

## **Université Larbi Tébessi - Tébessa**

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Mathématique et Informatique

**En vue d'Obtenir le Diplôme de  
Master en Informatique**

**Filière** : Informatique

**Option** : Système d'Information

**Thème** :

### **SIG et méthode AHP pour la prévision en planification urbaine**

**« Analyse de l'adéquation des sites pour le développement urbain »**

Mémoire présenté par :  
Habes Siradj Lamia

**Soutenu le 21/06/2021 devant le jury composé de :**

Mr. Hakim Bendjenna	Professeur	Université Larbi Tébessi	Président
Mr. Abdelatif BOUTOUIL	MCB	Université Larbi Tébessi	Examineur
Mr. <i>Mohamed Ridda LAOUAR</i>	Professeur	Université Larbi Tébessi	Encadreur

***Promotion***  
**2020 / 2021**

## Résumé

L'identification de l'aptitude des sites à la croissance urbaine est un enjeu crucial de la planification urbaine. Cette étude vise à utiliser le Système d'Information Géographique (SIG) et le Processus de Hiérarchie Analytique (AHP) pour sélectionner les meilleurs sites de croissance urbaine dans la commune de Tebessa, en Algérie. Plusieurs facteurs ont été utilisés pour créer la carte finale d'aptitude des terres: l'occupation des sols, la pente, la proximité de réseau hydrographique et la proximité des routes. Les résultats de l'étude montrent que les zones les plus favorables à la croissance urbaine de Tebessa représentent **30.72 %** de sa superficie totale, tandis que les zones les moins favorables représentent **45.18%**. Ces résultats confirment que des zones inadaptées et moins favorables telles que les forêts couvrent près de la moitié de la commune de Tebessa, ce qui signifie que ces technologies peuvent aider à sauver l'écosystème dans les zones marginales et à créer un développement durable à l'avenir.

Mots clés : Système d'information géographique, Planification urbaine, Aptitude.

## **Abstract**

Identifying the suitability of sites for urban growth is a crucial issue in urban planning. This study aims to use the Geographic Information System (GIS) and the Analytical Hierarchy Process (AHP) to select the best sites for urban growth in the commune of Tebessa, Algeria. Several factors were used to create the final land suitability map land use, slope, proximity to hydrographic network, and proximity to roads. The results of the study show that the most favorable areas for urban growth in Tebessa represent 30.72% of its total area, while the least favorable areas represent 45.18%. These results confirm that unsuitable and less favorable areas such as forests cover almost half of the municipality of Tebessa, which means that these technologies can help save the ecosystem in marginal areas and create sustainable development in the area.

Key words: GIS, Urban planning, suitability.

## ملخص

يعد تحديد مدى ملاءمة المواقع للنمو الحضري قضية حاسمة في التخطيط الحضري. تهدف هذه الدراسة إلى استخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS) وعملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) لاختيار أفضل مواقع النمو الحضري في بلدية تبسة ، الجزائر. تم استخدام عدة عوامل لإنشاء خريطة ملاءمة الأرض النهائية: استخدام الأرض ، والمنحدر ، والقرب من الشبكة الهيدروغرافية ، والقرب من الطرق. بينت نتائج الدراسة أن أكثر المناطق تفضيلاً للنمو الحضري في تبسة تمثل 30.72٪ من إجمالي مساحتها ، بينما الأقل ملاءمة تمثل 45.18٪. تؤكد هذه النتائج أن المناطق غير المناسبة والأقل ملاءمة مثل الغابات تغطي ما يقرب من نصف بلدية تبسة ، مما يعني أن هذه التقنيات يمكن أن تساعد في إنقاذ النظام البيئي في المناطق الهامشية وخلق تنمية مستدامة في المنطقة.

كلمات مفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية ، التخطيط الحضري، الملائمة.

## Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier **Allah**, le tout-puissant et miséricordieux de nous avoir donné le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Je remercie tout particulièrement Mon encadreur Monsieur **LAOUAR Mohamed Ridda** pour avoir proposé ce thème et d'avoir accepté de m'encadrer et codirigé, et la confiance qu'il m'a accordée, sa disponibilité, ses précieux conseils.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du Département d'informatique.

Un grand merci à ma famille surtout mes parents, qui m'ont aidé à suivre mes études dans les meilleures conditions et qui m'ont toujours soutenue et encouragée sans limite et particulièrement,

Je tiens également à remercier les membres du jury d'avoir accordé de leurs temps précieux pour expertiser mon travail, j'espère qu'ils en soient satisfaits.

À ma famille : mes parents, Mes sœurs et mon frère et mes beaux-frères, mes cousines ... Pour finir, un grand Merci à mes chers amis : Asma, Sifou, Moumouh et Hamza pour leurs encouragements.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail

# Table des matières

<b>Introduction générale .....</b>	<b>12</b>
------------------------------------	-----------

<b>Chapitre I : Planification Urbaine .....</b>	<b>15</b>
---	-----------

I.1 Introduction .....	15
I.2 Définition de la planification .....	15
I.3 Définition de la planification urbaine .....	15
I.4 Objectifs de la planification urbaine .....	16
I.4 Objectifs de la planification urbaine .....	16
I.5 La planification urbaine et participation des acteurs .....	17
I.5.1 Les acteurs politiques.....	17
I.5.2 Les acteurs économiques .....	17
I.5.3 Les associations.....	17
I.5.4 Les usagers.....	17
I.6 Type des documents d'urbanisme .....	18
I.7 Les normes constitutives de la planification urbaine .....	18
I.8 Les principes fondamentaux de la planification urbaine .....	18
I.9 La planification urbaine en Algérie .....	19
I.10 Le système de planification urbaine en Algérie .....	20
I.11 Etat de l'art .....	21
I.12 Conclusion .....	22

<b>Chapitre II : Les Systèmes d'information Géographique SIG .....</b>	<b>23</b>
--	-----------

II.1 Introduction .....	24
II.2 Historique .....	24
II.3 Qu'est-ce qu'un SIG .....	24
II.4 Structure d'un SIG .....	25
II.5 Les composantes d'un SIG .....	26
II.6 Fonctionnalités d'un SIG .....	27
II.7 Domaine d'application des SIG .....	29
II.8 Les Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG .....	30
II.8.1 Le mode vectoriel .....	30
II.8.2 Le mode raster .....	31
II.8.3 Raster VS Vecteur .....	32
II.9 Modèle numérique de terrain (MNT) .....	33
II.9.1 Définition Modèle numérique de terrain (MNT).....	33
II.9.2 Caractéristiques des MNT .....	33
II.9.3 Formats des MNT .....	33
II.9.4 Application du MNT dans la foresterie .....	33
II.11 Les systèmes de télédétection .....	33
II.11 Les domaines d'application de la télédétection .....	34

II.1 Conclusion .....	34
<b>Chapitre III : Aide à la décision Multicritère .....</b>	<b>35</b>
III.1 Introduction : .....	36
III.2 Aide à la décision .....	36
III.3 Méthodes d'Analyse Multicritères .....	37
III.4 Approches d'agrégation pour les problèmes multicritères .....	37
III.4.1 Agrégation complète transitive (Approche du critère unique) .....	38
III.4.2 Agrégation partielle (Approche du surclassement de synthèse) .....	38
III.4.3 Agrégation locale (Approche du jugement local interactif avec itérations) .....	39
III.4.4 Comparaison entre les méthodes d'agrégation .....	39
III.5 Méthode AHP .....	40
III.6 Conclusion .....	42
<b>Chapitre VI: Solution proposée .....</b>	<b>44</b>
IV.1 Introduction .....	45
IV.2 AMC et SIG .....	45
IV.2.1 Limites imposées par l'utilisation séparée des deux outils .....	45
IV.2.2 Le couple SIG-AMC pour l'aménagement du territoire .....	46
IV.3 Description de la zone d'étude .....	47
IV.4 Matériels et méthodes .....	48
IV.4.1 Matériels .....	49
IV.4.1.1 Sources de données .....	49
IV.4.1.2 Logiciel de traitement de données .....	49
IV.4.2 Méthodes .....	49
IV.4.2.1 Développement des facteurs .....	50
IV.4.2.2 Standardisation des facteurs .....	58
IV.5 Analyse et Résultat .....	60
IV.6 Conclusion .....	65
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>66</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>68</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Le système de planification urbaine en Algérie .....	21
<b>Tableau 2:</b> Tableau de synthèse des travaux d'application SIG-AMC .....	21
<b>Tableau 3:</b> Avantages et inconvénients de raster et vecteur .....	32
<b>Tableau 4:</b> Comparaison entre les méthodes d'agrégation .....	39
<b>Tableau 5:</b> Echelle de Saaty .....	41
<b>Tableau 6:</b> Les ratios de cohérence acceptable .....	42
<b>Tableau 7:</b> Les indices de cohérence aléatoire.....	42
<b>Tableau 8:</b> Avantages et inconvénients de SIG et AMC .....	46
<b>Tableau 9:</b> Facteurs pour l'évaluation de l'aptitude du développement urbain .....	49
<b>Tableau 10:</b> Poids des facteurs .....	64
<b>Tableau 11:</b> Explication des cotes d'aptitude des terres utilisées dans l'étude .....	65

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Type des documents d'urbanisme .....	18
<b>Figure 2:</b> Principes de la planification urbaine [MIAT 2005].....	19
<b>Figure 3:</b> Structure d'un SIG .....	25
<b>Figure 4:</b> les Composantes d'un SIG .....	26
<b>Figure 5:</b> Archivage des données géographique .....	28
<b>Figure 6:</b> Analyse des données géographique .....	29
<b>Figure 7:</b> Le Mode vecteur et le Mode Raster de L'information géographique .....	30
<b>Figure 8:</b> les trois grandes formes géométriques .....	31
<b>Figure 9:</b> le mode raster .....	32
<b>Figure 10:</b> les méthodes d'agréations .....	38
<b>Figure 11:</b> zone d'étude .....	48
<b>Figure 12:</b> Flux de travail de la méthode de recherche .....	50
<b>Figure 13:</b> utilisation de Google Earth Engine pour déterminer l'occupation des sols .....	51
<b>Figure 14:</b> code source de l'algorithme de classification .....	51
<b>Figure 15:</b> carte Occupation des sols .....	52
<b>Figure 16:</b> carte Routes Principales .....	53
<b>Figure 17:</b> carte Proximité de la route .....	54
<b>Figure 18:</b> carte pente de la zone d'étude .....	55
<b>Figure 19:</b> carte d'Altitude (MNT) .....	56
<b>Figure 20:</b> les étapes d'obtention du réseau hydrographique utilisant le ModelBuilder ArcGis .....	56
<b>Figure 21:</b> carte réseau hydrographique .....	57
<b>Figure 22:</b> carte proximité des réseaux hydrographiques .....	57
<b>Figure 23:</b> carte occupation des sols – standardisée .....	58
<b>Figure 24:</b> carte proximité des routes - standardisée .....	59
<b>Figure 25:</b> carte pente - standardisée .....	59
<b>Figure 26:</b> carte proximité de réseau hydrographique - standardisée .....	60
<b>Figure 27:</b> choix des paramètres d'analyse .....	61

<b>Figure 28:</b> tableau pairwise et calcul des indicateurs (EasyAHP) .....	62
<b>Figure 29:</b> combinaison linéaire pondérée (EasyAHP) .....	63
<b>Figure 30:</b> Carte finale d'aptitude des terrains urbains .....	64

## **Liste des abréviations :**

**AHP** : Analyse Hiérarchique des Procédés

**AMC** : Analyse Multicritère

**ANP** : Analytic Network Process

**APC** : Assemble Populaire Communale.

**APW**: Assemble Populaire Wilayale

**BD** : Base de Données

**CAO** : Conception Assistée par Ordinateur

**DAO** : Dessin Assisté par Ordinateur

**DEA** : Data Enveloppement Analysis

**FAO** : Food and Agriculture Organization

**IA**: Indice Aléatoire

**IC**: Indice de Cohérence

**MAUT** : Multiple Attribute Utility Theory

**MCE** : Méthode d'évaluation Multicritères

**MNE** : Modèle Numérique d'Elévation

**MNS** : Modèle Numérique de Surface

**MNT**: Modèle Numérique de Terrain

**OSM** : Open Street Map

**PAW** : Plan d'Aménagement de la Wilaya

**PDAU** : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

**PLM** : Programmation Linéaire Multicritères

**POS** : Plan s'Occupation au Sol.

**PSU** : Plan Sommaire d'Urbanisme

**RC** : Ration de Cohérence

**SAW** : Simple Additive Weighting

**SDAU** : Schéma Directeur N'aménagement Et N'urbanisme

**SI** : Système d'Information

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SNAT** : Schéma National d'Aménagement du Territoire

**SRAT** : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire

**TIN** : Triangular Irregular Network

**TOPSIS** : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

**UTA** : Utilities Additives

# **Introduction Générale**

# Introduction Générale

## Introduction général

Les terres urbaines en tant que partie de la surface de la terre ont une activité répétée raisonnablement stable ou prévisible et leur aptitude à l'agriculture, à la colonisation et à l'industrie dépend de ses éléments. En raison de l'augmentation de la population et de la croissance économique, les activités humaines ont des impacts continus sur l'utilisation des terres. Ces impacts pourraient conduire à une série de complexités pour le développement de l'environnement et des ressources en terres

L'analyse de l'aptitude à la croissance urbaine est considérée comme l'une des techniques les plus importantes et les plus efficaces pour identifier les meilleurs emplacements de croissance urbaine. Cette technique utilise différents types de critères et de pondérations. L'évaluation de l'aptitude des terres implique la sélection de sites de développement appropriés via la cartographie de l'indice d'aptitude d'une zone spécifique.

Les techniques SIG sont devenues un outil important pour contrôler et surveiller les changements dans le développement urbain et leur impact sur les écosystèmes. L'analyse de l'aptitude des terres basée sur des environnements SIG est un processus qui vise à identifier les meilleurs emplacements de développement tout en tenant compte de la durabilité environnementale. En définissant l'importance des critères utilisés et en calculant les poids des facteurs, les outils SIG doivent être intégrés à d'autres méthodes pour améliorer les résultats de l'analyse de l'aptitude des terres. L'intégration d'outils SIG et d'analyse décisionnelle multicritères est une approche puissante pour évaluer l'aptitude des terres. Le concept de durabilité conduit généralement à une meilleure analyse de l'adéquation, qui est une opération complexe en raison de divers types de facteurs et de critères qui doivent être pris en compte dans le processus.

L'AHP, est actuellement l'une des techniques importantes d'analyse de l'aptitude des terres. 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. AHP a été intégré aux outils SIG pour identifier l'importance des critères utilisés et pour calculer les poids en utilisant une échelle d'importance et l'avis d'experts. L'AHP est couramment appliqué pour identifier les poids des facteurs d'influence sur la croissance urbaine sur la base des fonctions d'analyse du SIG. L'AHP est également une approche structurée qui peut être utilisée pour des cas complexes de prise de décisions qui incluent des critères concurrents. Les poids des facteurs dans AHP peuvent généralement être identifiés en utilisant des connaissances et des données pilotées. Les poids des facteurs peuvent également être calculés à l'aide d'un questionnaire remis à des spécialistes ayant une expérience considérable dans le domaine de la croissance urbaine et peuvent ensuite être déterminés en utilisant la méthode de comparaison par paires pour mesurer leur importance relative les uns par rapport aux autres.

Le principal défi dans l'application de ce modèle est que AHP a besoin des bons experts possédant les connaissances et l'expérience les plus étendues dans les domaines de l'analyse et de l'application de l'adéquation pour juger les facteurs en fonction de leur importance et de leur

## **Introduction Générale**

poids. Il est généralement difficile d'identifier les poids relatifs des facteurs utilisés dans l'analyse de l'aptitude des terres. Ainsi, l'utilisation d'une technique qui a une capacité puissante pour identifier les poids est importante. L'AHP est l'une des techniques importantes utilisées pour analyser les problèmes liés à la nature spatiale.

Cette étude vise à intégrer les techniques SIG à un Processus de Hiérarchie Analytique (AHP) afin de développer une carte finale d'aptitude foncière basée à la fois sur les forces motrices de la croissance urbaine et l'importance de chaque critère.

# **Chapitre I :**

## **Planification Urbaine**

# Chapitre I : Planification Urbaine

## I.1 Introduction :

L'environnement urbain est un aspect fondamental du monde. La conception de cet environnement devient très difficile Parce que l'aménagement du sol doit répondre à divers besoins, tels que l'agriculture, la protection de l'environnement, la vie sociale, les activités économiques et financières. En effet, ce développement est assuré par une discipline appelée : Planification urbaine. La planification urbaine est un ensemble d'outils et des moyens permettant de mettre en œuvre des orientations départementales et de simplifier la gestion de la ville en définissant des objectifs, des principes de développement et des projets d'urbanisme. Par conséquent, la planification urbaine est un élément important et un moteur du processus de développement urbain. Dans ce chapitre, nous donnerons un aperçu de l'environnement urbain, en nous concentrant sur les différents aspects, objectifs et la planification urbaine en Algérie.

## I.2 Définition de la planification :

**Planifier :** Organisé selon un plan et des méthodes déterminées : Planifie l'économie, planifie les naissances.

**Planification :** un processus consistant à formuler, à présenter et à préconiser des plans et des programmes conçus (bref et dense) spécifiquement pour une unité administrative ou gouvernementale.

**Son objectif :** est de fournir des recommandations informées aux pouvoirs exécutifs sur les décisions du futur. La planification peut s'appliquer à plusieurs domaines, a la planification régionale, a la formulation d'une politique du logement, à l'élaboration d'un système des services sociaux, au domaine d'urbanisme.

## I.3 Définition de la planification urbaine :

Le dictionnaire d'urbanisme et d'aménagement, qui le définit comme étant un "Ensemble d'étude, de démarches, voire de procédures juridiques ou financières, qui permettent aux collectivités publiques de connaître l'évolution des milieux urbains, de définir des hypothèses d'aménagement concernant à la fois l'ampleur, la nature et la localisation des développements urbains et des espaces à protéger, puis d'intervenir dans la mise en œuvre des options retenues. Les documents d'urbanisme, dans ce contexte, font partie de la planification urbaine."

Selon Henri Derycke [1], qui est un chercheur économiste, "Pour assurer le développement des villes effacer l'urbanisme chaotique, la planification urbaine réduit les erreurs et les aléas que recèle le futur, dans une démarche prospective qui s'appuie sur les prévisions futures, elle définit des procédures et s'assigne des objectifs et désigne des instruments pour les atteindre. Ces plans d'urbanisme qui sont l'un des outils de la planification sont réducteurs des effets néfastes de l'urbanisation. La planification urbaine par ses instruments qui s'appelle le plan, la prospective, la recherche opérationnelle et la liste sans doute n'est pas close est un réducteur d'incertitude, il ne s'agit pas de deviner l'avenir, mais de contribuer à le construire."

"Le terme planification désigne principalement les politiques d'aménagement aux niveaux territorial et urbain et sous-tend l'existence d'une politique et des instruments de cette politique

# Chapitre I : Planification Urbaine

(plans d'urbanisme). C'est le terme qui convient le mieux pour caractériser l'urbanisme bureaucratique et réglementaire, encore largement pratiqué de nos jours, fondé sur le respect de règles strictes et d'instruments réglementaires et de programmation, et qui produit une abondante documentation (plans et règlements) pour la gestion de la croissance urbaine." [2]

La planification urbaine couvre de nombreux domaines de la physique et de la sociologie. Nous avons introduit la population, l'emploi, l'habitat, l'utilisation des terres, les services publics, le budget, l'environnement, les transports... etc. [3]. Henderson [4] a souligné que ces activités planifiées ont les quatre caractéristiques communes suivantes:

- a. **La planification est orientée vers l'avenir** : Les décisions prises au cours du processus de planification sont généralement prises d'une manière qui affecte l'état futur de l'environnement.
- b. **La planification concerne la définition et l'évaluation des solutions alternatives pour résoudre les problèmes** : Cela est profondément enraciné dans la théorie de la planification rationnelle basée sur la pratique actuelle de la planification. Elle se repose sur le principe suivant: si aucune solution alternative n'est trouvée à des fins de comparaison et d'évaluation, il est difficile de maintenir la stratégie choisie et cette dernière est jugée correcte.
- c. **La planification est politique** : Chaque décision de planification publique est prise dans un environnement politique. Il est important de comprendre que la plupart des activités de planification impliquent l'utilisation ou la réglementation de la terre d'une manière ou d'une autre, et toute terre appartenant à quelqu'un vous donne des droits, et surtout, le droit à une compensation équitable pour la terre.
- d. **La planification a une responsabilité particulière** pour représenter les besoins des minorités : les personnes handicapées, pauvres et les groupes sous-représentés. Les planificateurs doivent prêter une attention particulière aux besoins de ces groupes dans le cadre de leur code professionnel de déontologie.

## I.4 Objectifs de la planification urbaine :

La réalisation de l'objectif du développement urbain est essentiellement un défi politique. La planification urbaine reflète le désir d'intégration entre différents groupes d'intérêt, de coordination interdisciplinaire et de collaboration. Ce qui suit résume les objectifs de la planification territoriale urbaine

- La planification urbaine doit coordonner les différentes fonctions du sol.
- Pour parvenir à un développement durable, c'est-à-dire à la durabilité, la planification urbaine doit inclure les principes de prévention ou même de préparation aux catastrophes, de développement socio-économique régional équilibré et d'amélioration de la qualité. Vie et protection.
- La planification urbaine doit coordonner les tâches et résoudre les problèmes tels que les conflits d'utilisation.
- Il peut non seulement légaliser les terrains à bâtir, mais aussi fournir des méthodes complètes d'urbanisation, de transport, d'environnement, de nature, d'économie ...

# **Chapitre I : Planification Urbaine**

## **I.5 La planification urbaine et participation des acteurs**

Pour assurer un développement urbain cohérent et réussi et rendre la planification urbaine plus effective il faut un développement de grands projets, aussi la création des stratégies efficaces visant le futur de nos villes et des citoyens et enfin la planification de l'usage du sol. Cette cohérence est assurée par la multiplication et la collaboration des acteurs de la ville. Ces acteurs sont représentés selon leurs statuts [5] :

### **I.5.1 Les acteurs politiques**

Ils sont représentés par l'Etat avec ses départements sectoriels les collectivités locales. Ils sont devenus indispensables par leur intervention dans toutes les actions urbaines. Leur rôle est de définir les règles et les plans d'urbanisme et assurer leur application sur le terrain.

### **I.5.2 Les acteurs économiques**

Il s'agit des entreprises économiques privées ou étatiques de diverses tailles (petites, moyennes ou grandes) qui participent au développement de la ville. Leur implication en matière d'élaboration des documents d'urbanisme se résume dans la phase d'aménagement où ils interviennent en leur qualité de propriétaires de disponibilités foncières.

### **I.5.3 Les associations**

Ce sont des groupes de citoyens activant dans des domaines différents (culturelles, espaces verts, protection de l'environnement, ...). Elles sont nées pour défendre leurs droits et désirs et elles ont la capacité de s'opposer à plusieurs actions urbaines.

### **I.5.4 Les usagers**

L'utilisateur est un acteur principal dans toute action urbaine. Mais avant, il a été considéré comme donnée géographique dans la réflexion programmatrice, et tantôt un simple figurant obéissant sans aucun droit. Actuellement avec l'avancée des expériences dans le monde leur implication dans les études d'urbanisme est affirmée avec succès.

Ces acteurs doivent travailler d'une manière à assurer un climat démocrate dans les actions urbaines et l'élaboration des documents qui régissent ces actions. [5]

## **I.6 Type des documents d'urbanisme**

# Chapitre I : Planification Urbaine

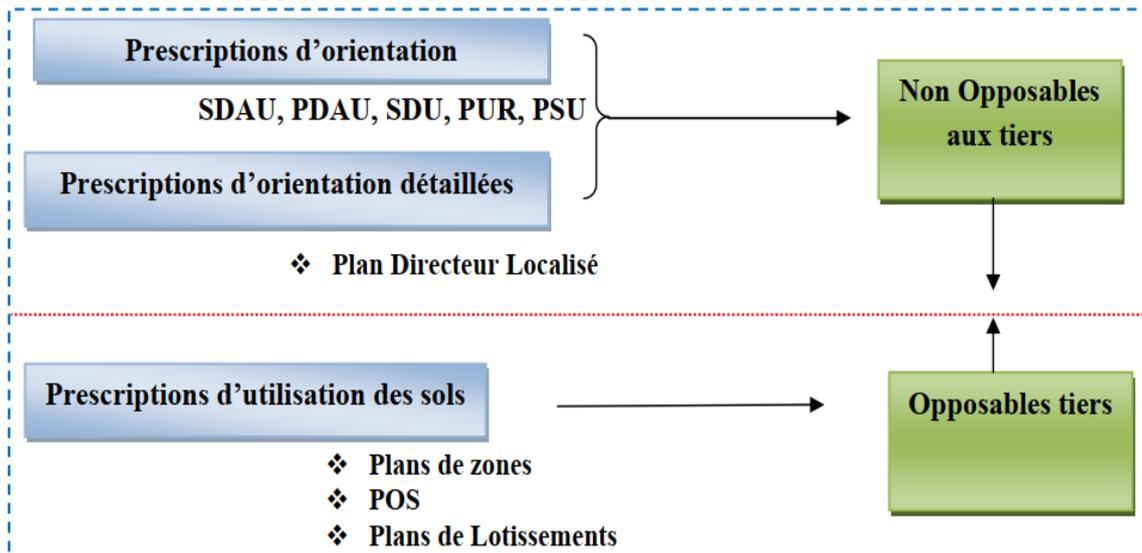


Figure 1 : Type des documents d'urbanisme [6]

## I.7 Les normes constitutives de la planification urbaine

- a. **Les plans** : sont une famille de documents qui déterminent la manière dont on veut utiliser et structurer le territoire. Ils se présentent, comme leur nom l'indique, sous une forme graphique, à laquelle sont jointes une ou plusieurs notes littérales. Les plans ont une force obligatoire et valeur réglementaire.
- b- **Un schéma** : est un document d'orientation stratégique pour la planification d'un territoire ou d'une partie de territoire : il fournit une idée de la manière dont devrait se développer le territoire selon une série d'objectifs fixés dans l'intérêt général de la collectivité concernée. Les schémas ont pour caractéristique d'être flexibles et évolutifs. Ils ne sont pas strictement contraignant (les pouvoirs publics peuvent s'écarter des dispositions d'un schéma moyennant due motivation) et constitue donc avant tout des outils d'aide à la décision.
- c- **Les règlements** : La deuxième famille de documents à caractère normatif est celle des règlements. Il s'agit de recueils de dispositions contraignant à caractère technique et ou esthétique, qui peuvent être élaborés à l'initiative de la région, de la wilaya ou de la commune.

## I.8 Les principes fondamentaux de la planification urbaine

La planification urbaine s'appuie sur trois grands principes : la coordination, la coopération et la participation : [7]

### - La coordination

Une des principales missions de la planification territoriale urbaine, elle consiste à coordonner les différentes demandes formulées en matière d'affectation des sols compte tenu de ses propres objectifs et des exigences des politiques sectorielles. La coordination a pour but de synchroniser les actions dans le temps en exploitant un référentiel temporel commun, et à gérer la cohérence des actions individuelles par rapport à l'ensemble des activités.

# Chapitre I : Planification Urbaine

## - La coopération

La coopération est une action collective par laquelle des sujets contribuent à un même résultat. C'est aussi un moyen de dépasser les limites de l'action individuelle. En ce sens, les processus optant pour un mode de fonctionnement coopératif attendent en retour une minimisation des risques et une réduction de l'incertitude.

En qualité de politique transversale interdisciplinaire, la planification territoriale urbaine est souvent confrontée à divers problèmes résultant de la compartimentation entre compétences, niveaux d'organisation et secteurs. La coordination, telle qu'elle est décrite ci-dessus ne peut être garantie que si les acteurs concernés sont disposés à surmonter cette compartimentation et à s'intégrer dans une démarche commune.

## - La participation

La participation est un moyen indispensable pour la validation d'un projet en planification urbaine. Elle permet l'intégration des différents acteurs (individus ou groupes) pour aider le décideur à établir un choix et améliorer les procédures décisionnelles.

Les trois principes fondamentaux sur lesquels s'articule la planification urbaine sont modélisés sur la Figure

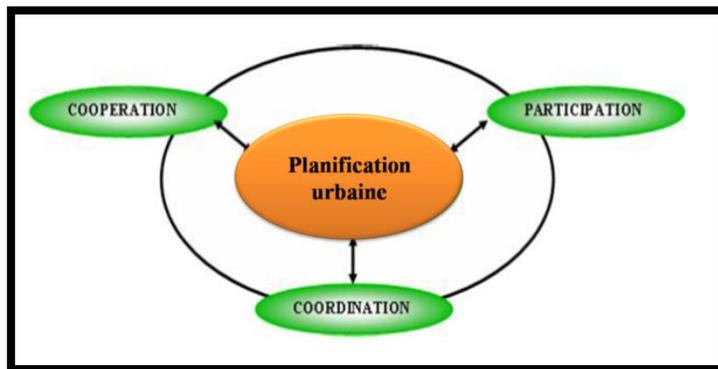


Figure 2: Principes de la planification urbaine [MIAT 2005]

## I.9 La planification urbaine en Algérie

L'Algérie est classée deuxième pays le plus grand géographiquement en Afrique. Toutefois elle occupe peu son l'espace. En effet il y a une armature urbaine déséquilibrée, une population de plus en plus concentrée au nord du pays en plus la croissance urbaine importante et anarchique générant des difficultés de gestion, un déficit chronique en matière de transport, d'habitat et d'équipements.

Afin d'atteindre cette situation, l'Algérie a tracé une nouvelle vision de la planification urbaine visant plusieurs buts : [8]

- Assurer un développement harmonieux et durable de l'ensemble du territoire national, alliant l'efficacité économique, l'équité sociale, la promotion de l'homme et la protection de l'environnement.
- Compenser les handicaps naturels et géographiques des régions et des territoires.

## Chapitre I : Planification Urbaine

- Protéger les territoires et les populations contre les risques liés aux aléas naturels et technologiques.
- Promouvoir les potentialités et les avantages comparatifs de chaque espace.
- Organiser la croissance des villes et favoriser le développement qualitatif des agglomérations.

### I.10 Le système de planification urbaine en Algérie

Les lois	Aménagement du territoire 87/03 du 27/01/1987	Aménagement et urbanisme 90/29 du 01/12/1990	Code de Wilaya 81/02	Code communal 81/03
<b>Instruments</b>	SNAT SRAT	PDAU POS	PAW	PAC
<b>Les objectifs</b>	- Equilibre régional - Coordination inter sectorielle et inter régionale. - Optimisation ressources	- Orientation de l'aménagement - Rationalisation de l'utilisation du sol	- Développement de la Wilaya	- Développement de la commune
<b>Les contenu</b>	- Schéma - Orientation	- Aménagement - Règlement. - Document graphique	- Vocation et fonction de la Wilaya	- Vocation et fonction de la commune
<b>Les critères</b>	- Politiques sectorielles (hydraulique, transport et tourisme) - Ressources, humaines naturelles	- Opposabilité au tiers - Population économie sociale - Composition urbaine - Architecture	- Orientations générales du SNAT, du SRAT et de la loi sur l'aménagement	- Orientations générales du SNAT, du SRAT et du PAW
<b>Les échelles</b>	Nationale Régionale	Communale	Wilayale	Communale
<b>Elaboration</b>	- Structures chargées de l'aménagement du territoire en liaison concernées	- APC - Wali (APW) - Ministres urbanisme collectivités locales	- APW - Wali	- APC - (APW, Wali)
<b>Approbation</b>	- Conseil des ministres	- APC - Wali (APW) - Ministres urbanisme collectivités locales	- APW - Wali	- APC - (APW , Wali)
<b>Gestion</b>	Sectorielle	Communale	Par Wilaya	Communale

**Tableau 1 : Le système de planification urbaine en Algérie [9]**

# Chapitre I : Planification Urbaine

## I.11 Etat de l'art sur l'utilisation des SIG et l'Analyse Multicritère

La quantité et la diversité des problèmes décisionnels à référence spatiale conduit à la croissance et au développement des recherches sur l'approche SIG-AMC. **Malczewski, (2006)** souligne que dans la synergie des recherches sur les SIG d'une part et sur l'AMC d'autre part que les recherches théoriques et pratiques sur l'intégration SIG-AMC avancent. Nous présentons dans cette section un tour d'horizon sur les travaux théoriques et sur les applications qui utilisent l'approche selon le domaine d'utilisation

### ➤ L'utilisation du SIG-AMC pour l'aide à la décision en agriculture urbaine

Les travaux de thèse réalisés par Kedowide [10] ont mis en lumière l'importance d'associer les systèmes d'information géographique avec les méthodes d'analyse multicritère. Son application au cas de l'agriculture urbaine dans les pays en développement (cas de Ouagadougou au Burkina Faso) a montré comment l'aide multicritère à la décision vient compléter les fonctionnalités des SIG pour former un véritable outil d'aide à la décision. Dans son développement, Kedowide met en exergue cette complémentarité où le SIG, par ses capacités analytiques, permet la création des cartes de critères, et l'AMC, utilisé pour l'agrégation des couches de critère, permet une définition précise de la pondération, au regard des volontés politiques et des critères subjectifs que présentent les problèmes d'aménagement du territoire. Le logiciel utilisé dans ces travaux est le logiciel Idrisi; il est un des rares logiciels à avoir intégré depuis plusieurs années des fonctions d'évaluation multicritère (EMC) pour le choix de la méthode d'analyse multicritère et propose une interface dynamique permettant d'intégrer la composante spatiale à l'intérieur de l'analyse. La méthode d'agrégation utilisée par Kedowide était basée sur l'analyse multicritère hiérarchique (AHP) et la méthode de Saaty qui lui a permis de générer une carte d'aptitude permettant de révéler quelles surfaces urbaines possédaient le potentiel pour de l'agriculture urbaine.

### ➤ Les travaux entrepris avec Qgis

Comme nous l'avons introduit précédemment, la « démocratisation » des logiciels libres, en particulier dans le secteur de la géomatique, procure aux utilisateurs la possibilité de participer eux même à l'intégration et à l'implémentation de nouvelles fonctionnalités. Nous remarquons ainsi que la volonté d'intégration du couple SIGAMC est bien présente dans la communauté des géomaticiens et des acteurs de l'aménagement territorial. Les récents travaux de (Sobrie et al., 2013) sur « l'intégration de la méthode d'aide à la décision ELECTRE TRI dans un système d'information géographique open source » illustrent cette volonté. En utilisant comme support le logiciel Qgis, ils ont ainsi montré l'intérêt que portent les utilisateurs à cette solution libre. Depuis la version 2.0 (Dufour) Bilgin M.S. a développé un plugin nommé « EasyAHP » qui permet d'effectuer l'agrégation de certaines cartes de critères au format raster, la méthode de Saaty y est implémentée et permet la comparaison binaire de critères. Cette solution est particulièrement adaptée lorsque le problème possède une structure hiérarchique (comme dans notre cas), néanmoins la manipulation du plugin « Easy AHP » nécessite une bonne connaissance théorique de la méthode. Il impose au préalable une standardisation « manuelle »

## Chapitre I : Planification Urbaine

des critères afin de les rendre comparables sans quoi les résultats risqueraient de comporter des biais.

### ➤ **Intégration du SIG et de AHP pour l'aide dans la planification urbaine : étude de cas de la province de Khemisset, Maroc [11] :**

Les chercheurs El Amraoui et al ont fait un projet au niveau d'une région marocaine. Ce travail s'inscrit dans une démarche de réflexion qui vise à enrichir la compréhension du processus de programmation des ressources foncières pour les besoins de l'urbanisation. Il a pour objectif la présentation d'un modèle, basé sur une utilisation combinée de la méthode de l'analyse hiérarchique multicritères (AHP) et des systèmes d'information géographiques (SIG). Le processus adopté a montré sa pertinence pour interpréter les problèmes spatiaux complexes. La détermination des critères associés aux objectifs escomptés et la cartographie des données attributaires et géographiques à l'échelle de la province de Khémisset ont permis d'hiérarchiser les indicateurs identifiés, d'évaluer quantitativement le phénomène et de comparer les différents scénarios d'aménagement des zones objet du périmètre d'étude. Cette quantification est obtenue par simulation spatialisée à travers le croisement des données et l'agrégation multicritère suivant la méthode AHP et l'approche de la somme pondérée (WSM) pour modéliser de façon participative les facteurs selon leur poids respectif. Le processus adopté a offert aussi la possibilité de représenter sur des atlas l'utilisation du sol propice pour l'urbanisation et d'assister les spécialistes sur le choix de la destination et la vocation urbanistique des terrains : zones à ouvrir pour l'urbanisation, à préserver ou à sauvegarder.

## Chapitre I : Planification Urbaine

Auteur	Titre	Méthode	Année
Marinoni O	“A stochastic spatial decision support system based on PROMETHEE”, International Journal of Geographical Information Science	PROMETHEE	2005
Meng, Jacek. Malczewski et Soheil Boroushaki	“A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development: A Case Study in Canmore, Alberta”, Journal of Geographic Information System	AHP	2011
Joerin.F et A. Musy	“Land management with gis and multicriteria analysis”, International Transactions on Operational Research	ELECTRE TRI	2000
Can A	“Residential quality assessment : Alternative approaches using GIS” , In M.M. Fischer and P. Nijkamp, editors, Geographic Information Systems, Spatial Modelling and Policy valuation	ELECTRE I	1993
Banai R	Fuzziness in geographical information systems: Contributions from the analytical hierarchy process”, International Journal of Geographical Information Systems	AHP	1993
Khalid.E	“,A COM-based Spatial Decision Support for Industrial Site Selection”, Journal of Geographic Information and Decision Analysis	AHP	2003
Younsi Fatima Zohra, Djamila Hamdadoul et Bouziane Beldjilal	« Proposition d’un Système Interactif d’Aide à la Décision Spatiale : Télédétection, SIG et Analyse Multicritère, 12p, Département d’informatique, Faculté de Sciences, Université d’Oran	ELECTRE III	2009
Omar Boutkhoul, Mohamed Hanine, Tarik Agouti et Abdessadek Tikniouine	“, “An improved hybrid multi-criteria multidimensional model for strategic industrial location selection: Casablanca industrial zones as a case study”	FAHP	2015
Valentina.F et Silvia.P	“Integrating Multicriteria Analysis and Geographic Information Systems for studying ecological corridors in the Piedmont Region” ,presented at the 74th Meeting of the European Working Group, Multiple Criteria Decision Aiding	ANP(AHP)	2011

Tableau 2 : Tableau de synthèse des travaux d’application SIG-AMC

TAIBI Aissa thèse FOUILLE DE DONNEES EN EPIDIMIOLPOGIE SPATIAL : CONTRIBUTION A LA SELECTION DES SITES INDUSTRIELS 2018

# **Chapitre I : Planification Urbaine**

## **I.11 Conclusion**

La planification urbaine comprend des mécanismes conscients pour divers comportements et mouvements, qui aident à changer la ville et à déterminer son développement. L'application de ce dernier consiste à connaître l'aptitude des sites. Des anciennes approches consistaient à étudier cette aptitudes d'une façon non-détaillé. Ce problème peut être résolu en intégrant des méthodes SIG et d'évaluation multicritères (MCE). Parmi les diverses méthodes MCE, le processus de hiérarchie analytique (AHP) est une technique multicritères bien connue qui a été incorporée dans les procédures d'aptitude basées sur le SIG pour obtenir les pondérations requises pour différents critères.

# **Chapitre II :**

## **Systeme d'Information Géographique (SIG)**

# Chapitre II : SIG

## II.1 Introduction

L'information géographique<sup>1</sup> peut être représentée sous forme de cartes, de plans, mais aussi de photographies aériennes ou d'images satellitaires. Jusqu'à l'apparition des systèmes d'information géographique (SIG), les cartes possédaient des inconvénients importants, qui devenaient de plus en plus lourds dans le contexte de l'augmentation du nombre d'information et leur renouvellement de plus en plus rapide : fabrication longue et coûteuse, limitation de l'information mobilisée, impossibilité de réactualiser le document directement, difficulté de combiner des cartes entre elles ... Dans le cadre du développement des systèmes d'information (SI), les SIG offrent une réponse technique et méthodologique à ce changement de contexte.

## II.2 Historique

L'évolution et la diffusion des SIG dans la science de l'aménagement du territoire sont à mettre en lien avec les développements de la technologie informatique, de la conscience environnementale et des nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires.

Les SIG [12] sont apparus [13] [14] dans les années soixante-dix [15]. Particulièrement depuis le sommet de la terre à Rio de Janeiro en 1992, a lieu une prise de conscience des problèmes environnementaux à toutes les échelles.

Le développement des SIG est étroitement lié à celui de l'informatique. Maguire et al [16] distinguent trois périodes principales :

- Période 1950-1970: début de l'informatique, premières applications de la cartographie automatique.
- Période 1970-1980: diffusion des outils de cartographie automatique, SIG dans les organismes d'Etat (armée, cadastre, services topographiques ...).
- 1980 à ce jour: croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, applications sur Internet).

## II.3 Qu'est-ce qu'un SIG

Plusieurs aspects sont sous-jacents à la notion de SIG [17] [18].

L'information qui est la donnée. Le géographique, qui qualifie cette information, en la supposant localisée dans l'espace. Le système qui sous-entend que cette information est organisée au sein d'un système informatique. D'où la signification des SIG varie selon le niveau de perception : informaticien, utilisateur et décideurs plusieurs définitions sont alors possibles :

- Un SIG est un ensemble informatique constitué de hardware, software et de méthodes destiné à assurer la saisie, l'exploitation, l'analyse et la représentation de la données géoréférencées pour résoudre un problème de planification et de gestion.

- Un SIG peut être défini comme un ensemble de coordonnées d'opérations généralement informatisées destinées à transcrire et à utiliser des données géographiques sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes sources accessibles: bases de données, savoir-faire, capacité de traitement selon les applications demandées.
- Le SIG est l'ensemble des matériels et logiciels informatiques ainsi que des données géographiques avec lesquels les utilisateurs interagissent pour intégrer, analyser et visualiser les données, identifier les relations, les schémas et les tendances et trouver des solutions aux problèmes. Ce système est destiné à la capture, au stockage, à la mise à jour, à la manipulation, à l'analyse et à l'affichage des informations géographiques. Un SIG sert habituellement à représenter des cartes sous forme de couches de données qui peuvent être étudiées et utilisées à des fins d'analyse [19].

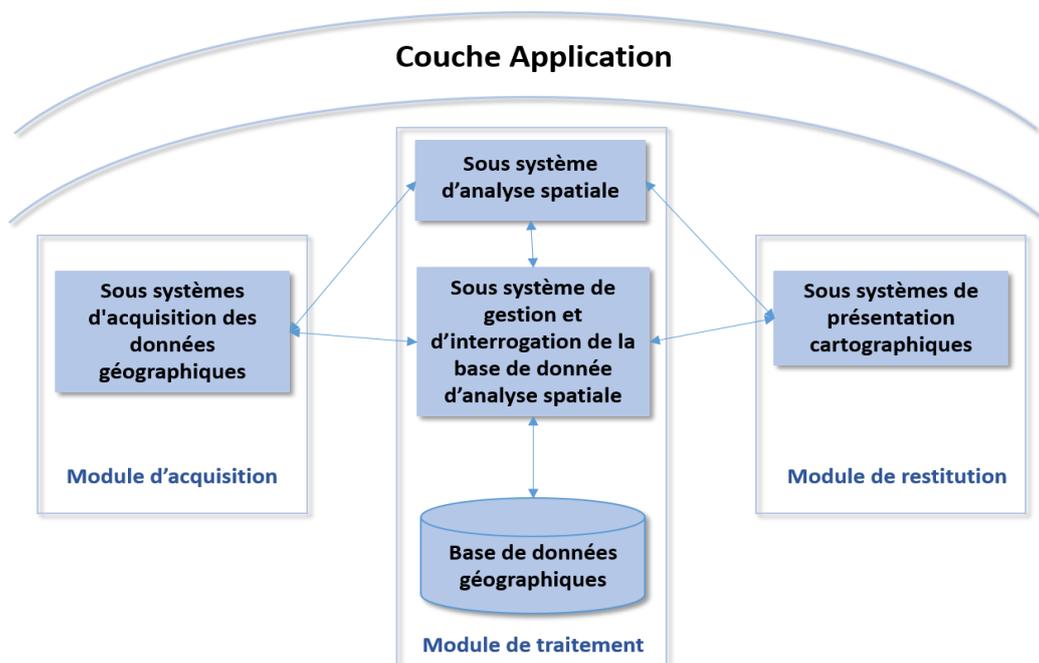
### ▪ Information Géographique

Toute information relative à un point ou à ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre (J.-M. Robbez Masson, 1996).

## II.4 Structure d'un SIG

La figure suivante met en évidence quatre groupes de fonctionnalité au-dessous d'une couche application :

- L'acquisition des données géographiques d'origines diverses.
- La gestion pour le stockage et la recherche des données.
- L'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation.
- La présentation des résultats sous forme cartographiquement.



**Figure 3:** Structure d'un SIG

## Chapitre II : SIG

Les fonctionnalités dans chacun de ces groupes peuvent être plus ou moins complètes pas nécessairement besoin de la totalité de ces fonctions.

### II.5 Les composantes d'un SIG

Au plan le plus simple et indépendamment de la chaîne de production des données géographiques qui repose sur des mécanismes industriels, il nous paraît, possible de distinguer cinq (05) composantes majeures dans les SIG [20] :



Figure 4 : les Composantes d'un SIG

- **Matériel (Hardware)**

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

- **Logiciels (Software)**

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Principaux composants logiciel d'un SIG : Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques Système de gestion de base de données Outils géographiques de requête, analyse et visualisation. Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile

## Chapitre II : SIG

- **Données (Information Géographique)**

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

- **Utilisateurs (Ressource Humaines)**

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

- **Méthodes (Procédures)**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

### II.6 Fonctionnalités d'un SIG

Les SIG peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on trouve dans chaque système regrouper en 05 familles sous le terme de « 5A » pour : **Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse** [21]

#### a- **Abstraction**

Les SIG utilisés pour réaliser des descriptions du territoire permettent d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique.

Ces informations que certains sont des représentations (Modélisations) d'éléments ou de phénomènes existants cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité d'une manière compréhensible pour répondre à des objectifs donnés.

Il est nécessaire donc de préciser les éléments sur lesquels on doit disposer de l'information et la nature de celle-ci, en plus leur dessin est effectué en respectant des règles sémiologiques destinées à faire percevoir facilement un maximum d'information aux lecteurs (de la carte)

En modélisant on doit prendre en compte les objectifs attendus du système d'information. Pour cela les méthodes utilisées pour la réalisation des systèmes d'informations « classique » sont valables et doivent préciser les attentes (que veut-on faire ?) et les problèmes concrets (avec quoi ?).

## Chapitre II : SIG

### b- Acquisition

Les éléments que doit contenir le système sont connus dès que le model conceptuel est établi et que sont précisées les informations géographiques et sémantiques nécessaire. Les données doivent ensuite être intégrées et doivent répondre aux exigences de qualité induites pas les objectifs à attendre.

Ces données peuvent provenir de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou de traitement particuliers comme des images satellitaires par exemple. Les données peuvent être de quatre types différents selon la géométrie qui leur est associée : les données raster, les données vecteurs, les grilles ou MNT (Modélisation Numérique du Terrain) et les données sans géométrie.

### c- Archivage

Ce module c'appuie sur le support de stockage d'informations, pour les données sémantiques que pour les données graphiques, l'utilisation d'un logiciel de CAO/DAO et une alternative possible pour gérer ces dernières données Les fonctions d'interrogation sont traitées pas un langage assertionnel qui transforme les termes de la requête de l'utilisateur en élément algèbre relationnel.

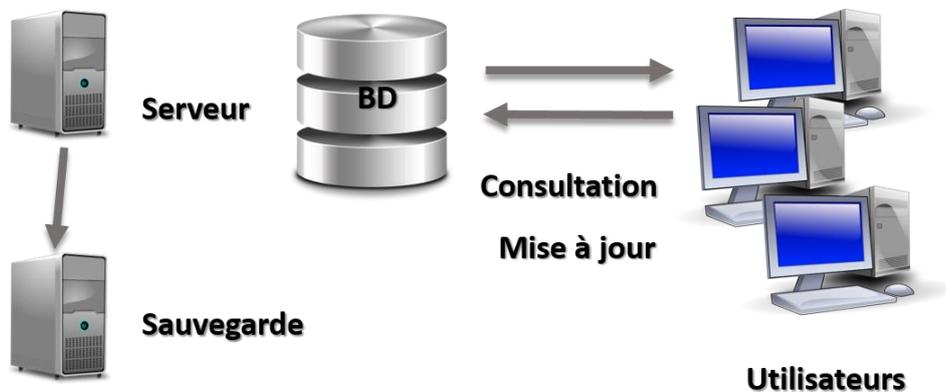


Figure 5: Archivage des données géographiques

### d- Affichage

Ce module intègre tous les outils de restitution des traitements, leur réalisation tient dans la matérialisation physique des phénomènes spatiaux, et de leur interaction avec les données sémantiques, un mode hypertexte peut être retenu.

### e- Analyse

Ce module contient les fonctions qui différencient les SIG entre eux. Les données contenues dans un SIG décrivent un terrain, et donc permettent d'appréhender les événements potentiels pouvant survenir. L'utilisation des données dans la résolution de problématiques variées valorisera d'avantage un système d'information. Les principales possibilités offertes par la mise

## Chapitre II : SIG

à disposition de renseignements sémantiques concernant la mise en relation mutuelle d'objets localisés ayant certaines propriétés.

Les différentes relations que l'on peut mettre en œuvre concernant la proximité (trouver les objets proches d'un autre), la topologie (objets jointifs, inclus, partiellement inclus, exclus) ou la forme (taille, type). Comme les objets possèdent aussi des attributs traduisant des propriétés autres que géométrique, les analyses faites dans les systèmes d'informations classique, c'est-à-dire sans utiliser de fonction géométrique, peuvent être réalisées. Il est ensuite naturel d'utiliser une analyse complète.

Il est ainsi possible de rechercher les objets ayant certaines propriétés situées dans une zone donnée ou à une distance maximale d'un lieu fixé. Les informations supplémentaires amenées par les propriétés géométriques sont utilisées pour effectuer des traitements complexes qui affinent des analyses et qui accélèrent leur mise à dispositions car elles peuvent souvent être réalisées avec un seul outil

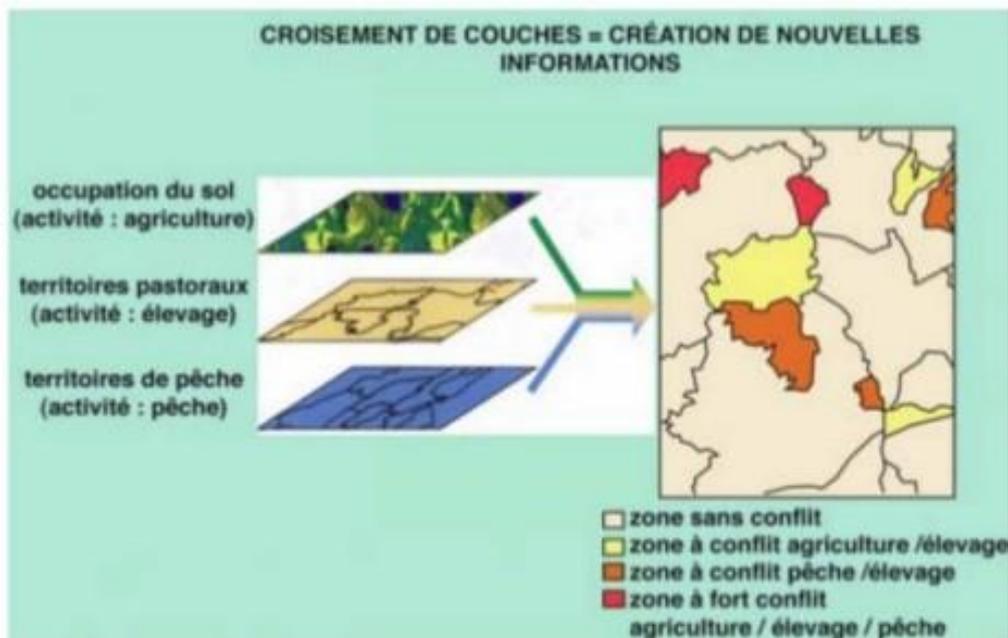


Figure 6: Analyse des données géographiques

### II.7 Domaine d'application des SIG

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme diversifiée de phénomènes :

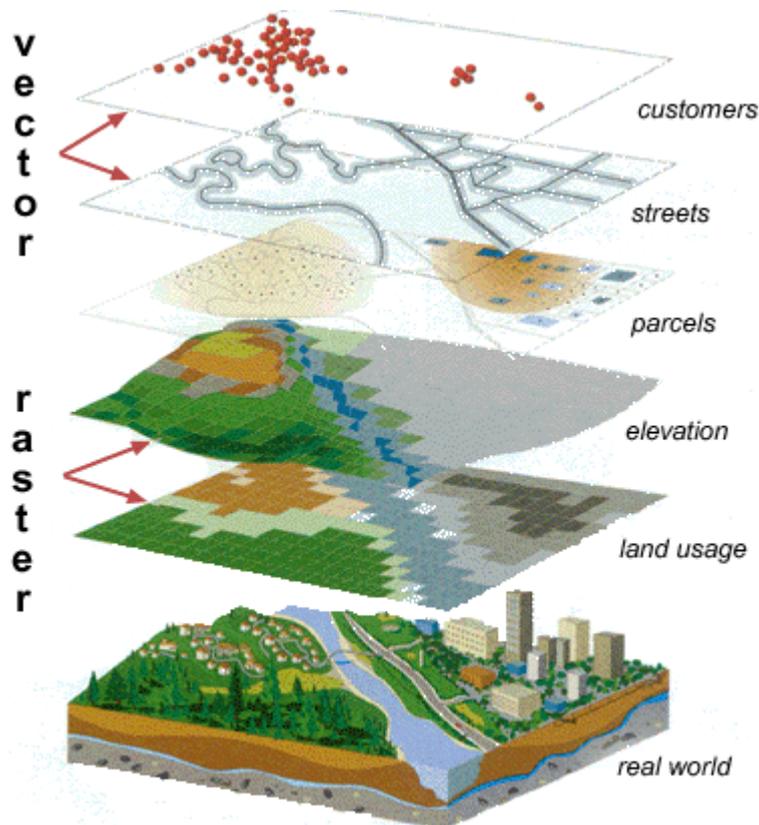
- **Ressources naturelles:** protection des zones humides, études d'impact environnemental, évaluation du potentiel panoramique, gestion des produits dangereux, modélisation des eaux souterraines et dépistage des contaminants, études des habitats fauniques et des migrations, recherche du potentiel minier, etc.
- **Études urbaines:** localisation à partir des adresses civiques, planification des transports, développement de plan d'évacuation, sélection de sites, planification et distribution des flux de véhicules, localisation des accidents, sélection d'itinéraires, etc.

## Chapitre II : SIG

- **Administration municipale:** gestion du cadastre, zonage, évaluation foncière, gestion de la qualité des eaux, entretien des infrastructures, études d'impact environnemental, schémas d'aménagement, etc.
- **Gestion des installations et des réseaux:** localisation des câbles et tuyaux souterrains, rééquilibrage des réseaux électriques, planification et entretien des installations, localisation des dépenses énergétiques, etc.
- **Affaires:** études de marchés, planification des développements et localisation des clientèles visées, analyse de la concurrence et des tendances du marché, etc.
- **Santé:** épidémiologie, répartition et évolution des maladies et des décès, distribution des services sociaux-sanitaires, plans d'urgence, etc.
- **Protection de l'environnement:** étude des changements globaux, suivi des changements climatiques, biologiques, morphologiques, océaniques, etc.

### II.8 Les Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG

L'information géographique est représentée en deux modes : [20] le mode vectoriel et le mode raster .



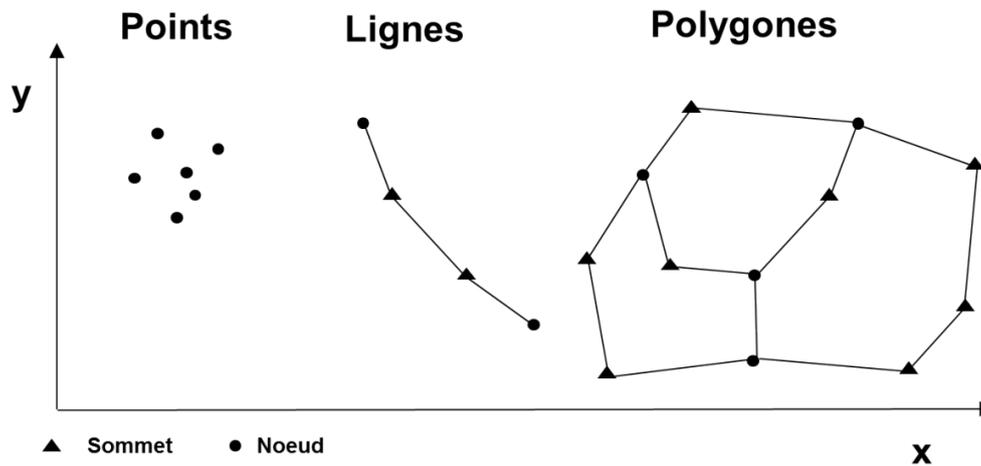
**Figure 7:** Le Mode vecteur et le Mode Raster de L'information géographique

#### II.8.1 Le mode vectoriel

Le mode vectoriel correspond à une vue discrète du monde, constitué d'entités distinctes, contrairement au mode **raster** qui correspond à un modèle continu. Dans le mode vecteur les **entités** du monde réel sont traduites au moyen de formes géométriques exprimant leur contour. Il existe trois grandes formes de base :

## Chapitre II : SIG

- les points,
- les lignes et
- les polygones



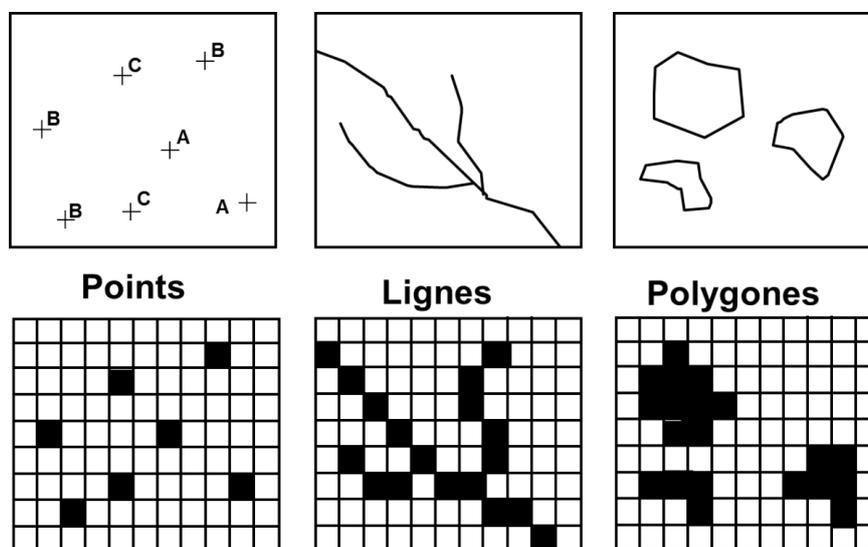
**Figure 8:** Les trois grandes formes géométriques

Ces formes se traduisent numériquement par des paires de **coordonnées** (x,y) ou des triplets (x,y,z) dans les SIG 3D.

Les structures vectorielles peuvent être plus ou moins complexes. Si les relations géométriques de contiguïté et de connexion ne sont pas prises en compte, on parle d'un modèle spaghetti.

### II.8.2 Le mode raster

Le mode **raster** ou maillé représente l'espace selon un maillage régulier appliqué sur la surface terrestre. Ce maillage se fait sous forme d'une grille formée de cellules de taille prédéterminée auxquelles sont attribuées des valeurs spécifiques.



**Figure 9:** Le mode raster

## Chapitre II : SIG

A chaque cellule est attribuée une valeur qui peut correspondre à une mesure (pollution, altitude), à une catégorie (type de végétation), à l'identifiant d'un objet (code d'une commune, barrage numéro d'une route, d'une école), à un code couleur issu du scan d'une carte topographique ou à une valeur mesurée par un capteur placé sur un satellite.

Le mode raster est très utilisé dans le domaine de la télédétection, pour stocker les images qui sont prises sur la surface terrestre. La grille prend alors le nom d'image et les cellules sont appelées des pixels (les pixels= pictures elements).

### II.8.3 Raster VS Vecteur

	Raster	Vecteur
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Qualité visuelle</li><li>• Rapidité de calcul sur les grandes surfaces</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peu de mémoire</li><li>• Facilité de superposition des couches</li></ul>
<b>Inconvénient</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Demande beaucoup de mémoire</li><li>• Difficultés de représentation des linéaires</li><li>• Perte de précision quand on passe de vecteur à raster</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Difficulté de représentation des phénomènes continus</li><li>• Complexité des fonctions d'analyse spatiale : calculs plus longs</li></ul>

**Tableau 3:** avantages et inconvénients de raster et vecteur

## II.9 Modèle numérique de terrain (MNT)

### II.9.1 Définition du MNT

Pour établir la cartographie numérique, on doit intégrer les données contenant l'information de relief (altitude), aussi appelées Modèle Numérique de Terrain (MNT) « Représentation de valeurs d'altitudes continues sur une surface topographique à l'aide d'un tableau de valeurs Z référencées par rapport à un datum commun ; il est généralement utilisé pour représenter le relief d'un terrain » [22].

### II.9.2 Caractéristiques des MNT

Il existe différentes dénominations pour le terme générique de MNT suivant la technique de production utilisée pour l'obtenir. Dans le domaine terrestre, certains ne modélisent que le sol (Modèle Numérique de Terrain), tandis que d'autres comprennent également le sursol, comme la végétation ou le bâti (modèle numérique de surface, MNS, ou modèle numérique d'élévation, MNE).

Ces derniers s'obtiennent généralement par des jeux de données brutes acquises grâce à des techniques telles que le Lidar, la photogrammétrie, ou la radargrammétrie [23].

## Chapitre II : SIG

### II.9.3 Formats des MNT

Une fois l'acquisition effectuée et les traitements appliqués afin d'extraire l'information de relief, les modèles numériques doivent être stockés dans un format facilement réutilisable par la suite au sein d'un SIG. Les formats de MNT les plus couramment employés sont : nuage ou grille de points, courbes de niveau, profils, TIN (Triangular Irregular Network), et grille Régulière ou non [19].

### II.9.4 Application du MNT dans la foresterie

Les ingénieurs forestiers utilisent les MNT pour différentes études. Ils peuvent étudier la pente du relief, l'exposition, le réseau hydrographique, déterminer le champ de visibilité du poste de vigie, directions d'écoulement des eaux, risque d'érosion et les altitudes [24].

## II.10 Les systèmes de télédétection

La collecte de données de télédétection est réalisée soit par des avions soit par des satellites. Actuellement, la télédétection évoque surtout l'acquisition de données par les satellites. Il y a une multitude de satellites en orbite qui observent les états de la surface terrestre ont va citer quelques-uns.

### a- Landsat

Le premier satellite d'observation LANDSAT-1 a été lancé par la NASA en 1972. Connue à l'origine sous l'acronyme ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*), Landsat avait été conçu pour tester la faisabilité d'une plate-forme multispectrale d'observation de la Terre non habitée. Depuis, le programme Landsat a permis l'acquisition de données sur tous les coins de la planète. Le programme Landsat qui était gérée à l'origine par la NASA, est sous la responsabilité de la NOAA, en 1983. En 1985, le programme a été commercialisé pour fournir des données aux divers utilisateurs civils [25].

## 2.11. Les domaines d'application de la télédétection

Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière.

### a- Cartographie

Les images satellitaires qui ont un très faible rapport "taille de l'image". Distance satellite Terre" ont de très bonnes caractéristiques géométriques, ce qui justifie leur utilisation pour l'établissement de documents cartographiques à moyenne et petite échelle. Elles sont parfois directement utilisées comme document cartographique de base [26].

### b- Thématique

Les images spatiales sont utilisées pour reconnaître et caractériser les éléments du paysage, et établir des documents thématiques, sous forme statistique ou cartographique pour la

## **Chapitre II : SIG**

foresterie, l'urbanisme, l'agriculture (ex., carte d'occupation des sols : carte de la distribution spatiale des éléments du paysage), la pêche (ex., cartes de températures des surfaces terrestres), la géologie, l'hydrologie, la surveillance des catastrophes naturelles, etc... [26].

### **c- Climatologie et changements globaux**

Les satellites dits météorologiques, par opposition aux satellites dits à haute résolution, constituent la principale source d'information pour les études globales telles que le suivi de la nébulosité, la caractérisation des différents constituants de l'atmosphère, la cartographie des températures marines, les échanges biosphère - atmosphère, etc. Ils sont caractérisés par un grand champ de vue, une faible résolution spatiale de l'ordre du kilomètre et Plus, et une relativement importante fréquence temporelle [26].

### **2.12. Conclusion**

Les SIG sont devenus très performants grâce aux progrès effectués sur les logiciels et sur les matériels. Ils permettent de traiter rapidement et efficacement des volumes importants de données et souvent en temps réel. La mise à disposition de données à jour concourt à faciliter la mise en œuvre d'application utilisant l'information géographique et permet d'assurer des résultats de qualité.

# **Chapitre III :**

## **Aide à la Décision Multicritères**

# Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

## III.1 Introduction

En 1957, parait un ouvrage qui reste à ce jour une très bonne référence des théoriciens de la décision « Games and Decision » de Luce et Raiffa. Le point y est fait sur l'état de l'art à cette époque et de nombreuses suggestions sur des extensions et des applications possibles sont proposées" . [27].

Nous pouvons dater "les origines de l'aide à la décision à la période un peu antérieure à la deuxième guerre mondiale; elles se trouvent dans les études menées par l'armée britannique dans le cadre de l'installation des systèmes radar et les efforts de décodage du code secret des communications allemandes (1936\_1937) [28]. En réalité, les institutions avaient déjà occupé les scientifiques et les gestionnaires à partir du XVIIIème siècle sur les problèmes combinatoires, sur les procédures de décisions collective, et au début du XXème siècle, sur les problèmes économiques à dimensions multiples, sur la gestion scientifique des entreprises, sur la théorie de probabilité, sur la décidabilité." Mais c'est entre la fin des années'40 et le début des années'50, que plusieurs contributions fondamentales vont voir le jour pour la programmation linéaire, pour la théorie de la décision et la théorie des jeux, sur l'algorithmique et l'existence de machines capables de résoudre "tout problème". C'est à cette époque que vont apparaître les premières sociétés savantes de recherche opérationnelle (en 1948 en Angleterre, en 1950 aux Etats-Unis) [28].

Dans le chapitre qui va suivre, on donne un aperçu sur la prise de décision et l'analyse multicritères.

## III.2 Aide à la décision :

- **La décision**

Roy [29] définit l'aide à la décision ainsi : « L'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part. »

- **Problème monocritère et problème multicritère**

Avant de définir l'aide multicritère à la décision, [30] s'est attaché préalablement à éclaircir les notions de problème monocritère et multicritère. Pour lui, un problème de décision monocritère traduit un modèle bien défini mathématiquement où le critère à optimiser s'impose généralement au décideur et à l'analyste.

$\text{Opt } \{g(x) : x \in A\}$  où  $A$  est l'ensemble des actions admissibles et  $g$  est la fonction critère à optimiser

## Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

En revanche, la nature multicritère d'un problème - surtout à référence spatiale - pose plus de difficultés à modéliser puisqu'il n'existe pas de solution unique mais seulement un ensemble d'alternatives capables d'optimiser un certain nombre de critères, sans toutefois y répondre totalement.

$\text{Opt} \{g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x) : x \in A\}$  où  $g_1, g_2, \dots, g_m$  sont des fonctions de critère à minimiser

Vincke, P., 1989. L'aide multicritère à la décision. Éditions de l'Université de Bruxelles

- **AMC**

Plusieurs définitions de l'aide multicritère à la décision sont proposées dans la littérature, nous pouvons par exemple citer celle de Vincke [31] : « L'aide multicritère à la décision vise, comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision ou plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte. » Nous voyons ici que le terme multicritère sous-entend selon Vincke [31] « plusieurs points de vue » et donc nécessairement plusieurs solutions ou alternatives selon le point de vue que l'on souhaite adopter. L'aide multicritère à la décision intervient alors pour permettre aux acteurs et décideurs de converger plus facilement vers un compromis [18].

### 3.3 Méthodes d'Analyse Multicritères

Si nous sommes dans n'importe quel contexte qui a besoin de décision, nous pouvons distinguer plusieurs types de décision selon les résultats attendus :

- **Problématique de choix** : sélectionner la ou les meilleures solutions.
- **Problématique de tri** : segmenter l'ensemble des solutions en les affectant à des catégories préalablement définies.
- **Problématique de rangement** : ranger les solutions en classes d'équivalence de la meilleure à la moins bonne.
- **Problématique de description** : décrire dans un langage approprié les solutions et leurs conséquences.

Dans ce contexte, notre problématique se résume à la problématique de choix où l'objectif est de choisir les meilleurs sites en fonction de plusieurs critères.

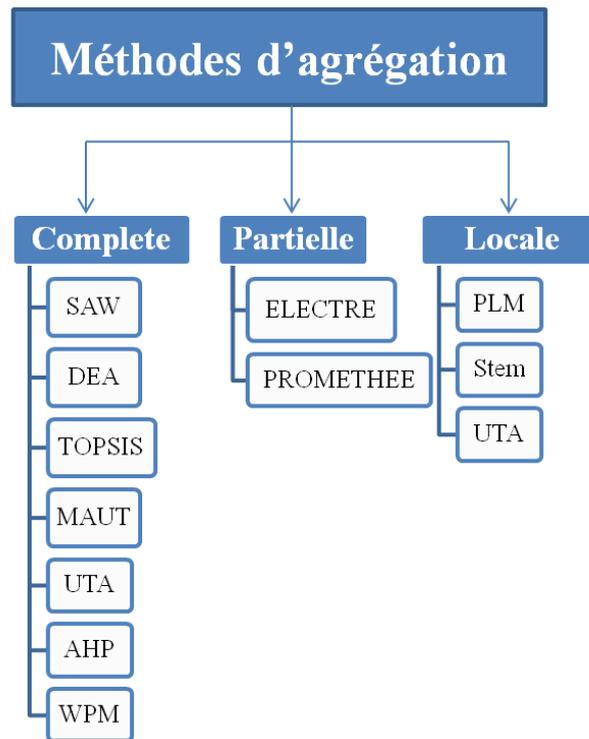
Dans le cadre de ce mémoire, il nous est impossible de rentrer dans le détail et dans la définition de toutes les méthodes d'analyse et d'évaluation multicritère tant elles sont nombreuses. Néanmoins, dans la littérature nous pouvons trouver un nombre important d'ouvrages développant le sujet. Nous dirigeons le lecteur intéressé vers plusieurs travaux et notamment ([29]; [32]; [30]; [33]).

### III.4 Approches d'agrégation pour les problèmes multicritères

Elles consistent à agréger les différents critères en une fonction unique qui retourne une seule valeur. Les travaux relatifs à cette famille étudient les conditions mathématiques d'agrégation,

## Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

les formes particulières de la fonction et les méthodes de construction. La figure suivante montre les méthodes d'agrégation les plus connues.



**Figure 10:** Les méthodes d'agrégations

### III.4.1 Agrégation complète transitive (Approche du critère unique)

Il s'agit d'évacuer toute situation d'incomparabilité et introduire toutes les performances dans une seule fonction d'agrégation ou d'utilité en leur attribuant d'éventuels poids. La difficulté liée au choix de la fonction d'agrégation est considérée, entre autres, comme inconvénient [34]. Parmi les méthodes les plus connues de cette approche, on cite [35] :

- SAW ((Simple Additive Weighting)
- DEA (Data Envelopment Analysis)
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
- MAUT (Multiple Attribute Utility Theory)
- UTA (Utilities Additives)
- AHP (Analytic Hierarchy Process)
- WPM (Weight Product Method)

### III.4.2 Agrégation partielle (Approche du surclassement de synthèse)

Cette approche repose sur la comparaison des actions deux à deux, puis une synthèse des résultats de ces comparaisons est établie, et c'est la façon de synthétiser qui différencie les méthodes de cette famille. Cette approche respecte l'incomparabilité, mais au détriment de la clarté des résultats, et est privilégiée si un critère au moins est qualitatif (elle travaille à la fois avec les critères qualitatifs et quantitatifs) .Les critères sont très hétérogènes et leur codage en

## Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

une échelle commune est difficile [36]. Des seuils de préférence ou de véto doivent être pris en considération. Parmi les méthodes les plus connues de cette approche, on cite [35] :

- ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)
- PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod For Enrichement Evaluation)

### III.4.3 Agrégation locale (Approche du jugement local interactif avec itérations)

Cette technique consiste à partir d'une solution de départ, supposée aussi bonne que possible, et voir dans le voisinage, s'il existe une solution mieux qu'elle. En d'autres termes, une solution de départ est choisie, ensuite, on sélectionne un groupe de variantes relativement proche à la solution de départ, par la suite, on vérifie s'il n'existe pas de meilleure variante par rapport à celle sélectionnée, ce nouveau choix constitue la solution de départ pour une nouvelle itération. On pratique donc une exploration locale et répétitive [37]. Cette approche trouve toute son utilité dans les situations où il existe un nombre quasi infini de variantes. Les principales méthodes de cette catégorie sont [35] :

- PLM (Programmation Linéaire Multicritères)
- Stem (Pop)
- UTA interactive

### III.4.4. Comparaison entre les méthodes d'agrégation

Chacune des approches décrites précédemment possède des avantages et souffre de certaines limites (Tableau 2) [38] [39] [34] et chaque méthode adoptant une de ces approches tente de palier à ses limites et apporter une nouvelle contribution [40].

Caractéristiques	Agrégation Complete	Agrégation Partielle	Agrégation Locale
Type de problème	Choix	Classement /choix	Choix
Type de critères	Qualitative	Qualitatif Quantitatif	Qualitatif Quantitatif
Points forts	- Mise en œuvre Simple - Permettre la transitivité - Transformer n-tuples en une seule fonction de sortie	- Eviter la compensation - Accepter l'incomparabilité	- Accepter un nombre infini des actions
Points faibles	- Compensation des mauvais critères - Pas de situation d'incomparabilités	- Nombre finis d'actions - Complexe à mettre en œuvre - Difficile à assurer la transitivité	- Beaucoup d'itérations - Complexe à mettre en œuvre

**Tableau 4:** Comparaison entre les méthodes d'agrégation

## Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

Cependant, nous constatons qu'un choix judicieux de la méthode d'agrégation est d'une importance majeure pour un bon déroulement du processus décisionnel. Pour cela, il est important de connaître la nature des entrées de notre système (critères, actions, etc.), la problématique à traiter (choix, tri, rangement, etc.) et le type d'agrégation à effectuer (totale, partielle, locale).

### III.5 Méthode AHP

La méthode AHP est une approche analytique multicritère d'aide à la décision [41] [42]. Elle repose foncièrement sur des calculs ayant recours à l'algèbre matricielle. Cette méthode a été utilisée dans plusieurs domaines, tout aussi variés les uns que les autres, concernant : la planification des transports combinés, le rationnement de l'énergie, la gestion des risques de projet, l'analyse comparative des opérations logistiques, la gestion de la qualité des services dans le domaine hospitalier, le domaine du management des opérations, l'allocation des ressources en matière de gestion de portefeuille de produits, ainsi que plusieurs applications concernant les entreprises, la planification urbaine, etc. Elle a été développée par Thomas Saaty en 1970 et permet de décomposer un problème complexe en un système hiérarchique, dans lequel sont établies des combinaisons binaires à chacun des niveaux de la hiérarchie. Classant hiérarchiquement les situations que rencontre l'entreprise, le décideur peut en déduire des priorités relatives, en faire une synthèse plus facile à appréhender et s'en servir pour allouer efficacement ses ressources et définir les objectifs prioritaires dans une meilleure cohérence.

Le classement s'effectue au moins à trois niveaux (environnement, objectifs de l'entreprise, cours des activités) auxquels sont associés différents critères. Ainsi, il est possible de déterminer l'alternative la plus pertinente, en fonction de la priorité accordée à chacun des critères pris en considération

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

- **Etape 1 : Etablir la structure hiérarchique** qui consiste à décomposer le problème aussi complexe soit en une structure hiérarchique à travers des niveaux

**Niveau 0** : Définir l'objectif cible

**Niveau 1** : Définir les critères de jugements principaux

Niveau intermédiaire : il peut y avoir plusieurs pour déterminer les sous critères

**Niveau 2** : Définir les alternatives ou les actions possible

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

Cette étape consiste à étudier les points suivant :

- Comparer l'importance relative de tous les éléments appartenant à un même niveau de la hiérarchie pris deux par deux, par rapport à l'élément du niveau intermédiaire supérieur en utilisant l'échelle de T.L Saaty (Tableau 4)

## Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

Poids ou intensité de la comparaison	Jugement verbal de la préférence
1	Même importance
3	Importance modérée
5	Forte importance
7	Très forte importance
9	Extrême importance ou importance absolue
2,4,6,8	Utilisés pour les jugements intermédiaires par rapport à ceux listés ci-dessus

**Tableau 5** : Echelle de Saaty [43]

- Former une matrice carrée réciproque  $N \times N$  composée par les ratios issus des comparaisons.  $N$  étant le nombre d'élément comparé, un exemple de matrice est présenté dans le tableau et par la formule /

$$A = [a_{ij}] \text{ avec } \begin{cases} a_{ij} = 1 \text{ pour } i = 1..k \text{ et} \\ a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ (valeur réciproque)} \end{cases}$$

### • Etape 3 : Calcul des priorités

Le but est de trouver un ensemble de poids  $w_1 \dots w_n$  tel que  $w_i/w_j$  correspond aux comparaison  $a_{ij}$  dans la matrice de comparaison par pair. Le calcul se fait selon les trois étapes ci-dessous :

- Effectuer la somme des éléments de chaque colonne  $j$  :

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \quad \forall i, j$$

- Diviser chaque élément de la matrice par la somme des éléments de sa colonne (Normaliser)

$$a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad \forall i, j$$

- Calcul de la moyenne de chaque ligne  $i$  :

$$w_i = \sum_{j=1}^n a'_{ij} / n$$

### • Etape 4 : le calculer le ratio de cohérence (RC)

Les priorités calculées ont un sens seulement si les matrices de comparaison par pair sont cohérentes (respect de la transitivité), un contrôle de cohérence doit être appliqué. Saaty [44] a proposé un index de cohérence (IC) qui se calcule en se basant sur le calcul des valeurs propres :

## Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

Tel que : n est la dimension de la matrice de comparaison, max est la valeur propre maximale de la matrice de comparaison.

Le ration de consistence est calculé par la formule :  $RC = IC/IA$

Tel que : RC ration de cohérence, IA indice aléatoire, IC indice de cohérence

Si  $RC < 10\%$  → la matrice consistante et acceptable ,

Sinon revoir la comparaison

Le tableau 4 illustre l'indice accepté par Saaty selon les démentions de la matrice

Taille de la matrice (n)	Ratio de cohérence acceptable
3	0.05
4	0.08
5 +	0.10

**Tableau 6:** les ratios de cohérence acceptable [44]

IA est un indice déterminé par T.L Saaty [44]d'une manière empirique, cet indice est présenté dans le tableau 5

N=nombre de critère	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

**Tableau 7:** les indices de cohérence aléatoire [44]

### • Etape 5 : Etablir les priorités finales

La dernière étape doit synthétiser les priorités locales à travers tous les critères pour déterminer la priorité globale.

L'approche d'AHP utilisée est appelée <mode distributif> qui adopte une fonction additive avec normalisation de la somme des priorités locales à l'unité :

$$pi = \sum_j w_j . l_{ij}$$

Tel que : pi priorité globale de l'alternative i

$L_{ij}$  : priorité locale

$W_j$  : poids du critère j

## **Chapitre III : Aide à la Decision Multicritères**

### **III.6 Conclusion**

Cette deuxième partie est dédiée à la présentation des solutions qui s'offrent à nous pour réaliser l'outil d'aide à la décision. Nous abordons les concepts de système d'analyse multicritère (AMC) et détaillons celles qui sont couramment employées dans les SIG.

Ces deux outils (SIG et AMC) utilisés individuellement possèdent quelques limites et les SIG ne sont utilisés que trop souvent pour « cartographier les résultats » de l'analyse multicritère et perdent leurs qualités d'analyses spatiales. De l'autre côté les AMC, souvent assez complexes à mettre en œuvre, ne sont pas capables de spatialiser leurs résultats (où le cas échéant, en passant par un SIG après l'export de ses résultats). C'est pourquoi l'intégration du système SIG-AMC semble être une solution appropriée. Dans le chapitre suivant nous allons présenter une proposition d'un couple SIG-AMC proposé.

# **Chapitre IV :**

## **Solution Proposée**

### IV.1 Introduction

Ces dernières années, les gens se sont beaucoup intéressés à l'utilisation de la technologie SIG pour planifier et gérer les ressources environnementales. Une application SIG importante et utile pour la planification et la gestion est l'évaluation environnementale. L'adéquation de l'attribut à un usage spécifique [7]. De nombreuses méthodes d'analyse de l'aptitude des terres basées sur le SIG, telles que la superposition et la modélisation de l'analyse de l'aptitude des terres, n'ont pas de mécanisme clairement défini pour intégrer les préférences d'utilisation des terres. Décideurs dans les programmes de système d'information géographique (SIG). Cela peut être résolu en intégrant la technologie SIG et méthodes d'analyse multicritères (AMC) [3]. Parmi les différentes méthodes AMC, Analytic Hierarchy Process (AHP) est une méthode une technique multicritère bien connue, qui a été intégrée dans des méthodes d'adaptation basées sur le SIG pour obtenir les poids requis pour différents critères.

### IV.2 AMC et SIG

#### IV.2.1. Limites imposées par l'utilisation séparée des deux outils :

- **Difficultés propres au SIG**

Comme nous l'avons décrit précédemment, les SIG deviennent un outil incontournable dans tous les domaines qui touchent de près ou de loin à l'aménagement du territoire. Néanmoins, comme l'explique Chakhar [30], même si les SIG excellent dans le domaine de l'analyse spatiale et du traitement de l'information géographique, ils possèdent quelques lacunes et ne suffisent pas tout le temps pour agir en tant que véritables outils d'aide à la décision. En particulier, la nature multicritère de la majorité des problèmes spatiaux les rend quelques fois insuffisants pour proposer des solutions au décideur.

Les SIG sont capables d'intégrer plusieurs dizaines de couches sur lesquelles des analyses spatiales peuvent être effectuées, mais ces études portent exclusivement sur des critères à référence spatiale (réseaux routiers, occupation du sol, bâti, etc.). L'impossibilité d'intégrer les différents types de critères (subjectifs ou qualitatifs en l'occurrence) fait que les analystes sont souvent obligés de mettre en œuvre des analyses multicritère en complément des résultats obtenus avec les SIG.

- **Une utilisation des AMC sans recours aux SIG**

De l'autre côté, l'AMC utilisée indépendamment du SIG est incapable de spatialiser réellement les résultats et le recours à un système de cartographie indépendant est souvent requis. Pour autant, même si les SIG ont souvent besoin de recourir à une AMC en parallèle, l'utilisation de l'AMC sans recours à un SIG est en réalité assez courante. Par exemple, pour décider d'un nouveau tracé routier (barreau, autoroute, etc.) il est presque systématiquement mis en œuvre une analyse multicritère afin évaluer l'impact environnemental de chaque variante. Ainsi, même si le SIG est utilisé pour « visualiser la solution », il n'est pas du tout utilisé comme outil d'aide à la décision.

## Chapitre IV : Solution Proposée

En se servant de la littérature et des études où les auteurs ont également réalisé un état de l'art à ce sujet nous avons pu lister quelques travaux utilisant l'analyse multicritère pour les aider dans leurs décisions. Balzarini et al [45] ont listé quelques travaux n'utilisant que l'analyse multicritère dans leurs études : [46] pour les problèmes d'agriculture, [47] pour la planification des réseaux de transport, [48] pour la gestion et conservation des ressources en eau ou encore [49] en aménagement et utilisation du sol.

Ce constat montre ainsi que les SIG et les AMC peuvent être utilisés indépendamment les uns des autres mais que leur utilisation simultanée apporte des avantages. En effet, chaque outil apporte une « plus-value » à l'analyse grâce aux fonctionnalités propres à chacun. Ils possèdent en ce sens une certaine complémentarité et Kedowide [10] a réalisé un tableau montrant les avantages et inconvénients de chacun des deux outils (Figure 18, ci dessous).

<b>SIG</b>	<b>AMC</b>
<b>Avantages</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gestion et traitement des données (accès à l'information, cohérence, maintenance)</li><li>- Fonctions d'analyses spatiales (localisation, distribution, évolution, répartitions, modélisation, optimisation ...)</li><li>- Vision globale du problème (améliore le processus de description du contexte)</li></ul>	<b>Avantages</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hiérarchisation des solutions</li><li>- Hétérogénéité acceptée</li><li>- Notions de préférence</li><li>- Analyse de robustesse et de sensibilité</li><li>- Automatisation des agrégations</li><li>- Amélioration du processus décisionnel</li></ul>
<b>Mais</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Environnement statique</li><li>- Ne hiérarchise pas les solutions étudiées</li></ul>	<b>Mais</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Pas de spatialisation des données</li><li>- Evaluation d'un nombre restreint d'actions</li><li>- Méthodes complexes</li></ul>

**Tableau 8:** Avantages et inconvénients de SIG et AMC

### IV.2.2. Le couple SIG-AMC pour l'aménagement du territoire

Pour pallier aux difficultés qu'apporte l'approche « classique » de l'analyse territoriale (i.e. sans prendre en compte la transversalité au tout début de l'analyse), plusieurs auteurs [50] [51] [47] [30] [10] [52] ont souligné les arguments en faveur d'une intégration SIG-AMC pour la résolution des problèmes spatiaux.

- **Les problèmes spatiaux intègrent toutes les dimensions**

De nos jours, l'utilisation des SIG pour la gestion et le traitement des données est bien maîtrisée. Or, la complexité des problèmes d'aménagement du territoire présente aujourd'hui toutes les caractéristiques des problèmes multicritère. Les travaux sur l'intégration du couple SIG-AMC apparaissent donc clairement comme une solution viable pour la planification territoriale. La récente législation (notamment le Grenelle de l'environnement et la loi Alur) oriente les décideurs et les acteurs du territoire vers une approche pluridisciplinaire et multicritère pour chaque projet dans une démarche de développement durable (critères

## Chapitre IV : Solution Proposée

---

économiques, sociaux, environnementaux). Dans ce cadre, l'utilisation des méthodes d'analyse multicritère semble nécessaire et bénéfique pour la prise en compte des enjeux transversaux de l'urbanisme.

- **La pondération des critères via l'AMC s'impose aux SIG**

Les SIG possèdent de réelles capacités pour le géotraitement des données géographiques. Les techniques d'overlay permettent la fabrication de couche de critères et la création d'actions potentielles en fonction de ceux-ci. Néanmoins, l'approche pondérale des critères est assez rigoureuse et les SIG ne possèdent pas encore les fonctions nécessaires à l'établissement d'une grille de pondération. Les méthodes d'analyse multicritère répondent bien à cette problématique puisqu'elles sont « capables » d'intégrer des arguments subjectifs dans le poids des critères.

**Objectif :** L'objectif principal était d'identifier les terres qui conviennent au développement urbain sur la base de la télédétection et de la méthode d'analyse multicritères basée sur le SIG dans la commune de Tébessa.

### VI.3 Description de la zone d'étude

La ville de Tébessa est une commune d'Algérie, chef-lieu d'une wilaya, située à l'extrême Est du pays à 40 km de la frontière tunisienne. La ville remonte à l'époque antique, où elle portait le nom de Thevest. Elle a une altitude moyenne d'environ 900 m. Elle occupe un emplacement remarquable entre le tell et le Sud des hauts plateaux jusqu'aux régions présahariennes. Astronomiquement, la commune est située à 35° 24' 19" nord, 8° 06' 59" est.

Cette dernière, s'étend sur une superficie de 184 km<sup>2</sup> et compte une population estimée à fin 2010 à 196 537 habitants, soit une densité moyenne de 1 068 habitants par km<sup>2</sup>.

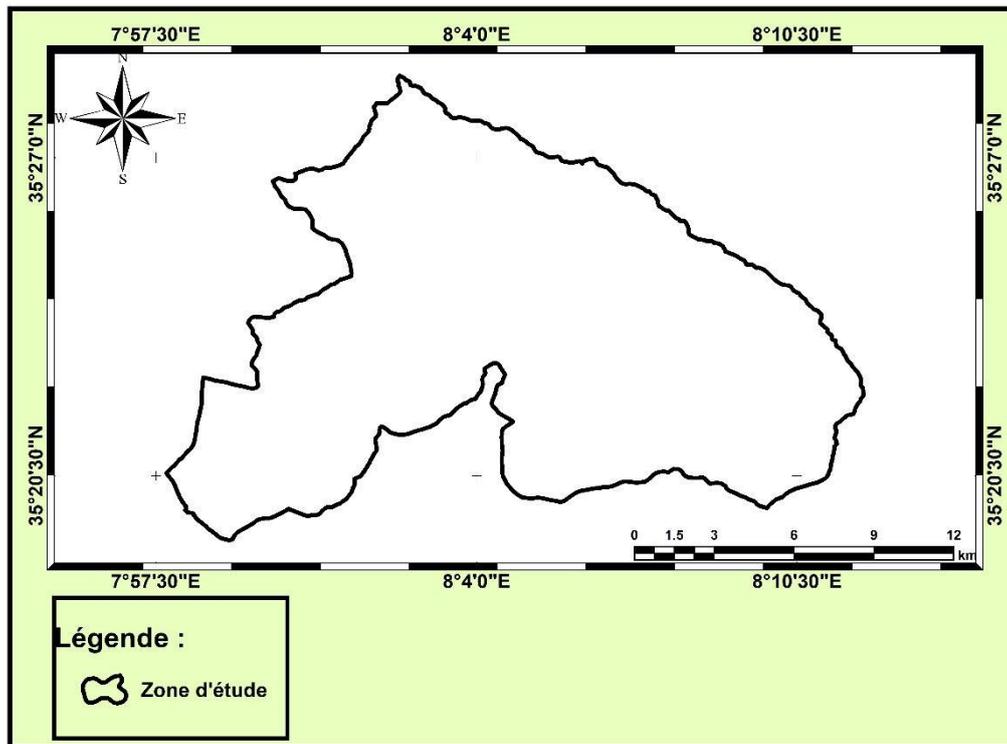


Figure 11: Zone d'étude

### IV.4 Matériels et méthodes

Le principe clé de l'analyse de l'adéquation des terrains urbains est l'approche de modélisation cartographique dans laquelle un ensemble d'opérations cartographiques sont effectuées sur des cartes d'entrée d'une zone d'étude pour créer un modèle spatial [4, 5]. L'analyse d'aptitude peut être effectuée dans un SIG en utilisant soit des données vectorielles, soit un modèle de données raster. L'adéquation d'un site urbain basé sur un SIG est le processus de compréhension des qualités et des facteurs existants du site, qui déterminera l'emplacement d'une activité particulière. Le but de la sélection de zones potentielles pour le développement résidentiel dépend de la relation entre différents facteurs, tels que l'emplacement des sites disponibles, l'étendue de la zone, l'accessibilité, etc., et des facteurs d'association de sites tels que la pente, le sol, etc. L'analyse peut également déterminer comment ces facteurs s'intégreront dans le processus de conception pour évaluer l'adéquation du site [13].

Le but de ce chapitre est de présenter les matériaux fondamentaux et les méthodes appliquées pour obtenir les données requises à partir des sources respectives et un plan de recherche décrit une procédure adoptée pour répondre à la recherche de manière objective et précise. La méthode comprend les concepts suivants dans la mesure où ils se rapportent à une discipline ou à un domaine d'enquête particulier, comme une collection de théories, de concepts ou d'idées, une étude comparative de différentes approches; et critique de l'individu. Par conséquent, une méthode de recherche fournit des réponses à des questions telles que les techniques qui seront utilisées pour collecter les données, le type de modèle utilisé pour effectuer l'analyse et la présentation des résultats.

## Chapitre IV : Solution Proposée

---

### IV.4.1 Matériels

#### IV.4.1.1 Sources de données

Différentes sources de données ont été référées pour analyser l'aptitude des terres de la zone d'étude, car la chose la plus importante dans la recherche est la source des données. Les données aident à atteindre le résultat final, qui a été conçu plus tôt dans les objectifs. Différents types de données ont été utilisés pour atteindre les objectifs.

Facteur	Source de données
Occupation du sol	Landsat 8
Pente	MNT
Réseau hydrographique	
Proximité de la route	OSM

**Tableau 9:** Facteurs pour l'évaluation de l'aptitude du développement urbain.

#### IV.4.1.2 Logiciel de traitement de données

Les programmes utilisés dans cette étude ont été sélectionnés en fonction de leur capacité à travailler pour atteindre les objectifs prédéfinis. Le développement du schéma de facteur a été mis en œuvre à l'aide du progiciel ArcGIS10.4.1. Les facteurs impliqués dans l'analyse multicritères doivent être prétraités selon les critères établis pour l'analyse de l'aptitude des terrains urbains. Par conséquent, à l'aide de l'extension de l'analyseur spatial et de l'extension de l'analyseur 3D, certaines analyses SIG associées ont été effectuées pour convertir les fichiers de forme en shape files. QGIS2.18 a également été utilisé pour la détermination du module de poids et l'obtention de la carte finale.

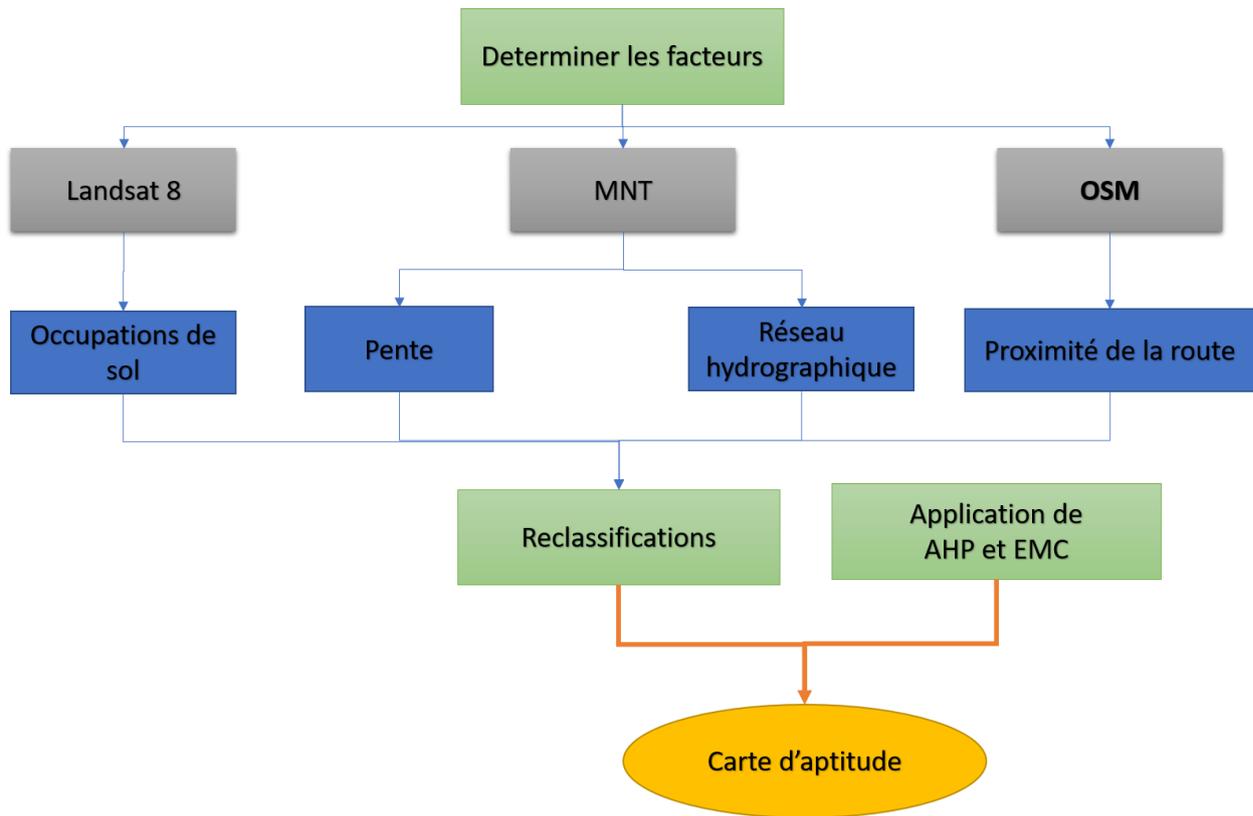
### IV.4.2 Méthodes

Afin de mener l'étude, une méthode étape par étape a été suivie dans cette recherche. Le déroulement des travaux de recherche peut être illustré à la **figure 12**. Au cours des études préliminaires, un certain nombre de littératures ont été examinées et la zone d'étude a été sélectionnée. Sur la base d'études préliminaires, l'analyse des besoins a été effectuée pour définir les exigences en matière de données et pour obtenir des critères affectant l'analyse de l'aptitude à l'utilisation des terres urbaines. Ensuite, la base de données géographiques a été créée. Les données ont été collectées et exportées dans une la base de données géographiques.

D'autres revues de la littérature ont été effectuées pour le calcul des valeurs propres à l'aide d'opérations méthodologiques AHP. Les valeurs propres indiquent le degré de priorité des critères. À l'aide des valeurs propres, des cartes de critères raster ont été préparées à partir de données disponibles dans une la base de données géographiques. Ces cartes de critères ont été

## Chapitre IV : Solution Proposée

superposées pour développer une carte composite qui a ensuite été classée pour préparer une carte d'aptitude. Enfin, il a été suggéré d'utiliser la carte d'adéquation de l'aptitude des terrains urbains.



**Figure 12:** Flux de travail de la méthode de recherche

### IV.4.2.1 Développement des facteurs

#### a) Occupation des sols :

L'utilisation des terres est la principale base de l'analyse de l'aptitude des terres urbaines; la répartition des différents types d'utilisation des terres impose des contraintes considérables à l'aménagement du territoire urbain. La carte d'occupation des sols de la zone d'étude a été préparée à partir de l'image satellite Landsat 8 et la technique de classification numérique supervisée des images (télédétection) a été utilisée à l'aide du google earth engine et l'intégration d'un algorithme de classification (Machine Learning méthode SVM)

## Chapitre IV : Solution Proposée

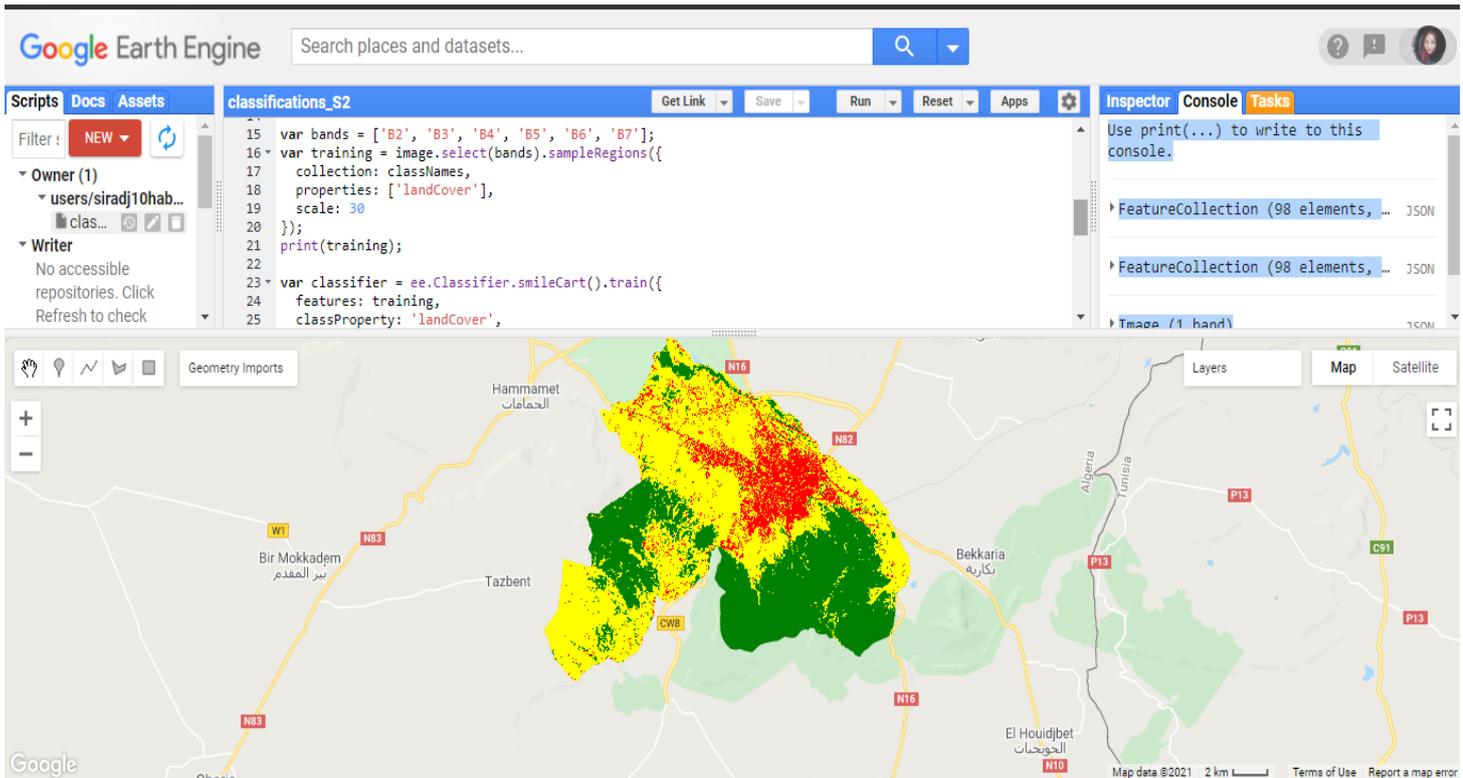


Figure 13: Utilisation de Google Earth Engine pour déterminer l'occupation des sols

```
Imports (4 entries)
  var zone: Table users/siradj10habes/zone
  var urban: FeatureCollection (30 elements)
  var foret: FeatureCollection (17 elements)
  var sol: FeatureCollection (51 elements)

1  var image = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
2    .filterBounds(zone)
3    .filterDate('2020-06-01', '2020-07-30')
4    .sort('CLOUD_COVERAGE_ASSESSMENT')
5    .first()
6  #
7  Map.addLayer(image, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 3000}, 'True colour image');
8  var classNames = urban.merge(foret).merge(sol);
9
10 #
11 print(classNames)
12
13 var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7'];
14 var training = image.select(bands).sampleRegions({
15   collection: classNames,
16   properties: ['landCover'],
17   scale: 30
18 });
19 print(training);
20
21 var classifier = ee.Classifier.smileCart().train({
22   features: training,
23   classProperty: 'landCover',
24   inputProperties: bands
25 });
26
27 //Run the classification
28 var classified = image.select(bands).classify(classifier);
29
30 #
31 print(classified)
32 //Display classification
33 //Map.centerObject(classNames, 11);
34 Map.centerObject(zone, 14);
35 Map.addLayer(classified,
36   {min: 1, max: 3, palette: ['red', 'green', 'yellow',]},
37   'classification');
38 Export.image.toDrive({
39   image: classified,
40   description: 'class_2020',
41   scale: 10,
42   region: zone,
43   maxPixels: 541321814
44 });
```

Figure 14: Code source de l'algorithme de classification

## Chapitre IV : Solution Proposée

Trois classes différentes d'utilisation des terres ont été catégorisées, à savoir les forêts, les zones bâties et les terres nues. La forêt couvre une superficie totale de 70km<sup>2</sup>, la zone urbaine couvre une superficie d'environ 38.05km<sup>2</sup>, la zone bâtie couvre une superficie d'environ 7.198km<sup>2</sup> et le terrain nu couvre une superficie d'environ 94.4 km<sup>2</sup>.

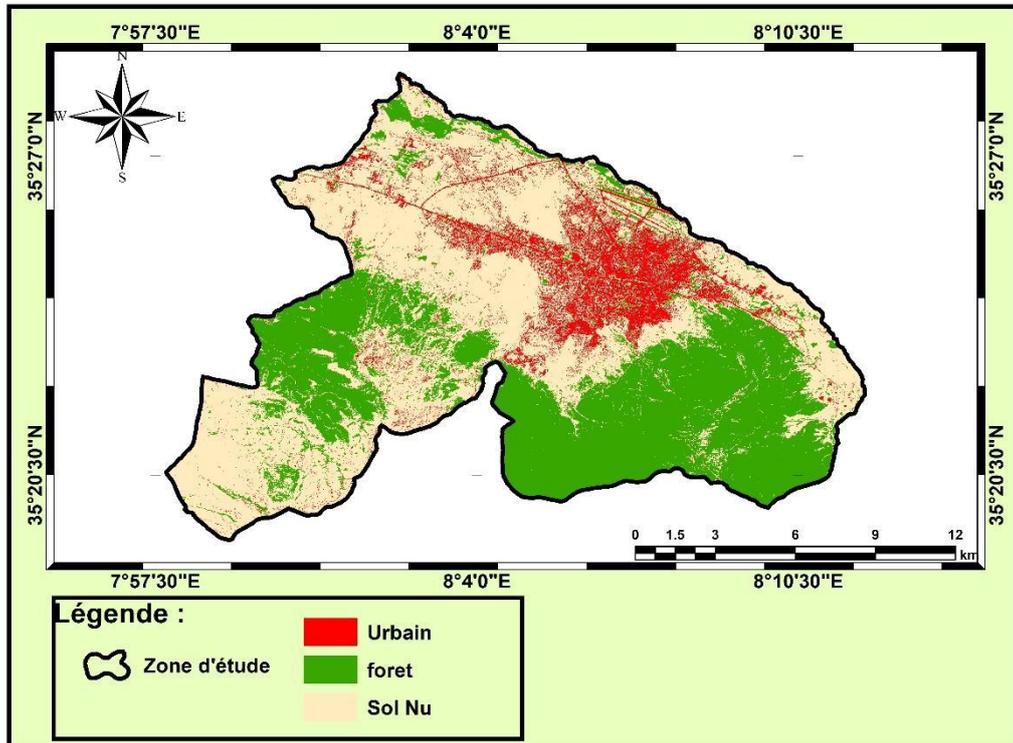


Figure 15: Carte Occupation des sols

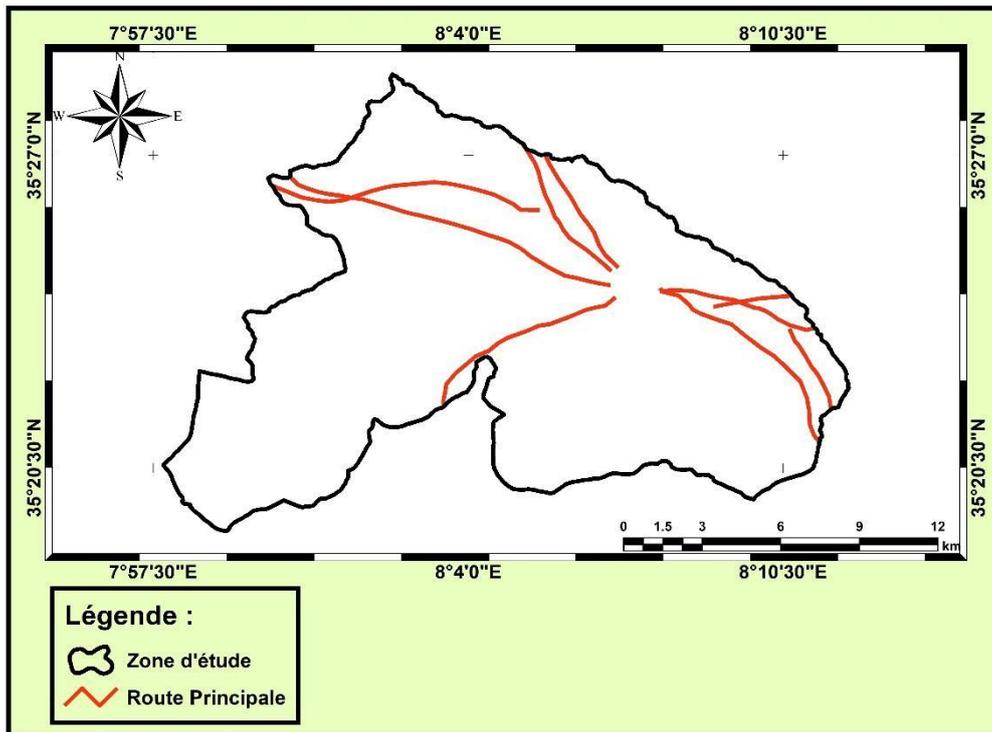
### b) Proximité de la route

Le réseau routier joue un rôle très important dans le développement urbain. Les réseaux routiers sont numérisés à partir de Google Earth. Alors que de plus en plus de colonies se développent à proximité des réseaux routiers en raison du transport et d'un accès facile aux lieux voisins et aux centres-villes. La feuille de route principale a été préparée dans la zone d'étude à partir d'OSM (Open Street Map).

## Chapitre IV : Solution Proposée

*OSM : OpenStreetMap est la carte ouverte et collaborative du Monde, elle est construit par une communauté de cartographes qui contribuent et conservent des données sur les routes, les sentiers, les cafés, les gares et bien plus encore, partout dans le monde. [53]*

**Figure 16:** Carte Routes Principales



Les cinq différentes catégories de zones de proximité avec le réseau routier établi sont 100 dm, 200 dm, 300 dm, 400 dm et 500 dm. Un poids important a été accordé à la classe des 100 décimètres car le développement de colonies et de bâtiments à plusieurs étages est très possible à proximité des réseaux routiers. Un faible poids a été accordé à la classe de proximité de 500 décimètres car il y avait moins de chance de développer des colonies plus éloignées des réseaux routiers.

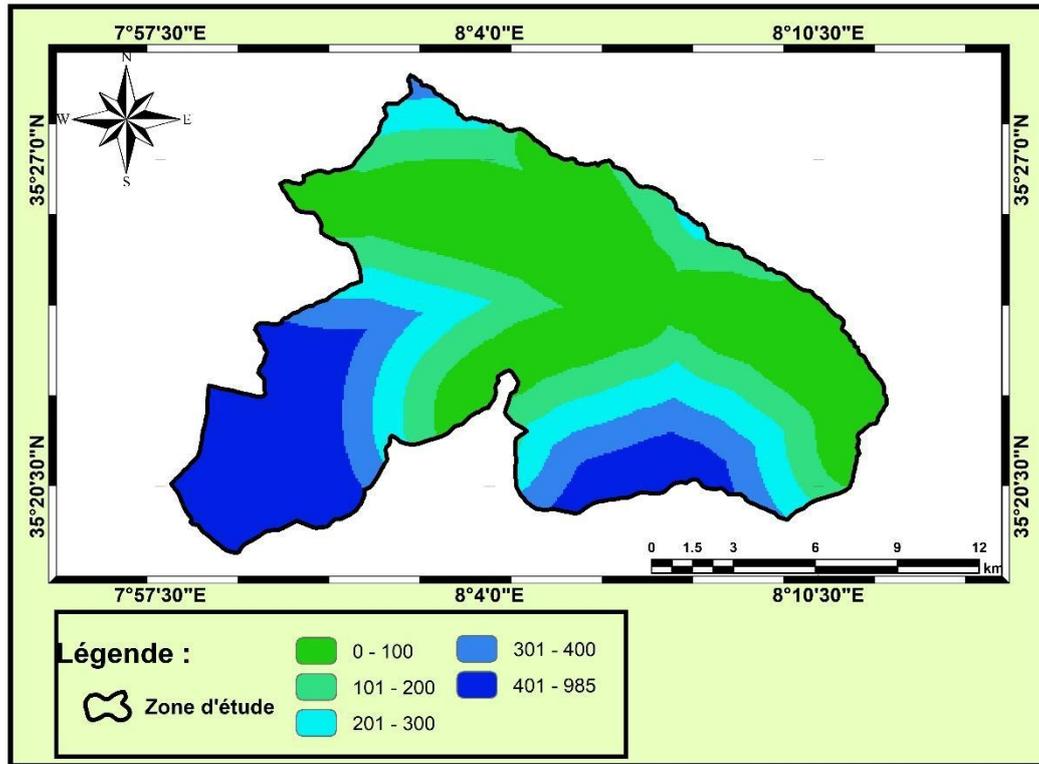


Figure 17: Carte proximité de la route

### c) Pente

La pente est l'un des critères de base à considérer d'un point de vue économique, Les pentes plus raides augmentent le coût de construction. Il est recommandé de définir des plaques de zones pour le développement et la continuité de la croissance urbaine. Le MNT a été utilisé pour créer une carte des pentes de la zone à l'aide d'un outil ArcGIS appelé Slope, qui est l'outil d'extension des outils d'analyse 3D. **La figure 18** ci-dessous montre la répartition des zones pour la carte des différentes pentes de la zone d'étude.

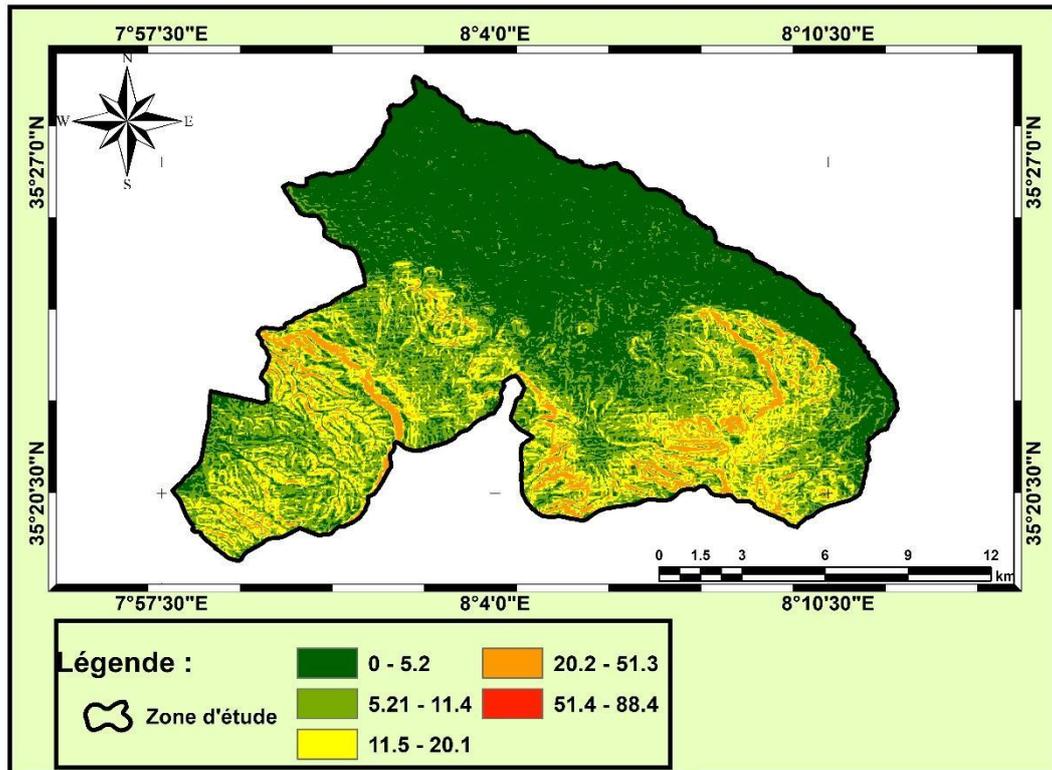
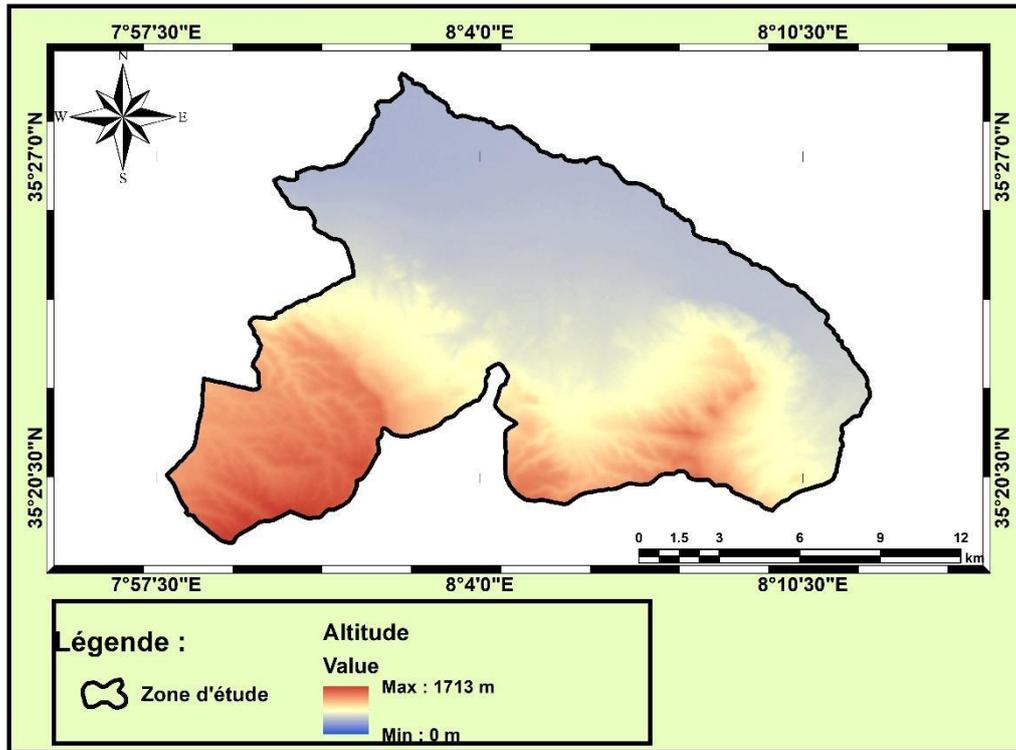


Figure 18: Carte pente de la zone d'étude

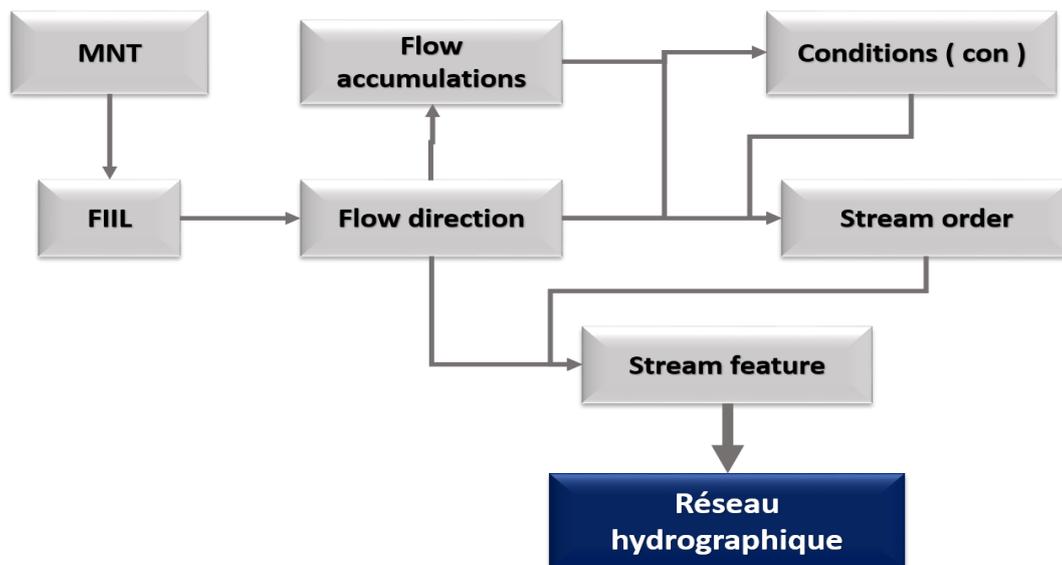
### d) Réseau hydrographique

Pour obtenir le réseau hydrographique, il est nécessaire d'utiliser un raster d'altitude ou un modèle numérique de terrain (MNT)

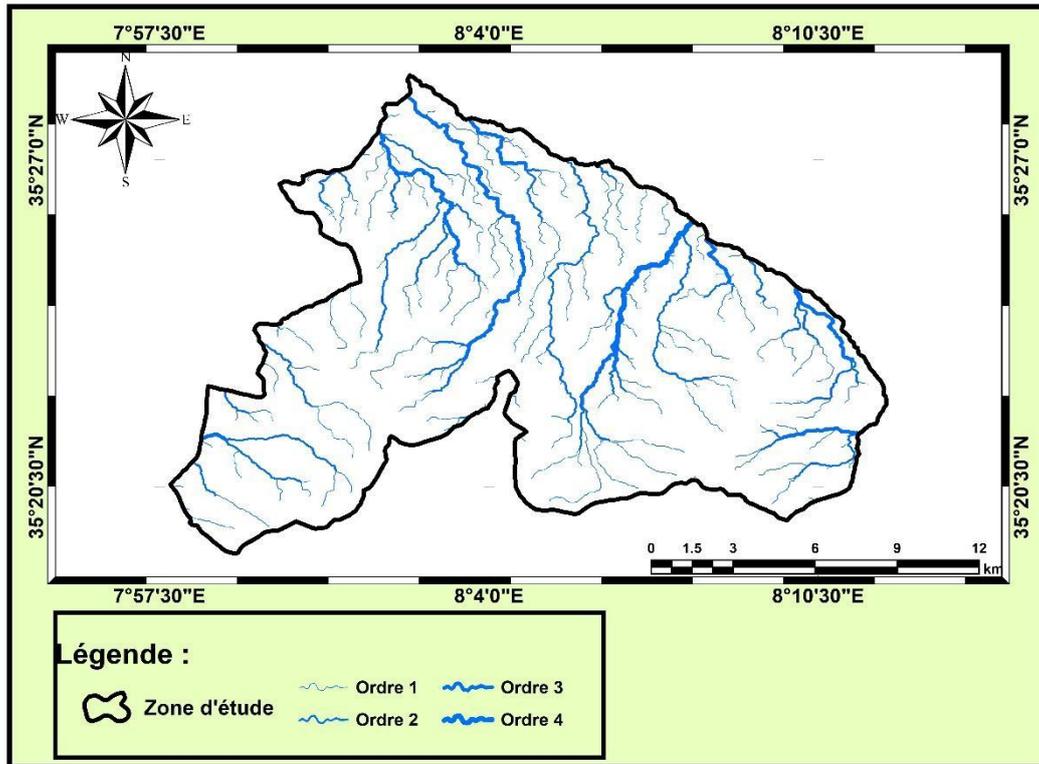


**Figure 19:** Carte d'Altitude (MNT)

En utilisant un modèle numérique de terrain (MNT) et des outils d'analyse hydrologique, il est possible d'identifier des cuvettes, déterminer la direction du flux, calculer l'accumulation du flux, délimiter les bassins versants et créer des réseaux hydrographiques. Le diagramme suivant illustre les étapes impliquées dans le calcul d'un bassin-versant et d'un réseau hydrographique à l'aide d'un MNT.

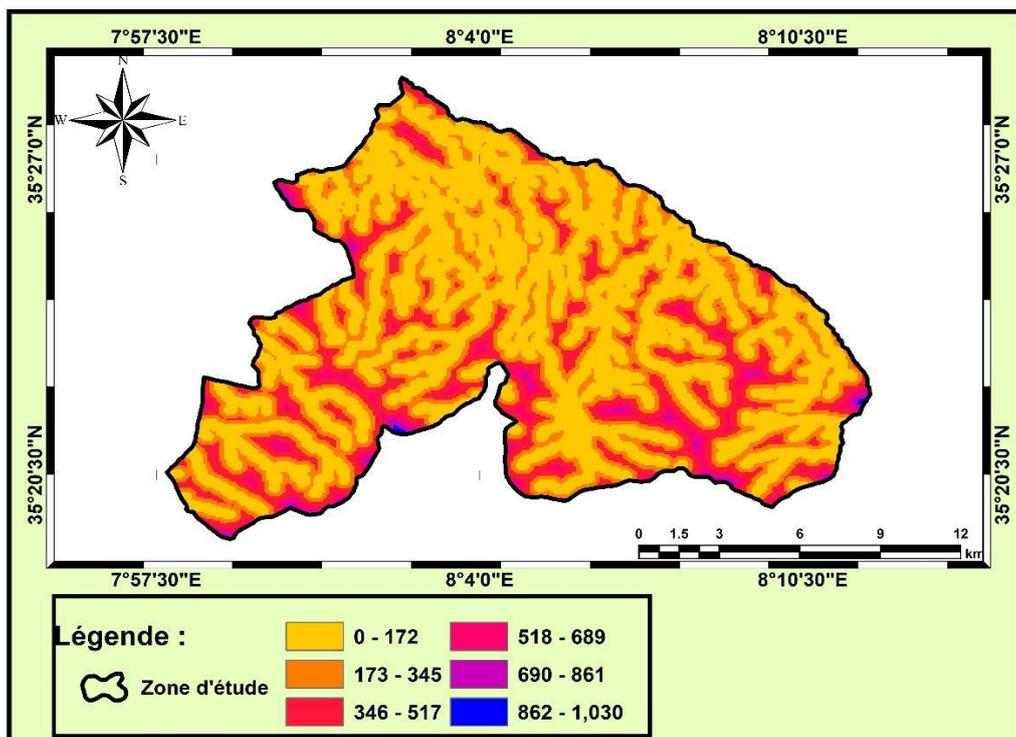


**Figure 20:** Les étapes d'obtention du réseau hydrographique utilisant le ModelBuilder ArcGis



**Figure 21:** Carte réseau hydrographique

Après avoir obtenu la carte de réseau hydrographique de la zone d'études on doit déterminer la proximité de ces derniers



**Figure 22:** Carte proximité des réseaux hydrographiques

## Chapitre IV : Solution Proposée

### IV.4.2.2 Standardisation des facteurs

Standardiser les valeurs des champs en les convertissant en valeurs qui suivent une échelle spécifiée. Les méthodes de normalisation incluent le score z, le minimum-maximum, le maximum absolu et la standardisation robuste.

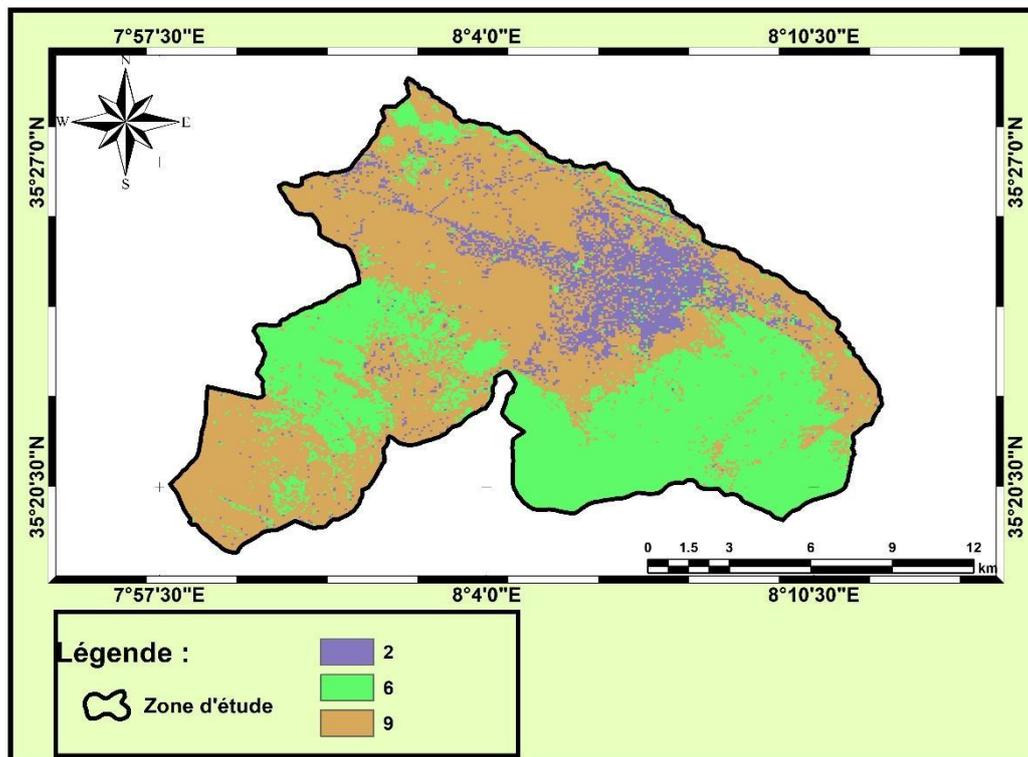


Figure 23: Carte occupation des sols - standardisée

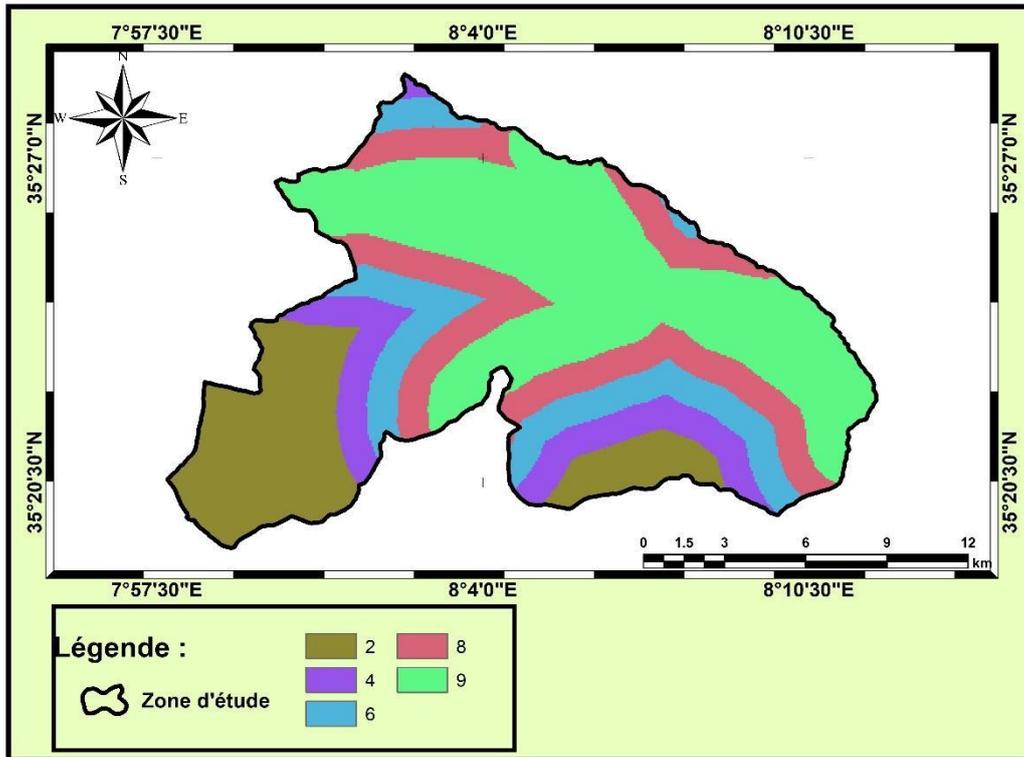


Figure 24: Carte proximité des routes - standardisée

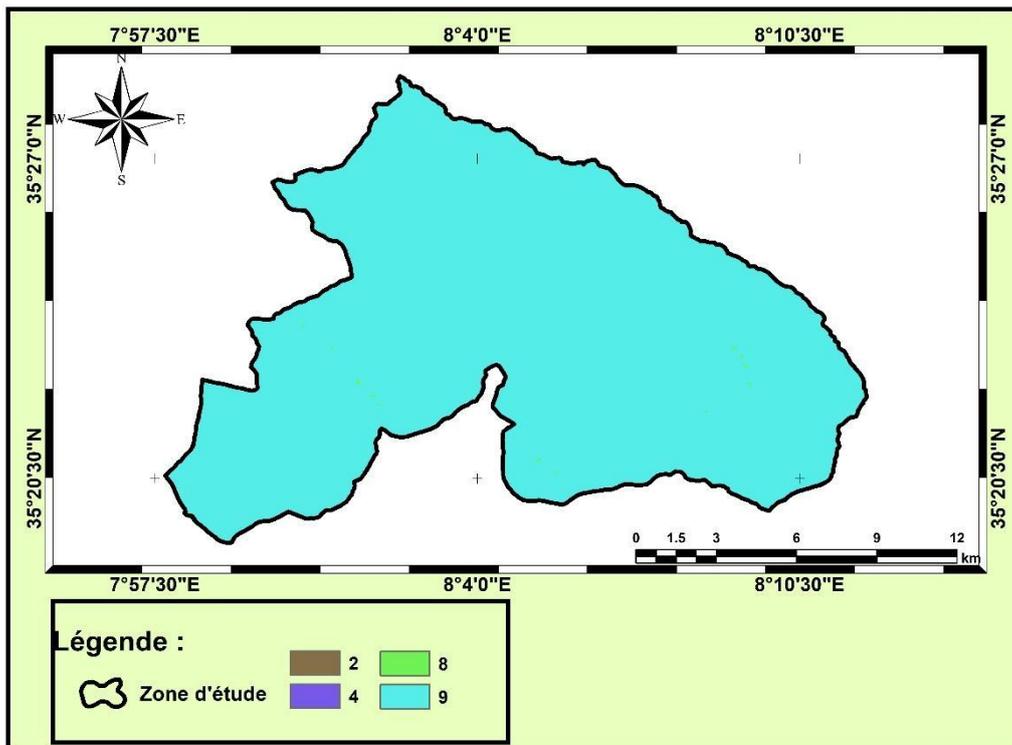
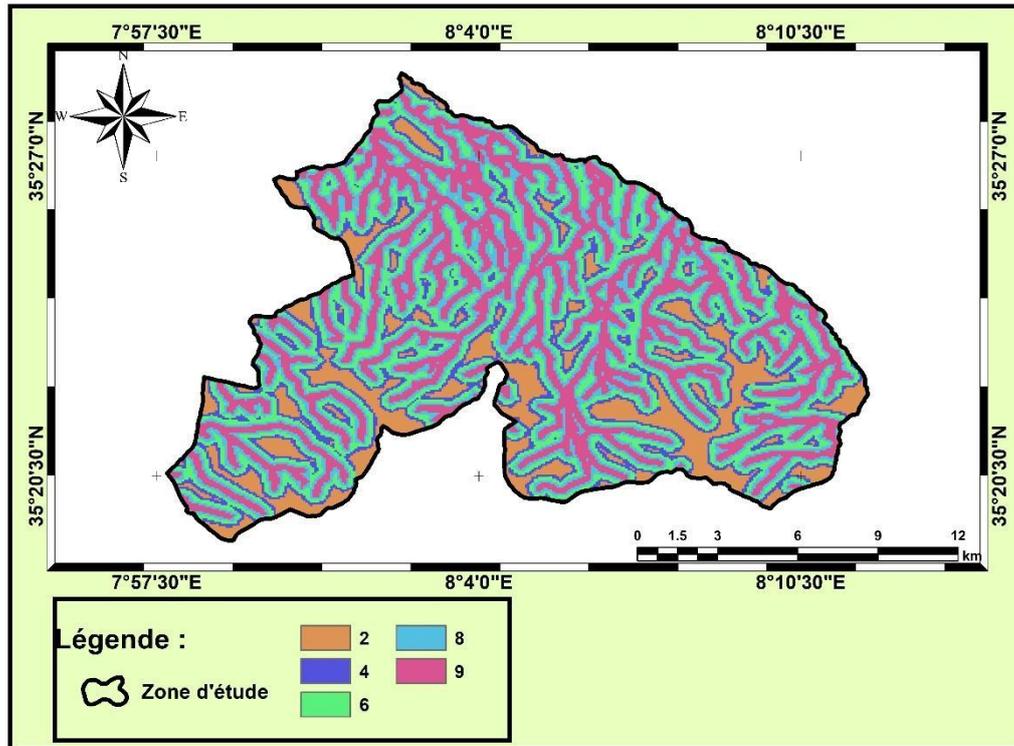


Figure 25: Carte pente - standardisée



**Figure 26:** Carte proximité de réseau hydrographique - standardisée

### IV.5 Analyse et Résultats

Les couches matricielles standard ont été pondérées avec un vecteur propre qui est important pour montrer la pertinence de chaque facteur par rapport à l'autre dans la contribution de l'analyse de l'aptitude des terrains urbains. En conséquence, le vecteur propre du poids du facteur a été calculé dans le logiciel QGIS utilisant le Plugin EasyAHP

#### Les étapes de calcul du poids avec EasyAHP

##### Etape 1 :

Dans cette étape, on a choisi les paramètres d'analyse (les facteur)

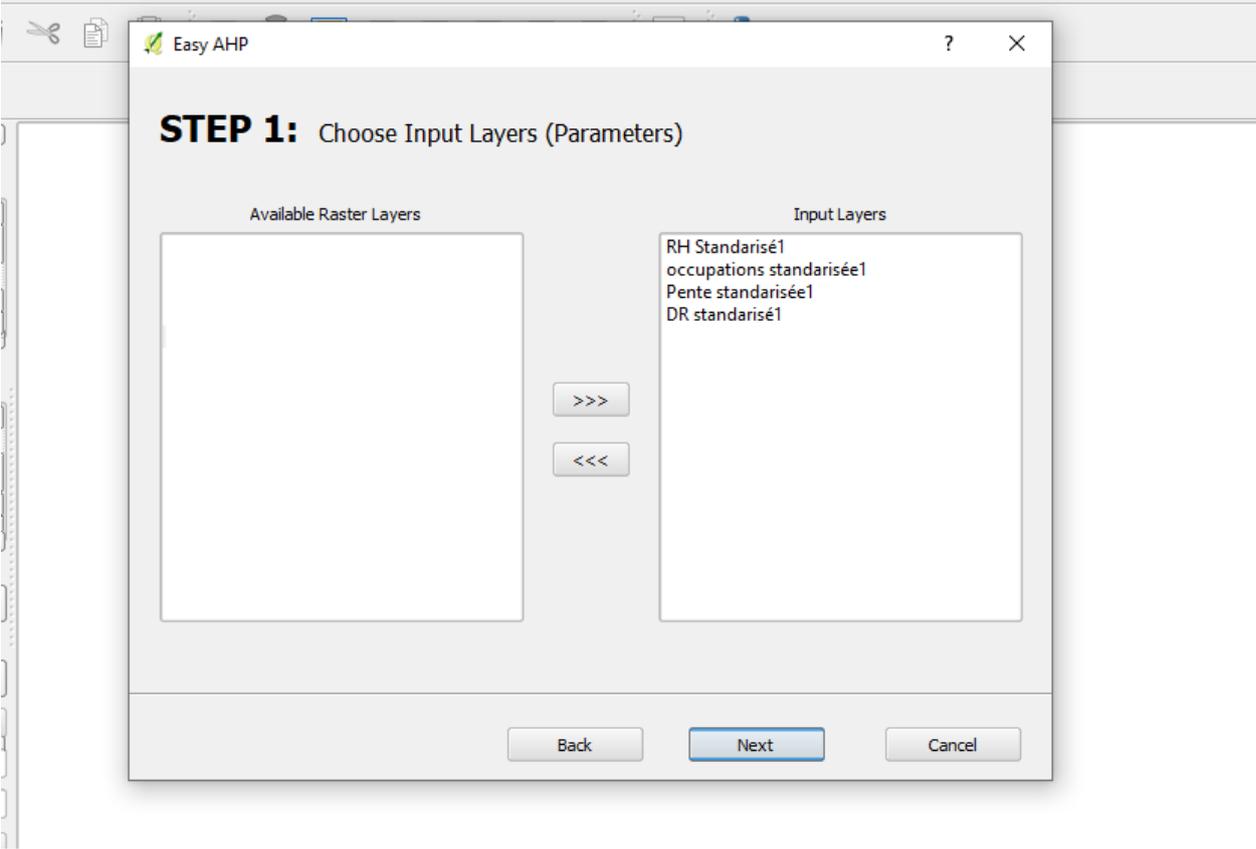
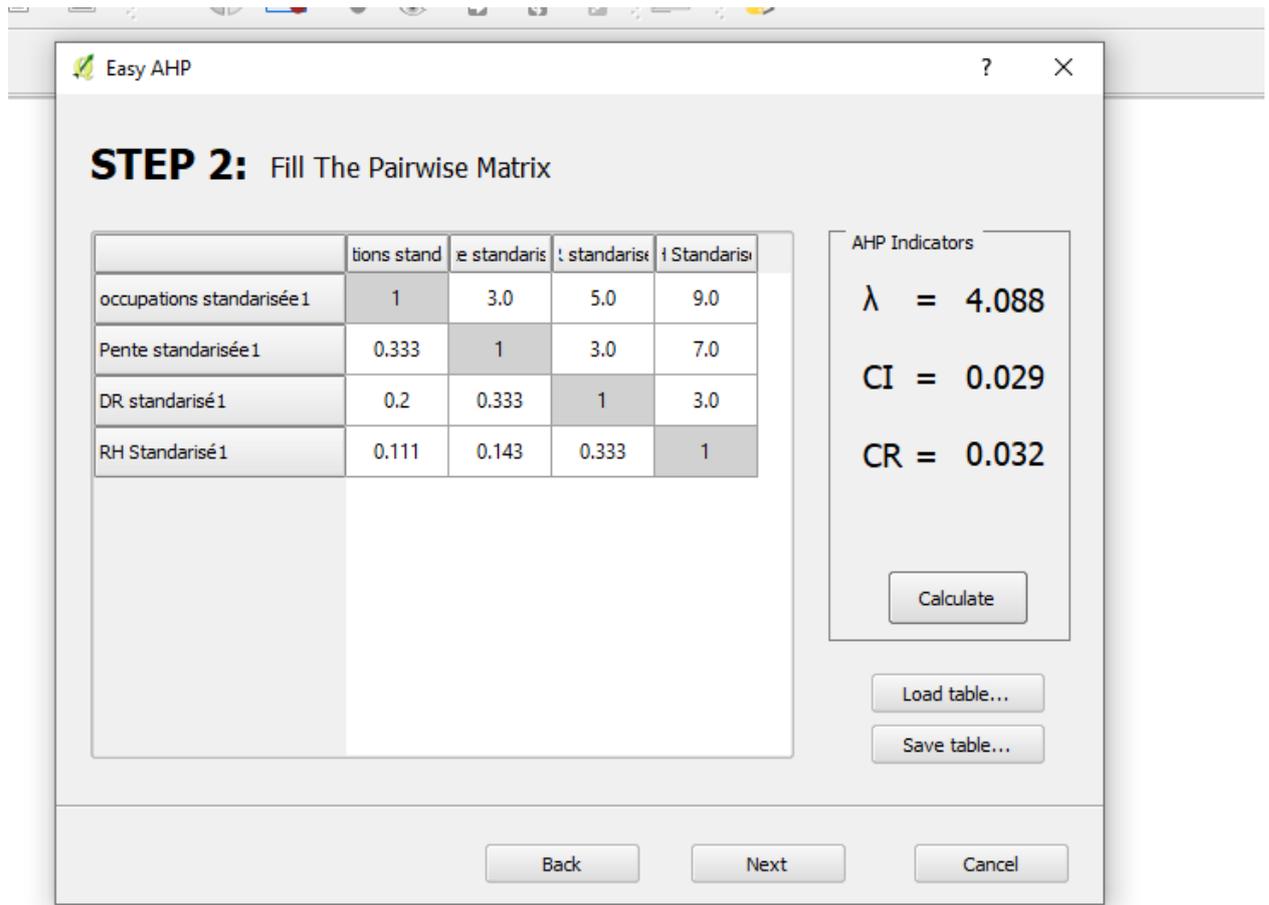


Figure 27: Choix des paramètres d'analyse (EasyAHP)

## Chapitre IV : Solution Proposée

### Etape 2 :

Dans la deuxième étape, on a rempli le tableau pairwise utilisant l'échelle de T.L Saaty



**Figure 28:** Tableau pairwise et calcul des indicateurs (EasyAHP)

### Etape 3 :

Après avoir calculé les indicateurs AHP, on a passé à l'étape suivante. Maintenant, on exécute l'analyse WLC en utilisant les pondérations de couche de sortie de l'AHP pour générer une carte de vulnérabilité. Dans cette étape, Easy AHP utilise l'outil SAGA Raster Calculator de Processing Toolbox. Il a été installé par défaut par QGIS. On a choisi l'emplacement de sortie et exécutez l'analyse. Une fois le processus terminé, la couche de résultats est ajoutée au canevas QGIS

# Chapitre IV : Solution Proposée

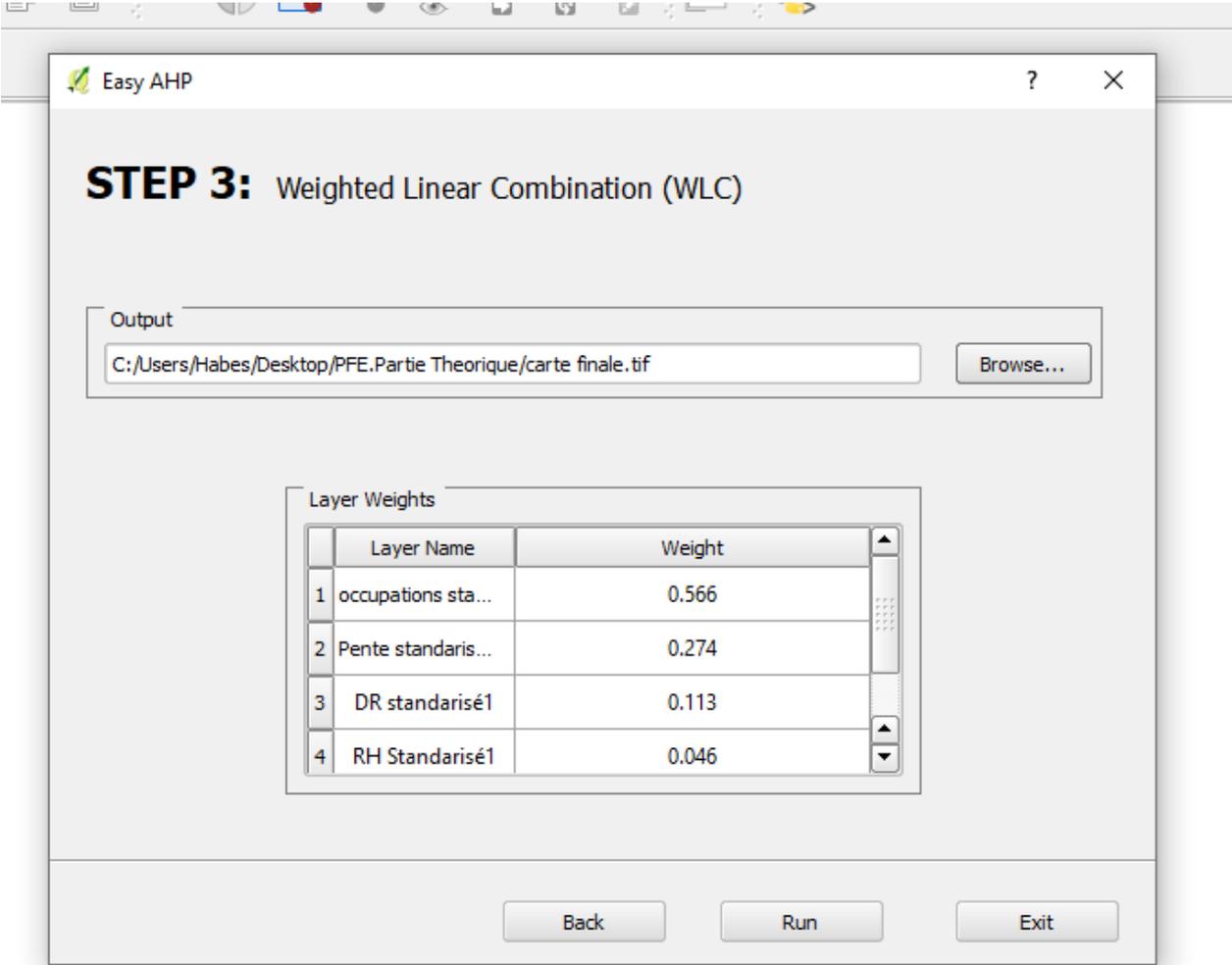


Figure 29: Combinaison linéaire pondérée (EasyAHP)

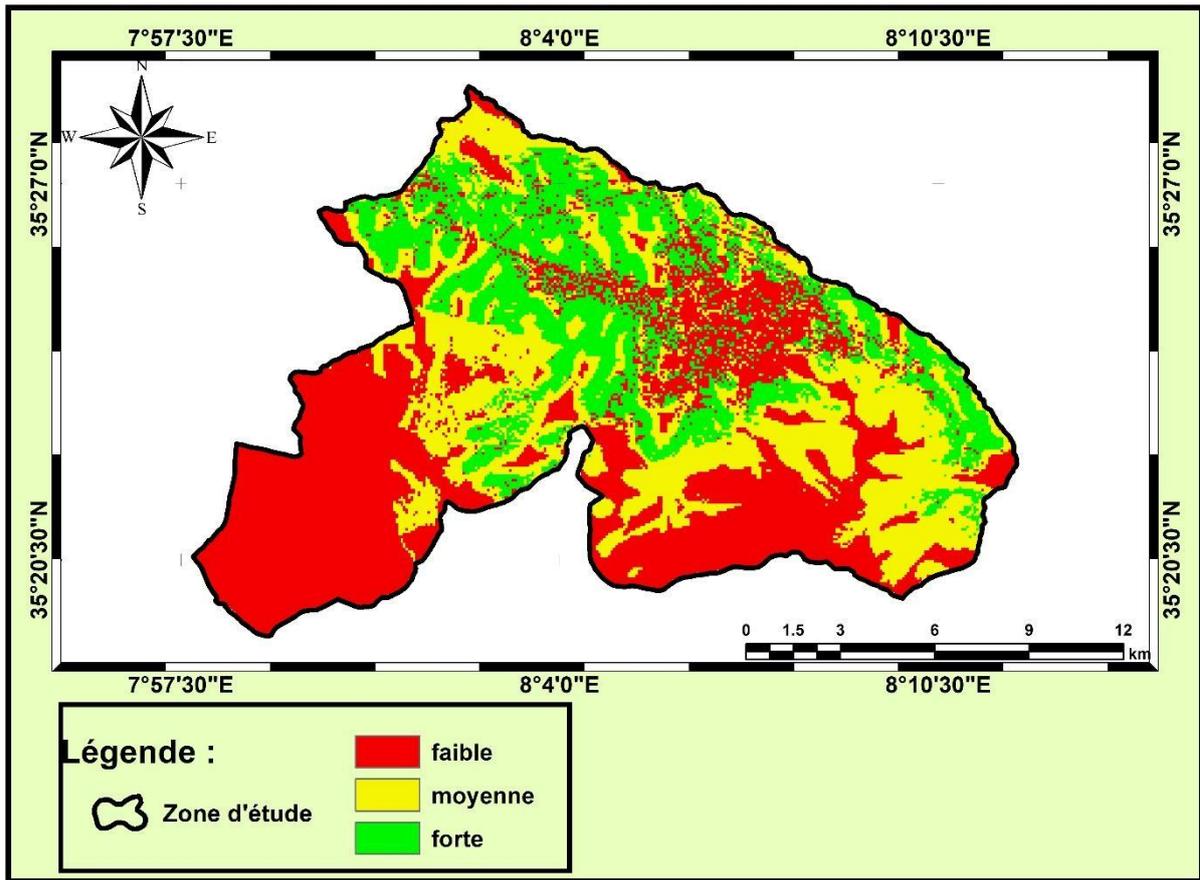
## Chapitre IV : Solution Proposée

Facteur	Classe	Ranking	Poids
Occupation des sols	Urbain	9	0.566
	Foret	6	
	Sol nu	2	
Proximité des routes	10	9	0.113
	200	8	
	300	6	
	400	4	
	500	2	
Proximité de réseau hydrographique	100	9	0.046
	200	8	
	300	6	
	400	4	
	500	2	
Pente	<41	9	0.274
	41-63	8	
	63-85	4	
	>85	2	

**Tableau 10:** Poids des facteurs

## Chapitre IV : Solution Proposée

La carte d'aptitude est préparée



**Figure 30:** Carte finale d'aptitude des terrains urbains

Selon la FAO (1993), la norme de classification d'aptitude est célèbre pour l'analyse d'aptitude des terres. La norme établit si un terrain est hautement approprié ou non. Il est divisé en cinq cotes d'aptitude. Cette étude de cas a utilisé trois des notations importantes des cotes d'aptitude des terres pour générer les résultats. Les trois notes sont une aptitude élevée, une aptitude modérée et une aptitude faible, comme le montre le **tableau 10** ci-dessous.

Faible	moyenne	forte
1	2	3
Terres avec des limitations	Des terres qui sont clairement appropriées mais qui ont des limites	La terre peut soutenir l'utilisation des terres indéfiniment

**Tableau 11:** Explication des cotes d'aptitude des terres utilisées dans l'étude

La procédure d'analyse de l'aptitude des terres pour le développement urbain s'est appuyée sur une superposition pondérée basée sur le SIG des cartes factorielles. Le résultat indique que **45.18%** des terres sont peu adaptées, **24.10%** sont modérément adaptées et **30.72 %** sont hautement adaptées au développement urbain.

### IV.6 Conclusion

Une carte d'aptitude a été créée sur la base de l'approche adoptée. L'étude s'est concentrée sur l'utilisation de la télédétection intégrée et de l'AHP multicritères avec SIG pour déterminer la pertinence du déploiement urbain de la ville de Tebessa. Le résultat de cette étude a indiqué que sur la superficie totale de 184 km<sup>2</sup>, **30.72 %** (56.52km<sup>2</sup>) sont les plus adaptés au développement urbain, **24.10%** (44.34km<sup>2</sup>) sont modérément adaptés au développement urbain et **45.18%** (83.13km<sup>2</sup>) de la zone est la moins propice au développement urbain. Par conséquent, cette étude a présenté les avantages de l'analyse intégrée de l'aptitude des terres basée sur le SIG et une solution pour des décisions aussi compliquées

# **Conclusion Générale**

# Conclusion Générale

La planification urbaine est un domaine complexe, lié au territoire, au contexte socio-économique et même à la politique locale. Cependant, le curseur n'est pas facile à trouver entre la mise au point "automatique" et "manuelle". De plus, dans la plupart des cas d'aménagement du territoire, il semble opportun de mettre en place des outils souples et adaptables à n'importe quel sujet. Nous reconnaissons que les décideurs doivent adopter une approche de bout en bout de la recherche pour assurer la cohérence des politiques de planification de base. La consultation des participants améliore la qualité de ces études, mais rend toujours plus difficile l'augmentation du nombre de participants. Le GIS-AMC semble être une solution adaptée pour assurer la cohérence des documents et la cohérence des intérêts, voire des points de vue parfois opposés. En fait, ces deux outils ont leurs propres avantages et inconvénients, mais ils sont complémentaires dans une certaine mesure et peuvent combler les lacunes de l'un ou de l'autre. La recherche dans ce domaine en est encore à ses balbutiements et le développement de systèmes intégrés SIG-AMC a commencé à apparaître dans divers logiciels. Cette méthode vous permet de transformer progressivement le SIG en un véritable outil d'aide à la décision.

Notre recherche se concentre sur l'utilisation d'AHP intégré au SIG pour déterminer l'aptitude des sites dans la commune Tébéssa et de ses environs. Cette étude démontre les avantages de l'analyse intégrée de l'aptitude des sols basée sur le SIG et des solutions pour des décisions aussi compliquées.

La stratégie d'utilisation des terres doit prendre en considération l'aptitude des terres aux besoins futurs attendus et la possibilité de répondre aux demandes. L'importance critique des terres pour des utilisations spécifiques doit être connue sous le nom d'aptitude physique ou économique. Cela signifie non seulement s'il est important d'utiliser cette zone particulière de terrain d'une manière particulière, mais également si une zone particulière est physiquement appropriée.

## Bibliographie

- [1] H. Derycke, «Economie et Planification Urbaine,» *Presse Universitaires de France*, vol. 1, p. 298, 1982.
- [2] M. Saidouni, *Elements d'Introduction à l'Urbanisme , histoire , méthodologie et reglementation*, Alger : Editions CASBAH, 2000, p. 268.
- [3] R. Laurini, «A Hypermedia Cooperative Approach,» *CRC Press*, 2002.
- [4] J. A. Henderson, *Community Planning And Development , Lecture notes Spring Semester*, California: Whitthier College, 1997.
- [5] A. Amar, «La Planification Urbaine entre la Therorie et la Pratique , le Cas du PDAU de Bouira,» Université de Constantine 3, Constantine , Algeria.
- [6] T. Yaya, «La Planification Urbaine Durable du Plan a la Stratégie,» Bejaia , Algerie, 2016.
- [7] Ministère de l'Interieur et de l'Amenagement du Territoire (MIAT), «un Projet d'Amenagement Durable pour le Luxembourg : les Principales Idées du Programme Directeur,» Luxembourg , 2005.
- [8] M. d. l. d. T. e. d. l. (MATE), «Amenagement de l'Algerie 2020,» Alger , Algerie , 2004.
- [9] T. Baouni, «Le Transport dans ls Stratégies de la Planification Urbaine de l'Agglomération d'Alger,» 2001.
- [10] C. Kedowide, «Modelisation Géomatique par Evaluation Multicritere pour la Prospection des Sites d'Agriculture Urbaine à Ouagadougou,» Paris, 2010.
- [11] S. M. El Amraoui, M. Rouchdi, M. Bouziani et A. El Idrissi, «- Integration Du Sig Et De L'analyse Hierarchiquemulticritere Pour L'aide Dans La Planification Urbaine : Etude De Cas De La Province De Khemisset, Maroc,» *Papeles de Geografía*, 2017.
- [12] R. Prélaz-Droux, «Systeme d'Information et Gestion du territoire : Approche Systémique et Procedure de Realisation,» *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes* , 1995.
- [13] R. Tomlinson et B. B. Petchenik, «Reflections on the Revolution: the Transition from Analogue to Digital Representations of Space1958-1988,» *The American Cartographer* , vol. 15, n° %13, pp. 243-334, 1988.

## Conclusion Générale

- [14] J. T. Coppoc et D. W. Rhind, «the History of GIS in Maguire et al : Geographical Information Systems,» *Longman Scientific & Technical* , pp. 21-43, 1991.
- [15] S. Roche, C. Carnon et Y. Bédard, «Vers une Approche plus Complete du Role de la Geomatique dans les organisations,» *Revue Internationale de Géomatique* , vol. 6, n° %11, pp. 73-92, 1996.
- [16] D. J. Maguire, M. F. Goodchild et D. W. Rhind, *Geographical Information Systems*, Longman Scientific & Technical , 1991.
- [17] S. Roche, «un Regard Nouveau sur l'espace et sa gestion : Etudes de cas en France et au Québec,» *l'Espace Géographique* , n° %11, pp. 60-66, 1997.
- [18] M. H. De Sède et M. Thiéroult, «la Representation Systémique du Territoire : un Concept Structurant pour les SIRS Institutionnels,» *Revue Internationale de Géomatique* , vol. 6, n° %11, pp. 27-50, 1996.
- [19] ESRI, «Qu'est ce que Arcgis?,» ESRI, Californie, 2004.
- [20] T. Sitayeb, «Application de la Geomatique dans l'Etude de la Dynamique de la Végétation dans la plaine de la Macta,» Mascara, 2006.
- [21] P. Marmounnier, *l'Information Géographique*, ENSG/CERSIG, 2002, p. 11.
- [22] «Arc GIS desktop,» 2006. [En ligne]. Available: <https://desktop.arcgis.com/fr/documentation/>. [Accès le Mai 2021].
- [23] N. M. Short, «Remote Sensing Tutorial,» 2000. [En ligne]. Available: <http://rst.gsfc.nasa.gov>. [Accès le Mai 2021].
- [24] M. F. Hadjadji, «Apport des SIG et des Images Satellites pour la Cartographie Numerique de la Foret du Chettabah,» 2011.
- [25] M. C. Girard, *Traitement des Données de Télédétection*, Paris: DUNOD, 1999.
- [26] p. G.-E. Jaziri, «Acquisition et Traitement d'Image Numérique,» 2008.
- [27] R. Kast, *La Theorie de Décision*, Paris: La decouverte, 1993, p. 7.
- [28] A. Tsoukias, «De la Theorie de la Decision a l'Aide a la Decison,» Laboratoire LAMSADE, 2006.
- [29] B. Roy, *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*, Paris, 1985.
- [30] S. Chakhar, «Cartographie Décisionnelle Multicritère: Formulation et Implémentation Informatique,» Paris, 2006.

## Conclusion Générale

- [31] P. Vincke et B. Roy, «Theory of Games and Economic Behavior,» 1989.
- [32] Guitouni et Martel, «Tentative Guidelines to help Choosing an Appropriate MCDA Method,» *European Journal of Operation Research* , 1998.
- [33] E. e. al, «Comparison of Multicriteria Decision Making Methods for Selection of Afforestation Sites,» *International Journal of Geomatics and Spatial Analysis*.
- [34] S. Ben Mena, «Introduction aux méthodes multicritère d'aide à l'aide à la décision,» 2000.
- [35] M. Ghalem, «Systeme d'aide a la decision en aménagement du territoireintergrale de CHOQUET et SIG,» université d'Oran ES-Senia, ORAN.
- [36] S. Ben Mena, «Introduction aux methodes multicriteres d'aide a la decision,» *Biotechnologie , Agronomie , Société et Environnement* , vol. 4, pp. 83-93, 2000.
- [37] L. Maystre, J. Pictet et J. Simos, *Methodes Multicriteres ELECTRE*, Presse Polytechniques et Universitaire , 1994.
- [38] A. Le Gall, *Panorama des methodes d'analyse multicritere comme outils d'aide a la decision*, 2009.
- [39] A. Nafi et C. Werey, *Aide a la decision multicritere: introduction aux methodes d'analyse multicritere de type ELECTRE*, ENGEES Ingenierie Financière , 2010 .
- [40] B. Roy et D. Bouyssou, *Aide a la decision : methodes et cas*, Paris: Economica, 1993.
- [41] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, 1980.
- [42] T. L. Saaty, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with Analytic Hierarchy Process*, RWS PUblications , 2000.
- [43] G. Salton et M. McGill, *Introduction to modern information retrieval*, M. Hill, Éd., New York , 1986.
- [44] T. L. Saaty, «A Scaling method for priorities in hierarchical structures,» *Journal of Mathematical Psychology* , vol. 15, n° %13, pp. 234-281, 1977.
- [45] B. e. al, «Evolution et Développement des Méthodes d'Analyse Spatiale Multicritère pour des Modèles d'Aptitude : l'Exemple des Applications en Géoscience,» ESRI France, France, 2011.
- [46] Janssen et Rietveld, «Multicriteria Analysis and Geographical Information Systems: An Application to Agriculture Land-use in Netherlands,» Dorchecht: Kluwer Academic Publishers, 1990.

## Conclusion Générale

- [47] P. Jankowski, «Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods,» *International Journal of Geographical Information Systems*, pp. 251-273, 1995.
- [48] Raju et Pillali, «Multicriterion Decision Making in River Basin Planning and development,» *European Journal of Operation Research*, vol. 112, pp. 249-257, 1999.
- [49] Koo et Connell, «An Integrated Modelling and Multicriteria Analysis Approach to managing Nitrate diffuse Pollution-Framework and Methodology,» *International Journal of Science of the Total environment* , vol. 359, pp. 1-16, 2006.
- [50] Pereira et Duckstein, «A Multiple Criteria Decision-Making Approache to GIS-based Land Suitability Evaluation,» *International Journal of Geographical Information*, pp. 407-424, 1993.
- [51] A. Laaribi, SIG et Analyse Multicritere, PARIS : Hermès Sciences Publications , 2000.
- [52] J. Malczewski, GIS and Multicriteria Decision Analysis, New York: John Wiley & Sons , 1999.