	43.3820	1.76171	10
Période3	44.0470	1.92331	10
Période4	44.0350	1.38994	12
Total	43.8362	1.83249	42

Tableau 3.6: Tests des effets inter-sujets des données de températures moyennes annuelles

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	2.982 ^a	3	.994	.280	.839
Ordonnée à l'origine	80170.025	1	80170.025	22617.147	.000
Période	2.982	3	.994	.280	.839
Erreur	134.697	38	3.545		
Total	80845.366	42			
Total corrigé	137.679	41			

a. R deux = .022 (R deux ajusté = -.056)

Tableau 3.7: Tests post hoc des données de températures moyennes annuelles

Duncan

Période	N	Sous-ensemble
		1
Période2	10	43.3820
Période1	10	43.8410
Période4	12	44.0350
Période3	10	44.0470
Sig.		.470
Z		

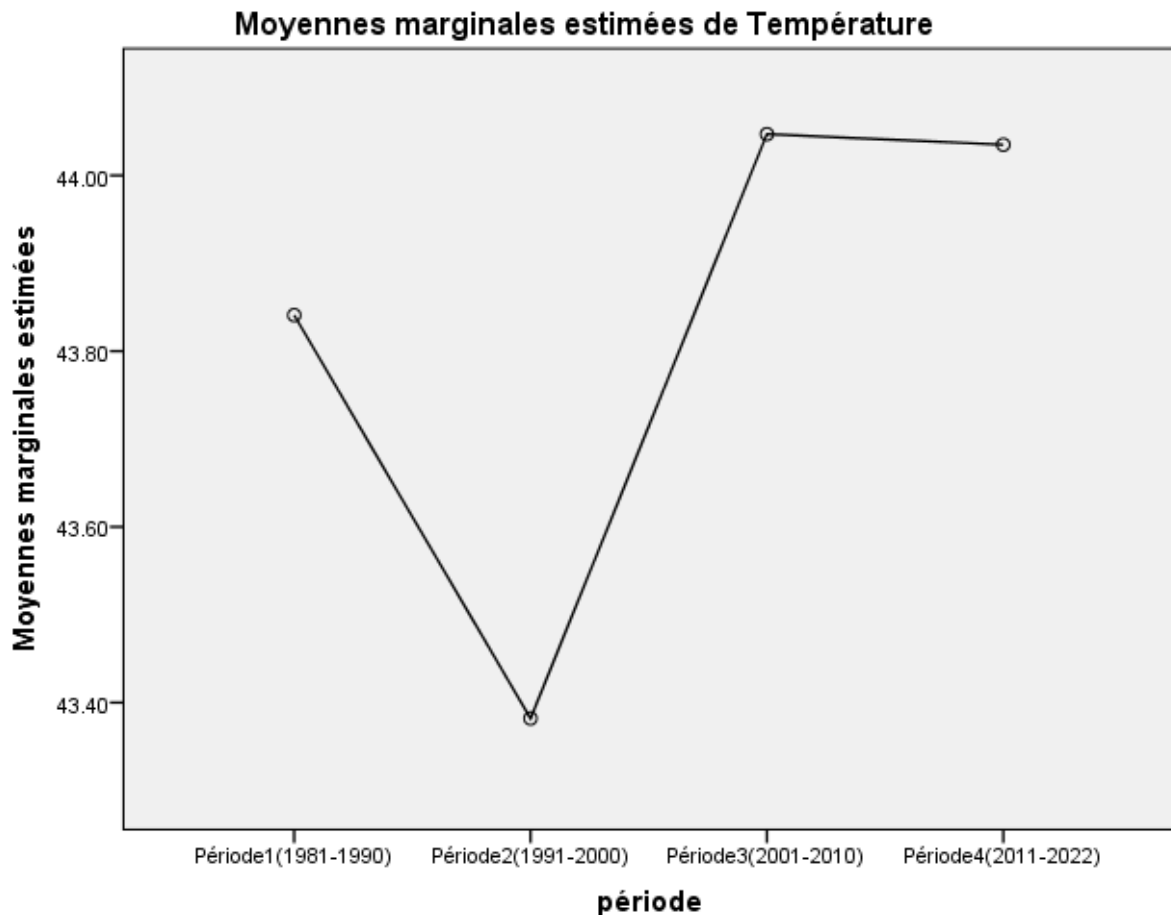


Figure 3.22: Moyennes marginales estimées de données de températures moyennes annuelles.

14. Analyse de l'Humidité Relative sur Quatre Périodes de Dix Ans

Nous avons réalisé une comparaison des moyennes d'humidité relative sur quatre périodes distinctes, chacune couvrant une durée de dix ans, au sein d'une même station météorologique d'AIN Alhjar. Les moyennes d'humidité relative pour chaque période sont les suivantes :

- **Période 1 (1981-1991):** 59,28 %
- **Période 2 (1992-2002):** 59,19 %
- **Période 3 (2003-2013):** 61,00 %
- **Période 4 (2014-2022):** 58,15 %

Pour analyser statistiquement les différences éventuelles entre ces périodes, nous avons appliqué un test ANOVA à un facteur. Ce test permet de déterminer

si les variations observées entre les moyennes d'humidité relative sont significatives.

Les résultats du test ANOVA montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes d'humidité relative des quatre périodes étudiées. Pour confirmer ces résultats et vérifier si certaines périodes pourraient présenter des différences plus subtiles, nous avons également effectué un test post hoc de Duncan.

Le test post hoc de Duncan a confirmé les résultats du test ANOVA en indiquant qu'aucune des périodes ne présente de différence significative par rapport aux autres. En d'autres termes, les moyennes d'humidité relative des quatre périodes (59,28 %, 59,19 %, 61,00 %, et 58,15 %) sont statistiquement similaires.

En conclusion, l'analyse révèle une stabilité relative de l'humidité relative moyenne au fil des décennies pour la station étudiée. Les variations observées entre les périodes ne sont pas suffisamment importantes pour être considérées comme statistiquement significatives. Ces résultats suggèrent une constance des conditions climatiques en termes d'humidité relative moyenne sur les périodes analysées.

Tableau 3.8 : Statistiques descriptives des données de l'humidité relative

Période	Moyenne	Ecart-type	N
Période1	59.2810	2.18066	10
Période2	59.1990	2.88771	10
Période3	60.9690	2.52308	10
Période4	58.1558	4.00857	12
Total	59.3419	3.10583	42

Tableau 3.9 : Tests post hoc des données des données de l'humidité relative

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	43.597 ^a	3	14.532	1.569	.213
Ordonnée à l'origine	147276.670	1	147276.670	15903.887	.000
Période	43.597	3	14.532	1.569	.213
Erreur	351.896	38	9.260		
Total	148296.883	42			
Total corrigé	395.493	41			

a. R deux = .110 (R deux ajusté = .040)

Tableau 3.10: Tests post hoc des données de données de l'humidité relative

Duncan

Période	N	Sous-ensemble
		1
Période4	12	58.1558
Période2	10	59.1990
Période1	10	59.2810
Période3	10	60.9690
Sig.		.059

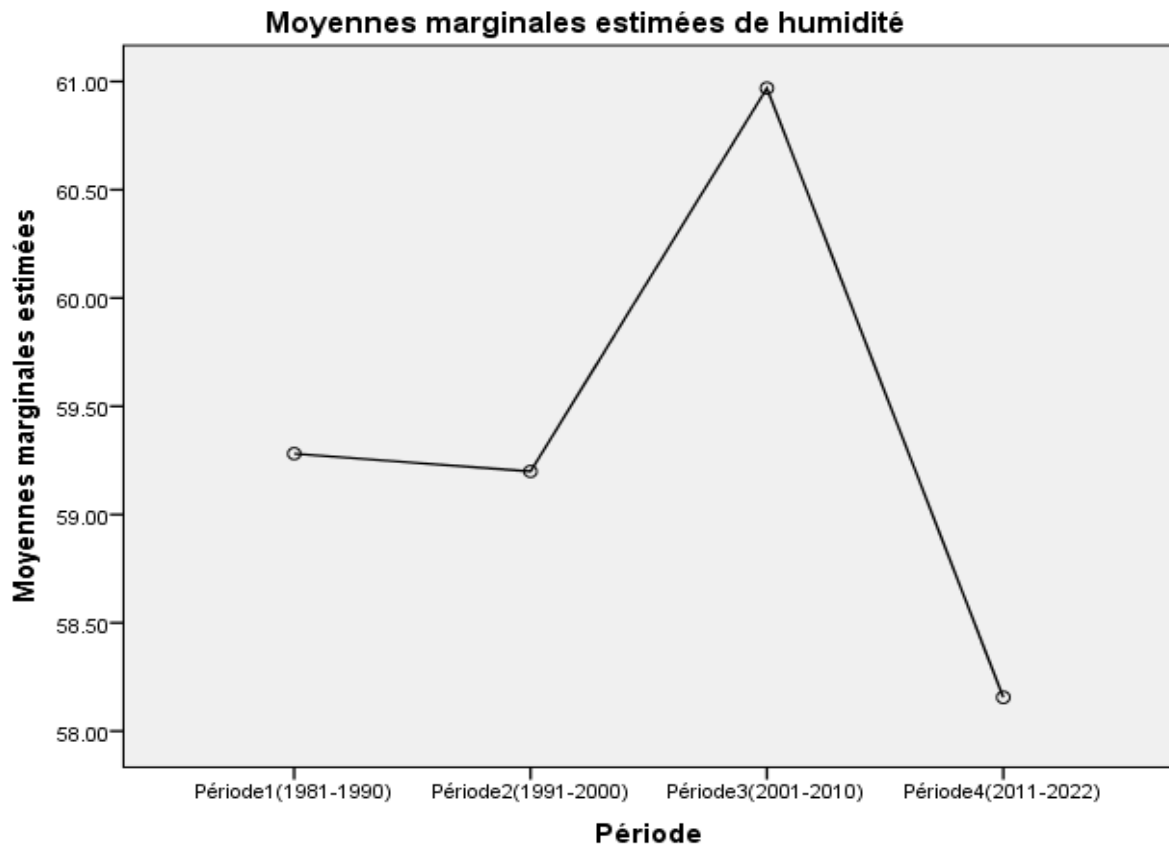


Figure 3.23: Moyennes marginales estimées de données de l'humidité relative annuelles

15. Synthèse

A la lumière des résultats obtenus en utilisant les différents indices bioclimatiques, le type de climat dans notre zone d'étude est méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride à un hiver frais, avec des précipitations irrégulières et faibles (entre 224 en 1988 et 517 en 2012 mm/an). On y distingue deux périodes contrastées, une période humide et froide, l'autre sèche et chaude. Les précipitations estivales sont souvent des pluies torrentielles et les températures présentent des amplitudes importantes. Les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids durant toute l'année (2,9°C et 3,6 °C) et le mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds (35,7°C et 35,3°C). Le vent est de direction dominante Nord et Sud avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal. Le déficit hydrique est très important (1573 mm) il s'étale sur une période de 6 mois presque (période critique pour la végétation).

16. Conclusion

Le changement climatique constitue un facteur d'aggravation de risques naturels déjà connus en Algérie, le réchauffement planétaire est désormais une réalité incontestable et ses effets sur le climat global et les climats régionaux sont pratiquement inévitables dans le siècle à venir.

Les impacts affecteront en priorité des secteurs sensibles, tels que les ressources en eau et l'agriculture. L'estimation des incidences dues aux changements climatiques, en matière de ressources en eau, est de l'ordre de 1,0 milliard de m³.

La région de Saïda présente les caractéristiques d'un climat semi-aride, comme en témoignent les données climatiques récoltées. En effet, les saisons y sont nettement divisées en deux périodes distinctes : une période froide s'étalant de la fin de l'année jusqu'au début de la suivante, et une période chaude couvrant le reste de l'année. Cette particularité climatique s'explique par sa situation géographique au cœur des hauts plateaux steppiques, à l'interface entre les influences méditerranéennes au nord et les influences désertiques au sud. De plus, l'enclavement de la région et son relief accidenté renforcent l'aridité du climat, avec des précipitations généralement faibles et irrégulières. L'amplitude thermique importante entre le jour et la nuit, caractéristique des zones semi-désertiques, accentue également le contraste entre les deux saisons marquées à Saïda.

CHAPITRE IV:

*Détection Des
Changements De La
Couverture Végétale De La
zone De Saida*

1. Introduction

La détection des changements est le processus consistant à évaluer comment les conditions paysagères évoluent en observant les différences entre des images acquises à différents moments. Cela peut être utilisé pour quantifier les changements de couverture végétale - tels que ceux suivant un changement climatique, une activité de coupe forestière ou un incendie - ou lorsque les cultures sont récoltées. Par exemple, en utilisant des méthodes de détection des changements dans des séries temporelles, Hansen et al. (2013) ont quantifié les changements annuels de perte et de régénération des forêts. La cartographie de la détection des changements est importante pour observer, surveiller et quantifier les changements dans les paysages au fil du temps. Les questions clés auxquelles ces techniques peuvent répondre incluent l'identification d'un changement, la mesure de la superficie ou de l'étendue spatiale de la région en mutation, la caractérisation de la nature du changement et la mesure du modèle (configuration ou composition) du changement (MacLeod et Congalton 1998).

De nombreuses techniques de détection des changements utilisent le même principe de base : la plupart des changements dans le paysage se traduisent par des valeurs spectrales différentes entre les images avant et après l'événement. Le défi consiste à séparer les vrais changements d'intérêt - ceux dus aux activités sur le paysage - du bruit dans le signal spectral, qui peut être causé par des variations saisonnières et phénologiques, des erreurs de positionnement des images, des nuages et des ombres, des incohérences radiométriques, des variations d'illumination (par exemple, l'angle du soleil, la position du capteur) et des effets atmosphériques.

Les activités qui entraînent des changements prononcés dans les valeurs de radiance sur une période suffisamment longue sont plus faciles à détecter à l'aide de techniques de détection des changements par télédétection que les changements subtils ou de courte durée des conditions du paysage. Les défis de cartographie peuvent survenir si l'événement de changement est de courte durée, car ils sont difficiles à capturer à l'aide d'instruments satellitaires qui n'observent un lieu que tous les quelques jours. D'autres types de changements se produisent si lentement ou sont si vastes qu'ils ne sont pas facilement détectés jusqu'à ce qu'ils soient observés à l'aide d'images satellitaires recueillies sur une période suffisamment longue. Les changements subtils qui se produisent lentement sur le paysage peuvent être mieux adaptés à des méthodes plus exigeantes sur le plan computationnel, telles que l'analyse de séries temporelles. Kennedy et al. (2009)

fournit un bon aperçu des concepts et des compromis impliqués lors de la conception d'approches de surveillance des paysages. Des résumés supplémentaires des méthodes de détection des changements et des avancées récentes incluent Singh (1989), Coppin et al. (2004), Lu et al. (2004) et Woodcock et al. (2020).

Pour les changements de couverture terrestre qui se produisent brusquement sur de vastes zones du paysage et sont de longue durée, une approche simple de différenciation d'images à deux dates est appropriée. Les techniques de différenciation d'images à deux dates sont des méthodes bien établies pour identifier les changements qui produisent des résultats facilement interprétables (Singh 1989). Le processus comprend généralement quatre étapes : (1) sélection et prétraitement des images ; (2) transformation des données, telle que le calcul de la différence entre les indices d'intérêt (par exemple, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI)) dans les images avant et après l'événement ; (3) classification des images différenciées à l'aide de techniques de seuillage ou de classification supervisée ; et (4) évaluation.

2. Méthodologie

Une analyse de la détection des changements de l'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI) a été réalisée en utilisant les images satellitaires Landsat 7 et 8 pour les années 2005, 2010, et 2020. Cette étude visait à évaluer l'évolution de la couverture végétale sur une période de 15 ans.

Les images satellitaires des années 2005, 2010 et 2020 ont été analysées pour calculer le NDVI, un indicateur couramment utilisé pour estimer la densité et la santé de la végétation. La différence entre les valeurs de NDVI des différentes années a été utilisée pour détecter les changements dans la couverture végétale.

Pour la méthode utilisée, nous sélectionnons des scènes d'images avant et après l'événement et examinerez les conditions dans ces images dans un affichage composite en fausses couleurs. Ensuite, vous calculerez l'indice NDVI pour chaque scène et créez une image de différence en utilisant les deux cartes NDVI. Enfin, vous appliquerez un seuil à l'image de différence pour établir des catégories de zones changées par rapport aux zones stables (Fig. 1).

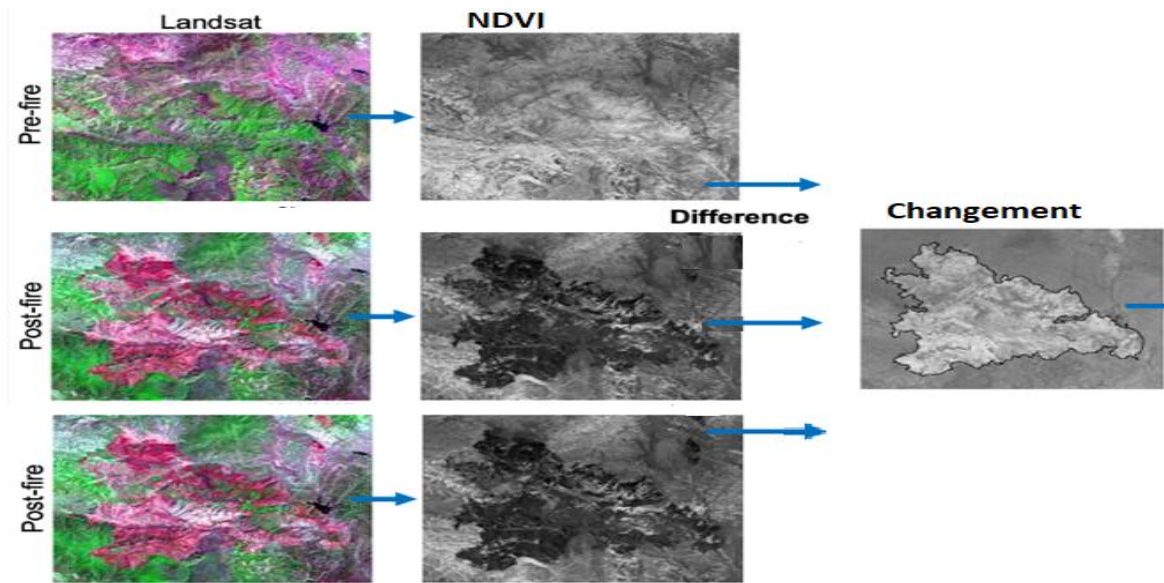


Figure 4.1: Méthodologie du travail

3. Préparation des images

Avant de commencer un flux de travail de détection des changements, le prétraitement des images est essentiel. L'objectif est de s'assurer que chaque pixel enregistre le même type de mesure au même endroit au fil du temps. Ces étapes comprennent l'enregistrement des images multitemporelles et les corrections radiométriques et atmosphériques, qui sont particulièrement importantes. Une grande partie de ce travail a été automatisée et déjà appliquée aux images disponibles dans EarthEngine. La sélection des images est également importante. Les considérations de sélection incluent la recherche d'images avec peu de couverture nuageuse et représentant la même phénologie (par exemple, feuilles présentes ou absentes).

EarthEngine accède au jeu de données USGS Landsat 8 et Landsat 7 Level 2, Collection 2, Tier 1 et l'assigne à la variable landsat8. Pour améliorer la lisibilité lors de la manipulation de l'ImageCollectionLandsat 8, le code sélectionne les bandes 2 à 7 et les renomme par leurs noms de bande au lieu de leurs numéros de bande.

4. Calcul du NDVI

L'étape suivante est la transformation des données, telle que le calcul du NDVI. L'avantage d'utiliser ces techniques est que les données, ainsi que le bruit inhérent aux données, ont été réduites afin de simplifier une comparaison entre deux images. La différenciation d'images se fait en soustrayant la valeur spectrale de

l'image de la première date de celle de la seconde date, pixel par pixel (Fig. 2,3,4). La différenciation d'images à deux dates peut être utilisée avec une seule bande ou avec des indices spectraux, selon l'application. Identifier la bonne bande ou l'indice pour identifier le changement et trouver les seuils corrects pour le classer sont essentiels pour produire des résultats significatifs. Travailler avec des indices connus pour mettre en évidence les conditions de la couverture terrestre avant et après un événement de changement d'intérêt est un bon point de départ. Par exemple, l'indice de végétation par différence normalisée NDVI peut être utilisé pour suivre les changements de végétation (bien que cet indice se sature rapidement). Dans certains cas, il est suggéré d'utiliser des combinaisons de bandes dérivées qui ont été personnalisées pour représenter le phénomène d'intérêt, comme utiliser l'indice de fraction par différence normalisée pour surveiller la dégradation des forêts.



Figure 4.2: Indice de végétation NDVI 2005

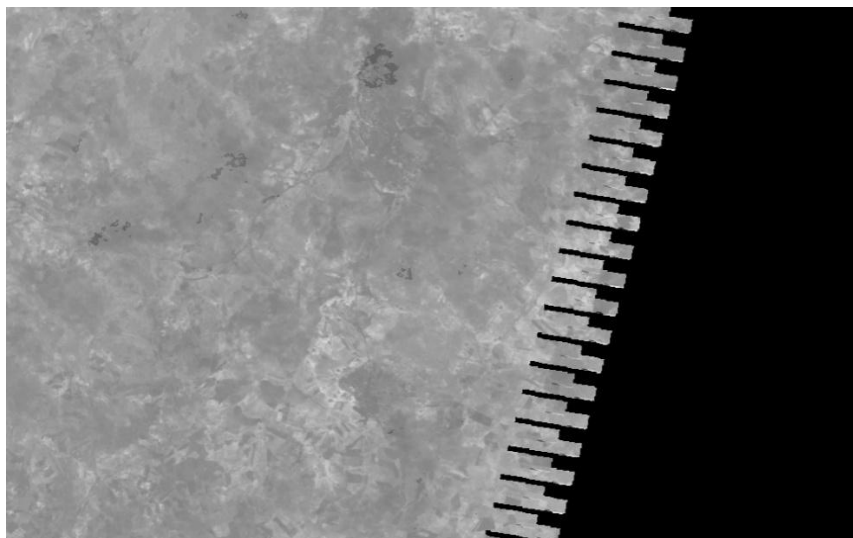


Figure 4.3: Indice de végétation NDVI 2010



Figure 4.4: Indice de végétation NDVI 2020

Examinez les changements du paysage causés par les incendies en utilisant le NDVI, qui mesure la gravité des incendies à l'aide de l'équation $(NIR - R) / (NIR + R)$. Ces bandes ont été choisies parce qu'elles répondent le plus fortement aux changements des couvertures végétales causés par le feu ou autre facteurs. Ce type d'équation, une différence de variables divisée par leur somme, est appelé équation de différence normalisée. La valeur résultante se situera toujours entre -1 et 1. Le NDVI est utile pour déterminer si un facteur s'est récemment produit et a causé des dommages à la végétation.

Tout d'abord, calculez le NDVI pour chaque période en utilisant la fonction de différence normalisée intégrée. Pour Landsat 8, assurez-vous d'utiliser les bandes NIR et R pour calculer le NDVI. Ensuite, renommez chaque bande d'image avec la fonction de renommage intégrée.

5. Classification du changement

Une fois les images transformées et différenciées pour mettre en évidence les zones en changement (fig. 5 et 6), l'étape suivante consiste à classer les images en une carte thématique composée de classes stables et de classes de changement. Cela peut être fait assez simplement en appliquant un seuil sur la couche de changement, ou en utilisant des techniques de classification telles que les algorithmes d'apprentissage automatique. Un des défis du travail avec un simple seuil sur la couche de différence est de savoir comment sélectionner un seuil approprié pour séparer les zones en changement des classes stables. D'autre part, les techniques de classification utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique partitionnent le paysage en utilisant des exemples de données de

référence que vous fournissez pour entraîner le classificateur. Cela peut ou non donner de meilleurs résultats, mais nécessite un travail supplémentaire pour collecter des données de référence et entraîner le classificateur. En fin de compte, les ressources, le temps et les motifs du phénomène que vous essayez de cartographier détermineront quelle approche est appropriée — ou peut-être que l'activité que vous essayez de suivre nécessite quelque chose de plus avancé, comme une approche de série temporelle qui utilise plus de deux dates d'imagerie.

Pour ce travail, nous classerons notre image en catégories en utilisant une méthode de seuil manuel simple, ce qui signifie que nous déciderons des valeurs optimales pour quand un pixel sera considéré comme en changement ou non dans l'image.

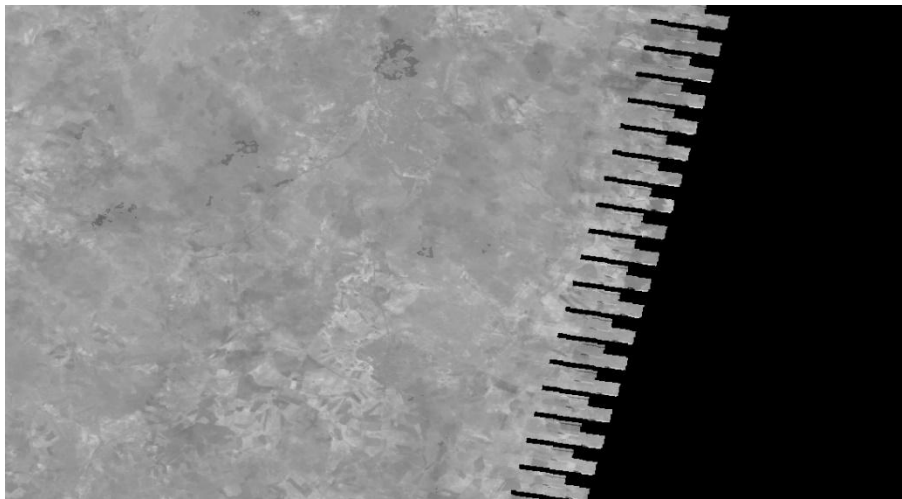


Figure 4.5: Changement entre 2005 et 2010

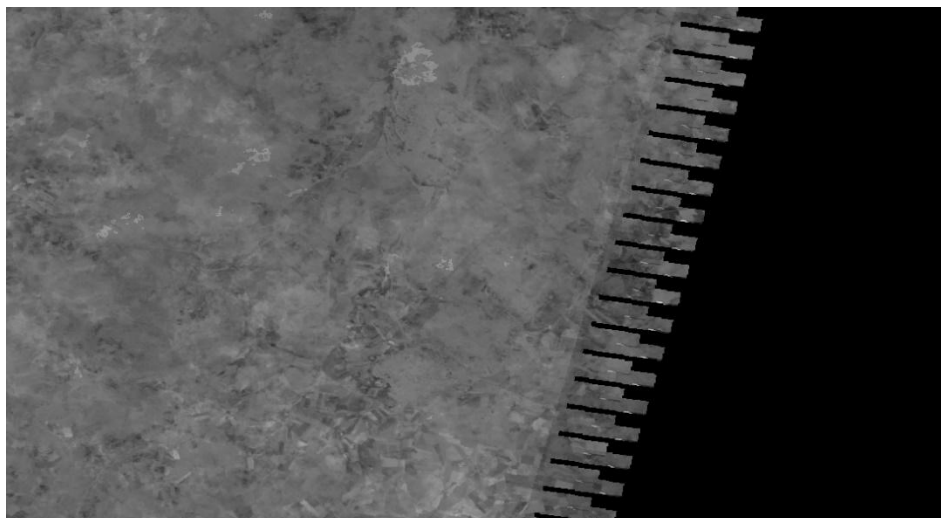


Figure 4.6: Changement entre 2010 et 2020

6. Résultats

- **2005 à 2010 :**
 - Une première comparaison entre 2005 et 2010 a montré une légère diminution du NDVI dans certaines zones, indiquant une dégradation modérée de la couverture végétale. Les facteurs possibles incluent des variations climatiques ou des activités humaines telles que l'agriculture et l'élevage.
- **2010 à 2020 :**
 - La période suivante, de 2010 à 2020, a révélé une dégradation plus significative de la végétation. Une baisse notable du NDVI a été observée dans plusieurs régions, suggérant une déforestation accrue, une expansion urbaine, ou d'autres pressions anthropiques et environnementales.
- **2005 à 2020 :**
 - Sur l'ensemble de la période de 2005 à 2020, les résultats montrent une tendance générale à la dégradation de la couverture végétale. Le NDVI a diminué de manière constante, reflétant une perte progressive et étendue de la végétation.

Les résultats de cette analyse indiquent une dégradation continue et significative de la couverture végétale de 2005 à 2020. Cette tendance alarmante souligne l'importance de mettre en place des mesures de conservation et de gestion durable des ressources naturelles pour inverser ou atténuer la perte de végétation.

7. Recommandations

1. **Surveillance Continue** : Mettre en place un système de surveillance continue de la végétation en utilisant des technologies de télédétection pour détecter rapidement les changements et prendre des actions appropriées.
2. **Gestion Durable des Terres** : Promouvoir des pratiques de gestion durable des terres pour réduire la pression sur la végétation, notamment l'agriculture durable, la reforestation, et la protection des zones forestières existantes.
3. **Sensibilisation et Éducation** : Sensibiliser les communautés locales et les parties prenantes sur l'importance de la végétation et les conséquences de sa dégradation, et les impliquer dans les efforts de conservation.

Cette synthèse des résultats souligne la nécessité urgente d'actions concertées pour protéger et restaurer la couverture végétale afin de maintenir les écosystèmes et les services qu'ils fournissent.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

L'écosystème forestier en Algérie se caractérise par sa fragilité imposée par les facteurs climatiques (sécheresse prolongée, faiblesse et irrégularité des précipitations, forte amplitude thermique). Pour la wilaya de Saïda, qui chevauche les étages bioclimatiques semi-aride et aride, la situation est encore plus grave (BELAROUÏ, 2012).

L'aspect législatif et réglementaire est un atout fondamental permettant de minimiser le processus irréversible de dégradation des parcours et des ressources biologiques de la steppe. Les facteurs contribuant à la dégradation continue des parcours et de la steppe constituent un préalable à la désertification et à la tendance à la modification de l'équilibre écologique, dont il devient impératif et nécessaire de limiter les répercussions immédiates et futures (BELAROUÏ, 2012).

Parmi les contraintes les plus importantes :

- Le sous-encadrement d'effectifs en rapport avec l'importance du patrimoine steppique et alfatier.
- Les conditions climatiques, caractérisées par un déficit pluviométrique remarquable, rendent aléatoires l'intensification des programmes de reboisement et de repeuplement des zones steppiques.
- Les moyens matériels (de locomotion et d'intervention) demeurent insuffisants pour répondre convenablement et entièrement à la mission de gestion de conservation et de surveillance du patrimoine alfatier, malgré les dotations récentes dont le secteur a bénéficié.
- La multitude d'intervenants sans aucune coordination entre eux ne facilite pas l'exploitation et la protection des ressources naturelles de ce milieu biologique extrêmement fragile, soumis à des pressions préjudiciables à sa pérennité et à son maintien.

Notre étude a mis en lumière les impacts significatifs du changement climatique sur les formations forestières de la zone de Saïda. Les résultats obtenus soulignent la vulnérabilité de ces écosystèmes face aux variations climatiques, notamment en termes de composition spécifique, de structure des peuplements et de dynamique de régénération. Ces changements observés appellent à une action urgente et concertée pour la préservation et la gestion durable de ces espaces forestiers. Il est crucial de mettre en place des stratégies d'adaptation et d'atténuation, incluant une surveillance continue, des pratiques de gestion adaptative et une sensibilisation accrue des acteurs locaux.

Les recherches futures devront se concentrer sur l'élaboration de modèles prédictifs plus précis et sur l'évaluation des services écosystémiques fournis par ces forêts dans un contexte de changement climatique. Ce n'est qu'en combinant efforts scientifiques, politiques environnementales et engagement communautaire que nous pourrons assurer la résilience et la pérennité des formations forestières de Saïda face aux défis climatiques à venir.

Référence

Bibliographie

Référence

- 1) ACHIIR, M. (2016). Etude de l'impact des changements climatiques sur la dynamique de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) dans la région steppe de Tiarret (Algérie occidentale). *THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES* . UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES, Département des Sciences de l'Environnement.
- 2) BAGHDADI, K. (2017). Inventaire de la végétation de Djebel El-Aach dans la wilaya de Saida en perspective d'un aménagement sylvo-cynégétique. *Mémoire Élaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master* . Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Département d'Ecologie.
- 3) BELAROUÏ, K. (2012). IMPACT DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA DÉSERTIFICATION ET L'ENVIRONNEMENT DES ZONES SEMI-ARIDES (CAS DE LA RÉGION DE SAIDA, ALGÉRIE). *Communication Science & Technologie* . Oran, Laboratoire Sciences, Technologie et Génie des Procédés (LSTGP) Université des Sciences et de la Technologie Med-BOUDIAF d'Oran ALGERIE B.P.1505 – EL M'nouer Oran (Algérie).
- 4) Hamedane, F. A. (2017). Etude de Cas :Amendis-Tanger Sous SPSS. *Master : GIE* . Faculté Polydisciplinaire de Tétouan.
- 5) KEFIFA, A. (2013-2014). Contribution à l'étude et à la cartographie de l'impact des pressions anthropozoogènes et climatiques sur les ressources naturelles des monts de Saïda (Algérie). *Thèse de doctorat en Sciences d'Agronomie et des Forêts* . Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département des Sciences d'Agronomie et des Forêts.
- 6) Kerrache, G. (2019). DYNAMIQUE DE LA VEGETATION FORESTIERE ET IMPACT DES TRAVAUX DU PREAMENAGEMENT FORESTIER DANS LES MONTS DE DAÏA-SAÏDA (OUEST ALGERIEN). *Lebanese Science Journal, Vol. 20, No. 2, 2019* . saida .
- 7) KHEZAZNA, A. (2017). Les changements climatiques au Nord-est algérien Evolution récente et projections futures. *THESE Présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat* . UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA, Département d'Hydraulique.
- 8) Mimouni, o. (2018). Problématique des eaux potables dans les hautes plaines occidentales cas de Saida Algérie. *Doctorante Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed* . Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed.
- 9) OUANES, M. (2020). EFFET DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE F'KIRINA DE LA W. D'OUM EL BOUAGHI. *THÈSE EN VUE DE*

- L'OBTENTION DU DIPLOME DE* . Université 8 Mai 1945 Guelma, Département d'écologie et génie de l'environnement.
- 10) TALBI, O. (2019). Contribution à la mise en place d'un Système d'Information Géographique pour la prévention des feux de forêts dans la région de Saïda. UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID DE TLEMCCEN, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département des ressources forestières.
 - 11) TERRAS, M. (2010-2011). Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saïda (Algérie). *THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES DE L'AGRONOMIE ET DES FORETS, Option : Agroforesterie* . UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCCEN.
 - 12) Willaya de SAIDA. (2015). *Agence Nationale de développement de l'Investissement (ANDI)* .
 - 13) ALLOU Fatma, BEN MKIDICHE Randa . (2022). Perception des agriculteurs de la région de Bordj Bou Arreridj aux changements climatiques et leurs actions pour atténuer son effet sur leurs activités, mémoire de master, Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
 - 14) AHMAD ET al. (2001). Troisième Rapport (TAR) du Groupe de travail II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse, P.101, 13-16 février.
 - 15) Aoul, MT, . (2007.). Impacts des changements climatiques sur l'agriculture et les ressources en eau : stratégie d'adaptation et cadre de mise en œuvre (Oran – Algérie). Conférence internationale « Solidarité Internationale pour une stratégie contre le changement climatique en. Afrique et dans la région de la Méditerranée », 18–20 novembre, Tunis, Tunisie.
 - 16) BEN AHMED Nihad, BOURANANE Maroua,. (2022). Changement climatique et Cartographie et Evaluation des milieux naturels région de - TIARET-(Cas de Sdama Gherbi), mémoire master, Université Ibn Khaldoun –Tiaret– .
 - 17) BENTOUATI Kenza. (2023). Synthèse bibliographique sur les effets des changements climatiques sur la culture de l'olivier en zone méditerranéenne. mémoire master, Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
 - 18) Berrached. (2015). Analyse Technico-économique des Systèmes de Conversion d'Énergie Éolienne Appliquée sur la Région de Tlemcen. Mémoire de Master Université de Tlemcen.
 - 19) claud gabriel.be. (2001). cours de la climatologie appliquée .site de Claude Gabriel .

- 20) Daif Manel. . (Avril 2017). Mémoire fin d'études sur Etude des quelques variables climatiques du sous bassin de Sebaou (Tizi-Ouzou).
- 21) ELOUISSI.A, . (2016). Changement climatique impacts et vulnérabilités. Cas du bassin versant de la Macta. Thèse de doctorat, science de la technologie. P.4.
- 22) Environnement Canada,. (2014). Disponible sur ; <http://www.ec.gc.ca/climate/> .
- 23) GIEC . (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 [Équipe de rédaction principale, Pachauri, RK et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.
- 24) IPCC . (2014). Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical report, [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, 151 pp. Geneva, Switzerland.
- 25) Melissa Denchak, . (2017). "Global Climate Change" «www.nrdc.org, publier Melissa Denchak, (2017), "Global Climate Change" «www.nrdc.org, publier le 23/02/2017, Consulté le 07/06/2021.
- 26) Melle :Ghodbane Fatma Zohra,Melle :Berrached shahrazade. (2020). Contribution à l'étude des variations spatio-temporelles de l'Aridité en Algérie,memoire master,Université de M'Hamed Bougara, Boumerdes.
- 27) Melle ZIMOUCHE Afaf. (2021). L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTION AGRICOLE EN ALGERIE, MEMOIRE de master, UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA.
- 28) Melle. Lemkak Hafssa. (2022). Changement climatique et perception des agriculteurs dans les Ziban Est (Wilaya de Biskra), MÉMOIRE DE MASTER, Université Mohamed Khider de Biskra.
- 29) Murat Suner, . (2019). WHAT ARE HUMAN CAUSES OF CLIMATE CHANGE ?www.fairplanet.org, publier le 19/12/2019, Consulté le 07/06/2021.
- 30) ONM . (1992). Bulletin annuel des données météorologiques p12.
- 31) Pascalle, . (2008). Modélisation des cultures européennes au sein de la biosphère : phénologie,productivité et flux de CO2. Université pierre et marie curie.
- 32) Philippe, J,. (2007). Pratiques agricoles, gestion des ressources naturelles et changement climatique au Maghreb et en Afrique subsaharienne. Conférence internationale « Solidarité internationale pour une stratégie

- contre le changement climatique en Afrique et dans la région . de la Méditerranée », 18–20 novembre, Tunis, Tunisie.
- 33) Pierrehumbert B. (2005). Associations entre les parentset les représentations de attachement des enfants. *Attachment et development humain*6: 305-325.
- 34) Pression atmosphérique, 2022 .: (s.d.). <https://www.universalis.fr>.
- 35) Reddah, (2015). Etude et dimensionnement d'un système solaire combiné Application: Logement individuel type F3 à Batna P. Magistère université de Batna.
- 36) Sow et Bathiery, . (2022). Vulnérabilité de la commune de Djilor (Fatick, Sénégal) aux changements climatiques et stratégies d'adaptation des communautés.
- 37) TABEAUD.M et MAGDELAINE.C. (2014). Les variations climatiques naturelles de la Terre. Université Paris Panthéon Sorbonne.
- 38) TABEAUD.M et MAGDELAINE.C, . (2014). Les variations climatiques naturelles de la Terre. Université Paris Panthéon Sorbonne.
- 39) Tabet S . (2008). le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquence sur la végétation forestière .Thèse de Magister .Université Mentouri de costantine.
- 40) Vincent Luyet, . (2010). Station météo, Edition De Boek.2010. Les éléments des climats.
- 41) Yahiaoui, D. (2015.). Impacts des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie.Mémoire de Magistère.Université d'Oran.
- 42) Hansen MC, Potapov PV, Moore R, et al (2013) High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342:850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- 43) Macleod RD, Congalton RG (1998) A quantitative comparison of change-detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. *Photogramm Eng Remote Sensing* 64:207–216
- 44) Singh A (1989) Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *Int J Remote Sens* 10:989–1003. <https://doi.org/10.1080/01431168908903939>
- 45) Woodcock CE, Loveland TR, Herold M, Bauer ME (2020) Transitioning from change detection to monitoring with remote sensing: A paradigm shift. *Remote Sens Environ* 238:111558. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111558>
- 46) Lu D, Mausel P, Brondizio E, Moran E (2004) Change detection techniques. *Int J Remote Sens* 25:2365–2401. <https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>

- 47) Kennedy RE, Townsend PA, Gross JE, et al (2009) Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sens Environ* 113:1382–1396. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.018>
- 48) Crameri F, Shephard GE, Heron PJ (2020) The misuse of colour in science communication. *Nat Commun* 11:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19160-7>
- 49) Coppin P, Jonckheere I, Nackaerts K, et al (2004) Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. *Int J Remote Sens* 25:1565–1596. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>