

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعيدة الدكتور مولاي الطاهر

Université de Saida Dr MOULAY Tahar



كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la nature et de la Vie

قسم الفلاحة وعلوم التغذية

Département d'Agronomie et sciences de la Nutrition

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

Contribution à l'étude de la dynamique de la couverture forestière de la zone de SAIDA

Présenté par :

- Me. BOULALI Mebarka
- Me. FEDLAOUI Ahlem

Soutenu le : 24/06/2025

Devant le jury composé de :

Président	Mr. NASRALLAH Yahia
Encadreur	Mr. SITAYEB Tayeb
Examineur	Mr. BELHADI Abdelkader

Année universitaire 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Nos Remerciements vont tout premièrement, à Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage pour réaliser ce travail.

الحمد لله العلي القدير على منحنا الشجاعة والصبر لتحقيق هذا العمل المتواضع

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr **SI TAYEB Tayeb**, un remerciement spécial pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, son aide et ses conseils pour élaborer ce travail.

Nos sincères remerciements à tous les membres du jury : Mr **Nasrallah Yahia** et Mr **Belhadi Abdelkader**, qui nous ont fait l'honneur d'avoir accepté d'examiner et évaluer notre modeste travail.

En fin toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire soit sincèrement remerciée ainsi que les enseignants qui ont partagés avec nous à tous les moments de notre chemin d'étude.





Dédicaces

Je dédie d'abord ce travail

De Boulali Mebarka

A ma chère maman que je ne pourrai jamais assez remercier
pour son soutien moral, son amour et son affection.

De Fedlaoui Ahlem

A mes chers parents, à mes sœurs et à mon frère à qui je n'ai
jamais eu à exprimer mon amour.

À tous mes professeurs

À tous ceux que nous aimons et qui nous aiment et ceux qui ont
veillé de près Ou loin à l'achèvement de ce travail



Résumé

La dégradation de la végétation est un phénomène courant, souvent lié aux activités humaines (déforestation, surpâturage) et aux changements climatiques (sécheresse, augmentation des températures).

L'étude de la dynamique de la couverture forestière dans la zone méditerranéenne semi-aride de Saida, vise à comprendre comment les écosystèmes forestiers évoluent face aux pressions environnementales et humaines.

L'analyse repose sur l'utilisation d'images satellites, comme celles de Landsat, pour évaluer la variation de la végétation au fil des années à l'aide d'indices tels que l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI). En observant les changements entre les différentes périodes (ex. **1990, 2000, 2013, 2020 et 2024**), on peut quantifier la perte ou le gain de couverture forestière. Dans des zones semi-arides, cette approche permet de mettre en lumière des tendances de dégradation et de guider des politiques de gestion durable et de restauration des forêts pour préserver les ressources naturelles et la biodiversité.

Les résultats illustrant l'impact des conditions climatiques rigoureuses et des pressions anthropiques. Ce type d'étude est essentiel pour anticiper les changements futurs et orienter les efforts de conservation dans les zones vulnérables.

Mots-clés: dynamique/ déforestation/ télédétection/ changements climatiques/ analyse multifactorielle.

Abstract

Vegetation degradation is a common phenomenon, often linked to human activities (deforestation, overgrazing) and climate change (drought, rising temperatures).

The study of forest cover dynamics in the semi-arid Mediterranean region of Saida aims to understand how forest ecosystems evolve in the face of environmental and human pressures.

The analysis relies on the use of satellite images, such as those from Landsat, to assess vegetation variation over time using indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). By observing changes between different periods (e.g., **1990, 2000, 2013, 2020, and 2024**), forest cover loss or gain can be quantified. In semi-arid areas, this approach can highlight degradation trends and guide sustainable management and forest restoration policies to preserve natural resources and biodiversity. The results illustrate the impact of harsh

Résumé

climatic conditions and anthropogenic pressures. This type of study is essential for anticipating future changes and guiding conservation efforts in vulnerable areas.

Keywords: dynamics/ deforestation/ remote sensing/ climate change/ multifactorial analysis.

الملخص

يعد تدهور الغطاء النباتي ظاهرة شائعة، وغالبًا ما ترتبط بالأنشطة البشرية (إزالة الغابات، والرعي الجائر) وتغير المناخ (الجفاف، وارتفاع درجات الحرارة).

تهدف دراسة ديناميكيات الغطاء الحرجي في منطقة صيدا المتوسطة شبه القاحلة إلى فهم كيفية تطور النظم البيئية الحرجية في مواجهة الضغوط البيئية والبشرية.

ويعتمد التحليل على استخدام صور الأقمار الصناعية، مثل تلك التي يلتقطها Landsat، لتقييم التباين في الغطاء النباتي بمرور الوقت باستخدام مؤشرات مثل مؤشر الغطاء النباتي الفرقى الطبيعي (NDVI). من خلال مراقبة التغيرات بين فترات مختلفة (على سبيل المثال 1990، 2000، 2013، 2020 و2024)، يمكننا تحديد كمية الخسارة أو الزيادة في الغطاء الحرجي. وفي المناطق شبه القاحلة، يمكّن هذا النهج من تسليط الضوء على اتجاهات التدهور وتوجيه سياسات الإدارة المستدامة واستعادة الغابات للحفاظ على الموارد الطبيعية والتنوع البيولوجي.

وتوضح النتائج تأثير الظروف المناخية القاسية والضغوط البشرية. ويعد هذا النوع من الدراسات ضروريا لتوقع التغيرات المستقبلية وتوجيه جهود الحفاظ في المناطق المعرضة للخطر.

الكلمات المفتاحية: الديناميكيات/ إزالة الغابات/ الاستشعار عن بعد/ تغير المناخ/ التحليل متعدد العوامل.

Liste des figures

Liste des figures

Les figures de chapitre I

Figure1.1 : Carte de répartition des forêts en Nord Algérien (DGF, 2004).....	6
Figure 1.2: Schéma de succession écologique (Bastin et Allegrini, 2011).....	8
Figure 1.3 : processus de la télédétection d'après (Kluser , 2000).....	12
Figure 1.4 : Réponse spectrale caractéristique de la végétation verte et localisation de canauxdes satellites SPOT et LANDSAT TM sur le spectre électromagnétique. D'après (Caloz , 1987 in KNIPPEL.1995).....	15
Figure 1.5 : Principe de classification des images (source : Kluser, 2000).....	19
Figure 1.6 : Les étapes de la classification non supervisée d'après (Source: DOS SANTOS, 2001).....	20
Figure 1.7 : Les étapes de la classification supervisée d'après (source: DOS SANTOS, 2001).....	22

Les figures de chapitre II

Figure 2.1 : Carte de situation administrative de Saida.....	25
Figure 2.2 : La carte Administratif de la willaya de SAIDA.....	26
Figure 2.3 : Carte étages climatique de la wilaya de Saida.....	27
Figure 2.4: Carte hydrographique de Saida.....	28
Figure 2.5 : Evolution des cheptels dans la wilaya de Saida.....	33
Figure 2.6 : Carte des groupements forestiers (TERRAS, 2011).....	35

Les figures de chapitre IV

Figure 4.1 : La carte d'indice de végétation 1990 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA).....	42
Figure 4.2 : La carte d'indice de végétation 2000 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA).....	43

Liste des figures

Figure 4.3 : La carte d'indice de végétation 2013 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA).....	43
Figure 4.4 : La carte d'indice de végétation 2020 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA).....	44
Figure 4.5 : La carte d'indice de végétation 2024 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA)....	44
Figure 4.6 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 1990.....	46
Figure 4.7 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2000.....	47
Figure 4.8 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2013.....	48
Figure 4.9 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2020.....	49
Figure 4.10 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2024.....	50
Figure 4.11 : L'évolution de la superficie (en km ²) des sols nus et des forêts (de 1990 à 2024) de la zone d'étude.....	55
Figure 4.12 : Les changements de la couverture forestière dans la zone d'étude entre 1990-2000, 2000-2013, 2013-2020 et 2020-2024.....	56

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Les tableaux de chapitre II

Tableau 2.1 : Les dairas et les communes de willaya de SAIDA (Willaya de SAIDA, 2015).....	25
Tableau 2.2 : débit initial et actuel d'eau (KEFIFA, 2014).....	31
Tableau 2.3 : Occupation de l'espace de la wilaya de Saida (BNEDER, 1992).....	32
Tableau 2.4 : Superficie des formations forestières dans la wilaya de Saida (BNEDER, 1992).....	34

Les tableaux de chapitre IV

Tableau 4.1 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (1990/2000).....	51
Tableau 4.2 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (2000/2013).....	52
Tableau 4.3 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (2013/2000).....	53
Tableau 4.4 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (2020/2024).....	54

Liste des abréviations

Liste des abréviations

DGF : la direction générale des forêts.

ENVI: Environnement for Vizualizing Images.

ISODATA: Self-Organizing **D**ata **A**nalysis **T**echnique **A**lgorithm.

KM²: Kilomètre carré.

LANDSAT: Land Satellite.

LIDAR: Light Detection and Ranging.

MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.

NASA : National Aeronautics and Space Administration.

NDVI : Indice de végétation par différence normalisée.

PIR : Proche Infrarouge.

RADAR: Radio Detection And Ranging.

SPOT : Satellite Probatoire pour l'observation de la Terre.

USGS: United States Geological Survey.

Table des matières

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Table des matières

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

1. L'historique de la forêt méditerranéenne.....5

2. La végétation en Algérie.....5

3. Dynamique du couvert végétal.....6

4. Evolution.....7

5. Dégradation.....8

6. Facteurs de dégradation du couvert végétal.....8

6.1 Les facteurs naturels.....9

6.1.1 Fluctuations climatiques.....9

6.1.2 Erosion des Sols.....9

6.1.3 La sécheresse.....9

6.2 Les facteurs anthropiques.....10

6.2.1 Les incendies..... 10

6.2.2 Le surpâturage.....10

6.2.3 Surexploitation et défrichement.....10

7. La Télédétection.....11

Table des matières

7.1 Définition.....	11
7.2 Principe	11
7.3 Etapes de la télédétection.....	11
7.4 Utilisation.....	13
8. Les principaux satellites d'observation de la terre.....	13
8.1 LANDSAT.....	14
8.2 Intérêt des images satellitaires.....	14
9. La signature spectrale.....	15
9.1 Influence de la résolution des capteurs.....	15
9.2 La signature spectrale de la végétation.....	16
9.3 La signature spectrale de sol.....	16
10. Traitement des images satellitaires.....	16
10.1 Prétraitement des images satellitaire.....	16
10.1.1 Les corrections radiométriques.....	17
10.1.2 Les Corrections atmosphériques.....	17
10.1.3 Les corrections géométriques.....	18
11. Interprétation des images satellitaires.....	18
11.1 Les indices.....	18
11.2 La classification.....	19
11.2.1 La classification non supervisée.....	20
11.2.2 La classification supervisée.....	21
CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude	
Introduction.....	24
1.Situation géographique et administrative.....	24
2. Communes de Saida.....	25
3. Climat.....	27

Table des matières

4. Hydrologie.....	28
4.1 Le réseau hydrographique.....	28
4.2 Estimation des ressources en eau superficielles.....	29
4.3 Ressources en eaux souterraines.....	30
4.4 La répartition de l'eau.....	31
5. Occupation du sol.....	32
6. Le cheptel.....	32
7. L'espace forestier.....	33
8. Géologie.....	35
9. Topographie.....	36

CHAPITRE III : Méthodologie du travail

Introduction.....	38
1. Méthodologie de travail.....	38
1.1 Matériel utilisé.....	38
1.1.1 Logiciel ENVI 4.7.....	38
1.1.2 Earth Explorer.....	39
1.2 Préparation des images satellitaires.....	39
1.3 Calcul l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI).....	39
1.4 Classification des images.....	40
1.5 La comparaison entre le changement.....	40

CHAPITRE IV : Résultats et interprétations

1. Calcul de l'NDVI.....	42
1.1 Les cartes de l'NDVI.....	42
1.2 Interprétation.....	45
2. Classification des images.....	46

Table des matières

2.1	Les cartes de la couverture forestière.....	46
3	Comparaison entre le changement.....	51
3.1	Les tableaux de la comparaison.....	51
3.2	La superficie des forêts et des sols nus.....	55
4	Recommandations.....	57
	Conclusion générale.....	58
	Références bibliographiques.....	60

Introduction générale

Introduction

Les forêts couvrent un peu plus du quart de la surface terrestre et jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat et l'amélioration des sols. Elles abritent une grande richesse écologique, concentrant 80 % de la biodiversité terrestre mondiale recensée.

Les forêts sont aussi un milieu de vie et une source de revenus pour l'être humain ; près de 1,6 milliard de personnes en dépendent pour leur subsistance, elles produisent des biens dont certains ont une valeur marchande comme le bois, des produits pharmaceutiques et bien d'autres encore.

La région méditerranéenne se distingue au niveau mondial de par sa flore remarquable, En raison de sa position longitudinale et latitudinale dans l'hémisphère nord, cette région présente une grande diversité climatique, géologique et géographique. Cela a permis l'apparition et l'épanouissement de très nombreuses espèces. La région méditerranéenne constitue une zone à une haute biodiversité végétale (**Quezel et Médail, 1997**). Selon ces mêmes auteurs le bassin méditerranéen est l'une des régions les plus riches en biodiversité mais également les plus menacées ». D'une manière générale, l'Algérie qui se positionne bien dans cette zone, possède l'une des flores les plus riches.

En Algérie, les formations forestières (forêts et maquis) couvrent une superficie de 4,7 millions d'hectares, soit moins de 2% de la superficie du pays. Elles sont très inégalement réparties sur l'ensemble de ce territoire, concentrée surtout dans la partie septentrionale du pays et limitée au sud par les monts de l'Atlas saharien.

A Saida, la couverture forestière présente un bon exemple d'étude et d'analyse de la dynamique des écosystèmes forestiers.

L'étude de la dynamique de la couverture forestière dans la zone méditerranéenne semi-aride de Saida, vise à comprendre comment les écosystèmes forestiers évoluent face aux pressions environnementales et humaines.

Le plan adopté pour mener à bien ce travail est structuré comme suit :

- Introduction générale
- Chapitre I : Synthèse bibliographique
- Chapitre II : Présentation de la zone d'étude
- Chapitre III : Méthodologie de travail

Introduction générale

- Chapitre IV : Résultats et interprétations
- Conclusion générale

CHAPITRE I :

Synthèse bibliographique

1. L'historique de la forêt méditerranéenne

L'histoire de la forêt méditerranéenne est actuellement assez bien connue et les phytogéographes sont tout à fait capables de définir, sur le pourtour méditerranéen, l'extension potentielle des essences majeures (**Quezel et al, 1991**). L'un des caractères majeurs des forêts méditerranéennes, vis-à-vis des forêts européennes, réside dans leur richesse en espèces arborescentes, constitutives ou associées.

Le monde méditerranéen représente un véritable puzzle, tant par son modelé fragmenté et hétérogène à l'extrême que par sa géologie, qui est certainement l'une des plus complexes du monde (**Quezel et Médail, 2003**). Cette même zone constitue un « Hot-spot » de biodiversité (**Myers et al, 2000 ; Mittermeier et al, 2004**).

Dicastro (1981) et **Quezel (1989)** montrent que l'intense action anthropique (déboisement, incendie, pâturage, culture et délits variés) entraîne une diminution des surfaces forestières, chiffrée entre 1 et 3 % par an (**Quezel et al., 1990**), formées surtout par des espèces pré forestières, chamaephytiques et nano-phanérophytiques, ce qui explique la disparition totale des forêts d'arbres sempervirents de la région méditerranéenne et leur remplacement par des milieux assez ouverts, qui occupent la quasi-totalité de la forêt.

2. La végétation en Algérie :

« L'Algérie, comme tous les pays méditerranéens est concernée et menacée par la régression des ressources pastorales et forestières » (**Bestaoui, 2001**).

Les recherches botaniques forestières ont débuté avec la venue en Algérie, en 1838 du fondateur du Service Forestier Renon. Son travail, inachevé, sur les espèces ligneuses de l'Algérie fut repris par **Lapie et Maige (1914)** qui publient une flore forestière dans laquelle est indiquée la répartition des principales essences. En allant du Nord de l'Algérie vers le Sud, on traverse différents paysages en passant des forêts aux matorrals ouverts vers les steppes semi-arides et arides puis vers les écosystèmes désertiques.

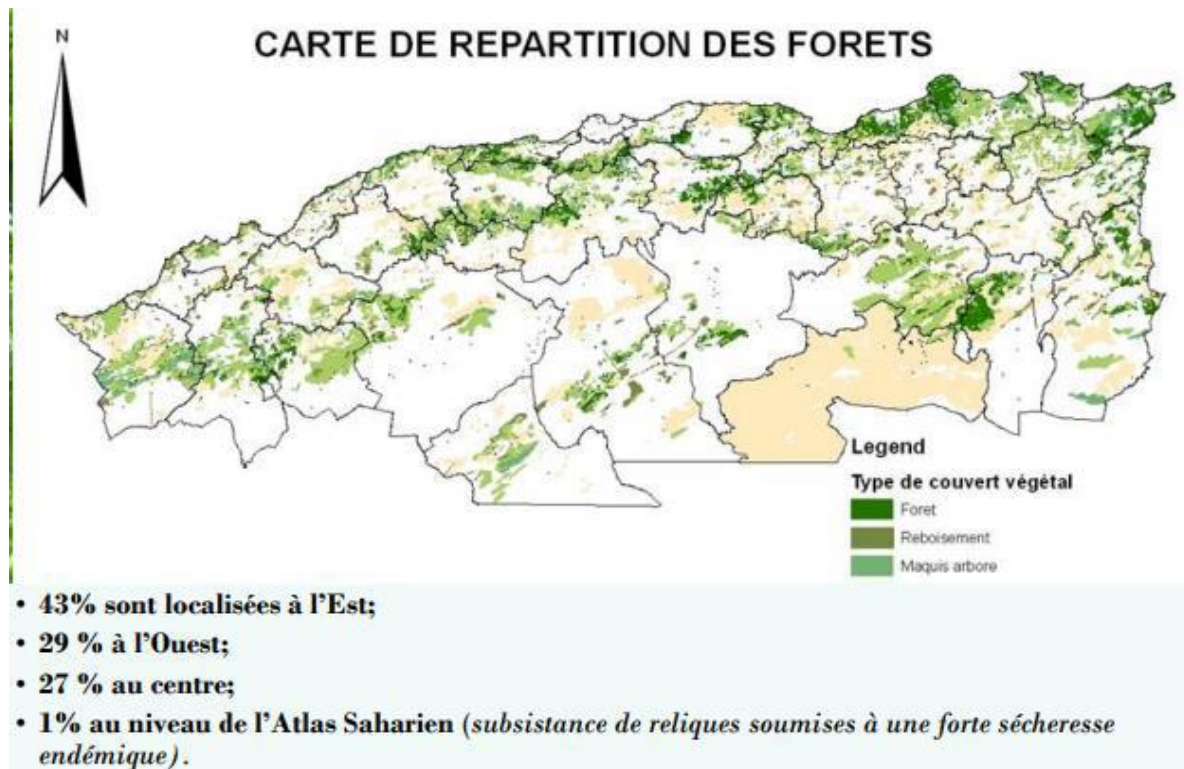


Figure 1.1 : Carte de répartition des forêts en Nord Algérien (DGF, 2004).

3. Dynamique du couvert végétal

La dynamique de couverture forestière désigne l'évolution des forêts en termes d'expansion, de dégradation et de régénération au fil du temps. Cette dynamique est influencée par des facteurs naturels et anthropiques.

La dynamique de la végétation est l'étude de la succession du couvert végétal au fil du temps. Une compréhension de la succession est nécessaire pour comprendre la protection des ressources.

Une caractéristique fondamentale des systèmes écologiques est leur dynamisme. Une observation même superficielle nous montre qu'un sol nu se couvre peu à peu de végétation et qu'un champ abandonné est progressivement envahi par des herbes, vivaces, puis par des arbustes et enfin par des arbres (Guinochet, 1973). Donc la dynamique naturelle des groupements végétaux va généralement des structures simples vers des structures complexes (Mile, 1979).

Pour Clements (1916), la succession est faite par l'ensemble des espèces de l'écosystème comme un seul organe, commençant soit par une succession primaire qui commence par le développement des lichens sur le granite en forêt de pin ou de chênaie, cette succession peut durer des milliers d'années, ou une région des herbacées qui se nourrit d'un sol d'humus, cette dernière peut atteindre l'état de climax en quelque centaines d'années. Autrement par succession secondaire qui peut avoir lieu après un incendie ou une cultivation, cette succession peut atteindre son climax en un demi-siècle ou un champ abandonner qui peut prendre un siècle. Pour les sites protégés, il est nécessaire de stimuler la succession secondaire, surtout après les incendies et les catastrophes naturels comme les inondations et les érosions.

La dynamique de la végétation et la succession incorporent les deux choses à la fois.

4. Evolution

L'évolution de la végétation représente dans un territoire donné, à travers le phénomène de succession, un processus à la fois ordonné et orienté, donc à caractère prévisible par une série de stades correspondant un échelonnement graduel des communautés. Le passage d'un stade à l'autre implique plusieurs phases (**Lacoste et Salanon, 2001**).

L'évolution du couvert végétal s'exprime en deux types : une évolution linéaire et l'évolution cyclique, l'évolution linéaire c'est l'ensemble des processus pilotant l'évolution de la végétation à partir des espaces dégradées alors que l'évolution cyclique c'est l'ensemble des processus dynamiques permettant à la végétation de revenir à sa phase de maturité (climax) (**Bastin et Allegrini, 2011**).

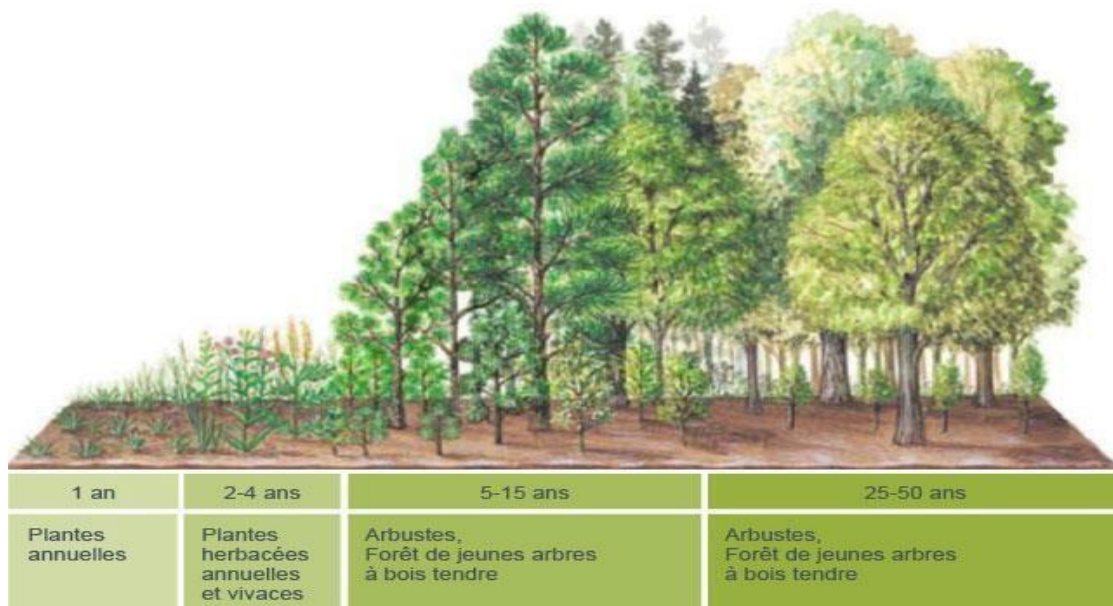


Figure 1.2: Schéma de succession écologique (Bastin et Allegrini, 2011)

5. Dégradation

La dégradation de quelque façon qu'elle se soit produite, passe par différents stades, qui peuvent varier selon l'intensité de la dégradation, la localité géographique où elle se produit (donc avec des aspects floristiques différents et le substrat) (Dajoz, 1971).

La dégradation de n'importe quel écosystème passe par plusieurs étapes, les facteurs de dégradations varient entre une région et une autre, mais même si ces facteurs n'existent plus, il est difficile de revenir à l'état initial ; l'intensité des facteurs de dégradation jouent un rôle majeur dans l'échelle temporelle de la dégradation, et au fil du temps, la capacité de l'autorestaurations ne peut pas être achevée par l'écosystème sauf s'il y'avait une forte intervention humaine (Ferchichi, 1999).

Selon Gaussen (1952), la différence entre dégradation et l'évolution progressive consiste surtout dans le fait que, tandis que la première a lieu à brève échéance, la seconde est lente.

6. Facteurs de dégradation du couvert végétal

Selon (Quedraogo et Hamrdou, 1991), L'évolution des formations végétales est influencée par les facteurs naturels et anthropiques.

6.1 Les facteurs naturels

6.1.1 Fluctuations climatiques

Le changement climatique conduit de nombreuses espèces d'animaux et de plantes à modifier leurs distributions géographiques. Les aires biogéographiques de certaines espèces se contractent, se développent ou se déplacent lorsque les individus suivent des conditions climatiques favorables (**Parmesan et Yohe, 2003**)

6.1.2 Erosion des Sols

Le sol est une ressource qui se renouvelle lentement et qui une fois perdu, donne un champ qui ne sera pas aussi productif pendant de nombreuses années. Avec le temps, même de petites pertes de sol s'accumulent pour réduire le rendement (**Abdelmajid, 2015**).

L'érosion hydrique est un phénomène bien connu en Algérie, mais de nos jours, elle prend de plus en plus de l'ampleur. Elle reste une préoccupation majeure. L'érosion a touché environ 45% des terres fertiles en Algérie (**Abdelmajid, 2015**)

Actuellement, l'Algérie est classée parmi les pays où ses sols sont très menacés par l'érosion, avec un taux érosion qui peut atteindre 4000T/Km², et 6 million d'hectare sont exposés à une érosion active (**Heddadj, 1997**).

L'érosion, le ruissellement et l'infiltration sont essentiellement dus à l'agressivité des pluies, à la nature des terrains, au taux de recouvrement et à la nature du couvert végétal.

L'agressivité des pluies se traduit par l'énergie des gouttes et du ruissellement qui modifient la structure du sol et ses états de surface et en conséquence la porosité des horizons superficielles donc de la capacité d'infiltration des sols (**Greco, 1966**).

6.1.3 La sécheresse

La sécheresse parmi les événements climatiques extrêmes, est une catastrophe écologique observée très fréquemment dans le monde entier, causant d'énormes pertes dans l'agriculture et des dommages dans les écosystèmes chaque année (**Xingjun et al. 2014**).

6.2 Les facteurs anthropiques

6.2.1 Les incendies

Malgré les progrès importants dans le domaine de la télédétection, les interactions entre les incendies et la végétation sont très peu comprises. Par contre, on sait qu'ils jouent un rôle significatif et complexe dans la dynamique de la couverture végétale (**Lambin et Geist, 2008**).

6.2.2 Le surpâturage

Le pâturage est considéré comme un facteur majeur de la biodiversité (**Collins et al. 1998**). L'histoire de pâturage et la fertilité du système pâturé, la nature des herbivores, leur race, leur densité, sont autant de facteurs qui peuvent influencer la réponse de la végétation au pâturage (**Adler et al, 2004**).

6.2.3 Surexploitation et défrichement

Les mauvaises pratiques agricoles, comme le défrichement et l'exploitation irrationnelle du bois sont autant des causes de la réduction des ressources biologiques, dont la dégradation des habitats en constitue la plus importante.

Les coupes de bois pour des fins domestiques (chauffage) et commerciales (charbonnière, construction), le défrichement de la végétation naturelle pour des utilisations agricoles, le prélèvement des plantes médicinales, aromatiques, conduisent à long terme à la dégradation de l'écosystème forestier. (**Sedjar, 2012**)

L'intensité et la continuité d'action du facteur du perturbateur, quelles que soit sa nature et son origine, entraînent souvent de graves perturbations du fonctionnement de l'écosystème forestier (absence de régénération, perturbation du cycle de l'eau, érosion du sol.....). (**Sedjar, 2012**)

- L'étude de la dynamique de la couverture forestière de la zone méditerranéenne semi-aride de Saida dépend de plusieurs méthodes.
- Parmi ces méthodes, nous avons utilisé la télédétection.

7. La Télédétection

7.1 Définition

La définition élaborée par la Commission Ministérielle de Terminologie de la Télédétection Aérospatiale publiée **au Journal Officiel le 11 décembre 1980** est : « la télédétection regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Ceci suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté».

La télédétection peut être définie comme l'utilisation d'un instrument (le capteur) pour collecter des informations sur la surface de la terre (ou d'autres parties de la Terre, tels que les océans, l'atmosphère, ou même d'autres planètes) sur de grandes étendues et à une certaine distance sans contact physique (**REBBOUH 2018**).

7.2 Principe

Ce type de méthode d'acquisition utilise normalement la mesure des rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis des objets étudiés dans un certain domaine de fréquences (infrarouge, visible, micro-ondes). Ceci est rendu possible par le fait que les objets étudiés (plantes, maisons, surfaces d'eau ou masses d'air) émettent ou réfléchissent du rayonnement à différentes longueurs d'onde et intensités selon leur état. Certains instruments de télédétection utilisent des ondes sonores de façon similaire, et d'autres mesurent des variations dans des champs magnétiques ou gravitaires. Alors que l'astronomie pourrait être considérée comme de la télédétection (poussée à l'extrême), le terme télédétection est généralement réservé aux observations terrestres.

7.3 Étapes de la télédétection

Source d'énergie ou d'illumination (A) : À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

Rayonnement et atmosphère (B) : Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

Interaction avec la cible (C) : Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.

Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) : Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

Transmission, réception et traitement (E) : L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

Interprétation et analyse (F) : Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

Application (G) : La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

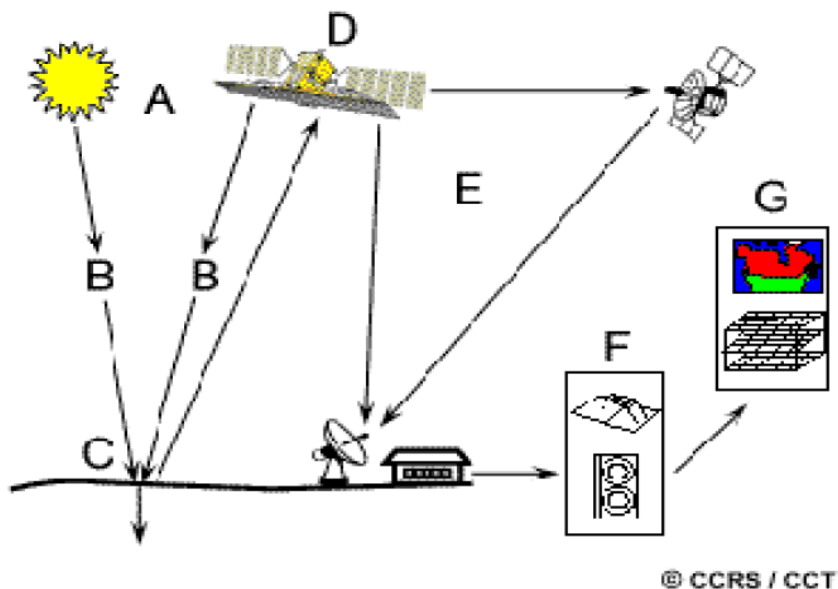


Figure 1.3 : processus de la télédétection d'après (Kluser , 2000)

7.4 Utilisation

Les exemples de télédétection sont très nombreux :

- Les cartes topographiques sont souvent produites à l'aide de paires stéréographiques de photos aériennes permettant de recréer une image en trois dimensions.
- Les tremblements de terre sont localisés a posteriori en comparant des sismogrammes enregistrés en différents lieux ; l'intensité relative et la précision temporelle de l'enregistrement conditionnent la qualité de l'information sur le lieu du tremblement.
- Les modèles numériques de terrain peuvent être produits par interférométrie (à l'aide du radar à ouverture synthétique), méthode consistant à enregistrer une série de mesures de la cible à partir d'un avion, d'un satellite ou d'une navette spatiale. La combinaison des données issues de ces mesures offre une carte détaillée contenant de l'information sur la couverture du sol, le relief ou encore le mouvement à une échelle centimétrique. Les données couvrent généralement des bandes de plusieurs kilomètres de largeur.
- Les précipitations, les aéronefs et les navires peuvent être détectés par radars.
- Les fonds marins sont cartographiés grâce à l'usage des sonars.
- Des inventaires forestiers (comptage d'arbres, évaluation de la biomasse ou de l'état de stress et de santé des arbres) utilisent de plus en plus l'imagerie aérienne, voire satellitaire (dont dans l'infrarouge). La précision est croissante, notamment pour les résineux, et moins pour la forêt tempérée feuillue. L'identification des espèces n'est pas fiable pour les forêts tropicales (sauf cas particuliers à floraison ou port caractéristiques).

8. Les principaux satellites d'observation de la terre

On distingue les satellites géostationnaires placés sur une orbite équatoriale à 35800 km d'altitude. Sont généralement des satellites météorologiques.

Les satellites de télédétection à défilement ont une orbite quasi circulaire polaire à une altitude située entre 700 et 900 km. Ces satellites ont une orbite héliosynchrone, c'est-à-dire que le satellite survole une latitude donnée à une heure locale sensiblement constante d'une révolution à l'autre. Ceci permet de bénéficier d'un éclairage solaire assez peu variable. Le satellite américain LANDSAT et le satellite français SPOT appartiennent à cette catégorie.

8.1 LANDSAT

La série Landsat est un programme conjoint de la **NASA** et de l'**USGS**, lancé en 1972, qui fournit des images satellites multispectrales de la surface terrestre à des fins scientifiques, environnementales et de gestion des ressources. Avec des satellites comme Landsat 8 et Landsat 9 encore actifs aujourd'hui, ce programme permet de suivre l'évolution de l'environnement (déforestation, urbanisation, agriculture, eau) grâce à une couverture mondiale tous les 16 jours et une résolution allant de 15 à 120 mètres. Les données Landsat sont en libre accès via des plateformes comme EarthExplorer et sont largement utilisées dans les domaines de la télédétection, de la géomatique et de l'écologie.

8.2 Intérêt des images satellitaires

L'image satellite est une représentation spatiale de la réalité. Elle a ajouté dès l'invention de la photographie, un rôle prépondérant dans tous les domaines s'intéressant à l'étude de la surface terrestre, car elle est l'une des sources importantes de description, de différenciation spatiales des phénomènes survenant à la surface (le la terre » **(CALOZ et al 2001)**

Une image en couleurs numériques" peut être utilisée telle qu'elle si l'on y recherche simplement des objets identifiables par leurs formes, par exemple) Outil cartographique (les routes, des constructions urbaines, des structures géologiques ... etc. Dans certains cas simples, il est aussi possible de déterminer grossièrement le contenu des pixels, par exemple en termes de présence ou d'absence de végétation dense (contraste visuel entre canaux visibles et proche infrarouge).

Toutefois, les images satellitaires peuvent engendrer (des informations incertaines qui ne peuvent être levées que par un renforcement d'observations et de mesures de terrain. Ces travaux de terrain restent toutefois indispensables pour ces raisons certaines variables du milieu physique ne peuvent être mesurées que par des observations de terrain: le type (le sol, la composition floristique des parcours et leur état de dégradation et l'humidité des sols et leur description; les variables mesurées par avion ou par satellite doivent être vérifiées sur le terrain, notamment l'occupation du sol, la mutation dynamique des paysages, le cortège floristique, le recouvrement de la végétation, etc.

9. La signature spectrale

Les capteurs utilisés en télédétection sont des radiomètres imageurs. En effet, ils mesurent des rayonnements et organisent ces mesures sous forme d'images. Ces images sont utilisées pour obtenir des informations sur les objets qu'elles représentent (c'est-à-dire sur les éléments du paysage). Or, le seul lien qui relie l'image à l'objet est le rayonnement émis ou réfléchi par cet objet et reçu par le radiomètre. La télédétection s'appuie donc avant tout sur une bonne connaissance des rayonnements électromagnétiques et de leur comportement au contact de la Terre et à travers l'atmosphère.

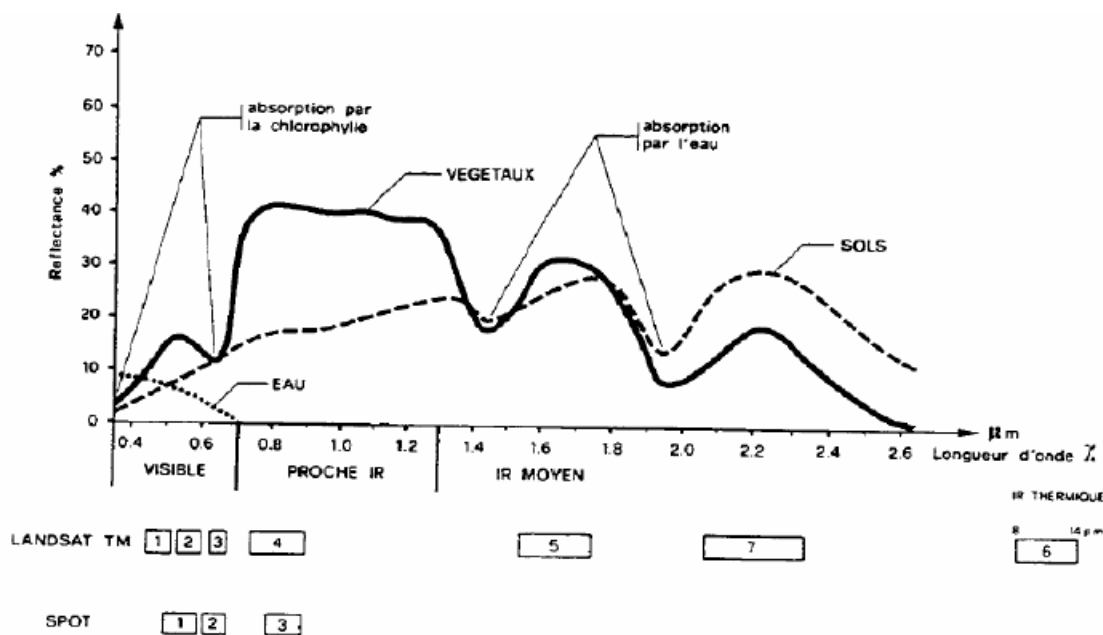


Figure 1.4 : Réponse spectrale caractéristique de la végétation verte et localisation des canaux des satellites SPOT et LANDSAT TM sur le spectre électromagnétique. **D'après** (Caloz , 1987 in KNIPPEL.1995)

9.1 Influence de la résolution des capteurs

Les courbes de réflectance dépendent :

De la résolution spectrale :

- Capteur à haute résolution spectrale signature continue,
- Capteur à faible résolution spectrale signature discrète (c'est le cas de la plupart des capteurs embarqués sur les satellites, qui enregistrent des informations dans un nombre limité de canaux.)

De la résolution spatiale) par exemple, la réflectance d'une forêt varie selon que l'on considère une feuille, un arbre, une parcelle de forêt, un paysage, etc.)

9.2 La signature spectrale de la végétation

La réflectance d'un couvert végétal ne dépend pas seulement des propriétés d'absorption et de diffusion des feuilles mais aussi de son architecture. Celle-ci varie selon la forme, la dimension, la distribution dans l'espace et la quantité des surfaces végétales du couvert. La distribution spatiale de la végétation sur le sol dépend du type de végétation, de la disposition des plantes (écartement et orientation des rangs), et de leur stade de croissance. Au fur et à mesure que la végétation se développe, les effets des sols s'estompent.

Les végétaux chlorophylliens se caractérisent par des comportements particuliers dans les grands domaines spectraux.

9.3 La signature spectrale de sol

Le sol est un milieu complexe constitué d'éléments minéraux et organiques (humus, végétaux, etc.), d'éléments liquides (l'eau) et de gaz (air, vapeur d'eau) qui tous ont une influence sur la réflectance du sol.

Les bandes d'absorption dues à l'eau (1.4 et 1.9) sont présentes. Lorsque l'humidité du sol croît, on observe une diminution de la réflectance sur l'ensemble des longueurs d'onde. Ce phénomène provient du fait que dans un sol sec, l'espace entre les particules est occupé par de l'air. La réflectance est alors liée à l'indice de réfraction des interfaces.

10. Traitement des images satellitaires

Les réflectances enregistrées par les capteurs sont transmises à des stations de réception terrestres, soit en temps réel (directement ou via un autre satellite) soit en temps différé (lorsque le satellite arrive « en vue » d'une station de réception). Dans tous les cas, les données transmises se présentent sous la forme brute d'un flux de données qui doit être traité avant d'être délivré à des utilisateurs.

10.1 Prétraitement des images satellitaire

Le prétraitement est des opérations réalisées sur les images de télédétection avant l'analyse et l'interprétation des images. Les corrections visent à compenser les perturbations de la radiométrie et la géométrie de l'image intervenant lors de la prise de vue.

La mise au point d'une méthode concertée de surveillance par télédétection suppose un certain nombre d'étapes techniques incontournables. Parmi celles-ci, les corrections géométriques et radiométriques sont fondamentales pour la détermination de changements.

10.1.1 Les corrections radiométriques

Les données radiométriques acquises par un capteur satellitaire sont affectées par un certain nombre de facteurs tels que les caractéristiques du capteur et l'état de l'atmosphère. Le passage des données brutes enregistrées par le capteur aux images corrigées de ces facteurs se fait en quatre étapes:

1. Tout d'abord, il faut éliminer les perturbations dues à l'instrumentation pour rétablir les contrastes existant entre les objets.
2. Ensuite, les données brutes sont transformées en grandeurs physiques par l'introduction de coefficients d'étalonnage (étalonnage absolu) et par la prise en compte des conditions d'acquisition (orientation et inclinaison de la visée, position du Soleil, résolution spectrale et spatiale). Les données obtenues sont alors exprimées en réflectances apparente au niveau du satellite.
3. La troisième étape consiste à éliminer les perturbations induites par l'atmosphère (corrections atmosphériques) afin d'obtenir la réflectance des objets au niveau du sol. Les données ainsi obtenues sont relatives à une surface fictive, plane et horizontale en supposant un éclairage uniforme et constant.
4. Enfin, des corrections au niveau de la topographie (corrections topographiques) sur l'éclairage sont effectuées pour acquérir des caractéristiques optiques réelles de la surface.

Les effets dus aux instruments étant corrigés avant la distribution des images par les fournisseurs, seules les trois dernières étapes ont dû être réalisées.

10.1.2 Les Corrections atmosphériques

Elles ont pour but de compenser les effets de l'atmosphère (diffusion, atténuation, réfraction, absorption). Ce sont des procédures souvent complexes, qui demandent la connaissance de nombreux paramètres atmosphériques (humidité relative, visibilité, pression, etc.). Le plus souvent, on leur préfère des méthodes empiriques simples, basées sur les valeurs des pixels de l'image.

La rétro diffusion atmosphérique a été corrigée en évaluant sa contribution sur un pixel d'eau profonde (dont la réflectance est supposée nulle) et en soustrayant cette valeur à toute l'image.

10.1.3 Les corrections géométriques

Il reste de corriger les déformations géométriques de l'image dues à plusieurs sources d'erreurs. Ces corrections sont nécessaires pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les données enregistrées par le capteur du satellite ne sont pas présentées dans une projection cartographique courante, rendant difficile la comparaison avec des données géo référencées comme les cartes thématiques, de plus, ces corrections sont essentielles pour comparer et superposer une série d'images. Les méthodes de corrections géométriques appliquées aux images numériques de télédétection peuvent être classées

En deux grandes catégories : les méthodes de corrections à partir des paramètres du satellite et les méthodes de corrections par référence à des points de coordonnées connues dans un autre système.

11. Interprétation des images satellitaires

Les techniques de Photo-interprétation Assistée par Ordinateur et de classification numérique permettent d'effectuer une analyse thématique de données géographiques à partir de photographies aériennes ou d'images satellites.

11.1 Les indices

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multispectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. Basés sur le caractère multispectral des données satellitaires, ils permettent de décrire l'état d'un phénomène.

L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est un indice calculé à partir de bandes de données satellitaires. **(Weier et Herring, 2000)**

Un indice de végétation peut rendre compte du stade de croissance végétale à un moment donné. Les indices de végétation sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques

caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, etc.

11.2 La classification

Selon (Sokal, 1974) la classification est "l'arrangement et la mise en ordre d'objets en groupes ou en ensembles sur la base de leurs relations".

Le but d'une classification est de simplifier la réalité d'un paysage pour pouvoir l'interpréter plus facilement. Cela consiste en fait à simplifier la radiométrie de l'image brute, qui représente le paysage, par la formation de classes.

L'objectif général des classifications est de traduire des informations spectrales en classes thématiques (d'occupation du sol, par exemple). La segmentation de l'image en classes thématiques est aussi appelé zonage. Les stratégies de zonage sont multiples :

- ✓ approches par pixel (analyse multi-spectrale, segmentation d'indice)
- ✓ approche par zone (détection de contour, texture)
- ✓ approche par objet (analyse morphologique, détection de formes)

Deux types de méthodes de classification sont employés pour analyser les changements de milieu : la classification non supervisée et la classification supervisée.

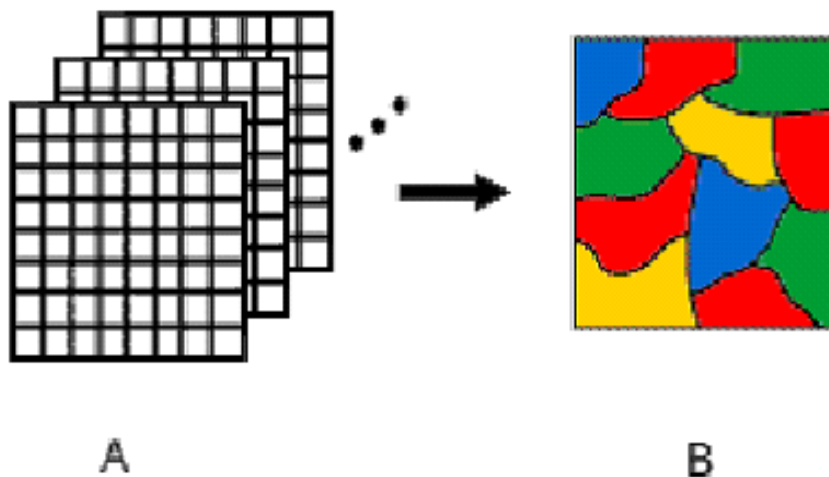


Figure 1.5 : Principe de classification des images (source : Kluser, 2000)

11.2.1 La classification non supervisée

Elles sont effectuées sans prise en compte de données de terrain. Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique des données radiométrique en un nombre de classes définies.

Il existe des algorithmes de classification, composés de plusieurs itérations, permettant de créer des regroupements de pixels ayant des signatures spectrales similaires. L'utilisateur procède ensuite à la reconnaissance des classes créées par l'algorithme en affectant un nom et une couleur à chaque classe.

Un algorithme de classification non supervisé est appelé « agrégation autour de centre mobiles ou méthode ISODATA ».

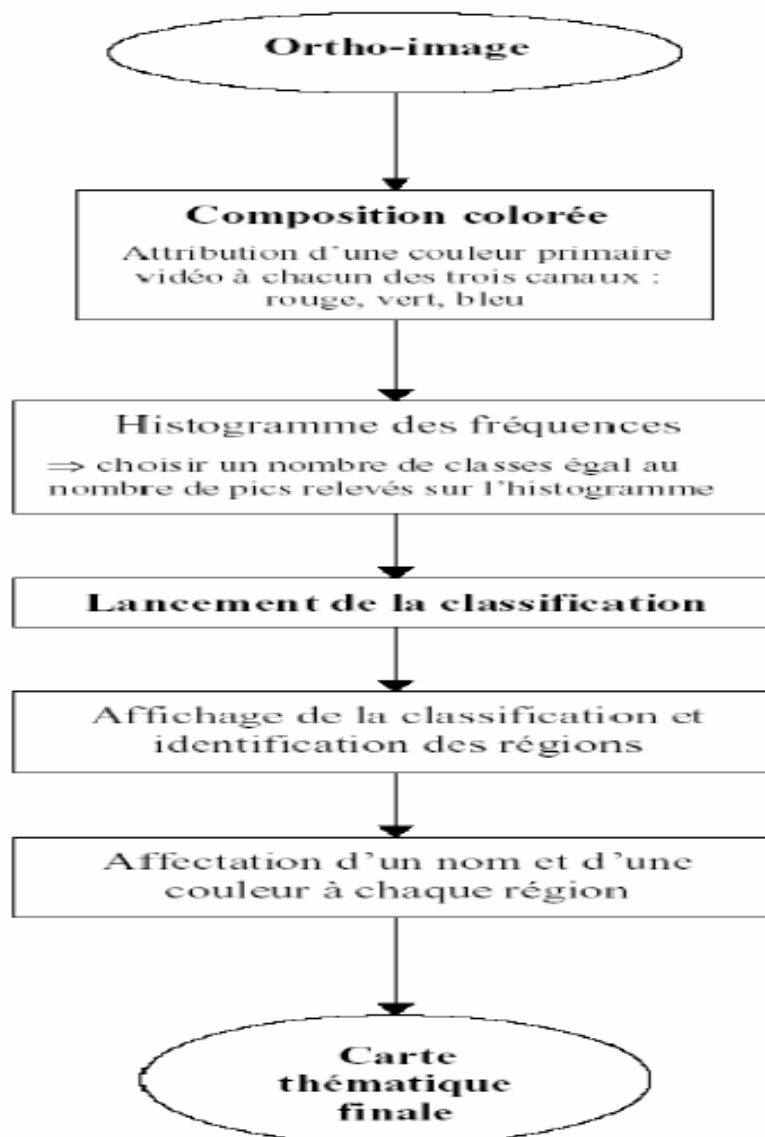


Figure 1.6 : Les étapes de la classification non supervisée d'après (Source: DOS SANTOS, 2001).

11.2.2 La classification supervisée

Le principe de la classification supervisée est de regrouper les pixels à des classes thématiques, basées sur une connaissance préalable de la zone à étudier. Les classes sont définies sur la base de zones d'apprentissage, qui sont des échantillons représentatifs des classes. Cette méthode de classification comporte les étapes suivantes :

- a) Définition de la légende :** Choix des classes souhaitées problématique de recherche
- b) Sélection d'échantillons représentatifs :** Pour chaque type d'occupation du sol, on identifie sur l'image des zones représentatives appelées échantillons. Si possible, deux jeux d'échantillons sont définis :
 - ✓ des zones d'apprentissage, qui permettront de décrire les classes en termes de valeurs
 - ✓ des zones de test, qui serviront à la vérification de la classification
- c) Description des classes :** Les classes sont décrites en termes de paramètres statistiques (valeur moyenne, minimum, maximum, variance, etc.) calculés à partir des zones d'apprentissage sélectionnées sur l'image.
- d) Choix d'un algorithme de classification :** Il faut ensuite choisir l'algorithme de classification et les règles de décisions appropriés. Les classifications sont basées sur des critères de distance ou de probabilité (maximum de vraisemblance, distance minimum, etc.). A ce stade, il importe d'évaluer le contenu et la séparabilité des classes :
 - ✓ de manière visuelle, sur une représentation graphique des signatures spectrales (courbes de signatures, histogrammes, diagrammes à deux dimensions, etc.)
- e) Classification :** A ce stade, tous les pixels de l'image sont classés selon l'algorithme de classification choisi.
- f) Evaluation de la classification :** Le résultat de la classification est évalué en le comparant à des informations de référence qui peuvent être fournies par:
 - ✓ des zones test sélectionnées sur l'image
 - ✓ d'autres cartes ou images
 - ✓ des relevés de terrain

L'interprétation des données multi spectrales s'effectue le plus souvent par une méthode statistique de classement par maximum de vraisemblance, méthode généralement considérée

comme la plus heureuse. Il est cependant difficile en pratique de dépasser une proportion de 65% de pixels bien classés. (Pourchier, 1993)

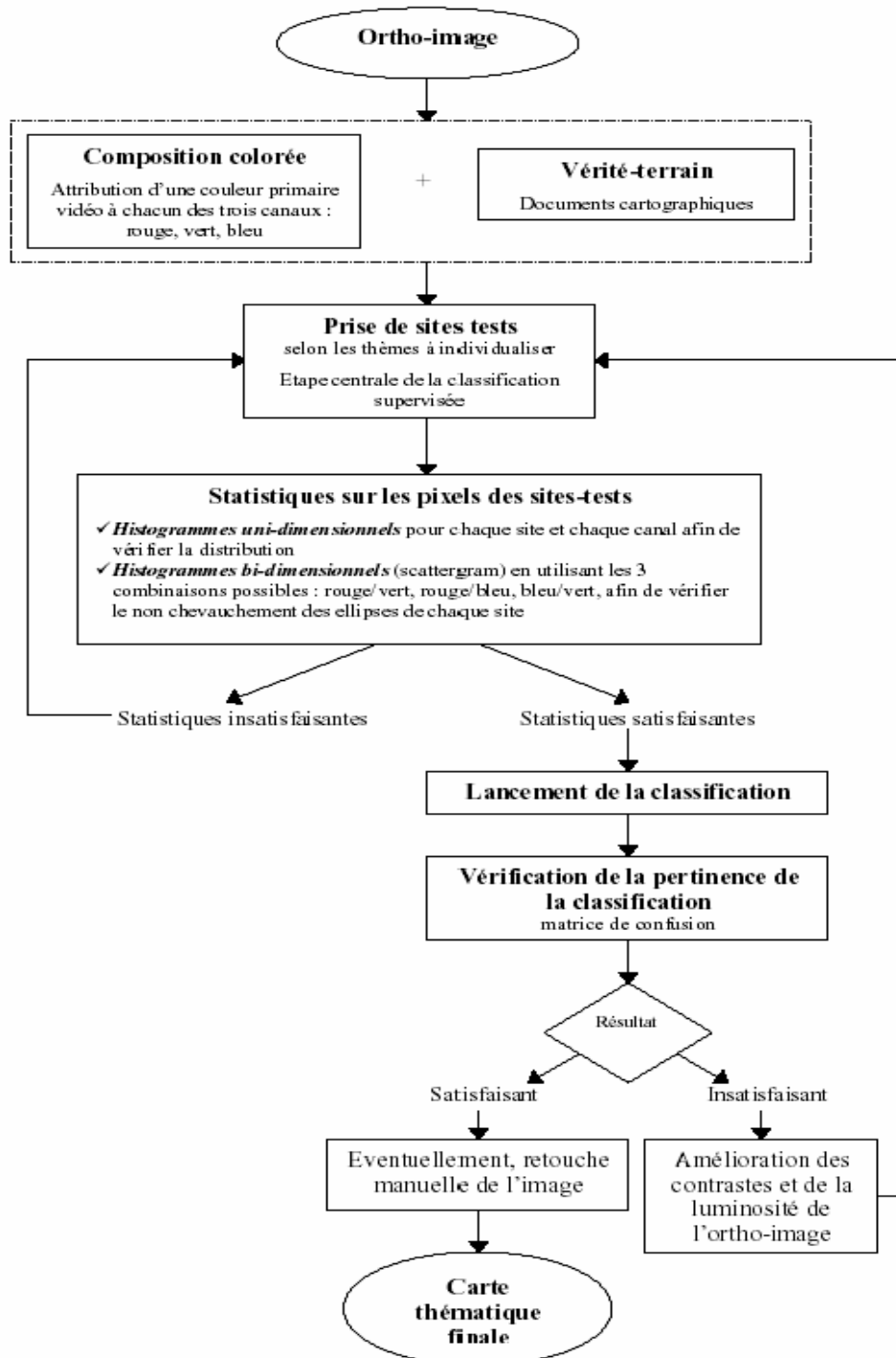


Figure 1.7 : Les étapes de la classification supervisée d'après (Source: DOS SANTOS, 2001)

CHAPITRE II :

Présentation de la zone d'étude

Introduction

Située au nord-ouest de l'Algérie, la wilaya de Saïda se distingue par ses paysages naturels époustouflants. Nichée entre les montagnes de l'Atlas Tellien et les plaines semi-arides des hauts plateaux, cette région offre une diversité écologique remarquable.

D'un point de vue naturel, Saïda abrite des massifs montagneux imposants qui abritent une végétation riche et variée. Les forêts de chênes verts, de pins d'Alep et de genévriers ponctuent les pentes, offrant un habitat précieux pour de nombreuses espèces animales

En matière de ressources hydriques, la wilaya est traversée par un nombre des Oueds, ils sont cours d'eau importants qui serpentent à travers les paysages verdoyants. Ces rivières alimentent également plusieurs barrages, tels que le barrage d'Ouizert, fournissant ainsi une source d'eau précieuse pour l'agriculture et l'approvisionnement en eau potable.

1. Situation géographique et administrative

C'est dans l'ensemble géographique des hauts plateaux telliens que se situe la wilaya de Saida qui est limitée naturellement au Sud par le chott Chergui, au nord par la wilaya de Mascara, au sud par celle d'El Bayadh, à l'est par la wilaya de Tiaret et à l'ouest par la wilaya de Sidi bel Abbés. Cette position lui donne un rôle de relais entre les wilayates steppiques au sud et les wilayates telliennes au nord, elle correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts, l'un est atlasique Tellien au nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques.

Dans les temps historiques, cette position de contact a fait vivre la région d'échanges avec la steppe et les régions pré sahariennes. Cette économie d'échange, très largement ouverte sur le sud, convenait parfaitement au type de ressources qu'offre le territoire de la wilaya Elle couvre une superficie de 6613 km²; le chef-lieu (commune de Saïda) est limité au nord par la commune d'Ouledkhaled, au sud par celle d'Aïn El Hadjar, à l'est par la commune d'El Hassasna et à l'ouest par la commune de DouïThabet. La wilaya regroupe six dairate coiffant 16 communes, elle est caractérisée par un espace Agro-sylvo-pastoral.

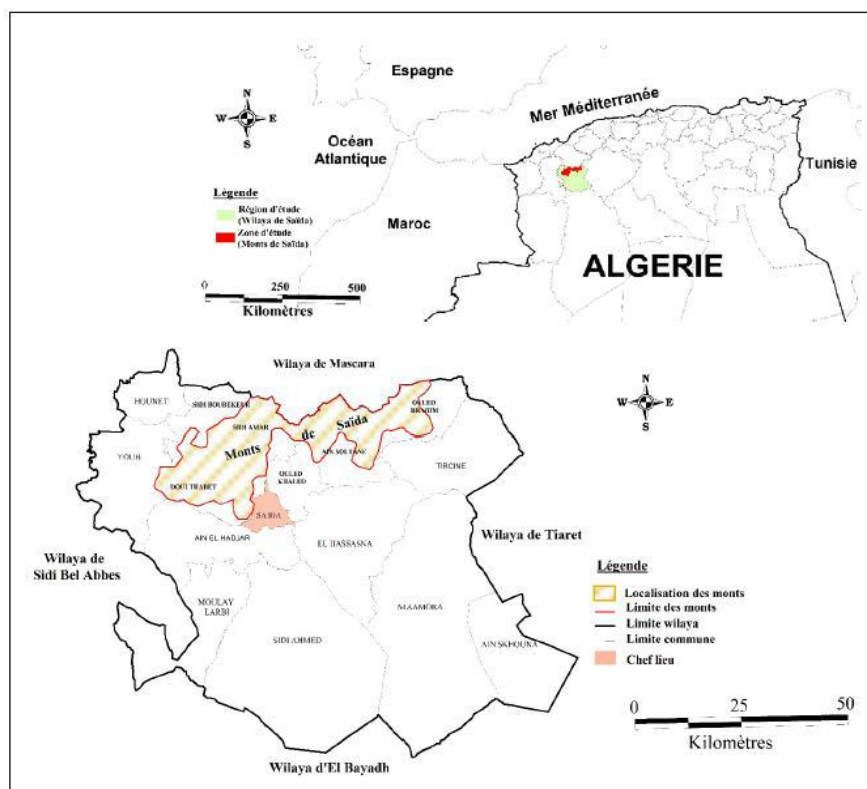


Figure 2.1 : Carte de situation administrative de Saida.

2. Communes de Saida

La wilaya de Saida regroupe 06 daïras coiffant 16 communes totalisent une population de 344455 habitants (BAGHDADI, 2017)

Tableau 2.1 : Les dairas et les communes de willaya de SAIDA (Willaya de SAIDA, 2015)

Dairas	Communes
Saïda	Saïda
Aïn-Lahdjar	- Aïn-Lahdjar - Moulay-Larbi - Sidi-Ahmed

Sidi-Boubekeur	• Sidi-Boubekeur • Ouled-Khaled • Sidi-Amar • Hont
EI-Hassasna	• EI-Hassasna • EI-Mafniotlfp • Skhouna
Ouled-Brahîm	• Ouled-Brahim • Tirssiné • Aïn- Soltane
Youb	• Youb • Douithabet

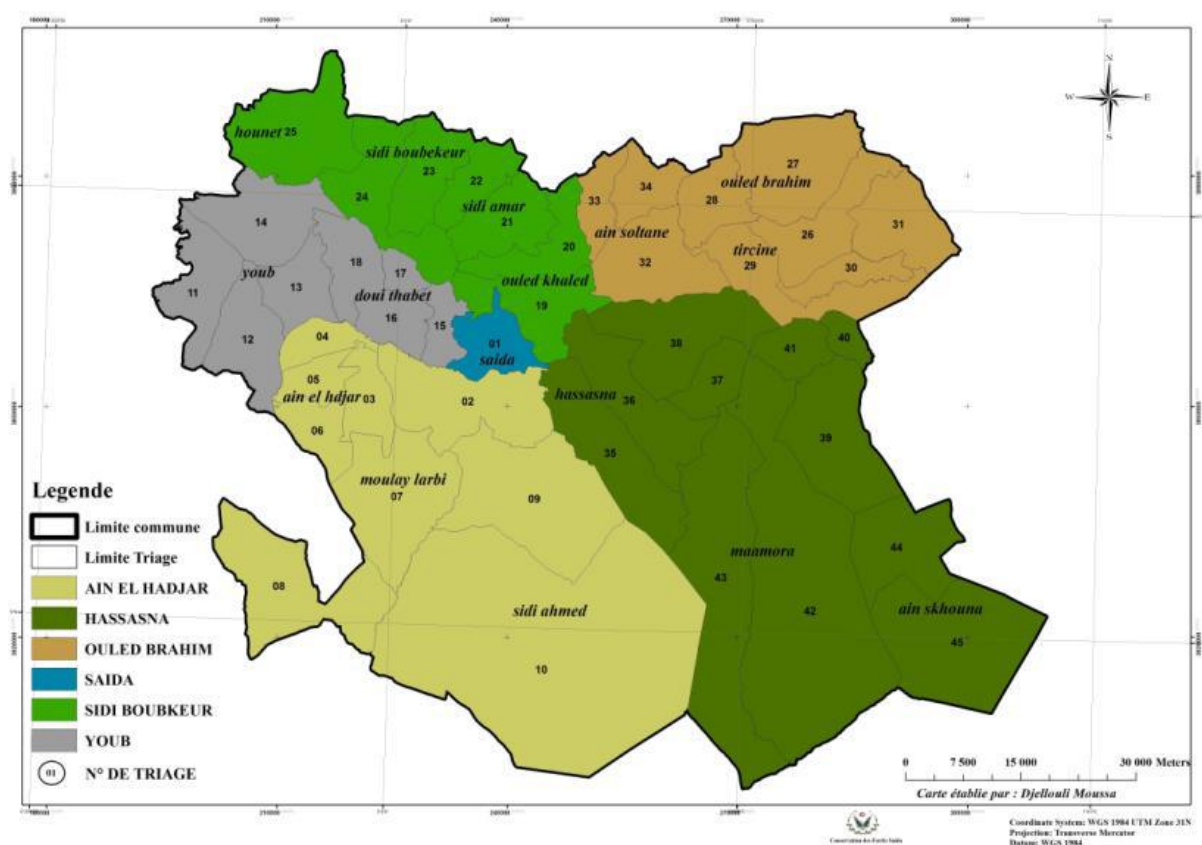


Figure 2.2 : La carte Administratif de la willaya de SAIDA

3. Le climat

Le climat de la région est de type méditerranéen ; Il est semi-aride et caractérisé par deux périodes distinctes ; d'une part, une période froide et humide et d'autre part une période chaude et sèche. Les précipitations moyennes annuelles oscillant entre 420 mm en 2007 et 350 mm en 2016 ; avec une moyenne durant cette décennie d'environ 370 mm/an. Durant cette même période, la température moyenne et la température maximale moyenne annuelle sont respectivement 17.1°C et 43.5 °C. En termes de vents, la région est exposée

Le vent est de direction dominante NW avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal. Le déficit hydrique s'étale sur une période de 5 mois. (TALBI, 2019)

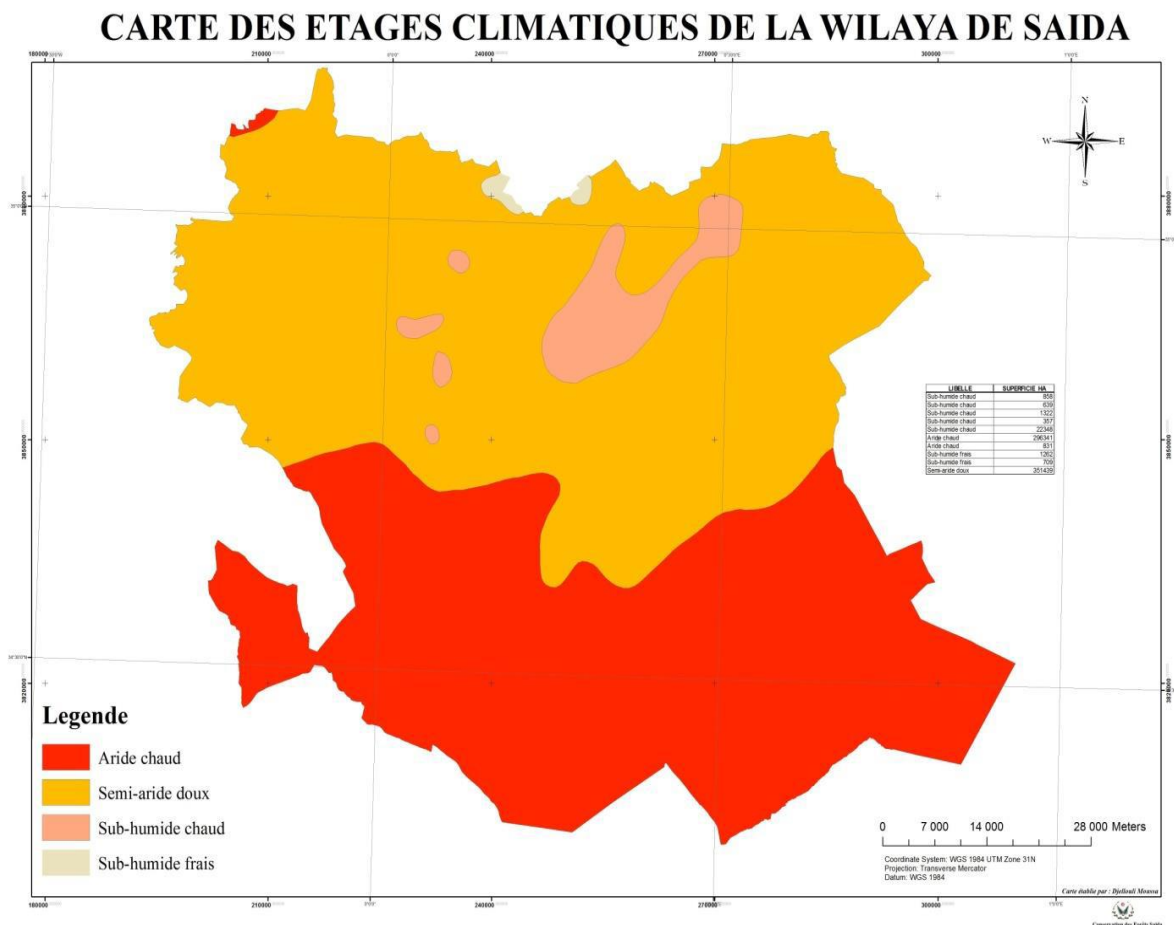


Figure 2.3 : Carte étages climatique de la wilaya de Saida

4. Hydrologie

4.1 Le réseau hydrographique

L'hydrographie de la région permet de distinguer plusieurs bassins superficiels où l'écoulement se fait vers le nord exception faite du bassin du Chott Echergui où l'écoulement se fait vers le sud. La nature essentiellement carbonatée des roches qui constituent la zone d'étude a permis aux oueds de ces bassins de creuser des vallées très encaissées et des lits très profonds et étroits, leur solidité a favorisé la dissolution en profondeur donnant une véritable région Karstique. Lorsque les affleurements sont marneux ou argileux, le relief devient beaucoup plus mou, il s'agit des croupes très arrondies subissant un ruissellement intense et une forte érosion. A ce propos DESCHAMPS (1973), note : « Etant donné la disposition du plateau de Saida, légèrement bombé au centre et descendant en pente douce vers ses bordures, l'hydrographie de la région permet d'y distinguer plusieurs bassins superficiels (TALBI, 2019).

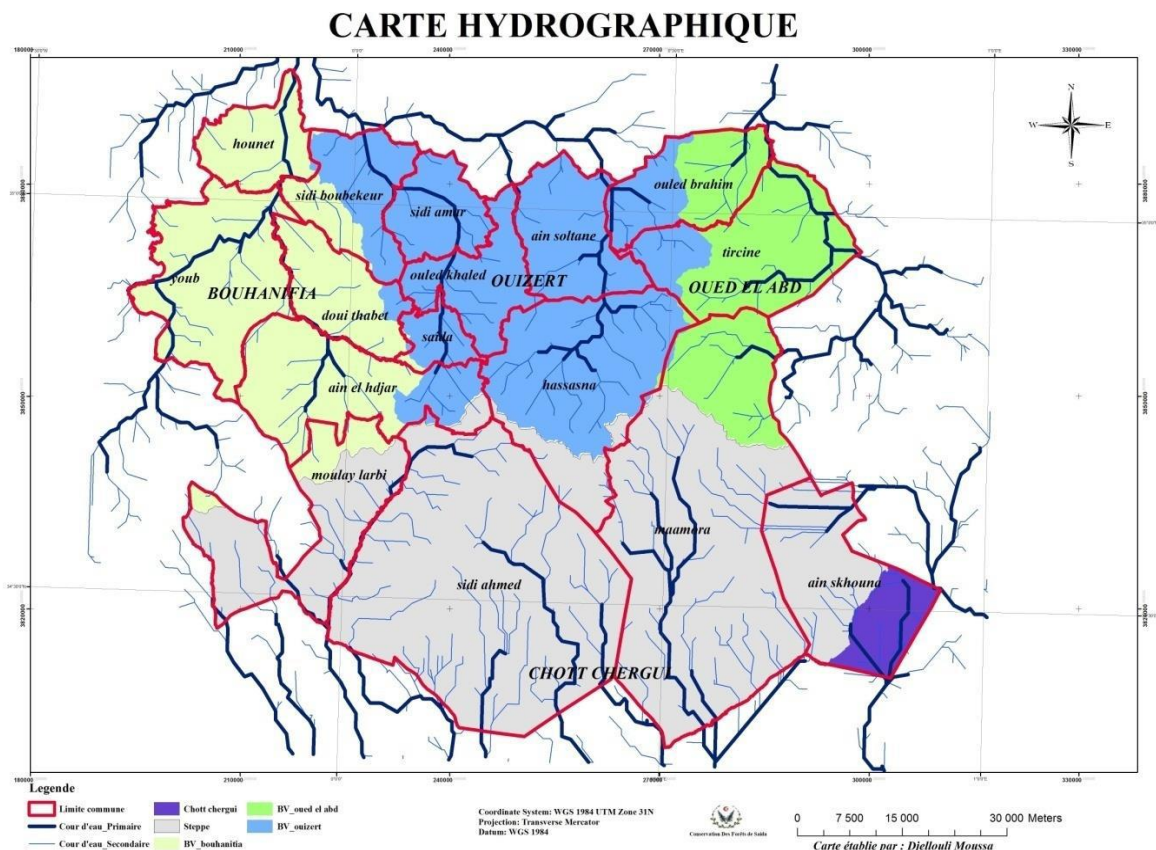


Figure 2.4 : Carte hydrographique de Saida

Bassin de l'oued Saida : il s'agit du haut cours de l'oued Saida, celui-ci prenant sa source près d'Ain El Hadjar (Ain-Tebouda Sud-ouest de Ain El-Hadjar). La superficie du plateau dolomitique intéressée par ce bassin est d'environ 115 Km². L'oued est pérenne. A Charrier, la superficie du bassin est de 560 Km². Ses nombreux affluents dont les plus importants sont oued Nazreg, Oued Massif, oued Taffrent sont alimentés également à partir de ressources de ruissellement sur les hauteurs des montagnes (TERRAS, 2010-2011).

Bassin de l'oued Tiffrit : Il s'agit du haut cours de l'oued Taria. L'oued Tiffrit prend sa source au plateau de Hassasnas avec l'oued Foufot, il présente un écoulement pérenne. La partie du plateau dolomitique couverte par ce bassin peut être évaluée à 600 Km². A Taria, il couvre 1806 Km². Il s'écoule dans une vallée assez profonde aux berges parfois escarpées, de nombreux affleurements viennent grossir l'écoulement des ces cours d'eaux tel que l'oued Belloul et l'oued Minouma. L'oued Berbour à l'ouest des montagnes, qui est un important apport des oueds Bouatrous, Fourhalzid, conflue avec l'oued Sefioun pour donner l'oued de Hounet(TERRAS, 2010-2011).

Bassin de l'oued El Abd : il s'agit du haut court de l'oued El Abd, celui-ci prend sa source au Djebel Derkmous. Il présente un écoulement pérenne. A Takhemaret, la superficie du bassin versant de l'oued El Abd est de 560 Km² (TERRAS, 2010-2011).

Bassin du Chott Chergui : il s'agit de la bordure Nord de la dépression du Chott, et la surface intéressant le plateau de Saida s'étend sur près de 250 Km². L'écoulement dans ce dernier bassin se fait vers le sud (oued Falette), alors que dans les trois premiers, il s'effectue vers le Nord (TERRAS, 2010-2011).

Les principaux oueds : ils sont au nombre de sept, oued Sefioun, oued Berbour, oued Saida, oued Sidi Mimoun, oued Hassa, oued Guernid et oued El Abd. Partant des données exploitées de divers documents disponibles, les écoulements du principal bassin versant de l'espace «Chott Chergui » auquel appartient la région Hauts Plateaux ouest, sont évalués de façon sommaire et estimés à un volume de 240 à 300 Hm³ / an (TERRAS, 2010-2011).

4.2 Estimation des ressources en eau superficielles

La ressource en eau de surface est constituée du ruissellement des pluies. Ce ruissellement peut être mobilisé, lorsque les conditions topographiques et géotechniques le permettent, par des barrages, des retenues collinaires ou des ouvrages traditionnels de dérivation (Mimouni, 2018).

Les trois Bassins hydrographiques s'inscrivent sur le territoire de la wilaya comme suit :

- **L'espace Nord ou Zone des Bassins versants comprend :** Le bassin supérieur de l'oued El Hammam intégré au Bassin de la Macta et qui réunit à l'échelle de la wilaya cinq sous bassins qui s'étalent sur une superficie de 3086,40km². Ces sous bassins rassemblent, d'une part les apports de oued Séfioune, de oued Berbour et de oued Hounet estimés en moyenne à 73 hm³/an et qui alimentent le barrage de Bouhanifia, et d'autre part ceux de l'oued Saïda, de oued Hammam, de l'oued El Mimoun et de oued Taria estimés à 100 hm³/an et qui se déversent dans le barrage de Ouizert . Ces oueds prennent leurs sources sur les versants nord des monts de Daïa et de Saïda, à une altitude dépassant les 1200m. L'amont du bassin Mina –Chélif ne représente qu'une superficie de l'ordre de 377,10 km² correspondant aux versants Nord-Est des monts de Saïda où l'oued Takhemareth et d'autres oueds secondaires y prennent leurs sources avant de s'écouler dans la wilaya de Tiaret (**Mimouni, 2018**).
- **L'espace Sud Zone steppique :** Le bassin versant des hautes plaines steppiques s'étend à l'échelle de la wilaya sur une superficie de 3301,90 km² . Il s'étale en partie sur 3 sous bassins du Chott Chergui, qui disposent d'un ensemble d'oueds présentant un écoulement intermittent. Il s'agit de oued El Oglal, oued Abter, oued Ouastani et oued El Melah . Ces oueds qui prennent naissance sur les versants sud des Monts de Saïda à une altitude de 1300 m déversent leurs apports en zones steppiques. Sans avoir pu être mobilisées, ces ressources s'écoulent vers le Sud pour alimenter les nappes du bassin endoréique du Chott Chergui. Le chevelu hydrographique y est très peu développé, le régime des cours d'eau très irrégulier et le débit d'étiage est nul ou insignifiant durant toute la longue période sèche (**Mimouni, 2018**).

4.3 Ressources en eaux souterraines

Les monts de Saida sont limités par la Plaine de Ghriss au Nord, les Monts de Tiaret à l'Est, les Monts de Daïa à l'Ouest et le bassin du Chott Chergui au Sud. Ils renferment une nappe aquifère qui présentent un intérêt hydrogéologique certains, il s'agit de la vallée de l'Oued Saida qui est une nappe superficielle généralement libre, située dans les horizons supérieurs de la formation de Saida et les dépôts plio-quaternaires (sables argileux, argiles calcaires et conglomérats). D'une épaisseur de 10 à 15 mètres, la nappe renferme un potentiel de l'ordre de 5 hm³/an et couvre une superficie de 228 km². Les Monts de Saida délimitent des formations hydrogéologiques complexes renferment une avancée de la nappe du Djebel

Remailia dans la zone de Youb, qui est contenue en grande partie dans la wilaya de Sidi Bel Abbès.

En matière de ressources hydriques c'est le bassin versant de l'oued Saida qui draine le maximum de ressources mobilisables et souterraines, la carte établie par Boudjemaa (2010) en donne un aperçu (KEFIFA, 2013-2014).

4.4 La répartition de l'eau

La disponibilité en eau de la wilaya est en moyenne de l'ordre 230 m³ / habitant, soit un ratio inférieur de 47 % à la moyenne nationale 430 m³ / habitant. Ce ratio confirme la rareté de l'eau dans la wilaya. Bien que dotée en ressources hydriques importante par la nappe du Chott chergui, la zone connaît une situation préoccupante.

La carence d'études constitue une tare de taille dans l'ensemble du territoire de la wilaya, qui se justifie par la méconnaissance des ressources potentielles souterraines non explorées jusqu'à ce jour sur toute une partie importante de la wilaya. En effet selon la direction de l'hydraulique, 1982 ; seul 26,000 Km² sont exploré sur les 106.000 Km² posant des difficultés quant à la recherche et la mobilisation de la ressource. Il est important de noter que les ressources superficielles ne sont pas mobilisées malgré un apport pluviométrique annuel de l'ordre de 20.000 millions de mètre cube et seules les ressources souterraines couvrent actuellement les besoins de l'ordre de 200 millions de mètres cube par an.

L'épuisement à l'étiage des oueds permanents (Oued Saida, Oued Berbour / Hounet, Oued Sefioun, Oued Mimoun et oued Tifrit) et le tarissement de nombreuses sources engendrent la diminution de plus de la moitié des débits des sources récapituler dans le tableau suivant :

Tableau 2.2: débit initial et actuel d'eau (KEFIFA, 2014)

Source	Débitinitial(l/s)	Débitactuel(l/s)
AinZerga	170	55
AinSoltane	40	15
OumRekhail	30	15
AinTebouda	30	00
Poirier	60	20

5. Occupation du sol

L'occupation du sol de la wilaya de Saïda présente des similitudes avec l'occupation nationale et trouve ses origines dans l'absence de politique globale en matière d'organisation du territoire et d'utilisation des sols, l'analyse de cette occupation présente quelques aspects particuliers et des caractéristiques en relation avec les conditions du milieu naturel qui constituent des facteurs limitant (Labani, 2005).

Un équilibre entre les trois espaces : agricole, forestier et pastorale conférant à la wilaya une vocation assez complexe et difficilement maîtrisable.

Tableau 2.3 : Occupation de l'espace de la wilaya de Saida (BNEDER, 1992)

Occupation du sol	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Terres agricoles	226789	34,04
Terres forestières	174361	26,17
Terres de parcours	253679	38,08
Terres improductives	11426	1,71

6. Le cheptel

La composition des troupeaux montre une prédominance écrasante du petit bétail, plus particulièrement des ovins qui occupent environ 90% des effectifs, suivie par les caprins et les bovins.

Par un déficit en unité fourragère, les troupeaux sont lâchés dans les massifs forestiers de la wilaya causant la dégradation des formations déjà très fragiles, ces effectifs sont de plus en plus importants depuis 2001, cette évolution du cheptel se traduit par un surpâturage causant le tassement des sols, l'absence de régénération et la dégradation des boisements.

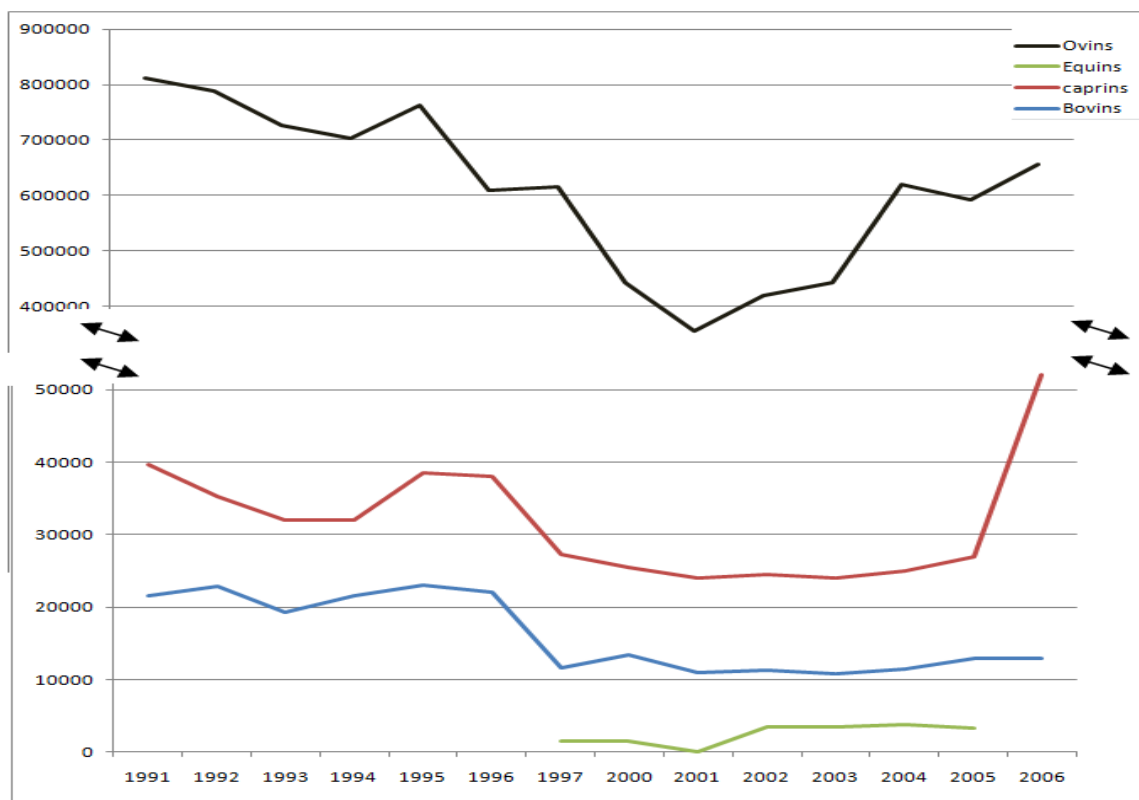


Figure 2.5 : Evolution des cheptels dans la wilaya de Saïda.

7. L'espace forestier

La wilaya de Saïda se caractérise par une surface forestière non négligeable de l'ordre de 174361ha soit $\frac{1}{4}$ de la superficie total de la wilaya (BNEDER, 1992 ; ANAT, 2008), dont plus de 66 % sont concentrés sur 6 communes situées sur les monts Dhaya et les monts de Saïda, des espaces montagneux concernés par une double problématique aux conséquences connues, mais non évaluées ; il s'agit d'abord d'une déforestation progressive dont le risque est réel à travers des incendies difficilement maitrisables et une problématique d'érosion. Cet espace occupe la deuxième place en surface mais n'arrive pas à jouer le rôle socioéconomique qui devrait lui incomber, l'état de dégradation avancé des formations forestières où les maquis représentent 73% de la surface totale forestière témoignant de la pression qui s'exerce sur ces formations forestières due essentiellement au pacage et la fréquence des incendies (Labani, 2005).

Tableau 2.4: Superficie des formations forestières dans la wilaya de Saida (BNEDER, 1992)

Formation	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts denses	13077	7,49
Forêts claires	27041	15,5
Maquis denses	14537	8,33
Maquis claires	112673	64,62
Reboisements	7033	4,03
total	174361	100

Cet espace offre deux zones distinctes :

- ✓ **Une zone du *Pinetumhalepensis*** : groupement dominant au Nord-ouest de la wilaya, il est composé de formations forestières où domine le pin d'Alep et son cortège floristique, commun dans tout l'étage bioclimatique semi-aride avec une densité claire caractérisée par une absence quasi-totale de régénération naturelle. Avec la tendance vers une sécheresse prolongée et sous l'action conjuguée de la pression humaine, animale et des incendies ; ces formations forestières sont menacées dans leur existence (Labani, 2005), situées dans les monts de Dhaya et les monts de Saïda, les forêts domaniales de Tendfelt, Djaafra cheraga, Fenouane et de Doui Thabet sont les plus importantes.
- ✓ **Une zone du *Quercetumillicis*** : dominée par le chêne vert qui arrive à coloniser des espaces surtout dans la zone de Hassasna. Cette formation arrive à se maintenir grâce à la faculté de rejeter de souches mais l'âge avancé des taillis soumis en plus à des coupes et des agressions permanentes ne permet pas une pérennité de cette formation.

C'est une zone qui n'arrive pas à s'intégrer ni économiquement ni écologiquement dans le territoire pour diverses raisons (Labani, 2005).

Le patrimoine forestier de la wilaya est composé par les essences suivantes :

- ✓ Pin d'Alep avec 54740 ha soit 35%.
- ✓ Chêne vert avec 46920 ha soit 30%.
- ✓ Thuya de berbérie avec 15640 ha soit 10%.
- ✓ Chêne kermès avec 7820 ha soit 5%.
- ✓ Genévrier oxycèdre avec 7820 ha soit 5%.

Les autres essences forestières totalisent 23000 ha soit 15% (**Labani, 2005**).

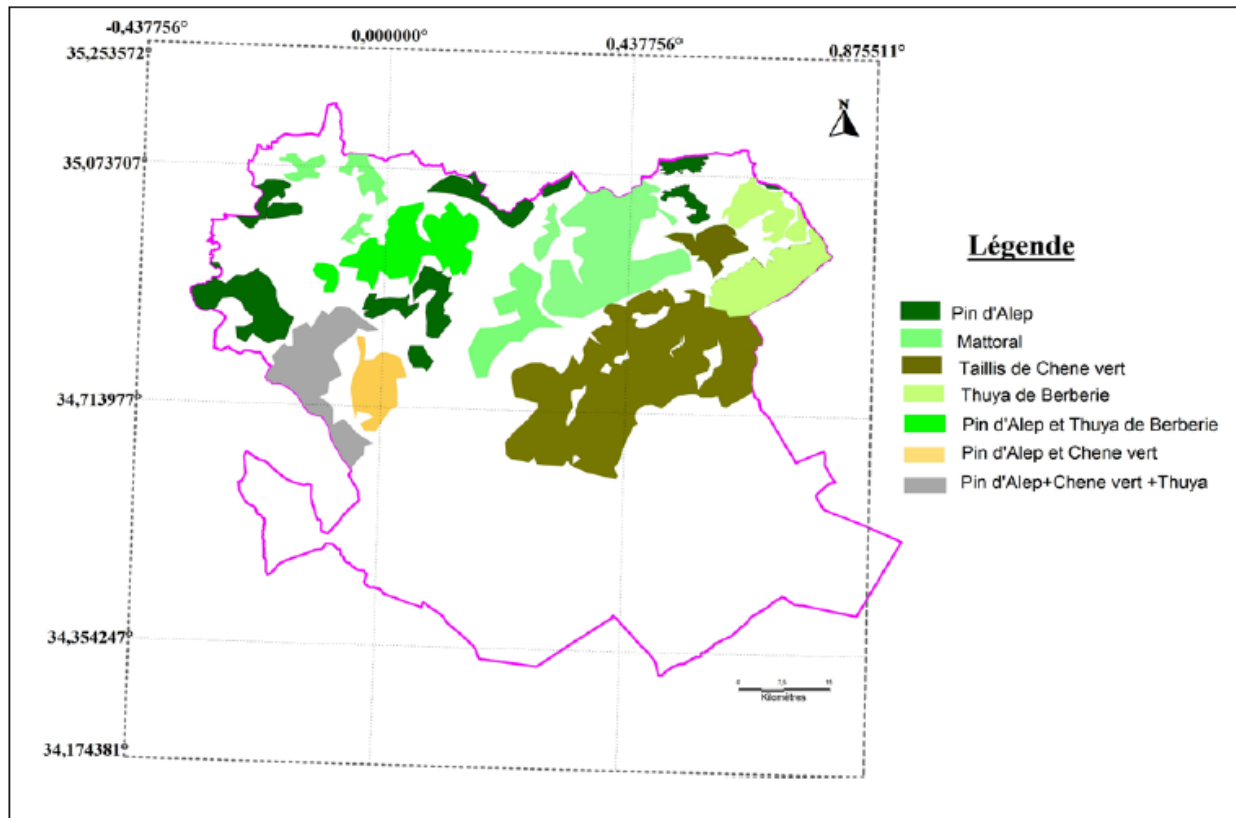


Figure 2.6 : Carte des groupements forestiers (**TERRAS, 2011**).

8. Géologie

Selon **Lucas (1952)**, le territoire de la wilaya de Saida est constitué essentiellement de terrains secondaires généralement de grès Jurassiques et Crétacés à dureté variable suivant le degré de consolidation de même que des couches calcaires, marneuses ou dolomitiques. Les dépressions et les vallées sont recouvertes de terrains d'origine continentale (Fluviales et éoliens) d'âge Tertiaire souvent indifférencié (Mio-Pliocène) et Quaternaire de manière étendue. Une formation plus ou moins épaisse de strate rougeâtre, sablo-argileuse d'âge Tertiaire ou un recouvrement de croûte calcaire y est rencontrée de façon variable, cet

encroulement représente une fossilisation de la surface topographique constituée par des alluvions tertiaires continentales.

La succession stratigraphique et lithologique est représentée par des formations allant du Primaire au Quaternaire avec toutefois des lacunes stratigraphiques de même que des variations latérales de facies et d'épaisseurs (**Labani, 2005**).

9. Topographie

D'une manière générale, la topographie générale de la wilaya est relativement plane car les classes de pentes inférieures à 10 % occupent environ 84 % de la superficie totale de la wilaya. Le reste soit 16 % du territoire de la wilaya 104520 ha ont une déclivité bien marquée avec néanmoins une classe intermédiaire 10 25 % relativement importante. (**Labani, 2005**)

CHAPITRE III :

Méthodologie de travail

Introduction

Différentes méthodes ont été explorées pour étudier l'état de la végétation dans notre zone d'étude. Notre objectif était d'identifier une méthodologie simple qui nous permettrait de comprendre comment la végétation évolue sous les pressions environnementales et humaines.

Pour atteindre les objectifs assignés à l'étude, notamment ceux qui portaient sur la dynamique du couvert végétal et les causes de sa dégradation, il était nécessaire de trouver une méthode qui nous permettrait de comprendre et de détecter les zones dégradées dans ce processus.

L'évaluation et le suivi de la dynamique de la couverture forestière dans la région de Saida ont été testés à partir d'un ensemble de traitements numériques des images satellitaires à haute résolution spatiale.

Pour arriver à cela différentes étapes chronologiques ont été suivies dans notre démarche méthodologique:

- ✓ Le choix de la zone d'étude qui correspond à un milieu forestier appartenant à la Wilaya de Saida;
- ✓ Le choix (l'image satellitaire (type de capteur, date d'acquisition, résolution, disponibilité.)
- ✓ Le choix des logiciels pour les traitements (ENVI 4.7)

1 Méthodologie de travail

1.1 Matériel utilisé

1.1.1 Logiciel ENVI 4.7

ENVI (Environnement for Vizualizing Images) est un logiciel de traitement d'image développé par la société RSI (Research Systems). C'est un logiciel haut de gamme qui permet de lire, de visualiser des images numériques et un particulier issu de la télédétection. ENVI supporte un grand nombre de formats de fichier de toutes tailles, mais possède également son format propre. Le fichier entête (header) contient toutes les informations utiles au logiciel pour lire le fichier : dimension de l'image, résolution, projection, cartographie,...

L'avantage principal d'ENVI est qu'il permet de lire des données hyper spectrales (empilement possible de plusieurs centaines de plans images) que nous utiliserons pour gérer et analyser des fichiers multi dates.

1.1.2 Earth Explorer

Earth Explorer est une plateforme en ligne développée par l'USGS (United States Geological Survey) qui permet de rechercher, visualiser et télécharger gratuitement des images satellites et des données géospatiales. Elle donne accès à une vaste base de données, incluant les images Landsat, Sentinel, MODIS, ainsi que des données topographiques, LIDAR et radar. EarthExplorer offre des outils de filtrage par date, localisation, capteur ou type de données, et est largement utilisé dans les domaines de la télédétection, de la cartographie, de l'agriculture et de l'environnement pour l'analyse spatio-temporelle.

1.2 Préparation des images satellitaires

Avant de commencer un flux de travail de détection des changements, le prétraitement des images est essentiel. Ces étapes comprennent l'enregistrement des images multitemporelles et les corrections radiométriques et atmosphériques, qui sont particulièrement importantes. Une grande partie de ce travail a été automatisée et déjà appliquée aux images disponibles dans Earth Explorer (USGS). La sélection des images est également importante:

- ✓ Localisation de la zone d'étude: la wilaya de Saida;
- ✓ La date d'acquisition : le mois de Juillet pour les années suivantes (1990, 2000, 2013, 2020, 2024);
- ✓ Le choix du satellite: Landsat.

Les considérations de sélection incluent la recherche d'images qui ne contiennent pas de couverture nuageuse (No Cloud Cover).

Earth Explorer accède au jeu de données USGS Landsat 4, 5, 8 et Landsat 9 Collection 2, Level-1.

1.3 Calcul l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI)

L'étape suivante est la transformation et le traitement des données satellitaires à l'aide de l'ENVI 4.7 par:

- Le calcul du l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) de chaque année par l'équation suivante:

$$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$$

- Pour Landsat 4 et 5 en (**1990 et 2000**), on a utilisé les bandes spectrales 3 (Rouge) et 4 (proche infrarouge PIR)
- Pour Landsat 8 et 9 en (**2013, 2020 et 2024**), on a utilisé les bandes spectrales 4 (Rouge) et 5 (PIR).
- Après les calculs, on a établi les cartes de **NDVI**.

1.4 Classification des images

La classification d'image permet de regrouper les pixels dont les signatures spectrales sont proches. L'objectif général des classifications est de traduire des informations spectrales en classes thématiques et de réaliser des cartes.

Pour la classification des images, on a utilisé 2 classes (forêt, sol nu) qui nous permettent de réaliser des cartes de la couverture forestière de la zone d'étude :

- (**1990 et 2000**) $\longrightarrow \{-1 ; 0,1 \} \{ 0,1 ; 1 \}$
- (**2013**) $\longrightarrow \{-1 ; 0,2 \} \{ 0,2 ; 1 \}$
- (**2020 et 2024**) $\longrightarrow \{-1 ; 0,15 \} \{ 0,15 ; 1 \}$

1.5 La comparaison entre le changement

Pour voir si il ya un changement dans la couverture forestière dans la zone d'étude, on a fait une comparaison entre chaque deux années :

- ✓ Entre **1990-2000**
- ✓ Entre **2000-2013**
- ✓ Entre **2013-2020**
- ✓ Entre **2020-2024**

Pour rendre l'étude des résultats plus facile, nous avons converti les résultats de la comparaison (les tableaux) entre chacune des deux périodes (**1990-2000/ 2000-2013/ 2013-2020/ 2020/2024**) en un histogramme par l'EXCEL.

CHAPITRE IV :

Résultats et interprétations

1 Calcul de l'NDVI

L'NDVI (Indice de végétation par différence normalisée) est un indice utilisé en télédétection pour évaluer la santé et la densité de la végétation. Il est calculé à partir des bandes spectrales rouges (RED) et proche infrarouge (NIR) d'une image satellite.

Ces bandes NIR (proche infrarouge) et Rouge ont été choisies parce qu'elles répondent le plus fortement aux changements des couvertures végétales causés par facteurs anthropiques ou environnementales. Les valeurs de l'NDVI ont toujours entre $\{-1 \text{ et } 1\}$.

1.1 Les cartes de l'NDVI

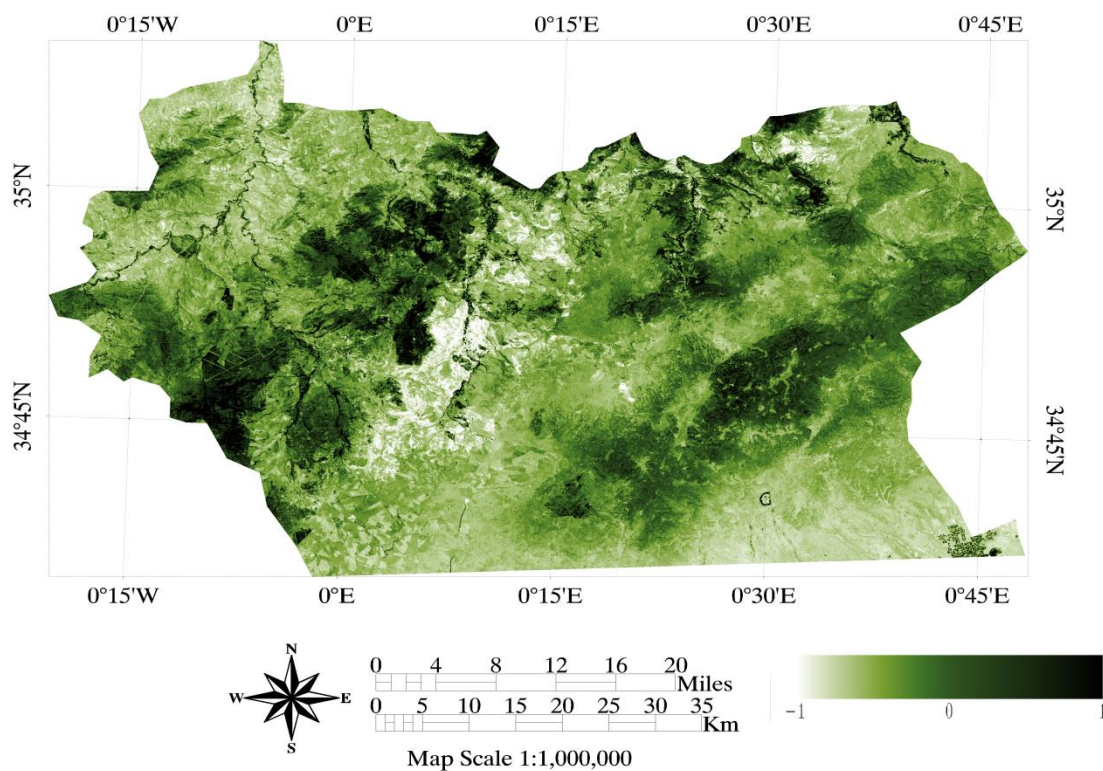


Figure 4.1 : La carte d'indice de végétation 1990 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA)

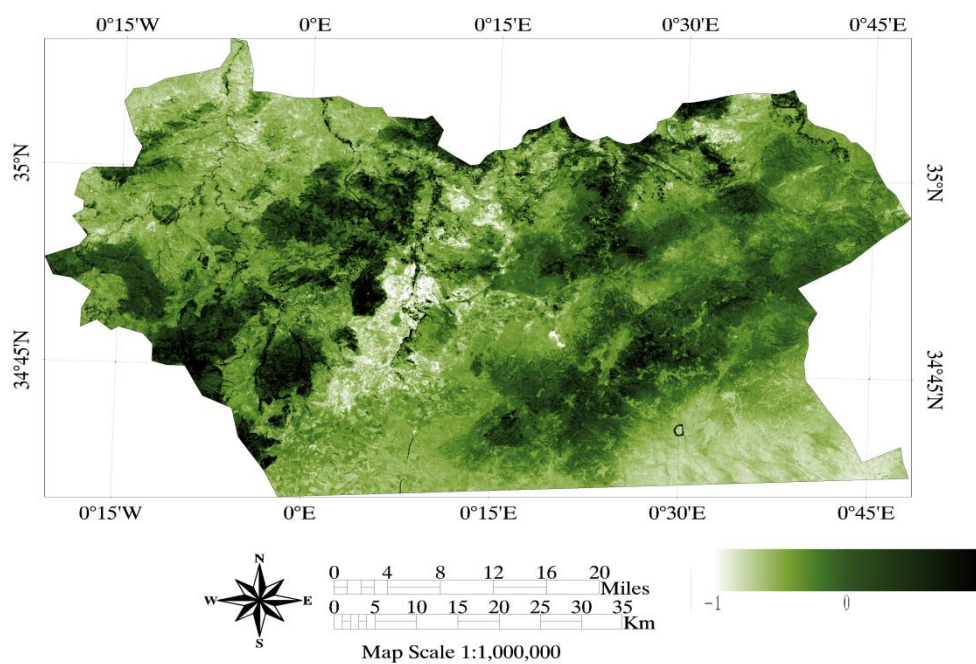


Figure 4.2 : La carte d'indice de végétation 2000 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA)

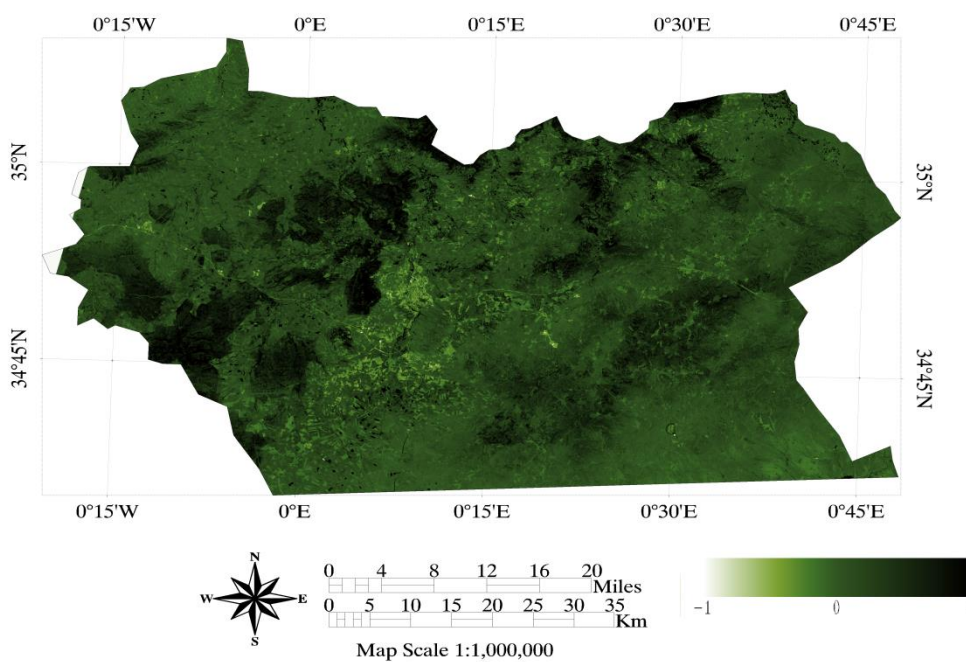


Figure 4.3 : La carte d'indice de végétation 2013 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA)

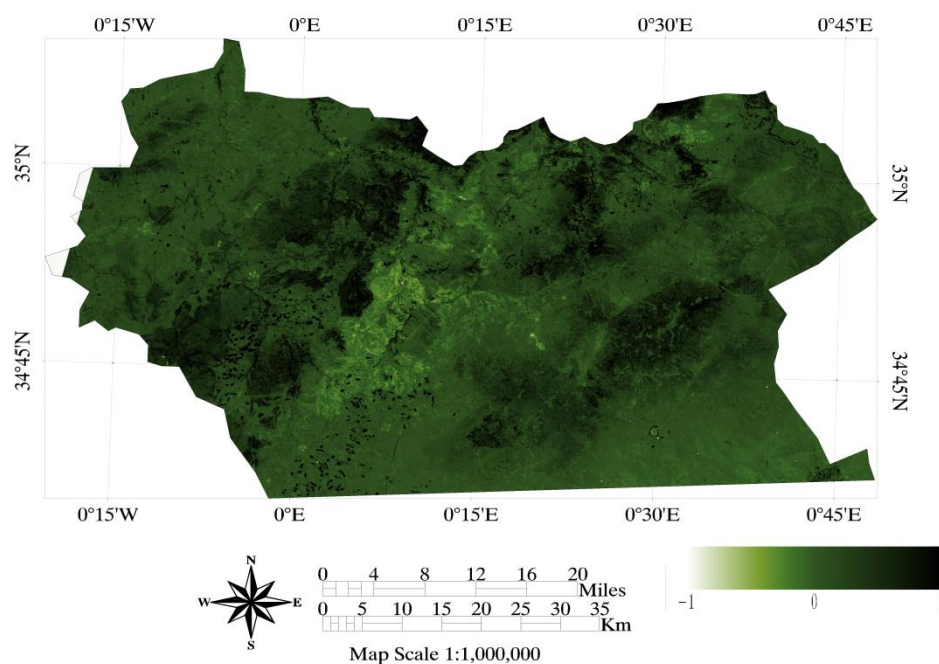


Figure 4.4 : La carte d'indice de végétation 2020 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA)

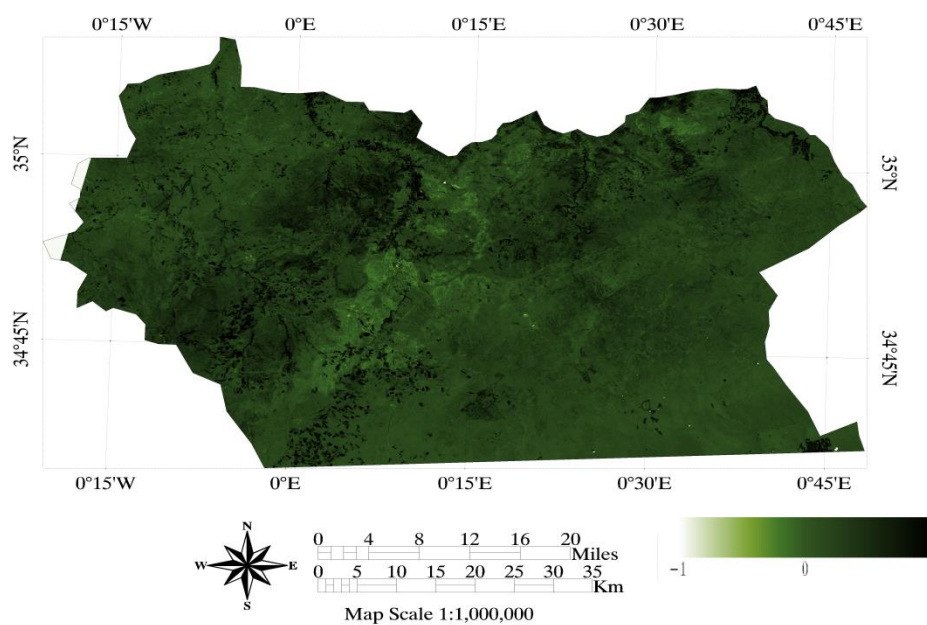


Figure 4.5 : La carte d'indice de végétation 2024 de la zone d'étude (wilaya de SAIDA)

1.2 Interprétation

Dans les figures (4.1) ;(4.2) ;(4.3) ;(4.4) ;(4.5), l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), un indicateur couramment utilisé en télédétection pour évaluer la densité et l'état de la végétation, varie significativement selon les caractéristiques du couvert végétal. Dans l'image analysée, les variations de NDVI permettent de distinguer plusieurs types de couvertures terrestres, réparties en trois grandes catégories :

- **Zones vert foncé (NDVI élevé, généralement compris entre 0,6 et 1) :** Ces zones correspondent à des surfaces présentant une végétation dense et vigoureuse. Il s'agit principalement de forêts denses, de zones boisées, ou d'écosystèmes naturels en bon état de conservation. Un NDVI élevé indique une forte activité photosynthétique, typique des feuillages abondants et bien développés. Ces régions jouent souvent un rôle écologique important, en servant de puits de carbone, en maintenant la biodiversité, et en régulant le climat local.
- **Zones vert clair (NDVI modéré, généralement entre 0,2 et 0,5) :** Ces zones sont caractérisées par une végétation moins dense, comme des matorrals clairs, des zones de cultures agricoles, ou des milieux semi-naturels. Le NDVI modéré reflète une activité végétative présente mais limitée, souvent influencée par des facteurs comme la saison, les pratiques agricoles, ou la disponibilité en eau. Ces zones peuvent correspondre à des paysages agricoles en croissance, des matorrals, ou des terrains en cours de reforestation.
- **Zones claires ou blanches (NDVI faible à négatif, de 0 à -1) :** Ces régions affichent une absence ou une très faible densité de végétation. Cela inclut les sols nus, zones urbanisées, zones rocheuses, ou encore surfaces d'eau. Un NDVI proche de zéro ou négatif est typique des surfaces non végétalisées, car ces dernières ne renvoient pas les longueurs d'onde du proche infrarouge caractéristiques de la végétation. Ces zones peuvent également indiquer des milieux dégradés ou sujets à des pressions anthropiques, comme le déboisement, l'érosion, ou l'expansion urbaine.

2 Classification des images

2.1 Les cartes de la couverture forestière

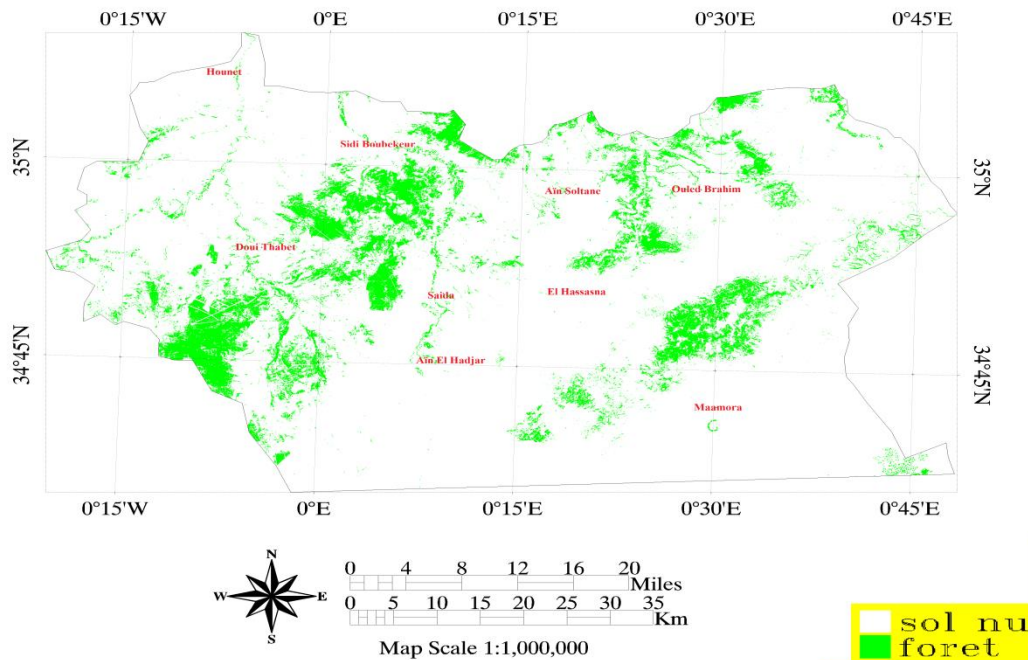


Figure 4.6 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 1990

- La carte montre la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 1990 (**Figure 4.6**). La superficie forestière était estimée en 1990 à 764km², soit 11,2 % de la superficie totale.
- Elle révèle une concentration marquée de forêts autour du Centre de la commune de Saida, dans le Centre-Ouest et le Nord-Ouest (autour de DouiThabet, Sidi Boubekeur) et dans le Sud-Ouest (Aïn El Hadjar) et le Nord-Est (vers AïnSoltane et Ouled Brahim), correspondant généralement aux zones montagneuses. En revanche, les régions du sud et du sud-est (El Hassana et Maamora) apparaissent moins de couverture forestière, largement dépourvues de végétation, indiquant soit des zones agricoles, pastorales, soit soumises à l'aridité ou à la dégradation des sols. Cette répartition met en évidence une forêt fragmentée et vulnérable à la pression humaine (Les incendies, surpâturage, surexploitation,...etc.) et climatique (sécheresse, érosion des sols,...etc.).

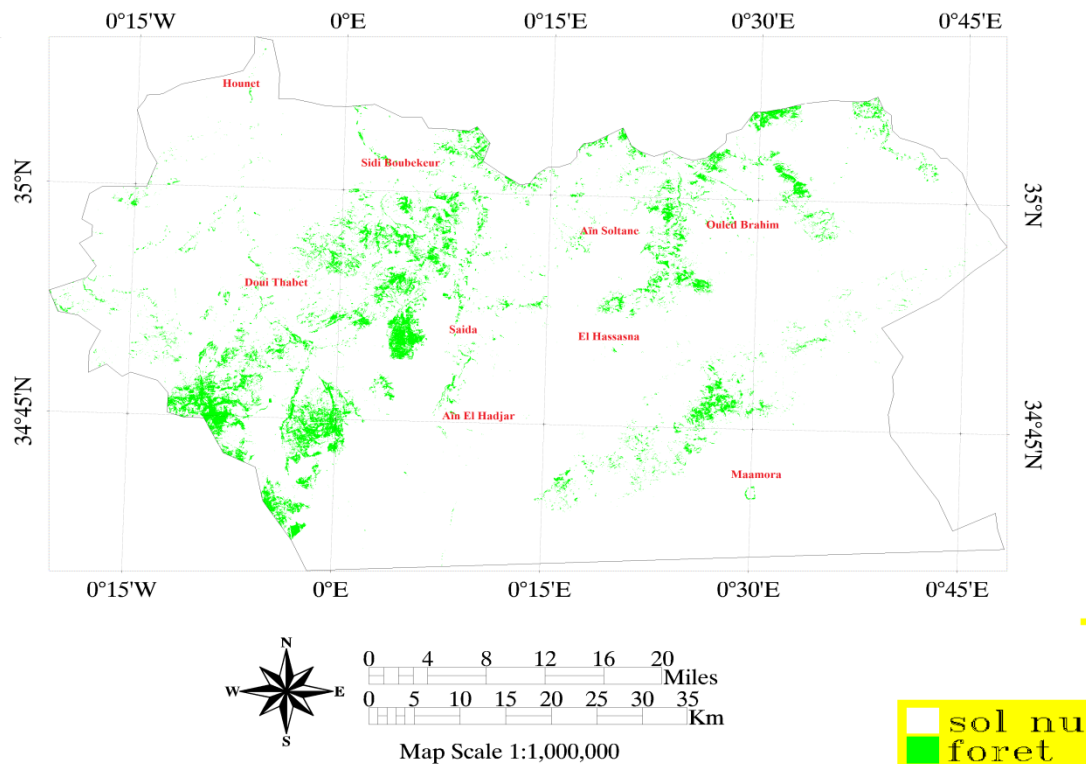


Figure 4.7 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2000

- La figure 4.7 représente la carte de répartition de la couverture forestière de la wilaya de Saïda en juillet 2000 avec une superficie 347,2 km² soit 5.1 %. Elle montre clairement une concentration de zones forestières dans le sud-ouest, le centre et le nord-est de la wilaya, notamment autour de Saida, Aïn El Hadjar, AïnSoltane et Ouled Brahim. Cette distribution reflète les influences climatiques et humaines sur la répartition de la couverture forestière à cette période.

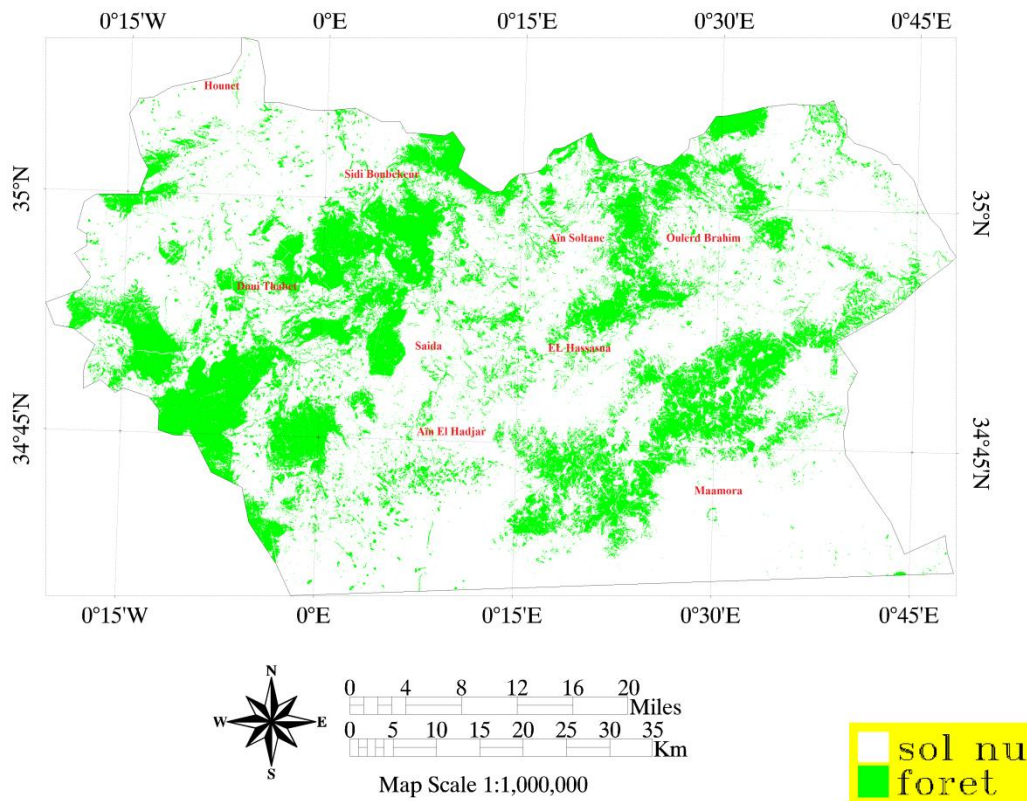


Figure 4.8 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2013.

- La carte illustrée dans la Figure 4.8 présente la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saïda au mois de juillet 2013. La superficie était estimée par 1697 km², soit 25%.
- Cette période représente une augmentation de la surface couverte par l'espace forestier principalement dans le Centre, Sud-Ouest, Nord-Ouest et Nord-Est, notamment autour des communes de Aïn El Hadjar, DouiThabet, Sidi Boubekeur, El Hassasna, AïnSoltane et Ouled Brahim.
- Cette répartition augmentation remarquable de la surface couverte par la forêt est reflète l'influence des activités humaines sur la couverture forestière (comme programme de reboisement et la diminution de la pression anthropique dans la région, sans oublier l'augmentation des de la moyenne de précipitation durant cette période.

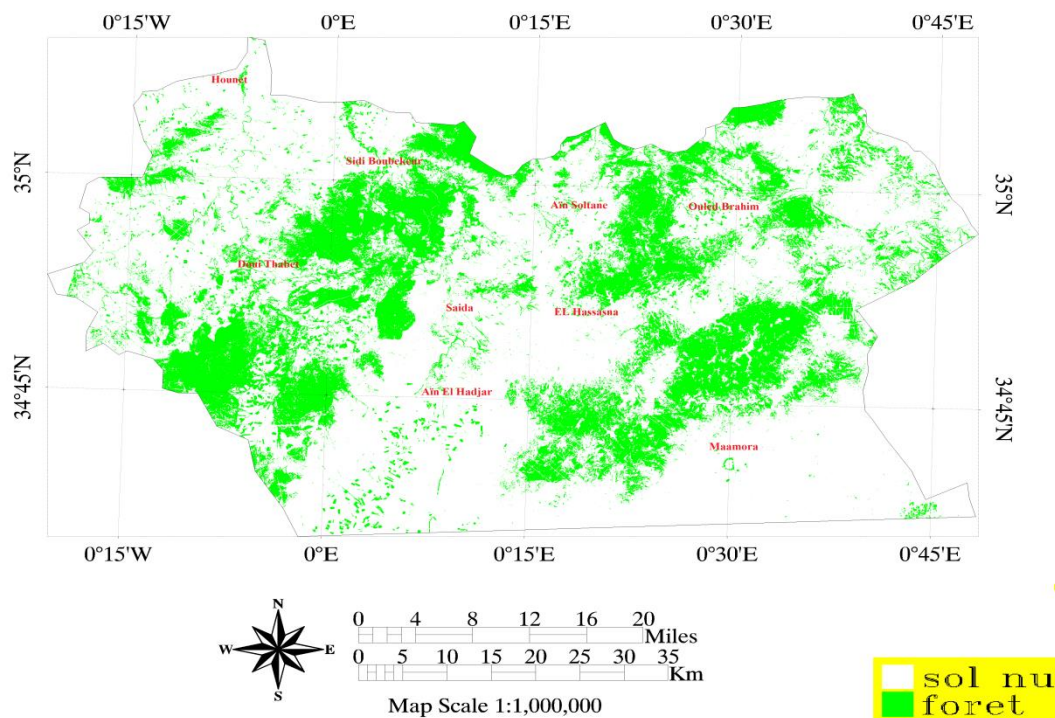


Figure 4.9 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2020.

- La figure 4.9 montre la carte de répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2020, d'une superficie de 1 704 km², soit 25 % de la superficie totale.
- Une concentration importante de forêts est observée au Nord, au Nord-Est et au Centre-Ouest de la wilaya, les zones autour Sidi Boubekeur, Aïn Soltane, El Hassasna et Ouled Brahim étant caractérisées par une forte densité forestière. En revanche, les régions du Sud et du Sud-Est, comme Maamora et Aïn El Hadjar, autour de la ville de Saïda (Centre), et certaines parties du Nord-Ouest, présentent une couverture végétale clairsemée.
- Cette répartition reflète l'impact des facteurs environnementaux sur la couverture forestière, par exemple le changement climatique et anthropiques, déforestation, l'agriculture,...etc.

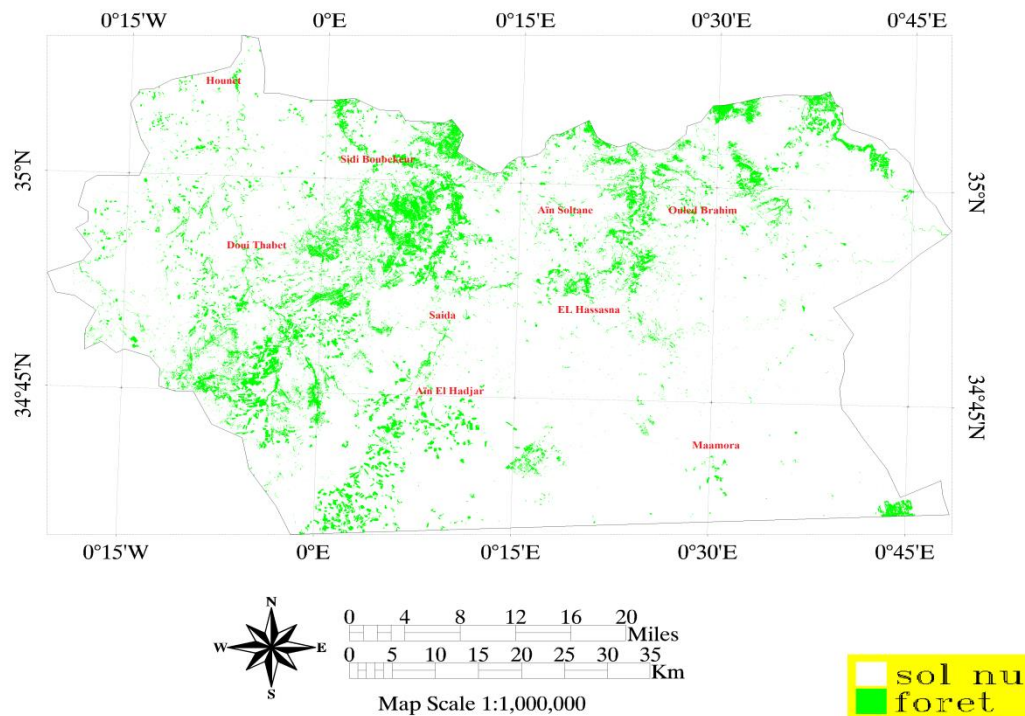


Figure 4.10 : La carte de la répartition de la couverture forestière dans la wilaya de Saida en juillet 2024.

- La carte montre la répartition de la couverture forestière de la wilaya de Saida en juillet 2024 (**Figure 4.10**). La superficie de la couverture forestière était estimée par 558 km² soit 8.2%. On constate que la couverture forestière est majoritairement concentrée dans la moitié Nord et Sud-Ouest de la wilaya, notamment autour des localités telles que Sidi Boubekeur, Aïn Soltane, Ouled Brahim, Doui Thabet et Aïn El Hadjar. Ces zones indiquent une densité forestière relativement élevée. En revanche, les régions du Centre, de l'Est et du Sud-Est, comme Saida, El Hassasna et Maamora, présentent une prédominance de sols nus, ce qui peut être le résultat de pressions anthropiques (agriculture, urbanisation, déforestation,...) et de conditions climatiques défavorables.
- Cette répartition spatiale révèle une fragmentation de la couverture forestière, posant des enjeux en matière de gestion durable, de lutte contre l'érosion et de préservation de la biodiversité.

3 Comparaison entre le changement

La comparaison des cartes de couverture forestière de 1990 à 2024 pour la zone d'étude montre les changements nets dans la superficie des forêts et des sols nus.

Les résultats de la comparaison, nous montrent s'il y a évolution ou dégradation de la couverture forestière dans la zone d'étude. Certaines zones, par exemple, ont été complètement dégradées en raison de facteurs climatiques (sécheresse, changement climatique, érosion des sols,...) ou anthropiques (déforestation, les incendies, surpâturage,...).

3.1 Les tableaux de la comparaison

○ Entre 1990/2000

Tableau 4.1 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (1990/2000)

	Etat initiale(1990) surface en (km ²)			
Etat finale (2000) surface en (km ²)		Sol nu	Forêt	Total
	Sol nu	5974.9	476.04	6450.94
	Forêt	59.25	287.98	347.23
	Total	6034.15	764.02	
	changement	59.25	476.04	
	différence	416.79	- 416.79	

- Ce tableau compare les changements de surface entre les forêts et les sols nus entre 1990 et 2000.
- En 1990, les sols nus occupaient 6034.15 km² et les forêts 764.02 km². En 2000, les sols nus ont augmenté à 6450.94 km², tandis que les forêts ont diminué à 347.23 km².
- Cette transformation indique une forte déforestation au profit de l'expansion des sols nus, représentant une perte nette de couverture forestière de 416,79 km² sur la période étudiée.

○ Entre 2000/2013

Tableau 4.2 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (2000/2013)

	Etat initiale(2000) surface en (km ²)			
Etat finale (2013) surface en (km ²)		Sol nu	Forêt	Total
	Sol nu	5075.58	25.48	5101.06
	Forêt	1375.35	321.75	1697.11
	Total	6450.94	347.23	
	changement	1375.35	25.48	
	différence	-1349.88	1349.88	

- Ce tableau montre l'évolution des surfaces de forêts et de sols nus entre 2000 et 2013.
- En 2000, les sols nus couvraient 6450.94 km² et les forêts 347.23 km². En 2013, les sols nus ont diminué à 5101.06 km² tandis que les forêts ont considérablement augmenté à 1697.11 km². Cela indique une réduction de 1349,88 km² de sols nus et un gain équivalent de superficie forestière.
- Cette tendance traduit une dynamique positive de reforestation ou de régénération naturelle.

○ Entre 2013/2020

Tableau 4.3 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (2013/2000)

	Etat initiale(2000) surface en (km ²)			
Etat finale (2013) surface en (km ²)		Sol nu	Forêt	Total
	Sol nu	4688.27	405.71	5093.98
	Forêt	412.79	1291.39	1704.19
	Total	5101.06	1697.11	
	changement	412.79	405.71	
	différence	-7.08	7.08	

- Ce tableau montre l'évolution des surfaces de forêts et de sols nus entre 2013 et 2020.
- En 2013, les sols nus couvraient 5101.06 km² et les forêts 1697.11 km². En 2020, les sols nus ont diminué d'une façon faible à 5093.98 km² tandis que les forêts ont augmenté à 1704.19 km². Cela indique une réduction de 7.08 km² de sols nus et un gain équivalent de superficie forestière.
- Ce résultat indique une stabilité de la couverture forestière dans cette période, ce qui traduit des conditions climatiques favorables ou la reforestation.

○ Entre 2020/2024

Tableau 4.4 : Tableau de la comparaison du changement des forêts et des sols nus entre (2020/2024)

	Etat initiale(2000) surface en (km ²)			
Etat finale (2013) surface en (km ²)		Sol nu	Forêt	Total
	Sol nu	4965.66	1274.16	6239.82
	Forêt	128.32	430.02	558.35
	Total	5093.98	1704.19	
	changement	128.32	1274.16	
	différence	1145.84	-1145.84	

- Ce tableau compare les changements de surface entre les forêts et les sols nus entre 2020 et 2024.
- En 2020, les sols nus occupaient 5093.98 km² et les forêts 1704.19 km². En 2024, les sols nus ont augmenté à 6239.82 km², tandis que les forêts ont diminué à 558.35 km².
- Ces changements indiquent une forte déforestation au profit de l'expansion des sols nus ou des conditions climatiques défavorables, représentant une perte nette de couverture forestière de 1145.84 km² dans cette période.

3.2 La superficie des forêts et des sols nus

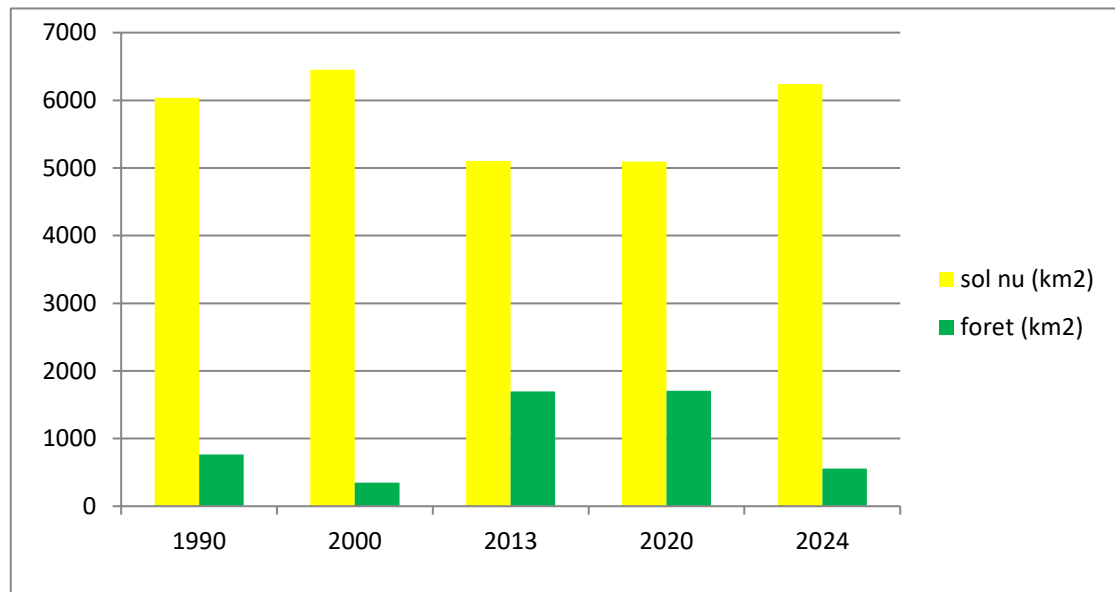


Figure 4.11: L'évolution de la superficie (en km²) des sols nus et des forêts (de 1990 à 2024) de la zone d'étude

- Cet histogramme montre l'évolution de la superficie (**en km²**) des sols nus et des forêts sur une période de 1990 à 2024.
- On remarque, Il y a une tendance générale à la réduction puis au retour de l'augmentation des sols nus, ce qui peut traduire des phases d'exploitation, de déforestation, puis peut-être une stabilisation ou reprise de certaines activités humaines.
- Il y a eu une déforestation marquée entre 1990 et 2000, suivie d'une reforestation ou régénération forestière entre 2000 et 2020. La baisse en 2024 pourrait indiquer une nouvelle vague de déforestation.

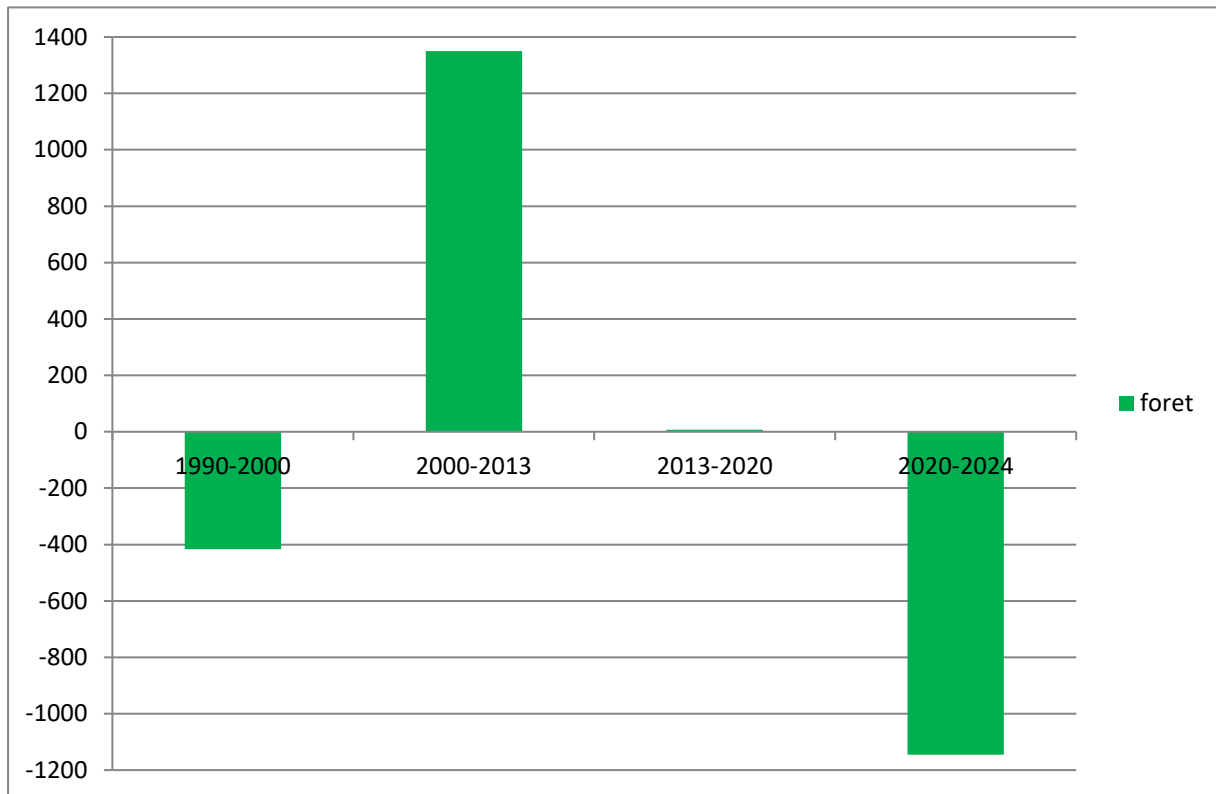


Figure 4.12: Les changements de la couverture forestière dans la zone d'étude entre 1990-2000, 2000-2013, 2013-2020 et 2020-2024.

- **Entre 1990-2000 :**
 - Il y a une diminution du couvert forestier.
 - Cela indique une déforestation ou perte importante de surface forestière durant cette décennie.
- **Entre 2000-2013 :**
 - On observe une augmentation nette du couvert forestier.
 - Cela pourrait refléter des efforts de reboisement, des politiques de gestion durable ou un retour naturel de la forêt.
- **Entre 2013-2020 :**
 - Aucun changement significatif.
 - Le couvert forestier semble être resté stable pendant cette période.
- **Entre 2020-2024 :**
 - Forte réduction du couvert forestier.
 - Cela peut être dû à une reprise de la déforestation, des incendies, sécheresse prolongée ou d'autres pressions environnementales.

La forêt de la wilaya de Saïda a connu des variations importantes :

- ✓ D'abord une perte (1990-2000),
- ✓ Puis une forte récupération (2000-2013),
- ✓ Une stabilité temporaire (2013-2020),
- ✓ Et enfin une perte marquée (2020-2024).

Les résultats de cette analyse indiquent une dégradation continue et significative de la couverture forestière de 1990 à 2024.

Cela montre une gestion fluctuante des ressources forestières, peut-être influencée par les politiques environnementales, les conditions climatiques, ou les activités humaines.

Cette tendance alarmante souligne l'importance de mettre en place des mesures de conservation et de gestion durable des ressources naturelles pour inverser ou atténuer la perte de la couverture forestière.

4 Recommandations

- 1. Renforcement de la reforestation et du reboisement :** Planter des espèces locales adaptées au climat semi-aride de la région (comme le caroubier, le pistachier de l'atlas) pour régénérer les zones dégradées.
- 2. Surveillance contre les incendies de forêt :** Installer des tours de guet, former des brigades locales, et utiliser des drones pour la détection précoce des incendies durant l'été.
- 3. Sensibilisation et éducation environnementale :** Organiser des campagnes éducatives auprès des écoles, des agriculteurs et des communautés locales sur l'importance des forêts pour réduire le pâturage excessif, déforestation,...etc.

La protection de la couverture forestière dans la wilaya de Saida est essentielle pour préserver la biodiversité, limiter la désertification.

Cette synthèse des résultats souligne la nécessité urgente d'actions concertées pour protéger et restaurer la couverture forestière afin de maintenir les écosystèmes et les services qu'ils fournissent.

Conclusion générale

Conclusion

L'écosystème forestier en Algérie se caractérise par sa fragilité imposée par les facteurs climatiques (sécheresse prolongée, faiblesse et irrégularité des précipitations, forte amplitude thermique). Pour la wilaya de Saïda, qui chevauche les étages bioclimatiques semi-aride et aride, la situation est encore plus grave (**BELAROUÏ, 2012**).

Notre étude a mis en lumière la dynamique de la couverture forestière de la zone de Saïda.

La télédétection satellitaire, dans le cadre de cette étude, a permis de réaliser une cartographie de la couverture forestière de notre zone d'étude, par l'utilisation des images de Landsat 4, 5, 8 et 9 grâce à des classifications supervisées.

Les résultats obtenus soulignent la vulnérabilité de ces écosystèmes face aux variations climatiques et pressions anthropiques. Ces changements observés appellent à une action urgente et concertée pour la préservation et la gestion durable de ces espaces forestiers. Il est crucial de mettre en place des stratégies d'adaptation et d'atténuation, incluant une surveillance continue, des pratiques de gestion adaptative et une sensibilisation accrue des acteurs locaux.

La protection de la couverture forestière dans la wilaya de Saïda est essentielle pour préserver la biodiversité, limiter la désertification.

Cette synthèse des résultats souligne la nécessité urgente d'actions concertées pour protéger et restaurer la couverture forestière afin de maintenir les écosystèmes et les services qu'ils fournissent.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abdelmajid, (2015):** Impact of No Tillage on physical proprieties of a clay soil. Journal of Materials and Environmental Science, 6 (2), pp. 391-396.
- **ABID Fatima, HADJI Imene (2020) :** Contribution à l'étude et cartographie des formations végétal dans la région d'Ouled Brahim - Wilaya de Saida. Thèse de Master, p1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
- **Adler P.B., Milchunas D.G., Lauenroth W.K., Sala O.E., Burke I.C., (2004).** Functional traits of graminoids in semi-arid steppes: a test of grazing histories. Journal of Applied Ecology, 41: 653-663.
- **Ahmed LAALA, Djamel ALATOU (2016).** Analyse de la dynamique des massifs forestiers de l'Est algérien par la télédétection satellitaire, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 17 No. 3 Aug. 2016, pp. 954-964
- **BAGHDADI, K. (2017).** Inventaire de la végétation de Djebel El-Aach dans la wilaya de Saida en perspective d'un aménagement sylvo-cynégétique. Mémoire Élaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master . Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Département d'Ecologie.
- **Bastin, Y., Allegrini, C., (2011).** Vocabulaire forestier : écologie, gestion et conservation des espaces boisés, AgroParisTech, pp. 168.
- **Bektrand A., (2009) :** Homme documentaire scientifique.
- **BELAROU, K. (2012).** IMPACT DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA DÉSERTIFICATION ET L'ENVIRONNEMENT DES ZONES SEMI-ARIDES (CAS DE LA RÉGION DE SAIDA, ALGÉRIE). *Communication Science & Technologie*. Oran, Laboratoire Sciences, Technologie et Génie des Procédés (LSTGP) Université des Sciences et de la Technologie Med-BOUDIAF d'Oran ALGERIE B.P.1505 – EL M'nouer Oran (Algérie).
- **BENABDA Amel, CHEKROUB Meriem, BENMARCE Yasmine (2019/2020).** Etude de la diversité des coléoptères carabique de la Forêt de la Maouna (Guelma : Nord-Est Algérien), P1.
- **Bestaoui K., (2001).** Contribution à une étude syntaxonomique et écologique des Matorrals de la région de Tlemcen. Th. Magistère en biologie. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ.Tlemcen.184 p

Références bibliographiques

- **Boudjema M., (2017).** Parc National de Tlemcen. Dynamique de la couverture végétale et perspective. Thèse de Master. Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.
- **CALOZ, RÉGIS et COLLET, CLAUDE (2001).** Précis de télédétection ; vol. 3: Traitements numériques d'images de télédétection.
- **Clements F.E., (1916).** Plant succession: An analysis of the development of vegetation. Carnegie institute. Wash. Publ. 242. 1-512.
- **Collins S.L., Knapp A.K., Briggs J.M., Blair J.M., Steinauer E.M., 1998.** Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. Science, 280: 745.
- **Dajoz R., (1971).** Précis d'écologie. Dunod, Paris. Persée.
- **DAMOU Mohamed Sohaib, AHMED BENYAHIA Abdelhak (2021/2022).** Contribution à l'étude du couvert végétal du littoral d'Oranie : dynamique et cartographie (Cas d'Ain Temouchent etTlemcen), P1.
- **Di Castri E., (1981).** Mediterranean-type shrubland of the world. In: Di Castri F, Goodall D.W. & Specht R.L. (eds.) Mediterranean-type of the world. Vol.11.1-52. Elsevier. Amsterdam.
- **Ferchichi A., (1999).** Les parcours de la Tunisie présaharienne : Potentialités, état de désertification et problématique d'aménagement. Options Méditerranéennes ; 39 : 137-41.
- **Gaussen H., (1952).** Le dynamisme des biocénoses végétales. Colloque internationaux CNRS XXXIII, Ecologie, (Année biologique, Ser ; III, 27 (2)) : 9-22.
- **GIRAD, M, C. (2000).** Cours télédétection département agronomie–environnement .INA PARIS.
- **Greco J., (1966).** L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. Pub. Univ. Agr. Révolution Agraire. Algérie.
- **Guinochet M., (1973).** Phytosociologie. Ed Masson et Cie Paris. 227 p.
- **Heddadj D., (1997).** La lutte contre l'érosion en Algérie. Bull. réseau-érosion n° 17, Edit. IRD, Montpellier, 168-175.
- **KEFIFA, A. (2013-2014).** Contribution à l'étude et à la cartographie de l'impact des pressions anthropozoogènes et climatiques sur les ressources naturelles des monts de Saïda (Algérie). Thèse de doctorat en Sciences d'Agronomie et des Forêts. Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département des Sciences d'Agronomie et des Forêts.

Références bibliographiques

- **Kerrache G (2011)** Impacts du préaménagement sur les formations forestières : cas de la forêt de Fenouane (Commune de Ain El Hadjar, W de Saïda, Algérie).
- **Kluser, (2000)**. Elaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semi automatisée de l'espace colorimétrique d'ortho photos application au bassin versant du Nant d'Avril (France, Suisse), Diplôme d'étude supérieure en sciences naturel de l'environnement, université de Lausanne, 69P.
- **LABANI, A. (2005)**. Cartographie écologique et évaluation permanente des ressources naturelles et des espaces productifs dans la wilaya de Saida
- **Lacoste A. et Salanon R., (2001)**. Elément de biogéographie et d'écologie- 2ème éd. Revetaugm. Paris. 318 p.
- **Lambin E., Helmut F., Geist J., (2008)**. Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts, Springer Science & Business Medi.
- **Lapie G. et Maige A., (1914)**. La flore forestière illustrée de l'Algérie. Paris ; 360 P.
- **Mile J., (1979)**. Vegetation dynamics. Chapman and Hall éd.,Lendon, 80 p.
- **Mimouni, o. (2018)**. Problématique des eaux potables dans les hautes plaines occidentales cas de Saida Algérie. Doctorante Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed . Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed.
- **Mittermeier R.A., Gil P.R., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J. et Da Fonseca G.A.B., (2004)**. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. University of Chicago Press for Conservation International.modelling in some cultivated soils. Europ. J. Soil Sci., 47, 485- 493.
- **Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B., et Kent J.,(2000)**. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, 853-858. n°2, 131-146.
- **Nedjadi Ikram (2017)**. Suivie de la dynamique de l'occupation du sol de la zone de Naama. Thèse de Master, p 6, 7,8.
- **Parmesan C, Yohe G. (2003)**. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.
- **Quézel et Médail, (2003)**. Biologiques et ces ressources potentielles ; Appartient aux forêts méditerranéens, la forêt algérienne avec sa diversité biologique, 137 p.
- **Quezel et Medail., (1997)**. Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin méditerranéen. Unasyuva. 197. pp: 21-28.

Références bibliographiques

- **Quezel P. et Medail F., (2003).** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier éd., 513 p.
- **Quezel P. et Santa S., (1962/1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CRNS, Paris (FR), Tome I : 1-565, Tome II : 566-1170.
- **Quezel P., (1989).** Mise en place des structures de végétation circumméditerranéenne actuelle. C.W. J. University of California. Davis. MAB symposium, XVI Int. Grasslands Congress. : 16-32.
- **Quezel P., Barbero M., Boning G. et Loisel R., (1990).** Recent plant invasions in the Centro Mediterranean region. In DICSTRI et al –“Biological Invasions” : 5160, Klower Pub.
- **Quézel P., Barbero M., Bonin G. et Loisel R (1991).** L'extension potentielle des essences majeures. L'un des caractères majeurs des forêts méditerranéennes, vis-à-vis des forêts, 198 p.
- **Quezel, (1991).** Structure de la végétation de l'Afrique du Nord, incidence sur les problèmes de conservation. Acte Edition pp : 19-23.
- **REBBOUH.A. (2018).** APPORTE DE LA télédétection et les traitement des images LANDSET7 ETM+ pour la cartographie de la région des lacs d'EL Goléa (wilaya de GHardaia), un mémoire, Université de Kasdi Merbah Ouargla.
- **Sedjar A., (2012).** Biodiversité et dynamique de la végétation dans un écosystème forestier Cas de djebel Boutaleb. Université Ferhat Abbas. Sétif.
- **TALBI, O. (2019).** Contribution à la mise en place d'un Système d'Information Géographique pour la prévention des feux de forêts dans la région de Saïda. UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID DE TLEMCEN, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département des ressources forestières.
- **TERRAS, M. (2010-2011).** Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie). THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES DE L'AGRONOMIE ET DES FORETS, Option : Agroforesterie. UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN.
- **Willaya de SAIDA. (2015).** Agence Nationale de développement de l'Investissement (ANDI)
- **Xingjun H. Shenglian G. Lihua X. Zhangjun L., (2014).** Spatial and temporal analysis of drought using entropy-based standardized precipitation index: a case study

Références bibliographiques

in Poyang Lake basin, China. Xingjun Hong & Shenglian Guo & Lihua Xiong & Zhangjun Liu. 4 november 2014, Theor Appl Climatol DOI 10.1007/s00704-014-1312-y, pp.543-556.