

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955-SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'obtention du Diplôme de Master

**Filière : Écologie et Environnement
Option : Protection des Écosystèmes**

Intitulé

**La contribution de la géomatique à la cartographie de
l'évolution des écosystèmes forestiers dans la région de
Tamalous et Kerkra.**

Présenter par:

**-M^{elle} Choufaoui Imen.
-M^{elle} Mahfoud Batoul.**

**-M^{elle} Matmed Hania.
-M^{elle} Mechtouf Imene.**

Membre de jury:

Mr.DZIRI Hamdi (MCB)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda.
Mr. HadeF Azzedine (MAA)	Directeur de mémoire	Université du 20 Août 1955 – Skikda.
Mme. Rouidi Sonia (MCB)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda.

Année universitaire 2021/2022

Avant-Propos

Avant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminés et ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordé la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous tenons tous particulièrement à témoigner notre profonde gratitude à notre encadrant **Hadef Azzedine, (M.A.A, université 20 Août 1955, Skikda)**, d'avoir dirigé ce travail et de nous faire partager ses connaissances qui ont été très utiles et pour ses précieux conseils et orientations.

Nous remercions et saluons vivement nos membres de jury **Mr Dziri Hamdi (M.C.B, Université du 20 Août 1955, Skikda)**, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Mes vifs remerciements s'adressent à **Mme Rouidi Sonia (M.C.B, université du 20 Août 1955, Skikda)**, qui a bien voulu examiner ce travail. Ces critiques et remarques nous seront d'une grande utilité.

Nous tenons à remercier tout particulièrement **Monsieur Bouznad Hichem** le directeur de conservation des forêts de Tamalous et à **Monsieur Sahli Fateh rabe** qui a autorisé notre accès et pour les données qui nous a offrirent.

Nous remercions également le chef service de laboratoire GL1/K du Sonatrach **Monsieur Boucherkha Abd-El Aziz** qui nous a codirigés, il nous a donné libre accès à leur laboratoire.

Toute notre gratitude et reconnaissance à **Mme Dabi Souraya, (chef de sécurité industrielle de STH)**, Qui nous a ouvert les grandes portes pour son aide et ses conseils précieux.

Toute notre gratitude et remerciements à **Monsieur Aouzal Badis** et à l'ensemble des enseignants-chercheurs du département des Sciences de la Nature et de la Vie.

Enfin, nous remercions tous ceux et celles de près et/ou de loin, qui ont Contribué à la réalisation de ce travail.

Merci.

Dédicace

Je dédie mon travail à ma mère **Saheb Fatima** c'est très difficile d'exprimer mes sentiments envers elle merci ma chère maman pour votre amour votre affection, vos encouragements, vos sacrifices, soutien et prières tout au long de mes études que Dieu vous garde.

Ces dédicaces vont également à m'adorable sœur **Meriem**, Mon seul et unique frère **Saif** pour son soutien et ses encouragements.

A mes grand-mères **Mebarka** et **Warda** qui a voulu toujours voire mes succès.

A ma famille Choufaoui mes oncles **Azzedine, Zohir, Sofiane, Hamza, Fouad, Rachid, Fares, Mouhamed**. Et leur femme.

A ma tante **zahia saheb** qui est présente à tous les moments de ma vie, que dieu le protégé.

A mes nièce **Ritej, Rahaf, Dania**.

A mes quadriome du mémoire mes chère et meilleures amies **Mahfoud Batoul, Matmed Hania, Mechtouf Imen**, qui a toujours été de mon côté à tous moment. Un grand merci.

A tous mes proches et en particulier ma chère amie **Maizi Imen** Un grand merci pour leur affection et leur soutien permanent.

A tous mes enseignants de *l'Université 20Aout 1955 Skikda*

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de ma carrière universitaire.

Merci d'être toujours là pour moi.

Choufaoui Imane

Dédicace

D'abord je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la force et le courage pour réaliser ce projet de mémoire de fin d'étude.

Je dédie mon travail à

Celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir ; à la source d'amour de sacrifice, qui ma bénie par ces prières, à toi chère maman **Farida** et A mon support de ma vie, qui m'appris, m'a supporté et ma dirigé vers la gloire, mon cher papa **Riad**.

A ma deuxième maman **Akila** et son mari **Riad** vous avez guetté mes pas, vous m'avez aidé et soutenu pendant cette année, je vous anime.

A ma sœur et mon cœur **Khayal** je n'oublierais jamais ton encouragement et ton soutien le Lang de mes études, que dieu te protège.

A mes deux grand-mères **Elzaina** et **Rachida** que mes sentiments affectueux pour vous te guident sur le chemin de la guérison.

A mes ancles **Yazid** et **Mounir** trouvez ici l'assurance de mon profond respect et mon fidèle attachement que ce travail soit pour vous un modeste témoignage de ma profonde affection.

A ma grande famille, celle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A tous mes amis, tout particulièrement à **Djihane** et **Chaima**.

A mon âme sœur, mon amie **Maissa** pour son soutien sa motivation, merci de m'avoir accordé ta confiance et de m'avoir donné la tienne.

A mes complices, mes chères, mes quadri nome **Hania**, **Imene** et **Imen**, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter en témoignage de l'amitié qui nous unit des souvenirs et des moments que nous avoir passés en semble. Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur. Je vous aime.

A tous ceux qui sont chers.

Mahfoud Batoul

Dédicace

Avec l'aide de dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et bonheur, qui n'a jamais cessé d'une soutenir, mon père *Cherif* qui est connu sous le nom *Mansour*.

La lumière des mes jours, la source des mes efforts, la flamme de mon cœur, maman que j'adore *Hammouda Wahiba*.

Je dédie aussi ce modeste travail a ceux qui sont toujours dans mon cœur :

A mes grands-parents : ma grande mère *Louiza* et mes grands-pères *Mohamed* et *Saleh* que dieu les protèges et les gardes pour nous. et ma grande mère *Djamila* que dieu la repose son âme

A mes frères *Mmohamed Anis*, *Amine* et *Fares* Ceux qui ont été présents à tous les moments de ma vie, que Dieu les protèges.

A ma famille *Matmed* mes oncles *Mahfoud*, *Mourad*, *Abdelhak* et leurs femmes, et mes tantes *Hafida*, *Fatiha*, *Noura* et *Fahima*.

A la famille de ma mère mes tantes *Akila*, *Malika*, *Noura*, *Samia*, *Mina*, mes oncles *Abd-El Aziz*, *Kamel*, *Ahcen* et sa femme *Zina*.

A mes cousines *Maroua*, *Rihab*, *Ranim*, *Yassmine*, *Amira*, *Dania*, *Aya*, *Rania*, *Sirine* et aussi mes cousins.

A mes chères et adorables amies : *Selma*, *Saliha*, *Asma*, *djihane*, *Rayane*, *Fatima*, *Oula*, *Yasmine*, *Ikram*, *Wiam*, *Rofia*, *Manar*, *Kaoutar*, *Manel*, *Mouna* et *Chaima*.

A les deux personnes qui sont toujours avec moi jusqu'a ce jour la *Chahira* et *Selsabil* merci d'être à coté de moi.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé, qui m'accompagnaient durant mon chemin d'étude supérieure mes aimables amies mes collègues d'étude et sœurs de cœur mes quadrinome *Choufaoui Imen*, *Mahfoud Batoul* et *Mechtouf Imen*.

A la famille universitaire mes professeures, mes collègues de promotion master 2 protection des écosystèmes.

A toutes les personnes que j'aime...

Matmed Hania

Dédicace

D'abord je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la force et le courage pour réaliser ce modeste travail. Je dédie mon travail à :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père **Moussa**.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, tu es pour moi un exemple de courage et de sacrifice continu, à toi maman **Dounia**.

A ma deuxième maman **Embarka** tous les mots ne sauront décrire mon affection et ma gratitude pour toi. Merci pour ta patience, ton aide tes encouragements. Je suis très contente de t'avoir dans ma vie.

A mon deuxième papa, mon oncle **ALI** qui a toujours été de mon côté dans mes temps les plus difficiles et il m'a fait des choses que personne ne les faisait.

A mon seul et unique frère et mon soutien dans le monde **Ilyes** je n'oublierais jamais tes encouragements tout longs de ma vie.

A mes tantes **Aicha, Warda, Louisa, Samia, Souad, Moufida** et mes oncles **Ahmed, Mohamed, Bouzide, Nacre, mouloud, Alilou, Mourad** et mes proches cousins **Abir, Oussama, Fadi, Alla, Amer** et toute la famille **Mechtouf** pour leur soutien et leur encouragement pour toute ma carrière universitaire, merci d'être toujours là pour moi.

A mon grand-père du même nom et mes chères sœurs et mes amies **Batoul, Hania, Imen** qui ont toujours été de mon côté à tous les moments. Je suis fier de t'avoir connu, Un grand merci pour vous de Dieu vous garde.

A mes proches amies et mes sœurs **Ines et Roukayah** qui n'ont cessé de prier pour moi. Un grand merci pour leurs affections et leur soutien permanent et leurs encouragements tout long de ma vie.

A tous mes enseignants de **l'Université 20 Aout 1955 Skikda**.

Mechtouf Imen

Sommaire

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des cartes.

Résumés.

Introduction.....1

Chapitre I : Généralité

I. Présentation de la zone d'étude Tamalous-Kerkra	2
I. 1. Localisation géographique	2
I. 2. Climatologie	2
I. 3. Aspect Pédologique	4
I. 4. Aspect Hydrologique.....	4
II. Généralités sur la cartographie et la géomatique	4
II. 1. Définition de la cartographie	4
II. 2. Définition de la géomatique	5
III. Généralités sur le système d'information géographique	5
III. 1. Définition du système d'information géographique	5
III. 2. Les composants des SIG	6
III.3. Notion des données dans un SIG	7
III.4. Les modes des représentations de l'information géographique sous un SIG.....	7
III. 4. 1. Donnée Raster	8
III. 4. 2. Mode vectoriel	8
IV. Généralités sur la télédétection	9
IV. 1. Définition	9
IV. 2. Principe de la télédétection	9
IV. 3. Les différentes étapes de la télédétection	10
IV. 4. Télédétection et SIG	11

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. L'objectif de l'étude.....	12
II. Matériel utilisé	12
II. 1. Les appareils	12
II. 2. Les logiciels utilisés	12

III. La méthodologie de travail	13
III. 1. Acquisition des données utilisées	13
III. 1.1. Images satellitaires	13
III. 1.2. Les capteurs Landsat	14
III.1.3. Critères de choix des images satellites	16
IV. Prétraitements	16
IV. 1. Assemblages des bandes (composites bands)...	16
IV. 2. Découpage de la zone d'étude	18
IV. 3. Traitement	19
IV. 3.1. La classification des images satellitaires	19
IV. 3.2. Traitement post-classification	21
V. Détection du changement	23
VI. L'analyse topographique de la zone d'étude	23
VI.1. Cartes dérivées du MNT	24
VI.1.1. La carte des pentes	24
VI.1.2. La carte d'exposition	24
VI.1.3. La carte d'altitude	25

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Résultats du traitement des données	27
I.1. Résultats de la classification supervisée	27
I.2. Détection des changements de la végétation entre les différentes dates	29
I.3. La cartographie physionomique du couvert végétal de la zone d'étude	31
II. Discussion	32
III. Caractérisation topographique de la zone d'étude	34
III.1. La carte des pentes	35
III.2. La carte des Expositions	37
III.3. La carte des altitudes	39
Conclusion	42
Références bibliographiques.	

liste des abréviations

ArcGis : Aeronautical **R**econnnaissance **C**overage **G**eographic **I**nformation **S**ystem.

DEM : **D**igital **E**levation **M**odel.

ESRI : **E**nvironnemental **S**ystem **R**esearch.

GDM : **G**eological **D**ata **M**odelling.

MNA : **M**odel **N**umérique d' **A**ltitude.

MNT : **M**odel **N**umérique du **T**errain.

OLI : **O**perational **L**and **I**mager.

RADAR : **R**adio **D**etection **A**nd **R**anging.

RGB : **R**ed **G**reen **B**leu.

SIG : **S**ystème d'**I**nformation **G**éographique.

TIRS : **T**hermal **I**nfra **R**ed **S**ensor.

TM : **T**hematic **M**apper.

USGS : **U**nited **S**tates **G**eological **S**urvey.

UTM : **U**niversal **T**ransverse **M**ercator.

Liste des figures

N° de la figure	Titre de la figure	Page
Figure 01	Précipitations et températures de la zone de Collo.	03
Figure 02	Conception de SIG (Gillot, 2009).	06
Figure 03	Mode Raster.	08
Figure 04	Mode vecteur.	08
Figure 05	Principe de base de la télédétection.	09
Figure 06	Les différentes étapes de la télédétection.	11
Figure 07	Téléchargement de l'image Landsat depuis le site Earth exploré.	13
Figure 08	LANDSAT TM5.	16
Figure 09	LANDSAT 8 OLI.	16
Figure 10	La procédure de l'assemblage des bandes (Composit Bands).	17
Figure 11	Carte d'assemblage des bandes (Composit bands).	17
Figure 12	Les différences dans la composition des bandes entre Landsat 5 ; 7 et 8.	18
Figure 13	La procédure de clip.	18
Figure 14	La carte de découpage de la zone d'étude.	19
Figure 15	Sélection des zones test.	21
Figure 16	Filtre majoritaire sous Arc Gis 10.4.	22
Figure 17	Boundary clean sous Arc Gis 10.4.	22
Figure 18	Différence entre MNT et MNA	23
Figure 19	Les étapes de traitement de carte de pente.	24
Figure 20	Les étapes de traitement de carte d'exposition.	24
Figure 21	Les étapes de traitement de carte d'altitude.	25
Figure 22	Organigramme de la démarche méthodologique.	26
Figure 23	Histogramme de superficie des défrichements par les années.	33
Figure 24	Histogramme de superficie des incendies par les années	34

Liste des tableaux

N° du tableau	Titre du tableau	Page
Tableau 01	Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 5 TM.	14
Tableau 02	Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 8 OLI/TIRS.	15
Tableau 03	Répartition des surfaces Couvert végétal /Hors végétation en 1987, 1998, 2009 et 2021	28
Tableau 04	Bilan des changements de la végétation entre 1987 et 2021	30
Tableau 05	Tableau des types des formations dans la zone de l'étude	32
Tableau 06	Tableau des statistiques des classes des pentes.	36
Tableau 07	Caractéristiques situationnelles et contraintes sylvicoles en fonction de la pente.	37
Tableau 08	Tableau des statistiques des classes des expositions.	39
Tableau 09	Tableau des statistiques des classes des altitudes.	40

Liste des cartes

N° de la carte	Titer de la carte	Page
Carte 01	La situation géographique des communes de Tamalous-Kerkra.	02
Carte 02	Carte du couvert végétal en 1987.	27
Carte 03	Carte du couvert végétal en 1998.	27
Carte 04	Carte du couvert végétal en 2009.	28
Carte 05	Carte du couvert végétal en 2021.	28
Carte 06	La dynamique du couvert végétal entre 1987-1998.	29
Carte 07	La dynamique du couvert végétal entre 1998-2009.	29
Carte 08	La dynamique du couvert végétal entre 2009-2021.	30
Carte 09	La dynamique du couvert végétal entre 1987- 2021.	30
Carte 10	Carte Physionomique de la végétation dans la zone de Tamalous-Kerkra.	31
Carte 11	Le model Numérique du Terrain de Tamalous-Kerkra.	35
Carte 12	Carte des pentes de Tamalous-Kerkra.	36
Carte 13	Carte d'exposition de Tamalous-Kerkra.	38
Carte 14	Carte d'altitude de Tamalous-Kerkra.	40

Résumé

Résumé

Cette étude a été effectuée dans la commune de Tamalous-Kerkra, elle vise à établir une évaluation pour déterminer les changements de l'écosystème durant les périodes 1987, 1998, 2009 et 2021 par l'application des techniques du Système d'Information Géographique et la télédétection.

La méthodologie suivie dans cette étude est basée essentiellement sur le traitement et l'analyse des images satellitaires Landsat 5 TM et 8 OLI, pour donner des cartes du couvert végétal durant les années 1987, 1998, 2009 et 2021. Le résultat obtenu montre que durant 34 ans la végétation forestière dans la région a gagné une superficie de 986,13886 ha, avec une moyenne de 181,8517 ha par an et durant la même période, la régression est estimée à 4669,3657 ha, soit 181,8500995 ha/an et les zones de stabilité de la végétation sont majoritaires avec une superficie de 13412,929 ha.

Afin de compléter l'étude, Le traitement du MNT a permis d'avoir une caractérisation topographique de la zone d'étude par l'analyse des cartes des pentes, des expositions et d'altitude. Les résultats obtenus nous montrent que les pentes très fortes dominent 60% de la superficie totale de la région. Pour le facteur Exposition, les expositions Ouest et Nord-ouest dominent le territoire avec 28%. A la fin, la classe d'altitude dominante dans notre zone d'étude est entre 0 à 300 m, occupent 67 % de la surface globale.

Les mots clés : SIG, Télédétection, Images satellitaires, Landsat, carte, MNT, pentes, expositions, altitude, Tamalous-Kerkra.

Résumé

Summary

This study was carried out in the municipality of Tamalous-Kerkra to establish an assessment to determine changes in the ecosystem during the periods 1987, 1998, 2009 and 2021 through the application of the techniques of the Geographic Information System and remote sensing.

The methodology used in this study is mainly based on the processing and analysis of the Landsat 5 TM and 8 OLI satellite images, to give maps of the vegetation cover during the years 1987, 1998, 2009 and 2021. The result shows that for 34 years the forest vegetation in the region has increased to an area of 986, 13886 ha, with an average of 181, 8517 ha per year and during the same period, the decrease is estimated at 4669, 3657 ha or 181, 8500995 ha/year and The zones of stability of the vegetation are majority with an area of 13412,929 ha.

In order to complete the study, the treatment of the **TAM** allowed a topographical characterization of the study area by the analysis of slope, exposure and altitude maps. The results obtained show that very steep slopes dominate 60% of the total area of the region. For the Exposure factor, the West and Northwest exhibitions dominate the territory with 28%. In the end, the dominant altitude class in our study area is between 0 and 300 m occupy a 67% of the total area.

Keywords: GIS, Remote sensing, Satellite images, Landsat, map, MNT, slopes, exhibitions, altitude, Tamalous-Kerkra.

Résumé

ملخص

أجريت في بلدية تمالوس كركرة لوضع تقييم لتحديد التغيرات في النظام البيئي خلال الفترات 1987 و 1998 و 2009 و 2021 من خلال تطبيق تقنيات نظام المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد.

تستند المنهجية المتبعة في هذه الدراسة بشكل أساسي على معالجة وتحليل صور القمر الصناعي Landsat TM 5 و OLI 8، لإعطاء خرائط للغطاء النباتي خلال السنوات 1987، 1998، 2009، 2021. وتبين النتيجة أن الغطاء النباتي الغابي في المنطقة قد ازداد على مدى 34 عاما ليبلغ مساحة قدرها 986,13886 هكتار، بمتوسط 181,8517 هكتار في السنة و خلال الفترة نفسها، يقدر هذا الانخفاض بـ 3657 4669 هكتار أو 181,8500995 هكتار في السنة، وتبلغ مساحة مناطق استقرار الغطاء النباتي 13412,929 هكتار.

ولإكمال الدراسة، سمحت معالجة MNT بتوصيف طوبوغرافيا لمنطقة الدراسة من خلال تحليل خرائط المنحدرات والتعرض والارتفاعات. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المنحدرات شديدة الانحدار تهيمن على 60% من إجمالي مساحة المنطقة. بالنسبة لعامل التعرض، تهيمن معارض الغرب والشمال الغربي على المنطقة بنسبة 28%. في النهاية، تهيمن فئة الارتفاع في منطقة دراستنا بين 0 و 300 متر وتشغل 67% من المساحة الإجمالية.

الكلمات الرئيسية: نظام المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد، الخريطة ، تمالوس كركرة، صور الأقمار الصناعية، الارتفاعات، المنحدرات، المعارض MNT ، Landsat.

Introduction

Introduction

Les forêts méditerranéennes constituent un milieu naturel fragile profondément perturbé par de multiples utilisations. Les agressions sont variables en fonction de la démographie et des besoins humains, ce qui a déterminé des phases de progression ou de régression de leurs surfaces (**Quézel, et Barbéro, 1990**).

Les forêts algériennes ont subi au cours du temps de nombreuses agressions par l'Homme à travers ses différentes activités menaçant leur pérennité; soit délibérément et par besoin, ignorant alors leurs conséquences sur l'environnement; soit involontairement persuadés que les ressources qu'elles lui offrent sont inépuisables (**Madoui, 2002**).

L'étude de la régression de la végétation forestière dans les régions, est un sujet qui engendre des questions très pertinentes qui méritent d'être approfondies, parmi lesquelles : le phénomène évolue-t-il dans le temps et dans l'espace ? Comment peut-on le quantifier et par quelle méthode ?

Parmi les techniques utilisées actuellement on a la géomatique (l'application des techniques de traitement informatique des données géographiques provenant de la télédétection aérospatiale, sur l'écosystème forestier) qui nous permettent de ressortir des informations importantes sur les mécanismes d'évolution d'occupation des sols et des écosystèmes.

Notre étude menée sur l'espace forestier de la région Tamalous-Kerkra, en utilisant la Télédétection ;et le Système d'Information Géographique et Cartographie qui met en évidence l'ampleur des changements parvenus dans la zone d'étude durant les périodes allant de 1987,1998,2009 et 2021, soit 11ans entre chaque deux périodes.

Ce travail s'organise autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre généralités sur le thème avec une présentation de la zone d'étude ;
- Le second illustre les approches méthodologiques poursuivies et l'outil de travail ;
- Le dernier présente les principaux résultats cartographiques et numériques obtenus, avec des commentaires sur les principaux changements parvenus dans la zone d'étude durant chaque 11an.

Chapitre I :

Généralités

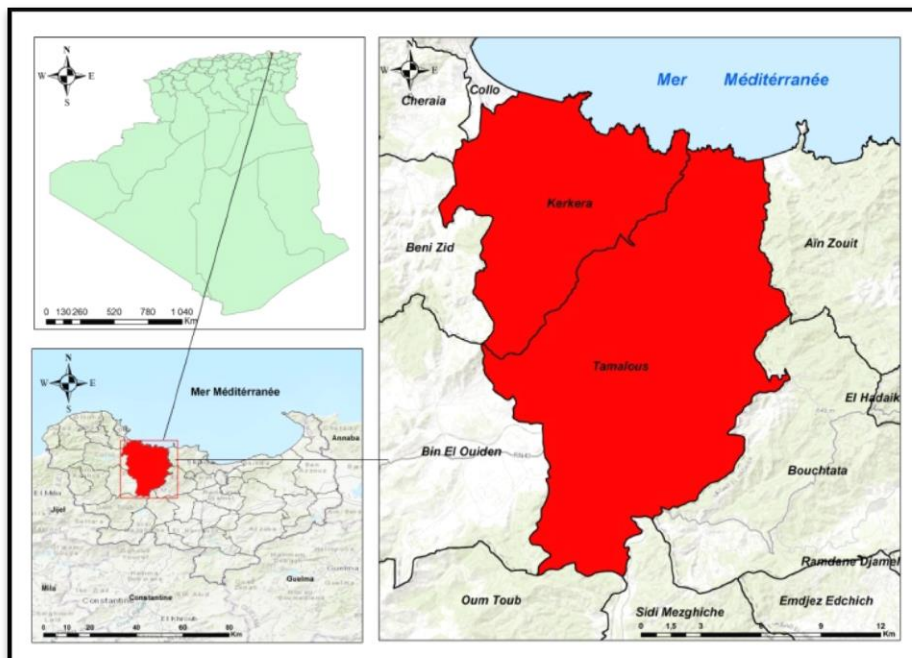
I. Présentation de la zone d'étude Tamalous-Kerkra

I.1. Localisation géographique : Généralité

La région de Tamalous-Kerkra est une zone montagneuse et boisée, située dans Nord-ouest de la Wilaya de Skikda. Elle occupe une superficie estimée à 26314,932628 ha.

Elle est limitée :

- **Au Nord** : La mer Méditerranée.
- **Au Sud** : Oum Toub, Sidi Mezghiche.
- **A l'Est** : Ain Zouit, Bouchtata et El Hadaik.
- **A l'Ouest** : Beni Zid, Collo et Bin El Ouiden.



Carte 01 : La situation géographique de la commune de Tamalous-Kerkra.

I.2. Climatologie :

En raison de l'absence d'une station de surveillance atmosphérique, nous nous trouvons obligés de compter sur les données de la plus proche, c'est la station du Collo.

Se localise dans une zone à climat méditerranéen tempéré, C'est l'une des régions les plus septentrionale du continent africain. Le climat est donc marqué par des oscillations saisonnières avec un long été chaud et sec et un hiver qui s'apparente à eux de la zone tempérée.

Elle est classée parmi les zones les plus arrosées d'Algérie.

a) Les vents : les plus forts soufflent en hiver et les plus faibles en été. Ceux qui prédominent sont de direction Nord-Ouest. À l'opposé, les vents de Sud- Ouest apporte les fortes chaleurs du Sirocco pouvant souffler jusqu'à 14 jours par an. La vitesse moyenne annuelle se situe à 2,7 m/s. elle est plutôt constante au cours de l'année oscillant entre 2,4 et 3,2 m/s, Les vents dominant sont du secteur Nord- Ouest (**Rais, 2016**).

b) Les précipitations : elles sont importantes, la zone est une des plus arrosées d'Afrique du Nord. La pluviosité moyenne est de 1 400 mm Les précipitations moyennes mensuelles varient de 6 mm au mois de juillet à 236 mm au mois de décembre (**Rais, 2016**).

c) Les températures : la température moyenne annuelle et de 16,5 °C. Les valeurs maximales et minimales observées sont respectivement de 28,5° et 8 °C. Janvier le mois le plus froid et Août le mois le plus chaud. Les saisons sont bien marquées, la saison froide s'étend de Décembre à Mars et la saison chaude de Juin à Septembre, La température moyenne varie de 14,45°C à Ain El Ksar à 17,95°C pour Collo (**Rais, 2016**).

d) L'humidité : la valeur annuelle est 76%. Elle varie entre 74 et 79 %. La Proximité de lamer contribue à maintenir une humidité élevée atout au long de l'année (**Rais, 2016**).

Le diagramme suivant représente les niveaux de la précipitation et de la température pendant l'année :

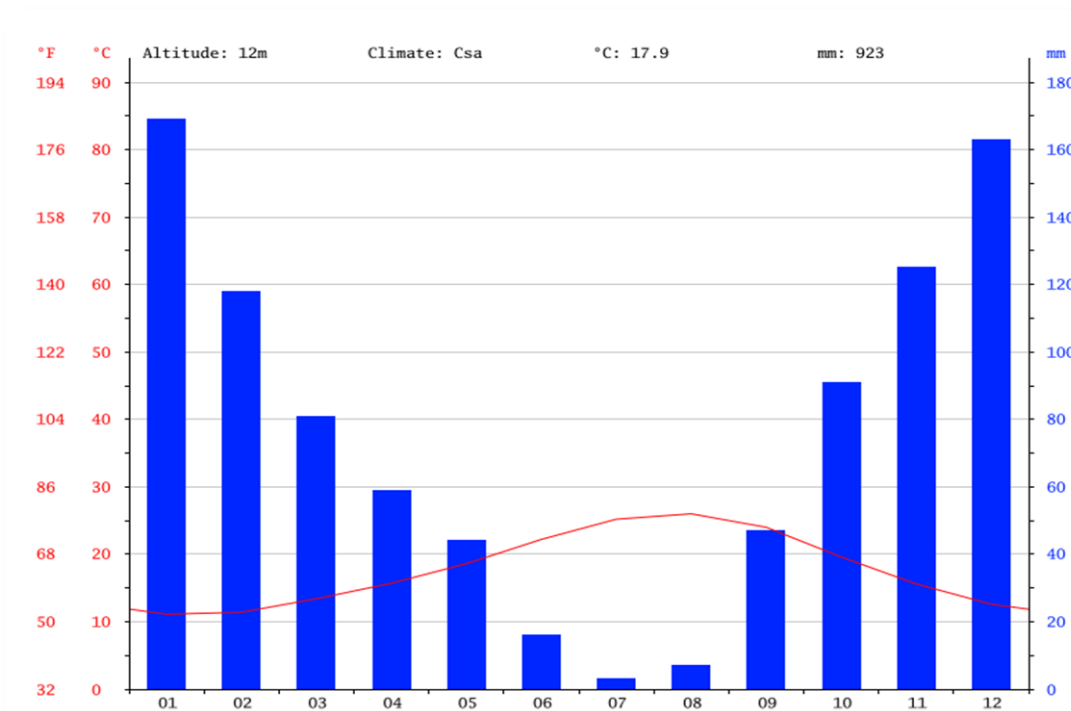


Figure 01 : Précipitations et températures de la zone de Collo (tutiempo.com).

I.3. Aspect Pédologique

Les sols observés sur la zone sont en général :

Sur les granites et les grès numidiens qui se décomposent facilement, de bons sols forestiers, souvent profonds et fertiles ; la couverture végétale y est importante et recouvre une bonne couche d'humus. La litière y est importante partout où le peuplement est à peu près complet, légèrement acide dans le Nord sous les peuplements de Pin maritime.

Sur les schistes qui se décomposent encore assez facilement les sols sont assez profonds, souvent colorés en rouge par de l'oxyde de fer. La couche végétale assez épaisse est souvent mélangée de pierrailles.

Sur les marnes métamorphisées du Nord-Ouest les bancs massifs de grès numidiens, ou de granulite gneissique, les sols sont sans profondeurs, sec et pierreux, très peu fertiles.

La couche végétale est mince, mélangée de pierrailles, le plus souvent, l'humus fait presque défaut (Rais, 2016).

I.4. Aspect Hydrologique

La commune de Tamalous-Kerkra appartient au bassin vallée d'oued Guebli, qui a de nombreux affluents, et se trouve sur une superficie de 1211.77 hectares et est la plus grande commune de la vallée, ainsi qu'un chemin de 10,57 km. La quantité de précipitations de la commune est de 902 mm en 89 jours par an. Les vallées les plus importantes situées au niveau de la commune sont :

Oued Guebli, oued Skourre, vallée Boualzaitonah, oued Ahrache, oued Ahjer, oued Ouedenah, oued Elaaba, oued el Sahrawi ; oued Barronne oued Bourgidha, oued Bounmur, oued Bouelaanssar, oued Bearreghade, oued Bouanqe.

La plupart des vallées situées se trouvent dans la vallée d'oued Guebli qui est en flux tour dans la mer à l'entrée de moins toute la ville tout ce que la pluie qui tombe sans contrôle.

II. Généralités sur la cartographie et la géomatique

II.1 Définition de la cartographie

C'est la science de l'élaboration et l'étude des cartes qui est toujours présentée à une Échelle précise, (varie selon le détail ou la portion de territoire à représenter) et qui permettent la représentation géographique des éléments naturels et artificiels d'un territoire.

La cartographie est un ensemble d'études et opérations scientifiques, artistiques et technique, intervenant dans l'élaboration d'une carte, d'un plan ou autre mode d'expression, à partir des résultats d'observation directes ou de l'exploitation d'une documentation, ainsi que dans leur utilisation (**Guellouh, 2019**).

II.2 Définition de la Géomatique

La géomatique est définie comme une approche systémique, multidisciplinaire et intégrée de la sélection instruments et les techniques appropriées de collecte, de stockage, d'intégration, de modélisation, analyser, récupérer à volonté, transformer, afficher et distribuer des données géo référencées spatialement à partir de différentes sources avec des caractéristiques de précision bien définies, la continuité et au format numérique (**Gomarasc, 2009**).

III. Généralités sur système d'information géographique

III.1 Définition du système d'information géographique

Les SIG sont un environnement de traitement de l'information à référence spatiale(**Claude, 2004**).

Un SIG est d'abord un système d'information(SI) dont l'objectif est de décrire un territoire de façon à améliorer sa connaissance et à permettre la description et l'analyse des phénomènes naturels ou humaines qui s'y produisent (**Berry et Miellet, 1999**).

Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion (**Anonyme, 2002**).



Figure 02 : Conception de SIG (Gillot, 2009).

III.2 Les composants des SIG

D'après **Shahab, (2008)** un SIG est constitué de six composants majeurs:

a) Matériels

Les SIG peuvent tourner sur un grand nombre de systèmes, depuis les serveurs de réseau jusqu'aux ordinateurs de bureau, (le traitement de données se fait à l'aide des logiciels sur un ordinateur du bureau ou sur un ordinateur durci directement sur le terrain.

b) Logiciels

Le logiciel du SIG fournit les fonctions et les outils nécessaires pour stocker, analyser, et afficher l'information géographique. On peut dire que le logiciel disponible est spécifique à l'application. Tous les logiciels SIG sont généralement conformes à toutes ces fonctionnalités, mais leur technique de traitement (interface utilisateurs) peut être différente.

c) Données

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

d) Utilisateurs

Les utilisateurs de SIG vont des spécialistes techniques qui conçoivent et entretiennent le système à ceux qui l'utilisent pour les aider à accomplir leur travail quotidien. Les opérateurs SIG résolvent problèmes spatio-temporels. Ils planifient, mettent en œuvre et opèrent pour tirer des conclusions pour décision fabrication.

e) Réseau

Avec le développement rapide de l'informatique, le plus fondamental de ceux-ci est probablement réseau, sans lequel aucune communication ou partage rapide d'informations numériques ne pourrait se produire. Aujourd'hui, le SIG repose fortement sur Internet, acquérant et partageant de grands ensembles de données géographiques.

f) Méthode

Un SIG réussi fonctionne selon un plan bien conçu, qui sont les modèles et les pratiques d'exploitation propres à chaque tâche. Il existe différentes techniques utilisées pour la création de cartes et une utilisation supplémentaire pour tout projet. La création de la carte peut être automatisée raster en vecteur créateur ou il peut être vectorisé manuellement à l'aide des images numérisées. La source de ces numériques les cartes peuvent être soit des cartes préparées par n'importe quel organisme d'enquête, soit des images satellites.

III.3. Nature des données dans un SIG

Un SIG comprend deux types de bases de données :

- **La base des données spatiales** : qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base.

- **La base de données attributs** : qui comprend les caractéristiques diverses de ces éléments.

Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité (**Fauconnier, 1994**).

III.4 Les modes de représentation de l'information géographique sous un SIG

D'un point de vue numérique, il existe deux modes de représentation de l'information géographique :

III.4.1. Donnée raster

Ce sont des images repérées dans l'espace avec comme unité de base le pixel. Par exemple : plans scannés, photographies aériennes, images satellitaires. Ces images ne permettent pas d'association avec des données alphanumériques en dehors des attributs de chaque pixel.

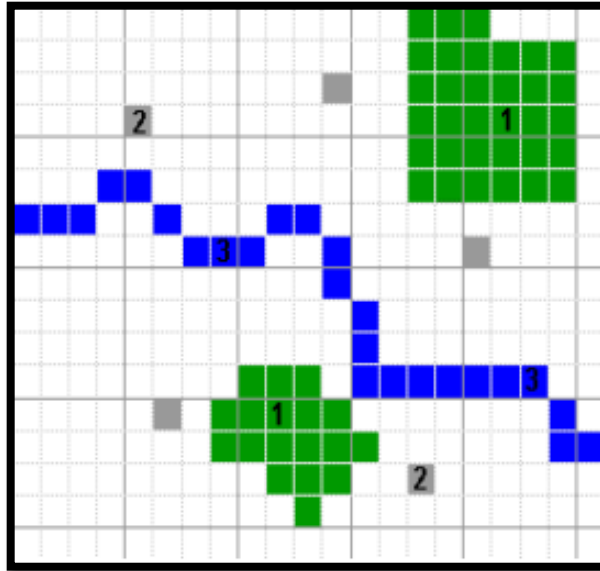


Figure 03 : Mode Raster.

III.4.2 Mode vectoriel

Les éléments géographiques représentés grâce à des données vectorielles sont localisés par des coordonnées (X, Y). Ils sont constitués de trois types d'entités :

- **Points (ponctuels)** : points géodésiques, des observations GPS etc.
- **Lignes (linéaires)** : les axes de rue, les cours d'eau etc.
- **Polygones (surfaciens)** : les états, les départements, les parcelles, les communes, les forêts, les lacs, une zone bâtie etc. (Souaker et Djedidi, 2015).

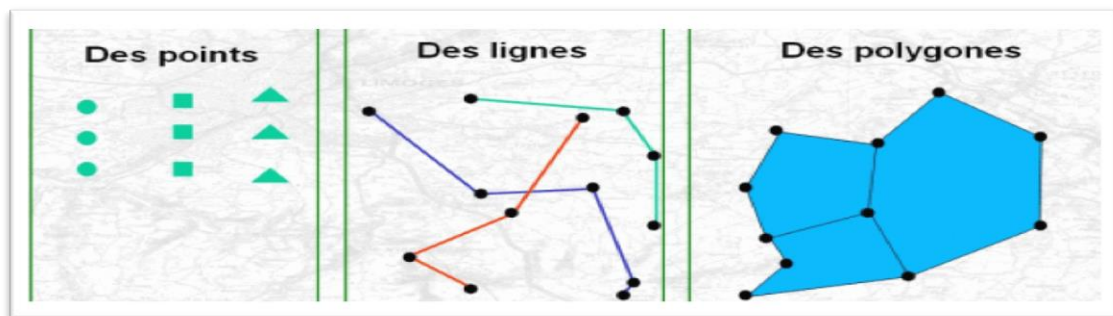


Figure 04: Mode vecteur.

IV. Généralités sur la télédétection

IV.1. Définition

Traduit de l'anglais « *remotesensing* », Télé signifie « à distance » et détection veut dire « découvrir » ou « déceler ». Le néologisme « *remotesensig* » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante : « Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci ». (**Imessaoudene**)

IV.2. Principe de la télédétection

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux (**Figure.06**) qui sont : une source d'énergie, une cible et un vecteur

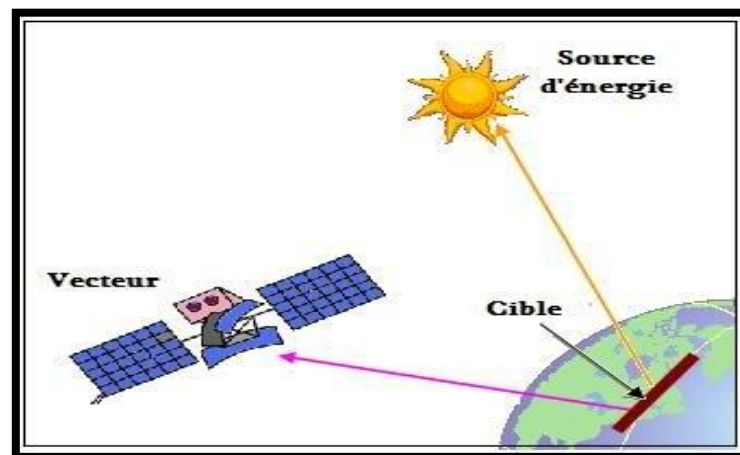


Figure 05 : Principe de base de la télédétection.

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelque dizaine de mètres à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** C'est l'élément qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons). Dans l'immense majorité des cas que nous aborderons ici, la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie **RADAR** nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie.

Il est également possible de mesurer la chaleur qui se dégage à la surface de la cible (infrarouge thermique), dans ce cas, c'est la cible qui est elle-même la source d'énergie (bien qu'il s'agisse d'énergie solaire stockée et réémise).

- **Le vecteur ou plateformes** télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut être un satellite mis en orbite dans l'espace ou bien un avion qui survole la surface de la terre à l'intérieur de l'atmosphère. Selon le type du vecteur 36 000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur renvoie l'image sur terre vers des stations de réception.

IV.3. Les différentes étapes de la télédétection

a) Source d'énergie ou d'illumination (A)

A l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

b) Interaction avec l'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.

c) 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.

d) 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.

e) 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).

f) Interprétation et l'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.

g) Application (G)

La dernière étape du processus de 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. (**Notion fondamentales de télédétection**).

Ces sept étapes couvrent les processus de la télédétection, du début à la fon. Le schéma suivant représente ces étapes :

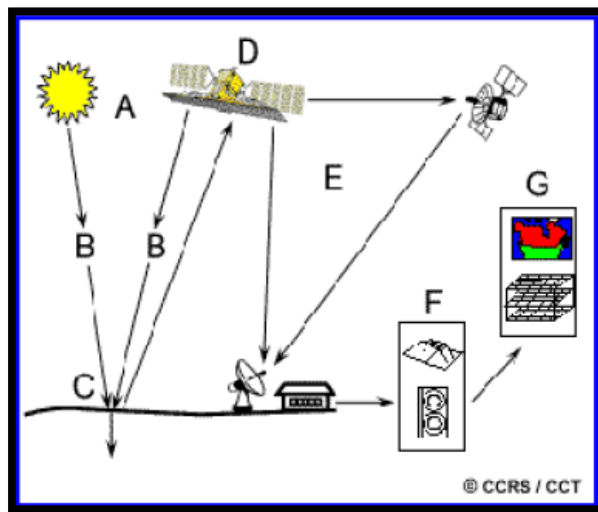


Figure 06: Les différentes étapes de la télédétection.

IV.4 Télédétection et SIG

La Télédétection spatiale, s'appuyant sur des mesures au sol et combinée aux systèmes d'informations géographique, apporte aujourd'hui une contribution décisive aux diverses questions qui se posent en matière d'environnement, de santé, d'aménagement du territoire, d'exploitation rationnelle des ressources naturelles (**Labeled et al, 2009**).

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

Chapitre II :
Matériel et
Méthodes

I. L'objectif de l'étude

Dans cette étude, nous allons essayer de mettre en œuvre les techniques de la géomatique depuis le traitement des images satellites, jusqu'au système d'information géographique, pour la réalisation d'une carte du couvert végétal de Tamalous-Kerkra. Pour mener notre étude, nous avons défini une approche qui a pour objectifs de :

- Cartographier toutes les nuiées (couvert végétale et hors végétation) de section de Tamalous-Kerkra à partir d'un traitement des images satellitaires Landsat avec le logiciel ArcGIS ;
- Etudier le changement de l'évolution spatiotemporelle de l'écosystème de la commune de Tamalous durant les années 1987, 1998, 2009 et 2021 ;
- Caractériser la topographie de la zone d'étude par MNT (élaboration des cartes des pentes, carte d'exposition, carte d'altitude) ;
- Créer une base des données spatiale pour stocker et requêter des données reliées à des objets référencés géographiquement et leur exploitation par traitements informatisés.

II. Matériel utilisé

II.1. Les appareils

- Un microordinateur ;
- Un Smartphone pour exploité les applications géographiques (GPS).

II.2. Les logiciels utilisés

- **Arc GIS**

C'est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine ESRI (**E**nvironnemental **S**ystem **R**esearch **I**nstitute). Ce système est composé de différentes plateformes qui permettent aux utilisateurs SIG, qu'ils soient bureautiques, web, ou mobiles, de collaborer et de partager l'information géographique.

- **Google Earth Pro**

Une déclinaison de Google Earth orientée spécifiquement en direction des professionnels afin d'augmenter la productivité, de communiquer visuellement et de partager des informations géographiques. En effet, cette version supporte l'importation de données SIG (Systèmes d'Informations Géographiques), l'impression en haute résolution (jusqu'à 4800 pixels) et la mesure de la superficie. Google Earth Pro dispose également d'un outil d'importation de feuilles de calcul, très pratique pour l'aide à la cartographie.

III. La méthodologie de travail

III .1. Acquisition des données utilisées

III. 1.1. Images satellitaires

Une image satellitaire est une représentation graphique, en vue de dessus, d'une zone assez vaste de la Terre. La particularité de cette image est qu'elle est prise par un satellite placé en orbite autour de la planète. Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo, ou dessinées sur du papier, une image satellitaire est une image numérique, traitée par un outil informatique à partir des signaux transmis par un satellite (**Darabid, 2013**).

L'interface utilisateur Earth Explorer est un outil de recherche, de découverte et de commande en ligne développé par l'United States Geological Survey (USGS). Earth Explorer prend en charge la recherche de satellites, d'avions et d'autres inventaires de télédétection grâce à des capacités d'interrogation textuelles et interactives. Grâce à l'interface, les utilisateurs peuvent identifier les zones de recherche, les jeux de données et afficher les métadonnées, parcourir et services visuels intégrés dans l'interface (**Source : <http://earthexplorer.usgs.gov>**).

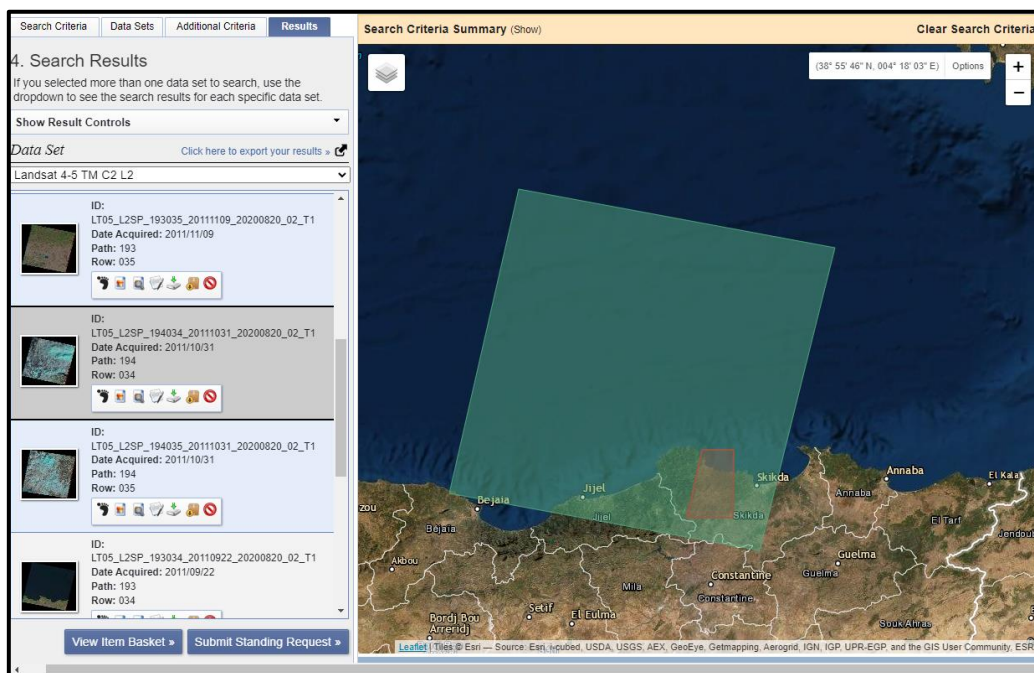


Figure 07 : Téléchargement de l'image Landsat depuis le site Earth explorer.

III.1.2. Les capteurs Landsat

Les images satellites utilisées dans ce travail proviennent du satellite (Landsat 5 TM, et Landsat 8 OLI/TIRS). Le choix de ces données, est dicté par le fait qu’elles sont une source d’informations importantes et par le fait que ces images soient téléchargeables gratuitement à partir du site <http://earthexplorer.usgs.gov> de la USGS, les bandes empilées et ré-projetées automatiquement à la projection WGS 84 Universel Transverse Mercator (UTM) zone 32 Nord. Les images satellitaires Landsat ont été utilisées, dont la période d’acquisition est l’été. Le choix de cette saison coïncide avec une couverture nuageuse minimale.

- **Landsat 5 TM (Thematic Mapper)**

Dans ce cas l’image est constituée de sept bandes spectrales avec une résolution spatiale de 30 mètres pour les bandes 1 à 5 et 7, la résolution spatiale pour la bande 6 (infrarouge thermique) est de 120 mètres. (Tir E, 2016).

Tableau 01 : Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 5 TM.

Bandes	Domaine Spectral (µm)	Résolution	Application
TM1	0,45 – 0,52(bleu)	30 m	Différenciation sol/végétaux, zones côtières
TM2	0,525 – 0,605 (vert)	30 m	Végétation
TM3	0,63 – 0,69 (rouge)	30 m	Différenciation des espèces végétales
TM4	0,75 – 0,90 (proche IR)	30 m	Biomasse
TM5	1,55 – 1,75	30 m	Différenciation neige/nuage
TM6	10,4 – 12,5	120 m	Thermique
TM7	2,08 – 2,35	30 m	Lithologie

Source : (Emran, 2005).

- **Landsat 8 OLI/TIRS**

Landsat 8 est équipé de deux types de capteurs OLI et TIRS. Le capteur OLI (Opérationnel Land Imager) offre une image de neuf bandes spectrales (tableau 05) avec une résolution spatiale de 30 mètre pour les bandes de 1 à 7 et 9, la bande 8 (panchromatique) à une résolution spatiale de 15

mètre. Deux nouvelles bandes sont offertes par le capteur OLI, la bande 1 (ultra-bleu) utile pour les études des aérosols et la cartographie côtière. Et la bande 09 utile pour les études des cirrus et des nuages.

Le capteur TIRS (Thermal Infra Red Sensor) offre plus de précision dans la détection des surfaces tempérées et cela grâce à deux nouvelles bandes 10 et 11 qui ont une résolution spatiale de 100 mètre et qui était absent dans les versions précédentes de Landsat (Tir E ,2016).

Tableau02 : Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 8 OLI/TIRS.

Bandes	Domaine Spectral (µm)	Résolution	Application
1	0.433 – 0.453	30 m	Aérosols, zones côtières
2	0,45 – 0,515 (bleu)	30 m	Pigment, Différenciation sol/végétaux, zones côtières
3	0,525 – 0,600 (vert)	30 m	Pigment, zones côtières
4	0,630 – 0,680 (rouge)	30 m	Pigment, zones côtières
5	0,845 – 0,885 (proche IR)	30 m	Feuillages, zones côtières
6	1,560 – 1,660	60 m	Feuillages
7	2,100 – 2,300	30 m	Minéral, lithologie
8	0,500 – 0,680	15 m	Panchromatique
9	1,360 – 1,390	30m	Cirrus et nuages
10	10,6 – 11,2	100m	Thermique
11	11,5 – 12,5	100m	Thermique

Source : (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>)

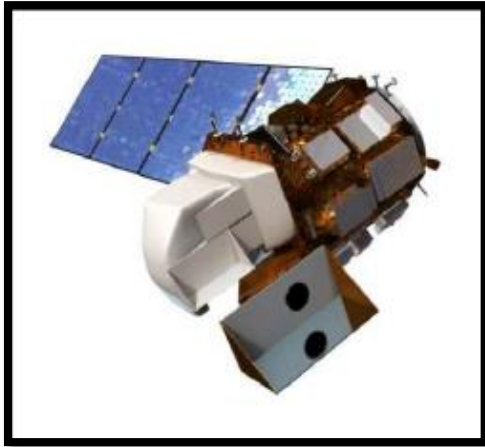


Figure 08 : LANDSAT TM5.



Figure 09 : LANDSAT 8 OLI.

III. 1.3. Critères de choix des images satellites

Le choix du type de satellite dépend de plusieurs critères :

- La dimension spatiale de la zone d'étude;
- L'aspect gratuit des images;
- La qualité des images;
- La disponibilité des images;
- La résolution spatiale et spectrale des images.

IV. Prétraitements

Une série d'opérations de prétraitement des images sont appliquées avant de commencer l'extraction des informations à partir de ces dernières.

IV.1. Assemblages des bandes (composites bands)

Chaque bande d'une image multi spectrale peut être affichée une bande à la fois comme une image en niveaux de gris, ou comme une combinaison de trois bandes à la fois comme une image composite couleur. Les trois couleurs primaires de la lumière sont le rouge, le vert et le bleu (RGB). Les écrans d'ordinateur peuvent afficher une image composée de trois bandes différentes, en utilisant une couleur primaire différente pour chaque bande. Lorsque nous combinons ces trois images, le résultat est une image couleur avec la couleur de chaque pixel déterminée par la combinaison de RGB de luminosité différente. L'assemblage consiste à réunir les Bands de chaque scène en un seul fichier pour réaliser cette étape on utilise l'outil «Composit band » du ArcToolbox(**Figure10**).

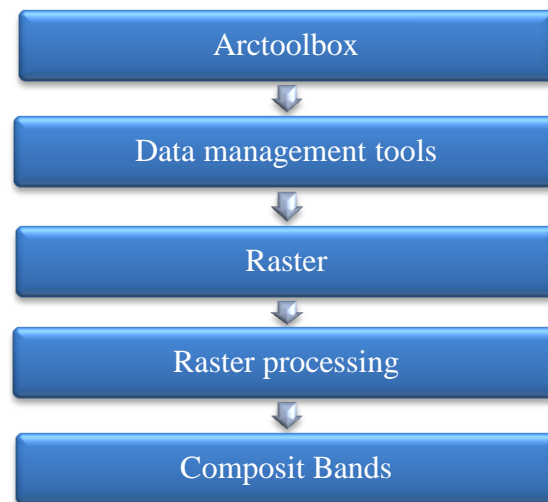


Figure 10: La procédure de l'assemblage des bandes (Composit Bands).

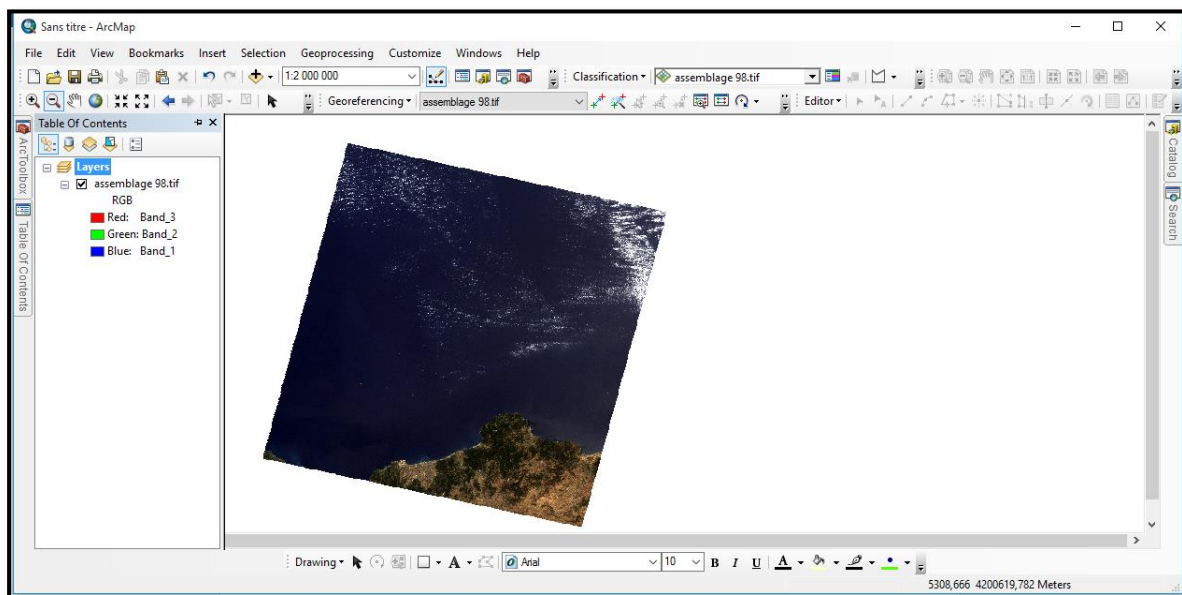


Figure 11 : carte d'assemblage des bandes (Composit bands).






	Landsat 4-5 TM, Landsat 7	Landsat 8
	Color Infrared 4, 3, 2	5,4,3
	Natural Color 3, 2, 1	4,3,2
	False Color 5,4,3	6,5,4
	False Color 7,5,3	7,6,4
	False Color 7,4,2	7,5,3

Figure 12 :Les différences dans la composition des bandes entre Landsat 5 ; 7 et 8.

IV.2. Découpage de la zone d'étude

Après l'assemblage des scènes, et sur l'image résultante on coupe la zone selon les limites de la wilaya de Skikda. Le but de cette étape consiste à éliminer les zones qui ne sont pas intégrées dans la zone d'étude. Cette étape est exécutée par l'outil Clip raster de l'ArcToolbox(**Figure 13**).

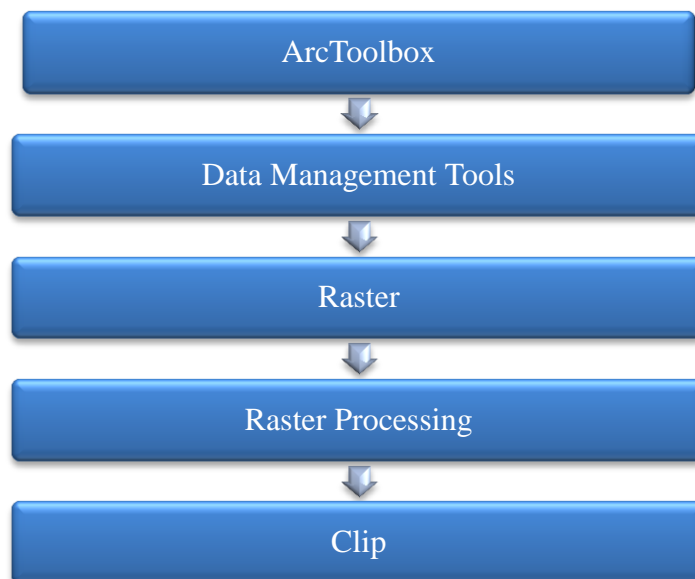


Figure 13 : La procédure de clip.

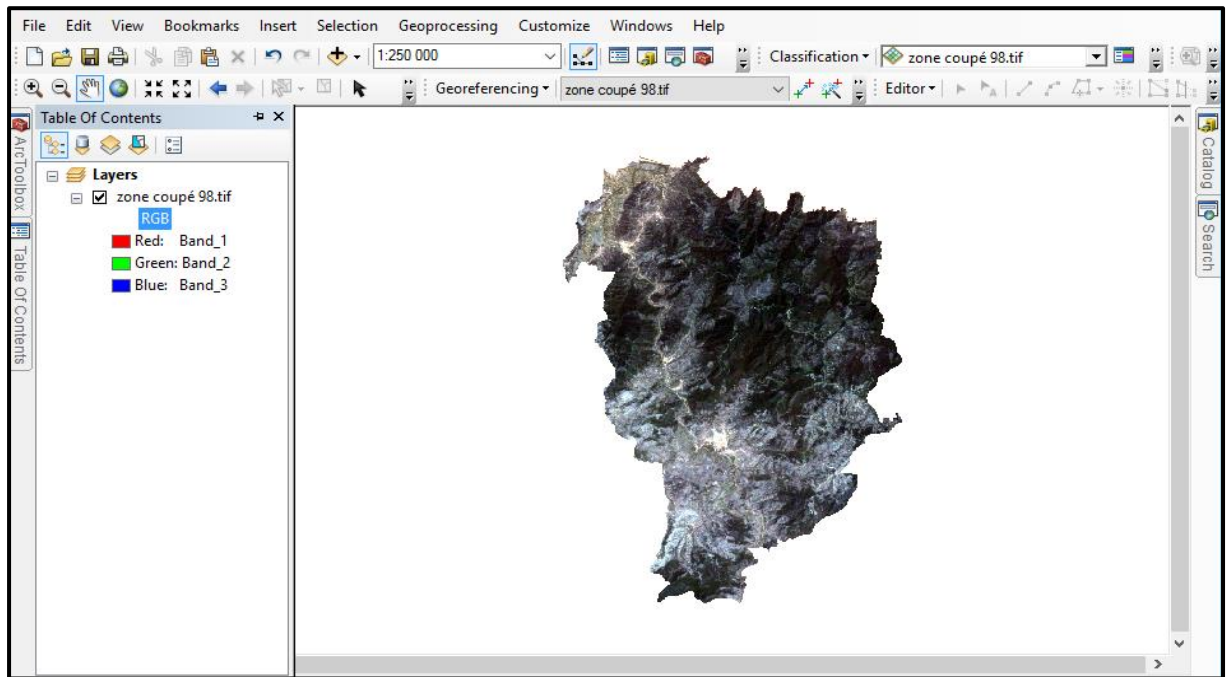


Figure 14 : Carte de découpage de la zone d'étude.

IV.3 Traitement

IV. 3. 1. La classification des images satellitaires

Classifier une image en télédétection consiste à rassembler l'ensemble des pixels de l'image en un nombre limité de classes correspondant aux grands éléments structuraux de l'image, c'est donc établir une cartographie de l'image en s'appuyant sur les valeurs radiométriques des pixels. Les méthodes de classification les plus communes peuvent être séparées en deux grandes catégories : les méthodes de classification non supervisées et les méthodes de classification supervisées. Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de classification supervisée (**Derdjini,2017**).

Il existe deux méthodes pour achever le processus de classification ou interpréter les caractéristiques de la classification visuelle ; spatiale : une classification non supervisée (non contrôlée) ou classification supervisée (contrôlée).

- **La classification non supervisée**

C'est une méthode probabiliste destinée à obtenir des groupes homogènes de réponses spectrales de pixels d'une image ; son intérêt est d'être une méthode de recherche originale pour détecter certains phénomènes. Mais l'interprétation des groupes constitués est délicate car plusieurs types de variables thématiques interviennent dans la formation des groupes et certaines ne sont pas forcément recherchées. Finalement ce type de classification ne fournit qu'un nombre peu élevé de

classes intéressantes pour un thème donné et la cartographie obtenue est à reprendre après interprétation des groupes en fusionnant ou en éclatant certaines classes (**Hadef, 2010**).

- **La classification supervisée**

C'est une méthode déterministe destinée à obtenir des catégories (ou classes) de pixels au moyen d'un traitement interactif des données radiométriques couvrant la zone d'étude à partir de sites témoins identifiés au sol ou sur photos aériennes. Le principe de la classification supervisée est de classer l'ensemble des pixels constituant l'image par rapport à des pixels de références définis préalablement (figure 16). L'ensemble des pixels de références constituent les zones tests appelées aussi des zones d'apprentissage ou zone d'entraînement, chaque zone représente un objet identifié sur la base de la réalité terrain (**Hadef, 2010**).

Le choix des zones d'apprentissage est basé sur les critères suivants :

- Les zones tests doivent contenir des pixels de valeurs radiométriques les plus homogènes ;
- Les réponses spectrales des thèmes, représentées par les zones tests, doivent correspondre aux valeurs radiométriques données par les bandes spectrales de l'image traitée ;
- Chaque zone test est définie par deux ou plusieurs polygones ;
- Le nombre de pixels pour chaque zone d'apprentissage ne doit pas être inférieur à 30 Pixels, et de préférence doit être supérieur à 100 pixels (**Girard et Girarg, 1999**).

Après avoir terminé la sélection des zones tests, l'algorithme Maximum Likelihood Classification (Maximum de vraisemblance) a été choisi pour lancer la classification supervisée pour les 4 images.

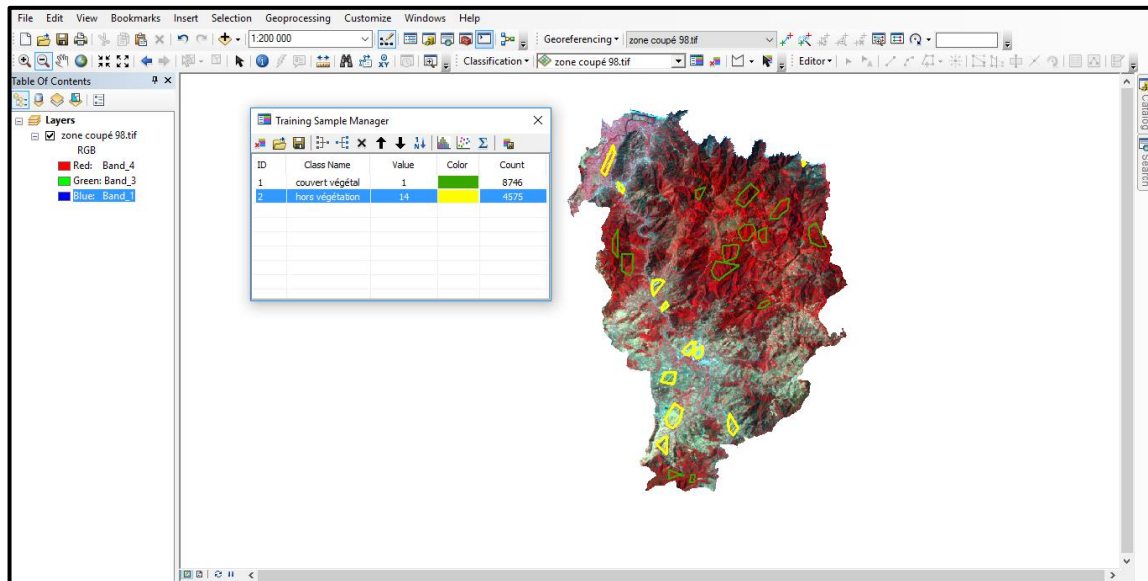


Figure 15 :Sélection des Zones test.

IV.3.2. Traitement post-classification

Les images classées créées par l'outil de classification du maximum de vraisemblance peuvent mal comprendre certaines cellules (bruit aléatoire) et créer de petites zones qui ne sont pas nécessaires pour invalider les régions. Pour améliorer la classification, il faut le reclasser ces cellules mal classées dans une catégorie ou un bloc.

Nous avons utilisé des techniques pour nettoyer l'image classifiée telles que le filtrage, le lissage des limites de classe et la suppression de petites régions isolées incluent les résultats d'une carte plus attrayante visuellement. Un ensemble de canaux sera utilisé pour cela. Il peut être appliqué au résultat de la classification contrôlée.

Une opération qui permet d'améliorer le rendu visuel d'une image classifiée :

- **Filtre majoritaire**

Il est utilisé pour adoucir l'image et éliminer les petites cellules irrégulières, et cela est basé sur les valeurs des cellules voisines et est déterminé dans l'outil soit sur la base de

4 cellules adjacentes ou 8 cellules et l'équation soit basée sur la majorité des cellules ou la moitié des cellules.

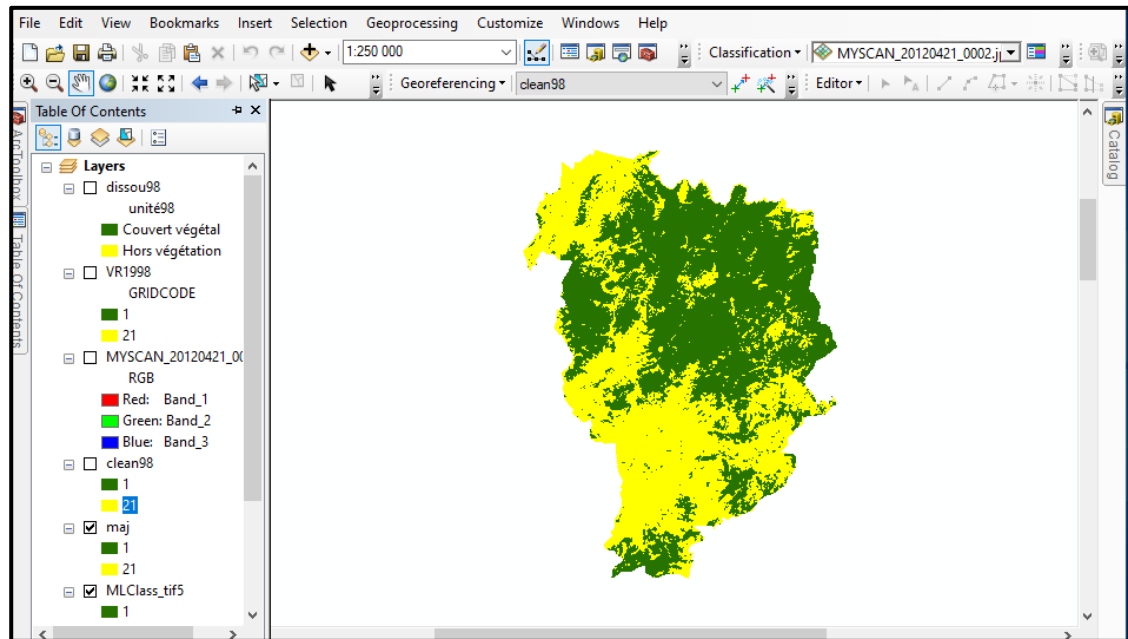


Figure 16 : filtre majoritaire sous Arc Gis 10.4.

- **Boundary Clean**

C'est aussi un outil pour lisser les bordures et les bords truqués entre les cellules, de sorte que les cellules adjacentes qui ont la même valeur se connectent et ainsi augmenteront la cohérence spatiale dans l'image classée.

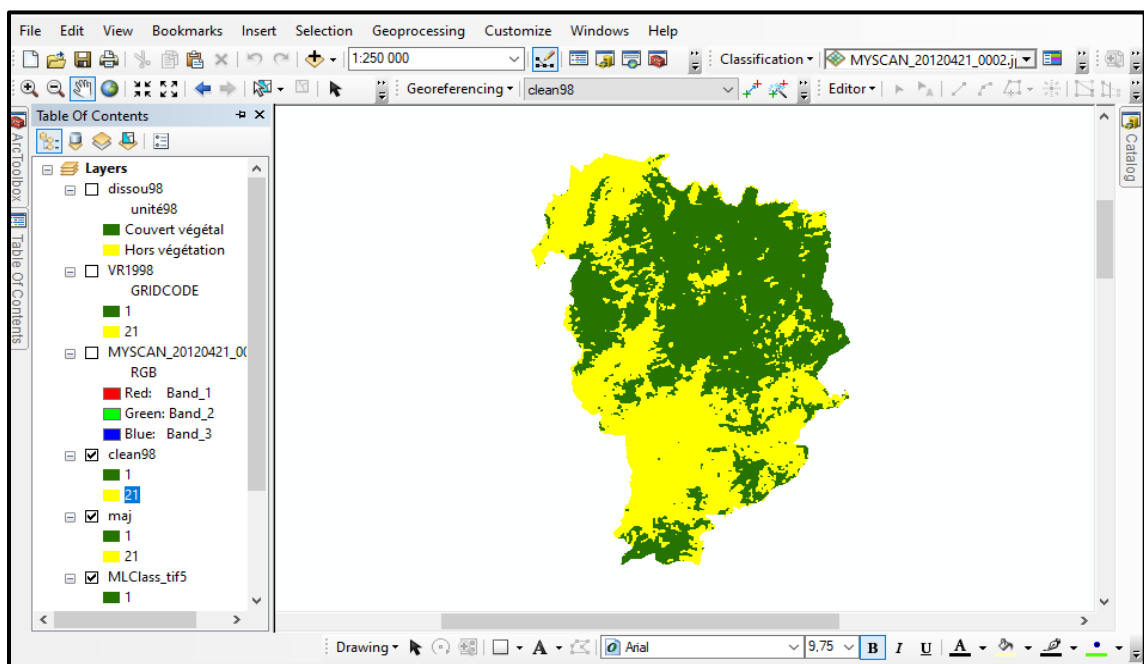


Figure 17: boundary clean sous Arc GIs 10.4

V. Détection du changement

La détection de changements est : « la procédure d'identification des différences d'état d'un objet ou d'un phénomène en l'observant à des moments différents ».

La détection des changements dans les systèmes d'informations géographiques (SIG) est une méthode qui permet de comprendre comment une zone donnée a changé entre deux ou plusieurs périodes de temps. (Singh ,1989).

Nous avons fait Le croisement des quatre cartesde couvert végétal correspondant aux années 1987-1998-2009-2021 par l'outils du géo traitement Intersecte pour déterminé l'étendue des changements apportés.

VI. L'analyse topographique de la zone d'étude

La caractérisation topographique de la zone d'étude est basée sur le traitement du Model numérique du terrain MNT de la zone d'étude.

Il s'agit d'une représentation numérique du relief donc des valeurs d'altitude d'une zone donnée. On peut en dériver des indications sur les valeurs de pentes et d'exposition et sur les formes de la surface topographique d'une zone géographique donnée. Si l'on représente uniquement l'altitude du sol nu, on parle de MNT. Si l'on prend en compte les hauteurs de tous les objets placés sur celui-ci comme les bâtiments et la végétation, ce que l'on appelle le « sursol », on parle alors de Modèle Numérique d'Altitude (MNA).

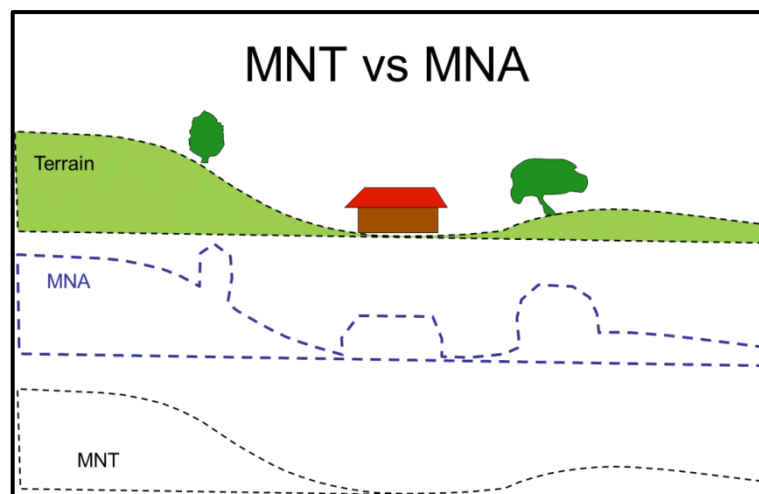


Figure 18: Différence entre MNT et MNA.

VI.1. Cartes dérivées du MNT

VI.1.1 La carte des pentes

Cette étape est exécutée par l'outil slope et Reclassy de l'ArcToolbox (Figure 19).

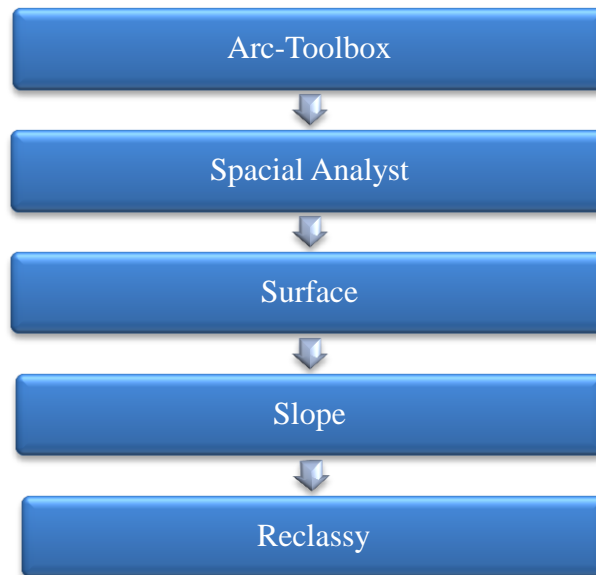


Figure 19: Les étapes de traitement de carte des pentes.

VI.1.2 La carte des Expositions

Dans cette étape on utilise l'outil «Aspect» de l'ArcToolbox (Figure 20).

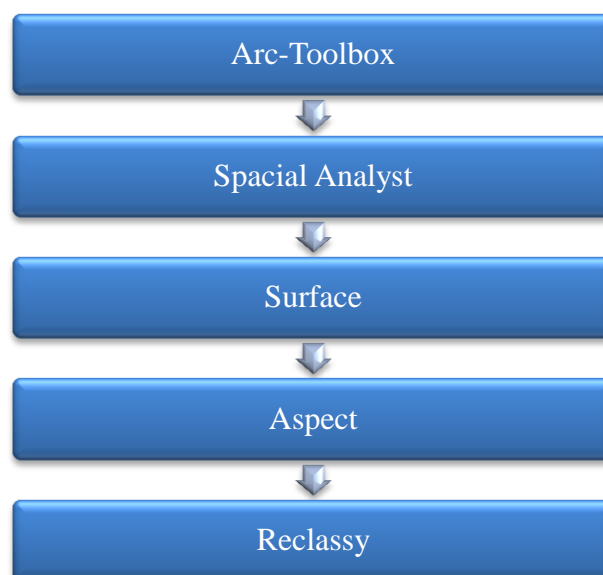


Figure 20 : Les étapes de traitement de carte d'exposition.

VI.1.3 La carte des altitudes

Cette étape on utilise l'outil Reclass de l'ArcToolbox(**Figure21**).

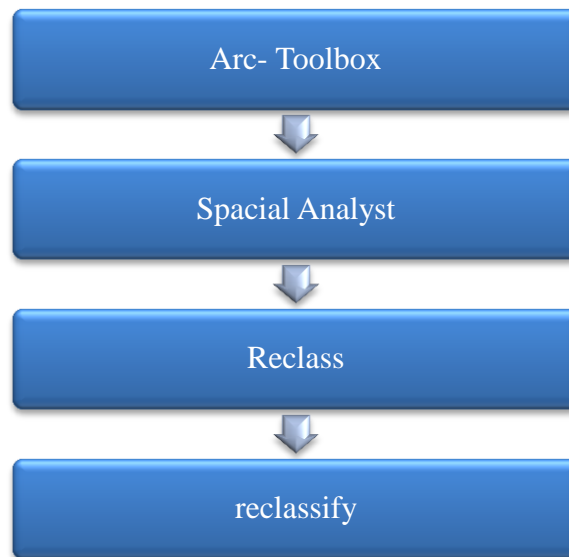


Figure 21 :Les étapes de traitement de carte d'altitude.

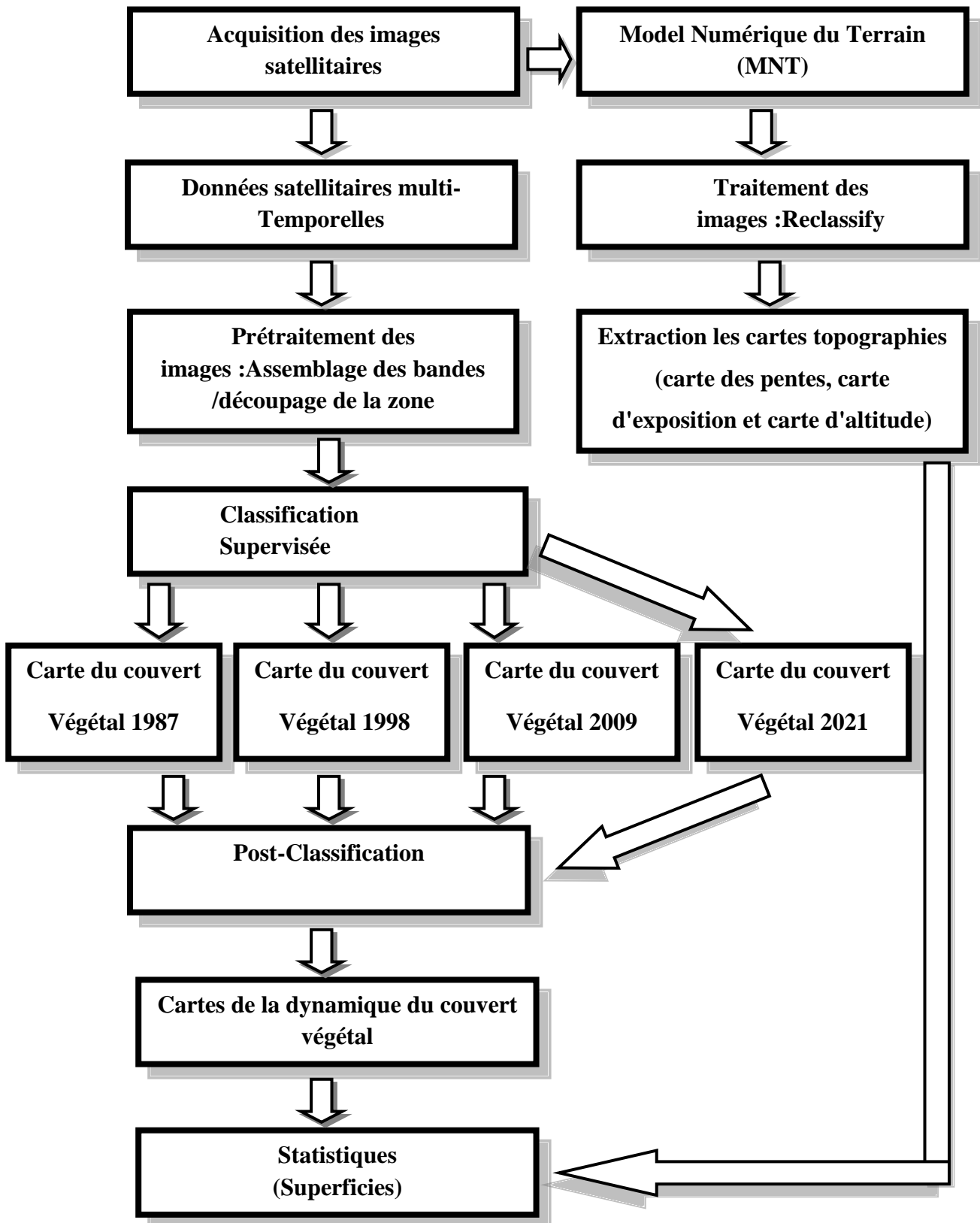


Figure 22 : Organigramme de la démarche méthodologique.

Chapitre III :
Résultats et
Discussion

I. Résultats du traitement des données

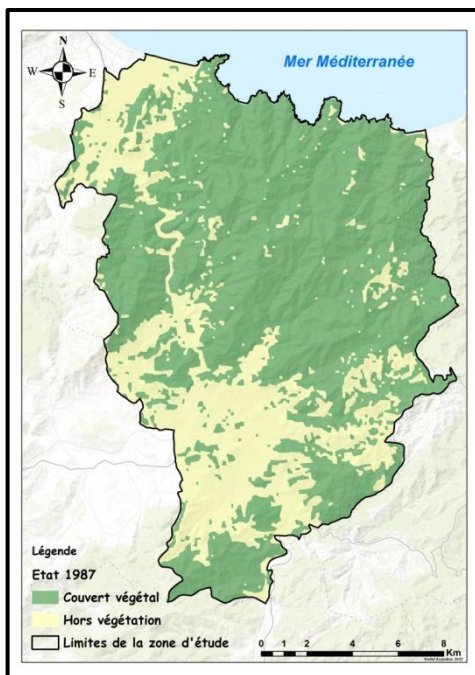
I.1. Résultats de la classification supervisée des images satellitaires

Dans le but de la caractérisation cartographique de l'évolution des écosystèmes forestiers dans la région de Tamalous et Kerkra, nous avons retenus 2 classes d'occupations du sol :

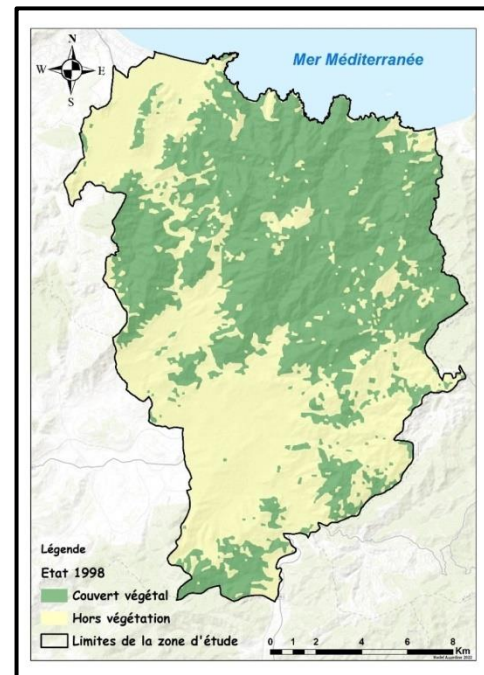
- **Classe 1** : Couvert végétal qui englobe tous types de végétation forestières (Foret, maquis et broussailles).
- **Classe2** : Hors végétation qui englobe le reste des unités (Sol cultivé, Sol nu, Bâti,...).

Le traitement des images satellitaires TM5 et Oli8 de la zone d'étude des années 1987, 1998,2009 et 2021 à donner respectivement les cartes 2, 3, 4 et 5 de l'état du couvert végétal de la zone d'étude.

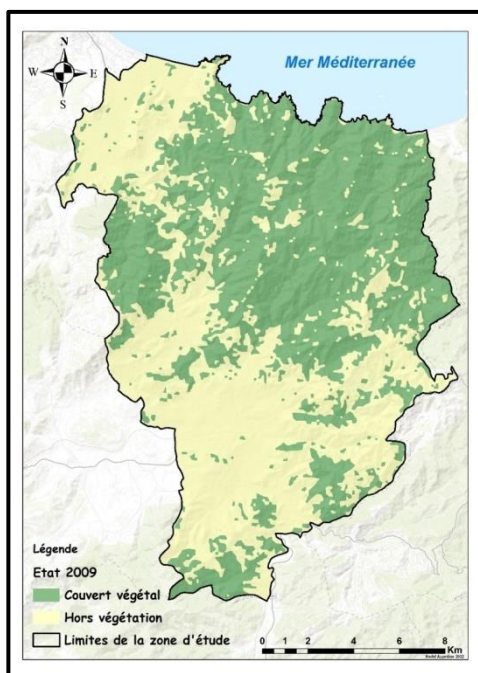
Le traitement statistique des cartes, a permis d'obtenir les superficies des deux unités pour chaque date. Le résultat de ce traitement est présenté par le tableau 03.



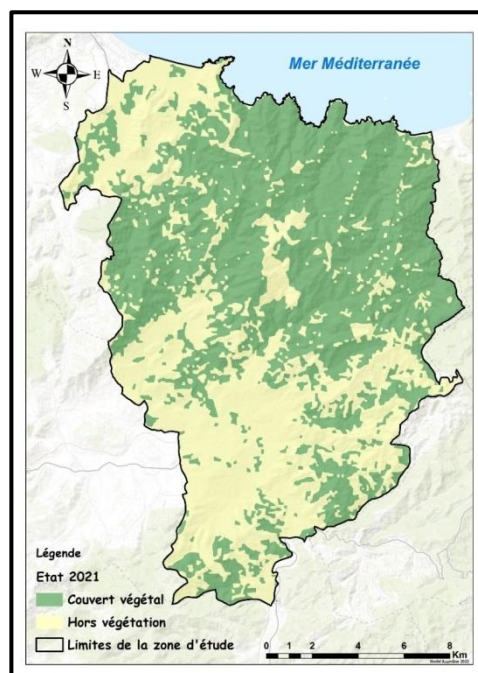
Carte 02: Carte du couvert végétal en 1987.



Carte 03 : Carte du couvert végétal en 1998.



Carte 04: Carte du couvert végétal en 2009.



Carte 05: Carte du couvert végétal en 2021.

Tableau 03 : Répartition des surfaces Couvert végétal /Hors végétation en 1987, 1998, 2009 et 2021

	1987		1998		2009		2021	
	Sup en (ha)	Sup en (%)	Sup en (ha)	Sup en (%)	Sup en (ha)	Sup en (%)	Sup en (ha)	Sup en (%)
Couvert végétal	18089,4 9	68,75	13882,2 6	52,76	13467,6 1	51,18	14405,6 7	54,75
Hors végétation	8225,44	31,25	12432,6 7	47,24	12847,3 2	48,82	11909,2 6	45,25
Total	26314,9 3	100	26314,9 3	100	26314,9 3	100	26314,9 3	100

D'après le tableau 03, on remarque que la zone d'étude est dominée par la végétation malgré que le couvert végétal a subi une diminution durant 34ans ou la superficie est passée de 68,75% en 1987 à 54.75% en 2021.

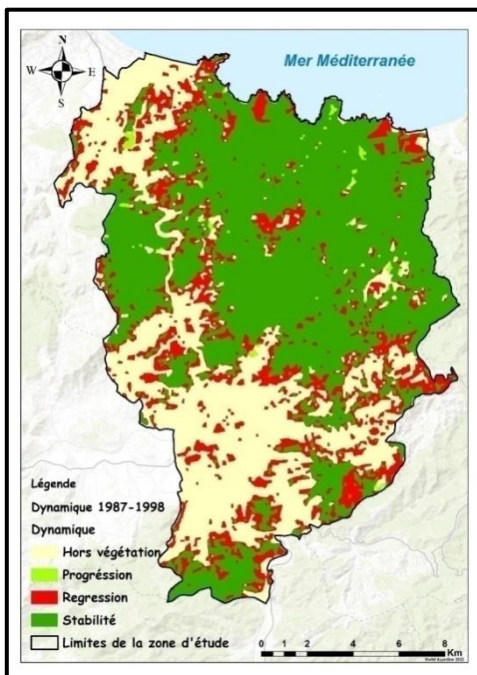
I.2. Détection des changements de la végétation entre les différentes dates

Sur la base des cartes d'occupation du sol par la végétation de 1987, 1998, 2009 et 2021 nous avons produit des cartes de la dynamique de la végétation pour les périodes binaires 1987-1998, 1998-2009, 2009-2021 et 1987-2021

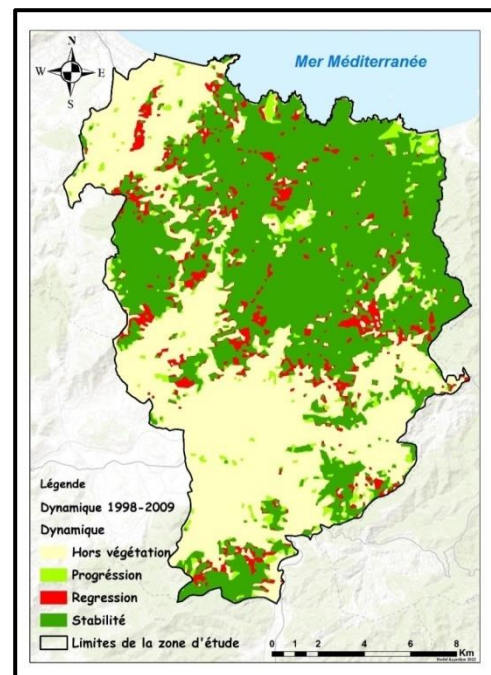
Cette dynamique peut être soit :

- Une progression pour les zones où la végétation s'est développée;
- Une régression pour les zones où la végétation a subi une dégradation;
- Une stabilité pour les zones n'ayant subi aucun changement.

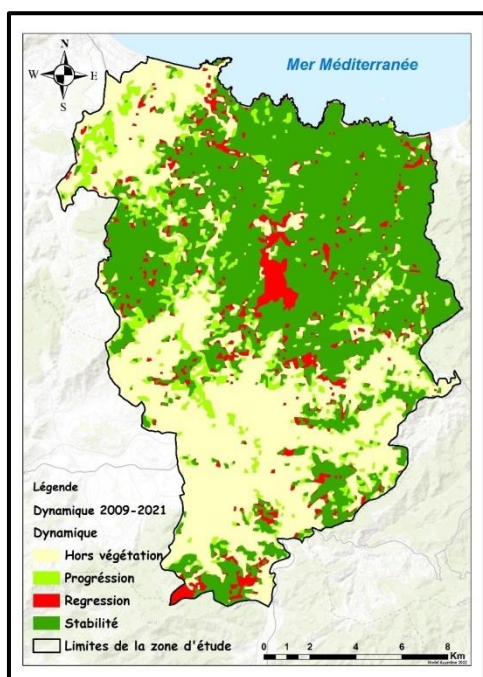
Les cartes 6,7, 8 et 9 représentent l'aspect de la dynamique de la végétation dans la zone d'étude durant 34ans.



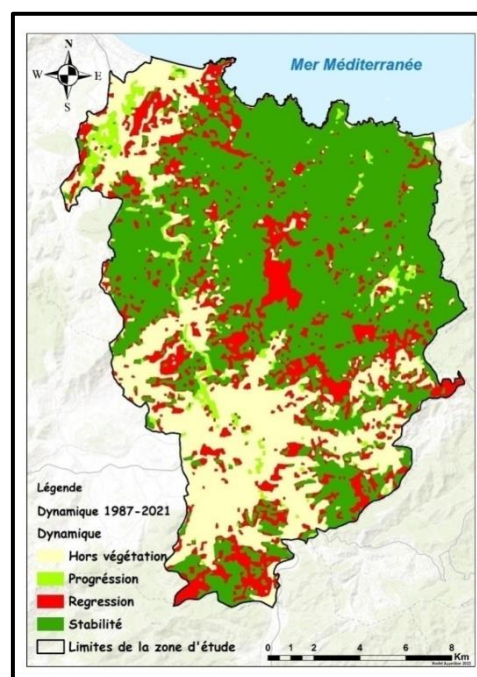
Carte 06 : La dynamique du couvert végétal entre 1987- 1998



Carte 07 : La dynamique du couvert végétal entre 1998- 2009



Carte 08 : La dynamique du couvert végétal entre 2009- 2021



Carte 09 : La dynamique du couvert végétal entre 1987- 2021

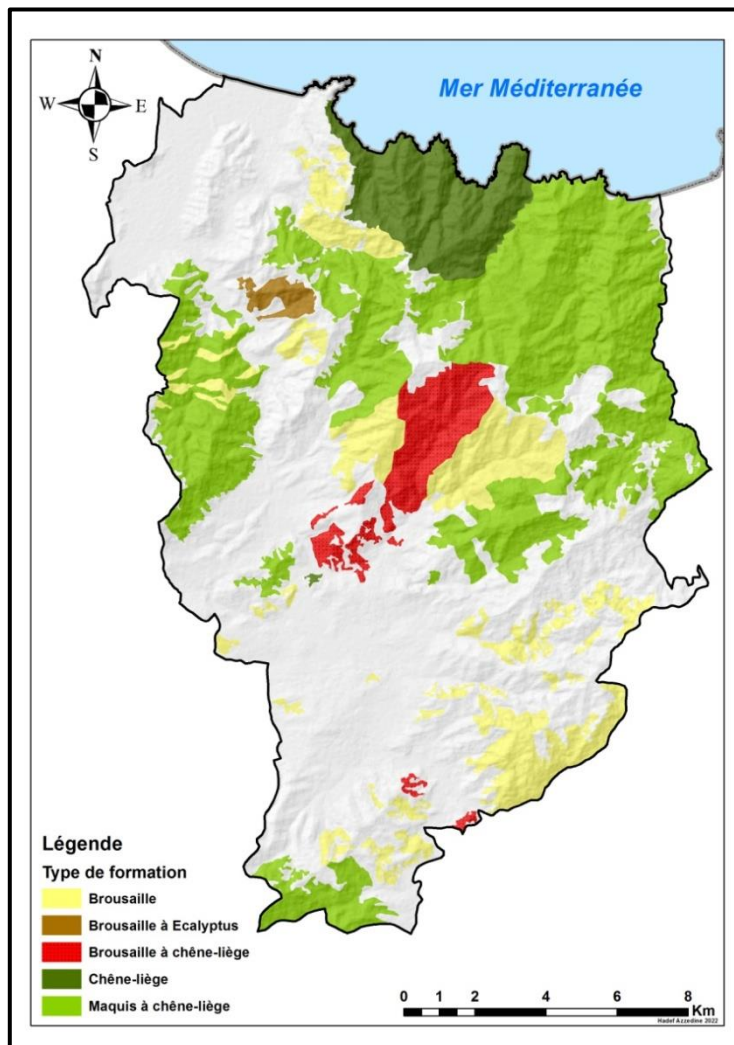
Le traitement statistique des cartes de la dynamique du couvert végétal a permis de calculer les superficies de la régression et progression de la végétation, au niveau de la zone d'étude pour les périodes 1987-1998, 1998-2009, 2009-2021 et 1987-2021. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 04.

Tableau04 : Bilan des changements de la végétation entre 1987 et 2021

Evolution	Surface (ha)			
	1987-1998	1998-2009	2009-2021	1987-2021
Stabilité	13687,34	12284,45	11913,37	13412,93
Progression	+192,54	+1180,78	+2488,37	+989,14
Régression	-4395,09	-1593,99	-1551,15	-4669,37
Bilan	-4202,55	-413,21	+937,23	-3680,23
Bilan annuel (ha/an)	-382,05	-37,56	78,10	-108,24

I.3. La cartographie physionomique du couvert végétal de la zone d'étude

La carte physionomique de la végétation a été élaborée par la photo d'interprétation des images satellitaires de très haute résolution de Google Earth, ainsi que les données recueillies sur terrain. La carte 10 représente les types physionomiques de la végétation, qui existe dans la région de Tamalous et Kerkra.



Carte 10: Carte Physionomique de la végétation dans la zone de Tamalous- Kerkra.

Le traitement statistique de la carte 10, a permis d'obtenir la superficie de chaque unité physionomique. Le tableau 05 représente la superficie de chaque unité.

Tableau 05: Tableau des types des formations dans la zone de l'étude.

Type de Formation	Superficie en (ha)	Pourcentage (%)
Broussaille	2869,337531	22,97
Broussaille à chêne liège	928,098024	7,43
Broussaille à Eucalyptus	160,647563	1,29
Chêne liège	1415,504495	11,33
Maquis à chêne liège	7120,401295	56,99

D'après la carte 10 et le tableau 05, nous notons que la zone de Tamalous et Kerkra est caractérisée par la présence de plusieurs unités physiologiques de la végétation d'occupation du sol, ce territoire est caractérisé par :

- La dominance du maquis à chêne liège avec 7120,401295 ha (59, 99%);
- Les broussailles qui occupent 2869,337531ha soit 22,97%;
- Un peuplement pur du chêne liège avec une superficie de 1415,504495 ha;
- Les broussailles à chêne liège et les broussailles à eucalyptus qui occupent respectivement les superficies 928,098024 ha et 160,647563ha.

II. Discussion

Durant les 34 années d'étudiés, de 1987 à 2021, le couvert végétal de la commune Tamalous-Kerkra, a gagné une superficie de 989,13886 ha due aux efforts de reboisement et la régénération naturelle. Face à cette progression, et durant la même période, la régression est estimée à 4669, 3657 ha. Les zones de stabilité de la végétation sont majoritaires avec une superficie de 13412,929 ha, à la fin il y a 7223,8354 ha d'hors végétation.

L'analyse des bilans des périodes de 11ans (Période1), 11ans (Période 2) et 12ans (Période 3), nous renseigne sur l'évolution de la régression alarmante du couvert forestier durant la période globale.

Cette régression est dû aux différentes actions anthropiques (défrichage, incendies, etc...).

- **Le défrichage**

Le défrichage est une action de destruction totale et irrémédiable de la végétation en place, une disparition définitive de l'état boisé pour un autre usage, essentiellement pour satisfaire en terrain les besoins de l'agriculture et de l'élevage que tous les défrichements opérés à l'intérieur des formations végétales (**Benabdeli, 1996**).

D'après les statistiques de la direction de circonscription des forêts de la commune de Tamalous-Kerkra des années 1987-1998-2009-2021, la superficie totale des défrichements de notre zone d'étude est estimée à 42,4086 ha (**Figure23**).

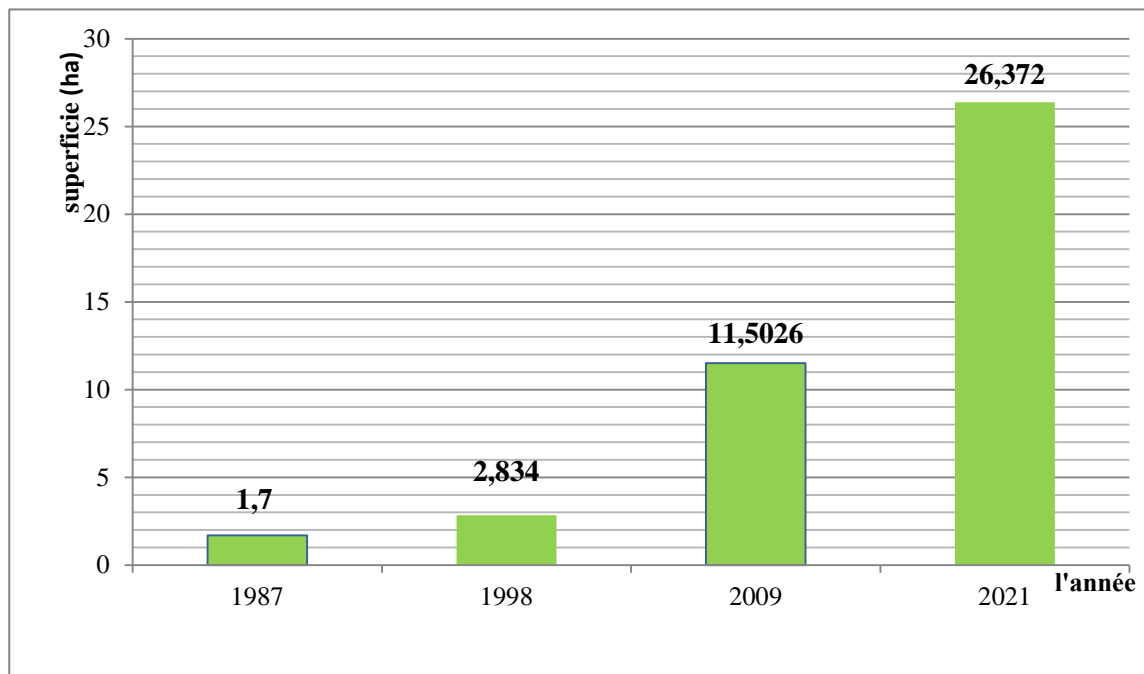


Figure 23 : Histogramme de superficie des défrichements par année d'étude.

- **L'incendie**

L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et dans l'espace (**Khalid, 2008 ; Cemagref, 1994 ; Jappiot et al, 2002**).

On parle d'un incendie de forêt lorsqu'un feu concerne une surface minimale d'un hectare, d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (partie haute) est détruite (**Ammari, 2011**).

L'impact évident d'un incendie de forêt est la disparition de tout, ou de la majeure partie du peuplement forestier sur la superficie brûlée. Mais l'impact de l'incendie va bien plus loin que la simple perte des produits ligneux ; il y a également la perturbation du biotope incendié, la dénudation du sol qui était protégé contre l'érosion (**Ellatifi., 2012**).

D'après les statistiques de la direction de circonscription des forêts de la commune de Tamalous-Kerkra durant les années 1987-1998-2009-2021, la superficie totale des incendies de notre zone d'étude est estimée à 220,3 ha (**Figure 24**).

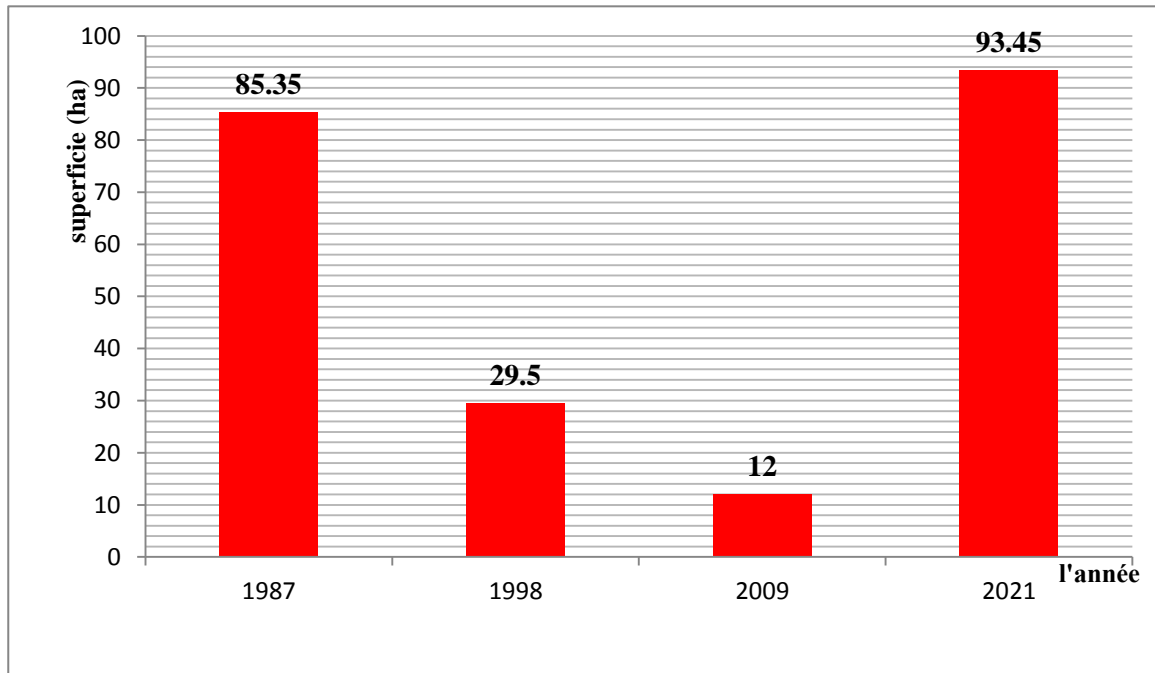


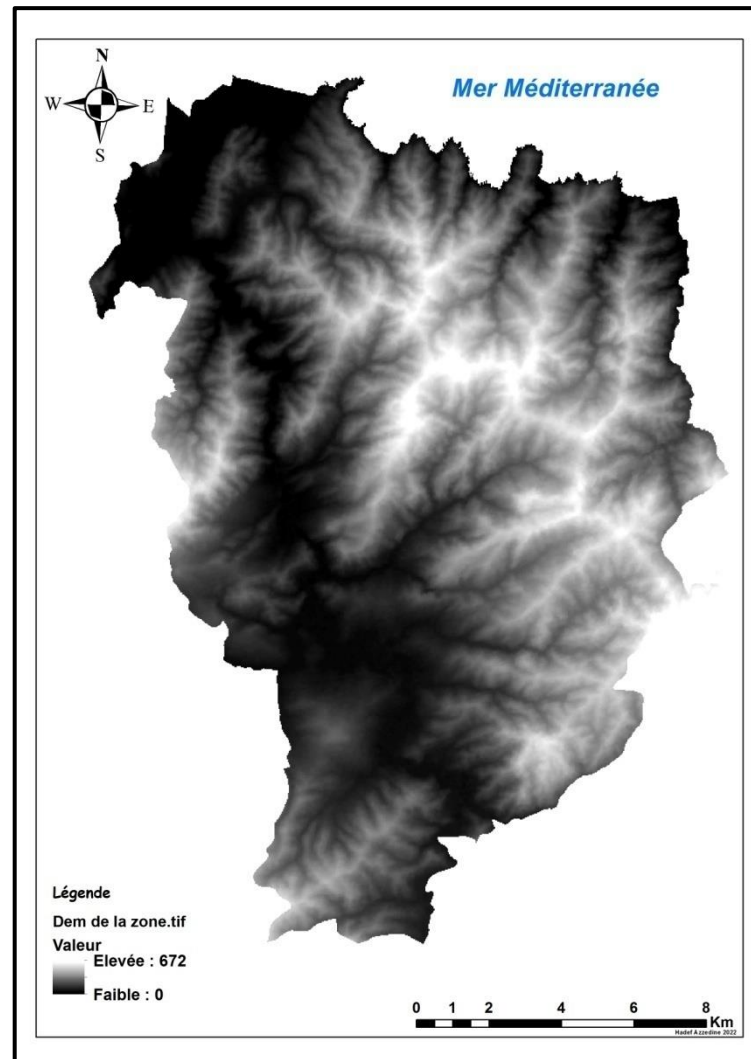
Figure 24 : Histogramme de superficie des incendies par année d'étude.

III. Caractérisation topographique de la zone d'étude

Pour compléter cette étude avec une caractérisation cartographique du relief de la commune de Tamalous- Kerkra, on applique une élaboration des différentes cartes qui marquent la topographie de la commune, comme la carte des pentes, la carte des expositions et la carte des altitudes. L'élaboration de ces cartes, est essentiellement basée sur un traitement des données satellitaires appelées **Model Numérique du Terrain (MNT)** ou (**DEM**).

Le **MNT** utilisé dans cette étude est issue du capteur Aster **GDM** qui est téléchargé du site aster **GDM** lui-même.

Après avoir découpé le **MNT** de la zone d'étude, et l'avoir projeté dans le système **UTM** zone 32N et avec l'outil Spatial Analyst du logiciel Arcgis, on procède à l'élaboration des cartes. La carte 11 montre le model numérique du terrain de Tamalous-Kerkra.

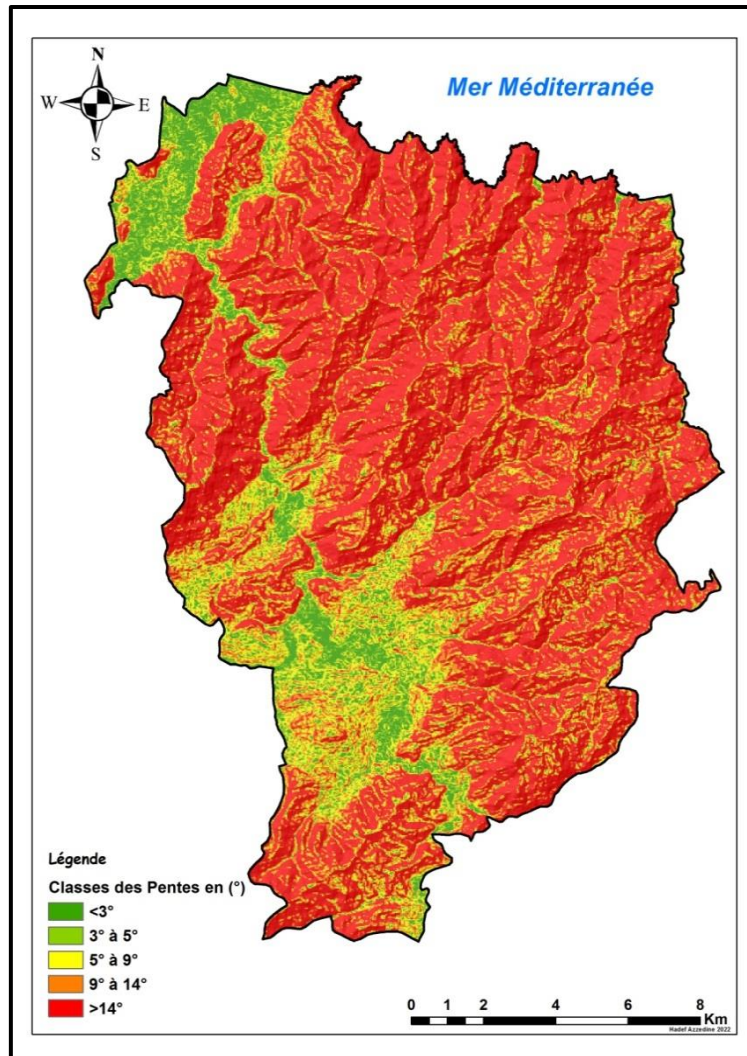


Carte11: Le model Numérique du Terrain de Tamalous-Kerkra.

III.1. La carte des pentes

La pente est l'inclinaison d'une surface exprimée en degré ou en pourcentage par rapport au plan de l'horizon. Le changement de pente est une réalité terrain qui a une grande importance surtout pour les études écologiques, (**Tir Elhadj, 2016**).

La carte des pentes établie de la région de Tamalous-Kerkra (**carte 12**) nous a permis de dégager les différentes classes des pentes dans la zone d'étude. Le relief est une combinaison de valeur des pentes, il nous a permis donc de caractériser les différentes classes des pentes. Il joue un rôle dans la définition des potentialités et des contraintes du milieu physique (**Hadef, 2010**).



Carte 12 : la carte des pentes de Tamalous-Kerkra.

Tableau 06 : Tableau des statistiques des classes des pentes.

Classe des pentes	Superficie (ha)	Superficie (%)
$< 3^\circ$	1572,1823	5,97738101
$3^\circ \text{ à } 5^\circ$	4018,77684	15,2792462
$5^\circ \text{ à } 9^\circ$	659,41793	2,50708345
$9^\circ \text{ à } 14^\circ$	4144,77595	15,7582903
$> 14^\circ$	15907,0401	60,477999

D’après le tableau 06, on remarque que la majorité de la zone d’étude (60%) des terrains sont accidentés où la pente excède les 14° (pente très forte), la partie qui représente 16% vient en deuxième place où la pente est forte (de 9 à 14°), la partie qui représente 3% est de pente moyenne

(de 5 à 9°), la partie qui représente 15% est de pente faible (de 3 à 5°), et la partie où la pente est insensible (moins de 3°) représente 6%.

Le Facteur Pente en milieu forestier est très important car il détermine le degré de difficulté pour réaliser les travaux mécanisés, vidanger les produits forestiers et surtout l'intervention lors des incendies. Le tableau suivant résume les caractéristiques situationnelles et contraintes sylvicoles en fonction de la pente.

Tableau 07 : Caractéristiques situationnelles et contraintes sylvicoles en fonction de la pente.

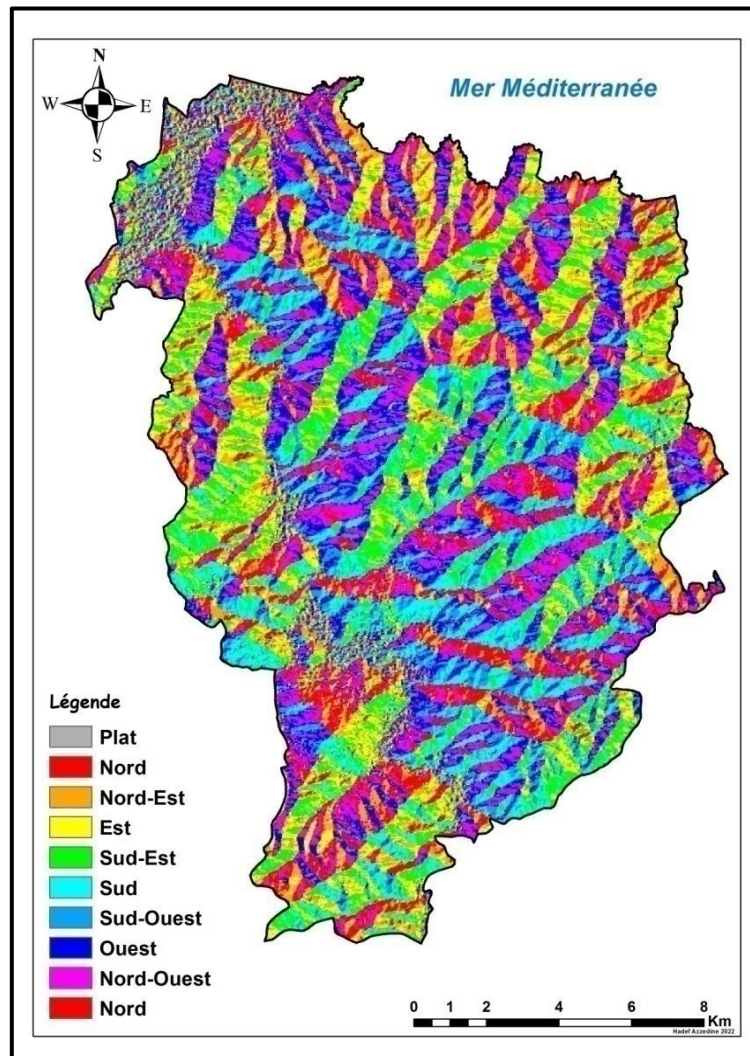
Pente	Inclinaison en degré	Conséquences écologiques	Contraintes sylvicoles
Insensible	< 3°	Plus l'inclinaison de la pente est élevée, plus les phénomènes liés à l'exposition sont fortement marqués : vents dominants ou secs et froids, gelées tardives ou précoces, drainage excessif...	Aucune contrainte
Faible	3 à 5°		Exploitation facile si distance débardage < 500 m
Moyenne	5 à 9°		Exploitation facile si distance débardage < 200 m
Forte	9 à 14°		Exploitation difficile
Très fort	> 14°		Travaux sylvicoles et exploitations très difficiles

III.2. La carte des Expositions

L'exposition dépend de la pente du terrain :

- en **terrain plat**, l'exposition est nulle ;
- en présence d'une **pente supérieure à 10 %**, l'exposition est qualifiée par rapport à la direction géographique à laquelle elle s'oppose : ainsi un versant Nord dit « Ubac ou ombrer » est exposé au Nord et un versant Sud aussi désigné « Adret ou avers » est exposé au Sud.

L'exposition a une influence sur la croissance des arbres et la qualité de leur bois, en raison des différences d'ensoleillement, de pluie, de vent, qui se manifeste d'une exposition à l'autre : les expositions chaudes sont orientées au Sud et Sud-ouest, alors que les plus froides sont orientées au Nord et au Nord-est



Carte 13: Carte d'exposition de Tamalous-Kerkra.

Tableau 08 : Tableau des statistiques des classes des expositions.

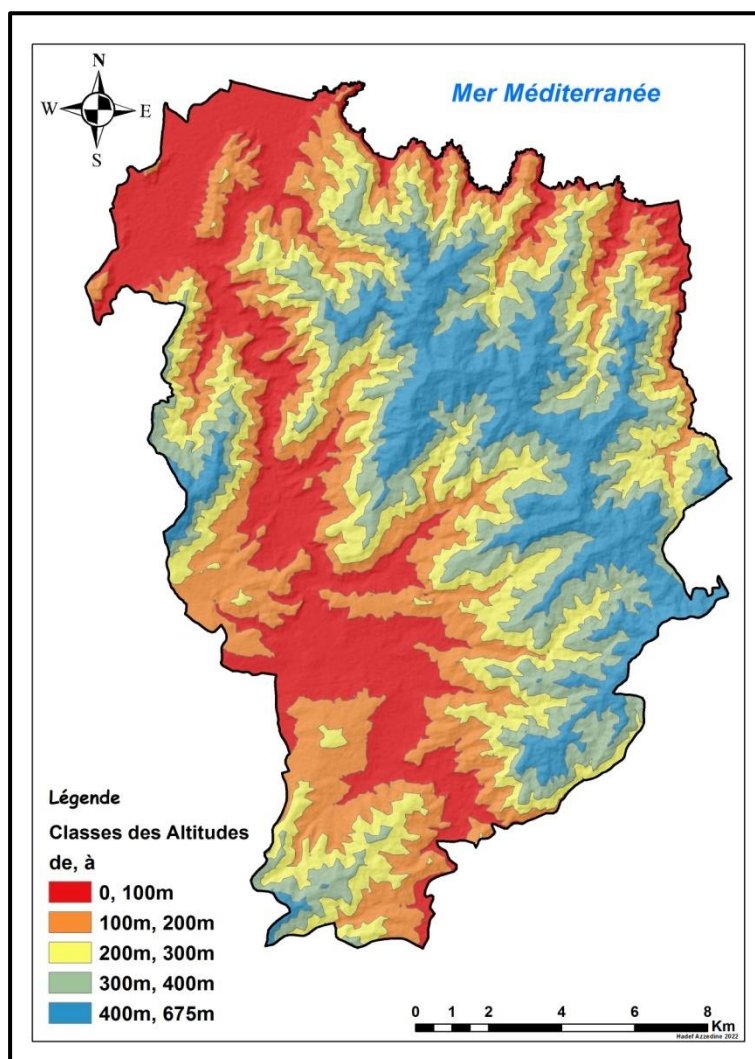
Classe des expositions	Superficie (ha)	Superficie (%)
Plat	11,127892	0,04230961
Nord	3323,5445	12,6365246
Nord-est	2899,64371	11,0248017
Est	3318,51884	12,6174165
Sud-est	3657,86594	13,9076558
Sud	3131,96877	11,9081302
Sud-ouest	2625,34034	9,98186662
Ouest	3410,16901	12,9658817
Nord-ouest	3922,9172	14,9154133

D'après le tableau 08 on n'observe que 28% de la superficie de la zone d'étude à une exposition Ouest et Nord-Ouest, suivi par l'exposition Sud-ouest qui représente 10%, suivi par l'exposition Sud qui représente 12%, puis l'exposition Sud-est qui représente 14%, alors que les expositions Nord, Nord-est, Est, représente 24%.

III.3. La carte des altitudes

L'altitude, troisième coordonnée de la position d'un lieu, c'est l'élévation verticale d'un lieu ou d'un objet par rapport à un niveau de base. C'est une des composantes géographique et biogéographique qui explique la répartition de la vie sur Terre. La représentation de l'altitude sur la carte nécessite l'utilisation de signes conventionnels spécifiques (Delvaux et Nys, 2002).

La carte des altitudes de la zone d'étude produite à partir du MNT est représentée par la carte 14.



Carte 14: Carte d'altitude Tamalous-Kerkra.

Tableau 09 : Tableau des statistiques des classes des altitudes.

Classe des altitudes (m)	Superficie (ha)	Superficie (%)
0 à 100	6113,99862	23,2420357
100 à 200	6247,35994	23,7490015
200 à 300	5256,24539	19,9813331
300 à 400	4652,85136	17,6875632
400 à 675	4035,32406	15,3400665

D'après le tableau 09 on observe qu'environ 67% de la superficie globale de la zone d'étude se trouve dans la plage d'altitude comprise entre 0 à 300m, environ 18% de la superficie de la zone se trouve dans la plage d'altitude comprise entre 300 à 400m, et 15% de la superficie se trouve dans la plage d'altitude comprise entre 400 à 675m.

Conclusion

Conclusion :

Dans cette étude, nous avons essayé d'utiliser la télédétection et le système d'information géographique, à travers le traitement des images satellitaires pour faire une caractérisation cartographique de la commune Tamalous- Kerkra.

L'analyse des résultats de la dynamique de la couverture végétale durant 34 ans, a permis d'obtenir les informations suivantes :

L'étude diachronique de la progression et la régression de la couverture végétale entre 1987 et 2021, le couvert végétal d'une manière général a progressé de 989,13886 ha, par contre la régression de Couvert végétal s'élèvent à 4669,36573 ha, le bilan global de cette période est négatif.

L'étude cartographique de formations forestières, a montré la dominance des maquis à chêne liège avec une superficie de 7120,401295 ha soit 56,99% de la surface totale du couvert végétal.

Cette étude, a mis évidence l'impact des actions anthropiques et notamment le défrichement, les incendies sur les écosystèmes forestiers dans la zone d'étude.

La caractérisation topographique par le Traitement du Modèle Numérique (MNT) a permis d'élaborer 3 cartes thématiques (la carte des pentes, la carte d'exposition, la carte d'altitude). D'après les cartes obtenues la zone d'étude se caractérise par la dominance de la classe des pentes très forte avec 60,47%, pour le facteur exposition. L'exposition Nord ouest avec 28% et en fin la classe altitudinale 0-300 m domine les autres classes d'altitudes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Ammari, 2011.** Etude de la dimension fractale du front dans un système Désordonné binaire. Application aux feux de forêt. Thèse Magister. Université Oran. Algérie, 90 p.
- **Anonyme, 2002-** SIG concepts, outils et données. Hermès Science Publications, 96p.
- **Belhadj-Aissa, Belhadj-Aissa et Smara, 2003.** Application su SIG et de télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. 2nd FIG régional conférence, Marrakech, 2p.
- **Benabdeli, 1996.** Impact socio-économique et écologique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la commune de Téléga (Algérie). Options méditerranéennes, 32 : 185-194
- **Berry et Mielle Ph, 1999.** SIG. GIS. ΓNC. Centre de documentation de l'urbanisme. Paris, 5p.
- **Claude, 2004.** Analyse spatiale géométrique et systèmes d'informations géographique, un regard de l'analyse spatiale sur la géomatique et ses outils d'exploitation. Journées cassine sigma, Université. Fibourg, Suisse, 3p.
- **Darabid et Bouchekara, 2013.** Extraction des différents indices de végétation à partir des images satellitaires. Mémoire Licence .spécialité informatique. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. P08.
- **Derdjini, 2017.** Cartographie des changements de l'occupation du sol dans la plaine de la Mitidja à partir des images Landsat. Mémoire de Master. Ecole national supérieur d'hydraulique Arbaoui Abdellah. 24p.
- **Guellouhsami 2019 /2020.** Cours introduction de la géomatique.1^{er} année géographie et aménagement du territoire, université Batna-2 **CHAHID MOUSTAFA BEN BOULAID**, institut des sciences de la terre et de l'univers, pp2-4-15-16-17.
- **Ellatifi, 2012.** « L'économie de la forêt et des produits forestiers au Maroc: bilan et perspectives » Thèse Doctorat en Sciences Economiques. Université Montesquieu - Bordeaux iv. France. 424p
- **Emran, 2005.** Données Landsat mises à disposition pour le développement durable en Afrique. Institut Scientifique UMVA Rabat-Maroc.52p.
- **Fauconnier, 1994.** Le système d'information géographique de santé. Volume 7 Ed springer-verlag. Paris.7p.
- **Girad et Girac, 1999.** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris. 529p.
- **Gomasca, 2009.** Basics of geomatics. Springer Science et Business Media.

Références bibliographiques

- **Hadef, 2010.** Cartographie de l'occupation du sol par la végétation à partir des données satellites dans la région de Annaba (Chétaibi). Thèse de Magistère. Université Badji Mokhtar. Annaba. 89p.
- **Imessaoudene,** Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du Massif des Eglab et de sa bordure sédimentaire (Sud-ouest algérien), université Ferhat abbas-Sétif. Thèse du Master, 2011-2012, pp4.
- **Khalid, 2008.** Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendie de forêt Thèse Magister. Université de Tlemcen, Fac des sciences, département de forêt Algérie, 162p.
- **Labeled, Hamdadoud, et Fizuzi 2009.** Proposition d'un processus décisionnel pour l'aménagement du territoire. PRODUSMAGT, journée d'animation scientifique Alger page 1.
- **Madoui, 2002.** Les incendies de forêt en Algérie Historique, bilan et analyse. Forêt Méditerranéenne. XXIII, n° 1, juin 2002.p 23-30.
- **Quezel et Barbero, 1990.** Les forêts méditerranéennes, problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. Acta Botanica Malacitana, 15, 145-178.
- **Rais, 2016, in Messallaoui Nabila, Merabet Soumia, 2018.** Caractérisation des milieux naturels par l'utilisation du SIG et les données de la télédétection cas de Tamalous. Thèse de mémoire. Université 20 aout 1955 Skikda.
- **Shahab, 2008.** Gis basics. 4835/24. Ansari Road. Daryaganj. New Delhi 110002.
- **Singh, 1989.** Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data, International Journal of Remote Sensing, vol10, N 6, 989-1003.
- **Souaker et Djedidi, 2015.** Etude de réseau d'assainissement de cite Mih-Bahi commune d'El oued. Université Hamma Lakhdar d'El-Oued.
- **Tir, E., 2016.** Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la Wilaya de Tissemsilt. Thèse de Magistère. Université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen.62p.

Sites web

<http://earthexplorer.usgs.gov>

<http://landsat.gsfc.nasa.gov>