



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et populaire
جامعة محمد البشير الابراهيمى برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
L'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des sciences de la Nature et de la Vie

Filière : science Biologique

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Intitulé :

**Cartographie et dynamique du peuplement forestier par imagerie
satellitaire LANDSAT**

Cas de la Forêt d'Ouannougha (Région Harazah)

Présenté par :

Bouguerra khaoula

Guessabi chahrazad

Soutenu le 04 /07/2022, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation/institution
Président :	ZAFOUR Mohamed Djalil	MAB	Faculté SNV-STU, Univ de B.B.A.
Encadrant :	BELLOULA Salima	MCB	Faculté SNV-STU, Univ de B.B.A.
Examineur :	BENSEFIA Sofiane	MCA	Faculté SNV-STU, Univ de B.B.A.

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

DIEU merci pour la santé, la volonté, le courage et la détermination qui nous ont accompagnés tout au long de la préparation de ce travail et qui nous ont permis d'achever ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à **M. ZAFOUR Mohamed Djilil**, d'accepter de présider le jury.

Nous voudrions adresser toute nos reconnaissances à la directrice de ce mémoire, **M^{me} BELLOULA Salima**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses précieux conseils ainsi que son souci du détail, qui à abouti à la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements à **M. BENSEFIA Sofiane**, d'accepter d'examiner et d'évaluer ce travail.

Nous voulons aussi remercier nos familles pour leur soutien moral, et pour l'encouragement qu'elles nous ont apporté.

Enfin à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin de faire ce travail.

Dédicace

Au nom de Dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce du quel j'ai pu réaliser ce travail que je dédie à :

Mes chers parents, ma mère et mon père, c'est grâce à eux que je suis arrivé à ce stade. Ils 'ont jamais cessé de m'encourager et de me motiver. Si je dois consacrer toute ma vie pour eux je ne peux rendre ce qu'ils m'ont fait

À Mon frère : Salah eddin

À Ma sœur : Zina

les enfants Nourhan et Farba , Salsabil

À toute ma famille, amis (es) et collègues de l'université de BBA,
À tous ceux et toutes celles qui me connaissent et qui m'aiment.

Bouguerra Khaoula

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail aux deux êtres les plus chers au monde,
symbole de tendresse ceux qui ont fait de moi ce que je suis et ne cessent
de me soutenir et de m'encourager :*

*Mon père et ma mère pour tout l'appui et soutien qu'ils m'avaient
offert,*

** À mes chers frères et sœur ;*

** À tous mes amies Et à toutes les personnes qui me tiennent à cœur,
merci.*

Guessabi chahrazad

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
I. Introduction	01
I. Matériel et méthode	04
II.1. Présentation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	04
II.1.1. Localisation géographique des forêts de la wilaya	04
II.1.2. Présentation de la forêt de Harazah	06
II.2. Matériels et Méthode.....	09
II.2.1.Méthodologie de travail	10
III. Résultats et discussion	14
III.1. Carte de pentes	14
III.2. Carte d'altitude	16
III .3. Carte d'exposition	18
III.4. Calcul de NDVI	19
III.4.1. Carte NDVI en 1985	19
III.4.2. Carte NDVI en 2021	20
III.5. Calcul de NDWI	21
III.5.1. Carte NDWI en 1999	21
III.5.2. Carte NDWI en 2021	22
III.6. Calcul de NDMI	24
III.6.1. Carte NDMI en 1999	24
III.6.2. Carte NDMI en 2021	25
IV. Conclusion	27
Résumé	

Liste des abréviations

- BNEF :** Bureau National des Etude Forestières.
- NDMI :** Normalized Difference Moisture Insex (L'indice d'humidité par différence normalisé).
- NDVI :** Normalized Difference Vegetation Index (L'indice de végétation normalisé).
- NDWI :** Normalized Difference Water Index (L'indice de teneur en eau par différence normalisée).
- C.F.B.B.A :** Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj.
- MNT :** Modèle numérique de terrain.
- QGIS :** Quantum géographique Information System.

Liste des figures

N	Titre	Page
Figure 01	Localisation géographique des forêts de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	05
Figure 02	Situation géographique de la forêt de Harazah	06
Figure 03	Téléchargement des images satellitaire Landsat4-5 pour la période 1985, et Landsat8 pour la période 2021.....	12
Figure 04	Téléchargement des images satellitaire Landsat7 pour la période 1999, et Landsat8 pour la période 2021.....	13
Figure 05	Carte des pentes de la forêt d'Ouannougha (Partie Harazah).....	14
Figure 06	Carte d'altitude de la forêt d'Ouannougha (Partie Harazah).....	16
Figure 07	Carte d'exposition de la forêt d'Ouannougha (Région Harazah)...	18
Figure 08	Carte d'NDVI- 1985.....	19
Figure 09	Carte d'NDVI- 2021	20
Figure 10	Carte d'NDWI- 1999	21
Figure 11	Carte d'NDWI- 2021	22
Figure 12	Carte d'NDMI- 1999.....	24
Figure 13	Carte d'NDMI- 2021.....	25

Liste des tableaux

N	Titre	Page
Tableau 01	Les caractéristiques des satellites Landsat	10

Introduction

I. Introduction

La forêt comme toute terre, constituant un milieu dynamique et hétérogène. la forêt est connu comme une terre d'une superficie minimale entre 0,05 et 0,1 hectare portant des arbres dont le houppier couvre au moins 30% de la surface et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 5 mètres (Dupraz & Liagre, 2008).

En Algérie, la forêt revêt un caractère particulièrement important, car elle constitue un élément essentiel de l'équilibre écologique et socio-économique des régions rurales en particulier et du pays en général. Nulle part ailleurs, la forêt apparaît aussi nécessaire à la protection contre l'érosion, la désertification, l'amélioration des activités agricoles et pastorales et à la protection de l'environnement (FAO, 2000).

La forêt algérienne actuellement est dégradée vue les changements climatiques, la fragilité des sols en majeure partie est calcaires, a besoin d'être protégé car la déforestation ne cesse de s'accroître en raison des incendies répétés (Bouhabila, 2019).

La forêt d'Harazah (wilaya de Bordj Bou Arreridj) fait partie du domaine forestier national Algérien, Le massif d'Harazah occupe une superficie de 424,09 hectares, délimités par des bornes numérotées avec une dominance du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) (Conservation des forêts de bordj Bou Arreridj, 2021).

La cartographie est le reflet des connaissances techniques nécessaires à la création de cartes, de l'Antiquité à nos jours, la cartographie fait partie intégrante de l'histoire humaine depuis longtemps (Bengt, 2014). Depuis 1966, on se réfère à la définition ratifiée par la commission de terminologie de l'ACI (Association Cartographique Internationale) qui définit la cartographie comme «l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes et autres modes d'expression, ainsi que dans leur utilisation » (Darteyre, 2008).

En outre, la cartographie a pour objet la conception, la préparation, la rédaction et la réalisation de tous les types de plans et de cartes; elle implique notamment l'étude de l'expression graphique des phénomènes, de la surface terrestre, à représenter (Poidevin, 1998).

La télédétection et SIG peuvent être des outils très complémentaires avec les méthodes conventionnelles utilisées dans la prévention et la gestion des catastrophes (Belhadj-Aissa *et al.*, 2003). Ces technologies sont d'autant plus utiles lorsqu'on dispose une connaissance détaillée du risque, la fréquence attendue, le caractère, et l'intensité des événements dans une région. Les images satellitaires donnent une vue globale et fournissent des informations très utiles sur l'environnement, pour une grande gamme d'échelles, de continents entiers aux détails de quelques mètres (Belhadj-Aissa *et al.*, 2003). La télédétection peut suivre l'événement pendant le temps de la catastrophe. La place du satellite le rend idéal pour l'organisation et la gestion opérationnelle de l'événement (Belhadj-Aissa *et al.*, 2003).

Aujourd'hui, l'étude cartographique utilise des méthodes modernes comme l'utilisation des logiciels (Qgis, ArcView, ArcGis, Mapinfo, ...).

La télédétection peut contribuer à l'estimation des dégâts et après cela, elle peut être utilisée pour dresser une carte de la nouvelle situation et mettre à jour la base de données (Belhadj-Aissa *et al.*, 2003).

Avec la diversité et le développement de cette technologie dans l'aspect de La cartographie et la télédétection. Il existe plusieurs indices de traitement des images satellitaires et ils sont des options intégrées dans les logiciels de la cartographie.

Indice de végétation : Les végétaux réfléchissent des différents rayons électromagnétiques dans des différents bandes spectrales par rapport à leur caractéristiques, les utilisateurs selon leurs types d'études concentrent sur une des autres qui sont complexe et demande un très haut niveau de compétence dans le domaine de télédétection et des données de bonne résolution

L'indice de végétation par différence normalisé ou le NDVI, il est défini par l'équation suivante : $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ (Abdelbaki, 2012).

L'indice d'humidité par différence normalisé (NDMI) est sensible aux niveaux d'humidité dans la végétation. Il permet de surveiller les niveaux de sécheresse et de combustibles dans les zones sujettes aux incendies. Il utilise les canaux NIR et SWIR pour créer un ratio conçu pour atténuer l'éclairage et les effets atmosphériques (Wilson, 2002).

$$NDMI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1).$$

L'indice NDWI a été proposé par McFeetrs en 1996. Son utilisation principale aujourd'hui est de détecter et de surveiller de légers changements dans la teneur en eau des masses d'eau. Tirant parti des bandes spectrales NIR (proche infrarouge) et GREEN (vert visible), le NDWI est capable de mettre en valeur les masses d'eau dans une image l'indice est qu'il est sensible aux structures bâties, ce qui peut conduire à une surestimation des masses d'eau.

L'équation NDWI ressemble à ceci :

$$\text{NDWI} = (\text{Vert} - \text{NIR}) / (\text{Vert} + \text{NIR}).$$

L'objectif de notre travail est l'étude cartographique et dynamique du couvert forestier de la forêt d'Harazah par la réalisation de différents types de cartes (pente, attitude, exposition) et le calcul des indices (NDVI, NDMI, NDWI) à partir du Modèle Numérique de terrain (MNT) et des images satellite (landsat8, landsat7, landsat4-5).

Pour atteindre notre objectif, le choix s'est porté sur le logiciel Qgis (3,24) en raison de sa facilité d'utilisation, de le télécharger et sa gratuité.

Leur rôle dans l'évaluation de la couverture forestière, quelle qu'elle soit en progression ou régression.

La méthode de démarche adoptée pour la rédaction de ce manuscrit est la méthode IMRAD, qui se compose comme suit :

Introduction comporte un aperçu sur les forêts algériennes, l'étude dynamique de la forêt de Harazah et quelques généralités sur la cartographie.

Matériel et méthodes, cette partie permet l'intégration des données qui concernent la forêt, relative à: le cadre géographique, les caractères physiques (pédologie, les données climatiques), les caractères écologiques et la biodiversité, généralité sur le système d'information géographique, et l'indice de végétation, humidité et l'indice de teneur en eau.

La troisième partie **résultat et discussion** est consacrée à la présentation des résultats et discussion obtenus. Le tout est complété par une conclusion générale qui intègre l'essentiel de nos résultats obtenus dans le cadre de cette recherche.

Matériel et Méthodes

II. Matériels et Méthodes

II.1. Présentation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

Bordj Bou Arreridj est l'un des wilaya des hauts plante orientaux, situé à l'est de l'Algérie et est considéré comme un trait d'union entre celui-ci et l'ouest et le sud. Elle est issue du découpage administratif de 1984, divisée en 10 daïras, 34 communes, et elle occupe une superficie estimée à 3920 ,42 km², soit 1/600 de la superficie totale de pays, elle est limitée par les wilayas suivantes :

- Au Nord la wilaya de Bejaia.
- Au Sud la wilaya de Msila.
- A l'Est la wilaya de Sétif.
- A l'Ouest la wilaya de Bouira.

II.1.1. Localisation géographique des forêts de la wilaya

La couverture forestière occupent une superficie importante de 81253 hectares, soit environ 21% de la superficie de la wilaya (Conservation des forêts de bordj Bou Arreridj, 2022).

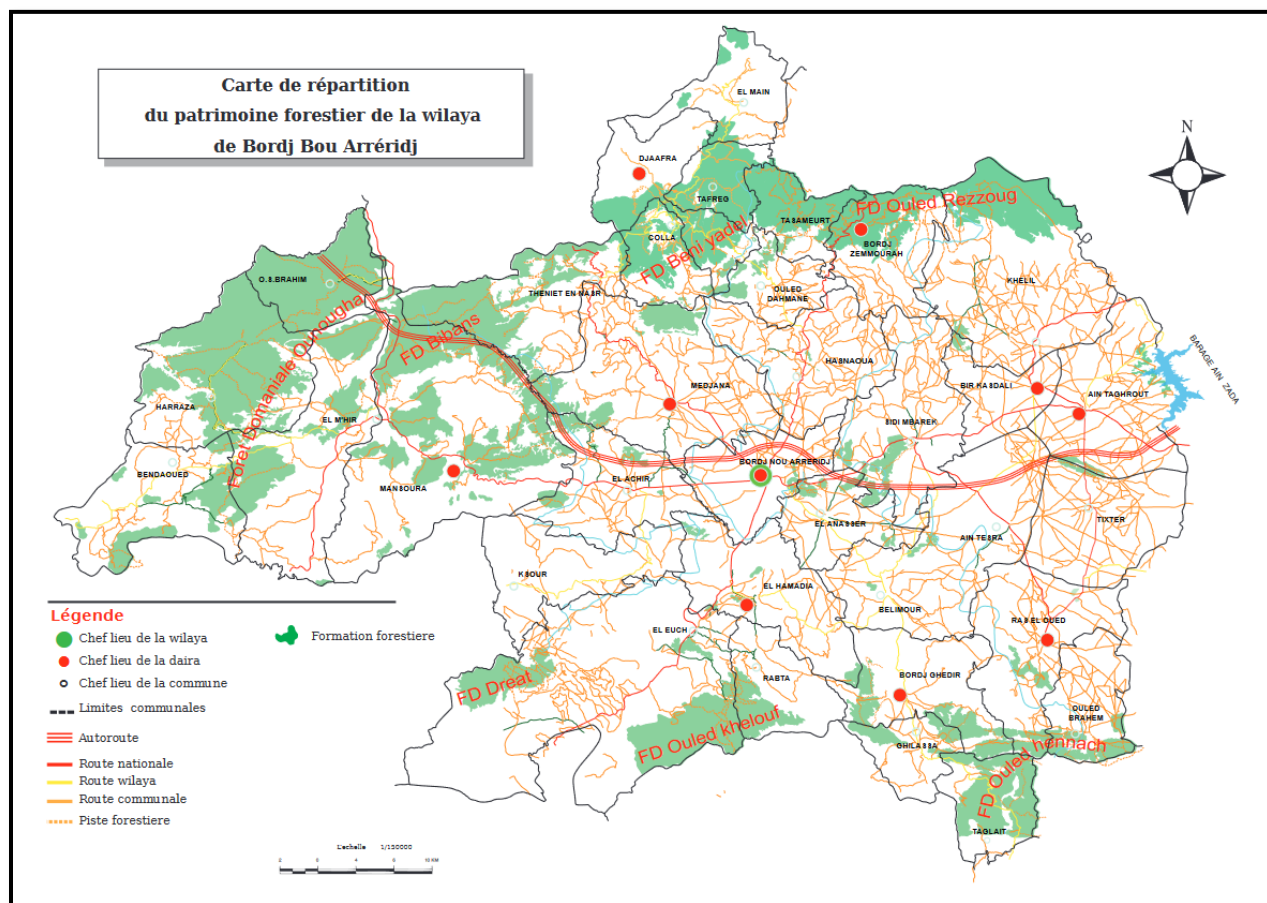


Figure 01: Localisation géographique des forêts de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

(Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj, 2022).

II.1.2. Présentation de la forêt de Harazah

La région d'étude Harazah est située à l'ouest de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, à environ 70 km de celle-ci, et à 240 km à l'est de la capitale Alger Rashid West Cette commune est régionalement réputée pour son abondance d'air pur et la diversité de ses forêts denses, et son abondance sur des terres fertiles pour l'agriculture, en particulier la culture de céréales et la plantation d'arbres fruitiers (oliviers, figuiers et divers autres types), qui ont ouvert la voie à la reprise de l'agriculture et de l'élevage de bétail et de volaille (Conservation des forêts Mansoura, 2022).

La forêt de Harazah occupe une superficie de 424,06 hectares de la superficie totale de la forêt d'Ouannougha qui couvre une superficie d'environ 17799 hectares (Conservation des forêts Mansoura, 2022).

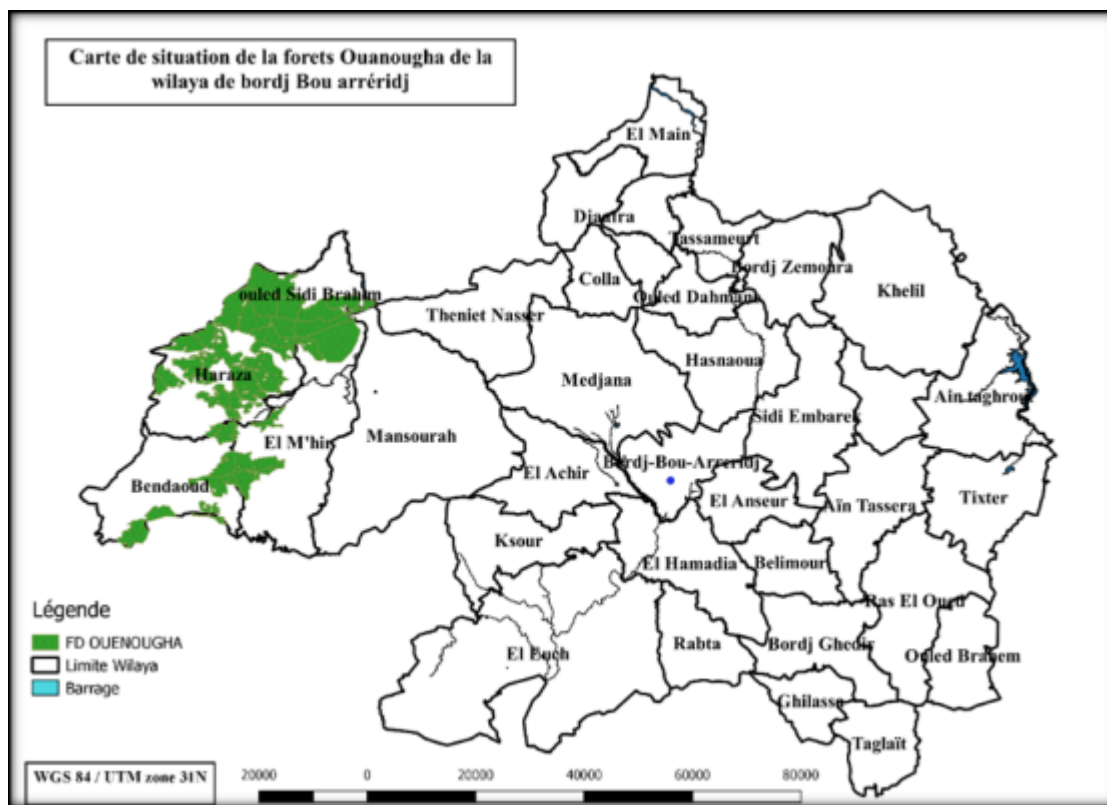


Figure02 : Situation géographique de la forêt d'Ouannougha (Région Harazah).

(Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj, 2022).

La forêt de Harazah a un relief très accidenté caractérisé par des lignes de collines et des pentes à exposition variable et à la morphologie hétérogène du point culminant (ktef zana1724m), altitude moyenne de 900 m.

L'orientation générale de ces montagnes est de direction Nord-Nord-est, toute fois la grande dépression d'Elmehir est de toute exposition.

L'altitude moyenne des montagnes varie entre 1110 m Djebel Azrou 799 m Djebel Djidjaia (Conservation des forêts Mansoura, 2022).

L'étude de BNEF a fait ressortir des sols très squelettiques et compose essentiellement sols des marnes, soit du calcaire marneux, soit des argiles, sols marneux, sols marneux calcaire, sols d'apport colluvial, ces sols ont observés surtout dans la forêt d'Ouennougha présentée par un relief très accidents. Ces sols sont des sols peu évolués d'apport colluvial (Conservation des forêts de Mansourah, 2022).

Climat, selon Seigue (1985) in Saidani (2002), la végétation est directement exposée à l'action du climat. La connaissance de toute la forêt passe nécessairement par une bonne connaissance du climat.

D'une manière générale, le climat d'Algérie est un climat de type méditerranéen caractérisé par la concentration de la pluie durant la période froid de l'année, et la coïncidence de la saison sèche avec la saison chaude (Kadik, 1987). Seulement, le climat méditerranéen n'est pas homogène sur toute l'étendue de son aire (Daget, 1977).

Le climat joue un rôle essentiel dans les milieux naturels. Il intervient en ajustant les caractéristiques écologiques des écosystèmes (Ramade, 1984).

La température représente un facteur limitant de première importance car elle conditionne la répartition de la totalité des espèces végétales et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1994).

La température de l'air est un facteur important qui conditionne l'écologie et la Biogéographie de tous les êtres vivants de la biosphère (Dajoz, 1985).

D'après la courbe de distribution des températures de Bordj Bou Arreridj, on observe la température minimale la plus basse est enregistrée au mois de janvier avec 2.4°C tandis que la température moyenne maximale la plus élevée est celle de mois de juillet avec 35°C (Annexe 03).

Les précipitations sont un facteur environnemental d'importance fondamentale (Ramade, 1984).

Les précipitations déterminent la reconstitution des réserves d'eau du sol et, par conséquent, la nutrition des plantes (Ettechod *et al*, 1973).

Les données de précipitations de la station météorologique de Bordj Bou Arreridj sur une période de 30 ans allant de 1991 à 2020 sont présentées sous forme de graphique (Annexe 04).

D'après la station météorologique de Bordj Bou Arreridj les quantités pluviométriques sont réparties d'une manière relativement assez Homogène pour les périodes pluvieuses, c'est-à-dire du mois de septembre jusqu'au mois de Janvier, ou nous remarquons que le mois qui a la plus fort pluviosité est septembre avec 50,2 mm tandis que celui qui a la plus faible pluviosité est juillet avec 11,4 mm (Annexe 04).

D'après l'étude de BNEF les principaux groupements de la forêt domaniale d'Ouannougha sont :

Exposition Nord (Groupement de Pin d'Alep et Chêne vert à 1300 m d'altitude (AmaloMahroum - Khaloua-Teghrabine). Groupement de Pin d'Alep Ciste 1100 m d'altitude (Lougane- Balabes - Maarouf- Tafraouet - Tagourt).

Exposition Sud (Groupement de Pin d'Alep à alfa à 950 m d'altitude (1'imahlite -Ghioul - Oscaim)).

Exposition Est (Groupement de pin d'Alep à Armoise Blanche à 750 m d'altitude (Tisjourja Est- Oscaim- ou Mamo -djidjaia –Argoub Elmalah)).

II.2. Matériels et Méthode

Matériels utilisés dans notre travail sont :

➤ Logiciel QGIS : est un logiciel de systèmes d'informations Géographiques (SIG). Libre d'accès et gratuit, il représente un des logiciels cartographiques les plus performants du moment et constitue un choix intéressant pour nombre d'utilisateurs impliqués dans la gestion des ressources naturelles. Apparue dans les années 80, la cartographie informatisée permet d'acquérir et de manipuler des données à caractère géographique. Il est lancé en 2002.

Un autre avantage du logiciel est sa compatibilité avec différentes plateformes (Windows, Mac OSX ou encore Linux) www.qgis.org – WWW Os Geo. Org.

➤ Site Web Earth explorer de l'USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/> pour le téléchargement des SRTM ou/et MNT et des images satellitaire.

➤ Les images satellitaires Landsat8, Landsat7 et Landsat4-5 : L'image satellitaire représentation graphique, en vue du dessus, d'une zone assez vaste de la Terre. La particularité de cette image est une image numérique, traitée par outil informatique, élaborée à partir des signaux transmis par un satellite (Gérard, 1987).

Tableau 01: Caractéristiques des satellites Landsat (MRNF, 2013)

	Landsat4-5	Landsat7	Landsat8
Date de lancement	1984	1999	2013
Altitude	705 km	705 km	705 km
Capteurs	TM	ETM	LDCM
Type	Radiomètre à balayage	Radiomètre à balayage	Radiomètre à balayage
Bandes spectrales	B1 (B) B2 (V) B3 (R) B4 (IR) B5 (IRM) B6 (IRT) B7 (IRM)	B1 (B) B2 (V) B3 (R) B4 (IR) B5 (IRM) B6 (IRT) B7 (IRM) B8 (Panchromatique)	B1 (B) B2 (V) B3 (R) B4 (IR) B5 (IRM) B6 (IRT) B7 (IRM) B8 (Panchromatique) B9 (Cirrus) B10 (IRT1) B11 (IRT2)

II.3. Méthodologie de travail

L'NDVI est construit à partir des canaux rouges (R) et proches infra rouge (PIR). L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge, cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation. Ces valeurs sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux nuages, l'eau et surfaces autres que les couverts végétaux, comme les le nuage ont un indice de réflexion plus élevés dans le visible que dans le proche infrarouge, si bien que ces surfaces ont un faible NDVI. Les roches et le sol nu ont-elles-aussi des indices de réflexion proches de zéro. Les fortes valeurs (>0.3) indiquent systématiquement une surface végétale, plus ces valeurs sont fortes plus le couvert est

dense. Les valeurs les plus faibles ($<0,1$) caractérisent les types de couverts plus clairsemés (Banari *et al*, 1995 in Boudjema, 2017).

Le calcul d'indices de végétation (NDVI) permet la caractérisation du couvert végétal. L'indice reflète l'état de santé des plantes, la vitalité, le feuillage et la quantité de végétation (Belloula, 2020).

L'indice d'humidité par différence normalisé (NDMI) détecte les niveaux d'humidité dans la végétation l'aide d'une combinaison de bandes spectrales proche infrarouge (NIR) et infrarouge à ondes courtes (SWIR) proposé par Wilson (2002).

L'indice de teneur en eau par différence normalisé (NDWI) est utilisé pour surveiller les changements dans la teneur en eau des masses d'eau, en utilisant les longueurs d'onde vertes et NIR, proposé par McFeeters (1996).

➤ La réalisation des cartes topographiques (carte des pentes, carte d'exposition et carte d'altitude) est faite à partir du modèle numérique de terrain (MNT) pour l'analyse du terrain.

La méthodologie pour la réalisation de ces cartes est :

- Téléchargement des images satellitaires SRTM ou MNT (modèle numérique du terrain) du site Web Earth explorer de l'USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

- Utilisation de l'outil Analyse terrain raster du boite de traitement GRASS de QGIS pour faire le traitement des images MNT et extraire les cartes de la pente, carte d'altitude et carte d'exposition.

- Pour la mise en page des carte en utilise le composeur d'impression du QGIS pour faire la légende, l'orientation (Nord), le cadre, l'échelle ...

➤ La réalisation des cartes des indices (NDVI)

- Téléchargement des images satellitaire Landsat4-5 pour la période 1985, et Landsat8 pour la période 2021 du site Web Earth explorer de l'USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/>.



Figure 03: Téléchargement des images satellite Landsat4-5 pour la période 1985, et Landsat8 pour la période 2021.

➤ La réalisation des cartes de (NDMI) et (NDWI)

-Téléchargement des images satellitaire Landsat7 pour la période 1999, et Landsat8 pour la période 2021 du site Web Earth explorer de l'USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

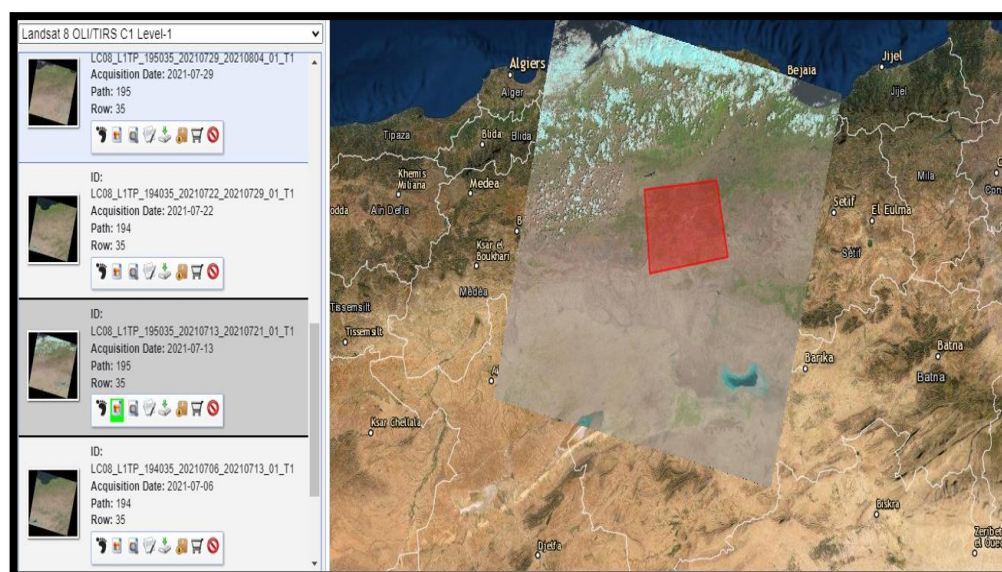
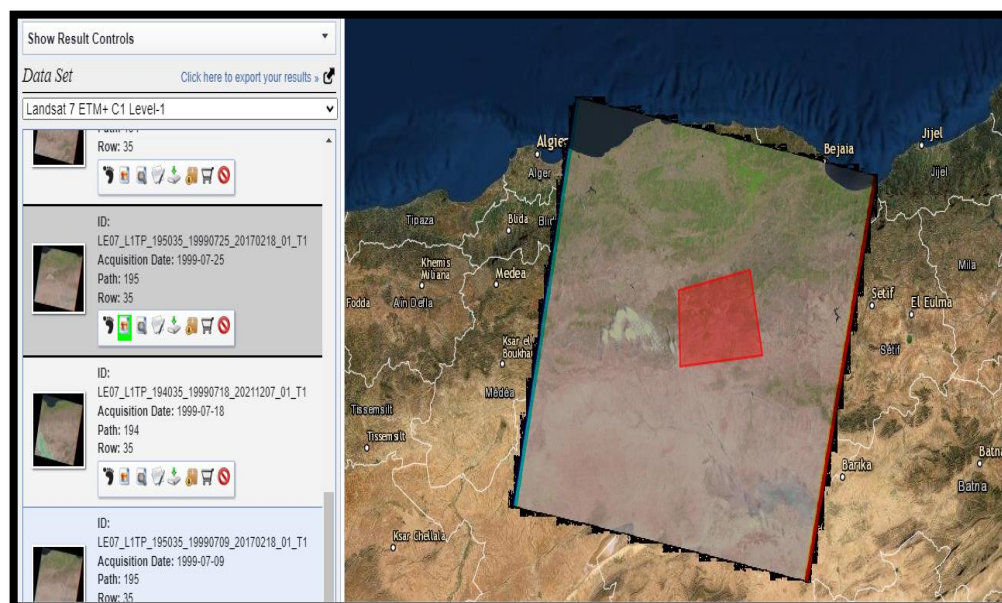


Figure 04 : Téléchargement des images satellitaire Landsat7 pour la période 1999, et Landsat8 pour la période 2021.

Résultats et Discussion

III. Résultats et discussion

La réalisation des cartes (pente, exposition et altitude) nécessite l'utilisation d'un modèle numérique de terrain (MNT) par l'utilisation du logiciel choisi QGIS (3,24).

Cette étude a été menée dans le but de l'analyse et de distinguer les caractéristique de notre forêt et pour connaitre les facteurs qui l'affectent.

III.1. Carte de pentes

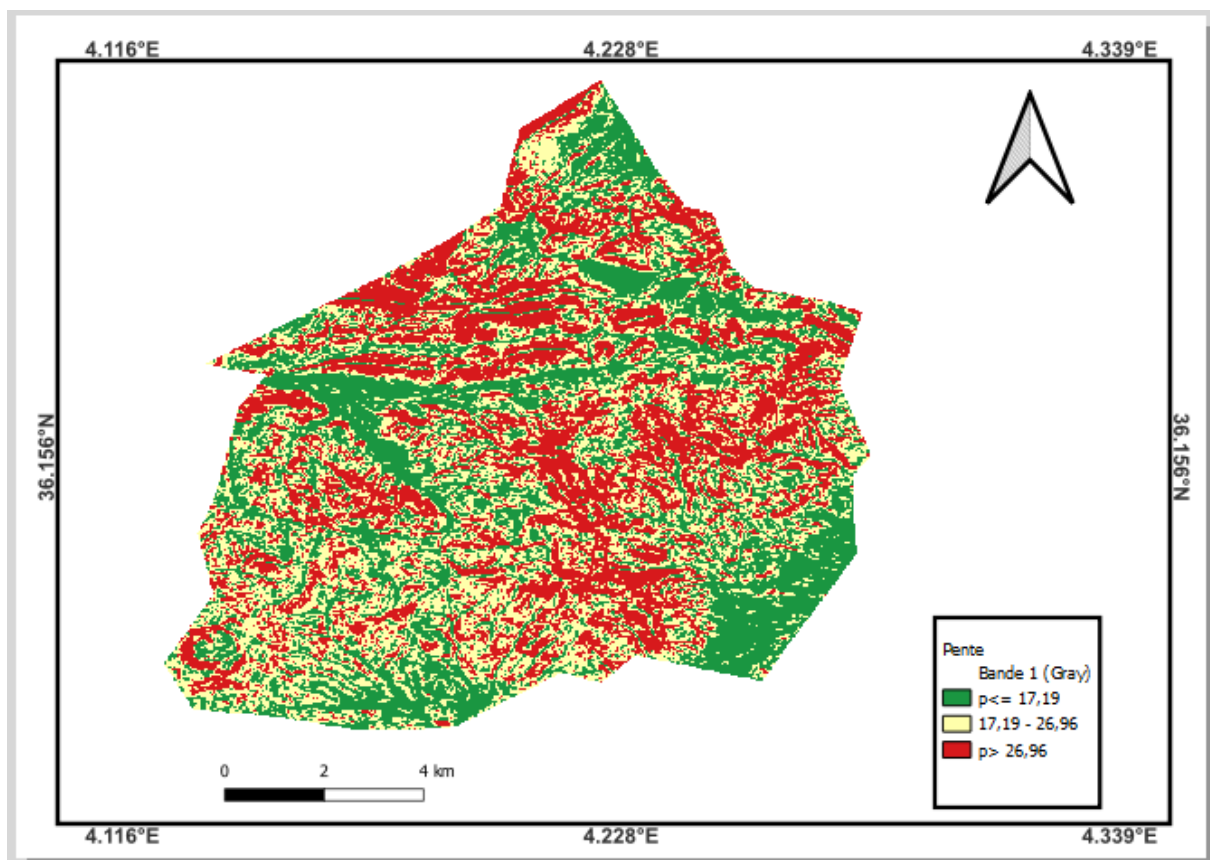


Figure 05 : carte des pentes de la forêt d'Ouannouga (Partie de Harazah).

Les valeurs des pentes sont distribuées sur 3 classes (Figure 05). La carte des pentes de la forêt d'Ouannouga (Partie de Harazah) Figure 03 présente :

- $[P \leq 17,19]$: On le trouve en abondance dans les parties Sud et Nord, sont occupées par des terres agricoles.

- [17,19-26,96] : Cette classe montre les valeurs des pentes qui permettent l'installation des terres agricoles ainsi que le couvert végétal et s'entoure la zone à tous égards.
- [p> 26,96] : Cette classe décrit le terrain extrêmement accidenté de la forêt d'Ouannougha dans la région de Harazah et comprend la majeure partie de la zone.

L'importance de réaliser une carte de pentes est pour connaître son impact sur le couvert forestier.

En forte pente et sous couvert végétal faible, les sols décapés par l'érosion, par contre les sols très couverts sont mieux conservés malgré la présence de fortes pentes (Kaci *et al.*, 2014).

D'une manière générale, l'observation de la carte des pentes montre que la zone d'étude est marquée par un terrain accidenté (pente supérieure à 26).

III.2. Carte d'altitude

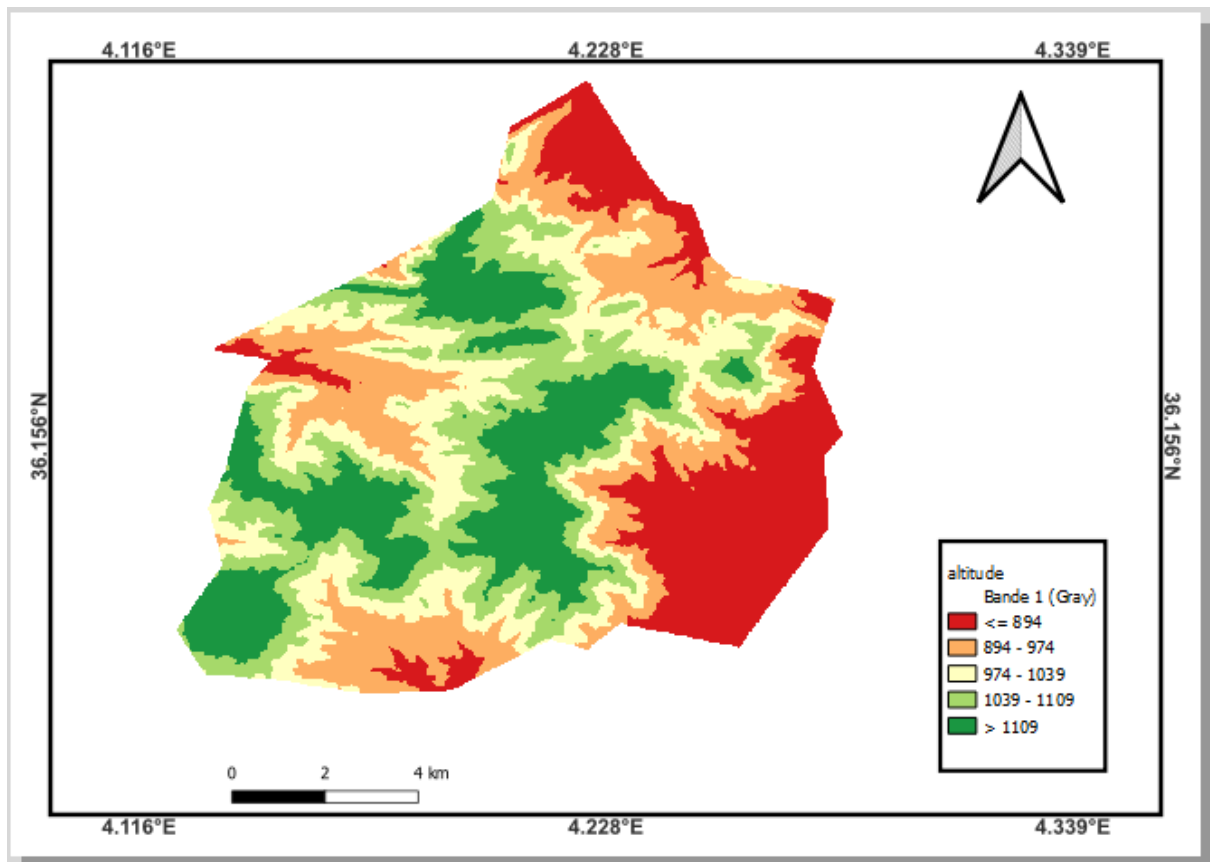


Figure 06 : Carte d'altitude de la forêt d'Ouannougha (Région Harazah)

Dans la forêt d'Ouannougha (Forêt de Harazah), l'altitude moyenne varie de 799m (Djebel Jajaya) à 1110m (Djebel Azrou).

La carte d'altitude présente cinq (5) classes dans la zone étude (Figure 06). La carte d'altitude de la forêt d'Ouannougha (Région Harazah) présente :

- [≤ 894 m] : Cette partie est concentré au Sud-Est, ainsi qu'au Nord de la zone d'étude. Elle représente une grande surface par rapport à la superficie totale.

- [894 m - 974 m] : Il s'agit d'une zone située au Sud et il entoure une partie au Nord-Est et Nord-Ouest.
- [974 m - 1039 m] : Cet étage est presque dans toutes les directions de la forêt, il occupe une partie importante par rapport à la zone d'étude.
- [1039 m - 1109 m] : Il occupe une superficie moyenne, cet étage entoure tous les aspects de la forêt.
- [> 1109 m] : Cet étage occupe une grande partie du territoire. concentré au Sud et au Nord ainsi que le Sud-Ouest et une petite partie à L'Est contient le plus haut sommet de la montagne (Djebel Azrou).

L'importance de la carte d'altitude réside dans la connaissance des élévations les plus occupées à travers la forêt. De manière générale, l'observation de la carte d'étude montre une zone de moyenne et haute altitude.

L'altitude est très importante puisqu'elle est à l'origine de la notion de gradient climatique, lui-même formé de deux composantes: une décroissance plus ou moins régulière de la température avec l'altitude, sauf dans le cas des inversions thermiques et une variation des précipitations qui est une fonction croissante de l'altitude (Rhanem 2008).

Sans oublier l'effet de l'altitude qui, par ses incidences climatiques, a un impact négatif évident sur la productivité biologique moyenne des arbres (Rhanem 2008).

III .3. Carte d'exposition

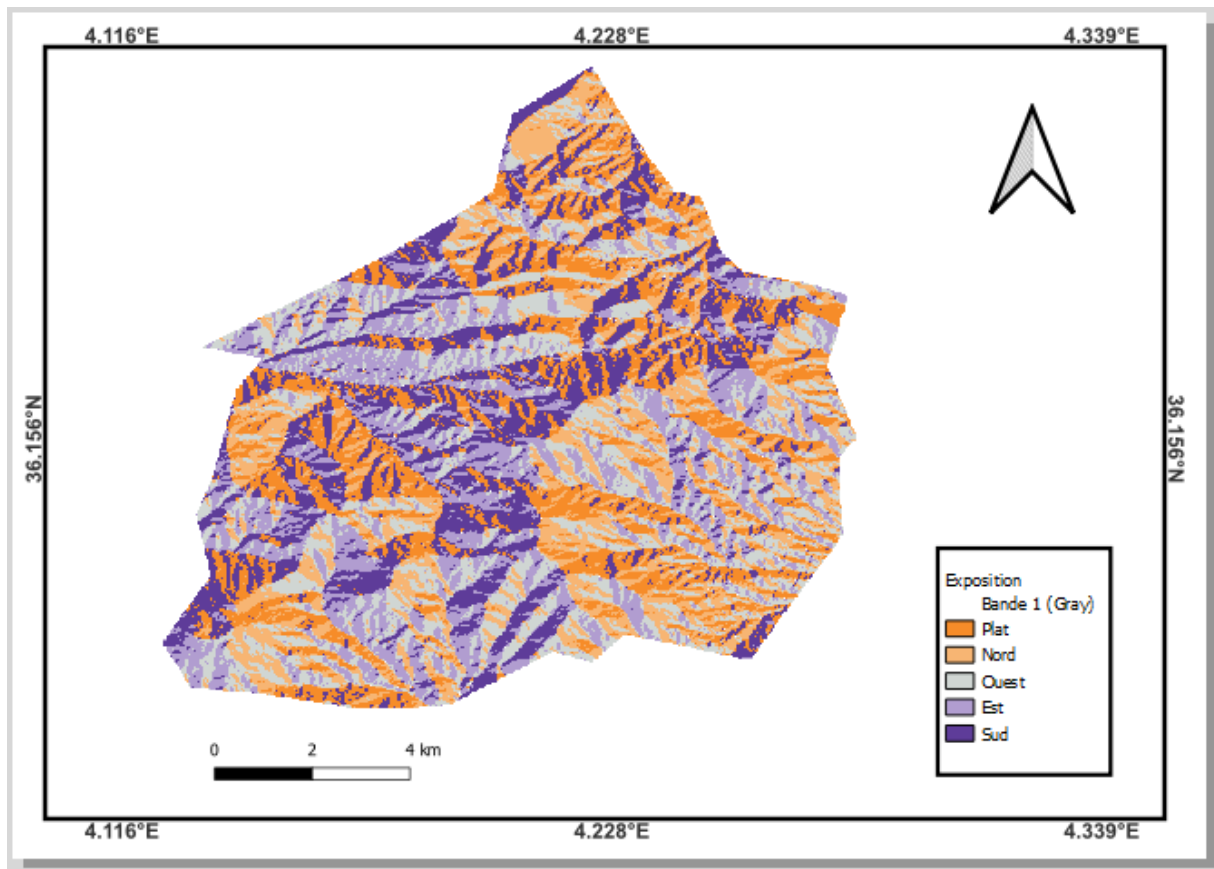


Figure 07 : Carte d'exposition de la forêt d'Ouannougha (Région Harazah).

L'utilisation du MNT avec les fonctions fournies par QGIS, nous amène à la création de la 3^{ème} carte pour l'analyse de terrain, la carte d'exposition (Figure 07).

La carte d'exposition (Figure 07) de la forêt d'Ouannougha (Région Harazah) montrant cinq (5) catégories d'exposition avec les proportions sont assez proches.

Les expositions Nord occupent une grande partie de la superficie.

Les terrains exposés à l'Ouest et au Sud représentent une moyenne partie de la superficie totale.

III.4. Calcul de NDVI

Pour le calcul d'indice de végétation NDVI, nous avons utilisé la calculatrice raster en écrivant l'équation suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R}) \quad (\text{Rouse } et \text{ al.}, 1974 \text{ in Belloula}, 2020).$$

Avec : PIR : (proche infra rouge)

 R : (canaux rouge)

III.4.1. Carte NDVI (1985)

La carte (Figure 08) présente NDVI-1985 calculé pour l'image Landsat4-5 daté au 10 juillet.

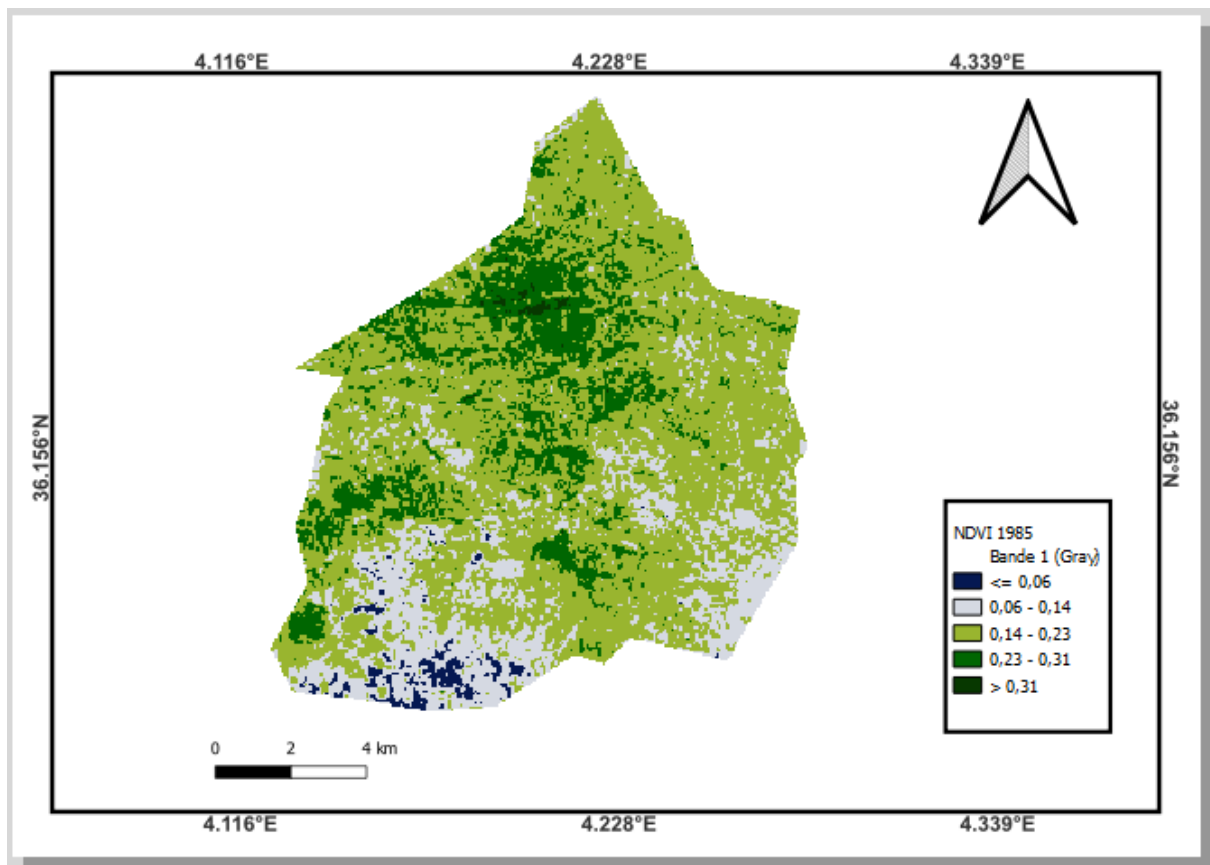


Figure 08 : Carte d'NDVI-1985

La figure (08) présente une meilleure discrimination entre les zones couvertes de la végétation et les zones non couvertes.

Les zones de la couverture végétale ressortent remarquablement de l'image par leurs fortes valeurs d'indice de végétation. Les faibles valeurs du NDVI sont liées à la faible couverture de la végétation.

III.4.2. Carte NDVI (2021)

La carte (09) présente NDVI-2021 calculé pour l'image Landsat8 daté au 20 décembre.

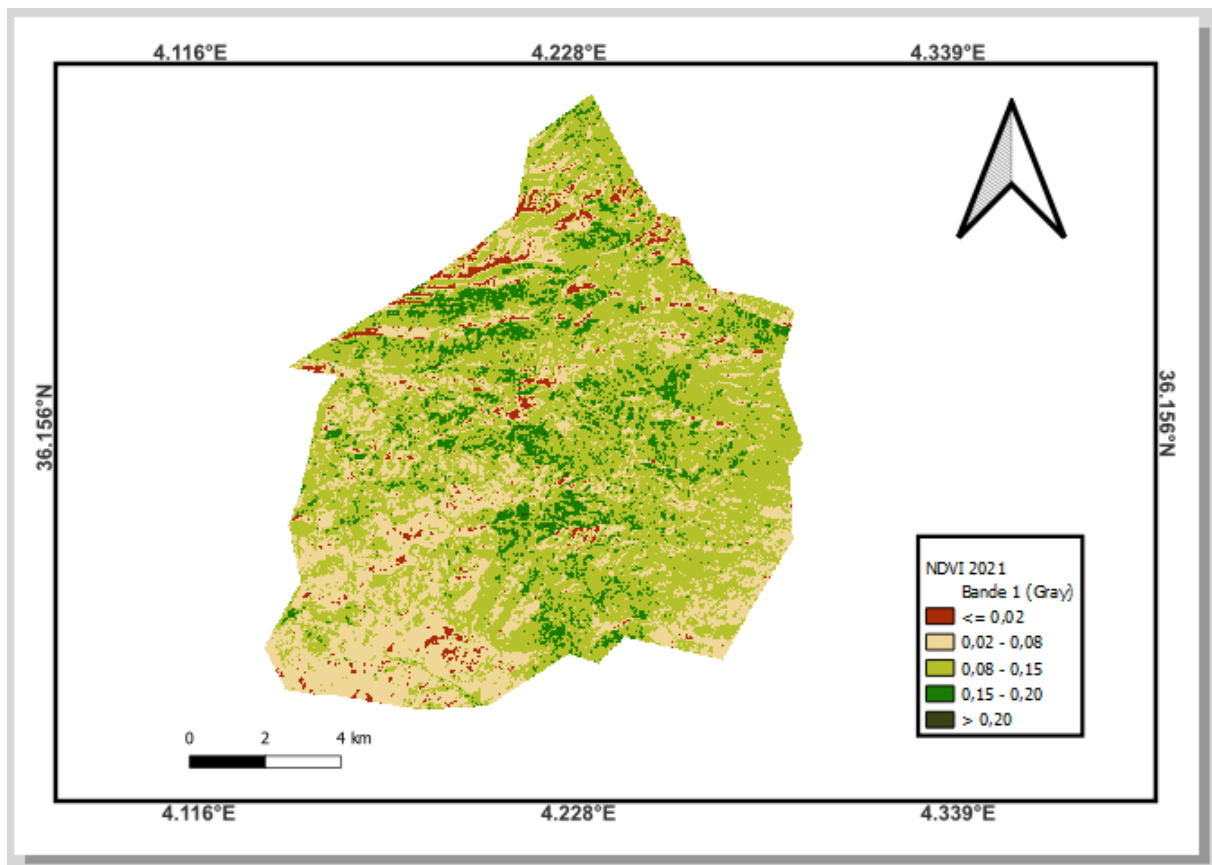


Figure 09 : Carte d'NDVI- 2021

Les valeurs proviennent du calcul du NDVI_2021 (Figure 09) pour cette image entre ($\leq 0,02$) ce qui correspond le sol nu et la roche, et (0,15- 0,20) ce qui correspond à la végétation moyenne dense.

En comparant les deux cartes, nous avons remarqué un changement de l'état de santé de la forêt (en 2021) par rapport à 1985, et il y a une baisse de l'état de santé (régression du couvert végétal) et cela est dû aux incendies et au bilan humain négatif. Impact de l'abattage des arbres et du surpâturage.

III.5. Calcul de NDWI

Pour calculer l'indice du teneur en eau par différence normalisée NDWI, on a utilisé la calculatrice raster en écrivant en écrivant l'équation suivante :

$$NDWI = (V - PIR) / (V + PIR) \text{ (Mc Feeters, 1996).}$$

Avec : V : Vert visible. PIR: Proche infra rouge.

III.5.1. Carte NDWI (1999)

La carte (Figure 10) présente NDWI-1999 calculé pour l'image Landsat7 daté au 25 juillet.

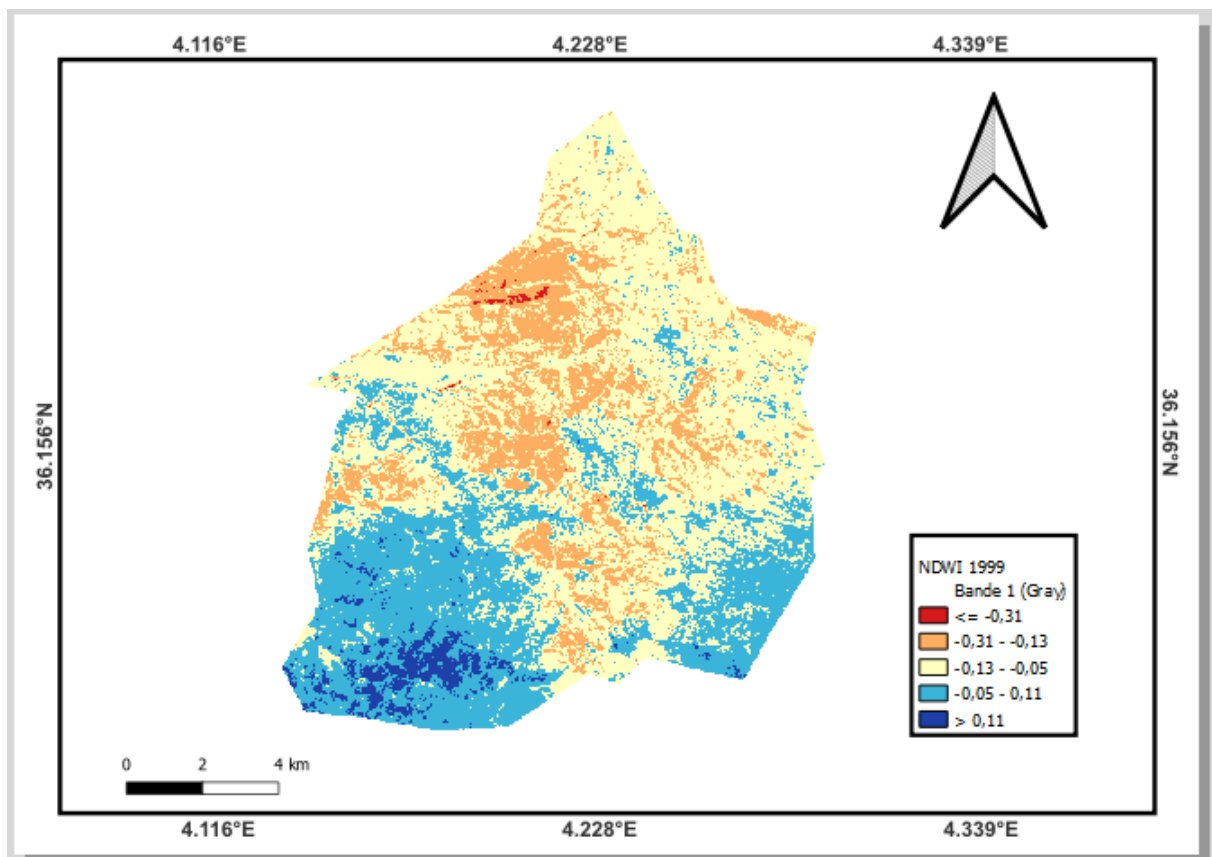


Figure 10 : Carte d'NDWI- 1999

Cette figure(10) montre les valeur de NDWI dans la forêt, on remarque que la partie Sud de la région contient la valeur la plus élevée de (0,11), tandis que le sol et la végétation recouvrent les zones le plancher a des valeurs inférieures ou égales à (0) (Mc Feeters, 1996).

III.5.2. Carte NDWI (2021)

La carte (11) présente NDWI- 2021 calculé pour l'image Landsat8 daté au 13 juillet.

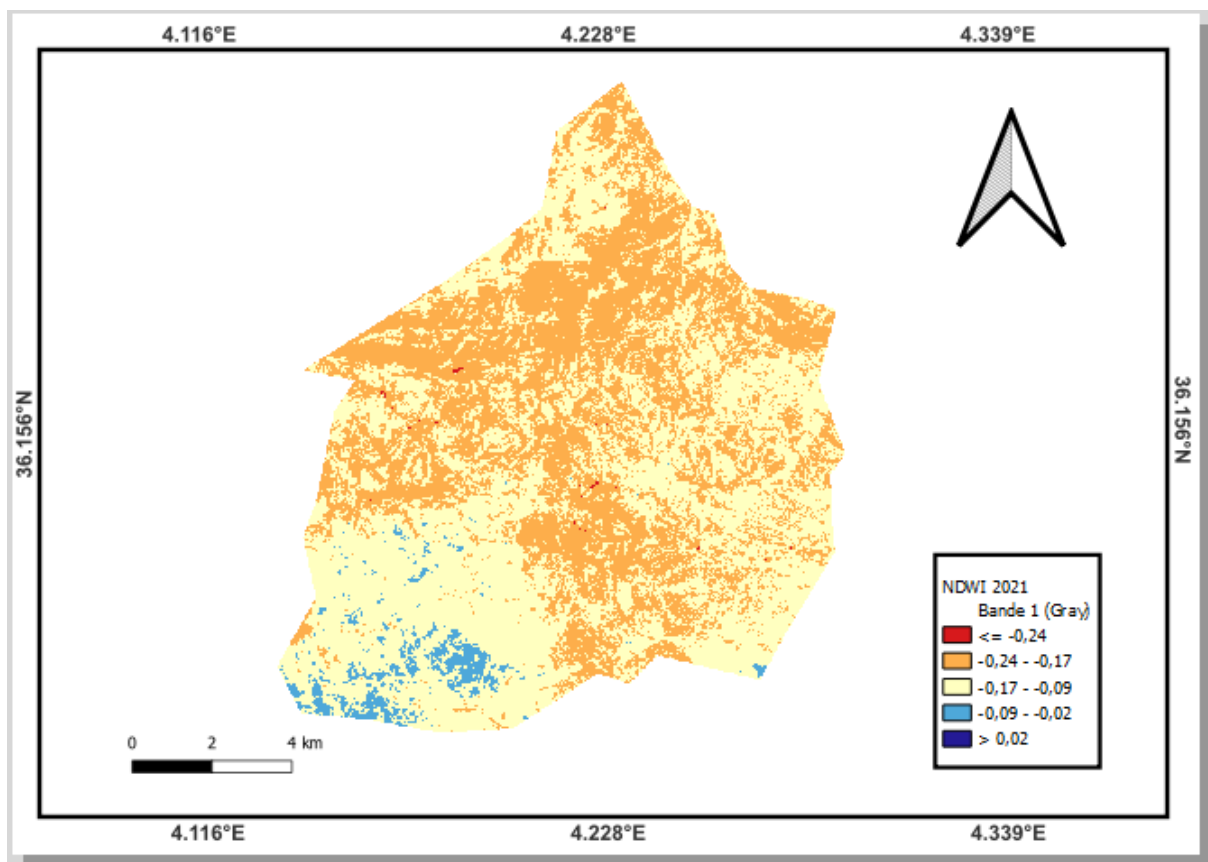


Figure 11 : Carte d'NDWI- 2021

Cette figure (11) montre les valeurs de NDWI- 2021, où l'on note que la plus grande valeur qu'il atteint est de (0,02), cette fois, elle était concentrée aussi dans le Sud de la région.

A travers les deux cartes (Figure 10, Figure 11), on remarque que les valeurs élevées de NDWI (en bleu) correspondent à une grande teneur en eau par les plantes.

Faibles valeurs de NDWI, (en rouge) correspondent à une faible teneur en eau de la végétation et du couvert végétal en eau.

Ainsi, on constate qu'il y a une baisse du niveau d'eau par rapport à la carte de NDWI-1999 et à la carte de NDWI-2021, et cela est dû à la température élevée, qui a conduit à l'évaporation.

Le NDWI diminuera dans la période du stress hydrique.

Le stress hydrique est défini comme toute force ou effet nocif qui perturbe l'activité normale de tout système végétal (Jones, 1989).

De nombreuses études ont confirmé l'effet du stress hydrique sur les différentes réactions de la photosynthèse (Oosterhuis et Walker, 1987).

Par une résistance stomatique élevée, qui détermine la diffusion du gaz CO₂ dans les feuilles et à partir de là détermine le taux de la photosynthèse.

III.6. Calcul de NDMI

Pour calculer d'indice d'humidité par différence normalisé (NDMI), on a utilisé la calculatrice raster en écrivant l'équation suivante :

$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR1}) / (\text{NIR} + \text{SWIR1}) \text{ (Wilson, 2002).}$$

Avec : NIR : (proche infrarouge).

SWIR1 : (infrarouge à ondes courtes).

III.6.1. Carte NDMI (1999)

La carte (12) présente NDMI- 1999 calculé pour l'image Landsat7 daté au 25 juillet.

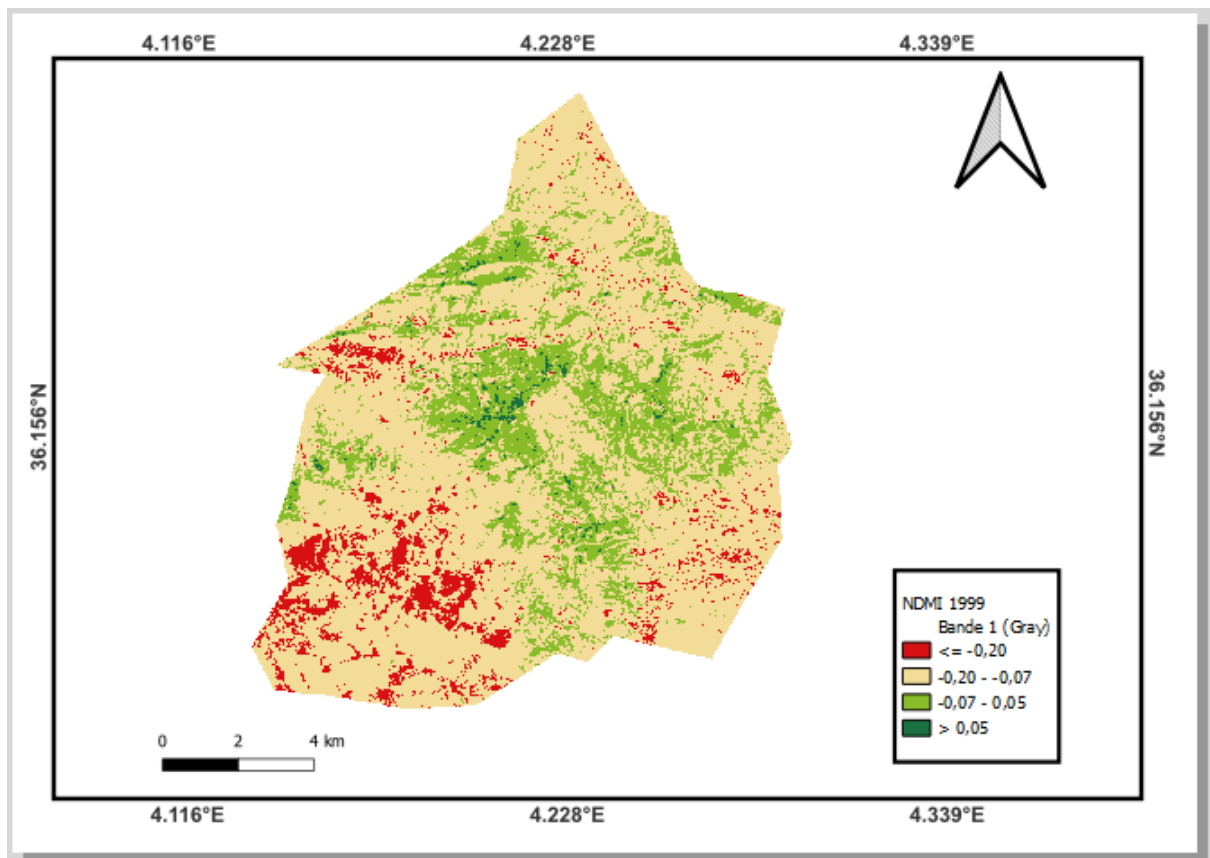


Figure 12 : Carte d'NDMI- 1999

Cette carte (Figure 12) représente les valeurs NDMI-1999.

On remarque que la plus grande valeur est (0,05), qui est concentrée au centre de la région et sur certains côtés, tandis que la valeur (-0,20) est concentrée dans la partie sud de la région en plus de la valeur (-0,20,-0,07) qui entoure la région dans son ensemble.

III.6.2. Carte NDMI (2021)

La carte (13) présente NDMI-2021 calculé pour l'image Landsat8 daté ou 13 juillet.

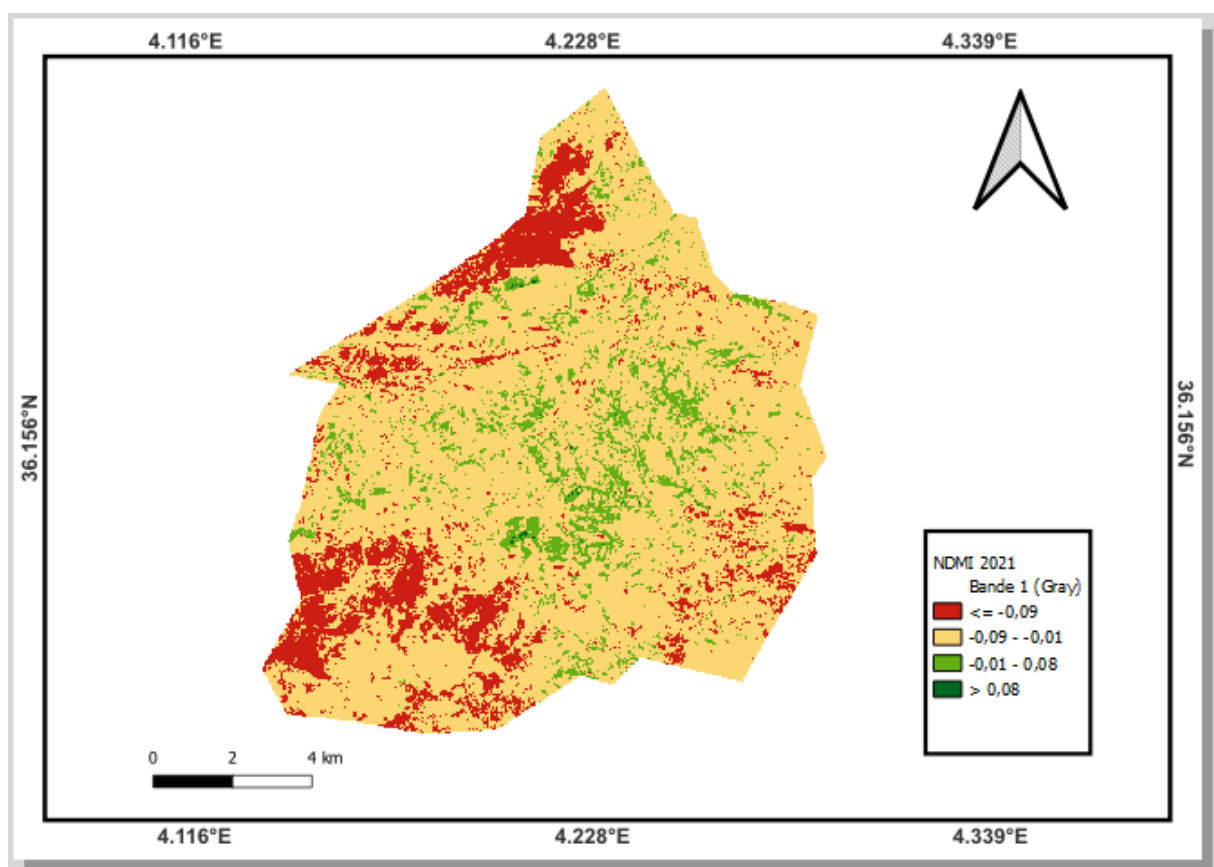


Figure 13 : Carte d'NDMI- 2021

Cette carte (Figure 13) représente les valeurs d'NDMI. On note que la plus grande valeur est de (0,08) qu'est concentrée dans la centre de la région sauf pour le Sud-Ouest, qui enregistre la plus petite valeur (-0,09).

A travers les deux cartes (Figure 12, Figure 13) nous avons montré une augmentation du degré d'humidité.

Le NDMI pourra servir en complément, car il fait ressortir le taux d'humidité contenu dans le feuillage de la végétation.

L'humidité a un effet direct sur l'intensité de la transpiration, qui à son tour détermine dans de nombreux cas si la plante peut vivre

Dans un environnement, ou non, où l'humidité de l'air est affectée par divers facteurs environnementaux tels que la température, le vent, la végétation et le contenu hydrique du sol (Ibrahim, 2018).

L'observation des cartes NDWI, NDVI et NDMI on trouve :

Une baisse du niveau d'eau par rapport aux cartes de 1999 et 2021. Cette baisse s'accompagne par une détérioration du couvert et qui coïncide dans les endroits n'ont pas du couvert végétal. On observe aussi la quantité d'eau est élevée au niveau du carte NDWI-1999 et NDVI-1985, ainsi que pour les cartes de NDWI 2021, NDVI 2021.

Quant à l'indice d'humidité, nous avons remarqué une augmentation notable de son degré. A cause de l'augmentation de la température ces dernière années qui a entraîné l'évaporation du couvert végétal et une augmentation d'humidité de la zone.

Conclusion

IV. Conclusion

Au terme des résultats obtenus et à la lumière des connaissances acquises, la dégradation du couvert végétal et du couvert forestier en particulier, dans notre région en étudiant, nous pouvons tirer la conclusion suivante :

Notre zone d'étude est située à l'ouest de l'état de Bordj Bou Arreridj, à environ 70 km de celui-ci. Cette zone est régionalement réputée pour l'abondance d'air frais et la diversité de ses forêts denses, et elle occupe une superficie de 424,06 hectares. Son climat se caractérise par des températures extrêmement élevées en été et une période sèche de plus de 3 mois.

Le système d'information géographique (SIG) est un domaine connu comme un outil plus rapides, plus précis et plus fiables, qui facilitent aux chercheurs les études et leur permettent de tirer des résultats plus précis. Et pour atteindre notre objectif ; Le traitement des images satellites par le logiciel Qgis, nous a permis l'obtention de différents types de carte (des pentes, altitude et exposition, Carte NDVI en 1985, Carte NDVI en 2021, des cartes de NDMI, NDWI en 1999 et NDMI, NDWI en 2021).

A partir des cartes des pentes, altitude et exposition on a trouvé que notre zone est accidentée avec des fortes pentes.

Carte de NDVI, les résultats obtenus montrent où il existe un taux bas de NDVI correspondant à une dégradation remarquable au niveau de la couverture végétale. Le couvert végétal d'Harazah en 1985 est plus dense qu'en 2021 en raison de l'absence de feux.

Grâce à des cartes de NDMI (1999-2021), nous avons constaté qu'il y a une augmentation du degré d'humidité.

Ainsi, on constate qu'il y a une baisse du niveau d'eau par rapport à la carte de NDWI-1999 et à la carte de NDWI-2021, et cela est dû à la température élevée, qui a conduit à l'évaporation.

Nous avons remarqué un remarquable changement à la surface de la forêt, tant au niveau de l'indice de couverture végétale par une différence de (36) ans, qu'au niveau de l'indice d'humidité et l'indice d'eau, avec une différence de (22) ans.

La forêt de Harazah nécessite un suivi particulier, un nouveau plan de gestion et des travaux de reboisement adaptés à nos forêts car leur dégradation année après année va modifier la structure et le climat de la zone.

Cette recherche mérite d'être suivie par d'autres recherches plus larges.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdelbaki A., (2012).** Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant d'oued bouguedfine. Thèse magister, univ. Hassiba Ben Bouali – chlef, 01, 24,32p
- Belloula, S. (2020).** Caractérisation des facteurs écologiques influents sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (Doctoral dissertation, UB1).
- Bengt B., (2014)** .Cartographie. Traduit par Laurent Benosa et Dominique Gres le Poligny, CFC (N°221-, Septembre2014).
- Boudjema, M.A. (2017).** Parc national de Tlemcen. Dynamique de la couverture végétale et perspective. Mémoire de master, univ. Abou Bakr Belkaid – Tlemcen, 50,51p.
- Bouhabila, A. (2019).** Travail de fin d'études: " La forêt Algérienne face au changement global. Quelle place pour l'agroforesterie ?"
- C.F.B.B.A., (2022).** Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj.
- Daget, P. (1977).** Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2), 87-103.
- Dajoz, R. (1985).** Linné, un précurseur de l'écologie. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, 54(8), 53-64.
- Darteyre, J.P. (2008).** Cartographie, Ecole Nationale Des Sciences Géographiques.
- Dupraz, C., & Liagre, F. (2008).** *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. France Agricole Editions.
- FAO, (2002).** Etude perspective du secteur forestier en Afrique (FOSA) : Algérie .FAO, Rome ,50 p.
- Gérard, J. O. L. Y. (1987).** Traitement informatique de l'image satellitaire. Ingénieur CNRS, Laboratoire de Géographie, CNRS UA, 910.
- Jones, J. G., & Hardy, L. (1989).** Stress and cognitive functioning in sport. *Journal of Sports Sciences*, 7(1), 41-63.
- KACI, M., MORSLI, B., & HABI, M. (2014).** Dynamique de l'érosion sous différentes utilisations du sol au niveau d'un versant en zone méditerranéenne subhumide: Influence des cultures, des aménagements de Gestion conservatoire des eaux et des sols (GCES) et des couvertures forestières en Algérie. *Geo-Eco-Trop*, 38(1), 111-118.
- Kadik, B. (1987).** Influence du climat sur la répartition naturelle du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. *Ann Rech Forest Algérie INRF*, 2, 61-106.

- McFeeters, S. K. (1996).** The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- MRNF, (2013) .** Ministère des ressources vaturelles et de la faune (2013)
- Oosterhuis, DM* and Walker, S. (1987).** Stomatal resistance measurement as an indicator of water deficit stress in wheat and soybeans. *South African Journal of Plant and Soil*, 4(3), 113-120.
- Poidevin D., (1998).** Manuel de cartographie extrait de son ouvrage. Ellipses Marketing, 96 p
- Ramade, F. (1984).** Eléments d'écologie. Fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 689p
- Ramade, F. (1994).** Qu'entend-t-on par Biodiversité et quels sont les problématiques et les problèmes inhérents à sa conservation?. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 99(1), 7-18.
- Rhanem, M. (2008).** Quelques résultats obtenus par l'analyse de l'information mutuelle sur les observations phyto-écologiques recueillies dans la vallée des Aït-Bou-Guemmez (Haut Atlas, Maroc). *Flora mediterranea*, 18, 471-512.
- Rival, A, & Levang, P. (2013).** La palme des controverses: Palmier à huile et enjeux de développement. Editions Quae.
- Saidani, S. (2002).** Contribution à l'étude des incendies de forêts dans la wilaya de Bordj BouArréridj. Cas de la forêt d'Ouannougha. Thèse d'Ingo Univ Ferhat Abbés Sétif: 5- 15.
- Seigue, A. (1985).** La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et Larose. Paris. 502 p.
- Wilson, E. H., & Sader, S. A. (2002).** Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80(3), 385-396.

Annexes

Annexe 1

Caractéristiques des station météorologiques de Bordj Bou Arreridj

Caractéristiques des stations météorologiques	Cordonnées géographiques		Altitude(m)	Données disponibles	Périods	Source des données
	L'altitude	longitude				
Bordj Bou Arreridj	36°04 Nord	04°40 Est	955m	Température, précipitation	2015-2022	S.M.B

(S.M.B : Station météorologique de Bordj Bou Arreridj)

Annexe 2

Les températures moyennes mensuelles et annuelles de BBA et Haraza (Période de 2015-2022).

Mois Stations		T(c°)	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Mo y	
BBA	955 m	m	1,6	2,4	4,5	6,9	11,	16,	19,	19,	15,	11,	5,8	2,9	9,7	
		M	8	3	9	2	43	37	86	21	1	03	6	1	8	
		Mo	10,	12	15,	18,	23,	30,	34,	33,	27,	21,	14,	10,	21,	
		y	40	7,2	26	29	93	28	14	40	40	42	79	94	02	
			6,0	1	9,9	12,	17,	23,	27	26,	21,	16,	10,	6,9	15,	
			4		2	60	68	32		30	25	22	32	2	39	
HARA ZA	Poin t bas 111 8m	m	1,0	1,8	3,9	6,2	10,	15,	19,	18,	14,	10,	5,2	2,2	9,1	
		M	3	10,	4	7	78	72	21	56	45	38	1	6	3	
		Mo	9,2	86	14,	17,	22,	29,	33,	26	26,	20,	13,	9,8	19,	
		y	6	6,3	12	15	79	14	32	22,	26	28	65	6,0	38	
				5,1	2	9,0	11,	16,	22,	26,	28	20,	15,	9,4	3	14,
				4		3	72	78	43	26		35	33	3	25	
	Poin t moy en 145 3	m	-	0,4	2,6	4,9	9,4	14,	17,	17,	13,	9,0	3,8	0,9	7,7	
		M	0,3	4	11,	3	4	38	87	22	11	4	7	2	9	
		Mo	1	8,5	78	14,	20,	26,	30,	29,	23,	17,	11,	7,4	17,	
		y	6,9	2	7,1	81	45	8	66	92	92	94	31	6	54	
				2	4,4	9	9,8	14,	20,	24,	23,	18,	13,	7,5	4,1	12,
				3,3	8		7	94	59	26	57	51	49	9	9	66
			0													
Poin t haut 172 4	M	-	-	1,5	3,8	8,3	13,	16,	16,	12,	7,9	2,7	-	6,7		
	M	1,3	0,6	2	5	6	3	79	14	03	6	9	0,1	1		
	Mo	9	4	9,8	12,	18,	24,	28,	28,	22,	16,	9,4	6	15,		
	y	5,0	6,6	8	91	55	9	76	02	02	04	1	5,5	64		
			2	2	5,7	8,3	13,	19,	22,	22,	17,	12	6,1	6	11,	
			1,8	2,9		8	45	1	77	08	02		2,7	17		
			1	9												

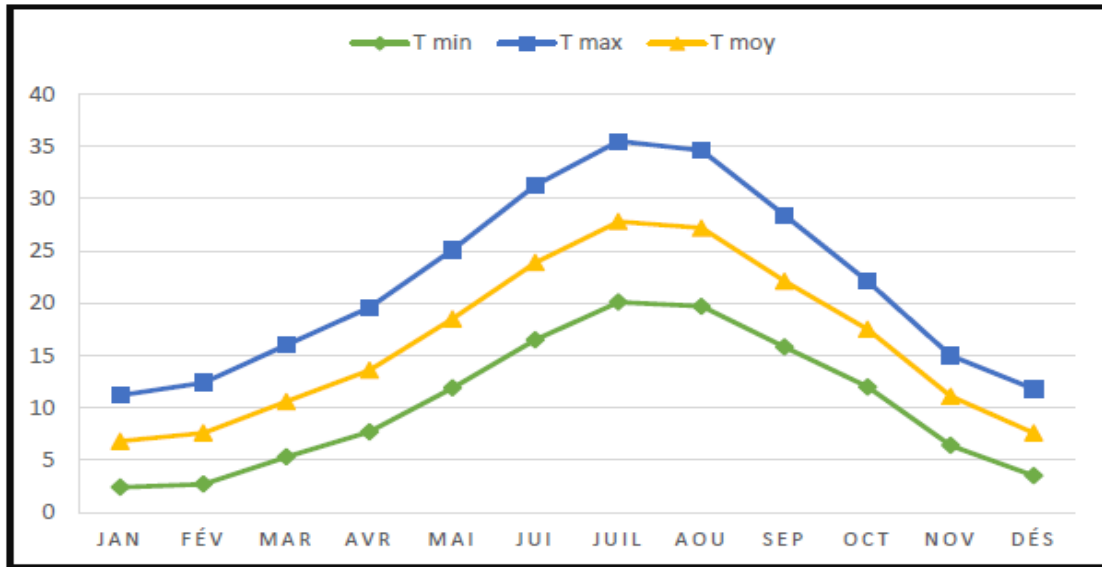
(Station météorologique de BBA (2015-2022))

m : Moyennes mensuelles des températures minimales

M : Moyennes mensuelles des températures maximales

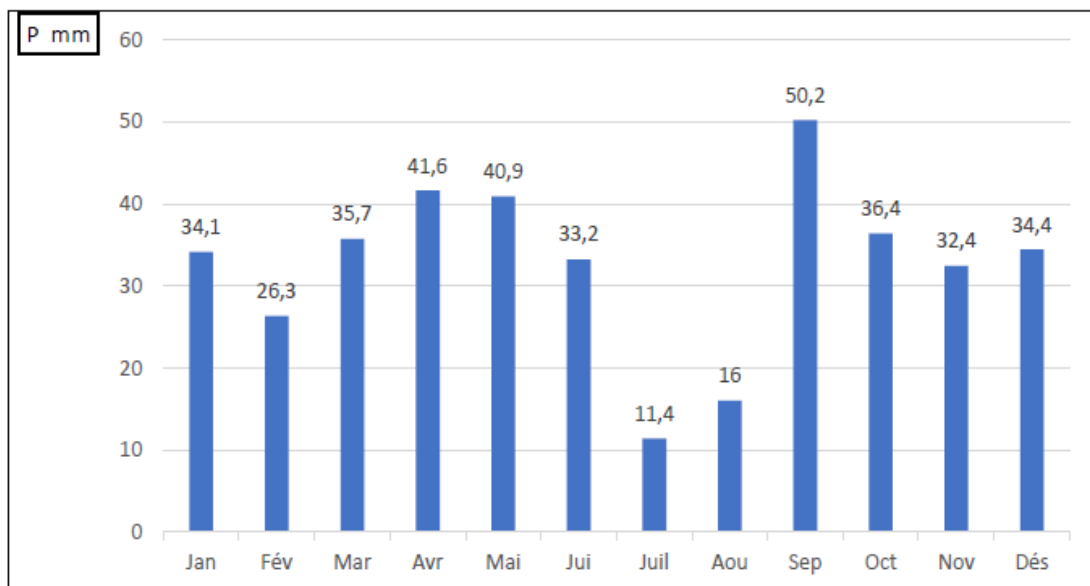
(m +M)/2 : Moyennes mensuelles et annuelles

Annexe 03



Variation des températures moyennes mensuelles (1991-2022)
(Conservation des forêts de mansourah, 2022)

Annexe 04



Variation de la pluviométrie de Bordj Bou Arreridj et Harazah (1992-2022).
(Météorologie de Bordj Bou Arreridj)

Résumé

Ce travail a été réalisé sur la forêt de Harazah située à l'Ouest de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. L'objectif du travail est de cartographier et d'évaluer le couvert forestier de cette zone à l'aide des images satellitaires type Landsat et l'utilisation d'un système d'information géographique (Qgis).

Le logiciel Qgis (3,24), nous a permis d'obtenir plusieurs cartes : des pentes, d'altitude, d'exposition, indice de végétation (NDVI), ainsi que l'indice d'humidité (NDMI) et d'eau (NDWI).

Les cartes obtenues ont montré une diminution du couvert forestier, qui est due aux incendies. Les cartes d'indice de végétation (NDVI), l'indice d'humidité (NDMI) et d'eau (NDWI) ont montré une diminution de l'humidité et de la teneur en eau due à la détérioration du couvert végétal et au changement climatique.

Mots clés : Forêt de Harazah, NDVI, NDWI, NDMI, QGIS.

Abstract

This work was carried out on the Harazah forest located west of the Wilayat of Bordj Bou Arreridj. The objective of the work is to map and assess the forest cover of this area using Landsat-type satellite images and the use of a geographic information system (Qgis).

The Qgis (3,24) software allowed us to obtain several maps: slopes, altitude, exposure, vegetation index (NDVI), as well as the humidity (NDMI) and water (NDWI) index.

The maps obtained showed a decrease in forest cover, which is due to the fires. The vegetation index (NDVI), humidity index (NDMI) and water index (NDWI) maps obtained showed a decrease in humidity and water level due to the deterioration of the vegetation cover and climate change.

Keywords: Harazah Forest, NDVI, NDWI, NDMI, QGIS.

ملخص

أنجز هذا العمل على غابة حرازة الواقعة غرب ولاية برج بوعرييرج ، وهدفه هو تقييم الغطاء الغابي لهذه المنطقة بمساعدة صور الأقمار الصناعية واستخدام وظائف برمجيات نظام المعلومات الجغرافية.

سمح لنا برنامج (3,24) Qgis بالحصول على عدة خرائط (الارتفاع، المنحدرات، الاتجاهات، مؤشر الغطاء النباتي بالفرق الطبيعي وكذا مؤشر الرطوبة و الماء)

أظهرت الخرائط المتحصل عليها تراجعاً في الغطاء الغابي وهذا راجع إلى الحرائق وكذا انخفاض درجة الرطوبة ومنسوب المياه بسبب تدهور الغطاء النباتي.

الكلمات المفتاحية : غابة حرازة , QGIS , NDMI , NDWI , NDVI.