

Popular Democratic Republic of Algeria

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministry Of High Education and Scientific Research

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Abbes Laghrou University, Khenchela
Faculty of Natural and Life Sciences
Department Of Ecology and Environment



جامعة عباس لغرور خنشلة
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم البيئة والمحيط

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Écologie et environnement

Spécialité : Écologie fondamentale et appliquée

THÈME

*Cartographie de la biomasse forestière dans la forêt de Khenchela
(NE Algérie)*

Présenté par:

- BERKANI Smail
- BOUHZEM Abd Elmounaim
- KEZIZ Mohamad

Devant le jury :

Président : Dr. Moudjari Zoubir

MAA Université de Khenchela

Encadrante : Mme. Lakhdari Somia

MCB Université de Khenchela

Examinatrice : Mme. Berkani Cherifa

MCB Université de Khenchela

Année universitaire : 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail A mes très chers parents
Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon
amour éternel et ma considération pour les sacrifices que
vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être
Que dieu vous garder pour nous, longue vie Inchaallah.

À mes frère Lazhar, Karim et mes sœurs, et toute la
famille Keziz et Meftah.

A mes cher(e)s ami (e)s Mr. Bouzo Morad, Stoufa, Hakou
1000 fois, et tous mes camarades.

A tous ceux qui m'aiment. A toutes les personnes que j'aime.

Mohamad





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail A mes très chers parents
Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon
amour éternel et ma considération pour les sacrifices que
vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être
Que dieu vous garder pour nous, longue vie Inchaallah.

À mes frère Soufian, Nasrou, Raouf et mes sœurs, et toute
la famille Bouhzem.

A mes chers amis Mohamed, Sangoga, Dakhi, Akram, Tougo,
Hakou et tous mes camarades.

A tous ceux qui m'aiment. A toutes les personnes que j'aime.

Monaim



Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail A mes très chers parents
Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon
amour éternel et ma considération pour les sacrifices que
vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être
Que dieu vous garder pour nous, longue vie Inchaallah.*

À mes frères et sœurs, et toute la famille Berkani.

*A tous mes amis du primaire à l'université et tous ceux qui
me connaissent et je le connais.*

A tous ceux qui m'aiment. A toutes les personnes que j'aime.

SMAIL



Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu Tout-Puissant, le Très Miséricordieux, pour sa grâce qui nous a été accordés au cours de notre étude et de la réalisation de cette mémoire. Et que les bénédictions de Dieu soient sur celui après qui il n'y a pas de prophète, Mohammad, que les prières et la paix de Dieu soient sur lui, ainsi que sur sa famille et ses compagnons.

*Nous tenons à remercier sincèrement notre encadrant, **Mme. Lakhdari Somia**, pour sa confiance, ses observations, ses conseils, sa disponibilité et sa gentillesse qui n'ont ménagé aucun effort pour faire de cette recherche un succès.*

*Nous remercions tout particulièrement les membres du jury **Dr. Moudjari Zoubir** et **Mme. Berkani Cherifa** d'avoir acceptés d'étudier ce modeste ouvrage. Encore un grand merci à l'Université Abbes Laghrour Khenchela, en particulier à tous les enseignants du Département de Ecologie et Environnement.*

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette mémoire.

Résumé

La compréhension de l'évolution des modèles d'utilisation des terres et des changements dans la couverture végétale est une source de préoccupation majeure dans les régions semi-arides où les écosystèmes subissent une détérioration due à des facteurs naturels ou d'origine anthropique.

Dans ce contexte, notre étude se concentre sur l'analyse des indicateurs de la couverture végétale et de la couverture terrestre pour déterminer la masse forestière dans la wilaya de Khenchela. Nous nous appuyons sur l'intégration des systèmes d'information géographique et des techniques de télédétection. Les images satellites du Landsat (09) ont été utilisées pour la période du 23 au 25 mars 2023, ainsi que les données de couverture terrestre d'ESRI pour 2022/2023. Cette méthode repose sur le traitement numérique des images satellites pour extraire des informations utiles à l'aide d'indicateurs tels que l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) et l'indice de couverture terrestre (LC).

Les résultats de l'analyse des images révèlent une importante diminution de la couverture terrestre en raison des incendies, de la désertification, de la sécheresse et de l'expansion urbaine, ainsi qu'une baisse du pourcentage d'eau.

Mots-clés

SIG, télédétection, forêts de Khenchela, indice de végétation, couverture terrestre.

Abstract

Understanding changing land use patterns and land cover changes is a major concern in semi-arid regions where ecosystems are deteriorating due to natural or anthropogenic factors.

In this context, our study focuses on the analysis of vegetation cover and land cover indicators to determine the forest mass in the wilaya of Khenchela. We rely on the integration of geographic information systems and remote sensing techniques. Satellite images from Landsat (09) were used for the period March 23-25, 2023, as well as land cover data from ESRI for 2022/2023. This method relies on the digital processing of satellite images to extract useful information using indicators such as normalized difference vegetation index (NDVI) and land cover (LC).

The results of the image analysis reveal a significant decrease in land cover due to fires, desertification, drought and urban expansion, as well as a drop in the percentage of water.

Key words

GIS, remote sensing, Khenchela forests, vegetation index, land cover.

يعتبر فهم تطور أنماط استخدام الأراضي وتغير الغطاء النباتي مصدر قلق كبير في المناطق شبه الجافة التي تتعرض فيها النظم البيئية لتدهور ناتج عن عوامل طبيعية أو بشرية.

في هذا السياق، تركز دراستنا على تحليل مؤشرات الغطاء النباتي والتغطية الأرضية لتحديد كتلة الغابات في ولاية خنشلة. نعتمد في ذلك على تكامل نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد. تم استخدام صور القمر الصناعي «Landsat 09» للفترة من 23 إلى 25 مارس 2023، بالإضافة إلى بيانات غطاء الأرض من «ESRI» 2023/2022. تعتمد هذه الطريقة على معالجة الصور الفضائية بشكل رقمي واستخلاص المعلومات المفيدة منها باستخدام مؤشرات مثل مؤشر الغطاء النباتي بالفرق الطبيعي (NDVI) ومؤشر غطاء الأرض (LC).

تظهر نتائج تحليل الصور تراجعًا كبيرًا في غطاء الأرض بسبب الحرائق وعمليات التصحر والجفاف، بالإضافة إلى التوسع الحضري، وتراجع نسبة المياه.

الكلمات المفتاحية

نظام المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، غابات خنشلة، مؤشرات الغطاء النباتي، غطاء الأرض.

Sommaire

Dédicace

Remerciement

Résumé

Introduction générale	1
Chapitre 01 : Présentation générale de la wilaya de kenchela	3
1.1 Situation géographique et administration.....	3
1.2 Situation Socio-économique.....	3
1.2.1 Population	3
1.2.2 Cheptel	4
1.2.3 Parcours.....	4
1.2.4 Délits de coupes	4
1.2.5 Production de bois.....	5
1.3 Cadre géologique.....	5
1.4 Lithologie	5
1.5 Pédologie.....	8
1.6 Géomorphologie.....	10
1.6.1 Le relief.....	10
1.6.2 La pente.....	10
1.6.3 Les altitudes	11
1.7 Climate	13
1.8 Hydrographie.....	13
1.9 La végétation	15
1.10 La richesse floristique	15
Chapitre 02 : Matériel et méthode.....	18
2.1 Système d'information géographique (SIG)	18
2.1.1 Définition du SIG.....	18
2.1.2 Présentation d'ArcGIS	18

2.2	Téledétection	19
2.2.1	Concept de la téledétection	19
2.2.2	Domaines d'application de la téledétection	19
2.2.3	Les indices de végétation	20
2.2.3.1	Différents types d'indice de végétation	20
2.2.3.2	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	21
2.3	Approche méthodologique	22
2.4	Collectes des données (Images satellitaires)	22
Chapitre 03 : Résultats et discussions		23
3.1	Occupation du sol	23
3.2	Calcul des indices de végétation	25
Conclusion		28
Conclusion Générale		29
Annexe		30
Références		31

Liste des figures

Figure 1: position et découpage administratif de khenchela.....	3
Figure 2: carte lithologique de khenchela.	7
Figure 3: carte des sols de khenchela.	9
Figure 4: carte hypsométrique de khenchela.	12
Figure 5: présentation des données climatiques de khenchela (1991-2020).....	13
Figure 6: carte hydrographique de khenchela.	14
Figure 7: Les grandes familles des indices de végétation	21
Figure 8: les pourcentage des classes d'occupation.	23
Figure 9: carte d'occupation du sol de khenchela.....	24
Figure 10: les pourcentage de l'NDVI.	25
Figure 11: carte d'NDVI -2023- de khenchela.	26
Figure 12: Présentation des surfaces a l'utilisation de l'NDVI.	27

Liste des tableaux

Tableau 1: l'effectifs animaux d'élevages.....	4
Tableau 2: Répartition de la superficie forestière par massif forestier.	16
Tableau 3: Répartition de la superficie forestière par commune.	17
Tableau 4: Exemples des domaines d'application de la télédétection.....	19
Tableau 5: Les surfaces des types.....	25
Tableau 6: Les images satellites utilisées.	30

Liste des abréviations

- **NDVI**: Normalized Difference Vegetation Index.
- **SIG**: Système d'information géographique.
- **m**: Mètre.
- **Km²**: Kilomètre carré
- **Ha**: Hectare.
- **%** : pourcentages.

Introduction générale

Introduction générale

Les forêts sont des écosystèmes caractérisés par la croissance collective d'arbres, d'arbustes, d'herbes, de mousses et de champignons, ainsi que par la présence d'animaux de diverses espèces. Elles couvrent environ un tiers de la surface terrestre et sont essentiellement interconnectées avec la vie humaine. Tout déséquilibre au sein de cet écosystème peut avoir un impact négatif sur la vie et la stabilité de l'ensemble du système (**Loni, 1994**).

La cartographie de la biomasse forestière est le processus de création de cartes ou de représentations spatiales de la quantité de biomasse présente dans les écosystèmes forestiers. Cette cartographie vise à estimer et à représenter la distribution et la densité de la biomasse forestière sur une zone géographique donnée (**JM. Lamachere & Ch. Puech, 1995**).

L'analyse et la combinaison de ces informations permettent de cartographier d'état, et suivre son évolution (**CRTS, 2004**). Dans ce contexte, la télédétection spatiale et les systèmes d'information géographique (SIG) sont devenus une source abondante et efficace pour la production, la mise à jour et le suivi des informations géographiques qualitatives et quantitatives (**H. Arid et al., 2005**).

La wilaya de Khenchela est caractérisée par une complexité topographique et une biodiversité très importante, ainsi que des dénivelés très variables allant de 2328 mètres (Ras Keltoum) à -26 mètres sous le niveau de la mer à Chott Melgher. Grâce à cette diversité la wilaya jouit d'une vocation agro-sylvo-pastorale et saharienne édictant quatre zones agricoles : les montagnes, les plateaux, les plaines les parcours steppiques, et un climat varié. En plus de sa richesse en patrimoine naturel, faisant partie de la région Aurès, l'état se caractérise par une diversité forestière importante, qui constitue ensemble un écosystème important que nous devons protéger.

Les forêts de Khenchela sont situées dans la partie nord-ouest de la wilaya, où le climat est favorable, contrairement à la partie sud qui représente le désert et est une zone agricole. Les forêts couvrent 15% de la superficie totale de la wilaya et se distinguent par la présence des espèces suivantes : pin d'Alep et Cèdre de l'atlas, chêne vert, Genévrier oxycèdre et phoenicie.

Dans le cadre de réaliser nos objectifs ont adopté le plans de travail pour ce mémoire et le diviser en trois chapitre :

- Le premier chapitre expose un aperçu sur la wilaya de khenchela (déterminé ses caractéristiques générales).

Introduction générale

- Le deuxième chapitre, synthétise des généralités sur la télédétection et SIG en relation avec l'étude du couvert végétal, et le matériel utilisé dans notre étude;
- Le troisième chapitre est une interprétation des résultats de cette étude.

Chapitre 01 :
Présentation générale
de la wilaya de
khenchela

Chapitre 01 : Présentation générale de la wilaya de kenchela

1.1 Situation géographique et administration

La Wilaya de Khenchela est située au Nord-Est de l'Algérie, au contrefort du mont des Aurès entre 35°26.1498' Nord ; 7°8.5998' Est. Sa superficie est de 9715,6 km². Elle est limitée géographiquement au Nord par la Wilaya d'Oum El Bouaghi, au Sud par la wilaya d'El Oued, à l'Est par celle de Tébessa à l'Ouest par celle de Batna et au Sud-ouest par celle de Biskra (Google earth).

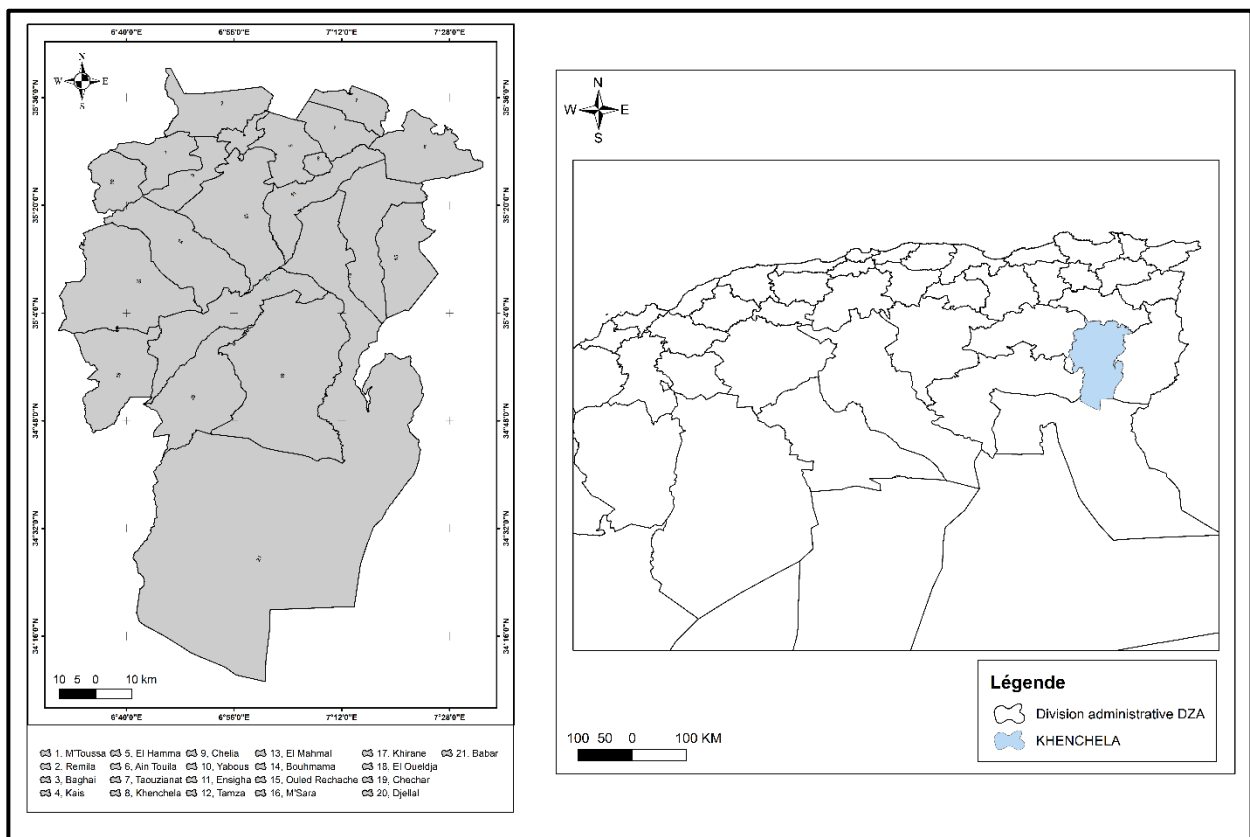


Figure 1: position et découpage administratif de kenchela (d'après nous) .

1.2 Situation Socio-économique

1.2.1 Population

D'après la Direction de planification statistique de Khenchela au 2018, la surface totale de Khenchela était estimée à 9715 km². Au recensement de 2008, la wilaya de Khenchela comptait 386 683 habitants, et en 2018, la population a augmenté atteignant 479 900, soit un taux d'accroissement annuel moyen de 2,21%, les densités les plus élevées se trouvent dans les

communes de Khenchela (4329,06 habitants par km²) et Mahmel (127,65 habitants par km²) (DPSI, 2019).

1.2.2 Cheptel

Les abords de la wilaya de khenchela sont fréquentés par plusieurs espèces d'animaux, qu'ils soient, les amphibiens, les reptiles ou bien les Mammifères le Renard, le Lièvre, les Insectes, les oiseaux.

D'après la **D.S.I.S.P SERIE -B- 2019**, l'effectifs animaux d'élevages a khenchela est :

Tableau 1: l'effectifs animaux d'élevages.

ESPÈCE	NOMBRE DE TETES
BOVINE	16 355
OVINE	459 121
CAPRINE	73 755
CAMELINE	0
CHEVALINE	231

1.2.3 Parcours

Sont des terres sur lesquelles ne s'effectuent aucune façon culturale depuis au moins 5 ans, elles servent au pacage des animaux, selon **D.S.I.S.P SERIE -B- 2019**, la superficie des terres utilisées par les pacages et parcours au khenchela est 439 430 ha.

1.2.4 Délits de coupes

Les forêts de Khenchela souffrent des délits de coupe aléatoire et non autorisée d'arbres à plusieurs fins, telles que la fabrication de charbon de bois, d'ustensiles et de meubles en bois, ou leur utilisation dans des opérations de construction, ou la conversion de forêts en terres agricoles. Parfois le coupe se fait en fonction d'une autorisation légale, pour monter des projets ou à cause de l'expansion des villes, mais sans études préalables, cela a conduit à une réduction de sa superficie.

1.2.5 Production de bois

En 2018, la wilaya de Khenchela est considérée comme un chef de file dans le département du bois, car elle contient un important couvert forestier d'une superficie totale de plus de 146 303 hectares à travers 3 blocs forestiers importants, qui sont la forêt de Béni Melloul sur une superficie de 67 mille hectares, Ouled Yagoub d'une superficie de 27 mille hectares et la forêt de Béni Oudjana d'une superficie totale de plus de 33 mille hectares, offrant ensemble une capacité de production de matériaux bois estimée à un million et 120 mille mètres cubes, contribuant à environ 25% de la production nationale annuelle, avec une capacité de production supérieure à 50 000 mètres cubes par an. L'administration de ce département est placée sous la tutelle des services de l'Institution Régionale du Génie Rural qui a contractualisé avec plus de 80 établissements de reconstitution répartis sur 17 wilayas. Les installations de transformation du bois dans les municipalités de Bouhmama et M'sara bénéficient de la part du lion en termes de quantité de bois fourni, qui emploie plus de 45 établissements de fabrication, et la municipalité de Kais vient au centre, et la deuxième en termes de nombre d'entreprises de fabrication de bois avec 17 établissements, auxquels s'ajoutent d'autres établissements dans la commune de Khenchela (**Journal el-massa**).

1.3 Cadre géologique

Selon **Boubelli, 2009** la géologie de la zone d'étude est divisée en deux unités structurales principales : le Domaine tellien plissé au Nord et la Plate-forme saharienne au Sud, séparées par la Flexure Atlantique Sud. La zone d'étude est délimitée par les éléments suivants : l'Atlas tellien au Nord, les grandes plaines au centre et l'Atlas saharien au Sud, et elle appartient au domaine structural alpin. Il est caractérisé par une géologie complexe de terrains allochtones sur-poussants ; les formations géologiques sont principalement carbonatées et marneuses. D'après des travaux et des études régionales, des informations sur la géologie de la zone ont été identifiées, représentées par les formations quaternaires (bloc d'éboulis, calcaires), miocènes (conglomérats de marnes blanches, grès rouges) et crétacés (marnes et calcaires crayeux).

1.4 Lithologie

Au niveau lithologique, la zone de Khenchela présente une variété de faciès dont les plus représentatifs sont les suivants :

- **Les alluvions et sables:** Ces phases sont stables et se produisent principalement dans le nord du plateau, les terrasses alluviales d'El Meroudj et de l'oued Guergoub, et au sud des niveaux glaciaires dans les contreforts des Aurès-Némenchas et les basses plaines.
- **Les marnes :** Sont présentes tout le long de la vallée de l'Oued El Arab et sur la partie est de la wilaya, correspondant aux monts des Némenchas, Au niveau de ces derniers, qui sont dépourvus de végétation forestière.
- **Les calcaires et dolomies dures :** Formations à bonne résistance à l'érosion, les calcaires et dolomies dures sont présent sur la presque totalité du massif des Aurès et sur les reliefs du nord-est de la wilaya.
- **Les calcaires friables :** Peu répandus dans la wilaya, sont localisés principalement sur la bande médiane séparant le nord du sud de la région, et localement au nord, dans la zone des Garaets. Ces roches donnent naissance à des sols calcaires, de profondeur variable suivant leur position topographique, et riches en humus quand ils sont couverts de végétation forestière.
- **Le gypse :** Formation saline, le trias est essentiellement répandu sur les basses plaines sahariennes au sud de la wilaya. Par ailleurs, on le trouve localement au Nord de Khenchela, à l'est de Babar et au sud d'Oulad Rechache (**PDAU khenchela**).

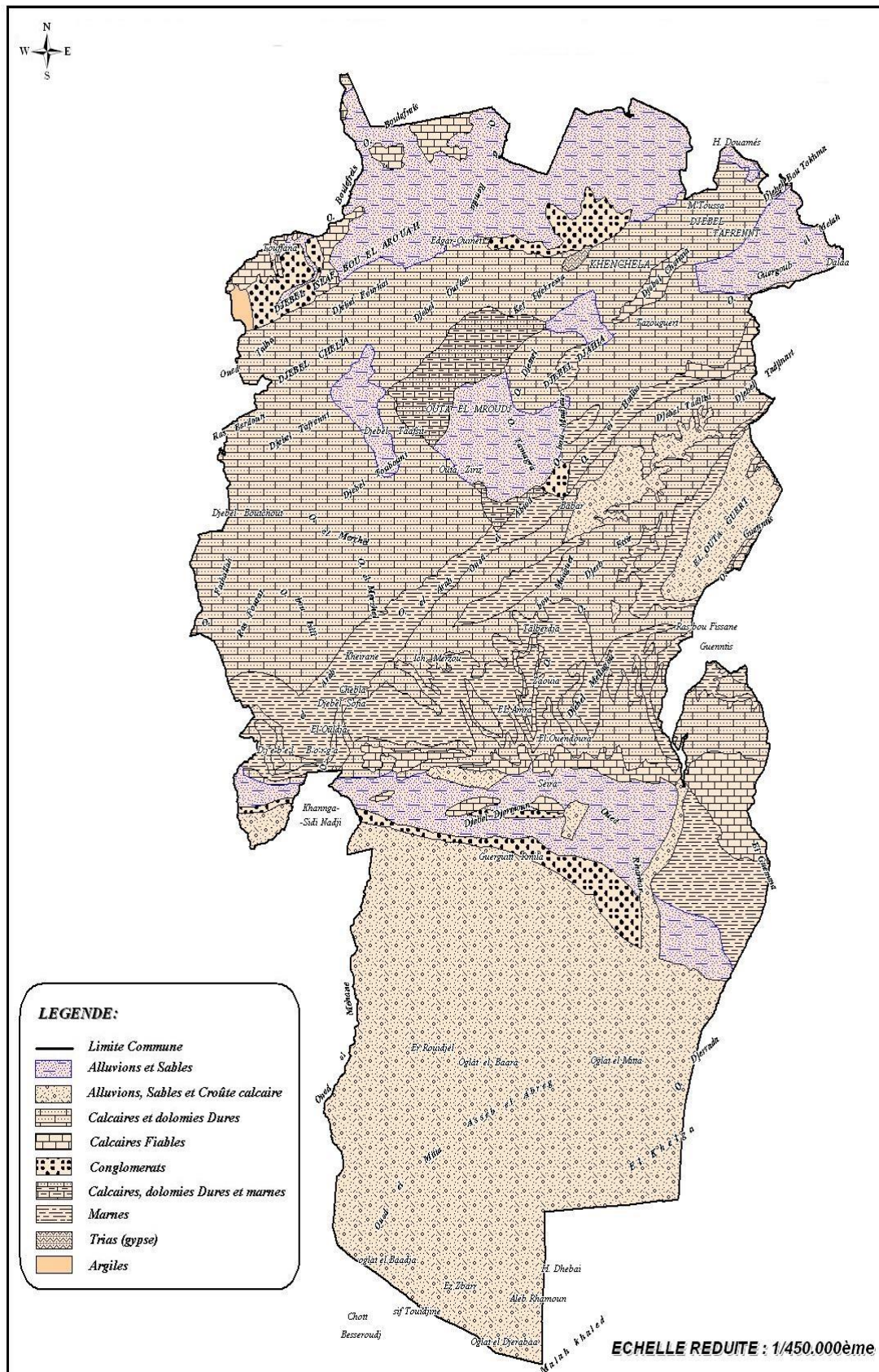


Figure 2: carte lithologique de kenchela (Source: PDAU kenchela).

1.5 Pédologie

Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du la wilaya, il en résulte a dénombré 8 classes de sols.

- ***Les sols calcaires humifères :***
Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres.
- ***Les sols insaturés humifères :***
rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.
- ***Les sols calciques :***
rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Kenchela à Fais en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Kenchela.
- ***Les sols éoliens d'ablation :***
rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Nementchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.
- ***Les sols éoliens d'accumulation :***
localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux).
- ***Les sols alluviaux basiques :***
Ces sols sont localisés sur des zones où la pente devient plus douce. on les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gâaret et Tarf, cuvette du bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouhmama et de la plaine de Guentis.
- ***Les sols salins ou solontchak :***
sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoreïque ou de la présence de roches gypse (roche saline).
- ***Les roches mères :***
résultat d'une érosion intense due à une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nementchas (**Boumaiza, 2012**).

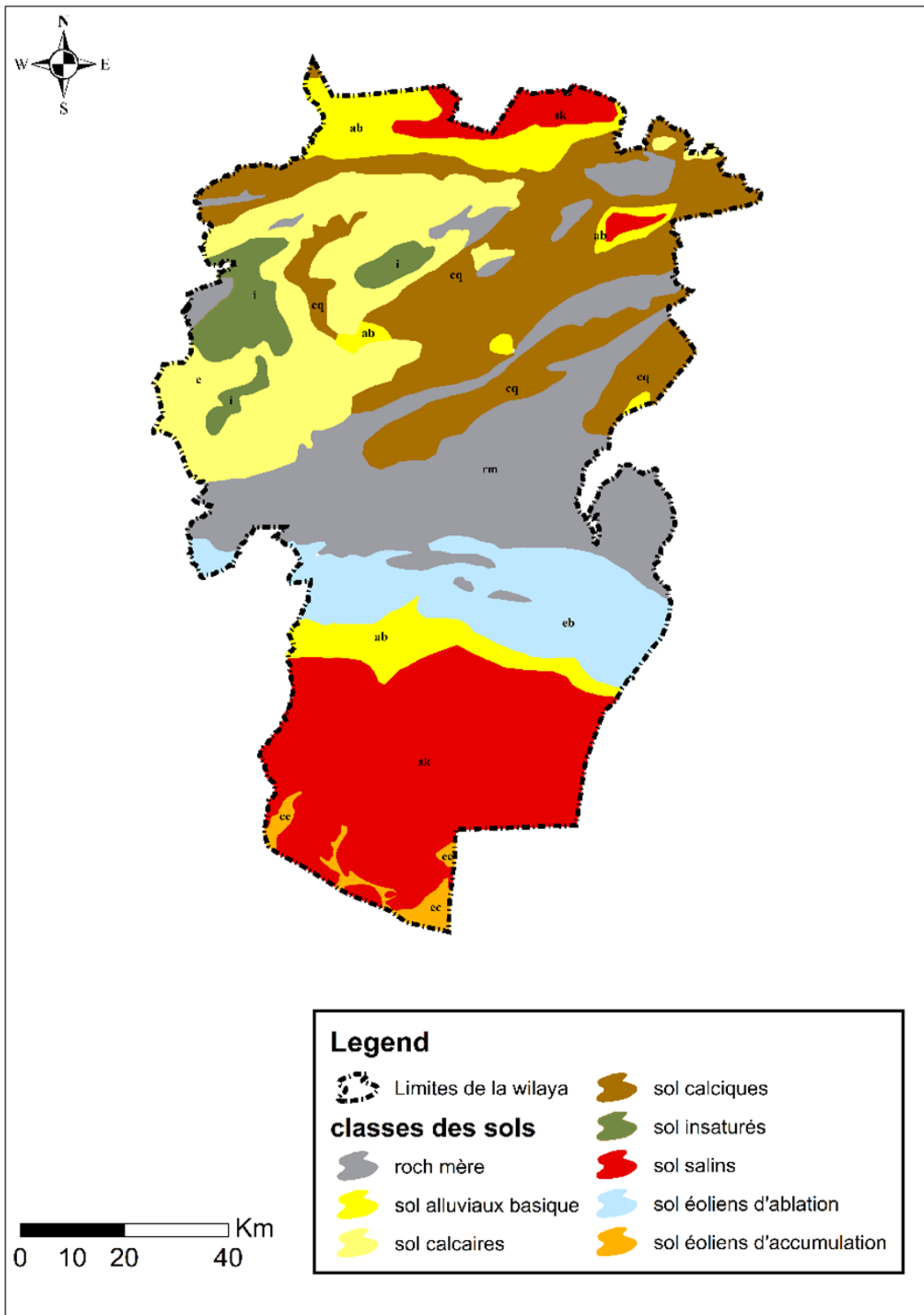


Figure 3: carte des sols de kenchela (géoréférencement par nous).

1.6 Géomorphologie

La structure physique de la Wilaya de Kenchela est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles distinctes:

- Les hautes plaines du nord;
- La zone montagneuse qui occupe les parties centrales ouest de la wilaya;
- Les parcours steppiques et sahariens qui couvre la moitié sud de la wilaya.

1.6.1 Le relief

Le relief est la résultante de la combinaison entre les altitudes et les pentes, la wilaya de Kenchela est caractérisée par quatre grands ensembles géographiques:

A. Les montagnes (35% de la superficie de la wilaya)

A l'Ouest de la wilaya se trouvent les plus hautes montagnes du massif des Aurès (avec le mont Chelia à 2328m), dans la zone centrale les monts des Nememcha et, au Nord-est les montagnes de Tafrent (Ain Touila).

B. Les plateaux :

Au Nord-est (Mahmel et Ouled Rechache).

C. Les plaines

La plaine de Remila au Nord, les hautes plaines de Bouhmama et M'toussa à l'Ouest.

D. Les parcours steppiques, sahariens et les chotts

Au Sud, occupant près de la moitié de la superficie de la wilaya (49%), ils sont constitués en grande partie de terres sablonneuses avec, à l'extrême Sud, des dépressions (Chotts) et une zone dunaire (**Boukhechem, 2010**).

1.6.2 La pente

Selon MATET (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme) le territoire de la wilaya est compris 4 classes des pentes

- Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5% : Cette classe occupe une superficie totale de 422 500 ha, ce qui représente 44,14 % du territoire de la wilaya. Elle correspond aux hautes plaines du Nord, les vallées et les replats, ainsi que la basse cuvette du Sahara.
- Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5% : Occupe une superficie totale de 216 977 ha, ce qui représente 22,67 % du territoire de la région, présente une pente modérée correspond généralement aux terres de bas piémonts.

- Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25% : Elle occupe une superficie totale de 151 712 ha, ce qui représente 15,85 % du territoire de la région, présente une pente relativement importante. Elle correspond aux piémonts et l'écoulement des eaux est très important, et cause souvent des dégâts considérables (érosion).
- Classe 4 : pente supérieure à 25% : C'est une classe qui présente une pente excessivement marquée, elle correspond en général aux territoires de haute montagne. Elle occupe une superficie totale de 166 061ha, ce qui représente 17,35 % du territoire de la wilaya.

1.6.3 Les altitudes

Selon **Khabtane, 2015** la wilaya de Kenchela se caractérise par des altitudes oscillent entre moins 26 m au-dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au sud-est de la wilaya) et 2169 m au-dessus du niveau de la mer (Djebel Chélia) sur les monts des Aurès au nord-ouest de la wilaya.

Généralement, on relève cinq domaines à altitudes différenciées :

- Le domaine montagneux des Aurès, au Nord-Ouest, qui se distingue par ses altitudes très élevées, où l'on dénombre de nombreux sommets dépassant les 1500 m : Djebel Chélia (2169 m); successions de monts atteignant 1623 à 2113 m sur la chaîne montagneuse du Djebel Tafrent ; Djebel Fourhal (1698 m), etc... ;
- Le domaine montagneux des Nemenchas, à l'est, dont l'altitude oscille entre 600 m et 1400 m, avec toutefois quelques sommets avoisinant les 1600 m (versant nord d'El Outa Guert);
- Le domaine des hautes plaines au nord, dont l'altitude oscille généralement entre 800 et 1000m ;
- Le domaine des piémonts des Némemchas, dont l'altitude oscille entre 200 et 600 m ;
- Le domaine des basses plaines sahariennes, dont l'altitude se situe entre moins 26 m (bordure de Chott Melghir) et 200 m (piémonts des Nemenchas).

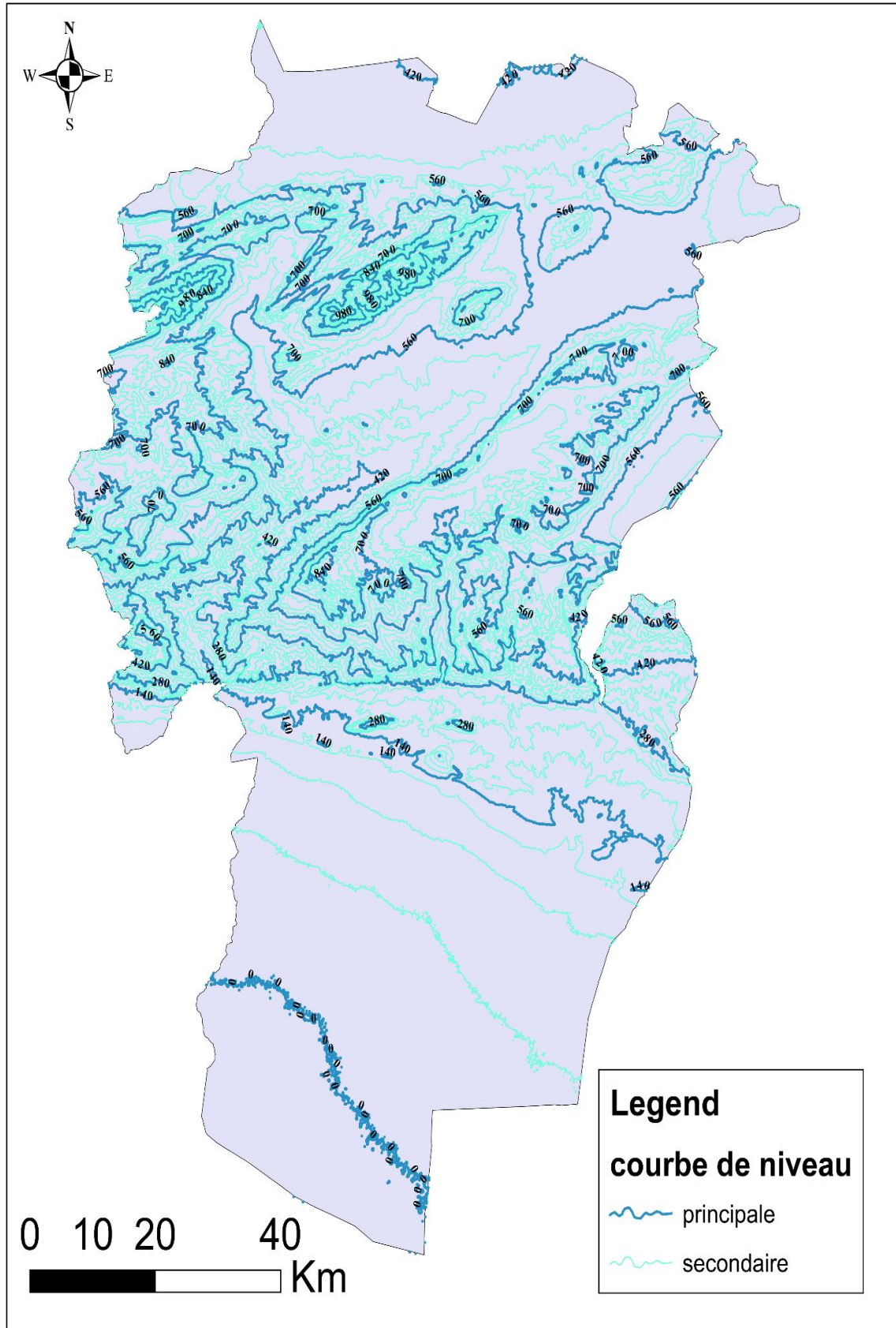


Figure 4: carte hypsométrique de kenchela (d'après nous).

1.7 Climate

De par sa situation géographique et l'hétérogénéité du relief, la région présente des caractéristiques climatiques transitoires, allant d'un climat semi-aride sur les hautes terres au nord, continental sur la région montagneuse au centre et désertique aride au sud. Les températures annuelles varient de 45°C le jour à -5°C la nuit, et les précipitations annuelles varient d'environ 200 mm dans le sud à des niveaux de 700 à 1200 mm dans certaines régions du nord (**Chenaker, 2022**).

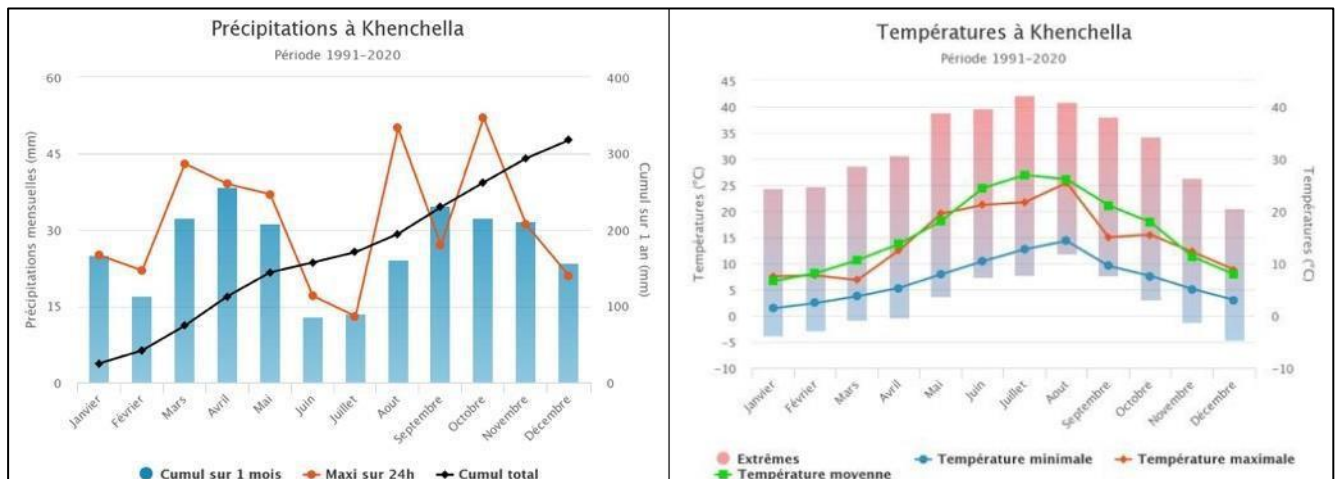


Figure 5: présentation des données climatiques de kenchela (1991-2020).

1.8 Hydrographie

Le territoire de la wilaya de Khenchela est drainé par un réseau hydrographique assez dense. La majorité des oueds sont endoréiques. IL est caractérisé par deux principaux drainages:

- Au Nord vers le Chott de Guerra et-Taraf (Oued Baghai, Oued. Kais., Oued Boulefraï, Oued Tamza etc....)
- Au Sud vers le Chott Melghir, et composé de trois bassins versant essentiels:
 - Bassin de Oued El- Ma.
 - Bassin de Oued El-Areb.
 - Bassin de Oued Beni Barber (**DRE Khenchela**).

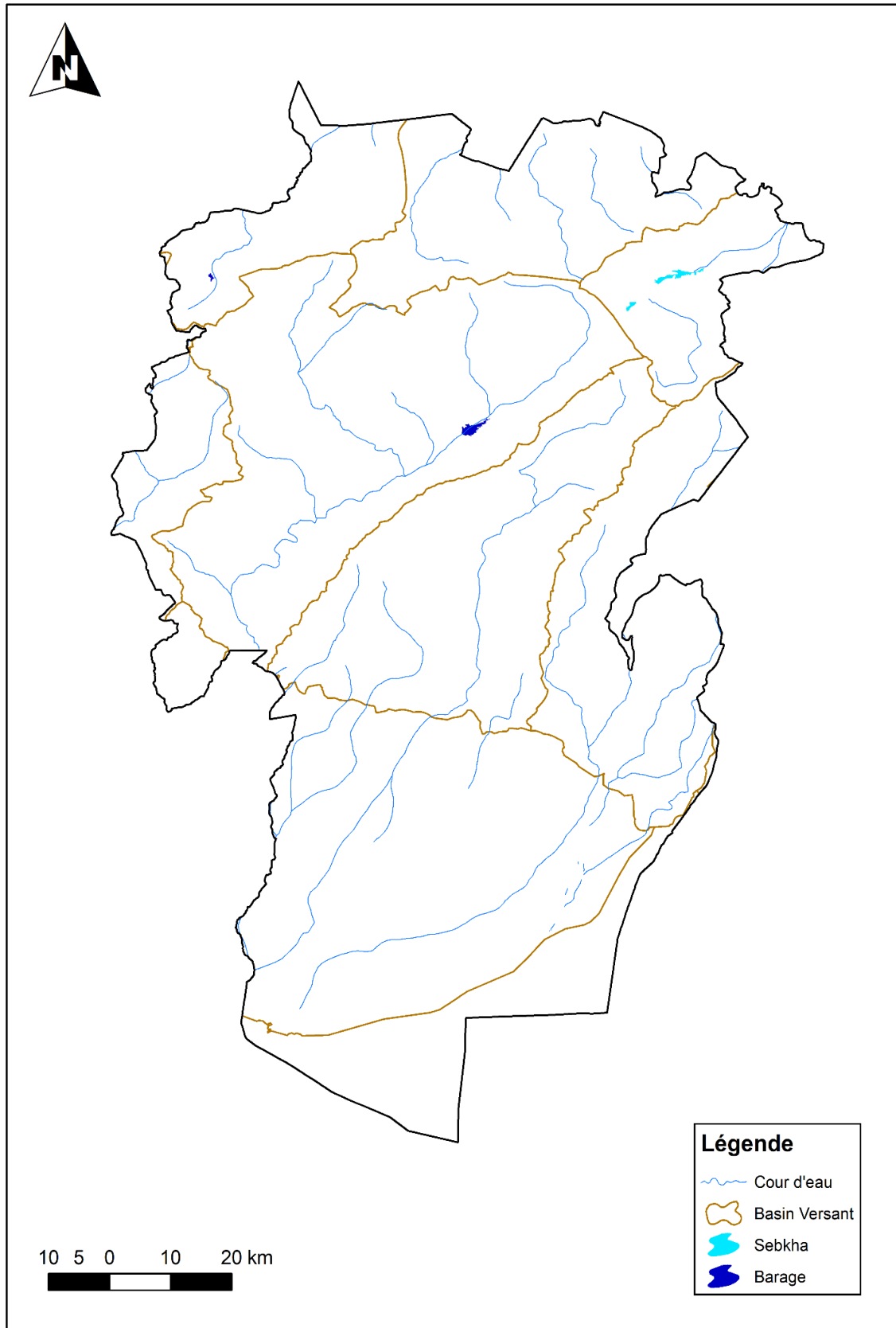


Figure 6: carte hydrographique de kenchela (d'après nous).

1.9 La végétation

La couverture végétale de la wilaya est caractérisée par trois (03) strates : Arbres, arbustes et plantes pérennes.

- A l'exception des plaines du Nord le type de végétation naturelle se compose essentiellement d'Armoise (Chih), Artemesia (Helba, Alba), Guettaf (Atriplex), salsola et jujubier.
- Les zones Nord-Ouest, se compose par des forêts de Cèdre, pin d'Alep et chêne vert. On y trouve aussi du Cyprés, du pin noir, du frêne et, l'alfa, l'armoïse, jujubier, R'Tem, acacia, genévrier, romarin.
- A l'Est, les montagnes de Nememcha est formée par les parcours steppiques et sahariens, les principales espèces rencontrées sont : Tarfa (tamarix), R'tem (Ratama), Accacia , Salsola, Guetaf (Atriplex) et Sparth (**Conservation des forêts Khenchela, 2010**).

1.10 La richesse floristique

En l'absence de données récentes sur les espèces forestières et la superficie qu'elles occupent, notamment après les incendies auxquels la zone a été exposée, nous avons eu recours à des données anciennes.

La wilaya de Khenchela dispose d'un important couvert végétal occupe une superficie de 128.898 ha, regroupant plusieurs associations végétales naturelles, réparties sur trois principaux massifs : les Beni-Imloul, les Beni-Oudjana, et les Ouled Yagoub. Les essences principales qui y dominent dans la forêt de khenchela sont : le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill), le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M), le chêne vert (*Quercus ilex*) ; le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*). Il y a aussi des essences secondaires telles que : L'if (*Taxus baccata*) ; le sorbier (*Sorbus aria*) ; l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) ; le frêne dimorphe (*Fraxinus dimorpha*) ; le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) (**B.N.E.F, 2004**).

i. La forêt des Béni Oudjana

La forêt de Beni Oudjana qui fait partie d'une zone forestière et pastorale du Massif des Aurès (Est algérien). Ce massif forestier est composé de plusieurs essences résineuses et feuillues, à savoir le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), chêne vert (*Quercus ilex* L.), genévrier cade (*Juniperus oxycedrus* L.), genévrier phénicien (*Juniperus phoenicea* L.), cèdre atlas

(*Cedrus atlantica*), pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.), étroit faux troène à feuilles (*Phillyrea angustifolia* L.) et romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) (**Hani et al, 2020**).

Elle se situe sur le territoire des communes de Taouzient, Yabous, Chélia, occupant une superficie de 40.000 ha, sur des reliefs caractérisés par des altitudes très diverses allant de 1000 jusqu'à 2328 m (Ras Keltoume au Chélia) (**Delartigue, 1904**).

ii. La forêt des Béni Melloul (Mont Chélia)

La montagne Chélia à 2326 m d'altitude et s'étendant sur une superficie de 8.832 ha. Il se situe au nord du massif de Béni Melloul qui est couvert de Cèdre, le Chêne vert, le pin d'Alep, le Sorbier, le Frêne et le Genévrier oxycèdre (**Ouanassi et Salhi, 2021**).

iii. La forêt des Ouled Yagoub

Avec une superficie de 22000 ha la forêt d'Oulad Yagoub est l'une des plus importantes en Algérie, et constitue une réserve forestière importante dans le massif des Aurès. (**Ouanassi et Salhi, 2021**)

Tableau 2: Répartition de la superficie forestière par massif forestier (Anonyme, 2017).

Nom du massif	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)	Caractéristiques
Massif des Béni Melloul	67 655	46	pin d'Alep, chêne vert, Genévrier oxycèdre et phoenicie
Massif des Béni Oudjana	40 000	27	pin d'Alep et Cèdre de l'atlas, chêne vert, Genévrier oxycèdre et phoenicie, ...
Massif des Ouled Yagoub	21 666	15	pin d'Alep et Cèdre de l'atlas, chêne vert, Genévrier oxycèdre et phoenicie, ...
Reboisement (Barrage vert)	16 982	12	Pin d'Alep

Tableau 3: Répartition de la superficie forestière par commune (Source: DGF 2010).

Commune	Superficies en (ha)	Essences principales
Kenchela	780	Pin d'Alep + Chêne vert
El Hamma	3.488	Pin d'Alep + Chêne vert
Ensigna	1.176	Pin d'Alep
Tamza	22.101	Pin d'Alep+ Chêne vert+Cèdre
Kais	792	Pin d'Alep
Taouzient	4.460	Pin d'Alep+ Chêne vert
Bouhmama	26.194	Pin d'Alep+ Chêne vert
Yabous	7.349	Pin d'Alep+ Chêne vert+Cèdre
Chélia	7.305	Pin d'Alep+Chêne vert +Cèdre
M'Sara	44.230	Pin d'Alep+ Chêne vert

Chapitre 02 : Matériel et méthode

Chapitre 02 : Matériel et méthode

2.1 Système d'information géographique (SIG)

2.1.1 Définition du SIG

Le SIG est l'ensemble des matériels et logiciels informatiques ainsi que des données géographiques avec lesquels les utilisateurs interagissent pour intégrer, analyser et visualiser les données, identifier les relations, les schémas et les tendances et trouver des solutions aux problèmes par exemple les feux des forêts (ESRI, 2004).

Un SIG est constitué de cinq composants majeurs ci-dessous:

- Les utilisateurs : spécialiste en géomatique, hydrologie, géographe...
- Méthodes et savoir-faire: méthodes de collecte de données, de structuration et d'entreposage, analyse des données...
- Les données: les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.
- Le matériel : les ordinateurs, serveur, tablette électronique...
- Les logiciels : ArcGIS, QGIS, MapInfo, ERDAS...etc.

2.1.2 Présentation d'ArcGIS

ArcGIS est un système complet (série des programmes et des outils logiciels) qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs de bureau. Le logiciel se comprend trois applications intégrées les uns avec les autres :

- ArcMap : représente les informations géographiques sous forme d'un ensemble de couches et les autres éléments sous forme d'une vue de carte.
- ArcCatalog : vous aide à organiser, travailler avec et gérer les informations géographiques dans les espaces de travail. Les espaces de travail vous permettent d'organiser et de partager des ensembles logiques d'informations SIG.

- ArcScene : est une application de visualisation 3D qui vous permet de consulter vos données SIG en trois dimensions. ArcScene vous permet de superposer un grand nombre de couches de données dans un environnement 3D (**ESRI**).

2.2 Télédétection

2.2.1 Concept de la télédétection

La télédétection « remote sensing », est un ensemble de techniques permettant de mesurer à distance (c'est-à-dire sans contact) des grandeurs physiques caractéristiques des objets ou des phénomènes étudiés, concerne essentiellement les techniques mises en œuvre pour l'observation de la surface de la Terre et d'autres planètes. Ces systèmes nécessitent l'utilisation de capteurs qui sont embarqués sur des ballons, des avions, des navettes ou des satellites. Il repose essentiellement la mesure du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par les objets (**universalis.fr**). La télédétection englobe les connaissances et les techniques utilisées pour évaluer les propriétés physiques et biologiques des objets à distance, sans interaction matérielle directe avec ces derniers (**Thomas, 2007**). Son but est de collecter des informations sur les paysages en utilisant le rayonnement électromagnétique comme moyen de transmission de ces données (**Boucekara et Darabid, 2013**).

2.2.2 Domaines d'application de la télédétection

Parmi les domaines d'applications de la télédétection on peut citer ce qui suit dans le tableau suivant (**Sitayeb & Hamadene, 2018**).

Tableau 4: Exemples des domaines d'application de la télédétection.

Domaines	Exemples d'applications
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie...
Météorologie	Vitesse des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages...
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans, Feux de forêts...
Hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau...

2.2.3 Les indices de végétation

La télédétection de la végétation repose sur la forte absorption du rayonnement rouge par les végétaux verts, alors qu'ils réfléchissent la lumière solaire dans les longueurs d'onde correspondant au proche-infrarouge. Des relations ont été mises en évidence entre la quantité de biomasse aérienne (taux de couverture végétation) et différents rapports des données de ces canaux (rouge et proche-infrarouge) (**Escadafal et Huet, 1990**).

Les indices de végétation permettent de relier des valeurs de réflectance à des caractéristiques physicochimiques des plantes. La plupart des indices de végétation sont obtenus par des combinaisons arithmétiques de bandes spectrales dans le visible et le proche-infrarouge. Les plus performants sont ceux calculés à partir de données acquises par des capteurs hyperspectraux et ou obtenus par différence normalisée des bandes spectrales (**Albetis De La Cruz, 2018**).

2.2.3.1 Différents types d'indice de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés. On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux (**Hamdi & Boulhendi, 2020**).

La figure ci-dessous résume quelques-uns des indices de végétation les plus couramment utilisés :

Les indices simples	
$DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$	Difference Vegetation Index
$RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$	Ratio Vegetation Index
$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$	Normalized Difference Vegetation Index
Les indices prenant en compte le stress hydrique	
$NDWI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{PIR} + \rho_{MIR}}$	Normalized Difference Water Index
$MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{PIR}}$	Moisture Stress Index
Les indices prenant en compte l'influence des sols	
$PVI = \frac{1}{\sqrt{a^2 + 1}}(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)$	Perpendicular Vegetation Index
$SAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Soil Adjusted Vegetation Index
$TSAVI = \frac{a(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)}{\rho_R + \rho_{PIR} - ab + 0.08(1 + a^2)}$	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index
$MSAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Modified Soil Adjusted Vegetation Index
Les indices prenant en compte les effets de l'atmosphère	
$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho_{rouge} - 0.25}{1 - \rho_{rouge}}$	Global Environment Monitoring Index
$ARVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{rb}}{\rho_{PIR} + \rho_{rb}}$	Atmospherically Resistant Vegetation Index
Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère	
$EVI = G \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + C_1\rho_R - C_2\rho_B + L}$	Enhanced Vegetation Index

Figure 7: Les grandes familles des indices de végétation (source : cours.univ-paris1.fr)

2.2.3.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Le principe de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) repose sur l'utilisation de mesures de réflectance dans le domaine du rayonnement électromagnétique, notamment dans les bandes du rouge et du proche infrarouge (Robin, 2002). L'aspect captivant de l'utilisation de ces bandes est qu'elles offrent un contraste optique élevé entre la roche et la végétation. Ce contraste est précieux pour estimer la proportion de végétation (Baret et al., 1995).

Le NDVI est calculé en soustrayant la réflectance dans le proche infrarouge de la réflectance dans le rouge, puis en divisant cette différence par leur somme (Beck et al., 2006). Le NDVI est utilisé pour évaluer la densité et la vigueur de la végétation, car il est sensible à la quantité de chlorophylle présente dans les plantes. (Calloz et Collet, 2001). Des valeurs

élevées de NDVI indiquent une végétation dense et saine, tandis que des valeurs faibles sont associées à une végétation plus clairsemée ou stressée.

Nous avons choisi le NDVI car il est largement utilisé dans la télédétection et la cartographie des terres pour surveiller les changements de la couverture végétale, la santé des cultures, la dégradation des sols et d'autres phénomènes liés à la végétation.

2.3 Approche méthodologique

Notre approche méthodologique est basée sur des techniques de classification d'imagerie disponibles de télédétection liées à la cartographie de la végétation ont été introduits (traitement, analyse). La méthodologie appliquée était semiautomatique, utilisant différentes étapes dans le traitement et classification d'images par le biais d'un logiciel ArcGIS 10.8.

2.4 Collectes des données (Images satellitaires)

Notre étude vise à cartographier la biomasse forestière à Khenchela. Il s'agit donc de caractériser la superficie du couvert forestier et les graminées ne seront pas présentées de manière significative. Il faut donc choisir les dates d'acquisition des images lorsque la végétation est plus verte pour la détecter sans oublier la disponibilité de ces images.

En effet, notre sélection d'images satellitaires s'est concentrée sur des images prises en période (23 à 25/03/2023) dans le but de réduire l'influence de l'atmosphère (nuage) sur la qualité des images. Les images utilisées dans notre étude, sont collectés au prié de site USGS spécialisé dans l'étude spatiale et le suivi des changements environnementales, qui mettre en libre disponibilité des cartes et des images satellitaires de Landsat -9- OLI, avec des résolutions de 30 m.

Chapitre 03 : Résultats et discussions

Chapitre 03 : Résultats et discussions

3.1 Occupation du sol

Les cartes d'occupation du sol représentent des informations spatiales sur différentes classes d'occupation physique de la surface de la Terre, par exemple les forêts, les terres cultivées et les plans d'eau, et permettent de comparer l'évolution des classes au fil des ans.

D'après les données de ESRI land cover 2022-2023, nous avons fait une carte d'occupation du sol wilaya de khenchela (figure 09), les dites données sont illustrées dans les graphiques ci-dessous (figure 08).

En analysant l'image satellite de ESRI (avec une résolution de 30 mètres), nous constatons la présence de six catégories d'occupation des terres, à savoir : Eau occuper 1%, Zone urbain 2%, Arbres 5%, Cultures 12%, Sol nu 26% et Parcours 54%.

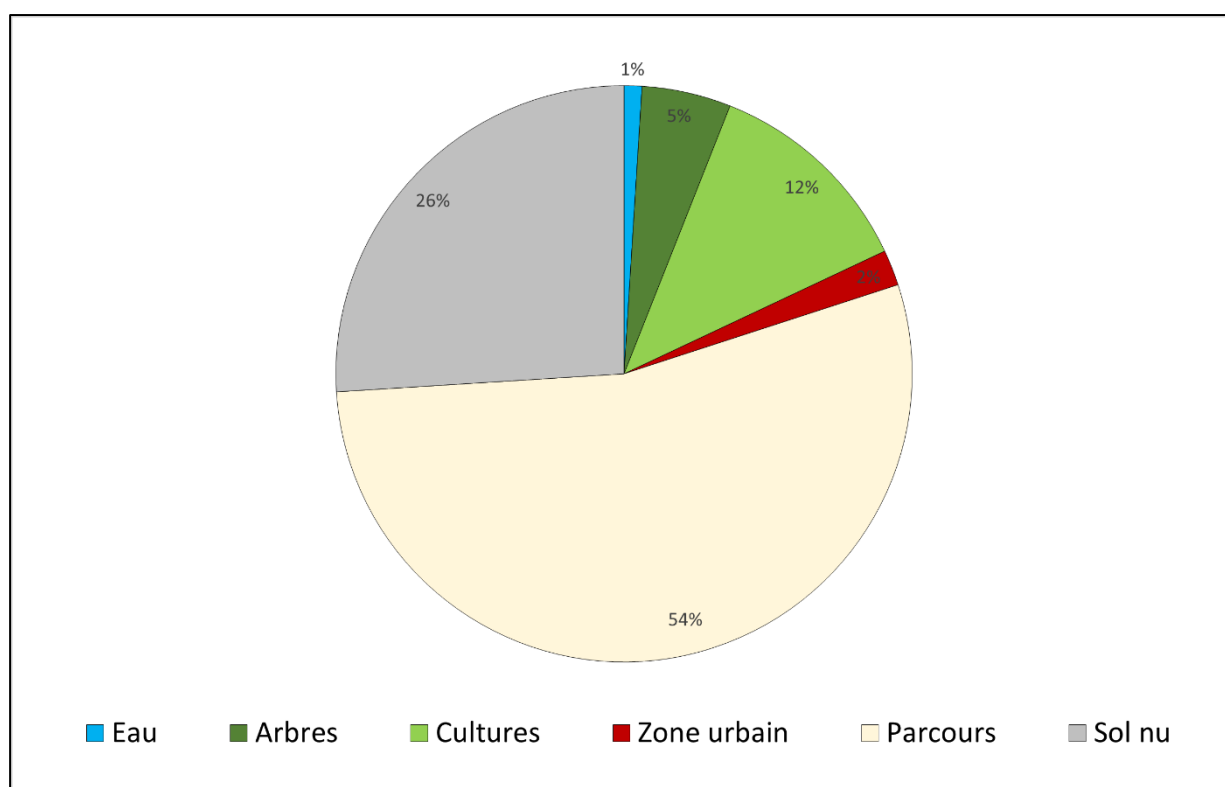


Figure 8: les pourcentage des classes d'occupation.

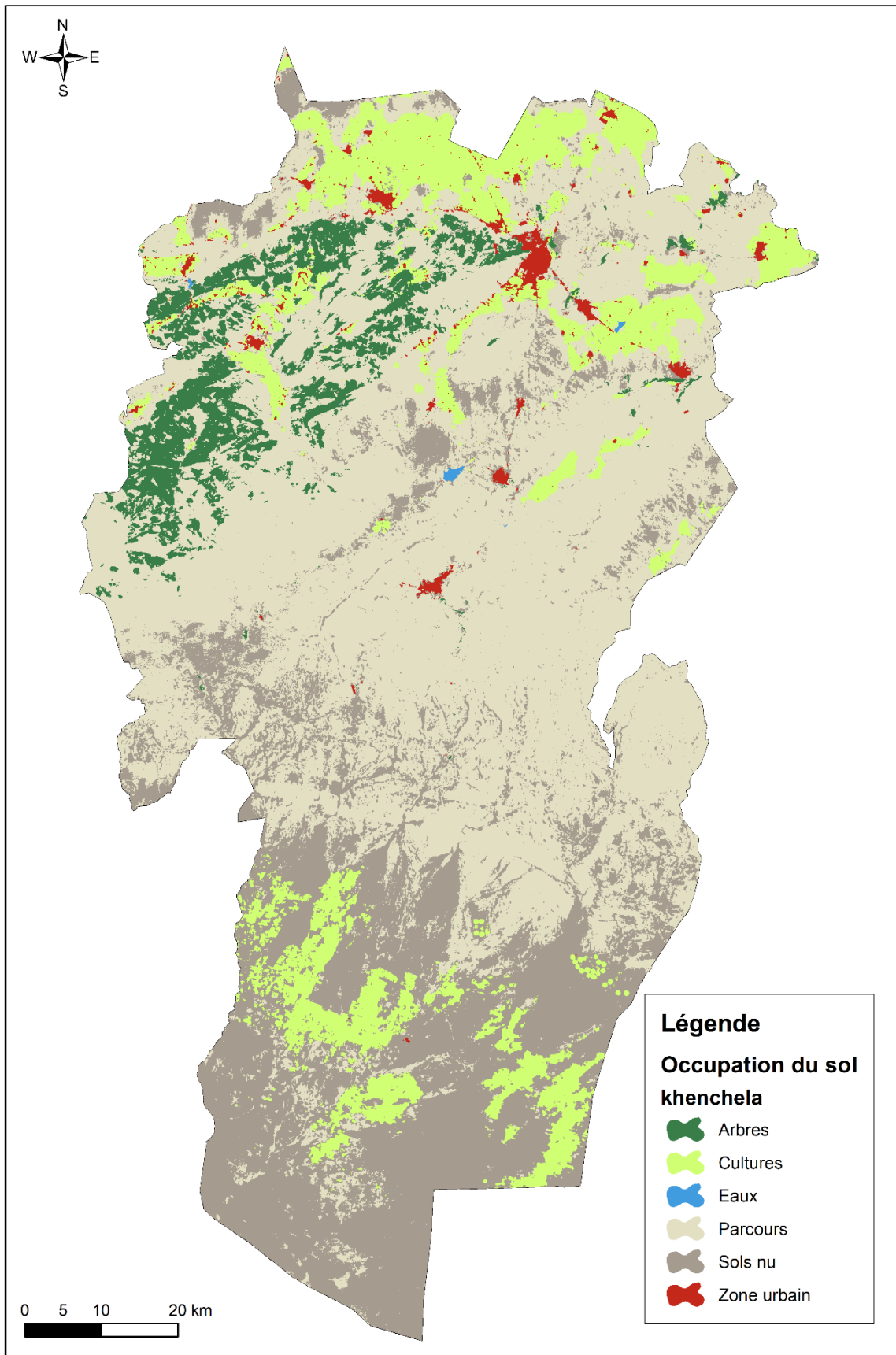


Figure 9: carte d'occupation du sol de khenchela.

3.2 Calcul des indices de végétation

$$NDVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red))$$

- NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge (bande 5)
- Red = valeurs de pixel du canal rouge (bande 4)

Les résultats du calcul de l'indice de végétation sont présentés dans la carte d'NDVI (figure 11), et le tableau 05.

Tableau 5: Les surfaces des types

	sol	foret	végétation	eau
surface (ha)	784733	143665	28260	325
pourcentage (%)	81	15	3	1

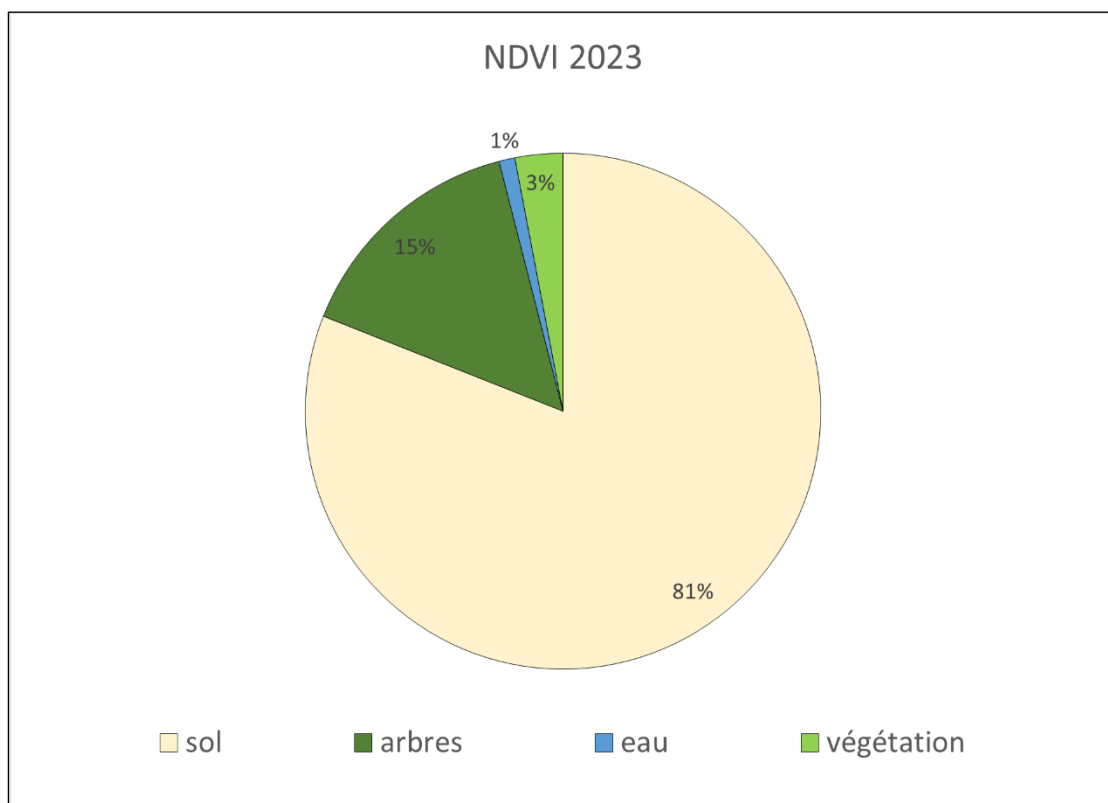


Figure 10: les pourcentage de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI).

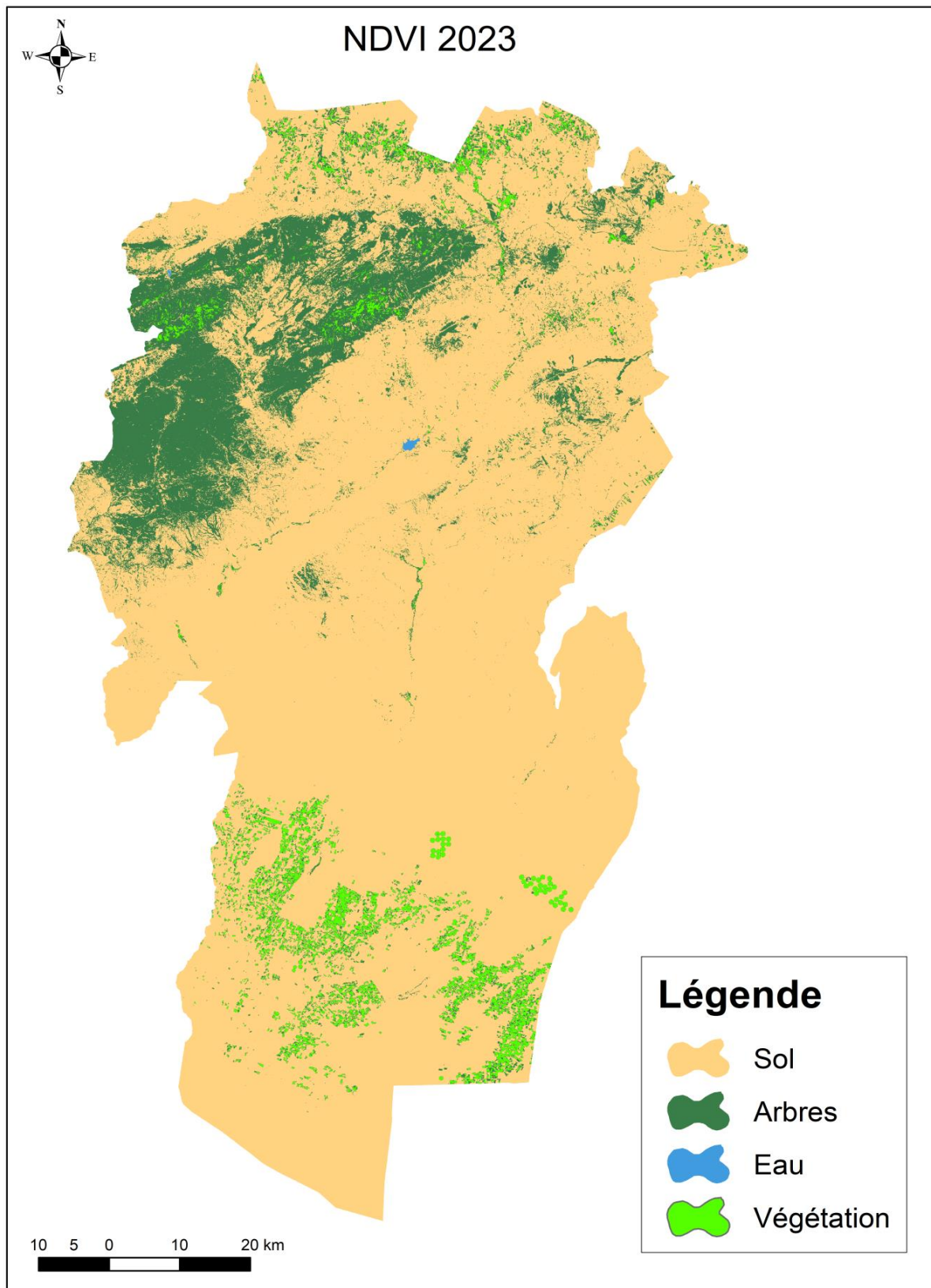


Figure 11: carte d'NDVI -2023- de khenchela.

Après avoir entré les informations nécessaires dans le logiciel ArcGIS et généré la carte à travailler, nous obtenons une gamme de valeurs comprises d'NDVI entre [-0,21 et 0,59], que nous avons divisée en 04 classe comme suit :

- [-0.21 _ 0] représente l'eau.
- [0 _ 0.10] représente le sol.
- [0.10 _ 0.28] représente les arbres.
- [0.28 _ 0.59] représente la végétation.

A l'utilisation de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) nous avons obtenus des pourcentages de présentation de chaque types la biomasse forestière présente 15% de la surface totale de la wilaya de Khenchela, d'autres végétation ne présentent que 3% de la surface de la wilaya.

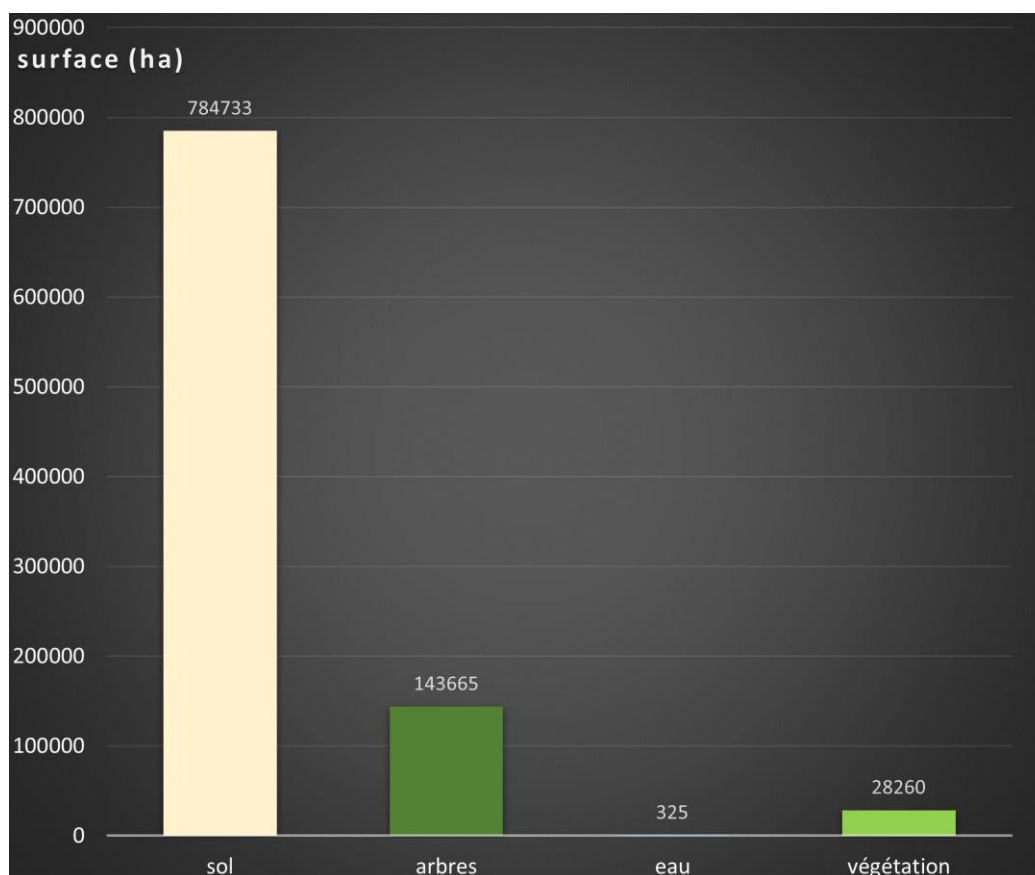


Figure 12: Présentation des surfaces a l'utilisation de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI).

Les valeurs obtenus des surfaces de chaque type d'occupation (figure 12) montrent que le sol nu prend la première place par une occupation de 784733ha et la deuxième c'est la forêt avec une surface de 143665ha, la végétation non forestière occupent une surface de 28260ha

au lieu que la présence des eaux de surface d'eau avec 325ha dans la wilaya et ce dernier c'explique par les précipitation dans le mois de Mars qui est l'un des mois secs dans l'année 2023.

Conclusion

L'occupation du sol est un indicateur qui donne un aperçu des types physiques qui couvrent la terre (forêts, eau, sol... etc).

L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est un indicateur largement reconnu et fréquemment utilisé dans des nombreuses études, démontrant une fois de plus sa fiabilité pour estimer la biomasse végétale.

Notre utilisation de l'indice de couverture terrestre (LC) et l'indice de végétation (NDVI) nous a donné un aperçu du pourcentage d'occupation des terres pour chaque type.

Conclusion Générale

La télédétection utilise des techniques en constante évolution dans un monde en mutation, et ses applications potentielles ne cessent de croître. De plus en plus de domaines sont découverts où elle peut avantageusement remplacer des méthodes traditionnelles bien établies.

L'objectif principal de cette étude était de tester l'application ArcGIS 10.8 de la télédétection à l'utilisation et plus particulièrement d'indice de végétation pour l'estimation de la biomasse forestière de la wilaya de Khenchela.

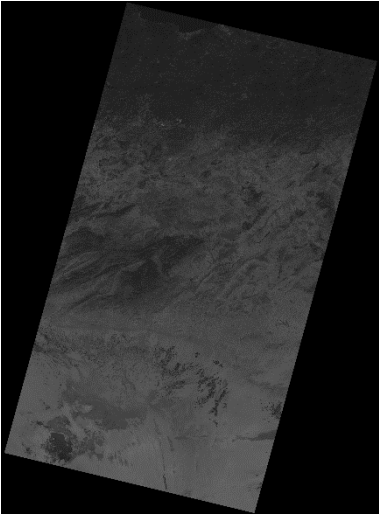
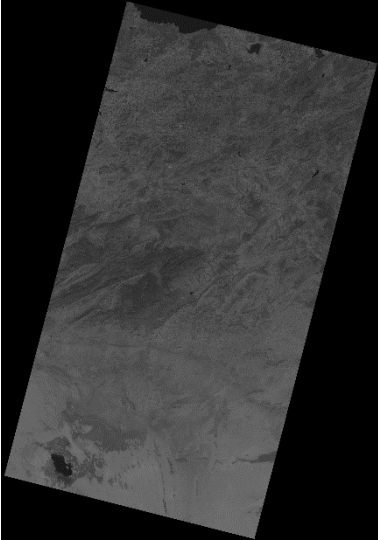
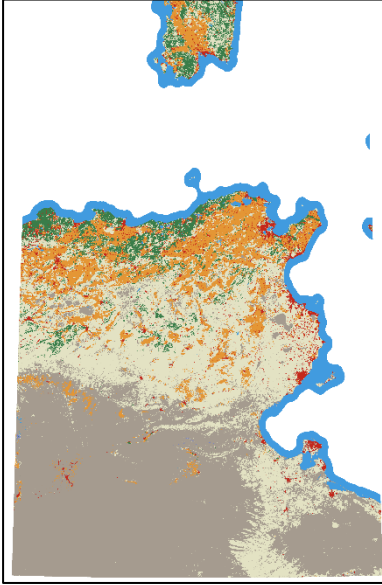
Les résultats obtenus montrent que la végétation dans la wilaya de Khenchela occupe 18% avec une surface de 171925ha, 15% de cette surface est une forêt avec une surface de 143665ha sur la surface totale de la wilaya.

En termes de perspectives et du point de vue fondamental, il serait pertinent :

- Utiliser les autres méthodes pour étudier les forêts en Algérie.
- Etudier l'indice de combustibilité a différentes méthodes

Annexe

Tableau 6: Les images satellites utilisées.

		
Image satellite (bande -04-)	Image satellite (bande -05-)	Données de ESRI lande cover 2022-2023

Références

- 1) Albetis De La Cruz J. L. (2018). *Potentiel des images multispectrales acquises par drone dans la détection des zones infectées par la flavescence dorée de la vigne* (Doctorat en Sciences de la Terre). Université Paul Sabatier - Toulouse III.
- 2) B.N.E.F, 2004. Plan d'aménagement des forêts d'Ouled Yagoub et Beni Ouadjana. Rapport de travail.
- 3) Baret F., Clevers J., Steven M. D. 1995. The robustness of canopy gap fraction estimations from red and near-infrared reflectances. A comparison of approaches. *Remote Sensing of Environment*. 141-151 p.
- 4) Beck P. S. A., Atzberger C., Hogda K. A., Johansen B., Skidmore A. K. 2006. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. *Remote Sensing of Environment*, 100(3). 321-334 p.
- 5) Boubelli, S. (2009). *Identification et mise en évidence des formations hydrogéologiques de la wilaya de Khenchela (Nord-Est algérien) Analyse et synthèse de données* (MAGISTER en Hydrogéologie). Université BADJI MOKHTAR -ANNABA-.
- 6) Bouchekara M. K., Darabid Dj. 2013. Extraction des différents indices de végétation à partir des images satellitaires. Mémoire de Licence en Informatique. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 58 p.
- 7) Boukhechem, R. (2010). *Expérimentation Participative et Adaptative de Modèles de Gestion des Ressources Forestières dans la Chaîne Montagneuse de l'Atlas (Algérie, Maroc, Tunisie) : zones forestières de Bouhmama et m'sara wilaya de khenchela, alger*. 39p.
- 8) Boumaiza, I. (2012). *Origine de la salinité et modélisation thermodynamiques des eaux souterraines de l'aquifère de Khenchela* (Magister en Ecologie et Environnement). Université ABBES LAGHROUR -KHENCHELA-.
- 9) Calloz R., Collet C. 2001. Précis de télédétection volume 3 : Traitements numériques d'images de télédétection. Sillery : Presses de l'Université du Québec. 386 p.
- 10) Chenaker, M. (2022). *L'impact du changement climatique sur les ressources en eau dans le nord-est de l'Algérie Caractéristiques hydrochimiques et évaluation de la qualité de l'eau Cas de : Province de Khenchela* (Master en Ecologie et Environnement). Université ABBES LAGHROUR -KHENCHELA-.

- 12) **CRTS**, Centre Royal des Techniques Spatiales, 2004. Programme APPUIT. Appui à la promotion de la télédétection au Maroc. Projet FORMA. Gestion de la forêt marocaine. Action : Suivi global de la végétation et de ses changements à l'échelle nationale. Rapport technique et scientifique
- 13) **D.S.I.S.P** : Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information, SERIE -B- 2019.
- 14) Delartiguel, T. (1904) : Monographie de l'Aurès, Constantine ,1904.
- 15) Escadafal A, Huete R. (1991). *Etude des propriétés spectrales des sols arides appliquées à l'amélioration des indices de végétation obtenus par télédétection*. R. E. Unité de télédétection, A. H. Department of Soil and Water Science, University of Arizona, Tucson, U.S.A.
- 16) H. Arid et al, (2005). *Télédétection spatiale et SIG pour la gestion intégrée des potentialités aquacoles* (Royal Center for Remote Sensing ; Institut National de Recherche Halieutique ; ACRI-st).
- 17) Hamdi Roufeida & Boulhendi Aymen. (2020). *Estimation par télédétection du biovolume végétal pour le calcul de l'indice de combustibilité : comparaison entre les différents indices de végétation, cas de la forêt de Chettabah (Constantine)* (Masterr en Ecologie et Environnement). Université DES FRERES MENTOURI - CONSTANTINE-.
- 18) Hani I, Rached-Kanouni M, H Khamar, M Ammar, (2020). *Etude de la dynamique des peuplements naturels de Pinus halepensis dans la forêt de Beni Oudjana (Khenchela, Algérie)*. Écologie, environnement et conservation.
- 19) <https://earth.google.com/>
- 20) <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 21) Jean-Marie LAMACHERE, Christian PUECH. (1995). *TELEDETECTION ET CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE*. Montpellier -France-.
- 22) Khaldoun Latifa. (2015). *Recherches phréatobiologiques dans la région de Khenchela (Sud Est Algérien) : Qualité de l'eau des puits, Biodiversité, Écologie et Biogéographie des espèces stygobies* (Doctorat en Hydrobiologie). Université LARBI BEN M'HIDI -OUM EL BOUAGHI-.
- 23) Khenchela contribue à hauteur de 25 % à la production nationale de bois. (2018, 8 novembre). *el-massa*. <https://www.el-massa.com/dz/>.
- 24) Lakhzoume, N & Sahraoui, Z. (2020). *Délimitation des zones potentielles d'eaux souterraines par l'utilisation de télédétection, SIG et processus multicritères d'aide*

- à la décision AHP cas du bassin versant Gareat El Tarf 2020 (Masterr en Ecologie et Environnement). Université ABBES LAGHROUR -KHENCHELA-.
- 25) *Les indices prenant en compte la température de surface*. (s. d.-b). <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/indices-temperature-surface.html>.
- 26) *Logiciel de cartographie SIG, intelligence géographique et analyse spatiale* | Esri. (s. d.). Esri. <https://www.esri.com/fr-fr/home>.
- 27) Louni Djallil. (1994). Les forêts algériennes. Forêt méditerranéenne, 59-63.
- 28) OUANASSI, M & SALHI, M. (2021). *Etude de la possibilité d'une éventuelle réhabilitation et mise en eau dans le barrage de Foum El Geuiss, Kais, wilaya de Khenchela (N, E Algérien)* (Master en Géologie de l'ingénieur et géotechnique). Université LARBI TEBESSI -TEBESSA-
- 29) **PDAU** : Plan Directeur D'aménagement et D'urbanisme -khenchela-.
- 31) Robin M. 2002. Télédétection des satellites aux SIG. Paris. Nathan, 2e édition. 318 p.
- 32) Sitayeb Aicha & Hamadene Imane. (2018). *Cartographie et analyse spatiale de la dynamique de l'occupation du sol dans la commune de Mohammadia* (MASTER en AGRONOMIE). Université ABDELHAMID IBN BADIS -MOSTAGANEM-.
- 34) Thomas M. 2007. Apport de la télédétection dans la compréhension de la dynamique des rivières en tresses. Mémoire de Master 2, Université de Rennes, 53 p.
- 35) Universalis, E. (s. d.-b). *TÉLÉDÉTECTION* - *Encyclopædia Universalis*. Universalis. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/teledetection/>.