



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique Université Ibn Khaldoun Faculté
des Sciences de la Nature et de la Vie



THESE de DOCTORAT en SCIENCES

Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Sciences Agronomiques

Présentée par

Kious Chahrazede

Thème

**Étude de l'évolution de la désertification dans la wilaya de Tiaret à
l'aide de l'outil SIG**

Devant comité du jury :

Pr. Ait Hammou Mohamed	Université de Ibn Khaldoun Tiaret	Président
Pr. Maatoug M'hamed	Université Ibn Khaldoun de Tiaret	Directeur de thèse
Pr. Ayache Abassia	Université de Djilali Liabbes Sidi Belabbes	Examineur
Dr. Hellal Tidjania (MCA)	Université de Djilali Liabbes Sidi Belabbes	Examineur
Dr. Boukirat Dyhia (MCA)	Université de Tissimsilt	Examineur
Dr. Safa Omar (MCA)	Université Ibn Khaldoun de Tiaret	Examineur

Année Universitaire 2023-2024

REMERCIEMENT

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au professeur Maatoug M'hamed, mon directeur de recherche, pour sa précieuse contribution et son soutien tout au long de ce projet. Grâce à leur savoir-faire, à leurs avisés conseils et à leur disponibilité, mon travail a été considérablement enrichi et j'ai pu atteindre mes objectifs. Je tiens également à exprimer ma gratitude pour sa patience, son implication, qui m'ont aidé à avancer et à me surpasser tout au long de cette démarche. Sa connaissance et son expertise ont été d'une grande aide pour la réalisation de cette mémoire.

Je tiens à remercier chaleureusement professeur Tadj Mohamed pour sa bienveillance envers moi. Son soutien constant a joué un rôle essentiel dans ma progression professionnelle et dans la réalisation de mes ambitions. Je suis extrêmement reconnaissante d'avoir eu la chance de recevoir son accompagnement et ses précieux conseils.

Je tiens à exprimer ma gratitude à mes collègues, Dr Hadjadj Nadjat, Dr Khenioui Abderresak et Dr Asnour Salah, pour leur soutien précieux tout au long de cette initiative. Leur expertise a été essentielle pour la réussite de ce projet. Je suis reconnaissant d'avoir pu compter sur leur collaboration et leur dévouement, qui ont grandement contribué à l'avancement de mon travail de recherche.

Je tiens à remercier infiniment le jury particulièrement: Pr Ait Hammou. M, Pr Ayach. A, Dr Boukirat. D, Dr Hellal. T et Dr Safa. O d'avoir accepté d'évaluer mon travail de fin d'études et de leur patience tout au long de l'évaluation. Leur savoir-faire et leur perfectionnement auront un impact essentiel sur l'évaluation de ma mémoire et sur mon évolution professionnelle.

Et enfin, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.
Merci.

DÉDICACE

Papa! Aujourd'hui, je célèbre ce succès en me remémorant ta présence, en te remerciant pour tout ce que tu m'as donné. Ta mémoire restera éternellement ancrée dans mon cœur et dans chaque réalisation que j'effectuerai. Je te remercie, mon cher Père, pour tout ce que tu as été à mes côtés.

Merci, chère Maman, chers frères et sœurs, pour tout ce que vous avez fait pour moi. Cette réussite est le fruit de notre unité, de notre solidarité et de notre amour familial. Je vous aime et je vous dédie cette réussite avec tout mon cœur.

En ce jour de célébration de la fin de mes études, je tiens à vous dédier cette réussite qui est le fruit de notre soutien mutuel, de notre amour et de notre unité en tant que famille. Mon cher mari, tu as été mon roc, mon partenaire, mon soutien inconditionnel tout au long de ce parcours. Ta patience, ta compréhension et ton amour m'ont permis de me concentrer sur mes études et d'atteindre mes objectifs. À mes chers enfants, votre présence joyeuse, vos câlins réconfortants et votre compréhension face à mes moments d'absence ont été des motivations essentielles pour moi.

Merci, mes chères amies, pour votre amitié, votre soutien et votre présence constante dans ma vie. Cette réussite est le fruit de notre amitié exceptionnelle et de notre solidarité. Je vous aime et je vous dédie cette réussite avec tout mon cœur.

(Nadjet, Cherifa, Nawara, fatiha , Fatima et Yakout Kalakhi)

Avec tout mon amour et ma gratitude,

Kious Chahrazed

Tables des matières

Introduction générale	01
Chapitre I : Définition de la zone d'étude & choix des outils utilisés	
I-Processus d'étude et méthodes utilisées	09
I-1- Définition de la zone d'étude	09
I-1-1- Situation géographique de la zone steppique algérienne.....	09
I-1-2- Situation géographique de la steppe de la région Tiaret	09
I-1-3- Situation de la zone d'étude.....	12
I-2-Processus de désertification : description	13
II- Matériel et méthode.....	15
II-1-Phase de collecte de données.....	15
1-A-L'etat de l'Art	15
1-B- Données spatiales.....	16
1-B-1- Données satellitaires (Landsat).....	16
1- MSS (Scanner Spectral Multi)	17
2-TM : Mapper Thematic.....	17
3- ETM+ :(Plus Mapper Enhanced Thematic).....	18
1-B-2- Données satellitaires (Sentinel 2).....	22
1-B-3-Données satellitaire MODIS.....	23
1-B-4- Données SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).....	24
II-2- Techniques utilisées	25
II-2-1-Étapes de typologie et de classement des données.....	25
A- Traitement initial des données spatiales.....	26

A-1-Correction géométrique.....	26
A-2- Correction de radiation.....	27
A-3-Amélioration spatiale des visuels.....	28
A-4- Amélioration du contraste.....	28
A-5-Filtrage.....	29
A-6- composition colorée.....	29
II-2-2- Réalisation d'une base de données de la zone d'étude	29
2-2-A- Les logiciels les plus indispensables utilisés dans l'étude.....	29
Logiciel (Arc Gis).....	30
Logiciel Snagit	30
2-2-B-Identification du système de coordonnées et de la référence géographique appropriée.....	30
2-2-C- Création de couches pour la base de données.....	32
Couches (Layers).....	32
2-2-D- Insertion des informations complémentaires pour la zone d'étude (Chehaima).....	33
II- 2-3-Traitement et analyse des données	34
Conclusion.....	34

Chapitre II : Description du milieu naturel de Chehaima & Facteurs influent dans la désertification

I-1-Relief et morphologie de la région de Tiaret.....	37
I-2- Description du milieu naturel de Chehaima.....	39
I-2-1 Altimétrie de la zone d'étude.....	39
I-2-2- pente de la zone d'étude.....	40

I-2-3- Caractéristique lithologique de la région de Tiaret.....	41
I-2-4- Caractéristique hydrologique de la région de Tiaret.....	42
I-2-5- Aperçu visuel du milieu naturel de la zone de Chehaima.....	43
I-2-6- Occupation des sol de la région de Tiaret.....	44
II- Facteurs majeurs dans la dynamique du couvert végétal.....	46
II-1- Caractéristiques climatique favorisant la dynamique de taux de végétation.....	46
II- 2- La variabilité spatio-temporelle des précipitations.....	48
II-2-1- Les précipitations annuelles.....	48
II-2-2- les précipitations mensuelles.....	49
II-2-3- Répartition des précipitations dans la région de Tiaret.....	50
II-3- La température.....	51
II-4- Indice d'aridité.....	55
II-4-1- Diagramme ombrothermique.....	55
II-4-2- Climagramme d'EMBERGER.....	56
II-4-3- Indice de l'aridité de DE MARTONE	57
III- Rôle de l'homme dans la désertification de la zone steppique de Tiaret.....	59
III-1 Evolution de la répartition de la population selon l'espace physique de Chehaima.....	59
La tendance de la population	59
Taux de croissance/décroissance	59
III-2- Évaluation socio-économique de la région de Chehaima.....	60
III-2-1- Répartition de l'habitat.....	60
III-2-2- Activité agropastoral.....	62

Conclusion.....	64
 Chapitre III Indices démonstratifs de la dynamique du couvert végétal à Chehaima « discussions & résultats » 	
I-Indicateurs démonstratifs du phénomène de la dynamique de la végétation.....	66
I-1-Composition coloré	66
I-1-1-Traitements numériques des images Landsat5-8 : Interprétation visuelle.....	67
I-2- Indice de végétation NDVI.....	71
I-2-1- Calcul de NDVI dérivé de l'image Landsat	71
I-2-2- Calcul de NDVI dérivé de l'image MODIS.....	78
I-2-3- Etude de la dynamique de la végétation a l'aide de l'indice NDVI (2000-2024).....	82
II-1- Indicateurs explications influençant sur la dynamique de la végétation à Chehaima (LST et SMI).....	86
III-2-1- Indice de température de surface (LST).....	86
III-2-2- Indice de l'humidité du sol (SMI).....	90
III-2-3-Analyse canonique des corrélations.....	93
Conclusion.....	95
Conclusion générale.....	98
Références bibliographiques	102
Liste des figures et tableaux.....	108

Introduction générale

Introduction générale

Le sujet de notre étude concerne un phénomène naturel majeur qui intéresse tous les chercheurs environnementaux et les spécialistes des milieux naturels. C'est la désertification, un terme utilisé pour la première fois par Aubréville en 1949 pour décrire le processus de changement de végétation conduisant à la dégradation et à la dénudation du sol, et qui est par la suite devenu complexe et a augmenté au fil du temps au point où elle touche toutes les composantes de l'écosystème des zones vulnérables. Ce phénomène est extrêmement complexe et difficile à comprendre, avec plusieurs définitions à prendre en compte parmi les plus proches de la réalité actuelle:

✓ Selon la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, le phénomène désigne « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ». UNCOD, (1977).

✓ Selon Le Houérou (1980), le phénomène est défini comme étant un ensemble d'actions qui se traduisent par une réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal aboutissant à l'extension de paysages désertiques nouveaux à des zones qui n'en présentaient pas les caractéristiques.

✓ Selon la FAO (1992), la désertification est la dégradation des terres dans les écosystèmes secs, résultant d'activités humaines mal contrôlées.

Depuis lors, la désertification est reconnue comme un problème environnemental majeur du 21^e siècle. La désertification est une combinaison de conditions de dégradation des terres, avec des aspects de manque de couverture végétale et d'accumulation de sable sous diverses formes, et de conditions socio-économiques d'exploitation des ressources naturelles au-delà de leur capacité de régénération. Cette situation est exacerbée par les changements climatiques. Cela entraînera un déclin permanent de l'activité économique, poussant les populations locales les plus vulnérables vers la pauvreté et l'exode massif. La désertification touche actuellement un quart de la surface de la Terre. En Afrique, plus d'un milliard d'hectares sont modérément ou gravement touchés par la désertification. Thomas, (1995)

➤ La désertification se manifeste généralement par la dégradation des ressources végétales, animales, du sol et de l'eau, et généralement par une perte de productivité biologique dans des zones écologiquement contraintes. Lorsque les écosystèmes sont fragiles, comme dans le cas de cette étude, cette dégradation prend

facilement un caractère irréversible, limitant de façon permanente la capacité des zones affectées à soutenir les populations. Par conséquent, même si ce phénomène est déjà urgent dans certaines régions, il s'agit d'un problème humanitaire et social qui touche le monde entier et qui n'a pas de solution immédiate. C'est un processus de recherche et d'accélération de ses propres raisons. Les coûts de réhabilitation augmentent de façon exponentielle.

➤ **Choix de la zone d'étude**

La zone steppique en Algérie présente un écosystème aride marqué par une grande diversité paysagère en relation avec une grande variabilité des facteurs écologiques favorisant l'installation de différentes formes de désertification à divers stades (installation des accumulations sableuses de distinctes formes et tailles, dégradation du couvert végétal varie entre espèces broutées par le bétail à espèces disparues comme l'alpha, l'étude de l'évolution de ce phénomène nécessite un suivi diachronique et multi-scalaire des zones touchées pour bien démontrer les risques et les impacts issus de ce problème et mettre en lumière les facteurs favorisants et les méthodes de remède ou réduire la sévérité du phénomène, à l'aide de nouvelles techniques et illustrateur y parmi l'outil télédétection et système d'information géographique.

La région de Tiaret est à vocation agricole, avec une superficie agropastorale de 89 % selon la carte d'occupation des sols de l'ERSI (2021). La zone de Chehaima, située au Sud de la région, représente 41 % de ce secteur. Elle est limitrophe au sud-ouest de Bougtob (Chott Chergui) et au sud-est d'Aflou (Laghouat), zones connues pour leur désertification avancée. Celle-ci se caractérise par une dégradation du couvert végétal, notamment la disparition de l'ALFA, une dégradation des sols et l'accumulation de sable en amas de moins de 2 m de hauteur. Ces amas sont dynamiques et se déplacent sous l'effet du vent dominant. C'est pourquoi cette zone a été choisie pour une étude visant à surveiller et à évaluer l'impact des zones adjacentes sur leur environnement naturel. Problématique

Les études sur la désertification en Algérie sont variées en termes de méthodologie et leurs résultats diffèrent selon le modèle d'étude. Actuellement, la télédétection et les SIG sont largement utilisés, apportant de nouvelles techniques de mesure précises qui permettent de quantifier et d'évaluer qualitativement le phénomène. Tel que, le calcul d'indices spectraux permet d'orienter l'étude en utilisant des critères spatiaux et temporels pour déterminer l'étendue de la désertification. Cela contribue à des études diachroniques de la région, offrant une meilleure évaluation de l'évolution du phénomène.

Alors dans quelle mesure les nouvelles technologies comme la télédétection peuvent-elles nous aider à comprendre la désertification dans la région de Chehaima ? Quels sont les facteurs réels qui contribuent à ce phénomène ? Enfin, cette étude peut-elle nous permettre de déterminer le stade de désertification dans la région ?

Objectif de l'étude

L'étude complète les recherches antérieures sur la région de Tiaret et les zones voisines, visant à améliorer la gouvernance de l'écosystème local. Elle utilise des méthodes modernes pour obtenir des résultats précis, déterminer l'impact de la dégradation des terres et de la désertification dans la zone de Chehaima, telles que la surveillance de la dynamique du couvert végétal, qui est l'un des principaux signes du phénomène dans la région, et identifier les facteurs naturels et humains responsables et trouver des moyens de les atténuer.

Grâce à l'analyse des données collectées, l'étude fournit des informations précieuses sur les causes et les conséquences de la dégradation des terres et de la désertification dans la région de Chehaima. Les résultats obtenus permettent de formuler des recommandations politiques et des mesures de gestion visant à restaurer et à protéger les écosystèmes fragiles de la région. L'étude contribue ainsi à l'avancement des connaissances scientifiques et à l'amélioration de la gestion durable des terres dans les zones arides et semi-arides.

➤ Matériels utilisés

Dans cette étude, nous nous appuyons sur de nombreuses données provenant de différentes sources, citant :

1 – différentes images Landsat (5-8) était téléchargé à partir de sites (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) de 1995-2023 afin de suivre le changement de végétation par différentes méthodes (composition colorée, NDVI).

2. Les images du capteur Modis (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) embarqué sur satellite Terra en 1999 et satellite Aqua en 2002, téléchargées à partir du site (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) puis utilisées dans diverses images transformées par suite en données statistiques de terrain telles que le calcul de différents indices spectraux des éléments du terrain (NDVI, LST, et SMI). (Julien B 2003)

3-Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ou modèle numérique du terrain avec une résolution spatiale estimée à 30 m. Ces données sont gratuites dans le but

d'extraire automatiquement de nombreuses informations importantes, que ce soit des informations topographiques telles que la connaissance de la nature du terrain, des pentes, des limites des bassins, les cours d'eau et les canyons, les caractéristiques morphométriques et d'autres données téléchargées à partir du site suivant : <https://earthexplorer.usgs.gov/>.2020

4-Extraction de la carte d'occupation du sol de l'État de Tiaret pour 2021 à travers la Carte Mondiale des Utilisations de la Terre réalisée par trois sociétés (Esri) (Impact Observatory) (Microsoft) à l'aide d'images satellites Sentinel-2 à 10 mètres de résolution spatiale, où sept utilisations des terres dans la zone de Tiaret ont été identifiées en termes de superficie et de répartition.

5-Données climatiques globales à haute résolution (30 secondes d'arc) pour 2000-2023 téléchargées à partir du site : <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> pour effectuer les cartes climatiques

➤ **Logiciels utilisés**

➤ Cette étude repose principalement sur la télédétection et les systèmes d'information géographique, des techniques utilisées pour recueillir et traiter des informations et des données qui ont un impact direct ou indirect sur la croissance de la végétation. Le logiciel le plus adapté (ARCGIS) est l'un des principaux programmes de SIG et de télédétection pour le traitement d'images spatiales et de modèles numériques d'élévation dans la région de Chehaima, qui vise à suivre à long terme les activités agropastorales et leurs conséquences dans la région. Les indicateurs sont actuellement en train d'être révisés, classés, intégrés et calculés. Le temps La représentation finale des informations sous forme de cartes et de tableaux.

➤ Un deuxième logiciel d'illustration (Snagit Editor) facilite la combinaison de diverses sources d'informations, telles que des photos du site, des tableaux et plusieurs cartes associées, sur une seule page. Site (TechSmith 2023)

➤ **Études antérieures**

- La désertification est un sujet environnemental qui concerne différents secteurs et domaines liés aux milieux naturels et climatiques. Pour mener à bien cette recherche, de nombreuses études antérieures ont été examinées, notamment celles concernant l'impact de la désertification et ses conséquences sur les écosystèmes, la biodiversité, les sols et l'agriculture. Parmi celles-ci :

- Rapport « Méthode provisoire d'évaluation et de cartographie de la désertification » FAO et PNUE, 1984 Cette étude nous aide à saisir l'évolution de la désertification ainsi que ses processus, facteurs et conséquences, et à l'évaluer en vue de la cartographie.

- Dossier thématique « Surveiller la désertification par télédétection » par CSFD (Comité Scientifique Français de la Désertification) Cette étude vise à présenter les techniques de suivi de la désertification par télédétection. Les images satellites sont utilisées pour surveiller les changements de couverture végétale, les variations de température du sol et les mouvements de dunes de sable, permettant ainsi de détecter les zones affectées par la désertification. Ces données sont essentielles pour évaluer l'ampleur du phénomène et mettre en place des mesures de prévention et de réhabilitation des terres dégradées.

➤ Étude bioclimatique des steppes algériennes (avec une carte bioclimatique à 1 1.000.000e) par H. N. LE HOUEROU & Al, Cette étude vise à mettre en évidence le cadre bioclimatique par région et à identifier des indicateurs pertinents pour évaluer les impacts du changement climatique. Les résultats de cette recherche permettront de mieux comprendre les spécificités de chaque région et d'adapter les politiques environnementales en conséquence.

➤ **plan de travail**

Nous avons choisi de structurer cette étude en trois chapitres.

- **Le premier chapitre intitulé :** « Définition de la zone d'étude et choix des outils utilisés » sera consacré à la détermination de la zone d'étude à l'échelle générale et à l'échelle spécifique, et aussi nous avons mis en évidence les outils utilisés pour effectuer cette étude et cerner le phénomène installé dans la zone.

- **Le deuxième chapitre intitulé** : « Description du milieu naturel de Chehaima : facteurs influents dans la désertification » portera sur l'analyse des données recueillies dans la zone d'étude, en mettant en avant les caractéristiques du milieu naturel de la zone d'étude telles que la topographie, la végétation et l'occupation des sols, afin de mieux comprendre son environnement, ainsi qu'en mettant en lumière les facteurs naturels (climat) et anthropiques (rôle de l'homme) intervenant dans l'événement obtenus à partir des outils utilisés.

- **Le troisième chapitre, intitulé** « Indices démonstratifs de la dynamique du couvert végétal à Chehaima : discussions & résultats » présente les résultats de notre étude. L'analyse effectuée après l'application des indices spectraux et climatiques révèle la corrélation entre les taux de végétation négatifs ou positifs. Nous essayons de démontrer l'existence de variations de la dynamique du couvert végétal en fonction des saisons et des années.

Chapitre I

Définition de la zone d'étude, thème et choix des outils utilisés

I-Processus d'étude et méthodes utilisées

Les étapes de la recherche réalisée et les techniques utilisées sont un ensemble de statistiques, de cartes, d'images et de programmes sur les moyens et méthodes utilisées pour collecter les informations et les données nécessaires à la réalisation de cette étude. La variété des éléments et des axes de recherche (données géographiques, régionales, morphologiques, climatiques, géomorphologiques, etc.) nous oblige à nous adresser à de nombreuses autres sources à différentes échelles. Cela a soulevé de nombreuses questions qui doivent être étudiées et trouver la meilleure approche scientifique pour atteindre les objectifs de la recherche. Connaître les caractéristiques des données à utiliser dans la recherche et déterminer leur nature en fonction des priorités que le chercheur doit adopter pour pouvoir développer son programme de recherche de manière à l'aider à réduire les efforts, l'argent et le temps et à atteindre les objectifs de la recherche d'étude.

I-1- Définition de la zone d'étude

La steppe algérienne est un écosystème aride caractérisé par des ressources naturelles limitées, un sol pauvre, des formations végétales basses et ouvertes souvent en touffes espacées, type d'espace géographique correspondant à cette forme de végétation.

I-1-1- Situation géographique de la zone steppique algérienne (voir Fig N°01)

La zone steppique algérienne se localise entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, elle couvre une superficie totale de 20 millions d'hectares, soit 8,4 % de la superficie totale de l'Algérie (Fig. 1). Les limites de cet ensemble géographique sont définies par le seul critère bioclimatique. Elles se trouvent entre les isohyètes moyennes annuelles de 100 mm au sud et 400 mm au nord, couvertes d'une végétation basse et clairsemée (Djbaili 1978 ; LE Houerou et al, 1979).

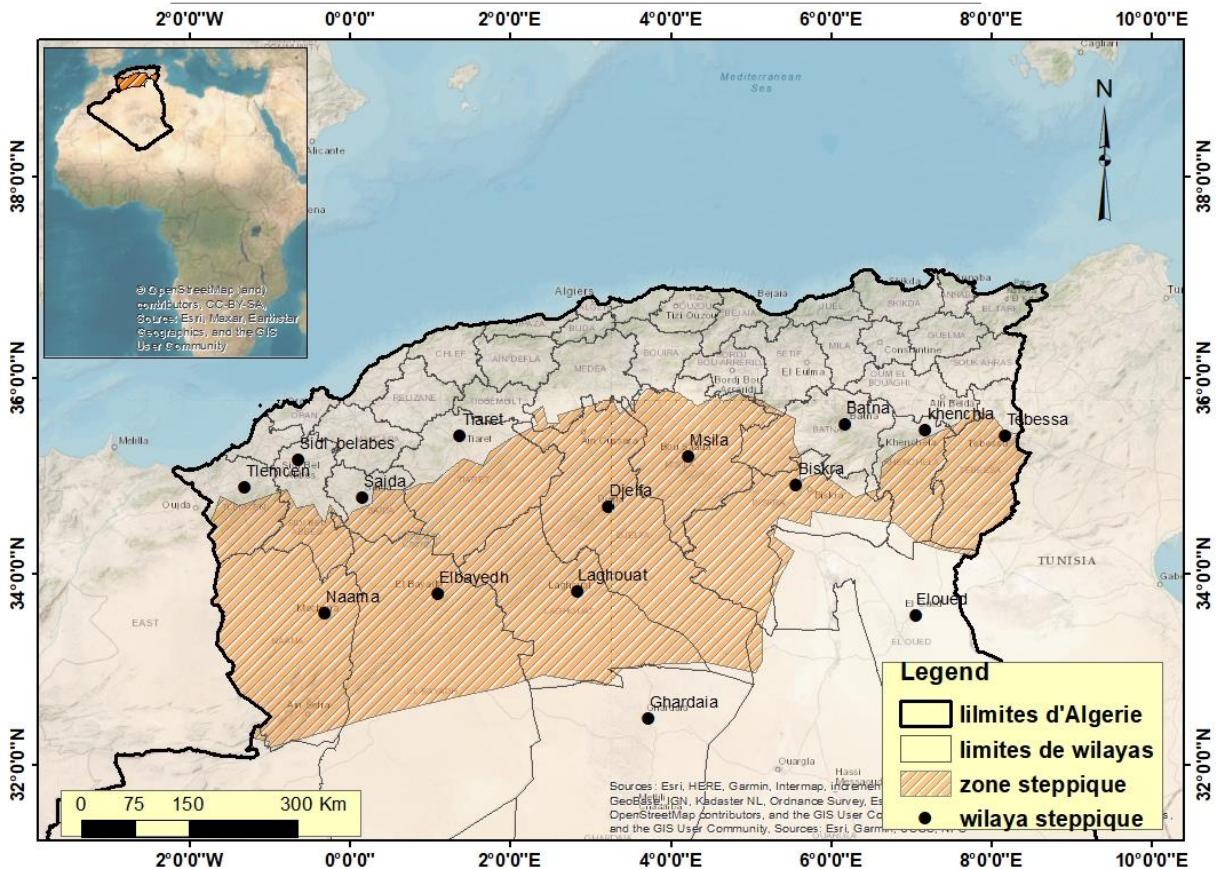


Fig N°01 : Délimitation de la zone steppique en Algérie(source kious C ; données SRTM)

I-1-2-Situation géographique de la steppe de la région Tiaret (voir Fig N°02)

La région de Tiaret est située à 35° 22' 30" de latitude N et 1° 19' 30" de longitude E. Elle fait partie du Plateau Sud Oranais et a une superficie de 20 113,90 km². Il s'agit d'une région à vocation agro-pastorale, et l'objet de notre recherche porte sur la zone pastorale, qui occupe la partie sud de la wilaya et couvre 9749,67 km² soit 48,47% de la superficie totale de la wilaya, répartie sur 11 communes, Le tableau ci-dessous détermine les communes steppiques de la région de Tiaret.

Tab N° 01 : Cordonnées géographiques de la zone steppique de la région de Tiaret

	Communes	Cordonnée géographique	Superficie(km ²)	Altitude(m)
01	Serghine	35°16'15" N/ 2°30'28"E	366,0	761
02	Zmalet el emir AEK	35°53'36" N/ 2°18'36"E	1 189	850
03	Ksar chellala	35°13'00" N/ 2°19'00"E	150,49	800
04	Faidja	35°11'33"N /1°34'52"E	2 284,51	1069
05	Naima	35°05'27"N /1°28'39"E	1 607,31	1268
06	Ain deheb	34°50'40"N /1°32'57"E	1 400	1110
07	Chehaima	34°53'57"N /1°18'24"E	2 200,64	1116
08	Medrissa	34°54'45"N /1°14'24"E	265	1106
09	Sidi abedel rahman	34°47'54"N /1°7'49"E	1 680	1049
10	Madna	34°45'11"N /0°58'58"E	520,20	1031
11	Djibillet rosfa	34°51'51"N /0°50'06"E	471,13	911

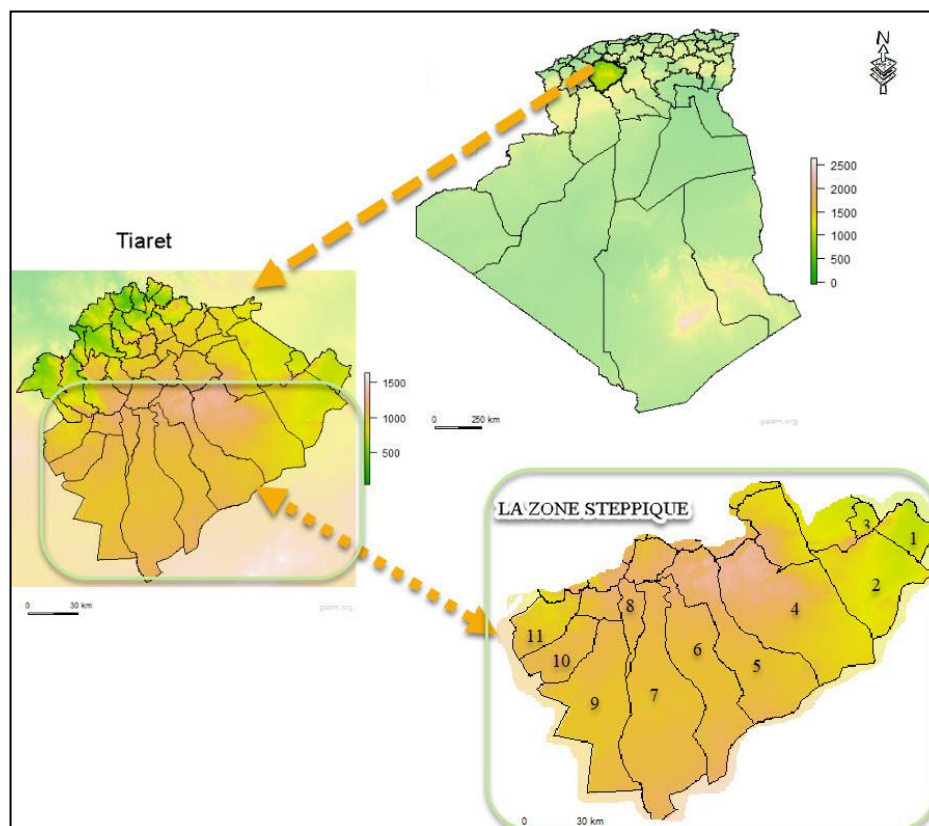


Fig N°01:situation de la steppe de la région de Tiaret(source kious C ; donnée SRTM)

I-1-3-Situation de la zone d'étude

Nous avons choisi la région de Chehaima, une des communes de la steppe de Tiaret, pour notre étude. Elle est située au sud de la Wilaya, à $34^{\circ} 53' 57''$ de latitude N et $1^{\circ} 18' 24''$ de longitude E, avec une superficie de 2 200,64 km². Soit 10,94 % de la surface totale de Tiaret et 22,57 % de la superficie de la zone steppique, elle est connue pour ses formations herbacées, la partie nord étant à vocation agricole. (Voir fig. n°03)

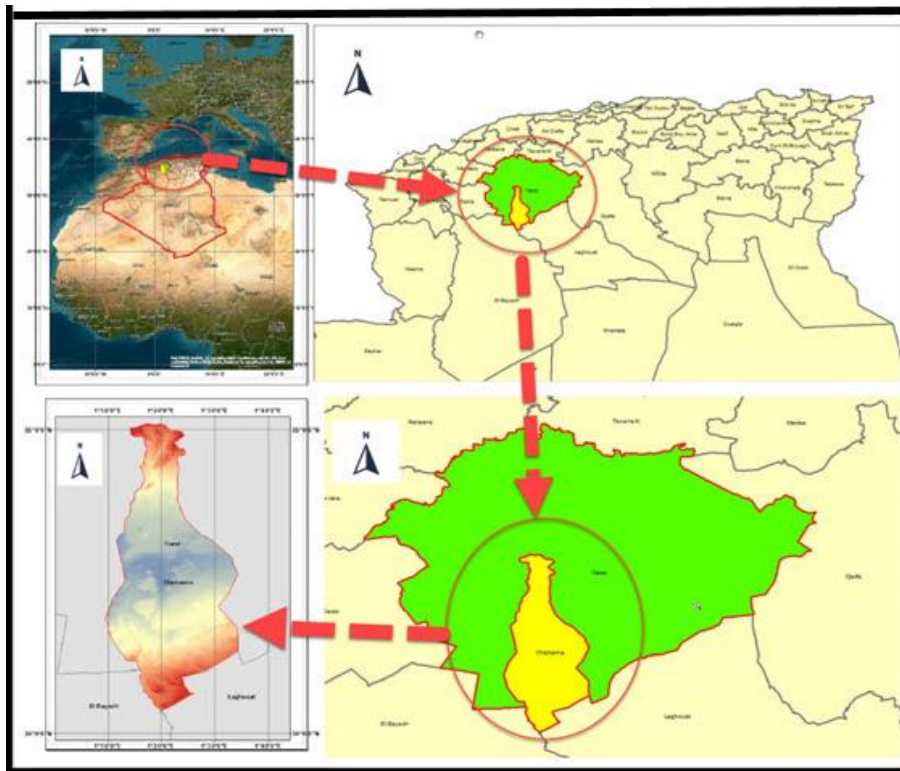


Fig N °03 : Localisation de la zone d'étude Chehaima (source kious C ; donnée SRTM)

La région d'étude de Chehaima se situe à la pointe sud de la région de Tiaret, où elle couvre une grande partie de la zone steppique de la région. Elle est également limitée par deux zones steppiques majeures qui sont connues pour leur tendance à la désertification, à savoir le Chott Chergui dans la région d'El Bayadh et la région de Laghouat. Cela fait de cette zone un terrain vulnérable à ce fait. Il est donc essentiel de se demander si le phénomène de désertification existe déjà dans la zone ou s'il s'agit d'un risque potentiel. Il est donc essentiel de réaliser une analyse approfondie de la zone pour évaluer l'ampleur de la désertification et repérer les éléments qui y contribuent. Cela donnera lieu à la mise en œuvre de mesures de

prévention et de gestion appropriées afin de préserver l'écosystème fragile de la région de Chehaima et d'assurer sa pérennité pour les générations récentes.

I-2-Processus de désertification : description

Le phénomène de désertification est provoqué par des processus économiques et sociaux ainsi que des processus naturels, spontanés ou induits, aptes à détruire l'équilibre qui existe entre le sol, la végétation, l'air et l'eau dans les régions caractérisées par une aridité de type soit édaphique, soit climatique. Une détérioration prolongée aboutit à la diminution ou à la disparition du potentiel biologique de la Terre, à une dégradation des conditions de vie et à une extension des paysages désertiques.

La désertification est un processus continu qui passe par plusieurs étapes avant d'atteindre l'étape finale d'un changement irréversible. Les événements historiques et les changements socio-économiques ont des seuils naturels qui soit déclenchent des événements de désertification, soit maintiennent leur intensité constante.

La désertification ou le risque de désertification ne touche que les régions arides, semi-arides et subhumides, alors que la dégradation continue des propriétés des sols peut conduire à la désertification (CNULCD, 1994). Voir fig. N° 04.

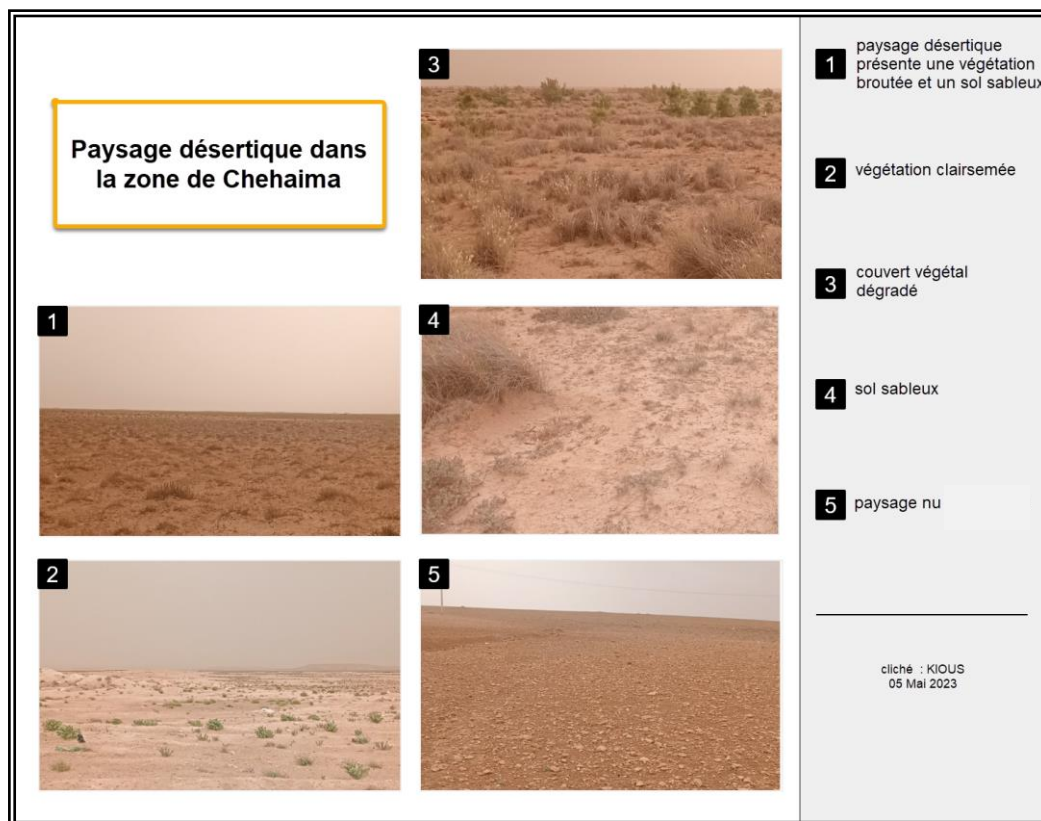


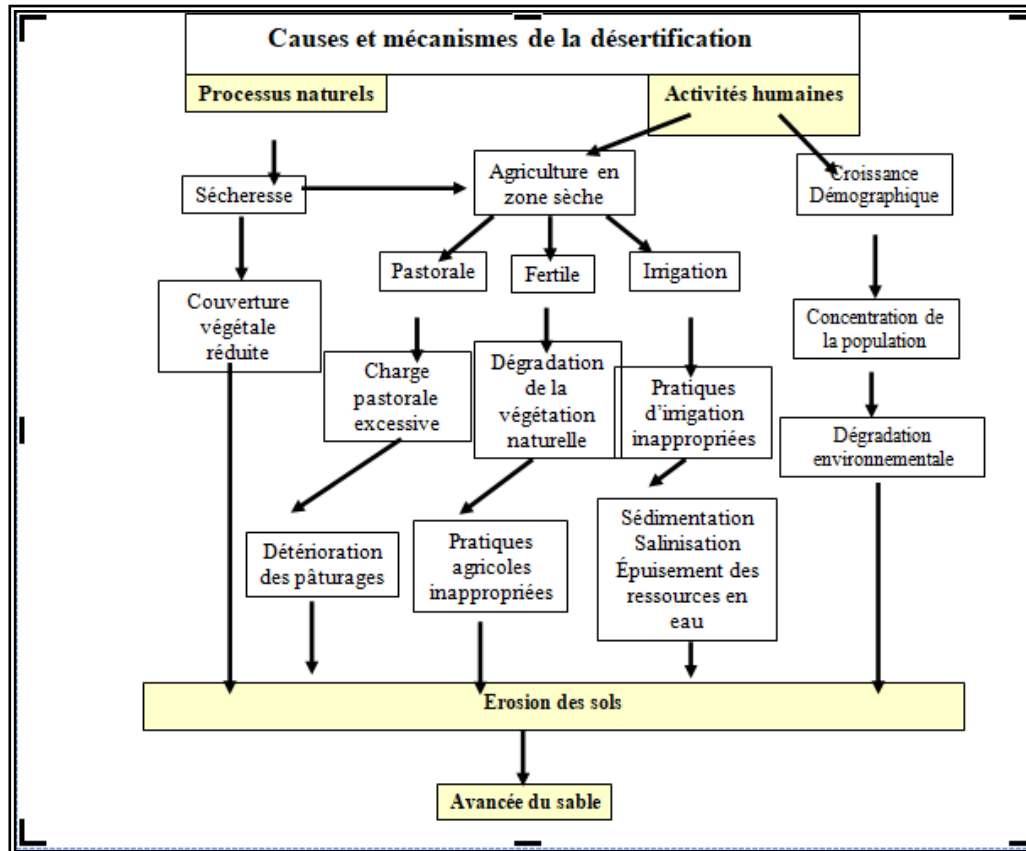
Fig N°04 : Représentation du paysage de la zone de Chehaima (cliché Kious Mai2023)

Au cours de cette étude, nous mettons en évidence les divers aspects de la désertification en se basant sur les travaux déjà réalisés et en utilisant des méthodes adéquates pour résoudre le problème spatio-temporel qui se pose lors de la réalisation des études de terrain, et afin de déterminer le stade atteint, dans la zone de Chehaima par le phénomène.

Comme cela a été mentionné précédemment dans les définitions de la désertification, plusieurs critères se combinent pour expliquer le phénomène, notamment la régression et la disparition du couvert végétal par endroits, ainsi que la présence de formations sableuses.

Le développement des processus de désertification au niveau de la steppe algérienne et de notre région est illustré par l'organigramme ci-dessous, qui résume les causes, les faits et les conséquences de ce phénomène

L'objectif est de déterminer la pertinence des causes et des facteurs, ainsi que les résultats présentés dans l'organigramme, par rapport à la zone d'étude. En examinant de plus près ces éléments, il apparaît clairement que la désertification est un processus complexe et multifactoriel, résultant de l'interaction de plusieurs facteurs naturels et anthropiques.



II- Matériel et méthode

II-1-Phase de collecte de données

De nombreuses sources de données ont été consultées au cours des différentes étapes de cette recherche, sélectionnées en fonction de la nature de l'étude, qui repose principalement sur l'utilisation d'outils de télédétection et de systèmes d'information géographique. C'est pourquoi la recherche de données avec une grande précision a été conçue pour obtenir des résultats précis. L'étape de la collecte des données consiste à effectuer des recherches auprès de sources multiples et diverses, comme il a été indiqué précédemment, et à les simplifier en trois éléments.

1-A-L'état de l'Art

La recherche bibliographique est une étape fondamentale dans l'élaboration d'une recherche. Cette démarche de lecture permet de savoir ce qui a été fait sur un sujet, et sur la zone choisie pour l'étude, Concernant notre thématique, nous avons utilisé une série de références scientifiques visant à susciter l'intérêt pour le sujet tel-que le rapport d'un projet entrepris conjointement par la FAO et le PNUE (méthode provisoire d'évaluation et de cartographie de la désertification) en vue de mettre au point une méthode d'évaluation et de cartographie de la désertification. Des articles ont été réalisés sur la steppe Algérienne comme : les steppes algérienne: causes de déséquilibre réalisé par Nedjimi B et Guit B (2012), (la cartographie de l'évolution de la désertification du Chott Chergui réalisé par Kious C (2009).

Concernant l'approche appropriée à la recherche sur la surveillance de la désertification nous avons utilisé : (Cartographie et suivi du couvert végétal des zones semi-arides par l'imagerie satellitaire) réalisé par Yakoub H(2015), (Dynamique environnementale des zones steppiques à Djelfa: Caractérisation par télédétection des changements du couvert végétal et des processus d'ensablement) réalisé par Mezrag M (2021). (Essai sur l'évolution du couvert végétal et ses impacts dans le piémont (dir) de l'Atlas de Béni-Mellal : étude diachronique à partir d'images Landsat TM et OLI) réalisé par Sallak B & al en 2019. et (Relation multi-temporelle entre la température de surface, l'occupation du sol et l'indice de végétation normalisé) effectué par Allam.A & al en 2021 et autre ; faire la combinaison entre les références qui traitent le phénomène de désertification d'une manière classique ainsi que les références qui montrent des méthodes récentes d'évaluation en utilisant des techniques rénovées comme le calcul des indicateurs spectraux qui aide à déterminer et Estimer l'évolution du phénomène dans la zone d'étude par des mesures précises et mettre en lumière les paramètres

trouvés sur le terrain tout en soulignant les facteurs d'influence ce qui est l'un des objectifs de cette étude.

1-B- Données spatiales

L'utilisation des techniques de télédétection et des SIG nécessite que le chercheur a accès à un ensemble de données numériques (DATA) car elles constituent la base de la recherche comprenant de nombreuses images aériennes, images satellites et cartes numériques. Ces données peuvent être téléchargées à partir Des sites spécialisés. L'un des sites les plus populaires et les plus accessibles est la Commission géologique de l'USGS, sachant que ce site fournit des données gratuites et commerciales et que la plupart des détails peuvent être consultés sur le site via le lien suivant : (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Cette recherche était basée sur des images satellites gratuites à résolution spatiale moyenne :

- ✓ Données satellitaires de Landsat dans toutes ses générations.
- ✓ Données satellitaires Sentinel 2.
- ✓ Données satellitaires Modis
- ✓ DEM (Modèle d'élévation numérique)
- ✓ Images Google Earth Pro
- ✓ **Visuels** spatiales pour le programme Arc Gis.

La plupart de ces images satellites ont été téléchargées à partir d'un site Web affilié à l'United States Geological Survey. (USGS), ces données satellites sont gratuites et accessibles à partir du lien ci-dessus.

Ce site propose plusieurs types d'images satellites, gratuites et payantes, avec Variation de la résolution spatiale et temporelle, en fonction de ce qui est disponible. Pour les données numériques d'élévation de type (DEM), (arc3) et (arc1) téléchargées sur le même site Sont également gratuites. Ci-dessous, nous exposons certaines des caractéristiques des images satellites utilisées dans ce cadre étude.

1-B-1- Données satellitaires (Landsat)

Dans cette étude, des données des capteurs satellite Landsat de différentes générations ont été utilisées. (MSS Landsat 4), (Landsat 5 TM),(Landsat 7 ETM) et (Landsat8 OLI), Chaque génération possède ses propres caractéristiques et avantages, par exemple en termes de précision temporelle. Spatiales et spectrales et nombre de faisceaux d'une génération à l'autre.

Le tableau N°02 ci-dessous montre les caractéristiques et spécifications du satellite (Landsat), le type de capteur placé, sa précision temporelle et altimétrique sur La surface de la terre..[http// www. landsat.com](http://www.landsat.com)

TabN°02 : Caractéristiques et spécifications du satellite Landsat

Génération	Validité de navigation	Altitude m	horaire à l'équateur (am)	renouvellement	Capteurs spatiaux
Landsat1	1972-1978	912	8:50	18 J	MSS, RBV ¹
Landsat2	1975-1982 1année	912	9:08	18J	MSS, RBV
Landsat3	1975-1982 1année	912	9:31	18 j	MSS, RBV
Landsat4	MSS:1982 PRESENT	705	9:45	16 J	TM ² ·MSS
	TM:1982-1993				
	3 ans				
Landsat4-5	1984- PRESENT	705	9:45	16 J	TM·MSS
	3 ans				
Landsat7	1999 en cour	705	10:00	16 J	ETM ⁺³ ,MSS
	6 ans				
Landsat8	2013 en cour	705	10:00	16 J	(OLI)

1- **MSS (Scanner Spectral Multi)** : Capteur spatial à filtre multispectral , Il transportait le premier ensemble de satellites Landsat ; (Landsat 1-2- 3) , Capteur spatiale multi-spectrale (MSS) , (Scanner Spectral M) , Il comprend quatre domaines spectraux couvrant la surface de la Terre 185*185 Km .

2-**TM : Mapper Thematic** : La deuxième série de satellites transporte Landsat 4 et 5 (5-4) (deux capteurs, à savoir le capteur spatial à filtre multispectral (MSS). La carte satellite thématique (TM) comprend 7 champs spectraux couvrant une superficie de 185* 185 km. Sa résolution radiométrique est de 8 bits soit 2 Puissance de 8, ce qui signifie que chaque pixel peut prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0 et 0,255.

3- ETM+ :(Plus Mapper Enhanced Thematic) : La troisième série de satellites transportant Landsat 6 et 7 (7) et (un capteur de type filtre multispectral amélioré pour les cartes thématiques (ETM+), détecte l'énergie dans huit spectres, dont un (ETM+) Panchromatique spectre (sa précision est de 14 mètres. Sa précision peut être utilisée pour améliorer le reste du spectre. Précision Sa mesure de rayonnement est la même que celle du (TM).

On sait que chaque génération a ses propres caractéristiques et avantages en en termes de capteurs placés dans chacune des différentes générations de satellites Landsat. Ce que représente la vue latérale, la chose la plus intéressante dans l'observation des images satellite est de connaître la longueur d'onde Multiples, utilisés par chaque génération et également appelés réponse spectrale relative (RSR), qui utilise les changements d'énergie radiante réfléchis par les matériaux de surface et Identifiez les caractéristiques de la cible étudiée, qu'il s'agisse de végétation, de source d'eau ou de ville, et d'autres.

Les tableaux suivants : (02), (03), (04), (05) décrivent les caractéristiques des bandes spectrales de satellite (Landsat) avec ses générations et ses domaines d'utilisation. Pour plus de détails, veuillez visiter Site officiel de la série de satellites Landsat.

TabN° 03 : Scanner multispectral Landsat (MSS)

capteur	Champs	Longueur d'onde /um	Position spectraux supposés	Résolution spectral	Utile pour la cartographie de
MSS	1	0 .5-0.6	vert	79m	Couvert végétal
	2	0 .6-0.7	bleu	79m	eau
	3	0 .7-0.8	rouge	79m	Type de roche
	4	0 .8-1.1	infrarouge	79m	Humidité du sol

Source : https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-study?qt-news_science_products

TabN° 04 : Caractéristiques des images satellite Landsat 4-5 pour le capteur (TM)

capteur	Champs	Longueur d'onde /um	Position spectraux supposés	Résolution spectral	Utile pour la cartographie de
TM	1	0.45-0.52	Bleu	30m	Pénétrant des masses d'eau, caractéristiques des sols et couverture végétaux, forestiers et urbains
	2	0.52-0.60	Vert	30m	Mesurer la réflectivité de la couleur verte du couvert végétal pour le distinguer et estimer son activité.
	3	0.63-0.69	rouge	30m	Il aide à différencier les espèces végétales et à faire des distinctions Repères urbains.
	4	0.76-0.90	Proche infrarouge	30m	Déterminer les caractéristiques de la masse d'eau, l'humidité du sol, identifier les types de végétation et leurs activités.
	5	1.55-1.75	Infrarouge moyen	30m	Il distingue la végétation et le sol de l'eau et est bénéfique Aussi pour faire la distinction entre la neige et les nuages
	6	10.4-12.5	Infrarouge thermique	30m	Déterminer les détériorations de la végétation et l'humidité du sol Et dessiner des images thermiques.
	7	2.08-2.35	Infrarouge moyen	30m	La distinction entre les minéraux et les roches est sensible à l'humidité des espèces végétales

Source : https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-study?qt-news_science_products=7%20-%20qt-news_science_products

TabN° 05 : Caractéristiques des images satellite Landsat 7 pour le capteur (ETM+)

capteur	Champs	Longueur d'onde / μm	Position spectraux supposés	Résolution spectral	Utile pour la cartographie de
ETM+	1	0.45-0.51	Bleu	30m	Déterminer l'eau, la végétation et le sol
	2	0.52-0.60	Vert	30m	Évaluer le couvert végétal et estimer l'activité des espèces végétales
	3	0.63-0.69	Rouge	30m	Utilisé pour différencier les espèces végétales qui contiennent de la chlorophylle.
	4	0.75-0.90	Proche infrarouge	30m	Distinguer la fertilité des plantes et du sol
	5	1.55-1.75	Infrarouge à ondes courtes	30m	Observer la dégradation de la végétation et du sol
	6	10.40-12.5	Infrarouge thermique	60m	Pour distinguer les dommages causés aux plantes
	7	2.09-2.35	Infrarouge Réfléchi	30m	Pour distinguer la température de la roche et de l'eau
	8	0.52-0.90	panchromatique	15m	Distinguer les couches de la terre

source : https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-study?qt-news_science_products=7%20-%20qt-news_science_products

TabN° 06 : Caractéristiques des images satellite Landsat8 (OLI)

capteur	Champs	Longueur d'onde / μm	Position spectraux supposés	Résolution spectral	Utile pour la cartographie de
(OLI) (TIRS)	1	0.43 - 0.45	coastal aerosol	30m	Études côtières et sur les aérosols
	2	0.45 - 0.51	Bleu	30m	Déterminer l'eau, la végétation et le sol
	3	0.53 - 0.59	Vert	30m	Évaluer le couvert végétal et estimer l'activité des espèces végétales
	4	0.64 - 0.67	Rouge	30m	Utilisé pour différencier les espèces végétales qui contiennent de la chlorophylle.
	5	0.85 - 0.88	Proche infrarouge	30m	Distinguer la fertilité des plantes et du sol
	6	1.57 - 1.65	Infrarouge moyen	30m	Évaluation de l'humidité du sol et de la végétation en utilisant des données cloud
	7	2.11 - 2.29	Infrarouge moyen	30m	Évaluation de l'humidité du sol et de la végétation en utilisant des données cloud
	8	0.50 - 0.68	panchromatique	15m	Image nette
	9	1.36 - 1.38	Cirrus	30m	Détection améliorée de la pollution par nuages minces.
	10	10.60 - 11.19	Infrarouge thermique	100m	Cartographie thermique et estimation de l'humidité du sol.
	11	11.50 - 12.51	Infrarouge thermique	100m	Améliorer les cartes thermiques et estimer l'humidité Sol

Source : https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-study?qt-news_science_products=7%20-%20qt-news_science_products

Les images satellite Landsat nous sont très utiles pour créer des cartes à partir du calcul d'indices spectraux tels que :

- figures de composition colorée (classification spatiale du couvert végétal en *False color*) de 1995 à 2023.

-figures NDVI indice de végétation par différence normalisé calculé sur une période de 1995 à 2023.

1-B-2- Données satellitaires (Sentinel 2)

Image satellites gratuite de haute qualité fournie par le satellite Sentinel 2 pour les chercheurs C'est certainement un avantage non négligeable. Ce satellite a été lancé par l'agence spatiale. La mission de l'Europe est d'imager l'évolution des ressources à la surface de la Terre, en contribuant à mener des recherches scientifiques dans des domaines très divers. Ce nouveau satellite fait partie d'une série que l'Agence européenne prévoit de lancer séquentiellement. Après le lancement (Sentinel1) spécialisé dans la collecte de données sur les changements météorologiques, par exemple, Les inondations, Sentinel-2 est maintenant opérationnel, fournissant des images de haute résolution de la surface de la Terre, ce qui en fait une ressource précieuse pour la recherche liée aux forêts, à l'urbanisation, aux espaces verts et à bien d'autres sujets.

Sentinel-2 est un satellite européen d'imagerie optique de la Terre, lancé par l'Agence spatiale européenne (Sentinel), deuxième satellite de la génération Sentinel, le 7 mars 2017, dans le cadre du programme spatial copernicien. Son orbite sera au même moment (180°). Contrairement au satellite Sentinel-2 lancé en 2015, ce satellite dispose d'une installation industrielle contenant des équipements scientifiques qui scannent une vaste zone de la Terre pour former des images haute résolution à l'aide d'une imagerie multidimensionnelle. Le spectre contient 13 bandes spectrales et des cibles. Cela nécessite de parcourir le terrain dans plusieurs directions et de prendre des images de chaque site tous les cinq jours et à plusieurs reprises afin de déterminer les changements climatiques et physiques. (Site officiel satellite de l'Agence spatiale européenne sentinel : <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>)

L'imagerie sentinel1-2 nous a été utile pour surveiller et cartographier l'occupation du sol de la région de Chehaima du 2000 à 2023.

1-B-3-Données satellitaire MODIS

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), est un capteur du satellite TERRA, a été lancé le 18 septembre 1999. Un équipement MODIS similaire a été lancé sur le satellite AQUA le 4 mai 2002. Sa durée de vie prévue de 6 ans. il enregistre des données dans 36 bandes spectrales. Les longueurs d'onde vont de 0,4 à 14,4 μm et les résolutions d'imagerie vont de 250 m à 1 km.

TabN° 07 : Caractéristique du capteur MODIS de Terra ou Aqua

Bande spectrale		Largueur d'onde(μm)	Résolution spatiale(m)	utilisation
01	Rouge	0.620-0.70	250	Frontière
02	PIR	0.841-0.876	250	
03	Vert	0.459-0.479	500	Végétation /Nuage/Aérosols
04	Bleu	0.545-0.565	500	
05	MIR 1(neige)	1.230-1.250	500	
06	MIR 2(nuages)	1.628-1.652	500	
07	MIR 2(Sols)	2.105-2.155	500	
08		13.785-14.085	1000	Nuage haute altitude
09		14.085-14.385	1000	
Domaine : Occupation du sol et végétation				
Orbite : Héliosynchrone				
Couverture : tous les 1à2 jours				
Couloir : Couvert 2330Km				
Opérationnel : depuis 2002 pour Terra et 1999 pour Aqua				

Source : (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

L'imagerie MODIS nous permet de suivre l'évolution de la couverture végétale dans la région de Chehaima pour démontrer la dynamique de la végétation et les indicateurs associés ainsi que de fournir des figures telles que :

-**NDVI** : figures du taux de couverture végétale de 2000 à 2023

-**LST** : figures de température de surface (2000-2023)

-**SMI** : figures d'indice d'humidité du sol (2000-2023)

1-B-4- Données SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

Il s'agit de l'une des plus grandes navigations spatiales (SRTM) basées sur des données radar de la Terre a été créée par plusieurs agences spatiales qui sont :

- NASA (National Aeronautics and Space Administration)
- NGA (National Geospatial intelligence Agency)
- GAC (German Aerospace Center)
- ISA(Italian Space Agency)
- RDR (Radio Detection Ranging)

Cette mission a été lancée le 11 février 2000 et a duré environ 11 jours, au cours desquels Des données suffisantes ont été collectées pour produire une base de données tridimensionnelle pour plus de 80% de la masse de la Terre environ 99,97 % des zones entre deux cercles de vue sont à (60°Nord et 56° Sud). Ce satellite était à bord de la navette (Endeavour), Il transporte des systèmes de capture C (SIR-C) Radar d'imagerie spatiale et Band -X(x-SAR) Synthétique Aperture Radar.

Les données collectées à partir de ce radar sont du type Digital Élévation Data (DEM), appelées Digital Élévation Model, sont disponibles en deux minutes Depuis 2016, ces données sont un ensemble de points à la surface de la Terre, contenant chacun trois informations. Ce qui signifie que tous les points de l'espace sont définis par des valeurs selon trois axes (X.Y.Z). et ces valeurs représentent la topographie de la Terre.) Le tableau 08 met en évidence les caractéristiques du numéro de modèle technique d'élévation (SRTM).

TabN°08 : SRTM (ShuttleRadarTopographyMission)

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)	
projection	géographie
datum (donnée) géodésique horizontal	WGS84
Datum géodésique Vertical	EGM96 (Earth Gravitational Model Vertical Datum1996)
Unités verticales	1 arc-second for global coverage (~30 Spatial meters) 3 arc-seconds for global coverage (~90meters)
degré tiles 1	degré tiles 1
C-band Wavelength	5.6 cm

Source : <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm> .

L'image SRTM nous à aider à réaliser les cartes de caractéristique physique de la région de Tiaret y compris la zone de Chehaima tels que :

- MNT : modèle numérique du terrain (morphologie du terrain)
- La carte des altitudes
- La carte des pentes
- La carte du réseau hydrographique

II- 2- Techniques utilisées

II- 2-1-Étapes de typologie et de classement des données

L'outil de télédétection et le SIG ont été utilisés dans cette recherche et, par conséquent, un grand nombre de données de différentes sources ont été recueillies, d'autant plus que le processus de classification et de tabulation des données a été principalement effectué par des logiciels spécialisés.

La disponibilité des données dans leur forme initiale ne permet pas au chercheur d'en déduire quoi que ce soit. Par conséquent, Les données brutes sous leur forme non groupée passent par des étapes afin de les reproduire sous forme de tableaux, de graphiques ou de cartes pour identifier son contenu, et le processus de totalisation des données est un processus important dans la recherche scientifique.

Les données ont été regroupées et examinées de deux façons, selon la qualité et l'objectif des données. Chaque procédé a été mis en œuvre par étapes avant le début de son utilisation, comme suit :

A- Traitement initial des données spatiales :

Après avoir téléchargé des images satellites de toutes sortes, elles doivent être préparées et configurées avant de commencer à les utiliser, car les visuels bruts contiennent des distorsions géométriques alors que ce processus de correction d'ingénierie est fait pour éliminer ces distorsions, et ce, grâce à un logiciel de télédétection et à des systèmes d'information géographique multiples et variés.

Plusieurs procédures pratiques sont nécessaires pour le traitement numérique des visuels utilisés dans l'étude, y parmi :

A-1-Correction géométrique

Lors du téléchargement de visuels spatiaux du satellite Landsat à partir de sites spécialisés ces visuels ne sont pas exempts de distorsions géométriques résultant d'un changement de vitesse du levé ou du changement de la hauteur et de la vitesse du vaisseau transportant les capteurs (micros), et par conséquent, avant d'exploiter ces visuels, la correction géométrique des images spatiales doit être effectuée.) Corrections géométriques.

Cette correction est particulièrement importante lors de la comparaison ou de l'appariement de divers visuels de l'espace Mosaïque ou du processus de mosaïque de différents systèmes de précision et de détection du temps. Le processus de correction géométrique des visuels est calculé mathématiquement en fonction des facteurs de conversion sur la base desquels l'image est corrigée en réorganisant les éléments au niveau de l'image.

Ce processus se fait en convertissant de la valeur de pixel (PIXEL) numérique visuel (DN) en valeur de radiance dans les mêmes visuels de l'espace Il existe de nombreuses façons de faire ce processus.

Dans les visuels de cette recherche, la méthode de la ligne empirique (Empirical Line) est utilisée. Le processus se fait en appliquant la formule de bandes suivante sur tous les canaux d'une vue dans l'un des programmes spécialisés dans la télédétection en tant que programme. (Envi) Par exemple.

$$\text{Radiance} = \text{DN} * ((\text{Lmax} - \text{Lmin}) / \text{Qcalmax}) + \text{Lmin}$$

Où

DN : Band

Lmax- Lmin : ce sont les valeurs maximales et minimales des Radiances dans chaque bande (Ce sont des valeurs qui sont placées dans un fichier Metadata l'image a été téléchargée avec Visual spatial).

Qcalmax : est la valeur maximale que (DN) pouvant être (égal à 255)

A-2- Correction de radiation

Ces distorsions résultent soit d'erreurs de capteurs, soit de dommages atmosphériques. La lumière transmise par le Soleil est dispersée dans l'atmosphère, et la dispersion atmosphérique est plus grande sur les rayons lumineux de longueur d'onde plus courte, comme dans les images "Landsat". Ces rayons dispersés sont ajoutés au rayonnement réfléchi de la surface de la Terre à l'engin spatial provoquant une réduction du degré de variabilité dans l'image spatiale. Cette correction vise à modifier l'intensité de la lumière en supprimant la valeur des rayons diffusés des valeurs des éléments d'image.

Ce processus est effectué en convertissant la valeur de rayonnement (Radiance) dans l'espace des visuels à la valeur de la réflexion radiométrique (réflectance), sur le même visuel, pour faire cette conversion, nous utilisons la formule suivante sur toutes les bandes d'un visuel dans l'un des programmes spécialisés en télédétection :

$$\text{Reflectance} = (\pi * \text{radiance} * d * d) / (\text{ESUN} * \cos(\text{theta}))$$

Où :

✓ **pi :** constante 3.14

✓ **d :** La distance entre le Soleil et la Terre au moment où l'image a été prise

✓ **Theta :** angle projeté de l'inclinaison du faisceau solaire sur Terre.

✓ **ESUN :** La valeur du rayonnement solaire moyen en dehors de l'atmosphère.

Sachant que lors du téléchargement de visuels, nous trouvons un fichier avec ces valeurs.

A-3-Amélioration spatiale des visuels :

Il s'agit d'une technique visant l'amélioration spatiale des visuels spatiaux de haute précision de type Panchromatique utilisées avec des visuels spectraux de haute précision pour produire un visuel à haute résolution spatiale et haute résolution spectrale.

La précision spatiale est la plus petite distance sur Terre à laquelle un capteur distant peut distinguer deux objets adjacents une haute de la précision spatiale qui conduit à la capacité de différencier les formes les unes des autres. La résolution spectrale est écart du nombre d'ondes dans le spectre électromagnétique qu'un capteur distant peut détecter. Il y a beaucoup de façons dont l'amélioration spatiale des visuels est mentionnée les façons dont l'étude a été utilisée. Y parmi :

➤ **(Brovey Transform) (BT):** Cette technique utilise trois faisceaux multi-spectraux à résolution spatiale moyenne avec un canal panchromatique à haute résolution dans le processus de fusion, et le processus est limité à l'amélioration de seulement trois canaux.

➤ **(Principal Component) (PC) :** C'est la méthode la plus couramment utilisée qui utilise des faisceaux de spectromètres spatiaux sans restriction avec une résolution spatiale moyenne avec un faisceau panchromatique à haute résolution spatiale pour obtenir des visuels multi-spectraux à haute résolution spatiale.

➤ **(Multiplicative) (MLT) :** Cette technique utilise le processus de multiplication entre certaines parties de visuels haute résolution avec la même partie dans des visuels moyens de précision spatiale et n'est pas déterminée par l'amélioration d'un certain nombre de faisceaux.

A-4- Amélioration du contraste

L'amélioration du contraste est utile pour augmenter la variation de couleur entre les éléments de l'image unique, en particulier ceux avec des tons de couleur proche, en diffusant les niveaux de luminosité de la sphère, couvrant tout le champ de couleur du noir au blanc.

A-5-Filtrage

Les signaux de bruit présents dans les images spatiales entraînent une distorsion. L'utilisation de filtres a pour but de diminuer ce bruit, ce qui facilite l'interprétation du contenu de l'image. La sélection du filtre adéquat prend en compte le contenu de l'image de

données et le taux de bruit. Le but de cette étude est d'évaluer le degré de distinction du système à utiliser.

A-6- composition colorée

Cette méthode repose sur la collecte et la présentation de trois faisceaux multi-spectraux avec des longueurs d'onde visibles pour que l'œil humain puisse les percevoir. Cette technique affiche trois faisceaux d'espace spectral chacun avec une couleur spécifique : rouge, vert et bleu, ce qui est connu sous le nom de RVB et qui est le paramètre recherché.

2-2- Réalisation d'une base de données de la zone d'étude

Les bases de données géographiques sont définies comme un ensemble composite et structuré de données accessibles systématiquement, ce qui en fait une composante importante des systèmes d'information géographique (SIG) où les données sont organisées à l'aide de différents types de systèmes de gestion de bases de données.

Le système d'information géographique (SIG) stocke les informations pour la zone d'étude sous la forme d'un ensemble de cartes thématiques qui sont géographiquement liées les unes aux autres dans un format simple mais hautement structuré, et en termes scientifiques s'est avéré important pour résoudre bon nombre des problèmes posés par la recherche scientifique.

2-2-A- Les logiciels les plus indispensables utilisés dans l'étude

Les logiciels sont les applications utilisées dans les systèmes d'information géographique qui gèrent et relient l'espace et les métadonnées. Ces dernières années, le type de logiciel utilisé pour gérer les bases de données a considérablement progressé, d'autant plus que ces données ont augmenté en volume en diversifiant les informations qui peuvent être stockées et récupérées au moment où elles en ont besoin.

Lors du choix du logiciel, il convient de prendre en compte le but de son acquisition, le type d'applications requis, la connaissance de ses capacités, son coût, la facilité d'apprentissage et de compréhension, ainsi que le support fourni par le producteur du logiciel.

Cette recherche est basée sur une gamme de programmes, y compris :

► **Logiciel (Arc Gis)**

Arc Gis est l'un des logiciels SIG et même de télédétection les plus appréciés dans sa dernière version, un pavillon intégré d'applications avancées publié par l'American Environmental Systems recherche Institut Company (ESRI). Ce système est composé de trois parties principales :

► **(Desktop Arc GIS) :** C'est la version bibliographique du SIG et un ensemble complet du système d'information géographique.

► **(SDE Arc) :** C'est une interface de gestion de bases de données géographiques.

► **(IMS Arc) :** Il s'agit d'un programme spécial de système d'information géographique (SIG) qui fonctionne sur Internet. Pour plus de détails sur ce programme, consultez le site Web officiel du programme en cliquant sur le lien (<https://www.esri.com/fr-fr/home>).

► **Logiciel Snagit**

TechSmith a développé Snagit, un logiciel de capture d'écran et d'enregistrement vidéo. Il est couramment utilisé pour capturer des images, du texte, des vidéos et des pages web dans le but de présenter, documenter, former et communiquer. Les fonctionnalités avancées de Snagit incluent l'édition d'images, l'annotation, la création de GIF et la facilité de partage du contenu. Cet éditeur est utilisé dans notre étude pour finaliser toutes les figures illustrées dans le manuscrit.

2-2-B-Identification du système de coordonnées et de la référence géographique appropriée :

Il y a une différence entre la référence géodésique (Datum) et le système de projection et simplement et brièvement : la référence est Ellipsoïde, c'est-à-dire le stéréotype en forme de Terre choisi par un état particulier pour créer ses cartes (<http://surveying.ahlamontada.com/t371-topic>). Au début de l'année 1980, l'Institut national de cartographie et de télédétection en Algérie (INCT) a lancé un nouveau programme topographique régulier sur une échelle de 1/50000. Le système de Lambert Conique a été abandonné et remplacé par le Global Mercator Transverse Projection System (UTM) ainsi que le développement d'une nouvelle division.

La photographie poreuse a été restaurée par imagerie aérienne sur une échelle de 1/40000 avec des relevés suffisamment détaillés et précis pour obtenir des cartes sur une échelle de 1/25000. Cette couverture cartographique sur une échelle de 1/25000 réalisée dans les zones côtières en particulier. (http://www.inct.mdn.dz/site%20arabe/web_inct_sim/act-topographique.php).

La référence (WGS 84) est également une référence mondiale basée sur le même ellipsoïde, c'est-à-dire sans aucune modification pour qu'elle puisse être traitée globalement pour n'importe quel pays, d'autant plus qu'il s'agit de la référence sur laquelle reposent les coordonnées des mesures de la technologie GPS.

La désignation du système de projection est le seul moyen de positionnement sur les cartes numériques, les images aériennes et les visuels spatiaux dans les programmes SIG. La construction de la base de données de la région de Chehaima nécessite l'identification du système de coordonnées approprié, qui est le premier et le plus important élément dans l'organisation de la base de données géographique, qui est déterminée par le contrôle de la précision spatiale tels que les distances, les espaces et la direction sur la visibilité de l'espace de la zone d'étude.

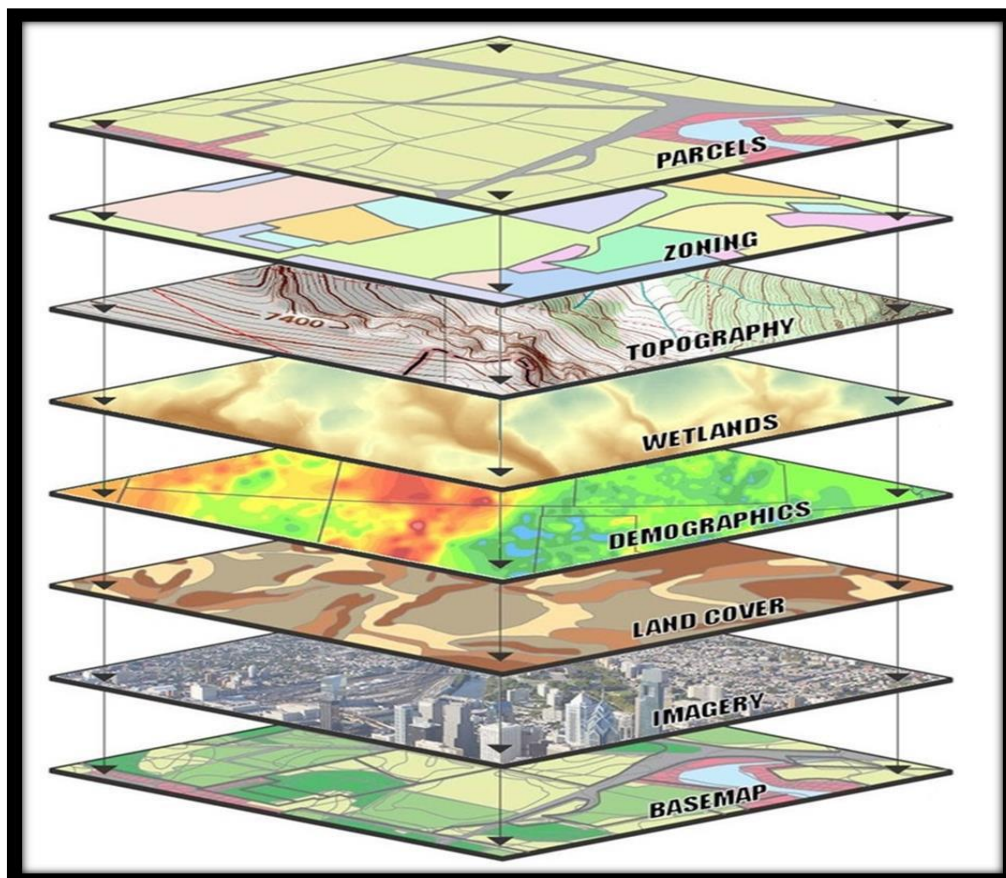
Déterminer le type de projecteur et les coordonnées de la carte produite dépendent de la qualité de cette carte et si la carte est un type de carte millionnaire (cartes Atlas) avec de petites échelles graphiques qui ne montrent pas les détails exacts du phénomène géographique et qui sont principalement généralisées. Le projecteur approprié est le projecteur de niveau. Lorsque le type de carte à produire est une carte topographique ou des cartes détaillées à grande échelle comme dans cette étude, il faut le projecteur Mercator ajusté du monde (UTM), qui maintient les angles et la forme et a un coefficient d'échelle constant dans toutes les directions pour aider à mesurer les distances et les espaces correctement et avec précision.

2-2-C- Création de couches pour la base de données :

La base de données désigne un ensemble de données associé mathématiquement composé de tables, à partir d'enregistrements et de champs, où les données sont stockées dans l'ordinateur de manière ordonnée, quelle que soit la taille ou le type de ces données.

Le processus d'établissement d'une base de données de la région de Chehaima est considéré comme le navire qui entre et stocke les données dans des couches¹. Afin de construire une base de données géographique selon des bases scientifiques correctes, Il est nécessaire de connaître ses types, ses caractéristiques, comment le créer et quelles couches doivent être créées

Couches (Layers) : L'institut pour la recherche et les écosystèmes (ESRI) le définit comme un ensemble logique de données pour un sujet que ce soit spatialement, descriptivement ou les deux, entré et stocké dans l'ordinateur comme l'un des ensembles organisés de couches et entré dans l'ordinateur par un programme spécifique d'une manière appropriée.



FigN°05 : Illustration du concept des couches dans les programmes SIG

En raison de ces avantages, des couches de base de données de ce type (Geo data base) ont été créées selon les exigences de l'étude identifiées des caractéristiques naturelles de la

région. La base de données géographiques (Geo data base) est structurée selon la nature des données approuvées dans la construction et comprend les trois principaux types de couches :

✓ **Couches de points** : Il s'agit d'un calque contenant un ensemble de points à mettre en lumière le point le plus haut et le point le plus bas de la région afin d'extraire certaines équations morphométriques liées aux caractéristiques du terrain.

✓ **Couches linéaires** : Il s'agit d'un calque contenant un ensemble de lignes montrant le réseau de drainage de l'eau, composé du cours d'eau principal et de ses divers affluents, a été automatisé par des programmes spécialisés (Arc Hydro), et ce programme peut également extraire les variables formelles et les caractéristiques du réseau hydrographique du bassin d'étude.

Ces données ont été placées séparément dans des couches pour faciliter l'interaction et le rappel de la base de données pendant la construction de l'enquête d'application d'équation morpho-métrique.

✓ **Couches de surface** : Il s'agit d'une couche surfacique de diverses formes géométriques représentées par cette zone :

- La surface des niveaux de dénivelé.
- La surface de divers intervalles d'altimétrie
- La surface d'occupation des sols.
- la Surface occupée par la végétation

2-2-D- Insertion des informations complémentaires pour la zone d'étude (Chehaima)

Traiter des phénomènes de désertification en particulier, la dynamique du couvert végétale et détérioration du sol est devenu direct, où il peut être vu sur la base de la cible précédemment identifiée, le même peut être représenté sur la base de toute classification sélectionnée des valeurs statistiques impliquées dans la représentation, ou sur la base de toute nouvelle question, cette caractéristique a déplacé la science de la cartographie de la science traditionnelle qui affiche le phénomène géographique sur les cartes dans un document constant. (Statuts) à la science technique qui a réalisé des cartes précises dans la construction ainsi que la vitesse de visibilité, de présentation, de changement ou de stockage des résultats et la facilité de manipulation, en utilisant de nombreux logiciels spécialisés dans un tel logiciel qui aide à

organiser, exploiter et gérer les bases de données et classer les noms par ordre alphabétique ou par ordre numérique. Il permet à l'utilisateur d'ajouter de nouvelles données, de mettre à jour les anciennes données et d'imprimer les rapports de la manière souhaitée.

2-3-Traitement et analyse des données :

Le processus de traitement et d'analyse des données dépend de plusieurs processus, l'étape suivante des chapitres de l'étude, où les statistiques et les données sont traitées sous la forme de cartes, de tableaux ou de représentations graphiques significatifs et ciblés pour l'analyse et l'extraction. À partir de là, nous constatons que si le processus initial de tabulation et de traitement n'est pas effectué correctement, le processus de traitement des données finales ne peut pas être crédible et ne devrait donc pas permettre d'en tirer des conclusions précises.

Les analyses et interprétations des images sont basées sur des moyens auxiliaires. L'analyste et l'interprète ont pu prendre une idée préliminaire pour partir d'eux. Parmi ces aides figurent des cartes et des images aériennes, des rapports de terrain et des relevés sur le terrain.

Conclusion

La région de Chehaima fait partie du domaine steppique des Hautes Plaines Sud Oranaise, située au Sud du périmètre de Tiaret. Elle représente 10,94% de sa surface totale et 22,57% de la superficie de la zone steppique, où le phénomène de désertification se manifeste à différents stades, donnant au paysage un aspect désertique dominant. Une détermination précise de ce phénomène nécessite l'utilisation de méthodes technologiques en complément des méthodes classiques pour une analyse spatiale et temporelle plus approfondie de l'événement.

On peut dire que, la préparation de données de différents types de bureau et d'espace est l'une des étapes les plus importantes de la recherche afin de faciliter le travail d'une part et d'obtenir des résultats précis et logiques d'autre part.

L'utilisateur des SIG et des programmes de télédétection doit connaître les deux aspects théoriques et appliqués de cette science et doit y consacrer temps et efforts. Il devrait également avoir une étude des principes fondamentaux de certaines sciences, tels que la

cartographie des médias et de la machine, et devrait recueillir certains titres liés au sujet de recherche.

Être un simple utilisateur de logiciels et d'applications, car les SIG et les logiciels de télédétection dépendent non seulement de l'utilisation de l'outil, mais aussi de l'aspect analytique spatial et temporel, et fournir l'interprétation nécessaire des différents phénomènes étudiés en créant des diagrammes et des rapports détaillés à ce sujet pour avoir finalement une carte.

Chapitre II

***Description du milieu
naturel de Chehaima***

&

***Facteurs influent dans
la désertification***

La désertification est un processus environnemental complexe dans lequel les terres relativement arides deviennent progressivement plus sèches et moins productives, entraînant souvent une dégradation des sols et une perte de biodiversité. Décrire l'environnement et identifier les facteurs liés à la désertification est nécessaire pour plusieurs raisons que la description environnementale nous permet de comprendre les caractéristiques physiques, biologiques et socio-économiques d'une zone particulière. Cela inclut la topographie, le climat, la végétation, les ressources en eau et les activités humaines. Ainsi que Identifier les zones à risque, En analysant les facteurs qui contribuent à la désertification dans la zone d'étude, il est possible de déterminer les zones à haut risque de dégradation des terres. Cela permet de cibler les efforts de conservation et de mettre en œuvre des mesures d'adaptation.

I-1-Relief et morphologie de la région de Tiaret

Le territoire de la région de Tiaret est délimité par le versant sud de la chaîne tellienne, au Sud par l'atlas saharien (Djebel Amour) et au sud-ouest par les montagnes de Saïda. Cependant, le reste de la wilaya représentant les hautes plaines est également limité par :

- La cuvette du chott Chergui au sud de la daïra de Freneda.
- Les plateaux de Sersou au nord.

Le cadre géomorphologique de la région est réparti en quatre grandes unités distinctes et plus ou moins homogènes. (Duvignaud, 1992). Il s'agit de :

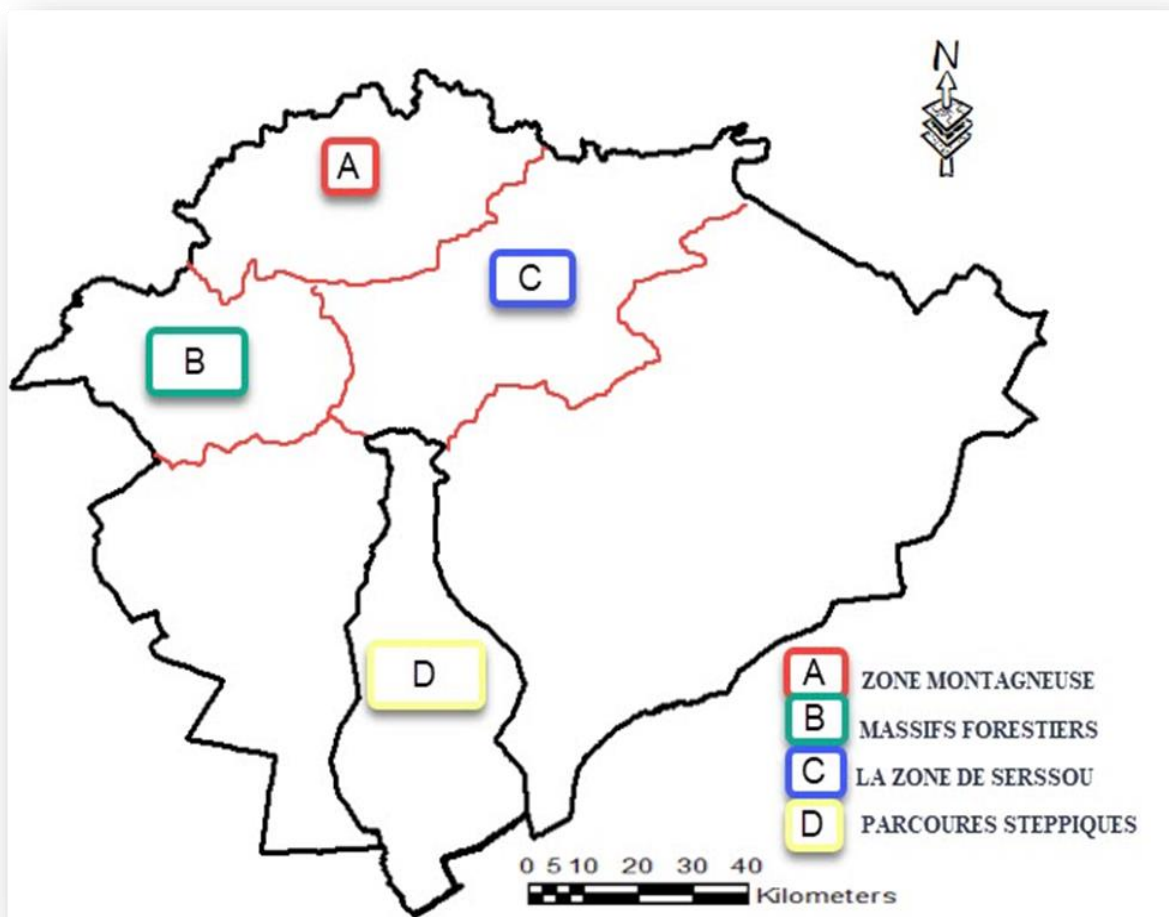
Zone A : situé au Nord, zone montagneuse qui fait partie de la limite méridionale Ouest du massif de l'Ouarsenis. Elle est formée par (djebel Mahanoun (1245m), Sidi Maarouf (1135m), Bechtout (934m) et Ghezoul(1200m) qui appartient déjà à la bordure Sud tellienne.

Zone B : massifs forestiers et sub-forestiers du Sdama et el Gaada au Sud-Ouest que l'on appelle les monts de Freneda, derniers contrefort de l'atlas tellien, qui culmine à 1244m au djebel Adjar, dans le Sud-Est de la forêt.

Zone C : la zone de Serssou : La morphologie de la zone du Serssou est caractérisée par la présence de grands massifs homogènes, qui font partie du vaste plateau du Serssou. Incliné vers le sud-est, où le dénivelé varie de 1200m Dj Guezoul à 970m dans la vallée de Nahr Ouassel.

Zone D : le parcours steppique de la région de Tiaret qui est réparti en quatre secteurs :

- ▶ Secteur d'oued sousselem
- ▶ Zone des expérimentations d'aménagement e la steppe.
- ▶ Bassin versant d'oued Mina.
- ▶ La sous zone périphérique du Chott Chergui. (Voir Fig N°06)



FigN°06 : Répartition des zones naturelles de la région de Tiaret (Duvignaud, 1992)

Notre zone d'étude s'étale sur une surface important du secteur 3 et 4, au Nord affilé au sous bassin versant de Oued Mina et au Sud c'est l'étendu du Chott Chergui.

I-2- Description du milieu naturel de Chehaima

I-2-1 Altimétrie de la zone d'étude

La zone de Chehaima est située à l'extrême Sud de la région de Tiaret, elle présente une topographie homogène. L'altitude de la région de Tiaret varie entre 273 m à l'extrême nord-ouest de la région et 1494 m représentant le secteur montagneux, tandis que l'altitude de la zone de Chehaima comprise entre 1037 m à Daiet El Kerch et 1137 m à djebel Torada, la dénivelé de la zone est très faible donne un aspect de platitude au terrain. (Voir Fig N°07).

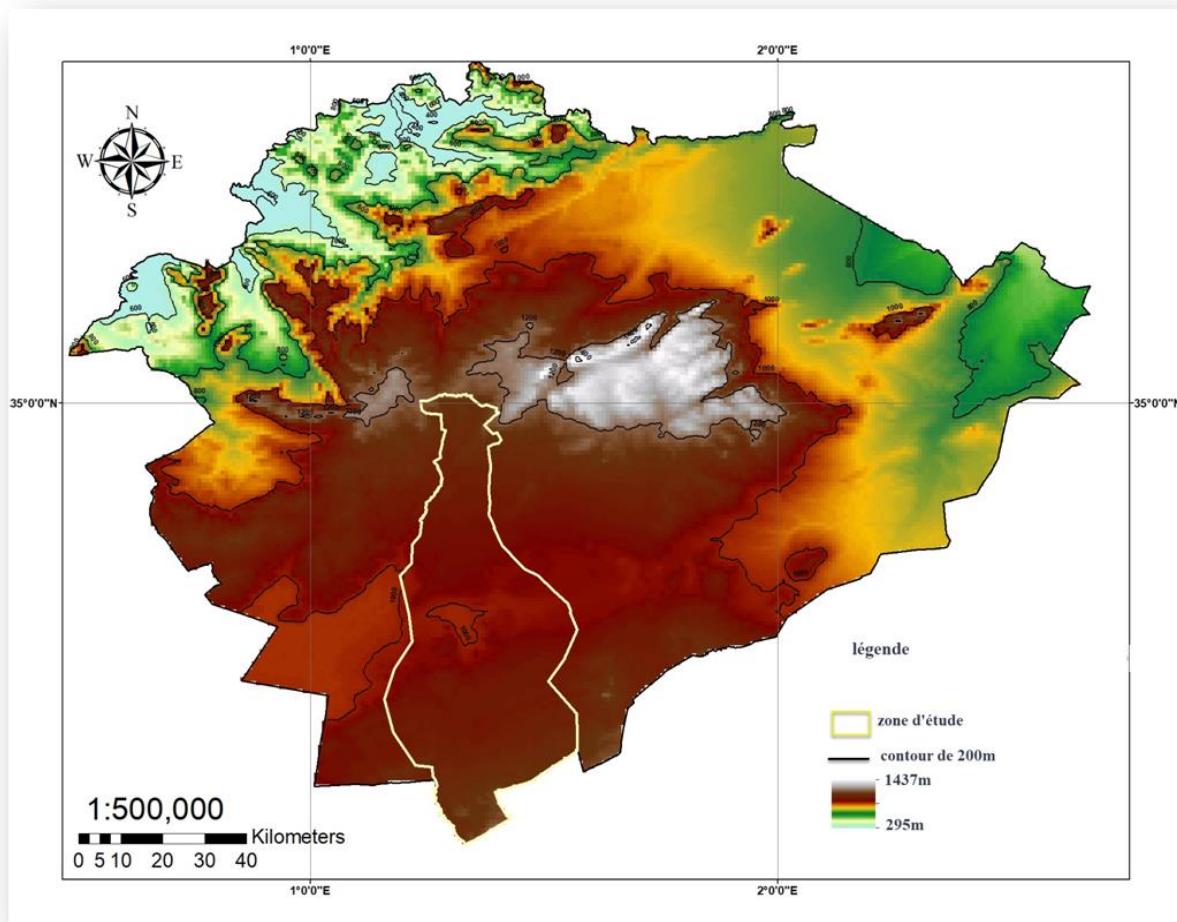


Fig N°07 : Répartition des niveaux d'altitude dans la région de Chehaima (Kious C. SRTM)

I-2-2- Pente de la zone d'étude

La relation entre la pente du milieu naturel et l'altitude est étroitement liée, En général, à mesure que l'altitude augmente, l'inclinaison du terrain peut également augmenter, notamment dans les régions montagneuses qui présentent souvent des pentes abruptes. Les terrains montagneux sont souvent caractérisés par des pentes escarpées, tandis que les zones basses peuvent avoir des pentes plus douces.

La pente est mesurée en pourcentage, ce qui correspond à la hausse verticale (en mètres) pour chaque 100 mètres horizontaux. Par exemple, une pente de 10 % signifie qu'il y a une élévation de 10 mètres pour chaque 100 mètres de distance horizontale.

La carte des pentes de la région de Tiaret l'inclinaison est généralement variée entre (0% à 1.65%) où représente des terrains à pente faible, les pentes de (1.65%-10.89%) caractérise le zone montagneuse au Nord-Ouest se qui lui donne l'aspect de déclivité modéré, En ce qui concerne la région de Chehaima est déterminé par des pentes faibles valeurs ne dépasse pas 1.65% dans la totalité de la zone. (Voir Fig N°08)

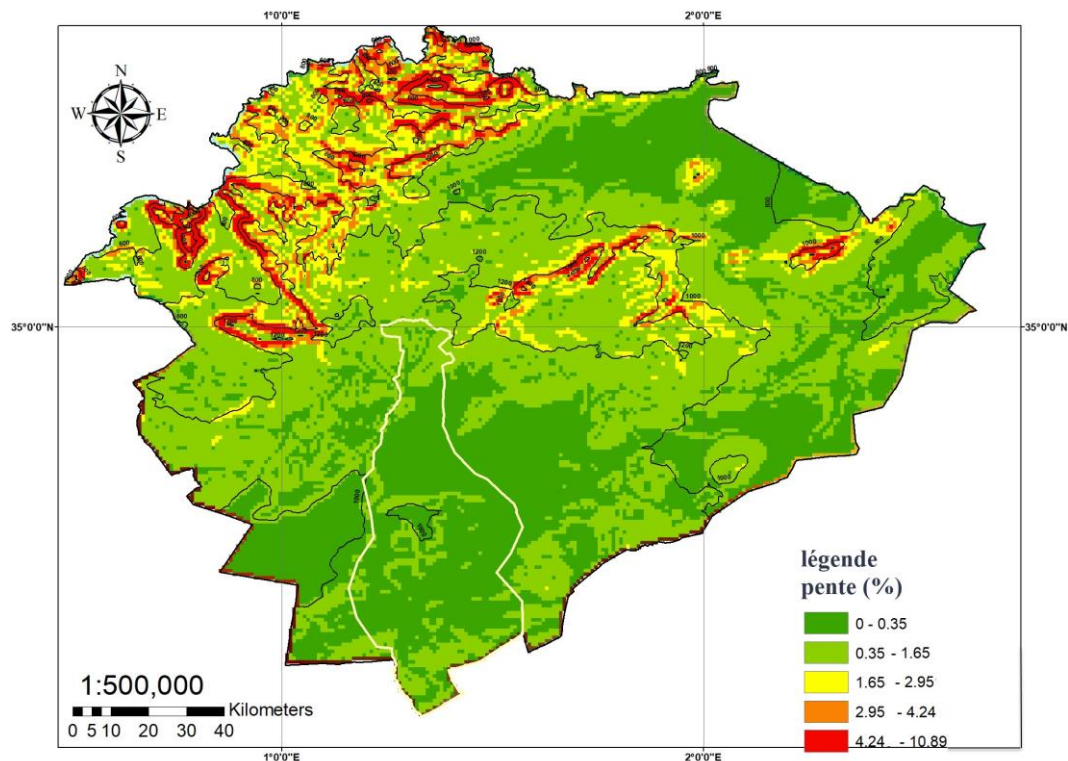
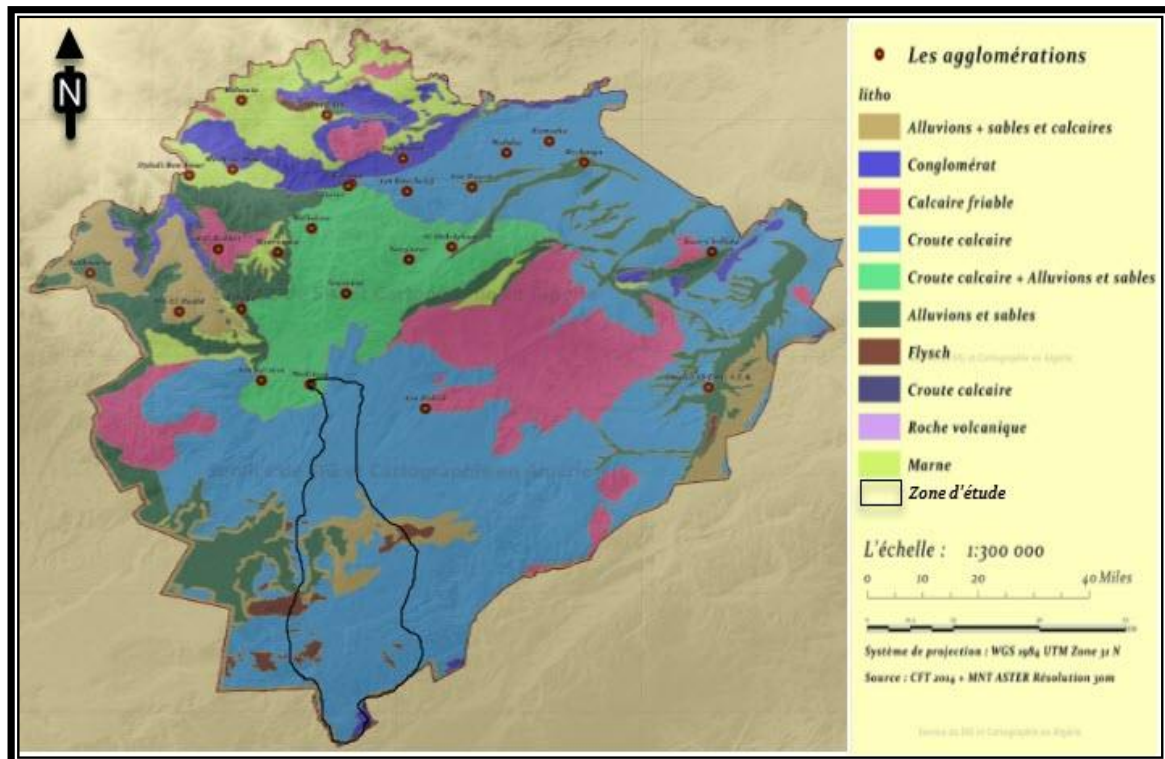


Fig N°08 : Répartition des classes de pentes dans la région de Chehaima (Kious C. SRTM)

I-2-3-Caractéristique lithologique de la région de Tiaret (voir FigN09)

La région de Tiaret, se distingue par sa lithologie diversifiée, tels que :

- **Formations calcaires:** Ces roches sédimentaires, composées de dépôts marins et de sédiments, dominent les collines et montagnes de la région.
- **Croute calcaire friable :** des sédiments dominants la partie Est de la zone.
- **Croute calcaire :** c'est es formation qui domine la zone d'étude Chehaima.
- **Séries argilo-sableuses :** Les plaines et vallées abritent des dépôts d'argile et de sable, associés à des formations fluviales et alluviales. Se trouve dans zone limitrophe à Chott Chergui.
- **Formations volcaniques:** Des roches volcaniques, comme les basaltes et les andésites, témoignent d'activités volcaniques passées dans les zones montagneuses ou isolées.
- **Formations quaternaires:** Les dépôts quaternaires, comprenant les alluvions, les terrasses fluviales et les dépôts éoliens, sont présents le long des rivières et dans les bassins sédimentaires. (Ayache, M., et al. 2016).

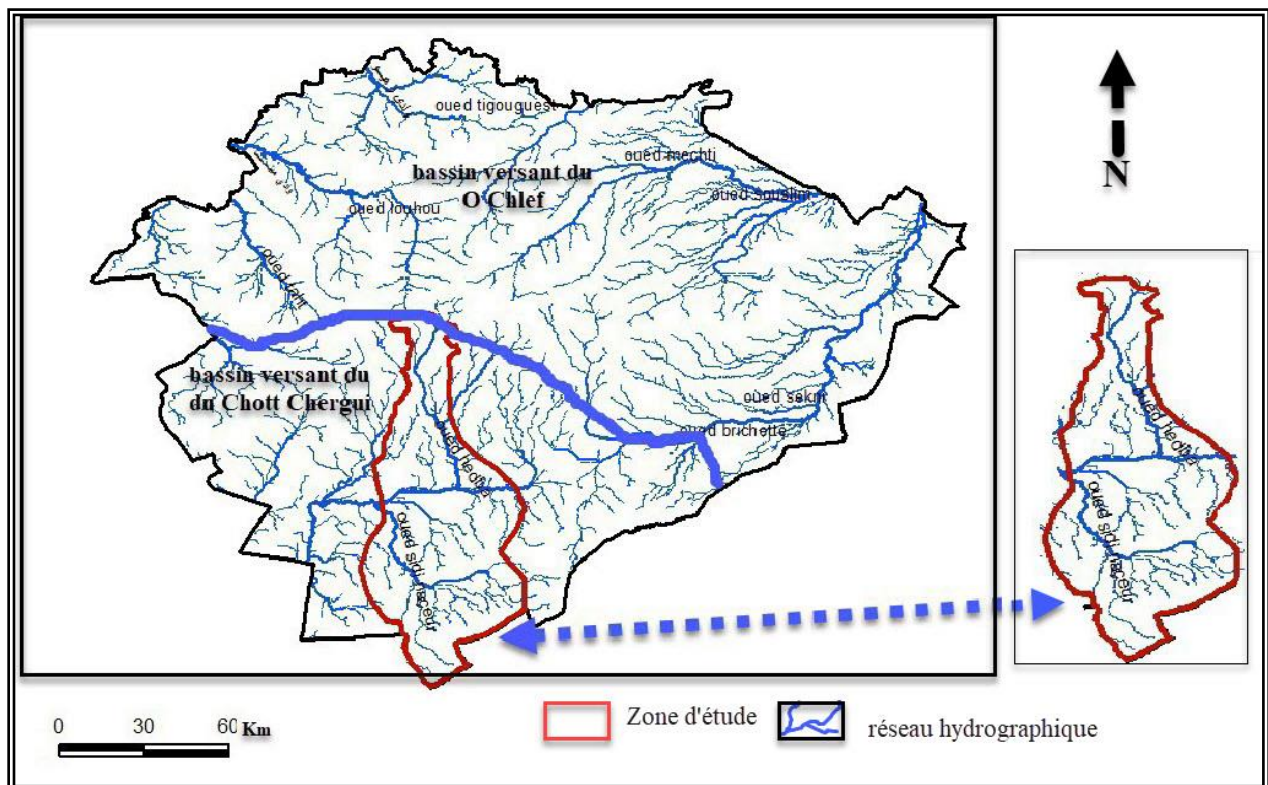


FigN°09 : Carte représentative de la lithologie de la région de Tiaret (BNEDER, 2009)

I-2-4- Caractéristique hydrologique de la région de Tiaret

Le réseau hydrographique de Tiaret se caractérise par des cours d'eau issus de deux bassins versants. Le premier, le sous-bassin de l'Oued Chlef, comprend l'Oued Oousel, un cours d'eau pérenne qui irrigue de vastes étendues au nord et au nord-est de la région. Le sous-bassin de l'Oued Mina, au débit temporaire, couvre la commune de Chehaima et la partie sud, recevant les affluents du bassin versant du Chott Chergui. L'Oued Mina, au débit irrégulier, prend sa source dans le massif du Dahra et traverse Tiaret avant de se déverser dans le Chott Chergui. Il est sujet à des crues soudaines et dévastatrices, particulièrement lors des fortes précipitations automnales.

Brahimi, F., & al. (2012).(voir Fig N°10)



FigN°10 : Description du réseau hydrographique de la région de Tiaret (Kious C. SRTM)

I-2-5- Aperçu visuel du milieu naturel de la zone de Chehaima

La zone étudiée présente une végétation variée, comprenant l'alfa (*Stipa tenacissima* L) et l'armoïse (*Artemisia herba alba*) dans le sud-est, avec des taux de recouvrement variables. La végétation halophyte, dominée par l'*Atriplex halimus* L et la (*Salsola vermiculata* L), prédomine au sud-ouest autour du chott Ek Chergui. Selon Ghezlaoui et al. (2011), le type psammophyte, représenté par le *Retama retama* (Forssk.) et le *Tamarix gallica* L, couverture du sol peut varier en fonction de la végétation et de la présence d'une combinaison de sols sablonneux, argileux ou rocheux. (Bouacha, 2019).



Fig N°11 : Diversité de morphologie dans la zone Chehaima

I-2-6- Occupation des sols de la région de Tiarat

L'occupation des sols à Tiaret, en Algérie, est influencée par plusieurs facteurs, notamment la topographie, les ressources en eau, les pratiques agricoles, l'urbanisation et les facteurs socio-économiques. La carte d'occupation du sol de Tiaret (2017-2021) fournis par le site spatial ERSI que la région de Tiaret est occupée par :

Surface humide : La région de Tiaret semble avoir une plus grande proportion de surface en eau que Chehaima, bien que les pourcentages soient très faibles dans les deux cas ne dépasse pas 0.12% la superficie de la région. Cela peut être dû à la présence de cours d'eau, dayas ou d'autres caractéristiques hydrologiques.

Arbres et végétation : Les données montrent une faible proportion de la superficie totale occupée par les arbres et la végétation avec un taux de 0.21% à Tiaret, ce qui est cohérent avec les régions semi-arides ou arides où la végétation peut être clairsemée en raison du climat sec.

Végétation inondée : Cette catégorie indique la proportion de la superficie qui est soumise à une végétation inondée (végétation installé autour des points d'eau), probablement en raison de cours d'eau ou de zones humides. Les pourcentages sont également faibles, ce qui suggère que ces zones occupent une petite partie de la superficie totale.

Cultures : Les terres cultivées représentent une part significative de la superficie totale dans les deux zones, avec une proportion moins élevée à Tiaret soit 0.58% que Chehaima 1.84%.

Parcours pastoral : Cette catégorie représente les zones utilisées pour le pâturage du bétail. Elle occupe la plus grande partie de la superficie dans les deux zones soit 89%, ce qui est typique des régions semi-arides où l'élevage extensif est une activité importante.

Zone construite : Cette catégorie indique la proportion de la superficie occupée par des zones construites, telles que des zones urbaines ou des infrastructures. Les pourcentages sont relativement faibles, ce qui suggère une urbanisation limitée dans les deux zones.

Sol nu : Cette catégorie représente les zones de sol nu, sans végétation. Les pourcentages sont relativement élevés dans les deux zones ne dépasse pas 10%, ce qui peut être attribué à des processus tels que l'exploitation irrationnel du terrain ou un changement climatique défavorable. (Voir Fig N11 et Tab N°09)

Tab N°09 : Répartition des entités d'occupation du sol à Tiaret et Chehaima

Occupation des sols	Tiaret (km ²)	Tiaret%	Chehaima (Km ²)	Chehaima%
Surface humide	12,6	0,21	0,02	0,0009
Arbres	0,19	0,003	/	
Végétation	0,02	0,0003		
végétation inondée	0,87	0,014		
Cultures	34,71	0,58	41,1	1,85
Parcoure pastoral	5367,29	89,28	1982,87	89,3
Zone construite	1,42	0,02	0,48	0,02
Sol nu	594,98	9,9	196,07	8,83
Total	6012,08	100	2220,54	100

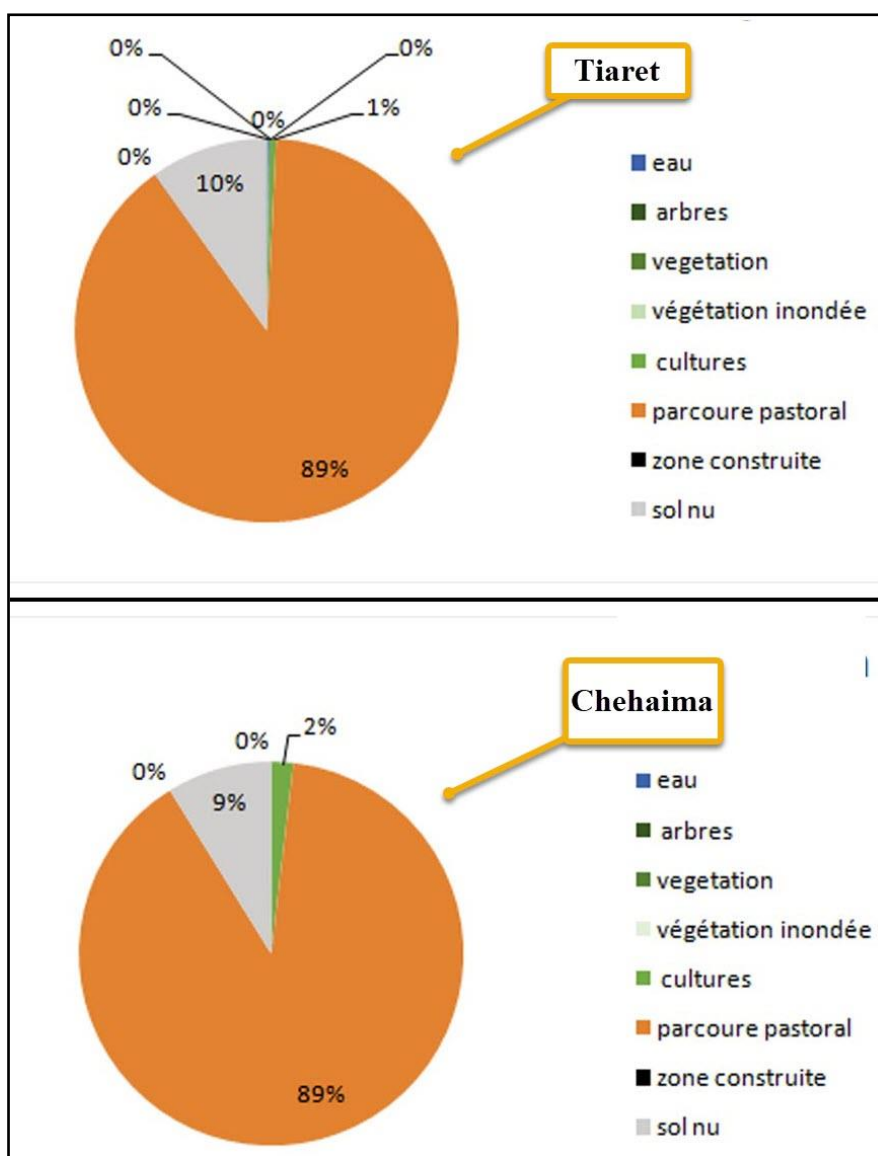


Fig N°12: Représentation en Taux des entités d'occupation des sols à Tiaret et Chehaima

La zone d'étude de Chehaima se caractérise par une prédominance de parcours pastoraux, couvrant 89 % de sa superficie (1 982,87 km²). Les sols nus représentent 9 % (196,07 km²), conférant à l'espace un aspect dégagé. Les zones agricoles occupent 2 % (43,09 km²), principalement des périmètres irrigués près des agglomérations. La zone urbanisée est minimale (0,27 km²), située à l'extrémité nord.

La végétation naturelle est dominée par des formations herbacées et arbustives, adaptées aux conditions arides et semi-arides. Les espèces dominantes sont l'alfa (*Stipa tenacissima* L), l'armoise (*Artemisia herba alba*) et le jujubier (*Ziziphus lotus* L). (Voir FigN13)

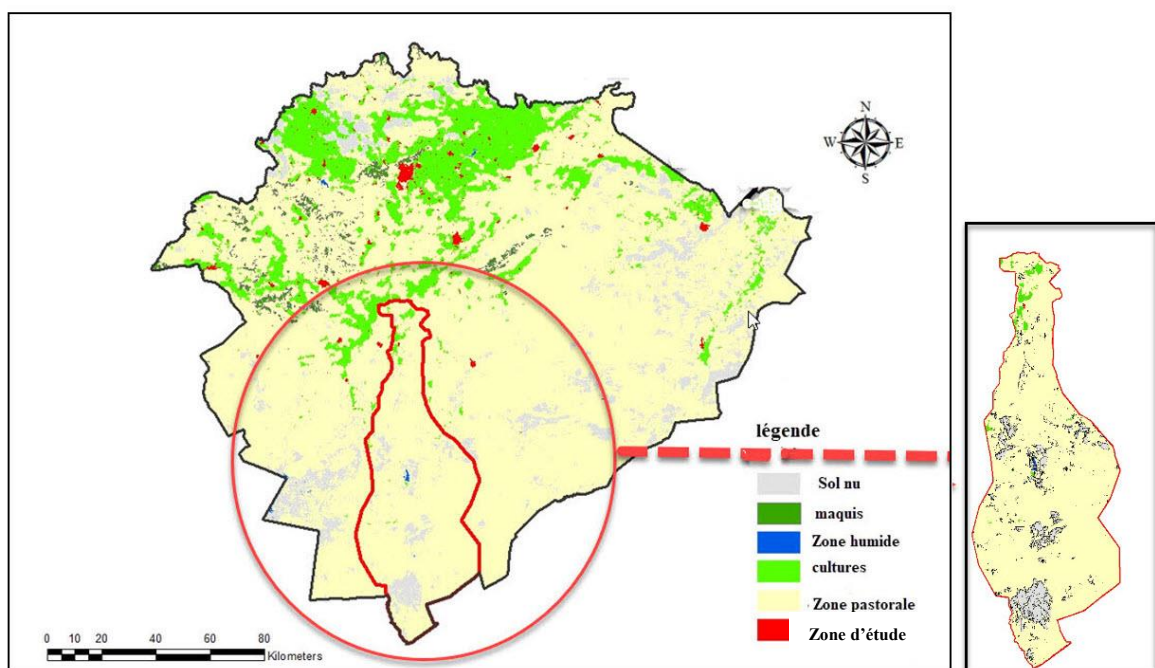


Fig N°13: L'occupation du sol de la région de Tiaret et Chehaima via ERSI (2017-2021)

II- Facteurs majeurs dans la dynamique du couvert végétal

II-1- Caractéristiques climatique favorisant la dynamique de taux de végétation

D'après(Le Houérou et Al 1977) Dans les zones steppiques, on observe un climat méditerranéen caractérisé par une saison estivale de 6 mois environ, sèche et chaude, ainsi qu'un semestre hivernal. En revanche, le mois d'avril a été marqué par la pluie et le froid.

Cependant, pour les steppes, il s'agit d'une forme spécifique de ce climat qui est principalement caractérisé par:

- Les précipitations sont irrégulières, avec une grande variabilité intermensuelle et interannuelle.
- des climats thermiques relativement homogènes mais très contrastés, de nature continentale.

Dans cette étude, le climat est considéré à la fois comme un facteur et un indicateur de la dynamique de la végétation, il joue un rôle déterminant du le changement du couvert végétal, influençant sa composition, sa distribution, sa croissance et sa productivité. Où les précipitations sont abondantes peuvent soutenir une végétation dense, tandis que les zones arides peuvent être caractérisées par une végétation clairsemée et adaptée à l'aridité. Les variations saisonnières et inter-annuelles des précipitations peuvent également affecter la croissance et la productivité des plantes. Ainsi que Les variations de température peuvent également affecter les rythmes saisonniers de croissance et de dormance des plantes.

Pour mieux analyser la dynamique de la végétation dans la région de Chehaima, l'étude a examiné 25 années de données climatiques (2000-2024) enregistrées par le site météo Info-climat. Nous avons choisi la station de mesure de Tiaret comme station de référence pour étudier le climat de la zone d'étude de Chehaima en termes de précipitations moyennes mensuelles et annuelles et de température moyenne dans le but de déterminer les mois les plus humides et les plus sèches ainsi que de bien et pour bien comprendre le phénomène de dégradation du couvert végétal.

Pour élaborer la carte des précipitations et la carte des températures, nous nous sommes appuyés sur plusieurs stations qui bordent la zone d'étude et ont le même milieu naturel, la même altitude, et le même type de végétation, à travers une étude régionale sur le climat. Les données de ces stations ont été utilisées pour interpoler les valeurs de précipitations et de températures dans la zone d'étude, en tenant compte de la distance par rapport aux stations et de l'altitude. Avec des méthodes d'interpolation spatiale qui permettent d'estimer les valeurs de précipitations à des endroits où il n'y a pas de stations de mesure. Ces méthodes prennent en compte les variations spatiales des précipitations, telles que l'effet orographique ou l'influence des masses d'air. Pour la carte des températures, nous avons utilisé des méthodes similaires, en tenant compte des facteurs qui influencent la répartition des températures, tels que l'altitude, l'exposition au soleil et la proximité des plans d'eau. (Voir Tab N°10)

TabN°10 : Choix des stations météorologiques

Stations	x	y
Tiaret	1,3292	35,3746
Kasr chelala	2,3122	35,2191
Frenda	1,0511	35,064
Tismsilet	1,8053	35,6076
Oued Leli	1,2721	35,5111
Hassi Bahbeh	3,0335	35,0778
Zmalet Amir Ak	2,3099	34,8915
Medrissa	1,238	34,896
Ain Dhab	1,5479	34,8437
Aflou	2,1072	34,1149
Elbiadh	1,0181	33,6819
Ain Elskhouna	0,8517	34,5059
Saida	0,156	34,8473
Ghris	0,158	35,2459
Ghilizane	0,5571	35,7395
Ain oussara	2,9082	35,4547
Djalfa	3,2577	34,669
Lardjam	1,5497	35,7432
Boualam	1,5339	33,7294
Oued Alabtal	0,6885	35,4562

TabN°10 : Choix des stations météorologiques

II- 2-La variabilité spatio-temporelle des précipitations

II-2-1- La pluviométrie annuelle :

Le traitement des données climatiques montre une variation des précipitations annuelles cumulées où nous avons enregistré les cumuls des précipitations les plus élevées (714mm) en 2002 et (607mm) en 2018, (543 mm) en 2009, (542 mm) en 2014, ces valeurs dépassent le régime pluviométrique de la zone steppique (100mm-400mm) d'après *Houérou (1979)*, alors nous pouvons les classer comme années humides ; tandis que la moyenne la plus faible est de (212,4 mm) en 2021 qui est considérée comme une année sèche, la moyenne pluviométrique cumulée de la série est de 396,8 mm, on note que sur une période de 24 ans, il y a 7 années

dépassent cette moyenne tandis que les années restantes sont des moyenne inférieur et varient entre (212mm -471mm). (Voir Fig N°14)

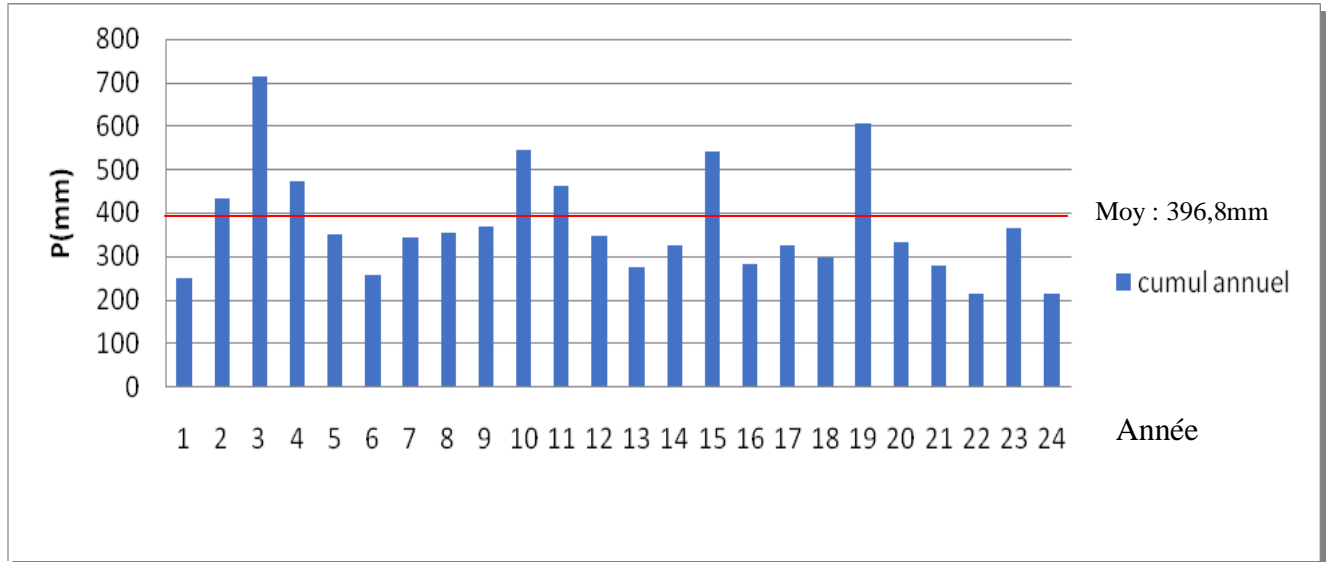


Fig N°14: Variations interannuelles des précipitations de la station de Tiaret (2000-2023)

II-2-2- la pluviométrie mensuelle

Le calcul des moyennes des précipitations mensuelles sur la période choisi montre que le mois le plus humide est décembre avec une pluviométrie moyenne de (63 mm)et cumul du mois de (397.8mm) et maximum sur 24h de (472mm), tandis que le mois le plus sec de la série est juillet avec une moyenne mensuel de (2,6 mm) et un cumul de (210.4mm) , le maximum de 24h et (19 .1mm) ; Le graphique ci-dessous illustre que la pluviométrie mensuelle moyenne est presque stable pendant les mois de janvier à avril, c'est-à-dire (40 mm-44 mm) commençant à diminuer de mai à septembre où la pluviosité reprend son régime saisonnier. La répartition saisonnière des précipitations montre deux saisons distinctes : une saison humide d'octobre à mai et une saison sèche de juin à septembre. La saison humide est caractérisée par des précipitations abondantes et régulières, tandis que la saison sèche est marquée par de faibles précipitations et une sécheresse prolongée. (Voir Fig N°15)

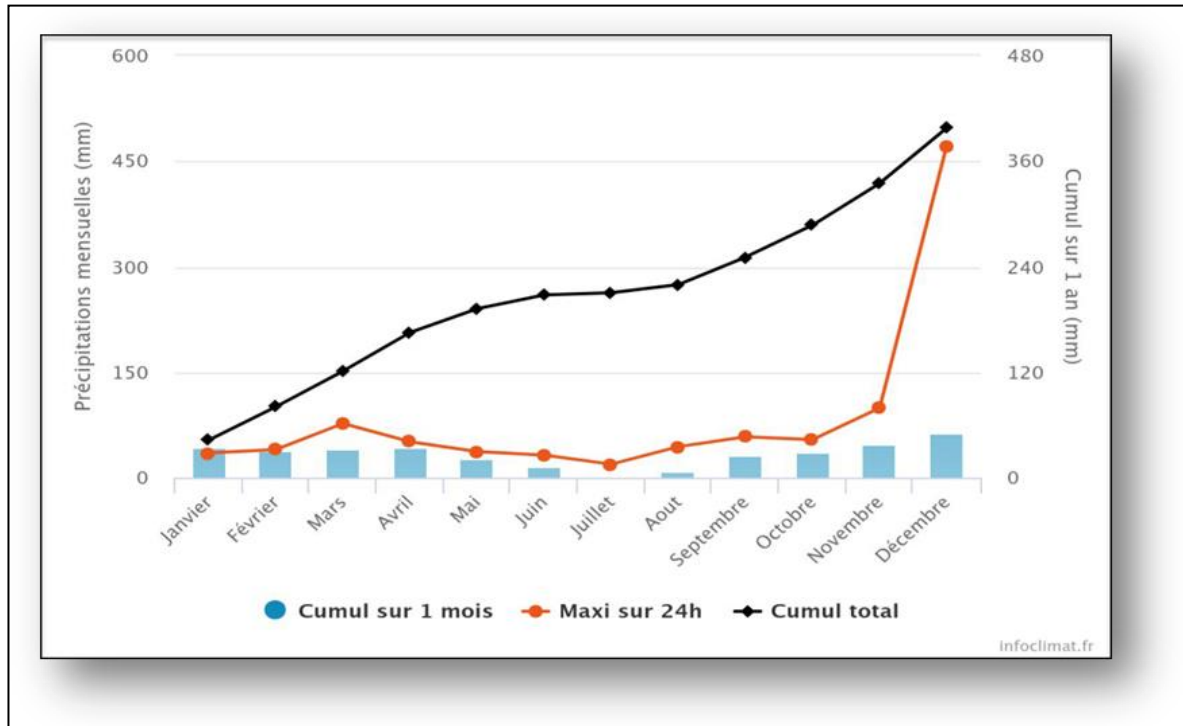


Fig N°15 : Cumul mensuel des précipitations de la station de Tiaret (2000-2023)

II-2-3- Répartition des précipitations dans la région de Tiaret (Voir Fig N°16)

A travers la carte de répartition des précipitations dans la région de Tiaret, nous constatons que les précipitations varient de 500mm à 200mm, la valeur la plus élevée est liée à la région montagneuse de Tiaret et la valeur la plus faible que l'on trouve à l'extrême sud, liée à la zone d'étude Chehaima, les précipitations sont répartis en quatre intervalles :

- ▶ 279 mm se trouve à extrême sud
- ▶ 2- 279mm-300mm dans la zone adjacente à la région d'El Bayadh
- ▶ 3- 300mm -350mm dans la zone centrale
- ▶ 350mm-400mm concentrés au Nord de la région.

Cette distribution des précipitations est due à plusieurs facteurs, notamment l'altitude, l'orientation du relief et la proximité de la mer. Les zones montagneuses reçoivent généralement plus de précipitations que les zones de plaine, car l'air humide est forcé de s'élever et de se condenser en atteignant les sommets. De plus, les versants exposés

au vent reçoivent plus de précipitations que les versants sous le vent, car le vent transporte l'humidité vers les versants exposés. Enfin, la proximité de la mer peut également augmenter les précipitations, car l'air humide provenant de la mer peut être transporté vers l'intérieur des terres par les vents.

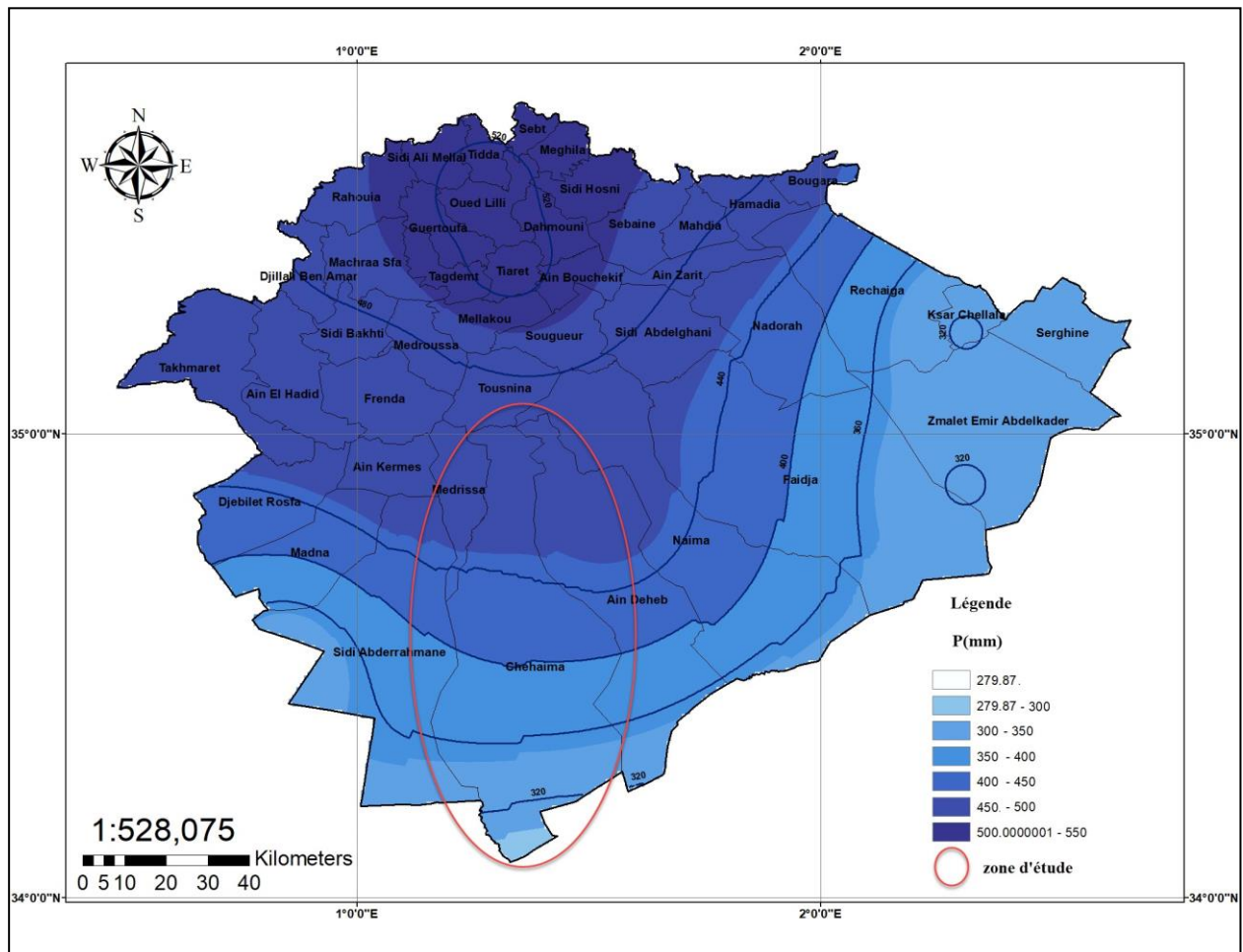


Fig N°16 : Répartition des précipitations dans la région de Tiaret (2000-2023) source: (Kious C; <https://www.worldclim.org>)

II-3-La température

La région de Tiaret connaît des variations de température marquées, avec des hivers froids et des étés chauds. En janvier, la température minimale moyenne s'établit à 0,9 °C sur la période 2000-2023. Juillet, le mois le plus chaud, enregistre une température maximale moyenne de 18,1 °C. Les températures déclinent progressivement jusqu'en décembre. Janvier

est le mois le plus froid avec une moyenne de 6,4 °C, tandis que juillet affiche une moyenne de 27,1 °C, comme le montre le graphique ci-dessous.

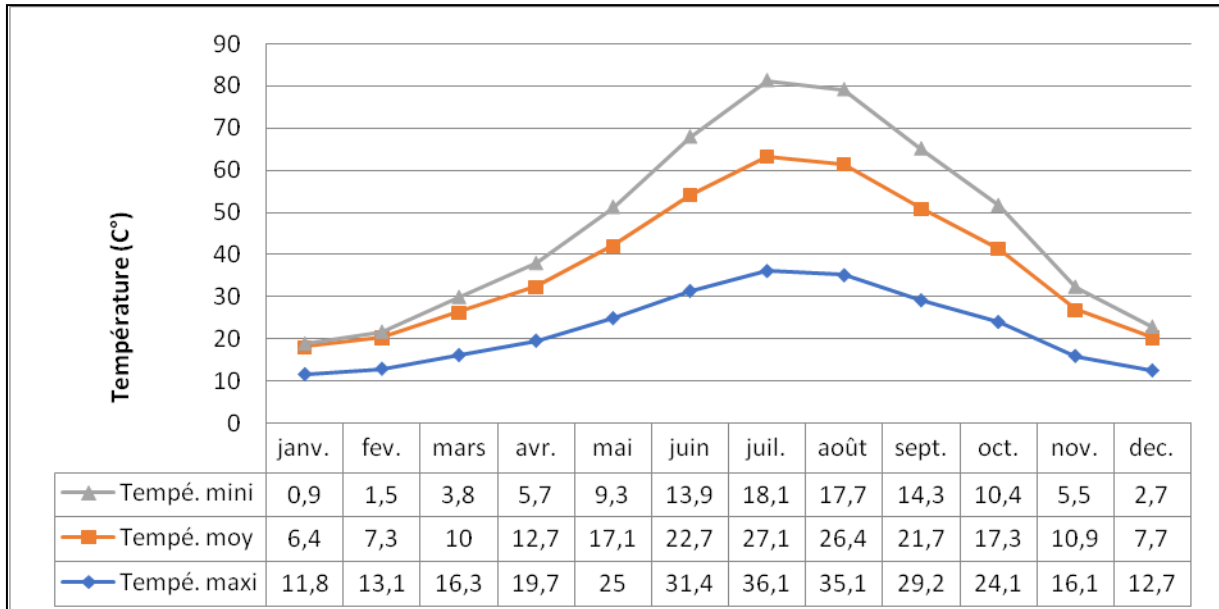


Fig N17 : Répartition mensuelle des températures de la station de Tiaret (2000-2023)

Selon les données de température annuelle (2000-2023), la répartition des zones thermiques dans la région de Tiaret montre que la zone d'étude et ses environs sont caractérisés par le taux de température le plus bas (14,61 °C). En revanche, le taux le plus élevé est enregistré dans les régions Est, Nord et Nord-Ouest de Tiaret (17,79 °C). Observer une répartition des températures sur six zones, avec un écart de 0,5 °C . La zone thermique froide est présente dans la région Chehaima (14,61-15,55 °C), tandis que la zone thermique modérée à chaude est présente dans la zone d'El-Oued (15). Finalement, la région d'Ain-Dzarit se distingue par une zone à température élevée (16,5-17,79 °C). (Voir Fig N°18)

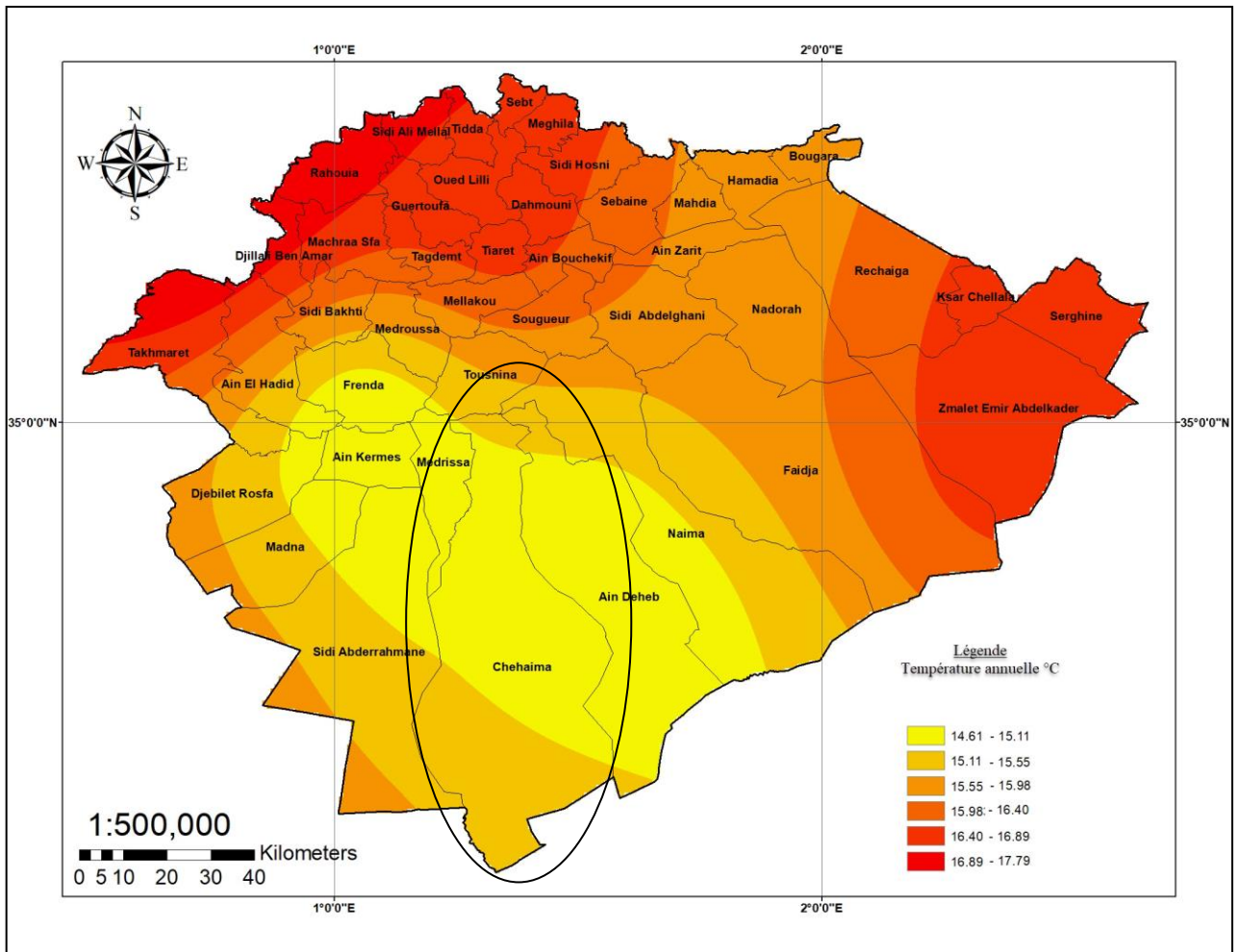


Fig N°18: Répartition des températures moyennes dans la région de Tialet et Chehaima (2000-2023)source: (Kious C; <https://www.worldclim.org>)

Les cartes climatiques montrent les maximums et les minimums dans la région de Tialet, avec des températures maximales de (35 °C) à Chehaima, qui couvrent la plupart de la région. Les extrémités nord et sud présentent des températures modérées (25-30 °C). Au centre de Chehaima, près du Chott Chergui, les températures minimales atteignent 0,18 °C. Au nord et au sud, elles sont de (4 °C) à (6 °C) aux extrémités. Les régions montagneuses offrent les températures les plus fraîches, avec des températures minimales pouvant atteindre (-2 °C).

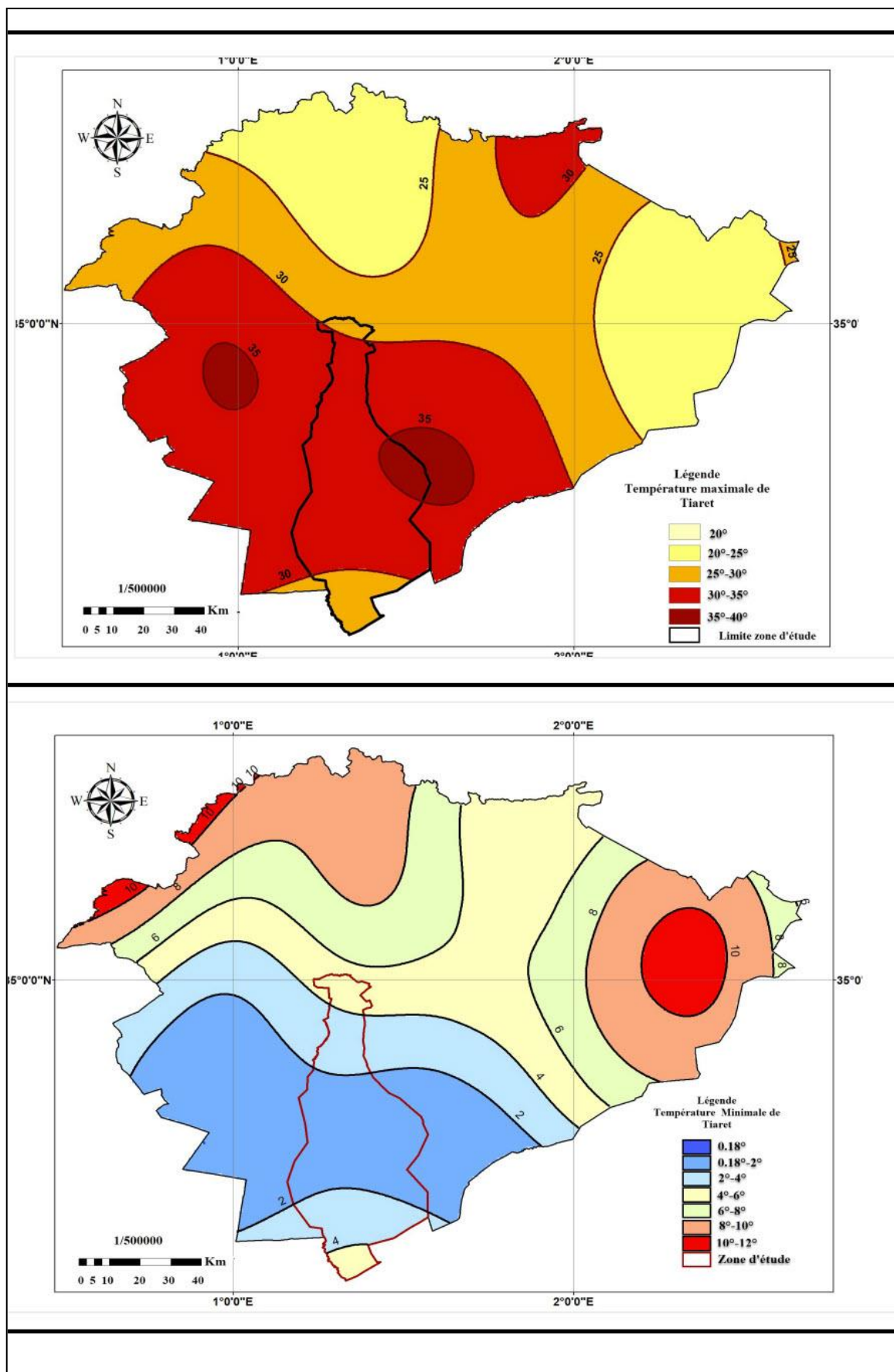


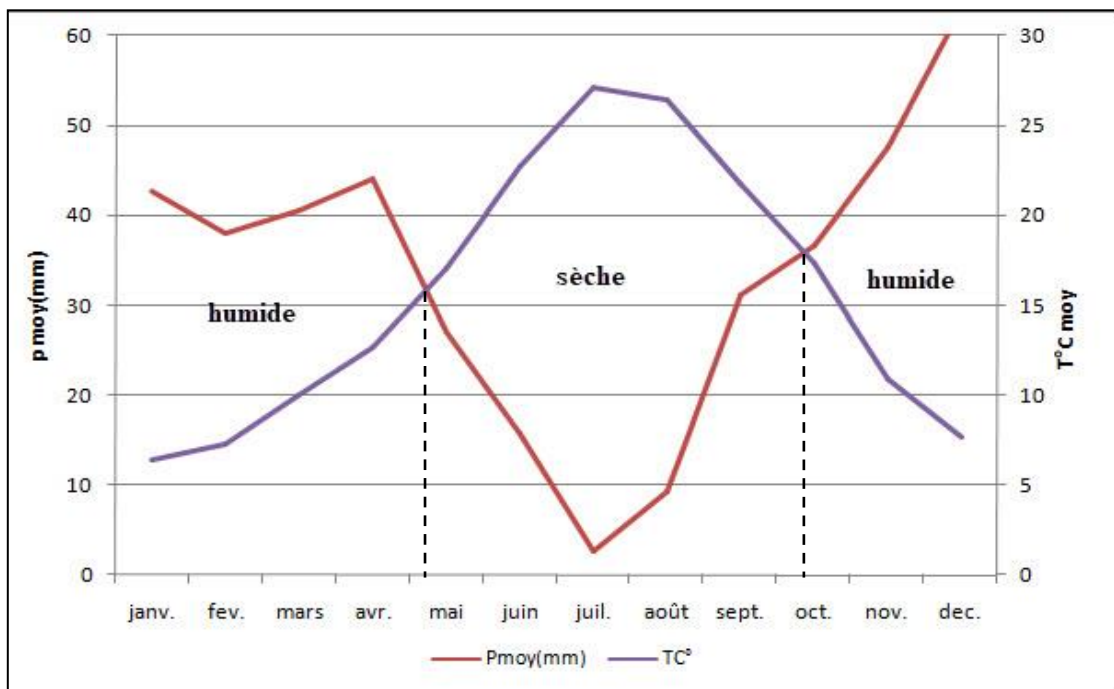
Fig N°19: Répartition des températures maximales et minimales dans la région de Tiaret et Chehaima (2000-2023)source: (Kious C; <https://www.worldclim.org>)

II-4- Indice d'aridité

II-4-1- Diagramme ombrothermique

Le traitement des données thermiques de la région de Tiaret illustré à partir le diagramme ombrothermique de Gaussen a montré que nous pouvons distingué deux saisons une humide dure sept mois du mi- octobre jusqu'a le mi-mai où l'amplitude thermique dépasse 10 °C et la saison sèche dure cinq mois a partir du mi-mai jusqu'à la mi-octobre où l'amplitude thermique s'élève à 14°C.

L'analyse du diagramme ombrothermique de Gaussen révèle également l'existence d'un déficit hydrique annuel de 400 mm, concentré principalement pendant la saison sèche. Ce déficit hydrique est comblé par les précipitations hivernales et printanières, qui alimentent les nappes phréatiques et les cours d'eau. En outre, le diagramme ombrothermique de Gaussen met en évidence la présence d'une période de sécheresse estivale prononcée, s'étendant de juin à septembre. Cette période est caractérisée par de faibles précipitations et des températures élevées, ce qui entraîne un stress hydrique important pour la végétation.



FigN°20 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la station de mesure Tiaret (2000-2023)

II-4-2- Climagramme d'EMBERGER

Cet indice permet de situer les stations de recherche dans les étages de végétation mentionnés sur le climato-gramme d'Emberger. Celui-ci est un indicateur pertinent de la relation entre le climat et la végétation. Il permet également d'évaluer le degré d'aridité des régions méditerranéennes. Les valeurs du Q2 diminuent lorsque le climat devient plus sec.

L'indice d'Emberger prend en compte les précipitations annuelles (P), la température maximale moyenne du mois le plus chaud (M°C) et la température minimale moyenne du mois le plus froid (m°C) (Emberger, 1955).

$$Q2 = 2000P / (M + m)(M - m)$$

- **P**: Précipitation annuelle (mm)
- **M**: Température maximale du mois le plus chaud en °C
- **m**: Température minimale du mois le plus froid en °C

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit: $Q2 = 3.43 (P/M - m)$ (STEWART, 1968).

- **Q**: le quotient pluviométrique d'EMBERGER
- **P**: Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- **M**: Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C
- **m**: Moyenne minimale du mois le plus froid en °C

Où :

$$P = 397.8 \text{ mm}$$

$$M = 44.4^\circ$$

$$m = 0.9^\circ$$

$$Q = 31.36$$

D'après le calcul illustré dans la Figure N°21, nous relevons que Tiaret se localise dans l'étage bioclimatique semi aride inférieur à hiver frais.

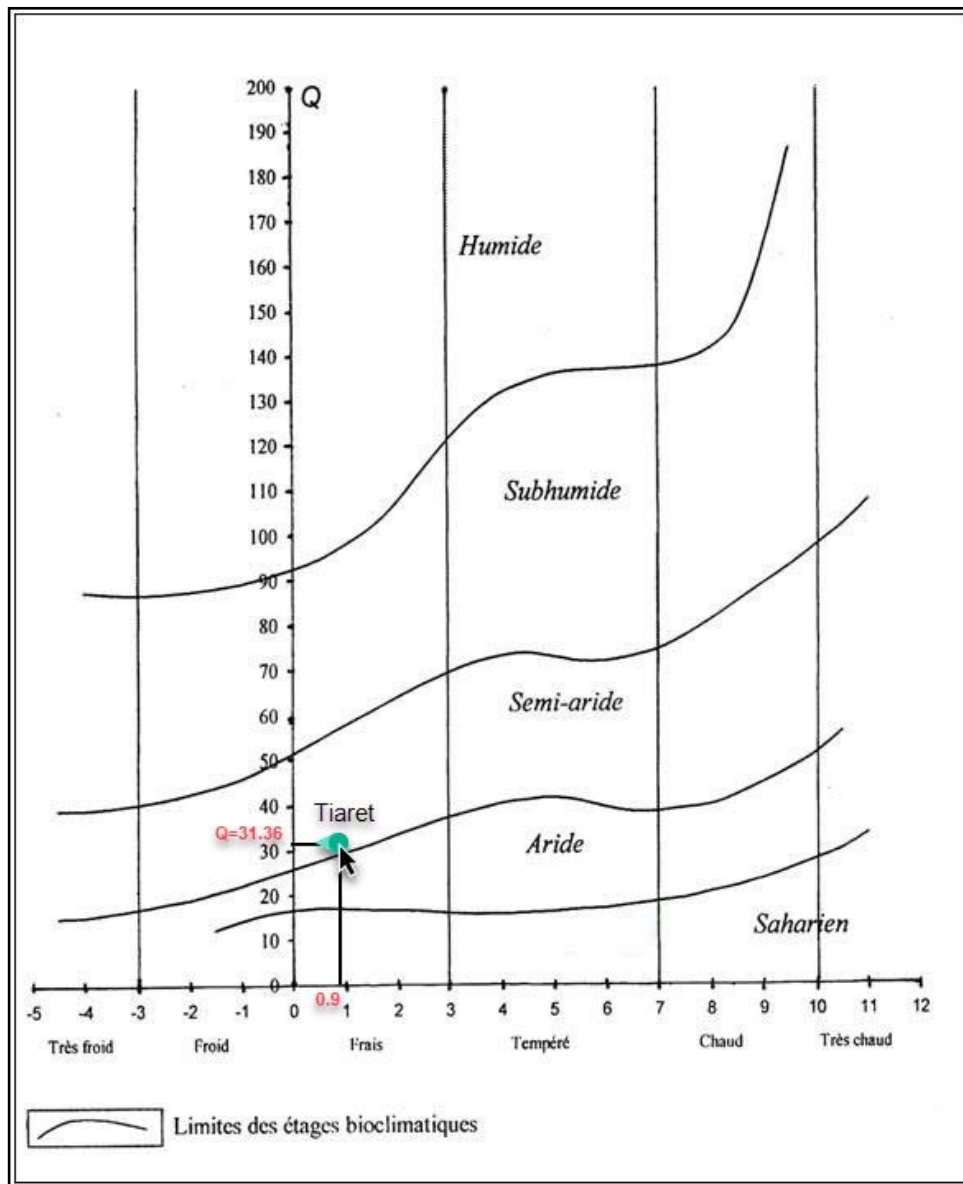


Fig N°21 : L'étage bioclimatique de la région de Tiaret d'après le quotient d'Emberger

II-4-3- Indice de l'aridité de DE MARTONE

Un autre indicateur peut interpréter la réduction du développement de la végétation et utile pour caractériser le phénomène d'aridité en exprimant le caractère restrictif pour certaines formations végétales, c'est l'Indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente à un endroit donné qui se calcule par la formule de De Martonne.

$$I = P/T + 10$$

Où **P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm)

T : Température moyenne annuelle(C°)

Tab N°11 : Classement en fonction de l'indice d'aridité DE Martonne

indice DE Martonne	Type du climat
$I \leq 5$	Climat hyper aride
$5 < I \leq 7,5$	Climat désertique
$7,5 < I \leq 10$	Climat steppique
$10 < I \leq 20$	Climat semi-aride
$20 < I \leq 30$	Climat tempéré
$I > 30$	Climat humide

Le calcul de l'indice de l'aridité dans la région de Tiaret sur une série de 24ans (2000-2023) et comme suite :

$$P = 397.8$$

$$T^{\text{moy}} = 15,6$$

$$I = 15,63$$

Le calcul de l'indice pour la zone de Chehaima a été effectué en utilisant les données climatiques relevées des cartes climatiques.

$$P = 355.97$$

$$T^{\text{moy}} = 15.23$$

$$I = 14.10$$

D'après le classement de DE Martonne la zone de Chehaima appartient au climat semi-aride inférieur qui se caractérise par des précipitations qui sont, certaines années, insuffisantes pour y maintenir les cultures et où l'évaporation excède souvent les précipitations.

Le climat de Tiaret se caractérise par un climat semi-aride à méditerranéen. Les précipitations se concentrent principalement en hiver et au printemps, avec des pluies mensuelles modérées à abondantes pouvant atteindre 63 mm. Les étés sont secs, avec peu ou pas de précipitations, et chauds, avec des températures diurnes dépassant souvent les 30 °C, voire les 40 °C lors des canicules. Les hivers sont doux, avec des températures diurnes modérées, généralement comprises entre 10 °C et 15 °C.

En résumé, le climat de Tiaret se distingue par des étés chauds et secs, ainsi que par des hivers plus frais et pluvieux, typiques des climats semi-arides à méditerranéens selon la classification du quotient d'Emberger et l'indice d'aridité de De Martonne.

III- Rôle de l'homme dans la désertification de la zone steppique de Tiaret

La méconnaissance des facteurs socio-économiques responsables de la dégradation des parcours steppiques est étroitement liée à la complexité de ces facteurs. Les diverses recherches sur l'environnement et la dégradation des ressources naturelles attribuent l'homme et la place en deuxième position après le climat en raison de son impact négatif sur l'environnement. En raison d'un manque réel de recensement sur la population et leurs biens, ainsi que de l'exécution de certaines activités en dehors de la loi, comme l'ignorance des méthodes de pâturage adéquates.

Compte tenu de la complexité des parcours steppiques, nous cherchons dans cette section à identifier les principaux facteurs socio-économiques qui contribuent à leur dégradation. Effectivement, certains éléments peuvent être perçus comme causes et conséquences simultanément.

III-1 Évolution de la répartition de la population selon l'espace physique de Chehaima

- **La tendance de la population** : En analysant les données, il est possible de constater une fluctuation du nombre d'habitants au fil du temps. Le nombre d'habitants est passé de 10 099 à 8 181 entre 1998 et 2008. Par la suite, de 2008 à 2018, une nouvelle baisse, cette fois-ci de 8 181 à 7 347. Toutefois, entre 2018 et 2024, une hausse significative est enregistrée, le nombre d'habitants étant à nouveau porté à 10 206.
- **Taux de croissance/décroissance** : 1 918 habitants ont diminué entre 1998 et 2008 (-19%), puis 834 habitants ont encore diminué entre 2008 et 2018 (-10%). Toutefois, de 2018 à 2024, la population a augmenté considérablement de 2 859 habitants (+39%).

Les causes de ces fluctuations peuvent varier et être souvent influencées par des éléments socio-économiques et environnementaux. Il est plus probable, que la région de Chehaima pourrait voir sa population diminuer en raison de migrations vers d'autres régions offrant de meilleures opportunités d'emploi ou en raison d'une baisse de la natalité. En revanche, une croissance démographique peut être stimulée par des conditions économiques favorables, des migrations internes ou externes, ou des politiques gouvernementales

encourageant l'expansion démographique. De même, des facteurs sociaux tels que les changements de mode de vie, les avancées technologiques ou les tendances culturelles peuvent également influencer les fluctuations de la population. Les facteurs environnementaux tels que les catastrophes naturelles, les changements climatiques ou la disponibilité des ressources naturelles peuvent également jouer un rôle dans la croissance ou la diminution de la population. En somme, les fluctuations de la population sont un phénomène complexe et multifactoriel qui nécessite une analyse approfondie pour en comprendre les causes et les conséquences.

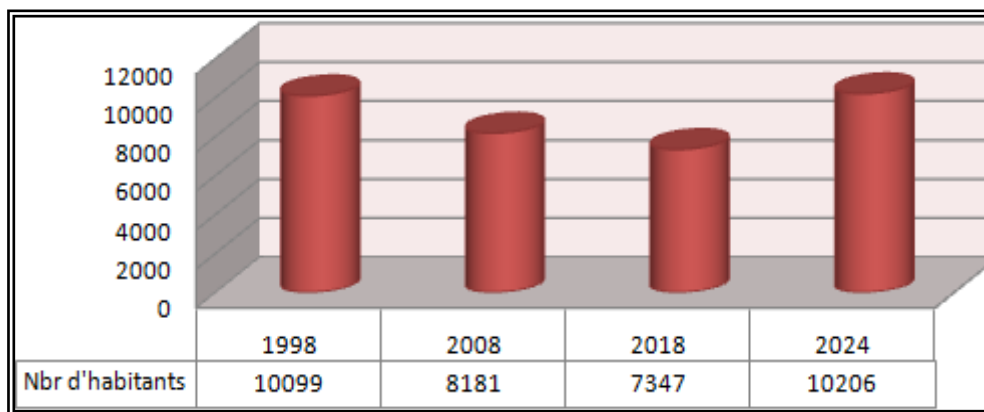


Fig N°22 : Croissance de population de Chehaima (ONS)

III-2- Évaluation socio-économique de la région de Chehaima

La répartition de l'habitat et des activités agronomiques à Chehaima peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la topographie, la disponibilité des ressources naturelles et les pratiques agricoles traditionnelles. Une analyse générale de la répartition de l'habitat et des activités agronomiques dans cette région était faite à partir des données collectées d'après le service DSA de Tiaret et sortie sur le terrain effectuée le 17/04/2024 :

III-2-1-Répartition de l'habitat :

Chehaima se distingue par son environnement dispersé, avec une population totale de 5101ha, soit 62,35% en 2018, vivant principalement dans les zones de faible pente et à proximité des points d'eau pour y exercer leurs activités et aussi pas loin du Chef lieu ce nombre et augmenté selon les données accordées d'APC de chef lieu 7830ha soit une hausse de 14.34% par rapport au recensement 2018. Chehaima est une région qui a réussi à maintenir sa nature rurale malgré l'expansion urbaine qui s'étend dans les environs. Le mode de vie

traditionnel des habitants de Chehaima est connu, en accord avec la nature et les ressources naturelles qui les entourent. Les activités quotidiennes de la population locale sont basées sur la proximité des points d'eau, qui sont largement basées sur l'agriculture et l'élevage.

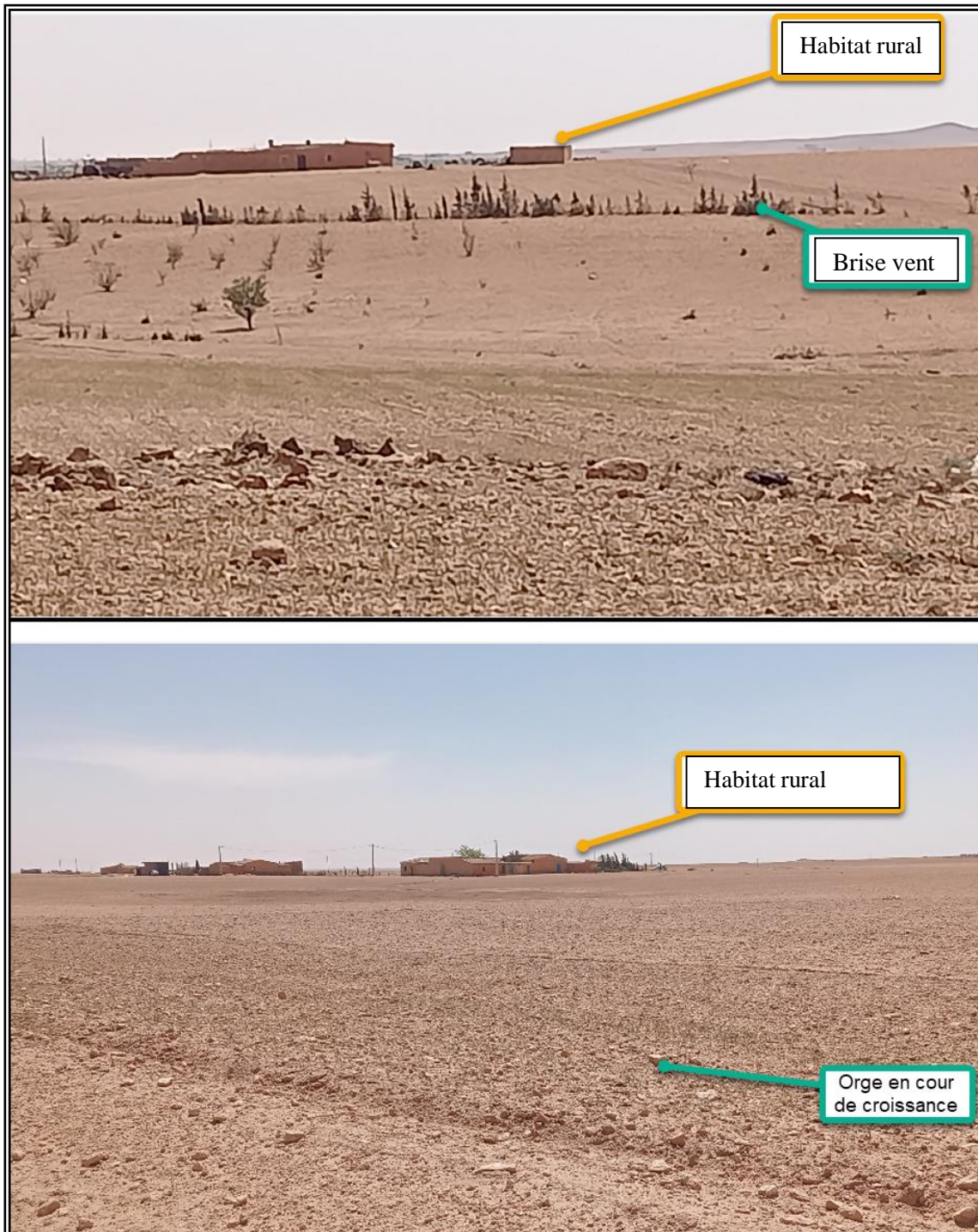


Fig N°23: Représentation de l'habitat à Chehaima (Cliché Kious 17/04/2024)

III-2-2-Activité agropastoral

La répartition spatiale des activités agronomiques à Chehaima reflète une réalité marquée par des ressources limitées. L'agriculture constitue la deuxième activité économique de la région, avec seulement 2% de la superficie totale dédiée à la culture. Ces terres sont divisées en parcelles agricoles exploitées par différentes familles ou agriculteurs, qui adoptent souvent des systèmes de rotation des cultures pour optimiser l'utilisation des ressources disponibles.

Des céréales comme le blé et l'orge sont les principales cultures, ainsi que des cultures maraîchères adaptées aux terres peu profondes de la région. La majorité de ces activités agricoles se déroulent dans les zones plates et fertiles de Chehaima, situées à proximité du chef-lieu en raison de la disponibilité des infrastructures (routes et électricité) et en utilisant un système d'irrigation à pivot central et le goutte à goutte.



Fig N°24 : Représentation d'exploitation agricole à Chehaima (Cliché Kious 17/04/2024)

Dans la région de Chehaima, l'élevage est une activité majeure, notamment pour le bétail, avec une population de 105350 têtes d'ovins, 5952 têtes de caprins et 979 têtes de bovins. Cependant, la pratique irrationnelle de cette activité, appelée surpâturage, peut avoir des répercussions négatives sur l'environnement naturel, entraînant la dégradation des sols, la diminution de la biodiversité, la désertification et d'autres changements environnementaux. La mise en place de pratiques de gestion durable des pâturages est donc essentielle afin de prévenir ces conséquences et de préserver la santé à long terme des écosystèmes. En résumé, la pollution excessive peut avoir des répercussions sur l'environnement naturel, ce qui peut entraîner la dégradation des sols, la réduction de la biodiversité, la désertification et d'autres modifications de l'environnement. La mise en place de pratiques de gestion durable des pâturages est donc essentielle afin de prévenir ces conséquences et de préserver la santé à long terme des écosystèmes.

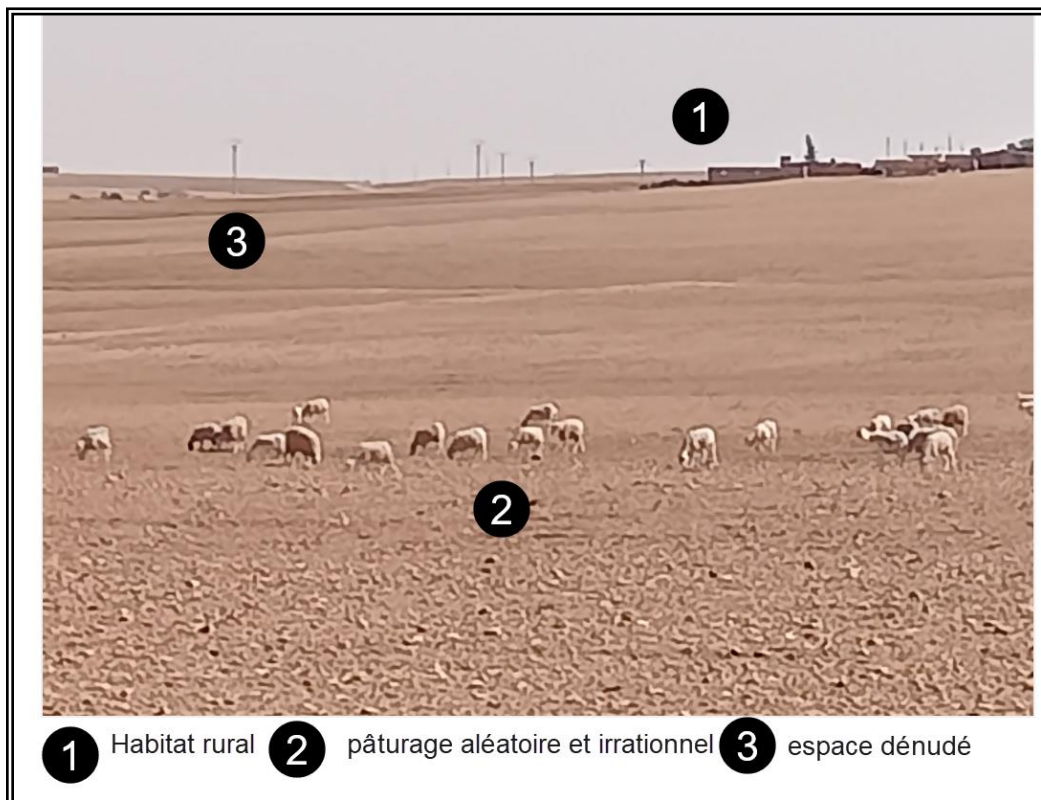


Fig N°25: Représentation de l'activité pastorale à Chehaima (Cliché Kious 17/04/2024)

En résumé, les caractéristiques géographiques, climatiques et économiques locales ont une influence considérable sur la répartition de l'habitat et des activités agricoles à Chehaima. La présence de zones habitées accessibles et la variété des activités agricoles freinent l'adaptation des populations locales aux conditions environnementales et aux ressources disponibles. Les habitants ont exploité de manière aveugle toutes les ressources naturelles de la région, ce qui les a exposés à la dégradation naturelle.

CONCLUSION

La région de Tiaret présente une morphologie diversifiée avec des reliefs variés, allant d'un relief accidenté au nord, culminant à 1245m, à un plateau plat de Serssou à l'est et des plaines steppiques au sud, où se situe la zone d'étude de Chehaima. Les inclinaisons varient de 0% à 1.65% dans la région de Tiaret, avec des pentes plus marquées de 1.65% à 10.89% dans la zone montagneuse au nord-ouest. Chehaima, quant à elle, affiche des pentes douces ne dépassant pas 1.65%.

La région se caractérise par une diversité lithologique, comprenant des formations calcaires, argilo-sableuses, volcaniques, métamorphiques, magmatiques intrusives et des dépôts quaternaires. Les roches sédimentaires abondent, formées par l'accumulation et la compression de sédiments divers. Le réseau hydrographique est riche en cours d'eau, alimenté par deux bassins versants distincts, essentiels pour l'agriculture et l'approvisionnement en eau.

L'occupation des sols varie entre les régions de Tiaret et Chehaima, avec une prédominance des terres agricoles et pastorales. Le climat semi-aride à méditerranéen de la région, notamment de Chehaima, se caractérise par des précipitations hivernales et printanières, des étés chauds et secs, et des hivers doux. La végétation est variée, allant de l'alfa et l'armoise au sud-est, à la végétation halophyte au sud-ouest.

La région est réputée pour son caractère agro-pastoral, avec une activité agricole répandue dans un espace irrigué à proximité du chef-lieu. L'élevage demeure une activité primordiale, étant donné la limitation de l'activité agricole en raison des facteurs naturels et géographiques de la région, ainsi que la présence d'une activité pastorale répandue. Cette situation met en péril la vitalité de l'environnement naturel du Chehaima.

Chapitre III

Indices et agents explicatifs de la dynamique du couvert végétal à Chehaima

Dans le domaine de la télédétection, les indices font partie d'une technique de traitement connue sous le nom de transformations multi-spectrales. L'objectif principal est d'augmenter la quantité d'irradiance mesurée par les capteurs satellites dans le domaine environnemental. Les données satellites sont multi-spectrales, ce qui leur permet de décrire l'état d'un phénomène. L'indice de végétation peut, par exemple, représenter le stade de croissance des plantes à un moment précis. Les indices spectraux, qu'ils s'agit de l'indice de végétation, de l'indice du sol, de l'indice de la colonne d'eau, etc, sont tous empiriques. On utilise fréquemment les indices de végétation pour évaluer et surveiller la dynamique de la végétation, mais aussi pour évaluer certains paramètres biophysiques spécifiques au couvert végétal, tels que la biomasse, l'indice de surface foliaire, le taux de rayonnement photosynthétique actif, etc.

I-Indicateurs démonstratifs du phénomène de la dynamique de la végétation

Il existe de nombreux indicateurs utilisés pour détecter et surveiller la végétation à l'aide de techniques de télédétection que nous avons utilisé afin de démontrer la dynamique de la végétation dans la région de Chehaima sur des périodes différentes selon la disponibilité de la couverture d'images aptes à être téléchargées par les sites web appropriés cités auparavant comme :

I-1-Composition colorée

Les compositions colorées offrent la possibilité de créer des images en utilisant la signature spectrale des objets. Elles servent souvent à mettre en valeur les diverses formes de surface sur les images multi-spectrales ou à mettre en lumière certains phénomènes environnementaux tels que les incendies de forêts, les vents de sable, les glaces de mer, etc. En fonction des applications, il est possible de réaliser diverses compositions colorées :

✓ Optez pour des compositions appelées "vraies couleurs" afin de rendre les images plus réalistes. C'est ce que nous verrions en utilisant nos yeux au lieu du capteur satellite.

✓ Selon V.-C. Jofack Sokeng (2016), il existe différentes compositions appelées

« fausses couleurs », qui ne livrent pas les couleurs réelles, mais qui visent à mettre en évidence certains objets dans une image. Ces images infrarouges à fausses couleurs sont largement utilisées pour l'étude de la végétation.

Les méthodes utilisées pour étudier l'évolution spatio-temporelle de la végétation dans la zone de Chehaima de 1995 à 2023 sont une étude comparative diachronique datée de tous les 5 ans pendant la période mentionnée précédemment. Cette étude sélectionne deux mois (mars-novembre) par année pour traiter (1995 -2000-2005-2010-2015-2020-2023) pendant la période mentionnée précédemment.

La sélection de cette date est influencée par la disponibilité d'images Landsat gratuites en téléchargement, ce qui facilite la comparaison des phénomènes et des résultats. Cette technique repose sur l'utilisation d'ArcGis pour appliquer une composition de couleurs sur des images Landsat5-9. Cette technique repose sur une composition de fausses couleurs où la végétation est représentée en rouge, ce qui permet d'obtenir visuellement une idée des pixels couverts par la végétation et ceux qui sont nus, et de les comparer à différentes dates sélectionnées dans la période d'étude. . (Voir Fig N°26)

I-1-1-Traitements numériques des images Landsat 5-9 : Interprétation visuelle

L'analyse visuelle des images a pour objectif de créer un lien entre le terrain et l'image. Il fait appel à notre vision et nécessite l'intervention d'un traducteur ou d'un analyste qui extrait des informations d'images satellites en les examinant visuellement :

Grâce à cette analyse visuelle effectuée sur notre zone d'étude, nous avons pu repérer des informations telles que :

La végétation s'installe autour des surfaces humides comme Oued Hedeba et Oued Koura, ainsi que les dayas : Daïet Miloud et Daïet el kerch situés à l'extrême NNE du Chott Chergui sur toute la série d'images traitées de 1995 à 2023 en mars même celles du mois de novembre, l'analyse des résultats sont qualitatives où nous relevant :

- ✓ **En mars 1995**, une forte présence du couleur rouge a été observée dans la région au nord de Chehaima et autour des cours d'eau, signalant la présence de végétation ; en novembre 1995, la couleur avait disparu sauf près de l'oued, et même la couleur noire indiquait la présence d'eau à Daïet el kerch, avec une superficie plus réduite qu'en mars.

- ✓ **En l'an 2000**, après 5 ans, le paysage avait changé. Nous avons noté que la couleur rouge était moins dense et moins vive, principalement dans la partie nord de la zone d'étude. En même temps, la couleur noire avait disparu, ce qui indique le dessèchement des zones humides du sol. En novembre, la végétation était plus clairsemée qu'en mars, mais l'image montrait encore un peu d'eau dans les Dayas (Daeit el Kerch, Daeit Miloud) visibles sur le terrain.
- ✓ **En 2005**, la couverture végétale était faible en mars mais augmentait significativement en novembre, surtout le long des cours d'eau ; On observe également l'approvisionnement en eau à Daiet el Kertch.
- ✓ **En 2010**, la proportion de végétation en mars était significative selon les pixels rouges trouvés sur la figure ; en revanche, novembre a marqué une diminution de cette proportion, même pour Daiet El Kerch, dont la surface en mars est plus humide qu'en novembre.
- ✓ **En 2015**, la répartition du couvert végétal en mars était limitée dans la partie nord de la région de Chehaima, mais en novembre la couleur rouge était plus vive et répartie sur toute la surface de la région, et la surface humide était plus importante en novembre qu'en mars.
- ✓ **En 2020**, la figure ci-dessous montre que la répartition de la végétation en mars est limitée à l'extrémité nord de la zone d'étude et le long de l'oued el Hedeba et de l'oued Koura. En novembre, la couleur rouge est moins visible, ce qui explique la disparition des unités végétales.
- ✓ **En mars 2023**, la végétation était présente dans le nord de Chehaima et près des cours d'eau de la région. En novembre, on a noté une diminution de la végétation dans les zones mentionnées précédemment.

Selon cette analyse, il a été observé que la zone de Chehaima a connu des variations saisonnières dans le taux de végétation, avec des territoires en bon état enregistrés en 1995, 2010 et 2015. En revanche, on constate une baisse du couvert végétal en 2000, 2005, 2020, 2023. De plus, on remarque que la végétation en mars est plus dense qu'en novembre, ce qui symbolise l'automne et la présence des pratiques culturelles.(voir Fig N°26)

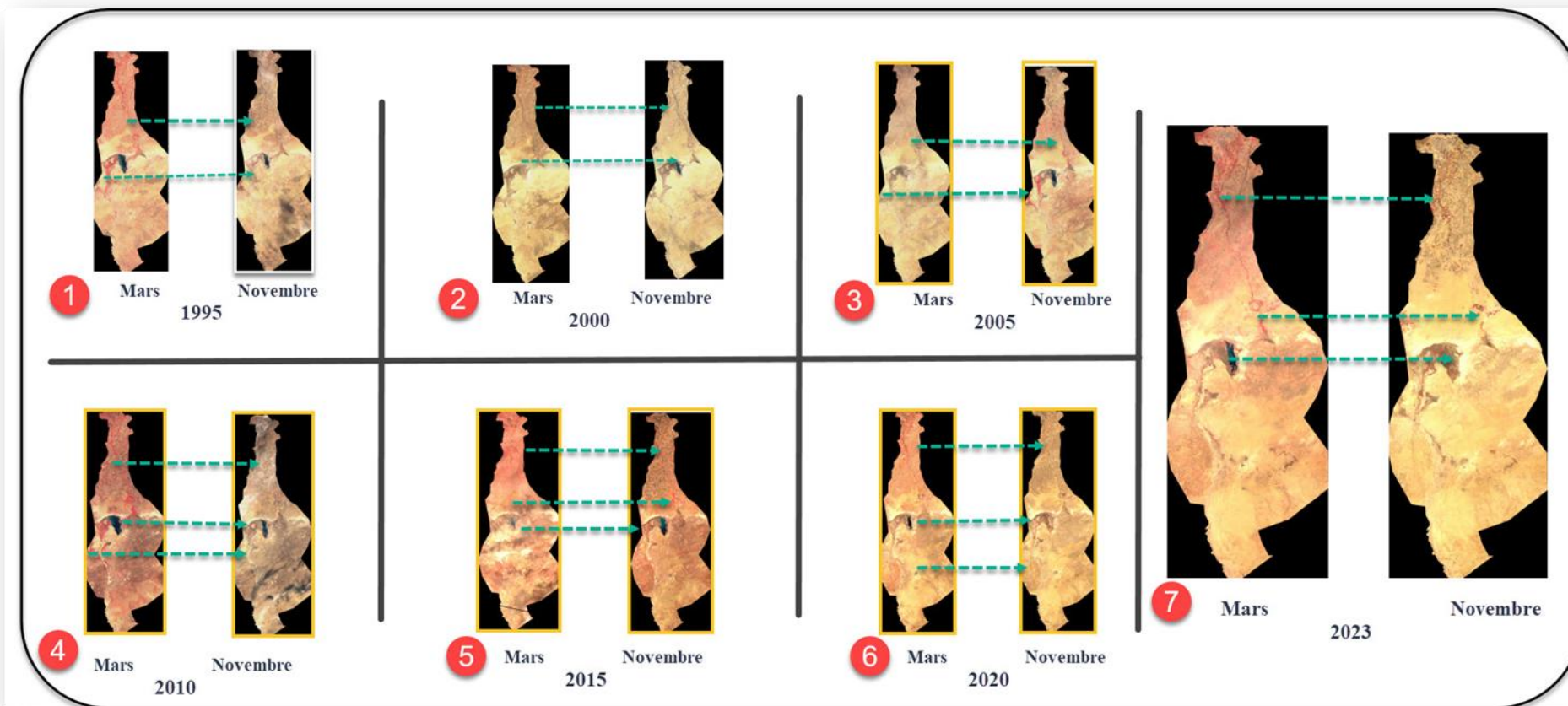


Fig N°26 :l'application de la technique de fausses couleurs dans la compositions coloré du Landsat 5-8 [http// www. landsat.com](http://www.landsat.com)

I-2- Indice de végétation NDVI

NDVI (L'indice De Végétation Par Différence Normalisée), dans les termes les plus simples, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) mesure la verdure et la densité de la végétation capturée dans une image satellite. Une végétation saine à une courbe de réflectance spectrale très caractéristique dont nous pouvons calculer la différence entre deux bandes – le rouge visible et le proche infrarouge. L'indice de végétation NDVI c'est la différence exprimée sous forme de nombre – allant de (-1 à 1).

I-2-1- Calcul de NDVI dérivé de l'image Landsat (Voir FigN°27)

Cet indice est calculé à partir d'images Landsat à l'aide d'ArcGis avec la formule suivante :

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Soit le rapport suivant : $\frac{\text{Band04} - \text{Band03}}{\text{Band04} + \text{Band03}}$ Où :

(NIR) Proche infrarouge– lumière réfléchiée dans le spectre proche infrarouge;
(RED) Rouge– lumière réfléchiée dans la gamme rouge du spectre.

Selon cette formule de calcul de NDVI, la densité de végétation sur le certain point de l'image est égale à la différence des intensités de lumière réfléchiée dans le domaine rouge et infrarouge divisée par la somme de ces intensités, les valeurs de NDVI sont interprétées comme suit :

1. L'indice de végétation NDVI définit des valeurs de -1,0 à 1,0.
2. les valeurs négatives représentent principalement les nuages, l'eau et la neige.
3. les valeurs proches de 0 représentent principalement la roche, le sable ou la neige.
4. De très petites valeurs NDVI (0,1 ou moins) correspondent à des zones sans rochers, sans sable ou sans neige.
5. Les valeurs modérées (0,2 à 0,3) représentent les arbustes et les prairies, tandis que les valeurs élevées (0,6 à 0,8) représentent les forêts tempérées et tropicales.

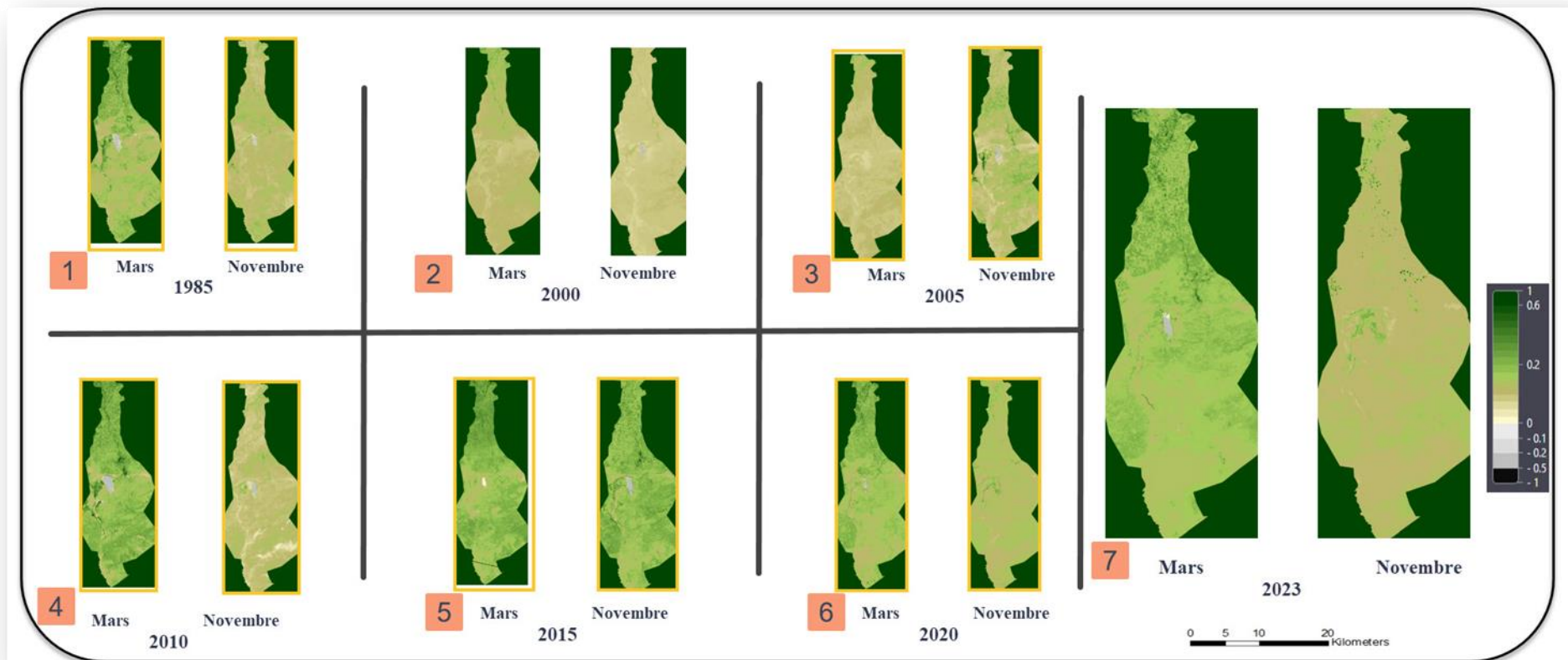


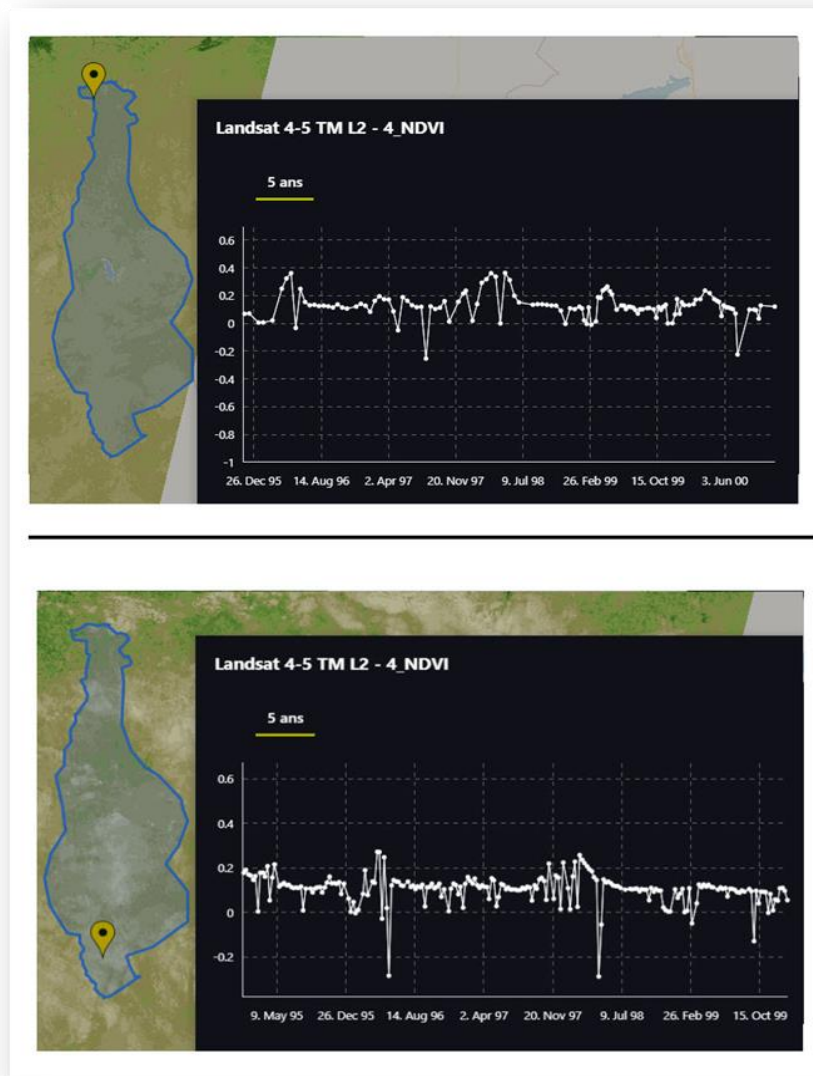
Fig N°27 : Représentation de l'indice de végétation (NDVI) issus de l'image Landsat 5-8 du (1995-2023) [http// www. landsat.com](http://www.landsat.com)

Le couvert végétal dans la figure ci-dessus est représenté en pixels verts où nous avons observé que :

- **L'année 1995** représente un très bon état en mars et également en novembre.
- **En 2000**, l'état du terrain s'est détérioré par rapport au résultats précédents et surtout en novembre.
- **En 2005**, l'état de la zone s'est amélioré en novembre.
- **En 2010**, le champ a montré des progrès significatifs en mars contrairement à novembre.
- **La zone d'étude de 2015** a eu des taux de récupération visuelle importants en mars et novembre.
- **En 2020**, le taux de végétation en mars a augmenté significativement par rapport à l'année précédente et a diminué significativement en novembre.
- **En 2023**, le terrain est quasi stable en bon état en mars et dénudé en novembre.

Pour mieux expliquer les données obtenues et montrer la différence spatiale entre le nord et le sud de la région, nous avons sélectionné deux points d'échantillonnage, l'un situé au point le plus au nord et l'autre situé à la pointe sud de Chehaima. Point Nord ($34^{\circ}58'19.2''N/ 1^{\circ}17'6''$) et Point Sud ($34^{\circ}11'52.8''N/ 1^{\circ}20'6''$), les résultats sont présentés sous forme de graphiques de changement de végétation sur quatre périodes d'un an : (1995-2000), (2001-2005), (2006,2011) et (2016-2020), cette méthode nous permet d'effectuer une analyse quantitative des résultats NDVI et a également démontré visuellement la variabilité de la présence de couvert végétal dans la zone d'étude, Cf figures au dessous.

- **Première période (1995-2000)** : selon la comparaison entre deux points, une différence peut être constatée lorsque le point N a des valeurs dans la fourchette (0-0,4) représentant l'aspect du taux de couverture modéré, contrairement à avril et novembre 1997 et juin 2000, les valeurs négatives (-0,4, -0,2) représentent l'aspect rocheux ou dénudé de l'espace. Pour le pointage S, le NDVI est compris entre (0, -0,2) pour la majeure partie de la période, et atteint des valeurs plus faibles en août 1996 et juillet 1997. Dans l'ensemble, l'espace apparaît nu.



FigN°28 : Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (1995-1999)<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

- **Dans la deuxième période (2001-2005) :** la différence entre la partie N et la partie S ressort très clairement des graphiques dans lesquels on note des dynamiques de couverture végétale très différentes au Nord avec des valeurs de l'ordre (0 à 0,4) de couverture modérée. pour toute la période, et certaines valeurs comprises entre (0 et -0,4) en janvier 2001 et mars 2004 représentent un espace vide. Pour la partie sud, les valeurs sont comprises entre (0, - 0,4) spatialement avec des taux de recouvrement épars sur toute la période.

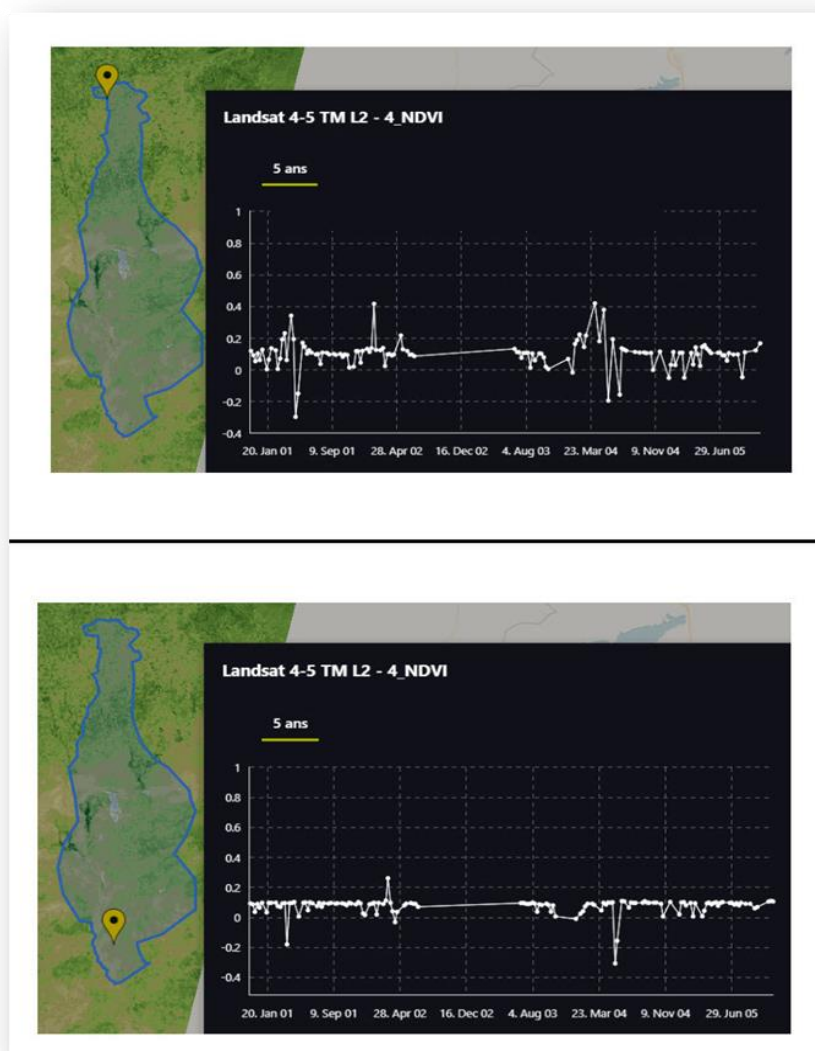
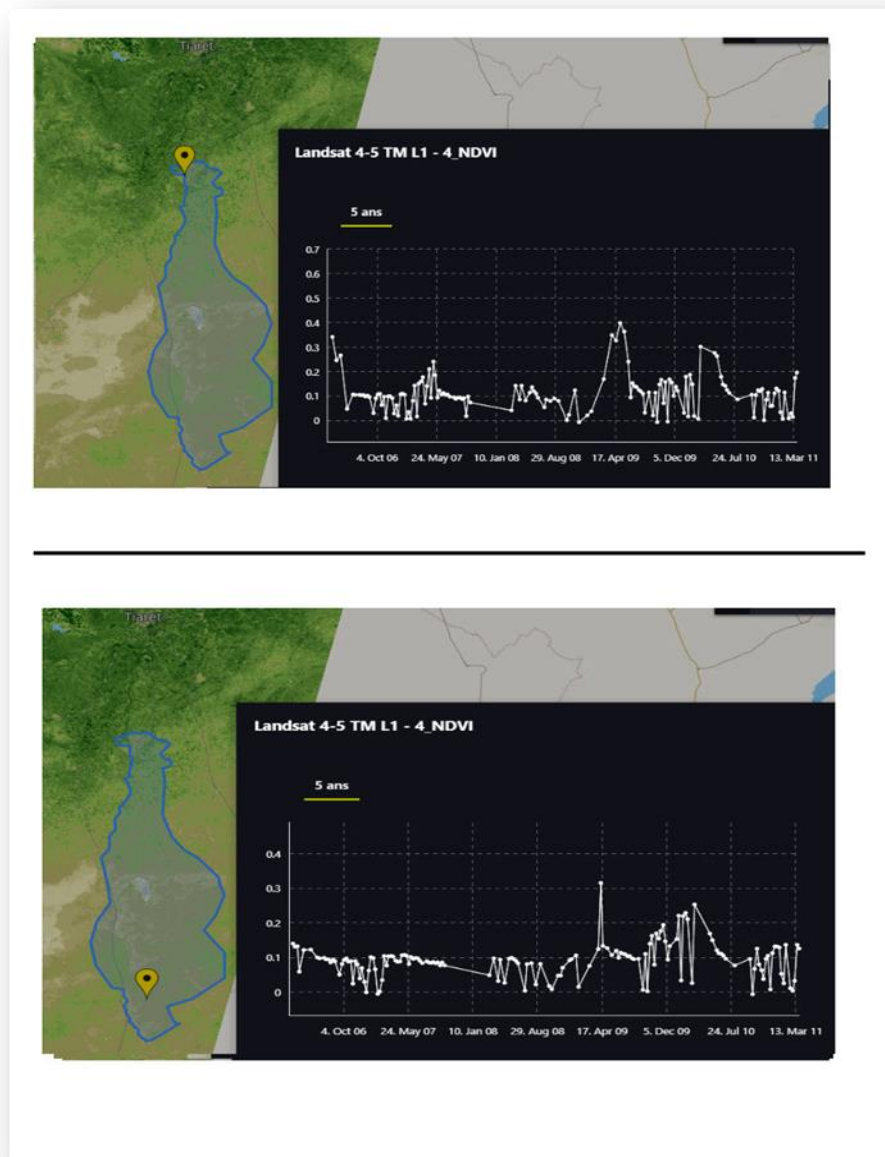


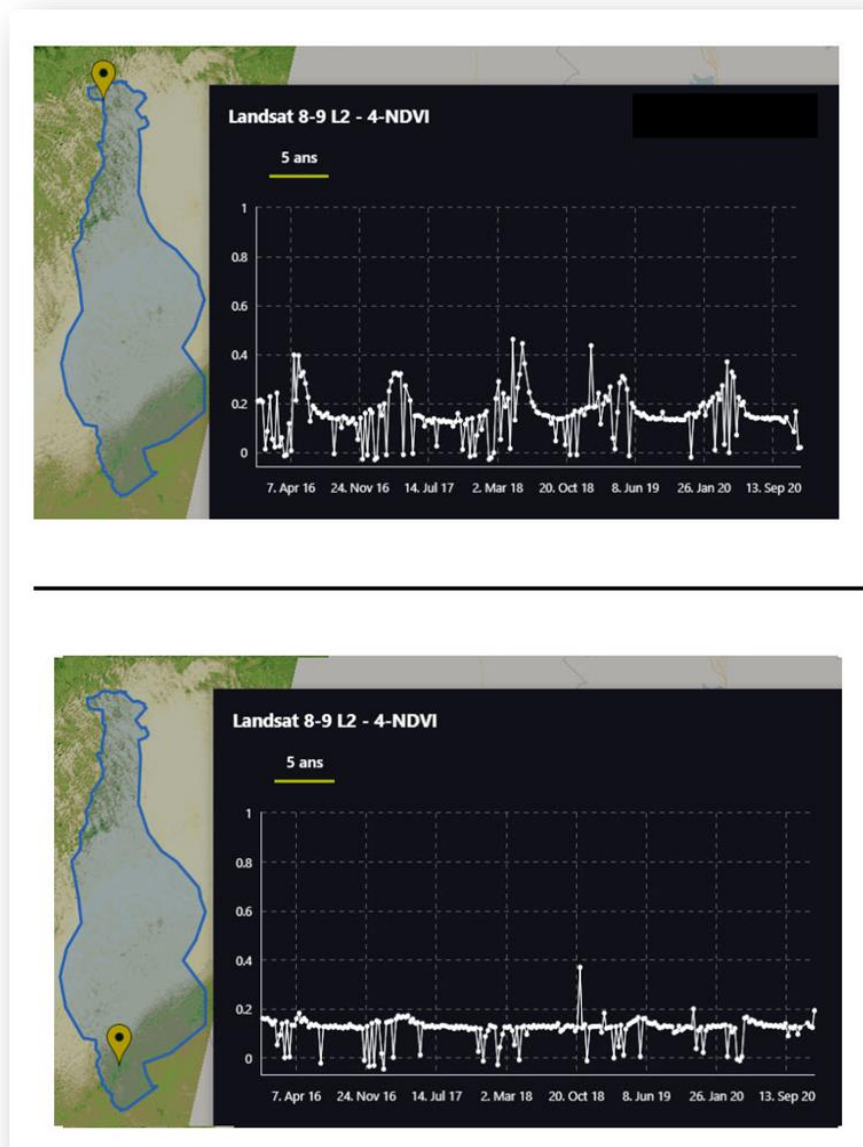
Fig N°29 : Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (2000-2005)<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

- **période trois (2006-2011)** : durant cette période, la région Nord a été marquée par une tendance de recouvrement notable avec des valeurs NDVI varie entre (0-0,4), la zone a été caractérisée par une présence importante de végétation, notamment de 2009 à 2011, tandis que la partie sud a enregistré des valeurs comprises entre (0 et 0,2) en 2006 à 2009 indiquant un milieu a sol nu ; Les valeurs ont évolué de 2009 à 2011 où l'indice marque (0, 0,4) là par voie de conséquence la zone a commencé à être couverte.



FigN° 30: Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (2006-2011)<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

- **Pour la quatrième période :** le changement entre les deux points échantillons est visuel dans les graphes, nous relevons pour le point N une évolution fréquentes pour toute la période varie entre (0-0.4) se qui montre la présence permanente du couvert végétal dans cette partie, tandis que la partie S, les valeurs de NDVI enregistre un intervalle de (0 et 0.2) aussi pour toute la période, sauf en Octobre 2018 la valeur de l'indice de végétation atteint 0.4 .



FigN° 31:

Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (2016-2020)<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

A travers ces données, on voit clairement que cette zone présente une nette variation dans le taux de couverture végétale, des zones à couverture moyenne aux zones dénudés. Pour trouver une explication raisonnable à ce phénomène, nous avons essayé de le relier aux précipitations. Au fil des années où l'indice de végétation change de telle sorte qu'à des valeurs comprises entre (0 - 0,4) les précipitations annuelles fluctuent entre 500 mm et 700 mm, comme en 1997-2009 et 2018, tandis qu'à l'indice compris entre (-0,4 et 0) les précipitations varient entre 250 mm et 400 mm, soit les années 2000 - 2004 - 2005 et 2016. Ainsi, nous pouvons conclure que la pluviométrie est l'un des facteurs les plus importants, contrôlent le taux de couverture et sa continuité dans la zone d'étude.

I-2-2- Calcul de NDVI dérivé de l'image MODIS

Dans cette étude, nous utilisé aussi l'outil d'analyse d'images ArcGIS pour calculer les valeurs de l'indice de végétation à différence normalisée (NDVI) pour la région de Chehaima à l'aide des données satellitaires MODIS (spectroradiomètre d'imagerie à résolution modérée) sous forme(MOD13Q1 – Végétation Indices 16-Day L3 Global 250m) . Nous avons utilisé l'imagerie MODIS pour compléter le déficit de couverture Landsat, afin d'éviter le manque de données dans notre étude diachronique, car la couverture d'imagerie MODIS est disponible de l'an 2000 jusqu'à date plus récente et pour les 12mois de l'année, contrairement que celle des images Landsat.

L'application de cet indice à l'ArcGis se fait comme :

$$NDVI = image\ MOD13Q1 * 0,0001$$

Et les résultats varie entre chiffre (-0.08 et 0.71) se qui prouve que La zone d'étude présente une couverture végétale moyenne à relativement nue cf critères cité page 6.

Selon *Bariou et al., 1985*, plusieurs paramètres peuvent influencer la réponse spectrale de la végétation dérivée des satellites, ce qui peut expliquer les résultats obtenus lors du calcul du NDVI dans la zone de Chehaima et évaluer le taux de couverture végétale de la zone comme modéré, dénudé ou rocheux.

- **Propriétés du végétal:**

- **Au niveau de la feuille:**

- Etat de la surface, la couleur ou pigmentation de la feuille, sa position, son exposition, son inclinaison.
 - Conditions physiologiques (teneur en eau, âge de la feuille, maladie) .

=> Interactions de tous ces paramètres et donc complexité de l'interprétation.

- **Au niveau de la plante:**

- Multiplicité du nombre de couches de feuilles, hauteur de la plante
 - Géométrie de la couronne (taille et forme).

=> Ces facteurs affectent l'apparence texturale de la plante.

- **Au niveau de la géométrie du couvert végétal:**

- Densité du peuplement et interférence sol / végétation.
 - Associations et distributions relatives des espèces dans le couvert, phénologie non uniforme des composantes du couvert.
 - Orientation (aléatoire ou non).

=> Ces paramètres déterminent le pourcentage de la réponse de la surface du feuillage, des autres parties de la plante (tronc, ...), du sol.

. => Importance de la saison de la prise de vue.

- **Géométrie de la visée:**

- **Conditions d'illumination:**

- Angle zénithal ou d'élévation solaire.
 - Météorologie (vent, température de l'air, nébulosité de l'atmosphère,...).

=> Rôle sur la clarté et la distribution des ombres dans l'image.

- **Conditions de l'environnement:**

- Effet de site (topographie, pédologie, géologie, humidité relative,...).
 - Voisinage

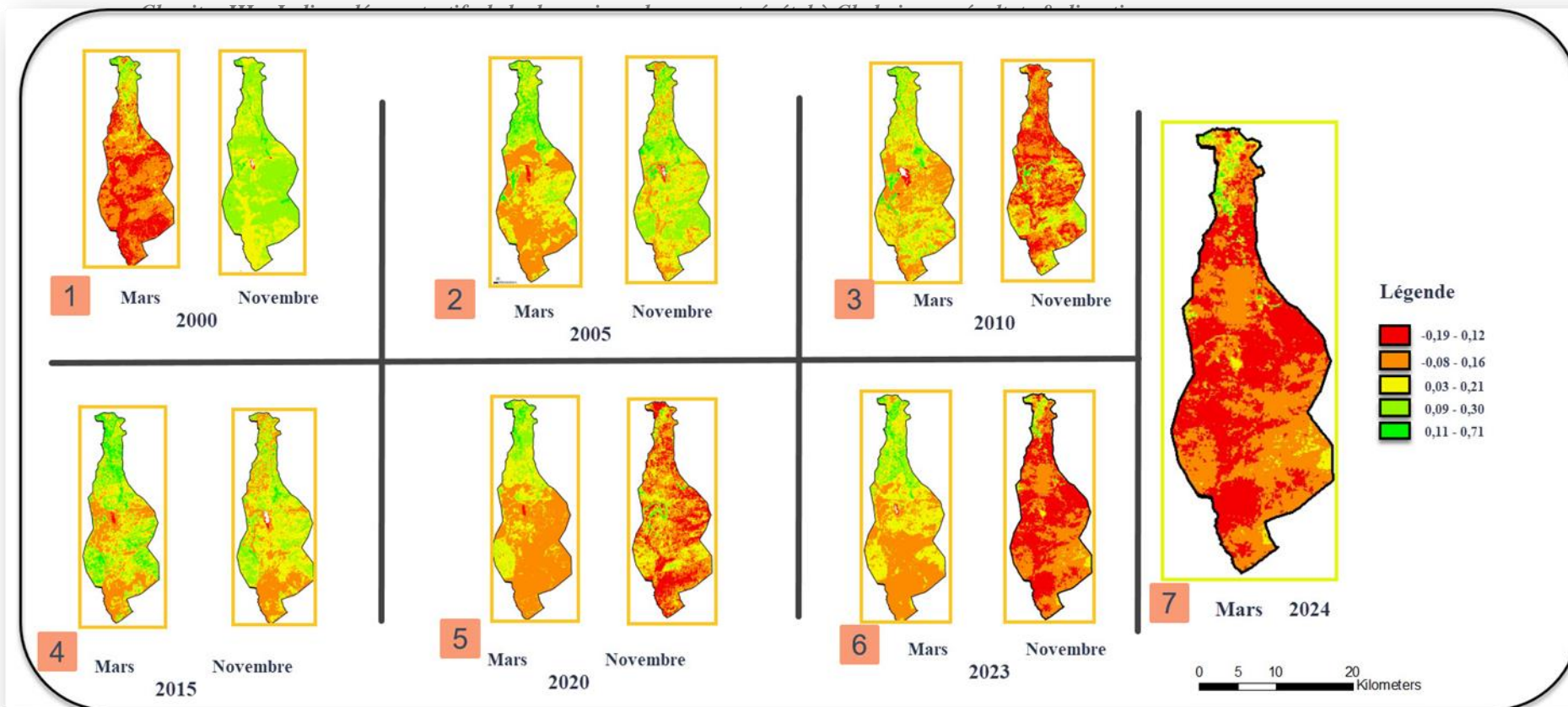
Il en résulte que les mesures spectrométriques faites sur différents satellites et capteurs (Landsat et Modis) sur la zone d'étude s'influe par ces paramètres et donne des résultats relativement différente que la réalité . Pour les satellites, l'atmosphère joue également un rôle perturbateur. En effet, le phénomène de dispersion atmosphérique peut diminuer la réflectance mesurée par un satellite de 30% par rapport aux visites sur terrain.

✓ **Avantages de l'utilisation de NDVI calculé a partir du MODIS**

- Facile à calculer (Bariou et al, 1985; Caloz et Collet, 2001).
- Très utilisé, car assez générique (Jensen, 2000; Caloz et Collet, 2001).
- Normalise en partie les effets d'éclairement ou de pentes (Bariou et al, 1985; Caloz et Collet, 2001).

✓ **Inconvénients de ce capteur:**

- Sensible aux conditions atmosphériques (Holben, 1986) (jusqu'à 50% d'erreur).
- Sensible aux sols (Lillesaeter, 1982) - Sature pour des couverts de végétation très denses (Runyon et al., 1994; Huete et al., 1997).



FigN°32 : Indice de végétation (NDVI) issus de l'image MODIS du (2000-2024) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

I-2-3- Etude de la dynamique de la végétation a l'aide de l'indice NDVI (2000-2024)

L'utilisation de l'indice NDVI nous à permet de déterminer la croissance de la végétation en mesurant la teneur en chlorophylle des plantes par image satellitaire (Landsat, MODIS). En milieu physique, cet indice d'estimation de la masse végétale recouvrant le sol, la description de l'état physiologique de la couverture végétale, la prévision des récoltes et L'évolution de la couverture végétale. Dans notre étude, nous l'avons utilisé pour le suivi de l'évolution du couvert végétal de la zone de Chehaima a partir d'une étude diachronique de 25 ans (2000-2024) on utilisant l'image MODIS et sur 29 ans (1995-2023) on utilisant images Landsat où on calculé les taux de recourent ainsi que les superficies occupées par la végétation.

Pour mieux étudier l'évolution et suivre la dynamique de la végétation ainsi que pour appliquer des recherches diachroniques comparant les années et les mois au cours de la période d'étude sélectionné dans la région de Chehaima, nous nous sommes appuyés sur des échantillons annuels ainsi que sur d'autres modèles mensuels. La recherche s'effectue en quatre périodes de cinq ans chacune et deux mois chaque année de la période choisie (mars, novembre), symbolisant la fin de l'hiver et le début du printemps et de l'hiver. Ce sont les saisons les plus humides de l'année en raison de la quantité de pluie reçue au cours de l'année agricole.

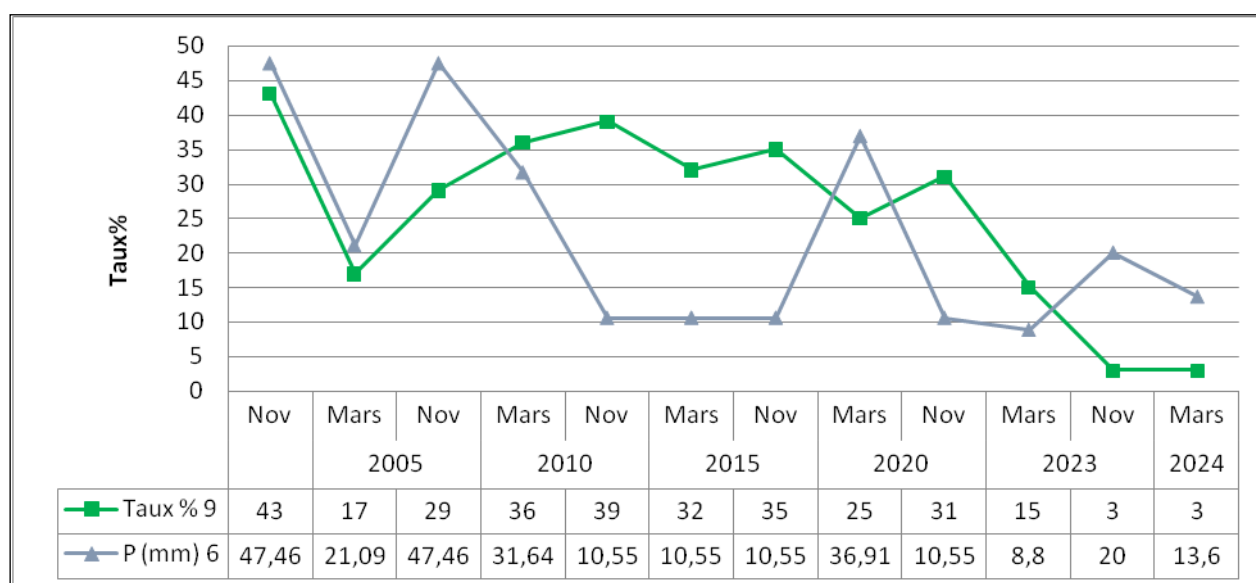
nous nous somme appuyé sur une analyse quantitative du taux de végétation dans la zone d'étude à l'aide du programme ArcGis, la technique est donc basée sur la visibilité de toute type de végétation et on négligeant tous les autre composants (sol nu, rocheux , bâti, etc....) de surface. L'objectif est de montrer les zones couvertes par la végétation à Chehaima. Ce programme nous permet également de calculer la superficie, les pourcentages qui sont indiqués dans le tableau suivant :

Tab N° 12 : Corrélation entre la superficie couverte de végétation et (Pmm/T°C)

Année	Mois	Superficie couverte de végétation (km ²)	Taux %	P (mm)	T°C
2000	Mars	198	9	6	13,1
	Nov	947	43	47,46	10,8
2005	Mars	374	17	21,09	10,7
	Nov	639	29	47,46	10
2010	Mars	793	36	31,64	10,3
	Nov	859	39	10,55	10,6
2015	Mars	705	32	10,55	9,4
	Nov	771	35	10,55	11,1
2020	Mars	550	25	36,91	10,8
	Nov	683	31	5,27	12,7
2023	Mars	330	15	8,8	11,1
	Nov	66	3	20	12,3
2024	Mars	66	3	13,6	10,8

Selon les figures ci-dessous, le taux de recouvrement de la végétation dans la région de Chehaima se caractérise par de fortes fluctuations défavorables sur 25 ans, où le pourcentage de croissance ne dépasse pas 43% par rapport aux mois choisis pour l'étude comparative, on a constaté un taux de 3 % enregistré à compter de novembre 2023 et mars 2024, soit le taux de recouvrement le plus faible de la région où nous avons relevé une moyenne mensuelle de précipitation faible (20 mm, 13,6 mm par suite) Ceci explique le déclin de la végétation durant ces deux mois de l'année consacrés à la régénération du couvert végétal. En novembre 2000, la couverture végétale à Chehaima obtenu son maximum avec un taux de 43% où les précipitations

marquent une moyenne mensuelle de (47,46 mm) que peut-on avouer comme un indicateur de régénération de végétation, alors que les pourcentages varient entre 9 % et 39 % pour le reste de la période d'études classé taux de recouvrement très faibles à modéré avec des moyennes pluviométriques mensuels varie entre (5.27 mm et 36.91) considéré comme Précipitations modestes. La végétation cultivée fait partie de ce calcul, elle n'existe qu'autour des agglomérations de la partie nord de la zone, les zones restantes sont des agropastorales à paysage nu parsemé par une répartition aléatoire de la végétation. (Voir Fig N° 33)



FigN° 33 : Corrélation entre le taux végétation et moyenne mensuel de pluviométrie

Selon cette représentation graphique, il y a une relation entre le taux de récupération et la pluviométrie mensuelle moyenne, où l'on observe que le taux de végétation est plus élevé que la pluviométrie moyenne. Le taux de végétation augmente lorsque la moyenne est élevée, tandis que lorsque la pluviométrie moyenne est inférieure, on observe une baisse de la présence de végétation. Ce graphique illustre en partie cette corrélation, mais il semble que pendant la période 2010-2015, la faible pluviométrie moyenne estimée à 10,55 mm se stabilise, tandis que le taux de végétation atteint 39 %. Cela nous a poussés à consulter la pluviométrie moyenne des mois précédents afin de mieux comprendre la situation et les facteurs impliqués dans cette dynamique. En octobre 2010, nous avons enregistré une pluviométrie moyenne de 52,73 mm, en

février 2015 (58,01 mm) et en octobre 2015 (94,92 mm), ce qui explique les taux moyennement élevés pendant cette période malgré la moyenne obtenue. Durant les mois de faible échantillonnage.

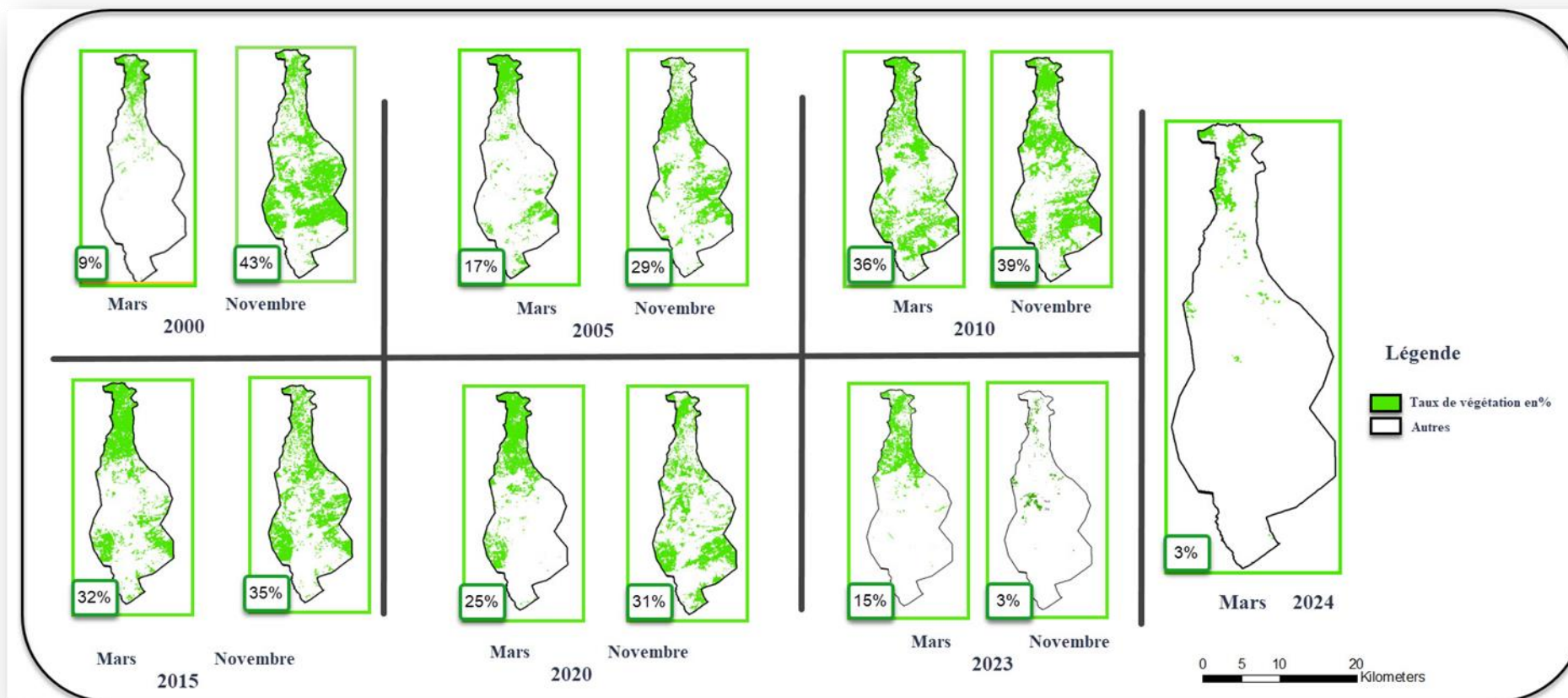


Fig N°34 : Taux de recouvrement de la végétation de la zone de Chehaima (2000-2024)

([https :](https://earthexplorer.usgs.gov/)

[//earthexplorer.usgs.gov/](https://earthexplorer.usgs.gov/))

II-1- Indicateurs explicatifs influençant sur la dynamique de la végétation à Chehaima (LST et SMI)

La présence d'un couvert végétal est liée à plusieurs facteurs écologiques, biotiques (type de sol : structure et texture) et abiotiques (facteurs climatiques : précipitation et humidité, température et lumière....etc) où on a appliqué des nouvelles techniques et des méthodes de calculs récentes à l'aide des indices spectraux qui démontrent l'influence de ces facteurs au cours du temps. Parmi eux, la température de surface (LST), et l'humidité du sol (SMI) sont des indicateurs importants lors de l'interprétation de la dynamique et du risque de dégradation de la végétation. L'objectif principal de cette étude est d'extraire les causes qui influencent le taux de croissance de la végétation et les indicateurs de variation de la densité végétale présentés dans les figures qui suivent. LST et SMI sont utilisés pour mesurer et décrire adéquatement les phénomènes d'assèchement des sols et de dégradation du couvert végétal dans la région de Chehaima. (Jad Tahouri 2017)

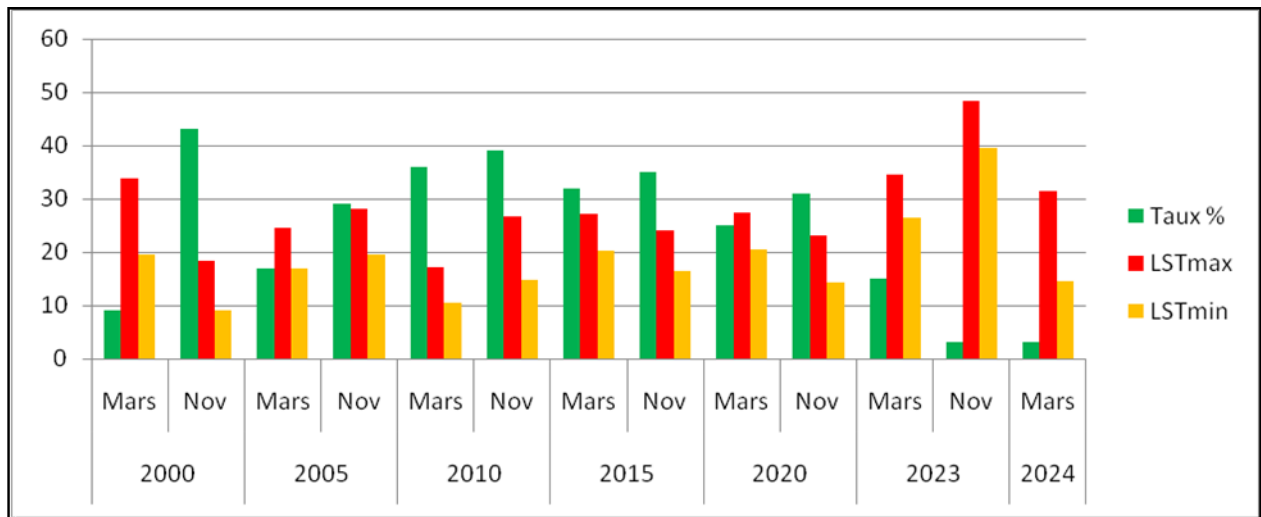
III-2-1- Indice de température de surface (LST)

Dans notre étude, nous avons combiné l'indice NDVI mesuré par spectroscopie infrarouge thermique avec la température de surface du sol pour estimer la teneur en eau du sol et l'état de stress hydrique des plantes. Cette étape s'appuie sur le traitement d'images MODIS/Terra sur 25 ans répartis en quatre périodes de 5 ans et toujours deux fois par an (Mars et Novembre), afin de mieux expliquer la relation entre LST et la croissance ou la dégradation de la végétation locale. Des calculs de l'indice montrent que l'abondance de la végétation diminue lorsque le LST dépasse 35° car le sol perd son humidité en forme d'évaporation. (Christophe B, 2015)

– Étude des changements de température à la surface de la Terre dans une série d'images satellite de (2000 à 2024) avec une résolution spatiale moyenne de 1 km et une précision temporelle quotidienne élevée, sachant que les images utilisées dans cette étude sont prêtes à être utilisées directement et qu'elles ont été appliquées. Les équations de la température de surface de la Terre (LST) extraites exclusivement par Calvin, nous les appliquons à la région en les convertissant en degrés. (Guechi imen, Gherraz halima, Alkama djamel 2022)

IMAGE LST * 0.002 – 273.15

Les résultats sont présentés sous forme d'histogramme, pour comparer les valeurs LST (max –min) par rapport au taux de couverture végétale et pour mettre en évidence leur corrélation dans les deux cas (hausse et baisse).

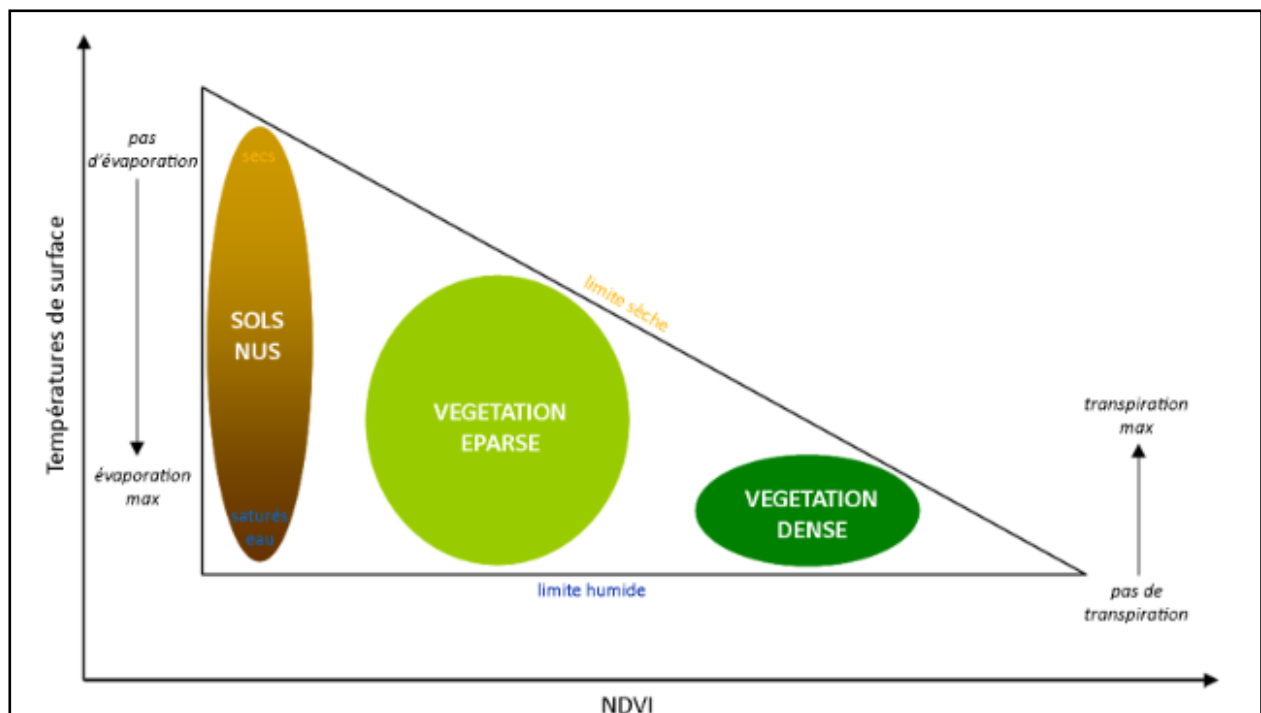


FigN° 35 : Corrélation entre le taux végétation et LST Max , LST Min

La zone Cheheima a enregistré un LST max de 48,43° (maximum) en Novembre 2023, tandis que le minimum LST max (Mars 2010) est de 17,17°. Parallèlement, on note que le LST min en Novembre 2000 était de 9,15°, alors que le pic de LST min était de 39,5° en mai 2005.

D’après l’interprétation du graphe nous remarquons que l’ordre LST dépasse les 30° le taux de végétation enregistré est faible (Mars 2000, 2023 et 2024) et le contraire lors de faible valeur du LST, le taux de végétation augmente (Novembre 2000, 2015 et 2020) c’est une corrélation négative, bien que nous avons relevé une corrélation positive en mois de Novembre 2005 où LST atteint 28° et le taux de recouvrement végétal est de 29%.

Lambin et Ehrlich, 1996 confirment que les températures de la surface les plus élevées correspondent aux surfaces les plus sèches (figure ci-dessous) représentant un sol nu. nous pouvons alors exprimer l'absence de couverture végétale en contribuant à l'augmentation des températures de surface qui augmentent les zones arides. Et un LST modéré correspond à des milieux à végétation clairsemée, ce qui est le cas dans notre zone d'étude, alors qu'une végétation dense nécessite des températures de surface basses. (Voir Figure N°36)



FigN° 36: Relation simplifiée entre la température de surface et l'indice de végétation

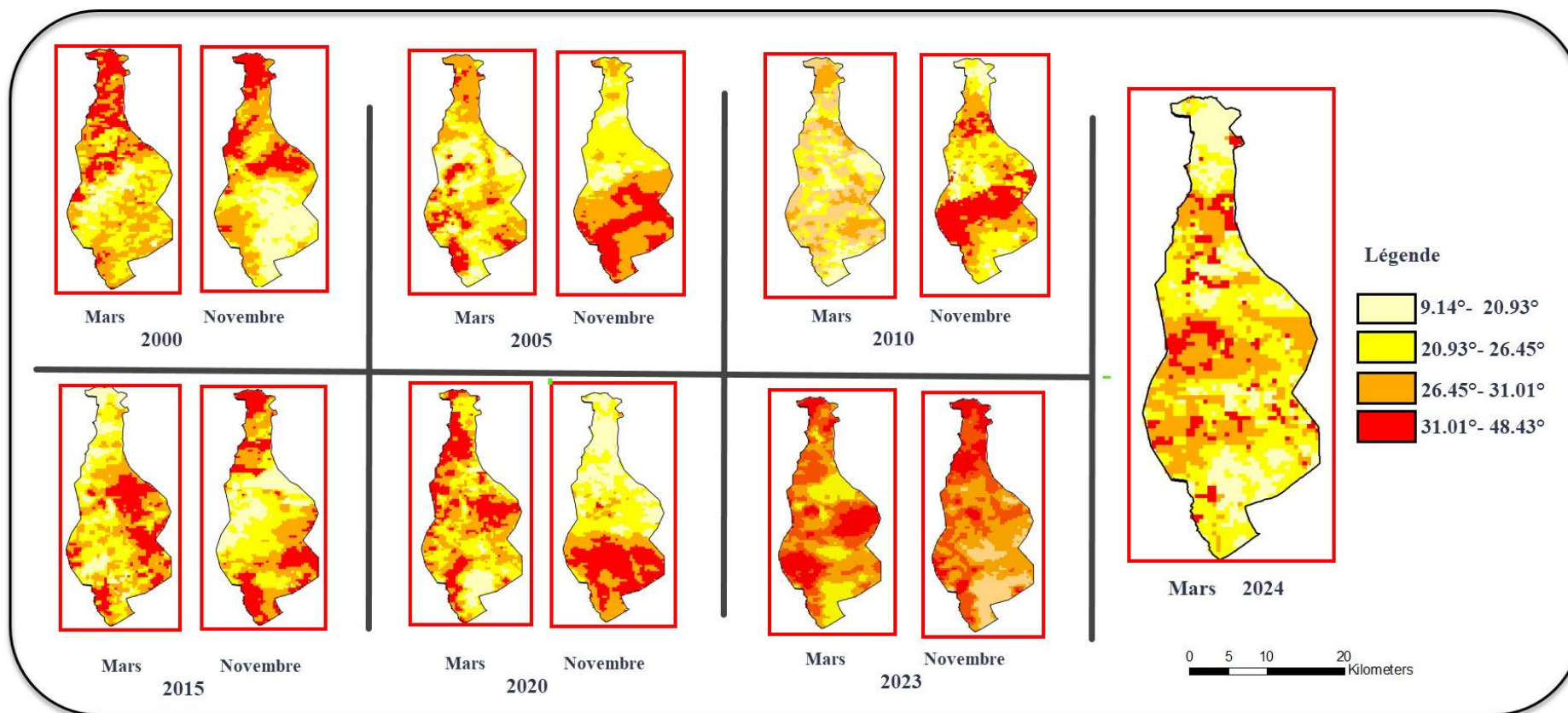


Fig N°37la répartition de la température de la surface (LST) dans la zone Chehaima (2000-2024)(<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

III-2-2- Indice de l'humidité du sol (SMI)

L'humidité du sol est un terme qui doit être défini. La quantité d'eau contenue entre les particules du sol dans la zone non saturée de la surface continentale est appelée humidité du sol. Une autre définition, la plus courante, est le rapport entre le volume total d'eau contenu dans la zone non saturée du sol et le volume total du sol.

Évaluation de l'état d'humidité de l'eau du sol pour un stockage optimal (stockage disponible). Si l'indice d'humidité du sol (SMI) est proche de 1, le sol est humide, s'il est supérieur à 1, le SMI indique que le sol a tendance à devenir saturé. En revanche, s'il tend vers 0, le sol est en stress hydrique et enfin - 0 signifie que le sol est très sec

-Calcul de l'indice d'humidité du sol (SMI) de la région de Chehaima du 2000-2024. Cette étude se déroule en deux phases :

Phase I : Préparation des visuels utilisés dans l'étude du changement saisonnier de la température de surface de la Terre (LST).

Phase II : Calcul de l'indice d'humidité du sol (SMI) avec formule mathématique à l'aide d'ArcGis basée sur des visuels MODIS mettant en évidence la température de surface de la Terre (LST) selon la formule suivante :

$$\text{SMI} = (\text{LSTmax} - \text{LST}) / (\text{LSTmax} - \text{LSTmin})$$

SMI: **Soil** Moisture Index

LST: Land Surface Temperatur

LSTmin/max :Max& Min values of Land Surface Temperature

D'autres facteurs, comme la composition structurale du sol, jouent un rôle dans la détermination de ces critères. Selon la carte de la Conservation des forêts de la wilaya de Tiaret, 2017 la zone de Chehaima se caractérise par la prédominance, des sols calcaires, accompagnés d'autres formations géologiques constituées d'alluvions et de sable. C'est un sol léger avec une faible rétention d'eau et une faible teneur en minéraux. , sèche rapidement à haute température.

Un autre indicateur est la quantité de pierres qui remontent constamment à la surface. **(Benchetrit, 1955).**

L'estimation de cet indice, construit sur une période de 25 ans, montre que les sols ont oscillé entre hydrique et stress hydrique (0- 1) sur la période sélectionnée et pour les mois choisis, le sol évolue entre sol humide et sec, avec des taux de surfaces spécifiques pour chaque classe indiqué dans le graphe ci-joint des taux convergents sauf en novembre 2005, mars 2010 et mars 2024 où le taux de végétation à recouvrement modeste, aussi, nous remarquons une corrélation négative entre NDVI et SMI en mars 2000 et la période 2023-2024 où nous avons enregistré des valeurs importantes dans LST ce qui a favorisé la forte évaporation de l'humidité du sol sans être utile pour la régénération de l'espèce végétal. Cette variation de l'humidité du sol et de l'état de stress hydrique peut s'expliquer par une augmentation de la température de surface et une diminution des indices de végétation. (CF Fig N° 39). Pour cette raison, la région de Chehaima se caractérise par une abondance de sols exposés à des températures de surface élevées qui favorisent un assèchement rapide des sols, expliquant la faible densité de la flore.

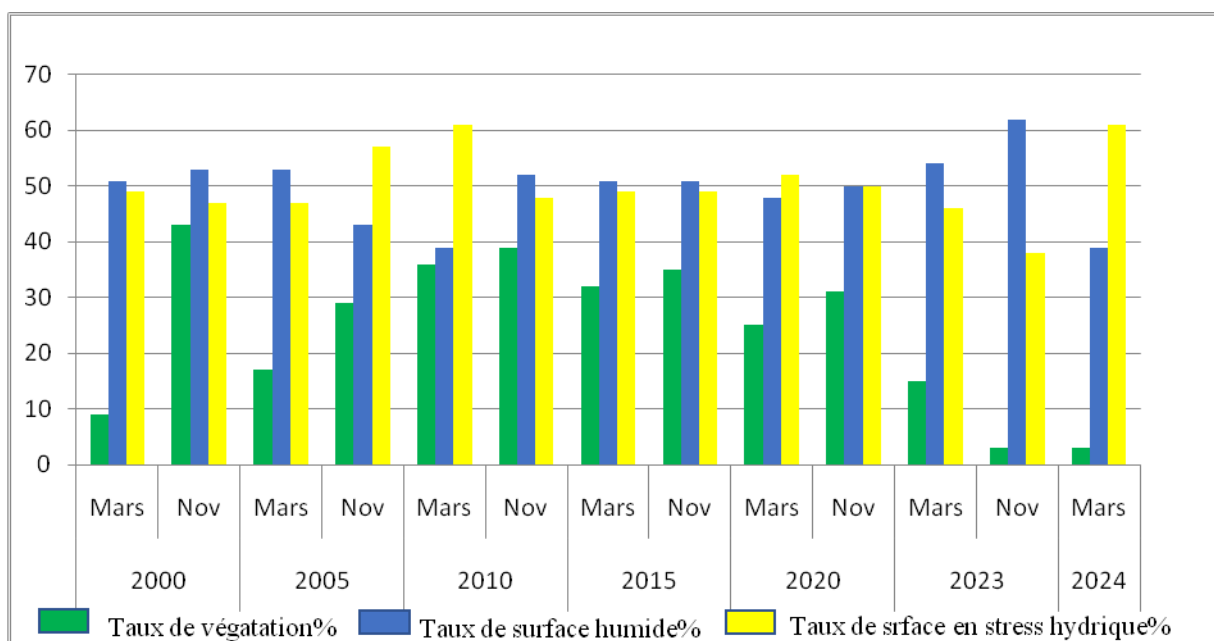


Fig N°38: Corrélation entre NDVI et SMI

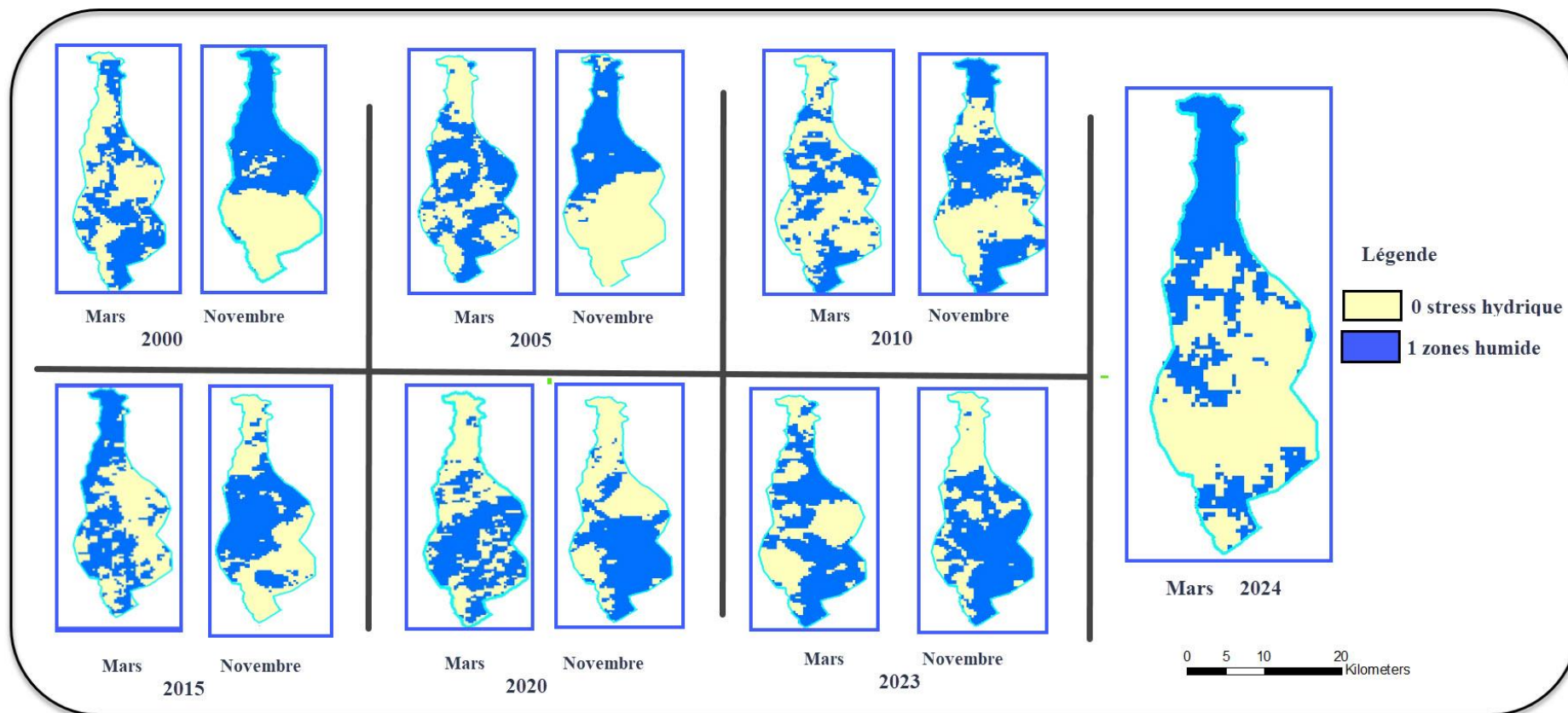


Fig °39 : La répartition de l'indice humidité d sol (SMI) dans la zone Chehaima (2000-2024)

(<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

III-2-3-Analyse canonique des corrélations

L'analyse canonique des éléments biotiques et abiotiques est une méthode essentielle en écologie pour comprendre les interactions complexes entre les organismes vivants et leur environnement non vivant. Dans le but d'étudier les différentes relations entre les paramètres du biotope (NDVI, Taux et surface de recouvrement végétal, et les paramètres physiques du milieu steppique tels que la précipitation(Pmm), température (TC°), LST température du sol et l'indice d'humidité du sol (SMI) de la région d'étude, nous avons réalisé une Analyse canonique des corrélations. Le résultat de cette analyse est figuré dans le graphique Fig N 09

Deux Axes F1 et F2 sont susceptibles d'être interprétés, ils représentent 93,29% d'informations. Le F1 explique 73,67% d'informations, par contre 19,63% d'informations sont expliquées par l'axe F2.

Les variables initiales sont fortement corrélées avec les variables canoniques à savoir :

- Sur l'axe F1 : côté positif, les variables P (mm) et le NDVI max sont corrélés positivement (plus les P(mm) sont élevées plus le NDVI max augmente, dans ce contexte, la végétation steppique était favorisée par des valeurs de précipitations élevées, montrant la sensibilité de la face steppique de la végétation et des perturbations extérieures, y compris les facteurs climato-édaphiques(Bouacha 2018).

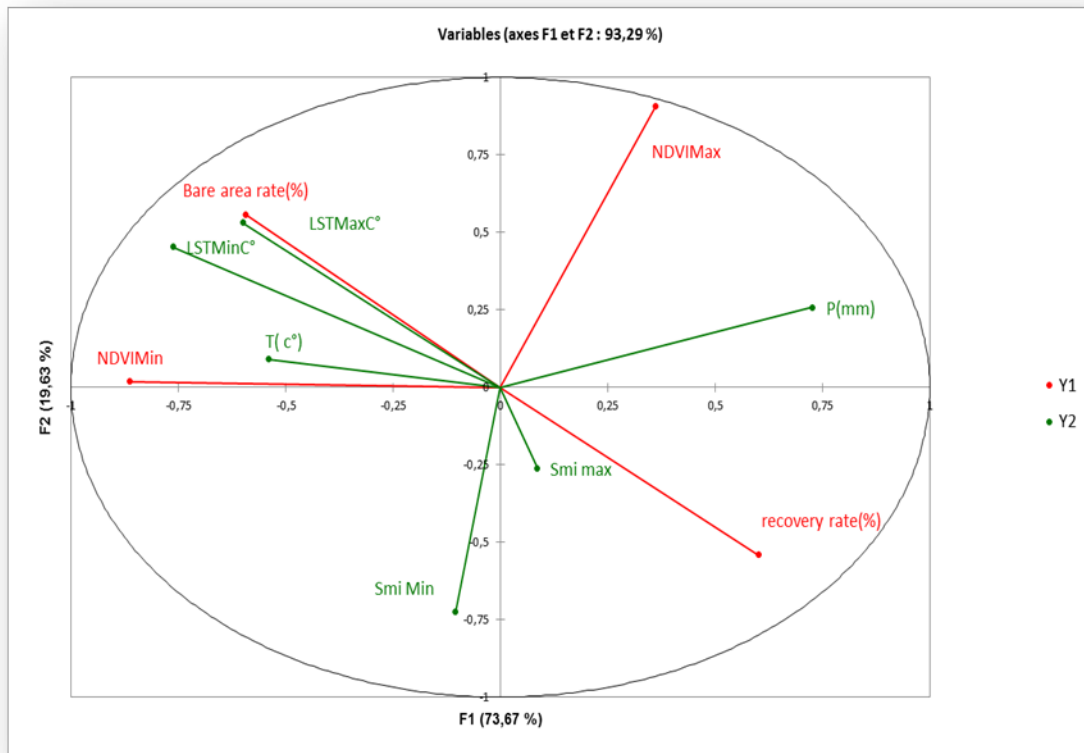


Fig N°40 : Analyse de corrélation des éléments biotiques et abiotique dans la zone de Chehaima

- Sur le côté négatif de cet axe, les variables LTS, TC° et Bare area (%) sont corrélés négativement. La TC° a effet négatif sur le NDVI min et Bare area. En effet, Le climat dans la steppe algérienne est un facteur d'aggravation, par rapport à la situation dans les pays de sahel où la sécheresse représente un facteur essentiel de dégradation. La pression croissante que l'homme exerce sur l'écosystème steppique a amplifié et a accéléré le processus de dégradation du couvert végétal (**El Zerey Wael** et al).

- Sur l'axe F2, on observe que cet axe est corrélé négativement avec les deux variables recovery rate et SMI max (projection sur le coté positif).

Il faut noter que Les coefficients de redondance montrent qu'une faible portion de la variabilité des variables initiales est prédite par les variables canoniques

Il faut remarquer également que NDVI Max est corrélé négativement avec Smi Min où présente des valeurs opposés.

Également pour recovery rate et LST (Nicolas BAGHDADI, Núria PANTALEONI, Hassan BAZZI, Loïc LOZAC'H 2022)

Conclusion

Nous concluons que la recherche diachronique menée dans cette étude visait à déterminer la dynamique de la couverture végétale en évaluant l'état évolutif de la végétation sur une période de 29 ans (1995-2023) en utilisant des images Landsat 5-8, et en déterminant plus précisément ce phénomène et en démontrant la régression du couvert végétal, Une validation complémentaire et mensuel d'images MODIS a été effectuée sur une période de 25 ans (2000-2024) divisée en 5 périodes comparatives (2000-2005-2010-2015-2020-2023) et en mars 2024 afin d'observer les dernières évolutions de la région et les facteurs y influant.

De nombreuses mesures contribuent à clarifier cet aspect de la nature, en appliquant des calculs d'indices spectraux qui représentent la dynamique du couvert végétal, qui sont des outils utilisés pour évaluer et suivre les changements de la végétation au fil du temps. Ces indices sont souvent basés sur des données collectées à partir d'images satellite ou d'autres techniques de télédétection et peuvent fournir des informations sur la répartition et la variabilité de la végétation, notamment :

-Composition colorée : méthode utilisée sur les images Landsat dans laquelle la couverture végétale apparaît en rouge, cette estimation donne un aspect visuel de la zone et montre les endroits couverts les plus septentrionaux de la zone à proximité des zones urbaines où l'on retrouve des activités agricoles et des périmètres irrigués et autour des oueds et des zones humides, à l'écart desquelles se trouvent des périmètres pastoraux à couverture végétale clairsemée.

-NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) : le NDVI est largement utilisé dans cette étude pour évaluer la présence et la densité de la végétation. Utilisant des données de télédétection (Landsat et MODIS), cet indice nous fournit des informations sur l'évolution de la végétation au fil du temps au cours desquelles nous enregistrons les années moyennes de présence

comme (1995, novembre 2000, en2010 et 2015) et les années de récession significative (mars 2000). . , 2005, 2023 et 2024) pourraient être liés à la désertification.

-Taux de recouvrement de la végétation : à partir de l'imagerie MODIS en suivant l'évolution des valeurs de l'indice de végétation sur une période de temps donnée et sur une base mensuelle, le taux le plus élevé enregistré dans la zone de Chehaima était de 43 % enregistré en novembre 2000 et le taux le plus bas était de 3 % en novembre et mars 2023, 2024 et a fluctué entre (9 % à 39 %) pendant la période restante, le taux de couverture réel du couvert végétal ne dépasse pas 50 % de la surface de la zone pendant une longue période (25 ans), ce qui est un signe de dégradation de la végétation, conduisant à la désertification.

D'autres indices qui servent d'indicateurs explicatifs à cette dynamique sont utilisés dans cette étude pour mieux définir le phénomène afin de trouver des mesures correctives pour protéger la région de la dégradation du milieu naturel, talque :

-L'indice LST (Land Surface Temperature) est un paramètre important utilisé pour étudier les changements spatiaux et temporels de température à la surface de la zone de Chehaima. Là où nous avons enregistré selon des calculs établis sur 25 ans par imagerie MODIS, que cette région présente des valeurs LST élevées au maximum ou au minimum et dépasse 30° la plupart du temps, ce qui n'est pas bénéfique au processus de régénération du couvert végétal. Cette situation a entraîné une diminution significative de la couverture végétale, entraînant une désertification progressive et une dégradation des terres. Les facteurs contribuant à ces températures élevées de LST comprennent l'aridité de la région, l'absence de couverture nuageuse et la faible humidité du sol. Stratégies d'adaptation pour atténuer les effets négatifs sur la végétation et promouvoir sa régénération.

-SMI (indice d'humidité du sol) cet indice est lié au LST lors du traitement et du calcul, la région de Chehaima est classée entre zone à stress hydrique (0) et zone humide (1), résultats de Cette étude est présentée à l'échelle de la surface (%) en raison de la corrélation avec les zones couvertes de végétation, où nous avons enregistré une superficie presque égale entre la pression de l'eau et l'humidité de surface, des valeurs LST élevées dans la zone permettent à l'humidité de s'évaporer rapidement, empêchant la récupération du couvert végétal.

Grâce à ces indices et à d'autres techniques de télédétection, il est possible de surveiller et de quantifier les processus de désertification, ce qui est important pour la mise en œuvre de stratégies de conservation et de gestion des terres dans ces zones touchées. Cependant, il est important de noter que la dégradation du sol et le couvert végétal sont, un processus complexe influencé par de nombreux facteurs, notamment le climat, l'utilisation irrationnelle des ressources naturelles et les mauvaises utilisations des terres et les pratiques de gestion.

Conclusion générale

Conclusion générale

La région de Chehaima fait partie du domaine steppique des Hautes Plaines Sud Oranaise. Elle se situe au Sud du périmètre de Tiaret et représente 10,94 % de sa surface totale et 22,57 % de la superficie de la zone steppique. Son paysage présente une morphologie homogène, avec des différences de dénivellé allant de 972 à 1145 mètres et des pentes très légères de (0% à 1.65%) La végétation y est principalement composée de steppes herbacées et de quelques bosquets clairsemés. Chehaima a connu un dépeuplement, avec une baisse de 10,2 % de sa population entre 2008 et 2018. Les habitants sont principalement des éleveurs nomades, déplaçant leurs troupeaux à la recherche de pâturages riches pendant les périodes de sécheresse.

La région est à vocation agropastorale, caractérisée par la présence de végétation adaptée au milieu steppique telle que l'alfa (*Stipa tenacissima*) et l'armoise (*Artemisia herba alba*), ainsi que par une végétation halophyte dominée par *Atriplex halimus* et *Salsola vermiculata*. Répartis en groupes dispersés, les sols de Chehaima sont constitués d'une croûte calcaire et d'une texture sableuse dans un environnement généralement aride

.Les conditions climatiques difficiles de la région, marquées par des températures élevées et des précipitations rares, imposent des défis aux habitants qui pratiquent principalement l'élevage de troupeaux de moutons et de chèvres. Malgré ces contraintes, la population locale a su développer des techniques traditionnelles de gestion des ressources naturelles pour assurer sa subsistance.

Cette région est classée comme semi-aride d'après l'indice DE-Martonne. Malgré des températures moyennes mensuelles allant jusqu'à 40°C en été et 0°C en hiver sur la période (2000-2023), les précipitations annuelles n'excèdent pas 450mm. Cette région connaît donc des conditions climatiques extrêmes avec des étés très chauds et des hivers rigoureux, ce qui contribue à son caractère semi-aride. Les faibles précipitations annuelles rendent la région vulnérable aux sécheresses et posent des défis pour l'agriculture et la gestion des ressources en eau. Cette région présente également une végétation adaptée à ces conditions climatiques difficiles, avec des espèces résistantes à la sécheresse telles que des cactus et les arbustes à feuilles persistantes. Malgré ces défis, la population locale a développé des techniques traditionnelles de gestion de l'eau, telles que les systèmes d'irrigation efficaces et la conservation de l'eau de pluie. Cependant, avec les changements climatiques en cours, il est

essentiel de mettre en place des stratégies d'adaptation pour garantir la durabilité de la région à long terme.

L'utilisation de la télédétection à d'identifier clairement les phénomènes de dégradation de l'environnement en calculant divers indicateurs spectraux tels que le NDVI, le LST et le SMI à partir d'images Landsat 5-8 (1995-2023) et MODIS (2000-2024). Cela permet d'évaluer la couverture végétale dans la zone d'étude et sa relation avec la température de surface et l'humidité du sol. La végétation a atteint son taux maximal en 2000, avec 43 % tandis que le taux le plus bas a été enregistré en novembre et mars 2023, 2024 soit 3 %. Cette variation s'explique par l'augmentation des températures maximales et minimales de surface, qui varient respectivement entre 47,77° et 32,25°. Cette hausse significative de la température correspond à une période de 15 ans de stress hydrique, comme indiqué par le SMI, tandis que le reste de la période est caractérisé comme étant sèche. L'analyse de ces tendances à l'aide de données de télédétection met en lumière l'importance de surveiller les changements environnementaux au fil du temps. En examinant des indicateurs clés tels que le NDVI, le LST et le SMI, les chercheurs peuvent obtenir des informations précieuses sur la dynamique de la couverture végétale, de la température de surface et de l'humidité du sol. Les fluctuations observées dans la croissance de la végétation et les modèles de température soulignent l'impact de la variabilité climatique sur la santé des écosystèmes. Alors que nous continuons à étudier ces phénomènes, il devient de plus en plus clair que les technologies de télédétection jouent un rôle crucial dans la compréhension et la résolution des défis environnementaux dans un monde en mutation.

Les résultats de notre étude ont révélé une corrélation significative entre la dynamique du couvert végétal à Chehaima et les précipitations annuelles. En effet, les périodes de sécheresse ont entraîné une diminution de la biomasse végétale, tandis que les années pluvieuses ont favorisé une augmentation de la couverture végétale. De plus, l'analyse des indices de végétation a montré une tendance à la dégradation du couvert végétal dans certaines zones, probablement due à une combinaison de facteurs tels que le surpâturage et la déforestation. Ces résultats soulignent l'importance de mettre en place des mesures de conservation et de gestion durable des ressources naturelles à Chehaima pour préserver la biodiversité et assurer la pérennité des écosystèmes locaux.

Le processus de désertification dans la zone d'étude est mis en évidence par la présence de terres nues abondantes, d'une végétation dégradé et Lutter contre ce phénomène

nécessite la mise en place d'une agriculture durable qui n'épuise pas les sols, une bonne irrigation des terres, le reboisement, ainsi que des stratégies de restriction par des mesures préventives. La mise en œuvre de telles mesures nécessitera une coordination étroite entre les autorités locales, les communautés locales et les experts en environnement. Il est impératif de sensibiliser la population à l'importance de la préservation de l'écosystème steppique de Chehaima et de promouvoir des pratiques agricoles durables qui favorisent la régénération des sols et la conservation de la biodiversité. En outre, des programmes de formation et de recherche devraient être mis en place pour développer des techniques agricoles innovantes adaptées aux conditions climatiques et environnementales spécifiques de la région. Ensemble, nous pouvons travailler à préserver et restaurer la richesse naturelle de Chehaima pour les générations futures.

Références bibliographiques

1. **Aidoud A., (1989).** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des haute plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. *Thèse doctorat, USTHB, Alger, 240p.* [10.13140/RG.2.2.21750.60483](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21750.60483)
2. **Aidoud, A., Jean, T. (1996).** La régression de l'alfa (*Stipatenacissima L.*), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Science et changements planétaires / Sécheresse* 7(3),187193
<https://www.jle.com/fr/revues/sec/edocs>
3. **ALLAM.A., Hamou, H.,Mansour,D., Rahila,MF.,(2021)** Relation multi-temporelle **entre la température** de surface, l'occupation du sol et l'indice de **végétation normalisé**) <https://www.researchgate.net/publication/350037523>
4. **Ayache, M., Belhadjhamida, N. (2016).** Contribution à la connaissance de la lithologie de la région de Tiaret (Algérie). 3rd International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment (GEOMAT'2016), Tiaret, Algeria
5. **Amrouni, Y., Berrayah, M., Gelabert, P., Vega-Garcia, C., Hellal, B., & Rodrigues, M. (2022).** Recent land cover trends in the transition region of Tiaret, Algeria.,. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105861>
6. **Bariou, R., Lecanu, D., Le Henaff, F., (1985).** Dossier de télédétection: réponse spectrale des végétaux. Rennes, Université de Rennes, vol.2, 71.
https://belinrae.inrae.fr/index.php?lvl=notice_display&id=12176
7. **Benchetrit, M.,(1955)** Le problème de l'érosion des sols en montagne et le cas du Tell algérien (Essai de géographie appliquée) https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1955_num_43_3_1189
8. **Bouacha M I ,Maatoug M., Kharytonov M., (2018).** Vegetation dynamics of Algerian's steppe ecosystem.Case of the region of Tiaret. *Environmental Research, Engineering and Management.* <https://doi.org/74.10.5755/j01.erem.74.1.20095>
[10.5755/j01.erem.74.1.20095](https://doi.org/10.5755/j01.erem.74.1.20095)
9. **Boubakeur G.,(2018).** Climatic drought in the semi-arid region of Djelfa–Algeria (analyses of the rainfall data from 1975 to 2016). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, 2018, no 33, p. 123-140.
<https://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/574>
10. **Boudjemline, F., & Semar, A. (2018).** Assessment and mapping of desertification sensitivity with MEDALUS model and GIS–Case study: basin of Hodna, Algeria. *Journal of water and land development.* [10.2478/jwld-2018-0002](https://doi.org/10.2478/jwld-2018-0002)
11. **Bouréma S T., Souleymane S., Marcel BK., Kevin L O., Hamidou K., François O., Abdramane B., François Z., (2017).** Etude de corrélation entre l'humidité, la température mesure in-situ et simulé avec hydrus-1D : cas de Negula au Mali. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.* [ISSN 2429-5396 /www.american-jiras.com.](https://doi.org/10.2429-5396)

12. Chermat, S., Gharzouli, R., Djellouli, Y. (2016). Phytodynamique des groupements steppiques de djebel Zdimm en Algérie nord-orientale. *Ecologia mediterranea*, 42(1), 51-63. https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_2016_num_42_1_1232
13. Christophe, B., Eileen, B., Wahl, J-C., Thierry, P-L.,(2019) Effet de la température sur le comportement mécanique et le scénario d'endommagement en traction quasi-statique et en fatigue d'un composite à matrice acrylique et fibres de verre hal-02420741 <https://hal.science/hal-02420741>
14. De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité [A New Climatological Function: *The Aridity Index*]. *La Meteorologie*, 2, 449-458. [10.4236/ojgen.2021.114007](https://doi.org/10.4236/ojgen.2021.114007)
15. Dalila, N., Slimane, B. (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*-la revue électronique en sciences de l'environnement, 8(1). <https://doi.org/10.4000/vertigo.5375>
16. Debaine, F., Jaubert, R. (2006). Chapitre 8–La dégradation de la steppe: hypothèses et évolution du couvert végétal. In M. de l''Orient (Ed.), *Les marges arides du Croissant fertile. Peuplements, exploitation et contrôle des ressources en Syrie du Nord* (Vol. 43, pp.149-166). https://www.persee.fr/doc/mom_1955-4982_2006_thm_43_1_2270
17. Djebaili, S., (1984) Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. OPU, Alger, 177 p [DOI : 10.4236/ojra.2015.54016](https://doi.org/10.4236/ojra.2015.54016)
18. Deus, D., Gloaguen, R. (2013). Remote Sensing Analysis of Lake Dynamics in Semi-Arid Regions: Implication for Water Resource Management. *Lake Manyara, East African Rift, Northern Tanzania*. *Water*, 5(2), 698-727. <https://doi.org/10.3390/w5020698>
19. Dubovyk, O., Landmann, T., Erasmus, B. F. N., Tewes, A Schellberg, J. (2015). Monitoring vegetation dynamics with medium resolution MODIS-EVI time series at sub-regional scale in southern Africa. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 175-183. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.01.002>
20. Duvignaud, P., (1992). Aménagement et gestion du territoire. Application en Algérie (région de Tiaret et Alger). Université de Nice-Sophia Antipolis.253 p. <http://kent.cdha.fr/Record.htm?Record=19164948124919821209>
21. El Zerey W, Bouiadjra S H., Benslimane M., Mederbal K., (2009). L'écosystème steppique face à la désertification: cas de la région d'El Bayadh, Algérie. <https://doi.org/10.4000/vertigo.8821>.
22. Escadafal, R., Bégni, G. (2016). Surveiller la désertification par télédétection. Dossier thématique du CSFD(12),46. https://www.csfdesertification.org/wpcontent/uploads/2021/08/CSFD_dossier_12.pdf

23. GUECHI, I., GHERRAZ, H., ALKAMA, D., (2021) Correlation analysis between biophysical indices and Land Surface Temperature using remote sensing and GIS in Guelma city (Algeria) DOI: [10.25518/0037-9565.10457](https://doi.org/10.25518/0037-9565.10457)
24. Gherraz H., Guechi I., Alkama D. (2020). Quantifying the effects of spatial patterns of green spaces on urban climate and urban heat island in a semi-arid climate - *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège Volume 89. pp56* . [10.25518/0037-9565.9821](https://doi.org/10.25518/0037-9565.9821)
25. Haddouche, D., & Zennouche, S. (2018). Diachronic Evolution and Spatial Changes in the Steppe Ecosystem of the Southern Region of Tlemcen (North-West of Algeria). In Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions: Proceedings of Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI-1), Tunisia 2017 (pp. 1475-1478). Springer International Publishing. [10.1007/978-3-319-70548-4_430](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70548-4_430)
26. Jofack Sokeng, VC., Tankoano B., HIEN, M., DIBI, NH., SANON, Z., AKPA, YL., Somda I. (2016) Cartographie de la dynamique de l'occupation des sols du Parc National des Deux Balé, Ouest du Burkina Faso <https://www.researchgate.net/publication/304570524>
27. Kiou, C., (2009). la cartographie de l'évolution de la désertification dans la région du Chott chergui <https://theses-algerie.com/2169803938847034/memoire-de-magister/universite-mohamed-ben-ahmed--oran-2>
28. Lambin E F., Ehrlich D., (2007). The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. <http://doi.org/10.1080>, pp 463-487.
29. LE Houherou H., N. Claudin J., Pouget M., (1977) : ETUDE BIOCLIMATIQUE DES STEPPES ALGERIENNES * (Avec une carte bioclimatique à 1j1.000.000ème) <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:29910>
30. Lucot E., Badot Pm., Bruckert S., (2020). Influence de l'humidité du sol et de la distribution des racines sur le potentiel hydrique du xylème dans des peuplements de chêne (*Quercus* sp) de basse altitude. <https://hal.science/hal-00882989> pp.173-182.
31. Meriem, O. h., Halilat, M. T., Mohamed, K. (2018). Evaluation de la sensibilité à ensablement par approche Medalus dans la région de Ghardaïa (Algérie). Algerian journal of arid environment, 8(2),50-58. <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/21563/1/E080206.pdf>
32. Merlin O., (2016). Suivi des ressources en eau par télédétection multi-capteur: désagrégation de données spatiales et modélisation descendante des processus hydrologiques. <https://hal.archives-ouvertes.fr>.
33. Mezrag, M., (2021) (Dynamique environnementale des zones steppiques à Djelfa: Caractérisation par télédétection des changements du couvert végétal et des

- processus d'ensablement)
https://theses.hal.science/tel03466636v1/file/these_internet_mezrag_m.pdf
34. **Nedjraoui D., Bédrani S., (2008).** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, vol. n°08, <https://doi.org/10.4000/vertigo.5375>.
 35. **Nicolas B, Núria P, Hassan B, Loïc L (2022).** Estimation de l'humidité du sol et de l'indice de végétation NDVI sur les parcelles agricoles de Bretagne à partir des données satellitaires https://geosass.fr/metadata/pdf/Livrable_TED_Bosco_Mars2022_Bretagne_INRAE_Ba_ghdadi.pdf
 36. **Nguyen, B. M., Tian, G., Vo, M.-T., Michel, A., Corpetti, T., Granero-Belinchon, C. (2022).** Convolutional Neural Network Modelling for MODIS Land Surface Temperature Super-Resolution. 2022 30th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.10753>
 37. **Oulad heddar M., halilat, M. T., Kraïmat, M. (2018).** Evaluation de la sensibilité à l'ensablement par l'approche Medalus dans la région de Ghardaïa (Algérie). *Algerian Journal of Arid Environment, AJAE*, 8(2). https://www.researchgate.net/publication/342215548_P-ISSN_2170-1318/E-ISSN_2588-1949
 38. **Roose, E., Sabir, M., Laouina, A. (2010).** Gestion durable des eaux et des sols au Maroc: valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes. IRD Editions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.294>
 39. **Sallak, B., Sébastien, L., Yahia, E., Emmanuel, G., (2019)** Essai sur l'évolution du couvert végétal et ses impacts dans le piémont (dir) de l'Atlas de Béni-Mellal : étude diachronique à partir d'images Landsat TM et OLI <https://revues.imist.ma/index.php/EGSM/article/download/15044/8363/37844>
 40. **Slimani, H., Aidoud, A. (2018).** Quarante ans de suivi dans la steppe du Sud-Oranais (Algérie): changements de diversité et de composition floristiques. *Revue Ecologie, Terre et Vie*, 73(3), 393-308. https://www.persee.fr/doc/revec_0249-7395_2018_num_73_3_1936
 41. **Tahouri, Jad., Khalis, H., Boualla, S., Mesrar, H., Sadiki, (2017)** la surveillance de la température de surface des sols (LST) et de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) pour l'étude de l'impact des activités anthropiques et du changement climatique sur le sol et la couverture végétale dans la région de Nador (rif oriental, MAROC) <https://www.researchgate.net/publication/321974053>
 42. **Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L Borgogno Mondino, E.(2018).** MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in

French deciduous forests. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 64, 132-144.<https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.08.006>

43. **Traoré, B. S., Sanogo, S., Kebre, M. B., Ouedraogo, K. L., Konare, H., Ouedraogo, F., Zougmore, F. (2017).** Etude de corrélation entre l'humidité, la température mesure in-situ et simulé avec hydrus-1D : cas de Negula au Mali. American Journal of Innovative Research and Applied Sciences. <https://american-jiras.com/Bour%C3%A9ma-Manuscript Ref.1ajira250917.pdf>
44. **Zoungrana, B. J. B., Conrad, C., Thiel, M., Amekudzi, L. K., Da, E. D. (2018).** MODIS NDVI trends and fractional land cover change for improved assessments of vegetation degradation in Burkina Faso, West Africa. Journal of Arid Environments, 153, 66-75.<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.01.005>
45. **Yakoub, H., (2015),** (Cartographie et suivi du couvert végétal des zones semi-arides par l'imagerie satellitaire)
http://www.univusto.dz/theses_en_ligne/doc_num.php?explnum_id=1643
46. **CNULCD (1994)** Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification <https://environnement.gouv.td/sites/default/files/inline-files/3.pdf>
47. **PNUE (1984)** Méthode provisoire d'évaluation et de cartographie de la désertification <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30905>

Liste des sites

48. (<https://earthexplorer.usgs.gov>).
49. [http:// www. landsat.com](http://www.landsat.com)
50. https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-study?qt-news_science_products
51. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>
52. <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm> .
53. <https://www.esri.com/fr-fr/home>).
54. (http://www.inct.mdn.dz/site%20arabe/web_inct_sim/act_topographique.php).

Liste des figures et Tableaux

Liste des Figure

N°	TITRE	PAGE
01	Délimitation de la zone steppique en Algérie	9
02	Localisation de la zone steppique de la région de Tiaret	10
03	Localisation de la zone d'étude (Chehaima)	11
04	représentation du paysage de la zone de Chehaima (cliché Kious Mai2023)	12
05	Illustration du concept des couches dans les programmes SIG	31
06	Répartition des zones naturelles de la région de Tiaret	37
07	Répartition des niveaux d'altitude dans la région de Chehaima	38
08	Répartition des classes de pentes dans la région de Chehaima	39
09	Carte représentative de la lithologie de la région de Tiaret (BNEDER, 2009)	40
10	Description du réseau hydrographique de la région de Tiaret	41
11	Diversité de morphologie dans la zone Chehaima	42
12	Représentation en Taux des entités d'occupation du sol à Tiaret et Chehaima	44
13	L'occupation du sol de la région de Tiaret et Chehaima via ERSI (2017-2021)	45
14	Variations interannuelles des précipitations de la station de Tiaret (2000-2023)	48
15	Cumul mensuel des précipitations de la station de Tiaret (2000-2023)	49

16	Répartition des précipitations dans la région de Tiaret (2000-2023)	50
17	Répartition mensuelle des températures de la station de Tiaret (2000-2023)	51
18	Répartition des températures moyennes dans la région de Tiaret et Chehaima (2000-2023)	52
19	Répartition des températures maximales et minimales dans la région de Tiaret et Chehaima (2000-2023)	53
20	Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la station de mesure Tiaret (2000-2023)	54
21	L'étage bioclimatique de la région de Tiaret d'après le quotient d'Emberger	56
22	Croissance de population de Chehaima (ONS)	59
23	Représentation de l'habitat à Chehaima (Cliché Kious 17/04/2024)	60
24	Représentation d'exploitation agricole à Chehaima (Cliché Kious 17/04/2024)	61
25	Représentation de l'activité pastorale à Chehaima (Cliché Kious 17/04/2024)	62
26	l'application de la technique de fausses couleurs dans la compositions coloré du Landsat 5-8	69
27	Représentation de l'indice de végétation (NDVI) issus de l'image Landsat 5-8 du (1995-2023)	71
28	Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (1995-1999)	73
29	Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (2000-2005)	74
30	Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (2006-2011)	75

31	Variation spatiale et temporelle du couvert végétal à Chehaima (2016-2020)	76
32	Indice de végétation (NDVI) issus de l'image MODIS du (2000-2024)	80
33	Corrélation entre le taux végétation et moyenne mensuel de pluviométrie	83
34	Taux de recouvrement de la végétation de la zone de Chehaima (2000-2024)	84
35	Corrélation entre le taux végétation et LST Max , LST Min	86
36	Relation simplifiée entre la température de surface et l'indice de végétation	87
37	la répartition de la température de la surface (LST) dans la zone Chehaima (2000-2024)	88
38	Corrélation entre NDVI et SMI	90
39	la répartition de l'indice humidité d sol (SMI) dans la zone Chehaima (2000-2024)	91
40	Analyse de corrélation des éléments biotiques et abiotique dans la zone de Chehaima	93

Liste de tableaux

N°	TITRE	PAGE
01	Cordonnées géographiques de la zone steppique de la région de Tiaret	10
02	Caractéristiques et spécifications du satellite Landsat	16
03	Scanner multispectral Landsat (MSS)	17
04	Caractéristiques des images satellite Landsat 4-5 pour le capteur (TM)	18
05	Caractéristiques des images satellite Landsat 7 pour le capteur (ETM+)	19
06	Caractéristiques des images satellite Landsat8 (OLI)	20
07	Caractéristique du capteur MODIS de Terra ou Aqua	22
08	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)	24
09	Répartition des entités d'occupation du sol à Tiaret et Chehaima	44
10	Choix des stations météorologiques	47
11	Classement en fonction de l'indice d'aridité DE Martonne	57
12	Corrélation entre la superficie couverte de végétation et (Pmm/T°C)	82

Résumé

La région steppique de Chehaima (wilaya de Tiaret) s'étend sur 2 202 km², soit 10,94% de l'ensemble de Tiaret. Dans cette étude, on a repéré l'état écologique de l'aire en utilisant un thème spatial provenant d'une série d'imagerie satellite synchronisée à haute résolution (MODIS) de 25 ans (2000-2024) et Landsat5-8-9 du (1995-2023). On utilise la méthode d'analyse spectrale (indice de différence normalisée de la végétation) NDVI, indice de température de la surface (LST) et indice d'humidité du sol(SMI) provenant des capteurs MODIS (MOD13Q1) et Landsat, ce qui permet d'évaluer les dynamiques spatio-temporelles de la végétation dans l'étude et de repérer les zones dégradées par divers facteurs biotiques et abiotiques. Les résultats montrent un taux de végétation couverte d'intenses variations dans des conditions désagréables sur une période de 25 ans. Le taux de croissance de végétation enregistrée ne dépasse pas 43%. La présence de végétation LST diminue lorsque la température atteint plus de 35°C, sur un sol à faible apport en eau. L'indice d'aridité De Martonne classe la zone d'étude comme une zone bioclimatique semi-aride Inférieure. Grâce à ces indicateurs, il était possible de déterminer les dynamiques spatio-temporelles de la végétation, qui altèrent la couverture des plantes, ce qui entraîne la disparition de certaines espèces indigènes comme alfa *Stipa tenacissima* L. Il est nécessaire d'adopter des mesures de défense sur de vastes zones de l'étude afin de garantir la préservation efficace des parcours steppes grâce à une stratégie de préservation durable, la préservation des espèces endémiques, la stabilisation des dunes et l'adoption du système de rotation des steppes.

Mots clés : Steppe ; Végétation; Landsat ; NDVI ; Images MODIS ; région Chehaima

abstract

The steppe region of Chehaima (province of Tiaret) covers 2,202 km², or 10.94% of the entire Tiaret. The ecological status of the area was identified in this study using a spatial theme from a 25-year (2000-2024) and Landsat5-8-9 (1995-2023) series of high-resolution synchronized satellite imagery (MODIS). The spectral analysis method (Normalized Vegetation Difference Index) NDVI, Surface Temperature Index (LST), and Soil Moisture Index (SMI) from the MODIS (MOD13Q1) and Landsat sensors is used to assess the spatio-temporal vegetation in the study and identify areas degraded by various biotic and abiotic factors. The results show a rate of vegetation covered with intense variations in unpleasant conditions over a period of 25 years. The growth rate of vegetation recorded does not exceed 43%. The presence of LST vegetation decreases when the temperature reaches more than 35°C on low-water soil. The aridity index De Martonne classifies the study area as a semi-arid Lower bioclimatic zone. Using these indicators, it was possible to determine the spatial and temporal dynamics of vegetation, which alter plant cover, resulting in the disappearance of some native species such as alfa *Stipa tenacissima* L. It is necessary to adopt defensive measures over large areas of the study in order to ensure the effective preservation of steppe ranges through a sustainable preservation strategy, the preservation of endemic species, the stabilization of dunes and the adoption of the steppe rotation system.

Keywords: Steppe; Vegetation; Landsat; NDVI; MODIS images; Chehaima region

الملخص

تمتد منطقة سهوب الشرحيمة (ولاية تيارت) على مساحة 2202 كيلومتر مربع، أي 10.94% من إجمالي ولاية تيارت. في هذه الدراسة، تم تحديد الحالة البيئية للمنطقة باستخدام موضوع مكاني من سلسلة صور الأقمار الصناعية المتزامنة عالية الدقة (MODIS) لمدة 25 عامًا (2000-2024) وLandsat5-8-9 من (1995-2023) تستخدم طريقة التحليل الطيفي (مؤشر فرق الغطاء النباتي الطبيعي) NDVI، ومؤشر درجة حرارة السطح (LST) ومؤشر رطوبة التربة (SMI) من أجهزة استشعار MODIS ((MOD13Q1 وLandsat، مما يجعل من الممكن تقييم الديناميكيات المكانية والزمنية للغطاء النباتي. في الدراسة وتحديد المناطق المتدهورة بفعل العوامل الحيوية و اللاحوية المختلفة. تظهر النتائج معدل الغطاء النباتي المغطى بتغيرات شديدة في ظروف غير ملائمة على مدى 25 عامًا. معدل نمو الغطاء النباتي المسجل لا يتجاوز 43٪ ويتناقص وجود الغطاء النباتي عندما تصل درجة الحرارة LST إلى أكثر من 35 درجة مئوية، في التربة ذات إمدادات المياه المنخفضة. يصنف مؤشر الجفاف De Martonne منطقة الدراسة على أنها منطقة مناخية بيولوجية منخفضة شبه قاحلة. بفعل هذه المؤشرات، كان من الممكن تحديد الديناميكيات المكانية والزمنية للغطاء النباتي، والتي تغير الغطاء النباتي، مما يؤدي إلى اختفاء بعض الأنواع المحلية مثل *alfa Stipa Tenacissima L*. ومن الضروري اعتماد تدابير وقائية على مساحات واسعة من الدراسة لضمان الحفاظ الفعال على مراعي السهوب من خلال استراتيجية الحفاظ المستدامة، والحفاظ على الأنواع المستوطنة، وتثبيت الكثبان الرملية واعتماد نظام دوري للرعي في السهوب.

الكلمات المفتاحية: السهوب- الغطاء النباتي- MODIS- landsat- مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) – منطقة الشرحيمة