



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

Université d'Oran 2 MOHAMED BEN AHMED

Faculté : Sciences de la Terre et de L'univers

Département : Géographie et Aménagement Du Territoire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master2

Option : Géomatique

Thème

La cartographie et la caractérisation des transformations rurales et urbaines par une série temporelle des images spatiales et des SIG (Cas de la commune de Sig)

Présenté par

M^{le} Guennouni Sarra

M. Nahnouh Ilies

Les membres du jury :

Président : M. SOUIAH Sid Ahmed A, Université d'Oran2

Rapporteur : M. SMAHI Zakaria, Université de l'USTOMB (Oran)

Co-Rapporteur : M. BELMAHI Nadir, Université d'Oran2

Examineur : M^{me}. GOURINE Farida, Université d'Oran2

Année scolaire 2019/2020

Remerciement

Tout d'abord, Nous tenons à remercier avant tout ALLAH, le bon Dieu miséricordieux de nous avoir donné le courage et les moyens nécessaires d'accomplir ce modeste travail en vue de l'obtention de notre diplôme et surtout de nous avoir protégé jusqu'à nos jours.

Nous adressons nos vifs remerciements à Monsieur **BELMAHI.M. Nadir** d'avoir accepté de nous co-encadrer et nos sincères remerciements et gratitude à notre encadreur Monsieur **SMAHI. Zakaria** pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité à chaque fois que nous sollicitons son aide.

Nous tenons aussi à remercier les membres de jury M. **SOUIAH SID AHMED**, pour avoir accepté de présider le jury pour avoir bien voulu nous faire honneur d'examiner notre mémoire.

Nous tenons à remercier également les enseignants de département de géographie et d'aménagement du territoire.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre famille pour le soutien moral et les encouragements.

Enfin, nous ne pouvons clore cette page sans remercier nos chers ami(e)s pour leur sincère amitié et confiance, et à qui nous devons notre reconnaissance et notre attachement.

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à : A mes parents. Aucun hommage ne pourrait à être la hauteur de l'amour et le respect. Dons ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mes soeures (Asma, Marwa et Anfal) et mes frères (Alaa Eddin et Abdelkader) qui n'ont pas cessée de conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protèges et leurs offre la chance, le bohneuret la réussite.

A mes chères amis Amira, Imene, Halima et kenza sans oublier ma chère copine Samiha pour leurs aides et supports dans les moments déficiles.

Puisse Dieu vous donne santé, courage et surtout la réussite.

A mon binome Nahnouh Ilies pour sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.

A M. SMAHI. Zakaria. Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement, je le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur, son aide pratique et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Que Dieu lui procure bonne santé et longue vie. Un profond respect et sincères gratitude.

Sarra Gue

Dédicaces

Avec toute mon affection, je dédie ce travail aux plus chers êtres au monde mes très chers parents pour leur amour, soutien et encouragements tout au long de mon cursus les rendre fière est ma plus grande réussite, que dieu vous préserve.

A ma sœur qui est un exemple de persévérance et mon frère à qui je souhaite l'obtention du baccalauréat et un parcours tout aussi rempli de réussite.

A mon groupe d'étude du Master Géomatique, mes camarades j'espère que chacun de vous atteindra ses objectifs.

A mon binôme SARRA GUENNOUNI pour son sérieux, sa volonté et son assiduité tout au long de ce travail.

*A Monsieur **SMAHI Zakaria**, je lui adresse mes vifs remerciements pour n'avoir ménagé aucun effort et ceci malgré ses nombreuses occupations, merci de nous avoir guidé, conseillé et orienté dans notre démarche de recherche ainsi pour toute l'aide qui nous a apporté, en nous fournissant des données précises et précieuses tout au long de son encadrement, je le remercie de nous avoir motivé à donner le meilleur de nous sans manquer de patience et de bons conseils.*

A tous ceux ayant contribué à l'élaboration de ce mémoire, je vous exprime ma plus profonde gratitude.

Nahnouh Ilies

Résumé

Résumé :

La situation stratégique de la commune de Sig, en tant que lien entre l'ouest et le centre et sa proximité avec la ville d'Oran, en plus de sa caractérisation par une augmentation significative de la production d'oliviers, elle a dû connaître une mutation remarquable, c'est ce à quoi visent notre étude ; en découvrant les évolutions de l'utilisation des terres dans la commune à partir de multiples données satellitaires. Les parties et l'appréciation générale de l'impact de ces changements sur l'activité agricole et urbaine par la méthode classique d'interprétation des images basée sur l'utilisation d'un outil de systèmes d'information géographique (SIG). Ces résultats ont permis d'identifier l'évolution temporelle et spatiale de l'occupation du sol de la commune de Sig pour trois périodes (1987-2008, 2008-2019 et 1987-2019).

Mots clés : Télédétection, Occupation du sol, Traitement d'image, Série temporelle d'image satellite, Photo-interprétation, Cartographie

ملخص:

الموقع الاستراتيجي لبلدية سيق، كحلقة وصل بين الغرب والمركز وقربها من مدينة وهران، بالإضافة إلى توصيفها بزيادة كبيرة في إنتاج أشجار الزيتون، لا بد أنها خضعت لتغيير ملحوظ، هذا ما تهدف إليه دراساتنا؛ من خلال اكتشاف التغيرات في استخدامات الأراضي في البلدية من بيانات الأقمار الصناعية المتعددة وتقدير الأطراف بشكل عام لتأثير هذه التغيرات على النشاط الزراعي والعمراني بالطريقة الكلاسيكية في تفسير الصور بالاعتماد على استخدام أداة نظم المعلومات الجغرافية. مكنت هذه النتائج من تحديد التطور الزمني والمكاني لاستخدام الأراضي في بلدية سيق لمدة ثلاث فترات (1987-2008، 2008-2019 و2019-2019)

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد، استخدام الأراضي، معالجة الصور، السلاسل الزمنية لصور الأقمار الصناعية، تفسير الصور، رسم الخرائط.

Abstract:

The strategic location of the municipality of Sig, as a link between the west and the center and its proximity to the city metropolitan of Oran, in addition to its characterization by a significant increase in the production of olive trees, it must have known a remarkable mutation, that's what our studies aim at; by discovering the changes in land use in the municipality from multiple satellite data The parties and the general appreciation of the impact of these changes on agricultural and urban activity by the classic method of interpreting images based on the use of a geographic information systems tool. These results made it possible to identify the temporal and spatial evolution of land use in the municipality of Sage for a period of three dates (1987-2008, 2008-2019 and 1987-2019).

Keywords: Remote sensing, Land use, Image processing, satellite image time series, Photo interpretation, Cartography.

Sommaire

Résumé.....	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Introduction générale	Error! Bookmark not defined.

CHAPITRE I« LA REGION D’ETUDE : LA COMMUNE DE Sig » LES CARACTERISTIQUES GENERALES

Introduction.....	4
I.1 Contextes géographique régional	4
I.1.1 Cadre géographique de Mascara	4
I.1.2 Relief de la wilaya de Mascara.....	5
I.2 Contexte géographique local	7
I.2.1 Cadre géographique de Sig.....	7
I.2.2 Relief de la commune de Sig.....	7
I.2.3 Communes limitrophes.....	7
I.3 Contextes géologiques.....	9
I.4 Contexte Climatiques	9
I.4.1 Précipitation.....	9
I.4.2 Température.....	10
I.4.3 Vent	11
I.5 Contexte Hydrographiques.....	Error! Bookmark not defined.
I.6 Population.....	15
Conclusion	16

CHAPITRE II. METHODOLOGIE DE TRAITEMENT ET DESCRIPTION DES DONNEES ET DES LOGICIELS UTILISES

Introduction.....	17
II.1 Méthodologie.....	17
II.2 L’intérêt de l’utilisation de l’imagerie satellitaire.....	20
II.2.1 Le capteur Sentinel-2	20
II.2.2 Le capteur Landsat 5	21
II.3 Description des données utilisées.....	22
II.3.1 Les données cartes.....	23
II.3.2 Les données images.....	23
II.4 Matériels et logiciels utilisés	25

II.4.1	Le logiciel ENVI	25
II.4.2	L’outil SIG-MapInfo	26
II.4.3	L’outil Google Earth Pro	27
Conclusion		28

CHAPITRE III. CARTOGRAPHIE DE L’OCCUPATION DU SOL : DEMARCHE ET TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Introduction		29
III.1	Prétraitement des images	29
III.1.1	Géoréférencement des images	29
III.1.2	Extraction la fenêtre d’étude	30
III.2	Traitement des images	32
III.2.1	Analyse de corrélation des images (Choix des canaux)	33
III.2.1.1	Analyse de corrélation des bandes de Sentinel-2 (2019)	33
III.2.1.2	Analyse de corrélation des bandes TM Landsat5 (1987)	33
III.2.1.3	Analyse de corrélation des bandes TM de Landsat5 (2008)	34
III.2.2	La composition colorée	35
III.2.3	Correction géométrique des images (Landsat et Sentinel)	36
III.2.3.1	Choix des points d’AMERS (Appuis)	37
III.3	Intégration des images dans un SIG	40
Conclusion		43

CHAPITRE IV. INTERPRETATION DES RESULTATS DE L’OCCUPATION DU SOL

Introduction		44
IV.1	Evolution diachronique par la méthode de télédétection	44
IV.1.1	Le choix du capteur	45
IV.1.2	Calcul de l’évolution urbaine et agricole	46
IV.2	La progression urbaine	52
IV.3	L’évolution du paysage agricole	52
Conclusion		53
Conclusion générale		55
Bibliographie		
Webographie		

Liste des figures

CHAPITRE I. LA REGION D'ETUDE : LA COMMUNE DE « SIG » LES CARACTERISTIQUES GENERALES

Figure I.1. Situation géographique de la wilaya de Mascara.....	6
Figure I.2. Situation géographique de la commune de « Sig »	8
Figure I.3. Variation des précipitations annuelles durant la période (2003-2017).....	10
Figure I.4. Variation annuelle de température moyenne durant la période (2003-2017)	11
Figure I.5. Fréquences des vents à la station de Ghriss Mascara.....	12
Figure I.6. Contexte géographique et hydraulique du périmètre irrigué du Sig (Source: (Midoune F. 1999)	13
Figure I.7. Réseaux hydrographiques de la wilaya de Mascara et la zone d'étude « Sig »	14

CHAPITRE II. METHODOLOGIE DE TRAITEMENT ET DESCRIPTION DES DONNEES ET DES LOGICIELS UTILISES

Figure II.1. Schéma méthodologique pour l'analyse multitemporales des cartes d'occupation du sol de la commune de Sig	19
Figure II.2. ENVI : logiciel utilisé de traitements d'images	26
Figure II.3. MapInfo : logiciel utilisé pour la cartographie	27
Figure II.4. Google Earth Pro : la source de la donnée satellite	28

CHAPITRE III. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL : DEMARCHE ET TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Figure III.1. Les limites administratives de la commune de « Sig ».....	31
Figure III.2. L'extraction de la zone d'étude « Sig » à partir d'image satellitaire Sentinel-2 (2019)	32

Figure III.3. Les étapes de réalisation de la composition colorée d'image satellitaire	35
Figure III.4. Schéma démonstratif des différentes étapes de réalisation d'une composition fausse couleur de trois bandes avant l'extraction à l'aide d'ENVI 4. 7...	35
Figure III.5. Rééchantillonnage de l'image TM par rapport à celle de Sentinel.....	36
Figure III.6. Répartition des points d'appuis sur l'image Sentinel-2 (832)	38
Figure III.7. Image TM de Landsat5(321) (2008) corrigée géométriquement par rapport à celle de Sentinel-2 (2019)	39
Figure III.8. Image TM de Landsat5 (431) (1987) corrigée géométriquement par rapport à celle de Landsat TM (2008)	39

CHAPITRE IV. INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'OCCUPATION DU SOL

Figure IV.1. Illustration de la notion de résolution spatiale de l'image trichomie	44
Figure IV.2. Carte d'occupation du sol de la commune de « Sig » en 1987	46
Figure IV.3 : Carte d'occupation du sol de la commune de « Sig » en 2008	47
Figure I.V4. Carte d'occupation du sol de la commune de « Sig » en 2019	48
Figure IV.5. Le changement de superficies entre les classes d'occupation du sol.....	50
Figure IV.6. Le taux d'évolution dans la période (1987/2019) et (2008/2019) entre les classes d'occupation du sol	50

Liste des tableaux

CHAPITRE I : LA REGION D'ETUDE : LA COMMUNE DE « Sig »

LES CARACTERISTIQUES GENERALES

Tableau I.1. Les coordonnées géographiques de la zone d'étude « Sig »	7
Tableau I.2. Précipitations annuelles à la station de Ghriss (Mascara) durant la période (2003-2017)	9
Tableau I.3. Températures annuelles à la station de Ghriss (Mascara) durant la période (2003-2017)	10
Tableau I.4. Fréquences des vents.....	11
Tableau I.5. Population et densité de population de la commune de Sig selon les derniers recensements.....	15

CHAPITRE II. METHODOLOGIE DE TRAITEMENT ET DESCRIPTION

DES DONNEES ET DES LOGICIELS UTILISES

Tableau II.1. Description spectrale, spatiale et temporelle des bandes de Sentinel2...21	21
Tableau II.2. Description spectrale, spatiale et temporelle des bandes de Landsat5....22	22
Tableau II.3. Cartes topographiques utilisées	23
Tableau II.4. Les caractéristiques des images satellitaires utilisées	24
Tableau II.5. Images brutes de la zone d'étude « Sig »	24

CHAPITRE III. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL :

DEMARCHE ET TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Tableau III.1. Corrélation des bandes de l'image Sentinel-2(2019)	33
Tableau III.2. Corrélation des bandes de l'image TM (1987)	33
Tableau III.3. Corrélation des bandes de l'image TM (2008)	34
Tableau III.4. Les erreurs des points de contrôles de la correction géométrique (1987 et 2019)	37
Tableau III.5. Les erreurs des points de contrôles de la correction géométrique (2008 et 2019)	37
Tableau III.6. Les classes d'occupation du sol de la région d'étude choisies	41

**CHAPITRE IV. INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'OCCUPATION
DU SOL**

Tableau III.1. Calcul des superficies et du changement entre les classes
de l'occupation du sol.....49

Introduction générale

Depuis plusieurs décennies, l'observation de la Terre permet de mieux comprendre notre planète. Au cœur des enjeux sur les changements globaux, la caractérisation des dynamiques liées aux transformations des surfaces continentales, consommation des surfaces agricoles, déforestation ou encore étalement urbain est essentielle.

Dans ce contexte, la télédétection spatiale offre la possibilité de cartographier fréquemment l'ensemble de la planète. Plus spécifiquement, les images issues des acquisitions satellitaires permettent de produire des cartes qui donnent une représentation graphique relative aux surfaces terrestres comme l'occupation des sols.

L'examen des images satellites de différentes périodes va permettre de suivre l'évolution des espaces verts et les surfaces d'eau dans la zone d'étude, ce qui sera un moyen facile et moins coûteux et rapide pour réaliser des cartes d'évolution spatiotemporelle de l'occupation du sol. Ces dernières serviront de document de base pour toute décision sur l'aménagement urbain ou agronomique de la commune de Sig.

Un tel travail nécessite le recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication combinées avec le traitement de l'image en aménagement du territoire, en un mot le recours aux Système d'Information Géographiques (SIG) même si par ailleurs les méthodes (acquisition et traitement des images) employées pour la compréhension de ce phénomène de l'espace sont lourdes à mettre en œuvre et parfois très onéreuses.

Le présent travail réalisé à partir de l'interprétation des images satellitaires est organisé en quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre présentation de la zone d'étude donne la localisation, les grands traits physiques (à savoir le relief, l'hydrologie, le climat...) et humains ;
- ✓ Le deuxième chapitre, intitulé « Méthodologie et description des données, des outils et les logiciels utilisés » présente la méthodologie, les données et les

Introduction générale

déférents outils utilisés pour extraire l'information les systèmes et les logiciels utilisés et son fonctionnement ;

- ✓ Le troisième chapitre prend en charge le prétraitement et le traitement des données obtenues à partir des images satellitaires ;
- ✓ Le quatrième chapitre présente les résultats de ce travail et les discussions. Il s'agit essentiellement des résultats statistiques et cartographiques et de leurs commentaires.

Problématique et méthodologie de recherche

La télédétection est une discipline qui touche à de nombreux secteurs (sanitaires, biologiques, océanographiques, agricoles, etc.). Par ces champs d'action, cette discipline aide dans la prise de décision ainsi que dans l'apport d'informations. Néanmoins, le monde ainsi que la société étant en pleine mutation, ces informations issues des données de télédétection doivent être constamment renouvelées. Dans cette étude, nous tenterons d'utiliser la technique d'imagerie satellitaire et d'analyser les résultats obtenus, pour comprendre l'évolution du bâti et la transformation de l'espace rurale dans la commune de Sig (Wilaya de Mascara). Pour ce faire, la problématique peut être énoncée comme suit : Dans quelle mesure la télédétection participe-t-elle à la compréhension de la dynamique Rurale et Urbaine dans la commune de Sig ?

De nombreuses recherches ont été effectuées sur le terme de l'utilisation de la télédétection dans la mesure l'étalement urbain, de nombreux chercheurs ont accordé un intérêt à cette méthode d'extraction du bâti à partir des images satellitaires (*Christiane Weber, 1995 ; Anne Puissant, 2003 ; Stephane L'homme, 2005 ; Imane Sebari et Denis Morin, 2010 ; Françoise Dureau 1995*). En plus d'avoir tous axé leurs recherches sur un territoire particulier (*Rahim Aguejdad et Laurence Hubert-Moy, 2016*) une bonne majorité de ces études s'avèrent aujourd'hui rétrograde à cause notamment de l'évolution des technologies dans ce domaine ainsi que l'évolution continuelle du bâti. A l'issue de ces recherches, il s'est avéré qu'aucune étude n'a abordé le thème de la télédétection centré sur la commune de Sig.

Introduction générale

La procédure de recherche de données peut se subdiviser en plusieurs parties. La première consiste à chercher des informations sur internet par le biais de différents moteurs de recherches, tant sur les sites statistiques des régions d'études que la documentation fournie. Ensuite, un inventaire d'une bibliographie scientifique a été réalisé dans le but de mieux nous enquêter du sujet. Ces recherches se sont de plus poursuivies en bibliothèques en ligne universitaires seulement à cause de la pandémie du corona virus 19 alors une insuffisance des données qui traitent la thématique sur notre zone d'étude. Enfin, une sortie sur terrain accompagnée par des cours et des explications en ligne avec Monsieur **Smahi Zakaria** sur la plateforme skype ont été réalisés en vue de tester l'éventualité d'application de certaines méthodes d'analyses et surtout la validation de certaines classes d'occupation du sol.

Chapitre I

*« La région d'étude : la commune de Sig » Les
caractéristiques générales*

Introduction

Cette partie du mémoire consistera à présenter dans les grandes lignes la commune de « Sig », ses objectifs et ses particularités. Ensuite, tentera de décrire l'urbanisation et les changements enregistrés dans l'utilisation du sol.

D'un côté, l'extension du bâti ne peut se faire sans conséquences. Lorsqu'une ville se développe, elle transforme l'occupation du sol. Cette urbanisation est donc essentiellement préjudiciable au milieu naturel qui l'accueille (*Burel et Baudry, 1999*). C'est ainsi que les changements d'occupation du sol consistent la plupart du temps en une déforestation : les forêts primaires sont abattues au profit de plantations ou d'activités agricoles qui accompagnent l'évolution d'une ville avec une population croissante toujours plus demandeuse en ressources dont l'espace. D'après la FAO (2010), ce sont ainsi chaque année plus de 13 millions d'hectares de forêt qui partent en fumée. La télédétection est un outil très performant qui, bien qu'existant depuis plusieurs décennies, continue de progresser et connaît de nos jours de nouvelles perspectives de recherche en s'appliquant aux nombreuses problématiques actuelles. Son utilité dans le cadre d'études de dynamique d'occupation du sol est donc évidente. En effet, les trois types de résolutions –spatiale, spectrale et temporelle –ouvrent de nombreuses potentialités d'analyse. Dans les pays du sud où il est difficile d'obtenir des informations géoréférencées de base et où les modes de développement des villes sont très divers, la télédétection apporte un avantage certain, comparé aux instruments traditionnels d'observation (*Benchekroun, 1995*).

I.1 Contextes géographique régional

I.1.1 Cadre géographique de Mascara

La Wilaya **de Mascara** se situe au Nord-ouest de l'Algérie, à 361 kilomètres de la capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 5135 km², avec une population de 86428 habitants en 2019, elle est administrativement limitée par les wilayas suivantes (**Figure I.1**) :

- Au nord par la wilaya de Mostaganem et d'Oran ;
- Au sud par la wilaya de Saida, Sidi Bel ;
- A l'ouest par la wilaya d'Oran et Sidi Bel Abbes ;
- A l'est par la wilaya de Mostaganem, Relizane et Tiaret.

I.1.2 Relief de la wilaya de Mascara

La wilaya de Mascara fait partie intégrante de la région du Tell. Sur le plan physique, elle présente quatre grandes zones distinctes :

- Les plaines de Sig et de Habra au Nord, couvrent 25 % du territoire de la Wilaya.
- Les monts des Beni-Chougrane en amont, couvrent 32 % du territoire de la Wilaya.
- La plaine de Ghriss au centre, couvrent 27 % du territoire de la Wilaya.
- Les monts de Saïda au Sud, couvrent 16 % du territoire de la Wilaya.

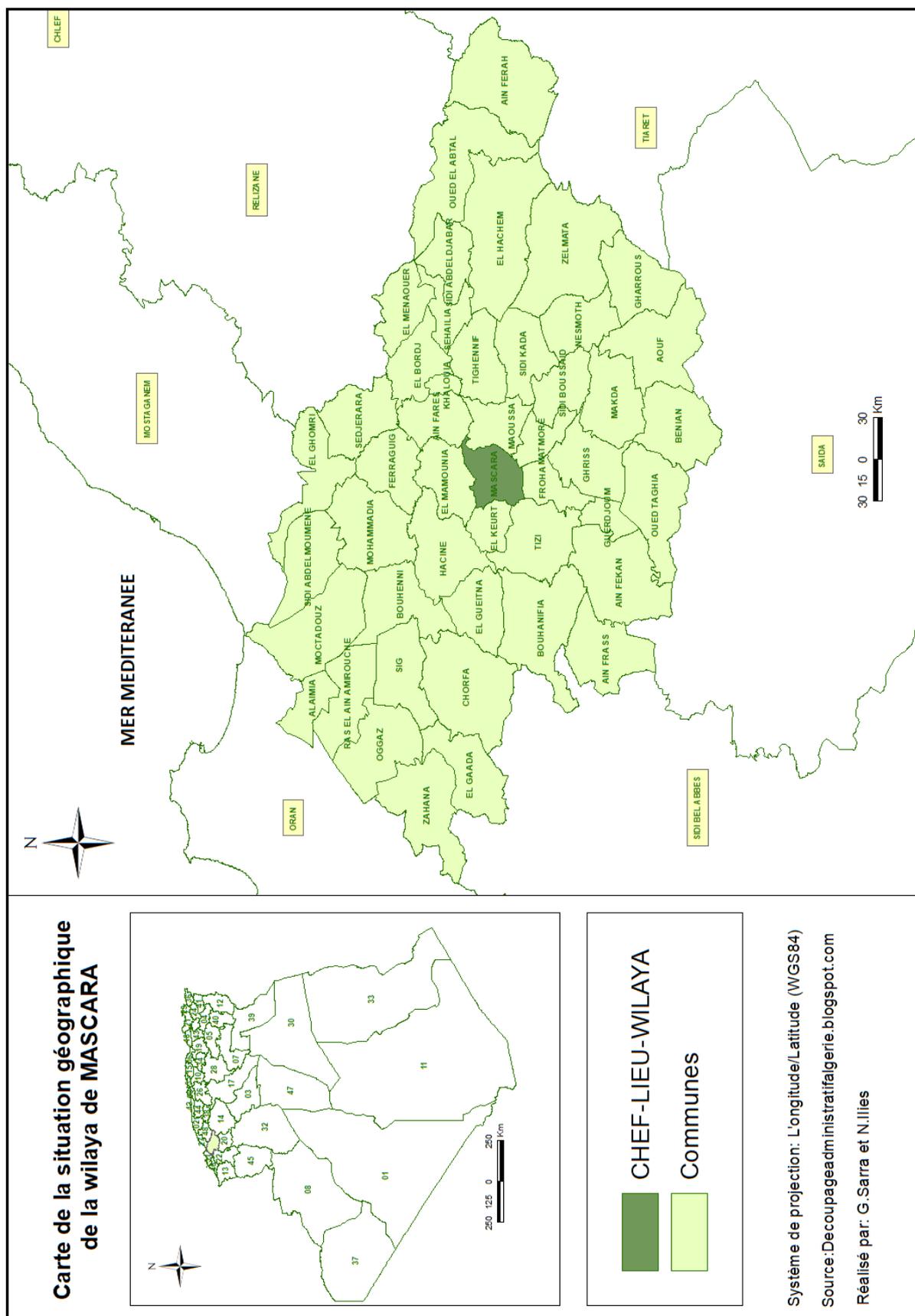


Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Mascara.

I.2 Contexte géographique local

I.2.1 Cadre géographique de Sig

Le territoire de la commune de Sig est situé dans la partie Nord de la wilaya de Mascara, à environ 33 km au Nord-Ouest de Mascara, 29 km de la mer, et à environ 43 km au Sud-Est d'Oran. Il est situé dans la partie orientale de l'Ouest Algérien (Fig1.), entre le plateau de Mostaganem au Nord-Est, les chainons du djebel Milar et du djebel El-Djir, le massif des Beni Chougrane au Sud. Il ne communique avec la mer que par l'ouverture de la Macta et ne peut se déverser, que lorsque les eaux submergent le bas de la plaine.

I.2.2 Relief de la commune de Sig

Sig est située à 56 m d'altitude et à une trentaine de kilomètres de la mer à vol d'oiseau. La ville est limitée au sud, par les monts des Ouled Ali, dont le djebel Touakes à 429 m domine la ville, et dans la direction de Mascara, par le djebel Bou Sella, au-dessus de l'Union du Sig (une réalisation du fourierisme), enfin par le djebel Ben Djouane (429 m). Elle est traversée par l'Oued Sig (Mekerra), qui prend ses sources au Sud de la ville de Tlemcen, et passe par Sidi Bel Abbès.

Tableau I.1 : Les coordonnées géographiques de la zone d'étude « Sig ».

Géographie	
Coordonnées	35°31'60" Nord, 0°10'60" Ouest
Altitude	57
Superficie	125Km ²

I.2.3 Communes limitrophes

Administrativement, il appartient à la Daira de Sig dans la wilaya de Mascara. Il s'étale sur le territoire des trois communes de Sig, Bou Henni, Chorfa.

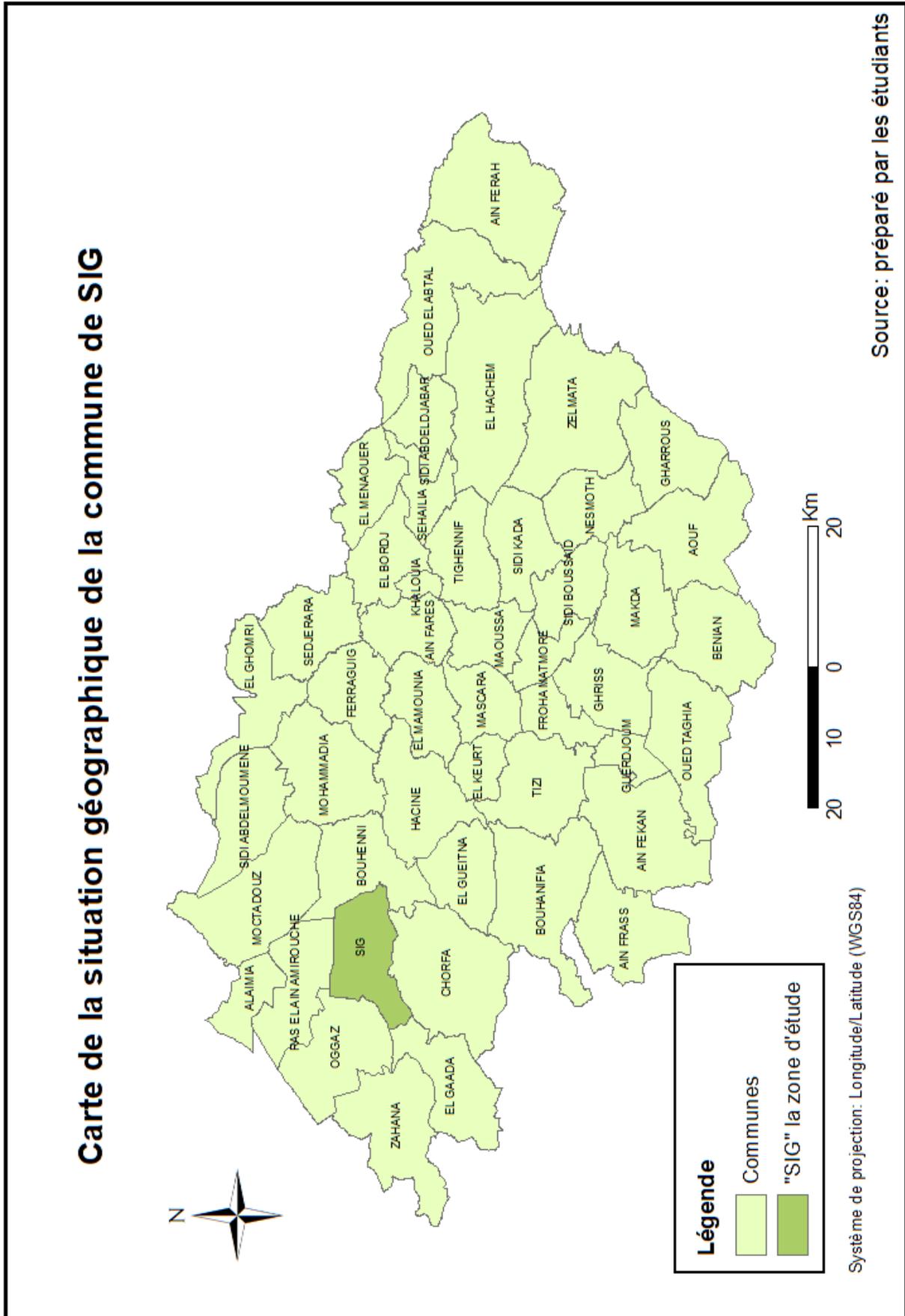


Figure I.2 : Situation géographique de la commune de « Sig ».

I.3 Contextes géologiques

La région de Sig semble être une partie large et basse de la plaine de La Macta, elle se compose principalement de deux parties principales :

Partie Nord : C'est une zone steppique, dont la surface est caractérisée par la planéité et occupe environ 78% de la superficie de la commune. Quant aux pentes, elle est faible pour ne pas dépasser 5%, connue sous le nom de Plaine de SIG cultivé ou le périmètre irrigué.

Partie Sud : C'est une zone montagneuse où le point culminant est atteint 429m mètres, ce qui explique que cette partie est plus raide que la partie nord, où le degré de pente varie entre 10% et plus de 20%.

La zone entre ces deux parties est sur laquelle la ville a été établie, et elle est quelque peu élevée, avec une pente de 10 % à 15%.

I.4 Contextes Climatiques

La région étudiée fait partie de la région ouest de l'Algérie, à 70 mètres au-dessus du niveau de la mer, Mascara (plaine de Sig), elle couvre 3 communes (Sig, Bou Henni, Chorfa), Elle a un climat suivant qui est affecté par les courants marins provenant de l'exutoire d'El Macta, elle se caractérise par un climat semi-aride et aride tempéré avec une pluviométrie inférieure à 300 mm/an. L'étude climatique s'est basée sur les données relatives à la période 2003 à 2017 au niveau de la station de Ghriss, qui est la station la plus proche de la région de Sig (58.6km).

I.4.1 Précipitation

La pluie est l'un des éléments les plus importants du climat, et la seule source en termes d'approvisionnement en eau en alimentant la couche souterraine et les barrages.

Tableau I.2. Précipitations annuelles à la station de Ghriss (Mascara) durant la période (2003-2017).

ANS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Moy
P(mm)	379.9	425.2	238.9	669.8	420.9	1012.7	372.8	443.9	433.3	435.2	582.8	431.5	355.1	412.8	333.3	463.2

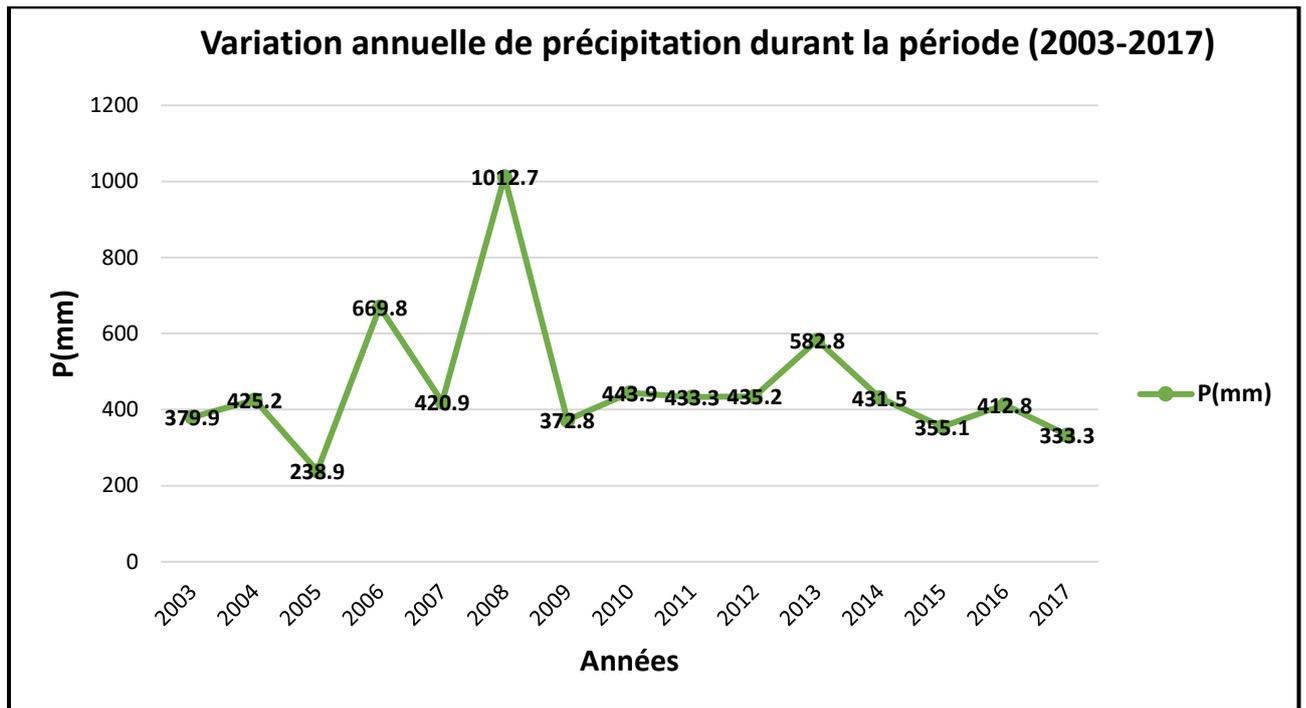


Figure I.3. Variation des précipitations annuelles durant la période (2003-2017).

L'étude des précipitations annuelles durant la période (2003-2017) permet de constater que l'année 2013 est la plus pluvieuse (1012.7mm) et on remarque que les précipitations annuelles de l'année 2005 est plus faible (238.9mm) par rapport aux autres années. La moyenne annuelle est de 463.2 mm.

I.4.2 Température

La température joue un rôle très important par son influence sur les autres paramètres météorologiques tel que l'évaporation et le taux de l'humidité de l'atmosphère.

Tableau I.3. Températures annuelles à la station de Ghriss (Mascara) durant la période (2003-2017).

ANS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Moy
TC°	18.2	17.9	17.5	18.5	17.3	18.3	18.3	18.3	18.2	17.9	17.1	18.1	18.3	18.3	18.7	18.06

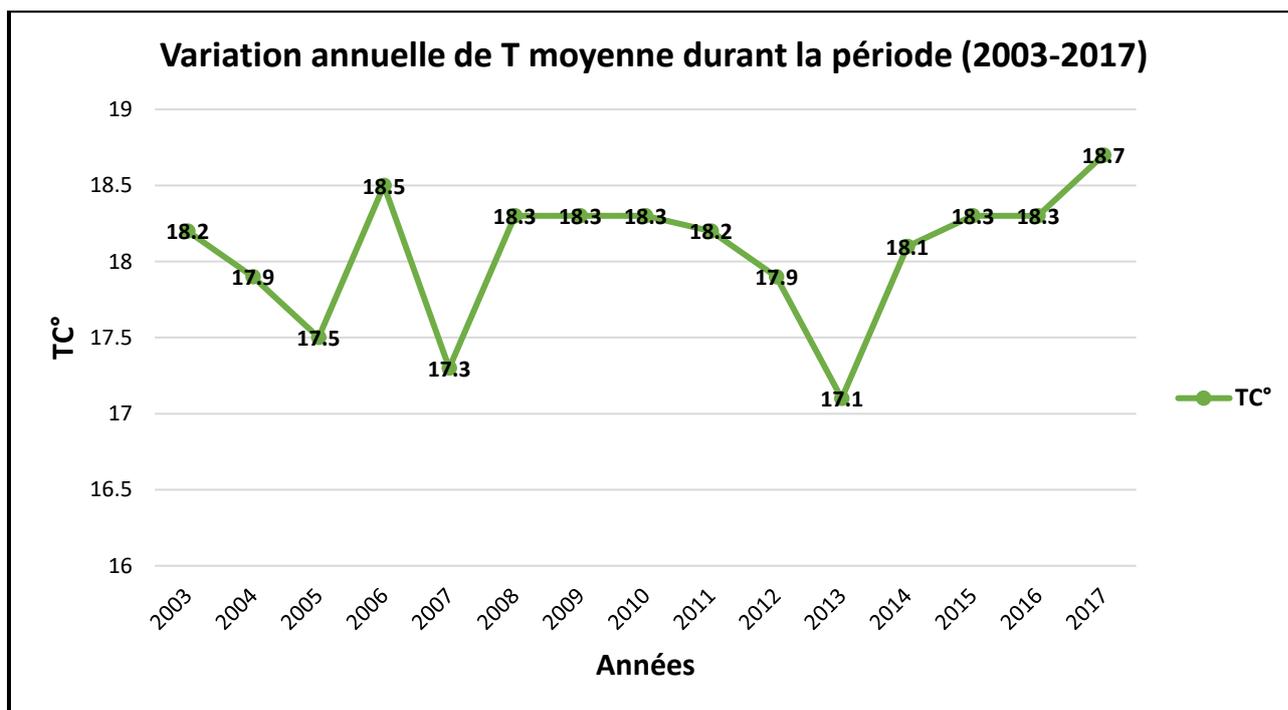


Figure I.4. Variation annuelle de température moyenne durant la période (2003-2017).

L'étude des températures moyenne annuelles durant la période (2003-2017) permet de constater que l'année 2017 est la plus chaude avec une température moyenne de (18.7°C) et on remarque que la température moyenne de l'année 2013 est la plus basse (17.1°C) par rapport aux autres années. La moyenne annuelle est de 18.06c.

I.4.3 Vent

Le vent est un des éléments le plus caractéristique du climat, il est un avantage en apportant de l'humidité et en même temps nocif s'il est sec, ce qui entraine le dessèchement de la zone. Par conséquent, la municipalité de la commune de Sig est exposée à des vents chauds, secs, chargés et poussiéreux, mais la proximité de la zone avec la mer contribue à adoucir l'air à travers l'exutoire de La Macta. A partir des données établies à la station météorologiques de Mascara, au cours de la période (1977-2000), nous avons construit la (**Figure I.5**).

Tableau I.4. Fréquences des vents.

N	NE	E	ES	S	SW	W	NW
17%	5%	4%	3%	6%	7%	35%	23%

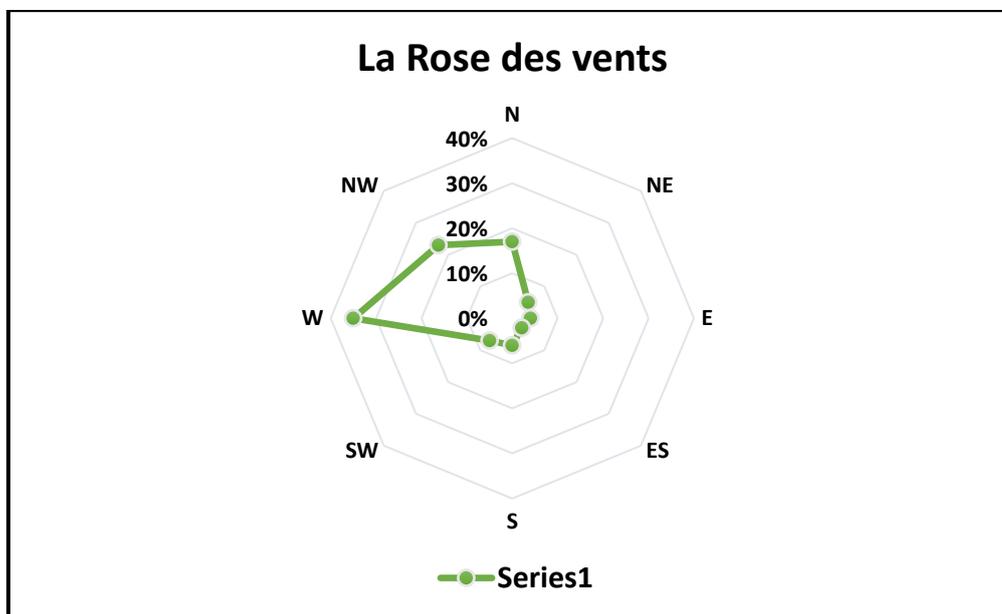


Figure I.5. Fréquences des vents à la station de Ghriss Mascara.

Les vents de direction Ouest sont les plus fréquents, alors que les vents soufflant du Sud-Est sont peu fréquents.

La ville est caractérisée par un hiver peu rude par rapport à d'autres régions, et un été assez chaud, la pluviométrie quant à elle ne dépasse les 400 millilitres par an.

I.5 Contextes hydrographiques

L'alimentation en eau du périmètre de Sig est en principe assuré par deux barrages de régulation (le Sarno et Cheurfas est situé à 20km de la ville). le Sig est un petit barrage de dérivation, il assure la régularisation et la distribution de l'eau d'irrigation au périmètre et alimente après plusieurs traitements la zone industrielle et certains quartiers de la ville de Sig en eau potable et industrielle.

Les lâchers du barrage du Sarno se sont arrêtés en 1982 pour les besoins des populations de la moyenne Mékerra dans la wilaya de Sidi Bel Abbes alors qu'il a été conçu en 1950 pour l'irrigation exclusive de ce périmètre bien avant le découpage administratif de 1985. le périmètre de Sig s'est ainsi retrouvé sans barrage de régulation étant donné que l'ancien barrage du Cheurfas (construit en 1873) était déjà hors service depuis 1975 à cause de sa boue; il n'a été remplacé par Cheurfas qu'après (1992) durant toute cette période (1982-1992) le périmètre du Sig s'est transformé pratiquement en périmètre « irrigable » (ANTB).

- L'irrigation de ce périmètre est assurée par le barrage Cheurfas d'une capacité totale de 82 hm³ en passant par le petit barrage de Sig (150 000 m³).

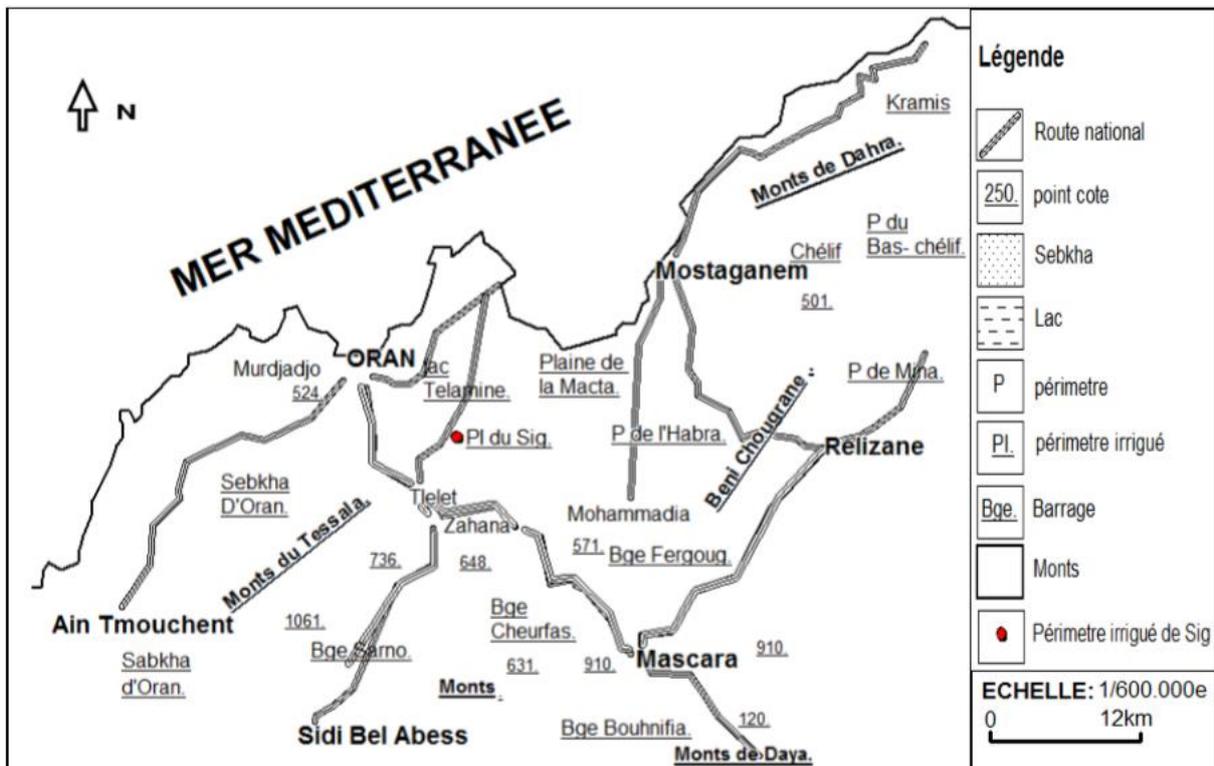


Figure I.6. Contexte géographique et hydraulique du périmètre irrigué du Sig

(Source: **Midoune F. 1999**).

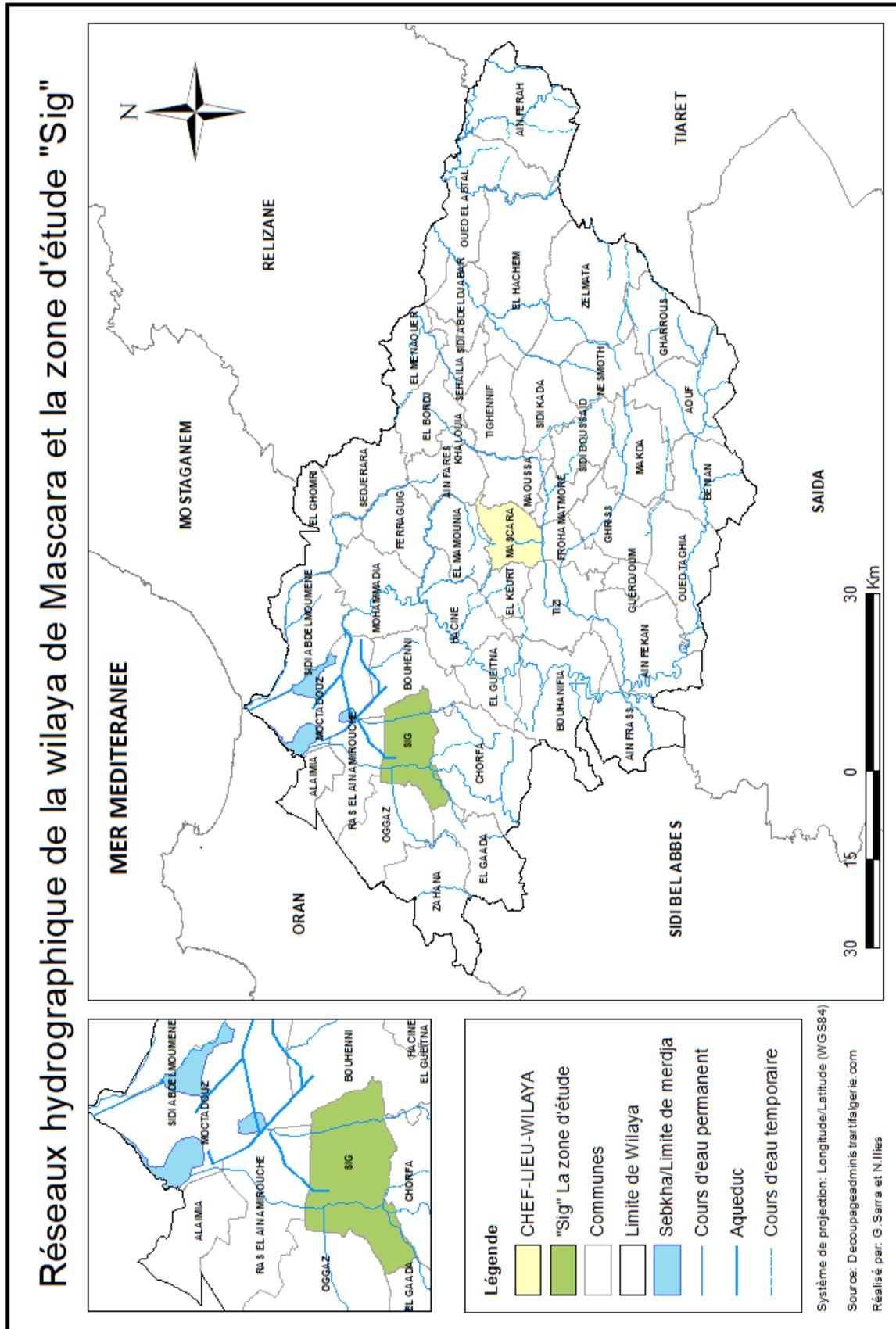


Figure I.7. Réseaux hydrographiques de la wilaya de Mascara et la zone d'étude « Sig ».

I.6 Population

Le facteur démographique ou humain est l'un des indicateurs de base de toute étude de planification ou de remise en état car le processus de planification est toujours fait pour les intérêts de l'homme.

Cet élément affecte de manière directe ou indirecte, que ce soit lors de sa préparation pour le processus de production ou lors du calcul des taux de consommation, car les données humaines sont ce qui contrôle l'équilibre qui doit être entre l'utilisation et la production, la consommation et le besoin.

Afin de maintenir cet équilibre, nous devons collecter les données statistiques et humaines de la zone d'étude afin de connaître les résultats des analyses démographiques, et ainsi répondre aux besoins et besoins futurs de la population.

La répartition de la population est influencée par des facteurs naturels, car elle joue un rôle efficace dans la vie, la stabilité et le développement de la population. Par conséquent, la densité de la population peut être répartie comme suit :

Tableau I.5. Population et densité de population de la commune de Sig selon les derniers recensements.

Population (Habitants)				Densité (Habitants /Km ²)			
1987	1998	2008	2019	1987	1998	2008	2019
44234	60783	71878	86428	353	486	575	692

Source : **Office national des statistiques (O.N.S).**

D'après le tableau, on constate que la population de la commune de Sig est en constante augmentation au vu des trois dernières statistiques, ce qui indique que les conditions de vie étaient propices à la stabilité de la population et cela est illustré par la densité de population dans la zone qui a atteint lors du recensement de 2008 environ 575 Hab/Km², alors qu'en 1998 elle atteignait environ 486 Hab/Km².

Les données statistiques de 2019 représentent une projection sur cette année en se basant sur les recensements antérieurs (**Source ONS**).

De plus, la commune de Sig connaît une croissance de 2%, qui fait d'elle une terre d'émigration, avec plus de 70 000 habitants, si bien qu'en 2018, la population a atteint 87076 Habitants (**Source : aniref.dz**).

Conclusion

La commune de Sig bénéficie d'un excellent emplacement en tant que lien entre l'Ouest et le centre et sa proximité avec la ville métropolitaine d'Oran, en plus de la facilité du terrain et de l'adéquation des conditions climatiques. Elle dispose d'un réseau routier adapté dans tous les états de la patrie. Tous ces facteurs ont facilité le développement rapide de la population d'année en année, ainsi que ces conditions son impact est important dans l'augmentation de la population, le développement de ses activités, la création d'emplois, ainsi que les exigences de la vie quotidienne, ce qui encourage les habitants à construire et à s'installer dans leur région. Quant à l'activité économique de la population, la communauté rurale de la commune est une société agricole.

Chapitre II

Méthodologie de traitement et description des données et logiciels utilisés

Introduction

La télédétection est une discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures effectuées à distance et d'images obtenues à l'aide de plates-formes terrestres, maritimes, ou aéroportées, ou de plates-formes spatiales telles que les satellites.

Actuellement, les images numériques de la surface terrestre produite par la télédétection sont plus que des jolies images; ce sont des informations qui facilite de la découverte et l'acquire de la décision. Elles permettent par exemple de suivre la dynamique spatio- temporelle des ressources d'une région donnée.

Cette étude porte sur les méthodes d'identification et de cartographie de l'occupation des sols à partir des images satellitaires (Sentinel 2 et Landsat 5) dans la commune de Sig.

Le but de notre travail est l'élaboration des cartes d'occupation du sol en fonction du temps. A cet effet, notre approche est basée sur l'acquisition des images satellitaires de différentes périodes des années 1987,2008 et 2019 pour cartographier des formations végétales et forestières ainsi que les extensions urbaines de notre zone d'étude s'appuient surtout sur l'analyse et l'exploitation des données fournies par l'image satellitaire Sentinel-2 de 2019 et celle de TM de Landsat 5 de 1987 et de 2008.

II.1 Méthodologie

Cette partie concerne la mise au point de la méthodologie appliquée pour la réalisation de la carte d'occupation du sol dans la région de Sig. Dans notre cas, un type d'approche complémentaire: S'appuyant sur le traitement des images satellitaires, prises de différentes dates, a été employée dans le but de faire caractériser les changements du milieu. Le résultat de traitement de données permet d'aboutir à une cartographie aussi bien de l'évolution spatiale des divers processus que leurs traits essentiels.

En outre, l'intérêt des images satellites peut être mesuré par une comparaison entre l'apport fourni par les images et celui donné par l'ensemble des autres documents disponibles. L'intérêt de cette partie est de montrer la méthode adoptée pour analyser les données de bases à savoir :

- Le traitement des images satellitaires pour réaliser la classification.
- La validation des classes avec les relevés de terrain.
- Intégration des données dans l'outil SIG.
- Cartographie des changements multitudes.

Ainsi, la **Figure II.1** montre l'aspect méthodologique et traitement adoptés pour la réalisation de l'analyse de changement urbains et rurale de la région de Sig.

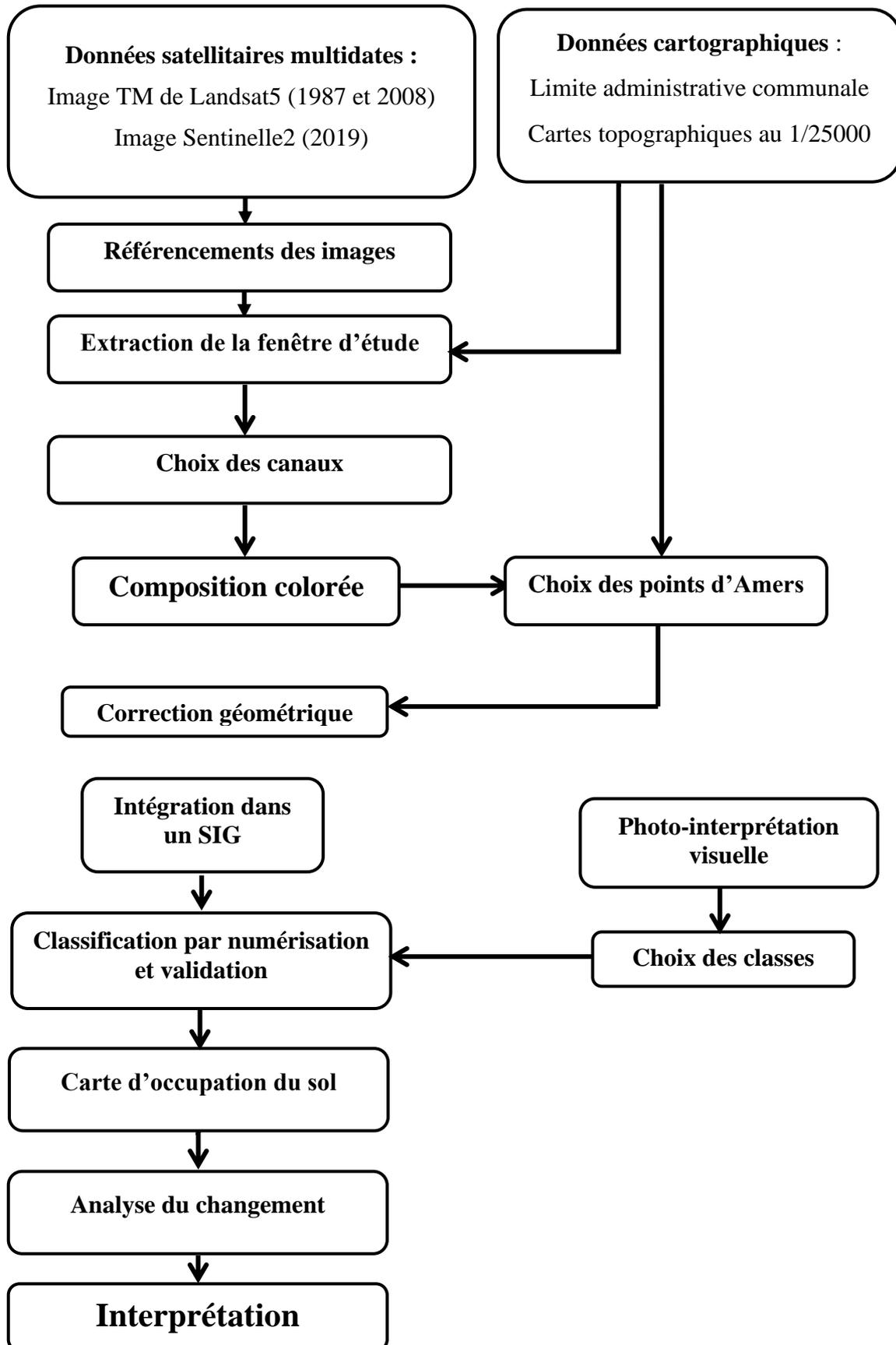


Figure II.1. Schéma méthodologique pour l'analyse multidates des cartes d'occupation du sol de la commune de Sig.

II.2. L'intérêt de l'utilisation de l'imagerie satellitaire

Les images satellitaires constituent un outil important dans la cartographie de l'occupation du sol ; elles sont descriptives et apportent une information à la fois spatiale, beaucoup plus importante par rapport aux autres sources d'information (*Pouchin, 2001*), et spectrale permettant la caractérisation des objets dans une large bande spectrale. Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'informations attachés à une localisation géographique. Cela permet d'utiliser ces données de télédétection dans un processus de gestion des ressources en les combinant avec des données pluri-thématiques et multi sources. C'est dans cette intégration des données que le potentiel de développement des applications de télédétection est le plus important.

Les images satellite sont très riches en informations de toutes sortes. L'information obtenue par les images satellite permet non seulement de fabriquer et de mettre à jour des cartes, mais elle permet aussi d'analyser divers aspects du territoire. Les images satellites ne sont généralement pas aussi précises que les photographies aériennes, mais elles couvrent de grands territoires et permettent des analyses régionales. Dans ce sens le traitement effectué est tel que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence.

II.2.1. Le capteur Sentinel-2

Une série de satellites de l'ESA : Agence Spatial Européenne fournit des données d'observation optique des sols développée dans le cadre du projet Copernicus , il existe deux satellites jumeaux ; Sentinel-2A a été lancé le 23 juin 2015 et Sentinel-2B a été lancé en Mars 2017, leur durée de vie prévue est de sept ans, et les satellites S2C et S2D destinés à remplacer la première génération sont déjà en construction (Investissement rentables sur long terme) ,sous un objectif de fournir aux pays européens des données complètes et actualisées leur permettant d'assurer le contrôle et la surveillance de l'environnement ; l'observation de l'évolution de la végétation, de l'occupation des sols, ainsi que l'impact du réchauffement climatique.

Chaque satellite, d'une masse d'environ 1 200 kg, emporte une charge utile constituée par l'imageur multi-spectral MSI avec un cycle orbital 10 jours, et d'une orbite polaire héliosynchrone. Ils réunissent pour la première fois, les caractéristiques principales suivantes :

- Haute résolution (10m, 20m ou 60m) en fonction des bandes.
- Observation systématique de toutes les terres émergées avec un champ de 290 km de fauchée.
- Revisite fréquente : chaque pixel de terres émergées sera observé tous les 5 jours à l'équateur (l'heure de passage 10h30).
- Richesse spectrale ; 13 bandes, du visible au moyen infra-rouge.

Tableau II.1. Description spectrale, spatiale et temporelle des bandes de Sentinel-2.

Sentinel-2				
Résolution spatiale	Bandes	Centre(nm)	Largeur(nm)	Résolution temporelle
10m	B2	490	65	5 jours
	B3	560	35	
	B4	665	30	
	B8	842	115	
20m	B5	705	15	
	B6	740	15	
	B7	783	20	
	B8a	865	20	
	B11	1610	90	
	B12	2190	180	
60m	B1	443	20	
	B9	945	20	
	B10	1375	30	

II.2.2. Le capteur Landsat 5

La mise sur orbite de la série des satellites Landsat 5 résulte dans le prolongement du programme Landsat de la **NASA** : National Aéronautiques and Space Administration, lancé le 1er mars 1984 et a été conçu et construit en même temps que Landsat 4. Il transportait la même charge utile : lesystème de scanner

multispectralMSS et les instruments Thematic MapperTM, visant à réaliser un satellite spécifiquement destiné à l'observation de la terre, afin d'évaluer les ressources potentielles (ERTS : Earth Resources Technology Satellite). Il se distingue par les caractéristiques suivantes :

- Résolution optique de 30 mètres (120 mètres sur la bande 6).
- Le satellite repasse tous les 16 jours au-dessus du même point.
- Observation en lumière visible et infra-rouge dans 7 bandes spectrales.

Survivant à sa durée de vie de trois ans, Landsat 5 a fourni des données mondiales de haute qualité sur la surface terrestre de la Terre pendant 28 ans et 10 mois, établissant officiellement un nouveau titre Guinness World Records pour « Le satellite d'observation de la Terre le plus ancien ».

Tableau II.2. Description spectrale, spatiale et temporelle des bandes de Landsat 5.

Landsat 5 TM				
Résolution spatiale	Bandes	Centre (µm)	Utilisation	Résolution temporelle
30m	TM1	0.45-0.52	Différenciation sol/végétaux, zones côtières	16 jours
	TM2	0.52-0.60	Végétation	
	TM3	0.63-0.69	Différenciation des espèces végétales	
	TM4	0.76-0.90	Biomasse	
	TM5	1.55-1.75	Différenciation neige /nuage	
	TM7	2.08-2.35	Lithologie	
120m	TM6	10.40-12.50	Thermique	

II.3. Description des données utilisées

L'ensemble des données utilisées est traité à l'aide de deux logiciels : ENVI 4.7 consacré au traitement d'images et le système d'information géographique SIG-MapInfo 11.0, pour la cartographie et le développement des approches spatiales. Ainsi dans notre étude, deux types de données ont été utilisées :

II.3.1. Les données cartes

Les données cartes concernent les cartes topographiques à l'échelle du 1/25000ème couvrant la commune d'étude (Tableau ci-dessous) et aussi la carte de la limite administrative de la commune de Sig. Toutes ces cartes sont fournies par l'Institut Nationale de Cartographie et de Télédétection (INCT).

Tableau II.3. Cartes topographiques utilisées.

Numéro de la carte	Nom de la carte	Année d'édition	Extension spatiale	Echelle
NI-30-XXIV-44	SIG	1987	0°15'00"W – 0°00'00"W 35°30'00"N -35°37'30"N	25000
NI-30-XXIV-43	SIG	1988	0°30'00"W – 0°00'00"W 35°30'00"N -35°37'30"N	25000
NI_30_XXIV_62 Ouest	BOUHANIFIA	1989	0°15'00"W – 0°00'00"W 35°22'30"N -35°30'00"N	25000
NI_30_XXIV_61 Est	BOUHANIFIA	1989	0°22'30"W – 0°00'00"W 35°22'30"N -35°30'00"N	25000

II.3.2. Les données images

Les données images concernent les images satellitaires du capteur thématique Mapper (TM) du satellite Landsat5 des années 1987 et 2008 et celle du satellite Sentinel-2 de 2019 (voir tableau II.4)

Ces images ont été obtenues et fournies gratuitement par l'agence spatiale américaine (NASA) par le biais de la plate-forme de l'institut des études géologiques américain (USGS).

La sélection des images dans le cas de notre étude, doit se faire sur la base de critères similaires, notamment au niveau de la saison d'acquisition afin d'avoir un meilleur contraste entre les espaces végétalisés et les sols nus. Nous choisissons donc une période où les cultures n'ont pas encore été récoltées et donc avec le moins de champs labourés ou nus : nous nous permettons ainsi un intervalle entre le mois d'Avril et le mois de Mai, période où la majeure partie de la végétation est turgescente.

Tableau II.4. Les caractéristiques des images satellitaires utilisées.

	TM de Landsat5		Sentinel-2
Date de prise de vue	18/05/1987	25/04/2008	11/05/2019
Heure de prise de vue	10h02mn	10h27mn	10h50mn
Taille de la scène (km)	232 x 210	237 x 210	109.8 x 109.8
Résolution au sol (m)	30	30	10
Format	GeoTiFF	GeoTiFF	JP2
Path/Raw	198/35	198/35	198/35

Tableau II.5. Images brutes de la zone d'étude « Sig ».

Trichromie de l'image TM 1987 de la scène 198-35.	Trichromie de l'image TM 2008 de la scène 198-35.	Trichromie de l'image Sentinel-2 de 2019.
		

Dans notre cas d'étude, on a choisi d'utiliser la combinaison usuelle. Cette dernière se traduit par la superposition des quatre canaux :

- Du proche infrarouge B5, le rouge B4, le vert B3 et le bleu B2 de l'image satellitaire Sentinel-2.
- Du proche infrarouge TM4, le rouge TM3, le vert TM2 et le bleu TM1 de l'image satellitaire Landsat5.

Ils sont utilisés par la plupart des scientifiques pour la visualisation et l'interprétation de l'occupation du sol. Cette combinaison paraît la plus appropriée dans notre cas. Elle permet de distinguer entre les différentes occupations de sol. En effet, chaque objet ayant sa propre réflectance, les bandes spectrales du visible (bleu, vert, rouge) seront largement utilisées pour visualiser la présence de l'eau, celles du proche infrarouge pour cartographier la végétation. (**Source : Applisat.fr** : Comment choisir son image satellitaire ?)

II.4. Matériels et logiciels utilisés

Pour cette étude, nous nous sommes contraints à utiliser uniquement des logiciels de traitement d'images spatiales et outils d'analyse spatiale (SIG) pour la réalisation des cartes d'occupation du sol issu des images satellites.

II.4.1. Le logiciel ENVI

ENVI (Environment For Visualizing Images) est un logiciel permettant la lecture et le traitement des images et des données numériques géospatiales et plus précisément les images satellitaires.

Celui-ci dispose, en effet, en un seul package d'un ensemble d'outils particulièrement avancés, faciles d'utilisation et interactifs : analyse spectrale, correction géométrique et géoréférencement, analyse topographique ...etc. Ce logiciel a la particularité d'être le plus utilisé est recommandé grâce notamment au fait qu'il supporte un grand nombre de formats de fichier, de toutes tailles. Il dispose aussi de son propre format, mais le plus important est que le résultat du travail sous ENVI facilite le travail sous d'autres logiciels de cartographie par la suite. Nous utilisons la version 4.7 de ce logiciel.

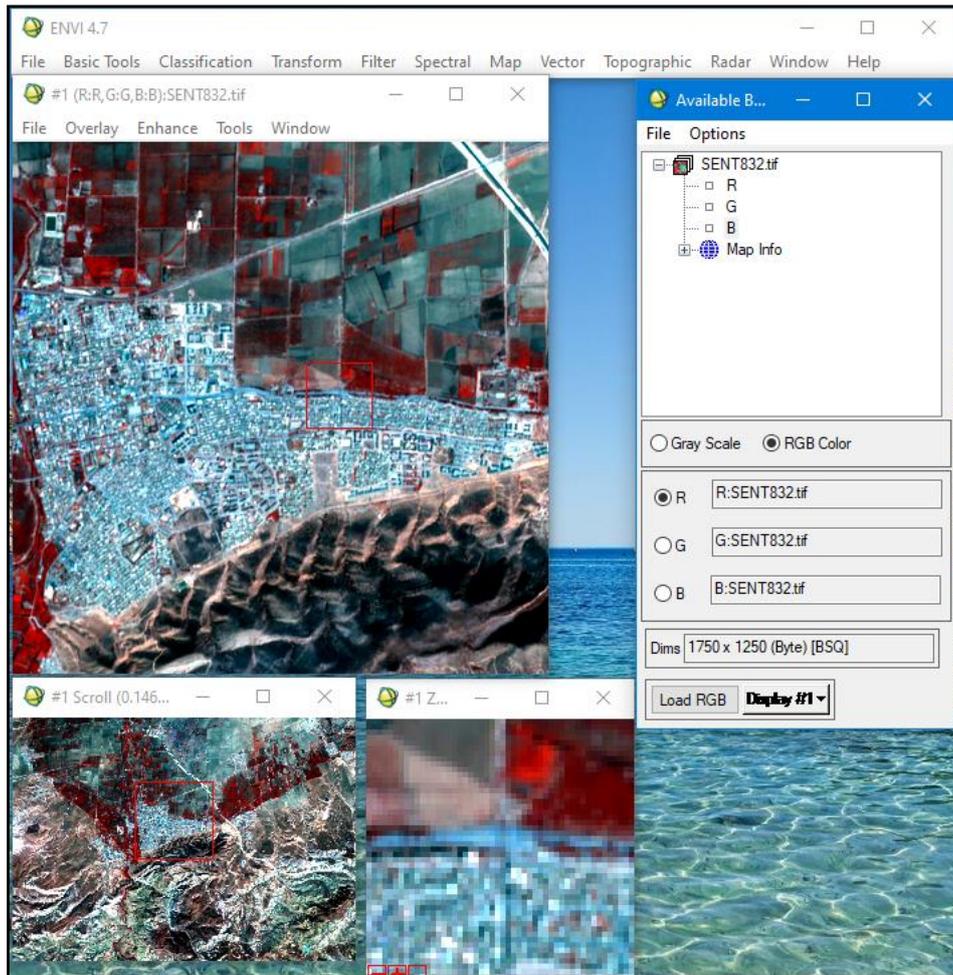


Figure II.2. ENVI : logiciel utilisé de traitements d'images.

II.4.2L'outil SIG-MapInfo

MapInfo est un outil de type Système d'Information Géographique (SIG), qui sert à créer l'information géographique géoréférencée, à traiter l'information sous forme de couches et aussi à des fins de cartographie.

Il est fourni, comme d'autres programmes SIG, avec une interface graphique et un ensemble d'outils et de commandes qui permettent à l'utilisateur de visualiser des cartes, des tableaux et des graphiques, d'effectuer un ensemble d'analyses et d'interroger des bases de données. Le programme permet de relier différents sites et bases de données apparentes et permet de compléter un ensemble de fonctions dont les plus importantes sont :

- Ajustez et numérotez les cartes.
- Achèvement et structuration des bases de données.
- Créez des cartes thématiques.
- Créez et modifiez des graphiques.
- Analyse spatiale.
- Géocodage pour les adresses et l'analyse de sites.
- Demandes de bases de données basées sur un ensemble de critères simples ou complexes.
- Combinez des cartes avec des informations provenant de plusieurs sources.
- Traiter un large éventail de bases de données externes en important et en exportant des fichiers tabulaires.

Dans ce contexte nous utilisons la version 11.0 de ce logiciel.

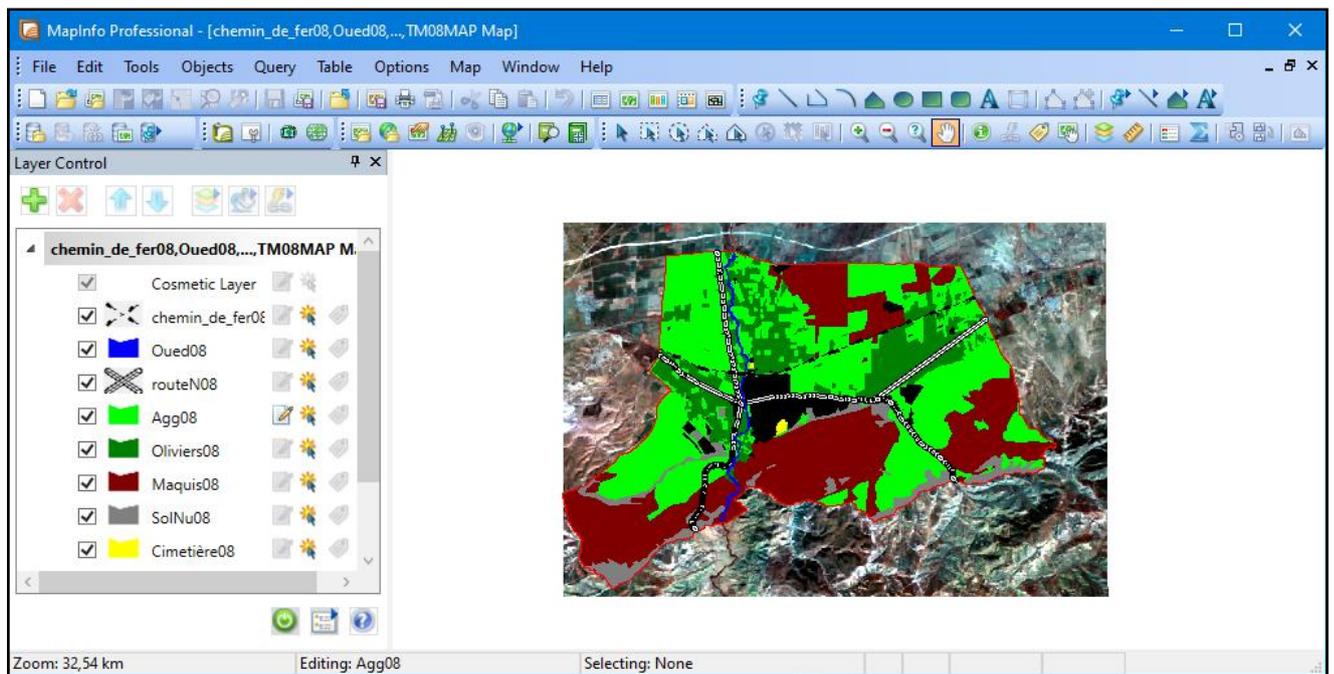


Figure II.3. MapInfo : logiciel utilisé pour la cartographie

II.4.3. L'outil Google Earth Pro

L'outil **Google Earth Pro** est un logiciel classé comme Système d'information géographique (SIG) qui est développé par la firme Google, permettant ainsi une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes et des

images satellitaires. Ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises.

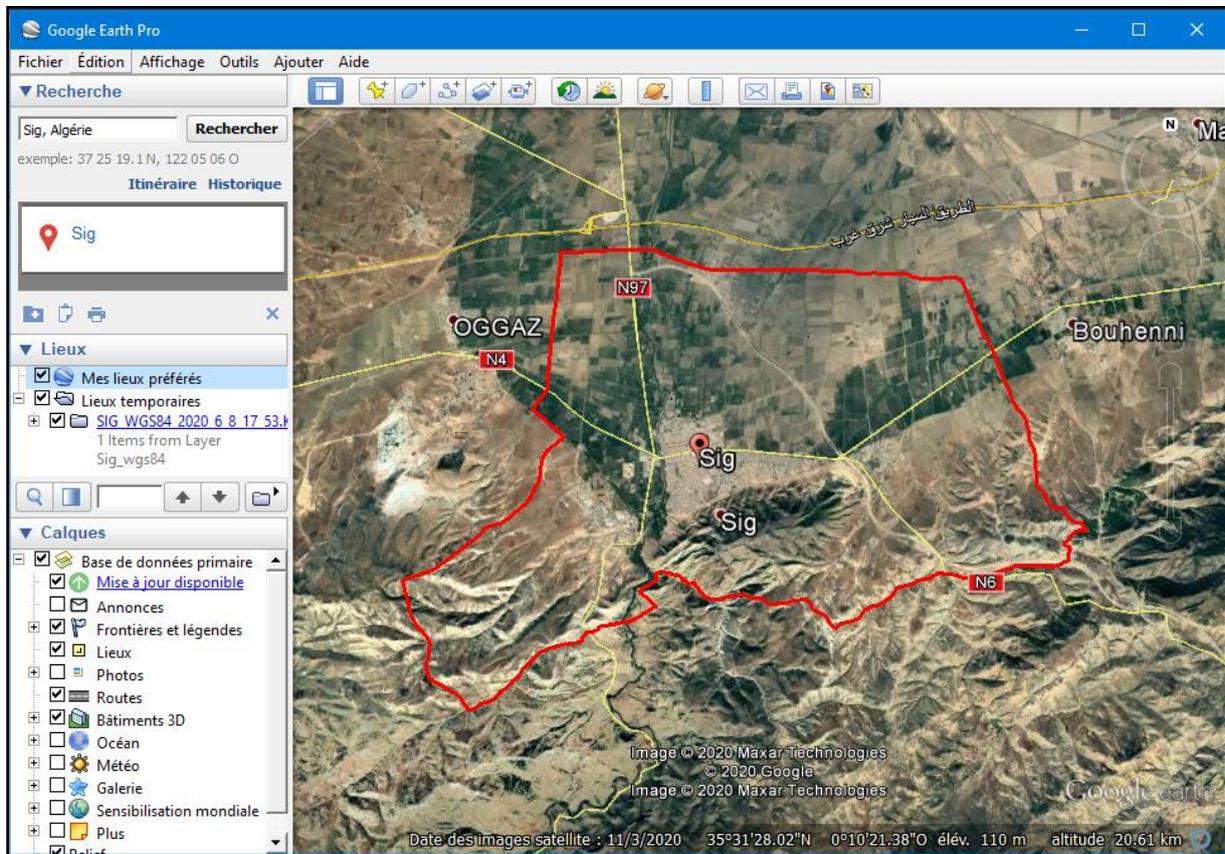


Figure II.4. Google Earth Pro : la source de la donnée satellite.

Conclusion

Si pendant longtemps le changement de l'occupation du sol était observable grâce aux cartes topographiques plus ou moins anciennes, la matérialisation de ce dernier peut être aujourd'hui grandement facilitée par l'utilisation de la télédétection qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre III

Cartographie de l'occupation du sol : démarche et traitement des images satellitaires

Introduction

Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un développement important depuis les années 80.

On désigne par traitement d'images numériques l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique afin d'améliorer ou d'en extraire des informations.

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes. Dans la télédétection, il permet de transformer le contenu originel d'une image en une information au contenu thématique exploitable à l'aide de procédures de classification.

Dans ce chapitre, l'approche méthodologique adoptée pour étudier et estimer l'évolution de la commune de Sig (wilaya de Mascara) est basée particulièrement sur : l'évaluation et le traitement des données disponibles - puis le traitement des données et l'intégration des résultats dans un système d'information géographique (SIG) pour des meilleurs résultats (**Figure II.1**).

III.1. Prétraitement des images

Le prétraitement d'image est une étape importante dans la télédétection, il permet de préparer les images pour l'analyse principale et l'extraction de l'information. Ceci se subdivise en deux opérations suivantes :

III.1.1. Géoréférencement des images

Les images de télédétection, ou tout plan cartographique, représentent un espace géographique. L'opération qui consiste à attribuer des coordonnées cartographiques aux pixels de l'image est appelée géoréférencement. Alors que l'opération qui consiste

à exprimer les coordonnées d'une image dans le même référentiel d'une autre image est dite registration.

Pour cette dernière opération, le référentiel peut être arbitraire. Au contraire, le géoréférencement d'une surface terrestre fait appel à un système de coordonnées lui-même rattaché à un système de projection terrestre. Notons que le géoréférencement proprement dit permet seulement d'exprimer les coordonnées d'une image dans un système de coordonnées cartographiques sans aucune modification de l'image. Ainsi dans notre cas d'étude, nous avons affecté les coordonnées terrestres relatives aux bandes spectrales uniquement de l'image satellitaire Sentinel-2 de l'année 2019 sachant que les bandes spectrales de Landsat5 sont déjà géoréférencées et disponibles. En effet, elles sont géoréférencées dans un même Datum (WGS-84) et dans un système de projection unique (UTM, Zone 30 Nord). Le but de cette étape est d'obtenir des images géoréférencées sous la plate-forme SIG Mapinfo11.0 ainsi que le logiciel de traitement d'images ENVI 4.7.

III.1.2. Extraction la fenêtre d'étude

Cette étape permet de localiser notre zone d'étude, relative à la commune de Sig qui est située au sud de la MACTA de Mascara. L'extraction de la zone d'étude a été faite à l'aide du logiciel ENVI 4.7 et MapInfo 11.0 en utilisant le vecteur contour qui délimite La région (voire **Figure III.1**). Cette zone va être utilisée pour la suite du travail, comme zone d'application pour effectuer tous les traitements nécessaires afin d'aboutir au but recherché.

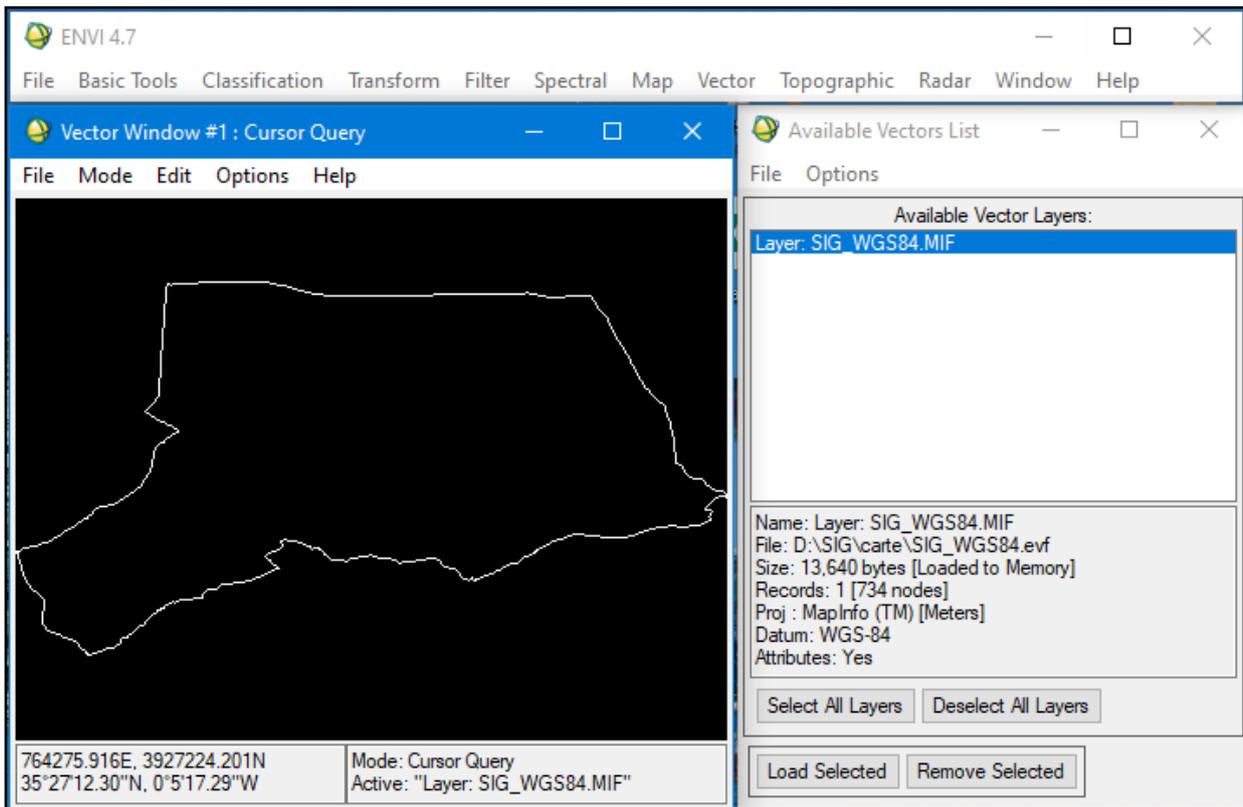


Figure III.1. Les limites administratives de la commune de « Sig ».

A partir de la composition colorée des canaux B8, B3 et B2 de l'image satellite Sentinel-2, on localise la zone d'étude puis on fait l'extraction à partir de l'image globale (voir **Figure III.2**).

Pour les images Landsat5 du (18/05/1987) et du (25/04/2008) on a fait l'extraction de la zone à partir de la composition colorée des canaux TM4, TM3 et TM2 des images en utilisant les limites administratives de la commune de Sig.

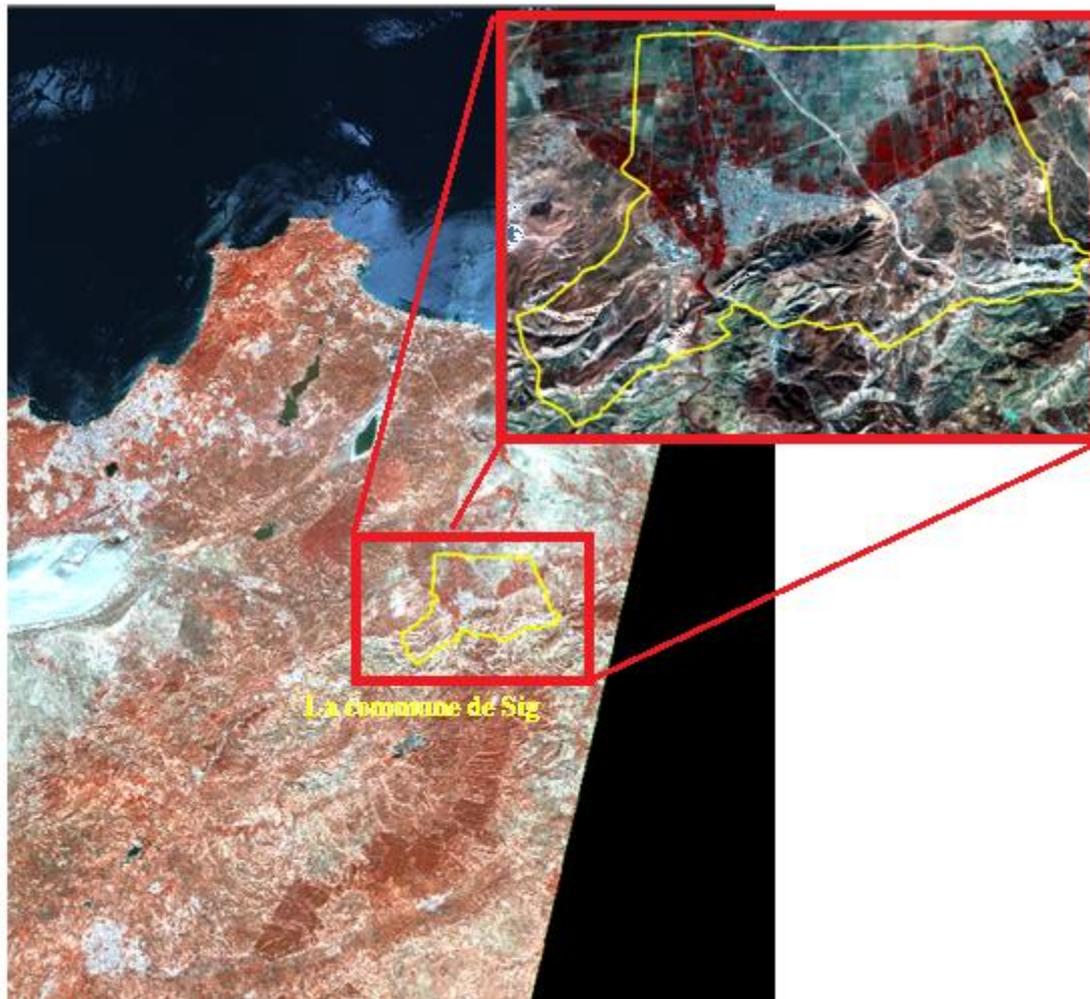


Figure III.2. L'extraction de la zone d'étude « Sig » à partir d'image satellitaire Sentinel-2 (2019).

III.2. Traitement des images

Les images utilisées ont fait l'objet d'un prétraitement afin d'améliorer leurs qualités géométriques avant de passer aux différentes applications thématiques. Cette étape a pour but de rendre les images les plus comparables possibles en diminuant les différences géométriques. C'est une étape importante, en particulier dans une étude de détection des changements entre les images.

III.2.1. Analyse de corrélation des images (Choix des canaux)

Chaque capteur est constitué de plusieurs canaux dont certains sont redondants en information entre eux, alors qu'en traitement des images, nous sommes obligés de travailler seulement avec trois canaux sélectionnés précédemment à partir de l'analyse de corrélation, et ceci pour exécuter la composition colorée (RGB).

III.2.1.1. Analyse de corrélation des bandes de Sentinel-2 (2019)

Le capteur Sentinel2 compte quatre canaux dans le visible de même résolution spatiale(10 m). Ainsi, l'analyse de corrélation entre ces canaux est présentée sur le **Tableau III.1** ci-dessous.

Tableau III.1. Corrélation des bandes de l'image Sentinel-2 2019.

Bandes	Bande 8	Bande 4	Bande 3	Bande 2
Bande 8	1	0,87	0,88	0,85
Bande 4		1	0,98	0,95
Bande 3			1	0,99
Bande 2				1

En analysant le tableau **III.1**, le choix des canaux va être comme ceci :

- 1- B2
- 2- B3
- 3- Entre (4 et 8)

Le canal B4 a une forte corrélation entre le canal B2 et le canal B3, donc nous avons choisi le canal B8 qui a moins de corrélation entre nos deux bandes choisies (2 et 3). Donc, les bandes choisies sont : **B8, B3 et B2.**

III.2.1.2. Analyse de corrélation des bandes TM Landsat5 (1987)

Le capteur TM de Landsat5 comporte lui aussi quatre bandes dans le visible comparable à celle de Sentinel2. L'analyse de corrélation de ses bandes se résume sur le **tableau III.2.**

Tableau III.2. Corrélations des bandes de l'image TM 1987.

Bandes	TM1	TM2	TM3	TM4
TM1	1	0.98	0.93	0.82
TM2		1	0.97	0.86
TM3			1	0.88
TM4				1

Selon le tableau ci-dessus le choix des canaux serait comme suit :

Le canal TM4 a la moindre corrélation avec celui de TM1. Ainsi, ces deux canaux TM1 et TM4 sont choisis.

Par ailleurs, le canal TM2 ne peut pas être choisi car il est fortement corrélé avec le canal TM1 choisi auparavant. Donc, le canal TM3 est sélectionné.

En résultat, les bandes choisies sont : **TM4, TM3 et TM1.**

III.2.1.3. Analyse de corrélation des bandes TM de Landsat5 (2008)

Selon l'analyse de corrélation entre les canaux du capteur TM de Landsat5 de 2008 qui figure sur le **tableau III.3**, le canal TM4 est choisi car il est le moins corrélé entre les canaux. Le canal TM3 ne sera pas sélectionné du moment qu'il est fortement corrélé avec le TM4. Ainsi, les deux canaux qui restent à savoir le TM2 et TM1 sont choisis. En résultat, les bandes choisies sont : **TM3, TM2 et TM1.**

Tableau III.3. Corrélations des bandes de l'image TM 2008.

Bandes	TM1	TM2	TM3	TM4
TM1	1,00	0,89	0,75	0,63
TM2		1,00	0,95	0,88
TM3			1,00	0,95
TM4				1,00

III.2.2. La composition colorée

Une composition colorée des bandes spectrales Rouge, Vert et Bleu, est utilisée pour une visualisation en fausse couleur. En effet, ces compositions de trois bandes ont été obtenues à partir de la superposition des trois canaux TM1, TM2, TM3 auxquels des pseudo-couleurs ont été attribués et qui sont respectivement : rouge, vert, bleu (**Figure III.3.**) qui confortent ainsi l'interprétation visuelle (voir **Figure III.4.**).

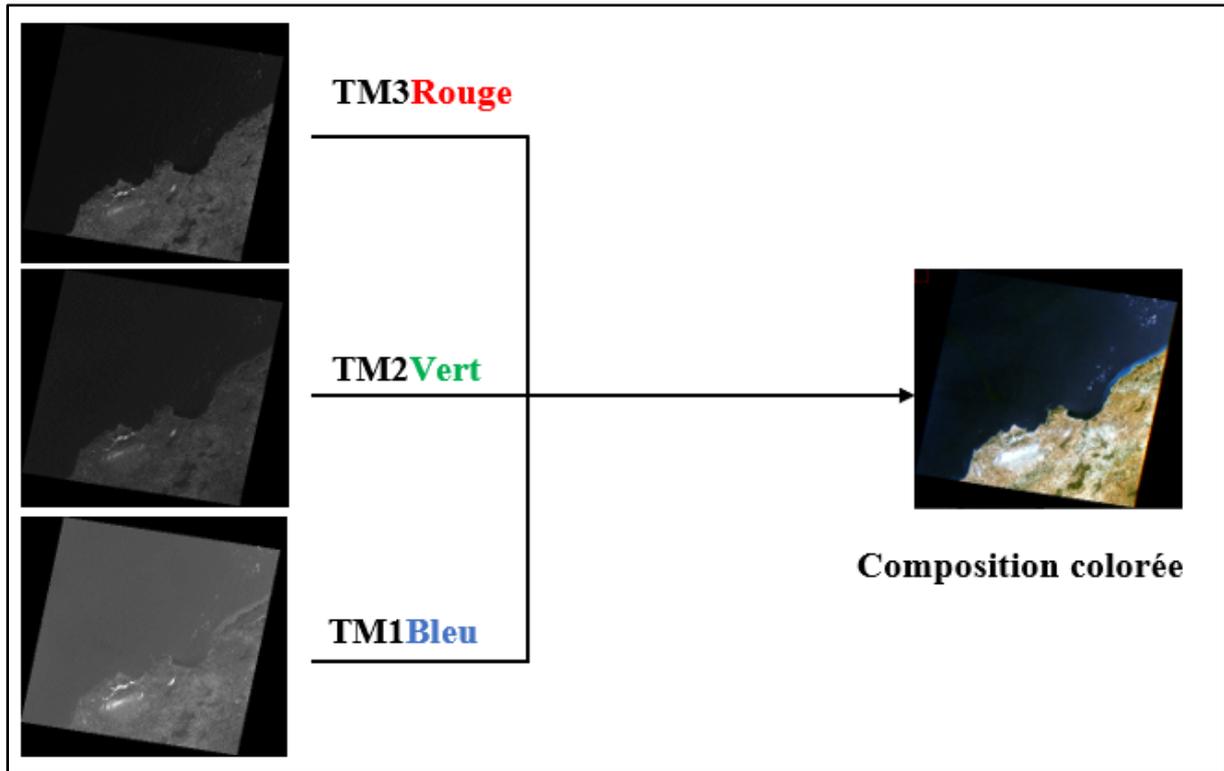


Figure III.3. Les étapes de réalisation de la composition colorée d'image satellitaire.

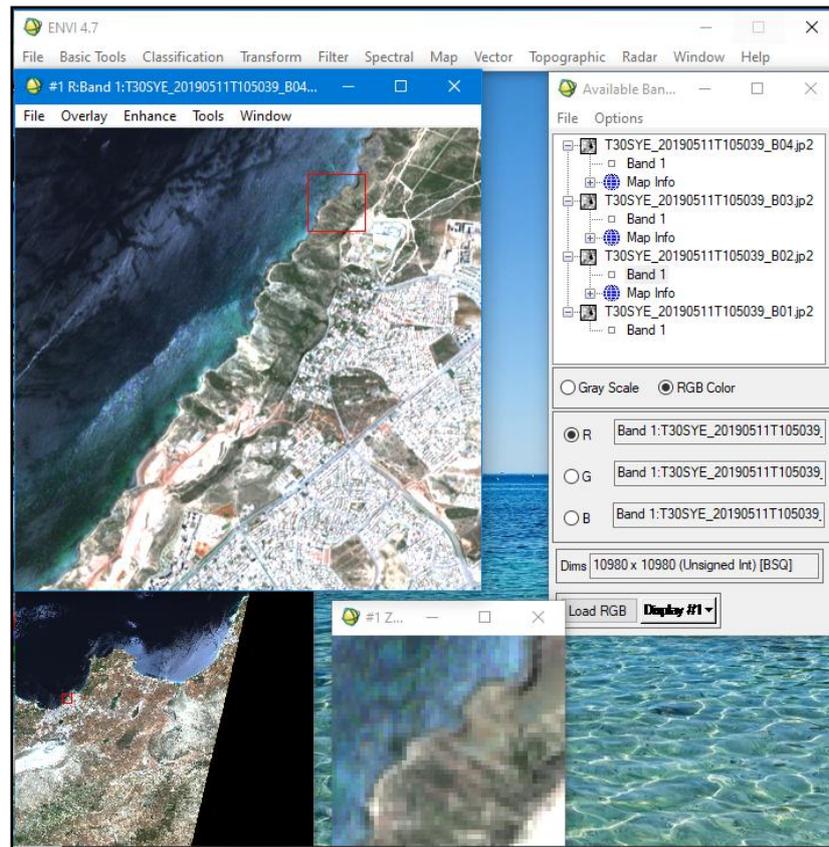


Figure III.4. Différentes étapes de réalisation d'une composition fausse couleur de trois bandes avant l'extraction à l'aide d'ENVI 4.7.

III.2.3. Correction géométrique des images (Landsat et Sentinel)

La correction géométrique permet de superposer les images en réduisant leurs déformations géométriques liées au positionnement du satellite et les erreurs des systèmes de mesures dues aux effets du relief, de la rotation de la terre durant la prise de vue, etc. (*Bonn et Rochon, 1992*).

La correction géométrique a été faite à l'aide de la méthode « image à image » par la sélection des points de contrôle sur l'image de référence. On procède par une correction d'image TM par rapport à l'image de Sentinel-2 pour ne pas perdre l'information (Figure ci-dessous) et pour rendre aussi nos images à la même résolution spatiale (10 m).

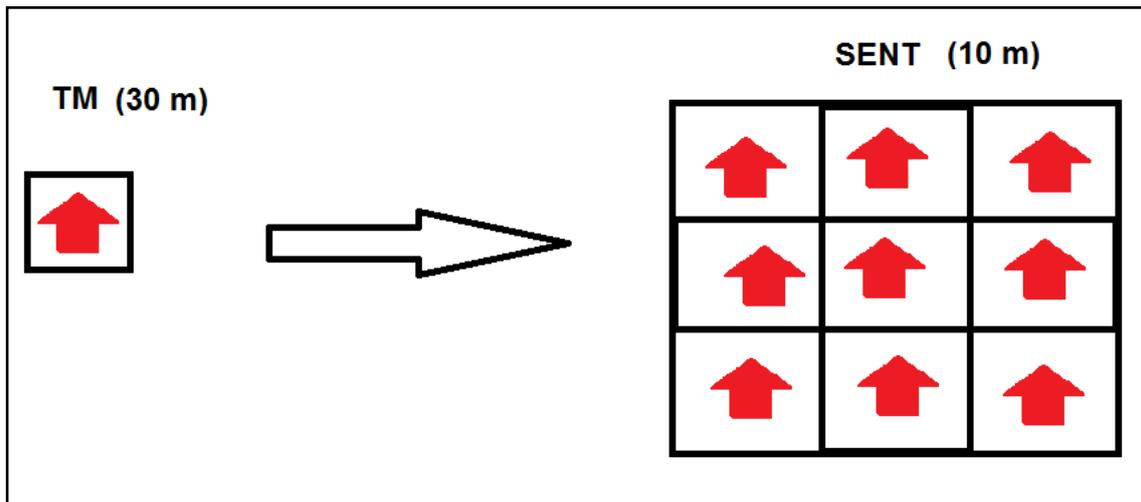


Figure III.5. Rééchantillonnage de l'image TM par rapport à celle de Sentinel.

III.2.3.1. Choix des points d'AMERS (Appuis)

Un point d'AMER est un point pouvant se déterminer le plus précisément possible géographiquement à la fois dans la carte à rectifier et dans la carte de référence.

Les points doivent être choisis pour pouvoir être localisés dans les deux cartes sans incertitude et le plus précisément possible : intersection de routes par exemple.

Dans notre cas, nous allons corriger les images de 1987 et de 2008 par rapport à celle de 2019.

Dans le cas de l'image de TM 1987, dix (10) points d'appuis répartis sur l'ensemble des deux images ont été sélectionnés. Après application du polynôme de correction du 1^{ème} degré, l'erreur globale RMS est de 0.41pixel (inférieur à 1 pixel).

Tableau III.4. Les erreurs des points de contrôles de la correction géométrique (1987 et 2019).

N°	BASE X	BASE Y	WARP X	WARP Y	ERREUR X	ERREUR Y	RMS
1	97.00	69.50	4542.00	5224.25	0.26	0.00	0.26
2	1684.00	54.00	5070.00	5217.00	0.48	0.06	0.48
3	1477.00	1151.50	5000.00	5585.00	0.58	0.03	0.58
4	533.50	16.25	4688.00	5206.00	-0.41	-0.06	0.42
5	626.75	444.00	4718.44	5348.56	-0.18	0.02	0.18
6	187.75	577.75	4571.75	5393.25	0.31	0.19	0.36
7	1644.71	698.29	5057.38	5433.54	-0.58	-0.40	0.70
8	569.50	1153.00	4698.75	5585.00	-0.14	0.20	0.24
9	44.50	935.25	4524.20	5512.80	-0.10	-0.28	0.30
10	1697.50	657.25	5074.63	5419.13	-0.22	0.23	0.32
Erreur globale (RMS)							0.41

Par ailleurs sur l'image TM de Landsat5 de l'année 2008, neuf points d'appuis ont été sélectionnés par rapport à celle de Sentinel-2 de 2019 où l'erreur globale RMS_{Root Mean Square} appelée aussi (EQM) l'erreur Quadratique Moyenne a été estimée à 0.45 pixel (**Tableau III.5**).

Tableau III.5. Les erreurs des points de contrôles de la correction géométrique (2008 et 2019).

N°	BASE X	BASE Y	WARP X	WARP Y	ERREUR X	ERREUR Y	RMS
1	97.00	69.50	4802.50	5244.50	-0.08	-0.30	0.31
2	1684.00	54.00	5330.75	5238.50	0.21	-0.10	0.23
3	1477.00	1151.50	5260.25	5605.00	0.33	0.06	0.33
4	576.43	38.86	4962.67	5233.33	-0.57	0.48	0.74
5	642.50	393.50	4983.33	5352.00	0.56	-0.08	0.57
6	187.75	577.75	4832.00	5413.25	0.53	-0.03	0.53
7	1644.71	698.29	5317.40	5453.80	-0.46	-0.07	0.47
8	530.50	1156.50	4946.60	5606.00	-0.37	-0.01	0.37
9	44.50	935.25	4785.00	5532.00	-0.15	0.05	0.16
Erreur globale (RMS)							0.45

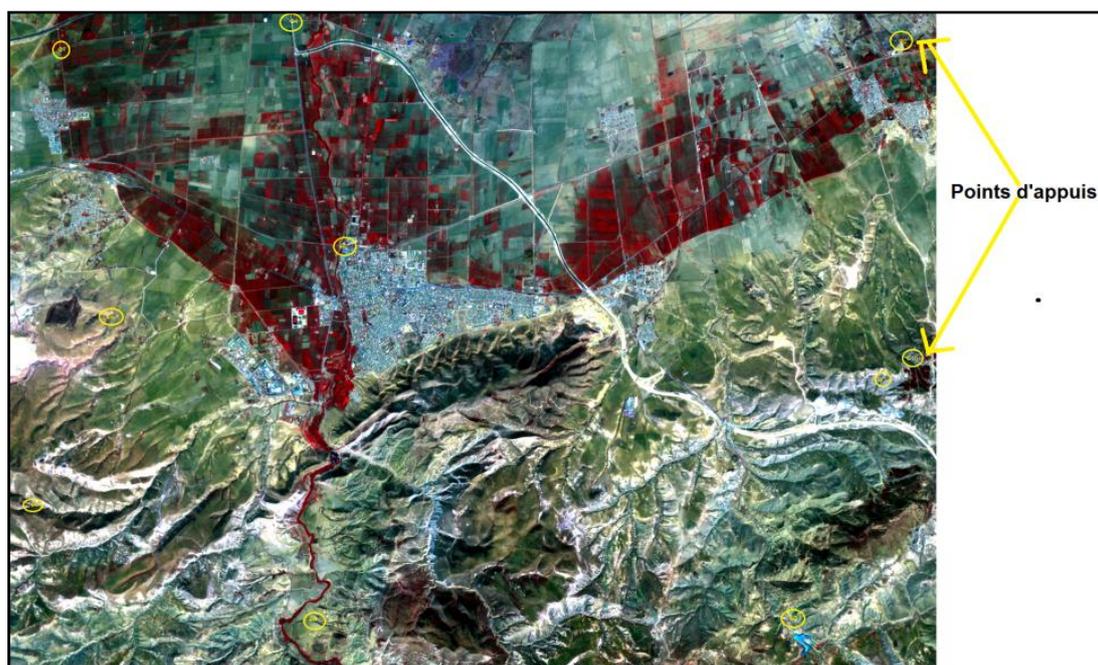


Figure III.6. Répartition des points d'appuis sur l'image Sentinel-2 (2019).

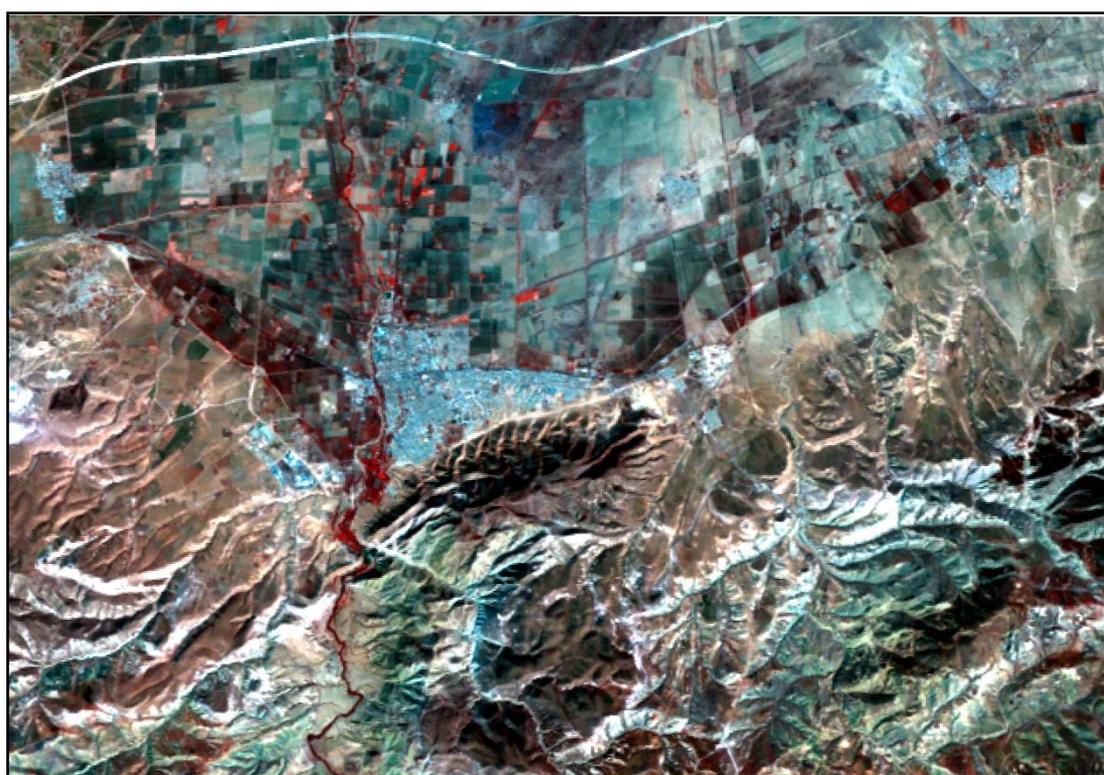


Figure III.7. Image TM de Landsat5 (2008) corrigée géométriquement par rapport à celle de Sentinel-2 (2019).

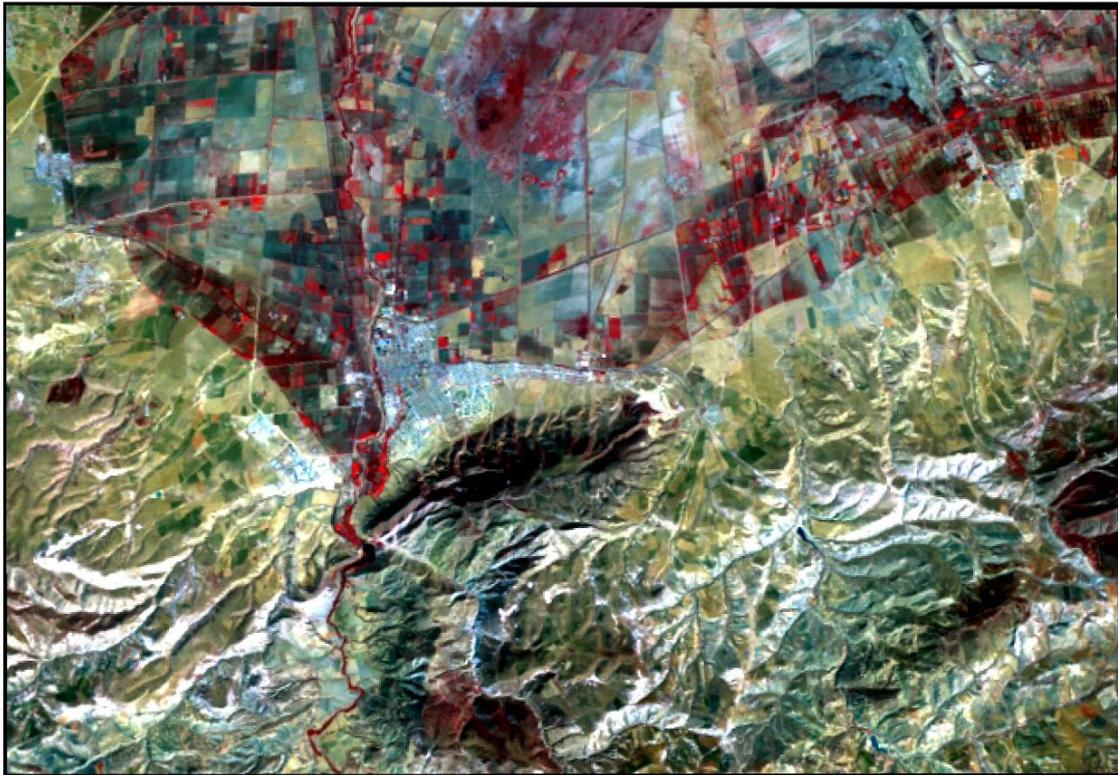


Figure III.8. Image TM de Landsat5 (1987) corrigée géométriquement par rapport à celle de Landsat TM (2008).

III.3 Intégration des images dans un SIG

En cartographie de l'occupation du sol, la classification est une étape automatisée qui permet de traduire des informations spectrales sous la forme de classes thématiques basées sur la vérité terrain. Dans notre cas d'étude, nous avons opté pour une classification basée sur l'analyse visuelle qui consiste en l'application à l'image satellitaire de la méthode classique de la photo-interprétation basée sur l'utilisation de l'outil SIG. Ainsi, l'examen sur écran des compositions colorées des images, a permis d'identifier des zones homogènes grâce aux critères de couleurs et de textures et d'expliquer leur répartition dans l'espace. L'analyse des images disponibles, a permis de suivre les changements qui ont affecté les paysages entre 1987 ,2008 et 2019. Cette lecture s'est faite sur des images des bandes spectrales isolées (PIR, ROUGE, VERT et BLEU) et sur les compositions colorées mentionnées plus haut. Ces variantes nous ont permis d'apprécier l'efficacité de chaque bande ou combinaison.

Le choix des classes est la première étape à considérer dans une classification. Ces classes doivent, autant que possible, répondre à l'objectif poursuivi. Elles doivent en outre être mutuellement exclusives et exhaustives (*Congalton et Green, 1999*)

Dans cette étape, on a défini pour chaque date un ensemble de classes d'occupation du sol regroupées en deux types sur la base d'une reconnaissance de terrain de la région d'étude. Ces classes sont décrit comme suit :

1. Classe urbaine

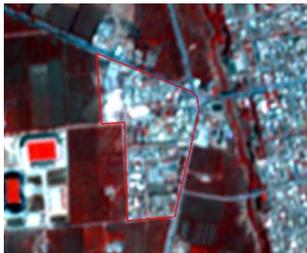
- Urbain
- Sol nu
- Cimetière

2. Groupe rurale

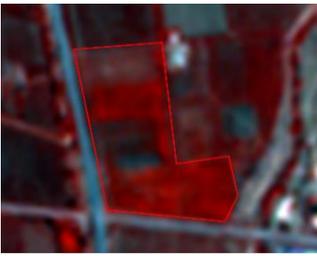
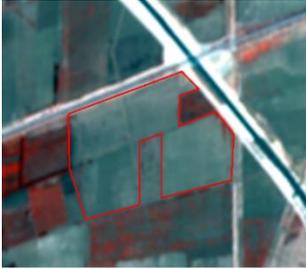
- Terrain Agricole
- Maquis
- Arboriculture : Olivier et Oranger

Par la suite, on a fait la délimitation du tissu urbain et le tissu agricole en numérisant la surface de l'urbain qui apparaisse en générale avec une couleur bleue gris, et les arboricultures allant d'une texture qui varie de légère à dense ; on prend l'exemple image satellite de Sentinel-2 (**Tableau III.3**). Cette méthode se base surtout sur l'expérience du photo-interprète de l'image.

Tableau III.6. Les classes d'occupation du sol de la région d'étude choisies.

Classe	Image Google-Earth	Image satellite Sentinel-2	Terrain
Urbain			

Chapitre III. Cartographie de l'occupation du sol : Démarche et traitement des images satellitaires

Arboriculture	Olivier			
	Oranger			
	Terrain Agricole			
	Maquis			
	Sol nu			
	Cimetière			

Conclusion

Les différentes extractions effectuées sur les images de différentes dates (1987,2008 et 2019) permettent de réaliser une cartographie spatiotemporelle du changement de l'occupation du sol dans la commune de Sig, d'où le but du chapitre suivant.

Chapitre IV
Interprétation des résultats de l'occupation du sol

Introduction

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

La détection et l'identification des mutations de l'occupation du sol de la commune de Sig s'appuient sur une utilisation combinée des données. Elle intègre des procédures de traitement d'image (données satellitaires), de l'interprétation visuelle et des exploitations des données cartographiques réalisés à l'aide d'un système d'information géographique SIG, ce qui nous amène d'élaboration des cartes d'occupation du sol en fonction du temps. A cet effet, on a procédé à l'acquisition d'image satellitaire de différentes périodes s'étalant des années 1987, 2008 et 2019. Pour cela, la démarche retenue pour cartographier les formations végétales, forestières et urbaine de notre zone d'étude s'appuient surtout sur l'analyse et l'exploitation des données fournies par les images satellitaires des capteurs Landsat5 et Sentinel-2.

Dans le chapitre présent nous allons générer une carte thématique des classes d'intérêt à partir des données numériques pour enfin détecter le changement de l'occupation du sol de la commune de Sig au cours des années 1987,2008 et 2019.

IV.1. Evolution diachronique par la méthode de télédétection

Le suivi de l'évolution d'un espace nécessite une certaine procédure, ainsi que le choix d'un type déterminé de satellite doté de capteurs spécifiques. Hormis ces méthodes traditionnelles utilisées pour les études d'évolutions urbaines ou rurales, il existe cependant d'autres méthodes de plus en plus utilisées.

En effet, l'avènement des satellites, et leurs méthodes de prise continue d'images à grande échelle apportent un vent nouveau dans l'élaboration des cartes. Néanmoins, le choix du capteur et du satellite s'avère indispensable.

IV.1.1. Le choix du capteur

L'utilisation d'un type spécifique de satellite parmi la grande diversité de satellite qui existe dépend des besoins et de l'application que l'on veut en faire. Pour les études portant sur les espaces périurbains, les résolutions des satellites dits de moyennes ou de haute résolution spatiales (Landsat5, Sentinel2) s'avèrent mieux adaptées. En effet, « les résolutions provenant des capteurs dits décimétriques de ces satellites sont adaptées aux espaces périurbains où les parcelles sont plus vastes et les constructions sont moins enchevêtrées qu'en ville » (*Rahim Aguejdad, 2009*).

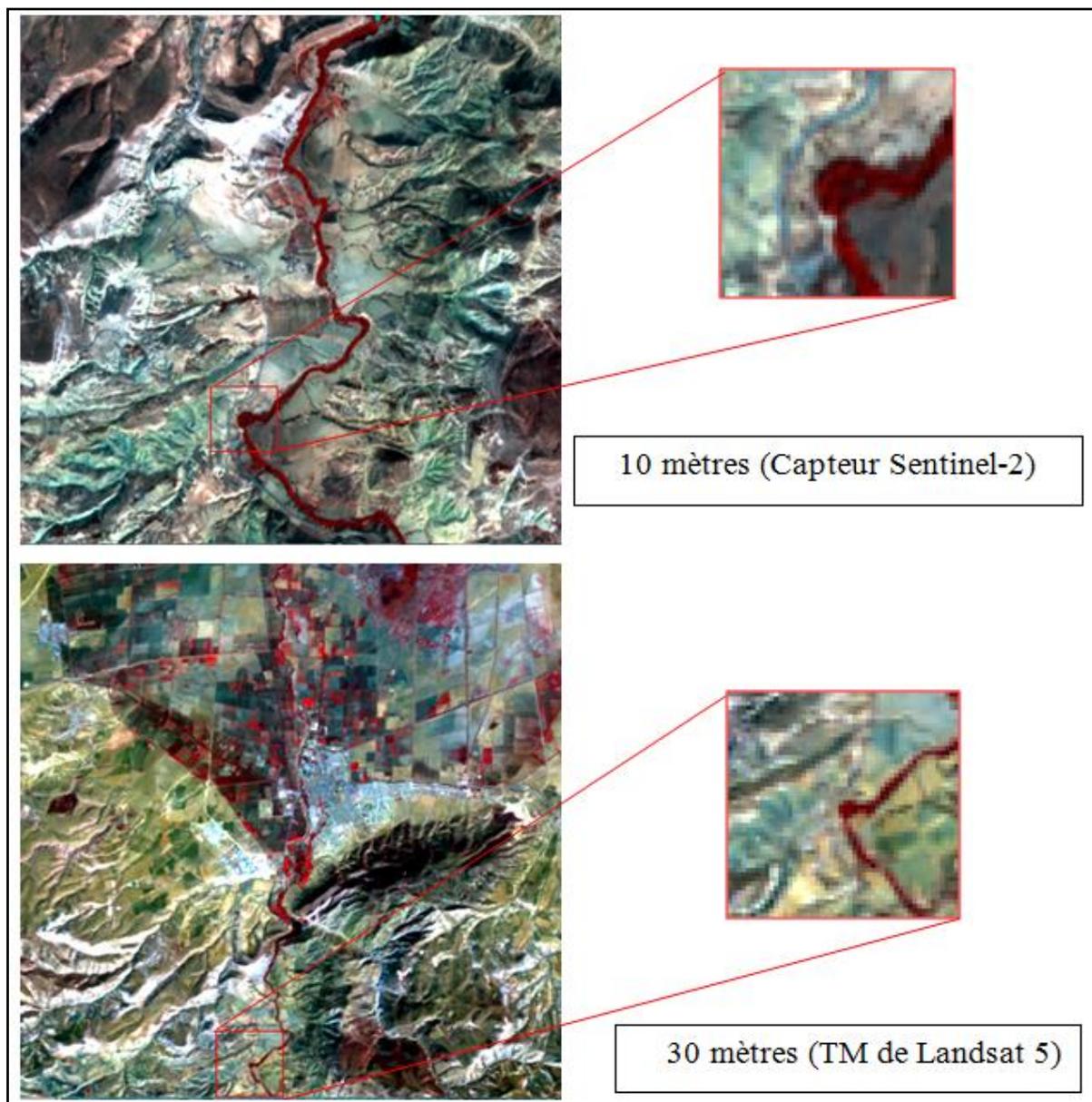


Figure IV.1. Illustration de la notion de résolution spatiale de l'image trichromie.

La **Figure IV.1** montre l'importance de la résolution spatiale dans le contexte de la cartographie de l'occupation des sols. L'exemple montre deux acquisitions sur la commune de Sig par différents capteurs satellitaires. Ceci permet d'illustrer la notion de résolution spatiale. Ces images sont donc inadaptées pour cartographier individuellement des objets de petites tailles comme les bâtiments, les routes ou des fleuves. Les images à 10 et 30 mètres de résolution spatiale permettent de visualiser des objets de taille intermédiaire comme des parcelles agricoles ou des milieux forestiers.

IV.1.2. Calcul de l'évolution urbaine et agricole

Le phénomène d'étalement urbain ne se déroule aujourd'hui sans son lot d'impacts. Ce Phénomène s'avère d'autant plus inquiétant qu'il se répercute tant sur le plan économique, social, qu'environnemental et cela implique des coûts financiers non négligeables. De même que les transformations du paysage agricole sont tributaires des différentes politiques agricoles et les programmes tracés par l'état pendant ces dernières décennies.

De son côté, l'étalement urbain cause un réel problème dans la mesure où les constructions nouvelles résultant de ce phénomène empiètent sur les espaces agricoles dans les territoires périurbains. Cette poussée urbaine impacte surtout au niveau économique, environnemental, et sur la biodiversité.

Figure IV.2. Carte d'occupation du sol de la commune de « Sig » en 1987.

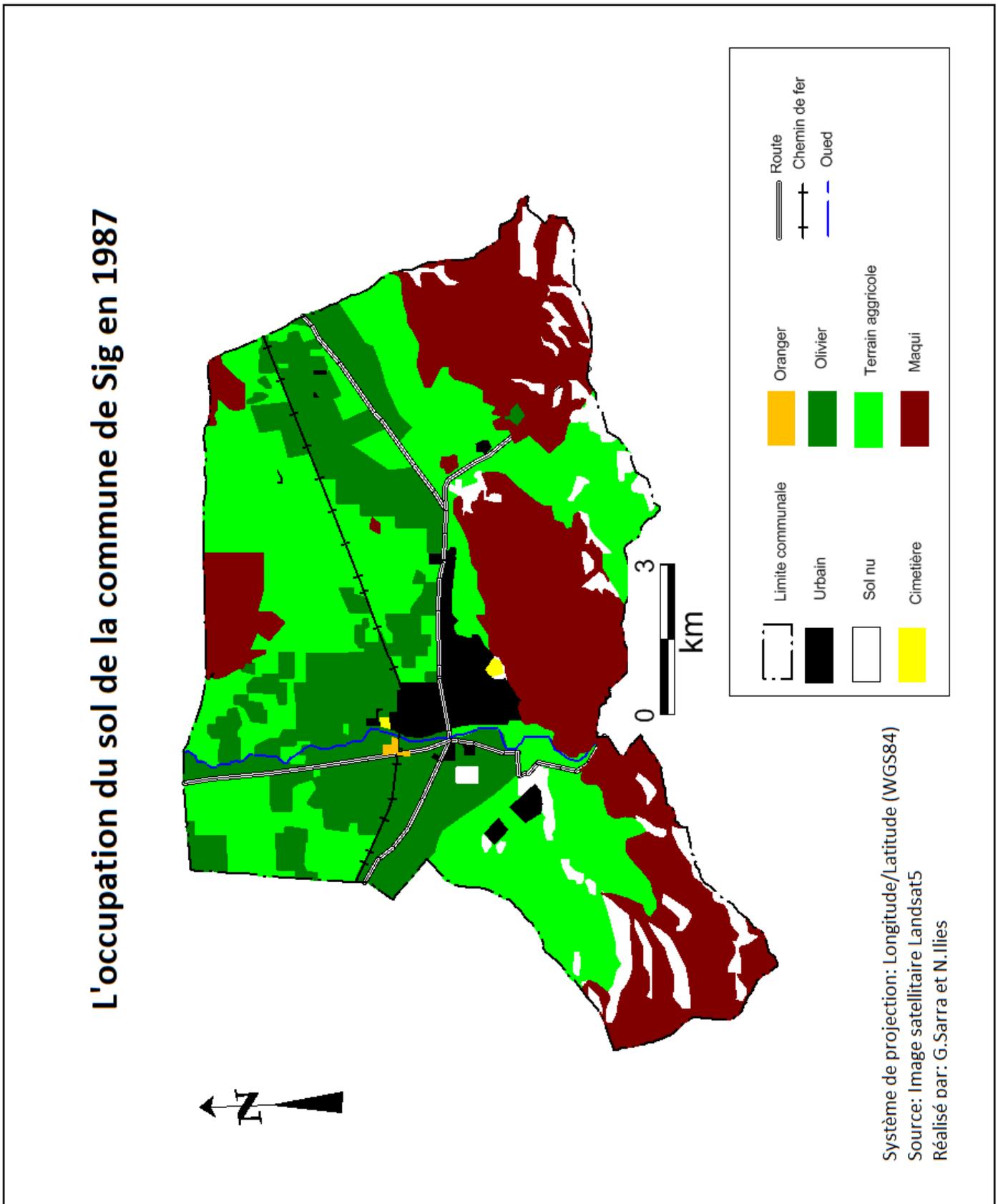


Figure IV.3. Carte d'occupation du sol de la commune de « Sig » en 2008.

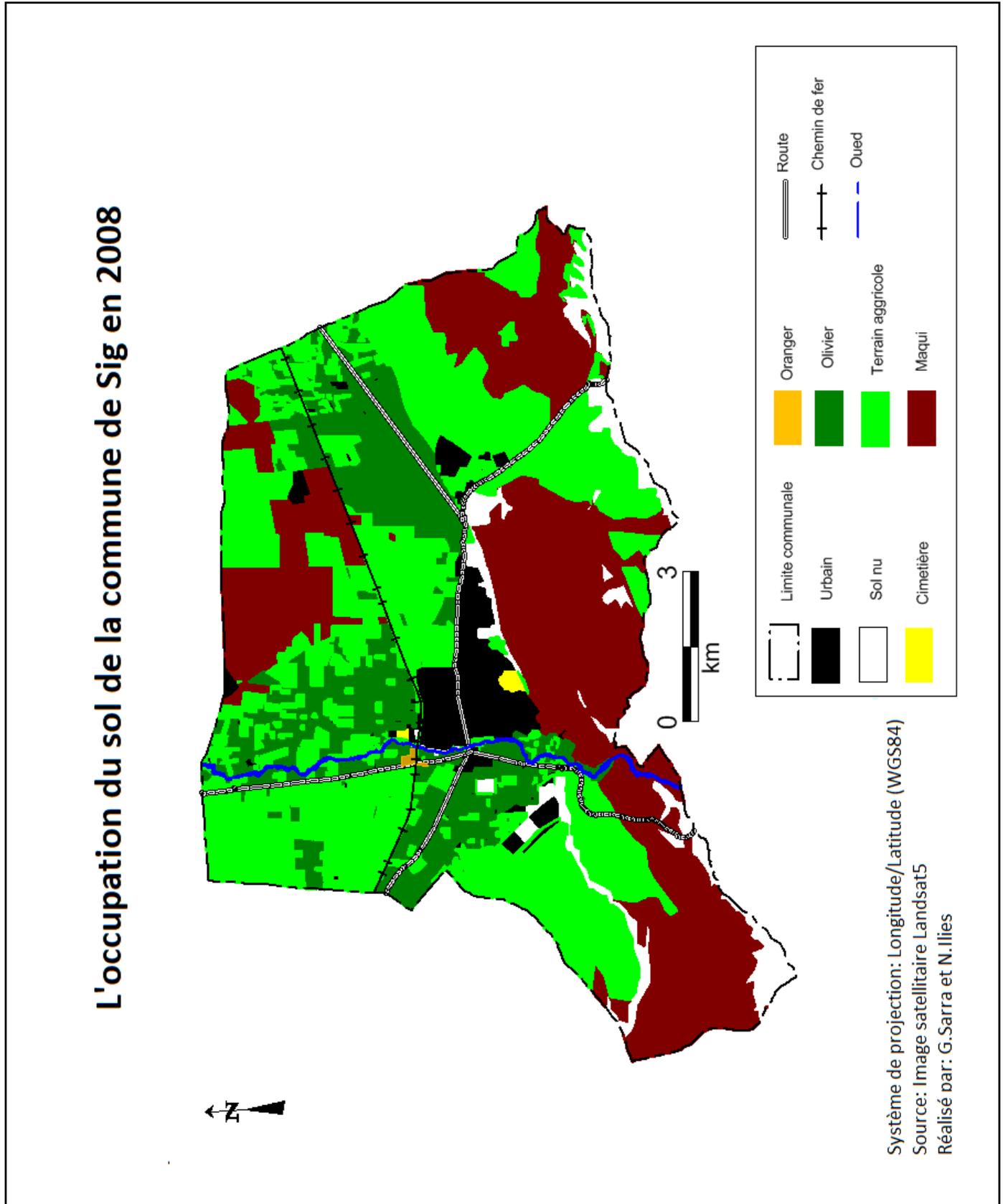
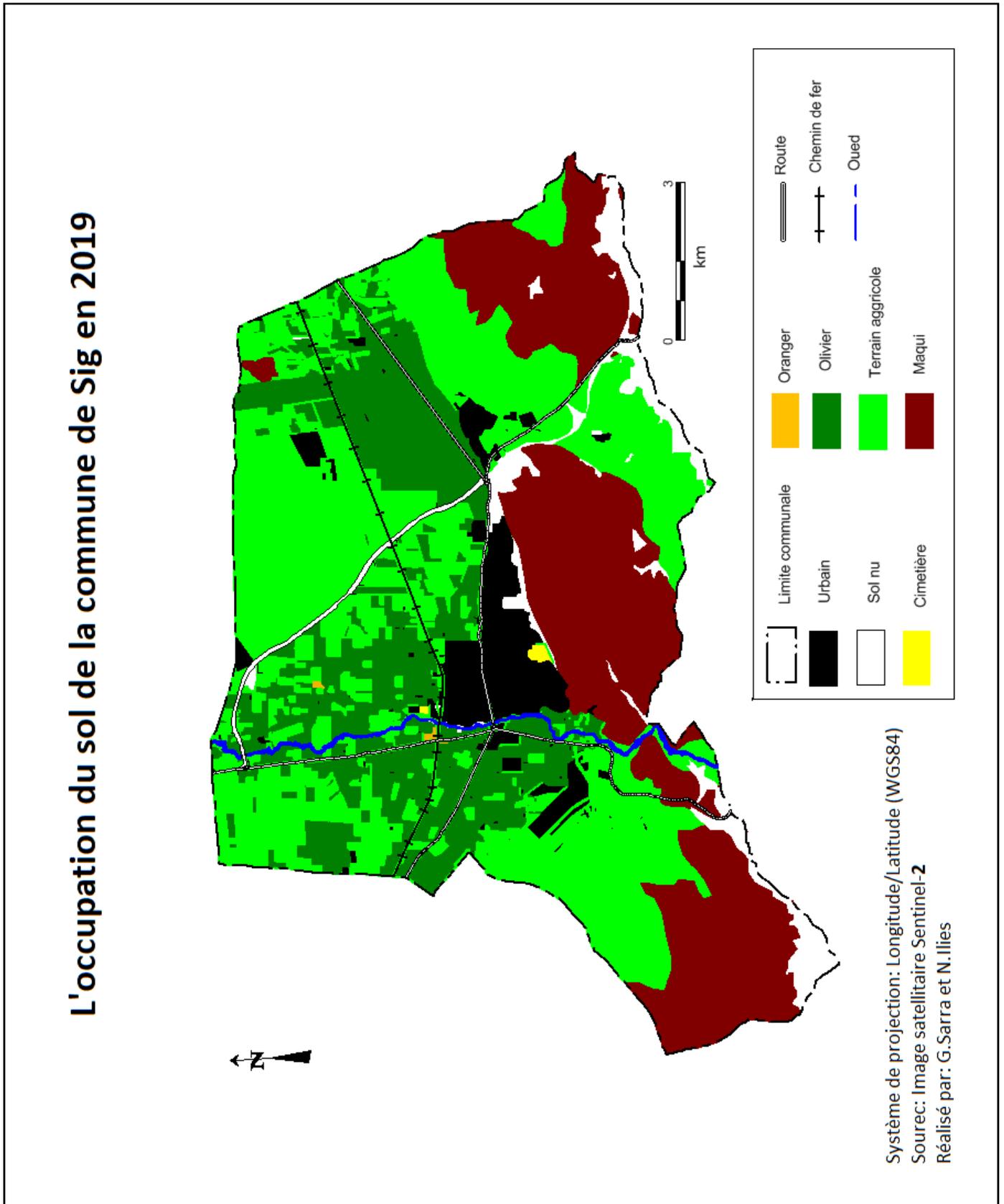


Figure IV.4. Carte d'occupation du sol de la commune de « Sig » en 2019.



Chapitre IV. Interprétation des résultats de l'occupation du sol

Ces cartes nous permettent de faire une comparaison entre les différentes dates. Elles permettent aussi de bien schématisés et de délimiter chaque objet. A partir ce ces cartes, on peut faire la distinction de l'évolution du l'occupation du sol.

Dans un premier lieu, un calcul statistique de superficies des classes d'occupation du sol a été établi pour chaque date puis un calcul de changement a été effectué entre les dates de prise de vue de nos images exprimées en hectare et en pourcentage.

Exemple : La classe urbain (2008/2019)

- Calcul du changement : est la différence entre la superficie de l'année 2019 (Nouvelle) et la superficie de l'année 2008 (Ancienne).
- Calcul du pourcentage du changement (Taux d'évolution) : est représenté par la formule $((\text{Nouvelle}-\text{Ancienne}) / \text{Ancienne}) * 100$
- Le taux d'accroissement annuel : est défini par le rapport du taux d'évolution par rapport à la différence du nombre d'année.

Tableau IV.1. Calcul des superficies et du changement entre les classes de l'occupation du sol.

Classes		Surface (Hectare)			Changement (ha, %)				Taux d'accroissement Annuel (%)	
		1987	2008	2019	2008/2019		1987/2019		2008/2019	1987/2019
Urbain		493	710,6	865,3	154,7	22	372,3	76	2,0	2,4
Sol nu		719,6	725,1	607	-118,1	-16	-112,6	-16	-1,5	-0,5
Cimetière		11,3	17,97	17,97	0	0	6,67	59	0,0	1,8
Arboriculture	Olivier	2309	2037	2597	560	27	288	12	2,5	0,4
	Oranger	8	8	10,98	2,98	37	2,98	37	3,4	1,2
Terrain Agricole		4630	4212	4417	205	5	-213	-5	0,5	-0,2
Maquis		3219	3640	2774	-866	-24	-445	-14	-2,2	-0,4

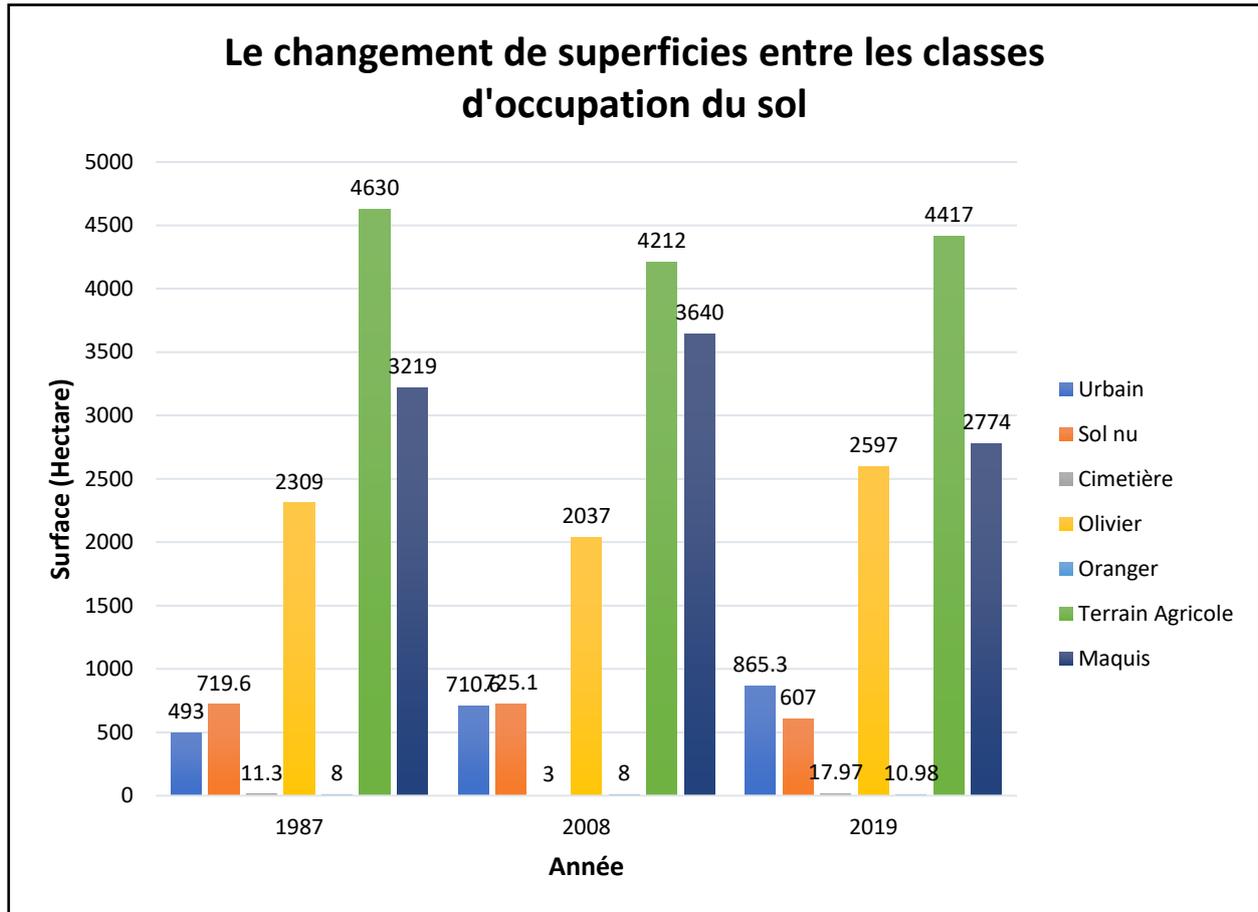


Figure IV.5. Le changement de superficies entre les classes d'occupation du sol.

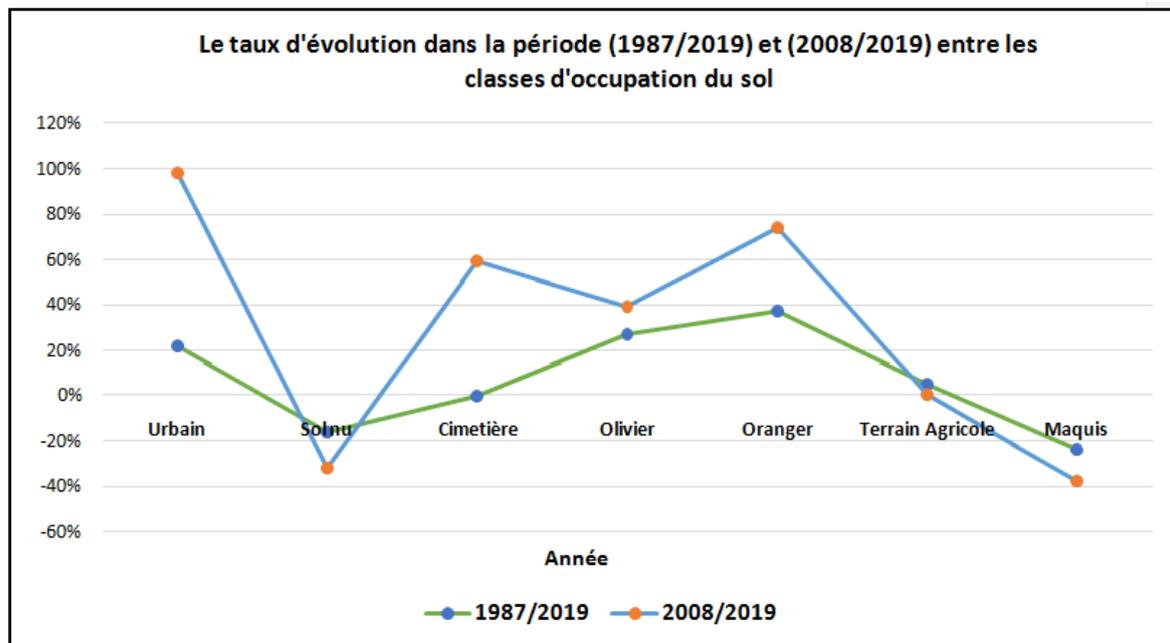


Figure IV.6. Le taux d'évolution dans la période (1987/2019) et (2008/2019) entre les classes d'occupation du sol.

IV.2. La progression urbaine

L'étalement urbain dans la commune de Sig est proportionnel à l'évolution démographique (86428 Habitats en 2019). L'aire urbaine est passée d'une superficie de 493 Ha en 1987 à 710,6 Ha en 2008 jusqu'à atteindre une superficie totale de 865,3 Ha en 2019 (**Figure IV.4**). Cela est dû à la directive ministérielle spéciale, aux nouveaux programmes de logement rural, dont un certain nombre de personnes ont bénéficié, dans le cadre des objectifs de redéveloppement de l'espace rural et de stabilisation des campagnes. De plus, ce phénomène pourrait mettre à mal le devenir de certains espaces agricoles et paysagers.

Cependant, le taux d'évolution urbain enregistré entre les dates de 1987 et 2019 est estimé à 76 % (Voir **tableau IV.1**), soit environ de 2.4% d'accroissement annuel durant cette période de 32 ans.

IV.3. L'évolution du paysage agricole

La majeure partie de la commune du Sig est cultivable (10 000 ha sur 12 524 ha que comportait le centre). Seules les terres situées en montagne, incultes, occupaient environ le 1/5 de la superficie de son territoire. Très fertile mais compact, le sol argilo-calcaire était très difficile à travailler. D'autre part la salinité du sol, séquelles d'une mer qui, à l'ère tertiaire, recouvrait la dépression allant de la région d'Affreville en suivant l'actuelle vallée du Chélif et se prolongeant jusqu'aux environs d'Oran comme en témoignent encore de nos jours la Sebka d'Oran, les Salines d'Arzew et de Ferry près de Relizane, était un obstacle supplémentaire à l'exploitation des terres. Plusieurs zones cultivables partageaient le territoire du Sig : à la périphérie, les jardins maraîchers et les cultures arboricoles, au-delà les moyens et grands domaines (*Midoune. F année*).

Chapitre IV. Interprétation des résultats de l'occupation du sol

Sur le plan agricole, on enregistre en particulier le retour massif à l'arboriculture et plus précisément l'oléiculture et la culture des agrumes. Après un recul net de la culture d'olivier durant la période de 1987 à 2008 où l'on est passé d'une superficie de 2309 Ha à 2037 Ha, celle-ci a connu un rebondissement de 27% entre 2008 et 2019.

Cela s'explique par le retour de la ressource hydrique (apport de la station de dessalement de l'eau de mer destinée à l'irrigation). Et pour ce qui est d'oranger, cet arbre qui fait répétition de périmètre voisin de Mohammedia, est très peu présent à Sig et régresse avec le temps. L'oranger n'est pas dans son milieu naturel à Sig, là où les sols et l'eau d'irrigation sont salés ne supportant pas ces conditions, il occupe juste quelques parcelles situées à l'extrême sud-est du périmètre estimée dans les années 1987 et 2008 soit huit (08) Ha jusqu'à atteindre une superficie totale de 10,98 Ha en 2019, en plus une parcelle dans la zone d'Oggaz appartenant à un privé.

Conclusion

Le traitement des images satellitaires (classification) reste une étape primordiale dans l'étude et l'interprétation des données brutes obtenues par les systèmes de télédétection. Néanmoins, cette démarche demeure complexe et incertaine du fait qu'elle repose sur des lois purement statistiques ou l'utilisateur doit faire tout un gymnase mathématique pour pouvoir aboutir aux résultats relativement raisonnables et fiables.

Nous avons vu dans ce chapitre comment nous avons procédé pour limiter nos choix sur six classes, et nous avons choisi de travailler avec la méthode de classification basée sur l'analyse visuelle suite d'une enquête de terrain où nous avons pu identifier les classes d'informations nécessaires à l'élaboration des régions d'intérêts.

Malgré les résultats satisfaisants que nous avons pu extraire à la fin de cette étude, il faut dire quand même que la méthode classique de la photo interprétation reste une estimation très délicate et qui présente des erreurs au niveau de contribution des pixels aux classes appropriées, puisqu'elle ne prend en considération que les signatures

Chapitre IV. Interprétation des résultats de l'occupation du sol

spectrales comme critère de distinction entre les classes, ce problème était observable dans les classes Arboriculture et Terrain agricole, par ce que quanton parle de classes, une classe d'information très large (par exemple Olivier) peut contenir plusieurs sous-classes spectrale définies. En utilisant l'exemple de l'olivier, les sous-classes spectrales peuvent être incluses par des variations dans l'âge, l'espèce, la densité des arbres ou simplement les effets d'ombrage ou des variations dans l'illumination.et pour cela, nous avons collecté les sous-classes dans une seule classe. Mais sinon cette méthode reste un excellent choix que nous recommandons et qui donne des résultats très fiables.

Conclusion générale

L'apport de la télédétection dans l'étude d'occupation du sol est devenu indéniable : les progrès techniques font que nous pouvons voir et décrypter toujours plus d'information des images satellites, et ce fut ici l'avantage pour étudier le changement de l'occupation du sol de la commune de Sig. Mais l'étude du changement en télédétection serait délicate sans l'apport des systèmes d'information géographique nécessaires aux différents traitements post-classification et à la mise en forme des données en vue d'une bonne visualisation, ils nous ont de plus permis certains traitements d'analyse spatiale. La décision a été pour cette étude de trouver une méthode adaptée pour l'extraction du changement, qui pourrait alors être éventuellement utilisée sur la série temporelle de 1987, 2008 et 219.

Ensuite, notre travail vise à améliorer la production des cartes d'occupation des sols à partir de nouvelles séries temporelles d'images satellitaires comme celles fournies par les capteurs Sentinel-2 les capteurs Landsat 5. Il s'agit d'une analyse visuelle sur les compositions colorées vraie et fausse couleur ainsi que l'abondance de la végétation. Leur calcul est basé sur le traitement multispectral des images de Sentinel-2 et Landsat 5 à trois dates différentes. En effet, la résolution spatiale de 30m du satellite Landsat peut engendrer une certaine erreur de surestimation surtout par rapport à l'urbanisation, du fait de la proximité de terrains nus ou de champs labourés.

Finalement, la cartographie de l'occupation et l'utilisation du sol n'est pas une représentation parfaite de la réalité au terrain. Comme il y a toujours des erreurs dans les cartes, avant de les utiliser, il est important d'avoir une idée de la précision de ces dernières pour s'assurer qu'elles répondent aux besoins et exigences de l'utilisateur.

Bibliographie

ANTOINE BILLEY. (2019). Synergie des données Sentinel optiques et radar pour l'observation et l'analyse de la végétation du littoral du pays de Brest. Mémoire d'obtenir le diplôme d'ingénieur CNAM. P18, P19.

BENSELIM YASMINA. (2018). L'impact du changement climatique sur le périmètre Irrigé de sig (wilaya de mascara). Mémoire de Master Université d'Oran. P39-41, P67-71, P78.

CELINE GOFFIN. (2016). Apport de la géomatique dans la modélisation d'un écoulement en région urbaine en 2D à l'aide de logiciels de SIG. Mémoire de Master.

CHARLOTTE PELLETIER. (2017). Cartographie de l'occupation des sols à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions. Thèse de Doctorat université de Toulouse. P3, P8, P11.

DENIZE JULIEN. (2015). Développement d'un modèle de classification d'images SAR pour la cartographie des cultures tropicales : Exemple de l'île de la Réunion. Mémoire de Master Université Rennes 2 - Agrocampus Ouest Sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne.

DERDJINI HAMZA. (2017). Cartographie des changements de l'occupation du sol dans la plaine de la Mitidja à partir des images Landsat. Mémoire de Master. P1, P2 Chapitre I, P1, P23, P24 Chapitre II.

EL HALIM MOUHSSIN. (2015). Apport de la télédétection pour l'évaluation de la variation des surfaces d'eau et du couvert végétal dans la plaine du Haouz depuis 1984 jusqu'à 2014. Mémoire de Master. P15, P46, P54, P66.

ELODIE VINTOU. (2012). Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles au Mali par télédétection à moyenne résolution spatiale. Thèse de Doctorat.

FLORINE CRUTZEN. (2017). Approche multi-capteurs pour la cartographie par télédétection des ressources ligneuses en Wallonie : application à la commune de Paliseul. Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée. P14, P26.

HACHEMI MERYEM. (2017). Cartographie d'AEP de la ville de Khemis El-Khechena (W. BOUMERDES). Mémoire de Master.

K. FLETCHER. (2012). Sentinel-2, ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. European Space Agency. P10-12.

LAASEL FARID, DOUIS KARIMA. (2011). Logement rurale dans la commune de Sig. Mémoire d'ingénieur d'état Université d'Oran. P13-25.

MAKREROUGRASS ZOHRA. (2016). L'utilisation des images satellitaires dans la détermination des facteurs de dégradation des écosystèmes agricoles (Facteur de l'étalement urbain). Mémoire de Master. P27, P48-50.

MIDOUNE F. (2001). Contraintes à l'intensification dans un périmètre irrigué Algérien : le cas du Sig – wilaya de Mascara. Thèse de magister université d'Oran es-senia ,2000/2001, p148.

MISSAOUI KHALED. (2014). Aménagement et valorisation des boisements urbains et périurbains de la ville de Sétif. Mémoire de Magister Université Ferhat Abbas Sétif. P54-58.

NOUR CHAHRAZAD, BELMEKHFI MOHAMMED BADREDINE. (2019). La cartographie de l'occupation du sol en utilisant image satellitaire de la plaine de M'lata. Mémoire de master université d'Oran 2. P32-44.

ROBIN FAIVRE / ICUBE-SERTIT. (2018). Introduction à la réalisation de spatiocartes. Formation télédétection Université de Strasbourg.

ROUZEAUO, CAPARL. (2017). Suivi de la turbidité des rivières guyanaises par télédétection multispectrale SENTINEL 2. – Acquisitions, algorithmes et masques des portions de rivières valides. Rapport final. BRGM/RP-67008-FR. P13.

SMAHI ZAKARIA. (2019). Etude de la dynamique côtière de l'ouest algérien par utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographiques. Thèse de Doctorat Université d'Oran2. P32-35.

Stratégie mondiale pour l'amélioration des statistiques agricoles et rurales (GSARS). (2017). Manuel sur l'application de la télédétection aux statistiques agricoles. Manuel de la Stratégie mondiale : Rome.

TIR ELHADJ. (2016). Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la Wilaya de Tissemsilt. Mémoire de Magister université ABOUBAKR BELKAÏD -TLEMENEN. P13, P20-21, P35-36, P39.

Webographie

Référence internet

- <http://www.aniref.dz/index.php/extensions/jevents/24-observatoire-du-foncier-industriel/monographie/55-monographie-4>[en ligne]
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/11/mascara-zones-industrielles-et-zones.html>[en ligne]
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseau-hydrographique-MASCARA.html>[en ligne]
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographique-MASCARA.html>[en ligne]
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/monographie-de-la-wilaya-de-mascara.html>[en ligne]
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/08/29mascara.html> [en ligne]
- <https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Mascara--Sig--Sigen> [en ligne]
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Sig_\(Mascara\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sig_(Mascara)) [en ligne]
- <https://quebecgeographique.gouv.qc.ca/education/images-pourquoi.asp>[en ligne]
- <https://www.applisat.fr/generalites-satellites/choisir-image-satellitaire>[en ligne]
- <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartereseauroutierMASCARA.html>[en ligne]
- <https://www.usherbrooke.ca/geomatique/programmes-detudes/par-discipline/teledetection/quest-ce-que-la-teledetection/> [en ligne]
- <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/sentinel-2/> [en ligne]
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sentinel-2>[en ligne]
- <http://www.agrodata-consulting.com/blog/viticulture-precision-image-satellite-sentinel>[en ligne]
- <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs44573> [en ligne]
- https://www.researchgate.net/figure/Landsat-5-TM-and-Landsat-8-OLI-and-TIRS-characteristics_tbl2_323417692 [en ligne]
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Programme_Landsat#Landsat_4_et_5 [en ligne]

- <https://docplayer.fr/47136268-Donnees-landsat-mises-a-disposition-pour-le-developpement-durable-en-afrique.html> [en ligne]
- https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con [en ligne]
- <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/1/landsat-4-5> [en ligne]
- <https://eo.belspo.be/en/satellites-and-sensors/landsat-5> [en ligne]
- https://www.researchgate.net/figure/Sentinel-2-band-characteristics_tbl1_314119510 [en ligne]
- <https://journals.openedition.org/confins/15027> [en ligne]
- <https://youtu.be/Bv3pB9TaWOk> [en ligne]
- https://youtu.be/B5G9hBY_Pls [en ligne]
- <https://youtu.be/evrNAHzuNPE> [en ligne]