

الشعبية الديمقراطية الجزائرية الجمهورية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun - Tiaret -



Annexe de -Ksar Chellala-
Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie
Filière: Ecologie et environnement
Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique
Spécialité: Ecosystème Steppique et Saharien

Présenter par :

- ⊗ BEN AHMED Nihad.
- ⊗ BOURANANE Maroua.

Thème

Changement climatique et Cartographie et Evaluation des milieux naturels région de -TIARET-(Cas de Sdama Gherbi).

Le jury composé de :

- ⊗ Président : ABID Med.
- ⊗ Examineur : GUESSAS H.
- ⊗ Examineur (invité) : NOUAR B.
- ⊗ Encadrant : CHADLI S.
- ⊗ Co-Encadrant : MOUSONI A.

Année universitaire: 2021/2022

Remerciement

Nous remercions avant tout –Allah- le tout puissant pour toute sa miséricorde,

C'est par sa grâce que nous avons pu réaliser ce travail.

Les travaux synthétisés dans ce document n'auraient jamais existé sans le concours de nombreuses personnes. C'est donc avec un grand plaisir que nous tient à exprimer notre sincère reconnaissance à tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont contribué aux résultats présentés dans ce mémoire.

Nous remercions tout d'abord notre Encadrant « M.^{me} Chadli Souhila » enseignante à l'université de -Tiaret- Annexe de –Ksar El Chellala- d'avoir accepté la responsabilité de ce travail, Merci de nous avoir transmis votre énergie, idées et conseils précieux et vos discussions constructives.

Nous remercions « M.^r Abid Med », Maître Assistantes, Annexe de -KSAR CHELLALA- du grand honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury.

Et « M.^r Cuessas H ». Annexe de –KSAR CHELLALA- d'avoir bien voulu examiner,

Et « M.^r Mousoni A » Annexe –KSAR CHELLALA- pour ces efforts et conseils durant notre sortie aussi bien « M.^r Nouar B », sans oublier « les agents forestiers » qui nous aidions de transporter et réaliser cet humble travail.

Enfin, nous tient à exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que.

Je dédie cet humble travail à :

Mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études.

Toute ma famille « Ma grande mère Khadora, Omar, moussa, Ahmed, Habib, horia, laamouria, Samira, Khadija, fouzia, Sma » Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour vous, Que Dieu leur apporte le bonheur, les aide à réaliser tous leurs vœux et leur offre un avenir plein de succès.

La mémoire de mon frère Lamine Que dieu le comble de sa miséricorde.

Mon frère et mon héros Si El Bachir i luv ya.

Mes chères sœurs « Khadoja, Soumia, fazora et Cherifa... je vous aime énormément ! ».

Mes amis « Khadija, Amina, Chaimaa, Hayet, Mimi, Elissane et Imen.. »

Nulle dédicace ne pourrait exprimer ma profonde affection et mon immense gratitude pour tous les encouragements et soutiens qu'ils ont consentis à mon égard.

Sans oublier mes deux étoiles Omar El farouk et Hanine Puisse Dieu leur accorde santé, bonheur, prospérité et longue vie plein de joie.

Et une grande dédicace pour ma chère promotrice M.^{me} Chadli Souhila pour ses conseils, sa patience tout au long du déroulement du travail.

Nihad.

Dédicace

Les mots s'estompent et les yeux versent des larmes à cause de l'absence de mon père, que Dieu lui fasse miséricorde.

Aucun mot ne suffit, ni les papiers ne suffisent pour exprimer ma gratitude et mes remerciements.

Je demande à Dieu Tout-Puissant de t'accorder le paradis à côté du prophètes, les véridiques, les martyrs, et les vertueux.

Au cœur de ma mère bien-aimée, qui a enduré la douleur de mon succès, surtout cette année, à mon frère bien-aimé et à tous ceux qui m'ont pris la main pour avancer vers le succès, à celui qui a planté en moi une dose d'espoir mes les jours m'ont giflé.

Merci à ceux qui portent ma douleur, merci à ceux qui m'ont accompagné d'une voix et d'un soutien morale, merci pour vos conseils, votre compréhension et votre bienveillance.

Grand merci.

Maroua.

Dédicaces et Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumés (arabe, français et anglais)

Table des matières

Introduction 1

Partie bibliographie.

Chapitre I : changement climatique

I.1. Définition 3

I.1.1. Termes clés et distinctions..... 3

I.1.1.1. Climat 3

I.1.1.2. Variabilité climatique 4

I.1.1.3. Système climatique mondial 5

I.2. Types de changement climatique 6

I.2.1. Mondial 6

I.2.2. Régional 6

I.2.3. Maghreb 7

I.3. Les causes de changement climatique..... 7

I.3.1. Origines naturelles 7

I.3.1.1. Les gaz à l'effet de serre naturels..... 7

I.3.2. Anthropiques 9

I.3.2.1. Gaz à effet de serre 10

I.3.2.2. La déforestation	11
I.3.2.3. Production d'énergie	12
I.4. Conséquences	12
I.5. Cop26	14
I.6. Le changement climatique en Algérie	16

Chapitre II : Cartographie des milieux naturels et SIG.

II.1. Cartographie	20
II.1.1. Définition	20
II.2. Classification de cartographie	21
II.2.1. À moyenne échelle	21
II.2.2. À petite échelle	21
II.2.3. À grande échelle	22
II.3. Types des cartes	22
II.3.1. Cartographie numérique	22
II.3.2. Cartographie thématique	23
II.3.3. Carte de situation ou de localisation	23
II.3.4. Carte d'occupation et d'utilisation du sol	23
II.3.5. Carte de végétation	24
II.4. Rôle de la cartographie	24
II.5. Systèmes d'information géographique	25
II.5.1. Présentation des SIG	25
II.5.2. Définition d'un SIG	25
II.5.2.1. Logiciels Mapinfo	25
II.5.3. Domaine d'application des SIG	26
II.5.4. Données des SIG	26
II.5.5. Mode de représentations de l'information géographique dans un SIG	27

II.5.5.1. Modèle vecteur	27
II.5.5.2. Modèle raster	27
II.5.6. Structure de l'information géographique	28

Partie Expérimentale.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

III.1. Représentation de la wilaya de Tiaret	29
III.1.1. Situation géographique de la région de Tiaret	29
III.2. La végétation	30
III.1.1. Occupation des terres au niveau la wilaya	30
III.1.2. Caractérisation Générale Des Formations Forestières de la wilaya	31
III.1.3. Localisation des formations forestières	31
III.1.4. Caractérisation générale de la forêt des Sdamas	32
III.3. Situation géographique de la zone d'étude	33
III.3.1. Localisation administrative	33
III.3.2. Gestion antérieure	33
III.3.3. Climat	33
III.3.4. Lithologie	34
III.3.5. Milieu socioéconomique	34
III.3.6. Végétation	34
III.4. Synthèse climatique	35
III.4.1. Pluviométrie	36
III.4.2. Précipitations moyennes mensuelles (1985/2021)	36
III.4.3. Régimes pluviométriques saisonniers (1985/2021)	37
III.4.4. Température	39
III.4.5. Analyse climatique	40
III.4.5.1. Diagramme ombrothèrmique	40

III.4.5.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER	41
---	----

Chapitre IV : Matériels & Méthodes.

IV.1. Situation géographique de la zone d'étude	43
IV.1.1. Exécution des relevés	43
IV.2. Etape analytique	44
IV.2.1. Sur le terrain	44
IV.2.1.1. Choix de la technique d'échantillonnage	44
IV.2.1.2. Aires minimales	44
IV.2.2. Matériel utilisés	45
IV.2.2.1. Sur le bureau	45
IV.2.3. Elaboration de la matrice	45
IV.3. Etape synthétique	46
IV.3.1. Analyse floristique	46
IV.3.2. Calcule des indices	46
IV.3.2.1. L'indice de Shannon (1948); Shannon et Weaver (1963)	46
IV.3.2.2. Le Coefficient d'équitabilité	46
IV.3.2.3. Indice de Simpson	47
IV.3.2.4. Indice de perturbation	47
IV.3.3. Traitement des données climatique	48
IV.3.4. Indice de différence de végétation normalisé (NDVI)	49
IV.3.5. Indice d'eau de différence normalisé (NDWI)	49
IV.3.6. Les logiciels utilisés	49
IV.3.6.1. Le logiciel R	49
IV.3.6.2. Climate engine	50
IV.3.6.3. Google Earth engine	50
IV.3.6.4. Le logiciel Paste	51

Chapitre V : Résultats & Discussion.

V.1. Résultats du traitement statistique	52
V.1.1. Résultats et discussion de la composition systématique	52
V.1.2. Spectre biologique des familles	54
V.1.3. Les indices de biodiversité	56
V.1.3.1. Indice de perturbation	56
V.1.3.2. Indice de Shannon	56
V.1.3.3. Indice de Simpson	58
V.1.3.4. Indice d'équitabilité	58
V.1.4 Présentation des résultats des années (2012, 2020, 2022)	58
V.1.4.1. Comparaison des résultats entre les années (2012, 2020,2022)	58
V.1.5. Traitement statistique multi varie	59
V.1.5.1. Classification hiérarchique (CAH)	59
V.1.5.2. Analyse des composantes principales (ACP)	62
V.2. Indice différence normalisé (l'eau et végétation)	65
V.3. Traitement des paramètres climatiques	66

Liste des Abréviations.

CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.
GES	Gaz à Effet de Serre.
%	Pourcentage.
PPM	parts par million ou nombre de particules par million.
ONU	Organisation Des Nations Unies.
COP	Conférence des Parties.
ONM	Office National de Météorologie.
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat.
IGN	L'Institut Géographique National.
SIG	Système d'Information Géographique.

Liste des Figures.

Figure n°1	Les éléments du climat.	5
Figure n°2	Thématique de variabilité climatique.	5
Figure n°3	Représentation schématique de système climatique.	6
Figure n°4	Phénomène de l'effet de serre.	10
Figure n°5	Causes anthropiques du changement climatique.	11
Figure n°6	Gaz à effet de serre.	12
Figure n°7	La déforestation.	12
Figure n°8	La production d'énergie.	13
Figure n°9	Les conséquences du changement climatique.	13
Figure n°10	Évolution des tendances de l'indice des précipitations totales annuelles (PRCPTOT).	18
Figure n°11	Évolution des tendances de l'indice du minimum mensuel des températures minimales (TNn).	19
Figure n°12	Évolution des tendances de l'indice du maximum mensuel des températures maximales (TXx).	19
Figure n°13	carte du monde.	20
Figure n°14	Une carte à petite échelle.	21
Figure n°15	Une carte à grande échelle.	22
Figure n°16	Origine des données d'un SIG (Krafft et Curnel, 2005).	27
Figure n°17	Structure de l'information géographique (Habert, 2000).	28
Figure n°18	Situation géographique de la région de Tiaret.	29
Figure n°19	Répartition générale des terres dans la wilaya de Tiaret.	30
Figure n°20	Occupation des Terres forestières de la wilaya de Tiaret.	31

Figure n°21	Situation géographique du massif des sdamas.	32
Figure n°22	image satellitaire de la station météorologique d'AIN BOUCHEKIF.	36
Figure n°23	Les variations des précipitations moyennes mensuelles.	37
Figure n°24	Histogramme des précipitations saisonnières (1985-2021).	38
Figure n°25	Les températures moyennes mensuelles de la zone d'étude durant 37ans.	39
Figure n°26	Diagramme Ombrothèrmique (1985-2021).	40
Figure n°27	Diagramme d'EMBERGER de la zone d'étude.	42
Figure n°28	Répartition des relevés dans la zone d'étude.	44
Figure n°29	interface de climate engine.	48
Figure n°30	interface de google earth engine.	50
Figure n°31	Composition systématique des familles.	52
Figure n°32	Représentation des espèces par types biologiques.	54
Figure n°33	CAH des stations de 2012	59
Figure n°34	CAH des stations de 2020	60
Figure n°35	CAH de 2022	60
Figure n°36	ACP des valeurs de 2012.	62
Figure n°37	Analyse canonique de corrélation du 2020.	62
Figure n°38	ACP des valeurs de 2022.	64
Figure n°39	Représentation graphique de l'indice différence normalisé (l'eau et végétation).	65
Figure n°40	Calcul de l'indice de température.	66
Figure n°41	Calcul de l'indice pluviométrique.	67

Liste des Tableaux.

Tableau n°1	Le patrimoine forestier de la wilaya de Tiaret (CFT 2009).	32
Tableau n°2	Gestion antérieure de La forêt des SDAMAS GHERBI (CFT, 1992).	33
Tableau n°3	Tapis végétale de la zone d'étude.	34
Tableau n°4	Occupation du sol du foret de Sdamas Gherbi. (CFT, 1992).	35
Tableau n°5	Caractéristiques de la station météorologique d'AIN BOUCHEKIF.	35
Tableau n°6	Caractéristiques Géographiques des relevés.	42
Tableau n°7	L'indice de Shannon de chaque station.	57
Tableau n°8	Les indices de 3 périodes.	58
Tableau n°9	Les valeurs de NDWI et NDVI de 2022.	65

Résumé

Le présent travail consiste à une étude diachronique de la forêt de Sdama Gherbi région de Frenda wilaya de Tiaret en mois de juin 2022, l'objectif est de caractériser la diversité floristique sur les plans composition systématique, biologique, morphologique et biogéographique, les 7 relevés réalisés en 2012 par M^r Bekhattou nous a permis de recenser et d'identifier 104 espèces vasculaires appartenant à 35 familles botaniques, les 7 relevés relocalisées et ré-échantillonnées à la même période en 2020 par Nour nous a permis de recenser et identifier 58 espèces appartenant à 22 familles. Les 7 relevés ré-échantillonnées par nos soins nous a permis d'identifier 64 espèces appartenant à 27 familles. Les valeurs des indices de biodiversité, montrent une diversité relativement importante et bien distribué pour les 3 périodes. L'indice de perturbation montre que la zone d'étude et en voie de dégradation régressive et continue. Le traitement des données s'est effectué par les techniques d'ordination (ACP) corroborées par la classification hiérarchique (CAH), et réaliser des ruptures dans les séries chronologiques pluviométriques et température, ainsi une carte préalable des groupements végétaux dans la forêt de Sdama gherbi.

Mots Clés : Forêt, Sdama gherbi, échantillonnage, étude, biodiversité, indice, CAH, ACP.

Abstract

This study is devoted of a diachronic study of the forest of Sdama Gherbi region of Frenda wilaya of Tiaret in June 2022, the objective is to characterize the floristic diversity in terms of systematic composition, biological, morphological and biogeographical, the 7 surveys carried out in 2012 by Mr Bekhattou allowed us to identify 104 vascular species belonging to 35 botanical families. The 7 surveys relocated and re-sampled in the same period in 2020 by Nour allowed us to identify 58 species belonging to 22 families, the 7 surveys re-sampled by us allowed us to identify 64 species belonging to 27 families. The values of the biodiversity indices show a relatively large and well distributed diversity for the 3 periods. The disturbance index shows that the study area is in decline and continues to deteriorate. The processing of the data was carried out by the techniques of ordination (PCA) corroborated by hierarchical classification (CAH), and to make breaks in the rainfall and temperature time series, as well as a preliminary map of plant groups in the forest of Sdama gherbi.

Keywords: Forest, Sdama gherbi, sampling, study, biodiversity, index, PCA, CAH.

الملخص

هذه الدراسة مخصصة لدراسة تاريخية لغابة منطقة سداما غربي بدائرة فرندة ولاية تيارت في يونيو 2022 ، والهدف من ذلك هو توصيف التنوع النباتي من حيث التركيب المنهجي والبيولوجي والمورفولوجي (الشكلي) والجغرافي أتاحت لنا البيانات السبعة التي أجراها السيد بختو في عام 2012 بتحديد 104 نوعًا والتي تنتمي إلى 35 عائلة نباتية بالإضافة إلى البيانات السبعة التي تم نقلها وإعادة أخذ عينات منها في نفس الفترة من عام 2020 بواسطة نوار بتحديد 58 نوعًا تنتمي إلى 22 عائلة.

سمحت لنا هذه الاخيرة التي أعدنا أخذ عينات منها بتحديد 64 نوعًا تنتمي إلى 27 عائلة, تُظهر قيم مؤشرات التنوع البيولوجي تنوعًا كبيرًا نسبيًا وموزعًا جيدًا للفترات الثلاث. يوضح مؤشر الاضطراب أن منطقة الدراسة آخذة في التدهور لازلت تستمر . تمت معالجة البيانات من خلال تقنيات التنسيق مدعومة بالتصنيف الهرمي ، وتم عمل فواصل في التسلسل الزمني لسقوط الأمطار ودرجات الحرارة ، بالإضافة إلى خريطة أولية للمجموعات النباتية في غابة سداما غربي.

الكلمات المفتاحية : غابة, سداما غربي, معاينة, دراسة, تنوع حيوي (بيولوجي), مؤشر.

Introduction.



Le climat est la suite des états de l'atmosphère dans leurs successions habituelles. Les propriétés qui le caractérisent sont thermiques (température de l'air, de la mer, des continents et des régions gelées), cinétiques (vents et courants océaniques, associés aux mouvements verticaux) etc... (**Gates, 1981**) .il a été source de vie et source de défis au quotidien pour la majorité des sociétés, il semble maintenant être perçue, comme un vague sujet de discussions ou un problème majeur suite aux avertissements d'un bon nombre de scientifiques depuis les années 1970. (**ALAIN,2000**).Les perspectives d'évolution du climat, à cause des récentes activités humaines et des fortes émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique, ont des conséquences majeures sur le développement de la végétation.

Par ailleurs le changement climatique devient de plus en plus un enjeu majeur dans le monde, et pour pouvoir s'adapter aux conséquences, il est impératif de comprendre d'abord les changements attendus. On peut dire que la climatologie a maintenant atteint un certain niveau de maturité qui la rend plus précieuse et plus utile pour les décideurs. (**CHARRON, 2014**). Il devient un problème qui affecte non seulement les scientifiques mais la communauté internationale dans son ensemble. Par conséquent, les scientifiques sont fortement incités par la société à comprendre l'impact du changement climatique sur l'activité humaine, les communautés végétales et animales et leur habitat naturel.

Les preuves scientifiques du changement climatique sont convaincantes. En se fondant sur l'examen de plusieurs milliers de publications scientifiques, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (**GIEC, 2007**) a conclu que le réchauffement du système climatique de la planète est « sans équivoque » et que les activités humaines en sont « très probablement » la cause. On estime que la température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,74 °C environ depuis un siècle (**GIEC, 2007**).

La combinaison de la vitesse du changement climatique et des autres facteurs anthropiques réduira l'évolution du tapis végétal. Cette combinaison modifiera les écosystèmes et les paysages dans les plusieurs régions (**MCKINNEY & LOCKWOOD .1999 . THOMAS et., al. 2004 ; FEEHAN et al, 2009**).

Selon la cop 26 la Conférence des Parties, qui discute et examine la manière dont le changement climatique est géré au niveau national et international ainsi que la baisse des émissions de gaz à effet de serre (GES) et le financement de la transition énergétique des pays les plus pauvres L'organisation du marché du carbone et d'autre points ont parmi d'ailleurs de proposer des solutions de résilience (**CLIMATE CONSULTING.2022**).

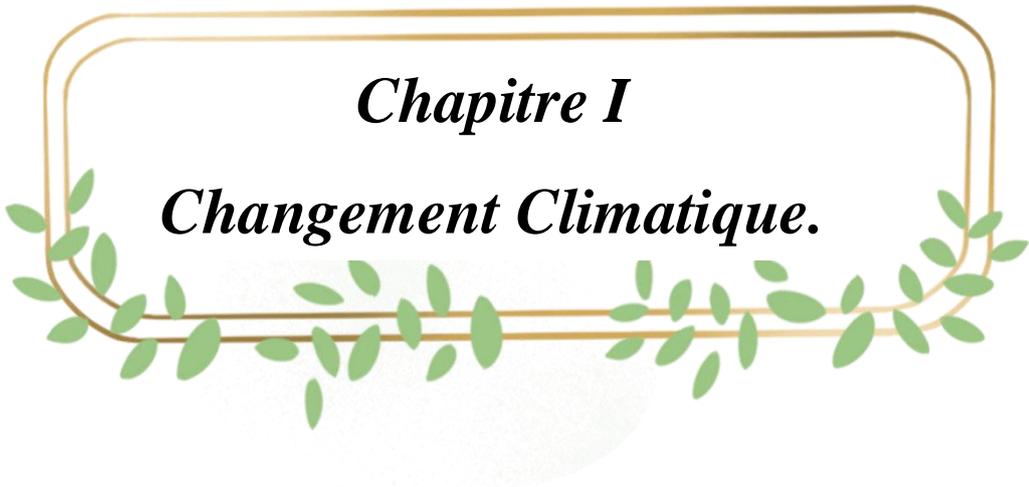
Cependant, la question qui se pose est qu'est l'influence de ces climats sur la végétation et comment peut s'expliquer la variation climatique de cette zone par sa cartographie pour la préservation et l'aménagement de cette zone.

Pour répondre à toutes ces hypothèses, l'étude menée est structurée Ce travail a un triple objectif scientifique :

- Déterminer comment se manifeste le changement de la biodiversité selon une durée, chronologique. Afin de dégager les conséquences de ses caractéristiques sur les milieux naturels.
- L'identification d'une éventuelle fluctuation climatique et l'étude de ses conséquences sur le tapis végétal. Cette fluctuation pourrait se traduire par des ruptures dans les séries chronologiques pluviométriques. Les manifestations les plus sensibles de ces ruptures seront étudiées.
- Le dernier objectif tracés par la présente étude analyser l'impact de la variabilité climatique sur la biodiversité et de réaliser une carte préalable des groupements végétaux dans la forêt de Sdama gherbi.

Chapitre I

Changement Climatique.



I.1. Définition

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant des longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres. On notera que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit les « changements climatiques » comme étant des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables.

La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. **(DAIF.M.2017).**

I.1.1. Termes clés et distinctions

I.1.1.1. Climat

Il s'agit d'une série de phénomènes météorologiques (température, humidité, ensoleillement, pression barométrique, vent, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère à un endroit donné. Au sens étroit, climat signifie généralement « temps moyen ». Plus précisément, il s'agit d'une description statistique basée sur la moyenne et la variabilité des quantités pertinentes sur une période allant de quelques mois à des milliers d'années, voire des millions d'années (la période classique, définie par l'organisation météorologique mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique de l'état système climatique. **(ELOUISSIA.2016).**

Il dépend :

- De la latitude du lieu.
- De sa circulation atmosphérique.
- Et des conditions de l'environnement. **(HAMEL.KH.2005).**

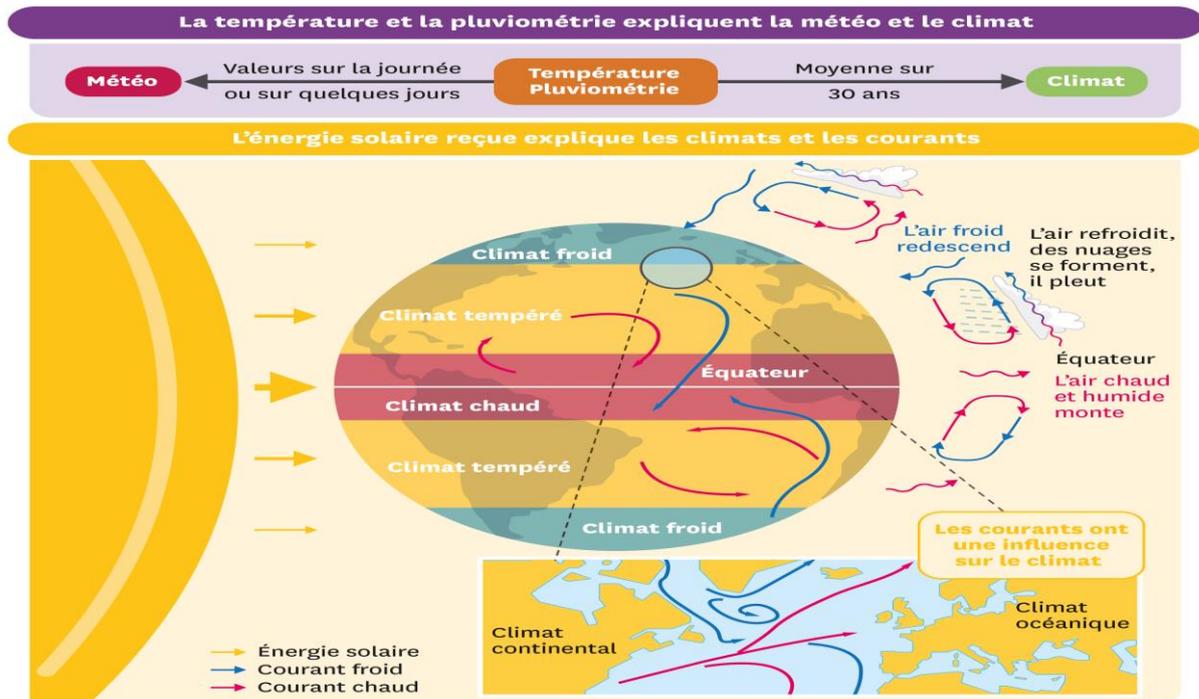


Figure n°1 : Les éléments du climat.

I.1.1.2. Variabilité climatique

La variabilité climatique désigne une transformation à court terme du climat d'un lieu donné. Une mesure de cette transformation et les modifications que subissent des paramètres climatiques comme la température, le vent et les précipitations.

Les climatologues distinguent entre les concepts de la variabilité du climat et le changement climatique, La variabilité du climat se réfère généralement à court ou à moyen terme, aux fluctuations autour de l'état moyen du climat sur les échelles de temps allant de quelques années (15 à 30 ans). (HERMES.M.2008).

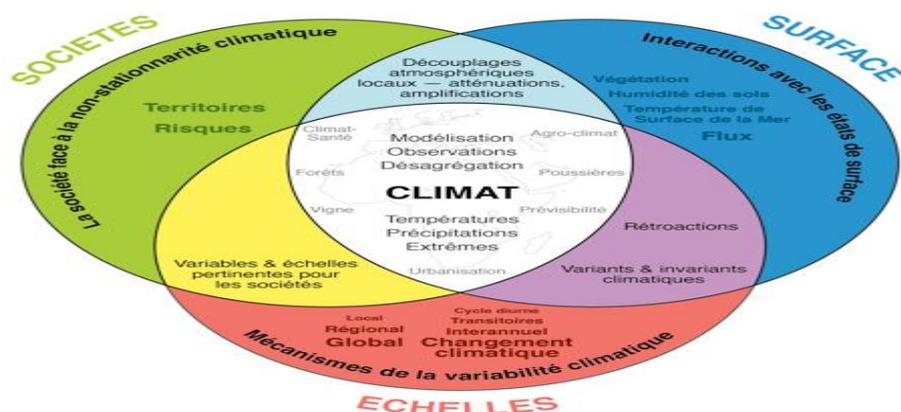


Figure n°2 : Thématique de variabilité climatique.

I.1.1.3. Système climatique mondial

À l'échelle mondiale, le climat obéit essentiellement à la quantité d'énergie que la Terre reçoit du soleil et qu'elle rejette dans l'espace. (ELOUISSIA.2016).

Le système climatique est très simple à définir : c'est l'ensemble de la planète. On y identifie aisément les sous-ensembles : l'atmosphère, l'océan, la cryosphère (la glace), la biosphère continentale et marine, la géosphère et l'homme. Entre ces éléments, il existe des relations plus ou moins fortes, des couplages.

L'interaction entre l'atmosphère et l'océan est forte. Transfert d'énergie de l'atmosphère vers l'océan par l'action du vent à la surface, transfert de chaleur de l'atmosphère vers l'océan par rayonnement électromagnétique, et inversement, évaporation, précipitations. Les humains sont a priori des animaux comme les autres, donc s'ils sont considérés ici comme un sous-système, ils nous intéressent évidemment tout particulièrement et devraient être inclus dans la biosphère, mais surtout, il a par ses activités une grande influence sur les autres composantes du système et donc de lui-même. (BIGOT.S.2005).

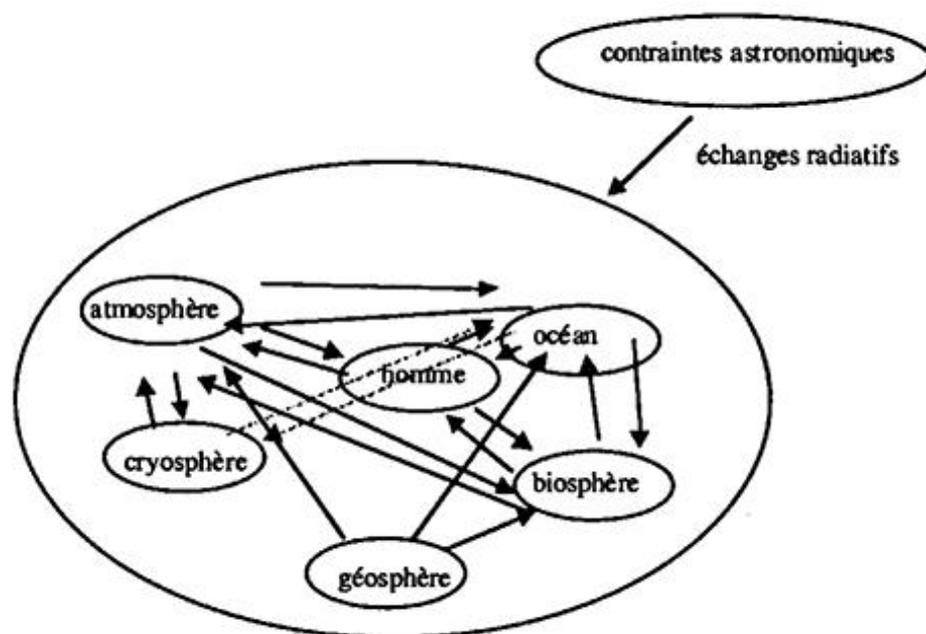


Figure n°3 : Représentation schématique de système climatique.

I.2. Types de changement climatique

I.2.1 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).**

I.2.2. 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.A.2016).**

I.2.3. 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. **(TAABNI.M et DRIS EL JIHAD.M.2012).**

I.3. Les causes de changement climatique

I.3.1. Les causes naturelles

L'effet de serre est un phénomène physique naturel.

Présents dans l'atmosphère, certains gaz comme la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone appelé aussi gaz carbonique (CO₂) ou le méthane (CH₄) retiennent une large part de l'énergie solaire renvoyée vers l'espace par la Terre, sous forme de rayons infrarouges. Ils maintiennent ainsi la température sur Terre à une moyenne d'environ 15°C. Sans eux, cette moyenne descendrait à -18°C, interdisant le développement de la vie.

L'effet de serre est un phénomène très sensible aux variations de la composition de l'atmosphère.

La vapeur d'eau, principal gaz à effet de serre (GES) occupe de 0,4 à 4% du volume atmosphérique. S'y ajoutent les autres GES qui occupent moins de 0,1% de ce volume. Les activités humaines génèrent des GES dits anthropiques (par opposition aux GES présents naturellement dans l'atmosphère). Ces émissions de GES modifient la composition de l'atmosphère provoquant une augmentation de l'effet de serre à l'origine du réchauffement planétaire. **(Le changement climatique.2012).**

I.3.1.1. Les gaz à effet de serre naturels

La vapeur d'eau (H₂O)

Le plus important des gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère. Est créé par l'évaporation de l'eau présente à la surface de la Terre.

Le dioxyde de carbone (CO₂)

Est créé par la décomposition naturelle de matières animales ou végétales, mais est absorbé par les plantes au cours du processus de photosynthèse (transformation de CO₂ et d'eau en sucres sous l'effet de la lumière solaire). La concentration en CO₂ a augmenté de plus de 45% depuis 1750, passant de 280 à 411 ppm en février 2019 (ppm = parts par million ou nombre de particules par million), Les émissions provenant de sources fossiles ont augmenté depuis 1990, passant de 22 à 36 Gt CO₂ par an (Gt = gigatonnes ou milliards de tonnes). De tous les gaz à effet de serre, le CO₂ est le principal responsable de l'effet de serre (plus de 50 %).

Le méthane (CH₄)

Est créé par la décomposition de matières végétales en milieu humides.

Un peu plus de la moitié des émissions totales de méthane est provoquée par les activités humaines :

L'agriculture (rizières, fermentation dans l'intestin des ruminants, utilisation de fumier et de lisier), Le traitement des déchets ménagers (versages, compostage), L'exploitation, la distribution et la consommation de gaz naturel (fuites, gaz insuffisamment ou non brûlé).

L'ozone (O₃)

L'ozone est naturellement présent dans la stratosphère (à une altitude de 10-15 km) : il protège la planète contre les dangereux rayons UV. L'affaiblissement des concentrations en ozone stratosphérique (le célèbre "trou dans la couche d'ozone") est provoqué par des substances produites par l'homme et qui désintègrent l'ozone à ces altitudes, comme par exemple un certain nombre de composés fluorés (ex. les gaz propulseurs dans les aérosols).
(CLIMATE.BE.2019).

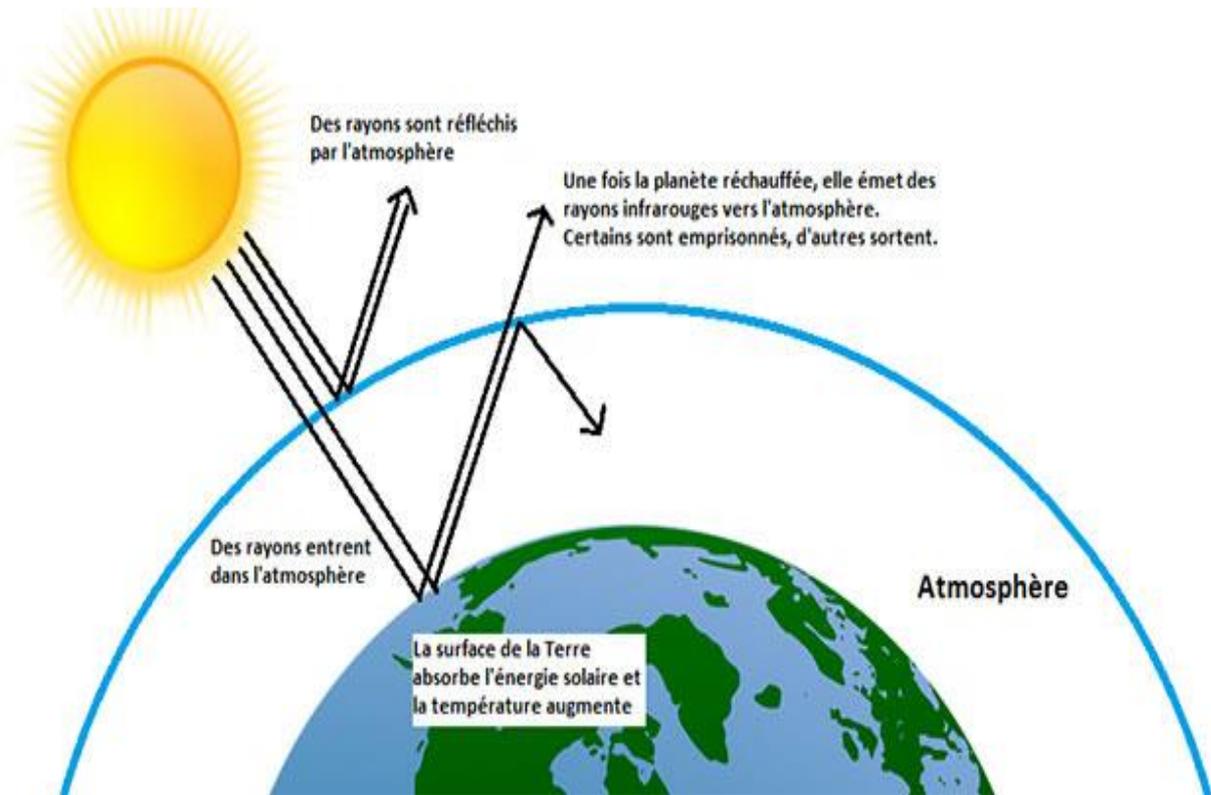


Figure n°4 : Phénomène de l'effet de serre.

I.3.2. Les causes anthropiques du changement climatique actuel

On n'a aujourd'hui trouvé aucun phénomène naturel (ou ensemble de phénomènes naturels) susceptible d'expliquer l'ampleur et la vitesse du changement climatique actuel. L'augmentation de la concentration de l'atmosphère en GES du fait des émissions liées à l'activité humaine permet, elle, de bien expliquer le réchauffement observé. **(Le changement climatique.2012).**

Les activités humaines que l'on doit considérer comme des facteurs externes influencent également le climat. Depuis plus de 250 ans, le développement technologique et économique a un impact croissant sur le système climatique, et depuis 150 ans au moins, les sociétés humaines sont devenues un facteur prépondérant du changement climatique. **(DELMAS et al.2018).**

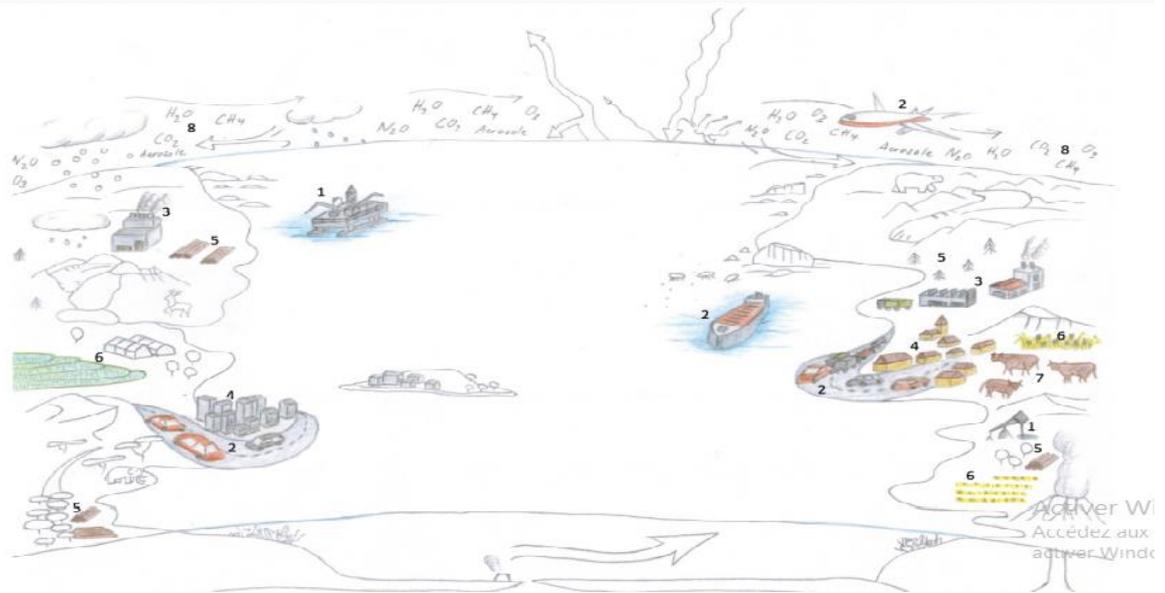


Figure n°5 : Causes anthropiques du changement climatique. (Croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz).

1. Extraction / production / combustion d'énergies fossiles.
2. Transport / trafic / combustion d'énergies fossiles.
3. Industrie / combustion d'énergies fossiles.
4. Ville / village / chauffage / refroidissement / combustion d'énergies fossiles.
5. Déforestation / brûlis.
6. Riziculture / plantations / serres / agriculture.
7. Elevage.
8. Augmentation des gaz à effet de serre résultant des activités (1) à (7) (**DELMAS et al., 2018**).

I.3.2.1. Gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre sont les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'effet de serre.

L'effet de serre anthropique, dit aussi additionnel, provient des activités humaines qui entraînent l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère. Ces gazs additionnels émis par l'homme sont directement liés au changement climatique. (ELOUSSI.A.2016).

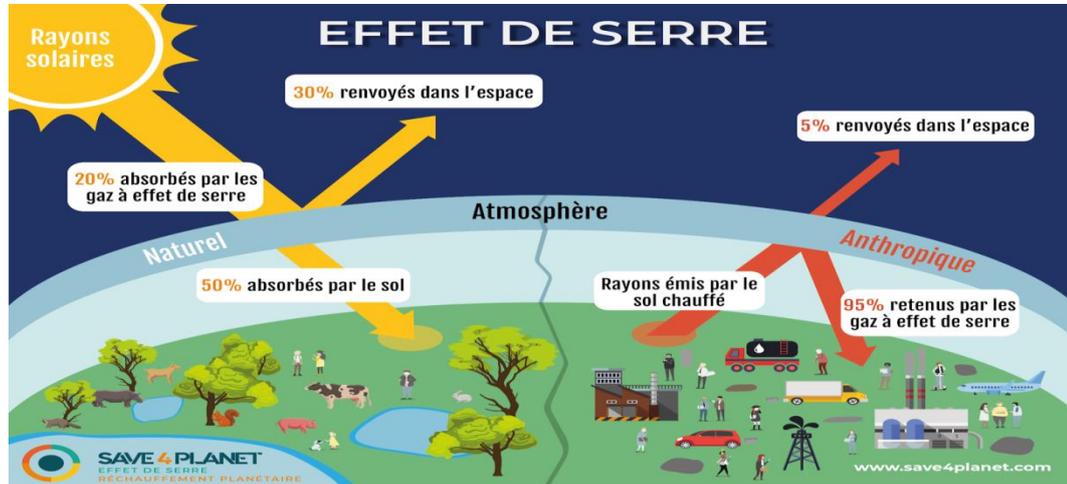


Figure n°6 : Gaz à effet de serre.

I.3.2.2. La déforestation

La déforestation au profit d'exploitations agricoles, de pâturages ou autre, rejette également des émissions de gaz à effet de serre, puisque les arbres, lorsqu'ils sont abattus, libèrent le carbone qu'ils ont stocké. La destruction des forêts, qui absorbent le dioxyde de carbone, limite également la capacité de la nature à empêcher les émissions de gaz d'entrer dans l'atmosphère. (ONU.2000).



Figure n°7 : La déforestation.

I.3.2.3. Production d'énergie

Une grande partie des émissions mondiales de gaz à effet de serre provient de l'utilisation de combustibles fossiles, tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel, pour produire de l'électricité et de la chaleur. La production d'électricité dépend encore majoritairement des combustibles fossiles. Seul un quart de notre électricité provient de sources éoliennes, solaires et d'autres sources renouvelables. (ONU.2000).



Figure n°8 : La production d'énergie.

I.4. Les conséquences du changement climatique

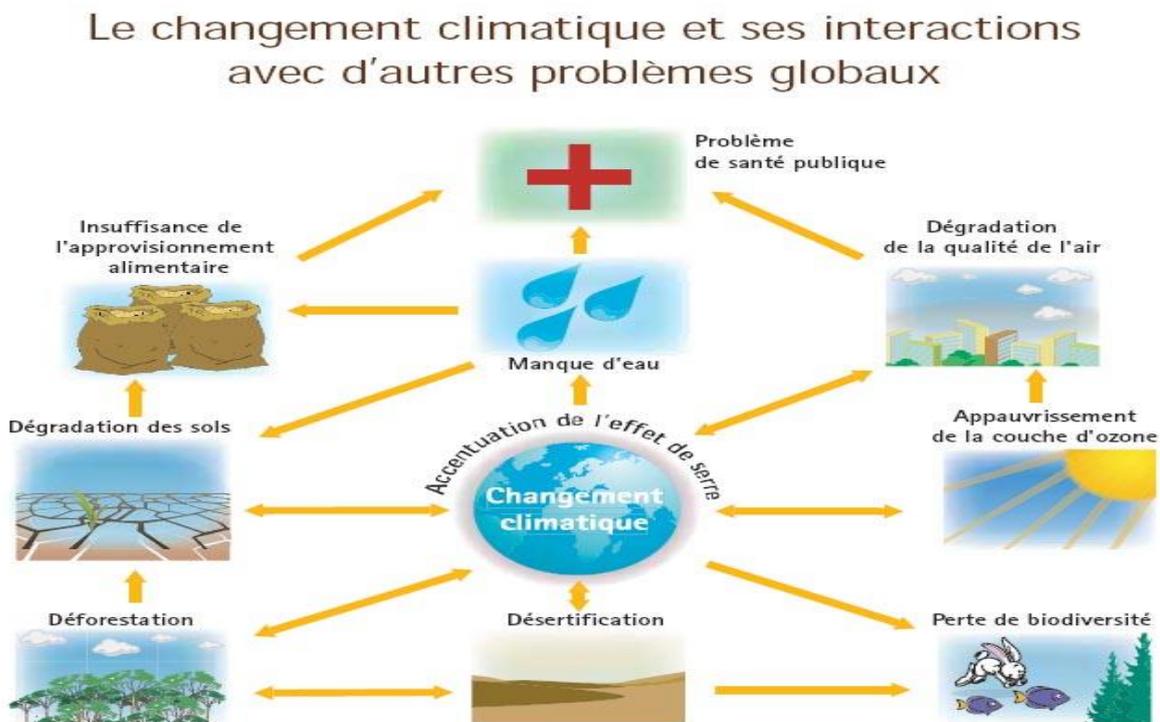


Figure n°9 : Les conséquences du changement climatique.

Au fil du temps, la hausse des températures bouleverse les conditions climatiques et perturbe l'équilibre naturel habituel. Cette situation présente de nombreux risques pour les êtres humains comme pour toutes les autres formes de vie sur Terre.

Hausse des températures

Dans la quasi-totalité des régions terrestres, les journées très chaudes et les vagues de chaleur se multiplient. L'année 2020 a été l'une des plus chaudes jamais enregistrées. La hausse des températures provoque une augmentation des maladies liées à la chaleur et peut rendre le travail et les déplacements plus difficiles. En outre, les incendies de forêt démarrent plus facilement et se propagent plus vite lorsque les températures sont plus élevées.

Accroissement de la gravité des tempêtes

Les changements de température occasionnent à leur tour des changements dans les précipitations. Cela se traduit par des tempêtes plus violentes et plus fréquentes, susceptibles de provoquer des inondations et des glissements de terrain, de détruire des maisons et des communautés, et de coûter des milliards de dollars.

Accroissement des sécheresses

De plus en plus de régions sont confrontées à une pénurie d'eau. Les sécheresses peuvent provoquer des tempêtes de sable et de poussière destructrices, capables de déplacer des milliards de tonnes de sable à travers les continents. Avec la désertification, les terres cultivables voient également leur surface se réduire. Aujourd'hui, de nombreuses personnes sont exposées au risque de manquer d'eau.

Réchauffement et montée des océans

Les océans absorbent une grande partie de la chaleur due au réchauffement de la planète. Cela a pour effet de provoquer la fonte des calottes glaciaires et l'élévation du niveau des mers, menaçant ainsi les communautés côtières et insulaires. Les océans absorbent également le dioxyde de carbone contenu dans l'atmosphère. Or, l'augmentation du dioxyde de carbone rend l'océan plus acide, ce qui met en danger la vie marine.

Perte de biodiversité

Les changements climatiques menacent la survie des espèces sur terre et dans les océans. Plus les températures sont élevées, plus les risques augmentent. Les incendies de forêt, les conditions météorologiques extrêmes, les espèces nuisibles et les maladies comptent parmi les nombreuses menaces liées aux changements climatiques. Si certaines espèces sont en mesure de se déplacer et de survivre, d'autres ne peuvent pas en faire autant.

Pénurie alimentaire

La progression de la faim et de la malnutrition dans le monde s'explique notamment par les changements climatiques et l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes. Les ressources halieutiques, les cultures et le bétail sont exposés au risque de destruction ou de perte de productivité. En outre, le stress thermique peut entraîner une diminution des ressources en eau et des prairies pour le pâturage.

Augmentation des risques pour la santé

L'évolution des conditions météorologiques favorise la propagation de maladies telles que le paludisme. Les phénomènes météorologiques extrêmes entraînent une augmentation des maladies et des décès et mettent à mal les systèmes de santé. Parmi les autres risques pour la santé figure également l'augmentation de la famine et de la malnutrition dans des régions où il est impossible de cultiver ou de trouver suffisamment de nourriture. (ALAIN.B.2000).

I.5. Cop26

Six ans après l'Accord de Paris, se déroule la 26ème édition de la Conférence des Parties (COP26). Comme chaque année, les dirigeants du monde entier se sont réunis pour mettre en place des actions en faveur de la transition énergétique, afin de respecter leurs engagements en matière de réduction de gaz à effet de serre. Quels sont les enjeux de la COP26 ? Comment y participer ? Décryptage.

La Conférence des Parties (COP), ou Conférence of the Parties en anglais, est un événement annuel qui réunit les gouvernements pour discuter et examiner la manière dont le changement climatique est géré au niveau national et international. En 2021, se tient à Glasgow la 26ème édition de la COP, d'où l'appellation "COP26".

Chaque année, pour lutter le réchauffement climatique, les dirigeants du monde entier traitent de certains sujets. Cette année, les principaux dossiers sur la table lors de la COP26 sont :

- L'élévation des objectifs de baisse des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- Le financement de la transition énergétique des pays les plus pauvres ;
- La réduction des émissions de méthane ;
- L'organisation du marché du carbone. **(CLIMATE CONSULTING.2022).**

I.6. Le changement climatique en Algérie

L'Algérie est située au nord-ouest de l'Afrique en bordure de la méditerranée. Bordiers de la Méditerrané et du désert le plus chaud du monde, elle ne bénéficie du climat méditerranéen subhumide que sur une étroite frange littorale alors que les deux-tiers du territoire est exposé aux climats semi-aride et aride. Cette situation influe sur les précipitations qui sont marquées par leurs fortes variabilités spatio-temporelles.

En Algérie, pays dont la plus grande partie est désertique, les changements climatiques constituent une préoccupation majeure. En effet, de par sa position géographique, l'Algérie est exposée aux effets négatifs des changements climatiques et des émissions des gaz à effet de serre, notamment les inondations, la sécheresse et les températures élevées.

Le climat de l'Algérie est très variable. L'une des manifestations les plus préoccupantes de cette variabilité est la sécheresse. Cependant, aujourd'hui devant l'hypothèse d'un changement climatique et devant l'accroissement des besoins en eau, on s'interroge de plus en plus sur l'éventualité d'une augmentation de la fréquence de la sécheresse d'un côté et d'une amplification de ses impacts socio-économiques de l'autre. **(ELOUISSI.A.2016).**

Les pluies annuelles croissent du sud au nord et de l'ouest à l'est. Les valeurs plus élevées des pluies en altitude, à proximité du littoral, sont liées aux masses d'air humide venues du Nord. Au Nord-Est, les pluies dépassent 850 mm et diminuent vers le sud jusqu'à des valeurs de l'ordre de 100 mm/an. On constate aussi des valeurs de pluies plus élevées sur les Monts de l'Ouarsenis, de Tiaret, de Tlemcen et de l'Atlas Blidéen. Les précipitations d'hiver concernent plutôt la partie Nord-Est. Les vents du Nord-Ouest se vident de leur humidité sur le littoral et sur les massifs montagneux. La pluviométrie est toujours en étroite relation avec les flux du Nord-Est dominants et avec les vents de direction Nord-Ouest. En été, la pluviométrie chute considérablement. Les pluies de cette saison ont un caractère orageux. Elles croissent d'Ouest en Est et sont plus importantes sur les sommets de l'Est. La longitude est ici le principal facteur d'explication de la répartition spatiale des pluies. **(MEDDI.M.1992).**

D'après des études réalisées par l'ONM sur l'évolution des températures, elles ont révélé que celles-ci sont en hausse depuis 1990, date du début des émissions à effet de serre. Concernant la pluviométrie en Algérie, l'étude fait ressortir un recul de 12 % pour la période 1990-2005 en comparaison avec 1961-1990, causant une sécheresse à grande échelle au moment même où d'autres régions enregistrent des inondations dont celle de Bab El Oued en 2001 et dans la ville d'El Taref en 2012.

L'évolution des températures en Algérie montre une hausse sur l'ensemble du territoire au cours des saisons d'hiver et d'automne et une hausse nette des températures minimales et maximales dans toutes les stations de l'Algérie du Nord et se prolonge jusqu'à nos jours. Durant ces 20 dernières années, les températures maximales ont augmenté plus que les minimales. (DAIF.M.2017).

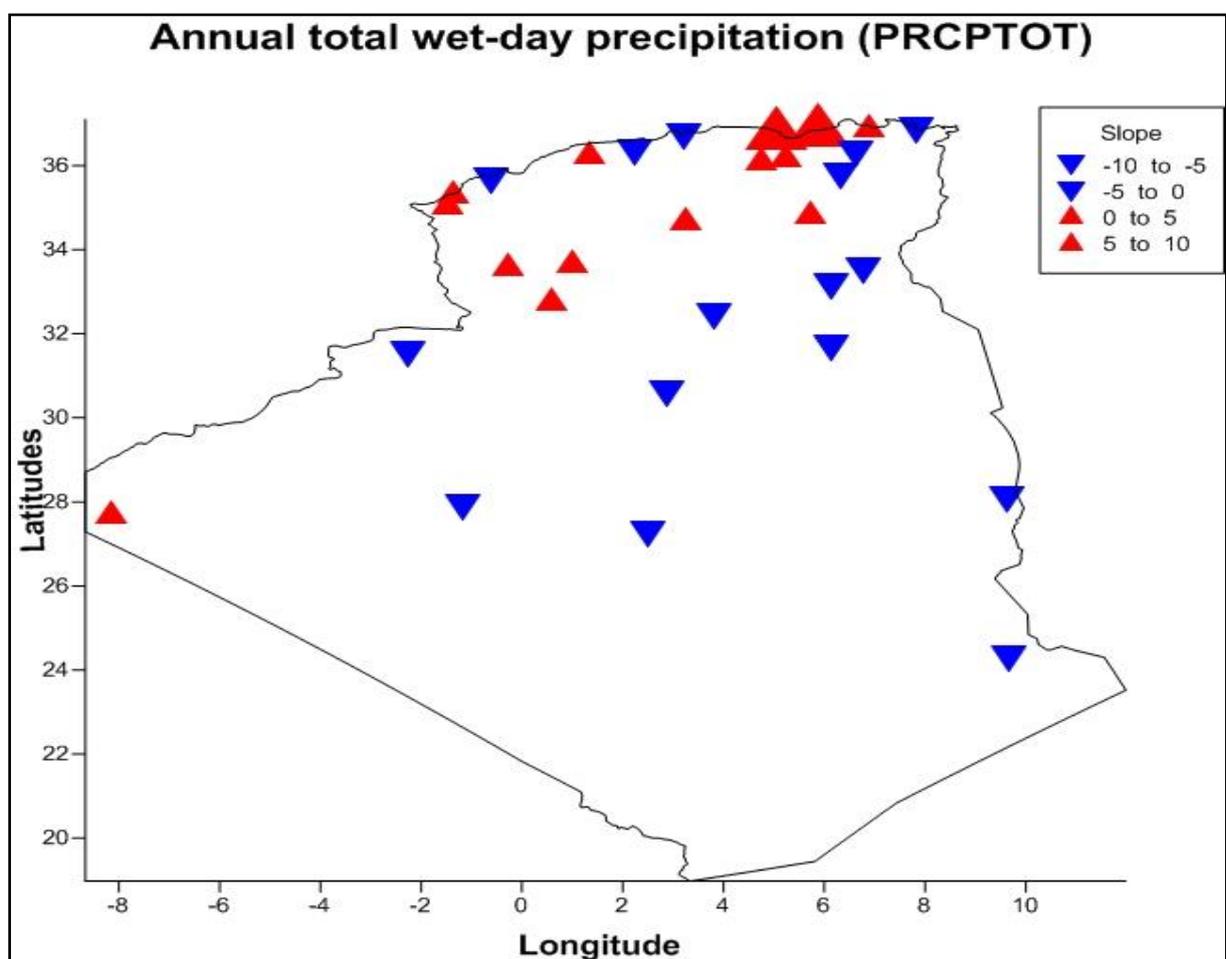


Figure n°10 : Évolution des tendances de l'indice des précipitations totales annuelles (PRCPTOT).

L'examen des résultats obtenus pour l'indice des précipitations totales annuelles (**Figure 10**) montre une grande variabilité des tendances résultantes de l'évolution de cet indice considérée dans différentes stations d'observation, qui varie entre $+11^\circ$ et -8° .

Les stations du Nord ont presque toutes une tendance positive qui s'accroît dans la partie Nord-Est connue par son climat subhumide.

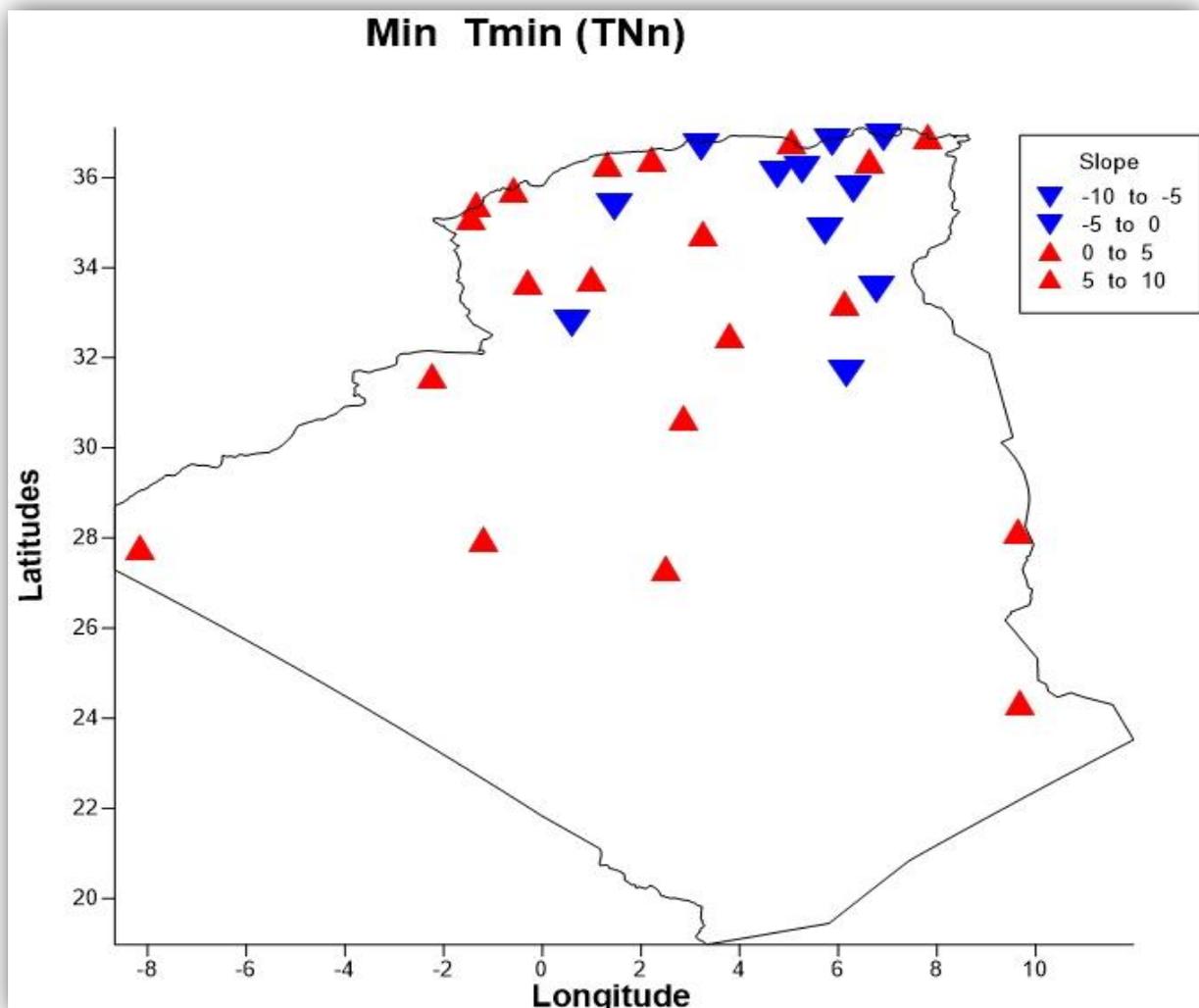


Figure n°11 : Évolution des tendances de l'indice du minimum mensuel des températures minimales (TNn).

Il semble que les tendances de l'indice du minimum mensuel des températures minimales soient un peu moins marquées sur les stations étudiées (**Figure 11**) ; elles se situent sensiblement autour du zéro et les valeurs oscillent entre -0.15° et $+0.08^\circ$. Les valeurs de cet indice ne peuvent être considérées vues leurs faibles valeurs.

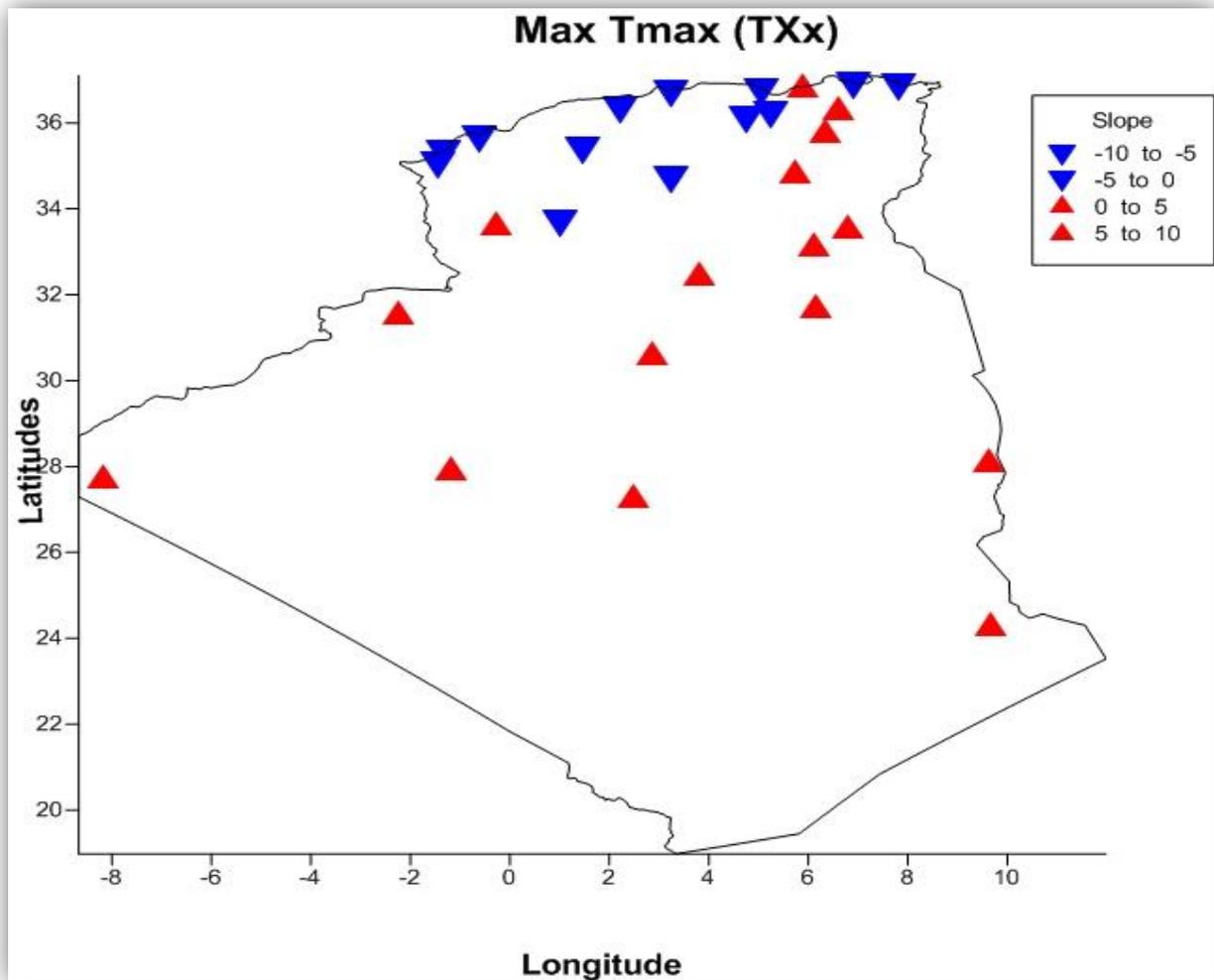
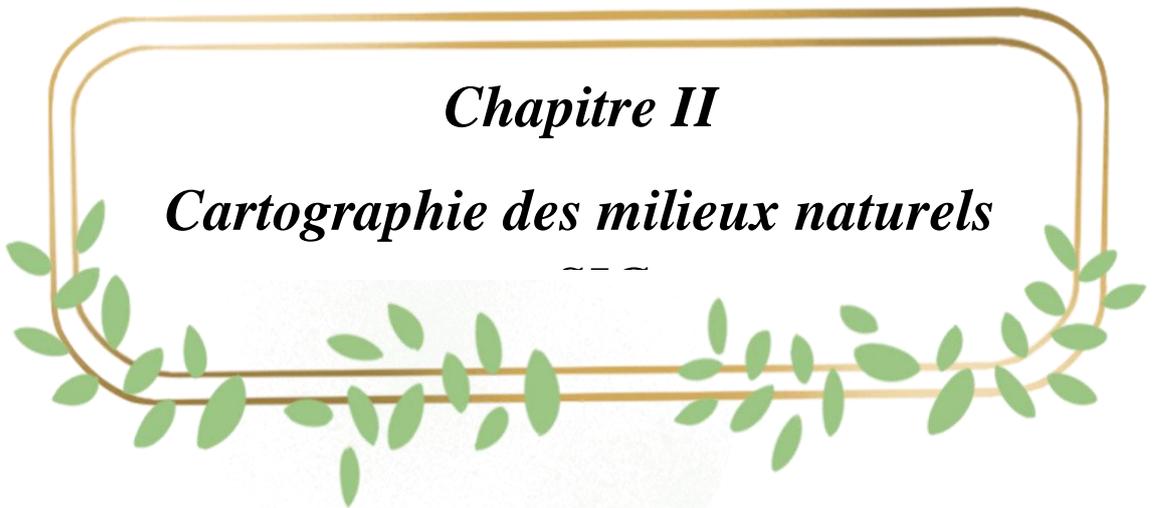


Figure n°12 : Évolution des tendances de l'indice du maximum mensuel des températures maximales (TXx).

L'analyse des tendances obtenues (**Figure 12**) de l'indice du maximum mensuel des températures maximales montre une augmentation hautement significative dans les régions du Sud Algérien ainsi que dans les zones subhumides du Nors-Est. Le Nord à des tendances négatives pour cet indice. (**BENAICHATA.L "Qu'il repose en paix".2015**).

Chapitre II

Cartographie des milieux naturels



II.1. Cartographie

II.1.1. Généralités

La cartographie est à la fois la science, la technique et l'art de réaliser et d'utiliser les cartes. Un bon cartographe doit non seulement en maîtriser les aspects scientifiques et techniques mais doit également mettre en œuvre des compétences artistiques dans le choix des traits, des couleurs et des écritures.

Toutes les cartes sont prévues pour être utilisées, soit pour la randonnée ou la navigation routière, soit pour décrire l'aménagement du territoire ou pour la recherche d'informations dans un atlas. Les cartes sont d'une grande utilité et elles n'ont jamais auparavant été publiées par un si grand nombre de moyens de diffusion.

La carte est un moyen de communication efficace entre un producteur et un utilisateur, et grâce au GPS, beaucoup de choses peuvent être localisées sur une carte, pendant longtemps le papier a été la matière la plus utilisée pour les cartes. De nos jours, la plupart des cartes sont réalisées grâce à des logiciels cartographiques et sont distribuées sur le net, mais les règles cartographiques restent identiques quel que soit le mode de diffusion.

(BENGT.R.2014).

L'ONU en 1949 donnait de la cartographie la définition suivante « c'est la science qui traite de l'établissement des cartes de toutes sortes. Elle englobe toutes les phases de travaux, depuis les premiers levés jusqu'à l'impression finale des cartes ».



Figure n°13 : carte du monde.

II.2. Classification de cartographie

La carte étant une représentation de l'espace sur un plan, il est indispensable d'indiquer la valeur de la réduction effectuée : cette valeur est l'échelle de la carte.

Sur un plan mathématique, l'échelle est le rapport entre une distance sur le terrain et cette même distance sur la carte.

L'IGN a mis en place une terminologie afin de classer les cartes selon leurs échelles, il en résulte 03 catégories :

II.2.1. À moyenne échelle

De 1/25.000 à 1/100.000, par exemple, 1 centimètre sur la carte est égal à 50.000 centimètres sur le terrain, soit 500 mètres.

- 1/100.000 qui est utilisé dans la série verte de l'IGN.
- 1/25.000 qui sert pour les cartes topographiques actuelles. (BOYRIES.P.2011).

II.2.2. À petite échelle

De 1/100.000 à 1/500.000, Une carte est dite à petite échelle quand la réduction est importante alors quand le dénominateur de la fraction est un grand nombre. Les cartes ou planisphères au 1/100.000 ou au 1/500.000 sont des cartes à petite échelle. La surface représentée est très grande et les détails sont limités et de petite taille.



Figure n° 14 : Une carte à petite échelle.

II.2.3. À grande échelle

Une carte est dite à grande échelle quand la réduction est faible donc quand le dénominateur de la fraction est un petit nombre. Les plans ou cartes au 1/5 000 ou au 1/50 000 sont des cartes à grande échelle. Elle représente un espace de petites dimensions. Les détails reportés sur la carte sont nombreux et de grande taille. (BOYRIES.P.2011).



Figure n° 15 : Une carte à grande échelle.

II.3. Types des cartes

II.3.1. Cartographie numérique

La cartographie numérique ou assistée par ordinateur consiste en l'application de l'information à la production automatique des cartes à cela s'ajoute deux motifs principaux :

- La nécessité d'accélérer la production des cartes topographiques et thématiques, dont le besoin est de plus en plus grand (cartes thématiques plus diversifiées l'étude d'impact, l'aménagement, l'équipement, l'urbanisme, etc...) et dont l'établissement et la mise à jour doivent être réalisés dans les plus brefs délais possibles, d'où l'appel à l'informatique pour automatiser les tâches les plus simples qui sont aussi les plus fastidieuses.
- L'information générale de la société qui tend à appréhender toute information sous une forme assimilable par l'ordinateur. D'où la nécessité, également pour les données géographiques, d'être disponibles pour être intégrées à des systèmes informatiques. (DIB et al., 2011).

II.3.2 Cartographie thématique

La cartographie thématique est un outil d'analyse, d'aide à la décision et de communication largement utilisé pour représenter une ou plusieurs variables. Qu'on les définisse comme carte d'inventaire, d'analyse, statique ou dynamique, les cartes thématiques ont toutes des points communs. **(BEGUIN et PUMAIN.1994).**

La carte thématique est un document graphique basé sur la communication par les signes. Elle décrit l'espace, localise la nature et l'importance des phénomènes.

Les objectifs de la thématisations sont très nombreux, ils intéressent la productivité, la sécurité dans cette productivité, la protection du milieu, la viabilité de l'aménagement et son acceptabilité sociale. **(SMYTH et DUMANSKI.1994).**

II.3.3 Carte de situation ou de localisation

Elle est fréquente dans le domaine des données qualitatives car elle permet de présenter une question, un problème dans son contexte géographique. En repérant la zone étudiée par rapport à son environnement : c'est la carte de situation. Puis en figurant différents éléments importants à l'intérieur de la zone : c'est la carte de localisation.

Ces cartes sont placées à la tête d'un texte ou d'une série de cartes analytiques spécialisés, pour assurer le recadrage à différents niveaux ou échelle du thème traité. Les cartes de localisation sont aussi diverses et variées que les cartes thématiques. **(STEINBERG.1996)**

II.3.4 Carte d'occupation et d'utilisation du sol

Ils comprennent toutes les représentations de l'étendue de la zone par la végétation naturelle, le milieu aquatique, l'agriculture, les transports, etc. On peut parler de cartes d'occupation du sol dans les documents biogéographiques.

Le terme d'utilisation des terres inclut l'aspect fonctionnel : l'utilisation de la forêt. L'intérêt de ce type de cartographie est de constituer une typologie, et le maximum d'éléments doit apparaître dans un même document.

Dans la mesure où il s'agit de typologie ou les objets en cause ne sont pas nombreux, la couleur s'impose. Si le noir et blanc est utilisé ce sera la texture structure associée à la valeur et à l'orientation qui sera privilégiée. Il faut se résoudre à adopter un fond simplifié : principaux accidents de relief, cote d'altitude, cours d'eau...

En ce qui concerne l'échelle, plus elle est grande plus on s'oriente vers la réalité du terrain. Le choix de l'échelle doit répondre pour représenter l'implantation zonale. **(STEINBERG.1996).**

II.3.5. Carte de végétation

C'est **Tuexen (1899 - 1980)**, co-fondateur et directeur de l'Institut fédéral allemand de cartographie de la végétation qui a fondé ce concept en Europe. L'une des premières cartes de ce type, en zone francophone a été réalisée sur des bases phytosociologiques par Géhu pour le Centre régional de phytosociologie de Bailleul (devenu Conservatoire Botanique National), pour le Nord de la France.

Les groupements végétaux fait partie du paysage. Ils varient selon le climat, le sol, les reliefs et l'orientation. Ils se développent au fil du temps à mesure que la pression humaine augmente et diminue. Par conséquent, la cartographie des groupements végétaux et les connexions établies au sein du complexe biogéographique sont très importantes.

La cartographie de la végétation repose sur certains principes généraux qui guident son évolution. En fait, il existe plusieurs cartes de végétation, selon le domaine d'expertise qu'ils exercent. (Biogéographes, écologiste, phytosociologies, forestiers ...). **(BRAHIM.I.2017).**

2.4. Rôle de la cartographie.

Le rôle de la cartographie est triple et se retrouve dans les trois fonctions hiérarchisées, mais indissociables suivantes :

- Enregistrement de l'information quantitative ou qualitative.
- Traitement de l'information.
- Communication de l'information.

II.5. Systèmes d'information géographique

II.5.1. Présentation des SIG

Définition de l'information : Élément de connaissance susceptible d'être codé pour être conservé ou communiqué c'est une donnée interprétée.

L'information géographique : C'est une information relative à un point ou plusieurs ensembles. Spatialement référencés à la surface terrestre « l'information géographique se présente sous la forme d'une relation entre un objet ou un phénomène et sa localisation à la surface du globe »

Système : Un ensemble d'éléments matériels ou immatériels en interaction transformant par un processus des éléments d'autres éléments, il peut se définir comme un groupe d'entités et activités qui agissant pour un but commun.

Système d'information : Est composé d'éléments divers (employés ordinateur règles et méthodes) chargés de stocker et de traiter les informations relatives en système opérant afin de les mettre à disposition de l'utilisateur.

II.5.2. Définition d'un SIG (Système d'information géographique)

Le SIG est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodes de saisie, de validation, de stockage et d'utilisation de données, dont la plupart sont des comportements spatialement référencés et naturels pour soutenir la gestion et la prise de décision. En d'autres termes, le SIG est un environnement informatisé d'analyse d'informations spatiales numérisées. (COLLET.1992)

II.5.2.1. Logiciels Mapinfo

Mapinfo offre la possibilité de travailler très facilement sur des documents, il permet également l'édition et l'échantillonnage des documents raster. Mapinfo fournit une variété de fonctionnalités de visualisation et d'édition incluant :

- Ouverture multiple table.
- Gestion de l'affichage et de l'étiquetage des couches.
- Création et modification d'analyses thématiques.
- Recherche d'information associée à une couche.
- Gestion des unités et des projections.

II.5.3. Domaine d'application des SIG

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés ; tourisme, marketing, planification urbaine, protection civile, transport, hydrologie, forêt, géologie, biologie et télécoms. (**HABERT, 2000**).

Selon **Steinberg (2002)**, il est possible de les regrouper en trois groupes non exclusifs :

Le premier groupe : intègre les projets de gestion des réseaux. Ce sont des projets de cartographie, de planification ou de gestion (énergie, télécommunication, voirie, distribution d'eau potable, transports, etc.).

Le second groupe : est celui des projets d'informations territoriales. Ce sont les projets d'aménagement régional ou urbain du territoire, les systèmes d'informations territoriales pour les collectivités locales.

Le troisième groupe : concerne les projets pour la planification et la protection de l'environnement, les projets de gestion des ressources naturelles. (**BRAHIMI.2017**).

II.5.4. Données des SIG

D'après **Fauconnier (1994)**, un SIG comprend deux types de bases de données :

La base des données spatiales qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base ;

La base de données attributs, qui comprend les caractéristiques divers de ces éléments.

Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité, ce qui a des conséquences dans la gestion des données, notamment les tris ou les requêtes. Les logiciels SIG sont en particulier caractérisés par leur capacité à associer les données graphiques (représentant l'espace géographique) et les données thématiques (représentant les caractéristiques des objets géographiques).

On peut résumer les différentes origines d'un SIG dans la **figure 16** dans la page suivante :



Figure n°16 : Origine des données d'un SIG (KRAFFT et CURNEL, 2005).

II.5.5. Mode de représentations de l'information géographique dans un SIG

Selon la F.A.O. (1998), le monde réel est représenté généralement à partir de l'un des deux grands modèles de données suivants : le modèle vecteur ou le modèle raster.

II.5.5.1. Modèle vecteur

L'ensemble des objets sont représentés à partir de points, lignes ou surfaces, définies en coordonnées réelles (X, Y). Chaque ligne étant définie par une succession de points appelés vecteurs, et chaque surface étant définis par les arcs qui tracent ses limites.

II.5.5.2. Modèle raster

Le monde réel est représenté par une succession régulière de cellules, selon un maillage défini. A chaque cellule est associée une valeur donnée.

La plupart des SIG ont la capacité de transformer les données d'un format à l'autre.

II.5.6. Structure de l'information géographique

La structuration des données SIG se fait par couches, qui sont des ensembles d'éléments géo référenciés (données géomatiques et attributaires). Ainsi, une image raster, ou un ensemble d'objets vectoriels peuvent constituer une couche.

Généralement, on rassemblera dans une couche les objets faisant partie d'une même thématique. On rassemblera par exemple dans une couche nommée « voirie » les objets de type « ligne » correspondant aux routes, aux sentiers,... Alors que d'autres objets linéaires (fleuves, canaux,...) seront regroupés dans une couche distincte, dans ce cas, la couche « hydrologique ».

Si l'affichage d'une couche permet déjà la réalisation d'analyses intra couches, la grande force des SIG est de permettre la visualisation simultanée de différentes données par superposition de couche. La superposition à volonté de couches de thèmes différents permet d'obtenir une représentation des données adaptée aux besoins d'analyse, complexe et riche en information, notamment au niveau des interactions spatiales et thématiques. A partir de là, tout ou presque est possible, grâce aux analyses multicritères et multicouches. (KRAFET et al.,2005).

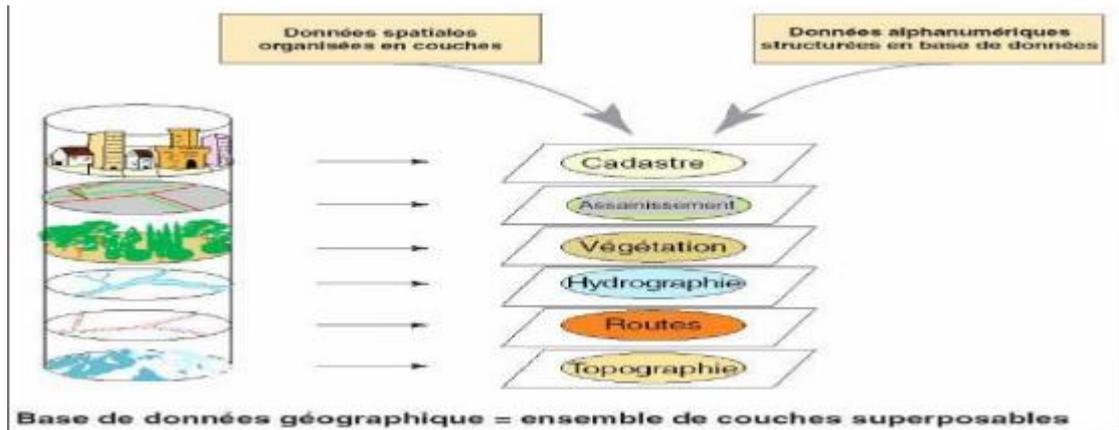


Figure n°17 : Structure de l'information géographique (HABERT.2000).

Partie Expérimentale

Chapitre III

Présentation de la zone d'étude.



Dans ce qui suit, nous tenterons de présenter la biogéographie de la région de Tiaret, et d'une façon plus détaillée, celle de la forêt de Sdama Gherbi, avec ces aspects géographiques, climatiques, floristiques, lithologie...

III.1. Représentation de la wilaya de Tiaret

III.1 Situation géographique de la région de Tiaret

La wilaya de Tiaret située à 1 080 m d'altitude sur le mont du Gezoul qui fait partie de la chaîne de l'Atlas tellien. Le Chef-lieu de la wilaya est située à 361 km à l'Ouest de la capitale, Alger. Au nord elle couvre une zone montagneuse de l'Atlas tellien, au contre les hauts plateaux et au sud des espaces semi arides. Elle est délimitée au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane, au sud par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh ; à l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda ; à l'est, par la wilaya de Djelfa. S'étend sur une superficie de 20 673 km².

C'est une région à vocation pastorale. Elle englobe deux parties bien distinctes : la région agricole du Nord, où la céréaliculture se trouve associée à l'élevage, et la zone steppique au Sud, où l'élevage extensif est pratiqué. (MIARA.2008).

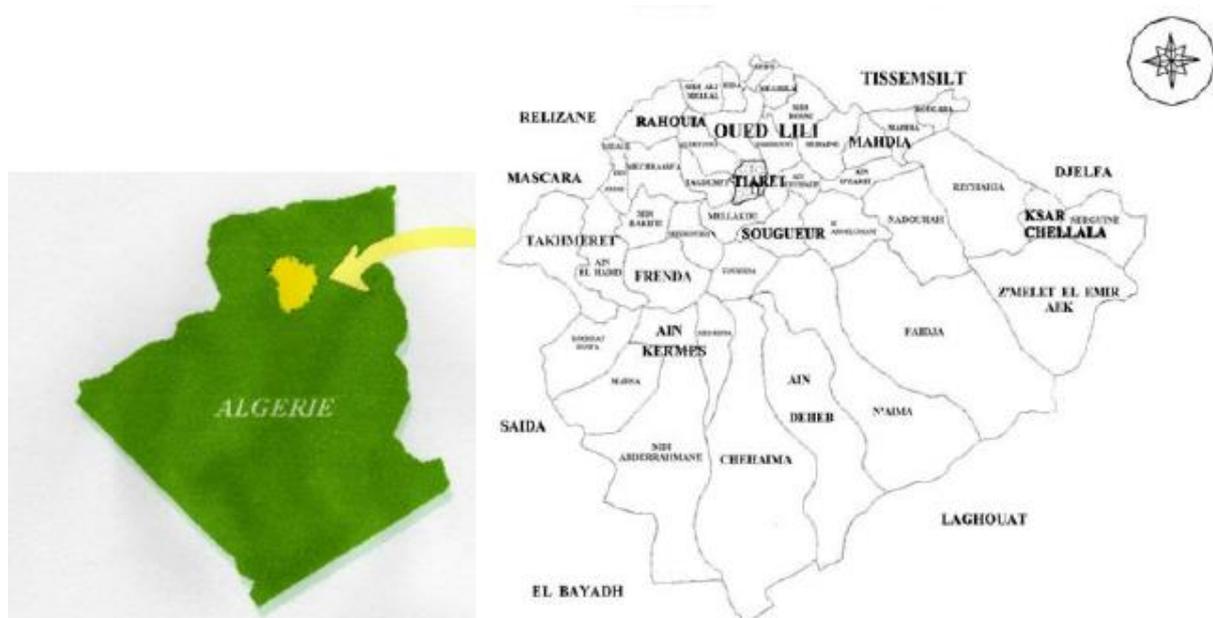


Figure n°18 : Situation géographique de la région de Tiaret.

III.2. La végétation

III.1.1. Occupation des terres au niveau de la wilaya

L'occupation du sol est dans l'ensemble marquée par une faible présence des terres forestières qui couvrent une superficie de 154 200 Ha soit un taux de boisement faible, estimé à seulement 8 % et qui est inférieur à la moyenne nationale. L'agriculture dans la wilaya de Tiaret contribue à hauteur de 3% à l'économie nationale, occupant la 12^e place au niveau national, et de 24% à l'économie locale.

Ces terres appartiennent aux monts de Frenda semi-aride localisées à l'Est de la wilaya. En revanche, les terres de parcours (y compris alfatières) et les terres agricoles occupent respectivement 1 065 198 Ha et 745 619 Ha soit 53 % et 37% de la superficie de la wilaya situées au niveau des hautes plaines et plateaux.

Le reste du territoire est occupé par les terres improductives formées terrain rocheux et plan d'eau.....) Sur une superficie de 46 378 Ha soit 2 % de la superficie totale de la wilaya. (DGF, 2008).

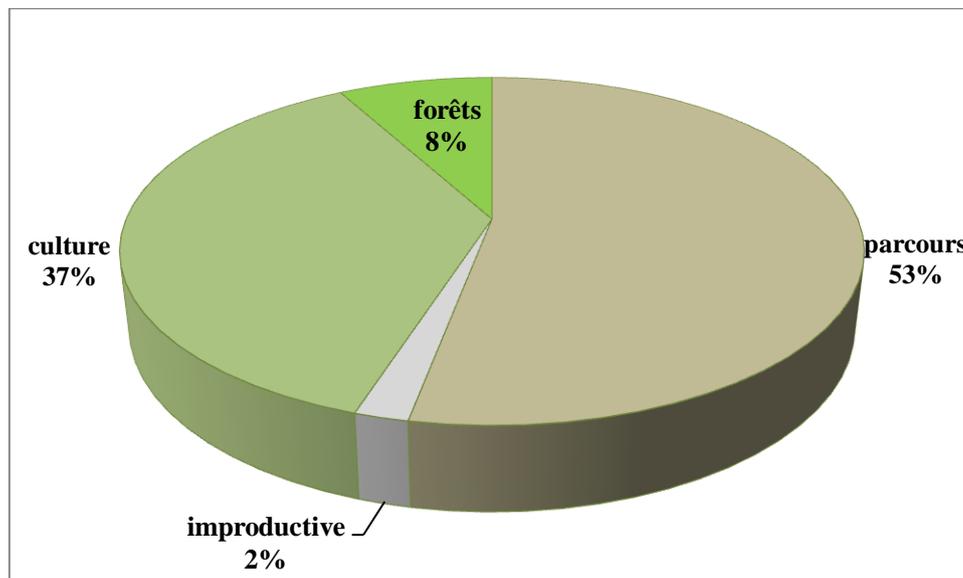


Figure n°19 : Répartition générale des terres dans la wilaya de Tiaret.

III.1.2. Caractérisation Générale Des Formations Forestières de la wilaya

Les formations forestières (forêts, maquis et reboisements) occupent une superficie de 154 200 Ha correspondent à un taux de boisement estimé à 7.5 %. Elles sont réparties par ordre d'importance en :

- Maquis : 96 876 Ha (63 %)
- Maquis arborés : 15 343 Ha (10%)
- Forêts proprement dites : 33 596 (22%)
- Forêts sur DRS : 197 Ha (0.00%)
- Reboisements : 8 188Ha (5%). **(DGF .2008).**

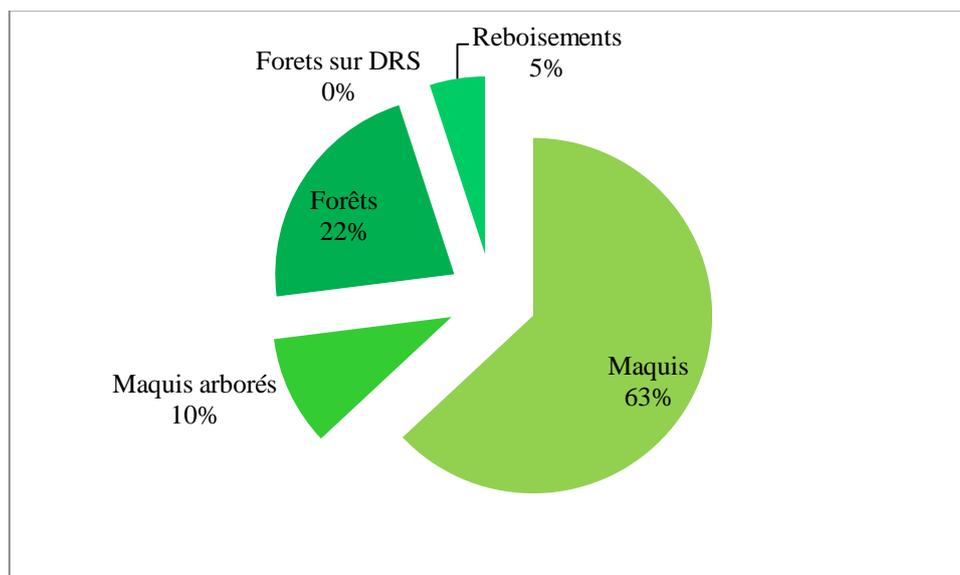


Figure n°20 : Occupation des Terres forestières de la wilaya de Tiaret.

III.1.3. Localisation des formations forestières

L'essentiel des formations forestières (Forêts, maquis et reboisements) sont situées au niveau des sous- zones suivantes :

Nous distinguerons 3 types de forêts, selon CFT (2015) :

- Les forêts domaniales représentées par des Sdamas Chergui 44 000 ha, Sdamas Gherbi 37 441 ha, Nador 42 000 ha, Rechaiga 7 834 ha, Tagdemt 4 989 ha, Béni affene 4 018 ha, Tiaret 508 ha, Ouled Boughaddou 643 ha et Torriche 526 ha.
- Les forêts communales représentées par celles de Tiaret 279 ha et Guertoufa 53 ha.

- Les forêts sectionnelles représentées par celles d'Azzouania avec 127 ha. D'après la conservation des forêts de Tiaret (2015), le patrimoine forestier comprend les essences suivantes :
- Pin d'Alep 62 934 ha,
- Chêne vert 77 51 ha,
- Thuya 1 430 ha, Cyprès 4 79 ha,
- Eucalyptus 260 ha
- Chêne liège avec 200 ha.

Tableau n°1 : Le patrimoine forestier de la wilaya de Tiaret (CFT 2009).

Essence	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Eucalyptus ssp</i>	<i>Quercus Suber</i>
superficie (ha)	62934	479	7751	1430	260	200
pourcentage(%)	86,14	0,65	10,6	1,95	0,03	0,02

III.1.4. Caractérisation générale de la forêt des Sdamas

Les massifs des Sdamas font partie des Monts de Tiaret et couvrent 82 000 ha. Ils sont répartis en deux lots : Les Sdamas Chergui (44 000 ha) et Sdamas Gherbi (37 000 ha). Il s'agit d'anciennes forêts domaniales décrites par **Boudy (1955)**. Ce sont des peuplements à base de Chêne vert (30%), associés au Thuya au Nord. L'aspect le plus fréquent est celui du taillis avec quelques bouquets de Pin d'Alep et une forte proportion de Chêne kermès (30% environ).

Ce massif avait été parcouru par le feu entre 1919 et 1922 où 7 700 ha avaient été détruits. Dans l'ensemble, la végétation paraissait satisfaisante. (**AIT HAMMOU.2015**).



Figure n°21 : Situation géographique du massif des Sdamas.

III.3. Situation géographique de la zone d'étude

La forêt des Sdamas Gherbi se trouve dans l'Ouest Algérien et plus précisément dans la Wilaya de Tiaret en sa partie Nord-Ouest, s'éloigne de 60 km de la wilaya. Le reste de la forêt se trouvant dans la Wilaya de Mascara est exclu de l'étude. Cette forêt s'étend sur une superficie de 39802 ha. Elle est parsemée par une multitude d'enclaves, qui sont utilisées par l'agriculture. La forêt des Sdamas Gherbi fait partie des monts de Frenda. (CFT.1992)

III.3.1. Localisation administrative

La forêt de Sdama Gherbi S'étend sur une superficie d'environ 40 000 ha. Est gérée par la circonscription des forêts de Frenda et chevauche sur le territoire de 5 communes (Ain El Hadid, Takhmert, Rosfa, Ain kermes et Frenda) (CFT.1992).

- Wilaya : Tiaret.
- Daïra : Ain Kerms et Frenda.
- Communes : Ain El Hadid, Takhmert, Rosfa, Ain kermes et Frenda
- Circonscription : Frenda
- District : Ain el hdid 6 triage : Sidi dahou, Marhba, Tafza, Ben allel, Tachta, Sidi belatrach (CFF, 2020).

III.3.2. Gestion antérieure

La forêt des SDAMAS GHERBI est dotée d'une infrastructure et d'un équipement qui se présentent comme suit :

Tableau n°2 : Gestion antérieure de La forêt des SDAMAS GHERBI (CFT.1992).

Pistes	93,5 ha
Maison Forestière	2
T.P.F	355,5 ha
Poste de Vigie	5

III.3.3. Climat

La forêt de Sdamas Gherbi se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride de type méditerranéen. (CFT.1992).

III.3.4. Lithologie

Science de la terre, étude de la formation des roches. Se dit des différentes formations rocheuses : magmatiques, sédimentaires, etc. (**FuturaPlanète**), On évoque ainsi la lithologie d'un échantillon de roche, aussi bien que celle d'une formation géologique ou de tout un massif montagneux.

La forêt des de Sdamas Gherbi est dominée par des terrains datant du quaternaire et du secondaire. (**NOUAR.I.2019**).

III.3.5. Milieu socioéconomique

L'étude du Milieu socioéconomique a contre que la population des enclaves et riveraine : exercent une pression intense sur la Forêt parcours désordonné, défrichage, coupe illicite, et dégradation de la végétation). (**CFT.1992**).

III.3.6. Végétation

L'essence principale est le pin d'Alep, avec une essence considérée comme secondaire en le thuya qui forment des peuplements clairs et dégradés. Le chêne vert est rencontré à l'état de maquis en général.

La végétation accompagnatrice est indiquée comme suit :

Tableau n°3 : Tapis végétale de la zone d'étude.

<i>Quercus Ilex</i>
<i>Juiperusn Oxycedrus</i>
<i>Pistacia Lentiscus</i>
<i>Phillyrea Angustifolia</i>
<i>Tetraclinis Articulata</i>
<i>Rosaminus Tournefortii</i>
<i>Stipa Tenacissima</i>
<i>Cistus Salviifolius</i>
<i>Ampelodesmos Mauritanicus</i>
<i>Globularia Alypum</i>
<i>Chamaerops Humilis</i>

La superficie forestière fait l'objet d'une description détaillée : les trois principaux types de terrains suivants sont défrichés : (CFT.1992)

Tableau n°4 : Occupation du sol du foret de Sdamas Gherbi. (CFT.1992).

Occupation du sol	Surface	%
Surface non boisée	9933,9	17,1
Surface boisée	21135,1	56,4
Surface improductive	6414	17,1

Cette forêt a connu une dégradation assez prononcée. Près de 50 % de la surface totale est à l'état de maquis. Aujourd'hui l'ensemble des Sdamas est en voie de dégradation et plus de la moitié des espaces forestiers sont des garrigues claires.

De larges bandes de pare-feu ont été déforestées et un nombre croissant d'enclaves forestières sont soumises aux labours céréaliers. On note aussi un fort dynamisme vers l'irrigué dans la vallée de l'oued Medroussa et le long de l'Oued Tahat au sud des Sdamas (AIT HAMMOU.2015).

III.4. Synthèse climatique

Parmi les facteurs qui influent sur la variabilité du milieu, on cite le climat. Il est défini comme étant l'interaction de l'ensemble des facteurs (température, pluviométrie, vent etc.). Ces derniers influent considérablement sur la répartition des essences forestière d'une part, et sur leur production d'autre part.

A ce sujet **Emberger (1939)** précise que les données écologiques, et en particulier bioclimatiques, influencent considérablement sur l'individualisation de la végétation. (AZZAOU.2017).

La synthèse des données climatiques présentée ci-dessous nous permet de mieux caractériser le climat de notre zone d'étude. Les données téléchargées du site climate engine représenté la station météorologique d'AinBouche kif.

Tableau n°5 : Caractéristiques de la station météorologique d'AIN BOUCHEKIF.

Station	Latitude	Longitude	Période
AIN BOUCHEKIF	35.34°	1.48°	1985-2021

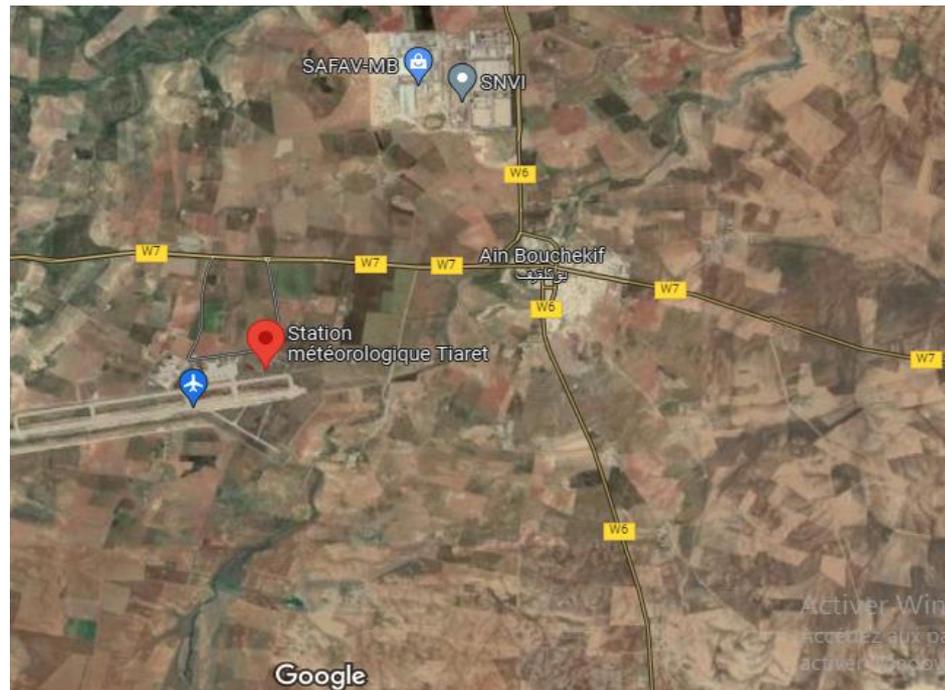


Figure n°22 : image satellitaire de la station météorologique d'AIN BOUCHEKIF.
(Google maps.2022).

III.4.1. Pluviométrie

Représentent les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et/ou solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,). (S.MANSOURI.2017).

Les précipitations sont la source principale d'eau nécessaire pour une production de la biomasse (végétale), caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années. (GUYOT.1997).

III.4.2. Précipitations moyennes mensuelles (1985/2021)

La figure (n°23) dans la page suivante représente l'histogramme des variations des précipitations moyennes mensuelles dans une période de 37ans (1985-2021), la figure montre que le mois le plus pluvieux durant cette période est le mois de Janvier avec **1681,58mm** et passant d'une valeur minimale de **145,13mm** dans le mois de Juillet.

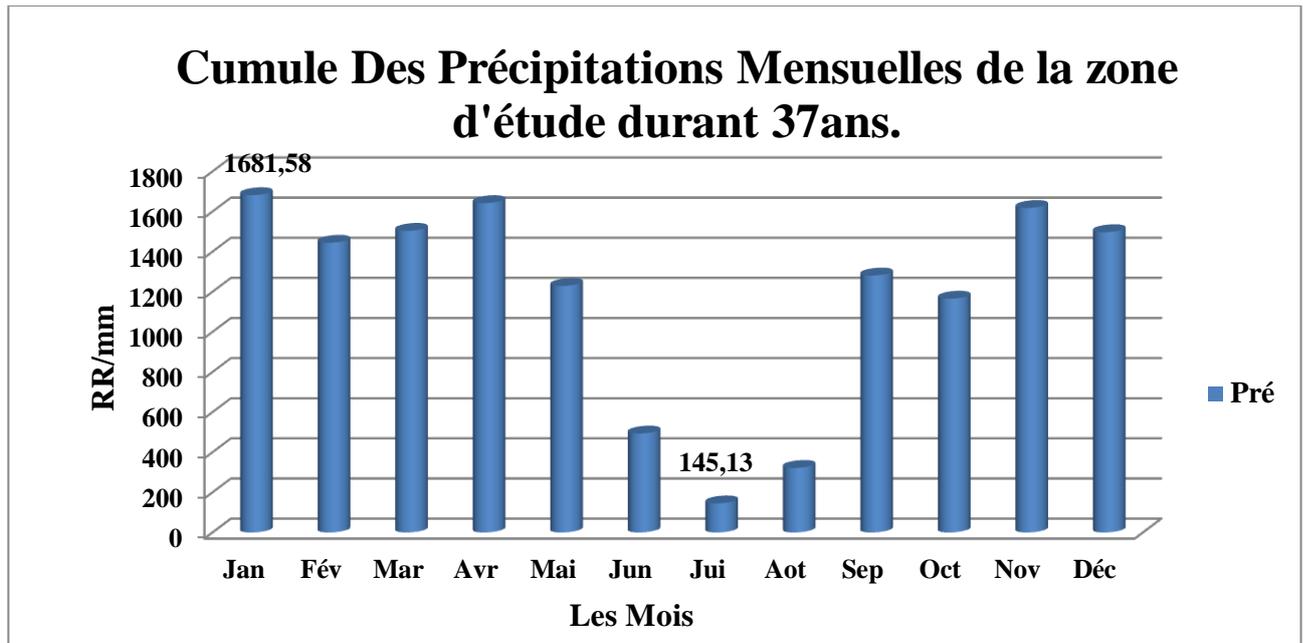


Figure n°23 : Les variations des précipitations moyennes mensuelles.

III.4.3. Régimes pluviométriques saisonniers (1985/2021)

Musset (1935) *in* Chaabane (1993), est le premier à définir cette notion de régimes saisonniers. C'est une méthode qui consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement des stations par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par l'initiale P.H.E.A.

Ce régime saisonnier nous permet de comparer les moyennes ou les totaux annuels entre les saisons de l'année.

L'année pluviométrique peut être divisée en quatre saisons :

- Automne (A) (septembre-octobre- novembre),
- Hiver (H) (décembre- Janvier- février),
- Printemps(P) (mars- avril- mai),
- Eté (E) (juin-juillet- aout).

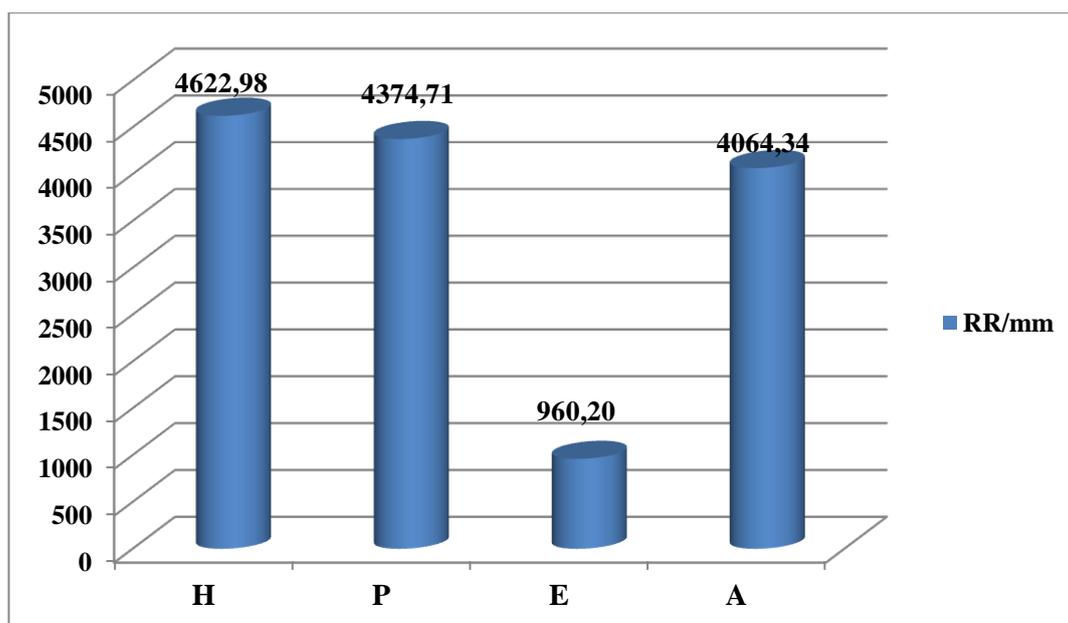


Figure n°24 : Histogramme des précipitations saisonnières (1985-2021).

A partir des résultats on peut déduire que la région d'étude est caractérisée par un régime saisonnier de Type **H-P-A-E**.

L'analyse de la précipitation saisonnière montre que la station reçoit le maximum de pluies en les précipitations sont plus abondantes en Hiver avec **4622,98mm**, que le printemps qui montre une quantité de **4374,71mm**, L'été est la saison la plus sèche de l'année, elle est caractérisée par un minimum de précipitations avec **960mm** durant les derniers 37ans (1985-2021).

III.4.4. Température

La température, facteur fondamental, contrôle directement la respiration, la photosynthèse... et conditionne, pour l'essentiel, la répartition des espèces et des communautés en raison de ses importantes fluctuations, latitudinale, altitudinale et saisonnière (Ramade, 2003).

Le graphe ci-dessous représente Les données des températures moyennes, maximales et minimales en ($^{\circ}\text{C}$) durant une période de 37 ans (1985- 2021), téléchargés du site Climate engine :

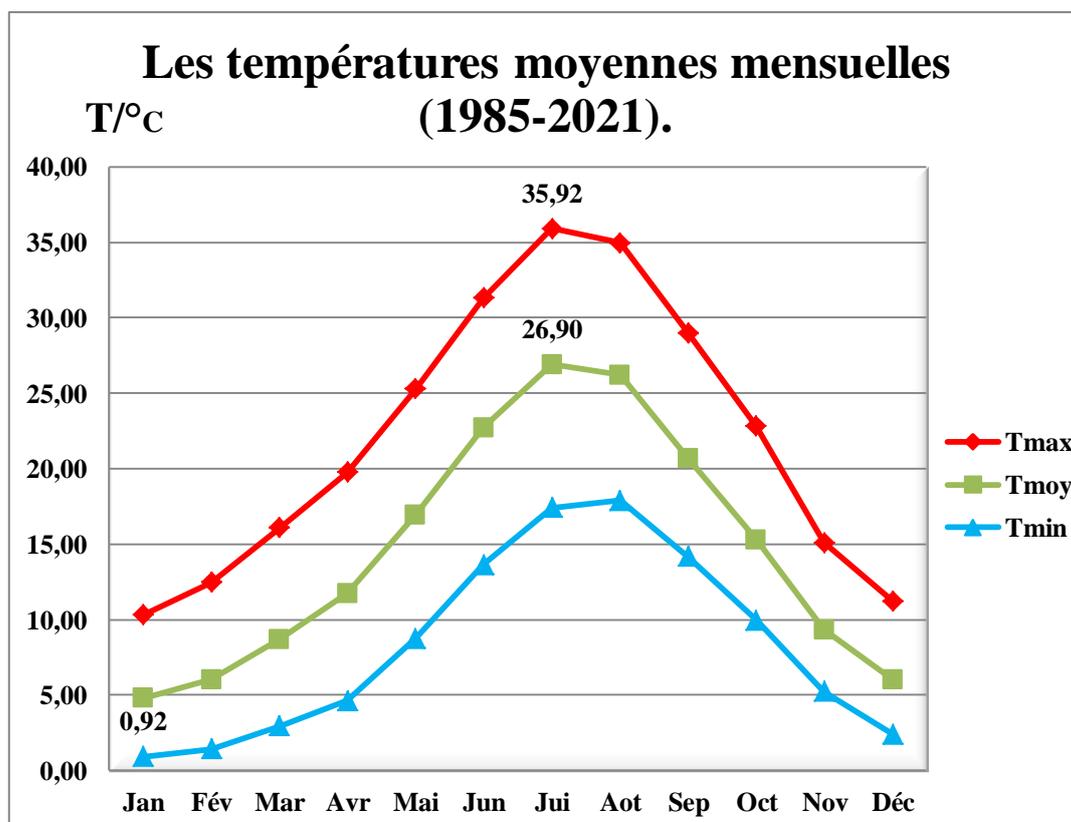


Figure n°25 : Les températures moyennes mensuelles de la zone d'étude durant 37ans.

D'après la **figure n°25**, on observe que le mois de janvier présente la température minimale ($0,92^{\circ}\text{C}$), alors que le mois de juillet présente la température maximale ($35,92^{\circ}\text{C}$), avec une température moyenne de ($26,90^{\circ}\text{C}$), dans tous les 37ans.

III.4.5. Analyse climatique

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de déterminer ; Les périodes sèches et humides par le Climagramme de walter et leigh, (le diagramme ombro-thèrmique).

III.4.5.1. Diagramme ombrothèrmique

Pour déterminer la période sèche et celle humide de l'année de la région étudiée, GUSSEN à proposer un mode de représentation, qui consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et les températures.

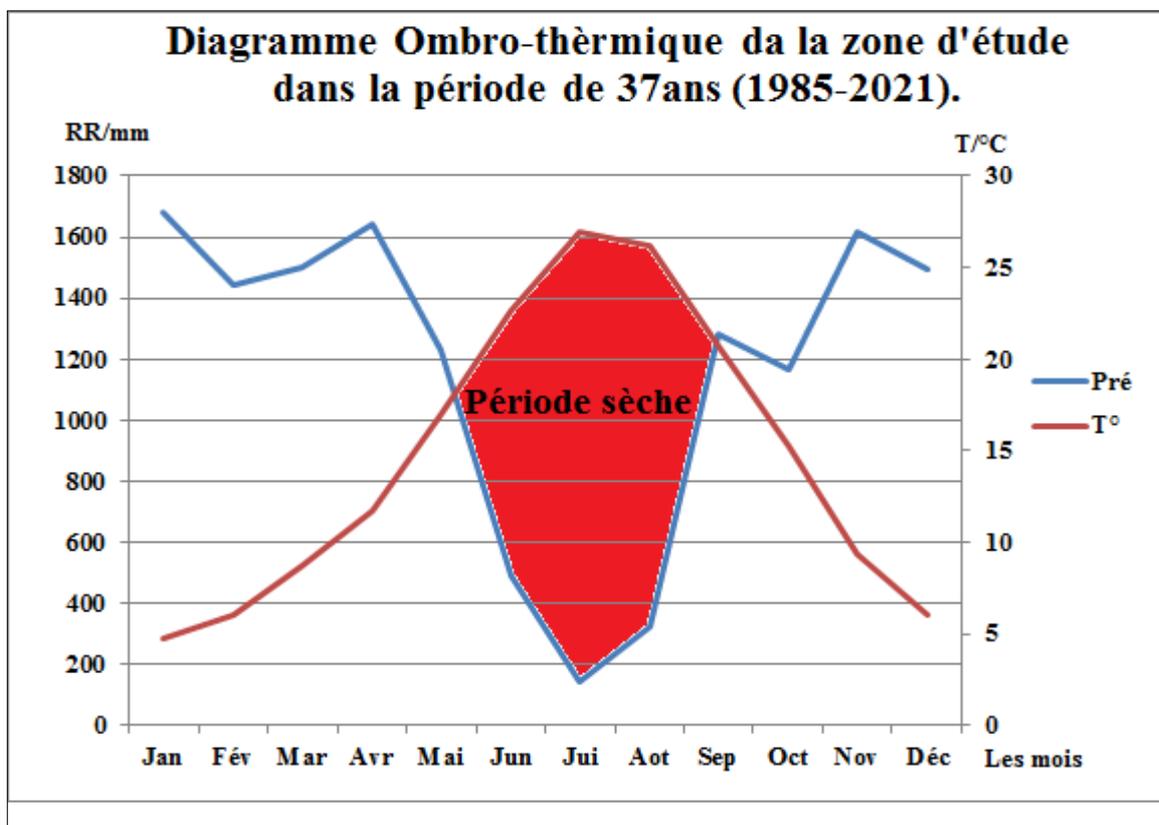


Figure n°26 : Diagramme Ombrothèrmique (1985-2021).

Le diagramme ci-dessus (1985-2019) (**Figure n°26**) montre que la saison sèche débute du mois de Mai jusqu'au début d'octobre, Presque 6 Mois.

III.4.5.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Pour caractériser un climat, EMBERGER (1952), a établi un quotient ; C'est le calcul d'indice d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température. Cet indice a pour but la détermination de l'étage bioclimatique.

Dans notre étude nous avons utilisé la formule de STEWART, puisqu'elle est la plus adaptée et utilisée dans notre pays, l'expression de ce quotient est la suivante :

$$Q2 = 3,43 * PP / (TM - Tm).$$

Avec :

Q2 : Quotient pluviométrique ;

PP : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

TM : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en (°C).

Tm : Température moyenne minimale du mois le plus frais en (°C).

• **Amplitude thermique:**

$$(M - m) = (35,92 - 0,92) = 35^{\circ}\text{C}$$

$$Q2 = 3,43 * 369,01 / 35 = 36,16$$

$$Q2 = 36,16$$

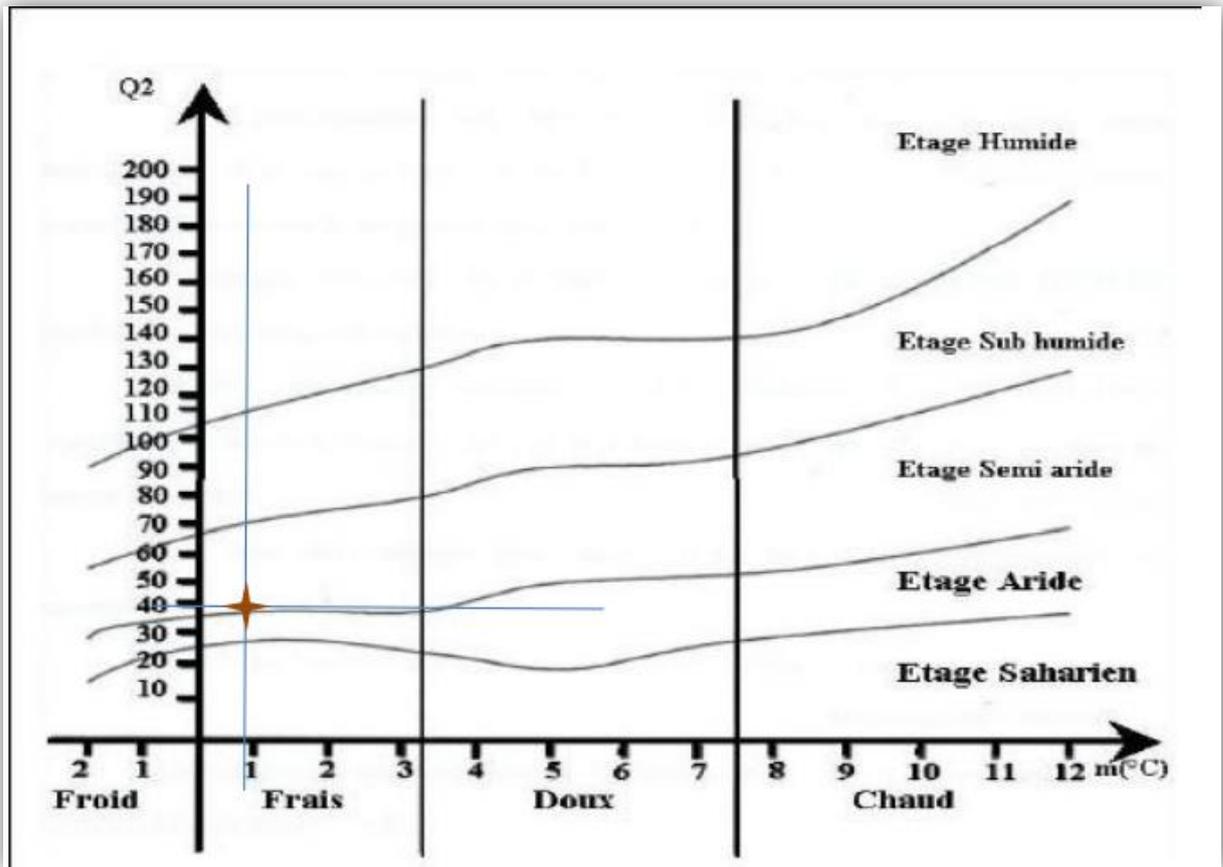


Figure n°27 : Diagramme d'EMBERGER de la zone d'étude.

On obtient donc un Q_2 de l'ordre de **36,16** et par conséquent on se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride avec hiver frais selon le climagramme d'EMBERGER.

Chapitre IV

Matériels & Méthodes.



Objectif de l'étude

Notre étude consiste à analyser et déterminer l'impact des changements climatiques sur la biodiversité floristique ainsi que la cartographie des groupements végétaux pour l'évaluation des habitats naturels dans la forêt de sdama gherbi, particulièrement dans la commune de Frenda (Wilaya de Tiaret). Nous avons choisi la forêt de sdama gherbi, parce qu'elle présente un peuplement de végétaux diversifié tels que le pin d'Alep le thuya, chêne vert ...

IV.1. Situation géographique de la zone d'étude.

La forêt de Sdama Gherbi se situe dans l'Ouest Algérien et plus précisément dans la Wilaya de Tiaret en sa partie Nord-Ouest, s'éloigne de 60 km de la wilaya est gérée par la circonscription des forêts de Frenda et chevauche sur le territoire de 5 communes (Ain El Hadid, Takhmert, Rosfa, Ain kermes et Frenda). (CFT.1992).

IV.1.1. Exécution des relevés

Durant notre prospection sur le terrain nous avons réalisé 07 relevées floristiques dans la zone de Frenda et Ain el H' did en mois de juin qui sont représentés dans **la figure n°28** qui a fait à partir de Qgis.

Tableau n°6 : Caractéristiques Géographies des relevés.

Relevés	Longitude	Latitude	Altitude
R1	0.977944	34.983333	1134
R2	0.945495°	34.965744°	1149
R3	0.945677	34.953552	1166
R4	0.989199	34.967636	1080
R5	1.009371	34.990990	903
R6	0.815552	35.020500	900
R7	0.730270	34.880171	912

D'après le tableau on observe que la station regroupe différents points d'altitudes. Avec un point culminent à Frenda de l'ordre de 1166 m. on a inventorie 64 espèces sur notre zone d'étude.

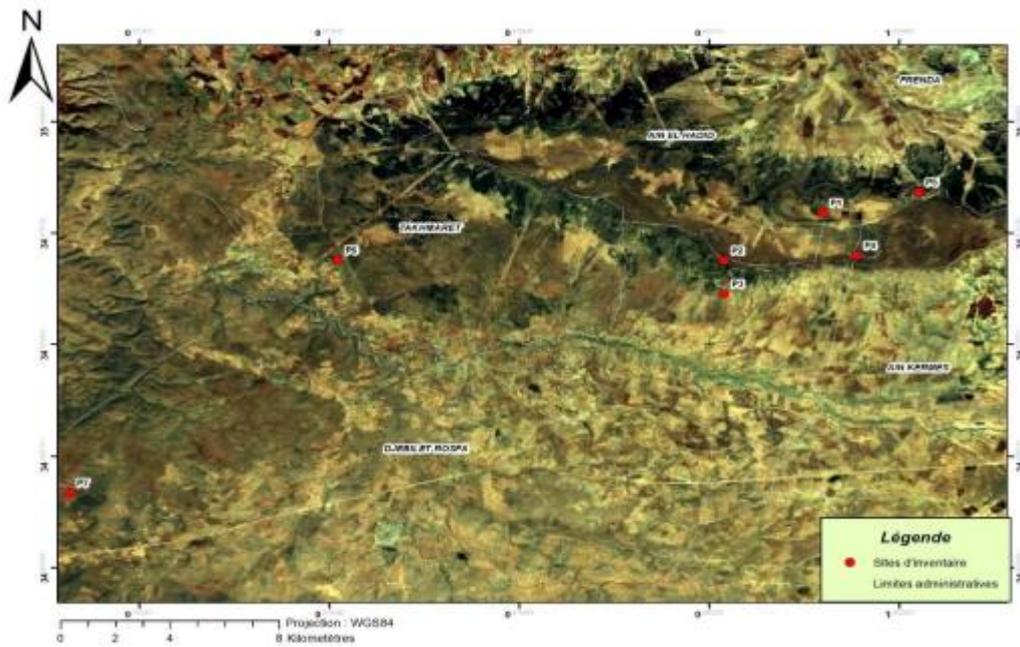


Figure n° 28 : Répartition des relevés dans la zone d'étude.

IV.2. Etape analytique

Est divisé en deux phases

IV.2.1. Sur le terrain

IV.2.1.1. Choix de la technique d'échantillonnage

Nous avons adopté l'échantillonnage Exhaustif itinérant au sein d'un air minimal, parce qu'il est le plus approprié, où l'emplacement des relevés est choisi d'une façon intuitive, dans les zones suffisamment homogènes et représentatives de la formation végétale au sens de (GOUNOT.1969).

IV.2.1.2. Aires minimales

L'aire minimale est la surface sur laquelle la quasi-totalité des espèces, la communauté Végétale est représentée (WALTER.1994).

La période de réalisation des relevés s'est réalisée en mois de (Juin). Chaque relevé porte les indications suivantes :

- Les coordonnées géographiques,
- Altitude,
- Taux de recouvrement, et Liste des espèces.

Identification des espèces :

Les espèces sont notées par leur présence-absence (1.0), puis selon leur abondance-dominance et la sociabilité. L'identification taxonomique des plantes et la détermination définitive de leurs noms botaniques et leurs noms en français ont été effectuées en se référant à la Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel et Santa (1962-1963), Ozenda (1977).

La systématique des taxons cités tient compte de la classification APG IV (Angiosperm Phylogeny Group, 2016). La nomenclature retenue a été actualisée selon Flora IPNI (2019) <https://www.ipni.org/>, ainsi Tela Botanica <https://www.tela-botanica.org>, l'application PLANET.NET.

IV.2.2. Matériel utilisés

- Un GPS pour déterminer les paramètres stationnels ; Chaque unité est identifiée par ces coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude).
- Appareil photo.
- Des sachets en plastiques.
- Un scotch.
- Des ciseaux.

IV.2.2.1. Sur le bureau

- Microsoft Excel.
- Climate engine.
- Logiciel R.
- Paste.

IV.2.3. Élaboration de la matrice

Un tableau de double entrée a été réalisé avec en colonnes les 07 stations avec ses coordonnées GPS en lignes les espèces où la présence s'indique par le chiffre "1" et l'absence par le chiffre "0". Chaque espèce est identifiée par son type biologique et morphologique et sa répartition, établi à partir de la liste floristique des espèces.

IV.3. Etape synthétique

IV.3.1. Analyse floristique

L'analyse des communautés végétales du territoire considéré est basée sur l'exécution des relevés floristiques.

Dans le cadre de notre étude, nous avons adopté une méthode d'évaluation des milieux naturels (biodiversité végétale), selon les étapes suivantes :

IV.3.2. Calcule des indices de biodiversité

Les résultats des observations et les mesures précédentes peuvent être exprimés de plusieurs façons en calculant les indicateurs de la richesse spécifique de la flore (communautés végétales) :

IV.3.2.1. L'indice de Shannon (1948); Shannon et Weaver (1963)

L'indice de Shannon (l'indice de Shannon–Weaver ou encore de Shannon–Wiener) ou (H') est un indice servant à mesurer la biodiversité.

(H') est calculé sur la base des recouvrements des espèces au sein des relevés. IL est exprimé par la formule suivante :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i.$$

Avec : $p_i = n_j / N$; où n_j est la fréquence relative de l'espèce j dans le relevé considéré.

N : Désigne la somme totale des fréquences relatives spécifiques des espèces du relevé.

Cet indice est compris entre 0 et 5 (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible et que quelques espèces dominant, (proche de 5) il existe une diversité importante d'espèces.

IV.3.2.2. Le Coefficient d'équitabilité

Le coefficient d'équitabilité ou (E), Il explique le degré de diversité atteint par rapport au maximum possible, (E) est donné par la relation suivante :

$$E = H' / \log_2 S.$$

Où S désigne le nombre total d'espèces, Il est compris entre 0 et 1.

E tend vers 0 lorsque chaque relevé ne compte qu'une seule espèce.

E prend la valeur 1 lorsque toutes les espèces ont le même recouvrement.

IV.3.2.3. Indice de Simpson

(S) est donné par l'équation suivante :

$$S = \frac{(N_i)}{(N_i - 1) (1 - p_i^2)}$$

(S) Où p_i est la fréquence de l'espèce i dans l'échantillon s .

Cet indice se base sur la fréquence des individus élevée au carré, C'est la probabilité que deux individus appartiennent à la même espèce dans une communauté de taille N_i .

IV.3.2.4. Indice de perturbation

Selon **Loisel(1993)**, l'indice de perturbation calculé permet de quantifier la thérophytisation d'un milieu.

L'importance de l'indice de perturbation est proportionnelle à la dominance des thérophytes qui trouvent ici leur milieu favorable pour leur développement (substrat sablonneux, pauvreté en matière organique); ce qui reflète aussi un milieu plus ouvert. L'indice de perturbation donné par la relation suivante :

$$IP = \frac{\text{Nombre des chamaephytes} + \text{Nombre des thérophytes}}{\text{Nombre totale des espèces}} * 100$$

IV.3.3. Traitement des données climatiques

Pour réaliser cette étape, on a premièrement téléchargé les données de la température (T-min, Tmax, et T-moy), aussi les données de la précipitation durant les derniers 37 ans la période (1985-2021), Les calculs ont été faites point par point pour les 07 stations sur la plateforme CLIMATE ENGINE.

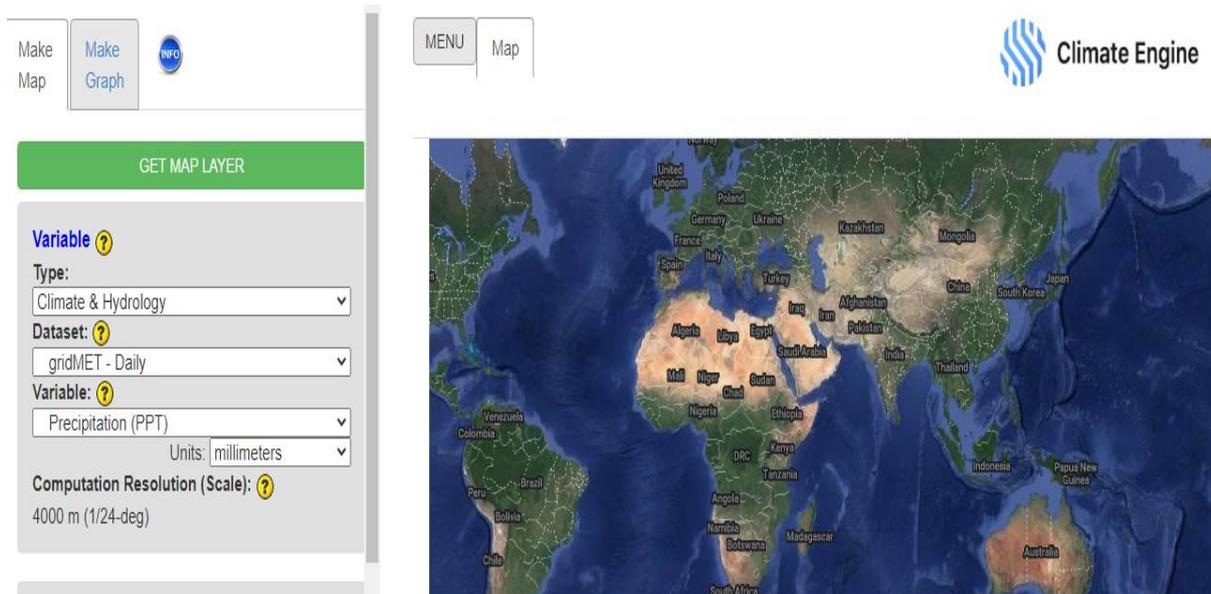


Figure n°29 : interface de climate engine.

Climate Engine (ClimateEngine.org), est une application Web gratuite alimentée par Google Earth Engine qui peut être utilisée pour créer des cartes et des graphiques à la demande à partir de données satellitaires et climatiques accessibles au public à l'aide d'un navigateur Web standard. Climate Engine donne accès à une variété d'ensembles de données géo spatiales qui suivent la végétation, la neige et l'eau à travers la planète, ainsi qu'à des ensembles de données climatiques qui suivent la température, les précipitations et les vents.

IV.3.4. Indice de différence de végétation normalisé (NDVI)

A partir le satellite de Landsat 5/7/8/9 Surface Reflectance

Le NDVI est une mesure du bilan entre l'énergie reçue et l'énergie émise par les objets sur la Terre. Lorsqu'il est appliqué à des communautés végétales, cet indice établit une valeur mesurant l'intensité de vert d'une zone donnée, c'est-à-dire indiquant la masse de végétation présente dans celle-ci, ainsi que son état de santé ou sa vigueur de croissance.

Le NDVI est un indice sans dimension, aussi sa valeur est-elle comprise entre -1 et $+1$.

Dans la pratique, les valeurs situées en dessous de $0,1$ correspondent aux étendues d'eau et aux sols nus, tandis que les valeurs plus élevées indiquent une forte activité de photosynthèse, propre aux terres arbustives, aux forêts tempérées, aux forêts humides et aux terres agricoles. (TOVAR.M.2011).

Les indices de végétation sont calculés soit à partir de mesures de réflectance sur le terrain, soit de comporte numérique fournis par des données satellitaires, La gamme de longueur d'onde utilisée dans le calcul de l'indice de végétation est le rouge (R) et le proche infrarouge (PIR) parce que la réponse spectrale de couvert végétal dans ce domaine spectral est plus forte. (NOUAR.I.2019).

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R}).$$

Avec :

PIR : réflectance au sol de la surface dans le canal du proche infrarouge.

R : réflectance au sol de la surface dans le canal du rouge.

IV.3.5. Indice d'eau de différence normalisé (NDWI)

La méthode de l'indice Normalized Difference Water Index (NDWI) est un indice permettant de délimiter et de surveiller les changements de contenu dans l'eau en surface. (ArcGis Pro).

$$\text{NDWI} = (\text{PIR} - \text{MIR}) / (\text{PIR} + \text{MIR}).$$

Avec :

MIR : réflectance au sol de la surface dans le canal du moyen infrarouge.

PIR : réflectance au sol de la surface dans le canal du proche infrarouge.

IV.3.6. Les logiciels utilisés

IV.3.6.1. Le logiciel R

R est un environnement intégré de manipulation de données, de calcul et de préparation de graphiques. Toutefois, ce n'est pas seulement un « autre » environnement statistique

(comme SPSS ou SAS, par exemple), mais aussi un langage de programmation complet et autonome. (Vincent Goulet.2016).

(comme SPSS ou SAS, par exemple), mais aussi un langage de programmation complet et autonome. (Vincent Goulet.2016).

IV.3.6.2. Climate engine

On a déjà mentionné le dans la page n°48.

IV.3.6.3. Earth engine

Google Earth Engine est une plate-forme d'analyse géo spatiale basée sur le Cloud, qui permet aux utilisateurs de visualiser et d'analyser les images satellite de notre planète.

Les scientifiques et les organismes à but non lucratif utilisent Google Earth Engine pour la recherche en télédétection, la prédiction des épidémies, la gestion des ressources naturelles et d'autres activités.

Vos élèves peuvent accéder à ces informations afin de participer aux discussions et devenir eux-mêmes des data scientists.

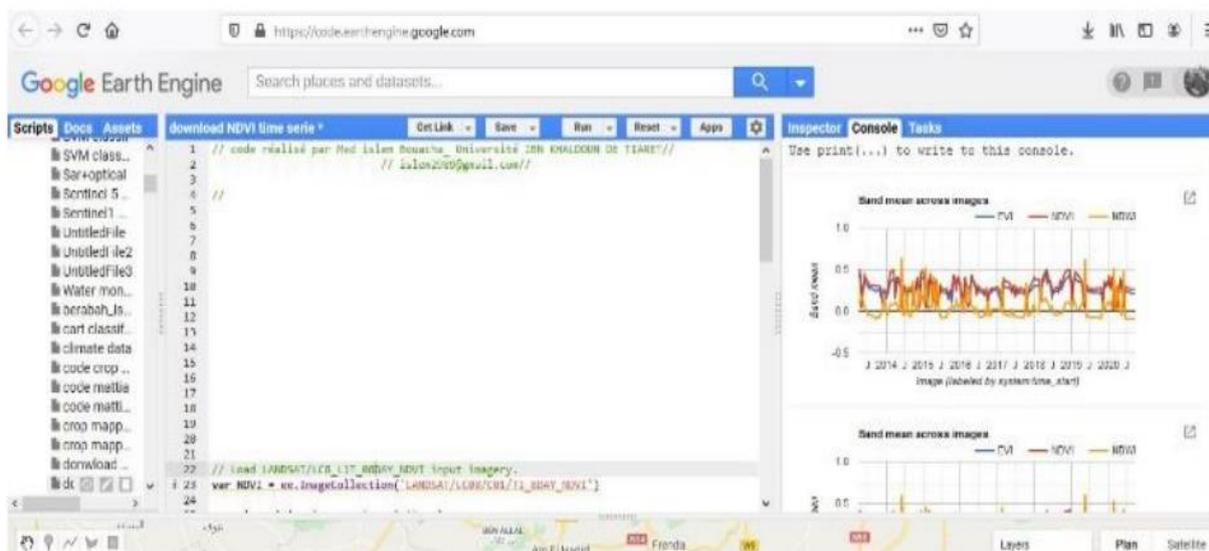


Figure n°30 : interface de google earth engine.

IV.3.6.4. Le logiciel Paste

C'est un gestionnaire de presse-papier qui se distingue de ses nombreux concurrents par une interface très visuelle. Comme eux, cet utilitaire mémorise tout ce que vous copiez sur le Mac pour en garder une trace et retrouver par la suite un élément. Mais cette App ne vient pas se cacher dans la barre des menus, elle occupe un large espace en bas de l'écran.

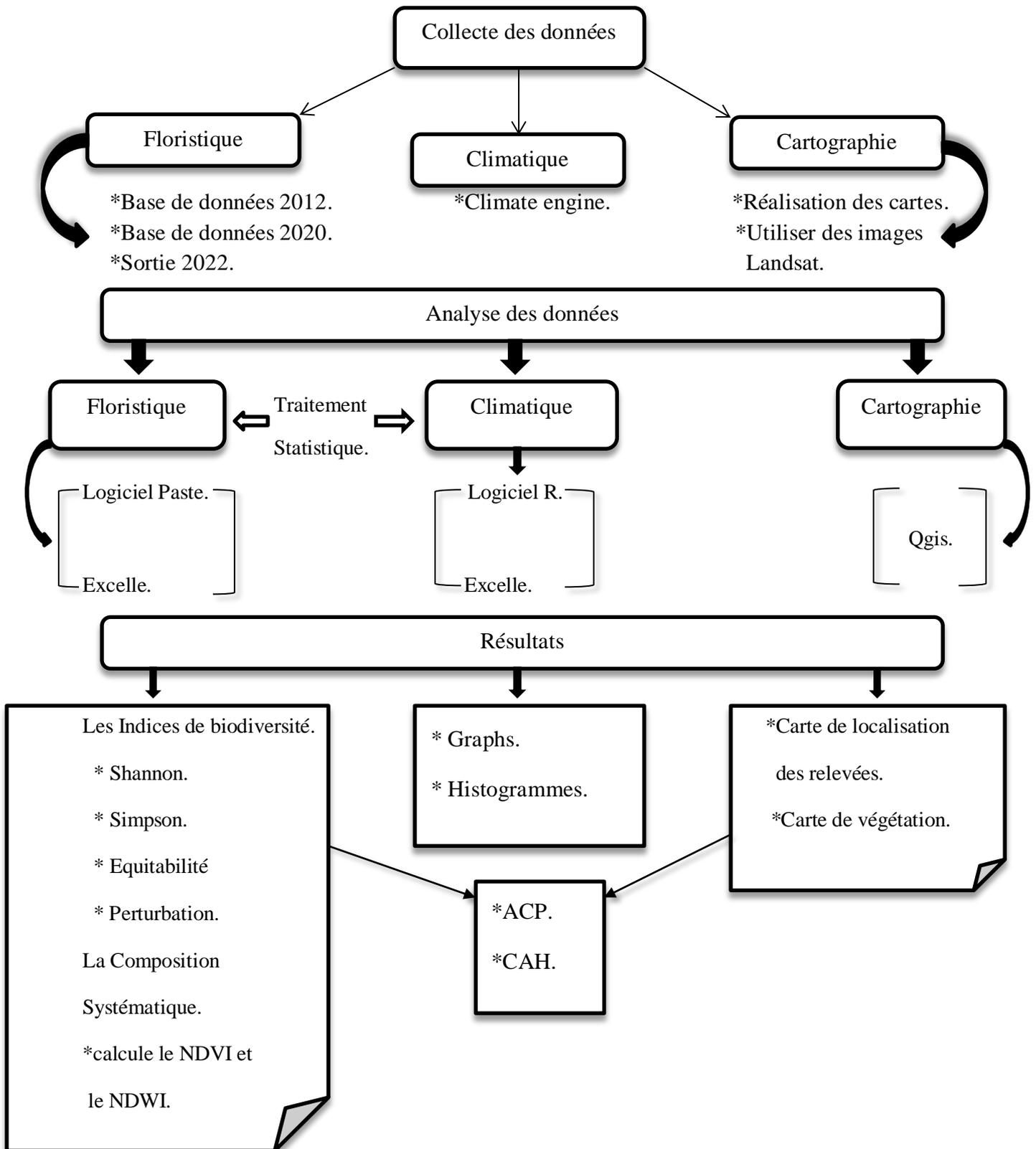
IV.3.6.5. L'Analyse en Composantes Principales (ACP)

Principal Component Analysis (PCA) en anglais, est l'une des méthodes d'analyse de données multi variées les plus utilisées. Elle permet d'explorer des jeux de données multidimensionnels constitués de variables quantitatives. Elle est largement utilisée en bio statistique, marketing, sciences sociales et bien d'autres domaines.

IV.3.6.6. La classification hiérarchique CAH (hiérarcal clustering en anglais)

Est l'une des approches les plus importantes pour l'exploration des données multi variées. L'objectif est d'identifier des groupes (i.e., clusters) d'objets similaires dans un jeu de données.

Organigramme de matériels et méthodes



Chapitre V

Résultats & Discussion.



V.1. Résultats du traitement statistique

V.1.1. Résultats de la composition systématique

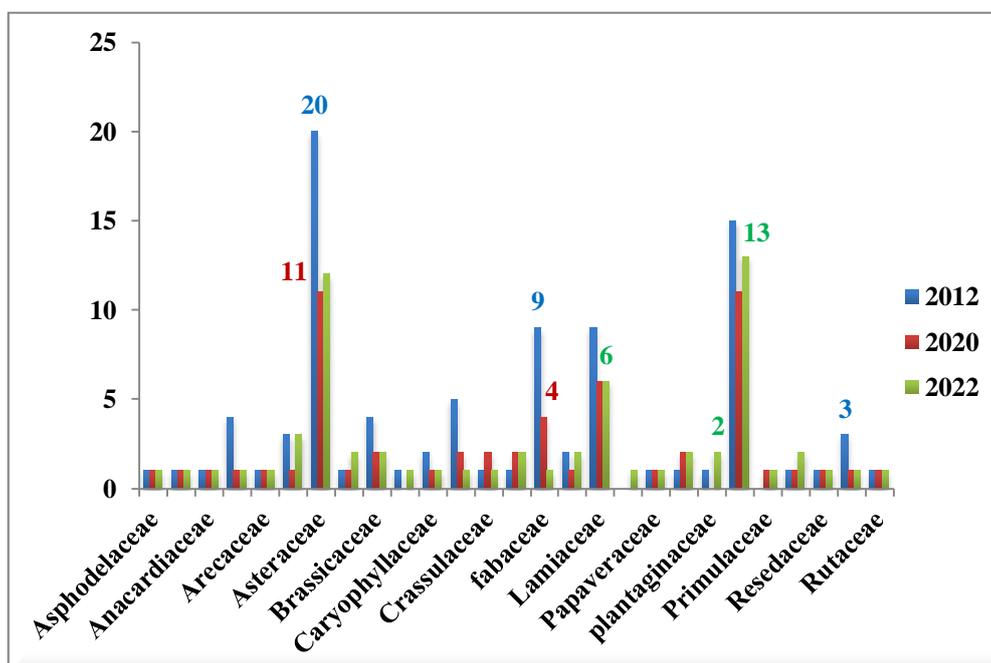


Figure n°31 : Composition systématique des familles.

Sur les 07 relevés effectués dans notre zone d'étude on a pu identifier les espèces qui constituent le tapis végétal, 64 espèces recensés et appartenant à 27 famille. Il faut noter que ce travail et réalisé en 2012 notamment par les travaux de M^r Bekhatou qui signalé 104 espèces, et en 2020 par Nouar qui dénombre 58 espèces.

En 2012

Dont les 104 espèces recensées et appartenant à 35 familles la richesse floristique de la zone d'étude est dominée par les familles des Asteraceae et avec **57.14%** et de **40%** de Poaceae une représentation faible **25.71%** de Lamiaceae et pour les Fabaceae **22.85%** et les Cistaceae de **14.28%** et Brassicaceae et Apiaceae de **11.24%** et une très faible existence de **5.71** et **2.85 %** pour Le reste des familles.

En 2020

L'identification des espèces qui constituent le tapi végétal de la région, offre une variété considérable, dont 58 espèces recensées et appartenant à 24 familles,

les familles les plus représentées dans le précédent inventaire sont les Asteraceae et les Poaceae avec **45.83%**, et une représentation faible de **25%** Lamiaceae et pour les Fabaceae **16.66%** et une très faible existence de **8.33%** et **4.16%** pour le reste des familles.

En 2022

La richesse floristique de notre zone d'étude est dominée par les familles des Poaceae et des Asteraceae avec **22.75%** et une représentation faible de **9.37%** Lamiaceae et pour les Asparagaceae **5.68%** et une très faible existence de **3%** à **2%** pour le reste des familles.

L'analyse des relevés floristiques montre une richesse et une diversité floristique assez importante, Ce qui nous permet de dire que la composition systématique en général n'a pas beaucoup changé depuis 2012 jusqu'à 2022.

A partir des résultats ci-dessus On remarque que la famille des *Asteraceae* et *Poaceae* dominant les relevés au niveau des 03 périodes respectivement. Elles sont bien adaptées dont la zone d'étude, ce qui nous a permis de déduire que la station de Frenda (forêt de sdama gherbi) est en évolution régressive.

Le nombre d'espèces inventoriées passe de 104 en 2012 à 58 en 2020 à 64 en 2022, Cette station vu sa position géographique à proximité de la ville rendant difficile la protection de ses écosystèmes. C'est une zone pré forestière. On note aussi la présence d'espèces vivaces ce qui confirme l'action de surpâturage.

Cette dégradation des groupements végétaux en milieu aride et semi-aride se traduit par une évolution régressive continue.

V.1.2. Spectre biologique des familles

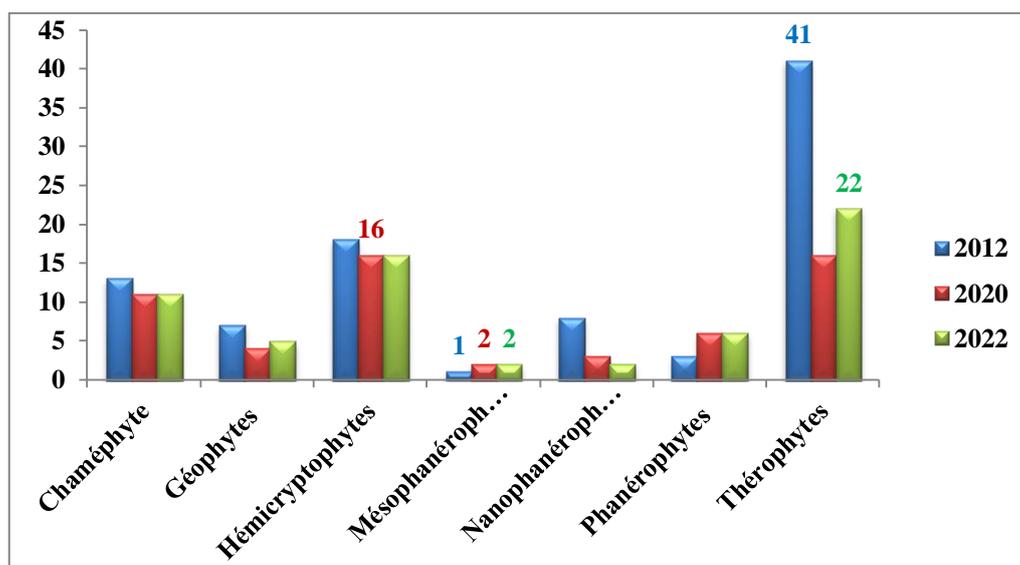


Figure n°32 : Représentation des espèces par types biologiques.

La classification des types biologiques de **Raunkiaer (1905-1934)** mais l'accent sur, le raisonnement que les plantes, du point de vue biologique, sont organisées pour traverser la période critique du cycle saisonnier. Les changements de types biologiques, au niveau de la flore d'un lieu, constituent désormais une nouvelle approche à prendre en compte pour les écosystèmes fragiles (**Saidi, 2017**).

En 2012

Pour la période 2012 sur les 104 espèces les Thérophytes sont les mieux représentés, avec un taux respectivement de **38.46%**. Par ailleurs, une bonne répartition des hémicryptophyte de **22.12%** et les Chaméphytes avec **17.31%**. Et les Géophytes avec un taux très faible de **8.65%**, et les Phanérophytes de **4.81%**, la présence des Mésophanérophytes et les Microphanerophyte uniquement **1** espèce.

Donc la répartition des types biologiques est déterminée pour la station.

TH > HE > CH > GE > PH

En 2020

Les 58 espèces inventoriées dans cette période, ils ont constatés que les Thérophytes et les hémicryptophyte sont les mieux représentés, avec un taux respectivement de **27.59%**,

Par ailleurs, ils ont remarqués aussi une bonne répartition des Chaméphytes avec **18.97%**. Et les Phanérophytes avec taux de 10,34% ; avec les Géophytes un taux faible de **6.90%**. Et une très faible la présence des Mésophanérophytes et Nanophanérophytes.

Donc la répartition des types biologiques est déterminée pour la station.

TH+HE > CH > PH > GE

En 2022

Sur les 64 espèces inventoriées au niveau de notre zone d'étude et d'après nos résultats nous avons remarqué l'abondance des Thérophytes de l'ordre de **37.34%**, avec **25%** Suivi par les Hémicryptophytes, Par ailleurs, nous remarquons aussi une bonne répartition des Chaméphytes avec **17.18%**. Et les Phanérophytes **9.37%**, avec les Géophytes une très faible présence **7.81%** nous avons remarqué la présence des Mésophanérophytes et les Nanophanérophytes uniquement **2** espèces.

Donc la répartition des types biologiques est déterminée pour la station

TH > HE > CH > PH > GE

La prépondérance de ces types biologiques dans les 03 périodes (2012, 2020, 2022), atteste la forte pression anthropique (**Benabdellah et al., 2010**) de nombreux auteurs (**Braun – Blanquet et Maire, 1924; Zohary, 1962, Quézel, 1965, Daget, 1980**) cités par **Aidoud et al., (1999)**, lient le phénomène de thérophytisation à la sécheresse d'été sous climat méditerranéen. Le processus de thérophytisation qui est précédé par celui de la steppisation a été amplement décrit par **Quézel (2000)** et **Quézel et Medail (2003)**, particulièrement en Afrique du Nord. En outre, **Floret et al., (1992)** signalent que plus un système est influencé par l'homme (surpâturage, culture), plus les thérophytes y prennent de l'importance. Selon **Kadi-Hanafi (2003)** le nombre de thérophytes, Hémicryptophytes et chaméphytes progresse tandis que celui des phanérophytes, et des géophytes régresse avec l'aridité et l'ouverture du milieu. **Benabadji et Bouazza (2002)** notent, les chamaephytes sont mieux adaptées que les phanérophytes, à la sécheresse, car ces derniers sont plus xérophiiles. La strate arborescente (phanérophytes et nanophanérophytes) est peu représentée (**5%**) comparativement aux autres types biologiques.

Selon plusieurs auteurs (**Barbero et al., 1990 ; Kadi Hanifi, 2003 ; Latreche, 2004 ; Arabi et al., 2015 ; Saidi, 2017**), nous assistons à la disparition progressive des

phanérophytes aux dépens des autres types comme les thérophytes et les hémicryptophytes, plus adaptés aux conditions écologiques rigoureuses ainsi que l'action de l'homme par ces bétails.

La thérophytisation est considérée comme le stade ultime de dégradation des différents écosystèmes. Le nombre de familles inventoriées passe de 35 en 2012 à 27 familles en 2022.

En 2022 on remarque une influence directe de variabilité climatique et action anthropique sur le nombre d'espèce ce qui confirme nos résultats obtenus dans cette période.

V.1.3. Les indices de biodiversité

V.1.3.1. Indice de perturbation

IP= 51.56%

D'après les résultats obtenus de L'indice de perturbation **51.56%** montre que la richesse en thérophytes et hémicryptophytes au niveau de la formation végétale de la zone d'étude traduit un degré de perturbation important ; ce qui reflète aussi un milieu plus ouvert. Les perturbations que rencontraient ont généré une diversification du cortège floristique en favorisant la prolifération des espèces épineuses et/ou toxiques telles que : *asparagus acutifolius*, *Atractylis humilis*, *Thymelaea hirsuta*, *Thapsia garganica* et etc. Dans cette situation, **Berberio et al., (1990)** soulignent que les perturbations causées par l'homme et ses troupeaux sont nombreuses et correspondent à deux situations de plus en plus sévères allant de la matorralisation jusqu'à la désertification passant par steppisation.

V.1.3.2. Indice de Shannon

H' = 4,11.

D'après la valeur de H' on peut distinguer que ;

L'indice de diversité de Shannon- Weaver est relativement élevé **4,11** bits, ce qui montre que la zone d'étude est richement diversifié, cela inclut aussi qu'il existe une diversité importante des espèces dans chaque relevé.

Tableau n°7 : L'indice de Shannon de chaque relevé.

Relevés	R1	R2	R3
Indice de Shannon	3.555	3.97	4.025
Figures des relevés			
R4	R5	R6	R7
3.951	3.829	3.729	3.456
			

L'indice de Shannon indique une diversité relativement importante pour les 07 relevés en 2022. A partir des résultats dans le tableau n°7 ci-dessus on remarque que ;

L'indice de Shannon indiquent une diversité relativement importante pour chaque relevés ; ce qui montre une formation végétale richement diversifié, dans les 06 premiers relevées, on remarque que le 7^{ème} relevé est en voie de steppisation à cause de l'installation de l'alfa (*Stipa tenasicima* L) est la disparition des pins et des cèdres.

L'action anthropique dans ce relevé est réalisée par les travaux d'aménagement (reboisement de pin).

V.1.3.3. Indice de Simpson

$$S= 0.97.$$

D'après la valeur de S L'indice de Simpson égale à **0.97**, cette valeur tend vers le 1, ça veut que les effectifs des espèces de la station de Frenda soient en répartition significatif entre elles.

V.1.3.4. Indice d'équitabilité

$$E= 0.98.$$

D'après la valeur de L'équitabilité qui égale à **0.98**, cette valeur tend vers le 1, ça veut que les effectifs des espèces de la station de Frenda soient en équilibre significatif entre elles.

V.1.4 Présentation des résultats des années (2012, 2020, 2022)

Tableau n°8.

Les Indices	Résultats de 2012	Résultats de 2020	Résultats de 2022
Indice de Shannon	3,87	4,46	4,11
Indice de Simpson	0,976	0,986	0,97
Coefficient d'équitabilité	0,963	0,96	0,98

V.1.4.1. Comparaison des résultats entre les années (2012, 2020,2022)

La comparaison entre les années, s'explique par les résultats des indices et classification hiérarchique et corrélation des défèrent valeurs ;

D'après les résultats de l'indice de Shannon des 03 années (2012 est 3.87), (2020 est 4.46) et (2022 est 4.11) la déférence montre une augmentation de diversité dans la station à travers le temps, cet augmentation est exprimer par la déférence de nombre d'espèce qui c'est développer à travers le temps, la régression entre l'année 2020 et 2022 s'exprimer par l'influence de différents facteurs climatique période sèche de mai jusqu'à la fin septembre et ou l'action anthropique sur le tapis végétal.

La valeur de l'Indice de Simpson de 03 années (2012, 2020, 2022) montre des valeurs qui tendent vers le 1, avec une répartition presque équilibrée.

L'équitabilité de 03 années (2012, 2020, 2022) montre que les 03 valeurs tendent vers le 1, sa veux dire que les effectifs de la station de Frenda des 3 périodes sont en équilibre entre elles.

V.1.5. Traitement statistique multi varie

V.1.5.1. Classification hiérarchique (CAH)

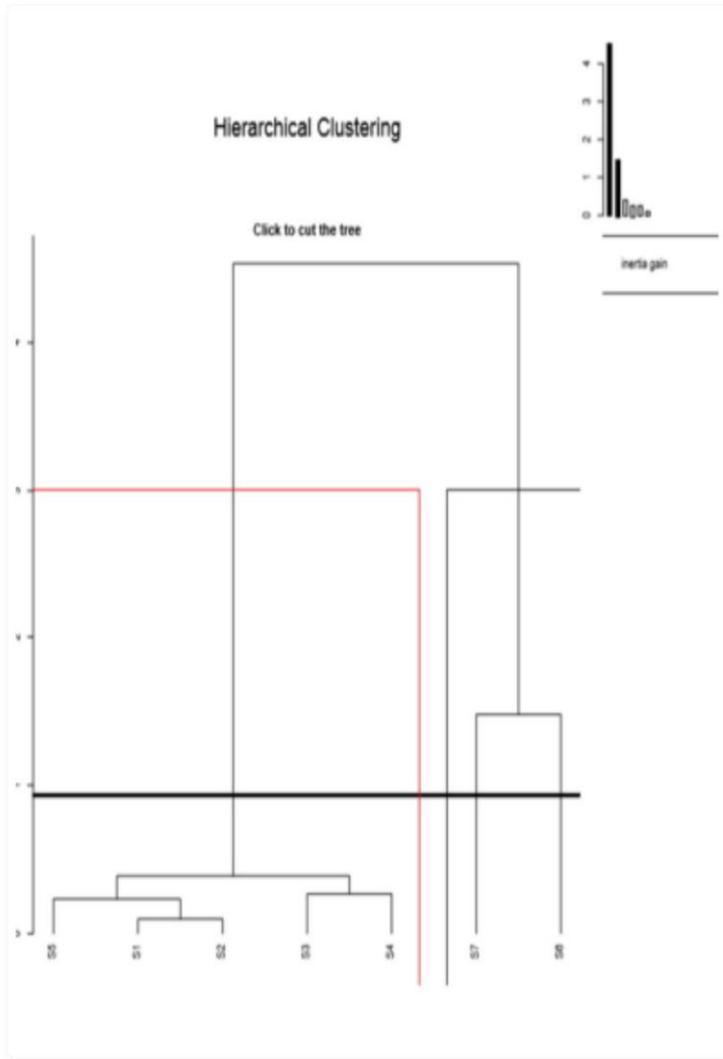


Figure n°33 : CAH des stations de 2012

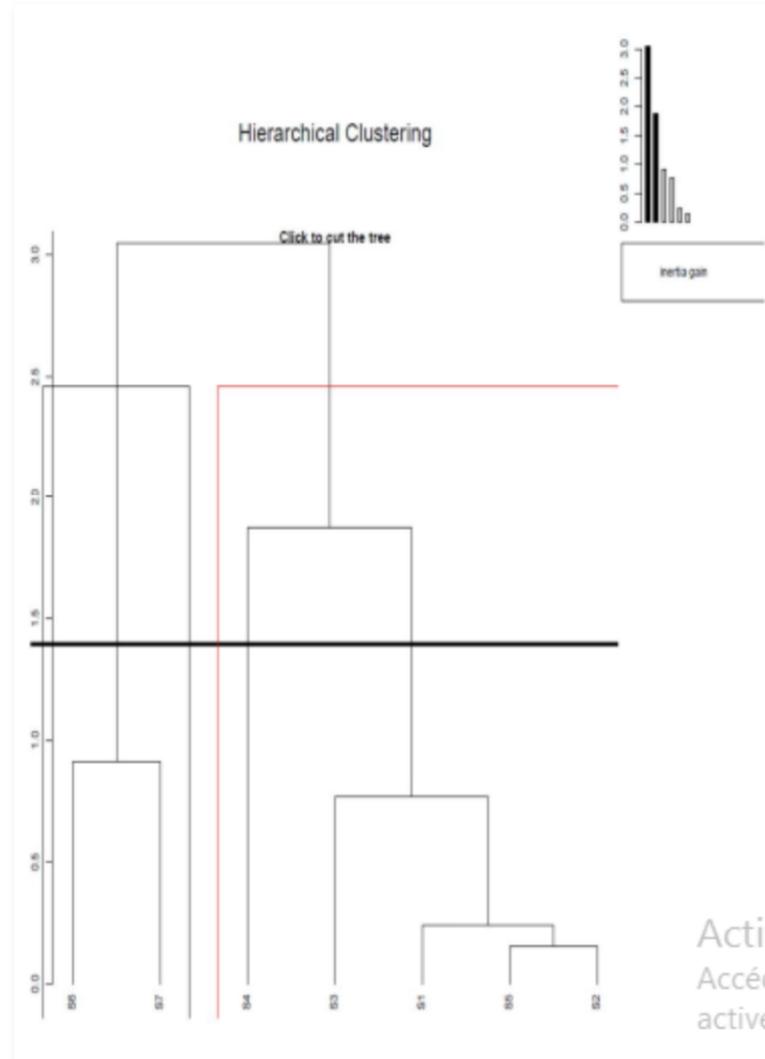


Figure n°34 : CAH des stations de 2020.

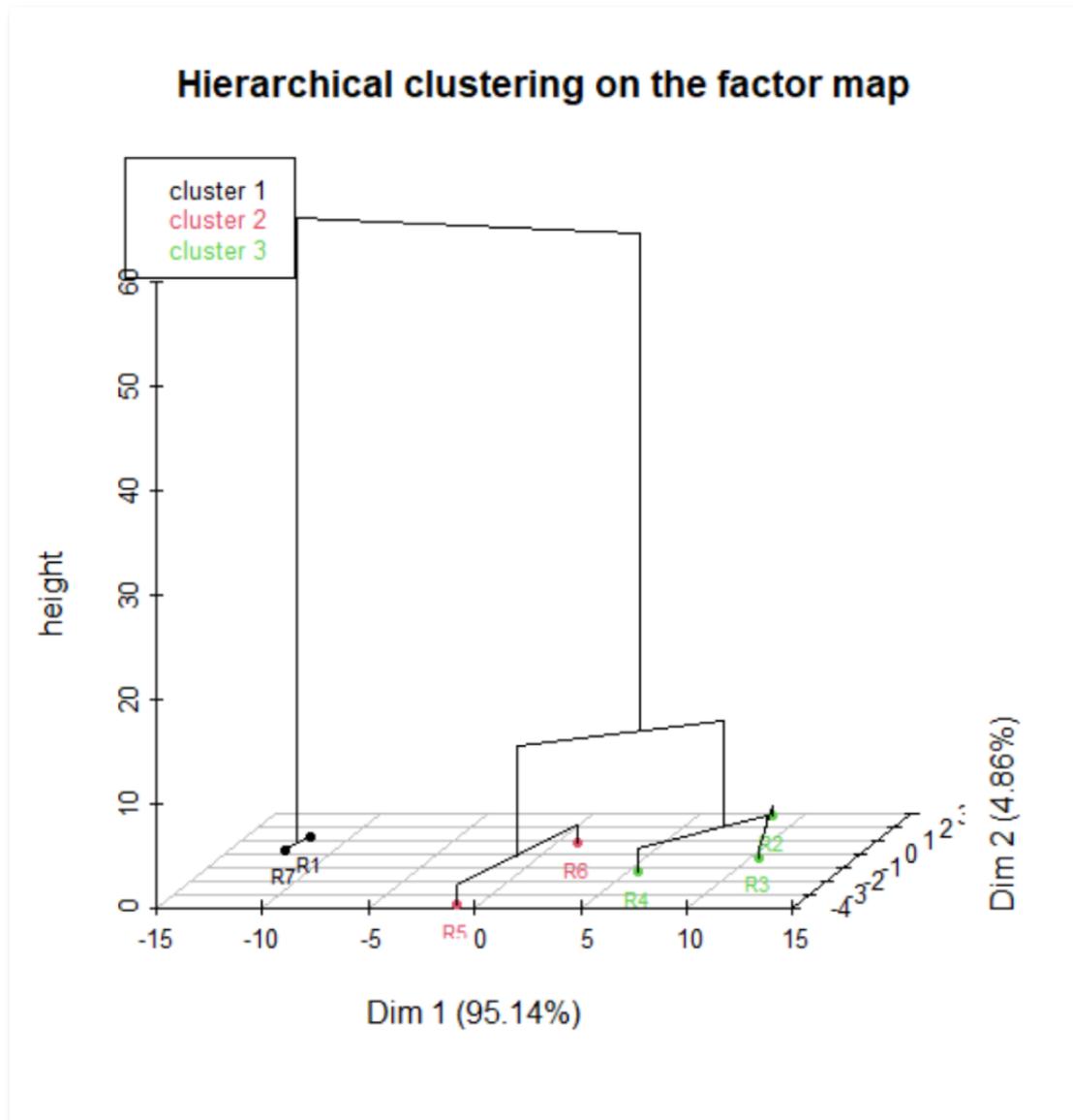


Figure n°35 : CAH des stations en 2022.

Pour mieux comprendre la structure des communautés la classification hiérarchique ascendante (CAH) est adoptée pour l'ensemble des relevés (7). Cette technique préconisée par de nombreux auteurs (**Roux et Roux, 1966 ; Dagnellie, 1966 ; Bouxin, 2008 ; Meddour, 2010**), arrange des relevés en classes. Les membres de chaque classe ont en commun un certain nombre de caractéristiques les éloignant des autres classes. Le traitement des données a été effectué par le logiciel R.

La classification hiérarchique ascendante des 03 périodes (2012, 2020, 2022) est intéressante, elle aide à la compréhension de la structure des données. Il en résulte de son utilisation une partition des relevés floristiques en trois classes.

Les relevés (R1 et R7) correspondant à la classe 1 sur le plan factoriel des groupes caractérisés par un cortège floristique notamment différent, le R1 est dominé par *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus officinalis*...

Par contre le R7 est dominé par des herbacées tels que *Artemesia herba halba*, *Stipa tenacissima* L, *Stipa parviflora*...

Les relevés (R5 et R6) correspondant à la classe 2, leur similarité s'explique par les espèces suivantes *Ampelodesmos mauritanicus*, *Avena barbata*, *Biscutella didymia*....

Les relevés (R2, R3, R4) Leur ressemblance est due à des espèces appartenant aux différents types biologiques notamment les thérophytes, chaméphytes et hémicryptophytes tels que *Ziziphus lotus* (L.) Desf, *Teucrium polium* L, *Phillyrea angustifolia*, *Paronychia argentea*....

En outre, des espèces liées au surpâturage prolongé font partie du cortège floristique, *Asphodelus microcarpus* espèce indicatrice de dégradation (surpâturage) des écosystèmes forestiers ; *Thapsia garganica*, *Atractylis humilis*,

Sur le plan syngénétique, les observations montrent que les formations forestières décrites par **Boudy (1955)** dans la zone d'étude ont évolué en matorral fortement anthropisé.

Enfin, Cette communauté est le résultat d'une évolution régressive.

V.1.5.2. Analyse des composantes principales (ACP)

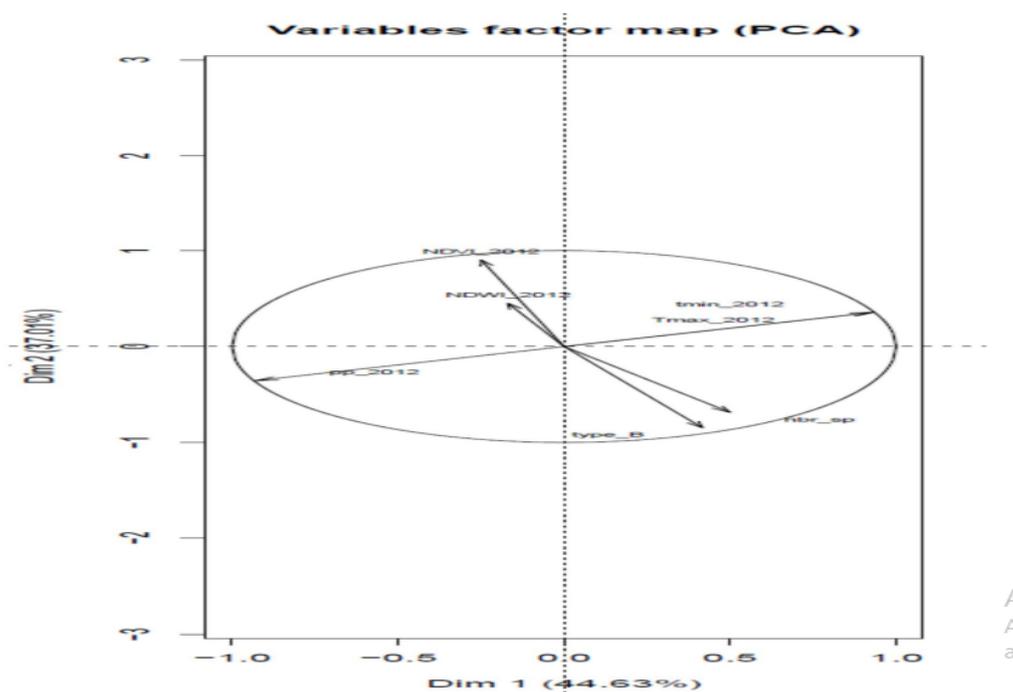


Figure n°36 : ACP des valeurs de 2012.

Les deux premiers sont les mieux représentative, d'un pourcentage 44.63 % pour l'axe 1 et 37.01% pour l'axe 2.

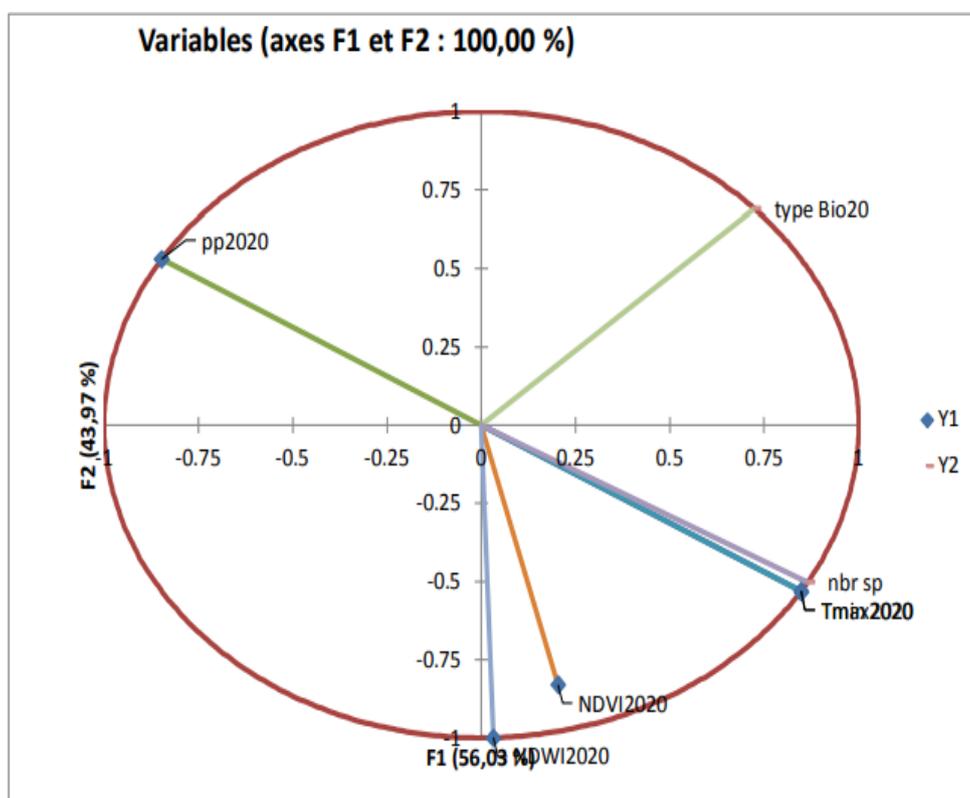


Figure n°37 : Analyse canonique de corrélation du 2020.

Les valeurs propres montrent que les premiers facteurs (nombre d'espèce, température, NDVI, NDWI, expliquent $F1 = 56,03\%$ des variables canoniques.

Les valeurs propres montrent que les deuxièmes facteurs (type biologique et les précipitations) expliquent $F2 = 43,97\%$ des variables canoniques.

D'après la figure n°36, les stations se divisent en 2 groupes Groupe 01 :

Il existe une affinité station 06 et station 07 et par rapport aux précipitations.

Groupe 02 : Pour la station 04 une affinité et une corrélation de NDWI et NDVI. Une affinité entre la station 01 et station 05 suivie par une corrélation par rapport aux températures.

Il existe une affinité entre la station 02 et la station 03 suivie par une corrélation par rapport au type biologique et nombre d'espèce.

D'après le graph, les stations se divisent en 2 groupes .

Groupe 01 : Il existe une affinité de présence d'espèce entre les deux stations (03 et 04) suivie par une corrélation par rapport à la température et nombre d'espèce.

Ces dernières stations (01 et 02) ont une affinité d'espèce avec la station 05 par une corrélation NDWI et NDVI.

Groupe 02 : La station (07 et 06) a une affinité apparente suivie par une corrélation par rapport aux pluviométries. On trouve une faible affinité entre le groupe 01 et le groupe 02 de présence d'espèce.

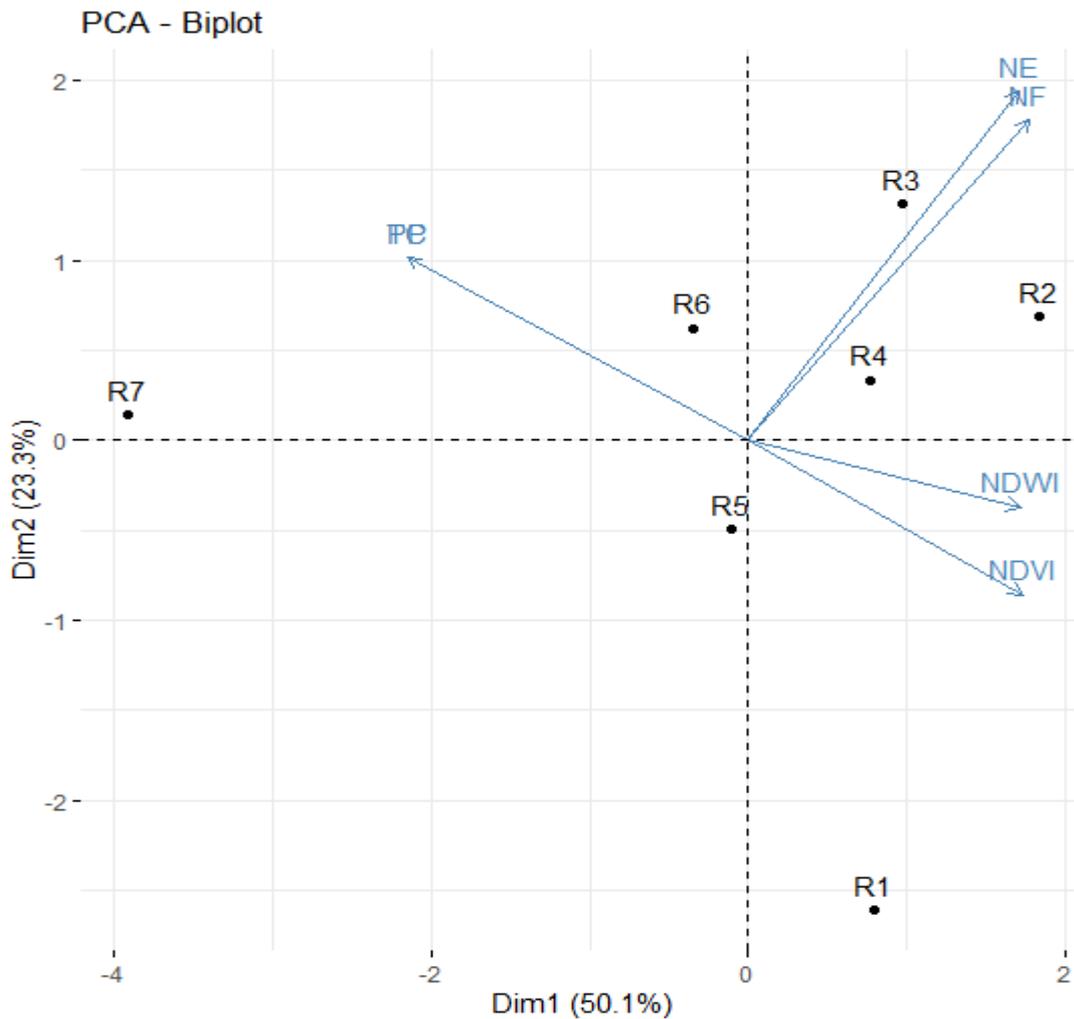


Figure n° 38 : ACP des valeurs de 2022.

Pour mieux caractériser et comprendre nos résultats on a réalisé l'analyse en composantes principales (ACP), les résultats nous ont permis de déterminer les points suivants ;

Les deux premiers sont les mieux représentatives, d'un pourcentage 50.1 % pour l'axe 1 et 23.3% pour l'axe 2.

Les valeurs propres montrent que les premiers facteurs (nombre d'espèce, nombre des familles, NDVI, NDWI, les relevés R2- R3- R4- R5- R6) ça veut dire qu'il existe une affinité entre les relevés.

Le NDVI et NDWI représentent une relation de corrélation, ainsi que le nombre d'espèce et le nombre des familles, cette corrélation traduit par une biodiversité importante et donc une réflectance élevée.

V.2. Indice différence normalisé (l'eau et végétation)

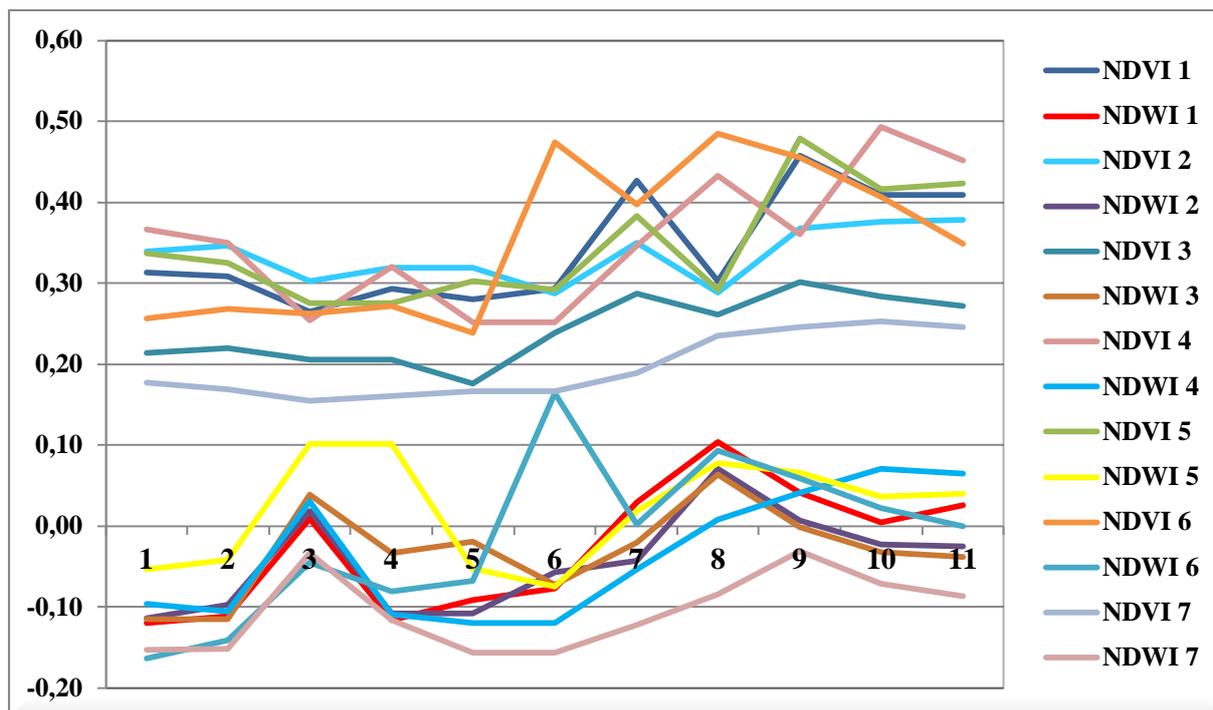


Figure n° 39 : Représentation graphique de l'indice différence normalisé (l'eau et végétation).

Les résultats obtenus sont illustrés suivant le tableau suivant :

Tableau n°9 : Les valeurs de NDWI et NDVI de 2022.

Station	NDVI	NDWI
1	0,34	-0,03
2	0,33	-0,05
3	0,24	-0,03
4	0,36	-0,03
5	0,34	0,00
6	0,34	-0,02
7	0,20	-0,1

D'après le tableau en remarque, une relation de corrélation direct entre le NDWI et le NDVI sa exprime que le NDWI influe le tapis végétal.

V.3. Traitement des paramètres climatiques

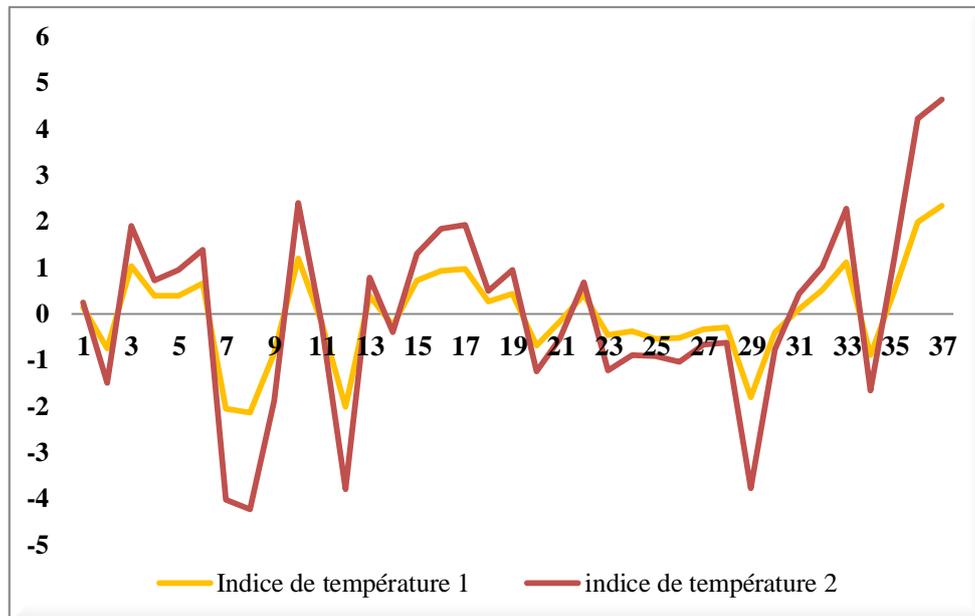


Figure n°40 : Calcul de l'indice de température.

A travers l'analyse de la série journalière des températures pendant 37ans allant de 1985 jusqu'à 2021, la moyenne annuelle à révéler selon la figure ci-dessus que la température à une tendance de changement supérieur par rapport à la moyenne annuelle, pendant toutes les années.

Ce qui explique le changement proportionnel de la biodiversité floristique au niveau de la zone.

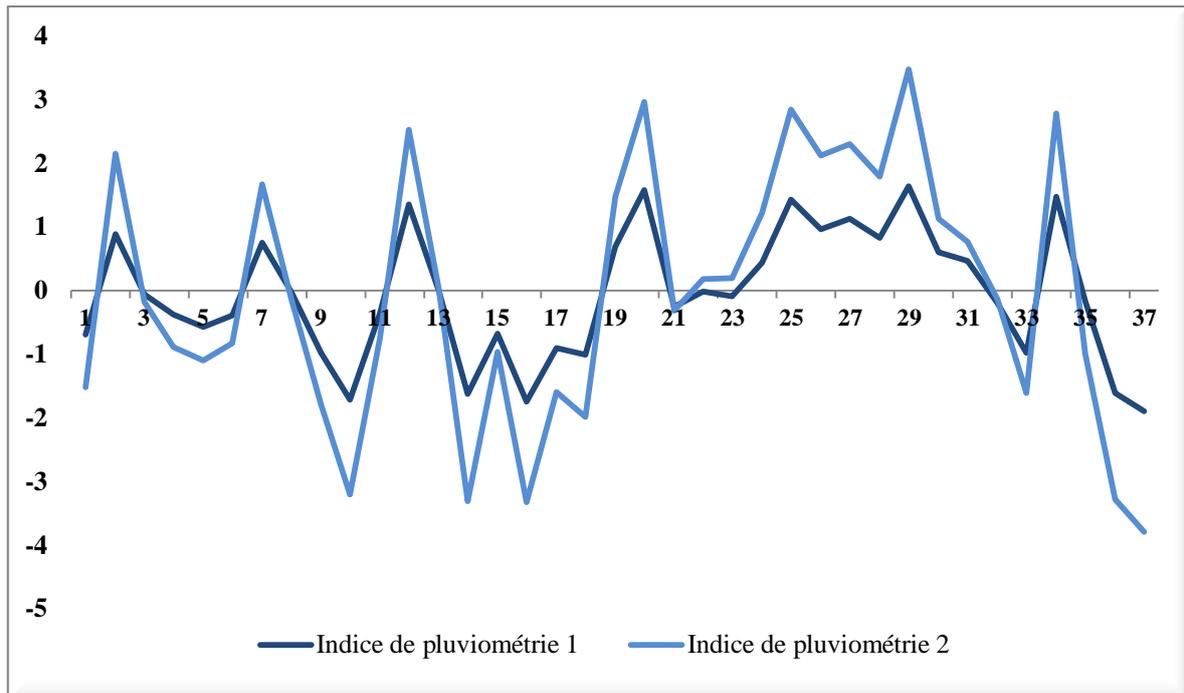


Figure n°39 : Calcul de l'indice pluviométrique.

A travers l'analyse de la série journalière de pluviométrie pendant 37ans de 1985 jusqu'à 2021, on a calculé la moyenne annuelle qui à révéler selon la figure ci-dessus on observe que la pluviométrie à une tendance de changement par rapport à la moyenne annuelle, donc on remarque par la suite pendant les années allant de 1985 jusqu'à 1994 que les moyennes des pluviométries sont supérieure à la moyenne et les moyennes annuelles de 1997 jusqu'à 2001 sont inférieure à la moyenne de pluviométrie, et concernant le reste on a une fluctuation tant temps élevé supérieure à la moyenne et tant temps inférieure à la moyenne.

Ce qui explique le changement proportionnel de l'évolution de la biodiversité floristique au niveau de la zone.

Conclusion.



Le climat décrit des évolutions sur de plus longues durées et à plus grande échelle, il se réchauffe par l'accroissement inexorable de la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre liés aux activités humaines. Une transition écologique est d'autant plus nécessaire lorsque l'on sait qu'un réchauffement de plus de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels pourrait avoir des conséquences irrévocables. Récapitulatif de la situation en 2022.

Le changement climatique est déjà une réalité, les observations scientifiques témoignent d'un réchauffement incontestable du climat et le rythme du changement s'accélère. Des changements dans le climat peuvent être causés à la fois par des événements et processus naturels et par des influences humaines. Les principaux facteurs naturels sont les changements dans l'intensité de la lumière solaire qui atteint la terre et dans la concentration de la poussière volcanique (qui reflète et diffuse la lumière solaire) dans la stratosphère (**HENGEVELD 2008**).

La communauté scientifique internationale conclut : « Il est extrêmement probable que les activités humaines soient la principale cause du réchauffement depuis le milieu du 20^{ème} siècle » (**TOUREAU 2015**). Les tendances futures montrent, en général, une baisse des précipitations et une augmentation des températures. La pluviométrie annuelle baissera de l'ordre de 20% d'ici 2050 et de 40% à l'horizon 2080 (**GOMMES et al., 2009**).

Au terme de notre étude, nous pouvons dire que nos efforts ont été récompensés par des résultats répondants bien à nos objectifs tracés dans le cadre de ce travail.

En effet, les résultats obtenus ont portés sur les différents aspects que peut présenter le cortège floristique de notre zone d'étude.

D'après nos résultats, nous avons pu identifier 64 espèces et 27 familles, ainsi l'analyse de la composition floristique des relevés nous a révélé une biodiversité assez importante.

Les Asteraceae, les Poaceae sont les plus présentés au niveau de notre zone d'étude, Ces deux familles sont parmi les plus riches en genres et en espèces de la flore steppique et sont bien représentées en régions méditerranéennes (**Le Houérou.1995**), ce qui montre que la zone d'étude est en voie de dégradation.

L'analyse des types biologiques existants au niveau des relevés a montré une forte présentation des thérophytes dans notre zone d'étude durant les 03 périodes dénote une certaine ouverture des milieux et ainsi de la dégradation des peuplements forestiers initiaux.

Ainsi montre une transition entre les matorrals arborés et les formations herbacées. Qui sont liés aux perturbations du milieu par un changement climatique et ou sous l'effet anthropiques.

La comparaison des histogrammes floristiques de 03 périodes (2012, 2020 et 2022) nous a permis de déduire que la station de Frenda est en évolution régressive à cause de différents facteurs tels que les changements climatiques, les incendies, les actions anthropiques...etc. Le nombre d'espèces inventoriées passe de 104 en 2012 à 58 en 2020 à 64 en 2022.

Cette station vu sa position géographique à proximité de la ville rendant difficile la protection de ses écosystèmes.

C'est une zone qui devenir pré forestière par la présence d'espèces vivaces ce qui confirme une forte perturbation de nombre d'espèces. Cette dégradation des groupements végétaux en milieu aride et semi-aride se traduit par une évolution régressive continue.

La répartition des espèces exprimée par des stratégies adaptatives face à des contraintes environnementales fait ressortir qu'une augmentation des Thérophytes, La thérophytisation est considérée comme le stade ultime de dégradation des différents écosystèmes. Cette thérophytisation observée est liée d'une part à la rudesse et le changement du climat et d'autre part aux actions anthropiques qui dégradent de plus en plus les conditions d'installation de nouvelles espèces.

Pour l'évaluation de la diversité des espèces, l'indice de Shannon montre que la diversité floristique pour les 03 périodes est relativement importante. L'équitabilité de Pielou indique que les différents taxons sont bien distribués dans les relevés et on à faire à une grande homogénéité. les indices écologiques (richesse totale, l'équitabilité et la diversité en espèces) montré une différence significative, et le milieu demeure diversifié. Avec une répartition presque équilibrée à partir les résultats de l'indice de Simpson.

Le calcul de l'indice de perturbation (IP) a fluctué entre 48.27% et 51.56% durant les périodes d'étude, la zone de sdama gherbi semble perturbée.

Les perturbations d'origine anthropique sont pour une large part responsable de l'état actuel des structures de végétation, le couvert végétal naturel y est soumis en permanence à un double impact, d'une part du climat (précipitations irrégulière, et des températures élevés) et d'une part celui des actions de l'homme et de ses animaux.

La formation végétale de la zone d'étude a subi une dégradation d'où l'observation d'un rangement d'une formation forestière à une formation pré-forestière puis à un maquis.

Par le biais de ce travail, L'Algérie constituer un patrimoine naturel qu'il faut préserver et développer dans l'espace et dans le temps.

La forêt algérienne est alarmante vue la pression anthropique exercée en permanence ainsi que la mauvaise gestion de ces espaces naturels notamment au niveau des programmes de reboisement, ces derniers sont généralement mal envisagés et mal réalisés. Ce dernier nécessite l'utilisation d'outils spécifiques pour la prise en compte de ce danger.

La conservation ainsi que la préservation de ces milieux naturels doit se baser sur des programmes plus rigoureux tels que ; la mise en évidence des facteurs influençant le déclenchement et la propagation du feu, la réalisation de plans de prévention des risques naturels qui ont été instaurés à travers les systèmes d'informations géographiques (SIG) et un logiciel de simulation et de modélisation (FARSITE), réagir à travers un modèle mathématique pour réaliser une action d'intervention, et prévention des incendies.

En fin nous espérons une meilleure gestion des parcours et une prise de considération des outils d'aide pour une meilleure gestion durable.

Références bibliographiques.

AHMAD ET al., 2001. Troisième Rapport (TAR) du Groupe de travail II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse, 13-16 février 2001. P.101.

AIDOU.D-F, CELLES.J-C, LOISEL.R, 1999. Les communautés thérophytiques des steppes arides d'Algérie. Doc. Phytosociol, (29). P.15–45.

AIT HAMMOU, 2015. Analyses taxonomique et écologique des lichens de la région de Tiaret (Algérie) ; Thèse Doct. Biol. Option. écol. Dép. biol. Fac. Sci. Univ. Oran. P.266.

ALAIN.B, Sep 2000. Les changements climatiques et leurs impacts. vol¹. Disponible sur ; OPEN EDITION journals <https://journals.openedition.org/vertigo/4042#tocto1n13>.

ARCGIS PRO. Disponible sur ; <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/ndwi.htm#:~:text=La%20m%C3%A9thode%20de%20l'indice,les%20canaux%20NIR%20et%20vert>.

BEGUIM.M et PUMAIN.D, 1994. La représentation des données géographiques. Colin. Coll Coursus. Paris. P.192.

BENABADJI.N, BOUAZZA.M, 2002. Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au Sud d'El Aricha (Oranie, Algérie). Sci. Tech. N° spécial D. pp : 11-19

BENABDELLAH.MA, AMARISM, ELHAITOU.M.A et OLLIER.S, 2010. Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Ecologia mediterranea* 36 (2), 84-97.

BENAICHATA.L, 2015. Impact du changement climatique sur la production agricole en Algérie. Thèse de doctorat es science en science de la nature et de la vie. P.81-90.

BENGT.R, 2014. Chapitre de cartographie. n°221. P.13.

BIGOT.S, 2005. The « scientific revolution » of the climatology during the second half of the XXth century: the paradigm of the state of the “climate system”. Vol ² 2005 publier en 2015. Disponible sur ; <https://doi.org/10.4267/climatologie.847>. P.11.

BOUDY.P, 1955. Economie forestière nord- africaine. Tome IV. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Ed : La rose, Paris.

BOYRIES.P, 2011. L'échelle des cartes. P.26.

BRAHIM.I, 2017. Cartographie et Répartition du chêne vert dans la forêt de Sdamas Chergui (Commune de Medroussa, Wilaya de Tiaret). Mémoire de Master. P.19-22.

CFT, 2019. Conservation des forêts de la Wilaya de TIARET-Service de cartographie et Service des statistiques.

Changement climatique, 2012. ADEME AGENCE DE L'environnement et de la maîtrise de l'énergie. ISBN 978-2-35838-256-4. P.4-5.

Climate consulting, 2022. <https://climate.selectra.com/fr/actualites/cop26>.

CLIMATEENGINE.ORG. Disponible sur ; <https://app.climateengine.com/climateEngine>.

COLLET, 1992. Geographic information systems (GIS) and remote sensing. Volume 58, Issues 3–4, October 1997, Pages 209-228

DAIF.M, 2017. Etude des quelques variables climatiques du sous bassin de Sebaou. Mémoire de master. P.3-4.

DELMAS et al., 2018. A propos des alizés, voir les explications relatives à la circulation générale de l'atmosphère – CGA – sur le feuillet d'information consacré au système climatique. P.114.

DGF, 2008. Direction Générale des Forêts. Rapport National De l'Algérie Sur La Mise En Œuvre De La Convention De Lutte Contre La Désertification. Alger.Septembre 2004.

DIB.M et al., 2011. Apport du SIG dans l'étude de la productivité des espèces forestière : cas de Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Theniet El Had. Thèse ING, INA Alger. P.91.

ELOUISSI.A, 2016. Changement climatique impacts et vulnérabilités. Cas du bassin versant de la Macta. Thèse de doctorat, science de la technologie. P.4.

Environnement Canada, 2014. Disponible sur ; <http://www.ec.gc.ca/climate/>.

FAUCONNIER.G, 1994. Le système d'information géographique de santé. Volume 7 Ed springer-verlag, Paris. P.7.

FLORET.C, PONTANIER.R, 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne / climat, sol, végétation et aménagement. Paris, OSTROM éditions.

FUTURAPLANETE. Disponible sur ;

<https://www.futurasciences.com/planete/definitions/geologie-lithologie-5850/>.

HABERT.E, 2000. Qu'est-ce qu'un système d'information géographique. Laboratoire de Cartographie appliquée. Institut de recherche pour le développement.P.13.

HAMEL.KH, 2005. Le climat. Disponible sur ;

<http://univbiskra.dz/enseignant/hamel/2014/Cours%2006%20Le%20climat.pdf>. P.6.

HERMES.M, 2008. Étude de la variabilité climatique. Université ouverte campus de Bukavu. Mémoire en ligne. disponiblesur ;

https://www.memoireonline.com/12/13/8139/m_Etude-d-impact-de-la-variabilite-climatique-sur-la-schistosomiase-dans-la-zone-de-sante-de-Katana1.html<http://univ-biskra.dz/enseignant/hamel/2014/Cours%2006%20Le%20climat.pdf>.

KADI-HANIFI.H, 2003. Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. Sécheresse, 3, 169-179.

KRAFFT.C et MINNE.B, 2005. Association Royale des ingénieurs issus de la FUSAGX.

MANSOURI.S, 2017. Cartographie des pluies annuelles appliquée au bassin des Issers. P.6.

MEDDI.M, 1992. Hydro pluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie). Université Louis Pasteur, Strasbourg, Austria.

MENESES-TOVAR, 2010. L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation. Vol n°62. P.40.

MIARA, 2008 In MIARA ,2011. Contribution à l'étude de la végétation du massif de Guezol Tiaret. P.169.

NOUAR.I, 2019. Impact des changements climatiques sur la diversité floristiques des hauts plateaux Algériens. Mémoire de Master. P.35.

ONU (organisation des nations unies), 2000. Disponible sur ; <https://www.un.org/fr/global-issues/climatechange#:~:text=Depuis%20l%27%C3%A9poque%20de%20la,la%20combustion%20d%27%C3%A9nergies%20fossiles.>

QUEZEL.P. &BARBERO.M, 1993. Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le Pliocène : enseignements de la flore et de la végétation actuelles. Bulletin

QUEZEL.P, MEDAIL.F, 2003. Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 573.p.

RAUNKIAER.C,(1934). The life forms of plants and statistical plant. Geography Claredon Press, Oxford.

ROUX.G, ROUX.M, 1967. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. Revue de statistique appliquée, 15(2), 59-72.

SAIDI.A, 2017.Inventaire et analyse de la phytodiversité dans les steppes à armoise blanche de la wilaya de SAIDA (Algérie occidentale),214P,95P

TAABNIM et DRISS EL JIHAD.M, 2012. Changement climatique au Maghreb: quelles stratégies d'adaptation. Disponible sur ; <https://doi.org/10.4000/com.6718>.

TABEAUD.M et MAGDELAINE.C, 2014. Les variations climatiques naturelles de la Terre. Université Paris Panthéon Sorbonne.

VINCENT.G, 2016. Introduction à la programmation en R. P.2.

Les Annexes



Carduus getulus



Biscutella didyma



Adonis microcarpa



Fumana thymifolia



Artemisia herba alba



Erodium cicutarium



Juniperus oxycedrus



Pistacia atlantica



Quercus ilex



Rosmarinus tournefortii



Thymus algeriensis



Stipa tenacissima



Lysimachia monelli L



espèce Sp



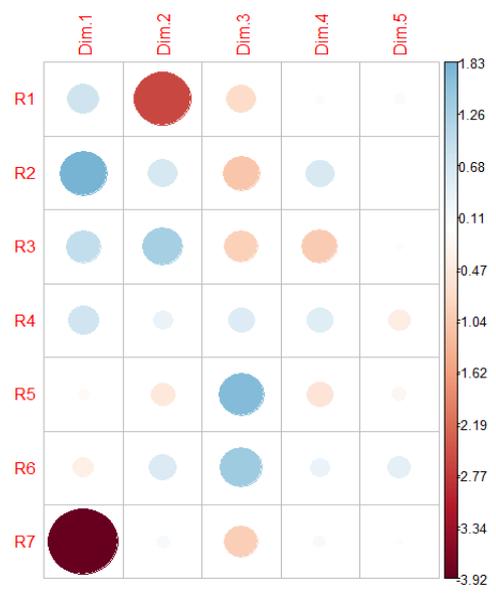
espèce Sp



espèce Sp



Corrélogramme de la CAH.



Corrélogramme de l'ACP.