

**Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du
diplôme Master Spécialisé en Sciences Géospatiales
et Gouvernance foncière**

**Le foncier agricole face à l'urbanisation : élaboration de
la carte agricole de la province Chtouka-Ait Baha**

**Présenté et soutenu publiquement par
Nassima EL MOUNJIDE**

JURY

| | | |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Pr. EL AYACHI Moha | (Président) | IAV Hassan II |
| Pr. El IDRISSI Abdelwahed | (Encadrant) | INAU |
| Pr. ID-RAIS Abderrahim | (Membre du jury) | IAV Hassan II |

JUILLET 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

Louange à Dieu tout-puissant

Je dédie ce mémoire aux personnes que je chérisse le plus au monde

A mes chers parents

Pour leur amour inconditionnel

Pour leur affection, bienveillance et sacrifices

Je vous dis que : « Le bonheur, c'est avoir une mère qui nous aime, un père pour nous conduire, avoir encore ses parents à l'âge d'homme pour les voir sourire à nos efforts, et voir nos parents applaudir à nos succès ».

Citation d'Henri-Frédéric Amiel.

Je tiens à vous remercier pour votre soutien

Ma reconnaissance envers vous est éternelle

Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie.

A mon petit frère

Toujours présent pour m'encourager et m'aider.

Je t'aime du fond de mon cœur, ton existence est le tonus de ma vie.

A mes chers amis

Pour leur énergie positive, sincérité et encouragement.

Vous harmonisez ma vie.

A toute ma famille et aux personnes qui m'aiment et m'encouragent.

...

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je rends grâce à dieu tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

En guise de reconnaissance, je tiens à remercier et à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant **Pr. El IDRISSI Abdelwahed** pour sa bonne volonté d'accepter de m'encadrer, pour ses conseils, son soutien inconditionnel, son suivi et ses efforts qu'il n'a cessé de me prodiguer tout au long de la période du projet.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à **Pr. EL-AYACHI Moha**, le coordonnateur du master **Sciences géospatiales et gouvernance foncière** pour le temps qu'il m'a consacré et sa bienveillance à répondre à toutes mes questions.

Je tiens également à remercier **Mr DERFOUFI Mourad**, pour son soutien inébranlable tout au long de la réalisation de ce document.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Pr. **ID-RAIS Abderrahim** pour avoir accepté de présider le jury et qui m'a fait l'honneur d'examiner ce travail.

Sans oublier d'exprimer ma profonde gratitude à toute l'équipe pédagogique du Master sciences géospatiales et gouvernance foncière qui, grâce à leurs qualités scientifiques et didactique ont poussé à promouvoir l'éducation, la recherche mais aussi le développement et le partage des connaissances liées au domaine.

Enfin, j'exprime ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de cet humble travail ainsi qu'à la réussite de ce parcours universitaire.

RESUME

Le présent projet de fin d'études s'inscrit dans une démarche de réflexion qui vise à préserver le foncier agricole contre l'urbanisation rapide, en particulier les terres fertiles, afin de maintenir la productivité et la rentabilité de l'agriculture. Il propose de combiner une planification territoriale efficace avec une utilisation rationnelle des terres agricoles. La méthodologie met en évidence l'apport des techniques de télédétection, des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des Processus d'Analyses Multi-Critères (AMC) basées sur la méthode d'Analyse Hiérarchique des Procédés (AHP). Le résultat attendu est une carte agricole de la province de Chtouka-Ait Baha, qui servira d'outil d'aide à la prise de décisions en matière d'aménagement du territoire. Cette carte classera les terres agricoles en fonction de leur potentiel, permettant ainsi de mieux représenter les zones propices à l'agriculture, celles à préserver, ainsi que celles pouvant être ouvertes à l'urbanisation.

Grâce à cet outil, les différents acteurs prendront conscience de l'importance de délimiter et de protéger les terres agricoles à fort et moyen potentiel, et disposeront de perspectives claires lors de la prise de décisions concernant l'ouverture de zones à l'urbanisation, notamment lors de l'élaboration de documents d'urbanisme (SDAU, PA, PDAR, etc....).

Mots clés : foncier agricole, terres agricoles, urbanisation, carte agricole, planification du territoire.

Encadrant : Pr. EL IDRISSE Abdelwahed

Candidate : EL MOUNJIDE Nassima

ABSTRACT

This master thesis is part of a reflective approach aimed at preserving agricultural land from rapid urbanization, particularly fertile lands, to maintain productivity and profitability in agriculture. It proposes to combine effective territorial planning with rational use of agricultural lands. The methodology highlights the contribution of remote sensing techniques, Geographic Information Systems (GIS), and Multi-Criteria Analysis Processes (AMC) based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). The expected result is an agricultural map of the Chtouka-Ait Baha province, which will serve as a decision-making tool for land use planning. This map will classify agricultural lands based on their potential, allowing for a better representation of areas suitable for agriculture, those requiring preservation, and those suitable for urban development.

Through this tool different stakeholders will become aware of the importance of delineating and protecting high and medium potential agricultural lands. They will also have clear perspectives when making decisions regarding the selection of areas for urbanization, especially during the development of urban planning documents (SDAU, PA, PDAR, etc.).

Keywords : agricultural land, farmland, urbanization, agricultural map, territorial planning.

Supervisor : Prof. EL IDRISSE Abdelwahed

Candidate : EL MOUNJIDE Nassima

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|------------|
| DEDICACE | ii |
| REMERCIEMENTS | iii |
| RESUME | iv |
| ABSTRACT | v |
| TABLE DES MATIERES | vi |
| LISTE DES FIGURES | ix |
| LISTE DES TABLEAUX | x |
| LISTE DES GRAPHES | x |
| LISTE DES ABREVEATIONS | xi |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| 1 Mise en contexte | 1 |
| 2 Problématique | 3 |
| 3 Hypothèse | 5 |
| 4 Objectifs | 6 |
| 5 Méthodologie de travail | 7 |
| 6 Structure | 7 |
| PARTIE I :..... | 9 |
| CADRAGE CONTEXTUEL | 9 |
| Introduction de la première partie :..... | 10 |
| Chapitre 1 | 11 |
| L'agriculture et l'urbanisation : une corrélation à mettre en évidence. | 11 |
| 1.1 Introduction | 11 |
| 1.2 Le foncier agricole : un vrai potentiel économique | 11 |
| 1.2.1 Le foncier agricole : fondement d'une agriculture épanouie | 12 |
| 1.2.2 Le Maroc : des espaces agricoles en régression | 14 |
| 1.3 L'urbanisation, un processus et une réalité nationale | 16 |
| 1.3.1 L'urbanisation, aspect d'un territoire en évolution | 16 |
| 1.3.2 L'artificialisation des sols, conséquence directe de l'urbanisation | 19 |
| 1.4 Législation, instruments de planification, politiques et stratégies sectorielles pour la protection et le développement du foncier agricole | 21 |
| 1.4.1 Cadre juridique régissant la protection du foncier agricole | 21 |
| 1.4.2 Les instruments de planification spatiale : outils de mise en ordre territorial | 27 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 1.4.2.1 | Documents d'aménagement du territoire | 27 |
| 1.4.2.2 | Documents d'urbanisme | 30 |
| 1.4.3 | Stratégies et politiques publiques sectorielles et la gestion durable du foncier agricole | 32 |
| 1.5 | La province Chtouka-Ait Baha : une dynamique territoriale accentuée | 38 |
| 1.5.1 | Chtouka-Ait Baha : une position stratégique..... | 38 |
| 1.5.2 | Une évolution démographique galopante..... | 42 |
| 1.6 | Conclusion | 47 |
| Chapitre 2 | | 48 |
| Outils de modélisation spatiale pour la gestion intégrée des terrains agricoles..... | | 48 |
| 2.1 | Introduction | 48 |
| 2.2 | Cartographie agricole à partir de l'observation de la terre | 48 |
| 2.2.1 | Télédétection comme outil de l'observation de la terre | 48 |
| 2.2.2 | Télédétection passive et télédétection active | 49 |
| 2.2.3 | L'imagerie satellitaire..... | 51 |
| 2.2.4 | Exemple d'applications dans le domaine agricole | 52 |
| 2.3 | Généralités sur les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) | 54 |
| 2.3.1 | Définition des SIG..... | 54 |
| 2.3.2 | Les principales composantes d'un SIG | 55 |
| 2.3.3 | Les formats de données SIG | 57 |
| 2.3.4 | Caractéristiques des SIG..... | 59 |
| 2.3.5 | Fonctionnalités des SIG | 60 |
| 2.4 | Apports de la combinaison télédétection et SIG au projet..... | 61 |
| 2.4.1 | Des disciplines interconnectées et complémentaires..... | 62 |
| 2.4.2 | Des images vers la carte | 63 |
| 2.4.3 | Contribution au projet | 64 |
| 2.5 | Conclusion | 66 |
| Conclusion de la première partie : | | 67 |
| PARTIE II :..... | | 68 |
| Réalisation de la carte agricole décisionnelle au niveau de Chtouka-Ait Baha..... | | 68 |
| Introduction de la deuxième partie :..... | | 69 |
| Chapitre 3 | | 70 |
| Méthodologie du travail | | 70 |
| 3.1 | Introduction..... | 70 |
| 3.2 | Méthodologie générale..... | 71 |
| 3.3 | Données et outils utilisés | 71 |
| 3.3.1 | Le site de l'étude..... | 71 |
| 3.3.2 | Matériels et données | 73 |
| 3.3.2.1 | Présentation des logiciels..... | 73 |
| 3.3.2.2 | Données et caractéristiques :..... | 73 |
| 3.3.3 | Préparation et prétraitements des données | 76 |
| 3.3.3.1 | Correction du dysfonctionnement (SLC-off) du satellite Landsat7 | 76 |
| 3.3.3.2 | Extraction de données basée sur la zone d'étude : | 77 |

| | | |
|---|--|------------|
| 3.3.3.3 | Calibration (Etalonnage) radiométrique et correction atmosphérique : | 79 |
| 3.3.3.4 | Fonction Affinage panchromatique (Pansharpening) : | 80 |
| 3.4 | Cartes d'occupation de sol | 81 |
| 3.4.2.1 | Intégration des données et du paramètre « Normalized Difference » : | 83 |
| 3.4.2.2 | Etape de segmentation et fusion : | 84 |
| 3.4.2.3 | Les échantillons d'apprentissage et les attributs : | 85 |
| 3.4.2.4 | Choix de l'algorithme de classification..... | 86 |
| 3.4.2.5 | Export des résultats | 87 |
| 3.5 | Carte des pentes | 87 |
| 3.6 | Carte de dégradation des sols | 89 |
| 3.6.1 | Dérivation des indices spectraux | 90 |
| 3.6.1.1 | Indice de forme(IF) | 90 |
| 3.6.1.2 | Indice de coloration | 91 |
| 3.6.1.3 | Indice de brillance..... | 93 |
| 3.6.2 | Combinaison des indicateurs dérivés..... | 94 |
| 3.7 | Carte pédologique..... | 94 |
| 3.8 | Conclusion | 95 |
| Chapitre 4 | | 97 |
| Présentation, validation et interprétation des résultats | | 97 |
| 4.1 | Introduction..... | 97 |
| 4.2 | Résultats de classification | 97 |
| 4.2.1 | Évaluation des performances de la classification | 97 |
| 4.2.1.1 | Inspection visuelle | 98 |
| 4.2.1.2 | Matrice de confusion | 98 |
| 4.2.2 | Les cartes d'occupation des sols..... | 102 |
| 4.2.3 | Quantification des changements | 103 |
| 4.3 | Résultats de la carte des pentes..... | 104 |
| 4.4 | Résultats de la carte de dégradation des sols | 107 |
| 4.5 | Résultats de la carte pédologique..... | 109 |
| 4.6 | Aide à la décision multicritères | 111 |
| 4.6.1 | Méthode d'analyse utilisée (AHP)..... | 112 |
| 4.7 | Résultats et discussion | 116 |
| 4.8 | Conclusion | 118 |
| Conclusion générale et ouverture | | 119 |
| BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE | | 121 |
| ملخص..... | | 125 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|-----|
| <i>Figure 1 : Organigramme de la méthodologie générale du projet.</i> | 7 |
| <i>Figure 1.1: La multifonctionnalité de l'agriculture.</i> | 13 |
| <i>Figure 1.2: Les cinq objectifs visés par le SNAT.</i> | 29 |
| <i>Figure 1.3: Exemple d'un plan d'aménagement de la commune urbaine d'Ait Baha.</i> | 31 |
| <i>Figure 1.4 : Localisation de la province Chtouka-Ait Baha au sein de la région Souss-Massa.</i> | 39 |
| <i>Figure 1.5 : Situation administrative de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 40 |
| <i>Figure 1.6 : Découpage administrative de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 41 |
| <i>Figure 1.7: Les atouts de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 44 |
| <i>Figure 1.8: Réseau routier de Chtouka-Ait Baha.</i> | 46 |
| <i>Figure 2.1 : Interaction du rayonnement électromagnétique avec la surface terrestre en télédétection passive(a) et en télédétection active (b).Principaux domaines du spectre électro magnétique (c) (E : Rayonnement incident/émis, T : transmis, A : absorbé, D : diffus.</i> | 50 |
| <i>Figure 2.2: Schéma du Système d'Information Géographique (SIG).</i> | 55 |
| <i>Figure 2.3: Les cinq composantes d'un projet SIG.</i> | 56 |
| <i>Figure 2.4: Représentation du monde réel dans un SIG.</i> | 57 |
| <i>Figure 2.5 : Représentation des deux différents types de modèles géographiques.</i> | 58 |
| <i>Figure 2.6: Les principales fonctions d'un SIG.</i> | 61 |
| <i>Figure 2.7: Chronologie simplifiée des techniques, données spatiales et développements en information géographique.</i> | 63 |
| <i>Figure 3.1: Situation géographique de la zone d'étude.</i> | 72 |
| <i>Figure 3.2: Images satellitaires brutes avec composition vraies couleurs.</i> | 74 |
| <i>Figure 3.3 : Bandes spectrales de l'instrument ETM+, OLI et TIRS.</i> | 75 |
| <i>Figure 3.4: Résultat du balayage correcteur de ligne.</i> | 76 |
| <i>Figure 3.5: Résultats d'extraction de la zone d'étude à partir des images Landsat.</i> | 77 |
| <i>Figure 3.6: Résultats d'extraction du model numérique de terrain.</i> | 78 |
| <i>Figure 3.7: Résultats d'extraction des types de sol.</i> | 78 |
| <i>Figure 3.8: Organigramme de prétraitement des données images.</i> | 79 |
| <i>Figure 3.9 : Résultats du Pansharpening.</i> | 80 |
| <i>Figure 3.10: Schéma hiérarchique de répartition des classes pour les images Landsat.</i> | 82 |
| <i>Figure 4.1: Carte d'occupation de sol de la province Chtouka-Ait Baha en 2009.</i> | 102 |
| <i>Figure 4.2: Carte d'occupation de sol de la province Chtouka-Ait Baha en 2019.</i> | 103 |
| <i>Figure 4.3: Carte du relief de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 105 |
| <i>Figure 4.4: Carte des pentes de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 106 |
| <i>Figure 4.5 : Carte de dégradation des sols de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 108 |
| <i>Figure 4.6: Carte pédologique de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 111 |
| <i>Figure 4.7: Schéma de décomposition du problème dans une structure hiérarchique des critères de décision.</i> | 113 |
| <i>Figure 4.8: Modèle Builder d'agrégation.</i> | 116 |
| <i>Figure 4.9: Carte agricole de la province Chtouka-Ait Baha.</i> | 117 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|------------|
| <i>Tableau 1.1 : Fiche d'identité de Chtouka Ait-Baha.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Tableau 1.2 : Evolution de la population de la province Chtouka Ait-Baha en (hab) entre 2004 et 2014.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Tableau 1.3 : Les projections démographiques de la province de Chtouka-Ait Baha en (hab) 2019-2020.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Tableau 2.1: Avantages de raster et vecteur.</i> | <i>58</i> |
| <i>Tableau 2.2 : Inconvénients de raster et vecteur.</i> | <i>59</i> |
| <i>Tableau 4.1: Catégories de classification sur la base de Kappa selon « Landis et Coch».....</i> | <i>100</i> |
| <i>Tableau 4.2 : Standardisation des critères.....</i> | <i>114</i> |
| <i>Tableau 4.3 : Matrice de comparaison par paires.....</i> | <i>114</i> |
| <i>Tableau 4.4: Poids d'importance relative des critères d'évaluation.</i> | <i>114</i> |
| <i>Tableau 4.5 : Le ratio de cohérence acceptable.</i> | <i>115</i> |

LISTE DES GRAPHES

| | |
|---|------------|
| <i>Graphe 1.1 : Projection du développement du pourcentage de zones urbaines et rurales en 2050 au Maroc.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Graphe 1.2 : Evolution du taux d'urbanisation au Maroc durant les périodes 1960-2014.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Graphe 1.3 : Evolution de la population Chtouka-Ait Baha selon le milieu de résidence en (hab) entre 2004 et 2014.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Graphe 4.1: Histogramme comparative des surfaces de chaque classe en pourcentage.</i> | <i>104</i> |
| <i>Graphe 4.2 : Histogramme des classes des pentes en pourcentage.</i> | <i>107</i> |
| <i>Graphe 4.3: Diagramme des classes de dégradation des sols en pourcentage.</i> | <i>109</i> |

LISTE DES ABREVEATIONS

| | |
|--------------|--|
| ASTER | : Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer |
| AHP | : Analyse Hiérarchique des Procédés |
| AMC | : Analyse Multi-Critères |
| DEM | : Digital Elevation Model |
| ESRI | : Environmental Sciences Research Institute |
| ETM | : Enhanced Thematic Mapper |
| FAO | : Food and Agriculture Organization |
| GPS | : Global Positioning System |
| HCP | : HCP Haut-Commissariat au Plan |
| INDH | : National Initiative for Human Development |
| kNN | : K-Nearest Neighbour |
| MNE | : Modèle Numérique d'Elevation |
| MNT | : Modèle Numérique de Terrain |
| NASA | : National Aeronautics and Space Administration |
| NDVI | : Normalized Diference Vegetation Index |
| OLI | : Operational Land Imager |
| PA | : Plan d'Aménagement |
| PDAR | : Plan de Développement des Agglomérations Rurales |
| PDR | : Programme de Développement Rural |
| PI | : Périmètres Irrigués |
| PIB | : Produit Intérieur Brut |
| PMV | : Plan Maroc Vert |
| PMVB | : Périmètres de Mise en Valeur en Bour |
| PZ | : Plan de Zonage |
| RADAR | : Radio Detection And Ranging |
| RGPH | : Recensement Général de la Population et de l'Habitat |
| SAU | : Superficie Agricole Utile |
| SDAU | : Schémas Directeur d'Aménagement Urbain |
| SIG | : Système d'Information Géographique |
| SNAT | : Schéma National d'Aménagement du Territoire |
| SNDR | : Stratégie Nationale de Développement Rural |
| SRAT | : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire |
| SVM | : Support Vector Machine |
| TAAM | : Taux d'Accroissement Annuel Moyen |
| TIRS | : Thermal Infrared Sensor |
| USGS | : United States Geological Survey |

INTRODUCTION GENERALE

« Aménager le territoire, c'est d'abord fondre ville et campagne dans nos usages et dans nos images et repenser la question agricole et forestière sous cet angle » (Bernard KALAORA, 1996).

1 Mise en contexte

Le Maroc est confronté à de nombreux défis alors qu'il traverse une période de transition démographique, économique et politique. Ce pays dispose d'atouts forts essentiels à son développement surtout en agriculture. Celle-ci joue un rôle-clé dans l'économie, la société ainsi que sur les territoires, les ressources naturelles et l'environnement (HCP et CGDA, 2011). En tant que principal secteur créateur de richesses et plus grand employeur du pays, l'agriculture représente une double responsabilité pour le Maroc.

De nos jours, la contribution de l'agriculture à la croissance est certaine, mais afin de maintenir l'amélioration de ce domaine vital et répondre aux exigences des programmes nationaux tels que le Plan Maroc Vert (PMV), le Programme de Développement Rural (PDR) lancé en 2016 ainsi que la stratégie Génération Green 2020-2030 lancée récemment, il est impératif d'étudier les étendues du foncier agricole et de développer des méthodes de suivi appropriées. Cela permettra de bien gérer et de contrôler le territoire national, notamment en matière de consommation des terres agricoles et d'étalement urbain (Pelletier, 2017).

L'urbanisation dans notre pays s'accroît au fil du temps avec une rythmique très rapide et de façon irréversible sur tout le territoire national, ce qui se reflète par la régression des espaces agricoles, car de milliers d'hectares, annuellement, sont extraits pour être intégrés dans les airs urbains en vue de constituer le support d'opérations de lotissements, de groupements d'habitations, de zones industrielles et d'activités (EDESAT, 2016).

Dans ce contexte, la préservation du foncier agricole contre l'urbanisation constitue un enjeu stratégique majeur en termes de production agricole et d'aménagement du territoire (Plant et al. 2018).

Le gouvernement marocain, comme le cas de nombreux pays dans le monde, a parfaitement identifié cette problématique et est conscient de l'importance de concevoir une bonne articulation entre l'expansion urbaine et l'agriculture. C'est pourquoi des efforts soutenus doivent être déployés pour accompagner les politiques publiques, afin de contrôler les menaces que fait peser la croissance urbaine, notamment sous forme d'urbanisation illégale sur les terres arables.

L'avènement des systèmes d'informations géographiques et le progrès technologique que connaît la télédétection ont permis la transparence et la bonne maîtrise des informations foncières ce qui renvoie à une facilité d'accès aux données de la part des gestionnaires, des différents acteurs et intervenants dans le domaine du foncier (EDESAT 2016). En effet, ces deux outils favorisent la bonne gestion du foncier agricole et la maîtrise de ces données, ce qui revêt une importance capitale qui permet de veiller sur la préservation de l'environnement, de la biodiversité, ainsi que maintenir le potentiel de production agricole et assurer la sécurité alimentaire de la population et son développement économique (Plant et al. 2018).

De plus, l'intégration des outils SIG et de l'analyse décisionnelle multicritères constitue une approche puissante pour évaluer l'aptitude des terres agricoles. Cette approche permet de combiner les avantages des SIG, tels que la manipulation et l'analyse spatiale des données, avec les techniques d'analyse multicritères, qui permettent de prendre en compte plusieurs critères simultanément. Ils impliquent une prise de décisions éclairées lors de la planification urbaine, ce qui assure un équilibre optimal entre les besoins en terres urbaines et les exigences du développement agricole.

D'ailleurs, la combinaison de la télédétection, des SIG et des processus d'AMC permet de cartographier les terres agricoles, d'identifier les sols les plus fertiles et suivre l'évolution de l'utilisation des terres agricoles dans le temps, de détecter les changements, de surveiller l'impact de l'urbanisation sur les terres agricoles et d'identifier les zones les plus appropriées pour l'agriculture. Elle peut également être utilisée pour évaluer l'impact de l'urbanisation sur les terres agricoles et pour identifier les zones où la préservation des terres agricoles est particulièrement importante.

Ce projet de fin d'études s'inscrit donc dans le contexte d'établir un outil qui permettra d'assurer le suivi des déperditions en terres agricoles dans notre zone d'étude, conserver les ressources en sol et orienter les décisions d'aménagement de manière à trouver le juste équilibre entre les impératifs du développement urbain et la préservation des terres agricoles à haut et moyen potentiel agricole, en veillant à ce que les deux secteurs coexistent harmonieusement.

2 Problématique

Le concept "land take", appelé ainsi par la Commission européenne, se réfère à la perte des terres agricoles au profit d'espaces anthropisés, tels que les zones urbaines et les infrastructures (Plant et al, 2018). Les conséquences de ce phénomène, suscitent désormais des enjeux majeurs qui affectent le foncier agricole dont la consommation atteint aujourd'hui une ampleur sans précédent.

Au Maroc, le secteur agricole est considéré comme l'un des piliers du développement du pays. Durant les cinquante dernières années, l'agriculture a connu des avancées notables dans presque tous les secteurs de production. En termes de valeur, la production agricole totale a quasiment triplé. Malgré la forte urbanisation, l'agriculture continue de contribuer de 15 % à la richesse nationale annuelle et son impact multiplicateur sur l'économie reste très important et en croissance constante (HCP et CGDA, 2011).

Toutefois l'évolution et l'épanouissement de ce secteur reste affecté par la dynamique de la croissance démographique et l'essor de l'urbanisation, dans la mesure où nous estimons que l'expansion urbaine évaluera à près de 118 000hectares à l'horizon 2034, avec une moyenne d'environ 5900 hectares par an (EDESAT, 2016).

Chtouka-Aït Baha est une province de subdivision à dominante rurale de la région marocaine de Souss-Massa. Son chef-lieu est Biougra. Elle constitue une zone très productive connue par sa richesse, la fertilité de ses terres et l'épanouissement de son agriculture, c'est la première province marocaine à posséder une bourse des primeurs (S Planel, 2009).

Selon le dernier recensement général de la population et de l'Habitat de 2014, la population légale de la province Chtouka-Aït Baha est passée de 297.245 habitants en 2004 à 371.102 en 2014, soit une croissance de 73.857 habitants. Cela affiche une évolution relativement moyenne au cours de la dernière décennie, qui traduit une croissance annuelle moyenne de (2.24%) qui dépasse la moyenne nationale (1.2%) (HCP, 2020).

Incontestablement, en raison de la dynamique démographique que connaît la province, surtout au niveau de l'accroissement de la population urbaine, Chtouka-Aït Baha va connaître de profonds bouleversements durant les prochaines années, qui tendent à mettre une concurrence entre l'urbanisation et l'agriculture sur l'usage du sol, ce qui va impacter négativement l'économie de la province Chtouka-Aït Baha, qui repose essentiellement sur l'agriculture.

Le but majeur de ce projet consiste à se baser sur des solutions des sciences géospatiales, afin de contrôler la déperdition des terres dans la province de Chtouka-Aït Baha. Dans ce contexte, la création d'une carte agricole pour la province demeure un mécanisme de veille important et un outil d'aide à la prise de décision puissant. Cet outil sera capable d'informer et de renseigner sur le foncier agricole, de localiser et visualiser ainsi que de faciliter sa gestion et d'évaluer sa consommation par l'expansion urbaine, d'analyser et de susciter l'intérêt de chaque partie de cette ressource vitale avant d'accorder l'ouverture à n'importe quelle zone d'urbanisation. C'est à travers la carte agricole de Chtouka-Aït Baha que les services (centraux, régionaux et provinciaux) du département de l'agriculture peuvent jouer un rôle plus actif, notamment par des interventions optimisées, basées sur des alternatives qui reposent sur des critères bien précis et d'efficacité pour exprimer et entretenir une couverture complète des données, qui aideront à la participation aux comités techniques locaux d'examen des documents d'urbanisme (SDAU, PA, PDAR, etc....).

Le choix de Chtouka-Aït Baha constitue un exemple frappant, car cette zone peine toujours pour garder sa fonction agricole et n'est pas encore parvenue à dépasser son caractère rural.

En synthèse, voilà la problématique à laquelle nous essayerons d'apporter des éléments de réponse dans le présent document :

Comment pouvons-nous assurer une convergence des différentes visions qui relèvent des politiques publiques sectorielles, notamment celles de l'urbanisme et de l'agriculture à travers l'utilisation des outils des sciences géospatiales ?

Cette problématique permet de poser plusieurs interrogations dont on cite en particulier :

- Comment les sciences géospatiales peuvent aider à réguler l'action des acteurs publics ?
- Comment peut-on évaluer la consommation de terres agricoles réputées fertiles et productives ?
- Quel rôle et type d'informations serviront à la classification des terres agricoles ?

3 Hypothèse

Dans le but de bien cadrer notre problématique et d'apporter des réponses aux questions suscitées préalablement nous avons invoqué les hypothèses suivantes :

- La réalisation de la carte agricole peut générer une vision claire sur le foncier agricole dans la province Chtouka-Ait Baha et ainsi régulariser les actions des différents acteurs.
- Le recours à la Télédétection, aux SIG et aux outils AMC offriront une solution capable de maîtriser l'utilisation du foncier agricole.
- La carte agricole sera un outil de consultations initiales et indispensables entre les différents acteurs avant d'ouvrir n'importe quelle zone à l'urbanisation, afin de mettre point à l'urbanisation non contrôlée.

Ce travail de recherche vise à confirmer ou infirmer ces hypothèses en analysant les questionnements et problématiques soulevés.

4 Objectifs

De par sa multidimensionnalité et son actualité, le sujet traité est très particulier. En effet, il offre l'opportunité d'étudier une problématique majeure, qui relie le foncier agricole avec l'urbanisation. D'autre part, il implique un aspect économique considérable qui s'entrelace avec le besoin immanent d'aménagement de territoire.

Cette étude a pour objectif principale :

- La classification des terres agricoles en trois (3) catégories à savoir :
 - *Terres à haut potentiel agricole (Zones d'agriculture à protéger) ;*
 - *Terres à potentiel agricole moyen (Zones de Sauvegarde) ;*
 - *Terres à faible potentiel agricole (Zones pouvant être urbanisés en cas de besoin pressant selon des normes).*

Ce qui vise à orienter les décisions d'aménagement en combinant une planification territoriale efficace avec une utilisation rationnelle des terres agricoles. Cette démarche permettra de mieux harmoniser le développement urbain tout en préservant les terres agricoles à fort potentiel productif.

Et parmi les objectifs secondaires, on trouve :

- Exploiter la pertinence des informations géographiques, pour établir et maintenir une cartographie précise et fidèle, qui assure le suivi des déperditions en terres agricoles dans la province.
- Bénéficier des avantages numériques et dynamiques des SIG, des méthodes AMC et de la télédétection, pour créer une solution qui accordera une bonne articulation entre les différents acteurs, permettant ainsi d'orienter les décisions d'aménagement de territoire dans la province et de conserver les ressources en sol favorables pour l'agriculture.

Au terme du travail, nous allons essayer de profiter de l'apport des techniques utilisées dans le domaine des sciences géospatiales pour faire face à l'urbanisation et favoriser le maintien du foncier agricole, voire plus, utiliser le pouvoir des données à référence spatiale pour les mettre au service du secteur agricole, notamment en élaborant une carte agricole qui permettra d'éviter le gaspillage des sols productifs indispensables pour la stimulation du développement de l'agriculture dans Chtouka-Ait Baha.

5 Méthodologie de travail

Afin de mener notre étude et aboutir aux objectifs déterminés, nous allons adopter la méthodologie explicitée dans le schéma (Figure 1) :

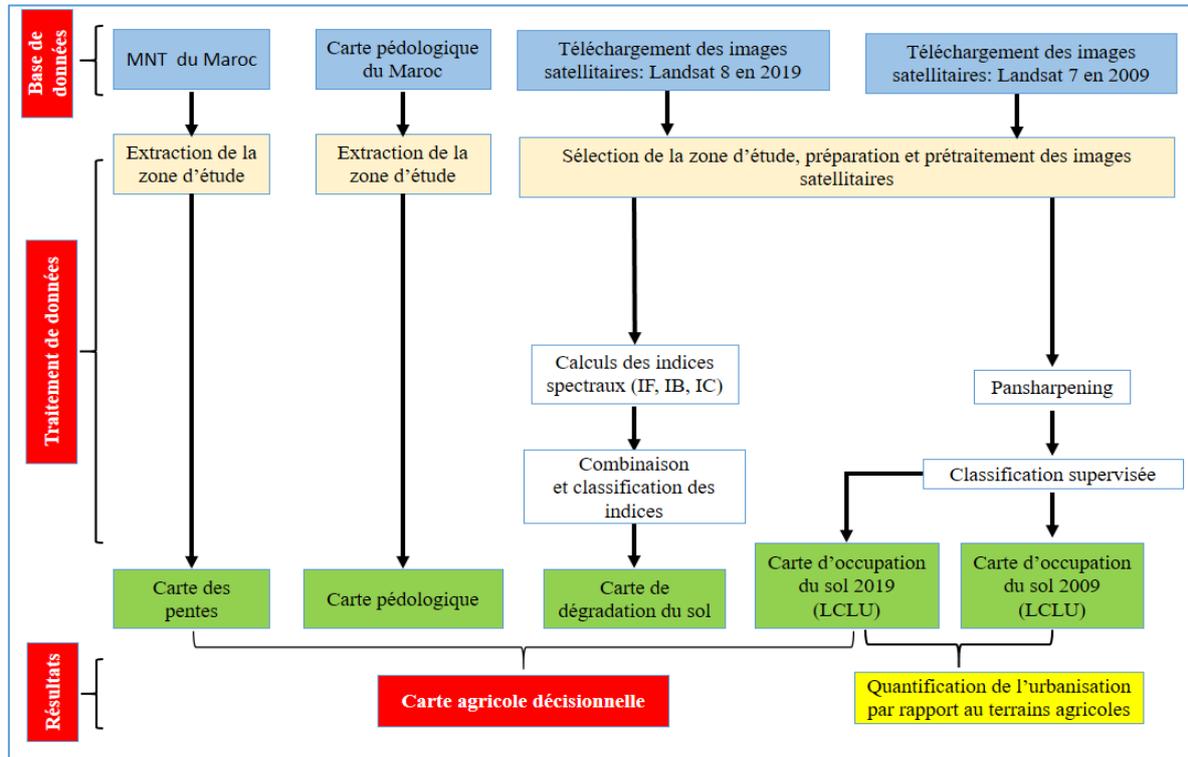


Figure 1 : Organigramme de la méthodologie générale du projet.

Source : *Elaboration personnelle.*

6 Structure

Le présent mémoire est organisé en deux parties précédées par une introduction générale qui définit le contexte de la recherche, la problématique, les hypothèses, les objectifs, la méthodologie ainsi que la structure suivie pour la réalisation de ce document.

Dans une première partie, nous présenterons le cadrage contextuel qui a contribué à l'enrichissement des connaissances théoriques et nous a procurés les mécanismes primordiaux pour concevoir une bonne assise à notre sujet.

Cette partie portera sur deux chapitres : dans le premier, nous allons évoquer les deux notions clés de notre projet qui sont le foncier agricole et l'urbanisation, puis nous exposerons la question de convergence des stratégies et différentes politiques publiques sectorielles au Maroc, en vue de mettre en avant une ouverture sur les politiques de développement durable

qui touchent au sujet, et expliciter les caractéristiques démographiques, économiques et spatiales de Chtouka-Ait Baha. Dans le second chapitre, nous allons mettre l'accent sur les outils de télédétection, des SIG et de la méthode AHP qui est catégorisé selon l'approche d'analyse décisionnelle multicritères, en présentant ainsi des généralités sur leurs principes de base et leur utilisation au service de la cartographie et de l'agriculture.

Quant à la deuxième partie, elle élucide judicieusement la méthodologie suivie pour aboutir à notre résultat final.

Cette partie présente aussi deux chapitres : le premier se focalise sur la présentation des données, des outils du travail et la méthodologie détaillée suivie pour aboutir à la carte agricole classifiée en vue d'atteindre les objectifs de notre étude.

Le dernier chapitre est dédié à la présentation des résultats et finit par une ouverture sur la question de l'agriculture durable dont le but est de réaliser un équilibre entre la consommation du foncier agricole et l'expansion urbaine.

Enfin, nous concluons le document par une discussion et une conclusion générale.

PARTIE I :
CADRAGE CONTEXTUEL

Introduction de la première partie :

Le rôle crucial de l'agriculture dans l'économie des pays, en particulier dans le développement des zones rurales, est indéniable. Cependant, l'urbanisation est également importante pour le développement des territoires, bien qu'elle soit souvent associée à une expansion urbaine croissante qui entraîne une utilisation inadéquate des sols à fort potentiel agricole. Par conséquent, la protection des terres arables est un enjeu stratégique majeur qui a un impact sur la production agricole, l'alimentation et l'aménagement du territoire à différentes échelles (Plant et al, 2018).

Le Maroc, en tant que pays émergent d'Afrique, doit considérer l'importance de la question de l'utilisation des terres dans ses politiques agricoles et dans la conception de ses lois sur l'urbanisme. Cela permettra de garantir un développement harmonieux et durable, ainsi que de trouver un équilibre entre une agriculture prospère économiquement et un urbanisme adapté. Il est crucial de répondre aux préoccupations nationales concernant les terres agricoles qui représentent indéniablement un potentiel économique important à exploiter.

Réagissant à ce constat, la première partie de ce travail va tenter d'analyser de manière concise les multiples interactions entre le foncier agricole et l'urbanisation, puis va décortiquer la question de la perte des terres agricoles et les conflits d'usage autour de l'artificialisation des sols. Cette partie abordera la question de la planification territoriale de l'agriculture pour limiter les pertes de terres à haute valeur agricole en prenant comme exemple la province de Chtouka-Ait Baha et examinera également les outils scientifiques disponibles pour faire face à ce défi.

Chapitre 1

L'agriculture et l'urbanisation : une corrélation à mettre en évidence.

1.1 Introduction

Le foncier est considéré comme une ressource naturelle rare, limitée dans l'espace, primordial pour la production et l'implantation des infrastructures de plus que des logements, fructueuse pour l'agriculture ainsi que pour une variété de services (Hubacek et Fischer, 2002). Cependant, la transformation anthropique des sols en surfaces artificielles, notamment par le biais de l'urbanisation, est de plus en plus reconnue comme ayant un impact négatif sur les fonctions environnementales, économiques et sociales que couvrent les sols (Plant et al, 2018).

Étant donnée la problématique de ce projet de fin d'étude, l'objectif escompté de ce chapitre est de mettre la lumière sur l'importance du foncier agricole en tant que composante économique essentielle, ainsi que de l'intérêt de l'urbanisation dans le développement des territoires. Il portera une attention sur les variétés de lois, des stratégies, des politiques et d'instruments de planification mis en place par le gouvernement marocain en vue d'assurer la bonne gestion des sols. Ensuite, Il examinera la relation souvent conflictuelle entre ces deux rudiments, en se concentrant principalement sur les impacts négatifs de l'étalement urbain relatif à l'agriculture, notamment la consommation des terres cultivables dans la zone de Chtouka-Ait Baha.

1.2 Le foncier agricole : un vrai potentiel économique

Nous avons entrepris de susciter le débat sur le foncier agricole, qui constitue la base de l'agriculture et qui est considéré comme moteur de la croissance économique nationale. Son épanouissement est donc crucial pour assurer une prospérité durable pour notre pays.

1.2.1 Le foncier agricole : fondement d'une agriculture épanouie

Le foncier agricole et l'agriculture ont été considérés comme des composantes fondamentales de la science économique, étant donné que la terre est principalement utilisée comme moyen de production (Cavailhès et al, 2011). La croissance dans le domaine de l'agriculture implique la réalisation de gains de productivité, qui peuvent être obtenus grâce à l'exploitation efficace des ressources et à l'adoption d'innovations technologiques avancées (Laouina, 2002). Les terres agricoles sont une ressource vitale qui doit être préservée en agriculture, tout comme l'eau. Les sols sont des réservoirs de biodiversité qui fournissent des services écosystémiques indispensables, tels que la production alimentaire, la régulation du climat et des crues, ainsi que l'impact sur la qualité de l'eau et de l'air (Hubacek et Fischer, 2002). C'est pourquoi les ressources en terres sont considérées comme indispensables pour assurer le bon développement du secteur agricole.

Le Maroc est un pays qui accorde une grande importance aux terres agricoles en raison de son climat, de sa géographie et de sa tradition agricole. La superficie des terres arables est d'environ 8,7 millions d'hectares, ce qui représente une petite partie de la superficie totale du pays, qui est d'environ 71 millions d'hectares. Cette superficie est répartie entre les terres irriguées (1,5 million d'hectares) et les terres non irriguées (7,2 millions d'hectares). De plus, le Maroc dispose d'un littoral de près de 3 500 km et d'un espace maritime d'environ 1,1 million de km². Les montagnes du pays renferment 70 % des ressources hydriques et couvrent 62 % de la forêt marocaine (sans forêt alfatière). Elles abritent également une grande biodiversité, comprenant environ 80 % des espèces endémiques (CESE, 2017).

La SAU occupe près de 13 %, équivalente à 9,2 millions d'hectares, ce chiffre connaît une augmentation sensible au détriment des zones réservées au parcours qui s'étendent à leur tour sur 21 millions d'hectares de la superficie totale du pays. Par ailleurs 5,8 millions d'hectares sont occupés par la forêt, 3,2 millions d'hectares de nappe alfatière, et 31,8 millions d'hectares incultes (FAO, 2009). La SAU inclut particulièrement de manière pérenne 10 % de la surface irriguée équivalente à 800 000 ha alors que le potentiel irrigable est estimé à 1 300 000 ha. Le reste est assuré essentiellement pour les zones bours dont le potentiel de production est lié à la pluviométrie et à sa répartition (FAO, 2009).

Ainsi, ce pays à prédominance agricole, considère la superficie agricole utile ($SAU = \text{superficie totale} - \text{inculte} - \text{forêt} - \text{parcours}$) comme étant un puissant évocateur de capital et un stimulant précieux pour le développement économique et déploie des efforts remarquables pour mettre en valeur ce bien productif, non renouvelable et limité dans l'espace. C'est ainsi que, le développement du secteur agricole marocain a constitué l'une des priorités des nouvelles autorités en vue d'assurer le développement économique du pays (Rhomri Mounir, 2019).

Depuis son indépendance, le gouvernement marocain a placé le secteur agricole comme l'un des leviers de l'économie nationale. Cela est dû à la diversité de ses potentialités, ses performances propres et ses interactions avec les autres secteurs économiques (Figure 1.1). Depuis lors il est un créateur de richesses nationales et le premier employeur du pays, ainsi que le principal utilisateur et responsable de la gestion des ressources naturelles renouvelables (HCP et CGDA, 2011).

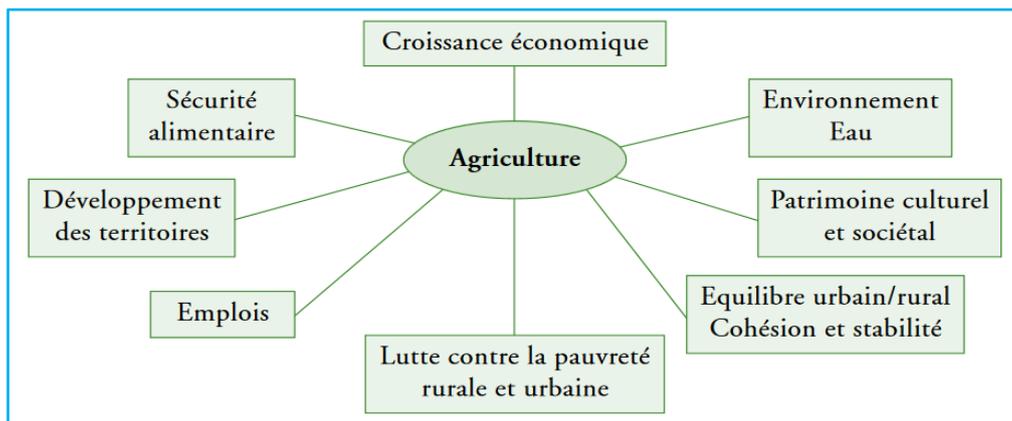


Figure 01.1: La multifonctionnalité de l'agriculture.

Source : HCP et CGDA, 2011

L'importance du secteur agricole se manifeste par sa contribution notable, à la formation de 13% à 20% du PIB national et à la création 40% d'emploi, notamment en milieu rural où l'agriculture reste le principal employeur et source de revenu pour 74,5% de la population rurale, dont 1,5 millions sont des agriculteurs. Il participe également avec un apport important de devises à travers les exportations qui est estimé à 1,8 Milliards d'euros, soit 11% de la valeur totale, ainsi qu'une couverture équilibrée en produits alimentaires (MAPMDREF, 2018).

C'est vrai que, l'agriculture marocaine a fait des progrès marquants, impliquant la quasi-totalité des productions animales et végétales ; sauf qu'en dépit de ses atouts, elle reste soumise à de multiples enjeux dont on cite : le système foncier, la sécurité alimentaire, la dégradation environnementale, la crise de l'eau, la désertification, l'accentuation des sécheresses, Les morcellements excessifs, l'urbanisation ...

L'ensemble de ces problèmes constitue un sérieux blocage à la réalisation des objectifs assignés au secteur agricole marocain, car ils contribuent à exercer une forte pression sur les terres agricoles et à entraîner une mauvaise gestion des ressources naturelles.

1.2.2 Le Maroc : des espaces agricoles en régression

L'humanité a souvent puisé dans les ressources naturelles en les considérant comme une richesse infinie, sans se soucier de leur avenir. Les espaces agricoles font également partie de ces ressources naturelles et doivent être gérés de manière appropriée afin de les préserver pour les générations futures. Il est donc essentiel de souligner que la ressource foncière ne peut pas être régénérée, car la terre est une richesse limitée. Dans cette optique, il est crucial d'allouer cette ressource de manière rationnelle à divers usages tels que le logement, les activités économiques (notamment l'agriculture) et les loisirs. Cependant, cette multiplicité d'usages engendre une forte concurrence pour l'utilisation du sol, en particulier dans certaines zones (Lefebvre et Rouquette, 2011).

La perte de terres agricoles est un phénomène qui remonte à plusieurs décennies au Maroc, mais qui s'est accéléré au cours des quatre dernières décennies en raison de l'action humaine. L'urbanisation constitue le principal problème, car la diminution des terres agricoles due à l'étalement urbain devrait atteindre, selon les estimations, 70 000 hectares d'ici 2025, soit 0,8% de la SAU (CIHEAM, 2009). Ce chiffre est alarmant et entraîne une réduction de la surface agricole moyenne par exploitation.

Une étude réalisée par le Ministère de l'Agriculture en 2013, intitulée "**Étude d'impact de l'urbanisation sur les terres agricoles et élaboration d'un plan d'action pour la protection des terres agricoles dans sept offices régionaux de mise en valeur agricole**", a révélé que l'urbanisation croissante a entraîné une dégradation des terres agricoles dans les sept offices régionaux de mise en valeur agricole étudiés. La diminution progressive de la SAU a principalement touché les prairies, les pâturages permanents et les zones proches des centres urbains, en particulier les plaines, les zones côtières et les vallées. Ces ressources en sols

important ont été progressivement converties en zones résidentielles, commerciales et industrielles, ce qui a eu un impact négatif sur la capacité agricole du pays.

Le rapport de synthèse du Groupe technique intergouvernemental sur les sols de la FAO, intitulé "**L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture**", publié en 2023, a aussi lancé un avertissement alarmant pour tous les pays dans la région du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord (NENA) y compris le Maroc.

Les chercheurs avaient conclu que "l'urbanisation nuit aux sols". Ils ont souligné que la croissance rapide des villes et des industries a entraîné la dégradation de vastes superficies de sols et les rendant définitivement imperméables sous les revêtements bitume et en béton (FAO, 2023). Le rapport souligne les conséquences de cette situation et signale que d'autres pertes de sols productifs compromettraient gravement la production alimentaire et la sécurité alimentaire, augmenteraient la volatilité des prix alimentaires, et pourraient plonger des millions de personnes dans la faim et la pauvreté.

Face à cette réalité, l'agriculture marocaine demeure soumise à d'importantes pressions foncières, qui ont entraîné le remplacement continu des terres les plus fertiles au profit d'usages non agricoles, avec des effets souvent négatifs et irréversibles sur les sols. Malgré les réglementations conçues pour préserver le foncier agricole, l'urbanisation et l'expansion des zones bâties demeurent l'une des principales causes de la régression des terres cultivables, notamment dans tous les pays du Sud de la Méditerranée, qui inclut aussi le Maroc (Valette et al, 2014). Afin de préserver durablement les terres agricoles, il est donc nécessaire de maîtriser l'étalement urbain et de développer des politiques et des mesures de gestion appropriées pour freiner cette régression.

Cela pourrait inclure la protection des terres agricoles contre une expansion urbaine non contrôlée, la promotion de pratiques agricoles durables et la sensibilisation à l'importance de préserver les ressources naturelles pour les générations futures. Il est également nécessaire de promouvoir des alternatives à l'utilisation des terres agricoles, telles que l'agriculture urbaine et la reconversion des terres non productives.

En conclusion, il est primordial de prendre conscience de la valeur limitée des ressources naturelles, y compris le foncier agricole, et de les gérer de manière responsable pour garantir leur préservation. L'urbanisation incontrôlée a entraîné une dégradation des terres agricoles au Maroc, ce qui a des conséquences néfastes sur la capacité agricole du pays. Il est donc impératif de mettre en place des mesures visant à réguler l'expansion urbaine, à encourager des pratiques agricoles durables et à sensibiliser à l'importance de préserver les ressources naturelles pour les générations futures.

1.3 L'urbanisation, un processus et une réalité nationale

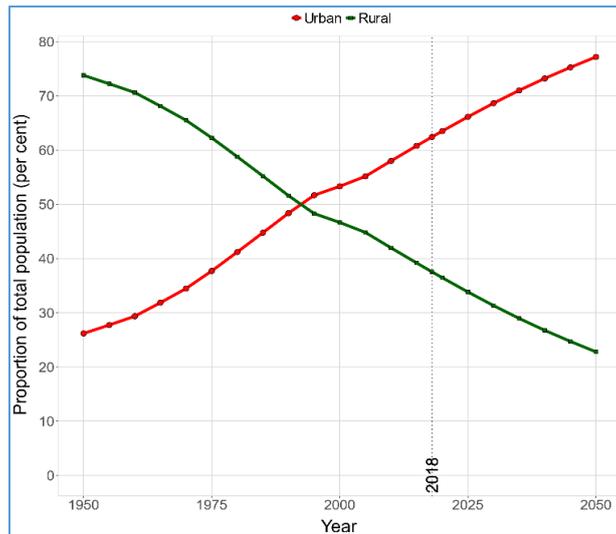
La notion d'urbanisation fut largement exploitée par plusieurs disciplines. Il nous appartient donc d'élucider le terme en s'arrêtant sur sa définition, pour la désigner et dresser les caractéristiques connexes qui influencent les terres agricoles fertiles.

1.3.1 L'urbanisation, aspect d'un territoire en évolution

L'urbanisation d'après le Petit Robert : est une « concentration croissante de la population autour des agglomérations urbaines existantes ». C'est-à-dire le déplacement de la population des zones rurales vers les zones urbaines. Autrement dit c'est le processus par lequel une société passe d'un mode de vie rural à un mode de vie urbain (NLM, 2014).

En 2018, 55 % de la population mondiale s'est urbanisé, depuis les années 1950, ce taux a connu une augmentation de 25 % et dissimule d'importantes différences dans les niveaux d'urbanisation entre les régions géographiques (United Nations, 2018). Ce qui fait que plus que la moitié des habitants sur terre vivent en ville, un tel mouvement de population devrait se poursuivre et s'intensifier au cours des prochaines décennies, faisant proliférer les villes à des tailles impensables et poussant le monde à s'urbaniser très rapidement.

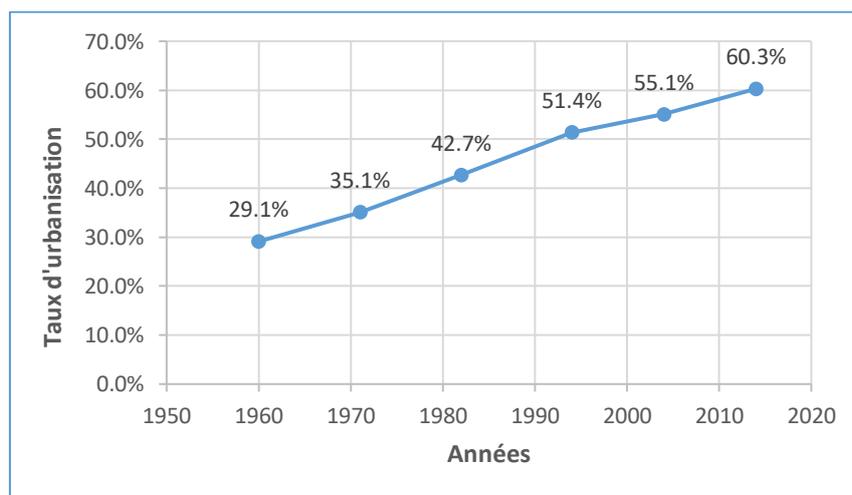
Néanmoins, le Maroc est aussi aujourd'hui un pays marqué par une urbanisation croissante, comme un certain nombre des pays du monde. Le rythme de croissance urbaine a connu un développement urbain rapide et inévitable (Graphe 1.1).



Graph 01.1 : Projection du développement du pourcentage de zones urbaines et rurales en 2050 au Maroc.
Source : United Nations, 2018.

Ce processus d'urbanisation, qui a débuté en 1912 avec l'établissement du protectorat et qui se poursuit encore aujourd'hui, a radicalement transformé le territoire national et l'occupation de l'espace.

Ainsi, le pays est passé d'une population majoritairement rurale à une population majoritairement urbaine, avec un taux d'urbanisation de 60 % (RGPH, 2014) (Graph 1.2). Cependant, il est important de souligner que le simple fait d'avoir un taux élevé d'urbanisation ne garantit pas nécessairement le développement et la prospérité économique du pays. En réalité, cela peut refléter une mauvaise répartition des richesses et un déséquilibre entre les zones urbaines et rurales.



Graph 01.2 : Evolution du taux d'urbanisation au Maroc durant les périodes 1960-2014.
Source : RGPH, 2014.

Il est vrai que l'urbanisation peut offrir d'importantes opportunités économiques, cependant, elle peut également entraîner des problèmes lorsqu'elle se développe de manière rapide et incontrôlée. L'urbanisation représente aujourd'hui un défi majeur pour les décideurs, car elle entraîne des transformations spatiales majeures, notamment l'expansion des métropoles, des mégapoles et même la formation de méga-corridors et de villes à différentes échelles (EL IDRISSE, 2022). Malheureusement, ces transformations ne se font pas sans conséquences sur le foncier agricole, ce qui rend essentielle la nécessité de le gérer de manière adéquate. Cela soulève un défi majeur pour l'État, qui doit trouver des solutions pour faire face à cette croissance urbaine qui implique un mitage urbain très fulgurant.

L'étalement urbain causé par l'urbanisation a entraîné une consommation excessive des terres agricoles à fort potentiel, ce qui signifie que le Maroc est en train de perdre ses terres les plus productives pour l'agriculture. Cette perte est estimée à environ 1400 hectares par an, et le cumul des pertes de terres à haut potentiel agricole est estimé à 79 000 hectares d'ici 2030. L'impact sur les périmètres d'irrigation est également considérable, avec une perte de 28 000 hectares irrigués au bout de 20 ans, ce qui équivaut au périmètre de Loukkos (EL IDRISSE, 2022). En zone côtière, le phénomène de développement urbain côtier observé dans le pays entraîne une perte importante du foncier agricole, tout comme l'expansion constatée autour des villes et des villages de l'intérieur du pays. La spéculation foncière s'aggrave et la pression exercée sur ces terres en favorisant leur acquisition par des investisseurs disposant de capitaux, qui les détournent de leur vocation agricole (CIHEAM et al, 2009).

En outre, la pratique de l'urbanisme dérogatoire, notamment depuis son introduction officielle en 1999, a eu des conséquences spatiales négatives. Cela a conduit à l'urbanisation des zones agricoles intensives, des ceintures vertes, des réserves naturelles et des zones à risque, en violation des lois en vigueur (EL IDRISSE, 2022).

La dynamique d'urbanisation constitue un défi majeur pour le foncier agricole. La concurrence entre urbanisation et agriculture est manifeste, et la disparition de terres à haute valeur agronomique inquiète. Pour cette raison notre Royaume devra déployer plus d'efforts afin de préserver et améliorer les performances actuelles de son économie agricole, en faisant face à une urbanisation galopante et mettre en place un système de planification pour maîtriser et gérer cette croissance d'une part, et assurer un certain équilibre territorial d'autre part. Par conséquent, une attention particulière doit être accordée aux législations mises en vigueur, aux

documents de planification urbaine ainsi qu'aux lacunes et insuffisances constatées dans la pratique de l'urbanisme (MOTIB et FATAH, 2020).

1.3.2 L'artificialisation des sols, conséquence directe de l'urbanisation

Modérément urbanisé au début du siècle, Le Maroc se heurte davantage aux problèmes d'une urbanisation rapide qui a accru l'artificialisation du territoire. Cette dernière correspond à la transformation d'un sol qui était à l'origine agricole, naturel ou forestier par le biais d'actions d'aménagement, entraînant une imperméabilisation totale ou partielle. Ce changement d'usage des sols, souvent irréversible, a des conséquences néfastes sur l'environnement et la production agricole (Insee, 2021). L'artificialisation résulte principalement de l'urbanisation et de l'expansion des infrastructures, sous l'influence de la dynamique démographique et du développement économique. Les surfaces artificialisées englobent différents types d'aménagements tels que l'habitat et les espaces verts associés, les zones industrielles et commerciales, les équipements sportifs ou de loisirs, les réseaux de transport, les parkings, ainsi que les sites miniers, les décharges et les chantiers...

Selon les prévisions du Haut-Commissariat au Plan (HCP), le Maroc connaîtra une évolution démographique essentiellement urbaine dans les années à venir. La population urbaine a connu une multiplication par six entre 1960 et 2014 et devrait atteindre près de 28 millions d'habitants d'ici 2034, et environ 30,8 millions d'habitants d'ici 2044. L'ensemble des villes au Maroc représentent aujourd'hui 366 villes dont 13 grandes villes, 61 villes intermédiaires, 292 petites villes. Bien que le nombre de villes puisse ne pas sembler significatif et ne couvre que 2% de la superficie totale du territoire, cette expansion urbaine ne se déroule pas sans conséquences sociales et environnementales, car elle entraîne une expansion de l'armature urbaine au détriment du foncier agricole.

Cette situation est particulièrement préoccupante et reflète la réalité de toute la rive Sud de la Méditerranée, où la préservation des espaces agricoles pose problème, car ces espaces se font de plus en plus rares (MATNUHPV, 2022).

Ce phénomène d'artificialisation pose un véritable défi pour les stratèges, décideurs et urbanistes notamment lorsqu'il s'agit de répondre aux besoins de construction des logements et l'installation des structures et infrastructures urbaines (voirie, éclairage, eau, assainissement et autres travaux) ou des zones d'activités (commerce, industrie, artisanat, centres de loisirs et de sport...). Tout cela doit être réalisé sans compromettre les terres agricoles fertiles, sans causer de pertes irréversibles et significatives de biodiversité, et sans entraîner une dégradation et une modification accrues des écosystèmes. Les décideurs sont confrontés à la complexité de concilier ces différents impératifs pour assurer un développement urbain durable et préservant l'environnement.

Il devient donc crucial de réorienter les politiques d'urbanisation et d'aménagement du territoire afin de contrôler les effets de l'étalement urbain sur l'environnement naturel et bâti. Il est nécessaire d'adopter des formes d'urbanisation qui consomment moins d'espace tout en favorisant une présence plus importante de la nature. Il est également important de mettre en place de nouveaux dispositifs et instruments d'ajustement qui encouragent une densification appropriée pour chaque type de territoire. L'objectif est d'orienter l'urbanisation vers des approches de développement durable qui reposent principalement sur la concertation et qui bénéficient à toutes les parties prenantes. Cette transition vers un modèle urbain plus durable nécessite une vision à long terme, des politiques participatives et une collaboration étroite entre les acteurs impliqués (MOUTTAKI, 2021).

Parallèlement, il est important de sensibiliser les acteurs et les décideurs du territoire à l'impact de l'étalement urbain sur la consommation du foncier agricole. Il est primordial de leur fournir des informations claires sur cette problématique et de développer de nouvelles connaissances et expertises axées sur la préservation durable des terres agricoles à haute valeur agronomique dans les zones menacées par l'artificialisation des sols. Cela permettra d'identifier des stratégies et des solutions adaptées pour préserver ces terres précieuses tout en répondant aux besoins de développement urbain.

En fournissant des données fiables et des connaissances approfondies, il est possible de promouvoir une prise de décision éclairée et d'encourager des actions visant à protéger et à valoriser les terres agricoles dans un souci de durabilité à long terme.

Cependant, la réalité est bien différente, car même si le Maroc a pris conscience de l'importance de s'engager dans une approche différente en matière de planification territoriale, la fracture environnementale continue de s'aggraver jour après jour, entraînant des conséquences désastreuses. En effet, l'urbanisation croissante de la capitale et de sa périphérie contribue à l'artificialisation et à la prolifération des constructions, ce qui a un impact négatif sur l'environnement. Chaque année, des milliers d'hectares de terres agricoles et d'espaces verts sont perdus, de nombreuses exploitations agricoles, zones cultivées et végétations sont abandonnées au profit de projets de construction et d'infrastructures. Cette expansion urbaine est principalement motivée par les prix fonciers relativement abordables et les coûts de construction modérés dans ces zones, ainsi que par l'absence d'une réglementation contraignante pour freiner ce phénomène (MOUTTAKI, 2021).

1.4 Législation, instruments de planification, politiques et stratégies sectorielles pour la protection et le développement du foncier agricole

Depuis de nombreuses années, le gouvernement marocain cherche à réguler l'accès au foncier en raison de la concurrence accrue pour les différents usages du sol. Il a pris en considération la planification spatiale dans un cadre institutionnel, avec pour objectif de contraindre la gestion non-durable des ressources en sols. Il dispose également d'une grande variété de lois, de politiques et d'instruments de planification ayant trait à la gestion du foncier. Au cours des dernières décennies, un intérêt pour la lutte contre le prélèvement des terres et des sols agricoles pour d'autres usages, telle que l'urbanisation, a été perceptible.

1.4.1 Cadre juridique régissant la protection du foncier agricole

La problématique du foncier agricole au Maroc est un sujet primordial, qui est régulièrement abordé lors des assises nationales. Bien qu'il soit difficile de mettre un terme à l'étalement urbain, il est néanmoins possible de le rationaliser, de le freiner et de le contrôler. Dans cette optique, un intérêt particulier a été accordé aux espaces agricoles notamment sur le plan législatif, que ce soit en zones de mise en valeur bour, en zones irriguées, ou en zones à vocation agricole.

- **Loi n°12-90 promulguée par le dahir n°1-92-31 du 17 juin 1992 relative à l'urbanisme et son décret d'application n°2-92-832 du 14 octobre 1993 :**

L'urbanisme réglementaire est un outil principal de contrôle des usages du sol, avec pour objectif majeur l'aménagement d'espaces bâtis, la loi 12-90 préconise le principe de la préservation des terres agricoles hautement productives, et sa traduction dans les documents locaux d'aménagement et d'urbanisme.

L'article 46 de la loi n°12-90 stipule qu'en dehors des périmètres des communes urbaines, des centres délimités et des zones à vocation spécifique et dont l'affectation n'est pas définie par un plan d'aménagement ou de zonage, le président du conseil communal n'accordera le permis de construire que si le projet satisfait les dispositions prévues par voie réglementaire, relatives à la superficie minimale de la parcelle de terrain, à la surface constructible et à la hauteur de la construction. Il annonce également que la construction doit respecter une zone de recul de 10 m par rapport à la limite d'emprise de la voie publique riveraine et de 5 m par rapport aux limites séparatives de propriété.

Ainsi les conditions que doivent remplir les projets de construction pour être autorisés en application sont mentionnés sur l'article 34 du décret d'application de la loi n°12-90 comme suit :

1. La superficie de la parcelle sur laquelle le projet est envisagé doit être égale ou supérieure à 1 hectare.
2. La surface au sol constructible ne peut être supérieure au 1/50 de la superficie totale de la parcelle. Cette surface au sol ne pouvant excéder en aucun cas 800 m².
3. La hauteur maximale de la construction ne peut excéder 8,50 m (toute superstructure comprise).

L'article 35 du décret d'application permet des dérogations par rapport à la superficie minimale de la parcelle du terrain support du projet, et ce après avis conforme d'une commission de dérogation, à condition que la construction dont la réalisation est envisagée ne favorise pas une urbanisation dispersée menaçant la vocation de la zone concernée.

La loi 12-90 prévoit également des textes de sanction dans le cas de violation des différents textes de la présente loi. L'article 66 permet au Président du Conseil communal de déposer plainte en cas d'infraction.

- **Dahir du 10 octobre 1917 (20 Hijja 1335) sur la conservation et l'exploitation des forêts titre premier (modifié par dahir des 17 Avril 1959 et 21 Juillet 1960) :**

Ce Dahir comporte les terrains ou propriétés soumises au régime forestier et définit les droits d'usage accordés aux populations riveraines. Ce contexte législatif est important car il s'agit de la fixation de l'assiette du domaine forestier par la délimitation administrative ou l'immatriculation foncière sur la base de considérations scientifique, technique et sociojuridique.

- **Dahir n° 1 - 03 - 59 du 10 Rabii I 1424 (12 mai 2003) portant promulgation de la loi n° 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement :**

Cette loi a pour objectif d'édicter les règles de base et les principes généraux de la politique nationale dans le domaine de protection et de la mise en valeur de l'environnement. En principe elle vise à assurer une gestion durable des ressources naturelles, protéger l'environnement contre toutes formes de dégradation quelle que soit son origine et définir les orientations de base concernant la protection et la gestion de l'environnement.

- **Dahir n°1-69-29 (25/07/1969) relatif à la limitation du morcellement des propriétés agricoles ou à vocation agricoles situés à l'intérieur des périmètres d'irrigation :**

Ce dahir vise à limiter le morcellement des propriétés agricoles situées à l'intérieur des périmètres d'irrigation. Il a été mis en place pour améliorer la productivité agricole en limitant le nombre de petites parcelles et en favorisant la mise en place de grandes exploitations agricoles.

Le Dahir n°1-69-29 s'applique aux propriétés agricoles situées à l'intérieur des périmètres d'irrigation. Il porte sur l'interdiction de toute opération susceptible de réduire la contenance des propriétés à vocation agricole dont la superficie est égale ou inférieure à 5 hectares. Le but est de promouvoir une agriculture plus productive et plus rentable en encourageant la mise en place de grandes exploitations agricoles, qui sont plus efficaces et plus rentables que les petites parcelles.

- **Dahir n° 1-95-152 du 13 Rabii I 1416 (11 août 1995) portant promulgation de la loi n° 34-94 relative à la limitation du morcellement des propriétés agricoles situées à l'intérieur des périmètres d'irrigation et des périmètres de mise en valeur en bour :**

Ce dahir est applicable aux propriétés situées à l'intérieur des périmètres d'irrigation et des périmètres de mise en valeur en bour délimités par la loi. Il vise à renforcer la réglementation en vigueur depuis 1969 (Dahir n°1-69-29) en imposant de nouvelles conditions pour limiter le morcellement des terres agricoles et encourager la création de grandes exploitations agricoles dans ces zones. Cette réglementation précise également la superficie minimale d'exploitation au-delà de laquelle les propriétés agricoles ne peuvent être divisées ni en droit ni en fait (5 ha), ainsi que les sanctions pour les infractions et les dispositions relatives à la copropriété et les morcellements des propriétés agricoles ou à vocation agricole. Le but est de favoriser une utilisation rationnelle et efficace des terres agricoles dans les zones PI et PMVB, en limitant le nombre de petites parcelles et en encourageant la création de grandes exploitations agricoles plus rentables et plus productives.

- **Dahir n° 1-69-27 du 10 Joumada I 1389 (25 juillet 1969) déclarant d'utilité publique l'aménagement des structures foncières et la création de lotissements agricoles dans les périmètres d'irrigation et instituant une procédure spéciale d'expropriation pour les terrains nécessaires à cet effet :**

Ce Dahir a pour objectif de permettre la mise en place de projets d'aménagement des terres agricoles dans les zones irriguées, en vue d'optimiser leur utilisation et de favoriser le développement de l'agriculture dans ces zones. Il autorise ainsi l'expropriation des terrains nécessaires à la création de lotissements agricoles, sous réserve de l'indemnisation des propriétaires concernés. Il est important de souligner que cette procédure spéciale d'expropriation doit respecter les droits et les intérêts des propriétaires fonciers concernés, en leur garantissant une juste indemnisation pour les terres expropriées. C'est ainsi que, le Dahir n° 1-69-27 contribue à la mise en place d'une réglementation foncière efficace et adaptée, favorisant la création de grandes exploitations agricoles plus rentables et plus productives, et contribuant ainsi à la dynamisation économique des zones irriguées.

- **Dahir n° 1-69-25 du 10 Joumada I 1389 (25 juillet 1969) formant code des investissements agricoles :**

Ce Dahir vise à renforcer la réglementation en matière de protection des terres agricoles, en prévoyant notamment des contrôles réguliers des exploitations agricoles, afin de vérifier leur conformité avec les règles et les normes en vigueur en matière d'agriculture et d'environnement. Il prévoit également des mesures visant à protéger les terres agricoles vu que le code des investissements agricoles stipule dans son article n°5 que la mise en valeur des terres agricoles ou à vocation agricole situées à l'intérieur des périmètres d'irrigation sont à vocation exclusive agricole dont la mise en valeur est obligatoire. Cette réglementation s'inscrit ainsi dans une démarche de préservation et de valorisation des terres agricoles, en favorisant une exploitation durable et respectueuse de l'environnement. Il contribue ainsi à l'amélioration des rendements agricoles et à la préservation des ressources naturelles.

- **Dahir n° 1-69-30 du 10 Joumada I 1389 (25 juillet 1969) relatif aux terres collectives situées dans les périmètres d'irrigation.**

Ce dahir vise la mise en valeur et l'intensification des cultures et de l'élevage à l'intérieur des périmètres d'irrigation en supposant des exploitations et des exploitants soumis à un régime juridique leur assurant l'indispensable stabilité. Il définit les modalités selon lesquelles des immeubles collectifs deviendront le support d'une mise en valeur intensive.

L'article 5 du texte précise également que les dispositions du présent dahir sont applicables aux terres collectives situées en totalité ou en partie à l'intérieur des périmètres d'irrigation. Toutefois, il existe certaines exclusions, notamment les terres collectives qui ont fait, en totalité ou en partie, l'objet d'un partage portant attribution d'un droit perpétuel de jouissance conformément aux dispositions de l'article 4 du dahir susvisé du 26 Rejeb 1337 (27 avril 1919) et des textes pris pour son application. De plus les terres collectives qui ont fait l'objet, en totalité ou en partie, d'un partage réalisé par les services de mise en valeur agricole et dont la liste est établie par arrêté conjoint du ministre de l'intérieur, du ministre des finances et du ministre de l'agriculture et de la réforme agraire.

Enfin, le texte précise les modalités de cession des parts indivises et les conditions en cas de décès d'un indivisaire.

- **Dahir n°1-95-10 (22/02/1995) portant promulgation de la loi 33-94 relative aux périmètres de mise en valeur en Bour.**

Vu que le développement agricole constitue l'une des principales priorités de notre politique économique et sociale, et afin de bien cerner et protéger les zones agricoles, un ensemble de textes juridiques ont été instaurés.

L'article premier souligne que l'exploitation des terres agricoles situées à l'intérieur des périmètres de mise en valeur en bour est obligatoire dans les conditions fixées par la présente loi. L'ensemble des autres articles visent la perspective de protection, de mobilisation et de valorisation des potentialités de production des terrains agricoles dans l'étendue des zones bour.

- **Loi n° 34-94 promulguée par le dahir n° 1-95-152 du 13 Rabii I 1416 (11 aout 1995) relative à la limitation du morcellement des propriétés agricoles situées à l'intérieur des périmètres d'irrigation et des périmètres de mise en valeur en bour :**

Cette loi a pour objectif de limiter le morcellement excessif des propriétés agricoles situées dans les périmètres d'irrigation et de mise en valeur en bour, afin de favoriser une utilisation plus rationnelle et efficace des terres agricoles dans ces zones.

Suivant le deuxième article de cette loi :

Il est institué dans les périmètres visés en dessus, qu'une superficie minimum d'exploitation en deçà de laquelle les propriétés agricoles qui y sont situées ne peuvent être divisées ni en droit ni en fait.

1. Dans les périmètres d'irrigation, la superficie minimum d'exploitation est fixée à 5 hectares.
2. A l'extérieur des périmètres d'irrigation, la superficie minimum d'exploitation est définie comme une superficie suffisante pour dégager un revenu permettant de couvrir la rémunération, calculée sur la base du salaire annuel minimum agricole garanti, de deux travailleurs agricoles.
3. La superficie minimum d'exploitation visée à l'alinéa précédent est fixée par voie réglementaire dans chaque zone, compte tenu des potentialités agricoles de cette dernière.

La loi 34-94 vise à optimiser l'utilisation des terres agricoles dans les zones concernées.

A travers l'ensemble de ces lois, il paraît primordial de limiter au maximum la perte du foncier agricole. Sauf qu'en effet, certains problèmes liés aux textes de loi trop généralistes et qui manquent de fermeté nécessitent une révision en vue de restreindre la pression sur les terres arables et fertiles en particulier, ainsi qu'envers le foncier agricole en général. Il faut également signaler que l'Etat doit définir des lois intransgressibles et doit disposer de moyens pour faire respecter à la lettre les procédures liées aux documents d'urbanisme et l'application stricte de ces documents, ainsi que le respect des autorisations mises en vigueur.

1.4.2 Les instruments de planification spatiale : outils de mise en ordre territorial

Il y a un siècle, en 1914, le Maroc était l'un des premiers pays d'Afrique à avoir adopté des instruments d'urbanisme pour guider la croissance urbaine. Depuis les années 1980, des efforts considérables ont été déployés pour généraliser la couverture de l'ensemble du territoire national en documents de planification urbaine (MOTIB et FATAH, 2020). Ces documents d'urbanisme permettent aux différents acteurs concernés d'établir une base juridique et réglementaire visant à rationaliser l'utilisation de l'espace et à contrôler l'extension de l'urbanisation. Au Maroc, ces documents sont nombreux et comprennent notamment des documents d'aménagement du territoire élaborés à l'échelle nationale, ainsi que les documents d'urbanisme qui se concentrent davantage sur l'échelle locale.

1.4.2.1 Documents d'aménagement du territoire

- **Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT)**

Le SNAT est un document essentiel qui guide l'aménagement de l'ensemble du pays. Il définit, sur une période de 25 ans, les objectifs (Figure 1.2), les orientations et les plans de développement global. Il décrit également les besoins et les priorités, permettant ainsi aux différentes entités telles que les instances étatiques, les collectivités territoriales, les établissements publics et les personnes morales de droit privé entièrement financées par l'État, les collectivités territoriales ou les établissements publics, d'intégrer leurs actions de manière harmonieuse et en pleine conformité avec la politique générale d'aménagement du territoire.

Le SNAT constitue un cadre de référence pour les politiques publiques, les interventions sectorielles, ainsi que pour l'établissement et la prévision des perspectives et orientations de la politique générale de l'État, incluant les différents plans économiques, sociaux et environnementaux, ainsi que les stratégies de développement liées à l'aménagement du territoire national.

Il vise à promouvoir une participation citoyenne dynamique afin de favoriser l'analyse du territoire, ce qui offre une vision précise de la réalité du pays, tout en fournissant des informations pertinentes aux acteurs et aux intervenants socio-économiques. Le SNAT identifie clairement les problèmes, les difficultés et les défis à relever, tout en mettant en évidence les risques et les opportunités. De plus, il propose un plan d'action détaillé visant à atténuer les problèmes identifiés et à maximiser les possibilités de développement (NACHOUI, 2018).

Cette approche va permettre d'avoir un aménagement harmonieux, le SNAT :

1. Fixe les paramètres d'équilibre :

- Développement des régions Sud, des Hauts Plateaux, des zones frontalières, du littoral...
- Maîtrise des grands ensembles en préservant les terres agricoles.
- Création des villes nouvelles dans des régions à promouvoir.

2. Précise la hiérarchie des priorités.

3. Détermine l'organisation spatiale par secteur :

- Définit le mode d'organisation de l'espace,
- Localise les grands équipements et les régions à desservir et affirme la volonté réelle de préserver cette ressource,
- Définit les grandes infrastructures à travers le territoire national
- Notion de mise en valeur des terres.

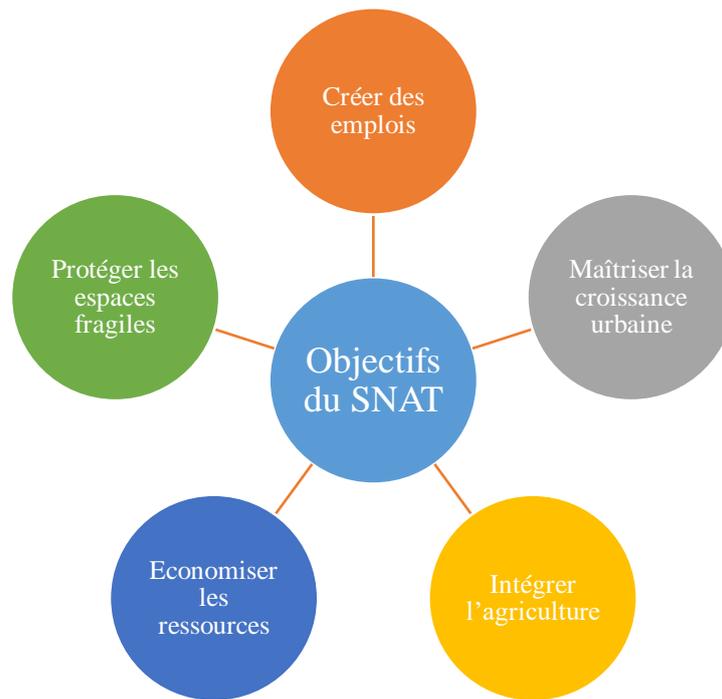


Figure 01.2: Les cinq objectifs visés par le SNAT.

Source : NACHOUI, 2018

- **Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRAT) :**

Le SRAT est un document clé pour l'aménagement de l'ensemble du territoire à une échelle régionale. Il permet aux acteurs régionaux de concevoir une vision stratégique du développement de la région sur une période de 20 ans. Ce document offre également la possibilité aux services extérieurs de l'État, aux Collectivités Territoriales, aux établissements publics et aux personnes morales de droit privé entièrement financées par les entités publiques (les collectivités territoriales ou les établissements publics), d'orienter leurs actions à l'échelle régionale dans un cadre harmonieux, respectant les orientations de la politique générale de l'Aménagement du Territoire.

Le SRAT sert de référence pour l'élaboration des plans de développement économique et social au niveau régional, ainsi que pour les autres documents et plans établis par les collectivités territoriales ou dans le cadre de mutualisation à travers la constitution de groupements entre elles.

Les objectifs majeurs du SRAT sont de favoriser l'intégration régionale à long terme, d'assurer une cohérence intersectorielle et de favoriser la complémentarité inter régionale. De plus, Il vise l'élimination progressive des déséquilibres et des disparités interrégionales.

Dans ce sens il assure également :

- *La préservation et la valorisation des ressources naturelles.*
- *La protection des espaces écologiques et du patrimoine.*
- *La mise en valeur des terres agricoles et des espaces ruraux*
- *La programmation et la localisation des grandes infrastructures.*
- *La programmation des équipements et des services d'intérêt national*
- *Le développement économique, le développement des activités et de l'emploi.*
- *La distribution des activités et des ressources à travers la région.*
- *Le règlement de l'armature urbaine régionale.*

1.4.2.2 Documents d'urbanisme

- **Schéma Directeur D'aménagement Urbain (SDAU) :**

D'après l'article 4 de la loi 12-90, le schéma directeur d'aménagement détermine les zones d'urbanisation et les dates à compter desquelles elles peuvent être ouvertes à l'urbanisation en préservant notamment les terres agricoles et les zones forestières dont les limites sont fixées par voie réglementaire. De plus, cet article spécifie également comme prérogative du schéma directeur de fixer la destination générale des sols en déterminant la localisation des zones agricoles et forestières, des zones d'habitat avec leur densité, des zones grevées de servitudes telles que les servitudes non aedificandi (non constructible), non altus tollendi (à hauteur limitée) et les servitudes de protection des ressources en eau, des sites naturels, historiques ou archéologiques à protéger et/ou à mettre en valeur. Cet article prévoit également de prendre en considération les principaux espaces verts à créer, à protéger et/ou à mettre en valeur.

- **Plan d'aménagement (PA) :**

L'article 19 de la loi 12-90 définit les objectifs environnementaux du plan d'aménagement, ce document a pour objectif de définir l'affectation des différentes zones suivant l'usage principal qui doit en être fait ou la nature des activités dominantes qui peuvent y être exercées telles que zone d'habitat, zone maraîchère, zone agricole et zone forestière et les zones dans lesquelles toute construction est interdite (Figure 1.3).

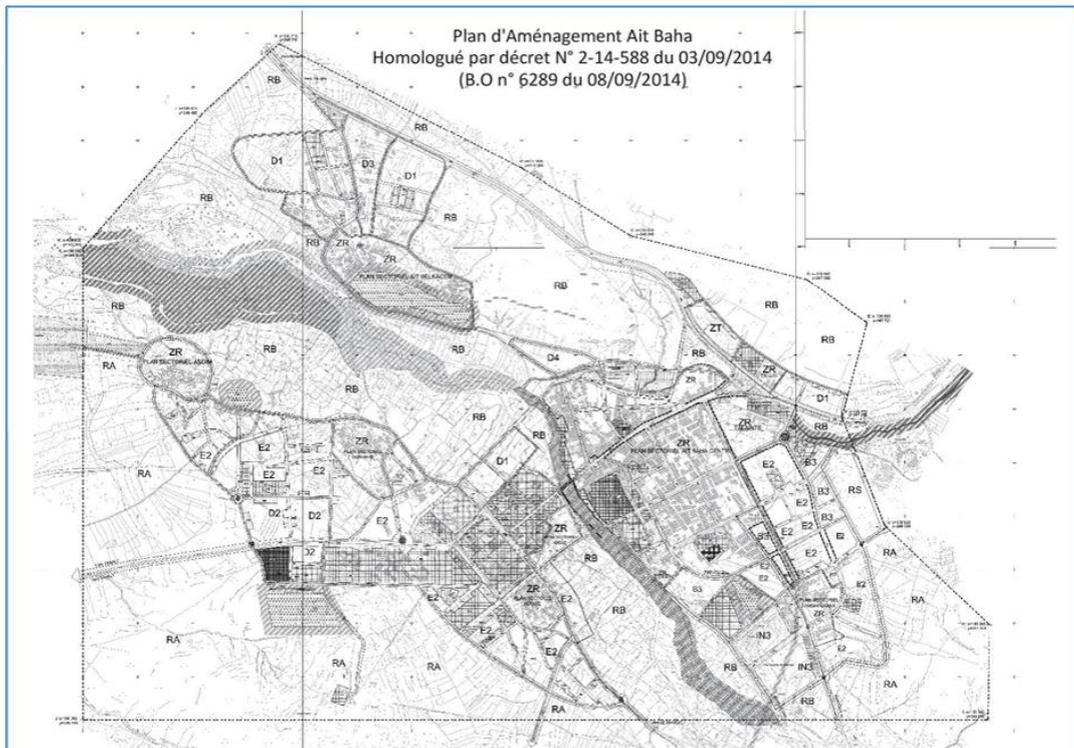


Figure 01.3: Exemple d'un plan d'aménagement de la commune urbaine d'Ait Baha.

Source : Ministère de l'Aménagement du Territoire National, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Politique de la Ville.

- **Plan de zonage (PZ) :**

Le plan de zonage est un document qui permet de définir l'utilisation des sols en l'absence d'un Plan d'aménagement pour un secteur déterminé. Le PZ a pour objectif notamment, de définir l'affectation des différentes zones (agricoles, habitat, industrielles, commerciales, touristiques) ; délimiter les zones non aedificandi ; localiser les emplacements réservés aux équipements. Egalement, le PZ définit les zones à l'intérieur desquelles un sursis à statuer peut être opposé par le président du conseil communal à toute demande d'autorisation de lotir, de créer un groupe d'habitation et à toute demande de permis de construire et cela suivant l'article 13 de la loi 12-90 relative à l'urbanisme.

- **Plan de Développement des Agglomérations Rurales (PDAR) :**

Le PDAR est un document de planification des agglomérations rurales, constitué d'un document graphique et un règlement sous forme de tableau. Contrairement au plan d'aménagement et sa réglementation rigoureuse, le plan de développement en application du dahir du 25 Juin 1960, se limite à organiser le noyau d'une agglomération, à fixer les emplacements des installations d'usage collectif et administratif, et à définir les principales zones d'habitat et d'activités spécialisées ainsi que les principales liaisons. Ce document a pour objectifs de créer et organiser des noyaux attractifs ruraux tout en orientant leur extension, ainsi que de contrôler l'urbanisation des agglomérations rurales par l'instauration de l'obligation de l'autorisation de construire et de lotir.

Dans un contexte de contrôler la forte pression sur les terres agricoles, l'ensemble de ces documents tendent à prévenir l'habitat clandestin, à définir juridiquement le lotissement et le morcellement, à imposer le respect de cette réglementation pour les promoteurs et à arrêter la spéculation anarchique ainsi que les opérations de lotissements non autorisées, qui dans l'irrespect des règles et documents d'urbanisme, risquaient durant cette période de détériorer les terres agricoles.

1.4.3 Stratégies et politiques publiques sectorielles et la gestion durable du foncier agricole

Le foncier est un élément essentiel du développement économique et social, et toute stratégie ou politique publique ne peut réussir sans une maîtrise et une sécurisation du foncier, ainsi qu'une organisation optimale de son utilisation et de sa mobilisation. Il constitue donc le socle sur lequel reposent, les différentes réformes initiées dans les différents secteurs. Or le foncier au niveau national relève d'une série de dysfonctionnements et de contraintes qui l'entravent de s'acquitter de sa fonction et de remplir son rôle de levier de développement d'une manière efficace et efficiente (Azaguagh et El-Ayachi, 2021).

- **La politique agricole au Maroc**

C'est à partir de l'année 1957, que le Maroc a entrepris des initiatives de développement agricole qui revêtaient principalement un caractère sectoriel (BAJEDDI, 2000). Ces initiatives étaient souvent conçues en fonction des grandes orientations agricoles poursuivies et les objectifs de sécurité alimentaire, de valorisation des productions par l'agro-industrie et de

conservation des ressources naturelles. Elles représentaient également les actions concrètes mises en place pour mettre en œuvre un ensemble de politiques publiques sectorielles qui visent l'instauration de la valorisation du foncier agricole et la promotion son utilisation durable.

La politique agricole marocaine joue un rôle crucial dans le développement durable des zones rurales. Elle met un accent particulier sur les enjeux cruciaux de la préservation du foncier agricole, en vue d'assurer la durabilité et la pérennité de l'agriculture dans le pays. Dans ce contexte, les autorités publiques ont dû consentir des efforts soutenus pour favoriser l'aménagement de l'espace agricole (notamment les zones d'irrigation, la valorisation des zones périphériques, des zones forestières et des parcours) (BAJEDDI, 2000).

Depuis le premier plan de développement économique et social, les périmètres irrigués bénéficiaient d'un intérêt particulier jusqu'à nos jours. Dans les années soixante-dix, une intervention supplémentaire était nécessaire, ce qui a conduit à la mise en place d'une politique d'intervention dans des zones clairement délimitées, également appelées "Périmètres de Mise en Valeur en Bour (PMVB)". Cette politique était complémentaire à la politique d'irrigation existante et s'est avérée indispensable (BAJEDDI, 2000). L'analyse de l'expérience de l'ensemble de ces politiques de mise en valeur reflète des résultats encourageants surtout pour les actions entreprises dans des zones à écologie fragile.

Des efforts considérables ont été déployés par l'État pour améliorer les conditions dans les vastes zones de parcours, qui couvrent une superficie bien importante et font face à une dégradation continue. De même, dans les zones forestières, qui subissent la déforestation et la dégradation des sols en raison de l'érosion, des programmes de reboisement et de conservation des ressources forestières et des sols ont été mis en place (BAJEDDI, 2000).

- **Stratégie Plan Maroc Vert (PMV) :**

Le PMV est une stratégie sectorielle lancée en 2008, c'est un plan national de développement agricole qui vise à moderniser l'agriculture marocaine tout en préservant les ressources naturelles et en protégeant les terres agricoles. Ce plan comprend plusieurs programmes pour promouvoir l'agriculture durable, améliorer la gestion foncière ainsi que mobiliser et valoriser le foncier agricole (MAPMDREF, 2018). Il est axé sur deux piliers à savoir : le pilier I qui concerne le développement d'une agriculture à haute valeur ajoutée, et le pilier II qui concerne l'accompagnement solidaire de la petite agriculture.

Le PMV repose principalement sur sept fondements. Le sixième fondement touche à la refonte du cadre sectoriel du foncier, qui englobe notamment la privatisation des terres publiques et collectives, la création de conditions propices à l'agrégation et aux partenariats public-privé, la poursuite des réformes structurelles liées à l'immatriculation et à l'enregistrement des terres, ainsi que l'accélération de l'établissement de titres de propriété. Le septième et dernier fondement est axé sur la préservation des ressources naturelles en faveur d'une agriculture durable. Cela inclut la protection des terres et de la biodiversité, l'utilisation de techniques de conservation de l'eau et du sol, l'élaboration d'une carte de fertilité des sols cultivés pour accroître la productivité agricole à l'échelle nationale, ainsi que la mise en place d'un programme national de cartes de vocation agricole des Terres afin d'exploiter de manière efficace le potentiel des terres agricoles (Plan Maroc Vert | www.agriculture.gov.ma).

La stratégie PMV a joué un rôle déterminant dans l'obtention de progrès significatifs dans le secteur agricole. Elle a permis d'observer des avancées notables en termes de contribution de l'agriculture à la croissance économique, ainsi que de renforcement de la production et des investissements dans le domaine agricole.

- **Stratégie génération green 2020-2030 :**

Afin de faire de l'agriculture un moteur de croissance économique et un outil efficace de lutte contre la pauvreté rurale, la stratégie " génération green 2020-2030 " vient compléter les objectifs du PMV, pour assurer une agriculture au centre des préoccupations de développement durable et de la sécurité alimentaire (Génération Green 2020-2030 | www.agriculture.gov.ma).

Cette nouvelle stratégie de développement agricole fait référence à des initiatives et des politiques spécifiques mises en place par le gouvernement marocain pour impliquer et autonomiser les jeunes dans la conservation de l'environnement et le développement durable.

Dans le cadre de la mise en œuvre du deuxième fondement de cette stratégie visant à garantir la durabilité du développement agricole, plusieurs mesures sont prévues. Il s'agit notamment de promouvoir une agriculture plus résiliente et éco-efficace, à travers le doublement de l'efficacité hydrique, la conservation des sols agricoles et l'accompagnement des agriculteurs dans la transition vers des énergies renouvelables (Génération Green 2020-2030 | www.agriculture.gov.ma).

- **Les politiques foncières :**

Les enjeux relatifs au foncier revêtent une grande importance et complexité, car ils déterminent les relations établies par les sociétés en ce qui concerne l'accès à la terre et aux ressources naturelles, tant du point de vue public que privé (CESE, 2019).

La situation du foncier est considérée parmi les principaux obstacles qui entravent la réalisation des objectifs du développement agricole durable ainsi que ceux de l'amélioration de la productivité. Les évolutions démographiques et techniques ont engendré une demande de foncier en constante évolution au Maroc. Les politiques foncières existantes, initialement conçues pour protéger certains types de terres (foncier agricole), ne parviennent plus à répondre de manière satisfaisante aux besoins de développement.

Les marchés fonciers sont devenus un enjeu central dans la réflexion économique, car ils influencent l'allocation des ressources et l'appropriation privée de la terre. Cependant, les effets négatifs, tels que l'iniquité et la spoliation foncière, ont conduit à des politiques plus coercitives. Les défis persistent dans la mise en œuvre de l'immatriculation foncière, même si elle est considérée comme une solution pour renforcer la sécurité foncière. Dans le même temps, les dynamiques sociales remettent en question les transactions passées. Il est essentiel de trouver des réponses adaptées pour relever les défis complexes liés au foncier au Maroc (CESE, 2019).

A ce titre, plusieurs mesures et actions ont été menées dans le domaine du foncier agricole, telles que la limitation du morcellement des exploitations agricoles, l'immatriculation foncière d'ensemble, l'amélioration de l'information foncière et la création du registre national agricole, la melkisation des terres collectives situées dans les périmètres irrigués au profit des ayants-droit, le remembrement des terres dans le cadre de projets de mise en valeur des terres.

Malgré ces efforts importants, la question du foncier agricole demeure problématique notamment en raison de la multiplicité des statuts fonciers et des acteurs institutionnels impliqués ainsi que du morcellement et de l'indivision des exploitations agricoles.

- **Stratégie Nationale de Développement Rural (SNDR) :**

Le monde rural occupe une grande part du territoire marocain, même si sa population et ses activités économiques sont relativement limitées par rapport aux zones urbaines. La SNDR souligne la nécessité de protéger et d'assurer une gestion durable des ressources naturelles aux fins du développement économique et social, ainsi que, d'intégrer l'objectif du développement durable de façon plus effective. Partant de ce constat, les objectifs de cette politique visent à répondre aux grands défis des espaces ruraux, qui sont articulés autour de trois axes majeurs : l'amélioration des conditions de vie des populations, la conservation des ressources naturelles (eau, sols) et le renforcement de l'économie rurale par la diversification et la promotion d'activités non agricoles.

Cette stratégie s'intègre et tient compte de l'ensemble des autres stratégies et politiques relatives au milieu rural, telles que le SNAT, la stratégie 2020 du développement rural, l'INDH, etc.

- **La politique d'aménagement du territoire et d'urbanisme :**

L'Etat marocain fait de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire un ensemble complémentaire qui œuvre à une répartition harmonieuse et une utilisation optimale durable de tout le territoire national. Donc afin de bien maîtriser la planification urbaine, le gouvernement a amélioré la convergence des politiques d'aménagement du territoire et d'urbanisme afin d'assurer la cohérence des planifications en zone rurale bien qu'urbaine et de régulariser les conflits d'usage des sols urbains et agricoles.

L'amélioration de la planification est assurée à travers l'ensemble des documents d'aménagement de territoire et de planification urbaine. Ces derniers intègrent la protection du foncier agricole à travers l'introduction de la destination générale des sols en déterminant la localisation des zones agricoles et forestières, des zones d'habitat, des zones industrielles, des zones grevées de servitudes... De plus, ils assurent un suivi rigoureux des programmes de développement de l'habitat afin d'éviter les comportements de prédation parfois observés durant le déploiement des programmes de logements sociaux.

- **La politique nationale de l'habitat :**

La question de l'habitat reste un sujet très complexe et difficile à cerner du fait de l'évolution extrêmement rapide qu'a connu le Maroc sur le plan démographique, politique et social, de l'intervention de plusieurs acteurs et de la diversité des espaces (CESE, 2018).

La politique nationale de l'habitat vise à assurer une planification concertée et durable, qui répond aux besoins des populations et qui optimise la qualité des interventions de l'Etat en matière d'infrastructure et d'équipement, tout en assurant un modèle économique environnemental viable protégeant les ressources en eau et sol.

Le ministère de l'habitat veille au respect des choix et des règlements contenus dans les plans d'orientation de l'aménagement de l'urbanisme, l'exécution des dispositions du plan d'aménagement et du plan de développement rural concernant l'ouverture de nouvelles zones d'urbanisation conformément à des modalités et des conditions fixées par voie législative.

En effet, le développement harmonieux économique et social du territoire, est concerné de déterminer les zones nouvelles d'urbanisation et les dates à compter desquelles elles pourront être ouvertes à l'urbanisation en préservant notamment les terres agricoles et les zones forestières dont les limites sont fixées par voie réglementaire et de fixer la destination générale des sols en déterminant la localisation du foncier agricole à préserver.

De plus, le fait d'imposer un minimum parcellaire pour construire a pour but de contrecarrer la construction de logements secondaires sur des petites superficies et en même temps préserver le potentiel agricole et éviter le mitage urbain. L'octroi de permis et d'autorisations de construire est exposé aux contrôles permanents de ces dossiers, ce qui permet la concertation avec tous les acteurs en vue de tenir compte des spécificités de chaque zone.

Par conséquent, la politique d'habitat tient compte de la préservation des terres agricoles en encourageant une utilisation judicieuse du foncier et en favorisant la densification urbaine plutôt que l'étalement urbain. Elle instaure un certain équilibre entre la ville et la campagne dans le processus du développement en vue de cerner l'extension urbaine et garantir une affectation équilibrée entre l'espace bâti (centres urbains et ruraux) et le non bâti, (terres à usage pour l'agriculture urbaine, les forêts urbaines ou usage agricole..), en assurant de manière plus forte les moyens de connexion nécessaires (routes, train, tramway,...) (CESE, 2018).

En dépit de l'existence de plusieurs dispositions qui essayent de créer un arbitrage entre les sols urbanisables et les étendues du foncier agricole, la politique d'habitat au Maroc doit être conçue de manière à concilier les besoins en logement avec la protection des terres agricoles. Cela nécessite une stratégie de communication entre les acteurs concernés et la population, une planification territoriale intégrée, des mesures de préservation des terres agricoles et la promotion de pratiques agricoles durables. L'objectif est de trouver un équilibre entre le développement urbain et la préservation de l'agriculture, afin de garantir la durabilité et la sécurité alimentaire à long terme.

En résumé, le Maroc est conscient de l'importance de préserver son foncier agricole. Il a mis en place toute une série d'initiatives en ce sens. Cependant, il est nécessaire d'harmoniser et d'orienter de manière efficace l'ensemble des stratégies et des politiques publiques sectorielles liées au foncier agricole. Cela permettrait de porter un regard neuf sur l'ambition d'urbanisation tout en valorisant les terres de parcours, les forêts et les terres agricoles.

1.5 La province Chtouka-Ait Baha : une dynamique territoriale accentuée

Cette session est consacrée au diagnostic de Chtouka-Ait Baha, objet de notre étude, pour dévoiler les caractéristiques spécifiques de la province, ainsi que ses particularités. L'objectif attendu étant d'œuvrer pour la maîtrise de l'étalement urbain dans la zone, mais aussi de mieux comprendre l'espace concerné, de retracer les enjeux qui consomment le foncier agricole dans la zone et d'identifier les contraintes majeures qui l'empêchent de remplir pleinement ses fonctions.

1.5.1 Chtouka-Ait Baha : une position stratégique

Suivant le nouveau découpage territorial arrêté par le Décret n°2.15.10 du 20 Février 2015, notre zone d'étude fait partie du ressort territorial de la Région « Souss-Massa » (Figure 1.4), cette dernière s'étend sur une superficie de 53 789 km², soit 7,6 % du territoire national et elle est formée de deux préfectures : « Agadir Ida Outanane » et « Inezgane Ait Melloul » et de quatre provinces : « Chtouka-Ait Baha », « Tiznit », « Taroudannt » et « Tata ».

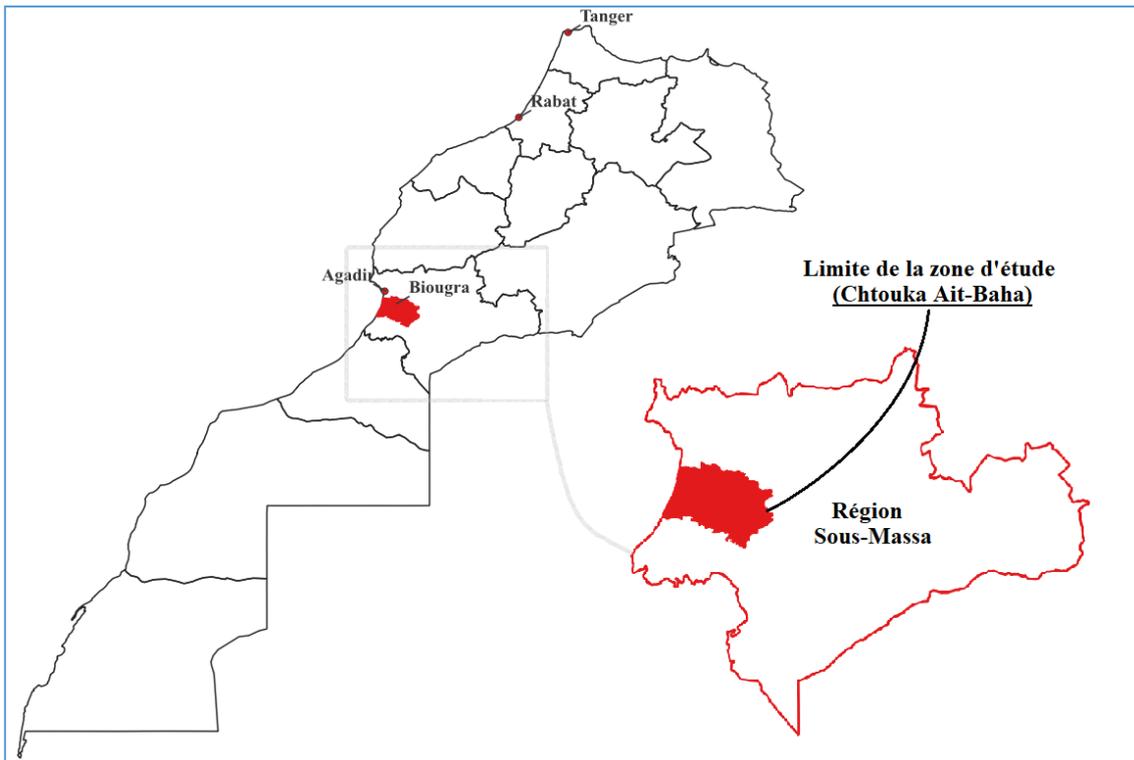


Figure 01.4 : Localisation de la province Chtouka-Ait Baha au sein de la région Souss-Massa.

Source : Elaboration personnelle.

En effet, Il s’agit d’une région promue en plusieurs rôles stratégiques sur les plans économiques et socio-culturels grâce à sa position stratégique allant de l’Océan Atlantique à la frontière algérienne, qui divise le pays en deux parties reliant ainsi les parties septentrionale et méridionale du Maroc (HCP, 2020).

Se situant dans un milieu à la fois atlantique et continental, la province de Chtouka-Aït Baha est limitée au Nord par la préfecture d’Inezgane-Aït Melloul, au Nord-Est par la province de Taroudant, au Sud par la province de Tiznit et à l’Ouest par l’océan Atlantique sur 42 km, cette situation privilégiée octroie à notre zone d’étude d’innombrables avantages qui permettent de pousser son développement et de renforcer son intégration territoriale (Figure 1.5).

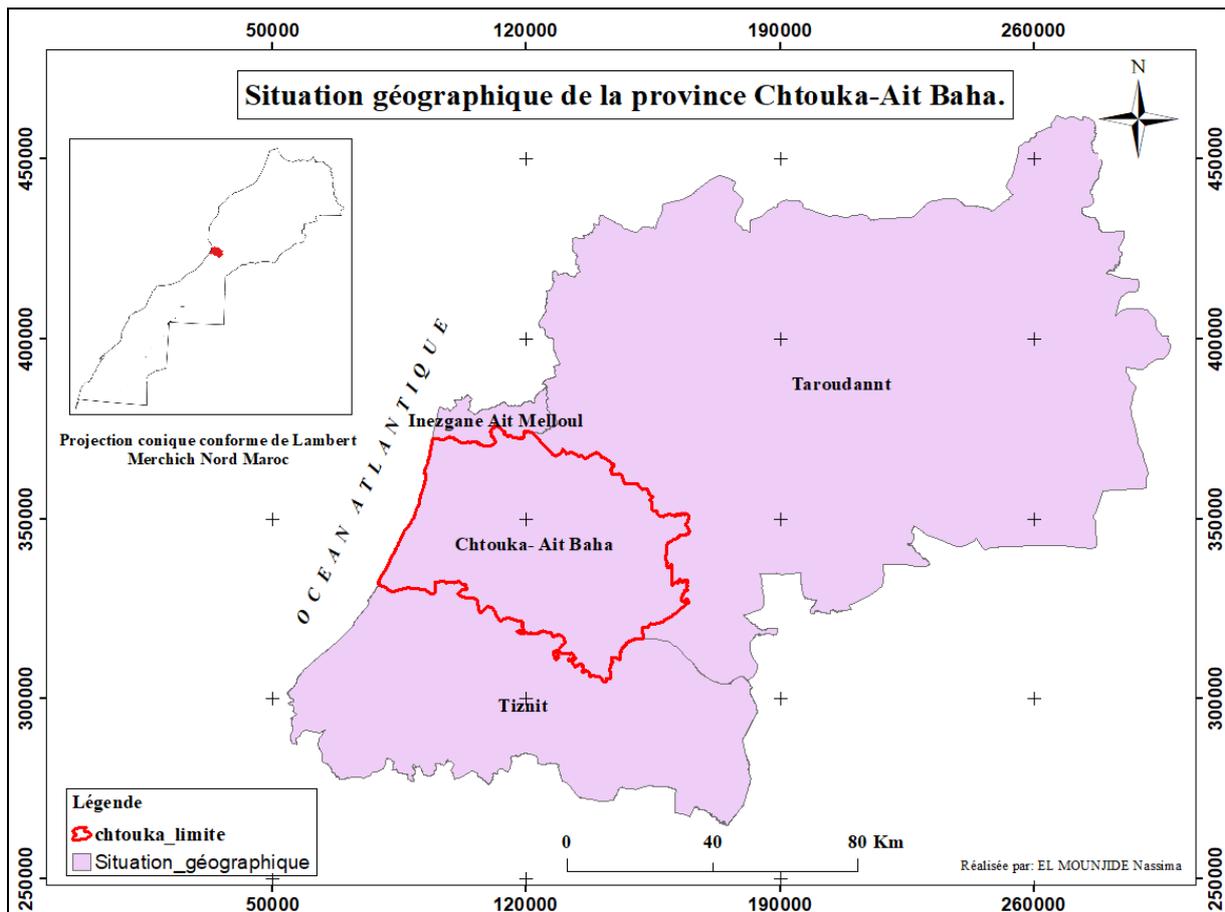


Figure 01.5 : Situation administrative de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

La combinaison des influences atlantiques et continentales crée un climat favorable à l'agriculture. La province dispose de terres fertiles propices à la culture de divers produits agricoles tels que les agrumes, les légumes, les céréales et les olives. L'agriculture peut être développée pour répondre aux besoins locaux ainsi qu'à l'exportation, contribuant ainsi à l'économie locale.

Sur le plan administratif, la province rurale Chtouka-Ait Baha est composée de deux communes urbaines et 20 communes rurales (Figure 1.6). Son chef-lieu est Biougra, cette ville se présente comme un pôle attractif au sein de la province.

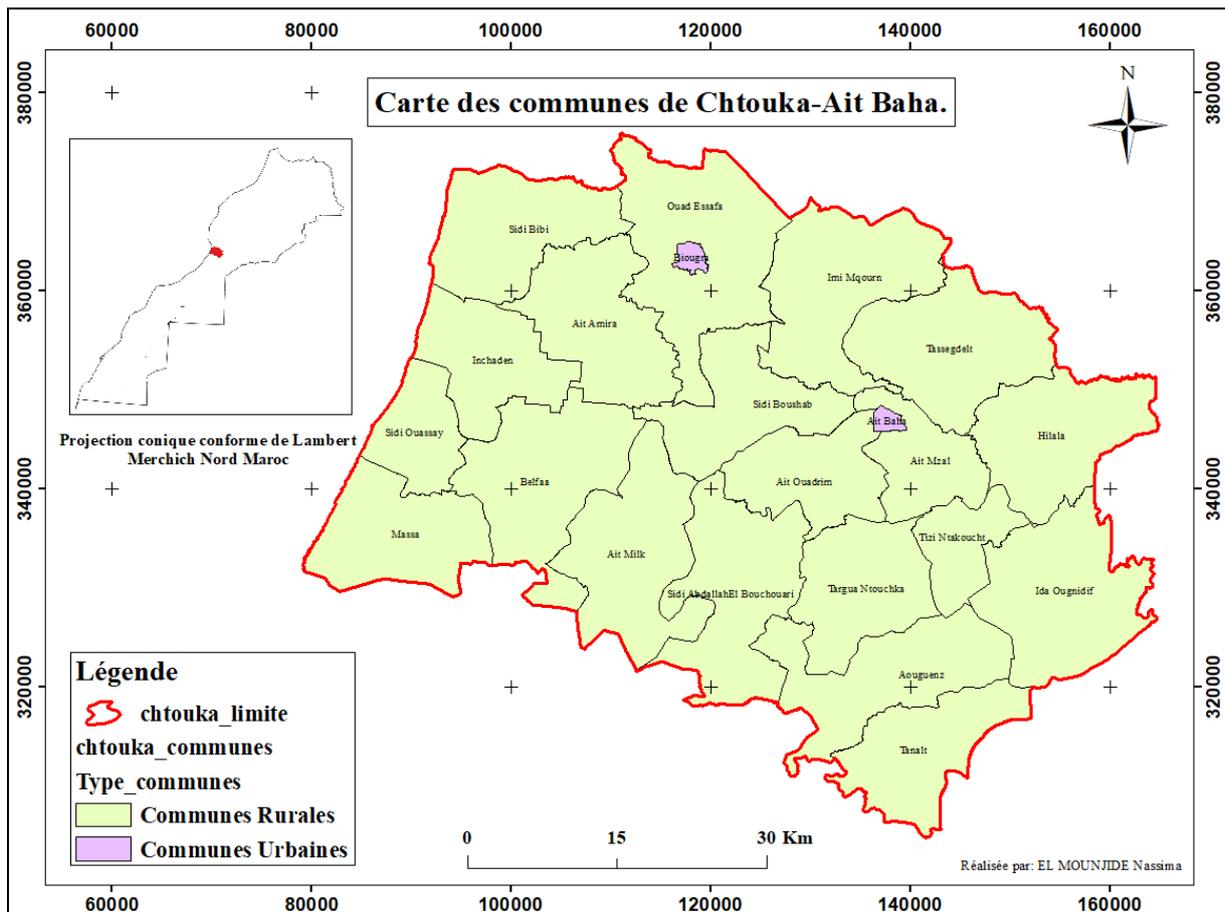


Figure 01.6 : Découpage administrative de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

Dans l'ensemble, les communes urbaines et rurales participent pour favoriser le développement harmonieux de la province, en mettant en valeur ses atouts géographiques et économiques.

1.5.2 Une évolution démographique galopante

L'étude de la situation démographique revêt une importance cruciale du fait qu'elle mettra l'accent sur la répartition de la population et permettra de tracer le profil démographique de la province (Tableau 1.1).

Tableau 01.1 : Fiche d'identité de Chtouka Ait-Baha.

Source : Elaboration personnelle.

| | | |
|---------------------------------|--|--------------------------|
| Découpage Territorial | Région : Sous Massa | Province : Agadir |
| Nombre des Communes | Communes urbaines | 2 |
| | Communes rurales | 20 |
| Centroïde | X (m) | 120251 |
| | Y (m) | 345524 |
| Superficie | 3 523 Km ² | |
| Population Totale | 370 000 Habitants en 2014 (RGPH, 2014) | |
| Densité de la population | 105 habitants / km ² en 2014 (RGPH, 2014) | |
| | 68 habitants / km ² en 1994 (RGPH, 1994) | |
| Taux d'urbanisation | 15% en 1994 (RGPH, 1994) | 31% en 2014 (RGPH, 2014) |

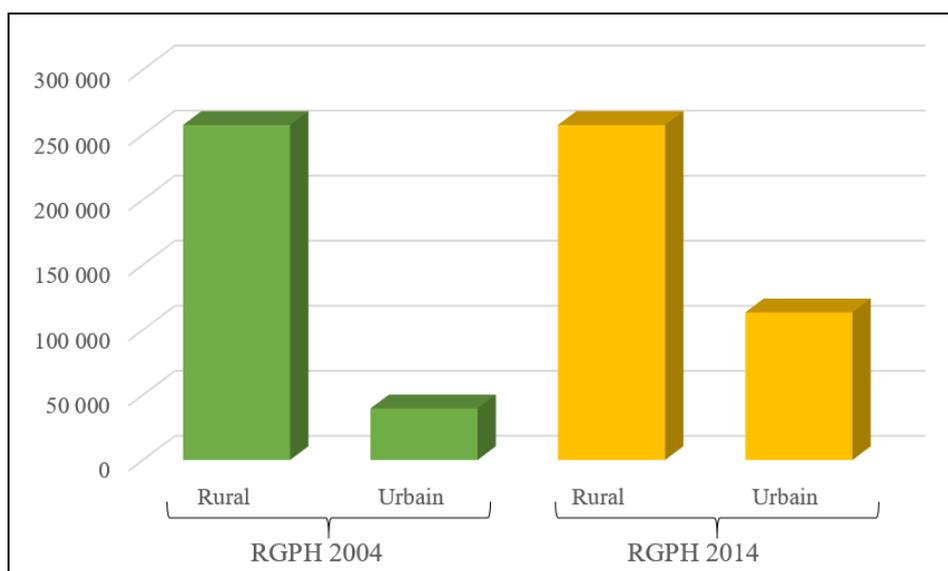
Les données statistiques avancées par le HCP démontrent que la population de la province connaît une dynamique démographique importante comme il est indiqué dans le tableau subséquent. En 2014, la province comptait près de 371 102 habitants (RGPH, 2014) contre 297 245 habitants en 2004 (RGPH, 2004), ce qui affiche une évolution relativement moyenne au cours de la dernière décennie, qui traduit une croissance annuelle moyenne de (2.24%) qui dépasse la moyenne régionale (1.42%) et nationale (1.25%) (Tableau 1.2).

Tableau 01.2 : Evolution de la population de la province Chtouka Ait-Baha en (hab) entre 2004 et 2014.

Source : HCP, 2020.

| Province | Population | | TAAM(%) |
|------------------|------------|-----------|---------|
| | RGPH 2004 | RGPH 2014 | |
| Chtouka-Ait Baha | 297 245 | 371 102 | 2,244 |
| Souss-Massa | 2 324 142 | 2 676 847 | 1,423 |
| National | 29891708 | 33848242 | 1,251 |

Éventuellement, la province de Chtouka-Ait Baha a enregistré un accroissement positif continu de la population urbaine qui est passée de 39 694 à 113 531 habitants entre 2004 et 2014, pour la population rurale, elle a enregistré un total de 257 571 en 2014 contre 257 551 en 2004 (Graphe 1.3). Cette tendance s'explique essentiellement par l'évolution socio-économique qu'a connue la province, l'accroissement naturel de la population urbaine, l'exode rural et l'extension des périmètres urbains...



Graphe 01.3 : Evolution de la population Chtouka-Ait Baha selon le milieu de résidence en (hab) entre 2004 et 2014.

Source : HCP, 2020.

L'évolution de la population légale de la province pour la période 2019-2020, passerait de 408 970 habitants en 2019 à 417 750 habitants en 2020, cette augmentation toucherait principalement le milieu urbain tandis que le milieu rural connaîtrait un certain recul, le tableau ci-après (Tableau 1.3) présente les projections de la population de la province.

Tableau 01.3 : Les projections démographiques de la province de Chtouka-Ait Baha en (hab) 2019-2020.

Source : HCP, 2020 .

| Province | 2019 | | | 2020 | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Rural | Urbain | Total | Rural | Urbain | Total |
| Chtouka-Ait Baha | 148 590 | 260 380 | 408 970 | 156 910 | 260 840 | 417 750 |

L'étude de la projection démographique montre une des disparités importantes en matière de peuplement aussi bien pour le milieu urbain que pour le milieu rural. Ceci s'explique notamment par la dynamique économique et urbaine de cette province ainsi que d'autres facteurs sont à l'origine de la progression de l'urbanisation, notamment l'accroissement naturel de la population urbaine, l'exode rural et l'extension du périmètre urbain par les besoins en logement.

Province qui dispose d'atouts importants

Chtouka-Ait Baha est une région agricole exemplaire qui représente un modèle de développement agricole. Du point de vue administratif, cette province fait partie de la région de Souss Massa, qui se positionne indéniablement comme une métropole économique majeure. Ces atouts lui ont permis d'attirer une part significative des investissements nationaux et étrangers (Figure 1.7).

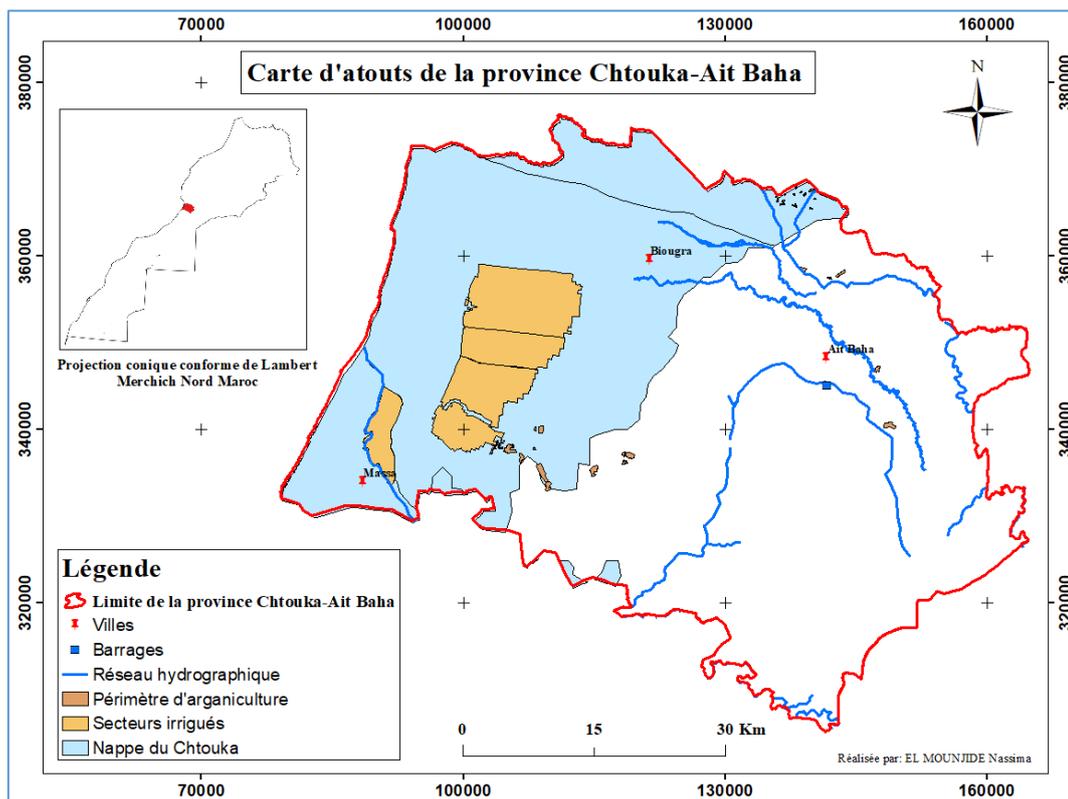


Figure 01.7: Les atouts de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

La province englobe une SAU couvrant plus de 84 950 ha, répartis en 58 070 ha de terres sèches et 26 880 ha de terres irriguées. Elle bénéficie également d'une vaste zone forestière, ainsi que d'une partie de la réserve de biosphère de l'arganeraie, notamment dans la zone autour d'Ait Baha, qui abrite l'une des plus grandes concentrations d'arganiers (HCP, 2020).

Cette zone est aussi reconnue pour son secteur agricole florissant, qui joue un rôle prépondérant dans l'économie locale et nationale. Elle bénéficie de terres fertiles et d'un climat favorable qui favorisent la croissance de diverses cultures. Les agriculteurs de la région cultivent une grande variété de produits, notamment des fruits, des légumes et d'autres cultures maraîchères. La production abondante de ces cultures contribue à la sécurité alimentaire du pays et à l'exportation de produits agricoles vers d'autres régions (HCP, 2020).

Grâce à la diversité de ses ressources naturelles et physiques, Chtouka-Ait Baha présente de nombreux avantages. Elle est la première du Maroc à disposer d'une bourse des primeurs étendue sur 17 ha. De plus, sa façade maritime sur l'océan Atlantique offre un potentiel d'investissement considérable. La zone de plaine de la province se caractérise par un climat aride à tendance désertique, avec des températures élevées et un faible taux d'humidité. Son sol fertile est constitué de sable riche en calcaire, mais pauvre en potasse et en phosphore. L'irrigation dans la plaine est facilitée par la faible inclinaison du terrain et est assurée par deux sources d'eau : les eaux souterraines et les eaux superficielles provenant de l'oued Massa et du barrage Youssef Ben Tachefin.

C'est à travers ces activités agricoles dynamiques, que Chtouka-Ait Baha a attiré des investissements tant nationaux qu'étrangers, stimulant ainsi son développement économique. Les infrastructures agricoles modernes, telles que les serres et les systèmes d'irrigation avancés, sont présentes dans la région, favorisant une production efficace et de haute qualité.

De plus, la province bénéficie d'une infrastructure routière importante, ce qui facilite le transport et la distribution des produits agricoles et contribue au développement économique et à la connectivité de la province au niveau national (Figure 1.8).

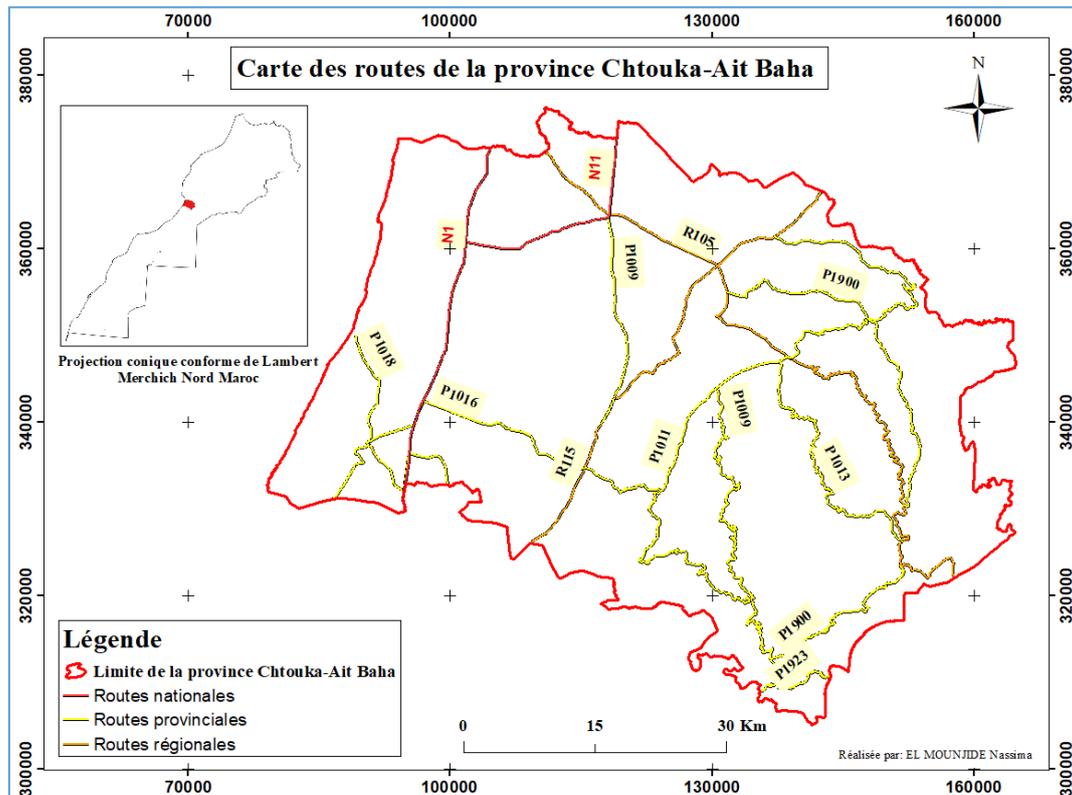


Figure 01.8: Réseau routier de Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

En somme, la province de Chtouka-Ait Baha se distingue par son modèle de développement agricole prospère et son attractivité pour les investissements. Elle représente un pilier économique important pour la région de Souss Massa et contribue à la croissance économique globale du Maroc. Cependant, comme l'ensemble du territoire marocain, la province connaît une expansion urbaine rapide qui se concentre principalement le long des axes routiers et sur les terres agricoles planes à fort potentiel de production. Il est donc important de promouvoir des solutions pour contrôler les extensions des villes anarchiques et l'expansion de l'urbanisation, dans le but de préserver le foncier agricole.

1.6 Conclusion

Au terme de ce chapitre, il est impératif d'insister sur l'importance de renforcer les mesures pour préserver le foncier agricole. Cette ressource génératrice de richesses, souffre toujours des tensions engendrées par l'urbanisation.

En dépit de la vision ambitieuse qu'a adoptée le Maroc en termes d'agriculture, d'urbanisme, d'aménagement de territoire et de planification urbaine, la consommation du foncier agricole par l'urbanisation, représente toujours un enjeu majeur en matière de compétition autour des usages des sols. Partant de là, le pays doit concourir à la coordination de l'ensemble de ces stratégies et politiques publiques sectorielles, afin de favoriser un équilibre et une complémentarité entre urbanisation et foncier agricole et d'assurer une gestion parfaite et économe de l'espace.

La compilation de différentes données sur Chtouka-Ait Baha et l'analyse de l'ensemble des atouts de la province assigne que celle-ci se caractérise par une croissance démographique et économique importante. Cela engendre des contraintes spatiales fortes et exerce une pression sur le foncier agricole à travers l'artificialisation.

Au bout du compte, il est évident que la planification territoriale au Maroc est affectée par divers problèmes qui compromettent son efficacité dans la résolution des problèmes liés à la perte de foncier agricole et à la rationalisation de l'urbanisation. Une solution d'envergure est nécessaire pour rassembler les différents points de vue et débats en vue de parvenir à des consensus entre les acteurs impliqués. Les prochains chapitres approfondiront cette solution prometteuse.

Chapitre 2

Outils de modélisation spatiale pour la gestion intégrée des terrains agricoles.

2.1 Introduction

La dynamique démographique qu'a connu le Maroc, après son indépendance, a entraîné une urbanisation accélérée au détriment du foncier agricole. Face aux enjeux que cause cette problématique au niveau de la consommation des terrains agricoles, cette situation critique a rapidement mis en évidence la nécessité de délimiter ces terrains, afin de prendre en compte leur préservation notamment dans l'instauration de nouveaux projets d'aménagement.

Dans ce chapitre, nous allons mettre l'accent sur l'apport des technologies spatiales, et particulièrement l'information issue des programmes d'observation de la terre. Ces derniers ont atteint un niveau de maturité et d'opérationnalité considérables pour offrir aux utilisateurs des outils incontournables dans tous les processus de gestion des terrains agricoles. Ensuite, nous mettrons en évidence les avancées technologiques des systèmes d'information géographique, leurs applications dans le domaine de la cartographie et la précision des données spatiales, ainsi que l'efficacité des outils d'aide à la décision. A la fin de ce chapitre, nous découvrirons l'approche de la cartographie en combinant les techniques de télédétection et des SIG, qui offrent une puissante synergie pour comprendre, gérer et prendre des décisions éclairées sur les questions liées à la protection des terres agricoles.

2.2 Cartographie agricole à partir de l'observation de la terre

2.2.1 Télédétection comme outil de l'observation de la terre

L'observation de la Terre repose sur diverses techniques, parmi lesquelles la télédétection occupe une place prépondérante. Cette discipline est définie de différentes manières, mais l'une des définitions les plus couramment utilisées est celle proposée par le Centre Canadien de la Télédétection : « La télédétection est l'ensemble des techniques permettant d'acquérir des images et d'obtenir des informations sur la surface de la Terre, y compris l'atmosphère et les océans, sans qu'il soit nécessaire d'établir un contact direct avec celle-ci ».

En d'autres termes, la télédétection permet d'observer notre planète depuis l'espace ou depuis des capteurs situés en altitude, tels que des satellites ou des avions, pour recueillir des données sur divers aspects de la Terre. Ces données peuvent inclure des informations sur la végétation, les sols, les ressources en eau, l'urbanisation, la pollution atmosphérique, les changements climatiques et bien d'autres paramètres.

L'acquisition d'images par télédétection repose sur l'utilisation de différents types de capteurs, tels que des caméras multispectrales, des capteurs radar, des lidars, des radiomètres... Chaque type de capteur permet d'observer la Terre à partir d'une perspective unique et offre des informations spécifiques sur les caractéristiques de la surface terrestre. Le processus consiste en général à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite la mettre en application.

Une fois les images obtenues, elles peuvent être traitées et analysées pour extraire des informations utiles, par le biais de techniques telles que la classification d'images, l'interprétation visuelle, la modélisation 3D, et bien d'autres méthodes d'analyse. Ces informations sont ensuite utilisées dans de nombreux domaines, tels que la gestion des ressources naturelles, la prévision des catastrophes, l'urbanisme, la cartographie, l'agriculture de précision, la surveillance environnementale, etc.

2.2.2 Télédétection passive et télédétection active

La télédétection repose sur un principe fondamental, qui peut être résumé de la manière suivante : une cible est illuminée par un rayonnement électromagnétique provenant d'une source d'énergie. Ce rayonnement interagit avec l'atmosphère et ne parvient pas intégralement à la cible, car il subit les processus d'absorption, de transmission et de réflexion. À leur tour, les cibles interagissent avec le rayonnement en le réfléchissant, en le transmettant ou en l'absorbant, en fonction de leur structure physique et chimique ainsi que de la longueur d'onde impliquée (Figure 2.1).

La partie du spectre électromagnétique réfléchi par la cible revêt une importance particulière pour les applications de télédétection liées au sol, car elle est captée par le capteur afin d'être traduite en une réflectance. Cette réflectance représente la mesure de la quantité de lumière réfléchi par la cible à différentes longueurs d'onde.

En exploitant la réponse spectrale enregistrée au niveau du capteur, la télédétection compare les signatures spectrales caractéristiques des objets présents à la surface de la Terre pour les identifier et les distinguer les uns des autres. Cette analyse des signatures spectrales permet de reconnaître différents types de matériaux, d'objets ou de caractéristiques géographiques.

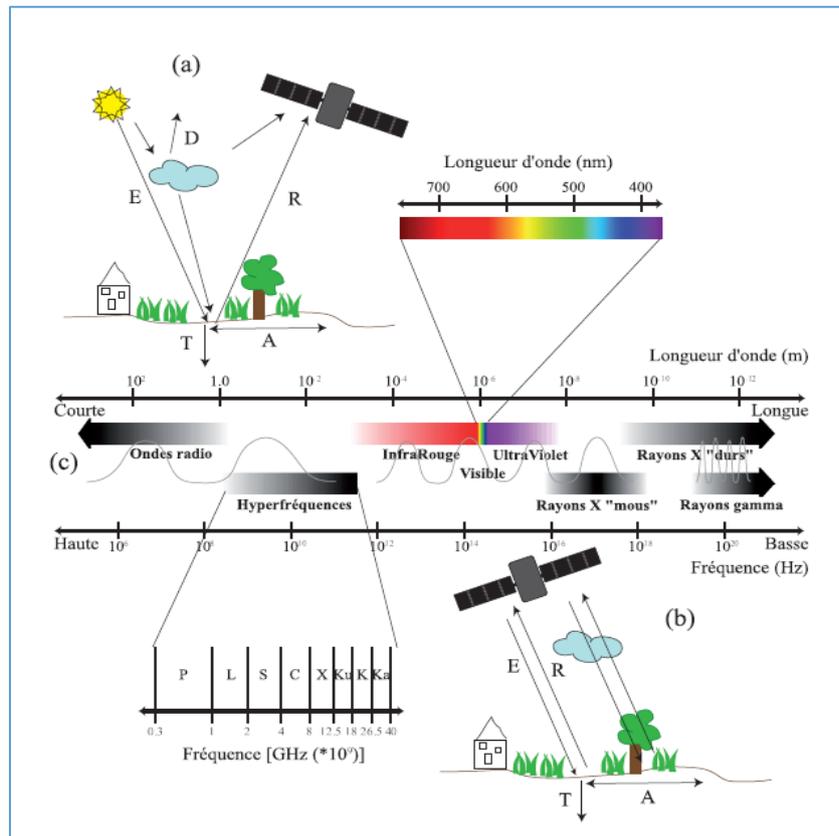


Figure 02.1 : Interaction du rayonnement électromagnétique avec la surface terrestre en télédétection passive (a) et en télédétection active (b). Principaux domaines du spectre électromagnétique (c) (E : Rayonnement incident/émis, T : transmis, A : absorbé, D : diffus.

Source : Dusseux, 2014.

On distingue deux types d'acquisition en télédétection : **L'acquisition passive**, où le rayonnement électromagnétique provient d'une source naturelle telle que le soleil, et **l'acquisition active**, où le rayonnement provient d'une source artificielle, c'est-à-dire du capteur lui-même. En télédétection **passive**, le rayonnement est réfléchi par la surface terrestre dans les longueurs d'onde du visible et du proche infrarouge, qui appartiennent au domaine optique. En télédétection **active**, le capteur émet le rayonnement en direction de la surface terrestre et le reçoit de manière rétrodiffusée dans les longueurs d'onde du domaine des hyperfréquences, utilisant des capteurs RADAR (Dusseux, 2014).

Il convient de noter que la télédétection active est moins sensible aux conditions atmosphériques et d'illumination. Ainsi, que ce soit de jour ou de nuit, et par temps couvert, des images peuvent être acquises grâce à la télédétection active, tandis que la télédétection passive dépend de l'ensoleillement (aucune acquisition exploitable la nuit) et est très sensible aux conditions atmosphériques, en particulier à la présence de nuages (Dusseux, 2014).

2.2.3 L'imagerie satellitaire

L'observation de la terre par des systèmes d'acquisition d'images permet de suivre l'évolution diachronique de plusieurs phénomènes. L'imagerie satellitaire, également connue sous le nom d'imagerie spatiale, se réfère à la capture d'images depuis l'espace à l'aide de capteurs placés sur des satellites. Les images satellitaires ressemblent visuellement à des photographies, mais elles contiennent bien plus d'informations. Nous visons à présenter de manière simplifiée les notions essentielles pour interpréter une image de télédétection.

Lorsque nous lisons une image satellitaire, nous examinons plusieurs éléments clés. Tout d'abord, la résolution spatiale fait référence à la taille des objets qui peuvent être distingués sur l'image. Une résolution élevée permet de distinguer de petits détails, tandis qu'une résolution plus faible fournit une vue plus globale (Dusseux, 2014). Pour cartographier des objets tels que les terrains agricoles, la haute résolution spatiale au minimum (résolution égale ou inférieure à 30 mètres) est indispensable.

La résolution temporelle ou répétitivité d'un capteur, qui représente sa capacité à revisiter un même site d'étude, est inversement proportionnelle à sa résolution spatiale. Cela signifie qu'un capteur ayant une haute résolution spatiale présente une capacité de revisite plus faible par rapport à un capteur ayant une résolution spatiale plus basse. En d'autres termes, le délai entre deux passages successifs d'un capteur sur un même site varie en fonction de sa résolution spatiale (Dusseux, 2014).

Ensuite, la composition spectrale se réfère aux différentes bandes du spectre électromagnétique utilisées pour acquérir l'image. Chaque bande peut révéler des informations spécifiques. Plus la résolution spectrale est importante, plus la signature spectrale définissant l'objet au sol est précise et permet de bien discriminer les objets terrestres (Dusseux, 2014).

De plus, la résolution radiométrique fait référence à la capacité d'un capteur à détecter et à représenter les variations de luminosité dans une image. Elle correspond au nombre de bits utilisés pour enregistrer l'intensité des radiations électromagnétiques capturées par le capteur. Plus la résolution radiométrique est élevée, plus le capteur est capable de distinguer de petites différences de luminosité.

L'image satellitaire est donc la principale résultante du processus de télédétection spatiale.

2.2.4 Exemple d'applications dans le domaine agricole

L'utilisation de l'imagerie satellite à haute résolution spatiale, telle que Landsat, SPOT, Ikonos, Quickbird, et bien d'autres, est répandue dans de nombreuses applications liées à l'étude de la biosphère terrestre. L'analyse diachronique d'images haute résolution permet de détecter les changements survenus sur un territoire, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique. Cette méthode permet notamment de surveiller le foncier agricole à travers des études sur l'urbanisation, le déboisement, la dégradation et le morcellement des forêts, en particulier la perte de terrains agricoles qui se déroule à un rythme alarmant. Ces changements sont souvent dus à l'intensification des pratiques anthropiques plus ou moins contrôlées.

En utilisant les images satellites, les chercheurs et les experts peuvent observer et évaluer l'ampleur des changements qui se produisent sur le terrain. Ils peuvent identifier les zones touchées par l'urbanisation, la déforestation, suivre l'évolution des limites des terrains agricoles, mesurer la perte du couvert végétal et estimer les impacts sur la biodiversité et les écosystèmes locaux. Grâce à l'imagerie satellite à haute résolution spatiale, il est possible de mieux comprendre les dynamiques environnementales et de mettre en place des stratégies de préservation adaptées.

Parmi les travaux réalisés dans ce contexte nous trouvons :

- *Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole (Dusseux, 2014).*
- *Processus d'urbanisation et accroissement des risques à Beni Mellal (Tadla-Azilal, Maroc) : apports des SIG et de la télédétection (El Khalki et al, 2007).*
- *Détection du changement de l'étalement urbain au Bas-Sahara algérien : apport de la télédétection spatiale et des SIG. Cas de la ville de Biskra (Algérie)(Dechaïcha et Alkama, 2020).*
- *Evaluation spatiale de l'érosion hydrique à Torokoro (Burkina Faso) : application de l'équation universelle des pertes des terres (USLE) par télédétection et système d'information géographique (Kabore, 2008).*

Des logiciels spécialisés et des techniques avancées tels que les SIG sont souvent utilisés pour extraire des informations précises à partir des images satellitaires. L'agriculture de précision est un concept très récent, qui repose sur l'utilisation des technologies de pointe, notamment les SIG, GPS, les imageries satellitaires et aériennes, ainsi que les outils de gestion des données, dans le but d'optimiser les pratiques agricoles.

L'objectif est d'améliorer l'efficacité et la durabilité de l'agriculture en prenant en compte les variations spatiales et temporelles des conditions agricoles. Grâce à la collecte et à l'analyse de données précises, et la possibilité de cartographier et de caractériser les variations de sol et tous autres facteurs influençant la production agricole. Ces informations sont ensuite utilisées pour prendre des décisions éclairées sur la gestion des parcelles agricoles.

2.3 Généralités sur les Systèmes d'Information Géographiques (SIG)

2.3.1 Définition des SIG

Les SIG sont des outils puissants pour l'édition, le stockage, la gestion et l'analyse des données à référence spatiale assurant des traitements de haut niveau dans plusieurs domaines (Figure 2.2). Leur utilité réside dans leur potentialité de gestion des données provenant de sources différentes, favorisant ainsi une meilleure organisation de l'espace urbain et rural. Les SIG trouvent leurs applications dans plusieurs domaines notamment la gestion de l'espace urbain et rural (ELFATIHI et al, 2003).

Plusieurs définitions ont été données pour les SIG à savoir :

- Selon *FICCDC (Federal Interagency Coordinating Committee for Digital Cartograph)*, les SIG peuvent être définis comme étant un système constitué de matériels informatiques, logiciels, personnel qualifié et un ensemble de procédures et permettant la saisie, la gestion, le stockage, la manipulation ou analyse, la modélisation, l'affichage et l'édition de données géo-référencées pour résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.
- Selon *ESRI (Environmental Systems Research Institute)* c'est un ensemble organisé de matériel informatique, de logiciels, de données géographiques et de personnel visant à saisir, stocker, maintenir, manipuler, analyser et afficher de façon efficace toutes les formes d'informations géographiques à référence spatiale.
- Selon *la SFPT (Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection)* les SIG comme étant des outils permettent, à partir de diverses sources de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées contribuant à la gestion de l'espace et même des ressources.
- Selon *CNIG (Conseil National de l'Information Géolocalisée)* c'est un ensemble de données géographiques, structuré de manière à pouvoir extraire des informations ou synthèses d'informations utiles pour la prise de décision.



Figure 02.2: Schéma du Système d'Information Géographique (SIG).

Source : (NEJJARI, 2016)

En résumé, le Système d'Information Géographique est un outil informatique qui permet de stocker de nombreuses données localisées de sources variées, de mieux les structurer, de les croiser, de les analyser et de les restituer sous forme graphique ou cartographique en fonction du but ou besoins visés.

2.3.2 Les principales composantes d'un SIG

Selon ESRI France (<https://www.esrifrance.fr/>) un Système d'Information Géographique est composé de (Figure 2.3) :

- **Matériel informatique (hardware) :** Les SIG marchent sur une très grande panoplie d'ordinateurs (pc de bureaux raccordés en réseau ou exploités de manière autonome).
- **Logiciels (software) :** Les logiciels de SIG offrent les outils nécessaires pour sauvegarder, examiner et visualiser l'information géographique.
- **Données (Information Géographique) :** Les données constituent la composante maitresse des SIG. L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise auprès de producteurs de données.

- **Processus** : La mise en place et l'exploitation d'un SIG nécessitent le respect de règles et de procédures spécifiques propres à chaque organisation.
- **Personnel formé** : Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est à l'utilisateur « expert en SIG » de l'exploiter. Il faut signaler que les SIG sont élaborés d'une manière qui leur permettent d'être manipulés par plusieurs types d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux utilisateurs de logiciel pour le traitement de l'information géographique. Actuellement, grâce à l'accès des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.



Figure 02.3: Les cinq composantes d'un projet SIG.

Source : www.esrifrance.fr

2.3.3 Les formats de données SIG

Les SIG utilisent un système de stockage des informations du monde sous la forme de couches thématiques, qui peuvent être interconnectées par la géographie (Figure 2.4). Ce concept, à la fois simple et puissant, s'est avéré être efficace pour résoudre de nombreux problèmes concrets.

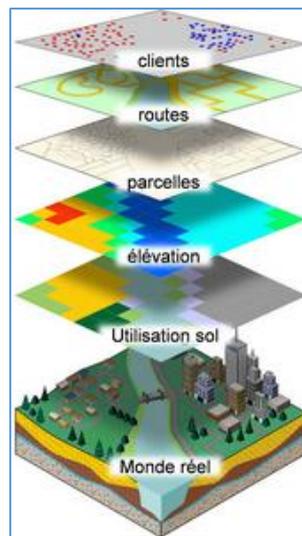


Figure 02.4: Représentation du monde réel dans un SIG.

Source : www.esrifrance.fr

La plupart des logiciels SIG sont capables de gérer deux formats de données (Figure 2.5) : on distingue deux modèles de stockage, de gestion et de structuration des données géographiques (<https://www.esrifrance.fr/>):

- **Le modèle vecteur :**

Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes. Les informations sont rassemblées sous la forme de coordonnées (x, y).

Les objets ponctuels sont représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux indiqués par une succession de coordonnées (x, y).

Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée.

- **Le modèle raster :**

Le modèle raster se compose d'une matrice de points pouvant tous être différents les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol.

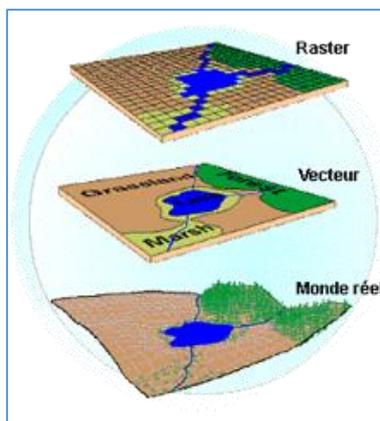


Figure 02.5 : Représentation des deux différents types de modèles géographiques.

Source : www.esrifrance.fr

En somme, Chaque modèle de données présente ses propres avantages (Tableau 2.1) et ses inconvénients (Tableau 2.2). Dans un SIG moderne, il est essentiel d'exploiter simultanément les données raster et vectorielles pour la représentation des données (<https://www.esrifrance.fr/>).

Tableau 02.1: Avantages de raster et vecteur.

Source : https://www.vallamir-co.fr/qgis/prise_en_main.html

| | Raster | Vecteur |
|------------------|--|---|
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Structure de données simple. ▪ Bonne représentation des réalités continues. ▪ Analyse spatiale aisée. ▪ Combinaison de couches aisée. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Format de données léger. ▪ Lisible et précis. ▪ Bonne qualité d'affichage. ▪ Position et forme des éléments très précise. ▪ Approche par objet. |

Tableau 02.2 : Inconvénients de raster et vecteur.

Source : https://www.vallamir-co.fr/qgis/prise_en_main.html

| | Raster | Vecteur |
|---------------------|---|---|
| Inconvénient | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Assez lourd. ▪ Moins précis. ▪ Moins adapté à la représentation. ▪ Faible qualité d'affichage et d'impression. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque de recouvrement des données. ▪ Peu adapté à la représentation de réalités continues. ▪ Structure de données complexe. ▪ Croisement de couches complexe. |

2.3.4 Caractéristiques des SIG

Les principales caractéristiques d'un système d'information géographiques se présentent comme suit (ELFATIHI et al, 2003):

- La capacité d'intégrer et analyser un ensemble de couches d'informations comme le parcellaire, les plans de zonage, les plans d'inondation, l'hydrographie, l'occupation du sol, et les réseaux géodésiques.
- La capacité d'intégrer des données de sources différentes aussi bien spatiales que descriptives.
- L'aptitude d'interactivité de ces requêtes.
- La capacité du système à tenir compte des requêtes et règles antérieures pour le traitement de données.
- La flexibilité qui consiste à concevoir l'accès concurrent de plusieurs utilisateurs sur des mêmes données et à des niveaux différents.
- La possibilité de tri et d'accès à des données géolocalisées en fonction de leur existence, position, attributs par l'intermédiaire de requêtes.
- Permet la prise de décision.
- Permet la mise à jour et la création d'objets spatiaux.

Grace aux systèmes d'informations géographiques, nous pouvons aller au-delà d'une simple analyse cartographique à travers l'exploitation de diverses données géographiques, économiques et environnementales.

2.3.5 Fonctionnalités des SIG

Le fonctionnement des SIG tourne autour des principaux axes à savoir (<https://www.esrifrance.fr/>) :

- **L'acquisition de données** : Il est nécessaire de convertir les données papiers dans un format informatique avant de les utiliser dans un système d'information géographique. Cette étape essentielle s'appelle la digitalisation.
- **Les manipulations** : Les sources d'informations peuvent être d'origines très diverses. Il est donc essentiel de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement. Les SIG incorporent de nombreux outils permettant de manier toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet.
- **La gestion** : Il est indispensable d'utiliser un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) pour faciliter le stockage, l'organisation et la gestion des données. Le Système de Gestion de Bases de Données Relationnel (SGBDR) est le type de SGBD le plus utilisé en Système d'Information Géographique. Les données y sont représentées sous la forme de tables utilisant certains champs comme lien. Cette approche qui peut paraître simple offre une souplesse et une flexibilité sans équivalent permettant aux SIG de s'adapter à tous les cas de figure.
- **L'interrogation et les analyses** : les SIG procurent à la fois des outils simples d'interrogation et de puissantes solutions d'analyses accessibles à tous les publics.
- **L'analyse spatiale** : l'intégration de données au travers des différentes couches d'information permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse.
- **La restitution et la visualisation** : C'est la dernière étape du processus d'élaboration des SIG. Il s'agit ici de la mise en valeur des résultats, la communication avec les utilisateurs et la sensibilisation. La restitution de l'information géographique stockée dans les bases de données peut se faire sous différentes formes :
 - Visualisation sur écran graphique (images, vues 3D, cartes, animations, fichiers) ;
 - Sous forme de tableaux de données, de rapports ;

- Sous forme de carte ou collections de cartes.

C'est ainsi qu'un Système d'Information Géographiques est un système d'information qui stocke les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour dénouer de nombreux problèmes concrets (Figure 2.6).



Figure 02.6: Les principales fonctions d'un SIG.

Source : www.esrifrance.fr

2.4 Apports de la combinaison télédétection et SIG au projet

Le présent travail cherche à parvenir à ces résultats en intégrant des données provenant de différentes sources, afin d'évaluer et de cartographier une classification des terres agricoles dans une zone pionnière en agriculture, à savoir Chtouka-Ait Baha. L'objectif est de parvenir à un arbitrage éclairé entre des politiques sectorielles contradictoires, en utilisant une planification régulatrice qui prend en compte la carte agricole à élaborer.

La cartographie basée sur les SIG, avec l'apport de la télédétection, est largement employée dans de nombreuses problématiques agricoles et scientifiques. Leur appui à la prise de décision dans un contexte de gestion intégrée des terres agricoles reste actuellement indispensable.

2.4.1 Des disciplines interconnectées et complémentaires

Les disciplines de l'information géographique, comprenant la cartographie, les SIG et la télédétection, regroupent un ensemble de techniques et de données spatiales essentielles pour de nombreux domaines liés à la description et à la gestion du territoire. Que ce soit en utilisant ces disciplines de manière complémentaire ou indépendante, elles sont devenues indispensables. Elles fournissent des références spatiales précises, permettant une meilleure compréhension et une gestion optimisée de notre environnement (Cheret, 2016).

L'émergence de l'informatique a profondément transformé la puissance de l'information géographique. Cette évolution a permis plusieurs avancées majeures, telles que le développement de la cartographie numérique, de la télédétection spatiale, puis l'intégration des données multi-sources dans les systèmes d'information géographique. L'aboutissement à ce stade a permis d'incorporer une dimension dynamique aux processus de traitement et de création de cartes. Cette évolution technologique et conceptuelle a joué un rôle crucial dans la reconnaissance et la gestion intégrée des sols, en particulier des terres agricoles.

Le développement des outils d'analyse spatiale a été profondément influencé par l'évolution technologique et méthodologique en informatique (Figure 2.7). Ces outils ont été construits en s'appuyant sur les fondements de la cartographie, de ses conventions, ainsi que sur les mathématiques et les statistiques spatiales (Cheret, 2016). En ce qui concerne la télédétection spatiale, la progression est marquée par une augmentation de la résolution spatiale et une diversification des capteurs utilisant des domaines de plus en plus détaillés du spectre électromagnétique. Ce qui permet une observation plus précise des environnements terrestres, grâce à une gamme étendue de capteurs fournissant des images dans le domaine du visible et de l'infrarouge (Cheret, 2016).

Les avancées de l'informatique ont permis également de représenter la géographie de manière numérique, d'automatiser la cartographie et de gérer informatiquement des données de territoire, de faire des mesures et d'extraire l'information. Grâce à ces progrès, il est devenu plus facile de mieux comprendre le territoire à travers l'analyse spatiale et la modélisation, de prendre des décisions compliquées et de les communiquer.

Ainsi, l'évolution technologique et méthodologique a considérablement enrichi les capacités d'interopérabilité de différentes disciplines de l'information géographique, telles que la cartographie, les SIG et la télédétection, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour comprendre et interpréter notre environnement géographique.

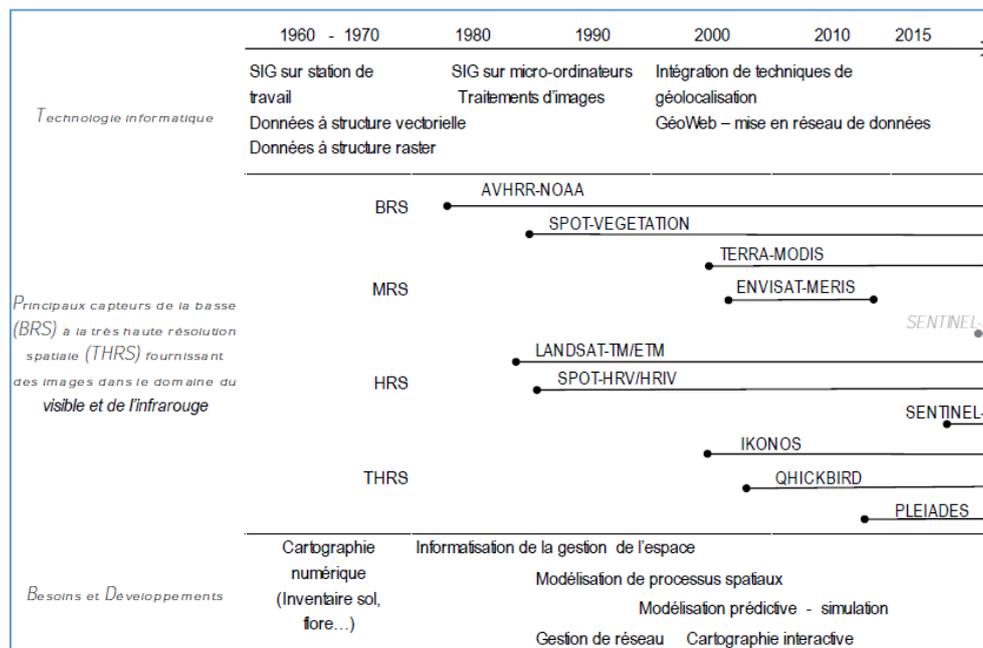


Figure 02.7: Chronologie simplifiée des techniques, données spatiales et développements en information géographique.

Source : (Cheret, 2016).

2.4.2 Des images vers la carte

L'utilisation de séries temporelles acquises par des satellites imageurs permet une étude globale de l'occupation des sols à travers différents territoires. Ces cartes d'occupation des sols sont des outils puissants à la fois pour la recherche scientifique et pour la prise de décisions. Elles sont utilisées dans des travaux de recherche ainsi que dans des applications opérationnelles, notamment pour le suivi des changements mondiaux et pour soutenir la mise en œuvre des politiques publiques nécessitant une connaissance précise des territoires.

Pour produire une carte d'occupation des sols, deux principales stratégies peuvent être adoptées. La première consiste à mettre à jour d'anciennes cartes en identifiant les zones de changement ou les zones incomplètes, tandis que la seconde vise à créer une nouvelle carte (Pelletier, 2017).

La stratégie de mise à jour est moins courante, mais présente des avantages opérationnels et économiques lorsqu'il est nécessaire d'analyser uniquement les zones de changement. Cependant, l'identification de ces zones à mettre à jour est complexe, en particulier dans des régions présentant une grande hétérogénéité et des dynamiques temporelles importantes (Pelletier, 2017).

Indépendamment de la stratégie choisie, mise à jour ou création d'une nouvelle carte, la production peut être effectuée de manière manuelle ou automatique.

2.4.3 Contribution au projet

L'étude des surfaces du foncier agricole est devenue ces dernières années un enjeu majeur à l'échelle mondiale pour la gestion et le suivi des territoires, notamment en matière de consommation des terres agricoles et d'étalement urbain. Dans ce contexte, la cartographie de classification des terres agricoles nécessite une représentation spatiale de divers paramètres, intégrée dans un cadre géo-référencé, notamment à l'aide d'un système d'information géographique (SIG).

L'utilisation de données provenant de différentes sources, telles que la télédétection, est essentielle pour parvenir à la réalisation de notre carte finale. Ces données de télédétection, en combinaison avec d'autres sources d'information, nous fournissent les informations nécessaires pour caractériser et classer les terres agricoles de manière précise et détaillée.

Dans notre cas, la télédétection va nous servir pour générer des séries diachroniques d'images à haute résolution spatiale pour connaître précisément les dynamiques de la zone à travers la production de données d'occupation du sol. A partir de ces images, nous allons cartographier et quantifier l'évolution de l'urbanisation par rapport aux terrains agricoles dans le temps et dans l'espace.

Les SIG vont nous permettre d'intégrer la variabilité spatiale des données en gérant à la fois leur nature thématique et géo-référencée. Ces fonctionnalités particulières (abstraction, acquisition, archivage, analyse, affichage (5A)) vont s'adapter selon nos objectifs fixés. Ils aident à hiérarchiser les facteurs à considérer pour la résolution des problèmes. Grâce à un traitement explicite des données, des critères et des préférences, les SIG favorisent le Processus de Hiérarchie Analytique (AHP) pour sélectionner les terrains agricole à préserver.

L'AHP est catégorisé selon l'approche d'analyse décisionnelle multicritères et constitue une technique efficace qui aide les planificateurs et les décideurs à analyser toutes les données avant de prendre une décision finale pour les futurs changements d'utilisation des terres.

Dans cette étude, notre objectif est d'associer les techniques SIG à un Processus de Hiérarchie Analytique (AHP) afin de mettre en évidence le potentiel agricole des terrains et de résoudre les tensions entre les politiques agricoles et urbaines. L'utilisation conjointe des SIG et de l'AHP est d'une importance capitale pour atteindre notre objectif principal, qui est la création d'une carte agricole conciliant les objectifs divergents des politiques agricoles et urbaines. Cette carte permettra une classification précise des zones urbanisables (faible potentiel agricole), ainsi que des terres agricoles nécessitant protection, préservation et valorisation (fort et moyen potentiel agricole).

En intégrant les techniques AHP aux SIG, nous serons en mesure d'analyser et d'évaluer de manière approfondie les caractéristiques géographiques et les attributs des terrains tels que la topographie, la dégradation du sol, la pédologie et l'occupation de sol. Ces données spatiales fourniront une base solide pour établir une hiérarchie de ces critères afin d'évaluer le potentiel agricole des terrains.

De cette manière, nous serons en mesure de créer une carte agricole précise et complète, ce qui nous permettra de prendre des décisions éclairées et équilibrées concernant l'utilisation des terres agricoles et leur préservation. Cette carte servira de guide aux décideurs politiques, aux urbanistes et à d'autres parties prenantes en leur fournissant une vision claire des zones à fort potentiel agricole à protéger, ainsi que des zones à faible potentiel agricole pouvant être utilisées à des fins d'urbanisation.

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait le tour d'horizon des méthodes et approches utilisées dans la cartographie agricole en exploitant les avantages offerts par l'intégration de la télédétection qui ajoute une dimension spatio-temporelle pour rendre précises les études menées.

L'évolution de l'informatique a considérablement enrichi les capacités de l'information géographique. La cartographie numérique, la télédétection spatiale et l'intégration de données multi-sources dans les SIG sont quelques-unes des avancées majeures rendues possibles par cette évolution. Ces progrès technologiques ont permis d'incorporer une dimension dynamique aux processus de traitement et de création de cartes.

En effet, l'utilisation conjointe des données issues de la télédétection, des SIG et de l'AHP dans l'élaboration d'une carte agricole permettra de mettre en valeur le potentiel agricole des terrains tout en résolvant les tensions entre les politiques agricoles et urbaines. Cette approche fournira une base solide pour la planification territoriale, aidant à équilibrer les objectifs et les priorités des deux domaines, et à trouver des solutions harmonieuses pour l'avenir du territoire.

Conclusion de la première partie :

À la conclusion de cette première partie, il est crucial de souligner l'importance de renforcer les mesures visant à préserver les terres agricoles. Malgré la vision ambitieuse adoptée par le Maroc pour préserver ces ressources, le pays doit encore fournir des efforts pour coordonner l'ensemble de ces stratégies et politiques sectorielles afin de favoriser un équilibre et une complémentarité entre l'urbanisation et le foncier agricole.

La province de Chtouka-Ait Baha représentera un exemple illustrant les capacités de l'information géographique, à travers la mise en place d'une cartographie numérique basée sur les données fournies par la télédétection spatiale, ainsi que l'intégration de données provenant de sources multiples dans les systèmes d'information géographique. L'utilisation du processus AHP sera également bénéfique pour atteindre notre objectif de conciliation des objectifs des politiques agricoles et urbaines, en créant une carte agricole précise qui guidera les décisions de planification en assurant une utilisation équilibrée des terres. Cela permettra de valoriser les zones agricoles tout en préservant les terres présentant un potentiel agricole élevé, et en permettant l'ouverture de nouvelles zones d'urbanisation sur les terrains à faible potentiel agricole.

PARTIE II :

**Réalisation de la carte agricole décisionnelle au
niveau de Chtouka-Ait Baha**

Introduction de la deuxième partie :

Cette partie fait suite de manière logique à la première, en poursuivant tout d'abord l'objectif de la présente étude, qui vise à contribuer au suivi des pertes de terres agricoles dans la province de Chtouka-Ait Baha et à préserver les ressources en sol. Pour atteindre cet objectif, une approche basée sur la classification des terres agricoles en trois catégories a été mise en place, offrant ainsi une base solide pour orienter les décisions d'aménagement de manière éclairée.

Ensuite, cette partie détaille la méthodologie qui guidera l'élaboration de la carte agricole, en décrivant le processus de réalisation. Notre site, considéré comme un pilier central du secteur agricole, constitue un exemple idéal pour répondre aux objectifs clés de cette démarche. De plus, elle examine comment les facteurs biophysiques externes peuvent contribuer à l'évaluation globale de l'aptitude des terres à l'agriculture.

Les résultats obtenus serviront de référence pour préserver les terres agricoles de qualité en les protégeant de toute autre utilisation, ainsi que pour initier des actions de développement agricole adaptées et préserver les zones sensibles. Cette démarche offre ainsi l'opportunité de proposer des actions cohérentes et harmonieuses permettant de rétablir l'équilibre entre les espaces agricoles et l'étalement urbain, et d'en tirer des conclusions significatives.

Chapitre 3

Méthodologie du travail

3.1 Introduction

L'élaboration de la carte agricole a pour objectif de guider les décisions relatives à l'utilisation des terres, afin de permettre à la population de tirer un maximum d'avantages du foncier agricole tout en veillant à sa préservation pour les générations futures. La province de Chtouka-Ait Baha, comme dans la plupart des provinces du Maroc, connaît des changements rapides qui obligent à repenser les modes d'intervention afin de répondre aux préoccupations d'un développement maîtrisé et durable. Ces évolutions, qu'elles soient démographiques (croissance rapide, urbanisation accélérée, exode rural), économiques ou environnementales (évolution des modes d'occupation des terres, pression foncière, déforestation, perte de biodiversité, fragmentation des parcelles), se matérialisent dans l'espace et contribuent à la transformation rapide de la province.

Face à la pression croissante sur les terres agricoles observée dans toute la zone, il est urgent d'identifier les meilleures terres pour l'agriculture afin de les préserver de l'urbanisation croissante, l'expansion des infrastructures et d'autres facteurs qui conduisent à la conversion des terres agricoles en zones urbanisées.

Dans ce chapitre, nous présenterons la méthodologie générale suivie afin de réaliser une carte bien classifiée de la province de Chtouka-Ait Baha. Nous allons ainsi présenter la zone d'étude et ses caractéristiques notamment en termes de localisation. Puis nous détaillerons les différentes données et les plateformes utilisées pour le traitement et la visualisation de ces données requises à partir de sources multiples. Ensuite, nous expliquerons les étapes du processus de classification supervisée que nous avons adopté, ainsi que les processus que nous avons suivis pour produire différentes cartes. Ces cartes serviront de base pour réaliser une analyse multicritère en utilisant le Processus de Hiérarchie Analytique (AHP), qui nous permettra de sélectionner les meilleurs sites agricoles.

3.2 Méthodologie générale

La méthodologie utilisée dans le cadre de ce travail est basée sur la télédétection et le Système d'Information Géographique couplé avec les méthodes d'analyse multicritères utilisant les données Landsat ETM+ et OLI-TIRS, ASTER-DEM et les couches pédologiques du sol. L'intégration du SIG avec les méthodes d'analyse multicritères facilite la gestion des données, qu'elles soient importées ou générées en interne, et permet la création d'une carte agricole décisionnelle.

La spatialisation de l'ensemble des données reste le meilleur moyen pour mieux comprendre et visualiser l'espace ; de plus la pertinence des outils géospatiales aidera à cerner et à identifier les terrains ayant une valeur agricole importante, ce qui permettra d'avoir une vision sur une planification plus appropriée à la province tout en mettant en valeur les terres agricoles à travers une classification de l'ensemble de la zone d'étude en trois catégories à savoir :

1. Terres à haut potentiel agricole (Zone d'agriculture à protéger) ;
2. Terres à potentiel agricole moyen (Zone de Sauvegarde) ;
3. Terres à faible potentiel agricole (Zone pouvant être cédée à l'urbanisation en cas de besoin pressant selon des normes).

3.3 Données et outils utilisés

3.3.1 Le site de l'étude

Au sud du Maroc, Chtouka-Ait Baha représente l'une des provinces agricoles qui sont soumises à une forte pression foncière et à un déclin progressif de l'agriculture surtout à proximité des zones urbaines, causé principalement par la croissance démographique, l'exode rurale et l'urbanisation, ce qui représente de grands défis pour cette large zone qui est en cours de développement (Figure 3 .1).

| | |
|-------------|---------------|
| Latitude : | 30 N 10' 72'' |
| Longitude : | 9 W 27' 86'' |



Figure 03.1: Situation géographique de la zone d'étude.

Source : élaboration personnelle

Cette zone, caractérisée par un climat semi-aride sec et chaud, est un exemple pertinent en raison de la diversité de ses classes de terres. En tant que partie intégrante du territoire marocain, elle présente une variété de catégories, telles que l'hydrographie, les zones urbaines, les terrains nus, les terres cultivées, les terres non cultivées et les zones forestières.

La présence de ces différentes classes de terres offre une opportunité d'étude approfondie des dynamiques et des interactions entre les différents types d'utilisation des terres. Cela permet également de comprendre les défis et les opportunités associés à la gestion des ressources en sols. De plus, la diversité des classes de terres facilite l'analyse des processus d'urbanisation contre celui de l'agriculture.

3.3.2 Matériels et données

3.3.2.1 Présentation des logiciels

- **ArcGIS 10.3** : développé par la société américaine Esri avec ses multiples extensions, ArcGis reste incontestablement, le logiciel référence en matière de cartographie. C'est une plateforme géographique qui permet de travailler aisément, d'effectuer diverses opérations et l'accès à des données externes de divers formats. Il propose une large panoplie de fonctionnalités permettant à l'utilisateur de visualiser, d'éditer et même de comparer des données de cartographie.
- **ENVI** : est un logiciel utilisé par les professionnels des SIG, les scientifiques en télédétection et les analystes d'images pour extraire des informations significatives des images afin de prendre de meilleures décisions. Il utilise des analyses scientifiquement prouvées pour fournir des résultats de niveau expert. Les entreprises et organisations choisissent ENVI parce qu'il s'intègre aux workflows existants, il supporte les capteurs les plus populaires du moment et il peut être facilement personnalisé pour répondre aux besoins spécifiques de chaque projet.

3.3.2.2 Données et caractéristiques :

- **Images satellitaires :**

Afin d'établir une cartographie du potentiel agricole d'une zone donnée, et comme nous l'avons vu précédemment, il nous faut une base de donnée d'images couvrant la zone d'étude pour une période de temps déterminée. Dans notre cas d'étude, nous avons utilisé des images issues de la télédétection spatiale pour une connaissance spatialisée de notre zone d'étude. Nous avons exploité une série d'images multispectrales et multitudes acquise par les satellites

Landsat 7 prise le : 06 mars 2009 par le capteur (ETM+) et Landsat 8 prise le : 10 mars 2019 par le capteur (OLI) (Figure 3 .2).

Les deux images ont été téléchargées gratuitement du site (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Les prétraitements et les traitements nécessaires de cette série d'images ont été effectués comme nous allons le voir dans la section qui suit.

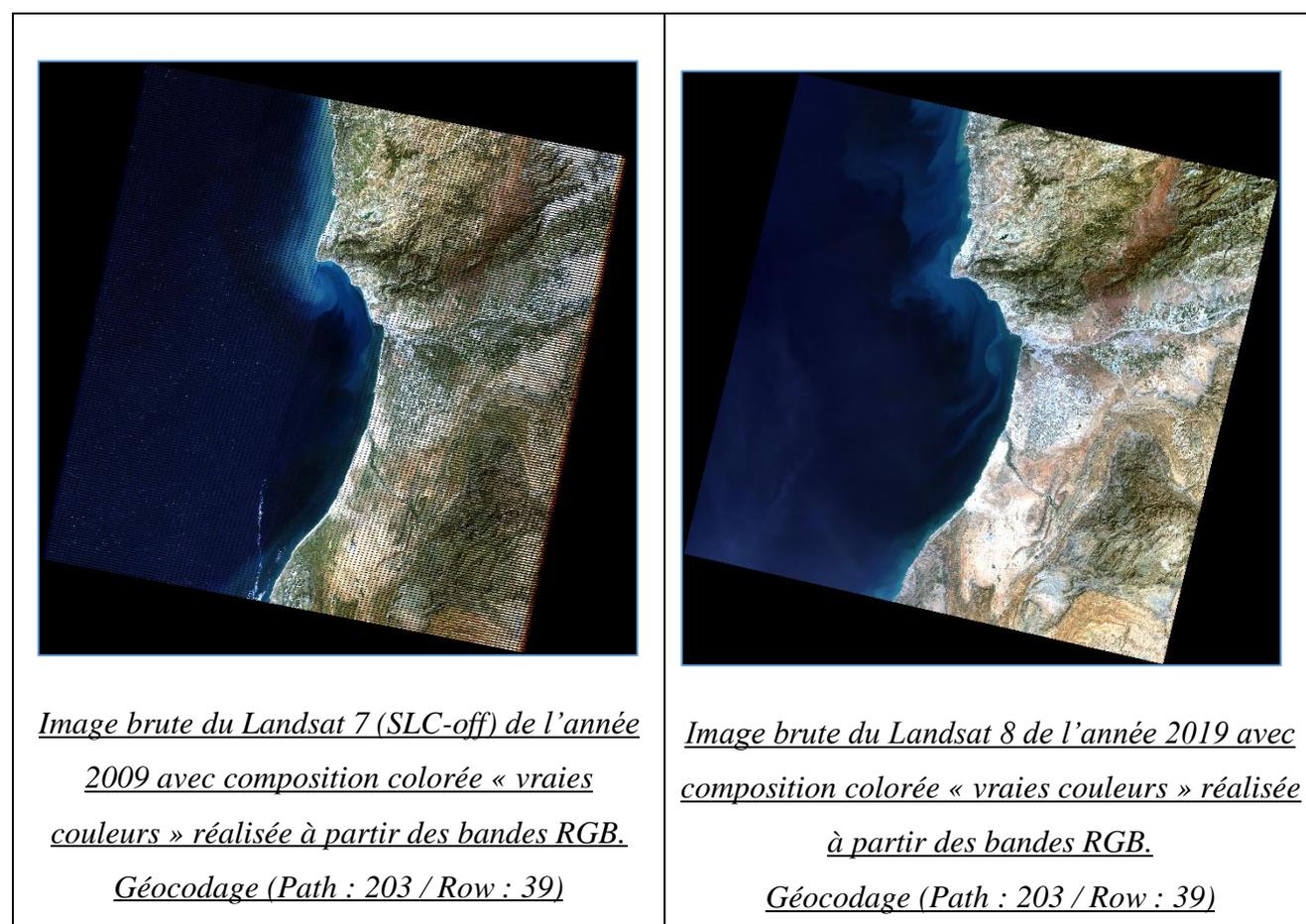


Figure 03.2: Images satellitaires brutes avec composition vraies couleurs.

Source : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

La plateforme de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS) offre la possibilité de choisir la zone d'étude et le niveau de couverture nuageuse en fonction des besoins. Dans notre cas, nous avons opté pour une faible couverture nuageuse dans notre zone d'étude, avec un intervalle de 10 ans entre les deux images. Nous avons sélectionné le mois de mars de chaque année afin de mettre l'accent sur la végétation. En effet, les images satellitaires sont bien exposées durant ce mois, car l'atmosphère demeure relativement claire. Cela permet au capteur de capturer des images nettes, qui peuvent être visualisées et interprétées sans effort.

- **Caractéristiques spectrales et spatiales des images :**

La résolution spatiale des images varie de 15m pour les bandes panchromatiques à 30m pour les bandes multispectrales et les produits sont délivrés avec une résolution radiométrique de 16 bits (Figure 3.3).

| Landsat-7 ETM+ Bands (μm) | | | Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm) | | |
|--|-------------|---------------|--|---------------|---------|
| | | | 30 m Coastal/Aerosol | 0.435 - 0.451 | Band 1 |
| Band 1 | 30 m Blue | 0.441 - 0.514 | 30 m Blue | 0.452 - 0.512 | Band 2 |
| Band 2 | 30 m Green | 0.519 - 0.601 | 30 m Green | 0.533 - 0.590 | Band 3 |
| Band 3 | 30 m Red | 0.631 - 0.692 | 30 m Red | 0.636 - 0.673 | Band 4 |
| Band 4 | 30 m NIR | 0.772 - 0.898 | 30 m NIR | 0.851 - 0.879 | Band 5 |
| Band 5 | 30 m SWIR-1 | 1.547 - 1.749 | 30 m SWIR-1 | 1.566 - 1.651 | Band 6 |
| Band 6 | 60 m TIR | 10.31 - 12.36 | 100 m TIR-1 | 10.60 - 11.19 | Band 10 |
| | | | 100 m TIR-2 | 11.50 - 12.51 | Band 11 |
| Band 7 | 30 m SWIR-2 | 2.064 - 2.345 | 30 m SWIR-2 | 2.107 - 2.294 | Band 7 |
| Band 8 | 15 m Pan | 0.515 - 0.896 | 15 m Pan | 0.503 - 0.676 | Band 8 |
| | | | 30 m Cirrus | 1.363 - 1.384 | Band 9 |

Figure 03.3 : Bandes spectrales de l'instrument ETM+, OLI et TIRS.

Source : <https://www.sigterritoires.fr/>

- **Le modèle numérique de terrain (MNT)** d'une résolution de 30m téléchargé gratuitement du site Astergdem (www.astergdem.com).
Il indique la forme brute du terrain, sans construction ni végétation. Il correspond donc à une schématisation de la région étudiée.
- **La carte des types des sols (pédologie)** du Maroc en format shapefile téléchargé gratuitement du site (www.geoamenagement.com).

3.3.3 Préparation et prétraitements des données

3.3.3.1 Correction du dysfonctionnement (SLC-off) du satellite Landsat 7

Depuis la panne du capteur de Landsat 7 en 2003, les images enregistrées par ce satellite présentent des bandes noires qui rendent leur traitement et leur interprétation difficiles. Ces images, connues sous le nom d'images SLC-off, représentent une ressource inestimable d'informations sur la surface terrestre et son évolution. Il est donc crucial de rechercher des moyens d'améliorer leur qualité. Heureusement, des méthodes efficaces ont été développées pour traiter les images brutes. Dans ce contexte, l'utilisation des outils de post-traitement disponibles dans ArcGIS permet de reconstruire ces bandes noires dépourvues d'informations (Figure 3.4).

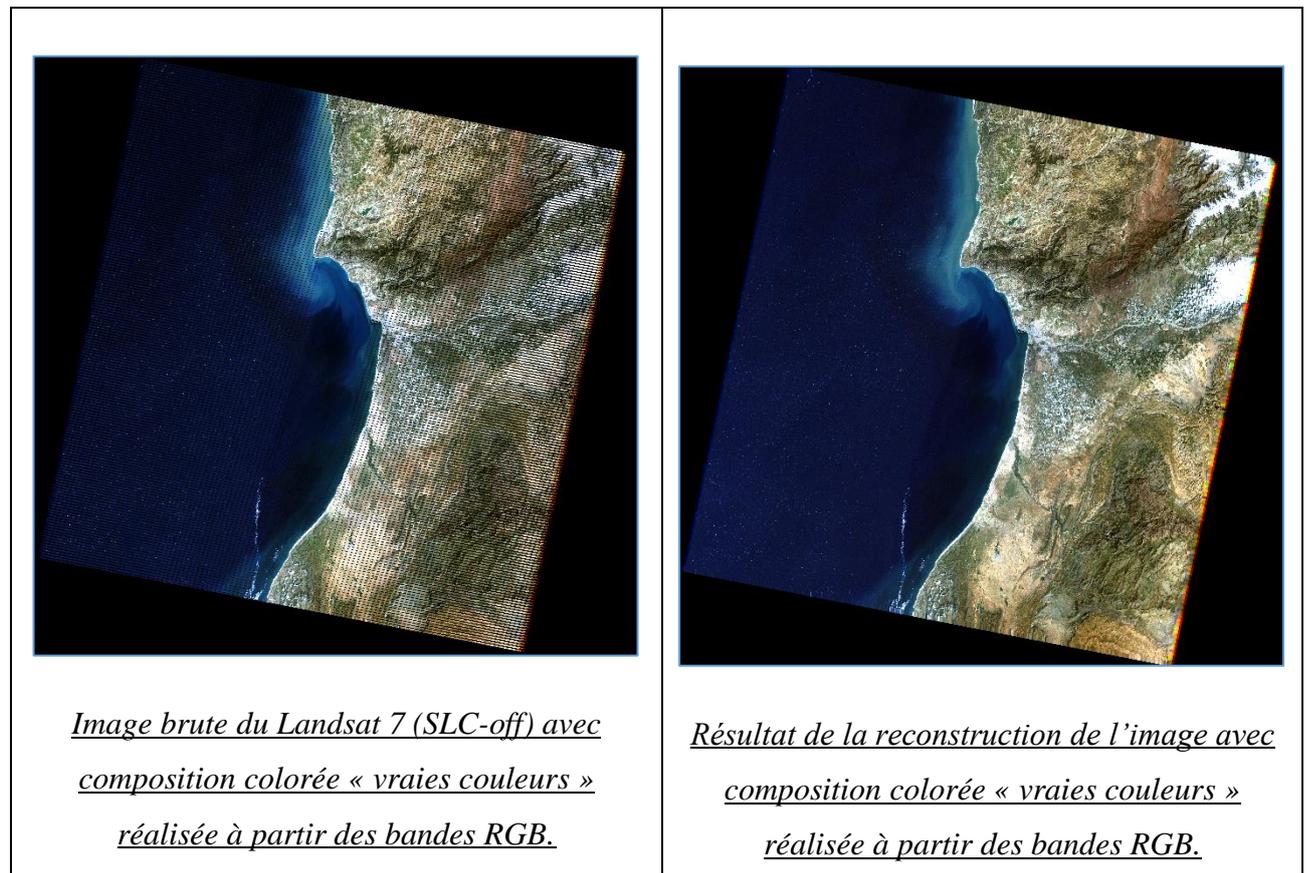


Figure 03.4: Résultat du balayage correcteur de ligne.

Source : élaboration personnelle

3.3.3.2 Extraction de données basée sur la zone d'étude :

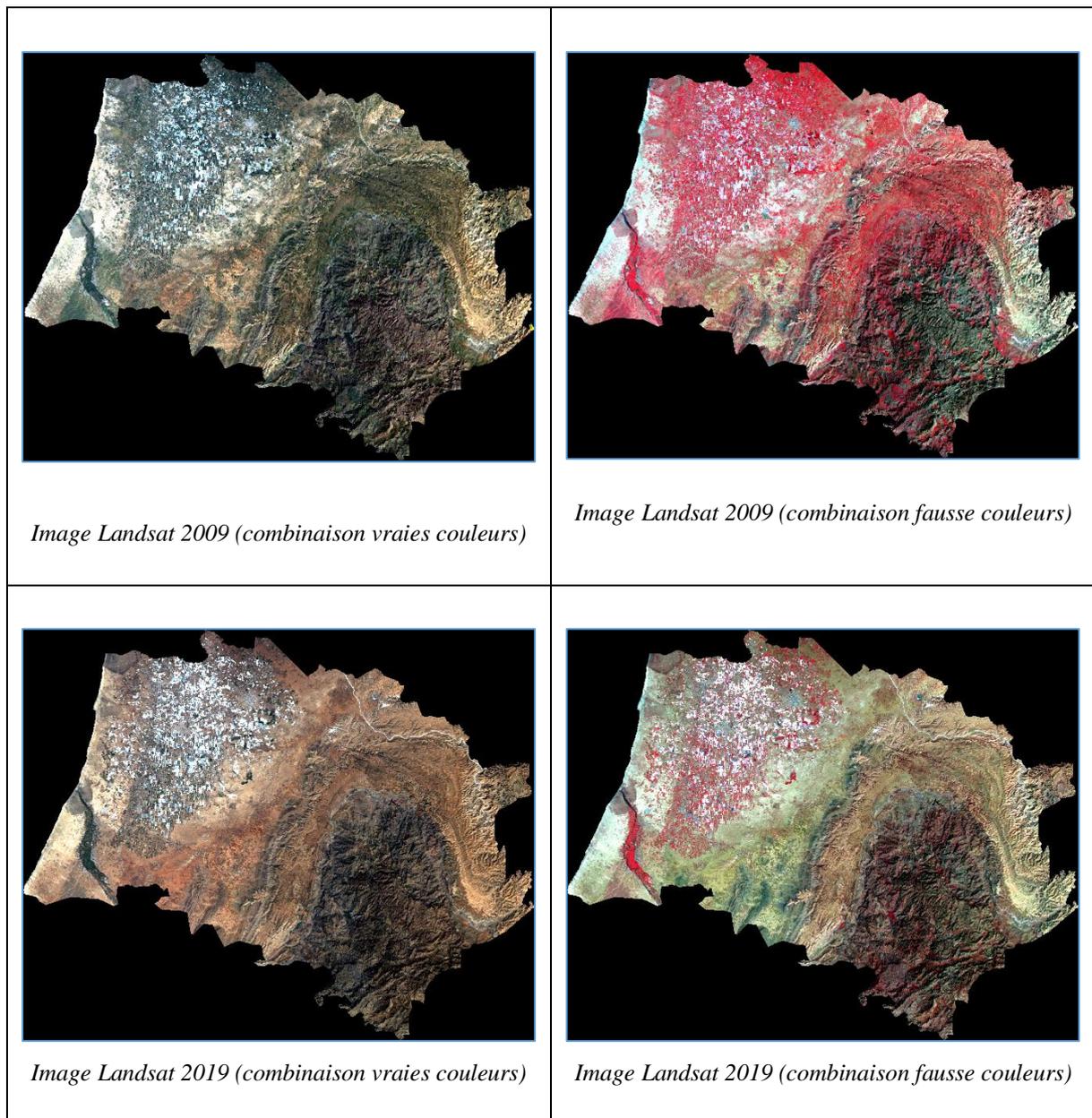


Figure 03.5: Résultats d'extraction de la zone d'étude à partir des images Landsat.

Source : élaboration personnelle.

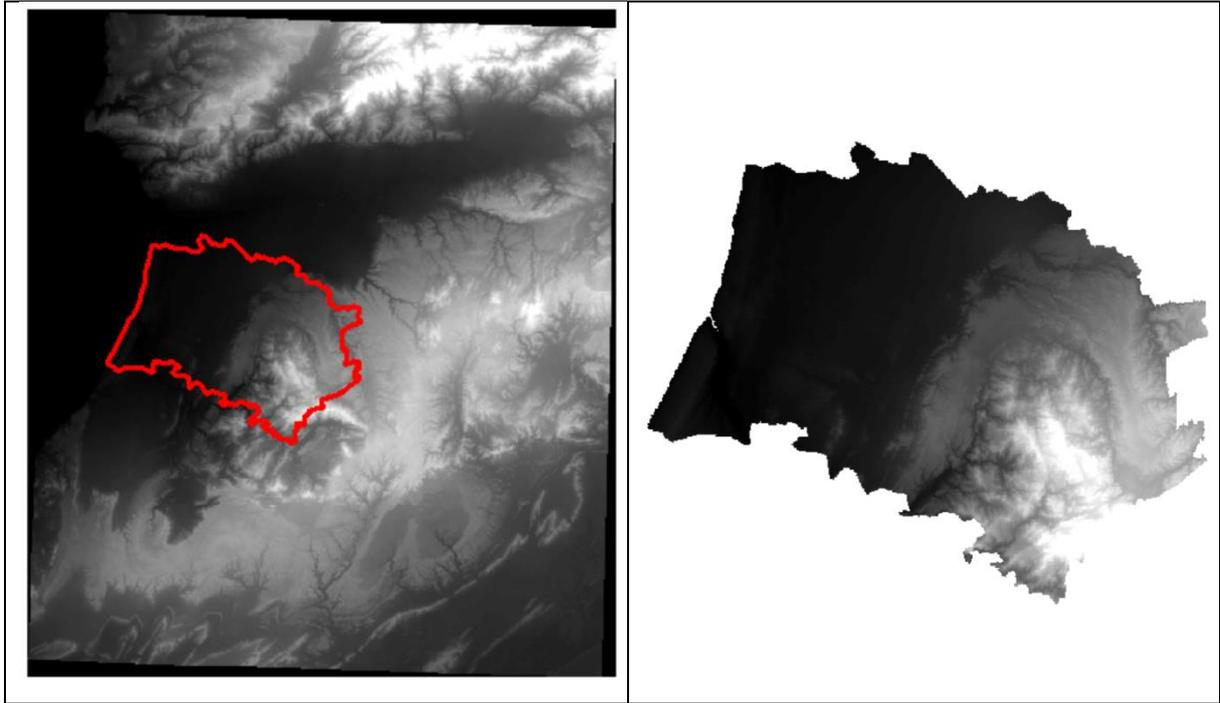


Figure 03.6: Résultats d'extraction du model numérique de terrain.

Source : élaboration personnelle.

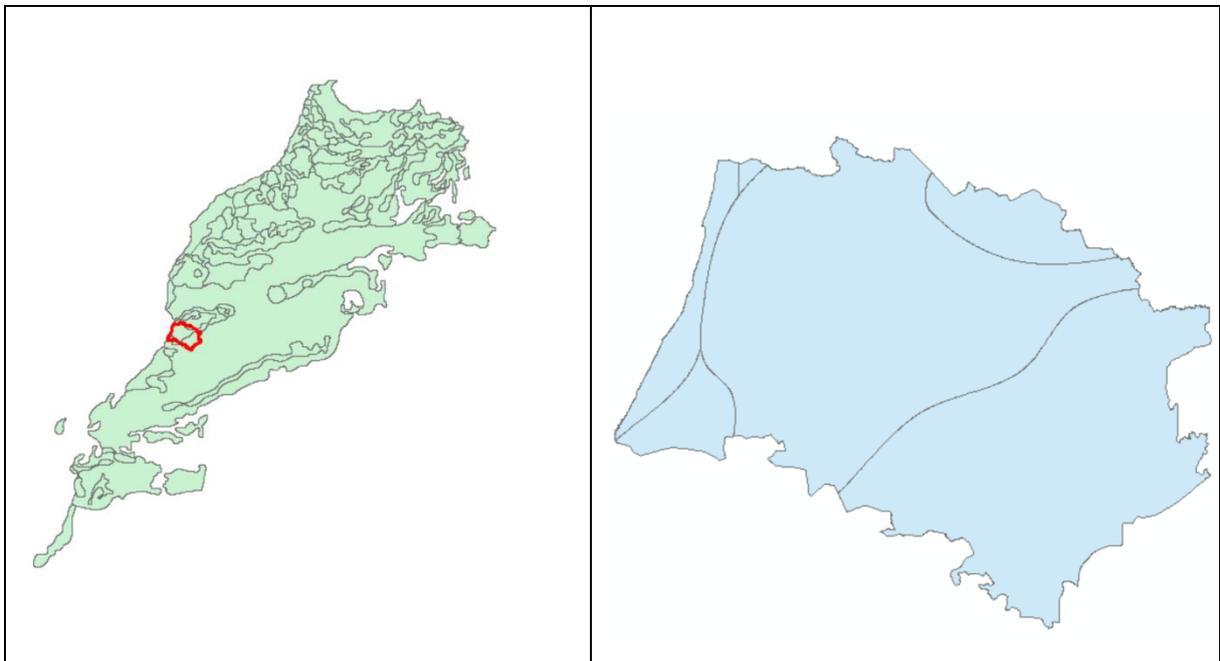


Figure 03.7: Résultats d'extraction des types de sol.

Source : élaboration personnelle.

3.3.3.3 Calibration (Etalonnage) radiométrique et correction atmosphérique :

Afin d'obtenir des résultats de qualité reflétant les mesures au sol, nous avons procédé à un étalonnage radiométrique et correction atmosphérique de nos images (Figure 3.8). Cela permet de préparer les images pour l'analyse principale et l'extraction de l'information. Les opérations de prétraitement se divisent en une correction géométrique qui permet la correction des distorsions géométriques de l'image dues aux variations de la géométrie Terre-Capteur, et transformer les données en vraies coordonnées géographiques, et une correction radiométrique qui permet de réduire les bruits d'images dus au capteur ou à l'atmosphère (Nuages, poussière atmosphérique, vent de sable, etc.)

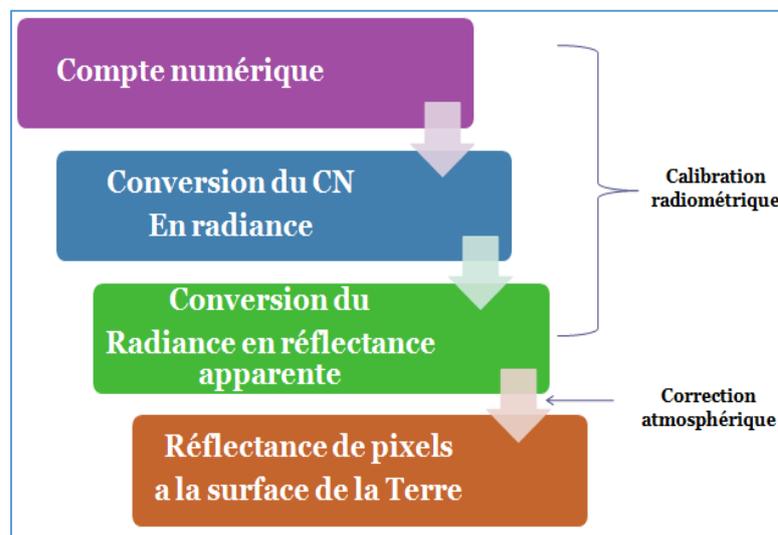


Figure 3.8: Organigramme de prétraitement des données images.

Source : NASA, 2006.

L'étalonnage du capteur permet la transformation des comptes numériques en luminances apparentes afin de corriger les anomalies propres au capteur et d'extraire une information fiable et précise. Les coefficients d'étalonnage utilisés dans cette transformation ont été publiés par la NASA (NASA, 2006). Ensuite, cette luminance apparente a été transformée en réflectance apparente, en introduisant l'éclairement solaire, l'angle d'incidence solaire et la distance «Terre-Soleil».

Quant aux effets atmosphériques, absorption par les gaz et la vapeur d'eau et la diffusion par les aérosols et les molécules, ils exigent une connaissance à priori des paramètres atmosphériques qui interfèrent lors de l'acquisition des images. Bien entendu, cette étape est

d'une importance capitale dans le processus de calculs des indices spectraux pour qu'ils reflètent la réalité terrain avec précision.

3.3.3.4 Fonction Affinage panchromatique (Pansharpening) :

L'affinage panchromatique, également connu sous le nom de Pansharpening, est une technique utilisée en traitement d'images pour améliorer la résolution spatiale des images multispectrales en combinant ces dernières avec une image panchromatique à plus haute résolution. Cette technique est couramment utilisée dans le domaine de la télédétection et de la cartographie pour favoriser la lisibilité des images (Figure 3.9).

Le processus d'affinage panchromatique consiste essentiellement à fusionner une image multispectrale, qui contient des informations sur différentes longueurs d'onde de la lumière, avec une image panchromatique, qui capture la lumière sur l'ensemble du spectre visible. L'objectif est de créer une image composite qui conserve les informations spectrales de l'image multispectrale tout en bénéficiant de la résolution spatiale plus élevée de l'image panchromatique.

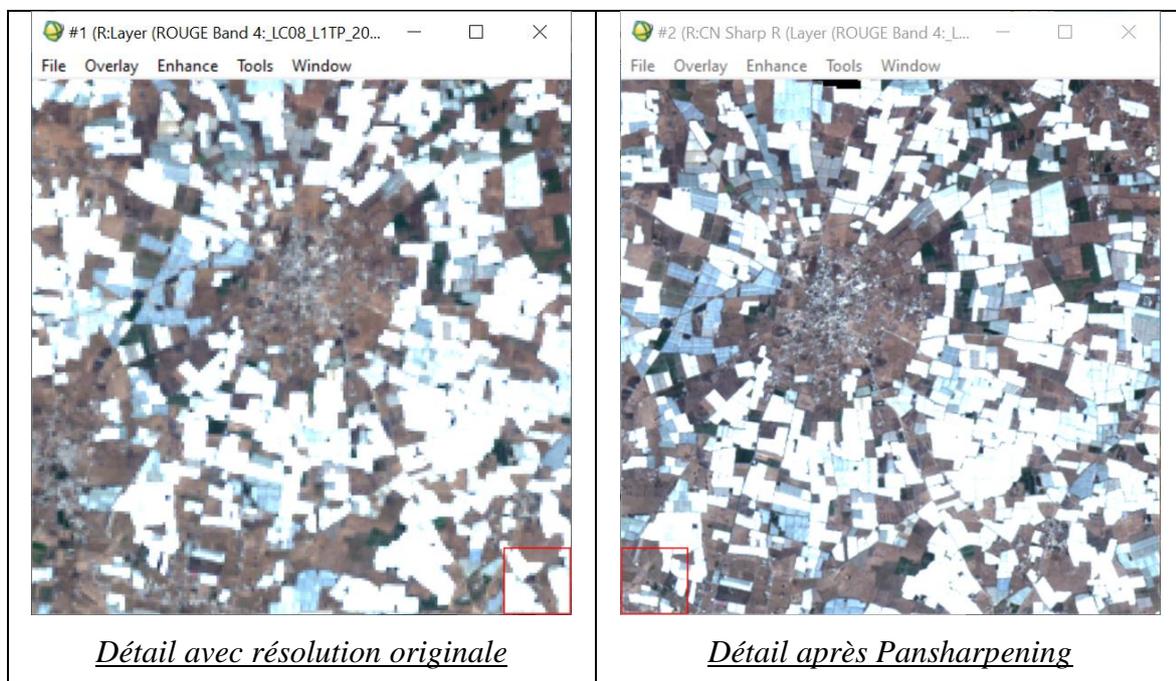


Figure 3.9 : Résultats du Pansharpening.

Source : élaboration personnelle.

En utilisant les images Landsat précédemment téléchargées, nous pouvons combiner les informations provenant de la bande panchromatique à haute résolution spatiale (15 mètres) avec les bandes multispectrales colorées à résolution spatiale plus basse (30 mètres) pour créer une image composite. Cette fusion nous permet d'obtenir une image qui bénéficie à la fois d'une résolution spatiale fine de 15 mètres et d'informations colorées.

En combinant ces données, nous améliorons la qualité visuelle de l'image et la précision des détails de la zone d'étude. Les objets et les caractéristiques seront plus nets et plus détaillés, facilitant ainsi l'analyse et l'interprétation des données.

3.4 Cartes d'occupation de sol

3.4.1 Interprétation d'image

Étant donné l'impossibilité de réaliser des missions sur le terrain pour examiner individuellement chaque site et déterminer leur classe respective, nous avons adopté une approche basée sur l'interprétation d'images. Cette méthode consiste à comprendre le contenu visuel des images afin d'identifier et classer les objets présents, estimer leurs caractéristiques, détecter les formes, les couleurs, et bien d'autres aspects liés à la perception visuelle.

En utilisant des techniques de vision par ordinateur, nous avons opté pour une interprétation logique qui nous a permis de créer un schéma de répartition des classes (Figure 3.10). Cette approche offre une alternative efficace pour analyser la zone de Chtouka-Ait Baha et prendre des décisions basées sur les données extraites des images. En interprétant les images de manière logique, nous sommes en mesure d'obtenir des informations précieuses sur les différentes classes présentes dans la zone d'étude, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de l'environnement de notre étude.

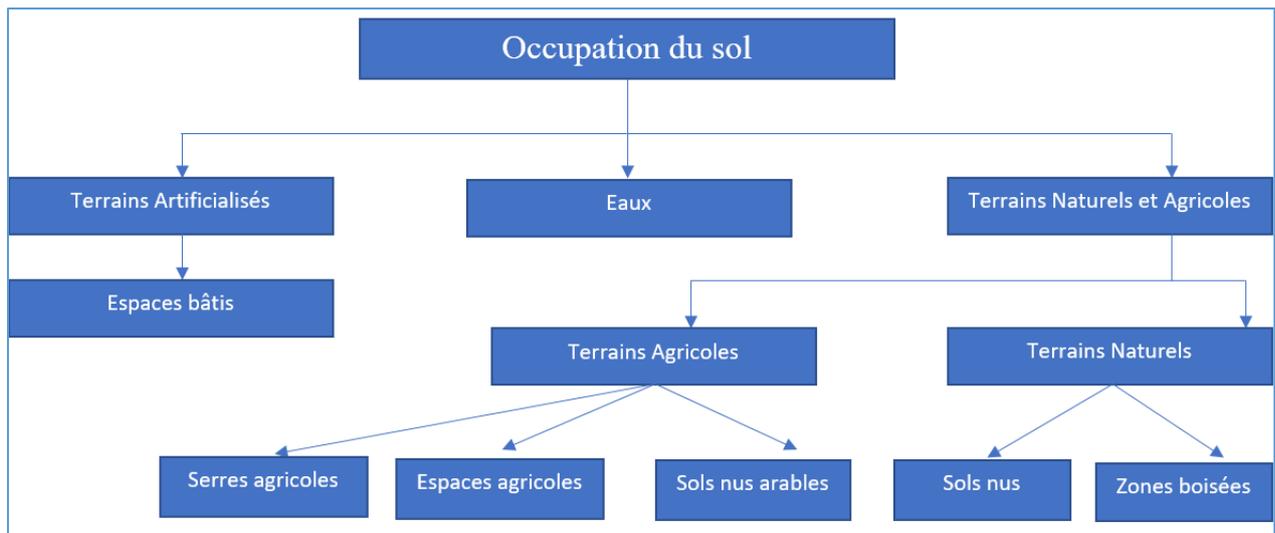


Figure 03.10: Schéma hiérarchique de répartition des classes pour les images Landsat.

Source : élaboration personnelle.

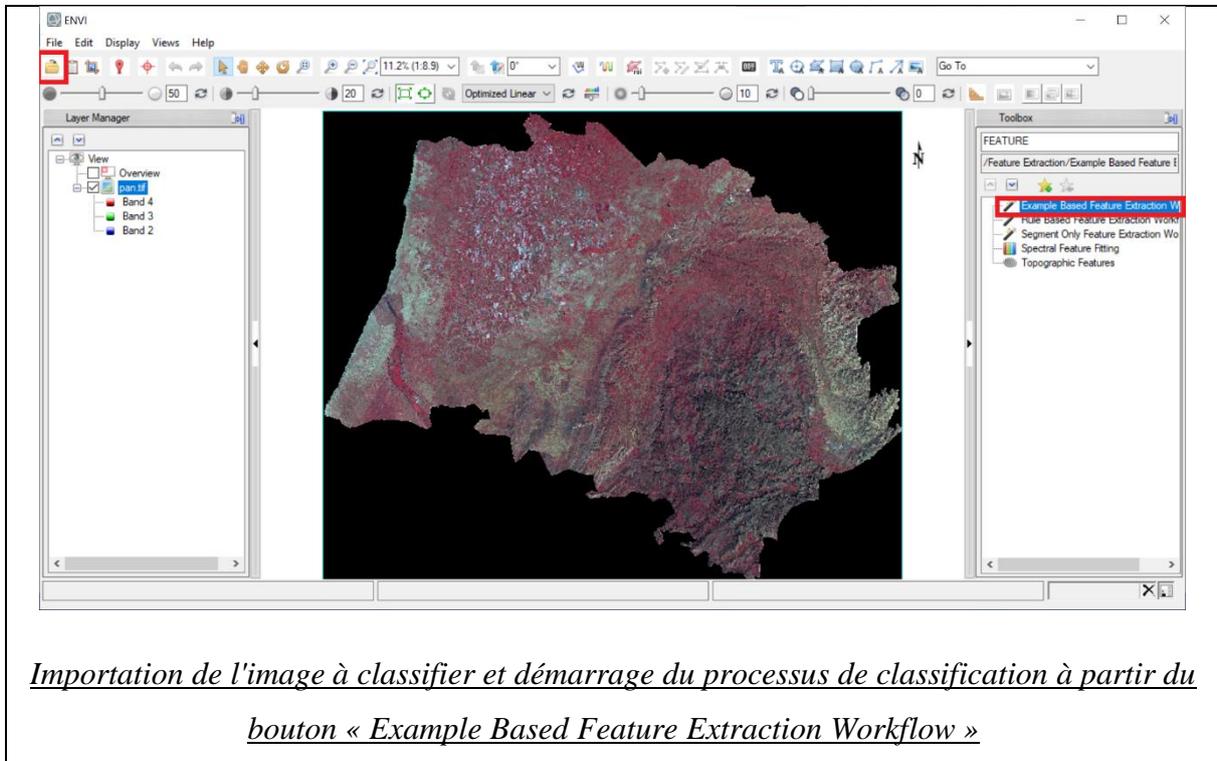
3.4.2 Classification orientée objet supervisée des images Landsat

L'édition des cartes d'occupation du sol basée sur les techniques de classification des images satellitaires a connu un progrès très important. Plusieurs méthodes qui prennent en considération les dimensions spectrales, texturales et contextuelles ont été développées, dont figure l'approche orientée objet.

ENVI proposent des méthodes d'extraction d'entités à partir d'images, basées sur des objets. Ces objets sont créés via un processus de segmentation d'images par lequel des pixels adjacents et qui présentent des caractéristiques spectrales similaires sont regroupés dans un segment. Les segments qui présentent certaines formes et caractéristiques spectrales et spatiales peuvent être à leur tour groupés sous forme d'objets. Les objets peuvent être groupés en classes représentant des entités du monde réel au sol.

La classification basée sur des exemples, ou supervisée, est un processus qui consiste à utiliser des données de formation pour attribuer des objets d'identité inconnue à une ou plusieurs caractéristiques connues. Plus nous sélectionnons des caractéristiques et des échantillons de formation, meilleurs sont les résultats de la classification supervisée.

ENVI va créer un ensemble de données unique à partir des bandes combinées de l'image d'entrée, des données auxiliaires, de la différence normalisée, de la teinte, de la saturation et de l'intensité (si sélectionnée). Ce jeu de données unique sera utilisé tout au long du reste du processus d'extraction des caractéristiques (ENVI, 2008).



3.4.2.1 Intégration des données et du paramètre « Normalized Difference » :

Nous allons procéder à la classification des deux images Landsat (2009 et 2019) dont nous disposons de la même façon en intégrant image par image et en utilisant le même processus de classification pour garantir la cohérence des résultats entre les deux images.

Le Choix du paramètre « Normalized Difference » permet en effet de sélectionner deux bandes pour calculer un rapport de bande normalisé comme suit :

$[(B2 - B1) / (B2 + B1 + eps)]$, où "eps" est un très petit nombre pour éviter la division par zéro.

On choisit B2 dans le proche infrarouge et B1 en rouge, alors la différence normalisée sera une mesure de l'indice de végétation de différence normalisée (NDVI).

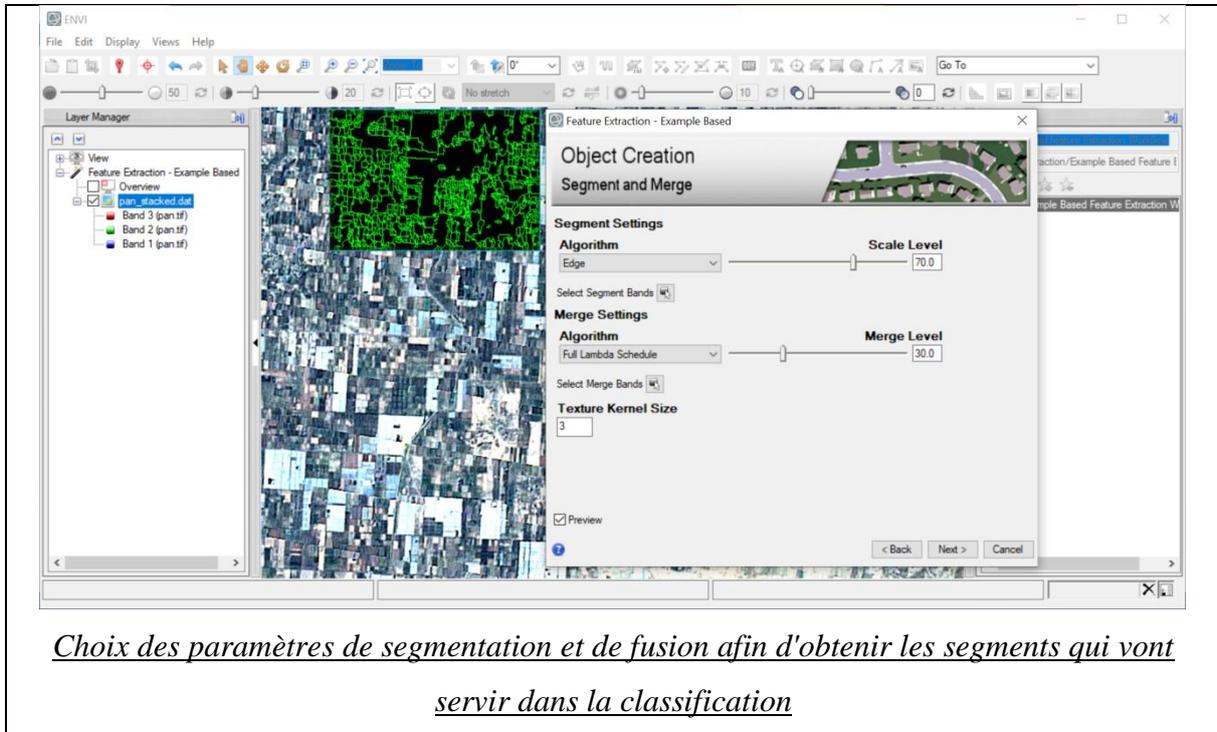


3.4.2.2 Etape de segmentation et fusion :

La segmentation est le processus de partitionnement d'une image en objets en regroupant les pixels voisins ayant des valeurs communes. Elle détermine quels pixels doivent être inclus dans chaque segment. Une segmentation efficace garantit que les résultats de la classification seront plus précis.

Le processus de segmentation dans « Feature Extraction » est un module qui utilise une approche basée sur les objets pour classer les images, permettant ainsi d'extraire une grande variété de caractéristiques telles que des bâtiments, des routes, des ponts, des rivières, des lacs et des champs. Il est conçu pour fonctionner avec tout type de données d'image de manière optimisée, conviviale et reproductible (ENVI, 2008).

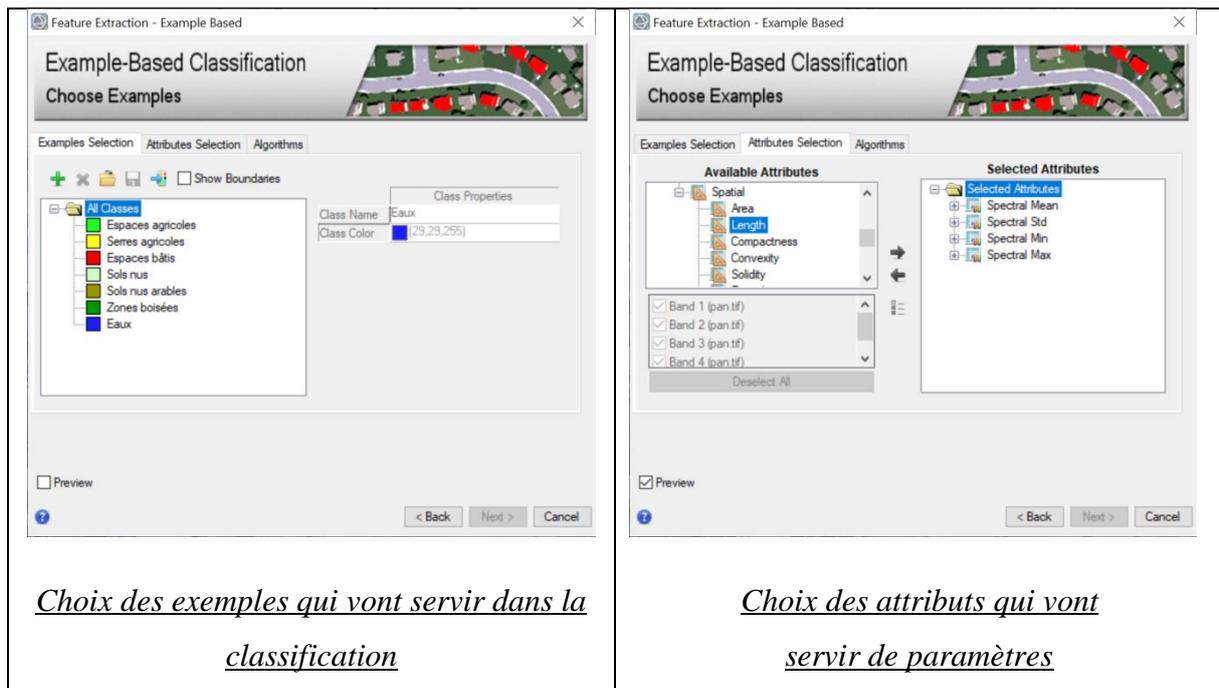
Concernant la fusion (Merge) Feature Extraction, elle est considérée comme une étape facultative utilisée pour agréger de petits segments dans des zones texturées plus grandes telles que des arbres, des nuages ou des champs, où la sur-segmentation peut être un problème.



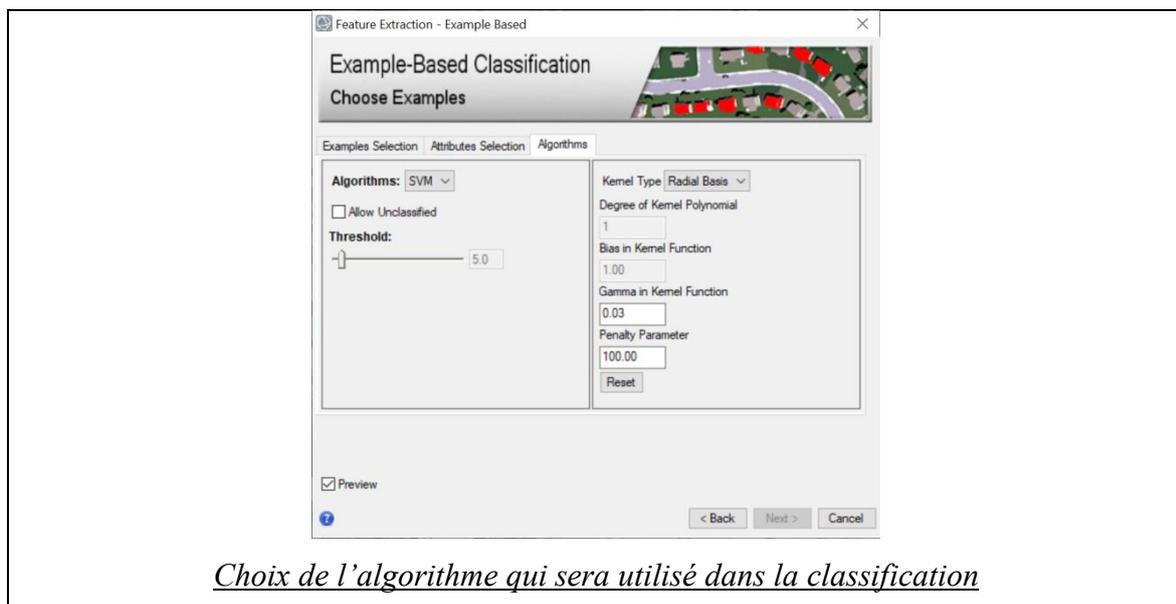
3.4.2.3 Les échantillons d'apprentissage et les attributs :

La collecte de données d'échantillons d'apprentissage revient à délimiter un groupe de pixels représentant des entités spécifiques, délimitées de l'image. Tous les pixels de l'image sont ensuite statistiquement comparés à la définition de classe que nous avons spécifiée et affectée à une classe d'entité spécifique.

ENVI effectue également le calcul de différents attributs pour chaque segment dans l'image de segmentation. Ces attributs comprennent des attributs spatiaux, des attributs spectraux et des attributs de texture. Pour définir chaque attribut, vous pouvez sélectionner le numéro de la bande auquel l'attribut spectral sera appliqué.



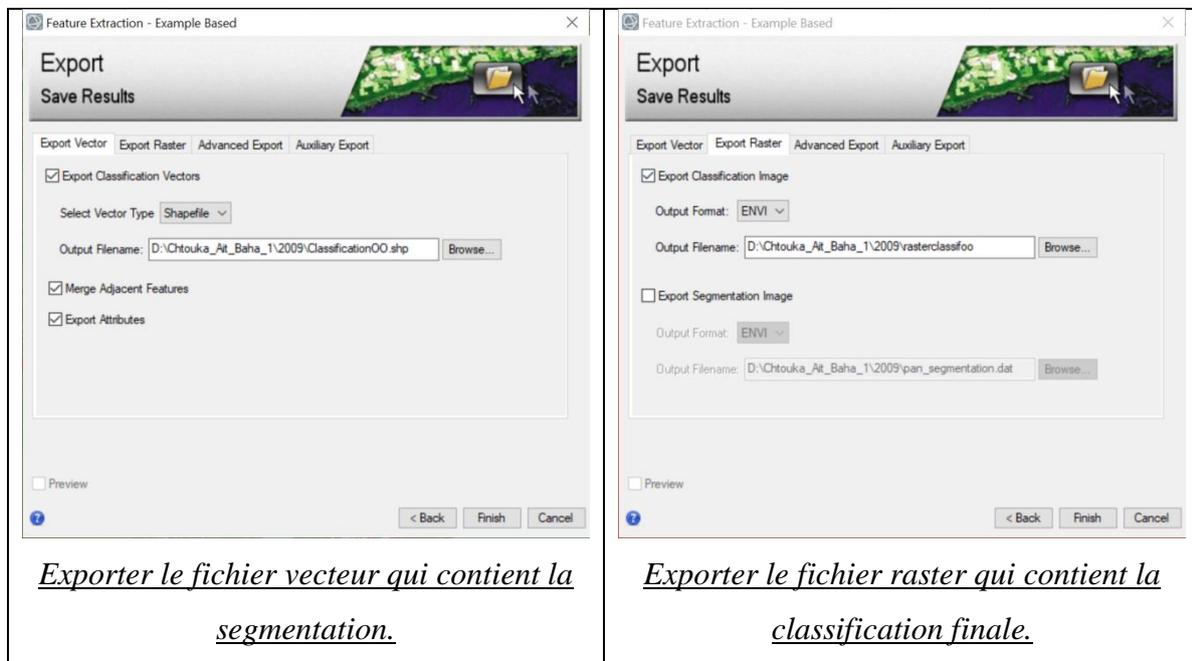
3.4.2.4 Choix de l'algorithme de classification



L'algorithme SVM (Support Vector Machine ou Machine à vecteurs de support) est un algorithme d'apprentissage automatique supervisé qui peut être utilisé pour résoudre les problèmes de classification. Son principe de base consiste à ramener le problème de la discrimination à celui, linéaire, de la recherche d'un hyperplan optimal. Il s'agit de la plus rigoureuse des autres méthodes de classification (kNN, PCA) de sorte que le temps de

traitement sera plus long. Chaque classe doit avoir au moins deux échantillons de formation, sinon la classe sera exclue de la classification.

3.4.2.5 Export des résultats



Suite à l'export, nos résultats pourront être introduits par la suite dans le logiciel ArcGIS pour la réalisation et habillage des cartes.

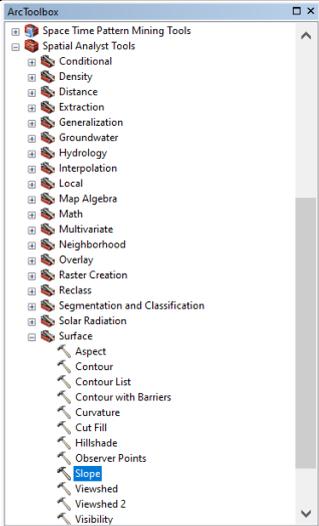
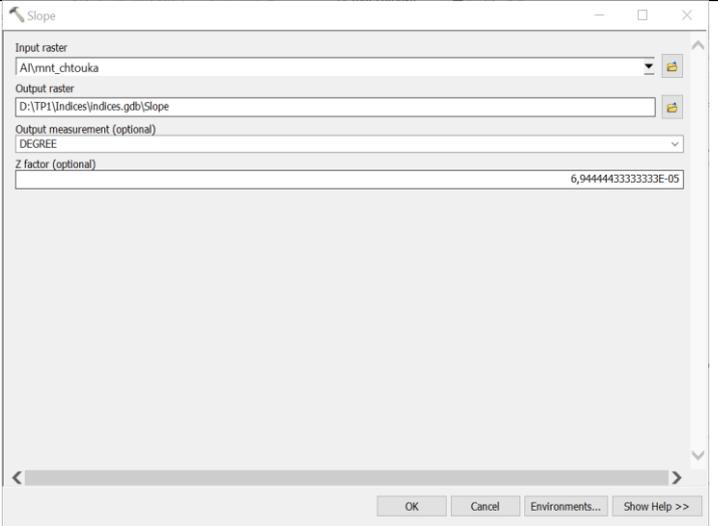
3.5 Carte des pentes

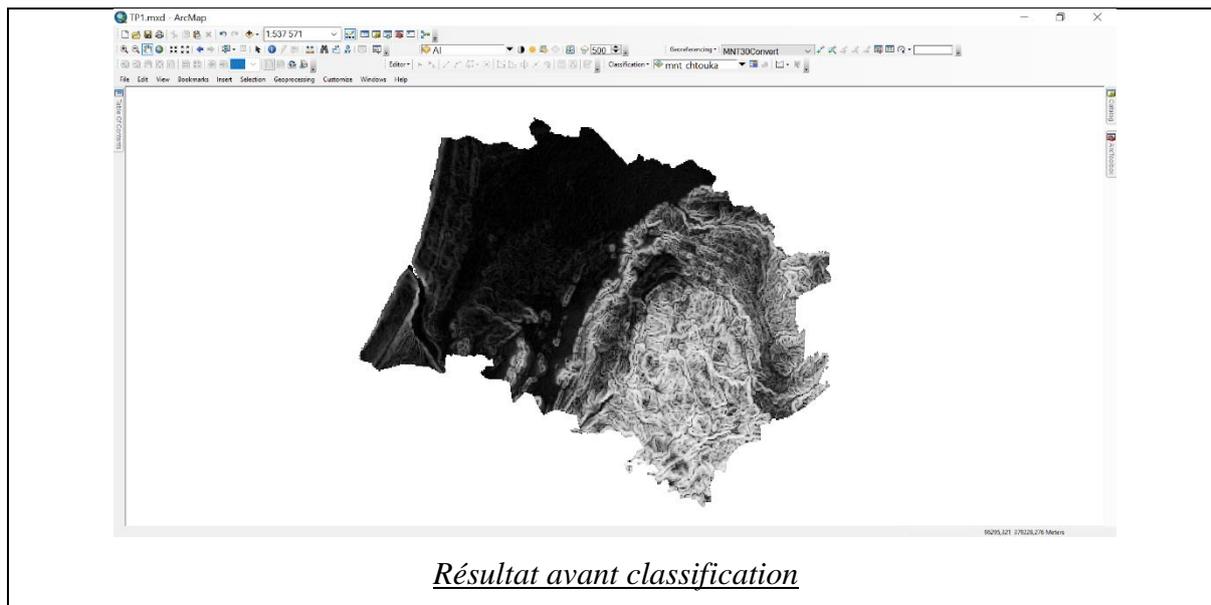
La carte des pentes est un outil important pour interpréter le relief et mieux comprendre la morphologie de notre zone d'étude. Elle génère une représentation de la pente en utilisant les données d'élévation, permettant ainsi de visualiser le taux de changement d'élévation d'une cellule à la suivante à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT). Cette carte des pentes est obtenue automatiquement grâce au traitement des données MNT sur ArcGIS.

Grâce aux informations fournies par la carte des pentes, il est possible d'identifier les zones à risques et de définir les limites pour le développement agricole. En utilisant les différentes classes de pente extraites de la carte, allant des faibles pentes aux pentes fortes, il devient possible de distinguer les zones favorables à l'agriculture de celles qui sont moins propices.

Nous avons pu obtenir le Modèle Numérique d'Élévation d'ASTER à partir du site web de la NASA, avec une résolution de 30 mètres, ce qui nous a permis de créer notre carte des pentes défini par six classes de pentes.

En évaluant les contraintes liées à la pente à l'aide de valeurs en degrés, nous avons également pu déterminer les possibilités d'utilisation des terres, en identifiant les zones à pentes favorables et défavorables à l'agriculture. Ainsi, cette analyse nous permet d'apprécier les potentialités agricoles de chaque zone en fonction de son inclinaison, et de prendre en compte ces contraintes dans la planification et la gestion des terres agricoles.

| | |
|--|---|
|  <p>The screenshot shows the ArcToolbox interface. The 'Surface' category is expanded, and the 'Slope' tool is highlighted in blue. Other tools visible include Aspect, Contour, Contour List, Contour with Barriers, Curvature, Cut Fill, Hillshade, Observer Points, Viewshed, Viewshed 2, and Visibility.</p> |  <p>The screenshot shows the 'Slope' tool dialog box. The 'Input raster' is set to 'Al/mnt_chtouka'. The 'Output raster' is 'D:\TPI\indices\indices.gdb\Slope'. The 'Output measurement (optional)' is set to 'DEGREE'. The 'Z factor (optional)' is set to '6,94444433333333E-05'. Buttons for 'OK', 'Cancel', 'Environments...', and 'Show Help >>' are visible at the bottom.</p> |
| <p><i><u>L'outil de géotraitement de pente disponible dans la boîte d'outils « Spatial Analyst » permet d'effectuer une analyse avancée.</u></i></p> | <p><i><u>Choix des données en entrée pour calculer la pente, spécification du facteur d'échelle pour l'altitude et du nom de la couche de résultat.</u></i></p> |



3.6 Carte de dégradation des sols

Les variations de la réponse spectrale mesurée par un capteur satellitaire fournissent un indicateur des changements dans l'environnement. Lorsque nous nous intéressons aux thèmes du sol et de la végétation, les subtils changements de couleur et de minéralogie du sol, ainsi que les variations de la structure et de la répartition spatiale de la végétation, peuvent être des indicateurs de modifications et de dégradations des milieux naturels (Maimouni et al, 2011). À cet égard, de nombreuses études ont démontré l'intérêt d'utiliser des indices spectraux basés sur la courbe de réflectance des sols, tels que l'indice de forme (IF), l'indice de coloration (IC) et l'indice de brillance (IB), pour caractériser l'état de surface des sols, en particulier dans les zones semi-arides comme dans le cas de Chtouka-Ait Baha.

La dégradation des sols est un phénomène sans cesse croissant. Elle réduit le potentiel de production des terres agricoles et l'optimisation des ressources naturelles en général. Il faut signaler que la dégradation des sols augmente lorsque le sol n'a qu'un faible couvert végétal.

3.6.1 Dérivation des indices spectraux

L'image utilisée dans cette partie a été acquise le 10 mars 2019 par le capteur (OLI) du satellite Landsat 8.

3.6.1.1 Indice de forme(IF)

Pour évaluer les caractéristiques des types de sols et leur niveau de dégradation, il est également possible d'utiliser la forme des courbes spectrales. En effet, la signature spectrale d'un sol est déterminée par ses propriétés de réflexion et d'absorption de ses composants, tels que la matière organique, les oxydes de fer, les minéraux argileux et les carbonates. La présence de ces éléments constitutifs peut servir d'indicateur pour évaluer le développement du sol (Maimouni et al, 2011).

L'indice de forme (IF) est un paramètre qui peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

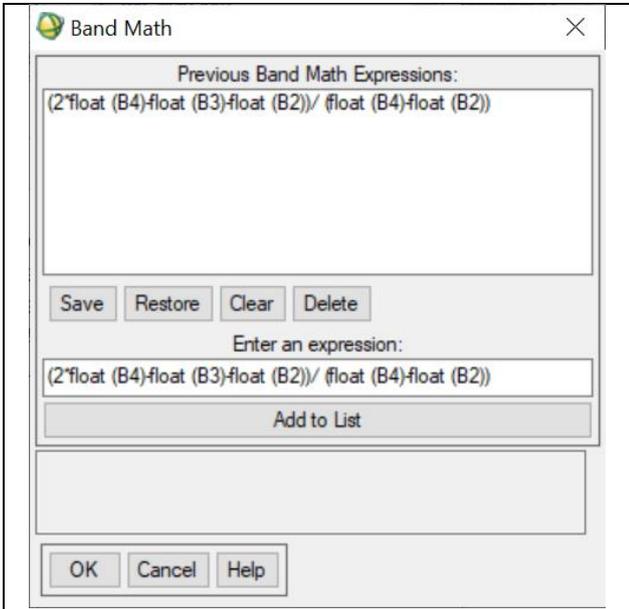
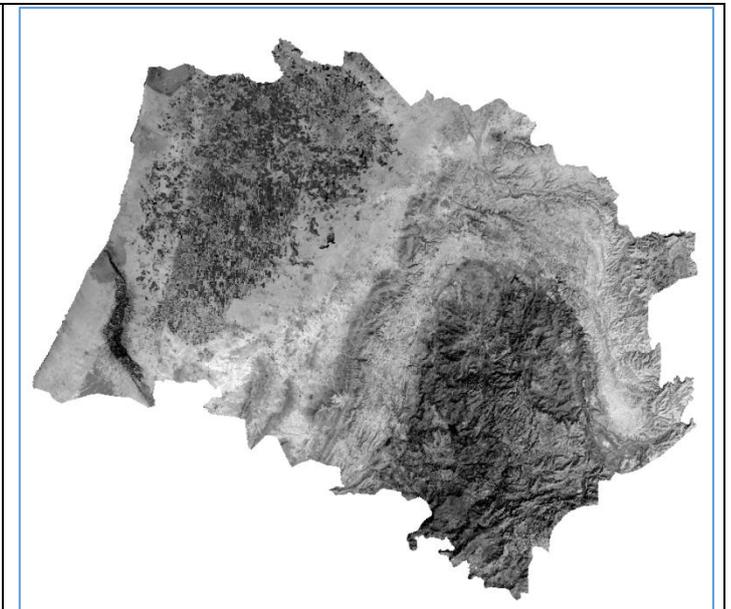
$$\mathbf{IF= 2*(R - V - B)/(V - B)}$$

R : la réflectance mesurée dans la bande bleu du capteur.

V : la réflectance mesurée dans la bande verte du capteur.

R : la réflectance mesurée dans la bande rouge du capteur.

L'indice de forme permet d'analyser la courbe spectrale d'un sol afin de déterminer sa configuration caractéristique et d'évaluer ses propriétés réfléchives et absorbantes. Cette mesure peut fournir des informations précieuses sur la composition et la qualité du sol, ainsi que sur son niveau de dégradation.

| | |
|---|--|
|  <p><i>Pour calculer l'IF sous ENVI on intègre la formule suivante dans le groupement de calcul Band Math :</i></p> $(2*\text{float (B4)}-\text{float (B3)}-\text{float (B2)}) / (\text{float (B4)}-\text{float (B2)})$ |  <p><i>Résultat du calcul de l'indice de forme (IF)</i></p> |
|---|--|

3.6.1.2 Indice de coloration

La couleur joue un rôle essentiel dans la caractérisation des sols, car elle est le reflet de leur composition minéralogique et de leur teneur en matière organique. La présence de matière organique confère au sol une teinte sombre, tandis que les oxydes-hydroxydes de fer lui donnent une couleur rouge et les carbonates de calcium lui confèrent une couleur claire et brillante.

Il est important de noter que les processus d'érosion peuvent altérer la couche superficielle du sol riche en matière organique, ce qui rend le sol plus clair et plus brillant. Dans certains cas, l'érosion peut même entraîner la destruction complète du sol, exposant ainsi la roche mère à la surface. La couleur de cette roche mère peut différer considérablement de celle du sol intact (Maimouni et al, 2011).

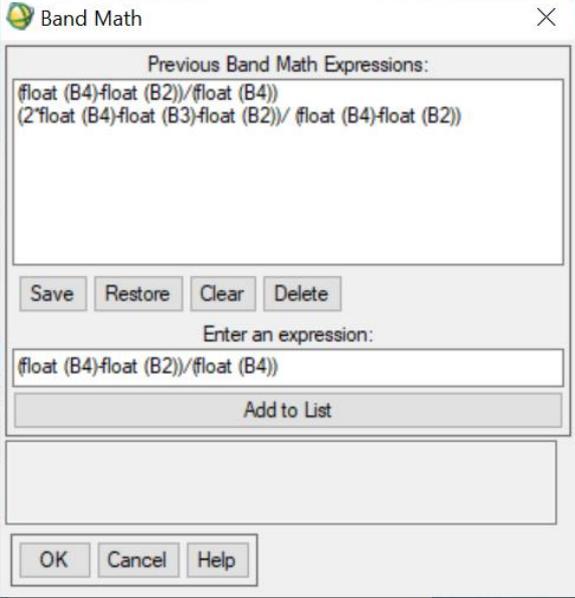
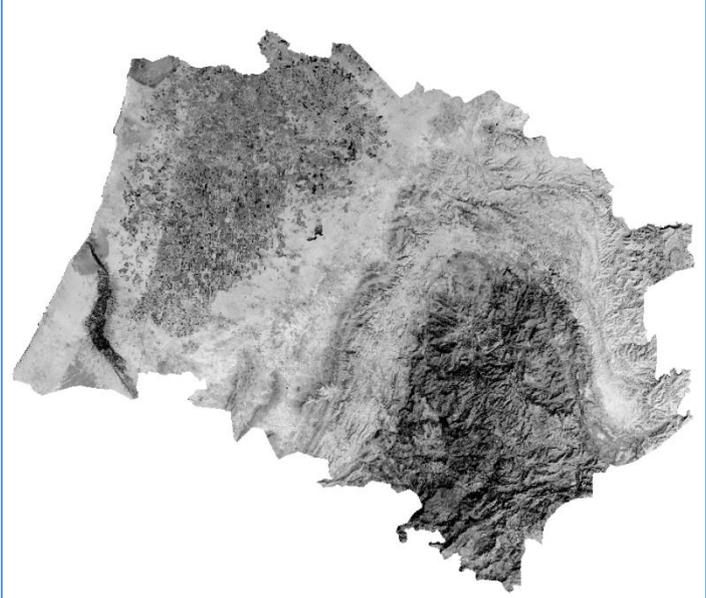
L'indice de coloration (IC) est un paramètre qui peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$IC = (R - B) / R$$

B : la réflectance mesurée dans la bande bleu du capteur.

R : la réflectance mesurée dans la bande rouge du capteur.

L'indice de coloration permet d'évaluer la couleur du sol, ce qui fournit des informations sur sa composition et son état. En utilisant l'IC et d'autres indices similaires, il est possible de caractériser la qualité et l'état des sols.

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p><i>Pour calculer l'IC sous ENVI on intègre la formule suivante dans le groupement de calcul <u>Band Math</u> :</i></p> <p>(float (B4)-float (B2))/ (float (B4))</p> | <p><i>Résultat du calcul de l'indice de coloration (IC)</i></p> |

3.6.1.3 Indice de brillance

En plus de la couleur et d'autres caractéristiques, les propriétés spectrales d'un sol sont étroitement liées à sa brillance. Cette variation de brillance permet d'identifier la réflectance globale du sol. C'est dans ce contexte qu' Escadafal et Bacha (1996) ont développé l'indice de brillance (IB), en exploitant les domaines du visible et du proche infrarouge (PIR), afin d'évaluer ces propriétés spectrales du sol (Maimouni et al, 2011).

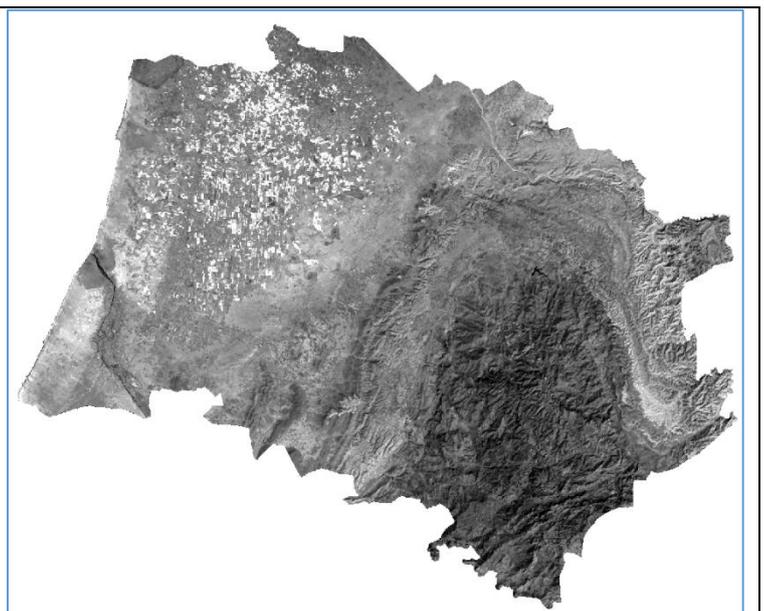
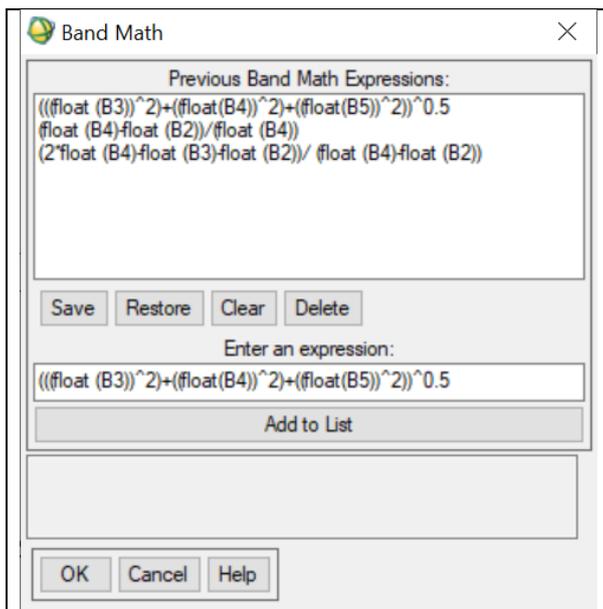
L'indice de brillance se calcule par la formule suivante :

$$IB = \text{Racine} (V^2 + R^2 + \text{PIR}^2)$$

V : la réflectance mesurée dans la bande verte du capteur.

R : la réflectance mesurée dans la bande rouge du capteur.

PIR : la réflectance mesurée dans la bande Proche Infra-Rouge du capteur.



Pour calculer l'IB sous ENVI on intègre la formule suivante dans le groupement de calcul Band Math :

$$(((\text{float} (B3))^2) + ((\text{float}(B4))^2) + ((\text{float}(B5))^2))^0.5$$

Résultat du calcul de l'indice de brillance (IB)

3.6.2 Combinaison des indicateurs dérivés

Pour discriminer entre les différents états de dégradation des sols, la mise au point d'une combinaison qui porte sur les indices basés sur la forme de la courbe des réflectances des sols (l'IF, l'IC et l'IB) a permis de réaliser une carte qui caractérise la dégradation des sols en milieu semi-aride (Chtouka-Ait Baha).

Donc, nous avons combiné les différents indices spectraux pour créer un indice synthétique à partir de notre image Landsat, ce qui nous a permis d'évaluer les niveaux de dégradation. Cette approche permet de résoudre les ambiguïtés d'un indice en utilisant les informations des autres indices.

La formule utilisée pour créer cet indice synthétique consiste en la multiplication d'une bande de chaque indice, comme suit :

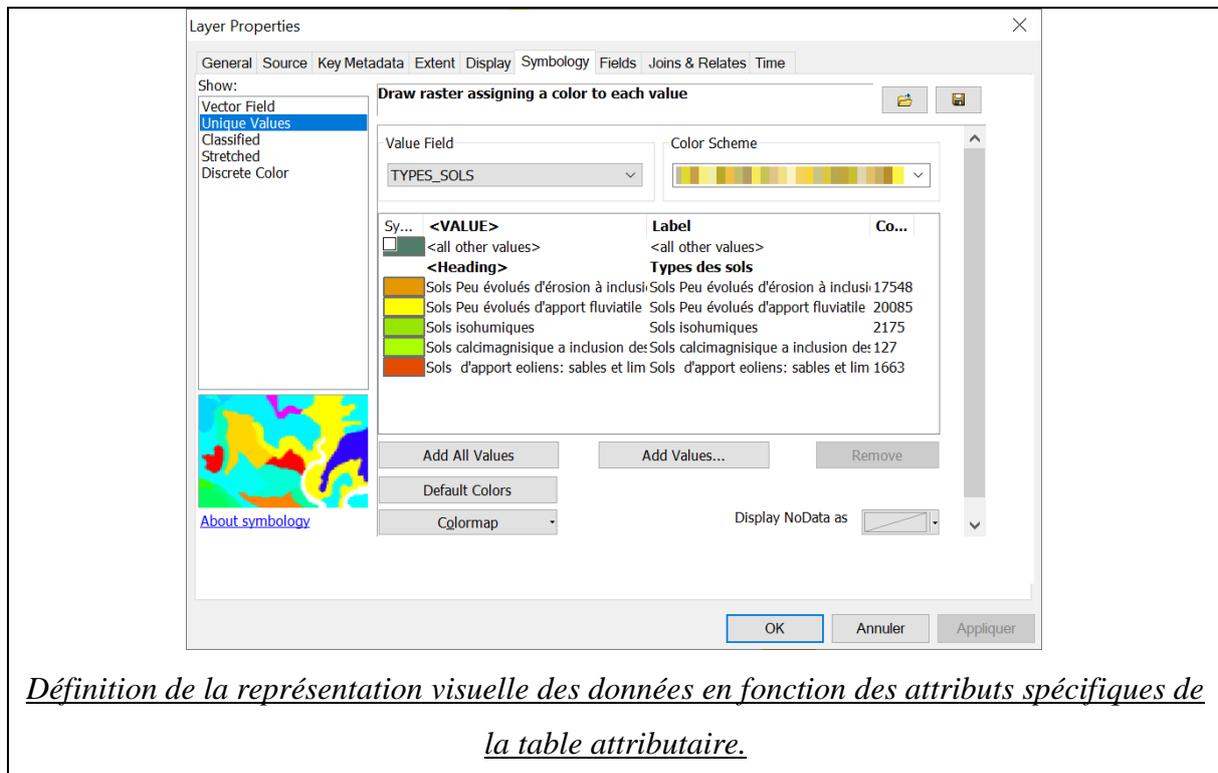
$$\mathbf{IF(R)*IB(G)*IC(B)}$$

La combinaison des indices a été effectuée à l'aide de l'outil "Raster Calculator" d'ArcGIS. Cette étape a été réalisée dans ce logiciel en vue de faciliter la classification ultérieure des valeurs de l'indice résultant des opérations précédentes. Les valeurs ont été regroupées en cinq classes, représentées par une composition colorée correspondant à cinq niveaux d'intensité de dégradation. Cette approche a également permis de simplifier la mise en forme finale de la carte.

3.7 Carte pédologique

Les données spatiales concernant la pédologie dont nous disposons sont au format shapefile, qui inclut déjà des attributs tabulaires décrivant les entités géographiques. Les enregistrements sont représentés par des lignes dans la table attributaire, tandis que les colonnes représentent les champs. Chaque champ permet de stocker un type spécifique de données.

Avec ArcGIS, nous pouvons créer une carte en utilisant les données de la table attributive. Pour cela, il est important de s'assurer que la table attributive est correctement liée à la couche correspondante dans le projet ArcGIS. En utilisant les outils de "Symbologie", nous pouvons définir le style de représentation des données sur la carte en se basant sur les attributs de la table liée à notre couche.



3.8 Conclusion

En résumé, ce chapitre a fourni une analyse approfondie des principales données utilisées, mettant en évidence les matériels et la méthodologie de notre étude. Les informations et les perspectives présentées serviront de base solide pour la réalisation de notre carte agricole décisionnelle dans la zone de Chtouka-Ait Baha.

De plus, nous avons abordé les prétraitements des différentes sources de données, qui ont permis une meilleure compréhension et une interaction plus efficace avec notre zone d'étude. Nous avons également examiné les étapes qui conduiront à la réalisation des différentes cartes, en identifiant les aspects pratiques et techniques.

Dans le prochain chapitre, nous explorerons en détail les différents résultats de notre travail afin d'approfondir notre compréhension de l'objectif de cette étude. Nous nous concentrerons sur l'analyse des différentes cartes thématiques classifiées, afin de fournir une vision plus complète et éclairée du résultat final. Cette analyse sera basée sur une méthode de prise de décision multicritères reposant sur quatre paramètres clés : les pentes, la pédologie du sol, la dégradation du sol et l'occupation du sol.

En réunissant ces éléments, nous serons en mesure de générer une carte agricole décisionnelle précise et pertinente pour la zone de Chtouka-Ait Baha. Cette carte constituera un outil essentiel pour la planification agricole et la prise de décisions éclairées dans cette région.

Chapitre 4

Présentation, validation et interprétation des résultats

4.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons minutieusement examiné les différentes étapes de notre recherche, allant de l'adoption de la méthodologie à la collecte et à l'analyse des données. Notre objectif était de fournir une vue d'ensemble complète de notre travail. Dans ce quatrième chapitre, nous nous concentrerons sur la présentation, la validation et l'interprétation des résultats que nous avons obtenus.

La présentation des résultats revêt une importance cruciale, car elle nous permettra de répondre aux hypothèses de recherche initiales et d'évaluer si nous avons atteint nos objectifs. Nous mettrons en évidence les conclusions de notre étude de manière claire et structurée, afin de faciliter la compréhension et l'interprétation des résultats. Dans cette étape, nous examinerons également les limitations et les contraintes méthodologiques. Cela nous permettra d'évaluer la fiabilité et la validité de nos conclusions.

Enfin, grâce à une analyse approfondie de nos résultats et aux discussions qui en découleront, nous pourrions découvrir ensemble les implications de notre recherche et les contributions qu'elle apporte au domaine du foncier agricole, plus précisément aux terrains agricoles. Ces découvertes nous permettront d'orienter les décisions d'aménagement et l'utilisation future de ces terres en fonction des exigences particulières, des préférences et des prévisions.

4.2 Résultats de classification

4.2.1 Évaluation des performances de la classification

La classification consiste à découper l'espace spectral en différentes régions qui correspondent à des classes thématiques des objets. Afin d'évaluer notre classification, deux méthodes d'évaluation se présentent comme suit :

4.2.1.1 Inspection visuelle

L'évaluation visuelle est indispensable pour la validation d'une classification et pour montrer le degré d'adaptation de l'approche suivie. L'évaluation sera réalisée en faisant une appréciation du résultat de la classification obtenue par rapport à la réalité terrain en se basant sur la photo-interprétation.

L'analyse visuelle des deux classifications, celle de l'année 2009 et celle de l'année 2019, décèle un changement notable dans la dispersion spatiale des classes. Les deux cartes « Land cover Land use » classifiées selon la méthode orientée objet sous ENVI reflètent à un certain niveau la vérité du terrain. Sauf que plusieurs divergences ont été notées dans les deux classifications qu'on résume dans les points suivants :

- La classe des «Serres agricoles», qui dans l'image interprétation ainsi que dans la classification orientée objet apparaît plus homogène ; elle a été interprétée au départ en prenant en considération des petits lots des «Sols nus arables», des «Espaces agricoles» ou des espaces associés dans la même classe.
- Les classes «Sols nus» et «Espaces agricoles» ont été confondues avec la classe des «Zones boisées».
- La classe «Espaces bâtis» a été confondue avec la classe des «Sols nus».
- La classe «Sols nus arables» a été confondue avec la classe des «Serres agricoles» et celle des «Sols nus».

4.2.1.2 Matrice de confusion

La matrice de confusion est un récapitulatif des résultats de prédictions dans le cadre d'un problème de classification. Elle met en évidence les prédictions correctes et incorrectes, en les répartissant par classes. Cette matrice est de taille carrée, avec des dimensions égales au nombre de classes, et chaque élément représente le pourcentage d'objets classés qui auraient dû appartenir à une classe spécifique.

La génération automatique de cette matrice se fait à l'aide du logiciel ENVI, dans la section de post-classification. Elle permet de comprendre les confusions faites par le modèle de classification lorsqu'il effectue des prédictions. Cela permet non seulement d'identifier les erreurs commises, mais surtout de déterminer le type d'erreurs commises. Les utilisateurs peuvent analyser ces résultats afin de mieux comprendre comment les erreurs sont produites.

Normalement, une matrice de confusion a des valeurs proches de 1 (100 %) sur la diagonale, et des valeurs proches de 0 (0 %) ailleurs.

Les différentes méthodes d'évaluation s'appuient sur des indices calculés à partir de cette matrice, parmi ces indices nous trouvons : précision globale, coefficient Kappa, précision de production, précision de l'utilisateur et F-mesure f.

Dans notre étude, nous allons évaluer la qualité de la classification en calculant le coefficient Kappa. Cela se fera en se basant sur leur évaluation générale de la classification de l'ensemble de l'image.

- **Coefficient Kappa :**

Le coefficient Kappa est un indicateur qui exprime la réduction proportionnelle de l'erreur obtenue par une classification, comparée à l'erreur obtenue par une classification complètement au hasard. C'est un test non paramétrique qui mesure le degré d'accord ou de désaccord entre différentes sources de données qualitatives représentant la même variable. Tout simplement un Kappa de 0,90 signifie que 90 % de la classification n'est pas due au hasard. Le modèle mathématique de calcul du coefficient Kappa se présente comme suit

Une étude comparative de l'ensemble de ces méthodes d'évaluation de la classification a été effectuée par Fung and Ledrew en 1988 (AAZIZE et FAKIRI, 2015). Les auteurs ont conclu que le coefficient Kappa était le plus approprié pour une description exacte de la précision de la classification puisqu'il tient compte de tous les éléments de la matrice de confusion.

La valeur du coefficient kappa est comprise entre 0 et 1. Le tableau suivant représente la qualité de la classification en fonction de de la valeur de kappa (Tableau 4.1) :

Tableau 04.1: Catégories de classification sur la base de Kappa selon « Landis et Coch».

Source :(AAZIZE et FAKIRI, 2015)

| Résultat de la classification | Kappa |
|-------------------------------|-------------|
| Excellent | $\geq 0,81$ |
| Bon | 0,80 - 0,61 |
| Modéré | 0,60 - 0,41 |
| Médiocre | 0,40 - 0,21 |
| Mauvais | 0,20 - 0,0 |

ENVI offre des fonctionnalités permettant d'automatiser le calcul de l'indice Kappa à partir des données de classification et de référence. Les résultats obtenus à l'aide de ces outils sont les suivants :

Confusion Matrix: D:\chtouka_sit_baha\classificationL7

Overall Accuracy = (68110/82959) 82.1008%
Kappa Coefficient = 0.7507

| Class | Ground Truth (Pixels) | | | | |
|---------------|-----------------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| | Espaces agric | Serres agrico | Espaces bâtis | Sols nus | Sols nus arab |
| Unclassified | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Espaces agric | 4045 | 0 | 106 | 98 | 13 |
| Serres agrico | 0 | 3597 | 10 | 4 | 0 |
| Espaces bâtis | 30 | 24 | 4370 | 783 | 66 |
| Sols nus [Whi | 0 | 28 | 94 | 22986 | 164 |
| Sols nus arab | 8 | 0 | 179 | 5414 | 3818 |
| Zones boisées | 531 | 0 | 247 | 1056 | 48 |
| Eaux [Blue] 3 | 235 | 0 | 0 | 1460 | 0 |
| Total | 4849 | 3649 | 5006 | 31801 | 4109 |

| Class | Ground Truth (Pixels) | | | Total |
|---------------|-----------------------|------|-------|-------|
| | Zones boisées | Eaux | | |
| Unclassified | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Espaces agric | 1122 | 12 | 5396 | 6514 |
| Serres agrico | 233 | 0 | 3844 | 4077 |
| Espaces bâtis | 518 | 0 | 5791 | 6309 |
| Sols nus [Whi | 2219 | 10 | 25501 | 27730 |
| Sols nus arab | 38 | 0 | 9457 | 9495 |
| Zones boisées | 28934 | 9 | 30825 | 30834 |
| Eaux [Blue] 3 | 90 | 360 | 2145 | 2595 |
| Total | 33154 | 391 | 82959 | 83545 |

| Class | Ground Truth (Percent) | | | | |
|---------------|------------------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| | Espaces agric | Serres agrico | Espaces bâtis | Sols nus | Sols nus arab |
| Unclassified | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Espaces agric | 83.42 | 0.00 | 2.12 | 0.31 | 0.32 |
| Serres agrico | 0.00 | 98.57 | 0.20 | 0.01 | 0.00 |
| Espaces bâtis | 0.62 | 0.66 | 87.30 | 2.46 | 1.61 |
| Sols nus [Whi | 0.00 | 0.77 | 1.88 | 72.28 | 3.95 |
| Sols nus arab | 0.16 | 0.00 | 3.58 | 17.02 | 92.92 |
| Zones boisées | 10.95 | 0.00 | 4.93 | 3.32 | 1.17 |
| Eaux [Blue] 3 | 4.85 | 0.00 | 0.00 | 4.59 | 0.00 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

| Class | Ground Truth (Percent) | | | Total |
|---------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | Zones boisées | Eaux | | |
| Unclassified | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Espaces agric | 33.84 | 0.14 | 65.02 | 68.11 |
| Serres agrico | 0.00 | 0.00 | 46.54 | 46.54 |
| Espaces bâtis | 15.63 | 0.00 | 70.17 | 85.80 |
| Sols nus [Whi | 67.11 | 0.00 | 30.62 | 97.73 |
| Sols nus arab | 0.11 | 0.00 | 22.83 | 22.94 |
| Zones boisées | 86.86 | 0.00 | 99.99 | 99.99 |
| Eaux [Blue] 3 | 0.26 | 100.00 | 77.17 | 77.43 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Confusion Matrix: D:\chtouka_sit_baha\classificationL8

Overall Accuracy = (71647/82222) 87.1385%
Kappa Coefficient = 0.8193

| Class | Ground Truth (Pixels) | | | | |
|---------------|-----------------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| | Espaces agric | Serres agrico | Espaces bâtis | Sols nus | Sols nus arab |
| Unclassified | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Espaces agric | 3953 | 0 | 32 | 76 | 0 |
| Serres agrico | 0 | 4750 | 52 | 56 | 16 |
| Espaces bâtis | 52 | 20 | 4635 | 90 | 135 |
| Sols nus [Whi | 0 | 14 | 127 | 25866 | 99 |
| Sols nus arab | 4 | 0 | 287 | 2126 | 4194 |
| Zones boisées | 0 | 0 | 229 | 3171 | 102 |
| Eaux [Blue] 3 | 0 | 0 | 0 | 674 | 0 |
| Total | 4009 | 4784 | 5362 | 32159 | 4546 |

| Class | Ground Truth (Pixels) | | | Total |
|---------------|-----------------------|------|-------|-------|
| | Zones boisées | Eaux | | |
| Unclassified | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Espaces agric | 438 | 2 | 4501 | 4941 |
| Serres agrico | 0 | 0 | 4874 | 4874 |
| Espaces bâtis | 997 | 0 | 5929 | 6926 |
| Sols nus [Whi | 876 | 8 | 27090 | 27974 |
| Sols nus arab | 707 | 0 | 7318 | 8025 |
| Zones boisées | 27792 | 3 | 31297 | 31300 |
| Eaux [Blue] 3 | 182 | 357 | 1213 | 1752 |
| Total | 30992 | 370 | 82222 | 83362 |

| Class | Ground Truth (Percent) | | | | |
|---------------|------------------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| | Espaces agric | Serres agrico | Espaces bâtis | Sols nus | Sols nus arab |
| Unclassified | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Espaces agric | 98.60 | 0.00 | 0.60 | 0.24 | 0.00 |
| Serres agrico | 0.00 | 99.29 | 0.97 | 0.17 | 0.35 |
| Espaces bâtis | 1.30 | 0.42 | 86.44 | 0.28 | 2.97 |
| Sols nus [Whi | 0.00 | 0.29 | 2.37 | 80.74 | 2.18 |
| Sols nus arab | 0.10 | 0.00 | 5.35 | 6.61 | 92.26 |
| Zones boisées | 0.00 | 0.00 | 4.27 | 9.86 | 2.24 |
| Eaux [Blue] 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.10 | 0.00 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

| Class | Ground Truth (Percent) | | | Total |
|---------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | Zones boisées | Eaux | | |
| Unclassified | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Espaces agric | 33.84 | 0.14 | 65.02 | 68.11 |
| Serres agrico | 0.00 | 0.00 | 46.54 | 46.54 |
| Espaces bâtis | 15.63 | 0.00 | 70.17 | 85.80 |
| Sols nus [Whi | 67.11 | 0.00 | 30.62 | 97.73 |
| Sols nus arab | 0.11 | 0.00 | 22.83 | 22.94 |
| Zones boisées | 86.86 | 0.00 | 99.99 | 99.99 |
| Eaux [Blue] 3 | 0.26 | 100.00 | 77.17 | 77.43 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Post classification : indice Kappa générer à partir de la classification Landsat 7 prise le : 06 mars 2009 par le capteur (ETM+).

Post classification : indice Kappa générer à partir de la classification Landsat 8 prise le : 10 mars 2019 par le capteur (OLI).

Dans les deux cas nos résultats indiquent un accord substantiel entre la classification réalisée par l'algorithme et la classification de référence. Cela suggère que les deux classifications effectuées par l'algorithme sont fiables et précises à un niveau considéré comme bon.

- **Difficultés rencontrées :**

En effet, aucun travail n'est réalisé sans rencontrer des problèmes. L'une des difficultés auxquelles nous avons été confrontés concerne l'établissement de la base de données terrain, qui constitue une phase essentielle pour quantifier les espaces bâtis par rapport aux terrains agricoles. Cette étape nécessite une grande attention dans le choix des parcelles correspondant aux classes envisagées. Afin d'y parvenir, nous avons utilisé la visualisation de notre zone à différentes périodes à l'aide d'images satellitaires sur Google Earth, ce qui nous a permis d'obtenir une visualisation plus claire des détails.

Nous avons également rencontré d'autres problèmes liés aux résultats du logiciel ENVI. Les résultats de la classification étaient de bonne qualité, mais pas d'excellente qualité. Cela a été remarqué lors de l'inspection visuelle, où plusieurs classes étaient confondues entre elles. Ainsi, pour améliorer la qualité de la classification, nous recommandons l'utilisation de séries diachroniques d'images avec une résolution spatiale très élevée.

En conclusion, pour parvenir à une meilleure qualité de classification, il est recommandé de prendre en compte les séries temporelles d'images avec une résolution spatiale très élevée. Cela permettra de surmonter les problèmes rencontrés dans l'établissement de la base de données terrain et d'obtenir des résultats de classification plus précis.

4.2.2 Les cartes d'occupation des sols

Une fois que la classification a été réalisée, nos résultats ont été présentés sous forme de carte, où chaque classe est représentée par une couleur ou un symbole distinct (Figure 4.1) et (Figure 4.2). Les classes courantes incluent les espaces agricoles, les serres agricoles, les espaces bâtis, les sols nus, les sols nus arables, les zones boisées et les eaux.

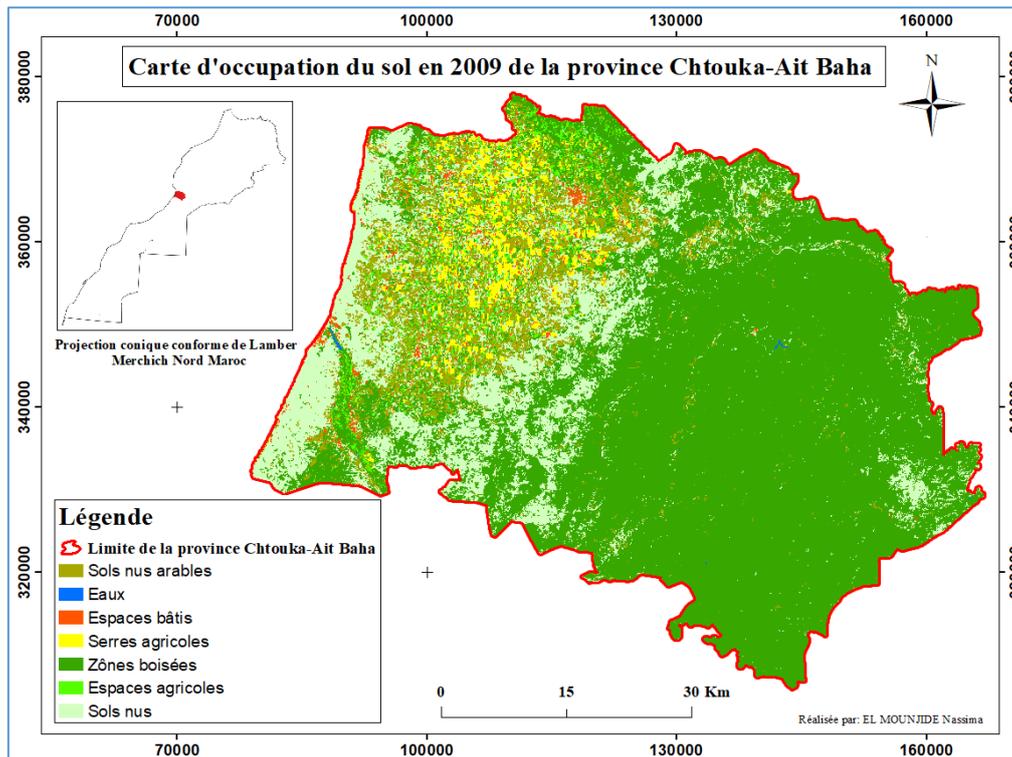


Figure 04.1: Carte d'occupation de sol de la province Chtouka-Ait Baha en 2009.

Source : Elaboration personnelle.

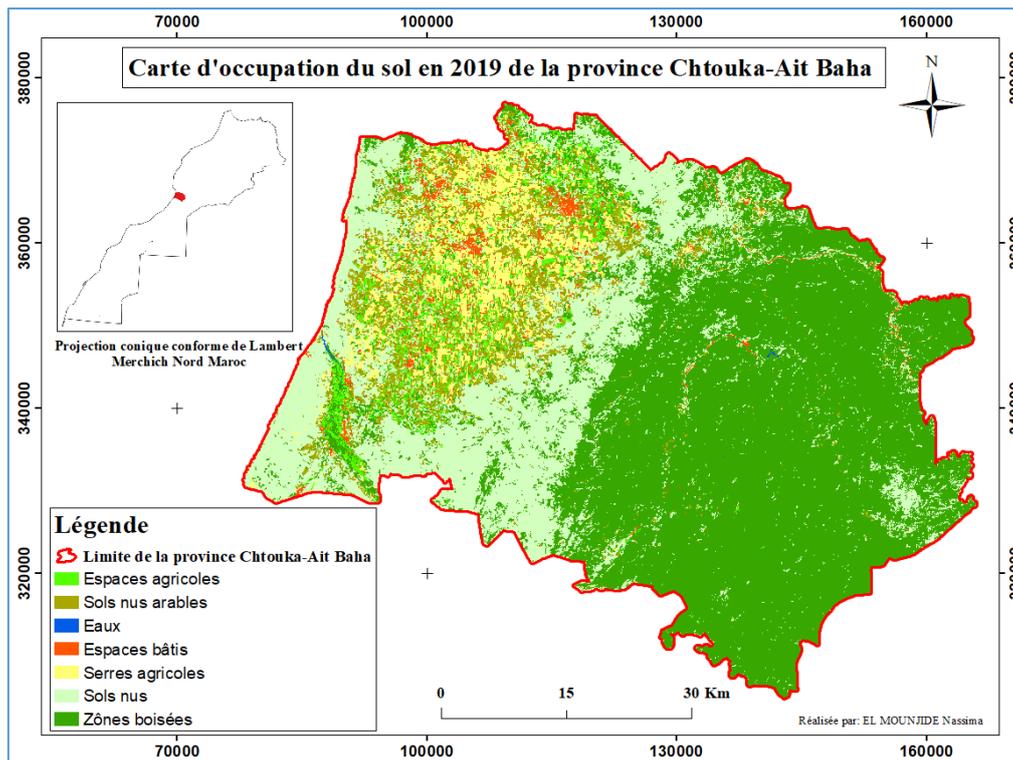


Figure 04.2: Carte d'occupation de sol de la province Chtouka-Ait Baha en 2019.

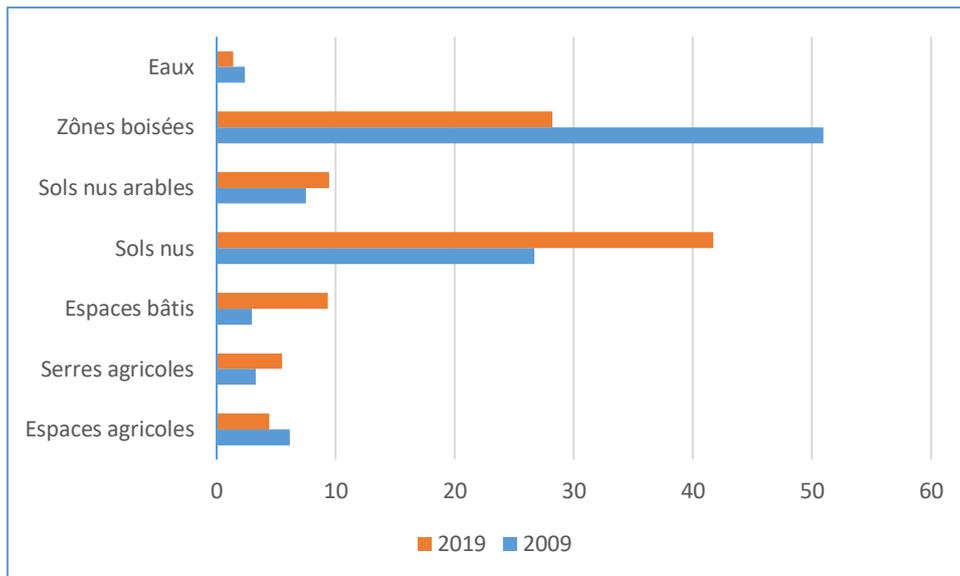
Source : Elaboration personnelle.

Les résultats des cartes d'occupation du sol avec un indice Kappa considéré comme "bon" indiqueraient un produit fiable et précis pour décrire la répartition des différentes classes d'utilisation des terres.

4.2.3 Quantification des changements

Grâce à la classification de cette série d'images, il a été possible de déterminer la dégradation des fonciers agricoles dans Chtouka-Ait Baha et de quantifier d'une manière approximative les surfaces agricoles disparues entre 2009 et 2019. La disparition de ces terres est généralement attribuée au développement démographique et à l'exode rural, qui ont conduit à une urbanisation accélérée dans les zones urbaines, péri-urbaines et rurales.

L'histogramme ci-dessous montre la régression des surfaces de terrains agricoles dans la province de Chtouka-Ait Baha (Graphe 4.1). Cette zone agricole est reconnue pour son agriculture novatrice. Toutefois, actuellement, la province fait face à un stress considérable en raison de la perte de ses terres de meilleure qualité, principalement causée par l'activité anthropique. En effet, le pourcentage des espaces bâtis est en constante augmentation, ce qui contribue à la diminution des terres agricoles disponibles.



Grphe 04.1: Histogramme comparative des surfaces de chaque classe en pourcentage.

Source : Elaboration personnelle.

4.3 Résultats de la carte des pentes

Les paramètres topographiques jouent un rôle essentiel dans l'analyse du potentiel agricole des terrains. Pour étudier la forme de la surface topographique de la province de Chtouka-Ait Baha, on dispose du Modèle Numérique d'Élévation (MNE) d'ASTER à une résolution de 30 mètres. Ce jeu de données altimétriques couvre une plage d'altitudes allant de -1 mètre à 2 303 mètres, permettant ainsi une description détaillée du relief de la région (Figure 4.3).

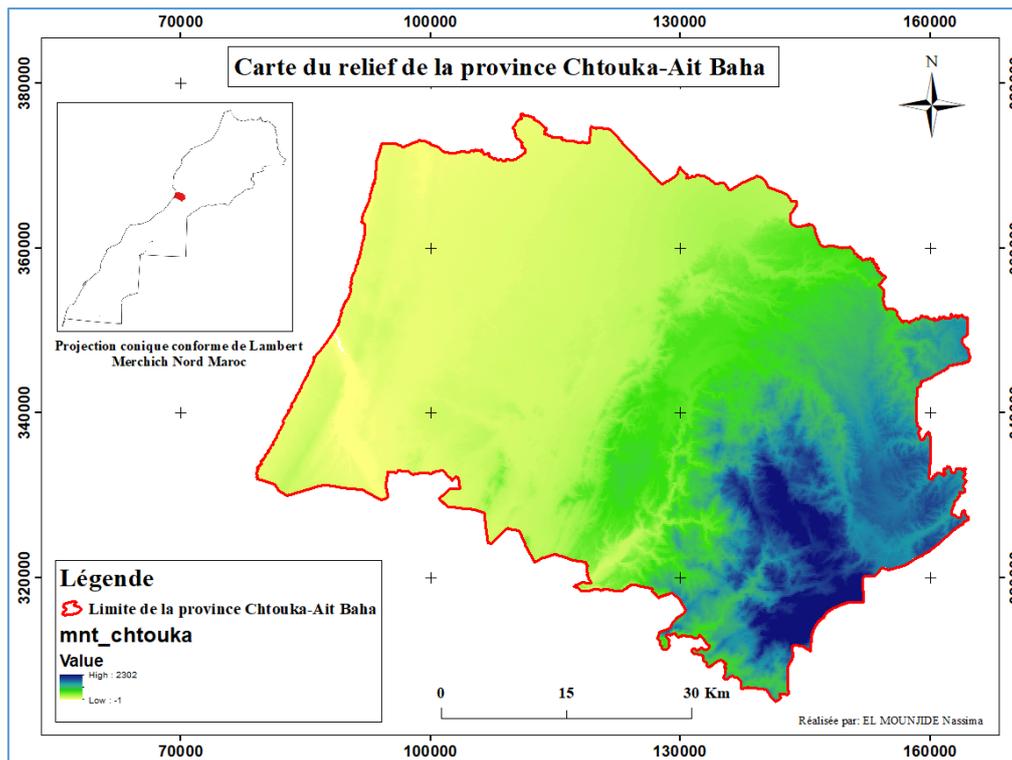


Figure 04.3: Carte du relief de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

Les informations topographiques dérivées de ce modèle permettent d'identifier les zones à risques et de comprendre l'inclinaison des pentes, ce qui est essentiel pour évaluer le potentiel agricole des terrains (Figure 4.4). Les pentes modérées sont favorables au bon drainage et à une répartition uniforme de l'eau et des nutriments dans le sol. Cependant, des pentes excessives peuvent entraîner l'érosion des sols, la perte de nutriments et une capacité réduite de rétention d'eau, rendant ainsi la culture plus difficile, voire impossible.

En général, la topographie et les pentes influencent les systèmes de culture pratiqués, et certains seuils de pente définissent des limites pour un développement agricole optimal. Dans ce contexte, six classes de pentes ont été établies en fonction de leur aptitude à être mises en valeur sur le plan agricole.

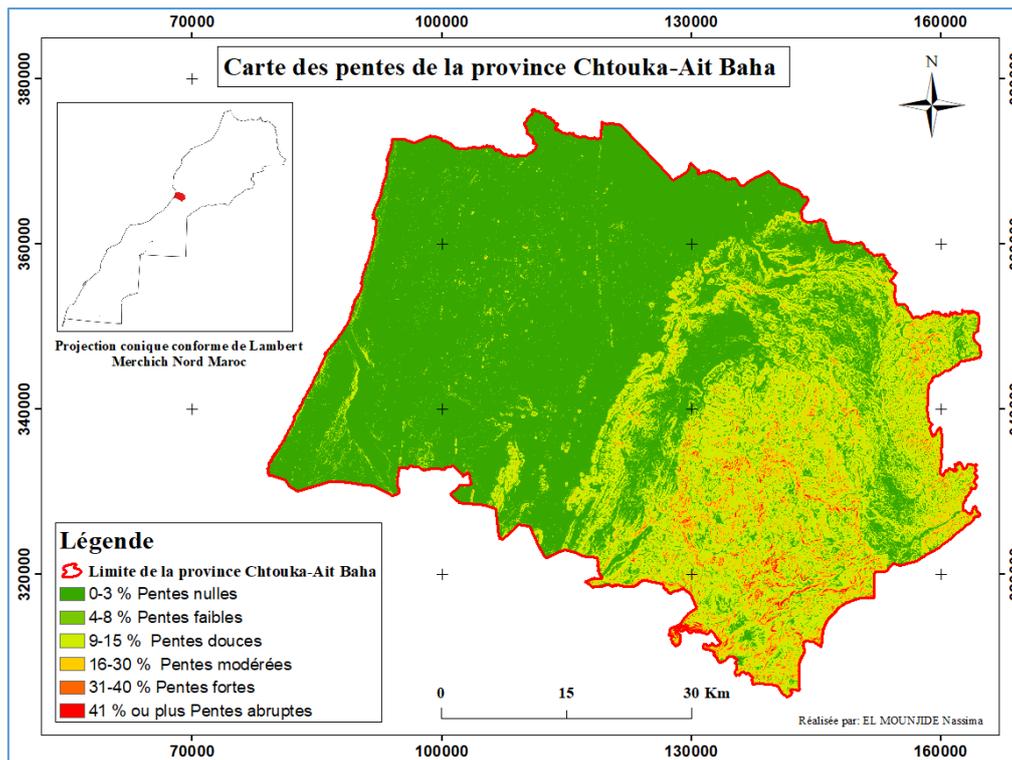
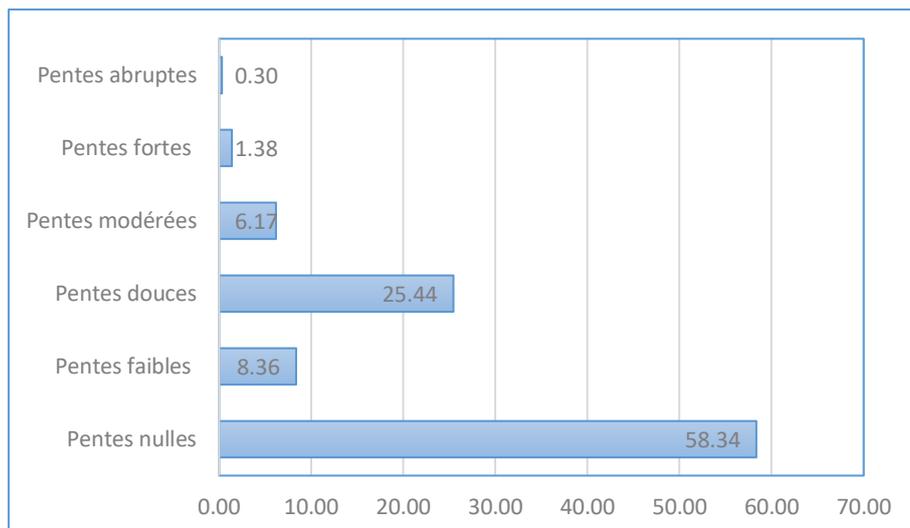


Figure 04.4: Carte des pentes de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

Les contraintes liées à la pente sont évaluées en pourcentage (%), ce qui permet également de définir les possibilités d'utilisation des terres en identifiant les zones à pentes favorables (<30%) et les zones défavorables à l'agriculture avec une forte propension à l'érosion (>30%).

Selon l'histogramme, la zone d'étude se caractérise par une prédominance de pentes nulles à douces, couvrant près de 90% de la superficie totale de notre province. Ces pentes sont principalement localisées dans la plaine de Chtouka. Les classes de pentes modérées à abruptes, quant à elles, représentent environ 10% de la superficie totale et sont principalement présentes dans les zones de l'Anti-Atlas (Graphe 4.2).



Graphe 04.2 : Histogramme des classes des pentes en pourcentage.

Source : Elaboration personnelle.

4.4 Résultats de la carte de dégradation des sols

La dégradation des sols a un impact direct sur le potentiel agricole. Ces principales causes sont d'origine anthropique, notamment l'urbanisation, l'agriculture intensive, la déforestation, le surpâturage, la pollution industrielle et l'irrigation excessive. Lorsque les sols se dégradent, leur fertilité diminue et leur capacité à soutenir la croissance des cultures est compromise. La diminution et l'appauvrissement des terres agricoles représentent un défi majeur pour les décennies à venir en terme de sécurité alimentaire.

Différentes combinaisons possibles des indices spectraux ont été utilisées pour cartographier les différents niveaux de dégradation des sols. La combinaison des trois indices respectivement de brillance (IB, bleu), de coloration (IC, vert) et de forme (IF, rouge) a été réalisée en considérant cinq classes thématiques allant depuis les sols très faiblement dégradés jusqu'aux sols très dégradés (Figure 4.5).

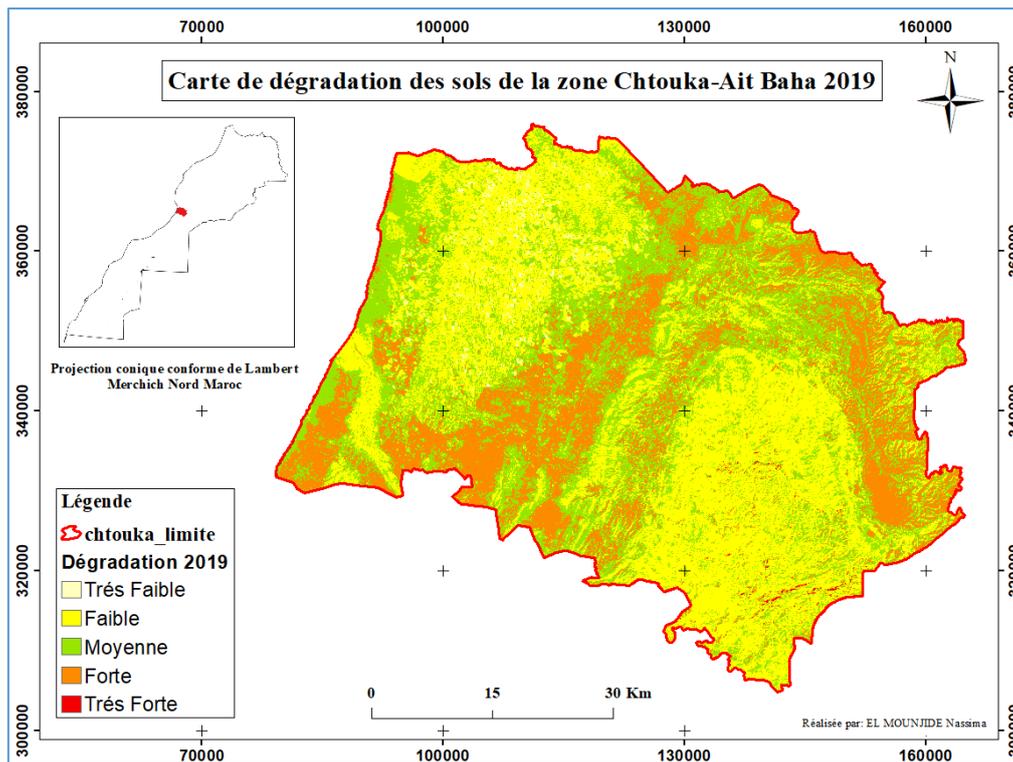
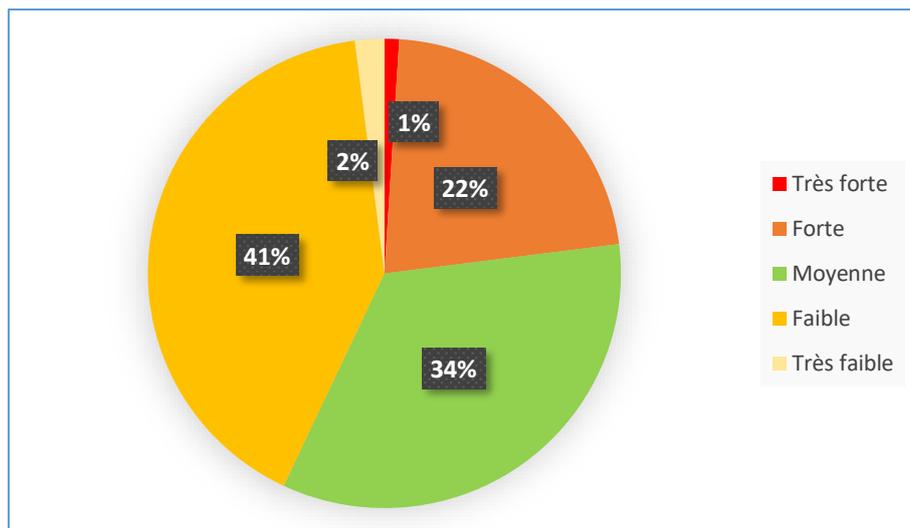


Figure 04.5 : Carte de dégradation des sols de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

Les données de l'année 2019 mettent en évidence la prédominance des sols faiblement dégradés, qui représentent 41 % de la superficie totale. Ces sols sont répartis de manière significative sur l'ensemble de la carte.

Les sols très moyennement dégradés constituent également une part importante, représentant 34 % de la superficie. Les sols fortement dégradés, bien qu'en moindre proportion, représentent tout de même 22 % de la superficie totale (Graphe 4.3).



Graphie 04.3 : Diagramme des classes de dégradation des sols en pourcentage.

Source : *Elaboration personnelle.*

4.5 Résultats de la carte pédologique

Les sols jouent un rôle crucial dans l'évaluation des potentialités agricoles, en raison de leurs caractéristiques physiques et de leur niveau de fertilité. Ils conditionnent le rendement des cultures. Par conséquent, il est primordial de comprendre les sols et leur niveau de fertilité afin de prendre des décisions éclairées concernant le choix des espèces cultivées, les pratiques agricoles et la gestion des terres. Cette approche permet d'optimiser les rendements et d'assurer la durabilité des systèmes agricoles.

Cette partie représente les caractéristiques des sols (Figure 4.6). Pour faciliter et synthétiser, l'analyse de l'occupation du sol de la province de Chtouka-Ait Baha. En effet, cette province a des avantages non négligeables sur le plan pédologique ; les superficies sont couvertes des :

- **Sols isohumiques :**

Les sols isohumiques sont des sols qui présentent une distribution uniforme de la matière organique, principalement sous forme de l'humus, dans l'ensemble du profil du sol. Cela signifie que la quantité de matière organique est relativement constante du sommet du sol jusqu'à la profondeur maximale du profil.

Ces sols isohumiques ont généralement un potentiel agricole élevé en raison de plusieurs avantages. Tout d'abord, la présence uniforme de matière organique favorise une meilleure fertilité du sol. L'humus améliore la structure du sol, favorise la rétention d'eau et de nutriments, et fournit des éléments nutritifs essentiels aux plantes.

- **Sols peu évolués d'apport fluvial :**

Ces sols sont formés par les dépôts de sédiments laissés par les rivières lors des inondations. Ces sols ont généralement un potentiel agricole élevé en raison de leur fertilité, mais leur qualité peut varier en fonction de la composition des sédiments.

Dans le contexte de l'agriculture, les sols peu évolués d'apport fluvial peuvent offrir des conditions favorables à la croissance des cultures, en particulier lorsqu'ils sont bien gérés.

- **Sols calcimagnésiques à inclusion des sols peu évolués :**

Ces sols réfèrent à des sols qui présentent des caractéristiques, à la fois des sols calcimagnésiques et des sols peu évolués. Les sols calcimagnésiques sont riches en calcium (Ca) et en magnésium (Mg), tandis que les sols peu évolués font référence à des sols qui n'ont pas subi de processus de développement avancé.

Ces sols calcimagnésiques avec inclusion de sols peu évolués peuvent présenter un potentiel agricole variable. La présence de calcium et de magnésium peut être bénéfique, mais une concentration excessive peut avoir des effets négatifs sur le pH du sol. Les sols peu évolués peuvent présenter des limitations en termes de fertilité et de structure du sol, nécessitant des mesures d'amélioration pour optimiser leur potentiel agricole.

- **Sols Peu évolués d'érosion à inclusion de minéraux bruts :**

Ces sols se forment lorsque les processus d'érosion exposent les minéraux bruts en dessous des couches de sol plus évoluées. Ces sols ont généralement un potentiel agricole limité en raison de leur faible rétention des nutriments, de leur mauvaise structure et de la présence d'éléments indésirables. Ils nécessitent souvent des mesures d'amélioration pour être utilisés à des fins agricoles.

- **Sols d'apport éoliens : sables et limons calcaires :**

Les sols d'apport éolien, constitués de sables et de limons calcaires, sont formés par le dépôt de particules sédimentaires transportées par le vent. Ils ont des caractéristiques spécifiques en termes de texture et de composition. Les sables éoliens ont une texture grossière et perméable, tandis que les limons calcaires éoliens sont composés de particules fines avec une teneur en calcium élevée. Le potentiel agricole de ces sols dépend de leur gestion et de la correction des éventuelles limitations en termes de rétention d'eau, de fertilité et de pH du sol.

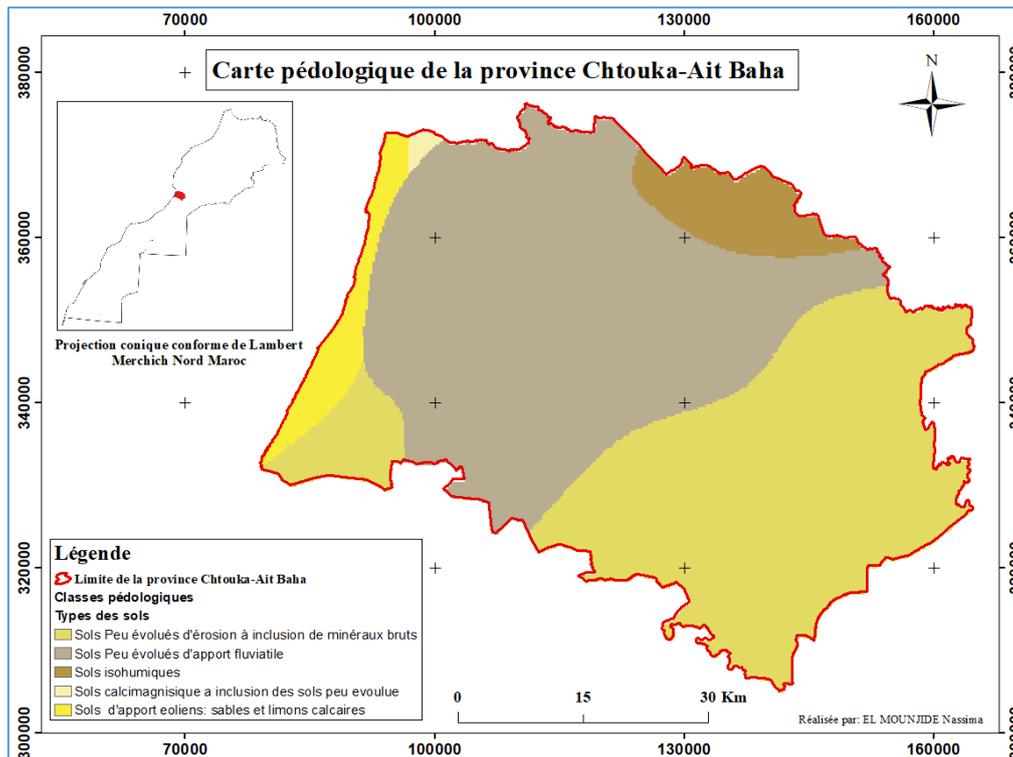


Figure 04.6: Carte pédologique de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : Elaboration personnelle.

4.6 Aide à la décision multicritères

Le foncier agricole, en particulier les terres agricoles, est essentiel au développement social, économique, politique et environnemental des pays. Pour valoriser et gérer efficacement ces terres, une réflexion approfondie est nécessaire, prenant en compte les besoins de tous les acteurs de cet écosystème agricole. Il est donc crucial de réguler et de protéger ces terres pour assurer leur utilisation responsable et efficace, tout en intégrant des considérations agricoles dans les visions de l'aménagement du territoire. Cela implique de réserver des espaces suffisants pour l'agriculture et de trouver un équilibre entre l'urbanisation et les besoins en terres agricoles. Une approche intégrée est nécessaire pour promouvoir une agriculture durable, préserver

l'environnement, favoriser le développement économique et social, et répondre aux besoins nutritionnels de la population.

Notre objectif principal est d'identifier le potentiel des terres agricoles dans la province de Chtouka-Ait Baha, sur la base de la télédétection et une méthode d'analyse multicritères basée sur les SIG. Cette approche nous permettra de délimiter les terres qui doivent être protégées et préservées, ainsi que celles qui peuvent être appropriées pour le développement urbain. En combinant ces technologies et en réalisant une telle analyse, nous pourrions produire une cartographie décisionnelle sur les potentiels agricoles. Cela nous permettra de prendre des décisions éclairées concernant l'utilisation de ces terrains, en nous appuyant sur l'ensemble des cartes préparées et présentées précédemment.

Pour pallier aux difficultés qu'apporte l'approche « classique » de l'analyse territoriale la proposition d'un couple SIG-AMC suggère une intégration des deux systèmes afin de combiner leurs avantages respectifs. Cela permettrait de bénéficier à la fois de l'analyse multicritère et de l'analyse spatiale. Le but de la sélection des zones agricoles à protéger et à préserver dépendra de la relation entre différents facteurs tels que l'occupation du sol, la pente, la dégradation des sols et la pédologie.

4.6.1 Méthode d'analyse utilisée (AHP)

L'Analyse Hiérarchique des Procédés (AHP) est utilisée comme une méthode d'aide à la décision pour résoudre des problèmes de décision multicritères en hiérarchisant les critères. Cette méthode est particulièrement adaptée aux problèmes de décision qui impliquent plusieurs solutions répondant à un ensemble de critères. L'approche de la méthode consiste à simplifier le problème en le décomposant en un système hiérarchique. Thomas Saaty est l'initiateur de cette méthode et l'a développée dans les années 1970 (El Amraoui et al, 2017).

Le choix de cette méthode AHP est principalement dû à sa simplicité, à sa facilité de compréhension pour résoudre une large gamme de problèmes non structurés, à sa flexibilité ainsi qu'à sa capacité à intégrer différents critères dans le même cadre décisionnel.

L'application de la méthode AHP passe par les étapes suivantes :

- **Etape 1 : Etablir la structure hiérarchique.**

L'évaluation des critères utilisés est classée en quatre catégories principales : l'occupation des sols, la topographie, qualité des sols et types des sols. La structure hiérarchique du problème de décision comprend trois niveaux. Le premier niveau représente l'objectif ultime de la hiérarchie de décision, le deuxième niveau représente les critères, le troisième niveau représente les sous-critères utilisés dans cette étude et le quatrième niveau représente les attributs spatiaux de chaque sous-critère. Le résultat est une classification des paramètres selon une structure hiérarchique, ce qui permet ensuite d'appliquer la méthode AHP (Figure 4.7).

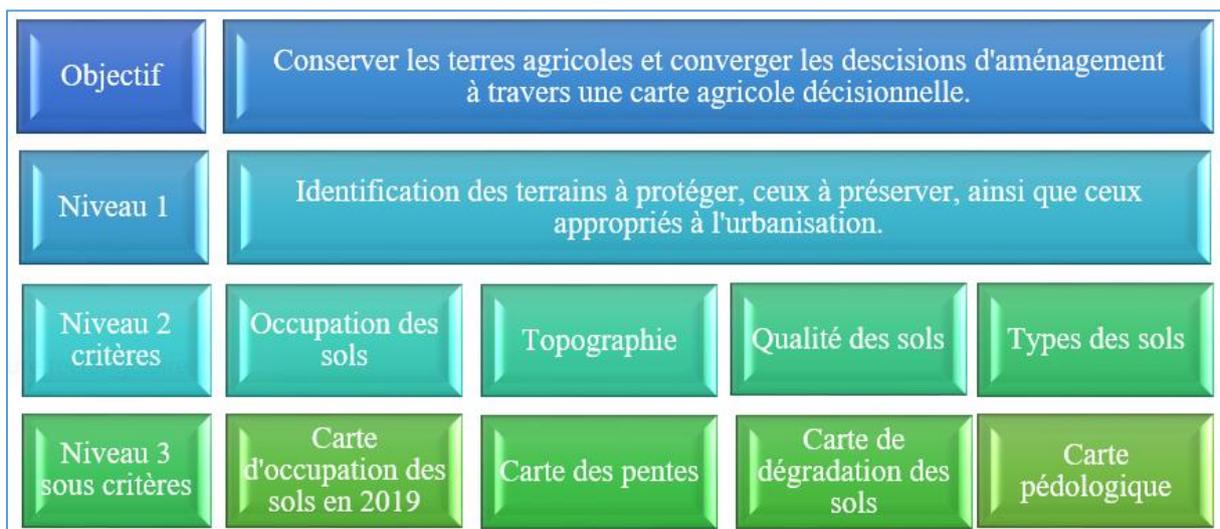


Figure 04.7: Schéma de décomposition du problème dans une structure hiérarchique des critères de décision.

Source : élaboration personnelle.

Ce schéma permet de faire une synthèse plus facile à appréhender et nous allons nous en servir pour définir les objectifs prioritaires dans une meilleure cohérence.

- **Etape 2 : Effectuer les pondérations binaires.**

La méthode AHP est une approche efficace pour déterminer les poids d'importance relative de chaque critère. Elle repose sur des comparaisons par paires, où nous évaluons l'importance relative des critères en utilisant l'échelle de Saaty (Tableau 4.2). Nous comparons chaque paire de critères par rapport à l'élément immédiatement supérieur dans la hiérarchie (Tableau 4.3).

Tableau 04.2 : Standardisation des critères.

Source : élaboration personnelle.

| Tableau de standardisation | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|---|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Score | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | Exclu | Très peu favorable | peu favorable | Moyenne Favorable | Favorable | Très Favorable | |
| Critères | Pédologie | Sols d'apport eoliens: sables et limons calcaires | Sols Peu évolués d'érosion à inclusion de minéraux bruts | Sols calcimagnésique a inclusion des sols peu évoluée | Sols Peu évolués d'apport fluviatile | Sols isohumiques | |
| | Pente | > 41 | < 40 | < 30 | < 15 | < 8 | |
| | Occupation du sol | Eaux | Espaces bâtis | Sols nus | Zones boisées | Serres agricoles/ Sols nus arables | Espaces agricoles |
| | Dégradation des sols | < 1.57 | < 0.6 | < 0.02 | < 0.08 | < -0.01 | |

Tableau 04.3 : Matrice de comparaison par paires.

Source : élaboration personnelle.

| Matrice de Comparaison | | | | | |
|------------------------|-----------|-------|-------------------|----------------------|--|
| Critères | Pédologie | Pente | Occupation du sol | Dégradation des sols | |
| 9 Pédologie | 1,00 | 1,80 | 1,29 | 3,00 | |
| 5 Pente | 0,56 | 1,00 | 0,71 | 1,67 | |
| 7 Occupation du sol | 0,78 | 1,40 | 1,00 | 2,33 | |
| 3 Dégradation des sols | 0,33 | 0,60 | 0,43 | 1,00 | |
| LA SOMME | 2,67 | 4,80 | 3,43 | 8,00 | |

- **Etape 3 : Calcul des priorités.**

La notation de la priorité relative des critères se fait en attribuant un poids compris entre 1 (importance égale) et 9 (importance extrême) au critère le plus important, tandis que l'inverse de cette valeur est attribué à l'autre critère de la paire. Les pondérations sont ensuite normalisées et moyennées afin d'obtenir un poids moyen pour chaque critère. Les moyennes géométriques calculées sont ensuite normalisées et les poids d'importance relative sont extraits (Tableau 4.4).

Tableau 04.4: Poids d'importance relative des critères d'évaluation.

Source : élaboration personnelle.

| Matrice Normalisée | | | | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------------|----------------------|----------|------------|--|
| Critères | Pédologie | Pente | Occupation du sol | Dégradation des sols | Poids | Poids en % | |
| Pédologie | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 37,50% | |
| Pente | 0,208333333 | 0,208333333 | 0,208333333 | 0,208333333 | 0,208333 | 20,83% | |
| Occupation du sol | 0,291666667 | 0,291666667 | 0,291666667 | 0,291666667 | 0,291667 | 29,17% | |
| Dégradation des sols | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 12,50% | |
| LA SOMME | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100,00% | |

- **Etape 4 : Calcul du ratio de cohérence (RC).**

Les priorités calculées ont un sens seulement si les matrices de comparaison par paire sont cohérentes, un contrôle de cohérence doit être appliqué. Saaty a proposé un index de cohérence (IC) qui se calcule en se basant sur le calcul des valeurs propres.

Le ratio de consistance est calculé par la formule : $RC = IC / IA$

RC : ratio de cohérence. **IA** : indice aléatoire. **IC** : indice de cohérence.

Si **RC** < 10% donc la matrice de consistante est acceptable, sinon il faut revoir la comparaison.

Dans notre cas le $RC = 0,83 \% \leq 10\%$, donc notre analyse est cohérente et logique (Tableau 4.5).

Tableau 04.5 : Le ratio de cohérence acceptable.

Source : élaboration personnelle

| Critères | Pédologie | Pente | Occupation du sol | Dégradation des sols | Somme | Cohérence | Cohérence Moyenne | IC | CA | RC |
|--|-------------|-------------|-------------------|----------------------|-------------|-----------|-------------------|--------|-----|-------|
| Pédologie | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 1,5 | 4 | 4,0225 | 0,0075 | 0,9 | 0,83% |
| Pente | 0,208333333 | 0,208333333 | 0,208333333 | 0,208333333 | 0,833333333 | 3,95 | - | - | - | - |
| Occupation du sol | 0,291666667 | 0,291666667 | 0,291666667 | 0,291666667 | 1,166666667 | 4,3 | - | - | - | - |
| Dégradation des sols | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,5 | 3,84 | - | - | - | - |
| Puisque $RC < 10\%$, Donc cette analyse est logique ! | | | | | | | | | | |

- **Etape 5 : Procédure d'agrégation.**

Pour obtenir un poids d'importance par critère dans la méthode Saaty, il est effectivement nécessaire d'effectuer une agrégation de tous les critères définis pour le thème en question, conformément à la structure hiérarchique (El Amraoui et al, 2017). Dans le cas de l'agrégation complète transitive (approche du critère unique), l'objectif est d'éliminer toute situation d'incomparabilité et d'introduire toutes les performances dans une seule fonction d'agrégation ou d'utilité en leur attribuant des poids éventuels. Cela permet de synthétiser les différentes évaluations des critères et d'obtenir une évaluation globale cohérente.

Dans notre cas, les cartes correspondantes avec tous les facteurs ont été reclassées par SIG (Figure 4.8). Le score a été attribué en fonction de la catégorie de chaque zone. Ensuite, la carte finale d'adéquation est produite par une procédure d'agrégation basée sur le poids.

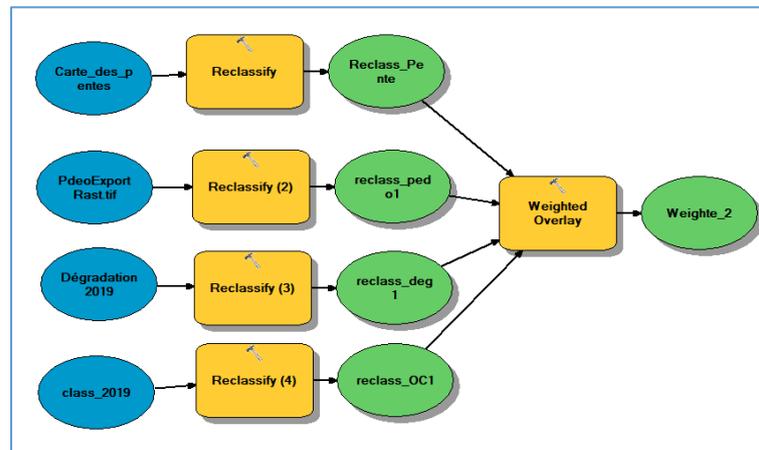


Figure 04.8: Modèle Builder d'agrégation.

Source : élaboration personnelle.

4.7 Résultats et discussion

L'intégration de la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) avec les Systèmes d'Information Géographique (SIG) a permis de soutenir la prise de décision dans l'évaluation du potentiel agricole des terres de la province de Chtouka-Ait Baha. Cette approche multicritères et spatiale a abouti à la production de cartes thématiques pour chaque critère, ainsi qu'une carte synthétique finale combinant les quatre critères en fonction de leurs poids respectifs.

Les résultats obtenus grâce à cette méthode fournissent une estimation du potentiel des terres agricoles dans Chtouka-Ait Baha (Figure 4.9). Cependant, il est important de souligner que la prise en compte de seulement quatre facteurs (occupation des sols, pentes, dégradation des sols et pédologie) ne permet pas une évaluation précise et exhaustive du potentiel agricole à l'échelle de la province.

Bien que cette méthode ait été limitée en termes de données, il est essentiel de souligner que l'intégration de plusieurs critères et l'utilisation de données précises et de haute qualité permettraient d'obtenir une évaluation synthétique plus complète des terres agricoles.

En intégrant des critères supplémentaires tels que les ressources en eau, le climat, la fertilité des sols, les données démographiques, les données foncières et d'autres éléments liés à l'agriculture, il serait possible d'obtenir des informations plus précieuses pour orienter les décisions d'aménagement du territoire et optimiser l'utilisation de ces terrains tout en préservant les zones à fort potentiel agricole. Les informations supplémentaires obtenues grâce à cette approche permettraient de mieux préciser les résultats de l'étude et d'apporter des éléments plus solides pour la planification territoriale.

Toutefois, la carte agricole ainsi générée représente une contribution significative à la réflexion sur l'aménagement et l'optimisation de l'utilisation du foncier agricoles, en particulier les terrains d'agriculture.

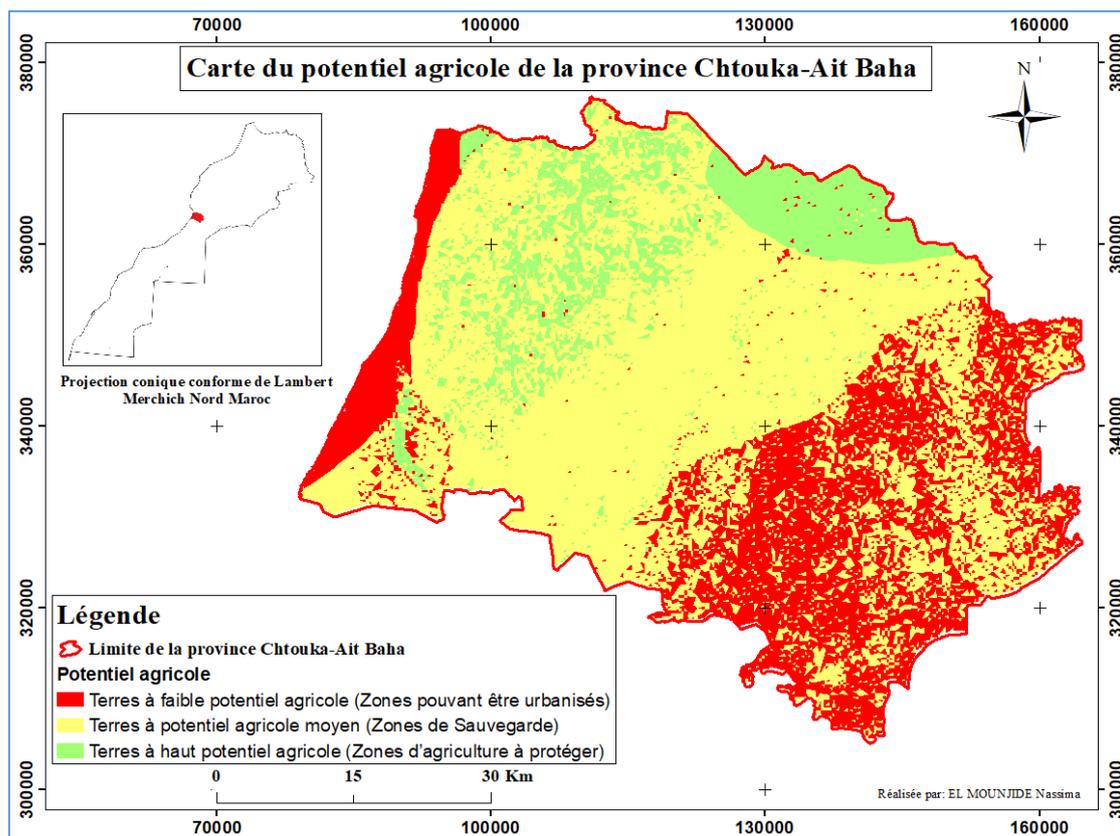


Figure 04.9: Carte agricole de la province Chtouka-Ait Baha.

Source : élaboration personnelle.

La carte résultante permet notamment d'identifier les terres à haut potentiel agricole (Zone d'agriculture à protéger), les terres à potentiel agricole moyen (Zone de Sauvegarde) et les terres à faible potentiel agricole (Zone pouvant être cédée à l'urbanisation en cas de besoin pressant selon des normes), soulignant ainsi l'importance de prendre en compte ces résultats dans les processus de planification afin de préserver et valoriser les ressources agricoles de la province.

4.8 Conclusion

L'analyse multicritères basée sur les données de télédétection et d'autres sources a permis d'obtenir une vision précise et éclairée sur le potentiel des terres agricoles dans la province de Chtouka-Ait Baha. L'élaboration de la carte agricole est un outil indispensable pour diriger l'extension rapide des zones urbaines qui contribuent de manière significative à la diminution des terres agricoles. Les informations spatialisées et statistiques sur les ressources agricoles de la province sont des supports essentiels pour la planification, l'aménagement et l'utilisation de ces terres agricoles de manière rationnelle.

La province de Chtouka-Ait Baha est l'un des principaux pôles de l'activité agricole marocaine, ce qui en fait un exemple pertinent pour notre étude. Plusieurs projets sont en cours de réalisation dans cette région afin d'augmenter les rendements agricoles et améliorer les contributions à l'agriculture locale. Il est donc primordial de valoriser les sols fertiles destinés à cette activité, car la préservation de cette richesse est cruciale pour garantir la sécurité alimentaire.

Conclusion générale et ouverture

L'urbanisation est un phénomène mondial irréversible qui prend des proportions démesurées, empiétant sur les terres agricoles et exerçant une pression foncière alarmante. Le Maroc ne fait pas exception à cette tendance, ce qui constitue un obstacle majeur à la pérennité de l'agriculture. Chaque année, les surfaces des parcelles agricoles sont réduites de manière significative, soulignant l'importance cruciale de préserver ces terres pour la production alimentaire et le développement économique du pays. Afin de garantir une utilisation durable du foncier agricole, il est essentiel que tous les acteurs impliqués comprennent correctement ce phénomène et prennent des décisions éclairées basées sur des données factuelles.

Cependant, la diminution des surfaces agricoles nous amène à reconnaître que la problématique persistante réside dans la nécessité d'une bonne articulation entre l'expansion urbaine et l'agriculture. De plus, la pression exercée sur le foncier agricole nous pousse à envisager de nouvelles formes d'urbanisme et la création de réserves pour les activités agricoles, tout en préservant le dynamisme et en répondant aux besoins en urbanisation.

La province de Chtouka-Aït Baha, située dans la région marocaine de Souss-Massa, est principalement rurale et est confrontée à diverses contraintes en ce qui concerne le foncier agricole. Parmi ces contraintes, la perte des terres agricoles à haut et moyen potentiel est particulièrement préoccupante. Cependant, cette situation représente également une réelle opportunité de développer une solution valorisante pour cette problématique.

La mise en place d'une carte agricole peut offrir des solutions à ces problèmes ou atténuer leurs effets, en prenant en compte le potentiel agricole des terres et leur classification par importance. Cela constitue une première tentative pour concilier les différents acteurs impliqués dans la gestion des terres agricoles, afin de créer un équilibre favorable à l'intensification de la production agricole tout en régulant la dispersion de l'urbanisation.

En mettant en œuvre une cartographie précise et en définissant des zones spécifiques pour l'agriculture, il est possible de protéger les terres agricoles de valeur tout en permettant un développement urbain maîtrisé. Cela favoriserait l'intégration harmonieuse de l'agriculture et de l'urbanisation, préservant ainsi les ressources foncières agricoles tout en répondant aux besoins croissants de la population.

Néanmoins, il est important de noter qu'une telle réflexion n'est pas suffisante pour réaliser un meilleur équilibre entre les impératifs du développement urbain et la préservation des terres agricoles à haute et moyenne valeur ajoutée. Cet outil doit être renforcé en adoptant des mesures intégrées qui prennent en compte les besoins et les priorités de chaque secteur.

Parmi ces mesures, on peut mentionner la planification territoriale durable, la promotion de l'agriculture urbaine, la protection des terres agricoles grâce à des mesures législatives et réglementaires plus adaptées et strictes, ainsi que la collaboration entre les acteurs concernés pour trouver des solutions durables. De plus, l'utilisation de technologies innovantes telles que les drones et les capteurs de très haute résolution peuvent permettre de surveiller et de mieux gérer ces ressources.

En résumé, un meilleur équilibre entre les impératifs de l'urbanisation et la préservation des terres agricoles ne peut être atteint qu'en adoptant une approche intégrée qui combine différentes mesures, contribuant ainsi à un développement durable à long terme.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- Azaguagh, I., El-Ayachi, M., 2021. Management du Foncier agricole au Maroc 'Anti-commons' et développement durable. African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences Vol 4, 730-751 Pages. <https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/AJLP-GS.V4I5.26065>
- BAJEDDI, H., 2000. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Population (French Edition) 5, 764. <https://doi.org/10.2307/1523706>
- Cavailhès, J., Mesrine, A., Rouquette, C., 2011. Le foncier agricole : une ressource sous tensions.
- CESE, 2019. Le Foncier au Maroc : un levier fondamental pour le développement durable et l'inclusion sociale.
- CESE, 2018. Habitat en milieu rural :Vers un habitat durable et intégré dans son environnement.
- CESE, 2017. Développement du monde rural Défis et perspectives.
- Cheret, V., 2016. Télédétection et géomatique pour le suivi des milieux forestiers - Contributions à l'évaluation des risques.
- CIHEAM, Plan bleu pour la Méditerranée, Programme des Nations Unies pour l'environnement (Eds.), 2009. Mediterra 2009: repenser le développement rural en méditerranée. Presses de Sciences Po, Paris.
- Définition - Artificialisation des sols | Insee [WWW Document], 2021. URL <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c2190> (accessed 5.23.23).
- Dusseux, P., 2014. Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole.
- EDESAT, 2016. Étude relative à l'élaboration de la Stratégie Nationale de Gestion du Foncier.
- El Amraoui, S.M., Rouchdi, M., Bouziani, M., El Idrissi, A., 2017. Integration of gis and multicriterial hierarchical analysis for aid in urban planning: Case study of khemisset province, Morocco. Pap. Geo. 71. <https://doi.org/10.6018/geografia/2017/280211>
- EL IDRISSE, A., 2022. Towards a regulatory planning of conflicts related to the use in peri-urban and rural areas. African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences Vol 5, 405-426 Pages. <https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/AJLP-GS.V5I2.29149>

- Elfatihi, E.M., Semlali, E.H., Mjouel, M.A., 2003. Implémentation d'un S.I.G. multi-usage pour la gestion des données cadastrales et urbaines et son déploiement sur Internet (Cas de la commune de Anfa).
- FAO, 2023a. L'État des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans la région du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc1173fr>
- FAO, 2023b. L'État des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans la région du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc1173fr>
- FAO, 2009. Land reform: land settlement and cooperatives / Réforme agraire: colonisation et coopératives agricoles / Reforma agraria: colonización y cooperativas / [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/3/W8101T/w8101t05.htm#6> (accessed 4.28.22).
- Génération Green 2020-2030 | Ministère de l'agriculture [WWW Document], n.d. URL <https://www.agriculture.gov.ma/fr/ministere/generation-green-2020-2030> (accessed 5.16.23).
- HCP, 2021. Chtouka Ait Baha en chiffres 2021.
- HCP, 2020. Monographie Régionale Sous Massa.
- HCP, CGDA, 2011. Agriculture 2030 Quels avenir pour le Maroc ?
- Hubacek, K., Fischer, G., 2002. The Role of Land in Economic Theory 54.
- IDL, 2008. ENVI Feature Extraction Module User's Guide.
- J.P. STAIMESSE P. BILLAUX et al., 1978. Carte pédologique du Maroc à 1/100.000 : région du Souss : Agadir - Aït Baha.
- Kabore, S., 2008. Evaluation spatiale de l'érosion hydrique à Torokoro (Burkina Faso) : application de l'équation universelle des pertes des terres (USLE) par télédétection et système d'information géographique 30.
- Khalki, Y.E., Taïbi, A.N., Benyoucef, A., Hannani, M.E., Hafid, A., Mayoussi, M., Zmou, A., Ragala, R., Geroyannis, H., 2007. Processus d'urbanisation et accroissement des risques à Beni Mellal (Tadla-Azilal, Maroc) : apports des SIG et de la télédétection. Mosella : revue du Centre d'études géographiques de Metz XXX, 147.
- Khrouz, D., 2013. La politique agricole du Maroc indépendant, in: Santucci, J.-C. (Ed.), Le Maroc actuel : Une modernisation au miroir de la tradition ?, Connaissance du monde arabe. Institut

de recherches et d'études sur les mondes arabes et musulmans, Aix-en-Provence, pp. 119–150. <https://doi.org/10.4000/books.iremam.2422>

Laouina, A., 2002. Le développement agricole durable et la conservation des ressources naturelles au Maroc.

Laraki, D.A., n.d. Loi n ° 12-90 relative à l'urbanisme.

Maimouni, S., Bannari, A., El-Harti, A., El-Ghmari, A., 2011. Potentiels et limites des indices spectraux pour caractériser la dégradation des sols en milieu semi-aride. Canadian Journal of Remote Sensing 37, 285–301. <https://doi.org/10.5589/m11-038>

MAPMDREF, 2018. Guide de l'investisseur dans le secteur agricole au Maroc.

MATNUHPV, 2022. RAPPORT NATIONAL SUR LA MISE EN OEUVRE DU NOUVEL AGENDA URBAIN 2016 - 2020.

MOTIB, FATAH, 2020. Limites des “documents d'urbanisme” comme instruments de la planification urbaine dans l'amélioration du fonctionnement des villes marocaines.

MOUZZAKI, A., 2021. RABAT, L'intelligence à l'aune des contraintes urbaines.

NACHOUI, M., 2018. Aménagement et développement du territoire au Maroc : contexte et vision.

NEJJARI, 2016. LE “GRAND MEKNES” : L'information géographique au service de la meilleure décision.

Pelletier, C., 2017. Cartographie de l'occupation des sols.

Plant, R., Maurel, P., Eric, B., Brennan, J., 2018. Les terres agricoles face à l'urbanisation : De la donnée à l'action, quels rôles pour l'information.

RHOMRI MOUNIR, M., 2019. L'impact du régime foncier Sur l'investissement Au Maroc 16.

Tonneau et Valette, 2016. Petite agriculture et politiques publiques : revues d'expériences.

Toumi, L., 2008. La nouvelle Stratégie Agricole au Maroc (Plan Vert) :

Toutes les fonctions d'un SIG | Esri France - Les grands usages [WWW Document], n.d. URL <https://www.esrifrance.fr/produits/sig4.aspx> (accessed 5.30.23).

Valette, É., Dugué, P., 2017. L'urbanisation, facteur de développement ou d'exclusion de l'agriculture familiale en périphérie des villes : Le cas de la ville de Meknès, Maroc. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement. <https://doi.org/10.4000/vertigo.18413>

Valette, E., Philifert, P., 2014. L'agriculture urbaine : un impensé des politiques publiques marocaines ? Géocarrefour 89, 75–83. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.9411>

World Urbanization Prospects - Population Division - United Nations [WWW Document], 2018. URL <https://population.un.org/wup/> (accessed 4.26.22).

الأراضي الزراعية في مواجهة التوسع العمراني: تطوير الخريطة الزراعية لإقليم شتوكا ايت باها

ملخص

يندرج هذا البحث في إطار مقارنة ترمي إلى حماية الأراضي الزراعية من التوسع العمراني السريع، وخاصة الأراضي الخصبة بهدف الحفاظ على إنتاجيتها ومردوديتها الفلاحية. ويقترح الجمع بين تخطيط مجالي ناجع واستغلال عقلائي للأراضي الزراعية.

إن الهدف من هذا البحث هو وضع خريطة زراعية لإقليم شتوكا ايت باها، تكون بمثابة أداة للمساعدة على اتخاذ قرارات متعلقة بالتهيئة العمرانية. وستمكن هذه الخريطة من تصنيف الأراضي الزراعية بالإقليم بناءً على إمكاناتها، مما سيسمح بتحديد المناطق المناسبة للزراعة والمناطق التي يجب الحفاظ عليها، وكذا تلك التي يمكن تخصيصها للتوسع العمراني.

ومن أجل تحقيق هذا الهدف، اعتمدنا منهجية استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (SIG) وعمليات التحليل متعدد المعايير (AMC)، المستندة على طريقة التحليل الهرمي (AHP).

وبفضل هذه المنهجية، سيتمكن مختلف الفاعلون من معرفة أهمية تحديد وحماية الأراضي الزراعية ذات الإمكانيات العالية والمتوسطة، وسيتوفرون على رؤى واضحة لاتخاذ قرارات بشأن التوسع العمراني، ولاسيما خلال اعداد وثائق التخطيط العمراني.

كلمات مفاتيح: الأراضي الزراعية، التمدد الحضري، الخريطة الزراعية، التخطيط المجالي.

الطالبة:
المنجد نسيمة

الأستاذ المشرف:
ذ. الإدريسي عبد الواحد

مشروع نهاية الدراسات لنيل شهادة المستر المتخصص في العلوم الجيومجالية والحكمة العقارية

الأراضي الزراعية في مواجهة التوسع العمراني:
تطوير الخريطة الزراعية لاقليم شتوكا ايت باها

قدم للعموم ونوقش من طرف:

المنجد نسيمة

أمام اللجنة المكونة من:

| | | |
|-------|------------------------------------|-----------------------------|
| رئيس | معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة | الأستاذ موحا العياشي |
| مشرف | المعهد الوطني للتهيئة والتعمير | الأستاذ عبد الواحد الادريسي |
| ممتحن | معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة | الأستاذ عبد الرحيم إدرايس |

يوليو 2023