



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère De L'enseignement Supérieure Et De
La Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS-
MOSTAGANEM



Faculté de sciences exacte et de l'informatique

Département de Chimie

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de mastère
Spécialité : Adaptation au changement climatique et gestion des risques naturels

Thème

**Impact de changement climatique sur les écosystèmes terrestres
(terres dégradées) dans la zone méditerranéenne : cas du bassin
versant de l'Oued Mina Algérie Nord occidentale**

Présenté par : DOUBBI BOUNOUA laid

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Qualité	Appartenance administrative
M ^r BELHAKEM Ahmed	President	U.M.A.B
M ^r FARAH Taher	Examineur	U.M.A.B
M ^r CHOUIEB Mohamed	Encadreur	U.M.A.B

Le mémoire de fin d'étude est réalisé au laboratoire de recherche sur la biodiversité,
conservation des sols et des forêts. U.M.A.B MOSTAGANEM

Année universitaire: 2015 / 2016

Résumé

Ce mémoire de master « Impact de changement climatique sur les écosystèmes terrestres (terres dégradées) dans la zone méditerranéenne : cas du bassin versant de l'Oued Mina Algérie Nord occidentale » s'est réalisé dans le cadre du projet européen Tempus « Building CLIM change ADAPTation capacity in Morocco ,Algeria and Tunisia CLMADAPT » en collaboration entre le département de chimie de la faculté des sciences exacte et de l'informatique.

Introduction- Le changement climatique désigne l'ensemble des variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné, au cours du temps. L'Algérie est l'une des régions les plus vulnérables face aux impacts et changement climatique au cours du 21^{ème} siècle qui se traduisant par une fragilité de ses écosystèmes terrestres à la sécheresse et à la désertification, une érosion côtière effrénée ainsi qu'un stress hydrique chronique dans certaines régions, d'autre part ce changement climatique a provoqué dégradation catastrophiques des écosystèmes du pays entraînant des pertes énorme des sols et de la couverture végétale. **Matériel et méthode-** Ce travail vise à déceler l'influence du changement climatique enregistré dans le bassin versant d'Oued Mina par l'utilisation de la télédétection et les systèmes d'informations géographiques pour cartographier le phénomène de changement climatique et calculer les différents indices climatiques et les indices indicateurs de l'état de la végétation (NDVI) pour donner les projections sur la dégradation des écosystèmes terrestres dans le bassin versant d'Oued Mina. **Résultats et discussion-** D'après les résultats de l'étude climatique, cartographique et à partir de calcul des différents indices (NDVI) dans le bassin versant d'Oued Mina, on conclue que le problème de changement climatique est un problème difficile à déterminer et à contrôler. **Conclusion-** l'étude des éléments climatique (température et précipitation, humidité) dans la zone d'étude dans les deux périodes ancienne et actuelle, montre que la région de Mina subit des impacts graves de changement climatique. Pour faire face à ce phénomène qui ne cesse de prendre de l'ampleur, la préoccupation des chercheurs et décideurs fait l'objet de différentes sensibilisations, il est nécessaire de se projeter vers les énergies renouvelables pour diminuer l'impact sur la nature et trouver des solutions adaptables à l'environnement.

Mots clés:

Changement climatique, impacts, vulnérabilité, adaptation, atténuation, résilience écosystèmes forestiers, dégradation, bassin versant Oued Mina, facteurs anthropiques, gaz à effet de serre, Algérie

Summary

Introduction- Climate change refers to all the variations of climatic characteristics in a given location over time. Algeria is one of the most vulnerable to climate change impacts and regions during the 21ème century resulting in its fragile terrestrial ecosystems to drought and desertification, rampant coastal erosion and a stress chronic water in some areas, on the other hand that climate change has caused catastrophic ecosystem degradation of the country causing huge loss of soil and vegetation cover. **Material and method-** This work aims to detect the influence of climate change recorded in the watershed of Oued Mina through the use of remote sensing and geographic information systems to map the phenomenon of climate change and calculate the various indices climate and indices indicators of the condition of vegetation (NDVI) to give projections on the degradation of terrestrial ecosystems in the watershed of Oued Mina. **According Discussion-** results and the results of the climate, mapping study and from calculation of the various indices (NDVI) in the watershed of Oued Mina, we concluded that the climate change problem is a difficult problem to determine and control. **Conclusion-** the study of climate elements (temperature, precipitation, humidity) in the study area in both former and current periods shows that the Mina area suffers serious impacts of climate change. To deal with this phenomenon that continues to grow, the concern of researchers and policy makers is the subject of various awareness campaigns, it is necessary to project to renewable energy to reduce the impact on nature and find solutions adapted to the environment.

ملخص

يشير تغير المناخ لجميع الأشكال المختلفة للخصائص المناخية في موقع معين مع مرور الوقت. الجزائر هي واحدة من البلدان الأكثر عرضة لتأثيرات تغير المناخ خلال القرن 21 مما أدى النظم الإيكولوجية الأرضية الهشة للجفاف والتصحر، وتآكل السواحل من ناحية أخرى أن تغير المناخ قد تسبب في بعض المناطق إلى تدهور النظام البيئي الكارثي للبلاد مما تسبب في خسائر فادحة في التربة والغطاء النباتي. ويهدف هذا العمل للكشف عن تأثير تغير المناخ المسجلة في واد مينا من خلال استخدام télédétection و المعلومات الجغرافية لرسم خريطة لظاهرة تغير المناخ وحساب مؤشرات المختلفة ومؤشرات حالة الغطاء النباتي (NDVI) لإعطاء توقعات على تدهور النظم الإيكولوجية الأرضية في منطقة واد مينا. ووفقا للنتائج دراسة الخرائط المناخية ومن حساب مختلف المؤشرات (NDVI) في منطقة واد مينا، استنتجنا أن مشكلة تغير المناخ هي مشكلة صعبة التحديد والسيطرة. دراسة عناصر المناخ (الحرارة، الأمطار، الرطوبة) في المنطقة في الفترات السابقة والحالية على حد سواء، يدل على أن منطقة مينا تعاني الآثار الخطيرة لتغير المناخ. للتعامل مع هذه الظاهرة التي لا تزال تنمو، قام العديد من الباحثين وصانعي السياسات بالعديد من الحملات التوعوية المختلفة، فمن الضروري أن مشروع للطاقة المتجددة للحد من التأثير على الطبيعة والعتور حلول تنكيف مع البيئة.

Liste des figures

Figure 01	La simulation des variations de température de la Terre et la comparaison des résultats aux changements.....	04
Figure 02	Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde.....	06
Figure 03	Part des différents gaz à effet de serre dans l'atmosphère.....	07
Figure 04	Prévision du réchauffement climatique au 21 ^{ème} siècle selon les scénarios d'évolution planétaire du rapport du GIEC.....	10
Figure 05	Les scénarios climatiques.....	13
Figure 06	carte de la situation géographique de la zone d'étude.....	23
Figure 07	Précipitations moyennes mensuelles (en mm) la zone d'étude entre deux périodes.....	24
Figure 08	Les températures mensuelles annuelles de milieu entre deux périodes.....	25
Figure 09	Humidité de l'air dans le bassin versant d'Oued Mina.....	26
Figure 10	méthode d'ajouter des données rasters.....	34
Figure 11	Table des lien des coordonnées X,Y pour chaque point de contrôle.....	35
Figure 12	Numérisation des couches dans ArcCatalogue.....	35
Figure 13	Carte des principaux substrats de bassin versant d'Oued Mina.....	37
Figure 14	Carte de la couverture végétale de bassin versant d'Oued Mina.....	39
Figure 15	Répartition de la végétation dans la zone d'étude.....	40
Figure 16	Carte de model numérique de terrain (MNT) de bassin versant d'Oued Mina.....	41
Figure 17	Carte des pentes de bassin versant d'Oued Mina.....	42
Figures 19	Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen de la station météorologique de Rélizane dans la période 1913-1937	44
Figures 20	Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen de la station météorologique de Rélizane dans la période 2000-2015.....	44
Figure 21	Choix des bandes spectrales.....	48
Figure 22	Carte d'extration de la zone d'étude.....	49
Figure 23	Carte de stations d'étude de bassin versant d'Oued Mina.....	51
Figure 24	Carte de NDVI de la d'étude pour la scène 18-09-2014.....	52
Figure 25	Histogramme de l'indice de végétation (NDVI) des stations d'étude 18-09-2014.....	53
Figure 26	Carte de NDVI des stations de la zone d'étude 28-08-2015.....	54
Figure 27	Histogramme de l'indice de végétation des sites d'étude 28-08-2015.....	55

Liste des tableaux

Tableau 01	Choix de scénario climatique pour l'Algérie.....	14
Tableau 02	Avantage et inconvénients du format raster et vecteur.....	21
Tableau 03	Situation géographique de la zone d'étude.....	22
Tableau 04	Caractéristique du capteur Landsat.....	30
Tableau 05	Les logiciels de SIG utilisés pour cartographier les terres dégradés par le changement climatique.....	32
Tableau 06	Evolution des sols de bassin versant d'Oued Mina à travers leur ère géologique.....	38
Tableau 07	Valeur du « Q2 » et étages bioclimatiques.....	45
Tableau 08	Indice de sécheresse estivale entre les deux période de la zone d'étude.	46
Tableau 09	Localisation géographique des sites d'étude.....	50

Liste des abréviations

CC : Changement Climatique

GES : Gaz à Effet de Serre

CCCC : Convention Cadre de Changement Climatique

CO₂ : le dioxyde de carbone

CH₄ : Méthane

BV : Bassin Versant

MNT : Model Numérique de Terrain

CFC : Chlorofluorocarbones

GIEC : Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

MCG: les Modèles de Circulation Générale

ONM : Office National de la Météorologie

OMM : Organisation Mondiale de Météorologique

NO₂: l'Oxyde nitreux

FAO: Food and Agriculture Organisation

SIG : Système d'Information Géographique

VAG : Veille Atmosphérique Globale

GTZ : Gesellschaft für technische Zusammenarbeit

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrique

NASA: National Aeronautics and Space Administration

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS 84: World Geodetic system (revision 1984)

NDVI : Indice de Végétation par Différence Normalisée

ENVI : Environment for visualising image

PNUD : Planification Nationale sur la Diversité Biologique

T : Température

P : Précipitation

°C : degré Celsius

Q₂ : Quotient pluviothermique

Table des matières

Introduction.....	01
Chapitre I : synthèse bibliographique	
I.1. Définition du climat.....	03
I.1.2. Variabilité du climat.....	03
I.1.3. Définition de changement climatique.....	03
I.1.4. Concepts généraux du changement climatique.....	04
I.2. Les changements climatiques constatés au cours du 20ème siècle.....	04
I.2.1. A l'échelle mondiale.....	05
I.2.2. Les changements constatés au bassin méditerranéen.....	06
I.2.3. Changement climatique en Afrique.....	07
I.2.4. Changement climatique en Algérie.....	07
I.3. Les causes de changement climatique.....	07
I.3.1. Les causes naturelles.....	08
I.3.2. Les causes anthropiques.....	08
I.3.3. L'effet de serre.....	09
I.3.4. Les émissions des gaz à effet de serre.....	09
I.4. les impacts du changement climatique.....	10
I.4.1. Impacts sur les écosystèmes.....	10
I.4.2. Impacts sur les sols.....	11
I.5. Les rapports d'évaluation du GIEC.....	11
I.5.1. Premières évaluations de 1990.....	11
I.5.2. Deuxièmes rapports de 1996.....	12
I.5.3. Troisièmes évaluations de 2001.....	12
I.5.4. Quatrième rapport du GIEC 2007.....	13
I.5.5. Cinquième rapport du GIEC.....	14

I.6. Les différents scénarios du GIEC.....	14
I.6.1. Les scénarios A2.....	14
I.6.2. Les scénarios B2.....	14
I.6.3. Choix de scénario climatique pour l'Algérie.....	15
I.7. Impact de changement climatique sur la dégradation des sols dans le BV d'Oued Mina	17
I.7.1. Introduction.....	18
I.7.2. Les changements globaux.....	18
I.8. Apport de Système d'Information Géographique (SIG) dans la modélisation des bassins versants	18
I.8.1. Introduction.....	18
I.8.2. Définition d'un Système D'information Géographique SIG.....	18
I.8.3. Fonctionnalités de base des SIG.....	19
I.9. Rôle de la cartographie assistée par l'ordinateur (CAO) dans le SIG.....	19
I.9.1. Types de cartes.....	20
I.9.2. Télédétection et Cartographie des milieux méditerranéens.....	20
I.9.3. Les données liées aux SIG.....	21

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Etude de milieu.....	22
II.1.1. Situation géographique de la région d'étude.....	22
II.1.2. Choix de la zone d'étude.....	23
II.2. Caractéristiques climatiques de milieu.....	24
II.2.1. Les facteurs thermiques et hydriques du milieu	24
II.2.2. Températures.....	25
II.2.3. Humidité de l'air.....	25
II.3. Cadre physique.....	26
II.3.1. Géologie et Géomorphologie.....	26
II.3.2. Stratigraphie.....	26

II.3.3. Pédologie et sols.....	27
II.3.4. Occupation du sol.....	27
II.4. Matériels et méthodes.....	29
II.4.1. Matériel.....	29
II.4.2. Les logiciels de SIG.....	31
II.5. Méthode d'approche.....	33
II.6. Méthodologie de la création d'une base des données	34
Chapitre III : Résultats et discussions	
III.1. Résultats de la numérisation des cartes.....	33
III.2. Synthèse climatique de milieu.....	44
III.2.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS Et GAUSSEN entre les deux périodes...	44
III.2.2. Quotient Pluviothermique et climagramme d'EMBERGER entre les deux périodes.....	44
III.2.3. Indice de sécheresse estivale.....	45
III.3. Estimation de la dégradation des terres de la zone d'étude.....	46
III.3.1. Introduction.....	46
III.3.2. Définition de l'indice de végétation (NDVI).....	47
III.4. Calcul de NDVI de bassin versant d'Oued Mina.....	47
III.4.1. Choix des images et des canaux.....	47
III.4.3. Création des sites d'étude.....	50
5. Elaboration des cartes d'indice de végétation NDVI par logiciel ArcGis.....	52
5.1. Calcul de NDVI de chaque station de la zone d'étude dans les deux scènes.....	52
5.2. Résultats de calcul de l'indice de végétation pour la scène 2014.....	53
5.3. Résultats de calcul de NDVI de la scène 2015.....	55
Discussion.....	56
Conclusion et perspectives.....	58

Introduction

La communauté scientifique internationale et nationale tirait la sonnette d'alarme au sujet des impacts des activités humaines sur l'équilibre du climat et des écosystèmes forestiers et agricoles de la moyenne montagne de l'Algérie du Nord. Aujourd'hui, l'analyse des changements climatiques régionaux est devenue l'une des préoccupations majeures de la recherche scientifique.

Les observations et mesures récentes présentées dans le 5^{ème} rapport du Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ne permettent plus de douter que le climat de la planète est en train de changer et que la plupart des changements observés au cours de ces cinquante dernières années sont imputables à l'activité humaine.

Parmi les conséquences les plus importantes des changements globaux dans la zone méditerranéenne est la dégradation des écosystèmes terrestres (terres dégradées) en particulier les terres agricoles et forestières, les zones humides et les zones anthropisées (zones urbaines) induite notamment par les activités humaines par exemple la pollution et surexploitation des ressources causé par la consommation des énergies fossiles (production d'énergie, carburant des véhicules, industrie) et les rejets industrielles, la sécheresse des zones humides dû à l'augmentation de la température, l'érosion hydrique et éolienne des terres à cause des fortes précipitations et les incendies, déforestation, le défrichement des forêts et la surexploitation des terres agricoles. Ces bouleversements climatiques perturbent la faune et la flore, dont la répartition géographique tend à se déplacer vers le Nord. Ces changements impactent l'agriculture, la santé, l'économie.

Les sols de l'Algérie sont parmi les sols les plus vulnérables face aux impacts et changement climatique au cours du 21^{ème} siècle. Le Nord de l'Algérie a connu une variabilité à la baisse de la pluviométrie annuelle au cours du 20^{ème} siècle. Cette variabilité s'est accentuée à partir des années quatre-vingt et a eu des impacts importants sur la ressource en eau superficielle et souterraine. D'autre part ce changement climatique a provoqué des inondations catastrophiques dans les régions du pays entraînant des pertes humaines et animales ainsi que la destruction des infrastructures.

Le bassin versant de l'Oued Mina qui était principalement à vocation agricole, subit les effets néfastes de la variabilité climatique (sécheresse, précipitations et températures extrêmes) depuis plusieurs années, notre région d'étude est dans un état très avancé de dégradation de ses terres, en raison de l'impact de changement climatique et la nature des

sols accompagné de pratiques culturelles intenses et inappropriés ; ce qui provoque l'envasement du barrage ainsi les retenues collinaires qui affect négativement sur la principal activité agricole dans la région, ainsi que la perte d'énorme superficie de arable et la chute du rendement entraînent l'exode rurale .

Afin d'atteindre ce but, les méthodes adopté à l'aide de la modélisation et les SIG sont devenues actuellement un outil nécessaire pour les chercheurs afin de pouvoir cibler les zones à risques majeurs et chercher des solutions adéquates. L'intégration des modèles existants avec les nouvelles techniques de spatialisation comme la télédétection et les systèmes d'information géographique ont permis de minimiser les coûts financiers et de gagner du temps, de cartographier les risques et par conséquence, l'intervention ciblée et rapide.

Ce travail vise à déceler l'influence et les impacts du changement climatique enregistré sur les écosystèmes terrestres (terres dégradées) dans la zone méditerranéenne : cas de l'Algérie Nord occidentale à l'aide des différentes méthodes de la cartographie et la télédétection.

Pour ce faire, nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur l'état de connaissance des concepts généraux de changement climatique, les différents impacts sur les écosystèmes et les facteurs de la dégradation des sols, et un aperçu sur les SIGs et la modélisation et les différentes stratégies adoptées pour lutter contre le phénomène de changement climatique.

Le deuxième chapitre résume la démarche méthodologique adoptée pour la création de la base des données afin d'élaborer la carte de risque de changement climatique par le choix et l'étude de la zone d'étude, faire une synthèse climatique entre deux période différentes et l'utilisation des images satellitaires pour déterminer l'indice de végétation (NDVI) des sites d'étude dans le bassin versant d'Oued Mina par utilisation des SIG et de la télédétection.

Dans le troisième chapitre sont exposés les résultats des différentes cartes digitalisées et les cartes de l'indice de végétation obtenues pour les deux prises de vue satellitaires, une partie est consacrée à la discussion des résultats des recherches effectuées.

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1. Définition du climat méditerranéen

Le climat est la synthèse des variations quotidiennes observées en un lieu précis. Le climat d'un endroit donné est obtenu par la collecte de données statistiques sur les conditions météorologiques d'une période donnée. Il inclut généralement les éléments météorologiques suivants : la température, les précipitations, l'humidité, l'ensoleillement et la vitesse des vents. [1] Le climat de l'ensemble du bassin méditerranéen est caractérisé par deux saisons pluvieuses d'automne et de printemps et une sécheresse estivale. Il est cependant très contrasté entre l'aridité des pays du Sud et l'humidité des pays du Nord, avec des précipitations pouvant être très intenses et entraînant des crues catastrophiques.

I.1.2. Variabilité du climat

Le GIEC (Groupe d'expert Intergouvernementale sur l'évolution du climat), définit deux notions fondamentales : la variabilité du climat et le changement climatique.

C'est les variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écart à la moyenne) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales.

La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations du forçage externe naturel ou anthropique (variabilité externe).

I.1.3. Définition de changement climatique

Selon le GIEC, la notion de changement climatique désigne une évolution à long terme (plusieurs décennies) de l'état du climat due à l'activité humaine ou à la variabilité naturelle du climat. [2]

Selon la Convention Cadre de Changement Climatique (CCCC), il désigne un changement attribué directement ou indirectement aux activités humaines, qui modifient la composition de l'atmosphère mondiale, ajouté à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables.

I.1.4. Concepts généraux du changement climatique

Selon le Résumé à l'intention des décideurs du volume 2 du 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2013 : [3]

- **impacts** : définis comme les conséquences sur les systèmes humains et naturels. Dans le présent rapport, le terme impacts est principalement utilisé pour désigner les conséquences sur les systèmes naturels et humains des événements météorologiques et climatiques extrêmes et du changement climatique. Les impacts désignent généralement les conséquences sur les vies, les moyens de subsistance, la santé, les écosystèmes, les économies, les sociétés, les cultures,

les services et les infrastructures dues à l'interaction des changements climatiques ou des événements climatiques dangereux, se produisant à une période donnée, et la vulnérabilité d'une société ou d'un système exposé ;

- **danger** : défini comme la survenue potentielle d'un phénomène naturel ou induit par l'homme ou une tendance, ou un impact physique, pouvant entraîner la perte de la vie, des blessures, ou d'autres impacts sur la santé, ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux moyens de subsistance, à la prestation de service, aux écosystèmes et aux ressources environnementales ;

- **risque** : défini comme potentiel de conséquences, dans lequel quelque chose de valeur est en jeu, et dont l'issue est incertaine. Nous reconnaissons par ailleurs la diversité des valeurs au sein des sociétés. Le risque s'exprime souvent en termes de probabilité d'occurrence d'événements dangereux ou de tendances multipliée par les impacts si ces événements ou ces tendances se produisent. Le risque résulte de l'interaction entre la vulnérabilité, l'exposition et le danger. Dans la présente étude, le terme de risque est principalement utilisé pour faire référence aux risques d'impacts du changement climatique ;

- **vulnérabilité** : définie comme la propension ou la prédisposition à être affectée de manière négative. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité ou la susceptibilité d'être atteint et le manque de capacité à réagir et à s'adapter ;

- **adaptation** : définie comme un processus d'ajustement au climat présent ou attendu et à ses effets. Dans les systèmes humains, l'adaptation cherche à modérer ou éviter les nuisances ou à exploiter les opportunités bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'ajustement au climat attendu et à ses effets ;

- **résilience** : la capacité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux à faire face à un événement ou une tendance ou une perturbation dangereuse, en répondant ou en se réorganisant de manière à maintenir la capacité d'adaptation, d'apprentissage, et de transformation.

I.2. Les changements climatiques constatés au cours du 20^{ème} siècle

I.2.1. A l'échelle mondiale

« Selon le 4^{ème} rapport du GIEC 2007 » Au cours du 20^{ème} siècle », les mesures de température ont montré une augmentation moyenne, le réchauffement du système climatique est sans équivoque, car il est maintenant évident dans les observations de l'accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan. Onze des douze dernières années figurent au palmarès des douze années les plus chaudes depuis qu'on dispose

d'enregistrements de la température de surface (depuis 1850). La nouvelle valeur de la vitesse moyenne du réchauffement au cours des cents dernières années (1906-2005) de 0,74 (0,56 à 0,92) °C est donc plus grande que n'était la valeur analogue calculée au moment du troisième Rapport de 0,6 (0,4 à 0,8) °C pour la période 1901-2000.

Des changements dans les précipitations et l'évaporation sur les océans sont suggérés par l'adoucissement des eaux de moyennes et hautes latitudes.

Des sécheresses plus sévères et plus longues ont été observées sur de larges étendues depuis 1970, particulièrement dans les régions tropicales et subtropicales. Un assèchement accru dû à des températures plus élevées et des précipitations plus faibles a contribué aux changements de sécheresse. Des changements de températures de surface des océans, de structures des vents, et de décroissance du pack neigeux et de la couverture neigeuse ont également été reliés à ces sécheresses. [2]

La fréquence des événements de fortes précipitations a crû sur la plupart des zones terrestres, en cohérence avec le réchauffement et les accroissements observés de la vapeur d'eau atmosphérique.

Des changements largement répandus des températures extrêmes ont été observés pendant les cinquante dernières années. Les jours froids, les nuits froides et le gel sont devenus moins fréquents, tandis que les jours chauds, les nuits chaudes et les vagues de chaleur sont devenus plus fréquents.

Cette évolution varie d'une région à une autre (Figure 01), le réchauffement en Afrique est légèrement plus élevé par rapport à la tendance mondiale en 2001 en suisse la température moyenne a augmenté de 1,3°C à 1,7°C en cent ans au nord des Alpes, de 1,0°C au Sud. [4]

L'augmentation des températures moyennes est plus forte au niveau mensuel et saisonnier, les tendances des températures minima et maxima sont plus importantes que les tendances des températures moyennes. Au Canada la température minimale à augmenter de 0,29 à 1,23°C par 10 ans en hiver, de 0,23 à 0,54°C par 10 ans au niveau annuel pour des maxima, de 0,26 à 1,02 par 10 ans en hiver et de 0,18 à 0,67/10 ans pour les températures moyennes au niveau annuelle. [2]

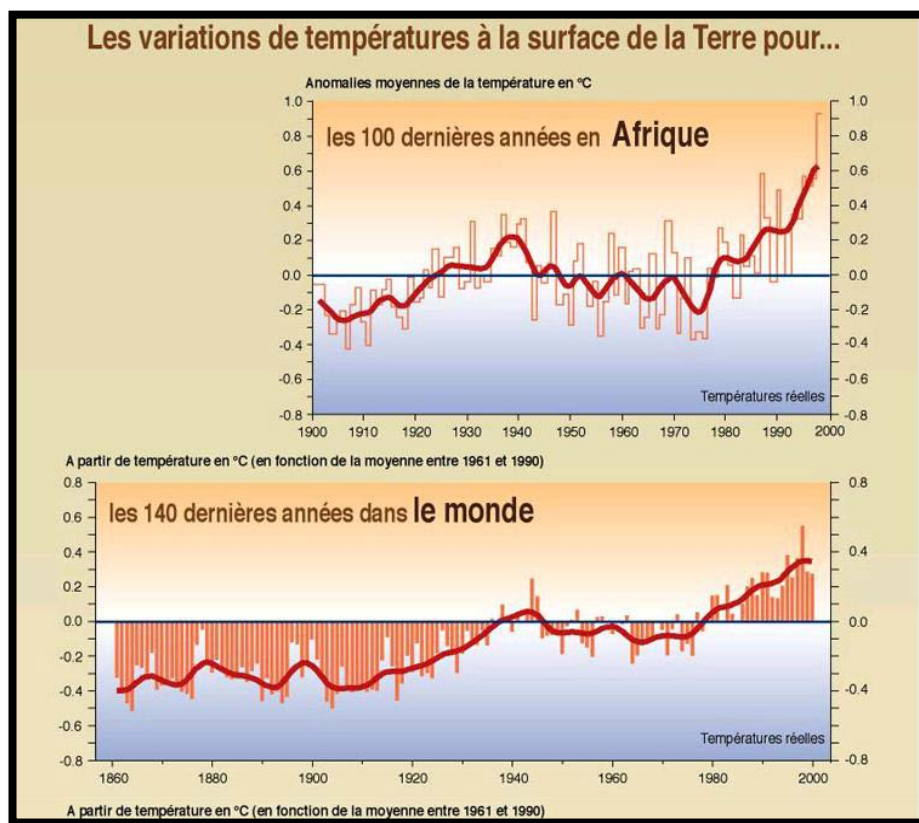


Figure 01 : La simulation des variations de température de la Terre et la comparaison des résultats aux changements [5].

I.2.2. Les changements constatés au bassin méditerranéen :

Le bassin méditerranéen a été décrit comme l'une des régions les plus riches et les plus complexes sur les plans géologique, biologique et culturel [6].

Par sa diversité biologique et son degré d'endémicité élevés, il constitue l'un des 34 "points chauds" de la planète [7]. Toutefois, nulle part ailleurs, les milieux naturels n'ont été aussi modifiés qu'en région méditerranéenne ; la perte et la dégradation des habitats y figurent parmi les menaces les plus sérieuses d'érosion de la biodiversité [8].

Cette pression anthropique est nettement plus intense en Afrique du Nord [9]. Il est prévu qu'elle s'intensifie dans la perspective d'un réchauffement climatique qui exacerbera l'aridité de la région [10].

Ces changements globaux ne sont pas sans conséquences sur la santé publique [11], aussi est-il urgent d'identifier les menaces et d'élaborer des réponses adéquates pour conserver la biodiversité et pérenniser les différents services des écosystèmes [12].

I.2.3. Changement climatique en Afrique

Le changement du climat touche sérieusement l'Afrique. L'intensité accrue des sécheresses, des inondations et des changements de saisons de récolte peuvent avoir des implications importantes dans la productivité du sol, la disponibilité en eau, la sécurité alimentaire, et en retour sur le bien-être humain et la pauvreté ; elle peut aussi avoir des effets nuisibles pour la santé, et dans plusieurs de cas, des effets irréversibles sur la diversité biologique. Les émissions actuelles de gaz à effet de serre (GES) en Afrique sont de petite importance à l'échelle planétaire, et n'ont jusqu'à présent contribué qu'à une proportion négligeable à la création des GES dans l'atmosphère. La part des émissions des GES d'Afrique dans les émissions au niveau planétaire peut augmenter considérablement et peuvent devenir comparables à celles d'autres régions vers la fin du prochain siècle. [10]

I.2.4. Changement climatique en Algérie

Les aires climatiques sont très diversifiées et le climat varie du type méditerranéen au type saharien. Au nord, les hivers sont pluvieux et froids, les étés chauds et secs. Le climat, le long de la côte, est adouci par la présence de la mer.

En Algérie, l'évolution récente du climat montre que le réchauffement est plus important que la moyenne. En effet, si au niveau mondial la hausse de température au 20^{ème} siècle a été de 0.74°C, celle sur le Maghreb s'est située entre 1.5 et 2°C selon les régions, soit plus du double que la hausse moyenne planétaire. Quant à la baisse des précipitations, elle varie entre 10 et 20% .D'autre part, de nombreuses études montrent que les projections climatiques, élaborées par les modèles de circulation générale (MCG) actuels, sous-estiment la hausse des températures et la baisse des précipitations sur le Maghreb. Ce qui montre que les pays du Maghreb vont subir, plus que d'autres, les effets du changement climatique qui constitue, désormais, une préoccupation majeure pour la région. [13]

I.3. Les causes de changement climatique

I.3.1. Les causes naturelles : les causes des variations du climat de la Terre sont multiples, Certaines sont naturelles :

- variations de l'insolation dues à la perturbation de l'orbite que la Terre décrit autour du soleil;
- changements du flux d'énergie solaire;
- injections de poussières volcaniques dans la stratosphère;
- changements de la circulation globale de l'océan ou développement d'instabilités des calottes glaciaires;

I.3.2. Les causes anthropiques : d'autres sont liées aux activités humaines.

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère. On observe un accroissement sensible des concentrations atmosphériques en gaz carbonique, en méthane et en oxyde nitreux ; le taux de CO₂ est passé de 280 ppm à près de 380 ppm. Ces variations dépassent largement celles observées au cours des 400 000 dernières années, lorsque les cycles biogéochimiques ne subissaient que des variations naturelles. La figure 02 montre les différents gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement climatique.

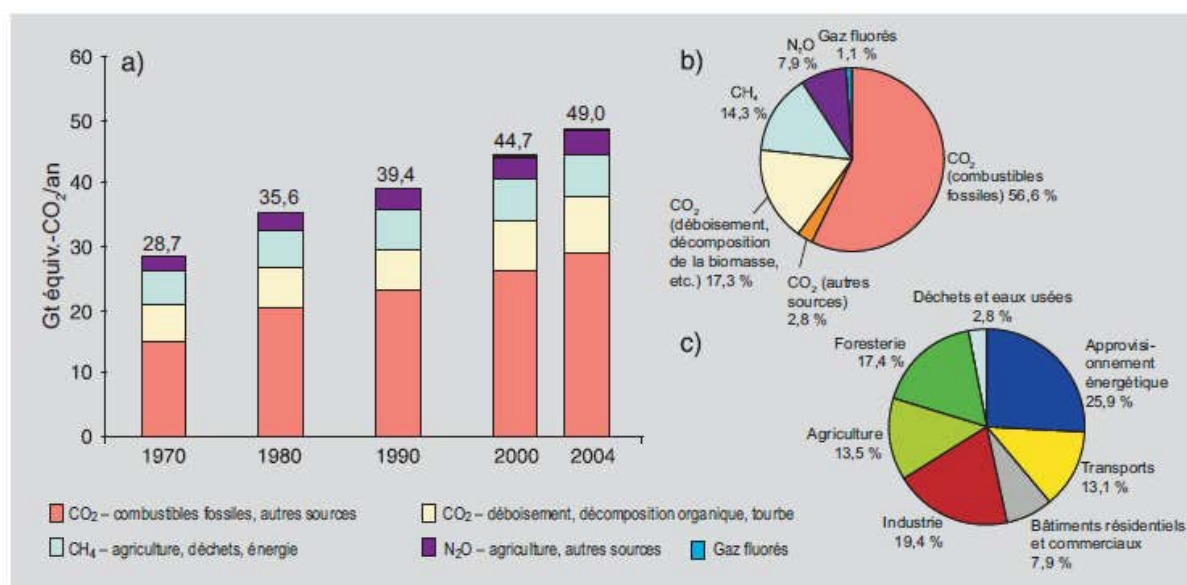


Figure 02: a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004.

b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂. **c)** Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO₂ [2].

I.3.3. L'effet de serre

Les gaz à effet de serre absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la terre, par l'atmosphère elle-même du fait de la présence de ces mêmes gaz et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans toutes les directions, y compris vers la surface de la Terre. Ainsi, les gaz à effet de serre retiennent la chaleur dans le système surface troposphère. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre naturel. La surface de la terre se maintient à une température beaucoup plus élevée, de + 14 degré en moyenne.

Un accroissement de la concentration de gaz à effet de serre entraîne une plus grande capacité de l'atmosphère au rayonnement infrarouge et un rayonnement effectif, un déséquilibre qui ne peut être compensé que par une hausse de la température du système surface-troposphère. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre amplifié [14].

La vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane, les chlorofluorocarbures, l'ozone... contribuent directement à l'effet de serre mais l'influence de ces gaz est variable selon :

- leur concentration dans l'atmosphère. A l'exception de la vapeur d'eau, les GES sont présents dans l'atmosphère en très faibles quantités,
- leur structure moléculaire. Une molécule d'oxyde nitreux (N_2O) a par exemple un pouvoir radiatif (capacité à réchauffer l'atmosphère) 296 fois plus élevé qu'une molécule de gaz carbonique (CO_2),

I.3.4. Les émissions des gaz à effet de serre

La dernière analyse des données issues du réseau mondial de surveillance des gaz à effet de serre relevant de la VAG (veille atmosphérique globale), révèle qu'en moyenne mondiale, les concentrations de dioxyde de carbone et de protoxyde d'azote ont atteint de nouveaux pics 380 ppm en 2007, à savoir 319,2 ppm pour le CO_2 et 1 ppb pour le N_2O . Les concentrations de méthane sont restées inchangées, à 1 783 ppb. Ces valeurs dépassent respectivement de 35,4 %, de 18,2 % et de 154,7 % celles de l'époque préindustrielle. Les taux de croissance de ces gaz dans l'atmosphère en 2005 sont proches de ceux des dernières années.

Certains composés, tels que les chlorofluorocarbones qui sont de puissants absorbeurs du rayonnement infrarouge, sont peu abondants mais ils progressent à un rythme très rapide. L'ozone présent dans la troposphère n'a pas une longue durée de vie mais induit un effet de serre atmosphérique comparable à celui des chlorofluorocarbones. Bien que l'ozone troposphérique soit important pour l'effet de serre atmosphérique, il est difficile d'estimer la répartition et la tendance globale en raison de sa distribution géographique inégale [14].

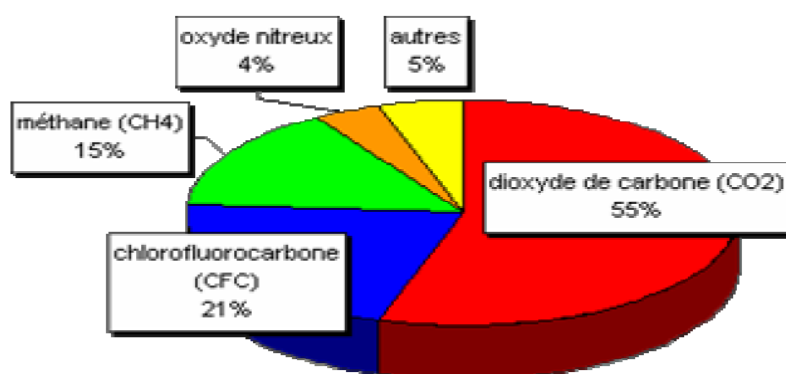


Figure 03 : Part des différents gaz à effet de serre dans l'atmosphère [15].

- Les concentrations atmosphériques de ces gaz se sont fortement accrues depuis l'époque préindustrielle et sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs observées sur les dernières

centaines de milliers d'années, comme on peut l'observer par l'analyse de carottes de glace pour les derniers 10 000 ans [2].

- Les experts du GIEC considèrent donc que le changement climatique est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de gaz à effet de serre anthropiques [2].

I.4. les impacts du changement climatique

I.4.1. Impacts sur les écosystèmes

D'après les experts du GIEC, le changement climatique entraînera d'importants changements dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes, le plus souvent au détriment de la biodiversité [2]. Concernant les écosystèmes terrestres et aquatiques, les effets suivants sont observés ou attendus :

- des modifications d'aires de répartition de nombreuses espèces végétales et animales en lien avec l'augmentation des températures (remontée vers le nord ou en altitude) ; [16]
- des variations et décalages de phénologie qui peuvent avoir un impact sur les chaînes trophiques et les relations interspécifiques : par exemple décalage entre la disponibilité en nourriture et le calendrier des besoins alimentaires de l'avifaune, perturbations des relations hôte-parasite ; [17]
- une augmentation de la productivité de certaines espèces végétales en raison des températures plus clémentes et de l'augmentation de la concentration en CO₂. Pour les espèces forestières cette augmentation devrait cependant être compensée à long terme par la surmortalité liée aux épisodes de sécheresse et à la baisse des précipitations [17].
- impacts sur les périodes de reproduction de certaines espèces animales terrestres et aquatiques. [17]
- modification de pratiques migratoires (de certaines espèces d'oiseaux notamment).
- modification de la dynamique saisonnière de certaines espèces de phytoplancton comme les cyanobactéries [17].

Parmi les risques prévisibles pour le fonctionnement des écosystèmes marins, on retiendra également [18].

- des changements dans la production primaire (modification de la distribution et de l'abondance du phytoplancton),
- des déséquilibres dans les chaînes trophiques,
- L'acidification des eaux marines aura également un impact sur de nombreux organismes marins. En effet, le CO₂ dissous dans l'eau de mer réagit et forme des ions hydrogénocarbonate et, dans une moindre mesure, des ions carbonate qui servent de base à la formation de structures calcifiées de nombreux organismes marins (coquilles et squelettes

calcaire) par réaction avec les ions calcium présents dans l'eau (formation de carbonate de calcium).

I.4.2. Impacts sur les sols

La modification des régimes hydriques et thermiques ainsi que l'augmentation de la fréquence de certains événements extrêmes induits par le changement climatique pourraient avoir des conséquences sur les sols : [20]

- les effets du changement climatique sur la teneur en matière organique des sols restent donc incertains, notamment à long terme ; [21]
- la baisse de la teneur en matière organique affecte l'activité biologique des sols, leur stabilité et leur capacité à stocker les nutriments et à absorber et dégrader les polluants ; [22]
- le changement climatique pourrait également aggraver les problèmes d'érosion des sols au travers de différents phénomènes ; [2]
- l'augmentation des précipitations hivernales ;
- l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes : tempêtes, vents forts, inondations, périodes de sécheresse ;
- la dégradation de la structure des sols causée par les incendies.

I.5. Les rapports d'évaluation du GIEC

Le GIEC a présenté 5 rapports entre 1990 et 2015. Depuis le premier rapport d'évaluation, les prévisions des scientifiques se sont affinées et prédisent désormais avec certitude le réchauffement climatique d'ici la fin du 21^{ème} siècle.

I.5.1. Premières évaluations de 1990

Le rapport dresse le premier bilan des connaissances disponibles sur les systèmes climatiques, les changements climatiques et leurs répercussions sur l'environnement, l'économie et la société. Il sert de base scientifique à la Convention Cadre de Changement Climatique (CCCC) adoptée à Rio en 1992.

Les experts ont surtout utilisé des modèles du climat à l'équilibre qui prévoient une température moyenne en surface de 1,5 à 4,5°C supérieure à la valeur actuelle. Bien qu'ils aient présenté des résultats préliminaires de modèles climatiques jumelés avec forçage par scénarios, les résultats ne reflètent pas toute la gamme des incertitudes liées aux futurs taux d'émissions.

I.5.2. Deuxièmes rapports de 1996

Celui-ci conclut à l'existence d'une influence perceptible de l'homme sur le climat mondial. Une série de six scénarios (scénario IS92) a été utilisée pour se rapprocher de la

gamme des émissions résultant des activités humaines jusqu'en l'an 2100. Il a été tenu compte des effets de refroidissement de concentrations accrues d'aérosols sulfatés dans les simulations. Les résultats obtenus indiquent une gamme possible de réchauffement en 2100 de 1,0 à 3,5°C.

I.5.3. Troisièmes évaluations de 2001

Ce rapport se base sur les acquis des 6 scénarios IS92 réalisés en 1992 et sur les projections de l'NASA de 1996. Six modèles ont été utilisés pour analyser les conséquences de 40 scénarios rassemblés en 4 grandes familles intitulées A1, A2, B1 et B2. Les facteurs choisis comme déterminants sont la démographie, le développement économique et social, le rythme et l'orientation du progrès technique. Ces scénarios supposent que la pollution atmosphérique locale forcerait les pays à prendre des mesures pour lutter contre les émissions d'aérosols. Ils reflètent ainsi une plus grande incertitude quant aux comportements des humains, et non des modèles climatiques. Ce rapport prévoit que quel que soit le scénario considéré, et les hypothèses adoptées pour les croissances démographique et économique, et l'intensité énergétique, la consommation mondiale d'énergie primaire devrait être multipliée d'ici 2050, au minimum par 2,3 et au maximum par 3. Quant aux températures moyennes à la surface du globe –première conséquence attendue des émissions massives de gaz à effet de serre elles pourraient connaître une augmentation variant entre 1,4 et 5,8°C vers la fin de ce siècle (Figure 04); une prévision à la hausse par rapport à la modélisation précédente (2^{ème} rapport).

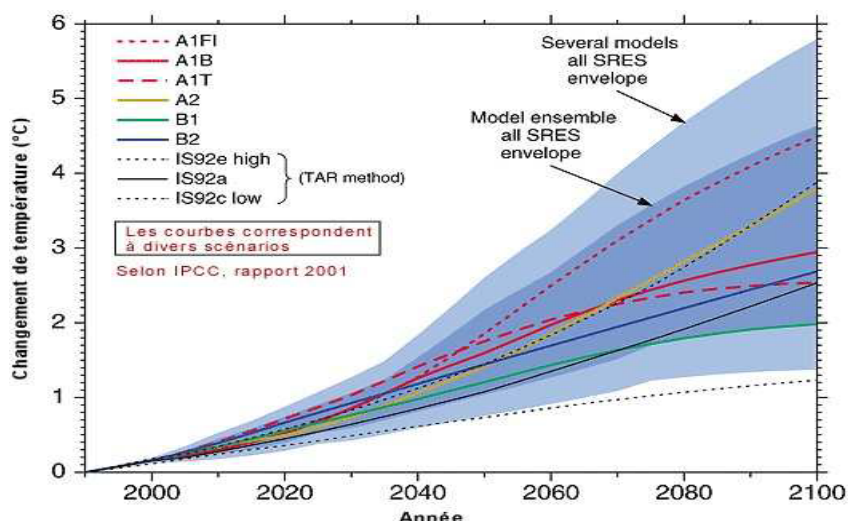


Figure 04 : Prévision du réchauffement climatique au 21ème siècle selon les scénarios d'évolution planétaire du rapport du GIEC (2001).

I.5.4. Quatrième rapport du GIEC 2007

Il décrit les progrès accomplis dans la compréhension scientifique des causes humaines et naturelles des changements climatiques. Il est construit sur la base des évaluations précédentes du GIEC et incorpore les nouveaux résultats des six dernières années de recherche. Les progrès scientifiques depuis le troisième rapport reposent sur de nombreuses données nouvelles et plus exhaustives, sur des analyses plus élaborées des données, sur des améliorations dans la compréhension des processus et dans leur simulation par des modèles et sur une exploration plus complète des fourchettes d'incertitude.

De nombreuses simulations fournies par un ensemble plus large de modèles ont été utilisées pour estimer la vraisemblance de nombreux aspects du changement climatique futur. Dans ce rapport, il est indiqué que la température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,76°C depuis 1860, dont 0,74°C depuis 1900 et 0,2°C depuis 1990. Il est aussi précisé que d'ici 2100, pour la série de scénarios envisagés dans le rapport spécial, sur les scénarios d'émissions du GIEC et selon les projections de modèles, la température moyenne de l'air à la surface du globe devrait augmenter de 1,1°C à 6,4°C par rapport à 1990, et que la valeur obtenue de ce réchauffement en faisant la moyenne des modèles varie de 1,8 à 4°C. En outre, des changements devraient se produire pour ce qui est de la variabilité du climat ainsi que de la fréquence et de l'intensité de certains phénomènes climatiques extrêmes. Ces caractéristiques générales du changement climatique ont des répercussions sur les systèmes naturels et humains. Dans le domaine de l'émission de gaz à effet de serre, il n'est pas évident que l'homme puisse défaire un jour ce qu'il a fait au cours des deux derniers siècles. En effet, réduire les émissions de gaz à effet de serre, signifie renoncer à continuer le développement des sociétés industrielles selon le modèle qui a fait leur prospérité et, en outre, refuser ce type de développement aux pays qui y aspirent.

Les modèles indiquent que l'objectif d'une stabilisation de l'effet de serre ne peut être atteint que si les émissions redescendent, à un moment donné, en dessous de leur niveau actuel. De plus, en supposant cette volonté établie, même si l'homme cesserait d'émettre immédiatement tout gaz à effet de serre dans l'atmosphère, selon le rapport de 2001, il devrait tout de même subir, durant de très nombreuses années encore, les effets des gaz émis depuis 150 années, sachant qu'une molécule de CO₂ réside dans l'atmosphère 120 ans environ après son émission et certains CFC ont des durées de vie de plusieurs milliers d'années. Le réchauffement climatique est alors inéluctable et les conséquences sur l'environnement seront nombreuses.

I.5.5. Cinquième rapport du GIEC

La synthèse finale du 5^{ème} rapport d'évaluation sur le changement climatique du groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) vient d'être adoptée. Après sept années de travaux conduits par plus d'un millier de scientifiques à travers le monde dans 160 pays, le rapport présente un consensus extrêmement large et solide sur l'état actuel de la science, les évolutions du climat à venir et les efforts à conduire pour éviter les catastrophes qui se profilent.

Ce 5^{ème} rapport vient d'abord renforcer la certitude de la responsabilité des activités humaines de l'homme dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan.

I.6. Les différents scénarios du GIEC

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a élaboré un ensemble de scénarios pour prendre en compte les incertitudes des émissions des gaz à effet de serre futures. La Figure 05 montre les différents scénarios de changement climatique, Chaque scénario représente une évolution différente aux plans démographique, social, économique, technologique et environnemental. Au total, 40 scénarios ont été élaborés par les modélisateurs. Ces 40 scénarios sont classés selon quatre grandes familles : A1, A2, B1 et B2.

I.6.1. Les scénarios A2

Le monde reste très hétérogène. La fécondité des différentes régions converge lentement avec pour résultat un accroissement continu de la population mondiale.

Le développement économique a une orientation principalement régionale, la croissance économique et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que pour les autres scénarios.

I.6.2. Les scénarios B2

C'est un monde où l'accent est placé sur des solutions locales dans le sens de la viabilité économique, sociale et environnementale. La population croît de manière continue mais à un rythme plus faible que pour A2. Le développement économique, social et technologique est moins rapide que dans les autres scénarios car très variable entre les régions. Il en est de même pour la protection de l'environnement.

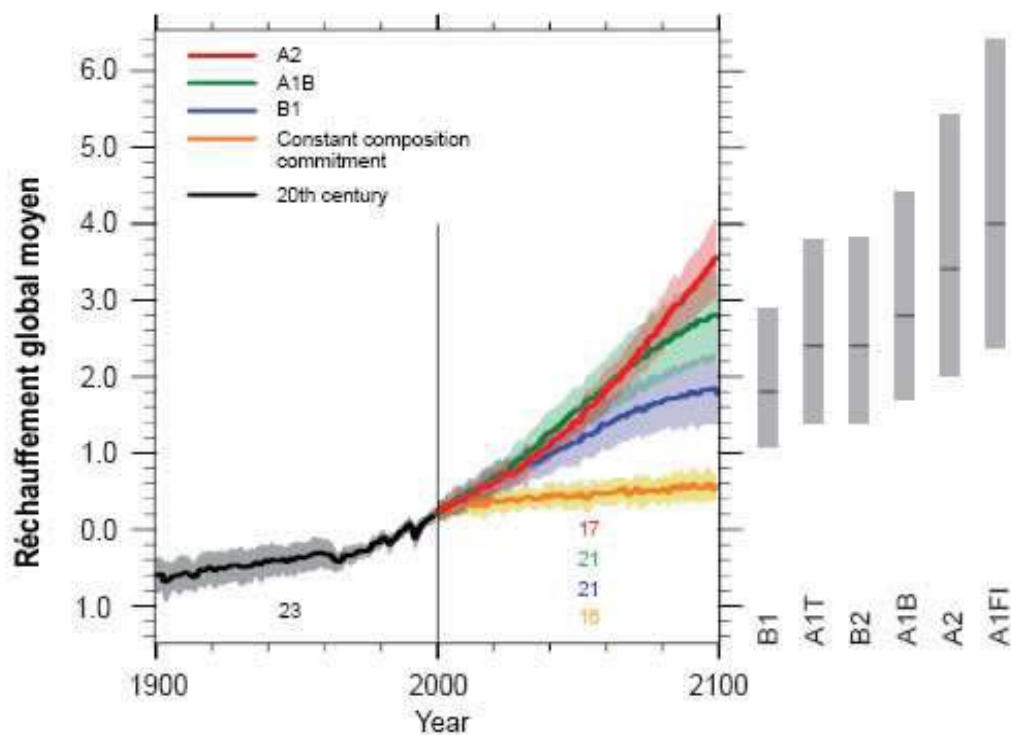


Figure 05 : Les scénarios climatiques. [2]

I.6.3. Choix de scénario pour l'Algérie

Le tableau suivant, relatif à un scénario de changements climatiques attendus sur l'Algérie à l'horizon 2030, a été établi sur la base des informations disponibles et moyennant un jugement d'expert. Ce scénario représente simplement et uniquement une vision à long termes de l'évolution du climat futur algérien.

Tableau 01 : choix de scénario climatique pour l'Algérie [23].

Facteurs ou composantes du climat	Changements attendus à l’horizon 2030	Remarques
Température		
moyenne	Entre 0.9 et 1,3 °C (allant de 0,75 à 1,5 °C)	Tendance à la hausse de la température confirmée par l’ensemble des modèles. Une plus grande variabilité se traduisant par plus de jours chauds est difficile à quantifier.
variabilité	Augmentation de la fréquence des vagues de chaleur difficile à quantifier	
saisonnalité	/	
Pluviométrie		
moyenne	Une diminution entre 9 et 14 % allant de 7 à 16 %)	La diminution des précipitations est faible et difficile à dissocier de la variabilité naturelle. Une plus grande variabilité de la pluviométrie est confirmée mais difficile à quantifier
variabilité	Difficile à quantifier	
Extrêmes		
Episodes sèches	Augmentation de la fréquence de 10 %	L’augmentation de la fréquence des extrêmes est probablement l’aléa climatique le plus influent sur la biodiversité. Malencontreusement, c’est l’aléa qui est le plus difficile à quantifier.
Episodes humides	Augmentation de la fréquence de 10 %	
Tempête	Difficile à quantifier	
Feux de forets	Difficile à quantifier	
Elévation du niveau de la mer	+ 13 cm par rapport à la période (1986-2005).	Evaluation basée uniquement sur des données au niveau global
Augmentation de la concentration de GES dans l’atmosphère	Une concentration de 460 ppm en 2030, soit une augmentation voisine de 25 % par rapport à l’an 2000 (370 ppm)	Evaluation basée uniquement sur des données au niveau global.

I.7. Impact de changement climatique sur la dégradation des sols dans le bassin versant d'Oued Mina

I.7.1. Introduction

Le bassin versant de l'Oued Mina est confronté à un grave problème de dégradation du sol, comme pratiquement toute la région du tell occidental Algérien. Le changement climatique est plus fort dans cette région, en partie au fait que, les précipitations proviennent majoritairement de pluies d'orages, très intenses et qui ont un fort pouvoir érosif en début de saison de pluies. Cela s'explique aussi par la présence d'un couvert végétal peu dense.

Ce problème provoque l'envasement rapide du barrage. Cela touche également l'agriculture locale, en provoquant des pertes énormes en terres cultivables, ce qui amène les paysans à l'exode rural. Les facteurs naturels (précipitations, topographie, géologie, lithologie et végétation) ont joués un rôle important dans les processus dans la région d'étude, mais, il n'en demeure pas moins que l'accélération de ces phénomènes dépend largement des formes de gestion et de l'utilisation de l'espace. Parmi les causes de dégradation des terres est les changements globaux.

I.7.2. Les changements globaux

Le sol est une ressource naturelle non renouvelable à l'échelle du temps historique, il constitue le support des cultures [24]. On peut citer deux principales types de facteurs de dégradation des ressources naturelles : les facteurs naturels (dus aux changements globaux planétaire) et les facteurs anthropiques (dus aux activités humaines).

I.7.2.1. Facteurs naturels

Les principaux facteurs naturels de dégradation des ressources naturelles sont à la fois d'origines naturelle et anthropique. Parmi les facteurs naturels dominant la sécheresse, l'érosion, désertification, les inondations, les vents violents, les vagues de chaleur et la recrudescence des maladies végétales, animales et humaines, la dégradation par les inondations est d'autant plus grave lorsqu'elles interviennent après une longue période de sécheresse. Les conséquences des facteurs de dégradation sont : une diminution de la disponibilité des ressources en eau, une érosion hydrique (par les eaux) et pertes en matière organiques des sols, une érosion éolienne (par le vent) et ensablement des terres, une salinisation (forte évaporation des eaux) des sols, une perte de fertilité des sols, la désertification de terres et la recrudescence des maladies qui touchent la forêt, la faune et la flore [25].

I.7.2.2. Facteurs anthropiques

Parmi les facteurs dus à l'homme, c'est le défrichement des terres, le surpâturage, la mécanisation non appropriée pour le travail du sol qui dominent auxquels s'ajoutent les incendies de forêts, la pression démographique, l'exploitation hors sol, une pression socioéconomique plus forte, une augmentation des besoins en eau, une augmentation des besoins alimentaires, une pression sur les sols et les écosystèmes, une urbanisation plus importante, un développement plus grand des infrastructures. La dégradation des sols entraîne une réduction importante de la capacité productive de la terre. La dégradation des sols se manifeste sous plusieurs formes selon le climat, les pratiques agricoles ou sylvicoles, l'activité industrielle environnante et le niveau de richesse économique des régions affectées [26].

I.8. Apport de système d'information géographique (SIG) dans la modélisation des bassins versants

I.8.1. Introduction

De tous temps, la connaissance du territoire a été une préoccupation des sociétés. Qu'il s'agisse de localiser des ressources, d'analyser les conséquences des phénomènes climatiques, de prévoir des récoltes, etc., les hommes ont toujours eu besoin, de représenter graphiquement des événements ou des informations. La carte était une première tentative, datant de plusieurs siècles, pour répondre à ces besoins sociaux, économiques et surtout militaire. Au regard des efforts que nécessitait l'établissement du document cartographique et des apports de l'outil informatique, l'association entre cartographie et informatique, s'est développé dès la fin des années 60 avec l'apparition des logiciels d'aide à l'établissement des cartes. C'est la naissance de la cartographie numérique qui permet d'effectuer un très grand nombre de travaux classiques par ordinateur (ex : calcul des projections, stockage de l'information géographique numérisée, etc.).

I.8.2. Définition d'un système d'information géographique (SIG)

Un système d'information géographique est un ensemble de logiciels intégrés, spécifiquement conçu pour être utilisé avec des données géographiques, qui comprennent à la fois les données spatiales et les données attributaires décrivant les caractéristiques géographiques, il effectue une gamme complète de fonction de base comprennent Le saisie (inputs), le Stockage, l'extraction, la transformation et l'affichage (Output), En plus d'une grande variété de procédés descriptifs et analytiques, de cela on peut dire que Le concept de base des SIG décrit à la fois l'emplacement, la distribution spatiale et la relation entre les deux. [27]

I.8.3. Fonctionnalités de base des SIG

La gamme de fonctionnalités couramment associés à des SIG en tant que technologie est:

- **La saisie de données**

Les fonctions de saisie de données sont étroitement liées aux disciplines de la photogrammétrie, en particulier, est le domaine qui offre des photographies et des images à partir duquel on obtient des séries de données. [28]

- **La Transformation:**

Cela comprend un certain nombre de processus clés parmi lesquels : la transformation vecteurs-raster et vice versa, la transformation du système de coordonnées et de la projection des cartes, et le reclassement des attributs. [29]

- **Le stockage de données :**

Dans la plupart des systèmes de traitement disponibles, les données sont organisées en couches selon les différentes catégories thématiques, par exemple : formation végétale, hydrologie et toponymie, la superposition de ces couches doit refléter les phénomènes et leurs relations aussi proches que possible de ce qui existe dans la réalité. [28]

- **L'analyse spatiale :**

Une des principales fonctions d'un système d'information géographique (SIG) est l'analyse spatiale, c'est-à-dire la description statistique ou bien l'explication soit de localisation ou des informations attributs, [30]

- **La visualisation**

Le SIG est un support technique permettant une bonne visualisation des données spatiales [31], Cette fonction du SIG est étroitement liée aux disciplines de la cartographie, L'imprimerie et L'édition. [28]

I.9. Rôle de la cartographie assistée par l'ordinateur (CAO) dans le SIG

Le terme cartographie est utilisé pour décrire le produit numérique ou analogique d'un SIG qui affiche des informations géographiques à l'aide d'un support cartographique.

La carte dans les SIG est le résultat final d'une série d'étapes de traitement de données SIG en commençant par la collecte des données, l'enregistrement, la maintenance, l'analyse et terminant avec une carte, chacune de ces activités successives transforme une base de données d'informations géographiques jusqu'à ce qu'elle soit dans la forme appropriée à l'affichage sur une technologie donnée. [32]

I.9.1. Types de cartes

Il y a deux types de cartes :

➤ **Carte topographique**

La carte topographique est un outil de référence, montrant les contours d'une sélection de caractéristiques naturelles et artificielles de la Terre, agit souvent comme un cadre pour d'autres informations.

➤ **Carte thématique**

La carte thématique est un outil pour communiquer des concepts géographiques tels que la distribution des espèces forestières, les cartes thématiques sont importantes en matière du SIG, ils nous permettent choisir les combinaisons de couches, les intervalles de classe, les couleurs, les motifs et les symboles.). [33]

I.9.2. Télédétection et Cartographie des milieux méditerranéens

➤ **Typologie des logiciels pour la modélisation des bassins versants**

Pour le but d'assurer la gestion environnementale durable des ressources naturelles, de la biodiversité et des espaces, de protection et de conservation des écosystèmes et d'actions de lutte contre la dégradation des terres.

Pour tous ces objectifs, il est indispensable de développer des méthodes d'évaluation et de suivi de l'état des milieux, de leur environnement et de l'impact des actions entreprises reposant sur la mise en place et l'utilisation d'un certain nombre d'outils développés par la recherche. Il s'agit en particulier de développer des outils spatiaux qui permettent de mesurer par télédétection et la cartographie numérique des changements de propriétés de la surface des milieux dégradés étudiés et d'intégrer à ces informations des données connexes.

➤ **La télédétection et la modélisation des bassins versants**

La télédétection est « la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté ». [34]

I.9.3. Les données liées aux SIG

➤ **Les données raster**

La structure des données raster est une abstraction du monde réel où les données spatiales sont divisées de manière régulière en ligne et en colonne, à chaque valeur ligne / colonne (pixel) est associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace, la discontinuée du modèle de données raster lui qualifié pour certains types d'opérations spatiales telle que la superposition, le calcul de superficie, ou la modélisation de simulation. [36]

➤ Les données vectorielles

La structure de données vecteur est une abstraction du monde réel où les données de position sont représentées sous forme de coordonnées, Dans les données vectorielles, les unités de base des informations spatiales sont des points, lignes et polygones.

I.9.4. Comparaison entre les deux types

Tableau 02 : Avantage et inconvénients du format raster et vecteur. [37]

	Avantages	Inconvénients
Format vecteur	-Grande précision. -Stockage plus compact des données. -Topologie complètement décrite par la liste des relations. -Représentation graphique précise. -Extraction, mise à jour et généralisation des Graphiques et des attributs possibles -Plus adapté à des objets discrets c'est à dire dont les limites sont parfaitement définies: limites administrative, données urbaine	-Croisement thématique plus complexe et plus long -Structure des données complexe. -Combinaison, superposition très difficile à réaliser car chaque cellule est différente. -Technologie chère car de haute précision graphique. -Analyse spatiale coûteuse en temps de calcul.
Format raster	-Structure des données très simples. -Superposition et combinaison des données très aisées. -Analyse spatiale aisée. -Croisement thématique rapide et simple. -Technologie relativement bon marché et en plein développement -Plus adapté à des données dont les limites sont peu précises, données dont la valeur varie graduellement en fonction de la distance : altitude, géologie, Ph d'un sol	-Précision liée à la taille. -Taille des mailles dépendantes du phénomène étudié. -Gros volume de stockage. -Topologie difficile à implanter. -Aspect visuel médiocre des documents

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Etude de milieu

II.1.1. Situation géographique de la région d'étude

Le bassin de l'Oued Mina se situe dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant « Chélif » et compte parmi les principaux affluents de l'Oued Cheliff. D'une superficie de 8200 km², il est encadré par le moyen Chélif à l'Est, le bassin de la Macta à l'Ouest, le massif de Dahra au Nord et le Chott Ech-Chergui au Sud. La partie septentrionale s'insère dans le Tell occidental et comprend la retombée sud-orientale de l'Ouarsenis, à l'est. À l'Ouest, il est limité par les Monts des Béni Chougrane.

Il est situé entre les latitudes Nord de 36° 1' et 34° 41' et les longitudes est de 0° 16' et 1° 30' (Tableau 03). L'altitude, variant entre 1 300 m et 30 m, décroît vers le nord. Le relief est très contrasté, constitue de plateaux entaillés et de versants raides, seuls 12 % de la surface sont occupées par des plaines. Le bassin versant de l'Oued Mina est soumis à un climat de type méditerranéen contrasté, La figure 06 montre la carte de la situation géographique de la zone d'étude.

Bassin versant d'Oued Mina	Coordonnées géographique	
	Longitude	Latitude
Zone Nord-Ouest occidentale d'Algérie	X ₁ : 0° 16'	Y ₁ : 36° 1'
	X ₂ : 1° 30'	Y ₂ : 34° 41'

Tableau 03 : situation géographique de bassin versant d'Oued Mina

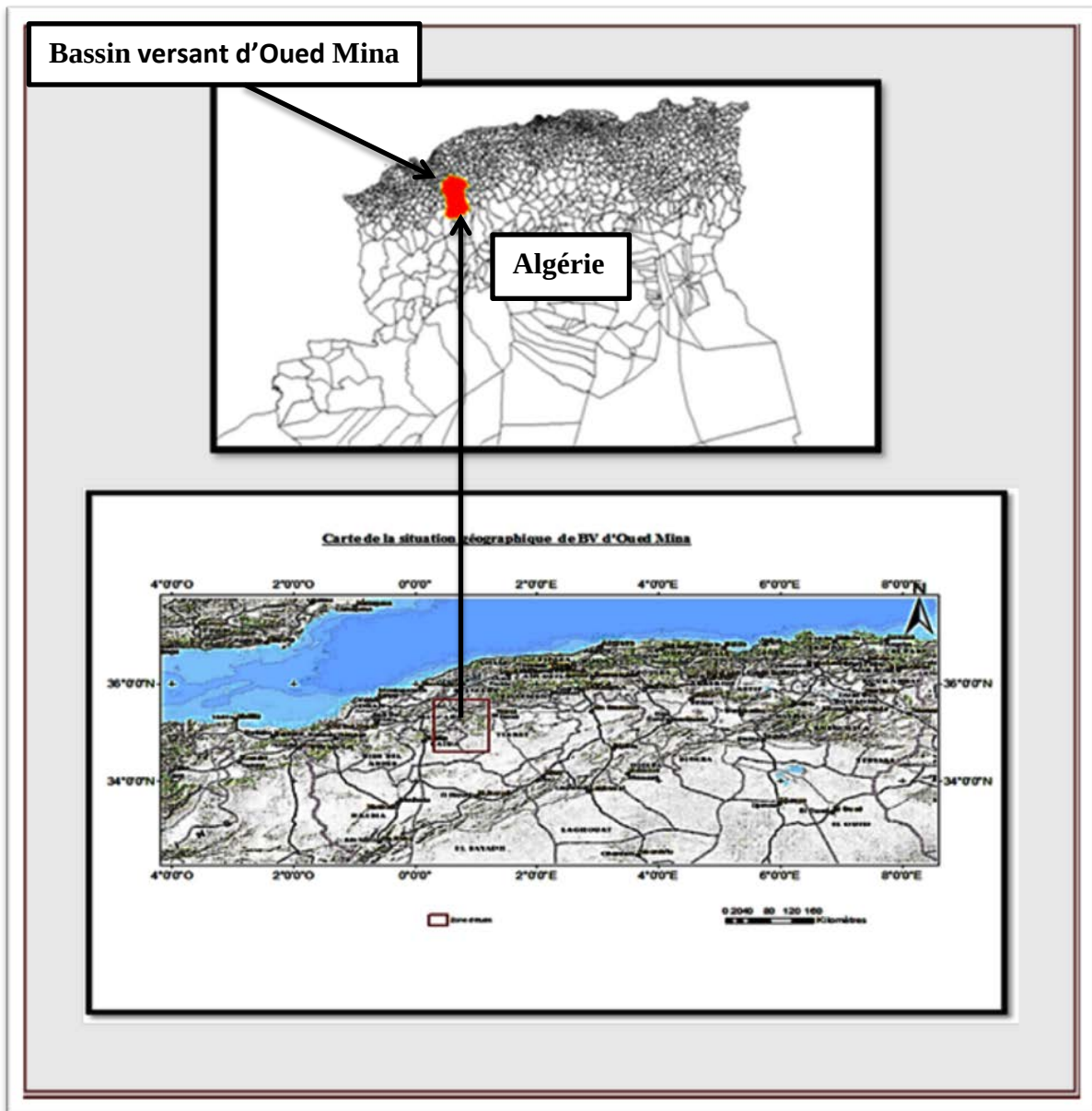


Figure 06 : Carte de la situation géographique de bassin versant d'Oued Mina

II.1.2. Choix de la zone d'étude

Le choix de la zone d'étude repose sur les conditions ci-après :

- zone très touchée par une forte variabilité climatique ;
- beaucoup des études sont faites pour l'aménagement de ce bassin versant d'Oued Mina (GTZ en 1987) ;

- la disponibilité de données cartographiques (carte de couverture végétale, carte de la situation géographique, carte de la lithologie du milieu ainsi que le fichier modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude) ;
- disponibilité des données satellitaires et climatiques de la zone d'étude
- c'est une zone très affectée par les changements globaux (dégradation des sols, érosion éolienne et hydrique, salinisation...).

II.2. Caractéristiques climatiques de milieu

II.2.1. Les facteurs thermiques et hydriques du milieu

Les facteurs thermiques (températures minimales, moyennes, et maximales) représentent les principaux facteurs climatiques qui nous renseignent sur le type de climat de la zone d'étude. Les facteurs hydriques englobent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface du globe sous forme liquide ou solide.

➤ Précipitations annuelles mensuelles de la zone d'étude

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude pour les deux périodes : la première période est de 1913/1937 (les données climatiques anciennes de Seltzer, 1946) et la 2^{ème} période 2000- Octobre 2015, les données climatiques sont prélevées à partir de site web www.Meteomanz.com présentées dans la figure 07 :

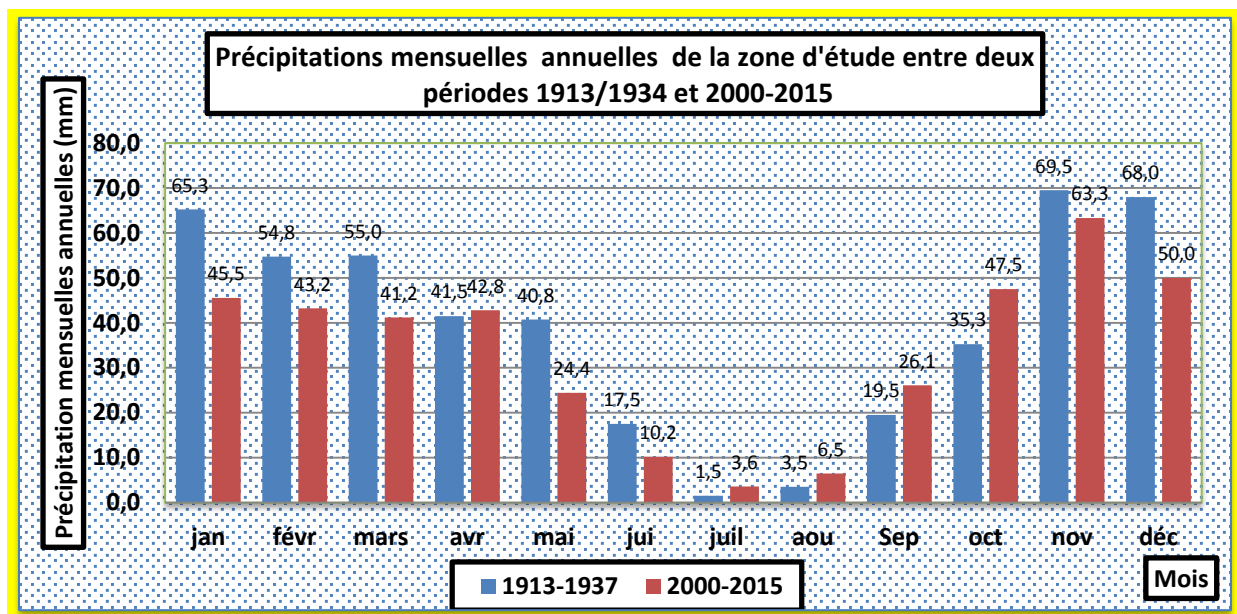


Figure 07 : variations des précipitations (en mm) la zone d'étude entre deux périodes 1913-1934 (source : [38]) et 2000-Octobre 2015 (source : [38], [39])

Sur l'ensemble du bassin versant de l'Oued Mina, certains secteurs sont relativement humides, les précipitations sont généralement irrégulières et torrentielles (Figure 07), représente un histogramme simplifiée de la pluviométrie moyenne annuelle Dans le bassin versant d'Oued Mina, les moyennes annuelles sont calculées entre deux périodes, la période ancienne (1913 à 1934) a une moyenne de précipitation de 472 mm, Les précipitations mensuelles varient généralement de moins de 1,5 mm au mois de juillet à 69,5 mm de mois de décembre, la période récente (2000-2015) a une forte variabilité de pluviométrie de 430,96 mm et des précipitations mensuelles qui varient entre 3,59 mm de mois de juillet et 63,33 mm de mois de novembre, à partir de ces résultats on remarque qu'il y a une différence des précipitation ce qui indique qu'il y a un changement climatique dans la zone d'étude.

II.2.2. Les températures

➤ Températures minimales maximales et moyennes mensuelles annuelles

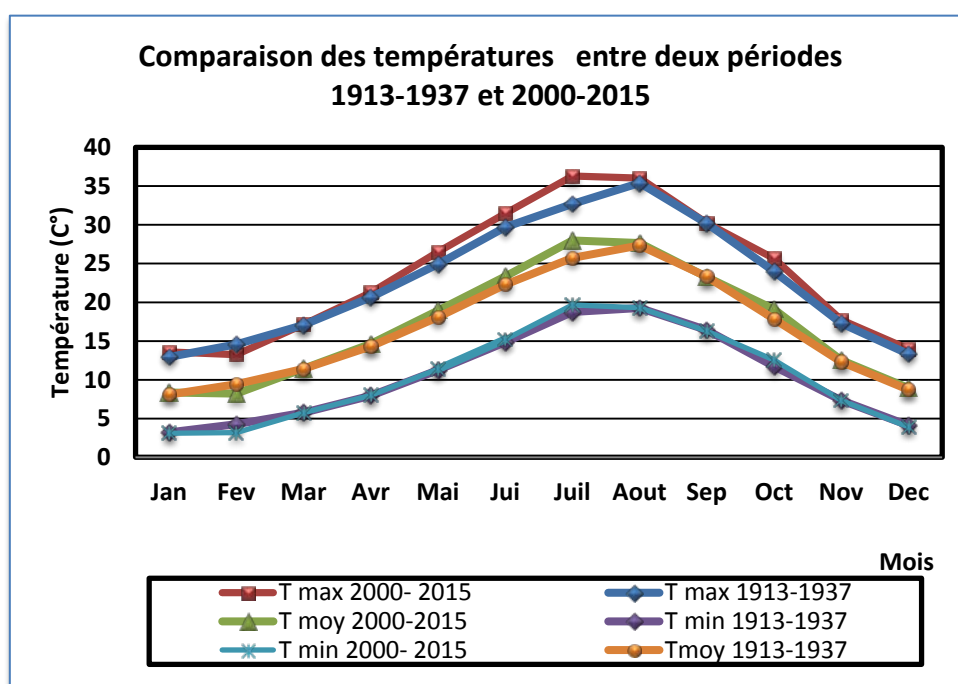


Figure 08 : Les températures mensuelles annuelles de milieu entre deux. [38], [39]

II.2.3. Humidité de l'air

L'humidité relative moyenne annuelle est estimée à environ 69% et les valeurs extrêmes auraient atteint en décembre et janvier 78% et en juillet 62%. Il y a lieu de noter que la mesure de l'humidité du sol est généralement exigeante et peu pratiquée en Algérie.

Comme le bassin versant de l'Oued Mina n'est jamais arrosée d'une manière uniforme, la structure de la répartition de l'humidité du sol ne peut être parfaitement constante [40].

La figure au-dessus illustre l'humidité de la zone d'étude Source : [41].

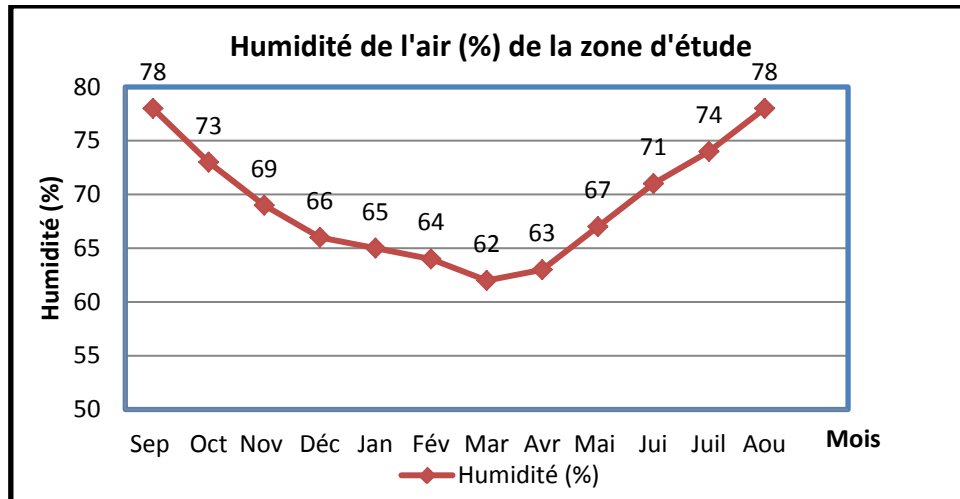


Figure 09 : Humidité de l'air dans le bassin versant d'Oued Mina.

II.3. Cadre physique

II.3.1. Géologie et Géomorphologie

Le bassin versant de l'Oued Mina s'étend sur le domaine de l'Atlas, au Sud, et celui du Tell au Nord. Dans le premier affleurent pour l'essentiel des faciès de calcaires compacts et de strates marneuses du Trias et du Jurassique. Le Tell au Nord s'est mis en place depuis le crétacé supérieur avec une structure complexe ; il est constitué de marnes avec subordonnés, de calcaires, de grès calcaires et de dolomites [40].

II.3.2. Stratigraphie

La stratigraphie du bassin versant de l'Oued Mina a été étudiée par la GTZ dans le cadre d'un projet de collaboration entre l'Allemagne et l'Algérie GTZ en 1987. La caractérisation lithologique a été réalisée par l'interprétation des photos aérienne et satellitaires. D'après GTZ, La zone marneuse s'étend sur le domaine tellien. Ce dernier s'est mis en place depuis le crétacé supérieur avec une structure complexe constituée de marnes, de calcaire et de grès calcaire. Les marnes contiennent des lentilles de sel et de gypse très solubles. Les fonds de vallée sont occupés par des alluvions pléistocènes, le paysage du Tell reflète l'interaction entre orogénèse et érosion. Le contact entre la partie méridionale et celle septentrionale du bassin versant de l'Oued Mina correspond à une zone de chevauchement exploitée par la vallée du cours moyen de l'Oued Mina.

Les roches présentes dans le bassin versant sont toutes d'origine sédimentaire. Les formations rocheuses cartographiées ne sont généralement que peu différenciées, leur âge est compris entre le Trias et l'oligocène.

II.3.3. Pédologie et sols

L'ensemble des sols du bassin versant de l'oued Mina a été étudié par le GTZ dans le cadre d'un projet de coopération entre l'Algérie et l'Allemagne. La carte pédologique résultante, présente les sols sous la forme d'association de Rendzines (sols calcaires de couche mince avec un horizon humus), de Cambisols (sols avec un profil de type A-B-C faiblement développée), de Vertisols, de Chernozems et de Fluvisols. Au Nord - Est, les marnes tertiaires prédominantes sont recouvertes par des grès calcaires et des dolomies. La puissance de ces formations se réduit au centre et à l'Ouest de la partie septentrionale. Dans le centre et le Sud-Est du bassin versant, des marnes jurassiennes sont présentes. Au Sud-Ouest affleure un complexe calcaire-dolomie du Jurassique moyen. Les marnes contiennent des lentilles de sels et de gypse, très solubles, ces dernières se sont déposées de l'oligocène au Miocène Supérieur. Les plus récentes appartiennent au Miocène Supérieur, elles sont altérées et tendres jusqu'à une profondeur d'un à deux mètres.

II.3.4. Occupation du sol

Le couvert végétal est un facteur conditionnel important du phénomène de changement climatique ; il offre au bassin versant de l'Oued Mina, une grande diversité spatiale, influencée par le modelé des terres et écarts climatiques induits par la proximité des hauts plateaux steppiques. Les terres de notre zone d'étude sont pour la plupart à vocation agropastoral dont l'agriculture et l'élevage occupent une surface très importante avec la prédominance de la céréaliculture et l'arboriculture avec la présence de culture maraîchère à petit échelle (figure 10).

La couverture forestière n'est pas importante dans notre zone d'étude, nous pouvons noter la présence de petites surfaces forestières sous forme de forêt de pinus au sud à l'extrémité la zone d'étude dans la wilaya de Tiaret, communes de Djibet Rosfa et Madna avec une superficie de 64,96 km² correspond à 1,36 % de la superficie totale, il existe des cultures annuelles (303,42 km, 6,35% de la superficie totale) au centre de la zone d'étude, wilaya de Tiaret, on trouve aussi beaucoup types de maquis, maquis avec pistacia et olea avec une superficie de 139,85 Km² dans Wilaya de Saida, communes de Tircine et Maamora et dans la wilaya de Tiaret, commune de Ain el hadid, le deuxième type de maquis est maquis avec tetraclinis et stipa avec une importante superficie de 248,16 Km² et de 6,2% de la

superficie totale de la zone d'étude, ce dernier se disperse dans tout la région d'oued mina, le type maquis avec quercus et pistacia se situe dans le Sud-Est de la région dans la commune de Tircine avec une très important superficie de 420,33 Km² correspond à 8,8 % de la superficie totale, les cultures de céréales se trouve dans l'extrémité de Sud-Ouest du bassin versant, wilaya de Tiaret, avec une très importante superficie de 200,96 Km², 4,21 % de la superficie totale, il y a aussi le type cultures de céréales et pâturage d'artimisia sur terrain rocheux , superficie 180,88 Km² trouvent dans la commune de Djibet Rosfa, wilaya de Tiaret. La figure 11 représente la répartition de la végétation dans la zone d'étude.

II.3.5. Réseau Hydrographique

Le bassin versant de l'Oued Mina est compris dans le bassin régional n° 01, soit le Chélif, de la région hydrographique n° 2 Chélif Zahrez. Il regroupe cinq (05) sous bassins versants du 0130 au 0134, Le principal cours d'eau la Mina, traverse la zone sur 90 km avec une pente moyenne de 5.89 m/Km. A l'échelle de la zone marneuse, le réseau hydrographique est dense et très ramifié. Les oueds sont temporaires à régime d'écoulement saisonnier et déversent dans l'oued Mina, avec une orientation Nord-Est – Nord-Ouest. Il reçoit quatre principaux affluents : l'Oued Haddad, l'Oued El Abd, l'Oued Tat et l'Oued Medroussa.

II.4. Matériels et méthodes

Compte tenu du but poursuivi visant à cartographier le risque de changement climatique dans la zone marneuse du bassin versant de l'Oued Mina, on devra rassembler toutes les données dont on a besoin (pluviométrie, cartes topographiques et géologiques, fichier MNT de la zone d'étude, images satellitaires complétées par l'étude de terrain).

II.4.1. Matériel

Pour étudier les impacts de changement climatique sur la dégradation des sols dans le bassin versant d'Oued Mina, on a utilisé les types des données suivants:

- **Données climatiques**

Les données climatiques mensuelles et interannuelles (en mm) utilisées concernent les stations météorologiques réparties à l'intérieur et à proximité de la zone d'étude (Saida, Mascara, Tiaret, Rélizane et Mostaganem) sur deux périodes d'observation 1913-1938 (les données climatiques de Seltzer, 1946) et la période 2005-2015 obtenue à partir de site web www.Meteomanz.com.

- **données cartographiques (cartes utilisées)**

Les cartes utilisées ont été élaborées par la Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) dans le cadre d'un projet de collaboration entre l'Allemagne et l'Algérie en 1987 pour l'aménagement du bassin versant de l'Oued Mina :

- carte lithologique du bassin versant d'Oued Mina avec une échelle de 1/100 000 ;
- carte de couverture végétale du BV d'Oued Mina, échelle 1/100 000 ;
- à partir de la digitalisation des courbes de niveaux, on a réalisé la carte du MNT de la zone d'étude;
- d'après le fichier MNT, on a élaboré la carte des pentes et la carte d'exposition de milieu.

- **Images satellitaires**

Le premier satellite civil d'observation de la Terre a été Landsat en 1972. Les trois premières missions étaient équipées des capteurs à résolution hectométrique MSS (Multi-Spectral sensor). A partir de 1982 et de l'envoi de Landsat 4, les missions embarquent les capteurs Thematic Mapper qui observent dans sept bandes spectrales dont six dans le visible et le proche et moyen infrarouge. La résolution des images TM est de 30 m pour une scène de 185

km de côté. Le capteur ETM + (Enhanced Thematic Mapper), dont est équipée la dernière mission (Landsat-7), possède une bande panchromatique complémentaire à la résolution de 15 m (Tableau 04).

Tableau 04: Caractéristique du capteur Landsat Source <http://nilerak.hatfieldgroup.com>.

Satellite	Date de lancement	Altitude moyenne	Cycle orbital	Fauchée	Capteurs, canaux et résolution spatiale
Landsat 1	juillet 1972	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS (4 canaux, 80 m)
Landsat 2	Janvier 1975	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3canaux, 80 m) Radiomètre MSS (4 canaux, 80 m)
Landsat 3	mars 1978	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m)
Landsat 4	juillet 1982	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m) Radiomètre TM (7 canaux, 30 m)
Landsat 5	Janvier 1984	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m) Radiomètre TM (7 canaux, 30 m)
Landsat 6	oct. 1993	Détruit : après lancement			
Landsat 7	avril 1999	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre ETM + (7 canaux, 30 m, plus canal panchro, 15 m)

La télédétection offre une méthode sûre et efficace dans la collecte de l'information. Elle peut fournir l'information sur la végétation, l'infrastructure, l'eau, le sol nu ou couvert ainsi que, l'identification des types de sol. A cet effet, l'acquisition des données de l'occupation du sol se fait par l'exploitation de l'image satellitaire Landsat 8 TM+ De la scène de 28-08-2015 et la scène 18-09-2014, le traitement de ces images pour calculer de l'indice de végétation (NDVI) a été fait par logiciel ArcGIS 10.0 et ENVI 4.5.

• Outils utilisés

La réalisation du travail nécessite des outils Hard, un scanner (CRYSTAL G 600) pour numériser les documents cartographique (carte de couverture végétale, carte lithologique) et l'utilisation d'un microordinateur équipé d'outils Soft (Microsoft office 2010) pour la saisie et le calcul et le stockage des données.

II.4.2. Les logiciels de SIG

Un Système d'information géographique (SIG) est, comme son nom l'indique, un outil informatisé dédié à la gestion de l'information géographique. Assure le dialogue et la

communication entre disciplines par un constant aller-retour entre observation, interprétation, hypothèse et validation.

L'utilisation de ce genre de système offre un moyen simple, rapide et efficace à l'utilisateur, pour les études d'aménagement et de prise de décision. C'est ainsi que la lutte contre les impacts de changement climatique sur dégradation des écosystèmes terrestres particulier, et la complexité de ce phénomène imposent aujourd'hui, l'utilisation de méthodes et de moyens performants pour la gestion de l'information géographique.

Le tableau 05 représente les différents logiciels utilisés pour cartographier les terres dégradés par le changement climatique dans le bassin versant d'Oued Mina.

Logiciels	Définition
ArcGIS (ESRI®) 	ArcGIS(ESRI®) : logiciel SIG utilisé pour les traitements sur les données raster et vectorielles également pour l'établissement des modèles climatiques et de plus il permet de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale de la zone d'étude. Le logiciel ArcGIS comprend quatre applications principales : 1- ArcCatalog : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation. ArcCatalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent. 2- ArcMap : est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données 3- ArcToolbox : est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection. 4- ArcReader : est une application gratuite permettant d'échanger des cartes publiées entre différents utilisateurs.

Logiciel ENVI 4.5

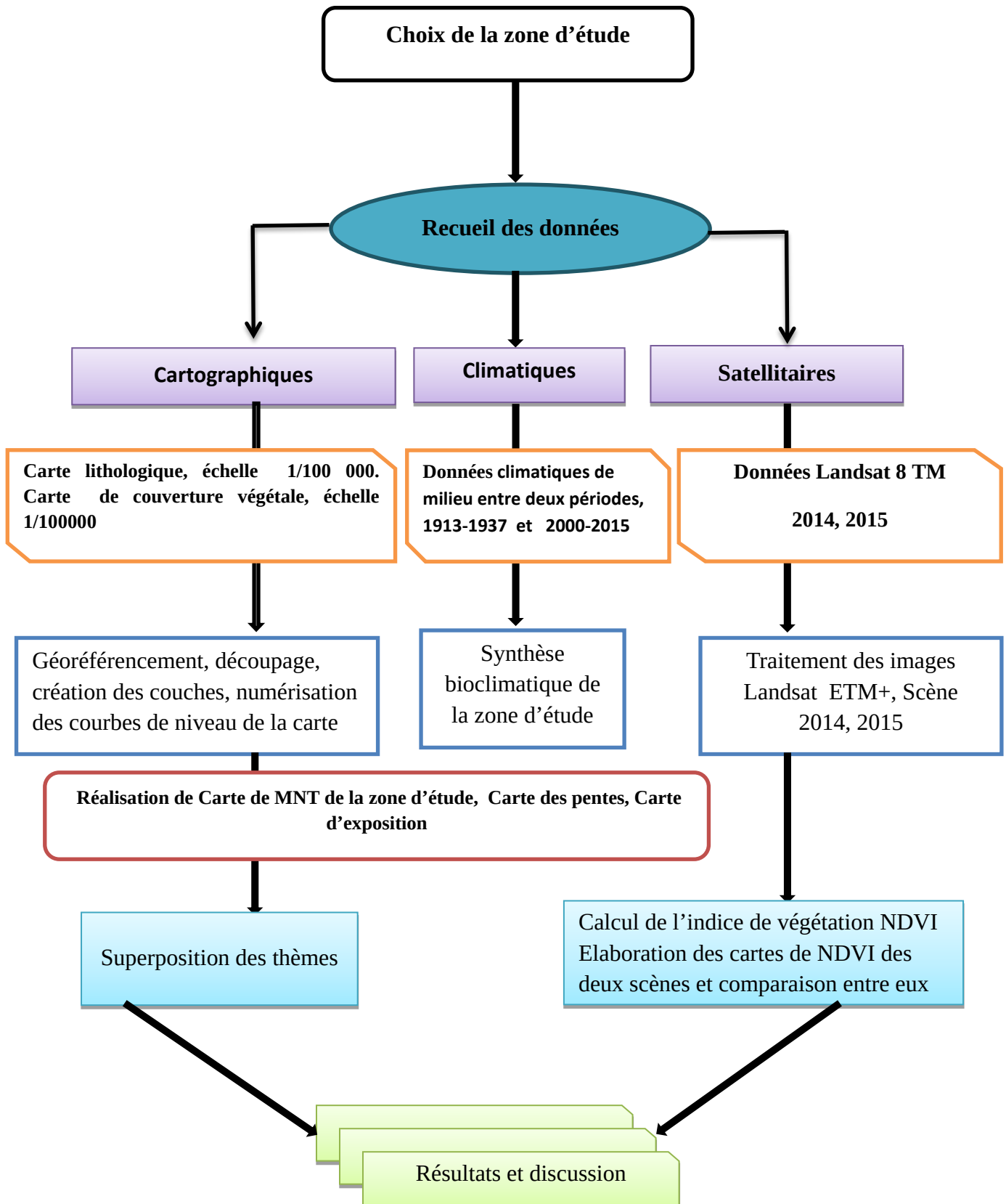
Le logiciel ENVI 4.5 (*Environnement for visualising image*) a été utilisé pour les traitements d'images. Il permet la visualisation et l'analyse des données de grande taille de la plupart des formats. L'avantage principal de ce logiciel est sa capacité de manipuler plusieurs images multi spectrales, c'est-à-dire comportant plusieurs bandes spectrales.

La puissance interface graphique d'ENVI 4.5 est complétée par une bibliothèque d'algorithmes comportant des fonctions de transformation de données (l'analyse en composantes principales), des fonctions de filtre ainsi que des fonctions de classification.

Tableau 05 : les logiciels de SIG utilisés pour cartographier les terres dégradés par le changement climatique

II.5. Méthode d'approche

L'organigramme suivant, résume la démarche suivie pour étudier la dégradation des sols par le changement climatique dans la zone du bassin versant de l'Oued Mina.



II.6. Méthodologie de la création d'une base des données

Pour créer une base des données concernant notre zone d'étude utilisant les différents documents cartographiques, on a fait les opérations suivantes : calage ou géoréférencement, création des couches, numérisation des courbes de niveaux, et la réalisation de model numérique de terrain.

- Ouvrir logiciel ArcGis (ArcMap) et ajouter la carte (figure10)

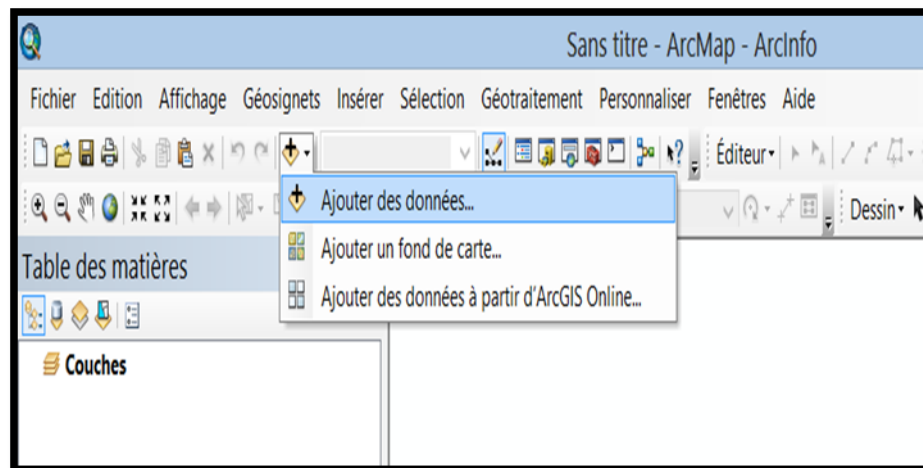


Figure 10 : méthode d'ajouter des données rasters

➤ Géoréférencer la carte

Aller à l'Arc catalogue → Connexion aux dossiers → Choisir la carte →
 Clic droite sur la carte → Propriétés → référence spatiale → modifier →
 Déclarer la projection → WGS 1984 UTM Zone 31N.prj

➤ Pour le calage

Aller à la fenêtre géoréférencement → Ajouter les 04 points de contrôles (Définir les coordonnées géographiques X, Y de chaque point) → Visualiser la table des points et remplir les coordonnées. (Figure 11)

Lier	Source X	Source Y	X Carte	Y Carte	Résiduel
1	7,147586	22,797790	3940000,000000	3985000,000000	1,82765
2	22,910454	22,948455	3940000,000000	3985000,000000	1,82762
3	23,118993	3,286143	3940000,000000	3960000,000000	1,82695
4	7,350371	3,135798	3920000,000000	3960000,000000	1,82699

Figure 11 : Table des liens des coordonnées X, Y pour chaque point de contrôle

Pour enregistrer la carte calée, il faut obtenir une petite erreur ($0 < \text{erreur} < 1$) $\longrightarrow$ aller à la fenêtre géoréférencement $\longrightarrow$ rectifier.

- **pour la numérisation des couches**
- Créer un nouveau dossier de travail
- Ouvrir Arc catalogue et le dossier de travail par le signe « + » figure 12

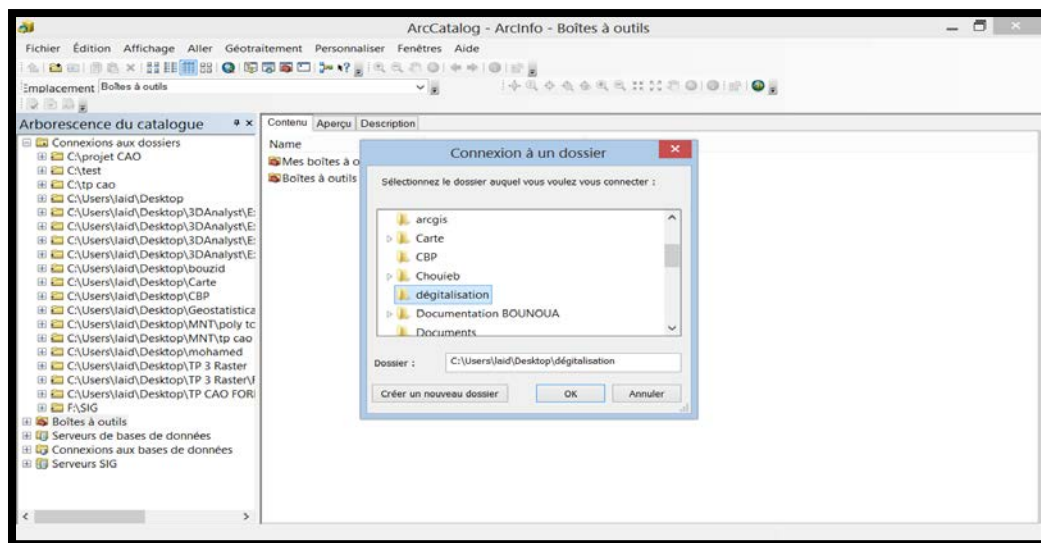


Figure 12: numérisation des couches dans ArcCatalogue

Nouveau $\longrightarrow$ fichier de forme $\longrightarrow$ nommer le champ, Exemple « Végétation » et définir le type d'entité 'polygone' et le type de végétation, la même chose pour les autres champs ; sols, routes, agglomérations...

Après la création des champs on détermine la projection de chaque champ

- aller à l'éditeur $\longrightarrow$ ouvrir une session de mise à jour $\longrightarrow$ commencer à

Digitaliser sans oublier d'enregistrer toujours les mises à jour.

➤ **Model numérique de terrain (MNT) de bassin versant d'Oued Mina**

Pour la réalisation de model numérique de terrain, il faut avant digitaliser les courbes de niveaux, une fois qu'on termine la numérisation, on passe à la phase krigeage

ArcToolbox → Outils spatial Analysis → interpolation → krigeage.

Chapitre III : résultat et discussion

III.1. Résultats de la numérisation des cartes

III.1.1. Carte lithologique du bassin versant d'Oued Mina

La figure 13 représente la carte lithologique du bassin versant d'Oued Mina obtenue après la digitalisation des couches.

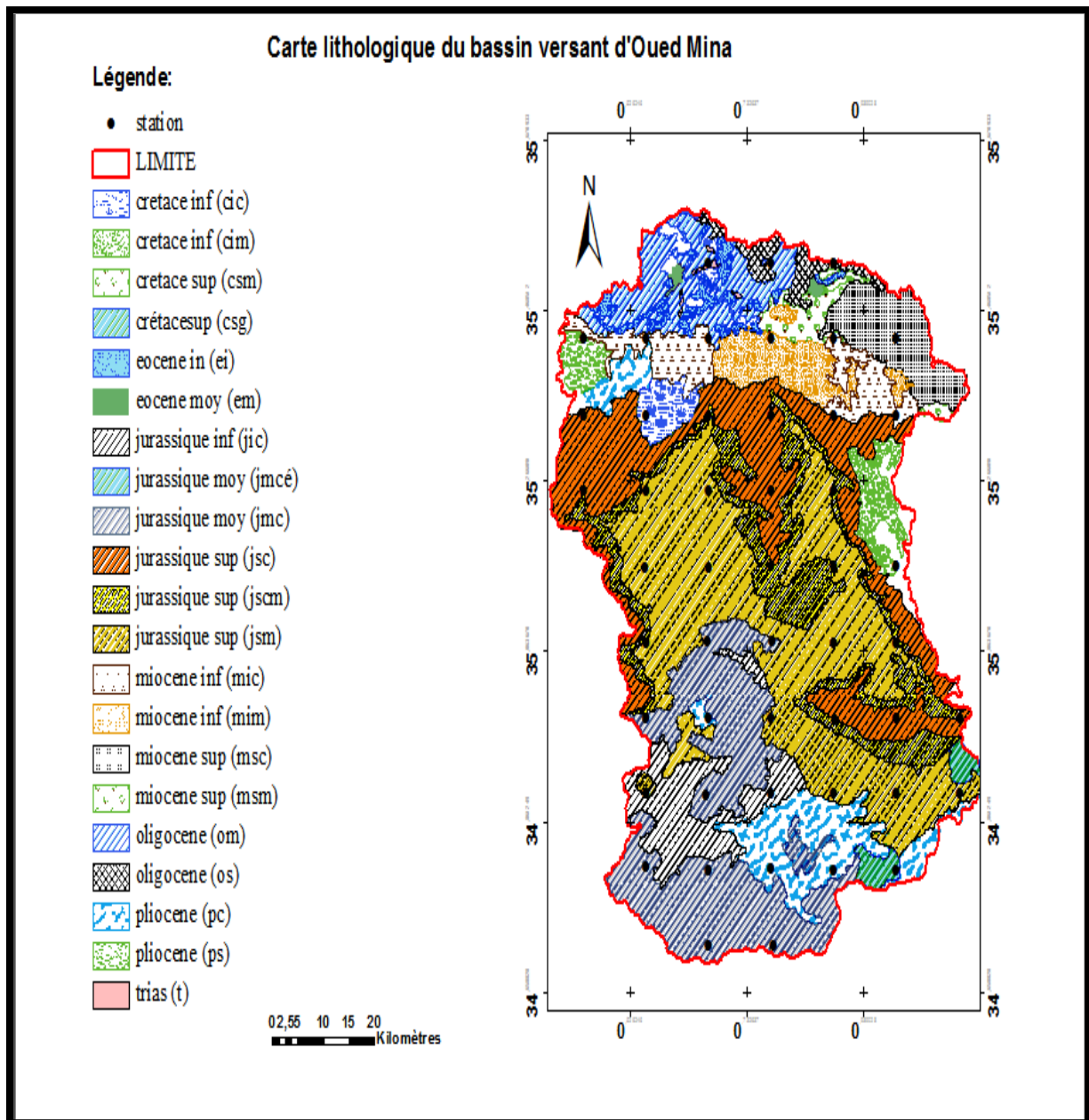


Figure 13 : Carte des principaux substrats de bassin versant d'Oued Mina

La zone d'étude s'étend sur plusieurs principaux faciès stratigraphiques, le tableau 06 explique chaque ère géologique avec son évolution du substrat et sa surface :

Faciès stratigraphiques	Type de sol	Surface Km ²	%
Pliocène (Ps)	Sable fin rouge et jaune claire, dune.	46,4	0,97
Pliocène (Pc)	Grès sableux avec en partie un peu de cimentation carbonatée, calcaire sableux et croutes calcaire pouvant atteindre 1m d'épaisseur.	307,1	6,43
Miocène Sup (Ms_c)	Grès brun à grains fin d'origine marine avec cimentation carbonatée-alternant avec des couches de grès marin, et des calcaires en partie conglomérats bien ronds.	262,2	5,01
Miocène inf (Mic)	Marnes avec des intercalations de minces plaques de grès et de bancs de limon, dépôts de carbonates et de grès en partie sous forme de conglomérats et de brèches.	224,8	7,52
Oligocène (Oc)	Bancs de grès et de carbonates important, avec de rares intercalations de couches de marne.	69,4	1,45
Oligocène (Om)	Marnes vert clair avec sporadiquement de faible bans de grès et de limons, en partie de marne sableuse foncées.	232	4,88
Eocène Moy (Em)	Calcaires fusillés surtout d'origine marine et calcaire Nummulites en partie conglomérats bien ronds, grés mal assortis avec cimentation carbonatés.	12	0,25
Eocène Inf (Ei)	Calcaire a Foraminifères, grés marins en alternance avec des marnes colorées.	67	1,40
Crétace Sup (Csg)	Bonnes couches de grès fins jaune-rougeâtres. Important quantité de calcaire gris et dolomies.	109,6	2,3
Crétace Inf (Cic)	Marnes claires à verdâtres, pierres limoneuses Calcaires en partie sableux et par endroits stromatolithe.	149,7	3,15
Jurassique Sup (Jsc)	Calcaire et dolomies, par endroits bien déposés avec des intercalations de marnes et en partie de conglomérat et de calcaire sableux. Dominance de marne claire, grise et verte alternant avec de faibles bancs de calcaire et de dolomies.	2192,5	45,92
Jurassique Moy (Jmc)	Important quantité de calcaire gris en partie oolithique et de dolomies à gros grains, surfaces karstique.	964,3	20,2
Jurassique Inf (Jic)	alternance de grès quartzique, dolomies. roches sableuses et marnes.	7,7	4,77
Trias (T)	Grès durs et dolomie.	6,75	0,14

Tableau 06 : Evolution des sols de bassin versant d'Oued Mina à travers leur ère géologique

III.1.2. Carte de la couverture végétale du bassin versant d'Oued Mina

La figure 14 représente la carte de la couverture végétale de bassin versant d'Oued Mina.

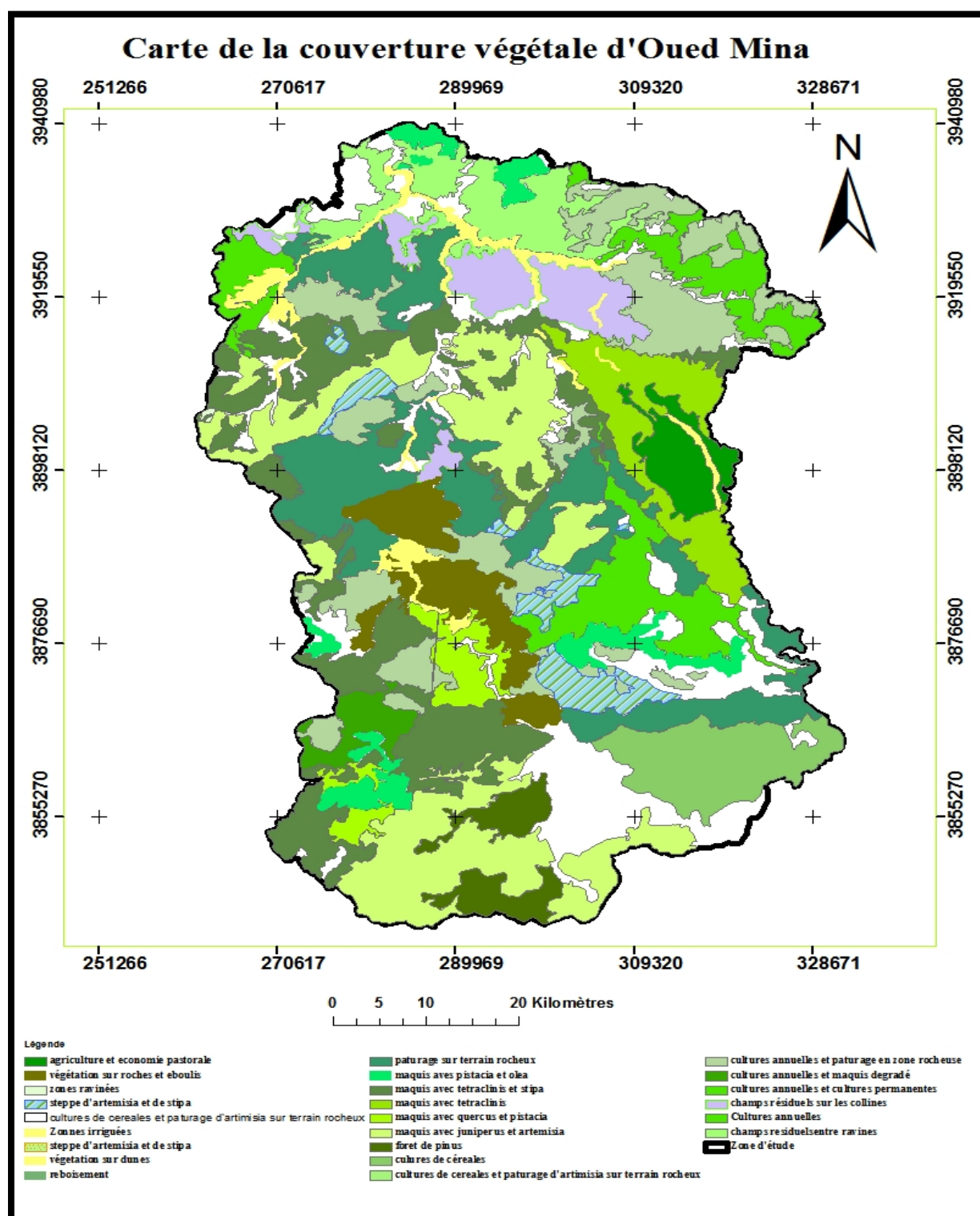


Figure 14 : Carte de la couverture végétale de bassin versant d'Oued Mina

III.1.3. Répartition de la couverture végétale dans le bassin versant d'Oued Mina

D'après la digitalisation des différentes couches de la végétation dans la carte de couvert végétale d'Oued Mina, on a obtenu les résultats exposés dans la figure 15

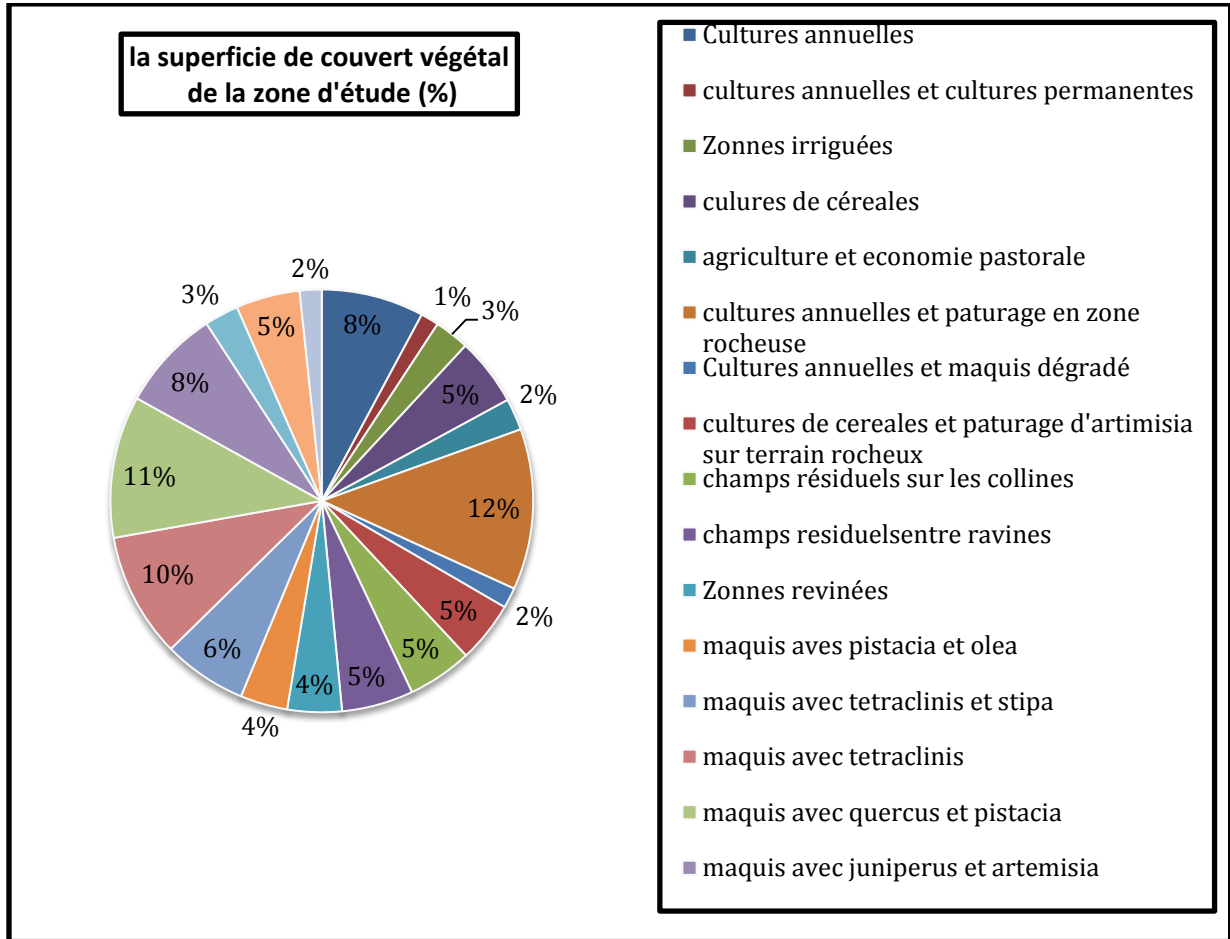


Figure 15 : Répartition de la végétation dans la zone d'étude.

III.1.4. Le model numérique de terrain de bassin versant d'Oued Mina

Après la digitalisation des courbes de niveaux, on a obtenu le fichier model numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude (Figure 16). Du point de vue altitude, une légère dominance de terres entre 200 et 483 m d'altitude peut être observée en Nord, bien qu'un second groupe entre 484 – 691m s'y distingue aussi et qui se trouve dans le nord Est et le Nord-Ouest ainsi que dans le milieu. La figure 13 illustre la répartition des classes d'altitude pour la zone d'étude. La valeur moyenne est de 449.47 m d'altitude avec un, un minimum de 200 m et un maximum de 1049 m.

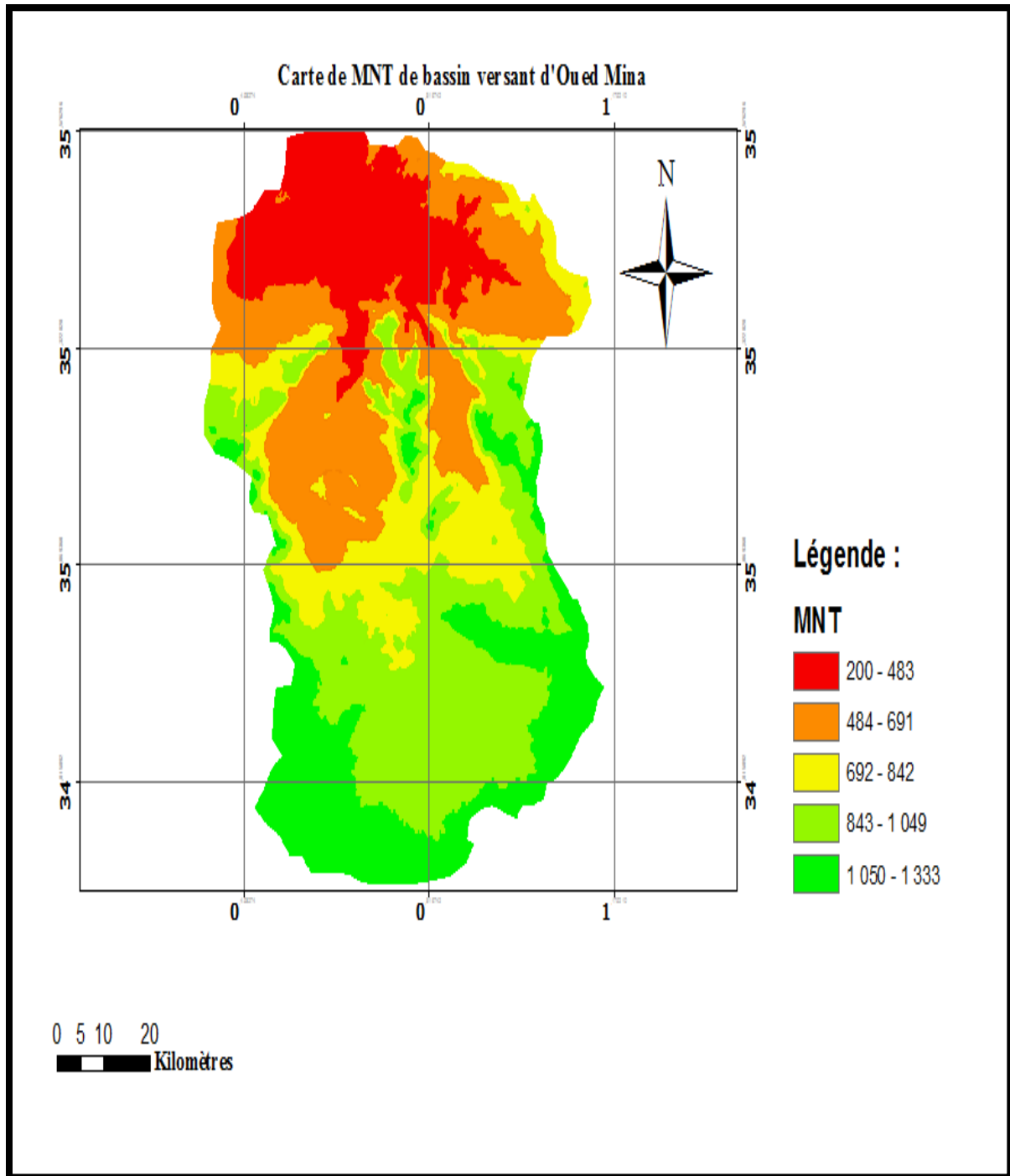


Figure 16 : Carte de model numérique de terrain (MNT) de bassin versant d'Oued Mina

III.1.5. Carte des Pentes

A partir de fichier model numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude, nous avons réalisé la carte des pentes, dont nous avons retenu la classification faite par l'étude GTZ, qui a été réalisée en fonction de l'utilisation des terres pour la présentation du relief. (Figure 17)

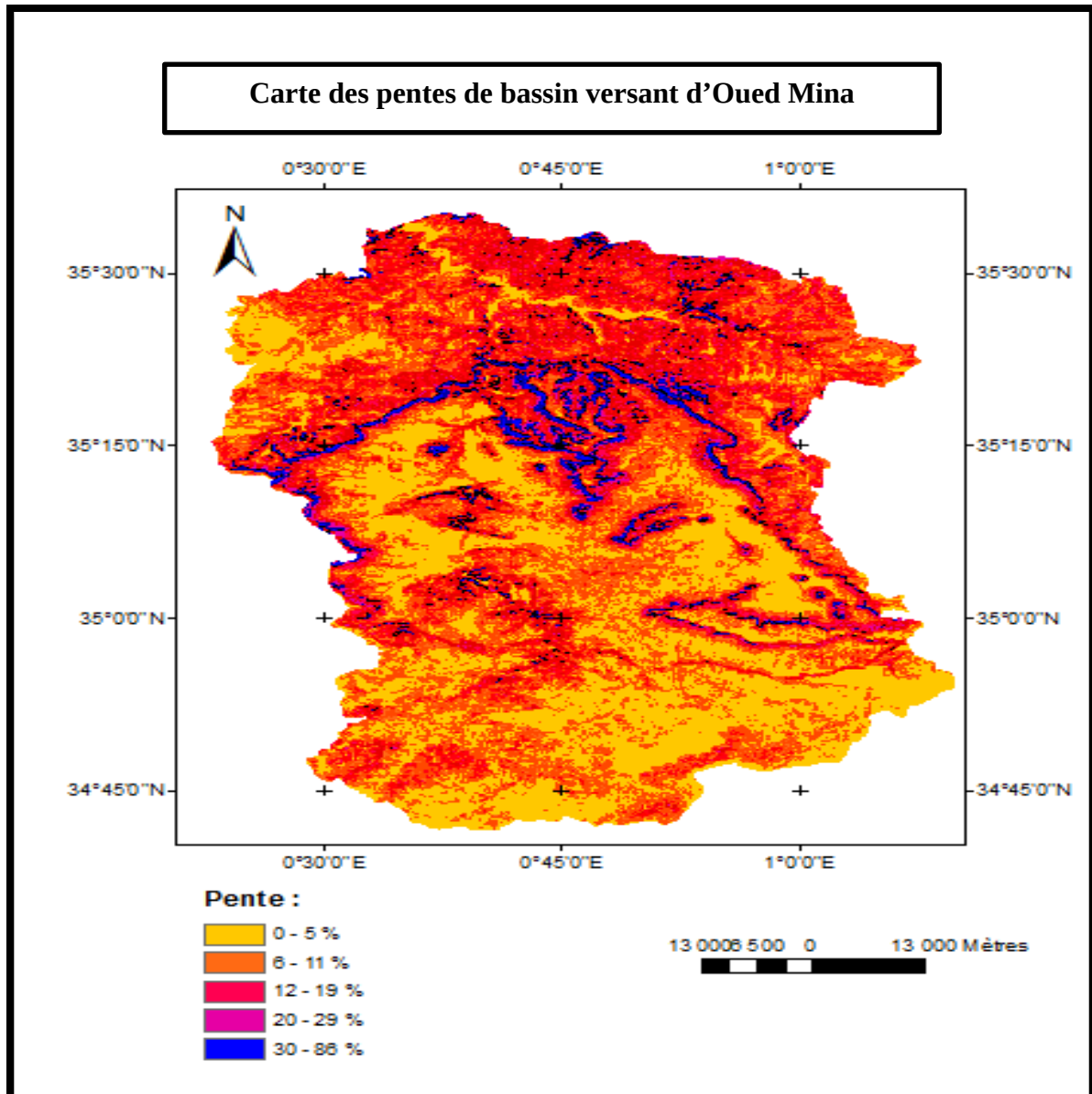


Figure17 : Carte des pentes de bassin versant d'Oued Mina

Inclination:

- 0-5% : cette classe représente la plaine, couvrant la plus part de la superficie de bassin versant d'oued Mina.
- 6-11% : c'est la classe des pentes, qui représente une zone de contacts entre la plaine et les montagnes, elle couvre la majeure partie de BV avec de la surface totale.
- 12-19% : cette classe occupe une superficie relativement importante de la superficie totale du bassin versant.
- 20-29% : représente une petite superficie de la superficie totale du la zone d'étude.
- > 30% : cette classe représente les reliefs montagnards occupe une très petite superficie de la zone d'étude.

III.1.6. Exposition du milieu

La figure 18 montre la carte d'exposition du bassin versant d'Oued Mina.

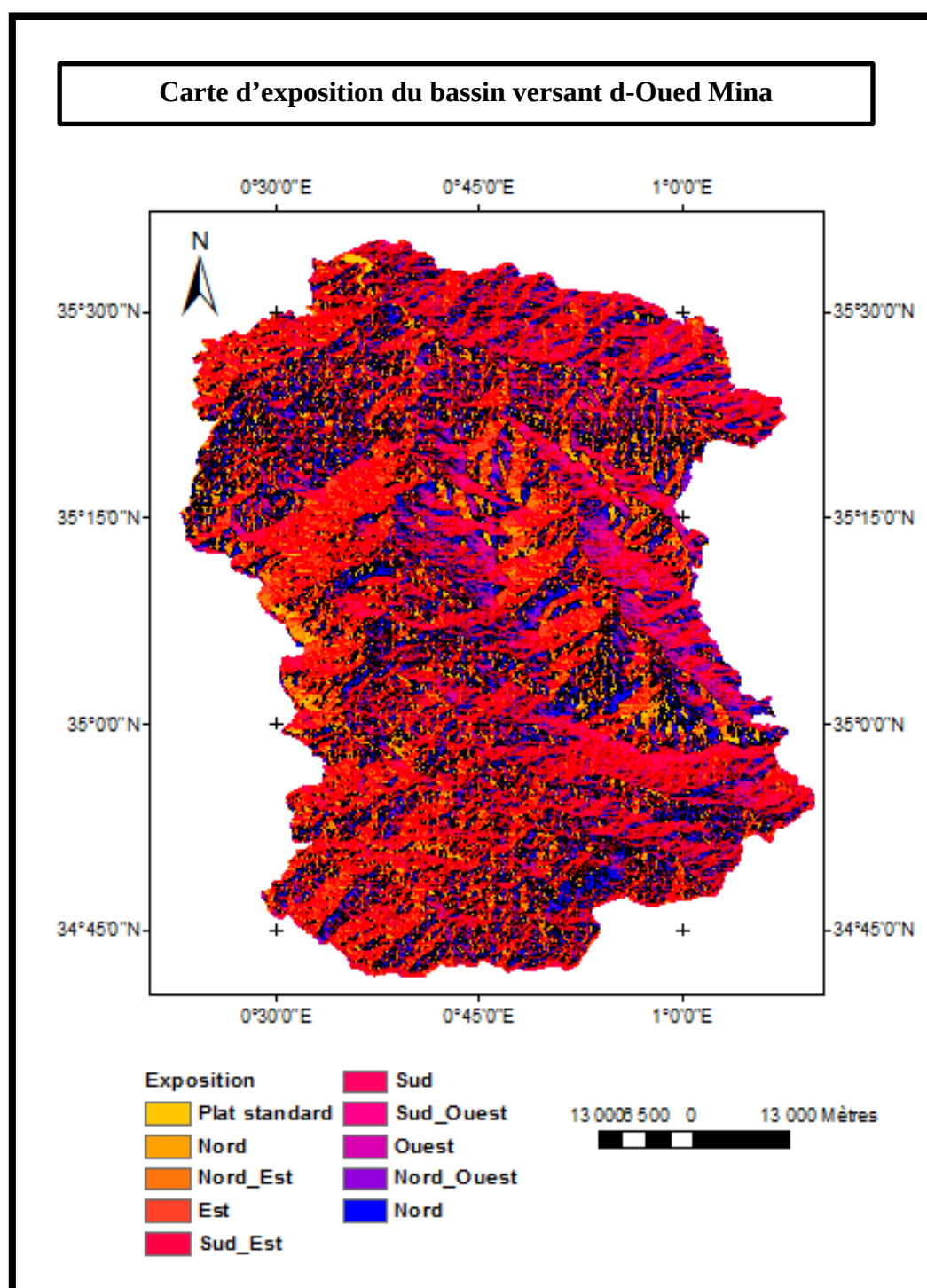
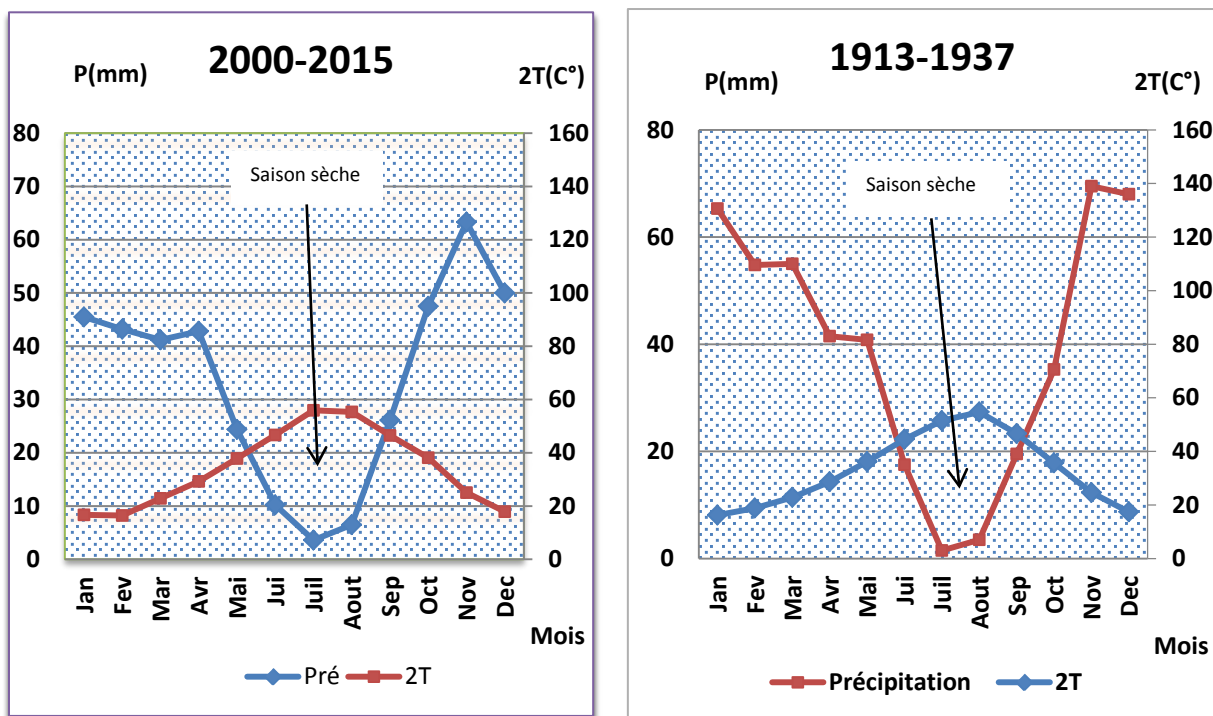


Figure 18 : Carte d'exposition de la zone d'étude

III.2. Synthèse climatique de milieu

III.2.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS Et GAUSSEN entre les deux périodes

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec $P=2T$. Les figures 19 et 20 portent les diagrammes ombrothermiques de bassin versant d'Oued Mina établis à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur deux périodes 1913-1937 et 2000-2015.



Figures 19, 20 : Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN de la station météorologique de Rélizane dans la période 2000-2015.

Le bassin versant d'Oued Mina a un climat de type méditerranéen semi-aride caractérisé par une sécheresse estivale prononcée. Selon Bagnouls et Gaussen (1953), le diagramme ombrothermique montre que, la zone d'étude est caractérisée par une période sèche s'étalant sur six (6) mois pour la période ancienne 1913-1937 et la 2^{ème} période s'étend sur (7) mois, à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre.

III.2.2. Quotient Pluviothermique et climagramme d'EMBERGER entre les deux périodes

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2) est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat. La représentation de ce diagramme a permis de localiser notre zone d'étude et l'étage bioclimatique. Le Q_2 Il est donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$)

m : moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$)

$$Q(1913 - 1937) = \frac{2000P}{M^2 - m^2} = (2000 \times 472) / (35,4)^2 - (3,2)^2 = 50,14$$

$$Q(2000 - 2015) = \frac{2000P}{M^2 - m^2} = (2000 \times 431) / (36,2)^2 - (5,1)^2 = 47,19$$

Tableau 07 : Valeur du « Q2 » et étages bioclimatiques.

Période	P (mm)	M ($^{\circ}\text{C}$)	m ($^{\circ}\text{C}$)	Q2	Étage bioclimatique	Sous étage	Variant thermique
1913-1937	472	35,4	3,2	50,14	Semi-aride	moyen	Hiver frais
2000-2015	431	36,2	5,1	47,19	Semi-aride	Inférieur	Hiver doux

Il ressort de ce tableau que la zone d'étude se distingue par une ambiance bioclimatique semi-aride moyenne à hiver frais caractérisée par une hauteur pluviométrique variant entre 380 et 480 mm et une température minimale de $3,2^{\circ}\text{C}$. En effet, sous l'influence de la sécheresse, cette zone est passée de l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais en première période à l'étage semi-aride moyen à hiver doux (chaud) en deuxième période.

III.2.3. Indice de sécheresse estivale :

Cet indice s'exprime par le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales P (mm) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud M ($^{\circ}\text{C}$), selon la formule d'EMBERGER (1942) : [42]

$$I_e = P.E / M$$

Les résultats du calcul de cet indice pour les deux périodes sont indiqués dans le tableau 08.

Tableau 08 : Indice de sécheresse estivale de la zone d'étude entre les deux périodes.

Périodes	Pluviosité estivale P.E (mm)	Valeur de M (°C)	« I e »
1913-1937	22,5	35,4	0,63
2000-2015	20,1	36,2	0,55

A partir de tableau de sécheresse estivale de la zone d'étude, on remarque que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5. Ceci indique l'appartenance de cette zone au climat méditerranéen selon la grille, mais à sécheresse intense.

III.3. Estimation de la dégradation des terres de la zone d'étude

III.3.1. Introduction

La présente étude traite l'application concernant l'utilisation de l'imagerie spatiale à moyenne résolution (données TM+ de Landsat-8) des scènes 28-08-2015 et 18-09-2014 dans la même période sèche pour le suivi du phénomène de la dégradation des sols. La démarche empruntée pour réaliser ce travail se base sur une comparaison entre des images acquises dates durant une assez longue période.

Cette comparaison permet de comparer évolution du milieu à différentes dates, entre l'étude qui a été faite par GTZ en 1987 pour l'aménagement d'Oued Mina et notre étude concernant l'estimation de la dégradation des sols de la zone d'étude en utilisant les images satellitaires pour déterminer l'indice de végétation (NDVI).

Les différents traitements sont comparés entre eux pour déceler l'évolution de l'état de la parcelle dans le temps. Ensuite on essaiera de chercher quels étaient les paramètres qui ont causé ou contribué à accentuer ou remédier au problème de dégradation.

III.3.2. Définition de l'indice de végétation (NDVI)

L'indice de végétation proposé est défini par la formule suivante :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR}-\text{R}}{\text{PIR}+\text{R}}.$$

NDVI : indice de végétation

PIR : bande proche infrarouge

IR : Infrarouge

Cet indice permet de faire la différence entre la végétation boisée et sénescence. La création d'indice de végétation vise plusieurs objectifs :

- l'estimation de la masse végétale recouvrant le sol ;
- la description de l'état phénologique de la couverture végétale ;
- la prévision des récoltes ;
- l'évolution de la couverture végétale.

III.4. Calcul de NDVI de bassin versant d'Oued Mina

Pour déterminer l'indice de végétation on a utilisé logiciel ENVI 4.5 et les données satellitaire de la scène 2015 suivant les étapes :

III.4.1. Choix des images et des canaux

Pour mener à bien cette tâche, il est préférable de trouver des images relatives à des prises de vues comparables dans l'année, les canaux doivent être choisis de telle sorte que les délimitations des parcelles de terrain apparaissent nettement avec l'occupation des sols. Les sites dont le couvert végétal est dense, représentent les parcellaires de végétation en bon état de santé. Les sites correspondant au recouvrement végétal faible, correspondent soit aux sols en jachère, soit aux sols complètement dénudés. Cette situation marque un signe de maladie, ou annonce un état d'alarme de dégradation. L'endroit qui remplit ce genre de conditions est un sol pauvre, ou contaminer par l'une des causes principales de dégradation.

Les images sélectionnées pour notre étude, correspondent aux images du satellite Landsat TM-8, relatives aux prises de vue du deux périodes différentes, 18-09-2014 et 28-08-2015. La résolution spatiale des images choisies est de 30m.

Le traitement de choix des bandes spectrales est fait par logiciel ENVI 4.5 avec la procédure suivante : ouvrir une session ENVI → Open image file → ajouter les trois bandes, La figure 21 montre la méthode de sélection des bandes spectrales

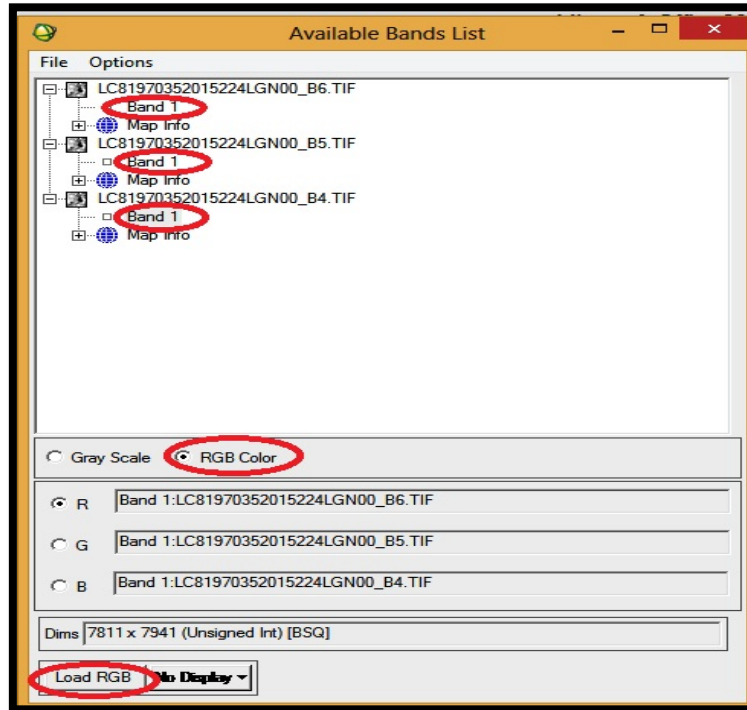


Figure 21 : choix des bandes spectrales

III.4.2. Extraction de la zone d'étude

Cette étape a été faite par le logiciel ENVI 4.5 en choisissons les trois bandes RVB (rouge, verte, et bleu), la superposition de l'image satellitaire avec la limite de la zone d'étude est faite au niveau de logiciel ArcGIS. (Figure 22)

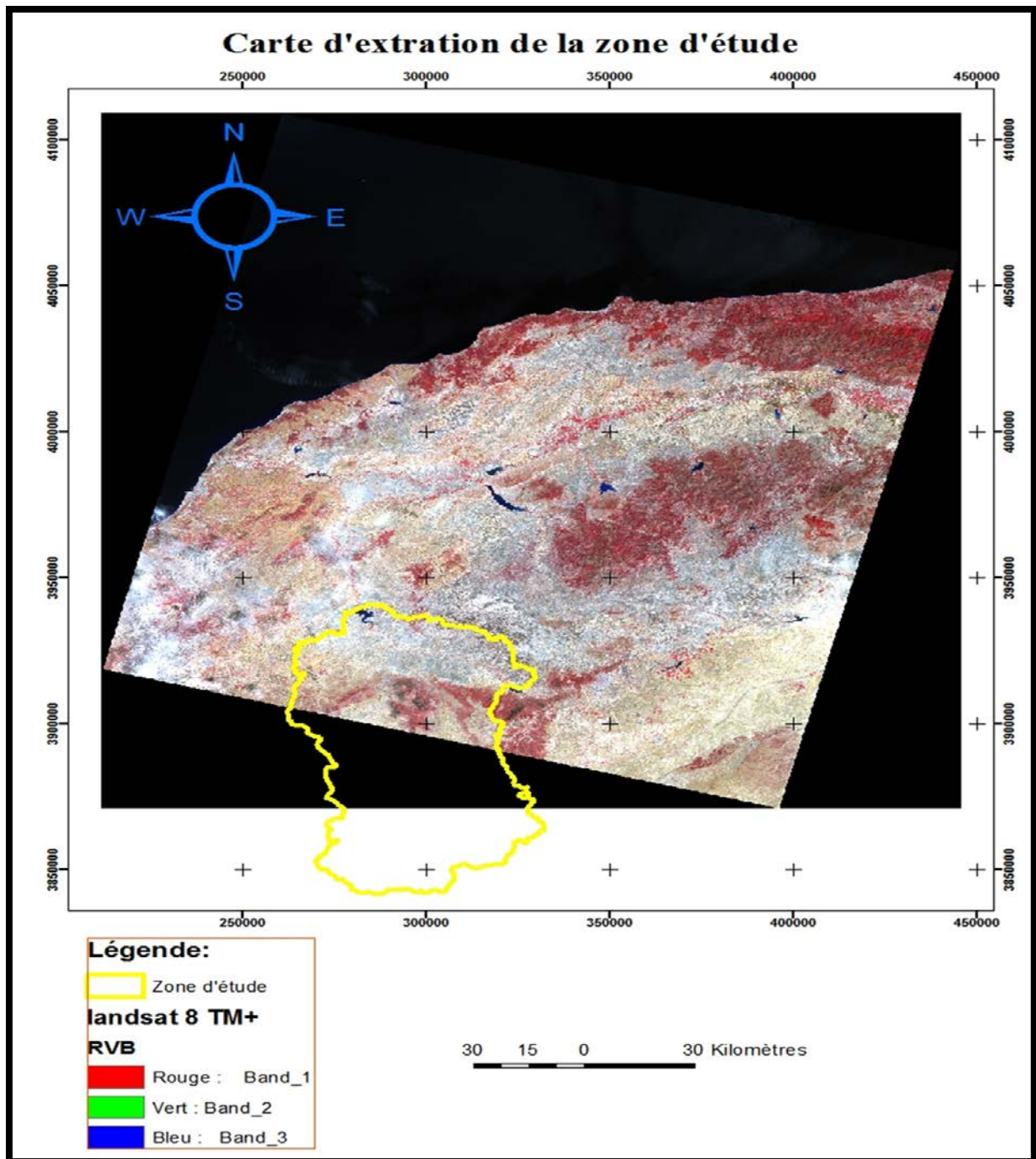


Figure 22 : carte d'extraction de la zone d'étude

III.4.3. Création des sites d'étude

Pour étudier la dégradation des terres dans le bassin versant d'Oued Mina, le choix des stations d'étude repose sur 13 sites différents, les sites sont situés dans le Nord de la zone d'étude, selon la zone correspond à la superposition de l'image satellitaire et la limite de BV

d'Oued Mina. Le tableau 09 illustre les stations d'étude avec les coordonnées géographiques de chaque site.

Stations d'étude	Coordonnées géographiques (UTM WGS 84 en m)	
	X	Y
Station 01	283 062	3 937 840
Station 02	296 121	3 934 938
Station 03	310 631	3 929 376
Station 04	296 605	3 929 376
Station 05	283 546	3 929 618
Station 06	270 487	3 928 408
Station 07	317 885	3 919 461
Station 08	304 101	3 919 461
Station 09	289 108	3 919 703
Station 10	270 729	3 919 945
Station 11	311 356	3 911 239
Station 12	297 814	3 910 030
Station 13	278 710	3 910 513

Tableau 07 : Localisation géographique des sites d'étude

La figure 23 montre la carte des stations d'étude

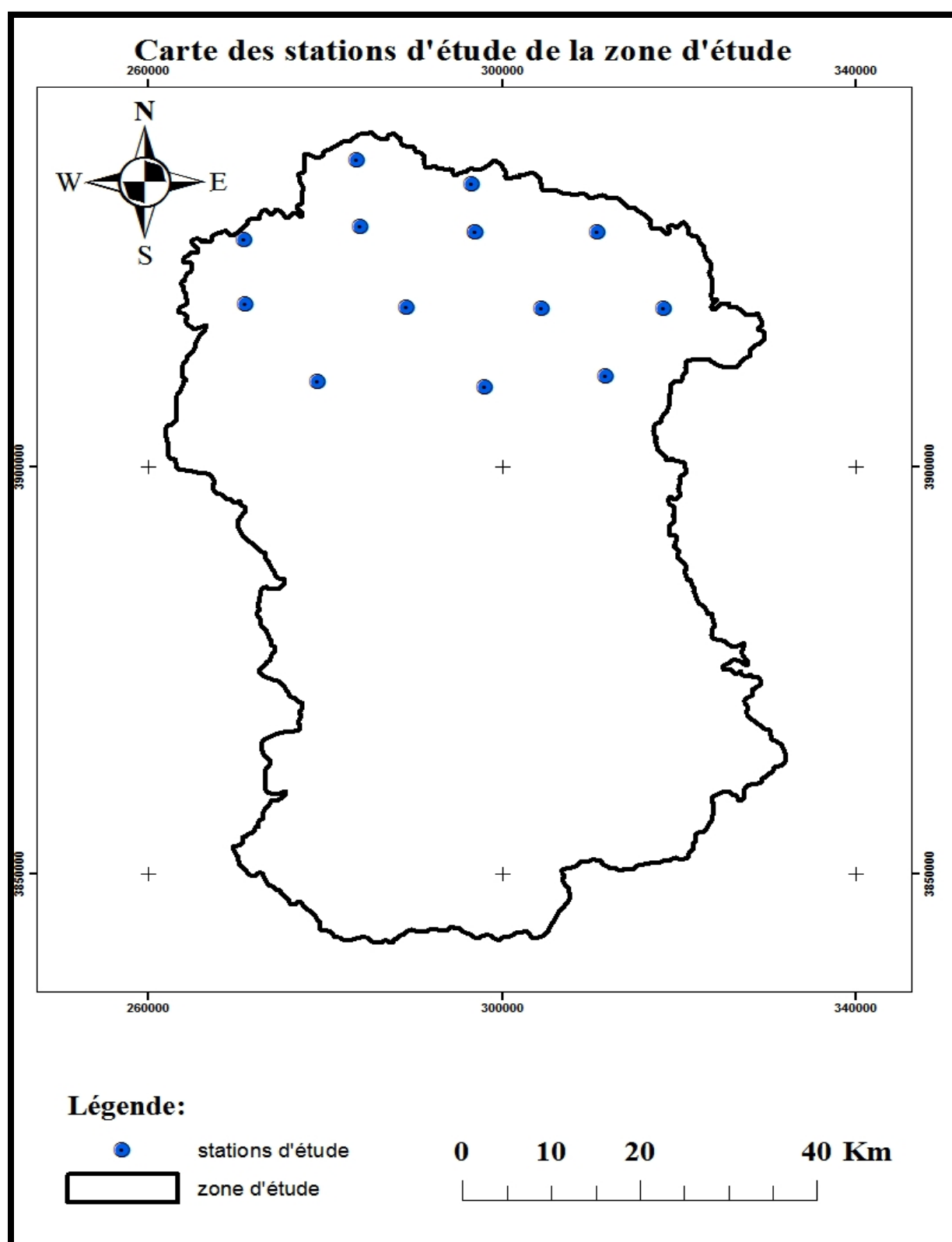


Figure 23 : Carte de stations d'étude de bassin versant d'Oued Mina

III.5. Elaboration des cartes d'indice de végétation NDVI par logiciel ArcGIS calcule

Après l'extraction et la création des sites d'étude dans la zone d'étude, on calcule NDVI pour déterminer l'abondance et la dominance de la couverture végétale de la zone d'étude, cette étape est faite avec logiciel ArcGIS.

III.5.1. Calcul de NDVI de chaque station de la zone d'étude dans les deux scènes

- **scène 18-09-2014** : la figure 24 représente la carte de NDVI de la zone d'étude correspond à la prise de vue de la date 18-09-2014.

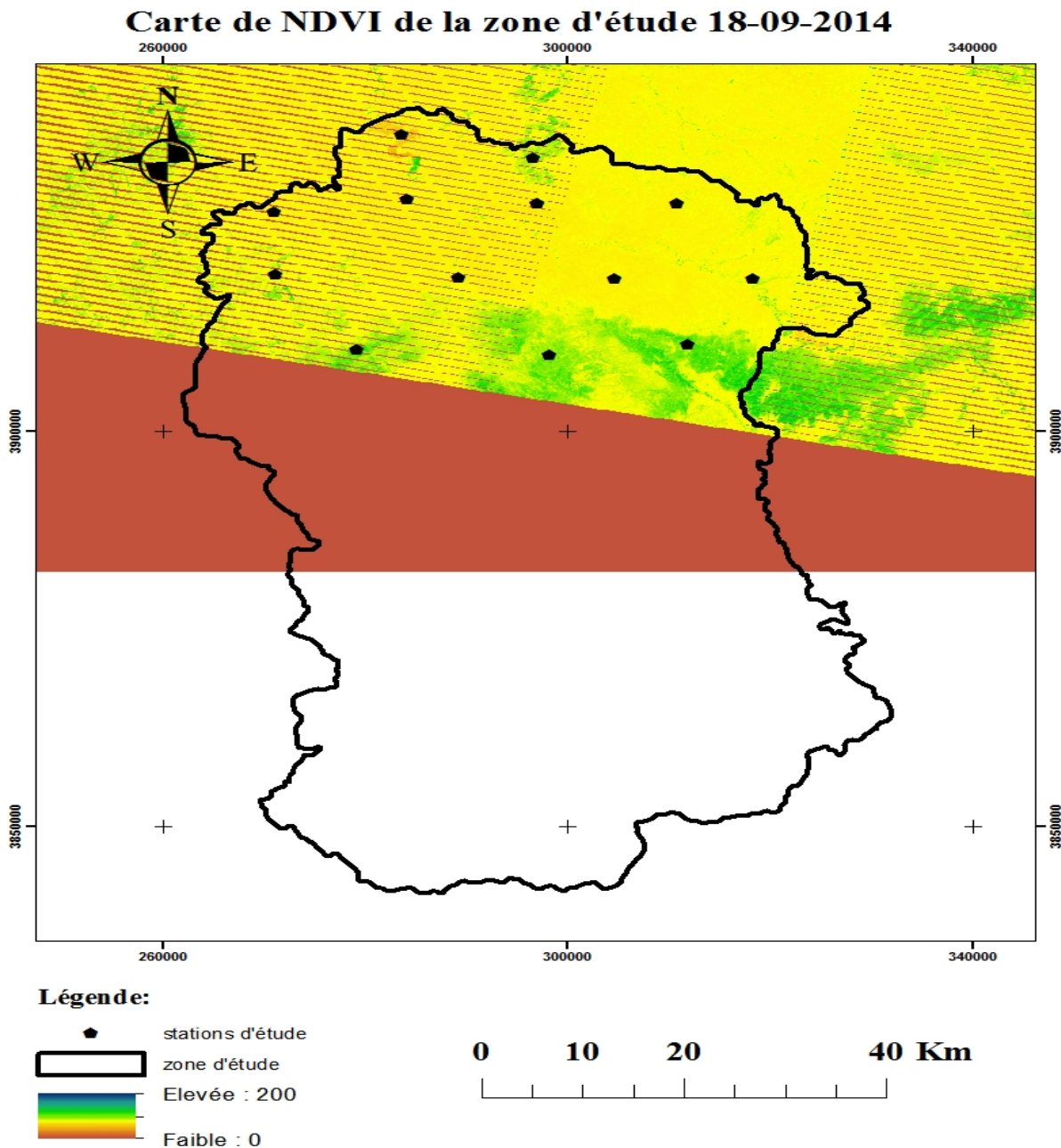


Figure 24 : Carte de NDVI de la d'étude pour la scène 18-09-2014

III.5.2. Résultats de calcul de l'indice de végétation pour la scène 2014

Après le traitement des images satellitaires et la superposition des thèmes on passe à la phase calcul de l'indice de végétation, on a obtenu les résultats exposés dans la figure 25.

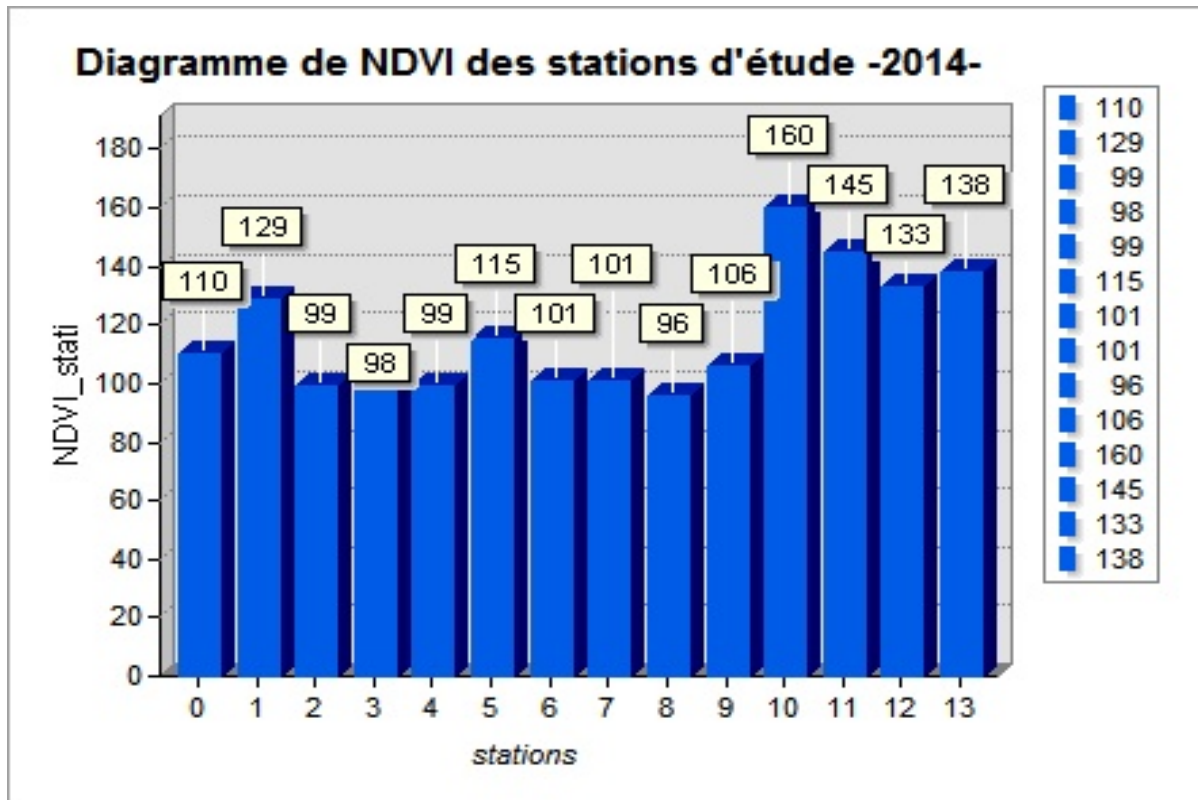


Figure 25 : histogramme de l'indice de végétation (NDVI) des stations d'étude 18-09-2014

De l'analyse de la figure 25 qui représente l'histogramme de l'indice de végétation (NDVI) des stations d'étude situées en Nord de bassin versant pour la prise de vue des images satellitaire en 18-09-2014, il ressort que :

- NDVI des stations est compris entre 90 et 170.
- la station 03 (X=310 631m, Y=3 929 376m) a un très faible NDVI (NDVI = 98) ;
- la station 10 (X=270 729m, Y=3 919 945m) a un plus fort NDVI (NDVI = 170) ;
- la valeur de l'indice de végétation des autres stations est comprise entre 100 et 130 ;
- la moyenne de NDVI des stations d'étude de BV d'Oued Mina est $NDVI_{moy} = 116,43$.

- la scène 28-08-2015

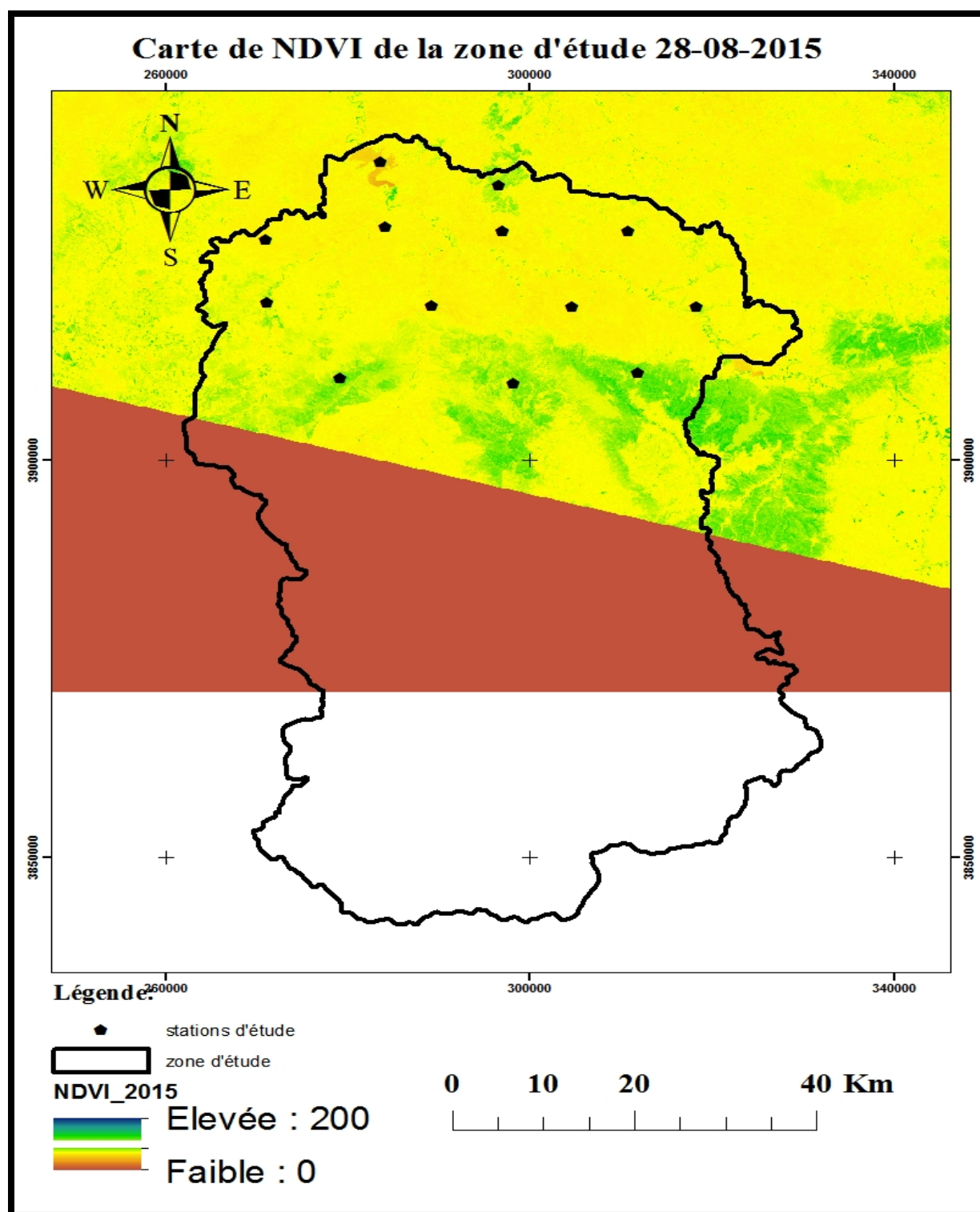


Figure 26 : Carte de NDVI des stations de la zone d'étude 28-08-2015

III.5.3. Résultats de calcul de NDVI de la scène 2015

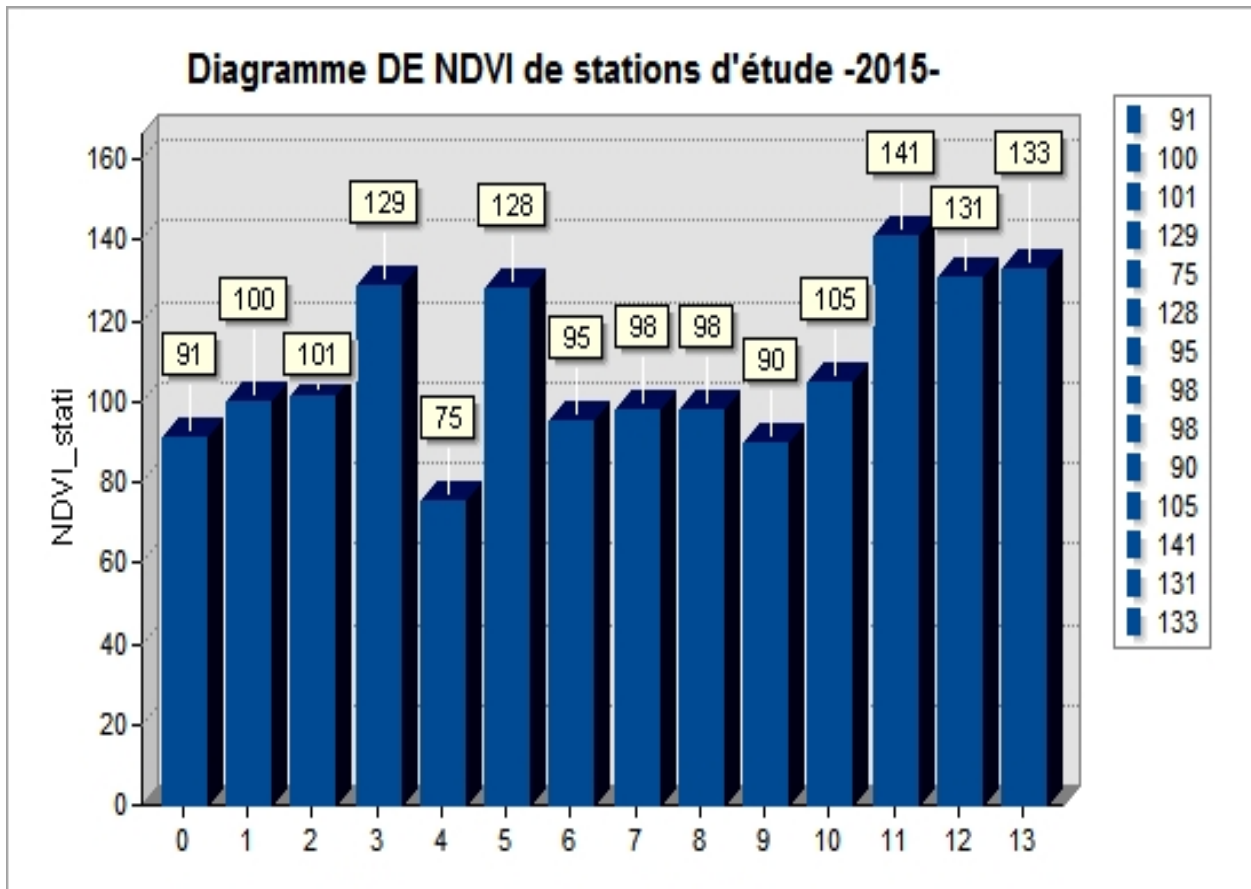


Figure 27 : Histogramme de l'indice de végétation des sites d'étude 28-08-2015

A partir de l'histogramme de l'indice de végétation des sites d'étude correspond à la scène de prise de vue 28-08-2015, on obtien les résultats suivants :

- NDVI des stations de la zone d'étude est compris entre 90 et 145.
- la station 04 (X=296 605m Y= 3 929 376m) a un très faible NDVI (NDVI = 98) ;
- la station 11 (X=311 356m Y=3 911 239) a un plus fort NDVI (NDVI = 141) ;
- la valeur de l'indice de végétation des autres stations est comprise entre 100 et 130 ;
- La moyenne de NDVI des stations d'étude de BV d'Oued Mina est $NDVI_{moy} = 108,21$

Discussion

D'après les résultats de l'étude de changement climatique dans le bassin versant d'Oued Mina, on conclue que le problème de changement climatique est un problème difficile à déterminer et à contrôler, la contamination des terres par les impacts de changement climatique se fait facilement.

L'étude des éléments climatique (température et précipitation, humidité) dans la zone d'étude dans les deux périodes ancienne et actuelle, montre que la région de Mina subit des impacts graves de changement climatique.vegetation

D'après les résultats de la comparaison entre la période ancienne 1913-1937 et la période récente 2000-2015 on remarque que les températures annuelles moyennes et mensuelles augmentent et les quantités pluviométriques diminuent à cause de réchauffement climatique qui dus à l'augmentation de l'effet des serre.

L'analyse de calcul des indices climatiques dans les deux périodes différentes, montre que :

- l'indice de sécheresse estivale (Ie) est très inférieur à 5. Ceci indique l'appartenance de la zone d'étude de climat méditerranéen vers le climat semi aride ;
- par l'étude des courbes ombrothermiques de Gaussen et Bagnouls, le bassin versant d'Oued Mina a un climat de type méditerranéen semi-aride caractérisé par une sécheresse estivale prononcée, le diagramme ombrothermique montre que, la zone d'étude est caractérisée par une période sèche s'étalant sur six (6) mois pour la période ancienne 1913-1937 et la 2^{ème} période s'étend sur (7) mois, à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre ;
- on résulte que la saison sèche dans la période 2000-2015 est plus longue par rapport de la période ancienne 1913-1937 ;
- Les résultats de calcul de Quotient Pluviothermique et climagramme d'Emberger montrent que la zone d'étude se distingue par une ambiance bioclimatique semi-aride moyenne à hiver frais caractérisée par une hauteur pluviométrique variant entre 380 et 480 mm et une température minimale de 3,2°C. En effet, sous l'influence de la sécheresse, cette zone est passée de l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais en première période à l'étage semi-aride moyen à hiver doux (chaud) en deuxième période.

De l'analyse climatique et de calcul des différents indices climatiques, on conclut que la région est très menacée par le changement climatique et les impacts sont visibles.

Par l'étude pédologique, géomorphologique et lithologique du milieu, les sols de bassin versant d'Oued Mina sont des sols sédimentaires alluviaux composés des marnes et de calcaire, ces dernières sont des sols tendres faciles à dégrader et des sols meubles faciles à perdre par le phénomène de l'érosion hydrique et éolienne causé par la variation climatique, ainsi que la dégradation des sols par la salinité.

L'activité anthropique aggrave les effets de changement climatique par la surexploitation des terres agricoles et forestières à cause des méthodes traditionnelles non adaptées, le surpâturage qui menace le couvert végétal, la déforestation et le coupe de bois pour les constructions urbaines, les incendies qui résultent la pollution de l'air et l'industrialisation qui accentue l'effet de serre et le réchauffement climatique.

L'utilisation des images satellitaires des deux scènes 2014 et 2015 dont le but de calcul de l'indice de végétation des stations d'étude pour la détermination de l'abondance / dominance de la couverture végétale dans le bassin versant d'Oued Mina donne des résultats qui confirment qu'il y a des dégradations intenses des écosystèmes terrestres agricoles et forestiers.

D'après le traitement des prises de vue satellitaires et le calcul de NDVI dans les sites d'étude dans la même période sèche dans les deux scènes, on a obtenu les résultats suivants :

- pour la scène 2014, l'indice de végétation des stations d'étude a une moyenne de $NDVI_{moy} = 116,43$;
- pour la scène 2015, l'indice de végétation des stations d'étude diminue et $NDVI_{moy} = 108,21$;
- à partir des moyennes de l'indice de végétation, on conclut qu'il y a une destruction du couvert végétal et une dégradation des sols due aux effets de changement climatique ;
- l'indice de végétation (NDVI) est un indicateur efficace pour suivre la dégradation des sols et les impacts de changement climatique dans le bassin versant d'Oued Mina.

Conclusion générale et perspectives

L'environnement est l'ensemble des éléments biotiques ou abiotiques qui entourent l'être vivant, cet espace doit nécessairement être préservé. Parler de dégradation, revient à comparer entre deux états. Un état jugé dégradé et un état de référence jugé plus satisfaisant, selon un seuil de graduation, en précisant par rapport à quel état d'usages et de référence on se place. Les différents spécialistes n'ont pas nécessairement la même conception de ce qui fait la valeur d'un sol, et donc de ce qui peut le menacer ou le dégrader.

Le sol est une des pièces qui forme l'environnement, on la considère comme une ressource fondamentale à protéger de la dégradation. La dégradation est un processus qui peut prendre plusieurs formes. Plusieurs problèmes sont à la base de la dégradation des sols, les problèmes capitaux sont le climat, la pollution de l'air, la perte de biodiversité, la déforestation, la pénurie de l'eau douce et sa pollution, la pollution marine, les déchets radioactifs et aléatoires.

Le changement climatique est l'un des grands problèmes de destruction de l'écosystème terrestre et agricole de l'environnement. C'est un problème difficile à déterminer et à contrôler. Plusieurs études ont été élaborées pour mettre en relief les effets de ce problème. Dans notre étude on tente de voir le comportement de ce phénomène et surtout son interaction avec la végétation. Pour cela on a utilisé les images de moyennes résolutions de landsat pour déterminer les zones dégradées et estimer les surfaces dont le processus risque d'être irréversible.

Le bassin versant d'Oued Mina l'une des régions les plus vulnérables à l'effet de changement climatique à cause de sa fragilité structurelle, pédologique et géomorphologique et l'impact d'activité anthropique qui détruit les ressources naturelles du milieu. Notre étude est basée sur l'utilisation des images satellitaires et les SIGs pour suivre le phénomène de la dégradation des terres due au changement climatique dans deux scènes 2014 et 2015 ainsi la comparaison climatique de milieu dans deux périodes différentes.

Comme résultats, la zone d'étude de la Mina subit les impacts néfastes de changement climatique, influe par les variations des températures et de la pluviométrie ce qui résulte une dégradation des sols et de la couverture forestier.

Le calcul de l'indice de végétation donne une information sur l'état de la végétation dans le bassin versant d'Oued Mina, ces valeurs sont différentes de site à l'autre. La végétation est menacée par les effets de changement globaux et les activités anthropiques. Pour faire face à ce phénomène qui ne cesse de prendre de l'ampleur, la préoccupation des

chercheurs et décideurs fait l'objet de différentes sensibilisations, il est nécessaire de se projeter vers les énergies renouvelables pour diminuer l'impact sur la nature et trouver des solutions adaptables à l'environnement.

Perspectives

Le bassin versant d'Oued Mina est l'un des bassins versants les plus menacé par le changement climatique en Algérie qui pourrait être confronté au cours des prochaines décennies à un régime climatique e très contrasté. Il y aura des années de fortes pluviométries pouvant entraîner des phénomènes extrêmes (inondations). D'un autre coté on pourrait assister à de graves sécheresses pouvant entraîner la raréfaction des ressources en eau pour les divers usages et aussi une réduction des rendements des cultures.

Pour se préparer à de tels changements de climat, il faut d'abord améliorer les modèles de prévision climatique. Des recherches devraient être conduites pour que les prévisions portant sur le changement du climat soient plus fiables. Des stratégies sûres devraient être identifiées et mises en application pour garantir la bonne gestion de l'eau et des sols afin d'assurer la sécurité nationale.

Bibliographie

[1] : <http://www.ec.gc.ca/water/fr/nature/clim/>

[2] : **GIEC ,2007:** “Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse.

[3] : Résumé à l’ intention des décideurs du volume 2 du 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2013. www.developpement-durable.gouv.fr/giec

[4] : **Rebetez. M, 2006**, La Suisse se réchauffe. Effet de serre et changement climatique. Troisième édition. Lausanne, Presse polytechniques et universitaires romandes, pp144.

[5]: **Robert. H, 2007:**" The Rough guide to climate change ". 2end Edition Rough guides. 384p

[6]: **Blondel J., Aronson J., Bodiou J.Y. Et Bœuf G. (2010)** - The Mediterranean Region. Biological diversity in space and time. Édit. Oxford University Press, Oxford, seconde édition,

[7]:Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B. Et Kent K. (2000) - Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, vol. 403, n° 6772, p. 853-858.

[8]: **Riservato E., Boudot J.P., Ferreira S., Jović M., Kalkman V.J., Schneider W., Samraoui B. Et Cuttelod A. (2009)** - The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin. *Édit. IUCN, Gland (Suisse), Cambridge (Royaume Uni) et Malaga (Espagne)*, VII p. + p. 1-33. DOI : [10.2305/IUCN.CH.2009.18.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2009.18.en)

[9]: **Garcia N., Abdul Malak D., Cuttelod A., Boudot J.P., Samraoui B., Cumberlidge N., Rhazi L., Grillas P., Van Damme D. Et Kraiem M. (2010)** - Regional synthesis for all data. *In The status and distribution of freshwater biodiversity in northern Africa*, A. CUTTELOD et N. GARCIA édit., Édit. IUCN, Gland (Suisse), Cambridge (Royaume Uni) et Malaga (Espagne), p. 103-114. 376 p. + planches hors texte.

[10] : **Hulme M., Doherty R., Ngara T., New M. Et Lister D. (2001)** - African climate change: 1900-2100. *Climate Research*, vol. 17, n° 2, p. 145-168.

[11]: **DAILY G.C. ET EHRLICH P.R. (1996)** - Global change and human susceptibility to disease. *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 21, p. 125-144.

[12]: **(W.R. Turner et al., 2007)** -African climate change: 1900-2100. *Climate Research*, vol. 17, n° 2, p. 145-168.

- [13] : **Mahi. T, 2008:**”Impact du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques du Maghreb». Les notes d’alerte du CIHEAM n°48.
- [14] : **Patrice D, 2005**, Fonctionnement du système climatique, perturbations humaines, dérèglements dangereux.
- [15] : **GIEC ,2001:** Le second document incontournable est l’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC) « Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse » (<http://www.ipcc.ch>).
- [16] : **Philippe M., Pasco R., Cassé M., Raux P., Herry J., Bailly D. et Julien S., 2011** Perception du changement climatique par la population du golfe du Morbihan. Projet Interreg 4B ENO IMCORE, 8 p.
- [17] : **Massu N. et Landammann G. (coord.), 2011** Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine. Synthèse de la bibliographie. Ecofor, mars 2011. 180 p.
- [18] **Tréguer P., Lhuillery M. et Viard F., 2009** : Changement climatique et impacts sur les écosystèmes marins de l’ouest de la France. Conseil Scientifique de l’Environnement de Bretagne. 32 p.
- [19] : **Roussel G., Lepape O., Tréguer P. et Viard F.** Les effets et impacts sur le milieu marin et côtier. In Merot et al. Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.
- [20] : **Gis Sol, 2011:** L’état des sols de France. Groupement d’intérêt scientifique sur les sols. 188p.
- [21] : **Brisson N. et Levrault F., 2010** -Changement Climatique, Agriculture Et Forêt En France : Simulation d’impacts Sur Les Principales Espèces. Le Livre Vert Du Projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME. 336 P.
- [22] : **Collectif, 2003** - Gestion des sols et apports de déchets organiques en Bretagne. Conseil Scientifique de la conférence régionale de l’environnement Bretagne. 53 p.
- [23] : **Projet MATE-PNUD-FEM, Février 2015** - Projet MATE-PNUD-FEM, rapport final, Etude diagnostique sur la Biodiversité & les changements climatiques en Algérie, Février 2015.
- [24] : **Guillobez S. 1990** : Réflexions théorique du ruissellement et de l’érosion. Bois et foret des tropiques. CTFP. France pp37-47.

[25] : **Roose e. et georges d.n., 2004** -La gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols (GCES), une stratégie nouvelle pour faire face à un double défi du 21 siècle : La pression démographique et l'environnement rural, Bulletin du réseau érosion, (23) :10-27.

[26] : **Le houerou h. N., 1995**- Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. Opt. médit., série, Bull. n°10, CIHEAM, Montpellier, 396p.

[27] : **Weng Q., 2010**- Remote Sensing and GIS Integration theories, Methods, and Applications, The McGraw Hill Companies, Inc. 70-135 p.

[28] : **De By A et De By R. et al.,** Knippers R. et Sun Y. et Ellis M. et Kraak., M. et Weir M. et Georgiadou Y. et Radwan M. et Westen C. et Kainz W. et Sides E., 2000, Principles Of Geographic Information Systems, The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Hengelosestraat 99, P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands, 28-117 P.

[29] : **Verbyla, 2002** , Practical GISAnalysis , First published 2002 by Taylor & Francis 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE (ISBN-10: 0415286093), 125 p.

[30] : **Fotheringham S., Rogerson P., 1994** , Spatial analysis and GIS, Edited by CRC Press (ISBN- 10: 0748401040) , p 80.

[31] : **Benguerai., 2009**, Contribution à l'élaboration d'un SIG pour une région steppique: wilaya de Naâma (Algérie) Université de Alicante page 25.

[32] :

[33] **Longley et al., Goodchild m., Maguire d., Rhind d.,(2004)**- geographic information systems and science 2nd edition- p 65.

[34]: **Brimicombe A., 2010**, GIS Environmental Modelling and Engineering, Taylor & Francis 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE (ISBN-10: 0415259231), 118-186 P.

[35] : **Bonn F. et Rochon G., 1992**. Précis de télédétection Volume 1 : Principes et Méthodes, Presses de l'Université du Québec/AUPELF

[36]: **Skidmore A, 2002**, Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing, F'irst published 2002 by Taylor & Francis 11 New Fctter Lanc, London EC4P 4EE, 55-173p

[37]: **INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1991** - Gestion de l'espace rural et système d'information géographique

[38]: **Seltzer P., 1946** – Le climat d'Algérie. Inst. Météo. Phys. Géol. Univ. Alger, 219p.

[39]: www.Meteomanz.com

[40]: **Gomer D., (1994)**.Ecoulement et érosion Dans des petits bassins versants à sols marneux sous climat semi-aride méditerranéen. Projet pilote d'aménagement intégré du bassin

versant de l'Oued Mina. GTZ, Karlsruhe. Allemagne. 207p. GRIM S., 1989- Les incendies de forêts en Algérie. 49p.

[41]: ANRH 2006, Annuaire hydrologiques (1973/74 à 1994/95)- Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Alger.

[42] : Emberger L., 1942 – Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographie. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 77, pp 1-124.