

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE DE LA RECHERCHE SIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ORAN2



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE ET D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Mémoire

De fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la terre et l'univers

Filière : Géographie et Aménagement de territoire

Spécialité : Géomatique

Intitulé du thème :

**Cartographie de l'occupation du sol dans le périmètre agricole de Baderiane
(TIMIMOUNE)**

Présenté par : **Mr. IDDA ABDELHAKEM**

Mr. HACHEM MOHAMED

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président : MM. GOURINE Farida	Maître assistante A.	Université d'Oran2
Examineur : Mr. ALAL Nadir	Maître assistante A.	Université d'Oran2
Encadreur : Mr. ZANOUNE Rafik	Maître assistante A.	Université d'Oran2
Co-encadreur : Mr. MANSOUR Djamel	Ingénieur principal.	Université d'Oran2

Années universitaire 2021 – 2022

Résumé

Au fil du temps, l'homme a développé les moyens qu'il a utilisés pour identifier la terre et révéler sa richesse, Alors passer de l'enquête à l'aide d'outils simples reposant sur le contact direct à la photographie aérienne utilisant un avion Jusqu'aux atteindre les satellites, Ce qui lui a permis de localiser, cartographier, découvrir des richesses, identifier et interpréter les changements environnementaux. Ce travail contribué a l'indentification des périmètres de mise en valeur de la région de Bedirane. Il a également mis en valeur les méthodes et les techniques de cratérisation des de traitement. L'objectif de notre étude consiste à détecter les changements de l'occupation du sol de la plaine de la Baderiane à partir de données satellitaires multi dates (1987, 2009 et 2021) et l'estimation générale de l'impact de ces changements sur l'utilisation des ressources hydrique. La méthode de comparaison de classifications a été utilisée. L'approche de classification supervisée SVM a été retenue. Ces résultats ont permis d'identifier le changement temporel et spatial de l'occupation du sol de la plaine avec des taux d'évolution de 4.22 ha et 146.66 ha respectivement pour les périodes de 1987-2009 et 2009-2021. Cette dynamique oasisienne, reflète l'engagement de l'Etat et aussi la volonté des agriculteurs au niveau local à développer leurs périmètres de mise en valeur.

Mots clés : landsat, traitement d'image, Classification supervisée, palmeraie.

ملخص

مع مرور الوقت ، طور الإنسان الوسائل التي استخدمها للتعرف على الأرض والكشف عن ثروتها ، فانتقل من المسح باستخدام أدوات بسيطة تعتمد على الاتصال المباشر إلى التصوير الجوي باستخدام طائرة حتى الوصول إلى الأقمار الصناعية ، مما سمح له بتحديد موقع ورسم خريطة واكتشاف الثروة ، تحديد وتفسير التغيرات البيئية. ساهم هذا العمل في تحديد محيط التنمية في منطقة بدربان. كما سلط الضوء على أساليب وتقنيات المعالجة. الهدف من دراستنا هو الكشف عن التغيرات في الغطاء الأرضي لسهل بدربان من بيانات الأقمار الصناعية متعددة التواريخ (1987 و 2009 و 2021) والتقدير العام لتأثير هذه التغيرات على استخدام الموارد المائية. تم استخدام طريقة مقارنة التصنيف. تم اختيار نهج التصنيف الخاضع للإشراف SVM. وقد مكنت هذه النتائج من تحديد التغير الزمني والمكاني في الغطاء الأرضي للسهل بمعدلات تغير بلغت 4.22 هكتار و 146.66 هكتار على التوالي لفترتي 2009-1987 و 2021-2009. تعكس ديناميكية الواحة هذه التزام الدولة وكذلك رغبة المزارعين على المستوى المحلي في تطوير محيطهم التنموي.

المصطلحات الأساسية: لاندسات ، معالجة الصور ، التصنيف الخاضع للإشراف ، بستان النخيل

Hachem Mohamed

Dédicaces

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A Mon PERE, que dieu lui fasse miséricorde

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

**Mes frères et ma sœur; KHALED BOUBAKEUR MOSTAPHA FATIMA
ZOHRA**

Toute ma famille;

A LA MEMOIRE DE MA MERE

Ce travail est dédié à ma mère, décédée trop tôt, qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études J'espère que, du monde qui est sien maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

Idda Abdelhakem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui m'ont vraiment aidé durant toute ma vie avec tous les moyens.

Mon père : ma source de volonté et d'espoir, qui a toujours cru en moi et n'a pas cessé de m'inciter et de m'encourager sans limites.

Ma mère : qui grâce à ses prières qui m'ont accompagnée toujours ses conseils valeureux qui m'ont, donnée la puissance et le courage.

Remerciements

Avant tout

Je remercie Allah, c'est grâce à lui que je suis arrivée à ce niveau.

À l'heure où j'apporte la touche finale à ce mémoire. Tout d'abord ; Je tiens à remercier les personnes qui m'ont permis de réaliser ce mémoire : mes chaleureux remerciements à nos promoteurs., nous tenons à exprimer notre gratitude envers Monsieur Zanoun Rafik , mon encadreur qui a bien voulu nous encadrer. Nous remercions de nous avoir fait bénéficier de ses connaissances et de ses critiques qui nous ont beaucoup aider à l'amélioration de ce travail.

Je voudrais remercier, mon co-encadreur de recherche Monsieur Mansour Djamel, qui a dirigé ce travail et a apporté ses orientations judicieux pendant le stage.

J'adresse ma gratitude à chacun des membres du jury qui ont bien voulu lire et évaluer ce travail.

Sans oublier de remercier Monsieur Salem Idda (docteur en université d'Adrar) qui m'a proposé ce thème.

Je tiens à remercier également les enseignants de département de géographie et aménagement du territoire et le personnel de la bibliothèque.

Introduction générale

La télédétection spatiale est un outil potentiel d'observation et de surveillance d'une façon continue de la surface de la Terre. Elle permet de créer de grandes bases de données dont l'exploitation fournit des informations sur l'état des ressources naturelles, des écosystèmes locaux et de leur évolution.

L'étude de l'évolution de l'occupation du sol et de son utilisation est intéressante pour mettre l'accent sur les problèmes environnementaux en général. Elle est nécessaire pour déterminer la nature et le mode d'intervention des communautés humaines qui modifient les formes d'utilisation globale des sols selon l'évolution des besoins. Les recherches et les analyses faites sur l'occupation et l'utilisation du sol forment une base d'information nécessaire au planificateur, à l'aménageur.

La présente étude représente une application par l'utilisation de l'imagerie spatiale à moyenne résolution (données TM de Landsat5-8), pour le suivi du phénomène de la cartographie de l'occupation du sol de le périmètre du Baderiane.

La démarche suivie pour réaliser ce travail est basée sur une comparaison entre des images acquises à différentes dates. Ces données sont renforcées par des données collectées sur le terrain. Cette comparaison permet de comparer évolution du milieu à différentes dates.

L'objectif principal de cette étude est de montrer d'une part, le potentiel de l'utilisation de la Télédétection et du système d'information géographique (SIG) pour la caractérisation de l'état de l'occupation du sol et son évolution spatio-temporelle à partir d'une série d'images satellitaires de Landsat de différentes dates (1987, 2009 et 2021). L'étude est basée sur les données multi-sources, qui font appel à des connaissances en imagerie de télédétection, visualisation et opérations de base.

Pour répondre à nos objectifs, les problématiques de recherche identifiées sont les suivantes :

- ✓ Dans quelle mesure peut-on identifier des changements passés et actuels d'occupation et d'usage des sols qui ont des impacts importants sur l'environnement, les sociétés et les territoires ?
- ✓ Quels sont les outils et méthodes qui permettent au mieux de les identifier, caractériser et les suivre dans le temps à différentes échelles spatiales ?
- ✓ qu'elle est la base de données la plus favorable pour cartographier l'occupation du sol ?
- ✓ Est-ce que le traitement sur l'image satellite confirme la réalité de l'occupation du sol dans le périmètre du baderiane ?

Le présent mémoire est structuré en quatre (03) chapitres :

1. Le chapitre (01) présente : Contexte géographique de la région d'étude

- Caractéristiques naturelles qui représentent le support où s'inscrivent l'activité humaine et les possibilités ouvertes à l'homme.
- Les Caractéristiques climatiques pour expliquer l'impact du climat sur l'agriculture.

2. Le chapitre (02) présente : les données de télédétection spatiale en relation avec l'agriculture saharien et voir aussi l'engagement de l'état dans le cadre des politiques agricoles.

3. Le chapitre (03) présente : Approche comparative des résultats obtenus : Nous avons pu aborder :

- L'évolution de l'occupation du sol.
- Quantification de la dynamique spatiotemporelle (cartes de changement, statistiques et croisement entre les résultats obtenus).

I. *Chapitre 01 :*
Les caractéristiques géographiques de
la région d'étude

I.1 Introduction

Ce chapitre vise à donner un aperçu général de la région d'étude, une description du secteur d'étude sur plusieurs aspects notamment les caractéristiques naturelles, climatiques et répartition des terres dans l'ensemble de wilaya. La caractérisation du contexte géographique est un aspect important pour mieux expliquer la dynamique de l'occupation du sol à l'usage agricole.

I.2 Contexte Géographique

Le secteur objet de cette étude fait partie de la commune de Timimoune. La région de Gourara se situe au nord d'Adrar dans le sud-ouest de l'Algérie. Il couvre actuellement 10 communes regroupées en quatre Daïra.

La région de Gourara a des frontières avec la Wilaya d'El-Bayad du côté nord, et la Wilaya de Bechar au nord-ouest, tandis que du côté oriental, il est délimité par la Wilaya de Ghardaïa et Tamenghest.

Timimoun est une Wilaya qui se situe au sud-ouest de l'Algérie. Elle se trouve entre le Grand Erg Occidental, au Nord, et le plateau de Tademaït, au Sud, elle est la principale oasis de la région du Gourara. Elle occupe une superficie de 4974km².

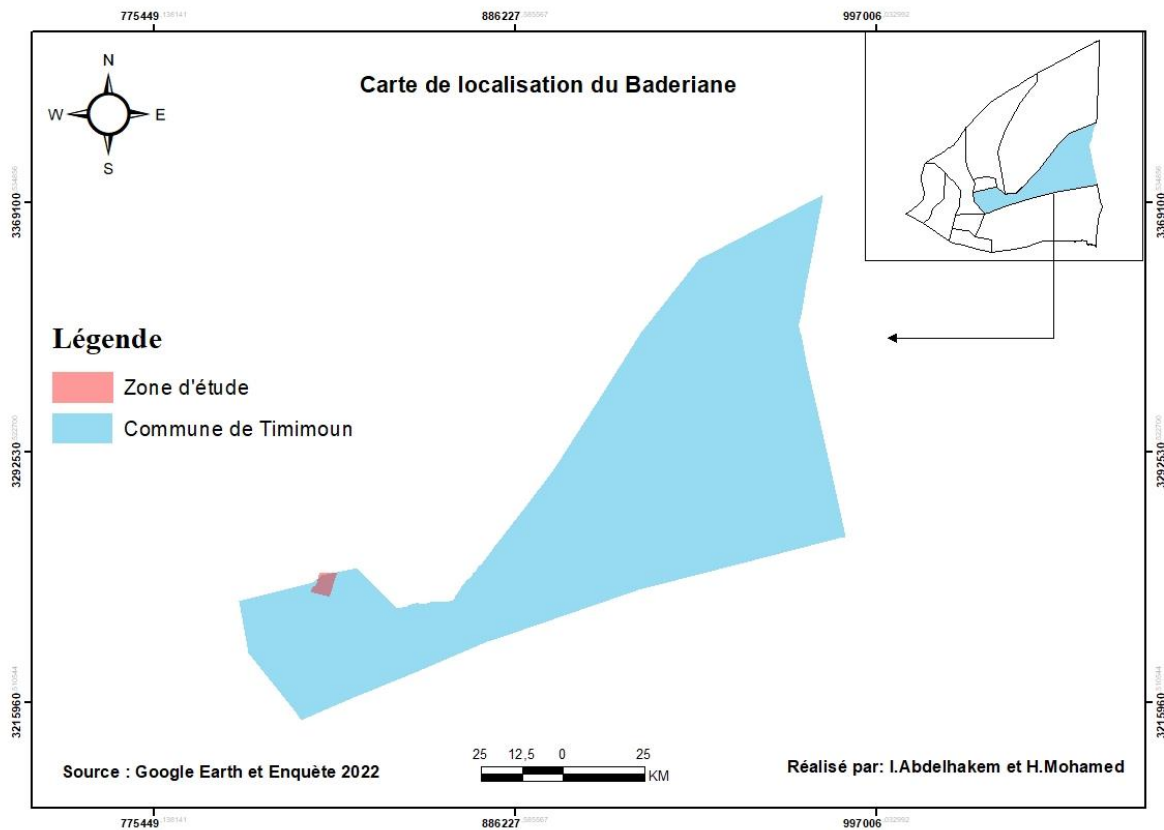
Les frontières régionales la commune est limitée :

- Du Nord :des communes d'Ouled-Said / Ksar Kaddour/ Tinerkouk
- Du Sud : de la commune d'Aougrouit.
- Du l'Ouest : de la commune d'Ouled-Aissa.
- Du l'Est : de La Wilaya de M'niaa.

Les villages de Timimoun :

TELLA / TENOUMER / BENI-MHLAL / BENI-MLOUK / EL-OUJDJA / TAWARSIT / M'SAHAL / TEMANA / AZAKOUR / THARWAYA / EL-KAF / AGHIAT/ K'SBA / MACINE / BADERIANE / THLALET / LICHTA / OULED-TAHER / AMGUIDEN...

Figure n°01 : Localisation de la zone d'étude



Source : google earth + enquete terrain

Le périmètre de petite mise en valeur agricole (périmètre d'extension) de badriane se trouve à côté de l'oasis de Badriane sur les frontières Nord-est de la route nationale RN 118. Il s'étend de l'est de ksar Mayno à 7 km au nord, avec une superficie totale estimée à 1278 hectares pour l'année 2020.

Le périmètre agricole est venu selon la décision de l'Etat N°489 d'établir-lui, en date du 02/03/2015. Représentant de l'agriculture, informations générales sur périmètre de Badriane (Commune de Timimoune, 2015).

I.3 Contexte Géologique

I.3.1 La morphologie

La région de Gourara constitue la partie nord de la région Touat « Elle est confinée par le triangle formé par les bordures méridionales de la Grande Erg Occidentale, les versants nord-ouest du plateau de Tademaït, et la vallée de la Saoura, Massoud à l'Ouest » (Bisson j, 1957). La superficie de la région dépasse 64.640 km².

Figure n°02 : Situation géologique de Timimoune



Source : Document Sonatrach, 2001

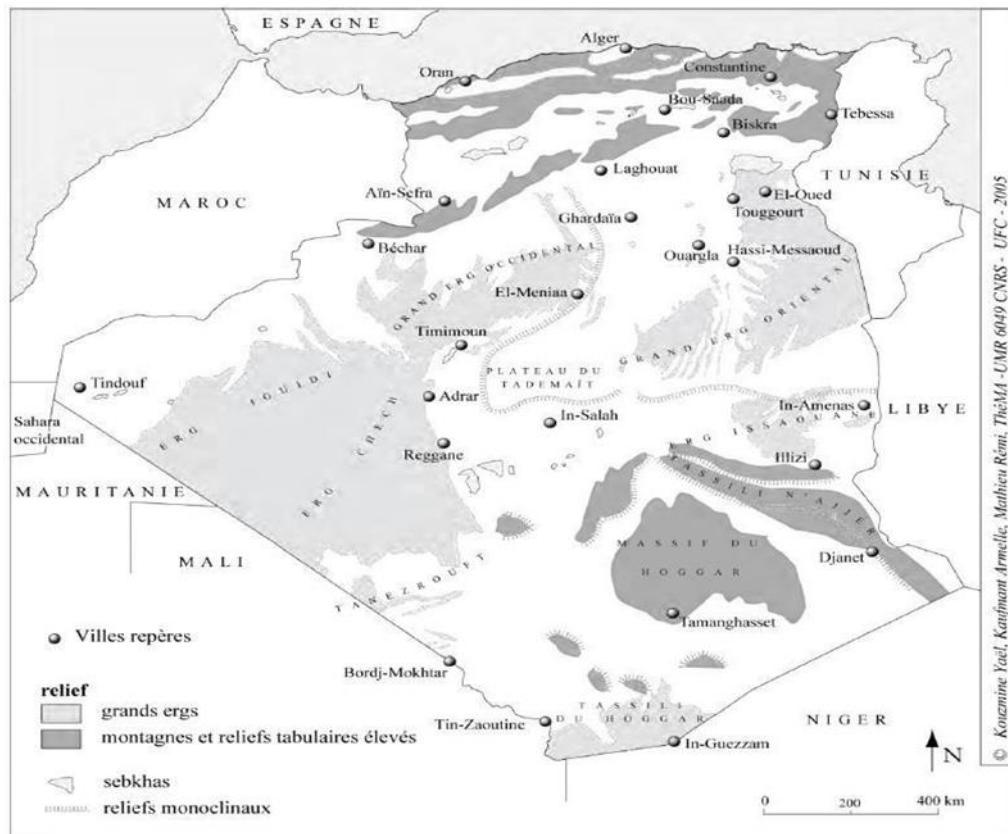
Les bordures du plateau Tademaït occupent le versant sud-est de la région, et s'étendent du nord-est au sud-ouest de Gourara avec une superficie estimée à 500 km pour atteindre l'extrémité nord de la région de Tidikelt. Ce plateau supervise sur la plaine de Amguiden, avec une hauteur de 50 à 60 mètres, il se caractérise par sa surface couverte par le barrage qui a la forme de Benni Hammadi ; ainsi que des pierres noirs, dont la hauteur moyenne est de 400 mètres ; cela se fait avec une légère inclinaison vers l'Ouest sur une longueur d'environ 100km, séparant Kasbah Tademaït des oasis de Gourara et Tidikelt.

Le plateau de Tademaït contient à ses bords nord-ouest et sud-ouest ; sur les aquifères qui sont exploités par EL-FAGUARRA, on lui attribue ainsi l'émergence de trois séries d'oasis et les palais de Gourara. Tandis que le plateau d'Amguiden est considéré comme une base pour le plateau de Tademaït au sud-ouest, qui assiège Amguiden du côté ouest par le Grand Erg Occidental, sa largeur maximale à l'ouest est de 70 km, dans la région de « Touat » et du nord-est au sud-ouest.

Considérant que le Grand Erg Occidental occupe une partie importante du côté nord de la région qui sont des chaînes des dunes de sable dont la hauteur varie entre 40 et 500 mètres orientées vers le nord-ouest ; cela reflète la direction des vents communs dans la région .Ces chaînes s'étendent de Beni Abbas à l'extrême sud-ouest, jusqu'au plateau de Meniaa à l'est et Erg El Shash et Erg Agaddi à la frontière Algéro-Mauritanienne. L'Erg Occidental couvre une zone de 85000 km². Ce qui distingue ces dunes de sable qui ne sont pas large et qui ne sont pas liées dont elles sont séparé par des dépressions et elles sont plus massives et plus hautes dans la région d'Al-Saoura. L'Erg Occidental joue un rôle important dans l'alimentation de la région en eaux souterraines, qui s'écoulent des versants sud de l'Atlas-Saharien. L'Erg occidental contient deux groupes d'oasis dans sa partie sud ; Tinerkouk à l'est et les oasis de Tghouzi dans la côté ouest de l'Erg. Les sables de l'Erg Occidental sont considérés comme un obstacle dans le domaine de la reconstruction, car ils sont empêchés de s'étendre vers l'ouest vers Oued AL-Saoura et ils entravent également la restauration de la Sebkhha du côté nord de la région.

Au sud du Grand Erg Occidental et entre le plateau de Tademaït à l'est et la vallée de Saoura à l'ouest, on trouve Sebkhha Timimoun qui s'étend jusqu'à 80 km. Ces sebkhas sont apparues après l'assèchement des plans d'eau qui sont formés dans la région après la fusion des lits de plusieurs vallées (J.Bisson, 2003). Cette sebkha coupe la plaine d'Amguiden en partant du palais de « Ighzer » au nord-est, et s'étendant jusqu'aux palais de Daldoule au sud-ouest.

Figure n°03 : cadres géographique et physique du Touat, Gourara et Tidikelt



Source : Kouzmine, 2007

Le plateau de Tademaït

Ce plateau couvre une très grande surface ; son altitude moyenne est de 300m avec une pente d'ensemble de direction d'est ouest, Il se termine au-dessus de la sebkha par une succession de trois corniches superposées, souvent entaillées par des oueds obséquents.

La Sebkhha de Timimoun : Une sorte de couloir prolongé qui s'étend dans l'ensemble du nord-nord-est au sud-sud-ouest, Elle est encaissée de 60 à 70m dans le plateau qui l'entourne ; sa cote la plus basse est de 192m, La sebkha faisait partie d'un ancien réseau hydrographique qui coulait vers le sud, alimenté par la gouttière du Tademaït.

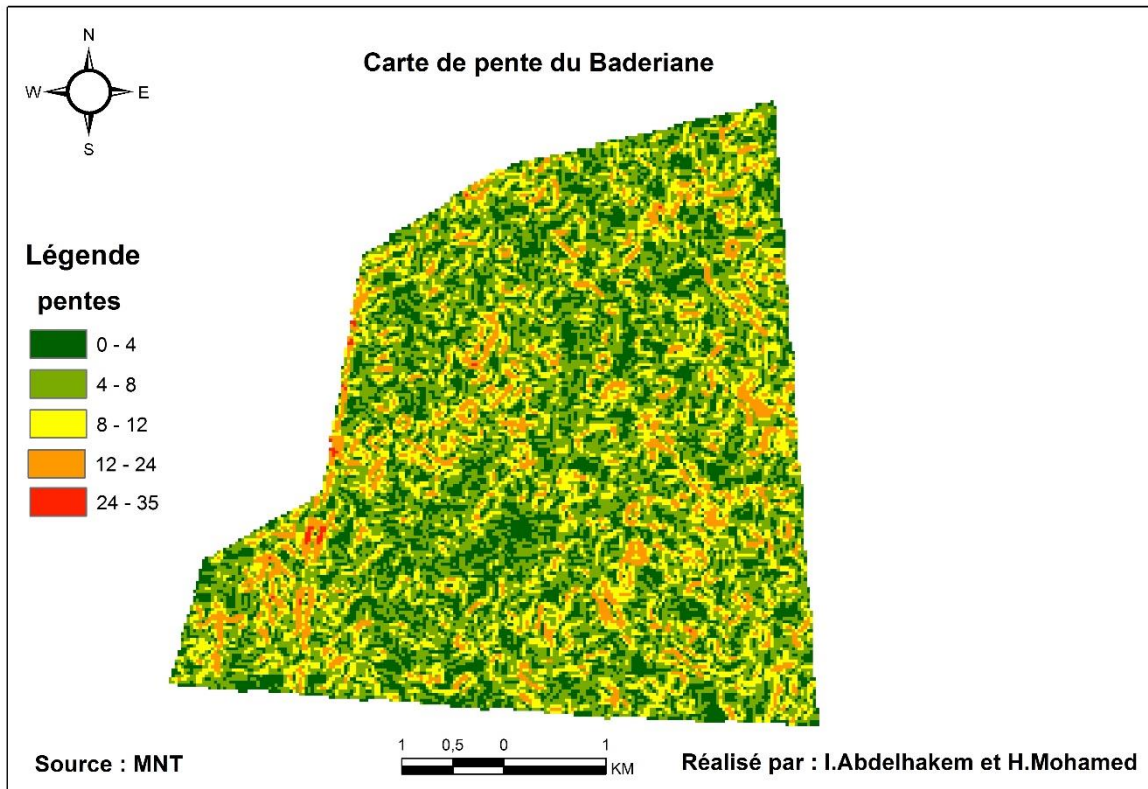
L'erg occidental

C'est la forme d'accumulation sableuse la plus massive et la plus impénétrable du Sahara, L'Erg couvre une superficie de 80000km, avec une longueur de 500 km d'ouest en est et une largeur de 120 km du nord au sud (Y, Callot, 1985).

I.3.2 Pente

Comme d'autres zones sahariennes, qui sont une extension de la soi-disant Hamada ou Reg, il y a une faiblesse importante des pentes, où la plupart d'entre elles varient entre 0 et 4, mais il y a très peu de zones à fortes pentes, et en général la région de Badriane est une zone plate.

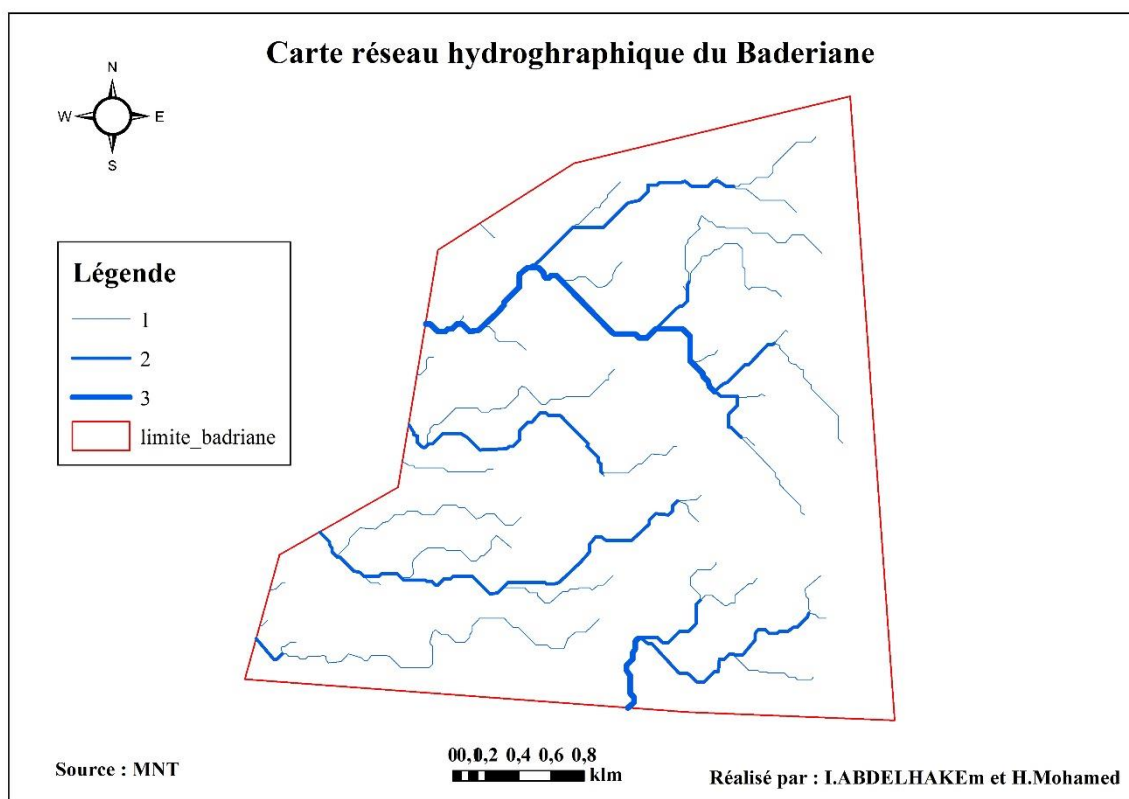
Figure n°04 : Carte des pentes de la région d'étude



I.3.3 Hydrologie et les Ressources en Eau

Le réseau hydrographique est un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le ruissellement des eaux superficielles, permanentes ou temporaires, dans un bassin versant ou dans une région donnée.

Figure n°05 : Carte réseaux hydrographique de la région d'étude



A l'instar de toute la région d'Adrar, La seule ressource exploitable demeure la nappe du continental intercalaire (Albien), cette formation géologique est caractérisée par un matériau qui est argilo-sablo-gréseux d'origine continentale.

Cette nappe couvre environ 600Km² et désigne dans l'histoire un épisode continental (albien-argilo-gréseux) intercalé entre deux cycles sédimentaires.

Cette nappe fossile bénéficie d'une alimentation par le ruissèlement à la périphérie du domaine à l'extrémité des oueds qui descendent des massifs montagneux, notamment de l'atlas saharien dans le nord-ouest et Dahra à l'est, mais aussi les pluies d'années exceptionnelles sur le grand erg occidental, l'eau infiltré traverse d'abord les sables dunaires,

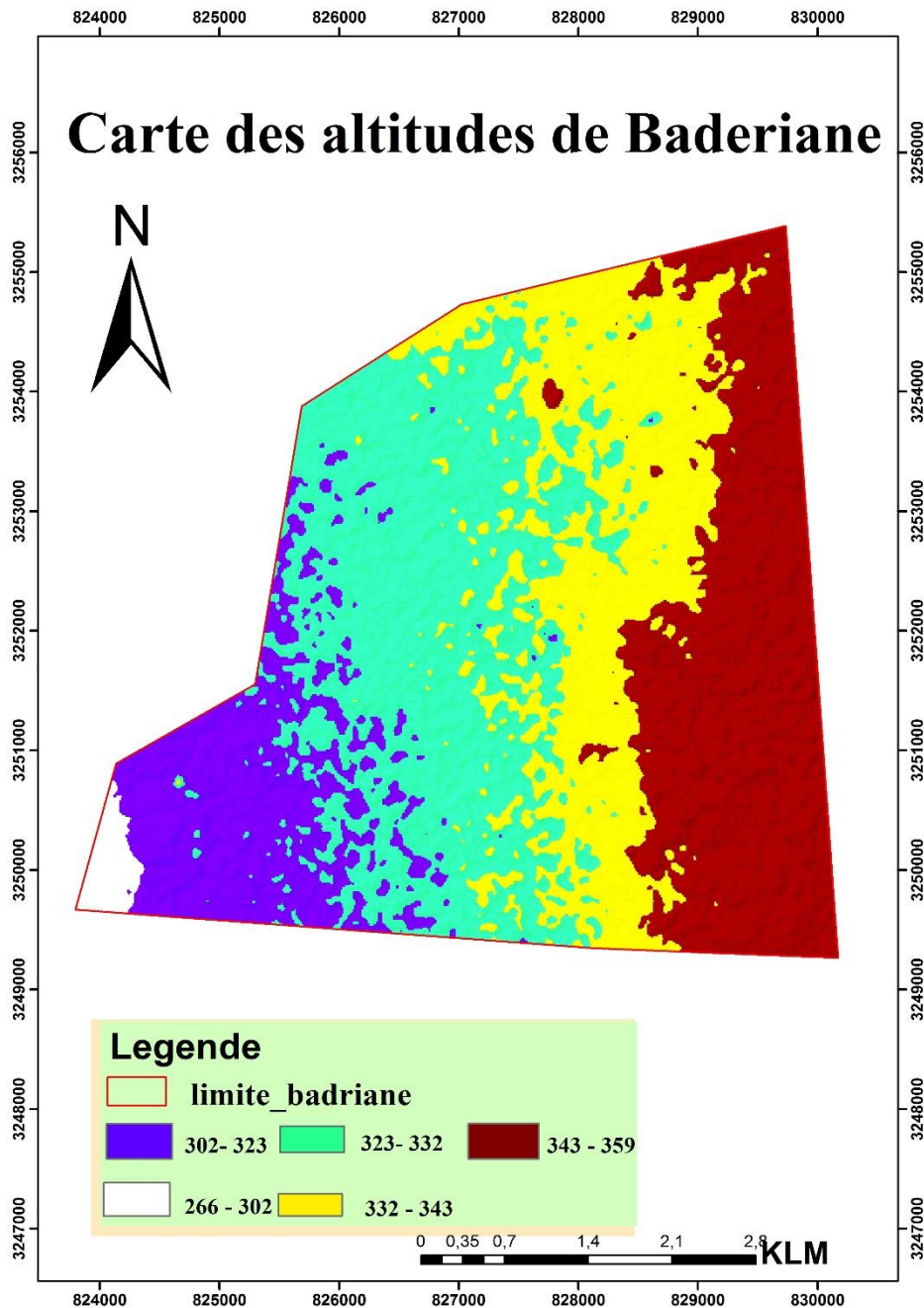
Puis les formations perméables du complexe terminal avant de rejoindre la nappe du continental intercalaire.

Dans la région le système traditionnel de captage et de drainage des eaux de cette nappe demeure la foggara avec ses galeries souterraines.

I.3.4 Altitude

Les altitudes de la région de Badrian se distinguent car elles sont quelque peu similaires, commençant par une montée progressive de 266 à 360, indiquant également une zone semi-plate.

Figure n°06 : Carte des altitudes de la région d'étude



I.3.5 Les ressources en sols et sismicité

La formation et l'évolution des sols dans la région du Gourara et du Touat sont conditionnés par le climat et la salinité. Le climat très aride influe sur la pédogenèse par la forte évaporation et par le vent. Cette évaporation intense (5000mm/an) permettra des accumulations salines ou gypseuses qui existent dans certains types de sols. La région est caractérisée par des sols dont le matériau parental appartient à des roches du continental intercalaire et le plus souvent quant à la sismicité, la zone est pratiquement nulle à l'instar des autres régions du sud algérien.

I.4 Contexte climatique

La climatologie a pour but l'analyse des éléments météorologiques (températures, précipitations, vents) qui déterminent le climat.

D'une manière générale, le climat de la zone Timimoun et Baderiane est de type désertique continental.

Concernant le climat de la région en tant qu'il appartient à la région désertique, il est clair qu'il soit dominé par les caractéristiques du climat désertique connu par sa dureté et sa sécheresse dues à la température élevée en été et basse en hiver, en plus de pluie qui cause parfois des dégâts intenses aux maisons traditionnelles ; sachant que la quantité annuelle de précipitations ne dépasse pas 50mm .

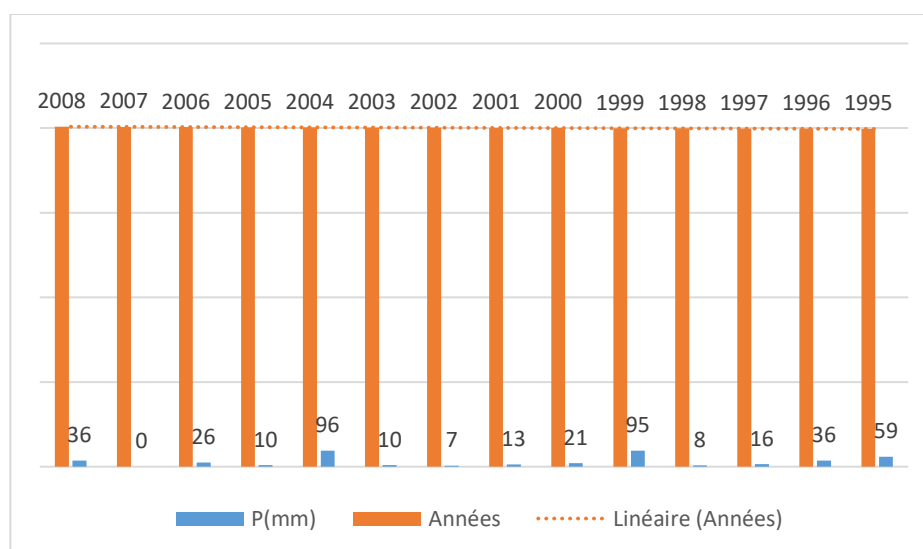
I.4.1 Précipitations

Comme d'autres régions désertiques, la région de Timimoune a un climat continental sec avec une chaleur extrême , qui atteint en été les limites de 50° degrés Celsius, contrairement aux précipitations qui sont presque inexistantes, et s'il est trouvé, il est irrégulier, et parce que la pluie peut tomber en toute saison, et afin de le mettre en évidence.

Tableau n°01 : Précipitation moyenne annuelle (1995-2008)

Années	P(mm)
1995	59
1996	36
1997	16
1998	8
1999	95
2000	21
2001	13
2002	7
2003	10
2004	96
2005	10
2006	26
2007	0
2008	36

Graph n°01 : Précipitation moyenne annuelle (1995-2008)



Source : Station météorologique de Timimoune

Le Graph n°01 nous montre actuellement la différence des quantités de pluie tombant d'une année sur l'autre. On note qu'elle augmente, surtout dans les années 1995 et 1996, où elle a approché 59 et 36 millimètres, et dépassé la moyenne annuelle, qui s'élevait à 26.6 mm, et dans les années 1999-2004, c'était plus que ses prédécesseurs, soit les quatre mêmes années au cours desquelles la zone était connue pour avoir subi de nombreux dommages au logement, alors que les précipitations sont quasi inexistantes les autres années, comme les années (2006, 2007, 2008) la quantité annuelle de pluie a été estimée à (0-36) mm.

Tableau n°02 : Précipitation mensuelles moyennes

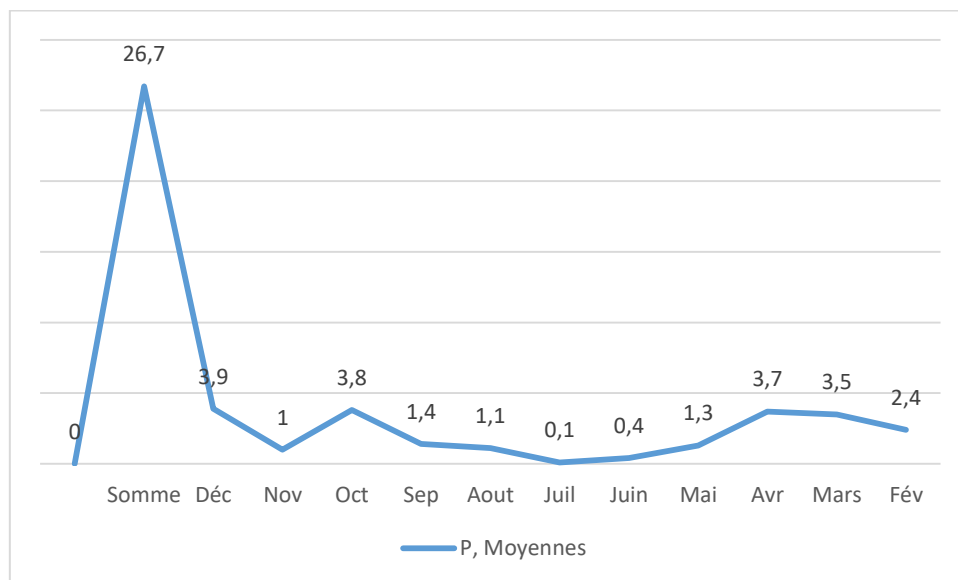
P, Moyennes	Mois
4,1	Jan
2,4	Fév
3,5	Mars
3,7	Avr
1,3	Mai
0,4	Juin
0,1	Juil
1,1	Aout
1,4	Sep
3,8	Oct
1	Nov
3,9	Déc
26,7	Somme Moyenne

Source : Station météorologique de Timimoune

Les précipitations annuelles totales pour la période étudiée ne dépassent pas 26.7 mm, de sorte que le pourcentage le plus élevé de précipitations était de 4.1mm en janvier et le plus bas était de 0.1 (échelle) en juillet.

Quant à l'augmentation de ce taux au cours des mois de décembre, janvier et avril, car ce sont les mêmes mois au cours desquels les pluies torrentielles sont tombées et le samedi lors de la survenue d'inondation dans les années 1986-1999-2004, respectivement figure(03), qui deviendra claire en connaissant les précipitations maximales de pluies quotidiennes toute l'année durant la même période.

Graph n°02 : Précipitation mensuelles moyennes



Source : Station météorologique de Timimoun

I.4.2 La pluviométrie

D'après les données de l'office national de météorologie et d'après l'ouvrage « le climat du Sahara » de Dubief.

La pluviométrie moyenne annuelle pour la période 1941-1960 est de 15,7mm et de 10mm pour la période allant de 1975-1984, d'une manière générale la pluviométrie journalière moyenne est de 0.1-4.5mm, (certaines années sont pluvieuses que d'autres).

Tableau n°03 : Indice pluviométrique de la période (1986-2000) à Timimoun

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
I	2.3	0.9	1.7	1.2	0.5	0.4	/	1.2	0.6	1.8	0.4	0.9

Source : Station météorologique de Timimoun

Selon les normes ci : - $I < 1$ mois sec $I = 1$ mois - - $I > 1$ mois humide

I.4.3 Les températures

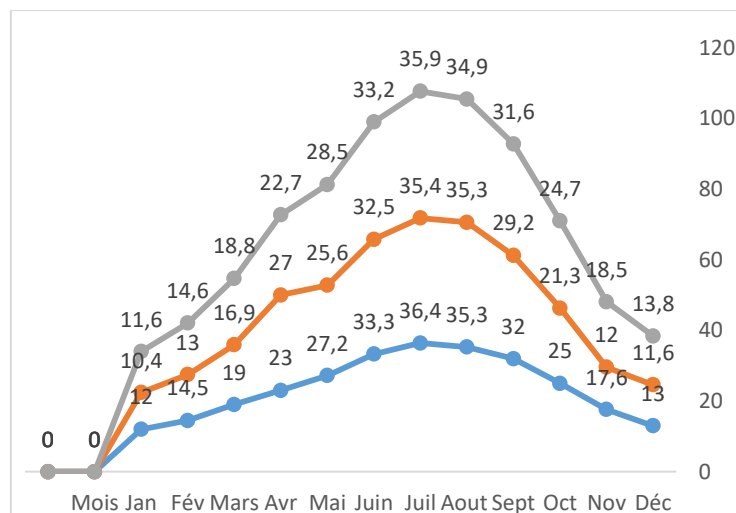
D'après les données de l'office national de météorologie au niveau de la station de Timimoun et pendant la période 1975-1984, le minimum absolu observé est de 3.4°C au moins de décembre, et le maximum absolu observé est de 45°C situé au mois de juillet, alors que pour la période 1941-1960 d'après Dubief le minimum absolu est de 4.8°C se localise au moins de décembre et le maximum observé pour cette période est de 50.7°C se localise au moins d'aout. Ainsi d'après les minima absolus et les moyenne des minimums mensuels, il apparaît clairement que des gelées sont fort probables durant la période de novembre à février. La graphique des variations annuelles des températures établies par l'office national de météorologie au niveau de la station de Timimoun donne une idée globale et une représentation des fluctuations de température au cours d'une journée moyenne de chaque mois de l'année.

Tableau n°04 : Moyennes mensuelles des températures de la station de Timimoun (1926-2000)

Mois \ Années	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc
1926-1975	12	14.5	19	23	27.2	33.3	36.4	35.3	32	25	17.6	13
1975-1984	10.4	13	16.9	27	25.6	32.5	35.4	35.3	29.2	21.3	12	11.6
1986-2000	11.6	14.6	18.8	22.7	28.5	32.2	35.9	34.9	31.6	24.7	18.5	13.8

Source : Station météorologique de Timimoune

Graph n°03 : Moyennes mensuelles des températures de la station Timimoun (1926-2000)



Source : Station météorologique de Timimoune

I.4.4 Humidité

L'humidité est en relation étroite avec la nébulosité qui est extrêmement faible dans cette région, d'une manière générale l'humidité moyenne dépasse très rarement le seuil des 50% durant toute l'année, elle est très faible durant la période allant de mars à octobre. D'après le tableau de l'O.N.M le minimum absolu observé est de 9% en juillet et le maximum absolu observé est de 78.1% et se situe au mois de janvier. Le graphique de l'humidité relative donne une idée précise sur les moyennes des minima et des maxima des humidités durant toute l'année (PDAU Timimoun).

I.4.5 Insolation

D'une manière générale l'insolation journalière dans le Touat et le Gourara est forte, elle est de (7-8) heures en hiver et de (10-11) heures en été.

I.4.6 Evaporation

L'évaporation est un phénomène physique dans lequel l'eau se transforme sous l'effet de la température d'une entité liquide à une entité gazeuse. A cela s'ajoute une transpiration biologique ou plus exactement l'évapotranspiration, une donnée que l'on n'a pas put obtenir et cela à cause de la rareté du couvert végétal. D'après le tableau 04 , l'évaporation est élevée à cause de la forte température et du vent, elle atteint 2.9 cm au mois de mars et 6.1 cm en aout. L'étude de ces données nous est nécessaire afin de trouver des solutions à l'activité agricole et plus précisément dans la domaine de l'irrigation.

Tableau n°05 : Moyenne mensuelle de l'évaporation (cm) de la station de Timimoune

Mois	évaporation
Jan	3,4
Fév	4,4
Mars	2,9
Avr	3,8
Mai	4,8
Juin	5,4
Juil	6
Aout	6,1
Sebt	4,8
Oct	3,5
Nov	2,9
Déc	3,5

Source : Station météorologique de Timimoune

Le tableau 04 nous démontre que l'évaporation est toujours plus élevée que les précipitations annuelles, car pendant la période d'étude (1985-2000) le déficit était d'une moyenne de 31.4 mm et une évaporation annuelle équivalent à 51.5 mm et des précipitations de 27.5mm.

Tableau n°06 : Evaporation mensuelle et déficit en eau de la station de Timimoune

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Evaporation (mm)	34	44.7	29.4	38.1	48	54	60	60.2	48	35	29	35
Déficit en eau (P-E)	-28.6	-42.8	-25.5	-35.4	-46.8	-53.1	-60	-57.4	-46.6	-30.8	-28.1	-32.8

Source : Station météorologique de Timimoun

I.4.7 Les vents

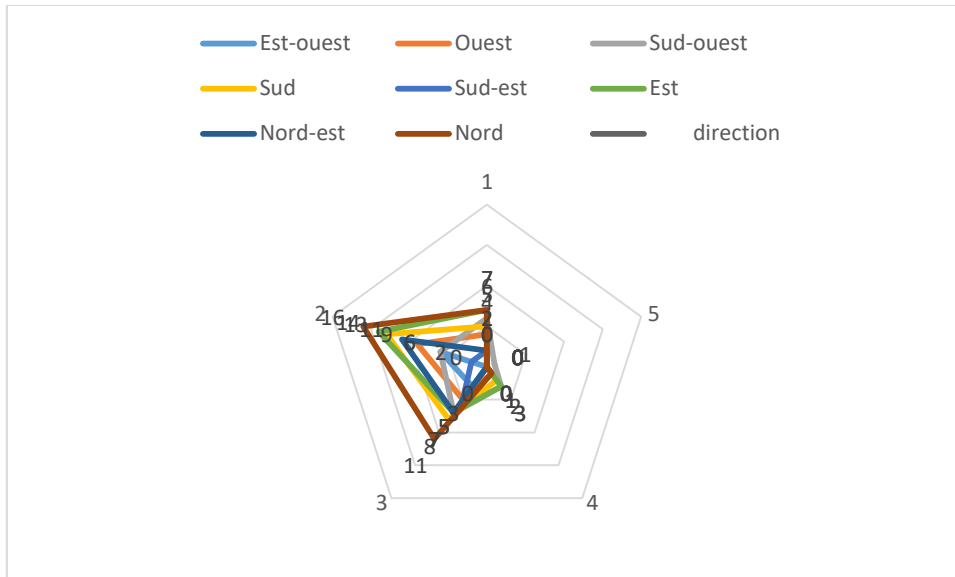
Tableau n°07: Vitesse et direction des vents de la station de Timimoun (1986-2000)

direction \ Vitesse	Nord	Nord-est	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest	Est-ouest
10-15m/s	7	2	7	2	5	6	4	0
m/s15- 20	16	11	14	2	13	6	9	6
20-25m/s	11	7	7	5	8	7	5	3
25-30m/s	1	/	3	/	2	3	1	/
30m/s et +	/	/	/	/	/	1	/	/

Source : station météorologique de Timimoun

D'après le tableau n° , les vents dominants sont de direction nord et est, suivi du vent sud et sud-ouest qui est un vent chaud et sec (siroco) dangereux pour l'agriculture oasisienne. Pour démontrer tout cela nous avons dessiné une shéma des vents.

Graph n°04 : Vitesse et direction des vents



Source : Station météorologique de Timimoune

I.5 Conclusion

À travers ce chapitre, il fait ressortir que la zone de Baderiane fait partie de contexte géographique général de la wilaya de Timimoun.

Dans cette première chapitre, nous avons mise en relief l'aspect géographique de la commune de Timimoune avec les différences formes topographiques, a la géologique s'ajuté l'étude climatique par laquelle nous avons déterminé l'appartenance climatique au Sahara occidental.

II. Chapitre 02 :
***Processus de développement de
l'agriculture saharienne et les
potentialités de télédétection dans le
domaine agricole***

II.1 Introduction

Le Sahara Algérien est l'un des plus grands déserts du monde (avec 2 millions de km²), il y a quelques millions d'années la faune et la flore y étaient riche et variées, les falaises de Tassilis et les parois rocheuses de la Saoura en témoignent.

Le changement du climat et la désertification de plus en plus intense a mené la population qui vit dans cette région soit à émigrer vers les régions les plus humides, soit à s'adapter au nouveau mode de vie. La nouvelle Wilaya de Timimoune a connu ces dernières années une croissance démographique rapide, suivie d'une activité humaine importante qui couvre presque tous les domaines Agricoles, Industriels et Touristiques.

II.2 Les caractéristiques d'agriculture saharienne

II.2.1 L'agriculture (l'activité mère)

L'agriculture dans la région du Gourara et du Touat demeure la vocation première qui arrive plus ou moins à subvenir aux besoins quotidiens des habitants. Elle est basée sur deux types d'exploitation :

- L'agriculture traditionnelle qui représente le domaine de la palmeraie comme support économique vital de l'espace oasien dont le système d'irrigation est la foggara et la seguia caractérise par ses petits périmètres.
- La mise en valeur concerne l'exploitation agricole de type moderne avec forages et pivots.

II.2.2 L'agriculture saharienne moderne

L'agriculture saharienne 'moderne' a été souvent considérée comme une agriculture construite ex-nihilo (Bensâad, 2011 ; Hamamouche et al. 2018) et une alternative à l'agriculture du nord pour atteindre l'objectif de la sécurité alimentaire en Algérie. Cela est justifié par les grandes potentialités en eau et en sol dans le Sahara. D'énormes moyens techniques et financiers ont été mis en place afin de conquérir des milliers d'hectares programmés depuis le début des années 1983. Ainsi, de nouvelles terres ont été attribuées aux agriculteurs oasiens et d'autres agriculteurs venus du nord du pays. Les nouveaux périmètres de mise en valeur ont bénéficié des opérations d'aménagement basés sur les grands travaux. En parallèle, les attributaires de ces nouvelles terres ont reçu des subventions de l'État pour l'équipement des nouvelles exploitations agricoles. Néanmoins, et après plus de trois décennies, les résultats restent mitigés et ne répondent pas aux ambitions de ces programmes (Otmane & Kouzmine, 2013 ; Sahli, 1997). Les superficies réellement exploitées sont de moins de 19 % par rapport à celles qui ont été aménagées (Otmane, 2010) et sont destinées aux deux types d'exploitation, la grande et la petite mise en valeur. Ces résultats modestes de l'agriculture saharienne 'moderne' ont été suivis, paradoxalement, par le lancement de nouveaux programmes qui donnent plus d'opportunités de financement et de subvention pour aménager de nouvelles terres au lieu de résoudre les problèmes de mise en valeur des périmètres existants, ce qui signifie la continuité des aménageurs à penser à la possibilité de

surmonter les contraintes de l'aridité uniquement par le biais des moyens techniques et financiers (Idda.Salem, 2019).

II.2.3 L'agriculture oasienne

L'agriculture oasienne a été largement négligée, et caractérisée comme une agriculture 'traditionnelle' et comme un 'patrimoine', traduisant ainsi sa soi-disant incapacité à rejoindre les progrès actuels et répondre aux besoins des populations. De plus, l'agriculture oasienne a été considérée comme une forme d'iniquité sociale, et donc un mode d'agriculture qui ne devrait pas être présent dans une Algérie moderne et indépendante. Par conséquent, cette agriculture a été largement marginalisée en faveur des nouveaux périmètres de mise en valeur, et très peu de programmes ont donné l'opportunité de financement des travaux d'aménagement et de renouvellement des parcelles agricoles dans les anciennes oasis.

Les échanges transsahariens s'étaient développés appuyés sur une agriculture d'oasis. Le Touat-Gourara-Tidikelt est un très vaste espace, qui occupe près du quart la superficie du Sahara algérien. Il fait partie intégrante de la zone la plus aride du monde, aux contraintes naturelles particulièrement difficiles. Cet espace connu comme le « Pays des foggaras » était savamment exploité, depuis plus d'un millénaire, par les oasiens qui profitaient de la dynamique économique impulsée par le commerce transsaharien. L'organisation sociale et spatiale séculaire de ces trois sous-ensembles s'est trouvée fortement bouleversée par la colonisation durant la première moitié du siècle dernier et par l'action volontariste et les politiques d'intégration de l'Etat indépendant depuis 1962. Ces mutations se sont accompagnées d'une croissance démographique particulièrement soutenue. Dans cette zone se juxtaposent actuellement deux systèmes agricoles, le premier, traditionnel, fondé sur l'irrigation par foggaras et le second issu d'un projet d'aménagement rural (la mise en valeur agricole), plus récent et utilisant des moyens modernes d'exploitation. Les deux systèmes se sont mutuellement influencés pour aboutir à des mutations spatiales prégnantes et à une recomposition sociale globale en partie due à l'émergence de nouveaux acteurs. L'interaction de ces deux systèmes, conjuguée à l'ouverture du marché du travail et la tendance des ménages oasiens à la pluriactivité a engagé le « Pays des foggaras » dans un processus de transformations multiformes d'ampleur variable et de temporalités différentes qui ont participé à renouveler en profondeur la ruralité saharienne, dans le contexte d'une urbanisation rapide de la population. Dès lors, se pose aujourd'hui la question essentielle de la pérennité, de la durabilité, de ces systèmes agricoles oasiens. Dans le cadre du développement saharien, fondé en grande partie sur les hydrocarbures, donc sur une économie extravertie, le choix politique d'un soutien à l'agriculture saharienne offre de réelles potentialités d'un développement local mené par et pour les populations sahariennes. Sur le plan économique, seule une rentabilité avérée permettra leur maintien, notamment par une insertion croissante dans les réseaux marchands nationaux. Néanmoins, leur poids dans les économies locales leur confère un réel rôle d'amortisseur, voire de moteur du développement. Socialement, la ruralité saharienne est empreinte de symboles identitaires liés aux pratiques agricoles, comme elle s'organise encore largement autour des rythmes agraires. Cependant, l'urbanisation massive au Sahara réinterroge aujourd'hui en profondeur ces héritages. Enfin, en termes environnementaux, l'aspect non renouvelable des ressources hydrauliques soulève là encore

des problématiques centrales quant à la pérennité des nouveaux systèmes agricoles (Idda.Salem, 2019).

II.2.4 Système d'irrigation dans l'agriculture saharienne

Le Sahara algérien fait l'objet depuis cinq décennies de programmes de développement agricole qui visent la sécurité alimentaire du pays et l'amélioration des conditions de vie de la population. Ces multiples programmes ont engendré une transformation profonde du système oasien, allant de son organisation sociale à sa configuration spatiale (Bellal et al. 2016).

Aujourd'hui, l'orientation qui consiste à multiplier les programmes de développement à travers des périmètres de mise en valeur agricole dans le Sahara continue à occuper une place importante dans les discours et les programmes publics, et cela en dépit des résultats mitigés sur les plans économique, social et environnemental (Otmame & Kouzmine, 2013) . Dans les régions de Touat, Gourara et Tidikelt, qui font partie de la circonscription administrative d'Adrar dans le sud-ouest de l'Algérie, la mise en place des nouveaux périmètres de mise en valeur, basés sur l'exploitation des eaux souterraines, est accompagnée par un discours sur le déclin des systèmes hydrauliques ancestraux que sont les foggaras. Une foggara est une galerie drainant le toit d'une nappe souterraine et conduisant par gravité l'eau vers des parcelles de cultures (Bisson, 2003). Ce système de captage et de partage de l'eau est retrouvé dans de nombreux pays depuis la Chine jusqu'au Maroc (El Faiz & Ruf, 2010) en passant par la péninsule Arabe et surtout l'Iran où la présence des qanats est attestée depuis plus de 2000 ans (Mostafaiepour, 2010). Dorénavant, ces systèmes hydrauliques cohabitent souvent avec des périmètres irrigués par pompage de l'eau souterraine. Ainsi, dans le Sahara algérien, la nouvelle situation agricole « juxtapose sur courte distance les formes agricoles les plus modernes aux plus traditionnelles » (Côte, 2002). L'exploitation de la nappe du Continental intercalaire dans les nouvelles extensions, souvent installées en amont de la zone de captage des foggaras, par des moyens de pompage puissants a conduit à des rabattements considérables du niveau piézométrique.

II.2.4.1 Les types d'irrigation

II.2.4.1.1 Puits et forages

Le puits ou le forage d'eau permettent tous deux de profiter d'une eau bien à vous. Cela comporte des avantages et des inconvénients, comparativement à l'eau du robinet.

Un système d'eau autonome c'est la liberté et l'assurance de disposer d'une eau dont on maîtrise relativement la composition. Surtout être autonome signifie de réduire énormément sa facture d'eau.

En revanche, le rendement d'un puits ou d'un forage d'eau n'est jamais garanti. Il est donc tout à fait possible qu'en cas de sécheresse ou de problème géologique, l'eau ne soit plus au rendez-vous. Sachez également que depuis 2009, l'utilisation d'un puits n'est plus forcément gratuite. Depuis lors un puits ou un forage se déclare en mairie et doit théoriquement disposer d'un compteur. Dans la pratique la plupart des maires sont juges de la situation et décident d'appliquer ou non les règlements : compteur et redevance.

On trouvera une excellente rentabilité au puits lorsqu'il s'agit d'utiliser l'eau pour arrosage, en revanche pour la consommation et le sanitaire, les bénéfices sont plutôt minces. Si vous disposez d'un assainissement individuel, il faudra toutefois prendre des précautions.

II.2.4.1.2 Définition d'un puits

Certainement, s'agit d'un trou de diamètre généreux descendant dans le sol, généralement une vingtaine de mètres de profondeur.

L'intérieur d'un puits est toujours maçonné de manière à favoriser les infiltrations d'eau vers l'intérieur. C'est d'ailleurs là le cœur du fonctionnement d'un puits. L'eau y pénètre par ruissellement et s'y accumule.

On comprend donc aisément qu'un puits ne peut pas être réalisé en terrain imperméable ou trop dense.

Figure n°01: Une photo d'un petit puits construit à la main (PrixPose, 2018).



Le puits repose donc sur la présence d'eau en surface, ce qui peut être un problème durant les périodes de sécheresse.

Vous devrez donc privilégier le puits pour son esthétique, son charme et sa facilité de mise en œuvre. En revanche il ne vous permettra certainement pas d'avoir de l'eau potable, propre et en volume suffisant tout au long de l'année.

II.2.4.1.3 Définition d'un forage

Un forage d'eau est beaucoup plus technique et efficace. Ce système propose de percer un trou de diamètre très réduit (moins de 20 cm) à grande profondeur de manière à entrer en contact avec une nappe phréatique.

Le plus souvent on choisit des nappes relativement profondes, car elles offrent une eau bien plus propre en raison de la filtration du sol.

Le forage est ensuite doublé d'un cylindre en acier, dans lequel est intégré un tuyau en plastique très solide. C'est ce tuyau, équipé d'une pompe, qui permet de faire remonter l'eau de la nappe phréatique.

Le forage d'eau offre généralement des débits largement supérieurs à ceux des puits et offre donc une solution virtuellement autonome. Il n'en reste cependant pas moins soumis au bon remplissage de la nappe phréatique.

Figure n°02 : Réalisation d'un forage avec une Rotary pour la mobilisation de l'eau
(PrixPose, 2018)



Dans l'ensemble les forages qui proposent des débits importants, supérieurs à 1500 l/h, peuvent servir à l'alimentation générale d'une maison, en termes de performances. La propreté de l'eau et les autres éléments sont encore à vérifier au cas par cas.

II.2.4.1.4 Définition de Foggara

La foggara est un système de captage horizontal des eaux souterraines. Connue sous le nom de qanat ou kariz en Iran ; elle s'appelle Foggara en Algérie. Elle est d'origine perse selon Salem (1988), où l'Oasis d'Irbil semble être la première, à la fin du VIIe siècle avant JC, on a utilisé cette technique. Elle s'est propagée ensuite en Inde et en Chine. En Afrique du Nord, elle a été introduite par les musulmans Almoravides au cours du Xe et XIe siècle. En Algérie, la foggara s'est développée dans les régions Sud-ouest du pays, notamment à Adrar, (Touat, Gourara et Tidikelt), où les conditions hydrogéologiques et topographiques sont idoines à ce type de captage (Zella et Samadhi, 2006).

Figure n°03 : Foggara Yahia à ksar Badriane



Cliché : Idda, Hachem (Avril 2022)

L'eau de la foggara provient globalement de la nappe du Continental Intercalaire (CI) appelée communément "Albien". Cette nappe qui est captée au nord de Oued Rhir à plus de 2000 m de profondeur, avec un débit de plus de 150l/s (artésien) et une température dépassant les 55°C, elle n'est que de quelques mètres du niveau du sol dans la région du Touat-Gourara et Tidikelt, mais avec un débit par pompage de 40 à 50 l/s et une température de l'eau qui avoisine les 21°C. La qualité physico-chimique de cette formation est acceptable, dont le Résidu Sec ne dépasse guère généralement les 2g/l (Bahadj et Oulad Bahammi, 2011).

Figure n°04 : Système d'irrigation des foggaras



Source : site web

La foggara, considérée comme un système multiséculaire, n'est autre que cette illustration originale incarnant d'ingénieuses techniques, certes traditionnelles et de création purement humaine, à travers lesquelles les acteurs locaux ont pu domestiquer la nature et ont fait de l'espace Sahara un milieu plein de dynamisme (SENOUSSI et al, 2011).

II.2.4.1.4.1 Types de foggaras

Plusieurs auteurs définissent la foggara du Sahara algérien comme étant une galerie souterraine captant les eaux de la nappe du Continental Intercalaire, mais selon REMINI et al (2010) ont pu recenser sept types de foggaras dans diverses régions,

- La foggara de l'Albien : La foggara de l'Albien, appelée « foggara classique », est la plus connue et la plus décrite par les auteurs. Ce type de foggara se localise dans le sud-ouest du Grand Erg Occidental, dans les régions du Touat, de Gourara et de Tidikelt.
- Foggara de l'Erg : La foggara de l'Erg capte les eaux de la nappe qui se forment au-dessous du Grand Erg Occidental, grâce à l'eau qui s'écoule lentement sous l'Erg.
- La foggara de jardin : C'est une petite foggara dont la longueur de la galerie ne dépasse pas les 1,5 km. Elle appartient à une seule famille localisée en aval d'une ou de plusieurs grandes foggaras albiennes (ou classiques).
- La foggara de source ou foggara d'Al Ain : la différence de la foggara classique, la foggara d'El Ain capte les eaux de source naturelle. On a recensé 15 foggaras appelées les Aayounes (pluriel de « Ain »), qui sont réparties entre les oasis de Moghrar (Naama), Beni Abbas

(Bechar), Adrar, Beni Ounif (Bechar) et Boussemghoune.

- La foggara de la montagne (nappe phréatique) : La foggara de Djebel capte son eau à partir d'une nappe phréatique qui se recharge à partir des eaux de ruissellement en provenance des montagnes périphériques.

- La foggara des oueds : La longueur de cette foggara, creusée dans les sables grossiers des alluvions de l'oued, peut atteindre 1 500 m. C'est une foggara temporaire qui fonctionne en période humide en captant les eaux de la nappe d'inféoflux.

- La foggara des crues : C'est une foggara particulière, unique en Algérie et localisée dans la vallée de Mزاب dans l'oasis de Ghardaïa. Cette foggara est destinée à récupérer les eaux de crues ; une fois collectée au niveau de la retenue appelée bouchene, l'eau est canalisée par quatre galeries d'une longueur d'environ 200 m.

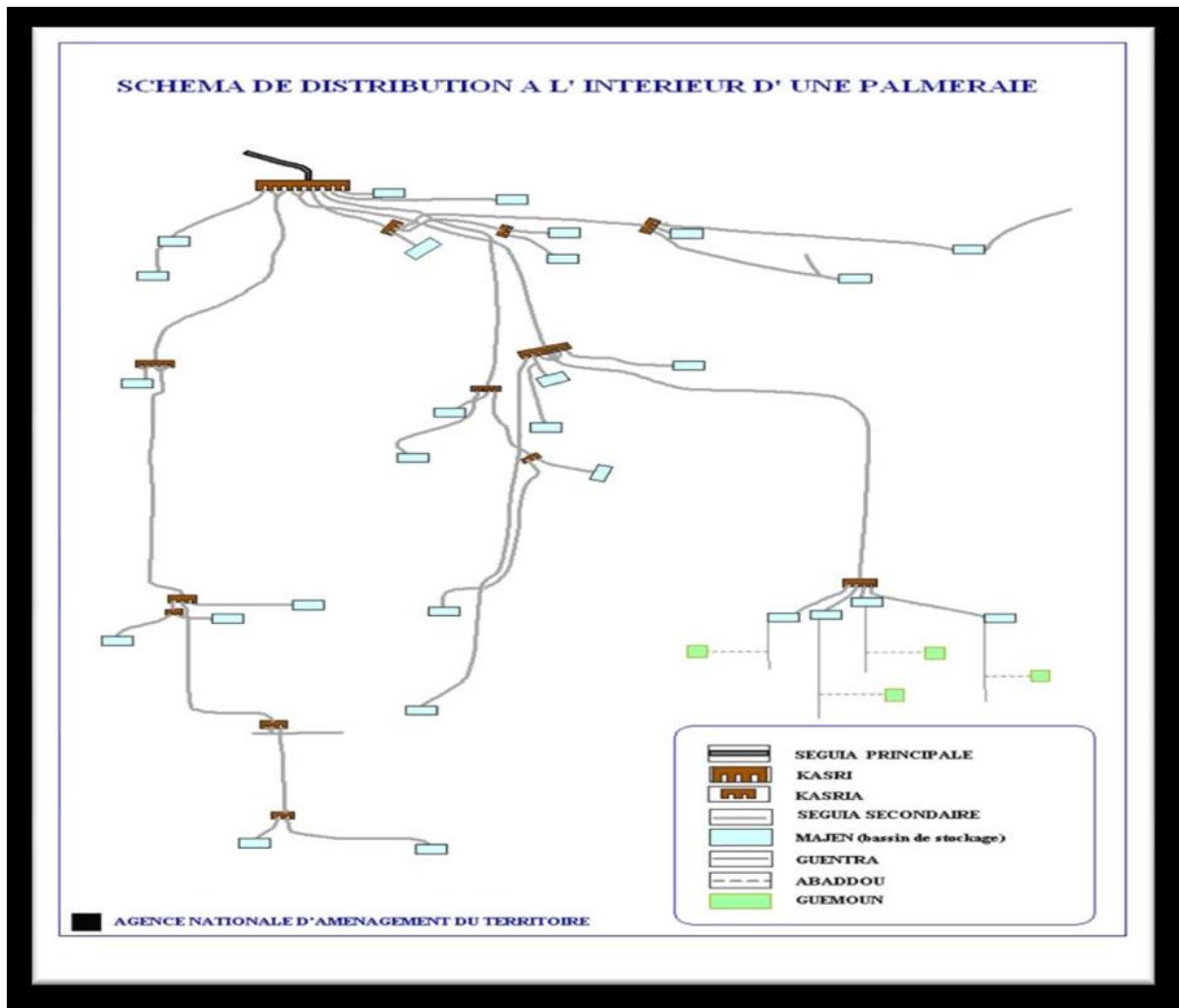
II.2.4.1.4.2 La répartition des eaux de foggara

La répartition se fait à travers un outil en forme de peigne en pierre tendre et facile à gratter, c'est la « kasria ». Pour faciliter la mesure et éviter un gros débit à la fois, la kasria doit avoir un nombre suffisant d'ouvertures par lesquelles l'eau s'échappe facilement sans faire retour en arrière. Ces ouvertures qui permettent à l'eau de couler dans les rigoles ne sont pas obligatoirement égales. Il arrive même d'avoir plusieurs ouvertures qui déversent à la fois l'eau dans le même majra.

L'eau d'une foggara est répartie par de nombreuses « kasrias ». La première qui reçoit la totalité du débit de la foggara est la « kasria-lak'bira » (le partiteur principal). Cette kasria principale répartit le débit de la foggara généralement en trois, quatre ou cinq grandes rigoles qui sont des « majras » au singulier « majra ». A partir d'el-kasria lak'bira, les majras vont en éventail dans toutes les directions de la palmeraie (Hamadi, 1982).

Au bout de ces majras des kasrias secondaires répartissent les eaux dans d'autres majras plus petits ou des « seguia » (petites rigoles). Les souagui rejoignent les madjens (bassins de récupération) qui se trouvent à l'endroit le plus haut du jardin et où l'eau s'accumule pendant vingt-quatre heures. Les vannes d'irrigation s'ouvrent en général, le matin de bonne heure en été, et dans la matinée en hiver. D'autres kasrias minimales se trouvent tout le long des différents parcours suivant la nécessité (Hamadi, 1982).

Figure n°05 : Système de la répartition par la Kasria (Hidaoui ahlem, 2015)



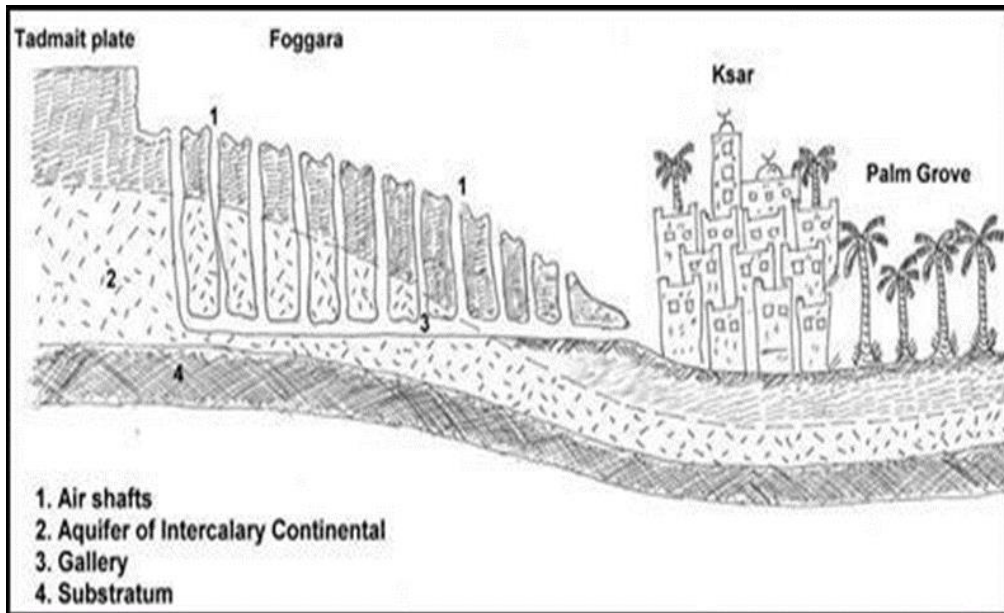
Source : (hidaoui ahlem)

II.2.4.1.4.3 Principe de fonctionnement et organisation sociale de Foggaras

Le principe de fonctionnement d'une foggara est théoriquement simple, mais il demande un savoir-faire particulier et un travail pénible pour la réalisation. L'infrastructure de captage de la foggara est une galerie souterraine inclinée et dotée de puits d'aération et d'entretien. Elle permet de conduire l'eau de la nappe en surface par gravité. La galerie est souvent de plusieurs kilomètres de longueur et les puits sont de quelques mètres à des dizaines de mètres de profondeur en fonction des conditions physiques locales. Contrairement à ce qu'on peut penser, la partie qui assure le captage des eaux est la galerie et non pas les puits (Remini, 2016). Ces derniers servent à l'entretien de la galerie et à son aération pour éviter les effondrements. Arrivée en surface, l'eau est canalisée à la palmeraie dans des conduites en

terre (seguias). Pour augmenter le débit d'une foggara, il faut approfondir les galeries, réaliser une nouvelle extension en amont (galerie et puits) ou faire une nouvelle branche.

Figure n°06 : Schéma des composantes d'une foggara et son principe de fonctionnement



Source : Remini & Achour, 2016

II.2.4.2 L'ancienne oasis de Baderiane

L'oasis de Baderiane est l'une des nombreuses oasis de l'archipel des oasis de Timimoune situées dans le centre du Sahara algérien tout près de la ville de Timimoune au Nord d'Adrar.

Le sud-ouest algérien se distingue par une particularité d'économie d'eau et sa dépendance à la méthode traditionnelle de captage et sa dépendance à la méthode traditionnelle de captage et d'arrosage appelée foggara, qui est la plus ancienne source d'évacuation des eaux souterraines selon un système établi. Là où la plupart de ses habitants pratiquent l'activité agricole comme activité majeure.

Figure n°7 : L'ancienne oasis de Baderiane



Cliché: Idda.Abdelhakem, Hachem Mohamed (Avril, 2022)

Dans notre étude, nous avons choisi la région de Baderiane, qui est située au nord de la commune de Timimoune après 15 km, parce que c'est une région connue pour son sol fertile adapté à toutes les cultures, sans parler de la vaste expansion de sa zone plate et riche en eaux souterraines à l'est, inclinée et délimitée à l'ouest par des foggaras et limitée à des amarres en plus du sebkha, qui a été adopté par les prédécesseurs en apportant de l'eau avec des médicaments, en plus des communautés voisines de chaque autre (Bâtiments de boue anciens et modernes avec du ciment), il est entouré des dunes de sable qui se sont formées à la suite de l'empiètement du sable. Actuellement, de nombreux bâtiments sont inondés, entraînant la migration de leurs habitants vers le bord de la route nationale.

La région est connue pour son abondance de médicaments, plus de 26 foggara entre les trois palais voisins Badriane, Maynou, et Tlalet. Dont certains sont vivants, d'autres sont en voie d'extinction et les autres sont morts, qui n'ont aucune trace et pourri.

Le système de foggara dans l'ancienne oasis de Badriane incarnait également le principe de coopération lors des opérations de fouille et d'entretien auxquelles participent tous les

habitants de la région. De plus, une personne maintient ses droits à l'eau en fonction de l'exercice de ses fonctions et de sa capacité à effectuer des travaux agricoles selon des normes mathématiques précises qui réalisent le principe d'égalité et de justice.

L'exploitation des foggaras de cette région se faisait soit par les méthodes directs de leurs propriétaires, Ou indirectement, parce qu'ils ne possédaient pas de parcelle de terre, comme la Khammès, El-Fakra, Al-Habous, et qu'elle était caractérisée par des divisions sociales qui la distinguaient des autres palais de la région de Gourara.

Aussi, l'une des caractéristiques de cette région a été un facteur de sa qualification pour l'investissement agricole après l'orientation de l'Etat vers l'agriculture après l'indépendance sous toutes ses formes d'exploitation, comme la décision de mettre en œuvre et de distribuer des parcelles de remise en état, de couper des concessions, et de grandes zones. Nous n'oublions pas non plus les résultats de la révolution agricole qui a mené les peuples sert, faisant que la terre pour laquelle elle sert, faisant que la majorité cherche une alternative à la possession de la terre pour la cultiver... etc. (Mayno.M 2021).

La méthode d'écoulement de l'eau et les graphiques pris par ceux pris par le génie des ancêtres qui ont choisi ce modèle pour distribuer l'eau de manière à assurer un volume équilibré égale aux quantités s'écoulant dans les oasis de palmiers.

Tableau n°01 : Les situations des anciennes oasis à l'année 2005, en coté de l'agriculture traditionnelle

L'oasis	Nombre des Palmerais	Superficie total en ha	Superficie utilisée en ha	Superficie non utilisée en ha
Baderiane	49	137	84	53
Tlalt	45	119	54	65
Mayno	16	92	42	50
Totale	110	348	180	168

Source : DSA, 2021 Adrar

Le système d'irrigation communautaire traditionnel des foggaras a rencontré des difficultés après l'introduction de forages exploitant les eaux souterraines pour l'irrigation intensive.

Actuellement, l'équilibre entre les usagers reste fragile (systèmes d'irrigation traditionnels, agriculture entrepreneuriale exploitant des forages et l'alimentation en eau potable) donc le tarissement des foggaras qui attribuées au pompage intensif est la source de tensions

II.3 Politique agricoles algérienne

L'Algérie a mis en place, depuis les années 2000, une politique visant l'amélioration de la sécurité alimentaire nationale, le développement de certaines filières agricoles prioritaire et la mise en valeur des terres.

II.3.1 Le rôle de l'état dans l'agriculture saharienne

Le développement de l'agriculture en Algérie a toujours fait objet du regard de l'État. Cela se justifie par sa responsabilité à assurer les besoins alimentaires de la population, chose qui n'est pas facile face à une forte croissance démographique. La grande partie de cette population est concentrée dans le nord, et fortement urbanisée. Le nord représente moins de 20 % de la superficie du pays mais les conditions physiques sont meilleures pour pratiquer l'agriculture que celles du Sahara qui s'étend sur près de 2 millions de km². L'agriculture du nord était face à des complexités foncières, une forte urbanisation grignotant le foncier et demandant la mobilisation de l'eau pour assurer l'approvisionnement en eau potable, et qui dépend des pluies souvent irrégulières. Dans le Sahara, ces deux contraintes apparaissaient moins présentes. Les terrains sont beaucoup plus vastes et peu exploités en agriculture et les réserves d'eau souterraine sont importantes.

L'importance de l'agriculture dans l'économie des populations saharienne est soulignée par de nombreux auteurs (P. Bonte, 1986 ; Messar, 1996 ; Toutain et al, 1988). Il s'agit souvent d'une agriculture irriguée impliquant divers systèmes techniques hydrauliques (agriculture sous pluie dans les confins sahariens, foggaras dans les oasis, séguias traditionnelles, eaux de ruissellement s'accumulant après les pluies dans les bas-fonds argileux pour des périodes plus ou moins longues, pivots dans les projets complexes).

Cependant, le Sahara est, par définition, un milieu aride où l'eau est un élément rare, cher et pouvant mettre en péril l'équilibre écologique et social des systèmes physiques. En effet, l'eau de surface est à la fois rare et très irrégulière ; les eaux profondes, héritées des derniers épisodes pluvieux du quaternaire, ont un caractère fossile et sont très peu renouvelables (Kassah, 1998).

En Algérie, confronté à l'insuffisance de la production alimentaire à cause notamment de la minéralisation des sols suite aux extensions urbaines sur les terres arables fertiles du Tell, l'Etat a lancé un grand mouvement de colonisation des terres sahariennes dans le cadre d'un vaste projet « Projet des Oasis de l'an 2000 » qui se poursuit d'ailleurs dans une certaine confusion (Dubost, 1986, 1992).

Les politiques algériennes mises en œuvre après l'indépendance pour développer le secteur agricole, de l'autogestion à la révolution agraire (1962-1980), n'ont jamais atteint les résultats escomptés, favorisant l'émergence d'une dépendance alimentaire considérable du pays vis-à-vis des marchés extérieurs (Bessaoud, 2008a). Dans un contexte de forte croissance démographique, la consommation grandissante de céréales importées, notamment le blé, a progressivement déséquilibré la balance commerciale algérienne et rendu toujours plus pesante la facture des importations de produits alimentaires. Celle-ci a doublé en passant de 878,4 millions de dollars en 2003 à 1,83 milliard de dollars en 2010 Pour faire face à cette

situation préoccupante, les pouvoirs politiques successifs, imprégnés des propos tenus par les firmes actives dans le Sud², se sont orientés vers le Sahara, riche en eau souterraine et en terres potentielles, pour développer une nouvelle agriculture fondée sur la grande mise en valeur agricole. Celle-ci a été considérée non seulement comme un moyen de développement de régions sahariennes encore en marge de l'essor économique, mais également comme une alternative pour assurer la production de ce que l'agriculture du Nord du pays ne parvenait pas à produire ; bien qu'à ses prémices, était déjà évoqué « un paradoxe évident à vouloir retirer du désert les denrées alimentaires qu'on a grand peine à obtenir dans les régions plus favorisées » (Dubost, 1986).

Dès lors émergea un mythe du développement agricole saharien, qui d'espace en marge et infertile devînt gisement de richesses, en particulier pour les vergers et les champs de blé (Dubost, 2002). L'idée de transformer le Sahara algérien en un eldorado agricole s'est appuyée sur les expériences diversement encourageantes menées en Arabie Saoudite ou en Libye (Côte, 1993 ; Fontaine, 1999). Et c'est précisément dans ce contexte mêlant mythologie du développement agricole et pression sociale accrue que l'État s'est lancé dans l'expérience de la mise en valeur saharienne pour tenter d'accroître rapidement, et massivement, sa production céréalière (Bisson, 2003). Des périmètres de mise en valeur agricole ex nihilo sortirent ainsi de terre au Sahara algérien, à Gassi-Touil, dans le Souf, à El-Menia, à Zelfana, mais également dans la région du Touat-Gourara-Tidikelt.

La première intervention remarquable de l'État dans le secteur agricole sur les territoires saharien était dans le cadre de la réforme agraire d'inspiration socialiste de 1971 dont le célèbre slogan « la terre appartient à ceux qui la travaillent ». « La nationalisation des terres auparavant exploitées par les colons, constitue donc la première et principale action en faveur des masses paysannes, dans l'esprit de la doctrine. Pour empêcher le renforcement de la bourgeoisie agraire, ces terres doivent être travaillées collectivement par les anciens salariés des colons, les paysans sans terre et les petits paysans » (Bedrani, 1987). Dans les oasis de Touat, Gourara et Tidikelt, cette réforme voulait supprimer les contrats de travail existant entre les propriétaires terriens et leur khammès. Dans certaines oasis, des parcelles dont les propriétaires étaient absents, ou ayant plusieurs parcelles dans l'oasis, ont été attribuées à d'autres personnes sans propriété. La situation n'a pas duré à cause d'une méconnaissance du système oasisien par les décideurs à l'époque¹⁷ et la dominance des institutions locales qui rendaient difficile ce transfert de propriété entre les habitants de ces oasis.

Avec les résultats mitigés de la réforme agraire des années 1970, l'État a changé complètement son orientation, à partir des années 1980, en adoptant un modèle d'inspiration libérale qui permet de libérer la terre pour l'initiative privée et publique, et cela à travers l'application de la loi 83-18 portant l'Accession à la Propriété Foncière agricole (APFA), le Programme National de Développement Agricole (PNDA) et d'autres programmes de concession agricole. Selon Bendjelid et al. (2004), les décideurs « se sont ... référés aux grands mythes fondateurs : l'eau, la terre, la vision pionnière » pour faire du Sahara l'image d'un réservoir d'eau « inépuisable, exploitable indéfiniment et sans mesure ». Les ambitions étaient, paradoxalement, « de suppléer les carences de l'agriculture du nord du pays par celle du Sahara » (Côte, 2002) par la mise en place d'une agriculture basée sur l'exploitation des

eaux souterraines peu ou non renouvelables. Deux types d'agricultures ont été initiées sur les trois parties de la wilaya d'Adrar : un premier type destinée à la grande production des céréales, irrigué par grand pivot, inspiré du modèle appliqué en Californie et en Arabie Saoudite (Côte, 2002; Otmane, 2010), et le deuxième destiné aux petits agriculteurs sur des superficies limitées afin de diversifier la production agricole d'une part, et d'autre part intégrer la population locale et amortir les inégalités d'accès à l'eau et les disparités socioéconomiques présentes dans le système oasien « traditionnel ». En parallèle, il y avait aussi de nombreuses initiatives privées et informelles des populations oasiennes, qui ont souvent été formalisées par la suite grâce à l'APFA (Hamamouche et al., 2015). À Adrar, et en réponse au développement démographique, des petites exploitations, souvent de moins d'un hectare, ont été installées en contact des anciennes oasis. Elles étaient irriguées au début par des puits à balanciers, remplacés par la suite par des motopompes.

II.3.2 Politique agricole dans la région de Timimoune

II.3.2.1 L'aménagement agricole

A- Concerne la préservation et la promotion de l'agriculture traditionnelle dont la surface est estimée à 1200 Ha de palmeraie et Plantations irriguées par la foggara d'une longueur totale du réseau de drainage égale à 11.2Km.

B- Le renforcement et la promotion de la mise en valeur, dont la surface actuelle s'élève à donné la remontée des sels.

Les données ci-dessous sont recueillies au niveau de la direction des services agricoles de la wilaya d'Adrar.

Les données de la mise en valeur d'une manière générale, dont la surface actuelle est répartie comme suit :

Tableau n°02 : Les données de la mise en valeur

Surface agricole totale (SAT)	Surface agricole utile (SAU)	Surface agricole irriguée	Le nombre d'exploitation
2123.00 HA	781.00 HA	772.3 HA	1896 exploitants repartis : <ul style="list-style-type: none"> • PFA 690 • OIASIS 1206

Source : PDAU Timimoune 2022

II.3.2.2 La mise en valeur

Cette forme moderne d'exploitation agricole avec des moyens modernes et performants et onéreuse était perçue comme une option motrice de développement de la région et de son intégration au tissu productif national qui visait l'auto-suffisance voire même l'exploitation.

Tableau n°03 : La répartition des périmètres de mise en valeur de Timimoune

Commune	Périmètre	Surface total (HA)
Timimoune	Baderiane	689
	PK70	174
	Mguiden	200
	Aéroport	1000
	Tinoumer	
	PK37	
	PK20 (Tala)	
Totale	07	2123 HA

Source : PDAU Timimoune, 2022

Compte tenu des études élaborées pour l'ensemble des périmètres de mise en valeur, il a été constaté la remontée des sels, à cet effet il Ya lieu d'opter pour la petite mise en valeur dont les surfaces des périmètres varieront de 2 à 5 ha.

L'effort considérable consenti dans le cadre du FRNDA s'illustre par les nombreuses réalisations que l'on peut présenter comme suit :

1. 532 puits
2. 22500 m3 de bassin
3. 573 pompes
4. 1500Ha de goutte à goutte
5. 1600Ha de palmier
6. Rénovation et confortement des foggaras

Mais aussi un nombre non négligeable de foggara rénovées et entretenues. A signaler aussi comme aménagements agricole : la réalisation d'une piste pour le périmètre de Baderiane.

II.3.2.3 Périmètre de mise en valeur agricole de Baderiane

Depuis les années 80, le sud algérien a connu plusieurs projets gouvernementaux de développement, notamment agricoles, dont le but est de faire progresser le secteur économique du pays et d'améliorer la vie du citoyen sahraoui. A côté des oasis, de nouvelles extensions agricoles sont installées pour capter la même nappe souterraine en plus des forages d'alimentation en AEP ont été créés pour répondre aux besoins de ces oasis en eaux potables.

➤ Création et lancement de travail

Tableau n°04 : du développement de la situation de périmètre de mise en valeur agricole de

Badriane:

L'année	Nom du périmètre	La superficie totale déterminée par la décision	La décision	Surface exploitée	N° de bénéficiaires	Les sections
Avant 2000	Baderiane	05 coopératives agricoles en 150 ha	Le 11/11/1987	137 ha	20	
2005		556 ha	N°254 en 04/02/1989	349 ha	106	
2010				850 ha	252	
2015		1278 ha	N°489 en 02/03/2015	989 ha	450	91, 92, 93,193
2020						91, 92, 93, 193,43

Source : DSA 2020 Adrar

Dans le cadre de l'accès sur propriété foncière agricole APFA. Il y a plusieurs décisions de mise en œuvre : Le 11/11/1987, le premier décret d'Etat a été publié pour créer 5 coopératives agricoles, avec une superficie de 150 ha. En 2000, la superficie exploitée atteignait 137 ha et le nombre de bénéficiaires atteignait 20 personnes. Donc, il avait été décidé de creuser 05 Forage, de sorte que 5 ou 6 agriculteurs rejoignent à une coopérative agricole et en exploitent un seul forage, et cela en fixant le niveau de profondeur à 150 m. En plus de construire des bassins de stockage participatifs d'un volume estimée à 100 m³ pour chacun, et avec des 02 heures d'arrosages fixés pour chaque agriculteur (DSA, 2021).

Le 02/04/1989, la résolution n°254 a été publiée qui a complètement changé le cours des événements par laquelle le nombre de bénéficiaires a été augmentée de 20 auparavant à 106 bénéficiaires en distribuant une superficie d'environ 406 ha, de sorte que la superficie totale devient 556 ha en 2005. La même année, une superficie de 349 ha a été estimée comme étant exploitée, et avec un dénombrement de 119 puits creusés manuellement à partir de l'année où la décision a été rendue en 1989 et la profondeur allant de 15 à 20 m. Fait-également construit environ 85 bassin de stockage avec des volumes allant de 10 à 20 m³, ce qui équivaut à 5 heures d'arrosage.

Donc cette décision reste en vigueur jusqu'à en 2015, de sorte qu'en 2010 exactement les

statiques couvrent sont comme suivantes ; élargir la superficie exploitée pour atteindre 850 ha, dépassant ainsi le totale de toutes les superficies totales précédemment distribuées (556+150), et cela signifie un surplus dans la superficie estimée à environ 149 ha ! (DSA, 2021).

La même année 2010, le nombre de bénéficiaires a atteint 252. Quant au nombre de puits il a atteint 250 puits, et ici nous soulignons que la plupart des puits, en particulier les nouveaux, ont été creusés par une excavatrice battante sonde, et c'est une nouvelle forme d'exploitation des eaux souterraines que la région avait inconnu auparavant. La profondeur des puits est passé à plus de 20 mètre (entre 20 à 40 m), et les bassins de stockage avec des volumes de 50 à 100 m³, où le nombre d'heures d'arrosage va-t-il atteint jusqu'à 7 heures en continu chez un agriculteur ! (DSA, 2021).

Le 02/03/2015, une nouvelle décision de l'Etat n° 489 a été publiée, qui prévoyait d'étendre la zone agricole à une superficie totale de 1278 ha et diviser cette dernière en 4 parties (les sections 91, 92, 93,193).Et c'est après le processus d'arpentage par le centre Cadastrale de l'Etat d'Adrar. Ce faisant, 989 ha ont été calculés comme une surface utilisable uniquement sous la présence effective de 450 bénéficiaires.

Le nombre de puits forés en 10 ans est passé à 400 puits jusqu'à la 2020. Pour que le processus de creuser se fasse au hasard et que la profondeur des puits atteigne 40 mètres ou plus. Le nombre

d'heures d'arrosage est devenu en fonction de type de la culture et de la saison, que ce soit en possédant un bassin de stockage ou non, et cela à la lumière de l'appui des technologies modernes d'irrigation et de goutte à goutte, parfois le temps d'irrigation atteint 24 h pour certains agriculteurs (DSA, 2021).

La sectionne 193 est la plus grande partie en termes de superficie et nombre des exploitations. Donc ont été découvert qu'un grand groupe des exploitations agricoles situé dans le nord du périmètre d'extension s'étend sur une partie de la commune d'Ouled Saïd, ce qui a à son tour affecté la colonie du statut de propriété foncière pour leurs propriétaires. Après cela la zone a été isolée et nommée en "Section 43", donc les bénéficiaires continuent leurs activités agricoles de manière normale sans régulation des dossiers de propriété (DSA, 2021).

➤ Programmes de soutien agricole

Soutien 100 % de l'Etat dans le cadre des coopératives agricoles avant l'année 2000.-

-Soutien, à des pourcentages, en fonction des réalisations : un puits, une pompe, l'installation goutte à goutte, les serres. Et cela après 2005.

- Aide à la mécanisation : tracteurs, machines de labour et de semoirs après 2010.

- Mini crédit agricole, comme le crédit de défi en 2020.

II.3.2.4 Les différents programmes nationaux de soutien agricole qui concerne au projet de périmètre de mise en valeur Baderiane

Programme Nationale de Régulation et de développement Agricole "PNRDA 13/04/2011"

Objectifs du programme national de régulation et de développement agricole-PNRDA en matière de soutien à l'investissement d'appui à l'exploitation agricole. Le PNDA a étendu son système d'appui et de soutien aux activités "assimilée agricoles" qui concourent à l'encadrement de l'économie agricole en matière de la production de biens et services destinés à la mise en valeur agricole, à la production agricole, à l'élevage, à la transformation et au stockage des production agricoles, ainsi qu'aux activités de réalisation et d'études.

Le montage financier est réalisé par le FNRDA (jusqu'à 50% du mont global de l'investissement sous forme de concours définitif).

Certaines activités agricoles éligibles au soutien du FNRDA

- Soutenir les plantules de palmiers

Constriction un bassin de stockage d'eau et des canaux d'irrigation en ciment.-

Soutenir un réseau d'irrigation goutte à goutte. -

Creusée un puits traditionnel.-

Renouvellement des palmiers non productifs. -

-Dispositif de pompage et accessoires.

- Les serres....etc.

Un exemple du nombre d'agriculteurs bénéficiant de la subvention, dans la commune de Timimoune

Mise en valeur agricole 136 personne _

_ Palmeraies traditionnel 119 personne

Tableau n°05 : Les données des palmiers dattier

Commune	Superficie total (ha)	Nombre total	Nombre productif	Production /Qx
Timimoune	1.557	180.123	138.573	36.029

Source : PDAU de Timimoune

II.4 Conclusion

L'intervention de l'Etat dans le domaine agricole évidence dans les différences opérations de soutien et préservé les patrimoines oasisien dans les régions sahariennes.

En face le développement de secteur agricole, il y a une évolution dans les autres secteurs économiques notamment les services et l'industrie.

À travers ce chapitre, nous avons essayé de faire un aperçu sur l'histoire des réformes agraires saharienne en Algérie. Ces différentes phases de développement agricole, nous a permis de situer dans temps les périodes à choisir pour définir par la suite notre approche sur le plan spatial. Dans ce contexte, les données satellitaires Landsat répondent bien à notre problématique dans le cadre de ce travail. Parmi les avantages du satellite Landsat cités auparavant dans ce chapitre, on note aussi les possibilités de couvrir notre zone d'étude sur le plan historique (archive importante en matière d'imagerie satellite).

III. Chapitre 03 :
*Utilisation données landsat multi date
dans un contexte oasien « périmètre
agricole du baderiane »*

III.1 Introduction

L'étude de l'occupation du sol est une entrée privilégiée dans l'évaluation des interactions entre l'Homme et son milieu. Ainsi, les informations issues de l'analyse de l'occupation du sol sont toujours utiles dans l'identification des stratégies appropriées pour mieux gérer l'état de l'utilisation des terres. Plusieurs méthodes ont été inventées et appliquées à cet effet, avec des niveaux d'efficacité divers Parmi celles-ci, l'analyse diachronique et multi-date de l'occupation du sol est l'une des plus utilisées parce que c'est une méthode qui prend également en considération la répartition spatiale des changements.

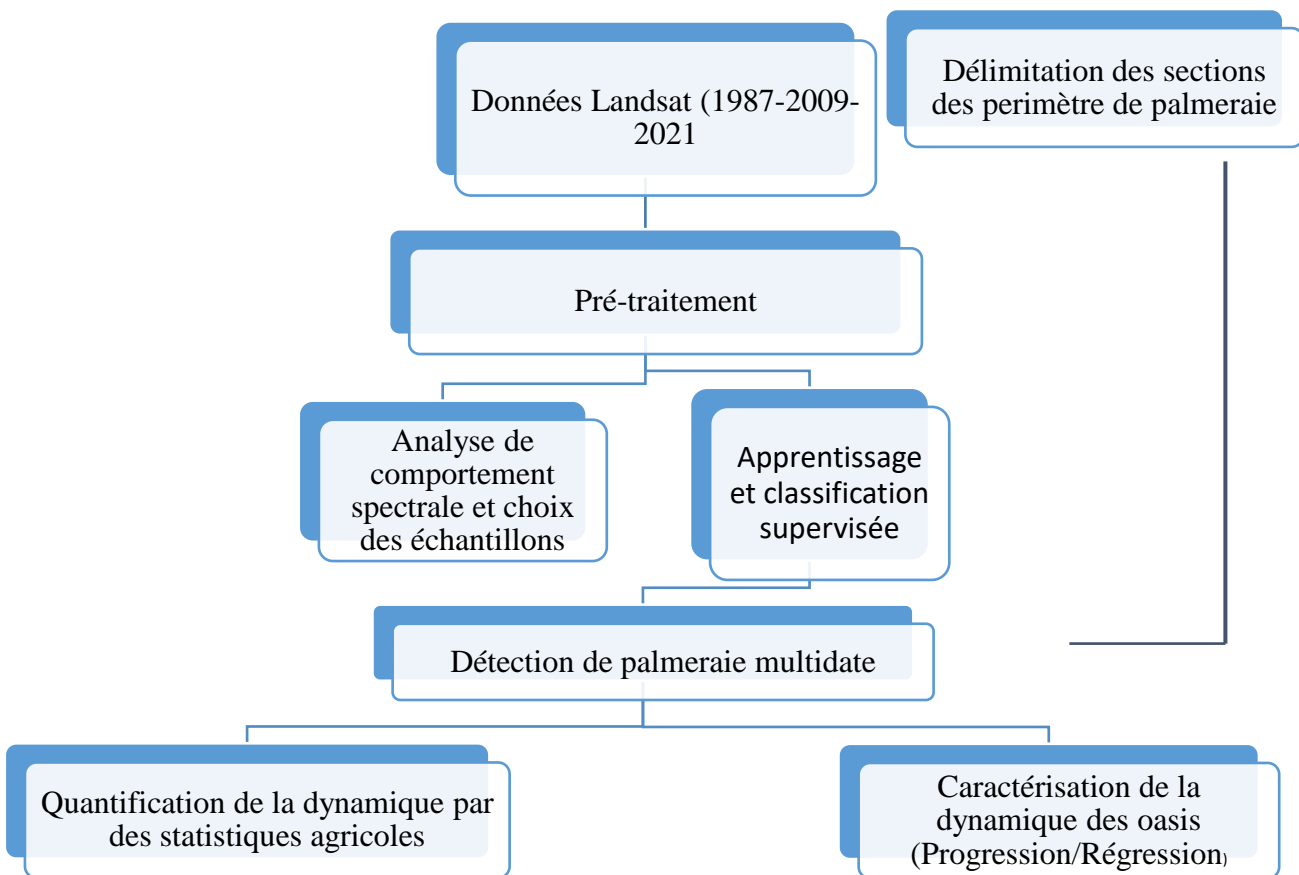


Figure n°01: Organigramme de travail

L'objectif principal de cette étude est d'identifier et caractériser les dynamiques spatiotemporelles des zones agricoles, afin notamment d'évaluer les changements.

Pour la réalisation de cette étude, il est nécessaire d'utiliser des données Landsat de l'évolution du paysage par l'analyse de l'occupation dans un contexte oasien (Zone Baderiane wilaya Timimoune), en se basant sur l'analyse de deux sources de données : les plans de section des périmètres de mise en valeur, les images satellites du capteur Landsat.

Les outils utilisés dans le cadre de ce travail sont l'environnement Arcgis 10.8.1 pour des analyses spatiales et ENVI 5.3 pour le traitement des données Landsat.

III.2 Introduction à la télédétection

Le rôle de la télédétection dans l'analyse globale des systèmes ruraux. L'accent est mis sur les possibilités de stratification et d'interrogation du paysage en vue de sondages et d'enquêtes de terrain. Les résultats montrent que la télédétection satellitaire identifie des petites régions agro écologique et contribue efficacement à caractériser leur système technique de production agricole. Ils révèlent également la nécessité de distinguer ces régions des systèmes agraires dont l'appréhension nécessite des échelles plus fines (échelle du village), des moyens techniques plus précis (la photographie aérienne) et d'autres critères (structure de l'habitat notamment).

En agriculture, les images satellitaires et aériennes servent à la classification des cultures, à l'assurance de la santé et de la viabilité des productions et à la surveillance des mesures d'intervention. Parmi les applications de la télédétection à l'agriculture, mentionnons :

- La classification des types de culture.
- L'évaluation de la santé des cultures.
- L'estimation de la production totale d'une récolte.
- La cartographie des pratiques de gestion du sol et la surveillance de conformité aux lois et traités.

III.2.1 Application terrestre

Tableau n°01: Application terrestre

Vecteurs	Capteurs	Domaine d'application
Avions. Satellites à défilement en orbite polaire (Landsat, SPOT).	Surtout haute et très haute résolution spatiale : _Photographie aérienne. _Capteurs passive : radiomètres à balayage (domaine optique) _Capteurs actifs : radars imageurs.	Cartographie régulière et thématique, Géologie, prospection minière géomorphologie. Hydrologie, neige, risques naturels. Agriculture, sylviculture. Urbanisme. Aménagement, génie civil...etc.

Source : Claude Kergomard

III.3 Landsat pour l'agriculture

- Qualité de l'imagerie
- Technologies accessibles
- Développement pour l'agriculture
- Simple et facile
- Grande superficie (30 m)
- Plusieurs collectes d'images

De plus, ses résolutions (spatiale, spectrale et temporelle) répondent aux exigences de la surveillance thématique et au changement des composantes terrestre.

Tableau n°02 : Caractéristiques des satellites Landsat

	LANDSAT	LANDSAT 4 ET 5	LANDAT 7
PAYS	USA	USA	USA
DATES DE LOCEMENT	1972	1984	Avril 1999
ALTITUDE	705 km	705 km	705 km
CAPTEURS	MSS (Multi spectral Scanner)	TM (Thematic Mapper)	ETM + (Enhance Thematic Mapper)
TYPE	Radiomètre à balayage	Radiomètre à balayage	Radiomètre à balayage
BANDE SPECTRALS	1 (V) (0,5-0,6 µm)	1 (B) (0,45,0,52 µm)	1 (B) (0,45,0,52 µm)
	2 (R) (0,6-0,7 µm)	2 (V) (0,52-0,60 µm)	2 (V) (0,53-0,61 µm)
	3 (IR) (0,7-0,8 µm)	3 (R) (0,63-0,69 µm)	3 (R) (0,63-0,69 µm)
	4 (IR) (0,8-1,1 µm)	4 (IR) (0,76-0,90 µm)	4 (IR) (0,78-0,90 µm)
		5 (IRM) (1,55-1,75 µm)	5 (IRM) (1,55-1,75 µm)
		6 (IRT) (10,4-12,5 µm)	6 (IRT) (10,4-12,5 µm)
		7 (IRM) (2,08-2,35 µm)	7 (IRM) (2,09-2,35 µm) (PAN) (0,52-0,90 µm)
RÉSOLUTION SPATIALE (dimension des pixels)	60 × 80 m	30m Bande 6 : 120m	30m Bande 6 : 60m, Pan : 15m
DIMENSION D'UNE SCÈNE	185 × 185 km	185 × 172 km	185 × 172 km

STÉRÉOSCOPIE	Non	Non	Non
FRÉQUENCE DE PASSAGE	18 jours	16 jours	16 jours
VOCATION	VÉGÉTATION ET OCCUPATION DU SOL	VÉGÉTATION ET OCCUPATION DU SOL	VÉGÉTATION ET OCCUPATION DU SOL

III.4 Sentinel-2 pour l'agriculture de précision

Les applications potentielles du satellite Sentinel-2 de l'ESA dans l'agriculture sont multiples, comme décrites ci-dessus en ce qui concerne ses capacités spatiales, temporelles et spectrales spécifiques. Cette rubrique regroupe exemples de la capacité de Sentinel-2 à détecter les variations à plusieurs niveaux de la production agricole et les décisions de gestion ultérieures qui peuvent être prises pour faire face à toute perturbation du développement des cultures. Les exemples discutés sont résumés dans le tableau.

Une utilisation très notable des fonctionnalités de Sentinel-2 lors de la surveillance des terrains est le système ESA Sen2-Agri qui génère des modules de séries chronologiques tout au long de la saison de croissance. Cet outil de suivi sur le terrain a été utilisé avec succès non seulement dans les pays développés où des champs homogènes et bien délimités, mais aussi, des pays comme le Mali, réussissant à différencier les types de cultures. Le contexte de la culture, à savoir les caractéristiques spectrales du type de culture et l'extension de la surface, est essentiel pour prendre des décisions sur la méthode de classification lors de l'utilisation de l'imagerie Sentinel-2. La recherche dérivée de Sentinel-2 a abordé les prévisions de rendement de deux manières différentes.

Ces modèles de performance issus de l'imagerie Sentinel-2 développés une fois que les images sont disponibles ne visent pas seulement à fournir des estimations finales du rendement en grain, mais elles peuvent également être utilisées pour surveiller les changements soudains dans les rendements potentiels des cultures. Cette stratégie comprend généralement trois bandes Sentinel-2RE, qui sont très importantes pour la récupération de la teneur en chlorophylle.

La plateforme belge d'agriculture collaborative profite de ces fonctionnalités Sentinel-2 pour fournir gratuitement des informations sur l'état de l'azote au niveau des colis pour les agriculteurs cultivant la pomme de terre et le blé d'hiver en Belgique. Malgré la résolution insuffisante de Sentinel-2, 10 ou 20 mètres, pour analyser les cultures à l'échelle de la feuille

et de la plante individuelle, différentes stratégies ont été développées (Remote Sensing for Precision Agriculture).

Tableau n°03: Exemples d'informations de télédétection, dérivées de Sentinel-2, utilisées pour le suivi et la gestion des cultures et l'approche méthodologique utilisée.

	S2 pour l'agriculture	Caractéristique détectée	Méthode
Stress des plantes	Biotique	Racine de pourriture du coton (Phymatotrichopsis omnivore) Cultures de riz et Talève sultane (Porphyrioporphyrion) Mouche de Hesse (Mayetiola destructor) infestation dans le blé Rouille des feuilles du caféier (Hemileia vastatrix) Rouille jaune du blé (Puccinia striiformis)	Classification des zones touchées avec des algorithmes entraînés utilisant les bandes 2, 3, 4 et 8 Imagerie S2 calibrée avec un drone Diminution du NDVI avec l'augmentation de l'infestation, terrestre, aérienne, et satellite multiplateforme Données spectrales de champ et VIs dérivés de S2 Indice proposé : Red Edge Disease Stress Index (REDSI), bandes 4, 5 et 7
Stress des plantes	Abiotique	Stress métallique dans le riz Sécheresse Salinité	Bandes S2 bord rouge Surveillance de l'humidité du sol S2 VI et OPTRAM Les bandes visibles S2, bleues et rouges, sont sensibles à la salinité du sol

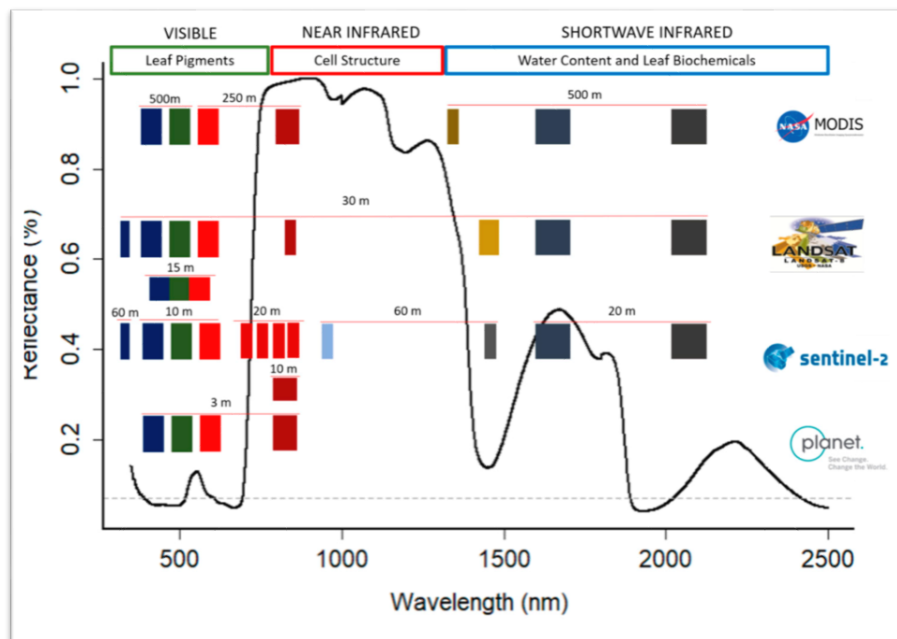
III.5 Résolutions spectrales et indices de végétation utiles pour les fonctionnalités de Sentinel-2

La résolution temporelle et spatiale, la résolution spectrale est une caractéristique centrale des satellites, car elle détermine les propriétés physiologiques de la plante qui peuvent être quantifiées avec précision. En ce sens-là, le nombre de bandes spectrales dans plusieurs systèmes de capteurs est indiqué avec la réflectance dans la Figure II 5 (propriétés végétales),

en prenant les exemples de capteurs à l'échelle du paysage, de la canopée et des plantes placées dans satellites. Une caractéristique différente de Sentinel-2 est qu'il capture également quatre régions spectrales à bande étroite de différentes longueurs d'onde présentes dans la région spectrale Red Edge qui sont fournies à une résolution de 20 m. En ce sens, les mégas

donnés le volume d'images Sentinel-2 offre de nouvelles opportunités mais aussi des défis pour le traitement en raison de la complexité accrue de l'interprétation des bandes spectrales supplémentaires et de l'augmentation globale taille du fichier.

Figure n°02 : Caractéristiques spectrales de réflectance des cultures et représentation de MODIS (Moderate Resolution Imaging spectroradiomètre), bandes multi spectrales Landsat-8, Sentinel-2 et Plante et résolution spatiale (Remote Sensing for Précision Agriculture).



Le satellite sentinel est distingué par les caractéristiques suivantes :

- Présente des images de 10 mètres de résolution, qui grâce à son capteur, peut fonctionner par temps couvert ou de nuit.
- Vocation : VÉGÉTATION, AGRICULTURE.
- La répétitivité de la mesure (passage tous les 5 jours) et la multiplicité des mesures.
- Permettent de suivre à haute résolution l'occupation des sols et les données environnementales.
- Fauchée d'une photo : 290 km.
- Imageur multi spectral 13 bandes :
 - ✓ En 60 m : 443 nm, 940 nm, 1375 nm.
 - ✓ En 20 m : 705 nm, 740 nm, 783 nm, 865 nm, 1610 nm, 2190 nm.
 - ✓ En 10 m : 490 nm, 560 nm, 665 nm, 842 nm.

Tableau n°04 : Caractéristiques de satellites Sentinel

Résolution spatial	Satellite Sentinel2A			Satellite sentinel 2B	
	Numéro de la bande	Longueur d'onde (Nm)	Largeur de bande (nm)	Longueur d'onde (Nm)	Largeur de bande (Nm)
10	2	496.6	98	492.1	98
10	3	560.0	45	559	46
10	4	664.5	38	665	39
10	8	835.1	145	833	133
20	5	703.9	19	703.8	20
20	6	740.2	18	739.1	18
20	7	782.5	28	779.7	28
20	8a	864.8	33	864	32
20	11	1613.7	143	1610.4	141
20	12	2202.4	242	2185.7	238
60	1	443.9	27	442.3	45
60	9	945.0	26	943.2	27
60	10	1373.5	75	1376.9	76

III.6 Les images MODIS

Parmi une série de produits de données MODIS standard offerts aux utilisateurs, nous avons utilisé le composite de 8 jours. Produit de réflectance de surface MODIS (MOD09A1). Chaque composite de 8 jours comprend des estimations de la réflectance spectrale de surface des sept bandes spectrales à une résolution spatiale de 500 m. Dans la production de MOD09A1, les corrections atmosphériques pour les gaz, les cirrus fins et les aérosols sont mises en œuvre. Le produit composite de 8 jours est généré par un processus en plusieurs étapes qui élimine d'abord les observations ayant un score de faible qualité ou une faible couverture observationnelle, puis sélectionne l'observation avec la valeur minimale de la bande bleue (bande 3) pendant la période composite de 8 jours [25]. Les composites présentent encore des variations de réflectance liées à la variation de la fonction de distribution de réflectance bidirectionnelle (BRDF). MOD09A1 inclut également des indicateurs de contrôle qualité pour tenir compte de divers artefacts d'image (p. ex., nuages,

ombre nuageuse). Les produits MODIS sont organisés dans un système de tuiles avec la grille de projection sinusoidale (SIN), et chaque tuile couvre une superficie de 1200 km par 1200 km (environ 108 latitudes par 108 longitudes à l'équateur).

III.6.1 Les avantages du capteur MODIS*

Les avantages du capteur Modis résident dans sa haute répétition et la grande zone couverte d'environ 1 200 000 km² (10 ° x10 °). Cependant sa résolution spatiale de 250 à 1000 m, selon le domaine de longueur d'onde enregistrée, limite ses applications à une petite échelle d'un pays ou d'un continent (tableau capteurs).

Tableau n°05 : Caractéristiques de satellites MODIS (tableau capteurs).

Modis (Nombre de canaux)	Résolution spectrale	Résolution spatiale
2	0.62 – 0.87 µm	250
2	0.45 – 0.56 µm	500
3	1.23 – 2.15 µm	500
29	0.40 – 14.3 µm	1000

III.6.2 Caractéristiques des Images satellitaires (Landsat)

L'image satellitaire Landsat est un document contenant diverses informations relatives à des objets tels que le sol et la végétation. La résolution de l'image est une mesure de la capacité d'un système optique de séparer des signaux proches sur le plan spatial et spectral. La capacité de mesurer une information par télédétection exige la considération prudente de quatre types de résolution : spatiale, spectrale, temporelle et radiométrique. (TADJEROUNI. K, 2002). Les images Landsat se caractérisent par différentes résolutions, à savoir :

1. Résolution spatiale :

Les données Landsat sont classées parmi les satellites à moyenne résolution (30 m)

2. Résolution spectrale :

Le satellite Landsat est doté d'une résolution spectrale riche, ce qui permet de faire une bonne discrimination des grandes classes d'occupation du sol. Dans le cas de notre étude les canaux du visible (RVB) et les canaux de la partie infra rouge (PIR, SWIR1 et SWIR2) présentent des caractéristiques intéressantes pour mieux caractériser le territoire agricole dans sa globalité.

3. Résolution temporelle :

La résolution temporelle précise la fréquence de révision du satellite pour un emplacement spécifique (en fonction de la latitude et de la largeur du swath) (FRANSISCO EG et al. 2013).

Landsat est caractérisé par les éléments suivants en matière de cycle de revisitee facteur temps est important lorsque :

- Les nuages persistants offrent une vue directe limitée de la surface de la Terre.
- Les phénomènes à court terme (inondations, marées noires, etc.).
- Les phénomènes qui changent rapidement (atmosphérique).

En complémentarité avec les éléments cités auparavant, Landsat a une résolution temporelle de Moyenne 16 jours. Actuellement avec le lancement du satellite Landsat 9, le cycle orbital est réduit par rapport au Landsat 8, ce qui donne les possibilités de faire un suivi en matière des classes d'occupation du sol à une échelle temporelle réduite.

III.7 Matériel et méthode

III.7.1 Délimitation des sections des périmètres de palmeraie

Les sections des périmètres ont servi à l'évaluation des états de surface du secteur d'étude.

Section : 091-092-093-193-043

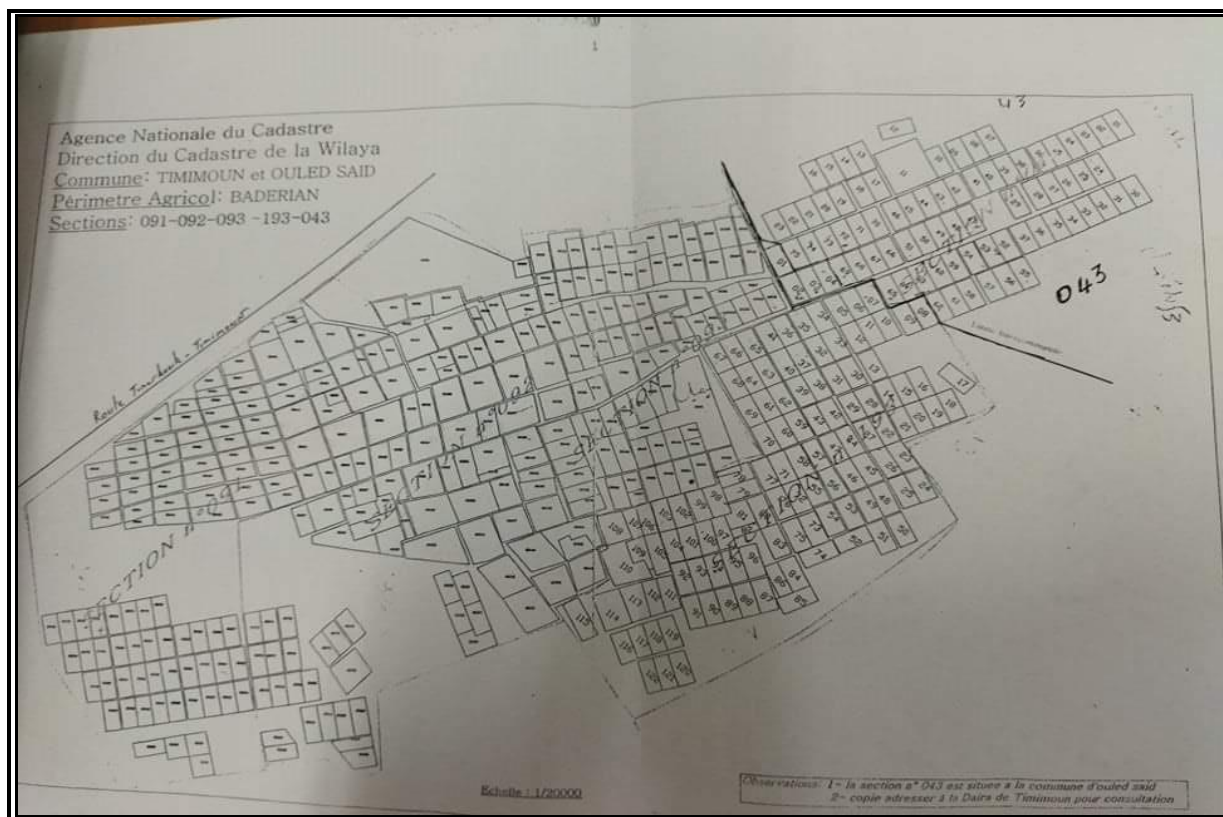


Figure n°03: Plan de section des périmètres de mise en valeurs de Badriane

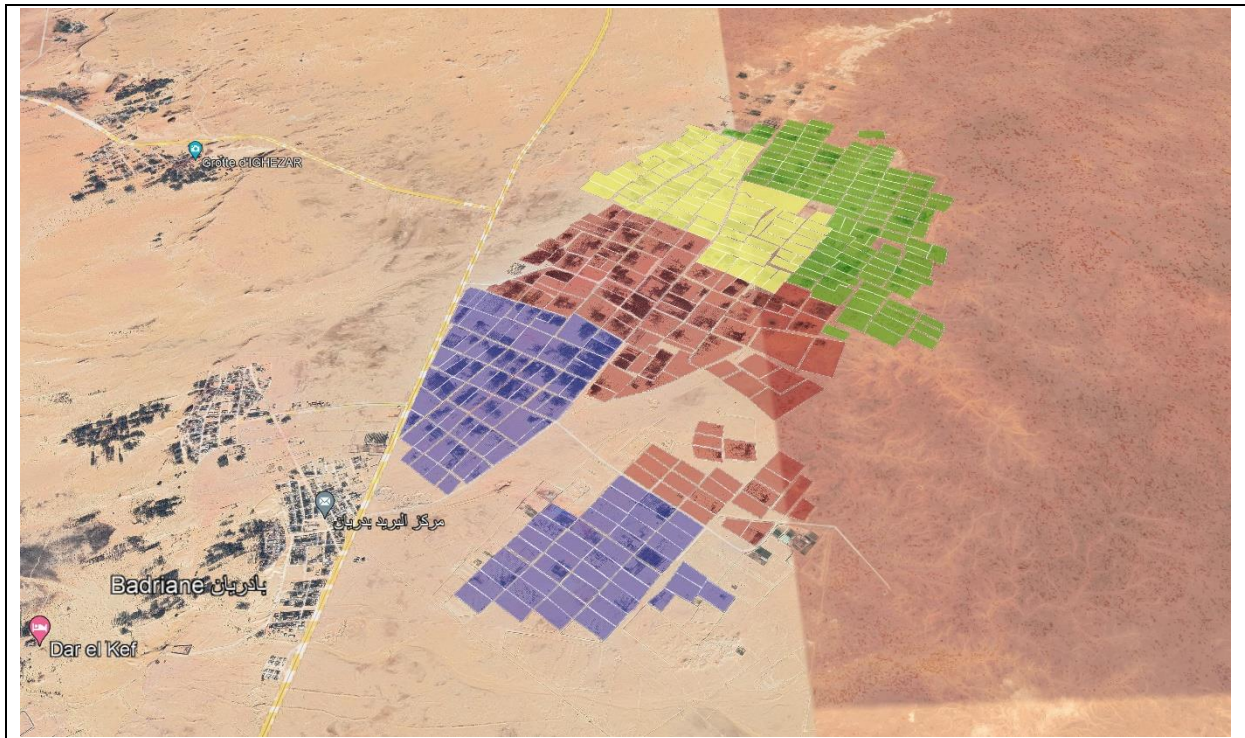


Figure n°04: Plan des sections superposé sur un fond Google Earth

III.7.2 Images Landsat

Les images Landsat ont été utilisées pour la mise en place du suivi de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone du Timimoune. Il s'agit des images TM pour l'année 1987 et ETM pour l'année 2009. Et OLI-TIRS pour l'année 2021.

III.7.2.1 Traitements des images satellites (Landsat)

Acquisition des images satellitaires Landsat

Nous avons téléchargé les images Landsat d'une résolution spatiale de 30 m de la période (1987/2021) gratuitement à partir du site NASA USGG « **Earth Explorer** ».

III.7.2.2 Extraction de l'information des images Landsat

L'extraction de l'information des images Landsat s'est déroulée à travers toute une série d'opérations regroupées en deux phases. Une première phase consacrée au prétraitement des images et une seconde phase dédiée au traitement proprement dit.

III.7.2.3 Prétraitement des images Landsat

Le prétraitement des données regroupe toutes les opérations qui sont effectuées dans le but de visualisation et affichage. Il s'agit de l'extraction du secteur d'étude. Les améliorations radiométriques. Les images ont d'abord été rehaussées dans le but d'uniformiser les teintes des bandes spectrales. Le secteur d'étude fut extrait à partir des images utilisées suivant les limites administratives des trois préfectures fusionnées.

III.7.3 Traitement numérique

Des compositions colorées combinant les bandes rouge, vert et bleu, Proche infrarouge réalisées. L'objectif est d'avoir une synthèse d'informations en vue d'une bonne discrimination des unités d'occupation du sol. De plus, l'interprétation visuelle des images qui a pour rôle d'établir une relation entre le terrain et l'image a permis d'identifier des détails comme : les forêts, les plans d'eau et sols nus sur les différentes images. La connaissance du secteur d'étude a guidé le choix en faveur de la classification supervisée. Celle-ci consiste à appliquer le même traitement à chaque pixel, indépendamment des pixels voisins. Sous le logiciel de traitement d'image ENVI 5.3 utilisé, le processus de classification a été opéré à travers la définition de la légende ou le renseignement du ROI (Régions Of Intérêts) ; la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement ; la description, le renseignement des différentes classes.

III.7.4 Algorithmes de classification supervisée

Un nombre très important d'algorithmes de classification supervisée existent et sont utilisés dans la littérature, en particulier dans le domaine de la télédétection. Ces algorithmes peuvent être regroupés en deux catégories : les méthodes paramétriques et les méthodes non paramétriques. Les méthodes paramétriques supposent que les pixels de chaque classe respectent une distribution (généralement gaussienne). Les paramètres de cette distribution (moyenne et écart-type pour une gaussienne) sont estimés à partir de l'ensemble d'apprentissage. C'est le cas, par exemple, des maximums de vraisemblance (Maximum Likelihood en anglais) ou de la méthode proposée dans À l'inverse, les classifications non-paramétriques ne font aucune hypothèse sur la distribution des classes. On trouve dans cette catégorie les Séparateurs à Vaste Marge (SVMs) et les Forêts Aléatoires (FA) mais également les méthodes par réseaux de neurones comme le perceptron multicouche, ou des méthodes plus simplistes comme les k-plus proches voisins, ou les arbres de décision. En pratique, les méthodes non-paramétriques sont plus efficaces sur des classes complexes, comme c'est le cas en télédétection, ou sur des données non spectrales. De plus, les méthodes paramétriques sont considérées comme une base pour la classification de l'occupation du sol (avec les satellites actuels), Notre choix s'est donc porté sur des méthodes non-paramétriques et en particulier sur les SVMs et les FA, qui outre leur utilisation très répandue, offrent la possibilité de calculer une probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe. Cette mesure de probabilité d'appartenance permet de dériver une mesure d'incertitude dans la classification et ainsi de fournir un indicateur de fiabilité très utile pour garantir la robustesse de notre processus. Ainsi, nous décrirons ces deux méthodes dans les paragraphes suivants.[2]

Les **SVMs** ne fournissent qu'une classification (une étiquette) sans calculer de probabilité d'appartenance d'un point à une classe. Cependant, la calibration de Platt permet d'estimer des probabilités d'appartenance à chacune des classes dans le cas d'une classification binaire Dans cette méthode, la probabilité est estimée en ajustant un modèle de régression logistique aux résultats de la classification. Dans le cas multi-classes, Wu et al. Utilisent les probabilités des différentes classifications de type « un-contre-un » pour calculer une probabilité d'appartenance à chacune des classes. Enfin on peut citer l'une des nombreuses variantes des SVM, appelée one classSVM et qui permet, comme son nom l'indique, de classer une seule classe, sans connaître les autres classes. La méthode consiste à trouver la plus petite sphère englobant l'ensemble d'apprentissage dans l'espace des attributs. Ainsi, la limite de la sphère

permet de classer les données en deux : celles appartenant à la classe et les autres. Cette méthode permet de diminuer le nombre de pixels d'apprentissage nécessaires.[2]

III.7.4.1 Forêts aléatoires

Le principe des FA est le suivant. Un ensemble d'échantillons ($L\Theta_{n1}, \dots, L\Theta_{nk}$) est généré. Puis un arbre de décision CART (Classification and Regression Tree) est construit sur chaque échantillon $L\Theta_{nk}$. Chaque nœud de l'arbre est découpé à partir d'un tirage aléatoire de m variables (attributs) ; on cherche la meilleure coupure uniquement suivant ces m attributs. Enfin, le résultat de la classification est obtenu par la méthode du vote majoritaire : chaque arbre vote pour une classe, la classe ayant le plus de votes l'emporte. Ainsi, deux paramètres entrent en jeu : le nombre d'arbres utilisés k et le nombre de variables m tirées à chaque construction d'un nœud. Le premier paramètre est arbitrairement fixé à une valeur importante (e.g. 500). Le second paramètre m n'a pas une grande influence et est généralement fixé à la valeur de la racine carré du nombre de variables [Gilson et al. 2006]. Par ailleurs, il existe de nombreuses variantes des FA décrites dans, comme les Random forest, qui sont plus rapides que les FA et donnent des résultats similaires. Les FA ont montré de meilleures performances de classification que les méthodes classiques de Basting ou de SVMs. Les FA sont également capables de traiter d'importants jeux de données, avec un grand nombre de dimensions. Pour ces différentes raisons, les FA ont été largement utilisées dans le domaine de la télédétection. Par ailleurs, a également introduit deux mesures intéressantes, obtenues grâce aux FA : l'importance des variables et la marge. La première permet de qualifier l'utilité de chacune des variables dans la classification. Ainsi, l'importance des variables permet de faire de la sélection d'attributs. La seconde mesure obtenue, la marge, permet de mesurer la confiance de la classification d'un élément (pixel).[2]

III.7.4.2 Composition colorée des images satellites

A l'aide des données de LANDSAT, une composition colorées été réalisée par une trichromie de trois bandes spectrales à une résolution spatiale de 30 m ; Landsat 5 : TM1(0.45-0.52 μm) ; TM3 (0,63 – 0,69 μm) et ; TM4 (0,76 – 0,90 μm) et pour Landsat 8 (OLI) à TM5 (0,76 – 0,90 μm) TM4 ;(0,63 – 0,69 μm) ; TM2 (0,45 – 0,52 μm), ces bandes ont été codés par des couleurs primaires « rouge, vert et bleu » comme suit

:

La trichromie compose de : Landsat 5 (TM)

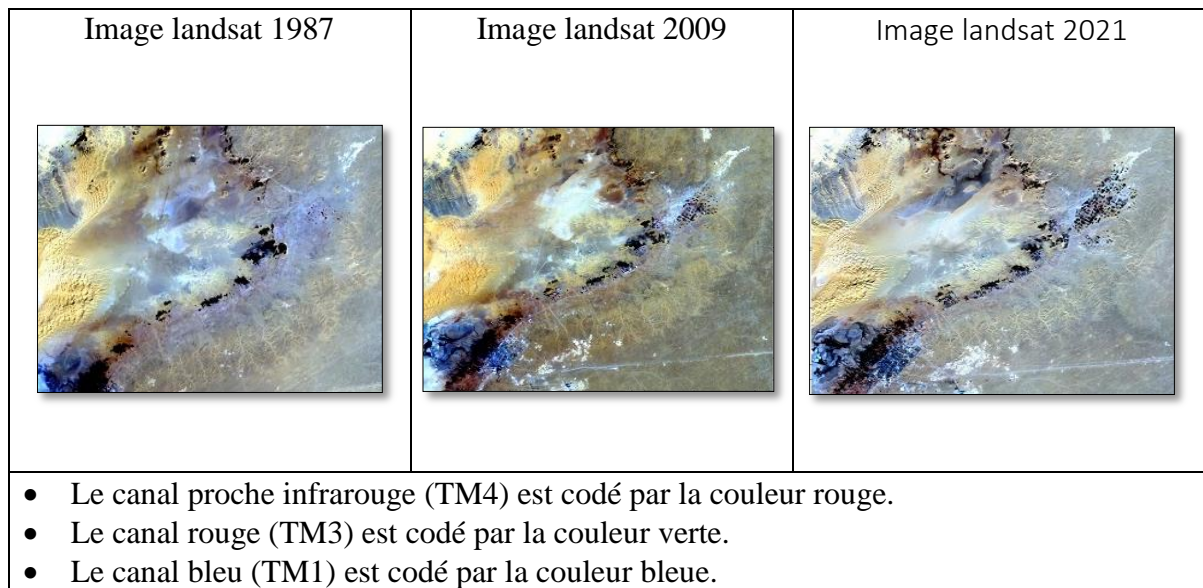


Figure n°05: Images Landsat utilisées

III.7.5 Classification Non supervisée ou automatique

Dans la classification de type non supervisée, le logiciel qui gère les sites de références sur lesquels est basée la classification, l'utilisateur fixe seulement le nombre de classes. L'ordinateur analyse l'ensemble des signatures spectrales de tous les pixels de l'image, et détermine des groupements naturels, c'est-à-dire regroupe les pixels sur la base de signature spectrales similaires.

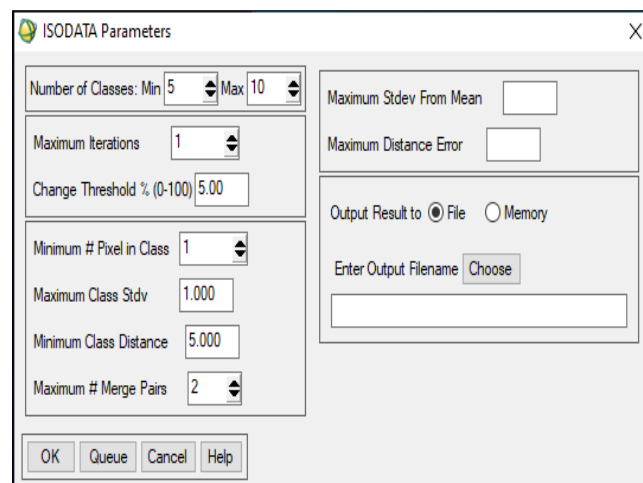
III.7.5.1 Méthode Isodata

ENVI propose de choisir une image de travail. Vous choisissez l'image, la boîte de dialogue « Isodata Paramètres » s'affiche Elle permet de fixer les paramètres de calcul :

- Le nombre des classes

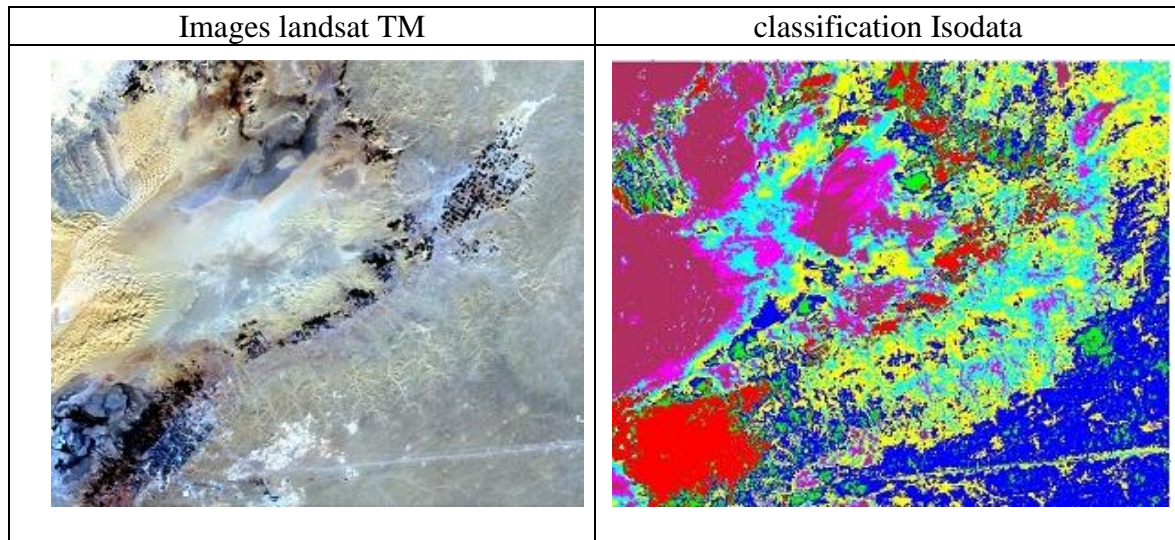
- Le nombre des itérations

Une nouvelle fenêtre s'ouvre : « Isodata Paramètres » et où on peut lire :



Pour cet exemple nous avons choisi **un nombre de classe entre 5 et 10** et pour **le nombre des itérations nous avons mis 1 ou 3 ou 5** pour diminuer les marges d'erreurs.

Après avoir fixé les paramètres, valider par **OK** pour lancer la classification.



III.7.5.2 Méthode K-Means

Sur le Menu : choisissez le module « classification » à unsupervised à K Means

Choisissez l'image brute sur laquelle vous souhaitez réaliser la classification. Pour cet exemple on a mis 5 classes et 1 jusqu'à 5 itérations. Puis la classification a été lancée

Les résultats de la classification sont visualisés dans la figure suivante

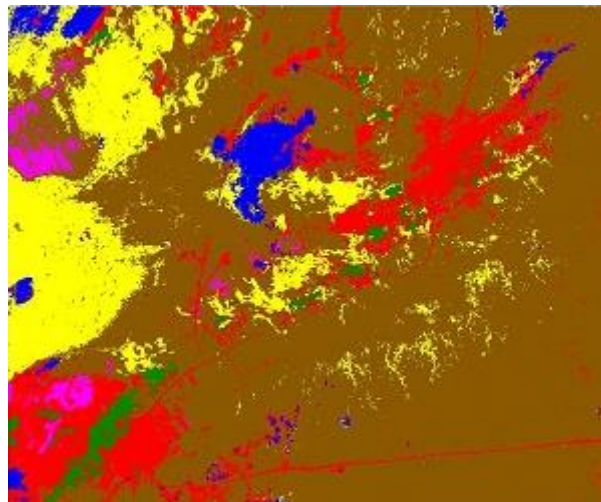


Figure n°06: Classification par K-Means

III.7.6 Classification supervisée

III.7.6.1 Création d'un ROI en vue d'une classification

La classification supervisée se déroule en deux étapes :

- la première étape consiste à sélectionner des zones de l'image dont on connaît la vraie occupation du sol. Ces zones sont appelées régions d'intérêt : régions of Interest (ROI).
- Utiliser ensuite ces zones comme références à la généralisation sur l'ensemble de l'image.

La fenêtre ROI Tool va apparaître, Dessiner les polygones sur le scroll, l'image ou le zoom en activant la case correspondante. Pour remplir le tableau il faut :

Dessiner des polygones sur l'image brute affichée. Avant de dessiner le deuxième polygone il faut donner un nom au premier en modifiant la case « Region ».

Pour garder le nom qui vient d'être entré dans la case «Region», Il suffit de cliquer sur new Region pour ajouter d'autres polygones

Les graphes ci-après donnent la signature spectrale de chaque classe définie à partir des ROI

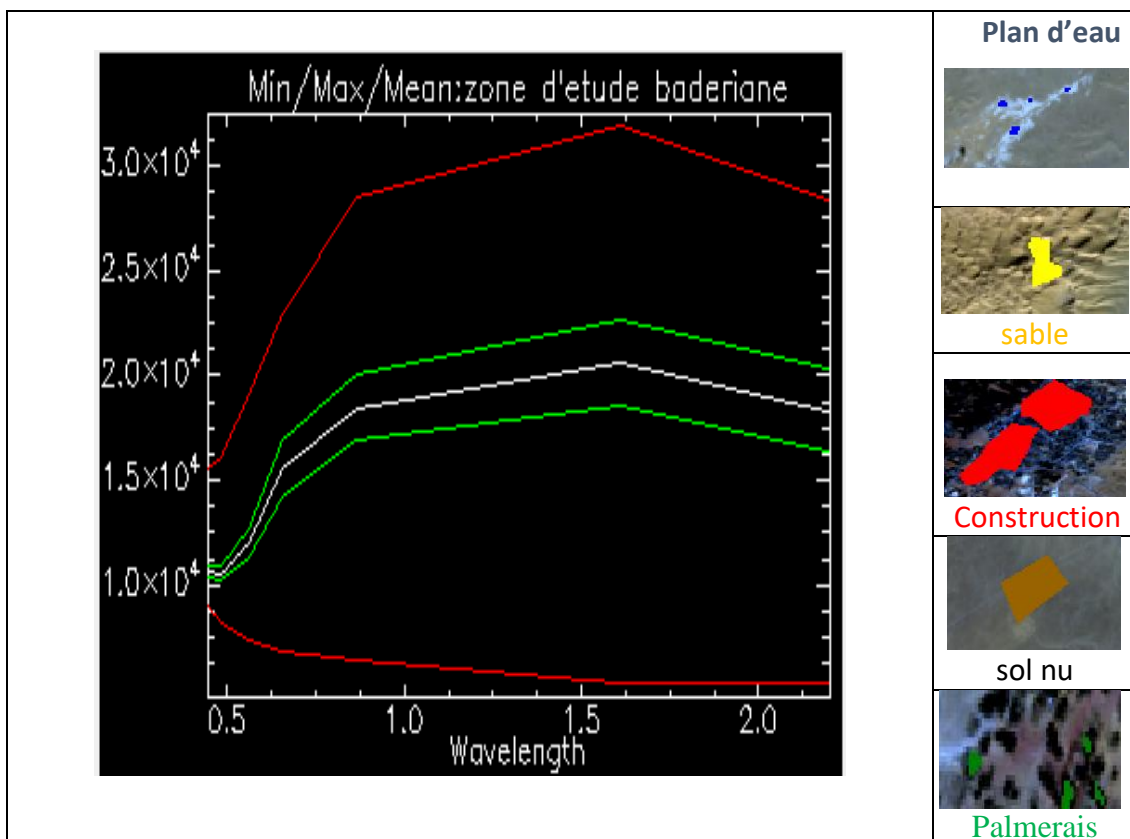


Figure n°02: Signatures spectrales de chaque classe d'occupation du sol

ENVI propose d'utiliser plusieurs méthodes de classification supervisée. Dans cet exemple, nous utiliserons la méthode du maximum de vraisemblance ou Maximum Likelihood, Le résultat apparait dans la figure 08

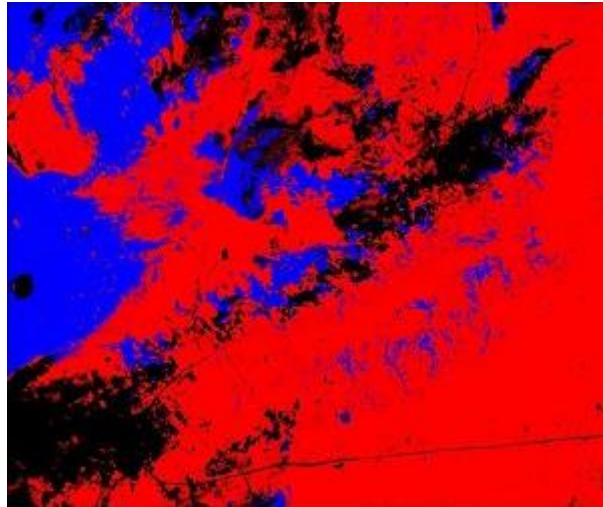


Figure n°08: Classification supervisée de région de Timimoune avec l'algorithme Maximum Likelihood (image du 08-05-2021)

III.7.7 Résultat

III.7.7.1 Traitements après classification

La détection des changements survenus sur toute la période d'étude (de 1987 à 2022) a été faite par la comparaison de la classification des images satellites. Des matrices de détection des changements issues de la comparaison des surfaces des unités d'occupation du sol entre deux dates furent produites. A cet effet, le taux moyen annuel d'expansion spatiale, a été déterminé. Les classifications ont été évaluées à l'aide des matrices de confusion établies par comparaison entre les données de terrain (reconnaissance préalable sur la zone d'étude) et celles issues des classifications des images satellitaires.

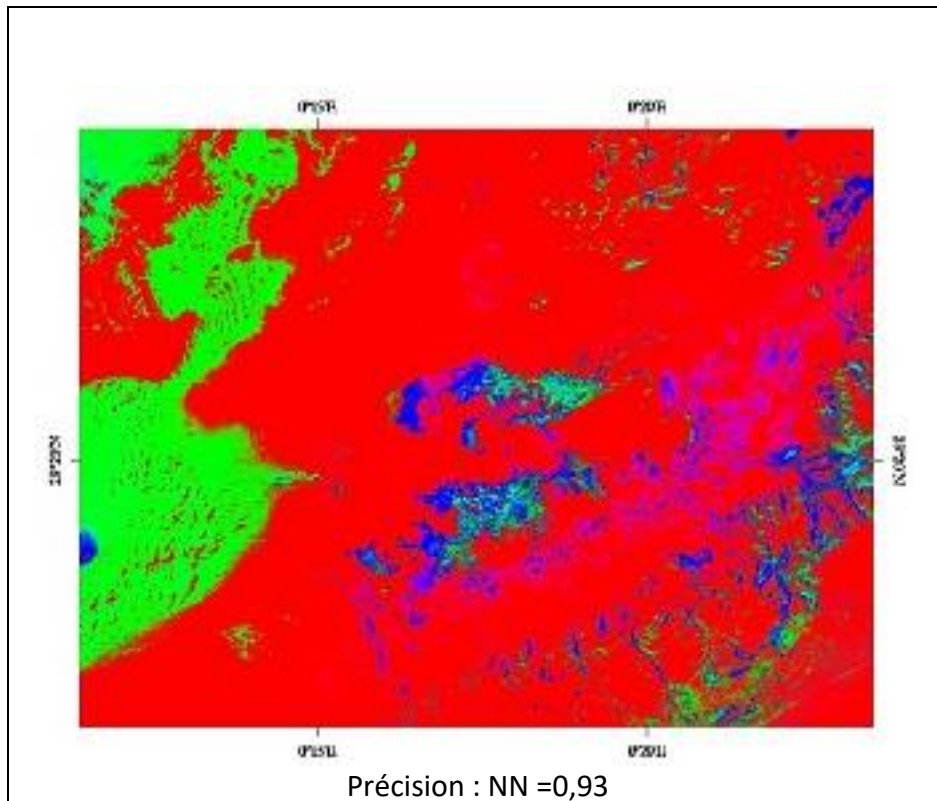


Figure n°09: Carte d'Occupation du sol images 1987 par la classification de la méthode NN

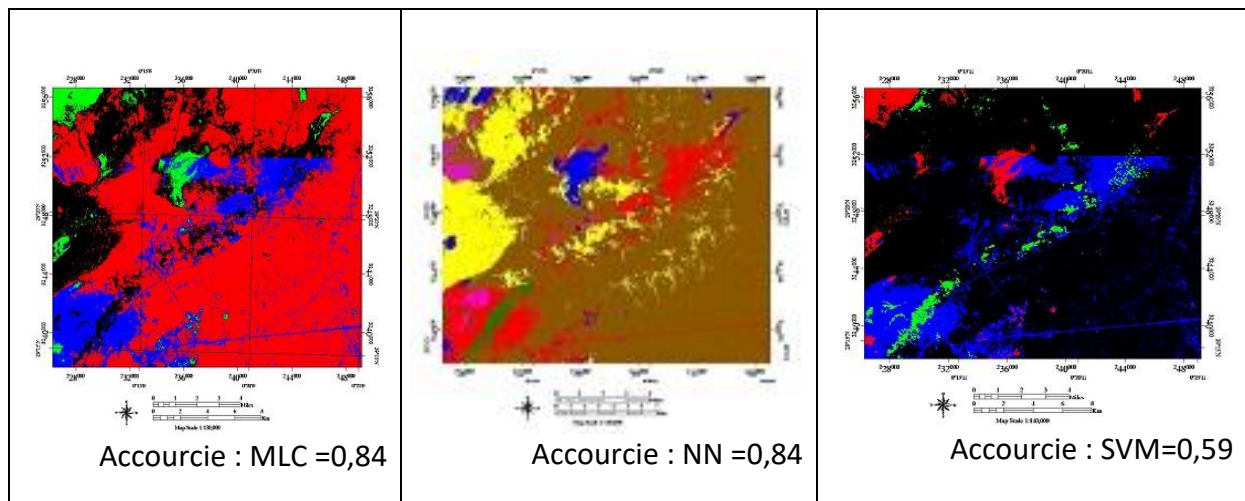


Figure n°10 : Carte d'Occupation du sol images 2015 par la classification de la méthode SVM ; RF; NN

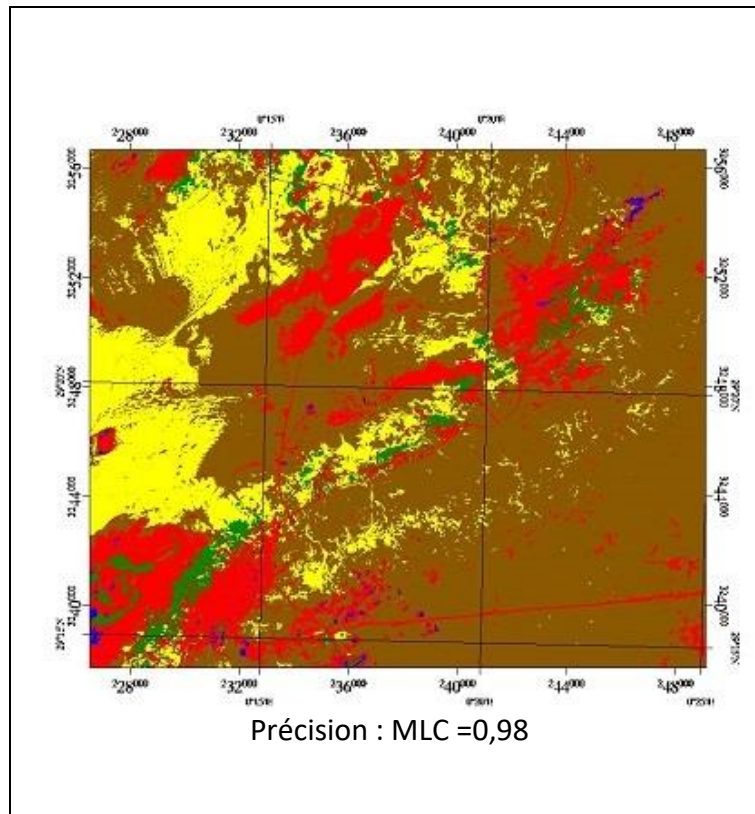


Figure n°31: Carte d'Occupation du sol images 2021 par la classification de la méthode MLC

III.7.7.2 Evaluation statistique de la classification

Elle permet de mettre en évidence les différentes formes de conversion subies par les unités d'occupation du sol entre deux dates t1 et t2, et décrire les changements intervenus. Elle décrit de manière condensée, les changements d'état des éléments d'un système pendant une période donnée. Dont les cellules contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale x à une classe finale y pendant la période allant de t1 à t2. Dans le cadre de la présente étude, cette matrice est obtenue à partir des valeurs issues de la superposition des cartes d'occupation du sol, dans le logiciel de SIG Arc GIS (grâce à l'algorithme "Intersecté polygones" de l'extension Geoprocessing), et traitées dans Excel.[1]

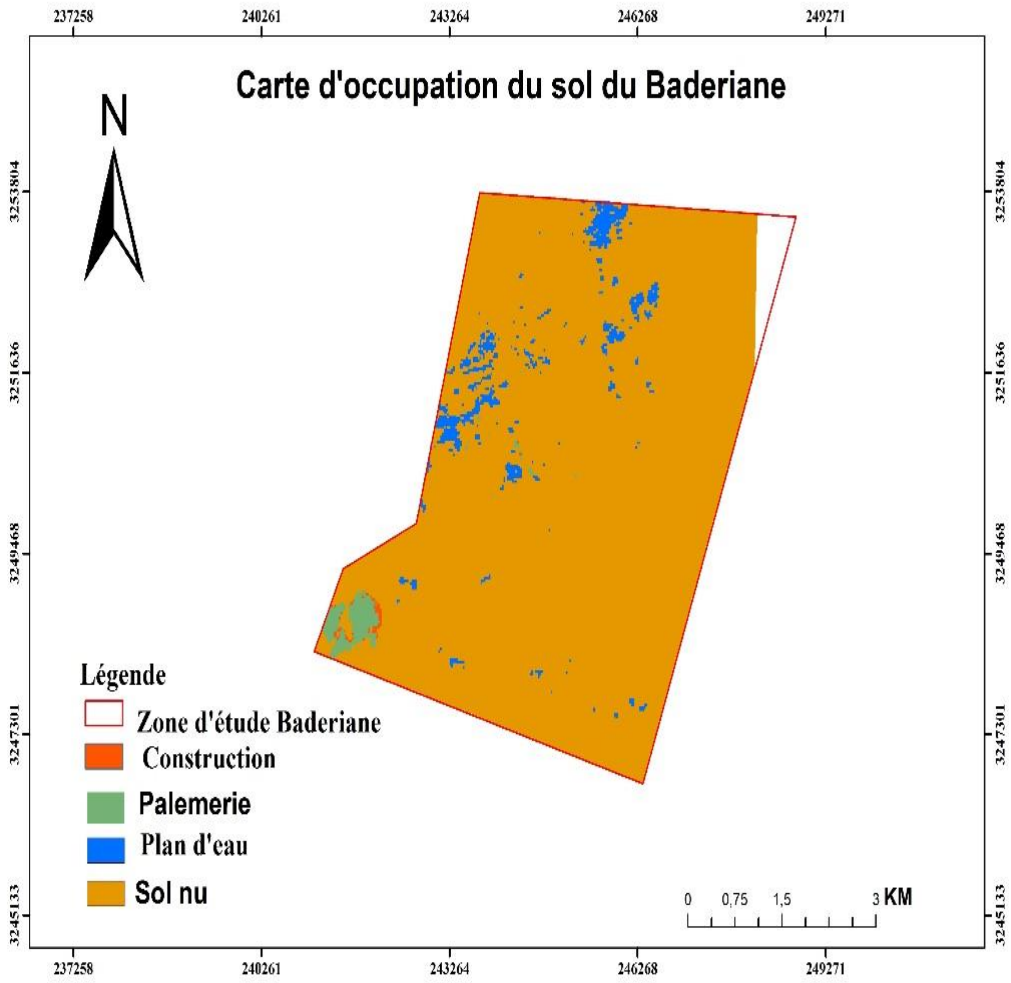


Figure n°12: Carte d'occupation du sol du la région du Baderiane 1987

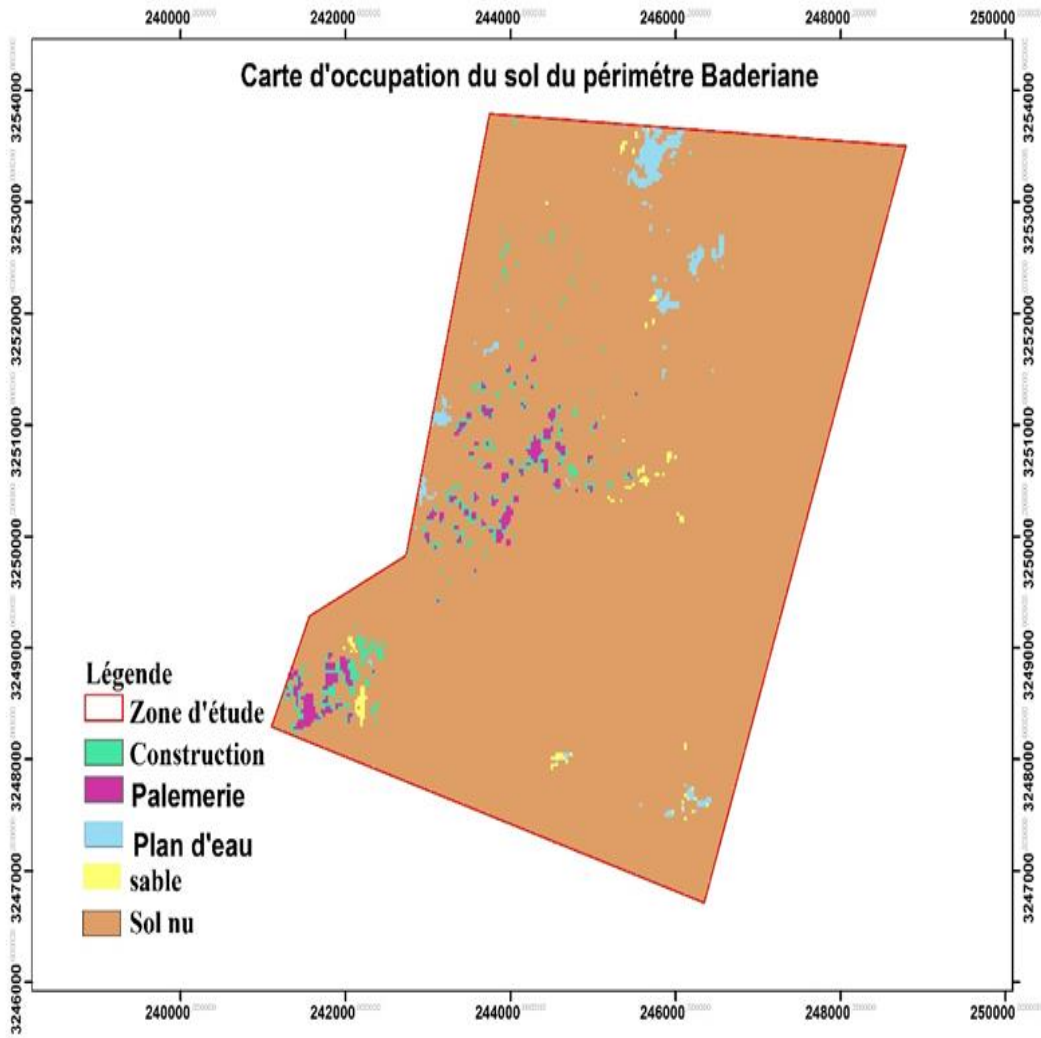


Figure n°13: Carte d'occupation du sol de la région du Baderiane 2009

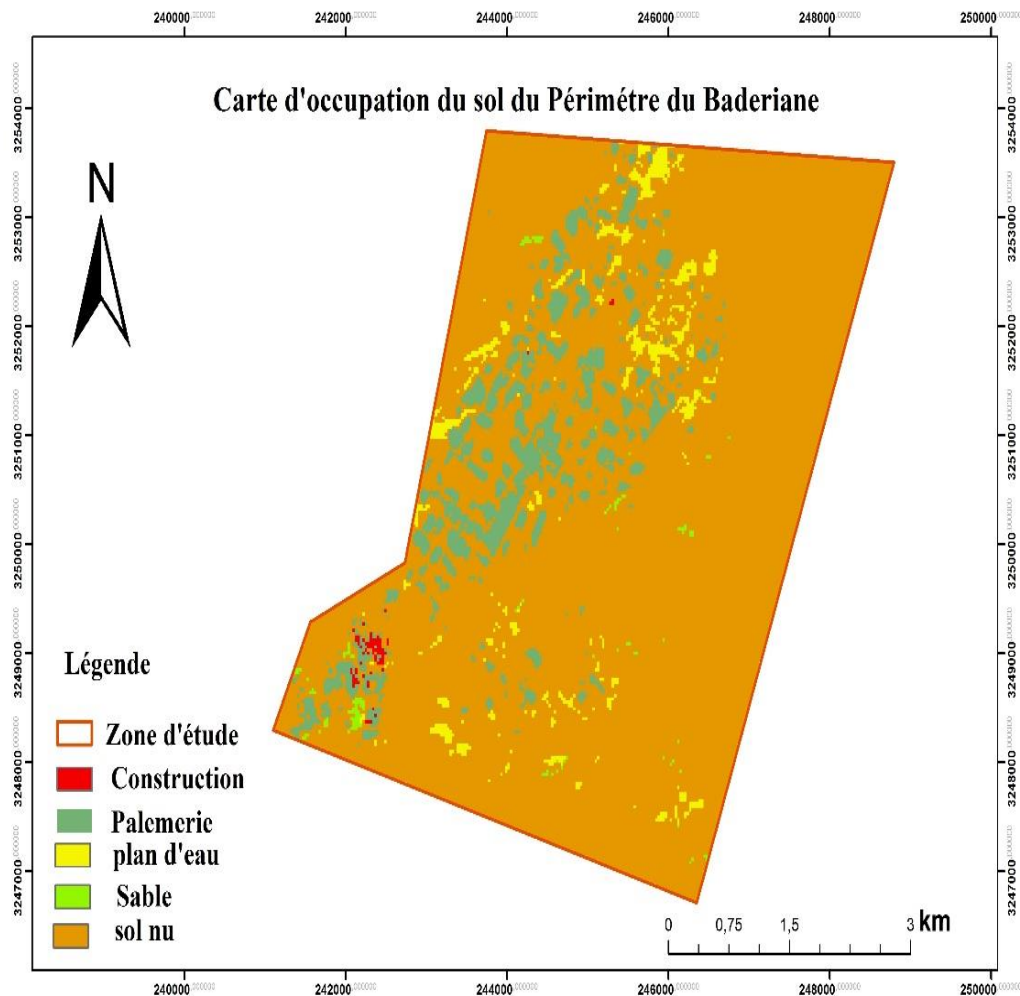


Figure n°14: Carte d'occupation du sol de la région du Baderiane 2021

III.7.7.3 Analyse des résultats des méthodes de multi classes

La cartographie à l'aide des données multi sources et multi dates permet d'enrichir la connaissance de l'occupation du sol de la région du Baderiane et de son évolution. Cette méthode présente l'avantage de renseigner à la fois de manière exhaustive sur l'occupation du sol à une date donnée, mais également de faire ressortir les évolutions. Cette approche est basée sur l'utilisation conjointe des images satellites, la matrice de confusion a permis de valider les opérations de classification des images Landsat, dans les résultats de ce travail, nous avons constaté d'une part une sur-classification de certaines classes comme la classe «Urbain» qui se confond très souvent avec les classes «terrain nu», lorsque les surfaces de celles-ci présentent moins d'herbes et avec la classe «sol ou sable et végétation». D'autre part, la classe «sol et végétation» est sous-classée, souvent là aussi confondue avec la classe «eau et végétation». Dans ce contexte, les classes d'occupation du sol ne sont pas vraiment discernables via les zones d'intérêts collectées sur image notamment pour une zone saharienne, qui se caractérise par un contexte particulier. Globalement, cette cartographie manque de précision, ce qui nous a poussés à essayer d'autres méthodes pour mieux caractériser les périmètres de mise en valeur.

Dans ce contexte, notre travail a suivi un autre cheminement sur le plan méthodologique, nous avons opté pour une classification binaire (palmeraie/non palmeraie).

L'approche utilisée est bien expliquée dans l'organigramme suivant (voir figure 14). Les mêmes images ont été utilisées, en se basant sur des zones d'intérêt déjà collectées sur terrain concernant les périmètres qui englobent les palmeraies, le reste des échantillons ont été regroupés comme non palmeraie.

Sur la base de cet apprentissage, nous avons utilisé la classification SVM, en passant par les étapes suivantes :

III.7.8 Organigramme de travail

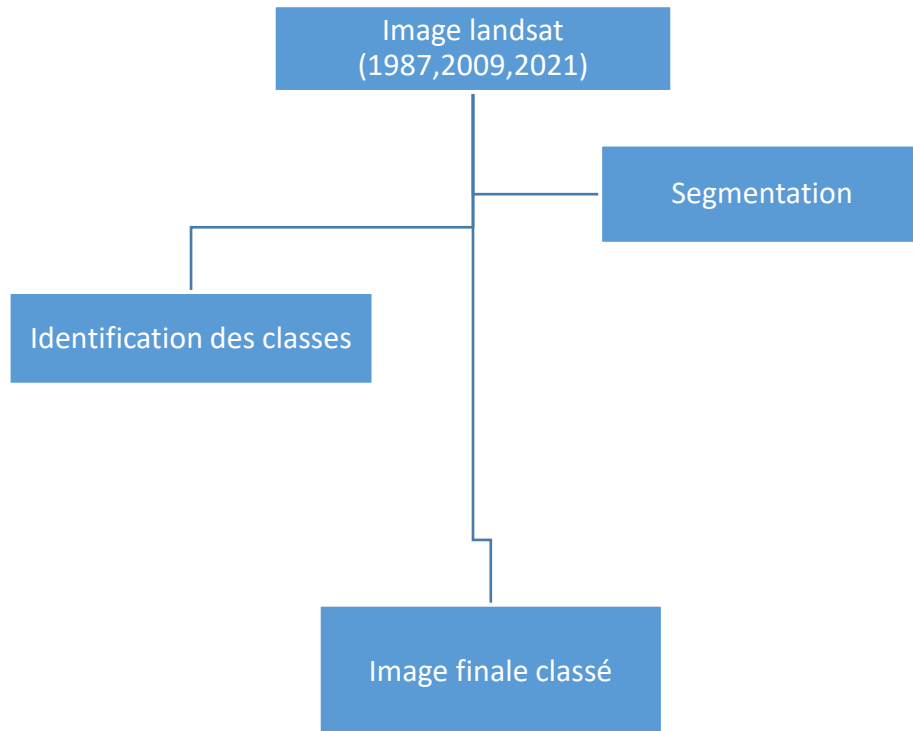


Figure n°15 : Organigramme d'une classification binaire

III.7.8.1 Segmentation

Tel qu'énoncé, l'étude actuelle ne peut se limiter à l'analyse de pixels isolés. En effet, elle doit plutôt s'accorder étroitement avec la notion de contexte spatial défini par les relations topologiques qui existent entre les éléments voisins. Récemment, de nouvelles techniques ont été développées pour la prise en compte du contexte spatial. Celles-ci permettent de déduire des propriétés relevant de la dimension spatiale telles que les relations de voisinage et la

Géométrie des objets accroissant ainsi les capacités d'extraction du contenu sémantique des images (Caloz et al. 2001). Ces techniques reposent sur la segmentation des images en régions ou entités homogènes selon des critères d'homogénéité fondés sur des attributs telles que la forme, la texture, la radiométrie, etc. (Mansor et al., 2002). Ainsi s'efface la notion de pixel pour laisser place à celle d'objets ou entités. La segmentation est le processus heuristique qui permet de générer des objets images par le regroupement de pixels contigus

selon des critères d'homogénéité dépendants de la caractéristique radio métrique et spatiale des pixels.

III.7.8.2 Classification orienté objet

L'objectif de cette contribution est de présenter les potentialités de la classification orientée-objet d'une image Landsat à 30 mètres de résolution spatiale pour la création d'une couche d'information décrivant l'occupation des sols en zone agriculture. Une typologie spécifique en deux niveaux scalaires est mise en place pour le traitement de l'image. La méthode d'extraction de l'information est fondée sur deux étapes principales. L'image est tout d'abord segmentée en régions (segmentation multi-résolution) afin d'obtenir des objets significatifs. Puis des données spectrales, spatiales et contextuelles sur ces objets sont recueillies afin d'orienter la classification en utilisant des fonctions statistiques d'appartenance. A l'issue du traitement, les résultats sont intégrés sous la forme d'une couche vectorielle dans une base d'information géographique pilotée par un SIG. La qualité de la classification est estimée à l'aide de matrices de confusion. Pour l'image entière, la performance globale de la classification est de 100 % au niveau le plus grossier, la méthode fournit dans des délais relativement courts des informations cohérentes dont la généalogie et la qualité sont décrites. Sur la zone agriculture étudiée, la démarche procure un état actualisé de l'occupation des sols selon une typologie à deux niveaux

Tableau n°06 : Matrice de confusion pour 3 périodes

Classification orienté objet 1987		
	Palmerie	Non Palmerie
Palmerie	100	0
Non palmerie	0	100
Classification orienté objet 2009		
	Palmerie	Non Palmerie
Palmerie	100.00	0.00
Non palmerie	0	100
Classification orienté objet 2021		
	Palmerie	Non Palmerie
Palmerie	100	0
Non palmerie	0	100

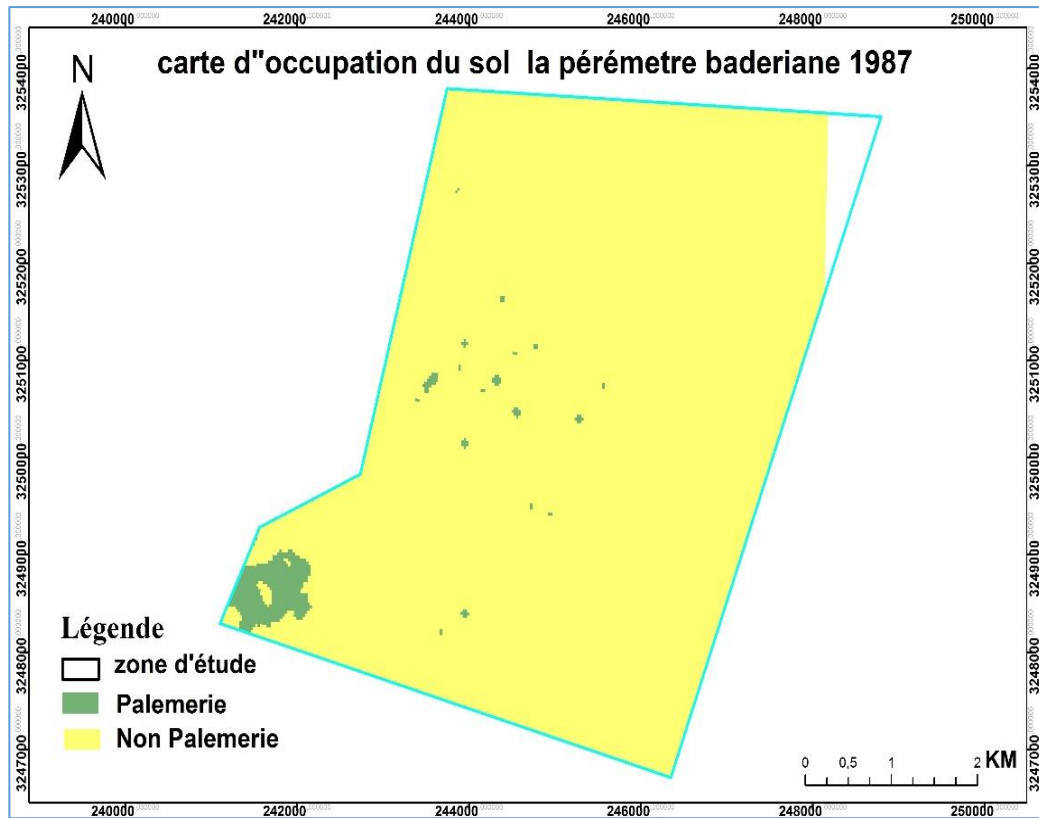


Figure n°16 : Carte de la répartition spatiale des palmeraies dans le périmètre du Baderiane 1987

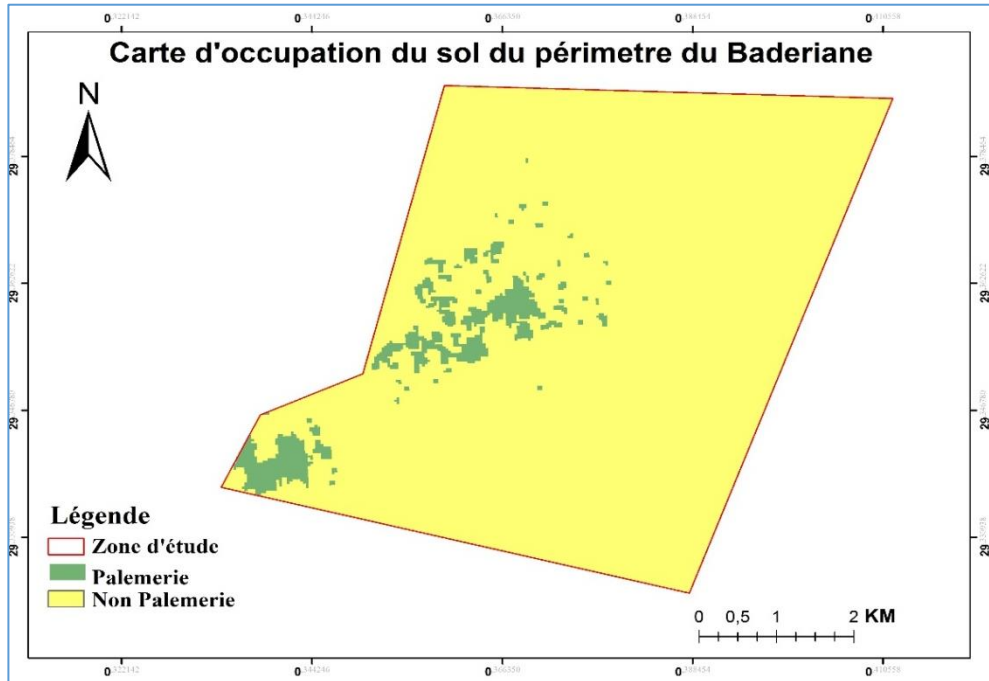
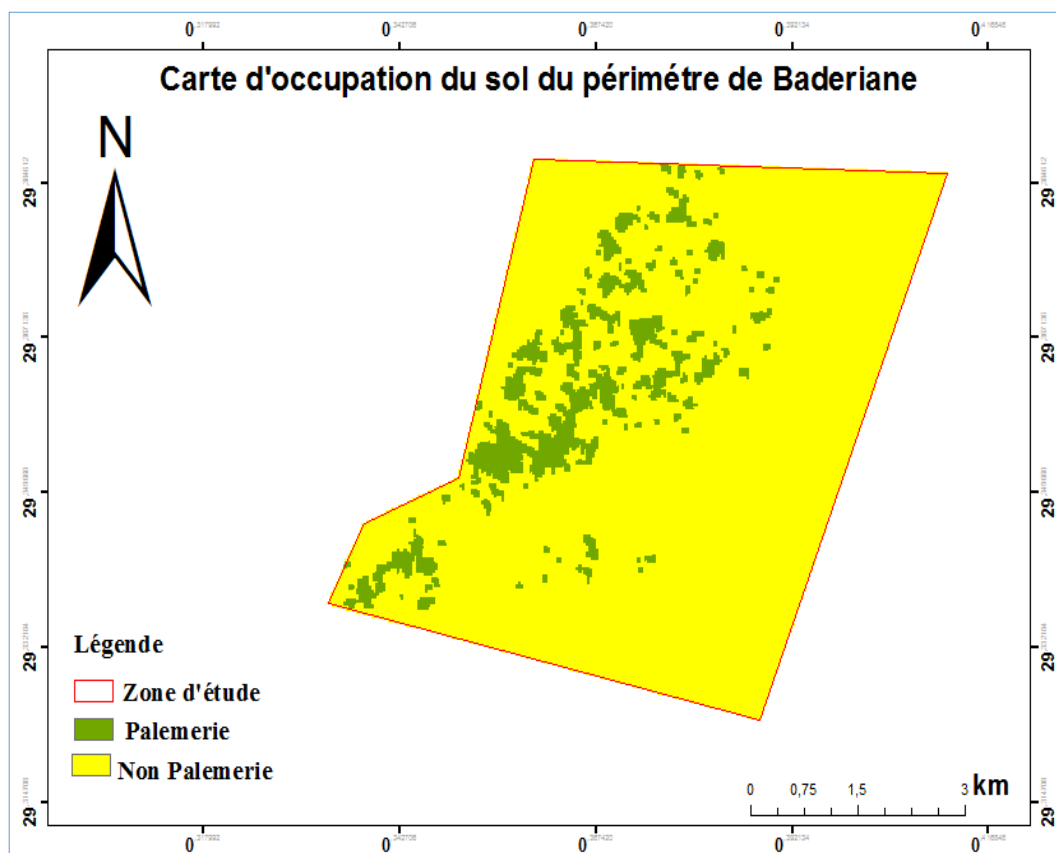


Figure n°17 : Carte de la répartition spatiale des palmeraies dans le périmètre du Baderiane 2009

Figure n°18 : Carte de la répartition spatiale des palmeraies dans le périmètre du Baderiane 2021



III.7.8.3 Analyse de l'évolution de l'occupation du sol

L'évolution de l'occupation du sol (Palmeraie) permet de mettre en évidence les changements qui sont intervenus entre les différentes périodes : 1987-2009 ; 2009-2021. Aussi le taux moyen annuel d'expansion spatiale, a été calculé sur la base des superficies de ces unités. On constate une grande progression de l'espace oasisien 1987 et 2021

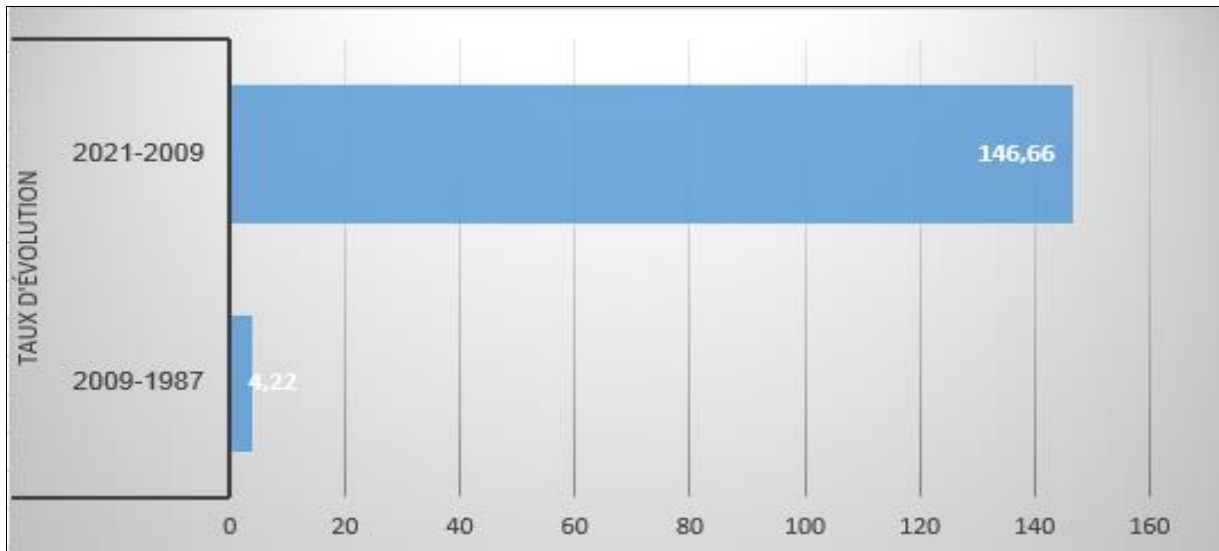


Figure n°19 : Evolution de l'espace oasien dans le périmètre de Baderiane entre 1987 et 2021

III.7.8.3.1 Taux moyen annuel d'expansion spatiale

Les changements à l'échelle globale ont été déterminés en calculant les superficies de deux unités d'occupation des terres pour chaque période. Les changements ont été déterminés sur les trois (3) périodes que sont : la période 1987-2009, la période 2009-2021. Une analyse approfondie basée sur l'évaluation des changements intervenus au sein de deux unités d'occupation prise isolément fut faite à travers le calcul du taux moyen annuel d'expansion spatiale, couramment utilisé dans les études sur le changement d'occupation du sol. Ce taux de changement s'évalue à partir de la formule (équation(1)) :

III.7.8.3.2 Taux moyenne annuelle = $S2-S1/ t2-t1$

S1 et S2 : Superficie d'une unité paysagère à la date t1 et t2 respectivement ; t2 — t1 : Nombre

D'années d'évolution. L'analyse des valeurs du taux de changement montre que les valeurs positives indiquent une « progression » et les valeurs négatives, une « régression ». Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe est relativement « stable ». Le tableau résume les deux unités (Palmeraie et non palmeraie) d'occupation du sol, leur superficie, leur taux moyen annuel d'expansion spatiale durant les périodes qui séparent les années 1987-2009, 2009-2021.

	Superficie des classes d'occupation du sol (ha)			Taux d'évolution	
	1987	2009	2021	1987-2009	2009-2021
Palmerie	58,78	151,67	1911,6	4,22	146,66

Tableau n°07 : Taux d'évolution de l'espace oasien dans la Périmètre de Baderiane entre 1987 et 2021.

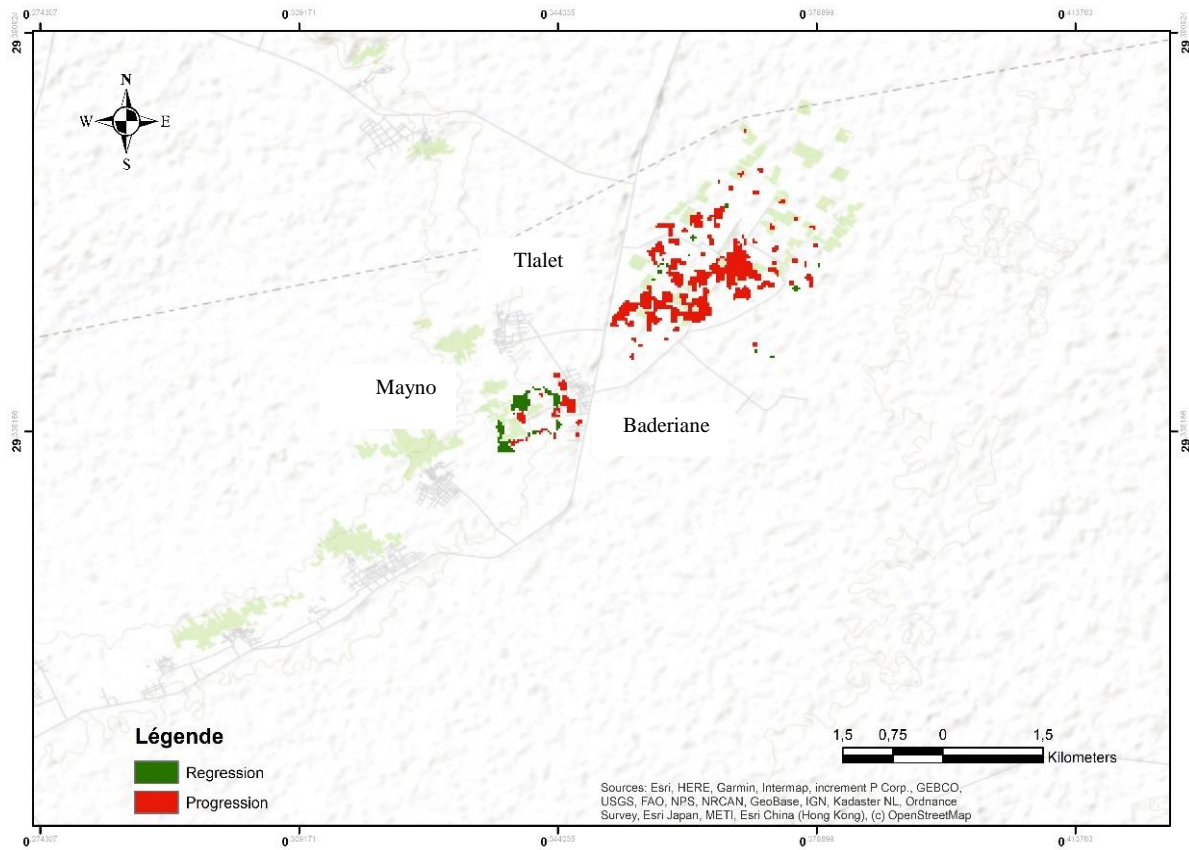


Figure n°20 : Evolution de l'espace oasien dans le périmètre de Baderiane entre 1987et 2009

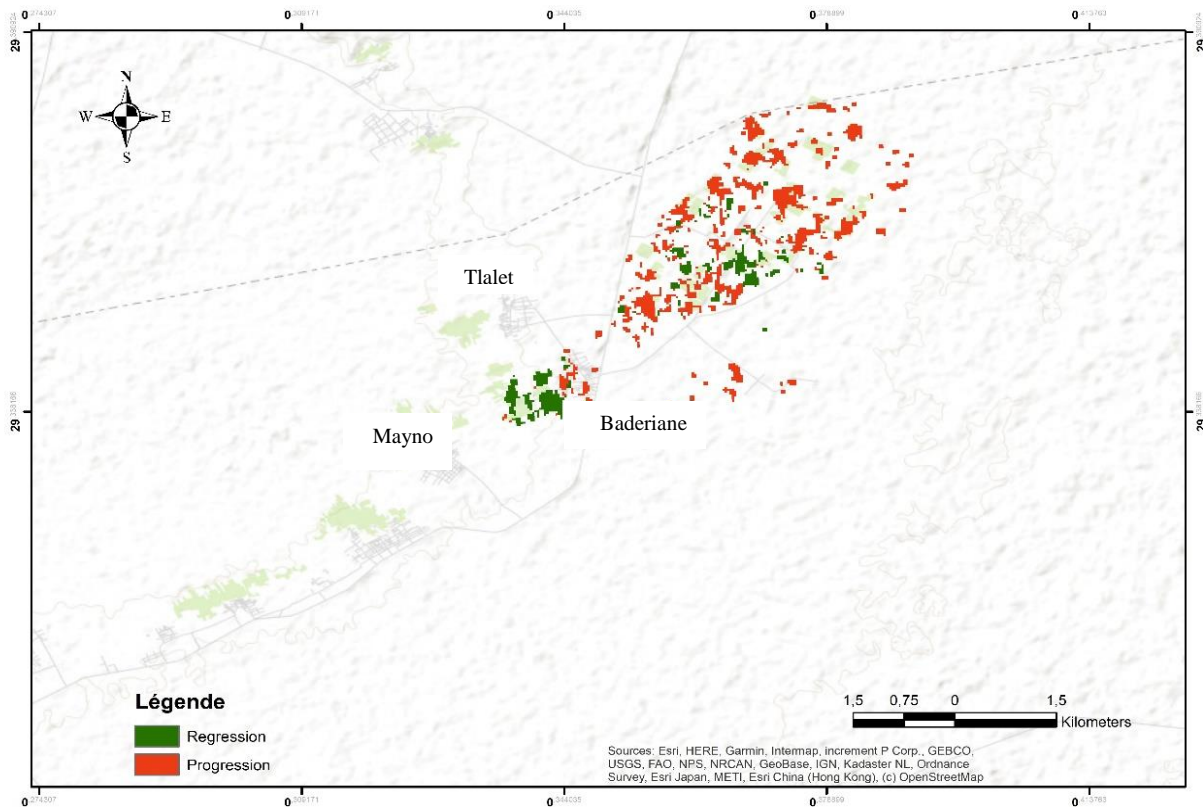


Figure n°21 : Evolution de l'espace oasien dans le périmètre de Baderiane entre 2009 et 2021

III.7.8.4 Entre 1987 et 2009

L'analyse des résultats montre que les valeurs positives des taux révèlent une augmentation des superficies, entre les années 1987 et 2009 (voir figure 18), nous avons enregistré un taux de 4.22 ha durant la période étudiée. Cette situation représente, le rattachement de l'Etat pour promouvoir une agriculture oasienne depuis le lancement de l'opération de création des périmètres de mise en valeur en 1984 dans un contexte saharien.

III.7.8.5 Entre 2009 et 2021

Pour la période entre 2009 et 2021, il est bien remarqué aussi que la progression persiste encore sur les territoires oasiens (voir tableau 06 et la figure 20) avec de moins 146 ha. De l'autre côté, grâce à la politique de soutien de l'état dans le domaine de l'agriculteur (Pivot, réservoir d'eau), Notamment le sud, et les meilleures expériences réussies des agriculteurs, ce constat révèle que y a un travail qui se fait soit par les agriculteurs qui ont la volonté de réussir ces périmètres et aussi par l'appui de l'Etat.

Conclusion générale

L'image satellitaire avec toutes ces applications possibles, et une source d'information inépuisable indispensable à tout aménagement intégré.

Plusieurs méthodes ont été testées, elles se basent toutes sur la combinaison de données satellites avec des informations relevées directement sur le terrain.

Ceci, nous permet d'interpréter tous les facteurs qui ont surgi sur le terrain d'une façon générale. Ce travail n'est possible qu'à près plusieurs traitements effectués sur les images multi dates du périmètre agricole de Baderiane.

La cartographie de l'occupation du sol et de ses changements à Baderiane a été réalisée à l'aide d'une méthode de classification Orienté objet en vue de caractériser la dynamique agricole, l'interprétation des résultats, nous a permis de voir le comportement de chaque objet terrestre au cours d'une période de 34 ans. Le travail de comparaison à l'origine de l'identification des classes par le biais de leurs comportements spectraux a permis dans un premier temps, ce qui a considérablement réduit le risque de confusion entre classes d'occupation du sol spectralement proches bien qu'appartenant à deux milieux différents.

La présente étude a permis d'avoir une vision sur l'état actuel de l'occupation des sols dans le périmètre agricole de Baderiane (wilaya de Timimoune). À noter que les images à haute résolution telles que fournies par les satellites Alsat 2A ou Sentinel sont plus qu'indispensables dans le cas de l'agriculture algérienne du fait de la taille des exploitations agricoles réduite en surface. Accompagné du fichier cadastral, ce type d'image permettra dans les perspectives de faire un suivi plus avancé des exploitations agricoles et de leurs occupations, car les données de Landsat avec une résolution de 30 m ne suffisent pas, d'aller dans un détail en matière de typologie des cultures. De ce fait, le présent travail ouvre diverses pistes de recherche, par l'intégration le travail du terrain dans les différentes phases d'acquisition d'images et de processus de traitement, pour mener un bon résultat au profit du secteur agricole.

Il est à noter que l'exploitation des données de télédétection par le biais de traitement des images ont permis, dans un premier temps d'obtenir les cartes d'occupation et d'utilisation du sol des années 1987,2009 et 2021, et ensuite cartographier, quantifier d'analyser le changement entre ces années. L'étude de la dynamique de l'occupation du sol a montré que la situation est en évolution dans le périmètre agricole du Baderiane.

Après l'étude des potentialités et les richesses dont dispose le périmètre de Baderiane, nous avons essayé d'évaluer les possibilités de développement du secteur agricole, les sols nu, les points d'eau.

L'espace agricole de Baderiane comme tous les régions saharien est caractériser par la présence un écosystème irrigué avec des palmiers dattiers, elle est souffre de beaucoup de lacunes. Pour la commune de Timimoune la convergence des facteurs écologiques précis (ressources hydrauliques artésiennes) et d'une technique traditionnelle (foggara) qui a formulé le modèle oasisien, en ce sens et comme toute oasisien, Timimoune apparait un une

espace agricole très vaste divisé par deux différents terroirs agricoles (l'ancien palmier et nouvelle palmiers), ce espace connu une mutations sur différents échelle qui subit les anciennes palmiers vers les nouvelles installation des périmètre inventions par l'Etat dans le cadre de développement les phéonécultures dans les région saharien. Cette opération influencée directement sur la structure agraire de la zone d'étude, elle est subit par dégradation de majorité des palmiers et les terrains cultivés, cette mutation et changement liée a différents causes en dite principaux l'absence de travail agricole a cause des déficits dans l'ancien palmier avec la progression les bases de vie dans l'oasis par dégradation totalement de système de foggara, cette dernière représente élément important dans l'assurance de vie des agriculteurs dans la région, en peut aussi l'augmentation de la population de la commune qui facteurs favoriser l'évolution dans autres secteurs économiques, on concerne les services et l'industrie, elles sont connu une important place dans la commune et ces caractérisée par les besoins de Maine d'ouvre, cette fait encourage l'immigration des agriculteurs vers les secteurs salaires et abondance leurs terrains agricoles pour améliorer les conditions de vie familiale.

La fragilité de l'espace agricole avec le développement urbaine qui subit la commune est favoriser la dégradation de milieu agricole dans la région, malgré l'intervention de l'Etat par différents opérations pour soutien l'agriculture dans Sahara mais le secteur reste souffre dans plusieurs difficulté soit sur le rendement et le travail de terre, donc aux contraintes physiques, s'ajoutent les problèmes sociaux et économiques qui mettent l'agriculture dans un cadre plus en plus pauvre, puisqu'aucune autre ressource n'existe à part celle, mais ce qui reste très encourageant c'est cet attachement de la population à la terre malgré tous les problèmes.

Suivant les analyse qui nous avons faites, nous pouvons synthétiser les principaux points à réaliser afin d'améliorer la situation de l'agriculture dans la région :

- ✚ La nécessité de mobiliser toutes les potentialités disponibles pour faire face aux problèmes socio-économiques.
- ✚ Améliorer et protéger la culture du palmier.
- ✚ Réhabiliter l'ancienne situation de milieu agricole oasien par l'entretien de système de foggara.
- ✚ Améliorer les conditions de vie des agriculteurs pour la stabilité dans leurs terres agricoles et l'amélioration de rendement par différents soutien avec le suivre et contrôle permanent des opérations.

I.	<i>Chapitre 01 :</i>	3
I.1	Introduction	4
I.2	Contexte Géographique	4
I.3	Contexte Géologique	6
I.3.1	La morphologie	6
I.3.2	Pente	9
I.3.3	Hydrologie et les Ressources en Eau	9
I.3.4	Altitude	11
I.3.5	Les ressources en sols et sismicité	12
I.4	Contexte climatique	12
I.4.1	Précipitations	12
I.4.2	La pluviométrie	14
I.4.3	Les températures	15
I.4.4	Humidité	16
I.4.5	Insolation	16
I.4.6	Evaporation	16
I.4.7	Les vents	17
I.5	Conclusion	19
II.	<i>Chapitre 02:</i>	20
II.1	Introduction	21
II.2	Les caractéristiques d'agriculture saharienne	21
II.2.1	L'agriculture (l'activité mère)	21
II.2.2	L'agriculture saharienne moderne	21
II.2.3	L'agriculture oasisienne	22
II.2.4	Système d'irrigation dans l'agriculture saharienne	23
II.2.4.1	Les types d'irrigation	23
II.2.4.2	L'ancienne oasis de Baderiane	30
II.3	Politique agricoles algérienne	32
II.3.1	Le rôle de l'état dans l'agriculture saharienne	33
II.3.2	Politique agricole dans la région de Timimoune	35
II.3.2.1	L'aménagement agricole	35
II.3.2.2	La mise en valeur	35

II.3.2.3	Périmètre de mise en valeur agricole de Baderiane.....	36
II.3.2.4	Les différents programmes nationaux de soutien agricole qui concerne au projet de périmètre de mise en valeur Baderiane.....	39
II.4	Conclusion.....	40
III.	<i>Chapitre 03 :</i>	41
III.1	Introduction	42
III.2	Introduction à la télédétection	43
III.2.1	Application terrestre	43
III.3	Landsat pour l'agriculture	44
III.4	Sentinel-2 pour l'agriculture de précision.....	45
III.5	Résolutions spectrales et indices de végétation utiles pour les fonctionnalités de Sentinel-2.....	46
III.6	Les images MODIS	48
III.6.1	Les avantages du capteur MODIS*	49
III.6.2	Caractéristiques des Images satellitaires (Landsat).....	49
III.7	Matériel et méthode.....	51
III.7.1	Délimitation des sections des périmètres de palmeraie.....	51
III.7.2	Images Landsat.....	52
III.7.2.1	Traitements des images satellites (Landsat)	52
Acquisition des images satellitaires Landsat.....		52
III.7.2.2	Extraction de l'information des images Landsat	52
III.7.2.3	Prétraitement des images Landsat	52
III.7.3	Traitement numérique	53
III.7.4	Algorithmes de classification supervisée	53
III.7.4.1	Forêts aléatoires.....	54
III.7.4.2	Composition colorée des images satellites	54
III.7.5	Classification Non supervisée ou automatique.....	55
III.7.5.1	Méthode Isodata	55
III.7.5.2	Méthode K-Means	56
III.7.6	Classification supervisée	57
III.7.6.1	Création d'un ROI en vue d'une classification.....	57
III.7.7	Résultat.....	58
III.7.7.1	Traitements après classification.....	58
III.7.7.2	Evaluation statistique de la classification.....	60
III.7.7.3	Analyse des résultats des méthodes de multi classes.....	63
III.7.8	Organigramme de travail.....	64

III.7.8.1	Segmentation	64
III.7.8.2	Classification orienté objet	65
III.7.8.3	Analyse de l'évolution de l'occupation du sol	68
III.7.8.4	Entre 1987 et 2009.....	71
III.7.8.5	Entre 2009 et 2021.....	71

Liste des figures

Chapitre 01

Figure n°01 : Localisation de la zone d'étude.....	05
Figure n°02 : Situation géologique de Timimoune.....	06
Figure n°03 : cadres géographique et physique du Touat, Gourara et Tidikelt.....	08
Figure n°04 : Carte des pentes de la région d'étude.....	09
Figure n°05 : Carte réseaux hydrographique de la région d'étude.....	10
Figure n°06 : Carte des altitudes de la région d'étude.....	11

Chapitre 02

Figure n°01: Une photo d'un petit puits construit à la main (PrixPose, 2018).....	24
Figure n°02 : Réalisation d'un forage avec une Rotary pour la mobilisation de l'eau (PrixPose, 2018).....	25
Figure n°03 : Foggara Yahia à ksar Badriane.....	26
Figure n°04 : Système d'irrigation des foggaras.....	27
Figure n°05 : Système de la répartition par la Kasria (Hidaoui ahlem, 2015).....	29
Figure n°06 : Schéma des composantes d'une foggara et son principe de fonctionnement.....	30
Figure n°7 : L'ancienne oasis de Baderiane.....	31

Chapitre 03

Figure n°04: Organigramme de travail.....	42
Figure n°02 : Caractéristiques spectrales de réflectance des cultures et représentation de MODIS (Moderate Resolution Imaging spectroradiomètre), bandes multi spectrales Landsat-8, Sentinel-2 et Plante et résolution spatiale (Remote Sensing for Précision Agriculture).....	47
Figure n°03: Plan de section des périmètres de mise en valeurs de Badriane.....	51
Figure n°04: Plan des sections superposé sur un fond Google Earth.....	52
Figure n°05: Images Landsat utilisées.....	55

<u>Figure n°06:</u> Classification par K-Means.....	56
<u>Figure n°07:</u> Signatures spectrales de chaque classe d'occupation du sol.....	57
<u>Figure n°08:</u> Classification supervisée de région de Timimoune avec l'algorithme Maximum Likelihood (image du 08-05-2021).....	58
<u>Figure n°09:</u> Carte d'Occupation du sol images 1987 par la classification de la méthode NN.....	59
<u>Figure n°10 :</u> Carte d'Occupation du sol images 2015 par la classification de la méthode SVM ; RF; NN.....	59
<u>Figure n°11:</u> Carte d'Occupation du sol images 2021 par la classification de la méthode MLC.....	60
<u>Figure n°12:</u> Carte d'occupation du sol du la région du Baderiane 1987.....	61
<u>Figure n°13:</u> Carte d'occupation du sol du la région du Baderiane 2009.....	62
<u>Figure n°14:</u> Carte d'occupation du sol du la région du Bedriane 2021.....	63
<u>Figure n°15 :</u> Organigramme d'une classification binaire.....	64
<u>Figure n°16 :</u> Carte de la répartition spatiale des palmeraies dans le périmètre du Baderiane 1987.....	66
<u>Figure n°17 :</u> Carte de la répartition spatiale des palmeraies dans le périmètre du Baderiane 2009.....	67
<u>Figure n°18 :</u> Carte de la répartition spatiale des palmeraies dans le périmètre du Baderiane 2021.....	68
<u>Figure n°19 :</u> Evolution de l'espace oasien dans le périmètre de Baderiane entre 1987 et 2021.....	69
<u>Figure n°20 :</u> Evolution de l'espace oasien dans le périmètre de Baderiane entre 1987et 2009.....	70
<u>Figure n°21 :</u> Evolution de l'espace oasien dans le périmètre de Baderiane entre 2009 et 2021.....	71

Liste des tableaux

Chapitre 01

<u>Tableau n°01</u> : Précipitation moyenne annuelle (1995-2008).....	12
<u>Tableau 02</u> : Précipitation mensuelles moyennes.....	13
<u>Tableau n°03</u> : Indice pluviométrique de la période (1986-2000) à Timimoune.....	14
<u>Tableau n°04</u> : Moyennes mensuelles des températures de la station de Timimoun (1926-2000).....	15
<u>Tableau n°05</u> : Moyenne mensuelle de l'évaporation (cm) de la station de Timimoune.....	16
<u>Tableau n°06</u> : Evaporation mensuelle et déficit en eau de la station de Timimoune.....	17
<u>Tableau n°07</u> : Vitesse et direction des vents de la station de Timimoun (1986-2000).....	17

Chapitre 02

<u>Tableau n°1</u> : Les situations des anciennes oasis à l'année 2005, en coté de l'agriculture traditionnelle	32
<u>Tableau n°02</u> : Les données de la mise en valeur.....	35
<u>Tableau n°03</u> : La répartition des périmètres de mise en valeur de Timimoune.....	36
<u>Tableau n°04</u> : du développement de la situation de périmètre de mise en valeur agricole de Badriane:.....	37
<u>Tableau n°05</u> : Les données des palmiers dattier.....	39

Chapitre 03

<u>Tableau n°01</u> : Application terrestre.....	43
<u>Tableau n°02</u> : Caractéristiques des satellites Landsat.....	44
<u>Tableau n°03</u> : Exemples d'informations de télédétection, dérivées de Sentinel-2, utilisées pour le suivi et la gestion des cultures et l'approche méthodologique utilisée.....	46
<u>Tableau n°04</u> : Caractéristiques de satellites Sentinel.....	48
<u>Tableau n°05</u> : Caractéristiques de satellites MODIS (tableau capteurs).....	49
<u>Tableau n°06</u> : Matrice de confusion pour 3 périodes.....	65

<u>Tableau n°07</u> : Taux d'évolution de l'espace oasien dans la Périmètre de Baderiane entre 1987 et 2021.....	69
---	----

Listes des graphs

<u>Graph n°01</u> : Précipitation moyenne annuelle (1995-2008).....	13
<u>Graph n°02</u> : Précipitation mensuelles moyennes.....	14
<u>Graph n°03</u> : Moyennes mensuelles des températures de la station Timimoun (1926-2000).....	15
<u>Graph n°04</u> : Vitesse et direction des vents.....	18

Références

- _ « ANALYSE DE L'OCCUPATION DU SOL POUR LE SUIVI DE L'EVOLUTION DU PAYSAGE DU TERRITOIRE OUATCHI AU SUD-EST TOGO ENTRE 1958 ET 2015 ».
- _ « Bellal et al. 2016 »
- _ « bs44573.pdf ». Consulté le: 21 avril 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs44573>.
- _ « Bisson J, 2003 » : Mythes et réalités d'un désert convoité : Le Sahara. Paris: L'Harmattan.
- _ Commune de Timimoune, 2015-Information générales sur le Périmètre de mise en valeur agricole de Baderian. Délégué de l'agriculture, municipalité de Timimoune.
- _ Côte M, 2002 : Des oasis aux zones de mise en valeur : l'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne.
- _ Claude Kergomard, «LATÉLÉDÉTECTION AÉRO-SPATIALE : UNEINTRODUCTION».
- _ Dubost D, 1986 : Nouvelles perspectives agricoles du Sahara algérien. Revue de l'Occident musulman ET de la Méditerranée.
- _ DSA, commune de Timimoune.
- _ El Faiz M, Ruf T. 2010: An Introduction to the Khettara in Morocco: Two Contrasting Cases. In: Schneier-Madanes G, Courel M-F, ed. Water and Sustainability in Arid Regions: Bridging the Gap Between Physical and Social Sciences. Dordrecht: Springer (Netherlands)
- _ « ([http:// modis-land.gsfc.nasa.gov/MOD09/MOD09ProductInfo/ MOD09_L3_8-day.htm](http://modis-land.gsfc.nasa.gov/MOD09/MOD09ProductInfo/MOD09_L3_8-day.htm)) ».
- _ « Idda.Salem, 2019 » Aménagement de l'espace oasien à foggara face aux changements des conditions hydrogéologiques et socio-économiques.- Cas des oasis de Touat, Gourara et Tidikelt (Sahara algérien) –
- _ « Mise à jour d'une base de données d'occupation du sol à grande échelle en milieux naturels à partir d'une image satellite THR ».
- _ Otmane T, Kouzmine Y, 2013 the agricultural development in the Algerian Sahara: Myths, out Comes and impacts in the Touat-Gourara- Tidikelt area. CyberGeo 2013 doi:10.4000/cybergeogeo.25732.
- _ Otman T, 2010 : Mise en valeur agricole et dynamiques rurales dans le Touat, le Gourara et le Tidikelt (Sahara algérien). Doctorat, Université d'Oran, Algérie.
- _ « PDAU Timimoune, 2022 »
- _ « Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications».
- _ « Tableau capteurs ». <http://www.cartographie.ird.fr/refugies/satellite.htm>(consulté le 7 mai 2022).