



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : **Systemes d'Information Géographique**

THEME :

**Prise en compte géographique de l'avis de la population pour l'aide à la décision
dans le domaine de la sélection des sites industriels**

Etudiants : **REZALI ABBOU BAKR EL SEDDIK**

DJABELARBI KADDOUR

Encadrant : BENAMEUR Abdelkader

Co-Encadrant : Dr. TAIBI Aissa

Année Universitaire 2016/2017

Résumé

Dans ce travail, et afin de raffiner la sélection des zones industrielles nous voulons introduire l'avis des citoyens qui habitent aux alentours de ces zones. Les avis sont filtrés et agrégés à partir d'un corpus géo-localisé des tweets. L'objectif est d'une part de démocratiser la sélection des sites pour les fins industrielles et d'autre part pour raffiner les résultats d'une approche d'aide à la décision basé sur une méthode d'analyse multicritère intégrée aux systèmes d'information géographique.

Mots clé:

Système d'Information Géographique (SIG), géo-localisé, d'analyse multicritère.

Remerciement

*Tout d'abord, nous tenons à remercier ALLAH clément et
miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de
mener bien ce modeste travail.*

*On exprime nos sincères remerciements à M **BENAMEUR Abdelkader**
qui a accepté de nous encadrer pour ses précieux conseils.*

*On remercie les membres de jury qui nous a fait l'honneur de juger
notre travail.*

*On adresse nos profondes reconnaissances à tous les enseignants qui ont
contribué à notre formation.*

*Nous remercions tous ceux qui nous ont soutenus de loin ou de près
durant notre cycle d'étude.*

Seddik et Kaddour

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui sont très chers à mon cœur :

*A mes parents pour leur amour, sacrifice De m'avoir donné les moyens de suivre
la voie que j'avais choisie, et surtout, pour leur soutien sans limites.*

A toute ma famille pour leur aide et leur conseils

A tous mes amis qui m'ont soutenus et offerts leur affection

Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de ma profonde reconnaissance.

Au bonheur des plus chers.

Et à tous ceux que j'aime, je dis merci.

Seddik

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui sont très chers à mon cœur :

*A mes parents pour leur amour, sacrifice De m'avoir donné les moyens de suivre
la voie que j'avais choisie, et surtout, pour leur soutien sans limites.*

A mon unique frère Kadda que j'adore

A toute ma famille pour leur aide et leur conseils

A tous mes amis qui m'ont soutenus et offerts leur affection

Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de ma profonde reconnaissance.

Au bonheur des plus chers.

Et à tous ceux que j'aime, je dis merci.

Kaddour

Table des Matières

Résumé

Remerciement

Dédicace

Table des matières	i
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	v
Introduction Générale	1
Systemes d'Information Géographique	3
1. Introduction	4
2. Les systèmes d'Information Géographique	4
2.1 Définition	4
2.2 Composants d'un SIG	5
2.3 Différentes couches	6
2.4 Domaines d'application	7
2.5 Avantages de l'utilisation des SIG	7
2.6 Les inconvénients des SIG	7
3. Comment mettre en place un SIG ?	7
3.1 Etude de faisabilité	7
3.2 Conception du SIG	8
4. Fonctionnalité d'un SIG	8
5. Mode de représentation d'un SIG	9
5.1 Mode vecteur	9
5.2 Mode raster	10
6. SIG et analyse spatiale	10
7. Conclusion	11
Analyse multicritère	12
1. Introduction	13
2. Analyse multicritères	13
2.1 Les objectifs de l'analyse multicritères	13
2.2 Les exemples d'application multicritères	13

Table des Matières

3. L'aide multicritère à la décision -----	13
3.1 Définition-----	13
3.2 Concepts et terminologie -----	14
4. Analyse Multicritères Décisionnel (AMCD)-----	15
4.1 Les étapes du processus de prise de décision -----	16
4.2 Les acteurs impliqués dans le processus de décision -----	16
4.3 Problématiques de référence-----	17
4.3.1 Problématiques du choix (P.α)-----	17
4.3.2 Problématiques du tri (P.β)-----	17
4.3.3 Problématiques de rangement (P.γ)-----	18
4.3.4 Problématiques δ de description-----	18
5. Démarche générale d'une méthode multicritère -----	18
5.1 Définition du problème et l'objet de la décision, l'action -----	19
5.2 L'analyse des conséquences et détermination des critères -----	19
5.3 Choix d'une méthode d'aides à la décision multicritères -----	19
5.4 Performance des actions-----	19
5.5 Différents démarches d'analyse multicritère-----	20
6. Méthodes multicritères -----	21
6.1 Exigences pour des méthodes multicritères appropriées -----	22
7. Illustration des méthodes multicritères-----	23
7.1 La famille ELECTRE-----	24
7.2 La famille PROMETHEE-----	24
8. Les avantages et les limites de l'analyse multicritères-----	26
8.1 Avantages-----	26
8.2 Limites -----	26
9. Conclusion -----	27
SIG et Analyse multicritère -----	28
1. Introduction-----	29
2. Nécessité d'intégration SIG-AMC-----	29
3. Description conceptuelle de MCD-GIS-----	30
3.1 Module d'évaluation multicritère-----	31
3.2 Modules de génération des actions potentielles -----	32
3.3 Modules du choix de la méthode -----	33

Table des Matières

3.4 Module de génération de la carte décisionnelle -----	33
4. Schéma conceptuel d'intégration SIG-AMC -----	33
5. Différents modes d'intégration SIG-AMC -----	34
6. Limites des travaux d'intégration SIG-AMC-----	35
6.1 Modes d'intégration indirecte ou encastrée-----	35
6.2 Intégration d'une seule (ou un nombre limité) de méthode(s) d'AMC-----	35
6.3 Intégration des méthodes du critère unique de synthèse -----	35
7.Conclusion-----	35
Conception et Implémentation -----	36
1. Introduction-----	37
2. Problématique -----	37
3. Approche proposée -----	38
3.1 Le module Visualisation -----	38
3.2 Le module Analyse multicritère -----	38
3.3 Le module Exploitation des données -----	39
4. Etude de cas -----	39
4.1 L'ensemble des actions -----	39
4.2 Les critères -----	39
4.3 Classification des messages -----	43
4.4 dictionnaire de données -----	43
4.5 Visualisation-----	45
5. Implémentation informatique -----	46
5.1 GeoTools -----	46
6.Conclusion -----	46
Conclusion Générale -----	47
Liste des Abréviations -----	50
Référence Bibliographique -----	51
Site Internet-----	53

Liste des tableaux

Tableau 01 : Choix de la méthode multicritère-----	19
Tableau 02 : Tableau de performances-----	20
Tableau 03 : Tableau comparatif des méthodes PROMETHEE -----	25
Tableau 04 : Analyse comparée des SIG et de l'AMC -----	30
Tableau 05 : Fonctions d'évaluation multicritère -----	32
Tableau 06 : Evaluation des actions selon le critère de Sismicité -----	40
Tableau 07 : Evaluation des actions selon les critères, Pluviométrie et température-----	41
Tableau 08 : Evaluation des actions selon les critères, cout d'aménagement, Superf Proxim ---	41
Tableau 09 : Evaluation des actions selon le critère « Proximité » -----	43

Liste des Figures

Figure 01 : Structure d'un SIG -----	5
Figure 02 : Principales composantes du SIG-----	6
Figure 03 : Les couches d'un SIG-----	6
Figure 04 : Modes de représentations d'un SIG -----	9
Figure 05 : Cycle de vie des SIG -----	11
Figure 06 : Les étapes de la procédure de mise en oeuvre d'une analyse multicritère -----	16
Figure 07 : Le processus de décision -----	17
Figure 08 : démarche bottom-up de Roy-----	20
Figure 09 : démarche top-down de Kenney(Haut)-----	21
Figure 10 : Démarche intermédiaire de Laaribi-----	21
Figure 11 : Architecture de MCD-GIS -----	31
Figure 12 : (a)Ensemble des actions discrètes, (b) continu avec un nombre réduit d'actions, et(c) continu avec un nombre très élevé d'actions -----	33
Figure 13 : Schéma conceptuel d'intégration SIG-AMC -----	34
Figure 14 : Architecture générale du système -----	38
Figure 15 : La hiérarchie des critères -----	39
Figure 16 : classification sismiques des wilayas d'Algérie -----	40
Figure 17 : L'avis de population sur la zone industrielle -----	42
Figure 18 : Etages Bioclimatiques des wilayas d'Algérie -----	42
Figure 19 : Les mots clés d'acceptation -----	44
Figure 20 : Les mots clés de refus -----	45
Figure 21 : Visualisation des zones rangées après l'analyse -----	45

Introduction générale

Introduction générale

Les SIG, systèmes d'information géographiques, stockent des données géo-référencées dans des bases de données géographiques, ouvrant ainsi de grandes potentialités en terme d'exploitation. Une utilisation fréquente des SIG concerne la prise de décision à référence spatiale. En effet, les SIG, par leur capacité dans le stockage, la gestion, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale, se présentent comme l'outil le plus adéquat pour appréhender les problèmes de décision à référence spatiale. Néanmoins, la technologie SIG actuelle souffre encore de plusieurs lacunes dues en grande partie à un manque de capacités analytiques capables de supporter les problèmes spatiaux. La solution la plus diffusée pour faire évoluer les SIG vers un vrai outil d'aide à la décision est de les coupler avec d'autres outils surtout avec l'analyse multicritère (AMC). En effet, l'AMC offre à l'évidence plusieurs avantages au niveau de la prise de décision lorsque l'on doit prendre en compte des intérêts conflictuels. Elle apporte le support nécessaire pour combler ces lacunes.

L'intégration des SIG et de l'analyse multicritère constitue une voie privilégiée incontournable pour faire évoluer les SIG vers de véritables systèmes d'aide à la décision. SIG et analyse multicritère mettent à la portée des non-spécialistes les concepts d'aide à la décision à référence spatiale. Cette partie clarifie les notions relatives aux SIG et à l'analyse multicritère et présente un ensemble de solutions conceptuelles et méthodologiques permettant d'en réaliser l'intégration et les outils d'aide à la décision à référence spatiale.

Notre travail s'inscrit dans l'orientation d'intégration SIG-AMC, et sa finalité consiste à ranger des zones industrielles candidates en utilisant une méthode de surclassement. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données dans l'aide à la décision. Pour raffiner la sélection des zones industrielles nous avons voulu introduire les avis des citoyens qui habitent aux alentours de ces zones. Les avis sont filtrés et agrégés à partir d'un corpus géo-localisé des tweets. L'objectif est d'une part de démocratiser la sélection des sites pour les fins industrielles et d'autre part pour raffiner les résultats d'une approche d'aide à la décision basé sur une méthode d'analyse multicritère intégrée aux systèmes d'information géographique.

Pour ce fait, ce rapport est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous donnons d'abord un aperçu sur les systèmes d'informations géographiques en général, leurs composants et leurs domaines d'applications ainsi que leurs fonctionnalités.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons quelques principes sur l'analyse multicritère, ses objectifs, ses domaines d'applications, les différentes problématiques multicritères, et les principales méthodes multicritères.

Le troisième chapitre est consacré aux travaux d'intégration SIG-AMC.

Enfin, dans la conclusion est explicité notre travail à faire et la problématique à laquelle nous nous sommes attaqués.

Chapitre I :

**Systeme d'information
Géographique
(SIG)**

1. Introduction :

Le développement de l'informatique a entraîné des modifications majeures pour la géographie et la cartographie. La production de données s'est accélérée grâce à de nouvelles méthodes de collecte et d'acquisition et le traitement des données localisées s'est largement développé avec la saisie numérique des données graphiques, cartes et plans, et avec les systèmes de gestion de bases de données et les capacités de stockage des systèmes informatiques. Enfin, de nombreux aspects de la cartographie ont été automatisés et les techniques de production complètement modifiées, avec en corollaire une accélération de la diffusion et de l'utilisation de données géographiques. Un Système d'Information Géographique (SIG) est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, les stocker, les extraire (et notamment sur des critères géographiques), les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier.

2. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) :

2.1. Définitions :

Un système d'information géographique est déjà un système d'information, et ensuite un système d'information qui concerne des informations géographiques.

- **Système d'information :**

Un système d'information est un système qui permet de faire le recueil, la structuration, le traitement, et la mémorisation et la communication des informations [2].

Ce système dispose d'un ensemble de moyens humains, matériels, logiciels, etc., et fait tourner un modèle informatisé. Grâce à ce modèle, il rend compte du système opérant et participe ainsi aux actions visant à améliorer le fonctionnement d'une entreprise par exemple.

- **Information géographique :**

L'information géographique est une schématisation du monde réel. Elle donne une description des objets et phénomènes localisés par rapport à un référentiel sur la terre. Elle peut porter plusieurs noms : information géographique, information localisée ou encore information à référence spatiale. La composante spatiale est leur point commun. C'est aussi la spécificité de l'information géographique : spécificité par les traitements qu'elle demande, mais aussi spécificité des traitements qu'elle permet grâce à l'utilisation du raisonnement spatial [2].

- **Système d'Information Géographique (SIG) :**

« Un Système d'information géographique (ou SIG) est un outil informatisé capable de rassembler, stocker, manipuler, analyser, afficher des données géographiquement référencées, c'est-à-dire identifiées selon leurs localisations. La technologie des SIG est donc une synergie entre la manipulation de base de données et la puissance visuelle et d'analyse des cartes. » [1].

On peut citer une autre définition :

« Un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. » [27].

Le but d'un SIG est de fournir une aide à la décision dans des domaines divers. Il peut aussi servir à produire des cartes répondant à un besoin spécifique.

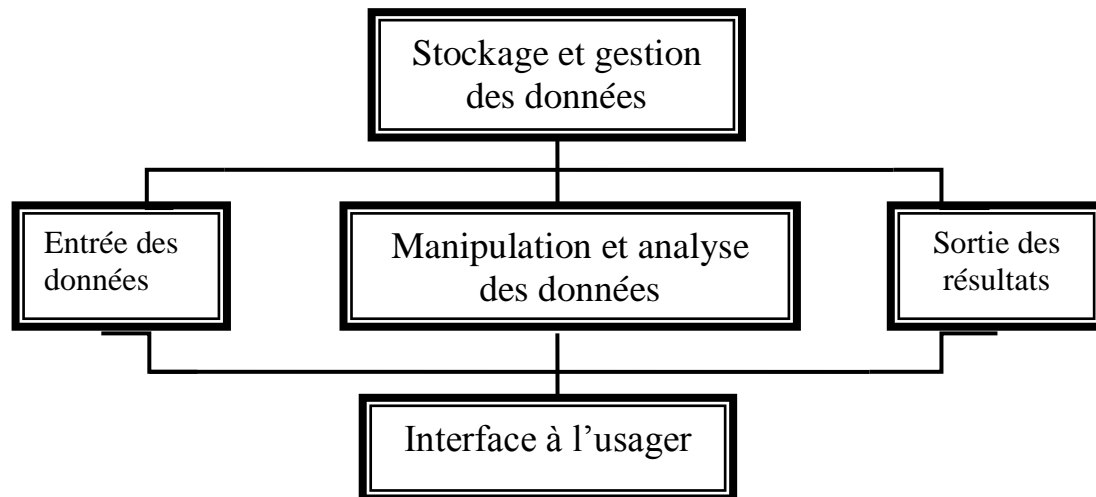


Figure 01 : Structure d'un SIG

2.2. Composants d'un SIG :

Un SIG est constitué de 5 composants majeurs [27] :

- ❖ **Matériel** : Les SIG fonctionnent sur une très large gamme d'ordinateurs, des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.
- ❖ **Logiciels** : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.
- ❖ **Données** : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.
- ❖ **Utilisateurs** : Tout le monde est à des niveaux différents des utilisateurs de SIG
- ❖ **Méthodes** : 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.

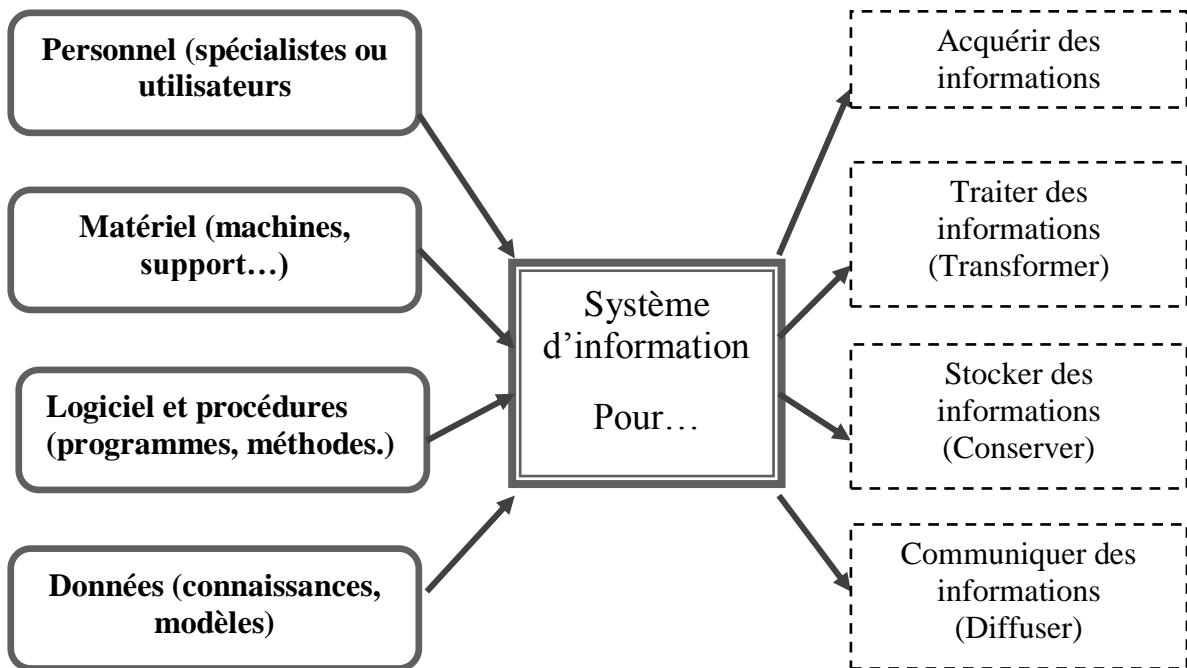


Figure 02 : Principales composantes du SIG

2.3. Les différentes couches :

Un SIG contient généralement plusieurs sortes d'objets géographiques qui sont organisés en thèmes que l'on affiche souvent sous forme de couches. Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises). Chaque objet est constitué d'une forme (géométrie de l'objet) et d'une description, appelé aussi sémantique.

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques), à travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes. Ces capacités spécifiques font du SIG un outil unique, accessible à un public très large et s'adressant à une très grande variété d'applications [4].

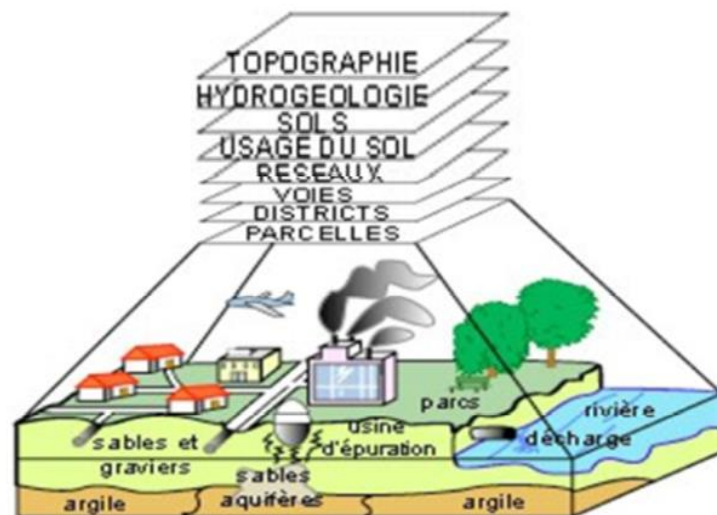


Figure 03 : Les couches d'un SIG [4]

2.4. Domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux qui variés et les possibilités de croisement entre ces disciplines sont infinies [5]. Les SIG interviennent souvent dans :

- ❖ La protection civile (gestion et prévention de catastrophes).
- ❖ Le marketing (localisation des clients, analyse du site).
- ❖ La planification urbaine (cadastre, réseau assainissement).
- ❖ Les transports (planification de transport urbain, optimisation d'itinéraires).
- ❖ Les forêts (cartographie pour aménagement).
- ❖ La géologie (prospection minière).
- ❖ La télécommunication (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

2.5. Avantages de l'utilisation des SIG [6] :

- ✓ Les données sont gardées sous forme physique (support magnétique).
- ✓ Les données peuvent être stockées et extraites à un faible coût et leur accès est facile.
- ✓ Mesures sur les cartes, les superpositions, les transformations, la conception graphique
- ✓ Des tests analytiques de modèles à caractère géographique peuvent être réalisés et répétés facilement.
- ✓ L'étude des changements (études diachroniques) intervenues entre plusieurs dates peuvent être facilement réalisés.
- ✓ La conception graphique interactive et les traceurs automatisés peuvent être utilisés pour la conception et la production cartographique.

2.6. Les inconvénients des SIG [6] :

- Nécessité d'une motivation et d'une formation des collaborateurs au nouveau système.
- Manifestation d'une volonté de changement en vue d'une amélioration.
- Formation d'une personne pour maintenir le SIG.
- Nécessité de travailler selon une méthode définie, concertation, afin d'obtenir des données communes utilisables, fiable, à jour...
- Léger changement des habitudes de travail
- Nécessité d'une autonomie des collaborateurs face au SIG, pour un travail efficace

3. Comment mettre en place un SIG ?

3.1. Etude de faisabilité :

Avant de procéder à la conception du système d'information, une étude de faisabilité s'avère indispensable et portera sur les points suivants :

- ❖ Elaboration des modèles conceptuels simplifiés.
- ❖ Etudes de coûts et de bénéfices.
- ❖ Mesurer l'efficacité future de ce système en le comparant avec les outils de gestion traditionnelle.

Si l'implémentation d'un SIG au niveau de l'organisation s'avère retable, les premières décisions à prendre sont les suivantes :

- Affectation des responsabilités.
- Rédaction d'un schéma directeur.

Après avoir appliqué ces premières décisions, le client pourra lancer la conception proprement dite du système en suivant les étapes suivantes :

- Conception d'un cahier des charges.
- Appel d'offres.
- Choix du système approprié et sa conception par le concepteur retenu.

3.2. Conception du SIG :

La conception du SIG nécessitera le passage par les étapes incontournables citées ci-dessous :

- Identifications des différents utilisateurs.
- Définition des besoins.
- Analyse des sources de données.
- Standardisation de la terminologie.
- Modélisation conceptuel du monde réel.
- Calage des plans dans un référentiel.
- Saisie des données graphiques.
- Saisie des données alphanumériques.
- Structuration générale de la base de données géographique.
- Création des liens entre les bases : de données alphanumériques et localisées.
- Choix de l'architecture de la base de données.

4. Fonctionnalité d'un SIG :

Les SIG présentent un certain nombre de fonctionnalités qui peuvent être rassemblées de différentes manières [4] :

❖ Abstraction :

Revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

❖ **Acquisition des données :**

Concerne la récupération de l'information existante (données qui peuvent provenir de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou de traitements particuliers comme des images satellitaires par exemple) et son intégration dans le système.

❖ **Archivage :**

Transférer les données de l'espace de travail vers l'espace de stockage.

❖ **Analyse :**

Consiste en l'analyse des données par des méthodes quantitatives et statiques et aussi l'analyse spatiale par des opérateurs.

❖ **Affichage :**

Visualisation de l'information géographique sous forme de cartes, tables (listes).

Un SIG performant se doit de disposer de toutes ces fonctionnalités et à un niveau suffisamment performant pour s'adapter aux besoins multiples de ses futurs utilisateurs.

5. Modes de représentation d'un SIG :

Il existe deux modes de représentation des données spatiales : mode **raster** et mode **vecteur**.

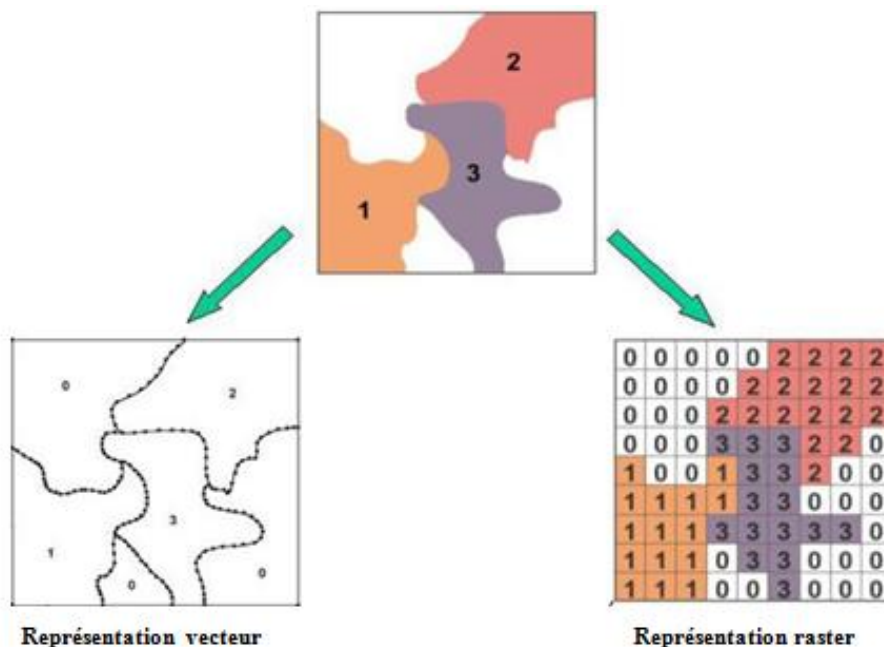


Figure 04 : Modes de représentations d'un SIG.

5.1. Mode vecteur :

Ce mode est une représentation géométrique sous forme :

- **De points** (ponctuels) : forage, points géodésiques...
- **De lignes** (linéaires) : routes, rivières...
- **De surfaces** (polygones) : parcelles, communes...

Dans le modèle vecteur, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées (x, y). Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par une succession de coordonnées (x, y). Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée.

Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes [7].

Avantages du vecteur :

- ✓ Donne une représentation très conforme à la réalité et le poids du fichier est réduit.
- ✓ La localisation et les dimensions des objets sont calculés avec précision
- ✓ On peut individualiser les objets, donc leur attacher des attributs

5.2. Mode raster :

Ce mode correspond à une division régulière de l'espace sous forme de cellules ou mailles généralement carrées appelées pixels, qui définissent la précision minimale de la structure. Les pixels sont par exemple, les centaines de milliers de points lumineux et colorés qui composent votre écran d'ordinateur.

Le mode raster s'applique aux traitements d'images (satellites, photos aériennes).

Avantages du raster :

- ✓ Facilité d'utilisation : les données sont sous forme de tableau. Par rapport au mode vecteur, la dimension thématique est donnée par des valeurs numériques de la grille et la dimension spatiale est déduite par la position relative du pixel dans la grille.
- ✓ Le croisement des données est facile à réaliser : toutes les grandeurs sont ramenées à la même unité de base (le pixel) [7].

Inconvénients du raster [7] :

- ✓ Fichier lourd en mémoire.
- ✓ Manque de précision et qualité médiocre des documents à l'impression
- ✓ Pas d'individualisation des objets.

6. SIG et analyse spatiale

L'analyse spatiale, fonctionnalité fondamentale du SIG, représente une part importante, voire la plus importante de l'exploitation d'un SIG. Explicitement plusieurs définitions ponctuent cette fonctionnalité des SIG, mais son fondement reste le même. Si les contenus qui se retrouvent dans bon nombre de définitions présentes dans la littérature sont réunis, le concept d'analyse spatiale se comprend comme : « Les méthodes et les opérateurs, associés aux SIG, exploités pour modéliser l'espace géographique en base de données, extraire des informations pour dériver des informations synthétiques et pour identifier les relations fonctionnelles entre entités ou phénomènes » [3].

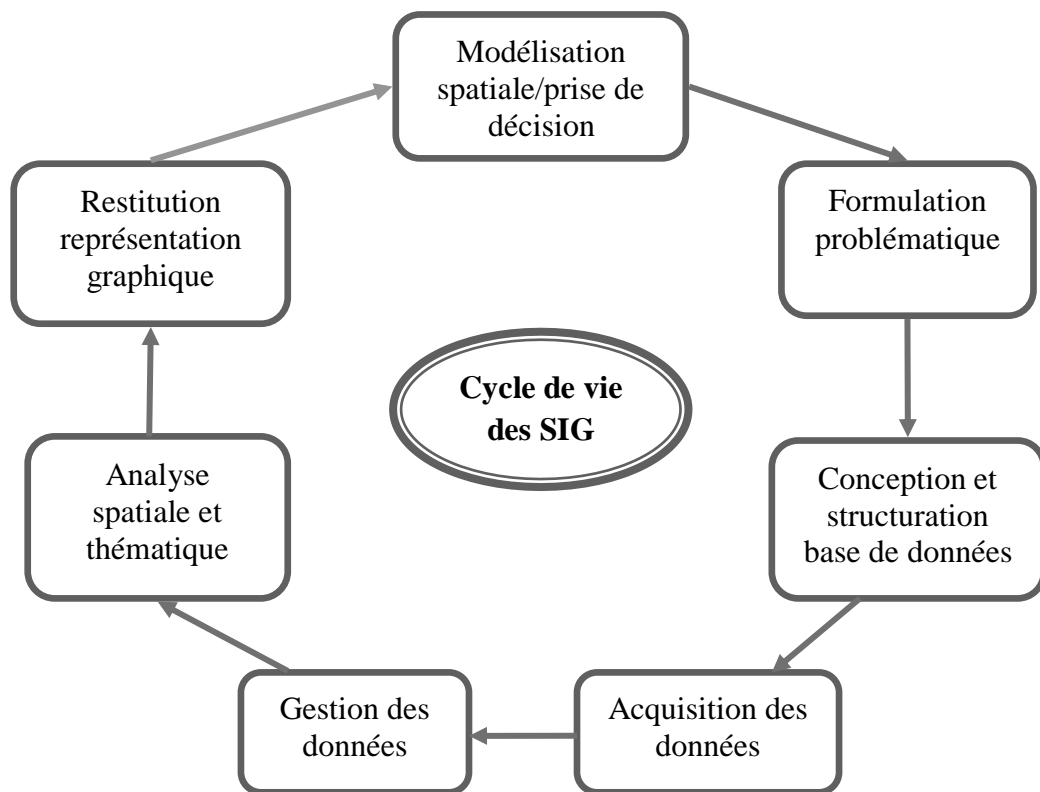


Figure 05 : *Cycle de vie des SIG*

7. Conclusion :

Un système d'information géographique (SIG) est un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire (et notamment sur des critères géographiques), de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif des SIG reste le stockage numérique des données géographiques bi ou tridimensionnelles.

Chapitre II :

Analyse Multicritères

1. Introduction :

La prise de décision constitue l'activité principale et essentielle des gestionnaires dans les organisations. Cette activité devient de plus en plus complexe, car ces gestionnaires (décideurs) cherchent à intégrer dans leurs décisions plusieurs facteurs de nature assez diversifiée. Les situations de choix sont nombreuses où les actions potentielles sont évaluées sur la base de plusieurs objectifs où critères. L'aide multicritère à la décision est un monde de concepts, d'approches, de modèles et de méthodes qui visent à aider le gestionnaire (le décideur) à décrire, évaluer, ranger, choisir ou rejeter un ensemble d'actions, pouvant être exercées sur des candidats, des produits ou des projets. Cet exercice est basé sur l'évaluation à l'aide de notes (scores), de valeurs, d'intensité de préférence, et ce, en fonction d'un ensemble de critères. Ces derniers peuvent représenter divers aspects tels que : les objectifs, les buts, les cibles, les valeurs de préférence, les degrés d'aspiration et les fonctions d'utilité [8].

2. Analyse multicritères

2.1. Les objectifs de l'analyse multicritères

- Aider à prendre une décision ou à évaluer plusieurs options dans des situations où aucune possibilité n'est parfaite.
- Permettre de concilier les aspects économiques, de design, technologiques, environnementaux, sociaux [9].

2.2. Les exemples d'applications multicritères

- ❖ Choix d'un site d'aménagement.
- ❖ Choix d'un moyen de transport.
- ❖ Décision d'investissement.
- ❖ Choix de l'utilisation d'une technologie ou d'un système d'information.
- ❖ Sélection de fournisseurs.

3. L'aide multicritère à la décision

3.1. Définition

Dans [12] est définie l'aide multicritère : « 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 à plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte ».

L'aide multicritère à la décision œuvre à apporter un éclairage et des explications à une catégorie de problèmes où :

- ❖ Plusieurs critères quantitatifs et qualitatifs sont pris en considération.
- ❖ Ces critères sont souvent hétérogènes.
- ❖ Ces critères sont généralement conflictuels.
- ❖ Ces critères sont généralement considérés d'inégale importance.

3.2. Concepts et terminologie :

✚ Les actions :

Une action est une représentation de l'élément de solution qui contribue à la décision (par exemple, une région, un site, un investissement, une offre..., etc.). Quand les actions sont exclusives, on pourra utiliser le terme variantes (en anglais alternatives).

Action potentielle :

Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins ou présumée telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision ; l'ensemble des actions potentielles sur lequel l'aide à la décision prend appui au cours d'une phase d'étude est notée « A » [10].

✚ Les objectifs :

Un objectif indique le sens de l'amélioration qu'un décideur souhaite apporter à un système lors d'un changement d'état. Il reflète l'aspiration du décideur. Les trois manières de poursuivre un objectif sont de le maximiser, de le minimiser ou de le maintenir dans un certain état. Des exemples industriels classiques de ces situations sont : maximiser le profit, minimiser le coût ou maintenir un équilibre économique.

Des auteurs ajoutent à ces situations d'autres types d'objectifs comme : près d'une cible (but), plus grand ou plus petit qu'un certain seuil, dans un intervalle, ...etc. [11].

✚ Les attributs :

Les attributs correspondent à des caractéristiques des alternatives. Les attributs permettent d'évaluer les niveaux des objectifs.

✚ Les critères :

On peut parler de facteurs pour désigner tous les éléments qui contribuent à juger une action dans le domaine considéré. Ces facteurs peuvent être de deux types : des critères ou des contraintes.

Critère :

C'est un facteur de jugement sur la base duquel on mesure et on évalue une action ; il diffère de la notion de variable dans la mesure où un critère est relié aux préférences du décideur alors qu'une variable ne l'est pas nécessairement.

Contrainte :

C'est un facteur permettant de circonscrire et de limiter les actions prises en considération ; on pourrait l'appeler aussi critère d'admissibilité (par exemple, le site d'implantation d'une usine doit être à 500 mètres d'une autoroute).

Il y a lieu d'émettre quelques remarques : [5]

- ❖ Si les contraintes présentent des conditions qui doivent être complètement satisfaites, les critères présentent des conditions qu'on désire satisfaire à leur maximum.

- ❖ Également, on constate dans la littérature qu'on a tendance à les confondre ; ceci est un effet induit de l'approche monocritère où l'objectif est perçu comme étant opérationnel et nécessite un résultat (il s'apparente au critère dans notre perception).
- ❖ D'autres auteurs, utilisent le terme objectif pour les problèmes d'évaluation continus et le terme critère pour les problèmes discrets.

4. Analyse Multicritères Décisionnel (AMCD)

Les principes de l'AMCD témoignent autant d'une évolution des pratiques des utilisateurs que d'un changement profond dans les modalités du processus décisionnel. L'AMCD permet de composer avec la multiplicité, la divergence et la nature (quantitative ou qualitative) des critères en vue d'aboutir à des compromis acceptables. La combinaison de critères aboutit à un indice (index) qui permet de comparer différentes alternatives entre elles. Sur le plan opérationnel, l'AMCD compare des scénarios d'actions ou des variantes en fonction de problématiques générales :

- De choix, quand le résultat recherché découle d'une procédure de sélection ; par exemple, pour établir une priorité entre un projet de bibliothèque, un centre sportif, un parc et une piste cyclable.
- De tri, pour une procédure d'affectation ; par exemple, pour catégoriser les différents lots de la zone verte.
- De classement, pour établir des classes de priorité ; par exemple, pour classer divers scénarios d'intervention du moins au plus intéressant.
- De description, pour améliorer la compréhension d'ensemble de différentes actions afin de mettre en contexte les conséquences possibles des interventions.

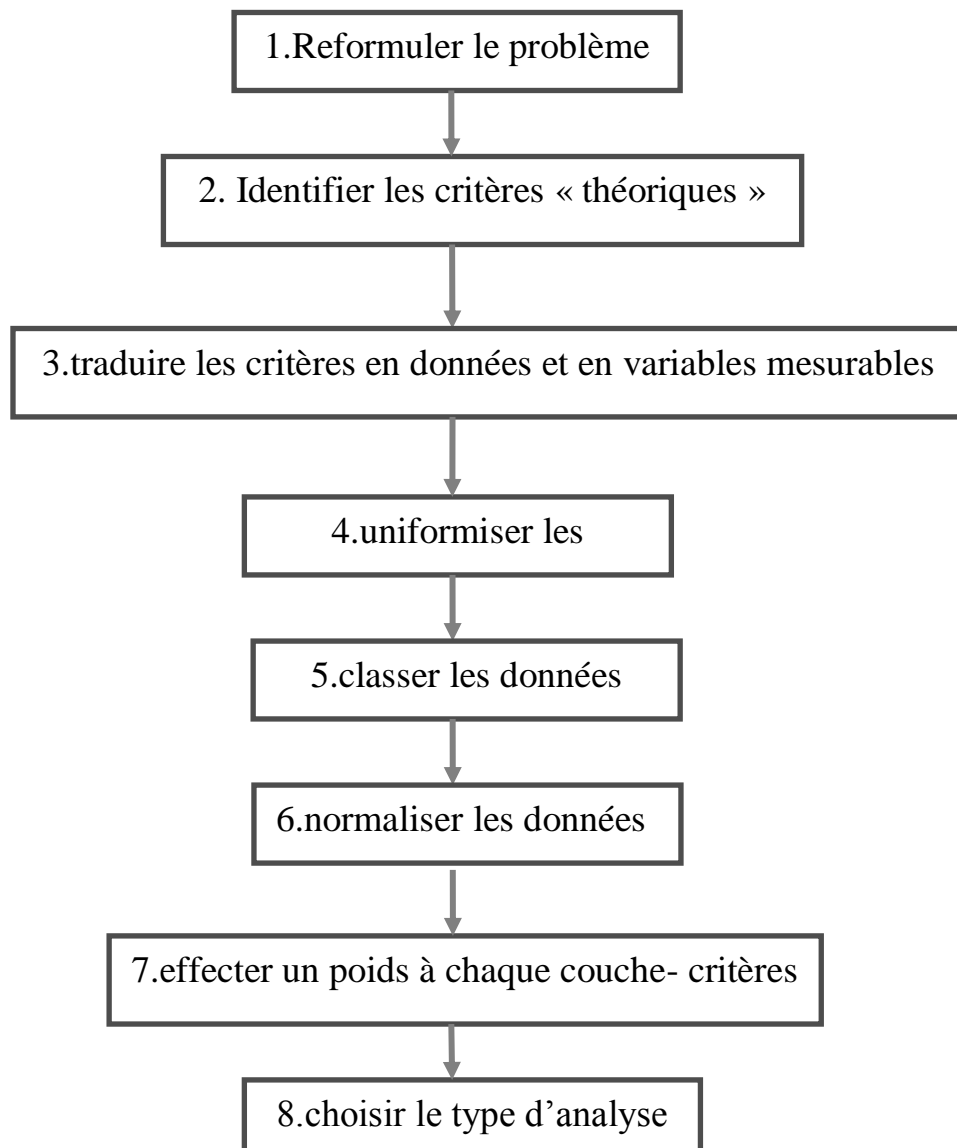


Figure 06 : Les étapes de la procédure de mise en œuvre d'une analyse multicritère

4.1. Les étapes du processus de prise de décision :

On distingue généralement plusieurs étapes dans le processus de décision. Les auteurs sont cependant partagés sur le nombre de ces étapes ainsi que les objectifs qui leur sont attribués. Le processus de prise de décision passe par trois étapes essentielles [14] :

1. La reconnaissance du problème objet d'une décision.
2. La recherche et la collecte des données nécessaires à la résolution du problème (qu'on peut interpréter comme la recherche d'alternatives qui naturellement ne peut s'opérer qu'à l'aide du maximum de données sur le problème).
3. Le choix enfin de la solution la plus appropriée au problème.

4.2. Les acteurs impliqués dans le processus de décision :

- ❖ Le décideur (D).
- ❖ L'homme d'étude (HE) ou l'analyste, ou ingénieur de la décision.

- ❖ Le personnel opérationnel et technique du système (T).
- ❖ Les agis, qui bénéficient ou subissent les décisions prises (A).

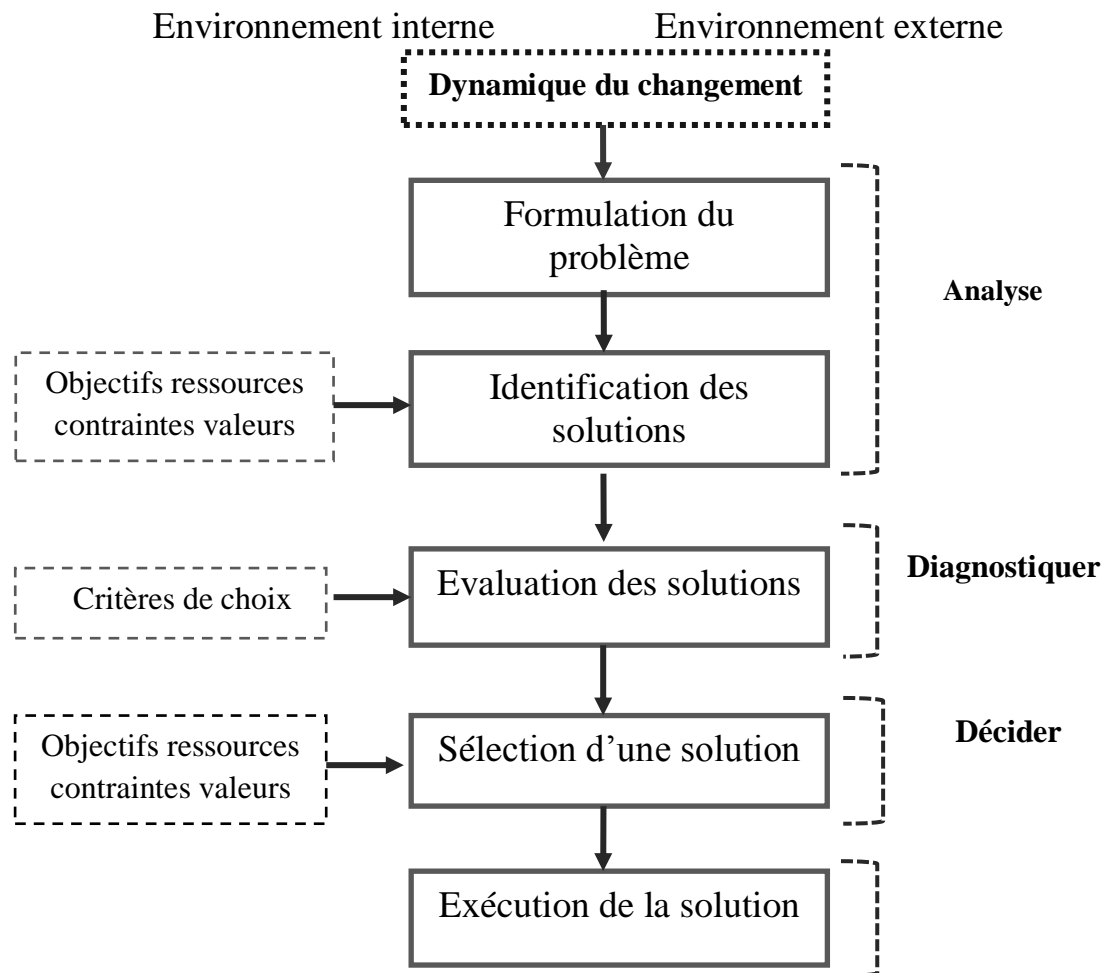


Figure 07 : Le processus de décision [18]

4.3. Problématiques de référence :

Dans le cadre de la décision multicritères, l’objet de la décision est formé par un ensemble d’actions ou alternatives. Pour Roy [10], les problèmes réels peuvent être formulés à l’aide des méthodes d’analyse multicritères, selon quatre formulations de bases : problématique de choix, notée P_α , la problématique de tri ou d’affectation notée P_β , et la problématique de rangement noté P_γ , et Problématique de description notée P_δ .

4.3.1. Problématique du choix (P_α) :

Elle consiste à sélectionner les meilleures actions. Cette problématique cherche un ensemble aussi réduit que possible, contenant la ou les meilleures actions [4].

4.3.2. Problématique du tri (P_β) :

Elle consiste à affecter les actions à des catégories (ou classes) prédéfinies. Cette problématique affecte les actions à des catégories en examinant leur valeur intrinsèque :

4.3.3. Problématique de rangement ($P.\gamma$) :

Cette problématique fait partie de la première phase d'analyse des problématiques précédentes. Elle consiste à éclairer l'analyse des actions par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences. Si cette problématique aboutit à une procédure, nous parlerons de procédure cognitive [4].

4.3.4. Problématique de description ($P.\delta$) :

La problématique δ est de poser le problème en termes limités à une description des actions de l'ensemble A et/ou de leurs conséquences, c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'informations relatives aux actions potentielles conçues en vue d'aider directement le décideur à les découvrir, à les comprendre, à les jauger et ce compte tenu du caractère révisable et/ou transitoire de A ; cette problématique prépare une forme de recommandation ou de simple participation visant :

- Soit à présenter une description systématique et formalisée des actions et de leurs conséquences qualitatives ou quantitatives,
- Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure cognitive convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.

5. Démarche générale d'une méthode multicritère :

Il existe différentes démarches pour faire face à la situation de décision multicritère. Chacune met l'accent sur certains aspects aux dépens d'autres et, par conséquent, chacune a ses avantages et ses inconvénients.

- ✚ **Roy** se base sur une approche de « bas vers le haut » (bottom-up) qui consiste à identifier toutes les conséquences pouvant résulter de la mise en œuvre des actions, que l'on structure en dimensions puis en axes de signification autour desquels sont construits les critères [10].
- ✚ **Keeney** se base sur l'approche du « haut vers le bas » (top-down) qui consiste à construire une structure hiérarchique ayant à son premier niveau l'objectif global qui est éclaté en sous-objectifs jusqu'à ce que l'on atteigne un niveau mesurable que l'on qualifie d'attributs [19].
- ✚ **Laaribi** a proposé une approche intermédiaire qui, selon lui, est de portée générale. Il décrit son approche comme suit [15] : Partant d'une situation de décision quelconque (perception d'un problème de décision), il y a lieu de tenter de dégager au départ les objectifs qu'on cherche à atteindre. En tenant compte de ces objectifs, un faisceau de points de vue pourrait se dégager, exprimant en quelque sorte des classes de critères. Aussi, les objectifs permettraient de définir des actions (globales) ou des scénarios (ensemble d'actions fragmentées), tandis que la famille de points de vue se traduit généralement en un ensemble de critères qui permettent de procéder à une évaluation des actions ou des scénarios.

Une fois l'évaluation effectuée, on procédera à l'investigation par une procédure d'agrégation multicritère appropriée afin de parvenir à une recommandation.

Les problèmes de décision multicritères opèrent, habituellement, en 4 étapes [17] :

- ❖ Dresser la liste des actions potentielles.
- ❖ Dresser la liste des critères à prendre en considération.
- ❖ Établir le tableau des performances des actions par critère (matrice d'évaluation).
- ❖ Agréger les performances aboutissant à un classement par préférence.

5.1. Définition du problème et l'objet de la décision, l'action :

La détermination de l'objet de la décision consiste à identifier l'ensemble des actions ou alternatives sur lesquelles va porter la décision.

5.2. L'analyse des conséquences et détermination des critères :

Il s'agit d'identifier et de mesurer les conséquences des actions sur lesquelles va porter la décision. Les critères découlent des conséquences des actions. Souvent, une action a plusieurs conséquences, ainsi la conséquence d'une action selon un critère donné est évaluée par une fonction g (à valeurs réelles) définie sur l'ensemble A des actions potentielles de telle sorte qu'il soit possible de raisonner ou de décrire le résultat de la comparaison de deux actions a et b relativement à partir des nombres $g(a)$ et $g(b)$ [17].

5.3. Choix d'une méthode d'aide à la décision multicritères :

Cette étape dépend de la nature du problème posé. Plusieurs méthodes ont été développées, le tableau suivant, identifie certaines méthodes en fonction de la nature du problème étudié :

Critères	Nature du problème		
	α (sélection)	β (affectation)	γ (classement)
Vrai critère	I	-	II
Pseudo- critère	IS	Tri	III , IV

Tableau 01 : *Choix de la méthode multicritère [5]*

5.4. Performance des actions :

Lorsque l'analyse des actions a conduit à la construction d'un seul critère, on peut réaliser une optimisation sur ce critère, ce qui peut être simple lorsque le nombre d'action est faible. Dans le cas fréquent, où l'analyse des conséquences des actions potentielles a conduit à construire plusieurs critères, c'est l'analyse multicritères qui permet de donner des réponses au problème posé. Pour chaque action considérée, et pour chaque critère un seuil de préférence p , d'indifférence q et un seuil de veto v sont estimés. Chaque critère se voit attribué un poids k traduisant sa contribution dans la décision finale. Le résultat de l'analyse des conséquences est présenté dans un tableau de performances, (voir tableau) [5] :

Critères	g_1	g_2	.....	g_j	.....	g_n
Poids	k_1	k_2	.....	k_j	.....	k_n
Seuils	p_1	p_2	.....	p_j	.....	p_n
	q_1	q_2	.....	q_j	.....	q_n
	v_1	v_2	.....	v_j	.....	v_n
Actions						
a_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	.....	$g_j(a_1)$	.....	$g_n(a_1)$
a_2	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	.....	$g_j(a_2)$	.....	$g_n(a_2)$
a_3	$g_1(a_3)$	$g_2(a_3)$	.....	$g_j(a_3)$	.....	$g_n(a_3)$
a_4	$g_1(a_4)$	$g_2(a_4)$	.....	$g_j(a_4)$	.....	$g_n(a_4)$
a_j	$g_1(a_j)$	$g_2(a_j)$	.....	$g_j(a_j)$	.....	$g_n(a_j)$
a_m	$g_1(a_m)$	$g_2(a_m)$	.....	$g_j(a_m)$	.....	$g_n(a_m)$

Tableau 02 : Tableau de performances [5]

5.5. Différents démarches d'analyse multicritère

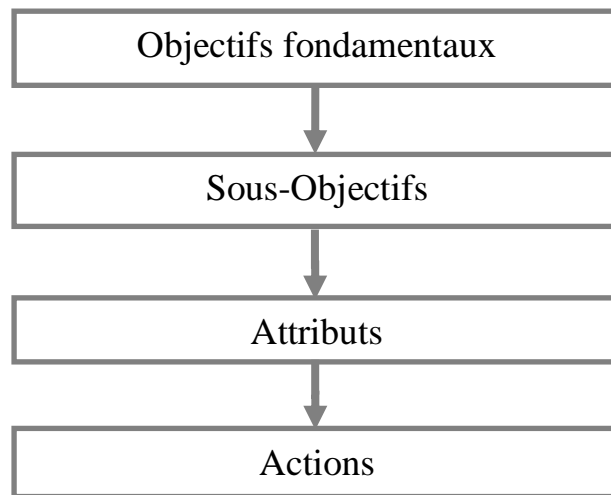


Figure 08 : démarche bottom-up de Roy

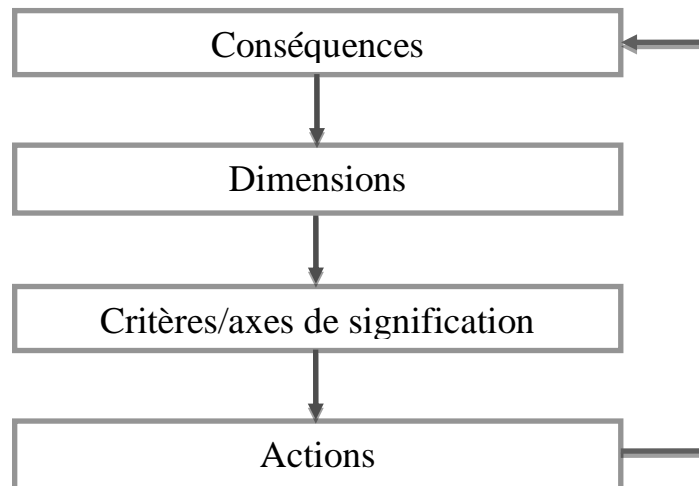


Figure 09 : démarche top-down de Kenney (Haut)

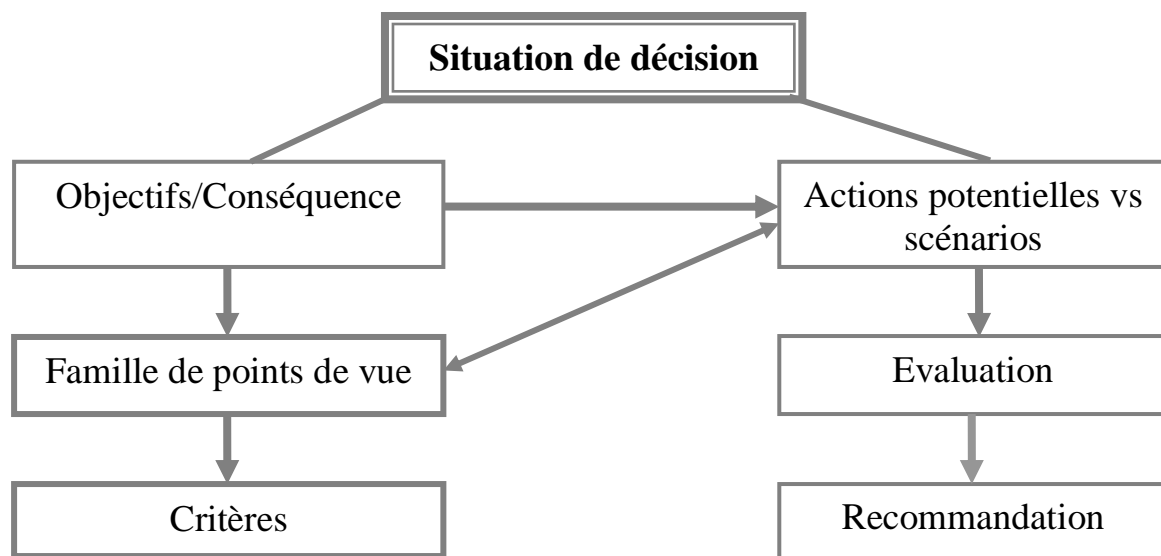


Figure 10 : Démarche intermédiaire de Laaribi

6. Méthodes Multicritères :

La littérature en aide multicritère à la décision renferme de nombreuses méthodes. Ces dernières ont été regroupées dans trois catégories principales représentant chacune d'entre elles des approches différentes. Ces catégories se présentent comme suit [23] :

✚ Méthodes d'agrégation selon l'approche du critère unique de synthèse :

Cette approche est la plus classique. Les méthodes appartenant à cette catégorie sont généralement désignées sous le nom des méthodes d'agrégation complète. Elles consistent à agréger l'ensemble des critères, de manière à obtenir une fonction critère unique qui synthétise cet ensemble. Ainsi, cette fonction à optimiser, qui peut être par exemple une fonction d'utilité ou de valeur, agrège les préférences locales, au niveau de chaque critère ou attribut [23].

✚ Les méthodes de surclassement selon l'approche du surclassement de synthèse :

A l'inverse de la première catégorie, cette classe de méthodes accepte l'incomparabilité entre les différentes actions. Les méthodes appartenant à cette approche, d'inspiration française, sont appelées également les méthodes d'agrégation partielle. Cette appellation est due au fait que ces méthodes procèdent, généralement, par paires d'actions [23].

✚ Les méthodes interactives selon l'approche du jugement local interactif :

Les méthodes interactives sont également appelées méthodes d'agrégation locale et itérative. Cette appellation renvoie au fait que ces dernières procèdent, en premier lieu, par la détermination d'une solution de départ. Elles effectuent ensuite une recherche dans l'environnement de cette solution pour essayer d'aboutir à un meilleur résultat, d'où le qualificatif progressif, le terme itératif a été également utilisé pour qualifier les méthodes interactives. Ainsi ces dernières permettent de modéliser les préférences du décideur de manière séquentielle et itérative [23].

6.1. Exigences pour des méthodes multicritères appropriées

La plupart des méthodes multicritères enrichissent la relation de dominance et exploitent les résultats obtenus en vue d'aider le décideur. Chaque méthode procède de façon différente. L'aide fournie au décideur par des méthodes distinctes ne sera donc pas forcément la même. Quelques conditions qui semblent devoir être remplies pour donner lieu à des méthodes satisfaisantes sont formulées. De telles conditions peuvent être étudiées du point de vue du décideur, et alors il s'agit d'exigences très pratiques, ou du point de vue du mathématicien, et il s'agit plutôt de formuler des axiomes ou des propriétés devant être vérifiées [16].

- **Condition 1 : prise en compte des écarts**

Il est important de prendre en compte les écarts entre les évaluations des actions sur chaque critère. Ce sont des données disponibles dès l'instant où les évaluations sont connues. Dans la pratique on observe d'ailleurs que les décideurs souhaitent toujours accorder une préférence plus ou moins grande à l'une ou l'autre action en fonction des écarts observés.

- **Condition 2 : élimination des effets d'échelle**

Les évaluations étant en général exprimées dans des unités différentes ; il est essentiel d'éliminer toute influence des effets d'échelle. Il est impensable en effet que les résultats fournis par une méthode multicritère soient dépendants des échelles utilisées. Ces effets peuvent être particulièrement pervers.

- **Condition 3 : incomparabilité**

Lorsque deux actions sont comparées, une des quatre conclusions suivantes doit pouvoir être proposée au décideur :

$$\left\{ \begin{array}{l} a P b \text{ } a \text{ est meilleur que } b \\ b P a \text{ } b \text{ est meilleur que } a \\ a I b \text{ } a \text{ est indifférente à } b \\ a R b \text{ } a \text{ et } b \text{ sont incomparables} \end{array} \right.$$

Des incomparabilités doivent être admises. Cet aspect est important : il permet au modèle de ne pas décider lorsque l'information disponible est insuffisante. Si l'on ne force pas le modèle à décider en toute situation, l'information fournie au décideur pourra être considérée comme sûre et fiable.

- **Condition 4 : simplicité**

Chaque méthode multicritère possède sa logique propre et peut ainsi donner lieu à des résultats différents. Toute méthode se doit donc d'être simple, c'est-à-dire compréhensible par le décideur, car choisir une méthode c'est déjà choisir en partie le résultat. Une méthode ne peut donc pas apparaître comme une « boîte noire » fournissant des solutions.

- **Condition 5 : signification de l'information supplémentaire**

Toute méthode multicritère requiert l'introduction d'information supplémentaire : des fonctions ou des valeurs de paramètres par exemple. Cette information ne peut avoir une interprétation purement technique. Le décideur doit en comprendre la signification économique et la portée.

- **Condition 6 : aspects conflictuels des critères**

Toute méthode doit informer le décideur sur le caractère conflictuel de ses critères d'évaluation. Il est utile de pouvoir détecter et apprécier des critères exprimant des préférences similaires, indépendantes ou opposées sur l'ensemble des actions, ceci en vue de pouvoir au besoin renforcer ou atténuer interactivement certaines orientations.

- **Condition 7 : interprétation des poids**

Toutes méthode doit préciser l'importance relative attribuée aux différents critères. Pour ce faire, on utilise le plus souvent des poids. Il est dès lors important de fournir au décideur une interprétation claire de la signification de ces poids ou, à défaut, un instrument permettant d'apprécier aisément les conséquences qu'entraîne une variation de ces poids sur les décisions proposées par la méthode.

Ceci est fondamental : d'autres poids impliquent d'autres solutions. Les poids sont liés à la personnalité du décideur. Ils constituent son espace de liberté.

7. Illustration des méthodes multicritères :

L'aide multicritères à la décision vise à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision où plusieurs critères souvent contradictoires, doivent être pris en compte. Elle permet de modéliser de la manière la plus fidèle possible les préférences d'un expert. Une telle modélisation permet ensuite la construction d'outils adaptés et capables d'assister ou de remplacer un décideur sur des problèmes complexes. Il existe des méthodes et algorithmes qui permettent de résoudre des problèmes d'aide à la décision multicritères, tels que la famille de méthodes ELECTRE et la famille de méthodes PROMETHEE.

7.1. La famille ELECTRE :

Les méthodes ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la Réalité) ont été développées par Bernard ROY au courant des années 70. Elles ont évolué en une famille de méthodes dites de surclassement basées sur la comparaison des actions deux par deux.

❖ ELECTRE I :

Elle est utilisée pour des problématiques de sélection. Le but étant de déterminer un sous ensemble d'actions, un noyau d'action, qui surclasse le reste des actions. Ce noyau n'existe pas nécessairement et n'est pas nécessairement unique.

❖ ELECTRE II :

Elle relève des problématiques de classement. Elle vise à classer les actions depuis les meilleurs jusqu'aux moins bonnes. En se basant sur un principe de préordre total, ELECTRE II postule que toutes les actions sont comparables (l'incomparabilité est exclue, en d'autres termes, le décideur peut toujours opérer un choix entre une action a et une action b). [5]

❖ ELECTRE III :

Elle relève aussi des problématiques de classement. Le but est de classer les actions des meilleures aux moins bonnes. L'originalité de cette méthode est d'admettre une part de flou dans les choix du décideur.

❖ ELECTRE IV :

Relève des problématiques liées aux procédures de classement. Comme ELECTRE III, elle associe à chaque critère des seuils de préférences, mais l'originalité réside dans le fait de supprimer la pondération attachée à chaque critère [5].

❖ ELECTRE IS :

C'est une adaptation de la méthode ELECTRE I à la logique floue, permettant d'utiliser des pseudo-critères (Le S veut dire seuil) [5]. Comme dans ELECTRE I, l'ensemble des actions potentielles A est divisé en deux sous ensembles : Le noyau N , qui comprend les actions non surclassées, et le reste $A \setminus N$ qui contient les actions surclassées. C'est dans le noyau que se trouve la meilleure action. La construction de ces partitions nécessite l'utilisation de la relation de surclassement.

❖ ELECTRE TRI :

Relève des problématiques d'affectation. Des actions de références sont classées par catégorie; Chaque catégorie est bornée inférieurement et supérieurement par des actions. Le but du jeu est de classer les actions qui seront proposées au décideur dans une des catégories prédéfinies.

7.2. La famille PROMETHEE :

Les méthodes PROMETHEE sont utilisées dans de nombreux cas de recherche opérationnelle, et plus récemment dans la prise de décision en matière environnementale. L'objectif des méthodes d'analyse PROMETHEE est de construire via un système de préférences floues, un classement des alternatives des meilleures aux moins bonnes.

❖ **Les Méthodes PROMETHEE I et II :**

Elles se présentent comme suit : [30]

- **Etape 1 :** On fixe pour chaque critère, une des six formes de courbes proposées dans PROMETHEE ainsi que les paramètres qui lui sont associés.
- **Etape 2 :** Pour chaque couple d'actions (a_i, a_k) ; on calcule la préférence globale (degré de surclassement) de la manière suivante :

$$P(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^n \pi_j \cdot F_j(a_i, a_k)$$

- **Etape 3 :** Calculer les flux entrant et sortant pour chaque action a_i .

$\phi^+(a_i) = \sum_{a_k \in A, a_i \neq a_k} P(a_i, a_k)$, flux positif qui exprime la force de flux sortant.

$\phi^-(a_i) = \sum_{a_k \in A, a_i \neq a_k} P(a_k, a_i)$, flux négatif qui exprime la faiblesse de flux entrant.

- **Etape 4 :** Déterminer les 2 pré-ordres totaux et procéder au rangement des actions :

Le premier pré-ordre total consiste à ranger les actions dans l'ordre décroissant des ϕ^+

Le second pré-ordre total consiste à ranger les actions dans l'ordre croissant des ϕ^-

L'intersection des deux pré-ordres totaux fournit le pré-ordre partiel de la méthode PROMETHEE I.

L'intersection des deux pré-ordres totaux fournit le pré-ordre total de la méthode PROMETHEE II.

Cette méthode consiste à ranger les actions selon l'ordre décroissant des scores $\phi^+(a_i)$ définis comme suit : $\phi^+(a_i) = \phi^+(a_i) - \phi^-(a_i)$

- ❖ **PROMETHEE III :** conduit à un ordre d'intervalle.
- ❖ **PROMETHEE IV :** est utilisée lorsque l'ensemble des solutions admissibles est un continuum.
- ❖ **PROMETHEE V :** cette méthode a été conçue pour des choix multicritères avec contraintes de segmentation.

Méthodes	Caractéristiques
PROMETHEE I	Pré-ordre partiel (préférence stricte, indifférence et incomparabilité).
PROMETHEE II	Pré-ordre complet (indifférence et préférence stricte).
PROMETHEEIII	Un ordre d'intervalle.
PROMETHEEIV	L'ensemble des solutions admissibles est un continuum.
PROMETHEE V	Choix multicritères avec contraintes de segmentation.

Tableau 03 : Tableau comparatif des méthodes PROMETHEE [16]

8. Les avantages et les limites de l'analyse multicritères :

8.1. Les avantages :

Parmi les avantages les plus importants de l'analyse multicritère [8] :

- ❖ Trouver une solution dans des situations complexes
- ❖ Une méthode compréhensible
- ❖ Une méthode rationnelle
- ❖ Un outil de négociation utile aux débats complexes

8.2. Les limites :

Parmi les limites de l'analyse multicritère [8] :

❖ Conditions préalables

Un minimum de points d'accord entre les acteurs est un préalable indispensable à l'analyse. Ainsi, par exemple, une analyse multicritère des objectifs opérationnels d'un programme ne peut être conduite que si les acteurs sont d'accord avec l'objectif global et si possible l'objectif spécifique du programme.

❖ Lourdeurs des débats

Les difficultés opérationnelles pour choisir des actions ou des variantes à étudier, pour définir des critères de comparaison et pour produire des grilles de notation, ne sont pas à sous estimer. Les débats pour résoudre ces points essentiels à la réussite de l'exercice peuvent parfois être très longs et compliqués.

❖ Disponibilité des données

Le manque de données fiables, sur une durée suffisante pour mettre en place et valider les méthodes peut se révéler être un handicap dans certaines situations.

❖ Facteur temps

La durée de réalisation des analyses (et leur coût) est souvent le facteur le plus limitant dans le cadre d'une évaluation. Les analyses multicritères sont souvent basées sur des processus lents et itératifs, qui peuvent nécessiter une part de négociation importante et de longue durée. Dans le cadre de l'évaluation, ce besoin de temps peut s'avérer être une limite.

❖ Technicité de la méthode

La technicité nécessaire à une bonne conduite de la démarche est évidente. Outre les outils informatiques qu'il faut savoir manier, les concepts ainsi que les méthodes mathématiques d'agrégation des données nécessitent un savoir-faire de haut niveau pour ne pas produire des conclusions erronées ou conduire l'analyse dans la confusion.

❖ Dimension subjective de l'analyse

Enfin, bien que l'analyse multicritère rationalise sans contester l'approche des problèmes complexes, incluant des données objectives et subjectives, il n'en demeure pas moins qu'elle peut être considérée, par ses détracteurs, comme une approche subjective.

9. Conclusion :

L'aide à la décision multicritères a pour but de donner à un décideur les outils lui permettant de résoudre un problème de décision à plusieurs points de vue. Ces points de vue sont souvent contradictoires. En général, il n'existe pas de solution qui soit la meilleure pour tous les critères. Il n'y a donc pas de solution optimale contrairement aux techniques classiques de Recherche Opérationnelle. Les problèmes réels sont complexes et nécessitent l'analyse quant au choix de la méthode adaptée.

Chapitre III :

SIG et Analyse multicritères

1. Introduction :

L'intégration des SIG et de l'analyse multicritère constitue une voie privilégiée incontournable pour faire évoluer les SIG vers de véritables systèmes d'aide à la décision. SIG et analyse multicritère mettent à la portée des non-spécialistes les concepts d'aide à la décision à référence spatiale. Cette partie clarifie les notions relatives aux SIG et à l'analyse multicritère et présente un ensemble de solutions conceptuelles et méthodologiques permettant d'en réaliser l'intégration et les outils d'aide à la décision à référence spatiale.

2. Nécessité de l'intégration SIG-AMC :

Les SIG ont atteint une certaine maturité en tant qu'outils de gestion de données pour traiter et analyser un ensemble, de plus en plus grandissant, de problèmes à référence spatiale. Néanmoins, ils ne sont qu'à leurs premiers balbutiements en tant qu'outils d'aide à la décision. Or les problèmes décisionnels à référence spatiale, de plus en plus appréhendés dans toutes leurs dimensions, présentent toutes les caractéristiques des problèmes multicritères et, en tant que tels, leur traitement par analyse multicritère trouve sa raison d'être.

L'approche SIG permet de définir des solutions potentielles, d'aider à construire des critères d'admissibilité et d'évaluer automatiquement ces solutions pour un certain nombre des critères quantitatifs (par exemple, surface aménagée de chacune des zones d'un bassin versant, coût total de l'aménagement de chaque zone, etc.). Les capacités analytiques des SIG et notamment les techniques d'overlay permettent l'application d'un ensemble de critères afin de générer les solutions potentielles. Cependant, les solutions obtenues répondent simultanément à tous les critères. En toute rigueur, les critères utilisés par le SIG sont en réalité des contraintes d'admissibilité qui sont de nature à transformer l'ensemble des solutions possibles de départ en un ensemble réduit de solutions qui peuvent facilement être évaluées et comparées par une méthode multicritère.

Les SIG, comme les modèles monocritères d'optimisation, définissent les actions et les contraintes pour le design de la solution alors que l'analyse multicritère, du moins dans son aspect agrégation, met plus l'accent sur la sélection que sur le design [13].

Selon [13], des AMC à référence spatiale ont existé sans utilisation des SIG dont quelques applications sont :

- ❖ Cas d'une localisation.
- ❖ Aménagement et utilisation du sol.
- ❖ Implantation d'infrastructures.
- ❖ Calcul du plus court chemin.
- ❖ Planification urbaine et régionale.
- ❖ Environnement.
- ❖ Gestion et conservation des ressources en eau.
- ❖ Planification du transport.

Cependant, les méthodes d'AMC, toutes seules, sont incapables de tenir compte de tous les aspects des problèmes de décision à référence spatiale. Elles ne disposent pas de capacités nécessaires pour la gestion des données à référence spatiale et ils manquent d'outils pour la représentation cartographique des résultats qui peuvent améliorer leur compréhension et arriver à une meilleure maîtrise du processus décisionnel.

La table 04 met en relief de façon synthétique l'intérêt de l'association des SIG et de l'AMC dans les cas d'études de phénomènes spatialisés.

SIG	AMC
Avantages	Avantages
Gestion et traitement des données (accès à l'information, cohérence, maintenance). Fonction d'analyses spatiales (localisation, Distribution, évolution, répartition, modélisation optimisation.) Vision globale du problème (améliore le processus de description du contexte).	Hiérarchisation des solutions. Hétérogénéité acceptée et notion de préférence. Analyse de robustesse et de sensibilité. Automatisation des agrégations. Amélioration du processus décisionnel.
Inconvénients	Inconvénients
Environnement statique. Ne hiérarchise pas les solutions étudiées.	Pas de spatialisation des données. Evaluation d'un nombre restreint d'actions. Méthodes complexes.

Tableau 04 : *Analyse comparée des SIG et de l'AMC [21]*

3. Description conceptuelle d'AMC-SIG :

Le schéma général d'AMC-SIG est donné en Figure 11. On y distingue les modules suivants :

- ❖ Module d'évaluation multicritère,
- ❖ Module de génération des actions potentielles,
- ❖ Module de génération de la carte décisionnelle,
- ❖ Module d'inférence de paramètres de préférence,
- ❖ Module du choix de la méthode multicritère à utiliser dans un problème donné,
- ❖ Module de modélisation spatial multicritère.

Dans la suite de cette section, nous présentons très brièvement les modules d'évaluation multicritère, de génération des actions potentielles et du choix de la méthode à utiliser. Une description détaillée ces différents modules est disponible dans [13].

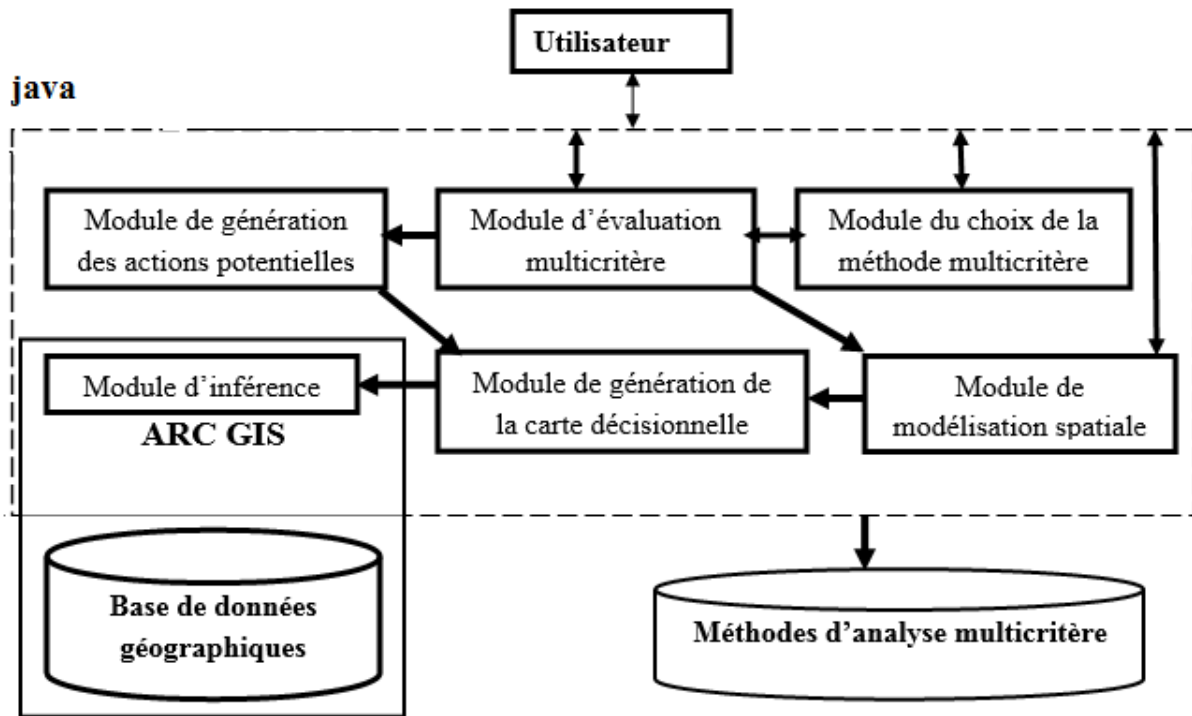


Figure 11 : Architecture de MCD-GIS [22]

3.1. Module d'évaluation multicritère

Les fonctions d'EMC considérées dans le cadre de cette stratégie sont données dans le Tableau 05. Elles seront décrites dans les sous-sections qui suivent.

Pour chaque fonction, nous commençons par définir le concept multicritère auquel la fonction a été associée. Les notions de l'AMC ne sont pas spécifiques aux problèmes de décision à référence spatiale. Cependant, nous essayons de mettre l'accent, tant que possible, sur les aspects spatiaux de ces notions. Une fonction peut être utile pour l'implémentation d'une méthode discrète, d'une méthode continue ou les deux à la fois. La dernière colonne du Tableau 05 indique la portée des différentes fonctions proposées.

N°	Fonction d'EMC
F 1	Définition/Génération des actions
F 2	Construction des cartes critères
F 3	Construction des cartes attributs
F 4	Définition d'un programme mathématique
F 5	Résolution d'un programme mathématique
F 6	Génération du tableau de performance
F 7	Quantification
F 8	Normalisation
F 9	Préanalyse de dominance

F 10	Génération des actions "acceptables"
F 11	Elicitation des préférences
F 12	Pondération des critères d'évaluation
F 13	Analyse de sensibilité/de robustesse
F 14	Agrégation
F 15	Construction de la prescription

Tableau 05 : fonctions d'évaluation multicritère [22]

Bien évidemment, d'autres fonctions plus élémentaires peuvent être ajoutées. Néanmoins, cette liste couvre la majorité des méthodes multicritères et qu'une décomposition plus fine peut aller à l'encontre de l'objectif principal, celui de fournir un ensemble de fonctions aussi restreint que possible tout en s'assurant que ces fonctions permettent d'implémenter la plupart des méthodes d'analyse multicritère

3.2. Modules de génération des actions potentielles :

La modélisation des actions potentielles spatiales introduite peut générer un grand nombre d'actions. Cela est pénalisant essentiellement pour les méthodes multicritères de surclassement de synthèse [21], à l'exception de méthodes de classification. En effet, ces méthodes procèdent par comparaison par paire et atteignent ainsi rapidement leur « limitations informatiques ». L'idée de base pour la génération des actions potentielles consiste à utiliser le concept de la carte décisionnelle pour « émuler » les actions ponctuelles, linéaires et surfaciques par une ou plusieurs unités spatiales en respectant quelques relations spatiales additionnelles. Les actions potentielles seront construites comme suit :

- ❖ **Actions ponctuelles** : Ce type d'actions est souvent utilisé dans les problèmes de localisation. Exemple : dans un problème de localisation d'une école, les différentes possibilités sont souvent représentées par des entités ponctuelles.
- ❖ **Actions linéaires** : Les entités linéaires sont utiles pour l'implémentation et la gestion des infrastructures linéaires (autoroutes, lignes de haute tension, gazoducs, etc.). Exemple : dans un problème de construction d'autoroute, les tracés potentiels sont souvent représentés par des entités linéaires, chaque ligne est un tracé possible.
- ❖ **Actions surfaciques** : Les polygones, qui décrivent les propriétés des entités spatiales en termes de leur forme, voisinage et hiérarchie, sont souvent utilisés pour modéliser les actions potentielles dans les problèmes de planification urbaine et régionale, et en plusieurs problèmes liés à l'utilisation du sol. Exemple : dans un problème d'identification et d'aménagement d'une nouvelle zone industrielle, les actions potentielles sont assimilées à des polygones représentant les différentes zones candidates.

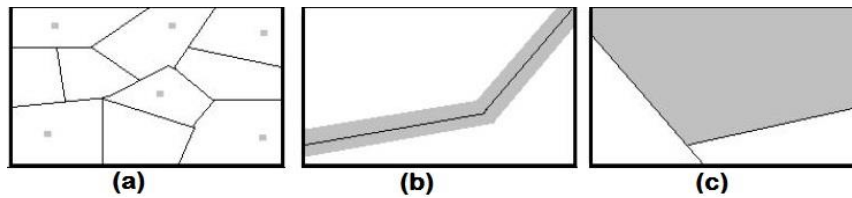


Figure 12 : (a) Ensemble des actions discrètes, (b) continu avec un nombre réduit d'actions, et (c) continu avec un nombre très élevé d'actions [13].

Dans plusieurs applications réelles relativement à des problèmes à référence spatiale, nous sommes amenés parfois à définir les actions comme une combinaison de deux ou plusieurs entités atomiques ; ces dernières peuvent être de différentes classes. Par exemple, dans un problème de localisation-affectation d'écoles, les actions peuvent être modélisées par une combinaison d'entités surfaciques et d'entités ponctuelles où les entités ponctuelles représentent les écoles et les entités surfaciques représentent les zones à servir.

3.3. Modules du choix de la méthode :

Les facteurs influençant le choix de la méthode d'AMC peuvent se diviser en trois groupes :

- Facteurs relatifs au problème de décision à référence spatiale considéré.
- Facteurs relatifs au décideur.
- Facteurs relatifs aux méthodes d'AMC.

De ce fait, la recherche de la méthode la plus appropriée peut être considérée comme une recherche des meilleurs arguments supportant la correspondance entre les caractéristiques :

- ❖ Des problèmes de décision à référence spatiale.
- ❖ Du décideur.
- ❖ Des méthodes d'analyse multicritère.

L'objectif donc est de construire un module qui permettra au décideur de relier ces éléments et d'établir cette correspondance.

3.4. Module de génération de la carte décisionnelle

C'est le module qui porte l'interface d'affichage des données.

4. Schéma conceptuel d'intégration SIG-AMC :

L'idée conceptuelle sur laquelle se base les travaux d'intégration SIG-AMC est donnée en figure dessous. Elle consiste à utiliser les fonctionnalités du SIG pour préparer les entrées (inputs) nécessaires à l'application d'une méthode multicritère. Opérationnellement, un système SIG-AMC intégré commence par la définition du problème, où les capacités analytiques du SIG sont utilisées pour générer l'ensemble d'actions potentielles et l'ensemble des critères. Ensuite, la procédure de superposition (overlay) est utilisée pour réduire un nombre initialement très grand en un nombre limité d'actions qui peuvent facilement être évaluées et comparées par une méthode d'analyse multicritère. Finalement, les potentialités de présentation du SIG sont utilisées pour visualiser les résultats de l'analyse [13]

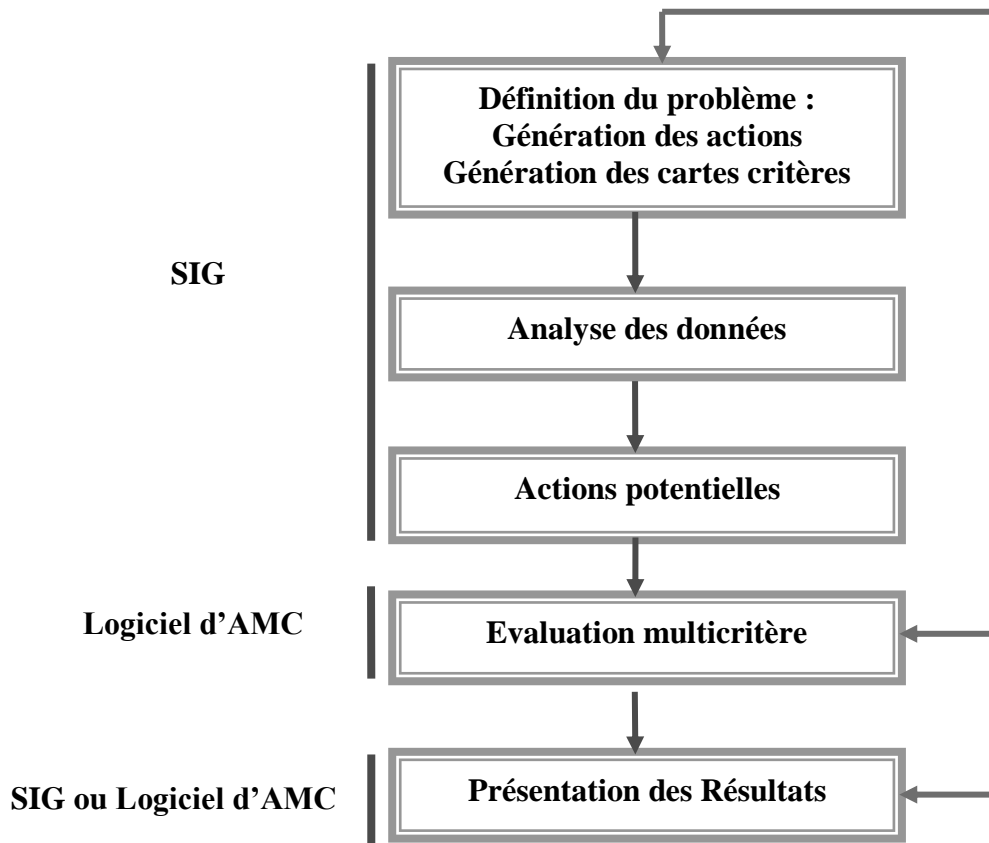


Figure 13 : Schéma conceptuel d'intégration SIG-AMC. [13]

5. Différents modes d'intégration SIG-AMC :

Nous pouvons distinguer quatre modes d'intégration SIG-AMC :

- **Pas d'intégration** : Il n'y a pas une intégration entre les deux outils. C'est le cas de tous les travaux réalisés jusqu'à la fin des années 1980.
- **Intégration indirecte** : Les deux outils, SIG et logiciel d'AMC, restent indépendants et le dialogue entre eux se fait à travers un système intermédiaire. Ce dernier permet de reformuler et restructurer les données obtenues suite à l'opération de superposition dans le SIG en une forme convenable pour le logiciel d'AMC. Les autres paramètres nécessaires à l'analyse sont introduits directement via le logiciel d'AMC. Les résultats de l'analyse (complètement effectuée par le logiciel d'AMC) peuvent être visualisés par le logiciel d'AMC ou exportés vers le SIG pour les visualiser ou les stocker ou pour d'autres traitements.
- **Intégration encastrée** : Les deux logiciels restent indépendants mais une seule interface (le plus souvent celle du SIG) est utilisée. Le dialogue entre les deux systèmes se fait toujours via un système intermédiaire mais pour l'utilisateur l'intégration est apparemment réalisée puisque les échanges de données lui sont transparents. Ce mode est une première étape vers une intégration effective et l'utilisation des fonctionnalités d'analyse multicritère est plus facile que le mode précédent.

- **Intégration complète** : Une intégration complète permet d'avoir un système SIG-AMC intégré possédant une interface unique et une base de données commune. Dans ce mode, les fonctionnalités de l'analyse multicritère sont activées directement comme toute autre fonction de base du SIG. La base de données du SIG est renforcée afin qu'elle supporte aussi bien les données à référence spatiale que les paramètres nécessaires à l'application des techniques d'analyse multicritère [13].

6. Limites des travaux d'intégration SIG-AMC :

Malgré le nombre important des travaux d'intégration SIG-AMC, seulement peu d'entre eux procèdent par intégration complète. Mais même avec les travaux d'intégration complète, plusieurs limites persistent encore. Dans ce qui suit, nous dressons la liste des limites des travaux d'intégration SIG-AMC :

6.1. Modes d'intégration indirecte ou encastrée

La plupart de travaux d'intégration SIG-AMC ont opté soit pour l'intégration indirecte soit pour l'intégration encastrée. L'intégration complète n'est utilisée que peu.

Ce constat s'explique par les trois raisons suivantes : Simplicité de ces deux modes d'intégration, par rapport à l'approche par intégration complète. Ces deux approches ne demandent pas ou peu d'effort de programmation additionnelle et l'existence des logiciels commerciaux pour la plupart des méthodes.

6.2. Intégration d'une seule (ou un nombre limité) de méthode(s) d'AMC

La plupart des travaux d'intégration proposent l'incorporation d'une seule ou d'un nombre limité de(s) méthode(s) d'AMC dans le SIG. Cependant, il est bien établi que chaque méthode multicritère possède ses avantages et ses inconvénients de telle sorte qu'une méthode peut être appliquée dans un type particulier des problèmes et pas dans un autre type. De plus, les problèmes de décision à référence spatiale sont très différents et il n'est pas possible qu'une seule méthode peut être appliquée avec succès à tous ces problèmes.

6.3. Intégration des méthodes du critère unique de synthèse

Il y'a beaucoup de travaux qui utilisent les méthodes du critère unique de synthèse (méthodes discrètes). Les méthodes de sur-classement de synthèse ont reçu peu d'attention dans les travaux d'intégration SIG-AMC. [13]

7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons introduit les deux champs d'étude le SIG et l'AMC et présenté quelques travaux d'intégration SIG-AMC. Nous avons également établi une liste de quelques limites concernant ces travaux. Dans la suite de ce document, nous présentant notre problématique de recherche et le travail à faire.

Chapitre IV :

Conception

Et

Implémentation

1. Introduction :

Ce travail vise à classer des zones industrielles programmées pour satisfaire les attentes des investisseurs. L'objectif est d'atteindre un équilibre économique régional et une stabilisation de la population par rapport à l'environnement. Les décideurs devraient bientôt se concentrer sur l'analyse approfondie des critères environnementaux, socio-économiques et autres (facteurs, contraintes) pour mener à bien leur sélection pour se terminer sans risques.

Les problèmes liés au contexte sont les problèmes d'analyse des aptitudes zonales dans un contexte plus large de soutien à la décision. Ils impliquent des informations avec deux propriétés fondamentales qui constituent l'information territoriale [25], la dépendance à l'endroit géographique et à la covariance spatiale. Le zonage chaotique pour résoudre de tels problèmes peut entraîner des changements épidémiologiques et une détérioration de la santé des citoyens. Le modèle linéaire de Simon (intelligence, design et choix) et ses extensions sont insuffisants pour répondre à la complexité de ces problèmes [26].

Trois phases : le choix des zones, le classement et le choix de la variante architecturale constituent le processus décisionnel global proposé pour une éventuelle solution. Nous nous concentrons ici uniquement sur la deuxième phase. La prise de décision dans ce projet est complexe en raison des compromis inhérents entre les critères sociopolitiques, environnementaux, écologiques et économiques. Chaque zone n'est une action spatiale que si elle est définie par son emplacement géographique, sa forme et ses relations spatiales.

La plupart des critères de jugement du problème à l'étude ont un caractère géographique. Nous adoptons l'approche du couplage entre les SIG et l'AMCD, car ce dernier est favorisé par ce problème. Cette combinaison offre des possibilités de gestion intégrant tous les paramètres liés au développement durable du territoire. Les chercheurs se sont concentrés sur cette approche depuis 1999 en essayant de répondre à des questions comme : Quelle méthode AMCD pour intégrer avec le SIG ? Dans quel domaine l'approche est-elle utilisée ? Quel mode d'intégration est adopté ... etc. L'idée conceptuelle sur laquelle repose l'objectif d'intégration d'AMCD-SIG est d'utiliser les fonctions de SIG pour préparer les éléments nécessaires aux méthodes d'AMCD et aux possibilités de présentation de SIG pour visualiser les résultats de l'analyse sur la carte. Les systèmes d'information géographique (SIG) servent à modéliser, stocker, gérer, visualiser, analyser et représenter des objets ou des collections d'objets spatiaux, avec la caractéristique principale de considérer les caractéristiques spatiales de ces objets ainsi que les attributs descriptifs qui leur sont associés.

2. Problématique :

Les problèmes liés à l'évolution du tissu urbain, la construction de nouvelles villes et la création de nouvelles zones industrielles sont des problèmes d'analyse des aptitudes zonales dans un contexte plus large de soutien à la décision. L'étude décisionnelle spatiale de l'aptitude zonale pour sélectionner l'emplacement des nouveaux sites de logement, des industries et des services est essentielle et constitue un véritable problème de décision spatiale. Un zonage anarchique pour résoudre de tels problèmes peut entraîner des changements épidémiologiques et une détérioration de la santé des citoyens.

Le modèle linéaire de Simon et ses extensions sont insuffisants pour répondre à la complexité de ces problèmes [20]. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont importants pour l'analyse de problèmes de décision où les composants géographiques des données sont considérés. Le SIG est principalement un outil d'aide explicatif pour la décision. Les méthodes d'analyse de décision multicritères AMCD fournissent les techniques nécessaires pour structurer et évaluer les alternatives dans les problèmes de décision selon un ensemble défini de critères et une pondération proposée. Les domaines de recherche SIG et multicritères sont distinctes mais ils s'entraident pour obtenir les meilleures solutions à ces problèmes.

3. Approche proposée :

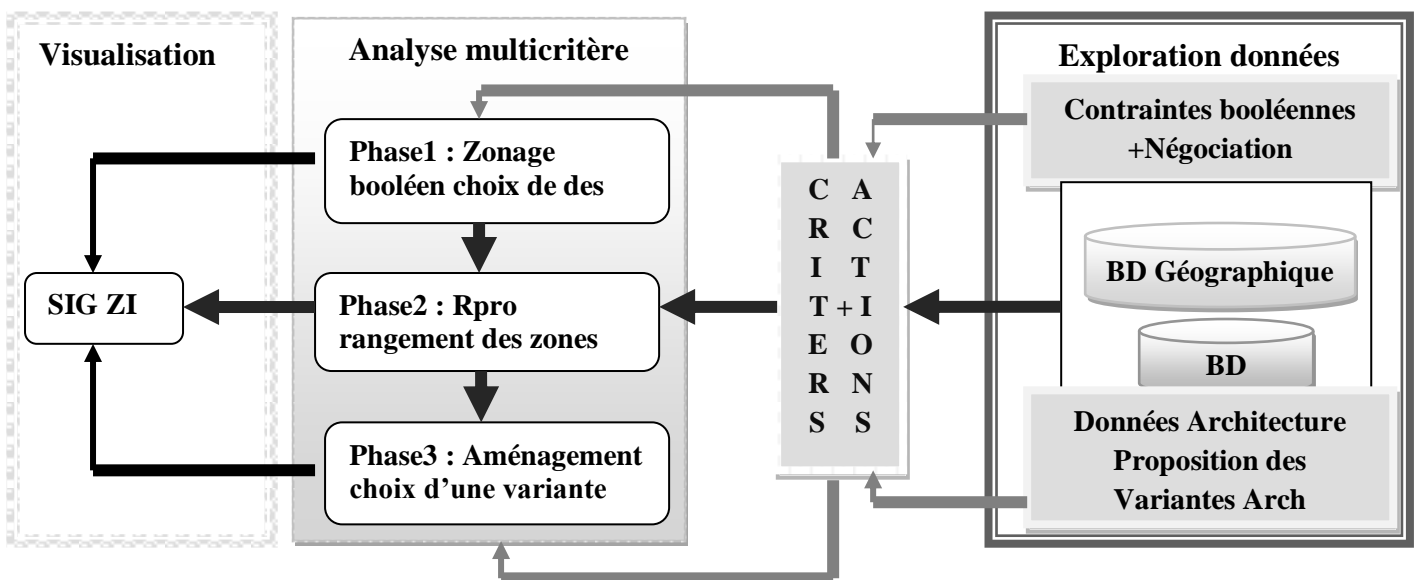


Figure 14 : Architecture générale du système. [24]

Le système global est constitué de trois modules :

3.1. Le module Visualisation :

Puisque les actions dans cette étude sont toutes spatiales, SIGZI assure l'affichage de ces zones sur la carte géographique de l'Algérie avant et après chaque phase décisionnelle. Pour accomplir cette tâche le mode vecteur est adopté, chaque zone industrielle est une entité géographique du type abstrait spatial « POINT », et elle est implémentée à l'aide des deux composantes de position géographique (Latitude et longitude).

3.2. Le module Analyse multicritère :

C'est le module principal, il agit pour la solution du problème décisionnel globale en trois phases qui sont : l'étude d'aptitude et le choix géographique de la zone, le rangement des zones choisies, et le choix d'une variante en matière d'aménagement.

La première phase réalisée par l'ANIREF (2013) constitue une recherche d'aptitude zonale. La deuxième est le rangement total des zones en utilisant les valeurs qualitatives et quantitatives des critères retenus. La méthode de surclassement PROMETHEE est utilisée, le comportement de chaque action par rapport aux autres est apprécié par trois flux :

- Le flux de surclassement sortant : $\phi^+(a) = \sum_{x \in A} \pi(x, a)$
- Le flux de surclassement entrant : $\phi^-(a) = \sum_{x \in A} \pi(a, x)$
- Le flux de surclassement global : $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$

3.3. Le module Exploitation des données :

Les principales entités dans notre approche sont les critères et les actions. Les données sont recueillies à partir de bases de données géographiques et socioéconomiques et des stations climatiques ainsi que des archives, des cartes de critères qui sont construites.

4. Etude de cas :

4.1. L'ensemble des actions :

Sur les 49 zones industrielles créés à travers l'ensemble du territoire national par ANIREF notre étude s'est portée sur les zones de l'ouest Algérien. Chaque zone constitue une action :

- A1 : Maghnia, Tlemcen.
- A2 : Sidi Bel Abbas.
- A3 : Ras Elma, Sidi Bel Abbas.
- A4 : Sidi Ahmed, Saida.
- A5 : Horchaia, Naama.
- A6 : Tamazzoura, Ain Témouchent.
- A7 : Oggas, Mascara.
- A8 : El Haciane, Mostaganem.
- A9 : Sidi khattab, Relizane.

4.2. Les critères:

Les critères utilisés dans cette étude sont classés en trois catégories où 9 critères d'évaluation ou de jugement différents sont définis comme représenté sur la figure suivante :

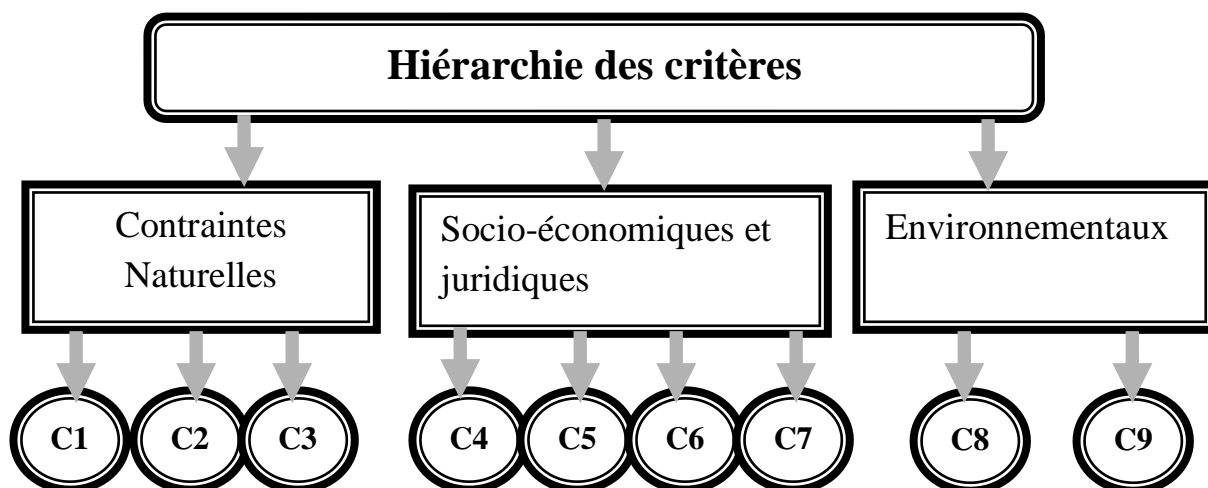


Figure 15 : La hiérarchie des critères

Pour évaluer les différentes zones à ranger sur la base des critères qualitatives, on a associé à chaque critère qualitatif un barème de notation (échelle de 1 à 5) de façon à en faire une dimension mesurable. Le principe utilisé est d'évaluer les zones (actions) par rapport aux critères sur la base de la cartographie. Le procédé d'évaluation consiste à analyser la position géographique des zones industrielles sur les cartes thématiques correspondantes à chaque critère géographique (Sismicité, humidité,...).

Les contraintes naturelles :

(C1) Sismicité : Le zonage sismique du territoire algérien révèle cinq zones sismiques.

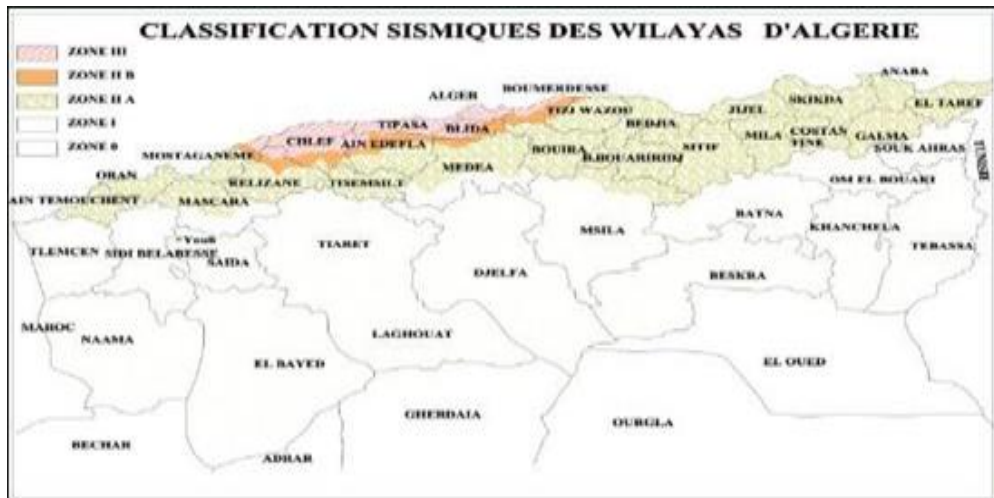


Figure 16 : classification sismiques des wilayas d'Algérie [29].

La table si dessous regroupe les différentes valeurs utilisées pour l'évaluation des actions selon le critère de sismicité à partir de la carte sismique, selon l'échelle de mesure proposée.

Les Actions	Sismicité	Valeur Numérique
A1	Faible à modère	2
A2	Faible à modère	2
A3	Faible à modère	2
A4	Faible à modère	2
A5	Faible	1
A6	Modère	3
A7	Modère	3
A8	Fort à modère	2
A9	Modère	2

Tableau 06 : Evaluation des actions selon le critère de Sismicité.

(C2, C3) Contraintes climatiques (Pluviométrie, Température) : Les valeurs numériques de ces deux critères sont issues des stations climatiques installées sur le territoire national.

Les Actions	Pluviométrie (mm)	Température (C°)
A1	350	19
A2	310	24
A3	410	17
A4	380	19
A5	190	17
A6	400	18
A7	320	21
A8	350	20
A9	370	19

Tableau 07 : *Evaluation des actions selon les critères, Pluviométrie et température*

Les critères socio-économiques et juridiques :

(C4) Superficie : C'est une information quantitative représentant la superficie des zones industrielles.

(C5) Cout d'aménagement : C'est une information quantitative représentant le cout d'aménagement. La situation géographique du site (sol, pente, altitude ...) influe directement sur le montant et indirectement sur le poids de ce critère.

(C6) Proximité des réseaux de transport : (routes, chemin de fer, aéroport) : l'évaluation de ce critère se fait par une analyse spatiale qui consiste à comparer cartographiquement les deux cartes thématiques, celle de la situation géographique des zones en question avec celle des réseaux de transport de proximité.

Actions	Cout d'Aménagement (DA)	Superficie(Ha)	Proximité
A1	900592576	104	2500
A2	867750000	100	4100
A3	523765223	60	5000
A4	867750000	100	6500
A5	1301625000	150	3500
A6	1778911797	205	3000
A7	851772119	98	8100
A8	1735585907	200	6500
A9	4338750000	500	3000

Tableau 08 : *Evaluation des actions selon les critères, cout d'aménagement, Superf Proxim.*

(C7) L'avis de la population :

C'est le critère auquel nous nous sommes intéressés. Cette figure représente un échantillon de messages des citoyens représentant leurs opinions :

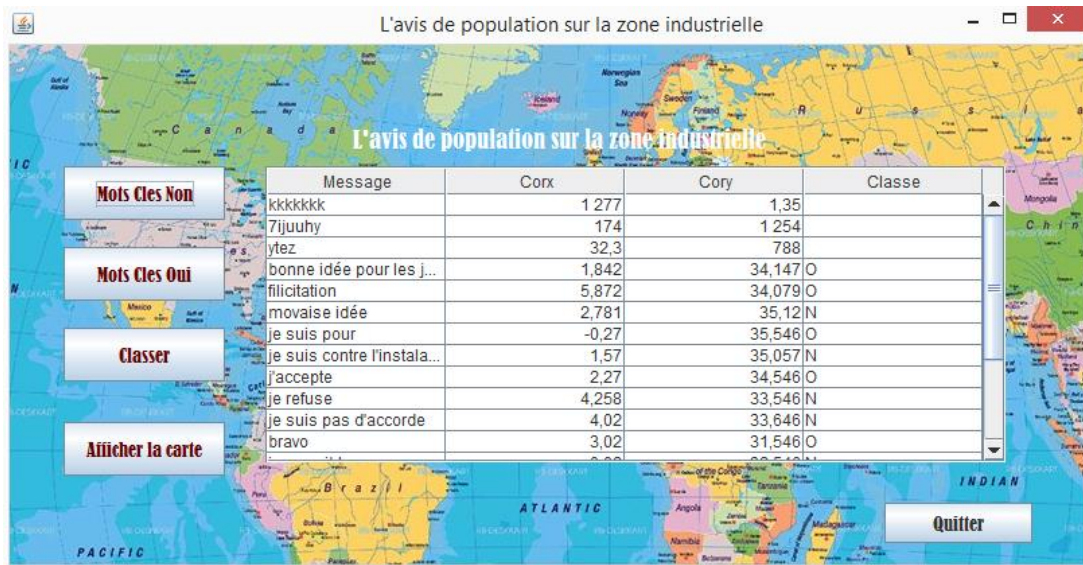


Figure 17 : L'avis de population sur la zone industrielle.

Les contraintes environnementales :

(C8) Contrainte bioclimatique : La carte si dessous présente les étages bioclimatiques de l'Algérie :

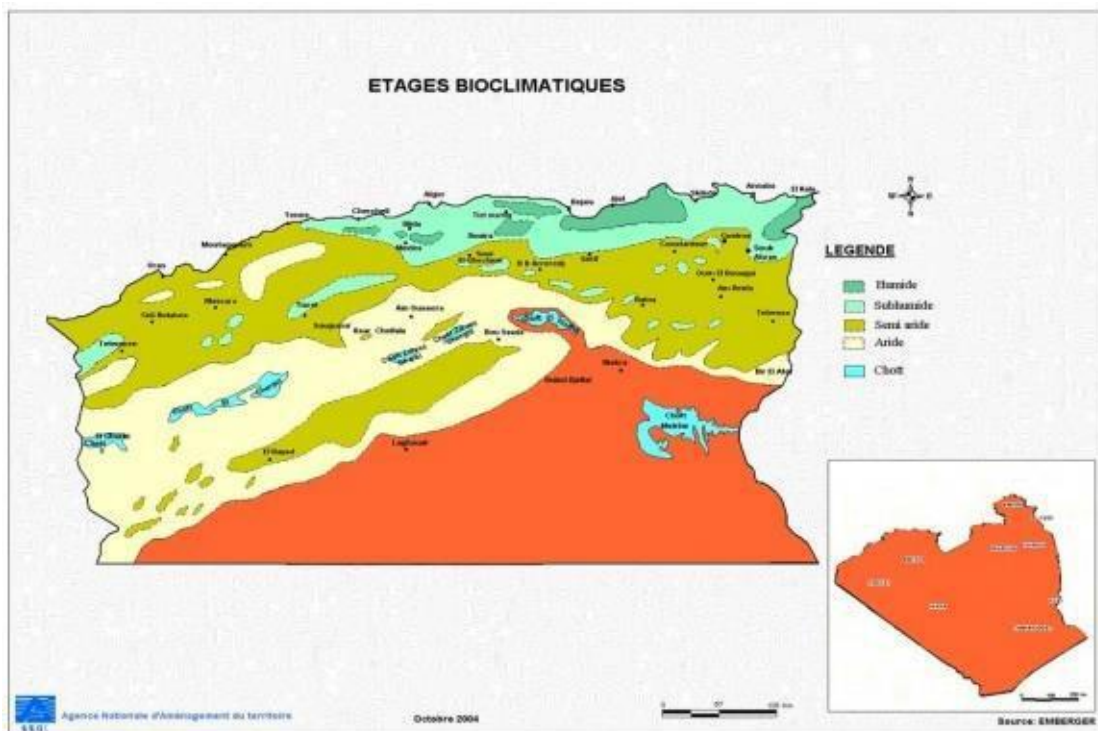


Figure 18 : Etages Bioclimatiques des wilayas d'Algérie

(C9) Proximité au centre urbain d’habitation : C’est la cause des nuisances sonores liées à l’intensification des flux de circulation notamment des poids lourds, de propagations des gazes nocives pour la santé respiratoire des citoyens et des rejets industrielles.

Les Actions	Description (V Num)	Proximité (m)
A1	Zone semi-aride	14000
A2	Zone semi-aride	17000
A3	Zone semi-aride	13500
A4	Zone semi-aride	15000
A5	Zone aride	18000
A6	Zone semi-aride	16500
A7	Zone semi-aride	18300
A8	Zone semi-aride	13000
A9	Zone aride	17800

Tableau 09 : *Evaluation des actions selon le critère « Proximité »*

4.3. Classification des messages

A partir d’une base de données de messages (tweets) supposant représenter l’avis de la population sur l’exploitation de la zone auprès de laquelle ils se trouvent, notre travail consiste à transformer cet ensemble de messages en un critère de sélection dans la table de performance. Cependant, pour pouvoir extraire d’un message libre un avis il faut faire face à plusieurs problèmes surtout que le message est exprimé en un langage libre.

La solution que nous avons adoptée est une approche simple qui consiste à définir une liste de mots clés exprimant l’accord d’individu est une autre liste de mots exprimant son refus. On compte ensuite le nombre d’occurrences des mots clés des deux listes dans chaque message puis en affecte à chaque message la classe des mots majoritaires.

Pour ce fait nous avons créé deux tables dans la base de données décisionnelle pour contenir les mots de deux listes et pour permettre au décideur de personnaliser les deux listes.

4.4. Dictionnaire de données

MESSAGES :

La table représente les messages des citoyens avec leurs coordonnées (x, y), et la classe de leurs opinions. Cette table a comme champs :

- ✓ **ID :** identifiant de chaque message.
- ✓ **Message :** le message.
- ✓ **CordX :** coordonnée X de chaque Message

- ✓ **CordY** : coordonnée Y de chaque Message
- ✓ **Classe** : classe de l'opinion.

MOTS_CLES_NON :

La table contient un ensemble des mots clés exprimant le refus. Cette table a comme propriétés :

- ✓ **ID** : Identifiant de chaque mot clés.
- ✓ **CLES_NON** : le mot clé.

MOTS_CLES_OUI :

La table contient un ensemble des mots clés exprimant l'acceptation. Cette table a comme propriétés :

- ✓ **ID** : Identifiant de chaque mot clés.
- ✓ **CLES_OUI** : le mot clé.

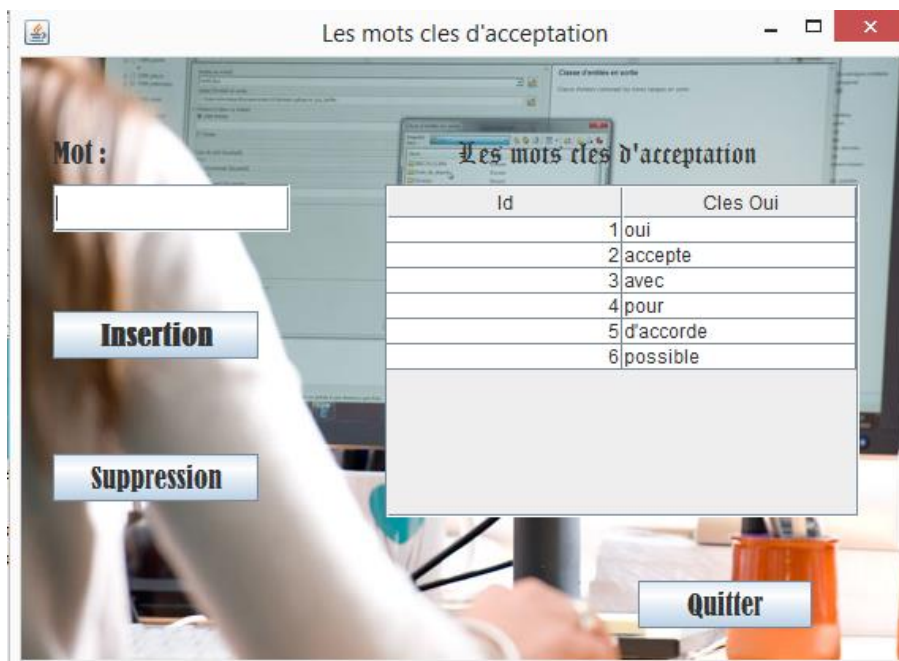


Figure 19 : *Les mots clés d'acceptation*

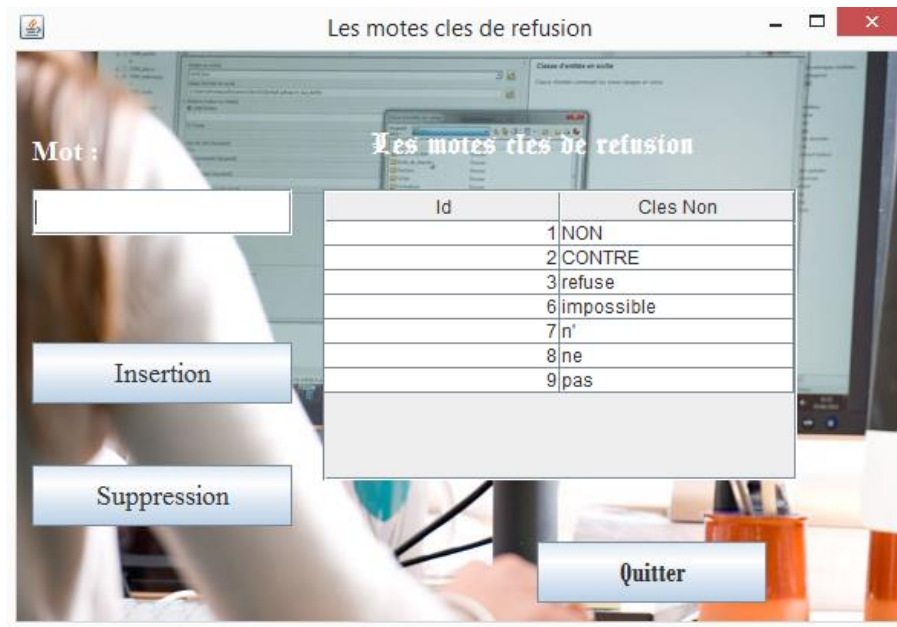


Figure 20 : *Les mots clés de refus*

Notons que notre solution n'est qu'un début et des solutions plus sophistiquées peuvent être envisagées et utilisées.

4.5. Visualisation :

La deuxième phase de cette solution consiste à visualiser le résultat de la classification sur la carte en utilisant les coordonnées des messages extraits à partir de leurs adresses IP. C'est le module de génération de la carte décisionnelle qui assure cette fonctionnalité, avec la visualisation des zones industrielles sur la carte géographique de l'Algérie après l'analyse décisionnelle multicritère avec des rangs issus de l'analyse.

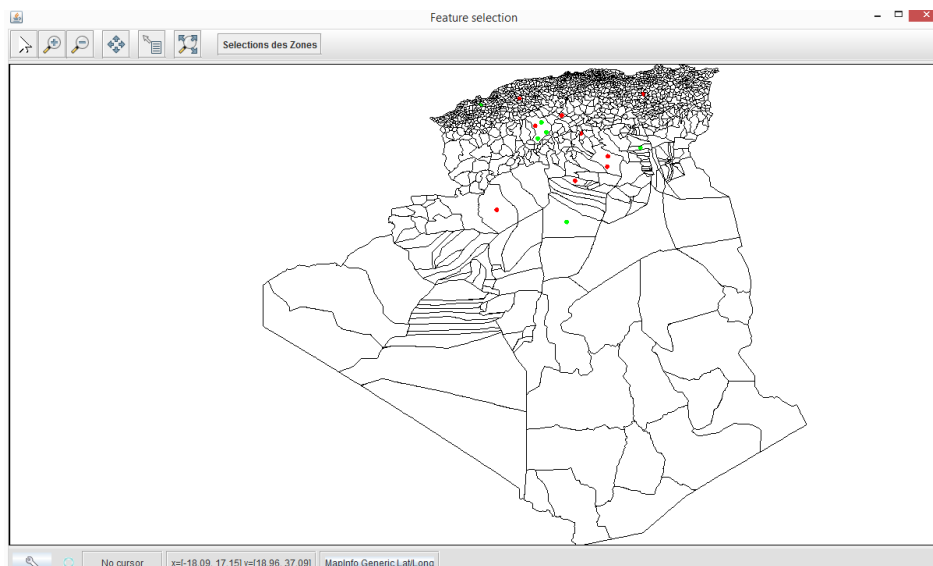


Figure 21 : *Visualisation des zones rangées après l'analyse.*

5. Implémentation informatique

Pour le développement de ce prototype, et en utilisant le langage JAVA, nous avons optés pour la bibliothèque « GeoTools » d'ArcGIS d'ESRI, plus précisément son module ArcMap pour la création de la carte de l'Algérie et pour afficher et visualiser et partager le résultat obtenu après le rangement des zones industrielle candidates. L'intégration du ce module de choix (la carte décisionnelle) avec JAVA ne pose aucun problème technique. Cela revient au fait que JAVA supporte plusieurs extensions d'ArcGIS.

5.1. GeoTools

C'est une librairie JAVA sous licence LGPL qui regroupe une miltitudes d'autres librairies, ce qui explique sa taille d'une vingtaine de méga-octets. Elle se base sur les normes en vigueur dans le domaine des SIG, où on entend par là les normes ISO ainsi que celles particulières à la géographie de l'OGC (Open Geospatial Consortium). La première version de GeoTools date de 1996 et la deuxième de 2000. Actuellement la version stable est la 2.3.2 et une version 2.4 est en cours de développement.

Parmi les librairies qui sont regroupées on note la présence de :

- **GeoAPI** : qui fournit les classes de type interfaces afin de normaliser et améliorer l'interopérabilité des applications SIG.
- **JTS** : pour Java Topology Suite, librairie qui permet de faire des opérations sur les géométries et de nombreuses librairies de connexion aux bases de données et de lecture de fichier [28].

6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé notre problématique et nous avons étudié un cas d'application, ayant pour but de traiter les messages traitant de l'avis de la population pour ensuite procéder à la classification de chaque commentaire. L'exemple consistait en le rangement des zones candidates dans l'ouest algérien pour l'implantation d'installations industrielles. A travers cet exemple, nous avons exposé notre démarche et prouvé l'utilité de notre solution.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les problèmes de décision à référence spatiale sont complexes et de nature multicritère. Le traitement de ces problèmes requiert en entrée un ensemble de données géo-référencées. Le système d'information géographique, par sa capacité dans le stockage, la gestion, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale, se présente comme l'outil le plus adéquat pour appréhender ces problèmes. Néanmoins, la technologie SIG actuelle souffre encore de plusieurs lacunes dans le domaine de l'aide à la décision à référence spatiale. Particulièrement, les SIG ne disposent pas (ou très peu) de capacités analytiques capables de supporter la nature multicritère des problèmes spatiaux. Pour renforcer les SIG en aide à la décision à référence spatiale, la plupart des chercheurs adoptent l'idée de coupler la technologie SIG avec des fonctionnalités analytiques plus sophistiquées.

Une solution possible consiste en l'intégration du SIG et de l'analyse multicritère (AMC). En effet, l'analyse multicritère offre plusieurs avantages par rapport aux autres outils : prise en compte des critères conflictuels, des préférences et des objectifs divergents, de systèmes de valeurs différents. L'apport de l'analyse multicritère en aide à la décision à référence spatiale est bien confirmé aujourd'hui au vu du nombre important de travaux d'intégration SIG-AMC qui ont été publiés depuis le début des années 1990.

Cependant ces travaux présentent plusieurs limites qui les empêchent à être diffusés au delà du contexte académique : utilisation du mode d'intégration indirecte ou encastrée, intégration d'une seule ou d'un nombre limité de méthodes, absence d'une méthodologie pour le choix de la méthode à appliquer dans un problème donné, intégration des méthodes du critère unique de synthèse, et nécessité d'une connaissance approfondie du SIG et de l'AMC.

Notre travail s'inscrit dans l'objectif de ranger des zones industrielles candidates à l'exploitation en utilisant la méthode de surclassement PROMETHEE. Chaque zone est une action spatiale puisqu'une action à prendre est spatiale si elle est définie par sa localisation géographique, sa forme et/ou ses relations spatiales. L'entrée de la méthode PROMETHEE est une table des performances qui regroupe les valeurs de chaque action (zone industrielle) par rapport à l'ensemble des critères. L'évaluation des actions par rapport aux critères géographiques se base sur une importante fonctionnalité des SIG : la cartographie. Une carte est un modèle de la réalité contenant la représentation géométrique des objets et des catégories d'objets avec une logique graphique et sémiologique.

Pour raffiner la sélection des zones industrielles nous avons voulu introduire l'avis des citoyens qui habitent aux alentours de ces zones. Les avis sont filtrés et agrégés à partir d'un corpus géo-localisé des tweets. L'objectif est d'une part de démocratiser la sélection des sites pour les fins industrielles et d'autre part pour raffiner les résultats d'une approche d'aide à la décision basé sur une méthode d'analyse multicritère intégrée aux SIG.

Pour arriver à cet objectif, nous avons introduit les deux domaines SIG et Analyse Multicritères, ensuite nous avons dressé un état de l'art sur les travaux d'intégration entre ces deux domaines. Puis, nous avons introduit notre solution à travers un cas d'application.

Comme perspectives à notre travail, nous proposons l'utilisation d'algorithmes plus sophistiqués et plus avancés pour la classification des messages, en utilisant notamment les techniques de text mining car les messages étant du texte libre.

Conclusion générale

Une autre perspective consiste à la visualisation avancée des positions des intervenants pour offrir aux décideurs de vrai opportunités et pouvoirs de décision.

Liste des Abréviations

[AMCD] Analyse Multicritère Décisionnelle.

[EMC] Evaluation Multicritère

[PROMETHEE] Preference Ranking Organisation METHods for Enrichement Evaluation.

[RPRO4SIGZI] Ranking PROMETHEE for Système d'Information Géographique pour les Zones Industrielles.

[Shp] Shapefile.

[SIG] Système d'Information Géographique.

[OGC] Open Geospatial Consortium.

Référence Bibliographique

- [1] Didier POIDEVIN, (1999), « a carte, moyen d'action, Conception - Réalisation », Ellipses édition, ISBN :2-7298-6808-9.
- [2] Patricia Bordin, (2006), « SIG concepts, outils et données », Hermès Science edition, ISBN :2-7462-0554-8.
- [3] R. Balzarini, P.A Davoine et M. Ney, (2012). « Evolution et développement des méthodes d'Analyse spatiale multicritère pour des modèles d'aptitude : L'exemple des applications en Géosciences ». Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) équipes Steamer et Metah.ESRI France, Département Education et Recherche.
- [4] Tomlin D, (1999), « géographique information system and cartographique modeling. Englewood cliffs, prentice hall ».
- [5] Amor Laaribi, (2000), « SIG et analyse multicritère », Hermès Science edition, ISBN : 2-7462-0122-4.
- [6] N. Molines, 2007. « SIG et Analyse Multicritère : des outils au service de l'amélioration du processus décisionnel des projets autoroutiers », CRENAM U. St-Etienne / CRG U. Laval (Québec).
- [7] D. Hamdadou (2008), « Un Modèle pour la Prise de Décision en Aménagement du Territoire : Une Approche Multicritère et une Approche de Négociation, Thèse de doctorat en Informatique », Université d'Oran, Es-Sénia.
- [8] SIMON H A, (1960): « The New Science of Management Decision», Harper And Brother, New York.
- [9] A. LAARIBI, (2000), « SIG et analyse multicritère ». Éd. Hermes Science Publications Paris.
- [10] Bernard Roy, « Méthodologie multicritère d'aide à la décision », op cit, p 62.
- [11] Imed Othmani, (1998), « Optimisation multicritère : fondements et concepts », thèse de doctorat, l'université Joseph Fourier de Grenoble, p 5.
- [12] Philippe Vincke, (1989), « L'aide multicritère à la décision », 1er Ed, Ed de l'université de Bruxelles, Belgique, p18.
- [13] S. Chakhar, (2006), « Cartographie décisionnelle multicritère : Formalisation et implémentation informatique ». PhD thesis, Université Paris Dauphine, Paris, France, 300p.
- [14] K. Boutaleb, (2006), « Theories de la décision », 1er Ed, OPU, Alger, p31.

Référence Bibliographique

- [15] Amor Laaribi, (2000), « SIG et analyse multicritère », Hermes science publications, 1er Ed, Paris, p 57.
- [16] Brans J.P, Bertrand M, (2003), « PROMETHEE-GAIA une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples », 1er Ed, Edition de l'université de Bruxelles, Belgique, p 43-46.
- [17] N. Chrisman, (2002), « Exploring geographic information systems », John Wiley & Sons, NY, 2nd edition.
- [18] Kary Frakling (1996), « Modélisation et apprentissage des préférences par réseaux de neurones pour l'aide à la décision multicritère », Thèse doctorat, Ecole nationale des mines de Saint-Etienne.
- [19] Keeney R.L, (1992), « Valued-focused thinking: A path to creative decision », Harvard university press, Cambridge, USA, p123.
- [20] Fatima ZohraYounsi & Djamila Hamdadou & BouzianeBeldjilali, (2012), « Proposition d'un Système Interactif d'Aide à la Décision Spatiale : Télédétection, SIG et Analyse Multicritère », Université d'Oran Es-Senia .
- [21] E. Duret et B. Bordin, (2008). « Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques », SEIG / ENSG ; Serveur éducatif de l'IGN et de l'Education Nationale sur l'information géographique.
- [22] S. Chakhar et V. Mousseau, (2007). « MCD-GIS : Un SIAD pour l'Aide Multicritère à la Décision à Référence Spatiale », LAMSADE, Université Paris Dauphine.
- [23] L. Pagnet a, E.Maillé, (2013), Analyse multicritères pour l'évaluation de la vulnérabilité des interfaces habitat-foret, international conference on forest « fire risk modelling and mapping » Aix en Provence, France.
- [24] A. Taibi, B. Atmani, (2015), « Système d'Aide à la Décision Multicritères pour le Rangement des Zones Industrielles (RPRO4SIGZI) ». Laboratoire d'Informatique d'Oran – LIO, Université d'Oran 1 Ahmed Benbella.
- [25] J.P. Brans & Ph.Vincke, (1985), «A preference Ranking Organisation Method:(The PROMETHEE Method for Multiple Criteria, Management Science », Vol. 31, No.6 (Jun., 1985), PP.647-656 Published by: INFORMS
- [26] J.Malczewski, (2006), « GIS - based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature, International Journal of Geographical Information », 20:7, 703-726

Sites Internet

[27] ESRI France, les SIG dans quelque mot « <http://www.esrifrance.fr/> » ,Date d'accès : janvier 2014.

[28]“GeoTools The Open Source Java GIS Toolkit”, <http://www.geotools.org/>, Date d'accès: 18/03/2016.

[29] “Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière”, www.aniref.dz, Date d'accès: 15/03/2016.

[30] <http://www.sigcours.com/fr/arcgis/generalites-sur-arcgis/46-qu-est-ce-que-sig.html>, Date d'accès: 10/03/2015.