



**HAL**  
open science

# L'intégration de la logistique dans les domaines d'aménagement du territoire : contribution à la conception d'un système d'aide à la décision dédié

Ebtissem Sassi

## ► To cite this version:

Ebtissem Sassi. L'intégration de la logistique dans les domaines d'aménagement du territoire : contribution à la conception d'un système d'aide à la décision dédié. Autre [cs.OH]. Normandie Université; Université de Sfax (Tunisie), 2019. Français. NNT : 2019NORMLH04 . tel-02119381

**HAL Id: tel-02119381**

**<https://theses.hal.science/tel-02119381v1>**

Submitted on 3 May 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# THESE

**Pour obtenir le diplôme de doctorat**

**Spécialité : Génie informatique, automatique et traitement de signal**

**Préparée au sein de l'université du Havre**

**En partenariat international avec « Université de Sfax », « Tunisie »**

## **L'intégration de la logistique dans les domaines d'aménagement du territoire: Contribution à la conception d'un Système d'Aide à la décision dédié**

**Présentée et soutenue par  
Ebtissem SASSI**

**Thèse soutenue publiquement le 05 avril 2019  
devant le jury composé de**

M. Cyrille BERTELLE	Université du Havre, France	Président
M. Sofiene DELLAGI	Université de Metz, France	Rapporteur
M. Mohamed Mahjoub DHIAF	Université de Sousse, Tunisie	Rapporteur
Mme. Yasmina HANI	Université Paris 8, France	Examineur
Mme. Ouafae ZEROUALI OUARITI	Université Ibn ZOHR, Agadir, MAROC	Examineur
M. Mourad ABED	Université de Valenciennes, France	Examineur
M. Sami HAMMAMI	Université de Sfax, Tunisie	Directeur de thèse
M. Abdellatif Benabdelhafid	Université du Havre, France	Directeur de thèse

**Thèse dirigée par :**

**Abdellatif BENABDELHAFID, laboratoire LMAH et Sami HAMMAMI, laboratoire URED.**



*A ma famille...*

## Remerciements

Une simple page ne saurait pas exprimer l'entière gratitude que je peux éprouver à l'encontre des personnes qui m'ont entourée et soutenue durant ces années.

Tout d'abord, bien sûr, je pense à mon leader, mon directeur de thèse, le professeur Abdellatif BENABDELHAFID. Tout au long de ce travail, il a su m'apporter, une confiance, une disponibilité, un soutien constant, une écoute et des conseils précieux et avisés à la hauteur de ses compétences ainsi que ses réelles qualités humaines. Je lui suis infiniment reconnaissante, non seulement parce qu'il a accepté de diriger cette thèse, mais aussi parce qu'il a partagé son savoir avec moi.

Je ne saurais jamais comment exprimer ma gratitude à mon directeur de thèse, le professeur Sami HAMMAMI de m'avoir assuré les conditions nécessaires pour l'accomplissement de mon travail de thèse. Je le remercie également pour son soutien dans les moments difficiles. Qu'il reçoit le témoignage de ma profonde reconnaissance pour les encouragements qu'il a su me prodiguer, pour ses conseils avisés et son écoute qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de cette thèse.

Je tiens à présenter mes vifs remerciements aux membres du jury :

Je remercie, tout d'abord, le professeur Cyrille BERTELLE qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes remerciements vont également à Monsieur Mohamed Mahjoub DHIAF ainsi qu'à Monsieur Sofiene DELLAGI. Ils m'ont fait l'honneur d'être les rapporteurs de ma thèse.

Je tiens à remercier Madame Yasmina HANI, Madame Ouafae ZEROUALI OUARITI et Monsieur Mourad ABED pour avoir accepté d'être examinateurs. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma reconnaissance.

Je remercie, également, tous les autres membres des laboratoires LMAH et URED sans oublier Monsieur Aziz ALAOUI.

Un très grand merci à mon très cher père Mohamed SASSI, ingénieur de télécommunication, et ma tendre mère Sihem SASSI qui m'ont permis d'arriver jusqu'ici et qui m'ont donné leur amour et la force pour surmonter les moments difficiles et les moments de doute. Vous êtes un modèle pour moi depuis toujours. Je suis fière d'être votre fille.

Enfin, J'adresse une pensée particulière à mes sœurs Imen et Ines ainsi qu'à mes frères Hamdi et Ramzi qui m'ont toujours soutenue et encouragée dans tous mes projets. Être votre sœur est pour moi un bonheur.

## Résumé

Il est bien connu que l'écosystème industriel territorial représente aujourd'hui un enjeu majeur dans les politiques d'aménagement du territoire. De ce fait, il constitue un système d'action où les différents acteurs impliqués utilisent différentes approches et dont les objectifs ne sont pas toujours proches et les points de vue parfois conflictuels. Toutes approches confondues, un type idéal de tableau de bord incorporant des indicateurs et centré sur le pilotage de la performance émerge aujourd'hui de la littérature.

Dans ce contexte, apparaît l'importance du traitement de la problématique d'évaluation d'un écosystème industriel territorial et plus précisément l'évaluation de la performance d'un système de distribution dans une zone portuaire : l'hinterland.

Ce sujet n'a pas été assez développé dans la littérature puisqu'il n'a pas été traité selon une approche pluridisciplinaire.

Cette problématique est caractérisée par la forte liaison entre l'infrastructure de transport, le système territorial et les zones logistiques suite à l'échange des flux de marchandises dans le territoire à travers l'infrastructure de transport.

L'apport théorique de ce travail se présente dans la démarche originale d'investigation qui met en contribution des approches théoriques différentes dans le but de comprendre et résoudre une problématique relative à deux systèmes complexes (le système logistique et le système territorial).

Pour plus de clarté, ce travail s'agit d'une aide à la décision à travers la réflexion sur les solutions de distribution en intégrant les spécificités territoriales et non pas comme un outil d'optimisation des tournées ou de l'organisation logistique.

Ce travail constitue, donc, une étape dans la réflexion sur la définition des perspectives d'aménagement du territoire en général, et de la performance de l'hinterland en particulier, basée sur un développement durable afin d'aboutir à un écosystème industriel territorial.

**Mots-clés :** SIG (systèmes d'informations géographiques), chaîne logistique, aménagement du territoire, écosystème industriel territorial, modèles mathématiques d'optimisation, analyse multicritère, logistique intégrée.

## Abstract

It is well known that the territorial industrial ecosystem is now a major issue in territory planning policies. As a result, it constitutes a system of action in which the various actors involved use different approaches and whose objectives are not always close and sometimes conflicting points of view. In all approaches, an ideal type of dashboard incorporating indicators and focusing on performance pilotage is emerging today from the literature.

In this context, it appears the importance of the treatment of the problem of evaluation of a territorial industrial ecosystem and more precisely the evaluation of the performance of a distribution system in a port area: the hinterland.

This subject has not been sufficiently developed in the literature since it has not been treated with a multidisciplinary approach.

This problem is characterized by the strong link between the transport infrastructure, the territorial system and the logistics zones following the exchange of goods flows in the territory through the transport infrastructure.

The theoretical contribution of this work is presented in the original investigation approach, which involves different theoretical approaches in order to understand and solve a problem related to two complex systems (the logistics system and the territorial system).

For clarity, this work is a decision aid through the reflection on distribution solutions by integrating territorial specificities and not as a tool for optimizing tours or logistics organization.

**Keywords:** geographic information systems (GIS), logistics chain, spatial planning, territorial industrial ecosystem, mathematical optimization models, multi-criteria analysis, integrated logistics.

## Liste des abréviations

<b>AMC</b>	Analyse multicritère de données
<b>AMD</b>	Analyse multicritère à la décision
<b>CLDM</b>	Chaîne logistique de distribution multi niveau
<b>NUT</b>	(Nomenclature des unités territoriales statistiques
<b>OIF</b>	Organisation internationale de la Francophonie
<b>OMC</b>	Organisation Mondiale du Commerce
<b>PLU</b>	Plan local d'urbanisme
<b>RNSC</b>	Réseau National des Systèmes Complexes (RNSC)
<b>SAD</b>	Système d'aide à la décision
<b>SAR</b>	Schéma d'aménagement régional
<b>SDAU</b>	Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme
<b>SGBC</b>	Système de gestion de base de connaissance
<b>SGBD</b>	Système de gestion de base de données
<b>SGBM</b>	Système de gestion de base de modèle
<b>SI</b>	Systèmes d'information
<b>SID</b>	Système interactif d'aide à la décision
<b>SMA</b>	Système multi agent
<b>TERF</b>	Trans Européen Rail Freight
<b>UML</b>	Unified Modeling Language

## Liste des figures

Figure 1-1 La démarche du chapitre .....	8
Figure 1-2 La complexité du système d'étude [Sassi et al, 2015] .....	12
Figure 1-3 La corrélation entre le développement logistique durable, le développement du transport durable et le développement économique durable [sassi et al., 2015] .....	14
Figure 1-4 l'approche méthodologique proposée .....	16
Figure 1-5 Problématique.....	21
Figure 2-1 La démarche du chapitre .....	27
Figure 2-2 Etat de l'art (multidisciplinaire) .....	40
Figure 2-3 Dimensions du développement durable .....	40
Figure 3-1 La démarche du chapitre .....	44
Figure 3-2 Les niveaux décisionnels d'un système territorial .....	46
Figure 3-3 Les sous-systèmes d'un système territorial.....	47
Figure 3-4 Les acteurs intervenant dans l'aménagement du territoire.....	48
Figure 3-5 Les acteurs exploitant les SIG .....	49
Figure 3-6 Les composantes d'un SIG.....	50
Figure 3-7 Processus proposé par Akakba.....	56
Figure 3-8 Les diagrammes UML.....	58
Figure 3-9 Les principaux types d'objets structurant le territoire.....	59
Figure 3-10 Spécification de la classe « territoire ».....	60
Figure 3-11 Spécification de la classe « acteur ».....	61

Figure 3-12 Spécification de la classe « ressource » .....	61
Figure 3-13 Spécification de la classe « infrastructure urbaine » .....	62
Figure 3-14 Spécification de la classe « acteur logistique » .....	63
Figure 3-15 Spécification de la classe « projet » .....	63
Figure 3-16 Spécification de la classe « contrainte » .....	64
Figure 3-17 Spécification de la classe « décision » .....	64
Figure 3-18 Modèle d'aménagement du territoire proposé intégrant les acteurs et les critères d'optimisation logistique.....	66
Figure 3-19 Les apports du chapitre .....	67
Figure 4-1 La démarche du chapitre .....	71
Figure 4-2 L'approche et l'outil choisis.....	72
Figure 4-3 Structure d'un SIAD selon (Carlson, 1982) et (Marakas, 2003).....	73
Figure 4-4 Structure du modèle décisionnel proposé.....	76
Figure 4-5 L'architecture du modèle décisionnel proposé.....	77
Figure 4-6 Diagramme UML du modèle proposé.....	78
Figure 4-7 Carroyage du territoire .....	79
Figure 4-8 Page d'accueil du prototype .....	80
Figure 4-9 Fonctionnement du prototype.....	80
Figure 4-10 Principe de l'approche méthodologique adoptée .....	81
Figure 4-11 La démarche proposée.....	82
Figure 5-1 la démarche du chapitre.....	86
Figure 5-2 Les contraintes du projet d'aménagement d'un hinterland .....	87
Figure 5-3 Les contraintes géographiques .....	88
Figure 5-4 Les contraintes fonctionnelles .....	88

Figure 5-5 Les contraintes logistiques .....	89
Figure 5-6 Famille de critères .....	90
Figure 5-7 Les indicateurs environnementaux .....	91
Figure 5-8 Les indicateurs sociaux .....	94
Figure 5-9 Les indicateurs économiques .....	95
Figure 5-10 réseau de distribution adoptée .....	99
Figure 5-11 Présentation détaillée du port de Radès.....	108
Figure 5-12 Vue globale du port de Radès .....	108
Figure 5-13 Application de la démarche proposée .....	109
Figure 5-14 Insertion des zones .....	110
Figure 5-15 Sélection des critères .....	111
Figure 5-16 Données des zones .....	111
Figure 5-17 Spécifications des données.....	112
Figure 5-18 Classement des zones .....	113
Figure 5-19 Promethee Rainbow .....	114
Figure 5-20 Données des zones .....	115
Figure 5-21 classement initial .....	115
Figure 5-22 Classement en ajoutant du poids à la superficie.....	116
Figure 5-23 Rrésultat en ajoutant du poids à la distance par rapport au port .....	117
Figure 5-24 Principe de l'approche méthodologique adoptée .....	118
Figure 5-25 Application de la démarche proposée .....	118

## Liste des tableaux

Tableau 1-1 Quelques données permettant de décrire la zone d'étude.....	18
Tableau 1-2 les différentes légendes des cartes .....	19
Tableau 1-3 Quelques facteurs identifiant les points bloquants et de congestion .....	20
Tableau 2-1 Quelques paramètres des modèles mathématiques.....	29
Tableau 2-2 Les trois facettes de la durabilité, selon le modèle du GUION, O.....	30
Tableau 2-3 Quelques paramètres des modèles économiques.....	31
Tableau 2-4 Les trois facettes de la durabilité, selon le modèle du MERZOUG, S.....	32
Tableau 2-5 Quelques paramètres des modèles géographiques.....	34
Tableau 2-6 Quelques paramètres des modèles informatiques.....	35
Tableau 2-7 Les indicateurs de performance de la région parisienne.....	36
Tableau 2-8 Les indicateurs de performance de la zone portuaire de l'Afrique ouest et du centre...	36
Tableau 2-9 Les indicateurs de la performance de la zone portuaire de l'Arctique canadien.....	37
Tableau 2-10 Les indicateurs de performance de la zone portuaire du Havre .....	37
Tableau 2-11 Les trois facettes de la durabilité.....	39
Tableau 3-1 Les niveaux de décision dans les SIG.....	53
Tableau 4-1 Classification des principales méthodes d'analyse multicritère par type d'agrégation .	75
Tableau 5-1 Liste des critères .....	91
Tableau 5-2 Niveau de bruit généré dans l'environnement du chantier (Engis) .....	92
Tableau 5-3 Critère « qualité environnementale ».....	93
Tableau 5-4 Critère « Destruction des écosystèmes » .....	93
Tableau 5-5 Critère « taux d'emploi ».....	94
Tableau 5-6 critère « Niveau de satisfaction ».....	95
Tableau 5-7 Critère « Optimisation du transport et de la logistique ».....	96

Tableau 5-8 Quelques critères relatifs au « Bilan » .....	97
Tableau 5-9 Quelques critères « qualité de service du réseau de transport » .....	97
Tableau 5-10 Classification des problématiques .....	104
Tableau 5-11 Approches opérationnelles et agrégations .....	106

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	17
<b>Chapitre 1 L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial</b> .....	3
Introduction : .....	4
Section 1 : L'inscription spatiale de la logistique .....	9
1. Système complexe : définition .....	9
2. Problématique compliquée ou complexe ? .....	9
3. Logistique et Territoire : définitions .....	9
3.1. La logistique.....	9
3.2 Le territoire .....	10
4. Les méthodes de la division territoriale : .....	12
4.1. La nomenclature des unités territoriales statistiques(NUT) : .....	13
4.2. La méthode de carroyage : .....	13
Section 2 : L'écosystème industriel territorial .....	13
1. L'écosystème industriel territorial : définition.....	13
2. Approche méthodologique : .....	15
2.1. Division du territoire : .....	17
2.2. Construction de la base de données géographiques : .....	17
2.3. Élaboration cartographique : .....	18
2.4. Définition des caractéristiques du réseau de transport.....	19
2.4.1. Analyse de la densité des infrastructures .....	19
2.4.2. Analyser l'accessibilité des zones d'activité économique à l'infrastructure de transport .....	19
2.5. Identification des points de congestion et les points bloquants : .....	20
2.6. Identification des alternatives : .....	20
Conclusion : .....	21
<b>Chapitre 2 La performance de l'hinterland</b> .....	23
Introduction : .....	24
Section 1 : Revue de la littérature : .....	28

1. L'approche mathématique :	28
1.1. Le niveau stratégique :	28
1.2. Le niveau tactique et opérationnel :	31
2. L'approche économique :	31
3. L'approche géographique :	33
4. L'approche informatique :	34
5. Les projets pluridisciplinaires :	35
Section 2 : Une démarche du raisonnement collectif collaboratif :	37
Conclusion :	40
<b>Chapitre 3 Aménagement du territoire : gestion pluridisciplinaire</b>	<b>41</b>
Introduction :	42
Section 1. Étude pluridisciplinaire	45
1. Le modèle du processus décisionnel	45
1.1. Revue de la littérature	45
1.2. Les outils d'aménagement territorial	46
2. La pluridisciplinarité de l'aménagement du territoire	47
Section 2. Les SIG et leurs classifications	49
1. Les systèmes d'informations géographiques	50
1.1. Les services web :	51
1.2. Les logiciels SIG	51
2. Classification des SIG	52
2.1. Type « étude-aide à la décision »	52
2.2. Autres types :	53
3. Les données du SIG :	53
3.1. Les données descriptives (attributaires)	53
3.2. Les données graphiques (géométriques)	53
4. L'enjeu du choix du SIG	54
Section 3. Exemple de projets et d'études sur l'aménagement collectif du territoire	54

3.1. Exemple de projets.....	54
3.1.1. L'exemple suisse (les systèmes d'informations du territoire des cantons suisses) .....	55
3.1.2. L'exemple canadien (une infrastructure coopérative de connaissance du territoire) .....	55
3.2. Exemple d'études : une pluralité d'approches .....	55
3.2.1. Approche systémique.....	55
3.2.2. Approche multi-agents .....	56
3.2.3. Approche intelligence artificielle.....	57
3.2.4. Approche d'automate cellulaire .....	57
3.2.5 Approche multicritère .....	57
3.2.6. Approche orientée objet : Le langage unifié UML .....	58
Section 4 : Modélisation conceptuelle du système territoriale .....	59
1. « Territoire » .....	60
2. « Acteur ».....	60
3. « Ressource » .....	61
4. « Infrastructure urbaine ».....	61
5. « Acteur logistique » .....	62
6. « Projet » .....	63
7. « Contrainte ».....	63
8. « Carte géo référencée ».....	64
9. « Décision » .....	64
Conclusion .....	67
<b>Chapitre 4 Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique .....</b>	<b>68</b>
Introduction :.....	69
Section 1. SIAD proposé : modèle hybride SIG-AMC.....	71
1. SAD : vers un SIAD.....	72
2. SIG : Vers un Meta modèle.....	73
3. Analyse multicritère d'aide à la décision .....	74

4. Modèle décisionnel proposé.....	75
4.1. Module AMC : .....	77
4.2 Module SIG.....	78
Section 2 : Modélisation conceptuelle du modèle et prototype .....	78
1. Modèle conceptuel : .....	78
2. Prototype : .....	79
Conclusion : .....	81
<b>Chapitre 5 Expérimentation du modèle.....</b>	<b>83</b>
Introduction : .....	84
Section 1 : Les contraintes et critères.....	87
1. Contraintes : .....	87
1.1 Les contraintes géographiques : .....	87
1.2 Les contraintes fonctionnelles.....	88
1.3. Contraintes logistique .....	89
2. Les critères : .....	90
3. les indicateurs .....	91
3.1 Indicateurs environnementaux .....	91
3.1.1. Qualité environnementale .....	91
3.1.2. Destruction des écosystèmes .....	93
3.2. Les indicateurs sociaux : .....	93
3.2.1. Le taux d'emploi .....	94
3.2.2 : Le niveau de satisfaction .....	94
3.3. Indicateurs économiques .....	95
3.3.1. Optimisation du transport et de la logistique .....	95
3.3.2. Bilan.....	97
3.3.3: Implantation des tronçons : .....	97
Section 2 : Modèle d'optimisation mathématique .....	97
1. Optimisation du maillon « prestataire logistique » .....	98

1.1. Maillon « transport ».....	98
1.1.1. Indices .....	99
1.1.2. Paramètres.....	99
1.1.3. Variables de décision .....	100
1.1.4. Fonction objectif de transport .....	100
1.1.5. Contraintes .....	100
1.2. Maillon « bâtiment logistique » .....	101
1.2.1. Paramètres.....	101
1.2.2. Variables de décision .....	101
1.2.3. Fonction objectif de fonctionnement .....	101
1.2.4. Contraintes .....	101
2. Optimisation du maillon « pôles de consommation ».....	102
1.2.1. Paramètres.....	102
2.2.2. Variables de décision .....	102
2.2.3. Fonction objectif de fonctionnement .....	102
Section3 : Enjeux du choix de l’approche d’analyse multicritère : .....	102
1. Les méthodes multicritères d’aide à la décision .....	103
2 Le processus d’analyse multicritère .....	104
2.1. La sélection des actions potentielles .....	104
1.2.2. Le processus de construction des critères .....	105
2.3 Matrice des évaluations.....	105
2.4. L’agrégation .....	106
3. PROMETHEE.....	106
Section 4 : Expérimentation du modèle .....	107
1. Outils de développement du modèle.....	107
2. Etude de cas et résultats expérimentaux .....	107
2.1. Délimitation du périmètre d’étude .....	107
2.2. Définition des critères .....	108

2.3. Implémentation AMC .....	110
2.4. Analyse et résultats .....	112
Conclusion .....	119
<b>Conclusion générale</b> .....	120
<b>Bibliographie</b> .....	123
<b>Liste des publications</b> .....	136

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une cotutelle Tuniso-Française entre l'Université du Havre et l'université de Sfax. Ces travaux de recherche ont été dénommés dans le cadre du CEMUR (Coopération Europe Maghreb des Universités en Réseau). La collaboration scientifique entre le laboratoire LMAH (Laboratoire de Mathématiques Appliquées du Havre) du Havre et l'unité de recherche URED (Unité de Recherche en Économie de Développement) de Sfax a orienté nos travaux de thèse dans le cadre de l'intégration de la logistique dans les domaines d'aménagement du territoire; appliquée à la logistique portuaire et aux objectifs des Smart Ports.

Elle traite le sujet de « l'intégration de la logistique dans les domaines d'aménagement du territoire ». L'étude de cette intégration avec les contraintes qui l'accompagnent, s'articule autour de trois points :

1. La corrélation entre le système de la logistique intégrée et le territoire.
2. L'approche pluridisciplinaire combinant des données d'origines diverses.
3. La conception d'un système interactif d'aide à la décision (SIAD) permettant la gestion du territoire et la prise de décision à travers des données mis en réseau.

Il s'agit bien de considérer comme « système complexe » le port qui est constitué d'une communauté d'acteurs connectés entre eux, en réseau, dans une optique de facilitation des échanges commerciaux. Lors de l'élaboration des projets territoriaux, ces acteurs demandent une plus grande implication des questions liées au développement durable dans la prise de décision.

Nous avons, donc opté pour une approche intégrant la méthode d'analyse multicritère pour la localisation de(s) site(s). Cette étude exige un outil permettant d'améliorer le processus d'aide à la décision au service de l'ensemble des acteurs. Elle implique, d'un point de vue conceptuel l'utilisation des SIG (systèmes d'informations géographiques). Son aspect multidimensionnel et multi acteurs tient compte des caractéristiques utilisées dans le cadre des secteurs économiques, environnementaux et sociaux.

Afin de limiter notre champs d'étude, il est nécessaire d'effectuer cette recherche sur une zone territoriale bien limitée, l'hinterland, pour optimiser la localisation des plateformes logistiques portuaires.

## Introduction générale

Cette thèse a pour objectif l'étude de l'intégration de deux approches traditionnellement éloignées : la logistique et le territoire.

A travers cette thèse, nous visons à corréliser deux communautés scientifiques : celle consacrée à l'aménagement du territoire et celle destinée à l'étude des problèmes liés à l'optimisation des chaînes logistiques. Notre objectif est d'intégrer les SIG, l'approche d'analyse multicritère et les modèles mathématiques pour aboutir à la prise de décision territoriale dans le cadre d'un SIAD.

Nous retenons la vision de [Pomerol et al., 1993] qui considère les SIAD comme des outils qui offrent des interfaces utilisateurs permettant d'afficher les actions potentielles selon les préférences des décideurs qui peuvent être facilement modifiées.

Le mémoire de thèse est constitué de 5 chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons montré la complexité d'aménagement d'une zone logistique en utilisant une analyse d'inscription spatiale de la logistique. Cette analyse nous a permis de mettre en évidence la corrélation entre « l'aménagement du territoire » et « la logistique intégrée » [Sassi et al., 2015].

Le deuxième chapitre s'intéresse à l'évaluation d'un « écosystème industriel territorial » et plus précisément l'analyse de la performance d'un système de distribution dans une zone portuaire (l'hinterland). Dans ce cadre, une analyse des principaux travaux se rattachant à notre étude qui se base sur les quatre approches : les mathématiques, la géographie, l'économie et l'informatique [Sassi et al., 2016].

Dans le troisième chapitre, nous avons traité notre problématique dans ses trois dimensions : la pluridisciplinarité, la multi dimensionnalité et la multi objective [Sassi et al., 2017].

Dans le quatrième chapitre, nous avons proposé un modèle répondant à notre problématique en nous basant sur l'intégration des outils et des méthodes favorisant le processus décisionnel territorial [Sassi et al., 2019].

Dans le cinquième chapitre, nous avons validé notre modèle par une étude de cas inspirée de la logistique portuaire. Les perspectives de cette thèse rentrent dans les grands objectifs des ports du futur qui sont les Smart ports [Sassi et al., 2019].

# **Chapitre 1 L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial**

## Introduction

La mondialisation et la globalisation des économies exigent que le transport de marchandises soit de plus en plus attentif aux besoins des clients. L'accroissement rapide de la mobilité et de l'échange des marchandises conduit à la congestion des réseaux territoriaux et à l'aggravation environnementale due aux émissions polluantes.

Le terme « mondialisation » est devenu l'un des concepts les plus utilisés depuis les années 90. Il est fréquemment employé dans le discours social, politique, environnemental et économique. La mondialisation de l'économie s'accompagne d'une intensification des échanges internationaux qui se caractérisent aujourd'hui par une forte densité des flux.

L'économie mondiale forme aujourd'hui un réseau dense. Des statistiques montrent qu'entre 1950 et 2010, le commerce mondial de marchandises a été multiplié environ par trente-trois fois OMC [m2rmaritime, 2018].

Le développement d'un pays est fixé selon trois dimensions :

- Économique : création de richesses.
- Social : création des sources d'emplois.
- Environnemental : diminution des effets polluants [Theys et al., 2001].

L'inter modalité est « *l'ensemble des possibilités de passage d'un mode de transport à l'autre, tant pour un voyageur que pour des marchandises au cours d'un même déplacement* » [Bavoux et al., 2005].

La multi modalité est définie en tant qu'une « *combinaison de différents modes permettant l'acheminement de voyageurs ou de marchandises* » [Bavoux et al., 2005].

La prise en compte de l'ensemble des flux physiques devient de plus en plus complexe au sein de la chaîne logistique. La forte corrélation entre le système logistique et le territoire est un des facteurs de cette complexité.

Le monde n'a jamais été aussi dépendant des flux maritimes. Le transport maritime est devenu un facteur de la mondialisation permettant un faible coût de transport, ce qui est en fait le plus économe des modes de transport. Suite au développement économique, des plateformes logistiques et des zones industrielles ont été implantées, avec une fréquence élevée, dans les hinterlands.

Le terme d'hinterland a été utilisé pour les ports dès 1889. La définition de ce concept a évolué ces dernières années, elle est passée d'une définition descriptive et statique de « *l'arrière-pays* » [Cole et

L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

al., 2006] à un « *acteur de la performance portuaire* ». [Cole et al., 2006] a défini l'hinterland d'un port comme « *la zone qui a un impact économique sur les terres* ».

Des statistiques montrent qu'en 2013 plus de 9 548 Millions de tonnes ont été transportés par voie maritime [Unctadstat, 2018], avec plus de 49 422 navires navigant dans le monde entier. Le transport maritime reste le moyen de transport le plus important en terme de capacité [Armateurs de France, 2018]. Notre étude, motivée par cette massification des échanges, sera limitée au trafic maritime de marchandises.

La première section de ce chapitre propose d'analyser « *l'inscription spatiale de la logistique* » à travers une analyse des interactions dues aux échanges de marchandises. « *L'inscription s'appuie sur un réseau physique d'infrastructures logistiques et de transport et repose sur l'intégration géographique des chaînes logistiques* » [Masson et al., 2012].

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons principalement aux secteurs économiques.

Les développements théoriques de la nouvelle économie industrielle montrent que les marchés ne permettent pas toujours d'allouer efficacement les ressources. Plusieurs raisons justifient cette inefficacité, on cite à titre d'exemple le problème de coordination et de circulation des informations entre les différents acteurs nécessaires pour tout processus d'innovation [Kammoun Hammami et al., 2008].

L'avenir de l'économie avec toutes ses composantes ; industrielles, échanges, services et financières, est lié à l'efficacité et l'efficience de deux concepts : transport et logistique. Pour cette raison, les concepts « *développement de logistique durable* » et « *développement du transport durable de marchandises* » deviennent une priorité des finalités des investissements de l'état

Le terme durable est destiné à définir « *une politique et une stratégie qui favorisent un développement économique et social continu sans porter atteinte à l'environnement et aux ressources naturelles* » [Bailly et al., 2000].

L'objectif principal de développement durable est de répondre aux défis des politiques d'aménagement du territoire liés aux dimensions socio-économiques et physico-écologiques du territoire [Theys, 2015].

On propose d'analyser dans la deuxième section de ce chapitre « *l'écosystème industriel territorial* », en prenant en compte la forte corrélation entre « *le développement du transport durable* », « *le développement logistique durable* » et « *le développement économique durable* ».

## L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

Cette problématique pose la question :

Faut-il intégrer les paramètres logistiques dans l'aménagement du territoire ?

Autrement dit, lors de l'aménagement du territoire, doit-on tenir compte :

- Des paramètres géographiques,
- Des critères fonctionnels,
- Des critères d'optimisation logistique ?

La formulation détaillée de ce problème mène à des questions de recherches secondaires telles que :

- Dans quelle mesure la gestion de flux de marchandises est corrélée avec le réseau d'infrastructure ?
- Quelles sont les interactions entre le système de logistique intégrée et le territoire ?
- A quel niveau cette corrélation est considérée comme un système complexe ?
- Quel est l'impact de l'aménagement du territoire dans l'économie d'un pays ?

Des travaux ont été menés sur la question du lien entre la logistique et le territoire [Masson et al., 2012], [Joignaux, 2008].

Selon ces derniers, la logistique représente un système entier d'interdépendance spatiale et temporelle. Les implications spatiales des chaînes logistiques ne sont pas négligeables.

Pour répondre à ces questions, Nous adoptons la démarche suivante, présentée dans la figure ci-après. Dans la première section :

1. Nous définissons les concepts de la logistique, de la chaîne logistique et du territoire.
2. Nous démontrons la corrélation entre l'infrastructure logistique et de transport, le flux physique ainsi que le territoire dans le cadre du système logistique intégré.
3. Nous étudions la différence entre les différentes méthodes de division territoriale : la méthode de découpage NUT (Nomenclature des unités territoriales statistiques) et celle du carroyage<sup>1</sup>.

Dans la deuxième section, nous adoptons la démarche suivante :

---

<sup>1</sup> Le carroyage est un découpage du territoire en mailles régulières et fines. Il ne prend en compte aucune réalité du terrain (topographie). Traditionnellement, il peut s'agir de carreaux de 100, 200, 250, 500 mètres ou d'1km de côté [Finot, 2015].

## L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

1. Nous montrons la nécessité de l'intégration du concept de développement de la logistique et du transport durable de marchandises dans les politiques d'aménagement du territoire.
2. Nous mettons en évidence le concept « écosystème industriel territorial ».

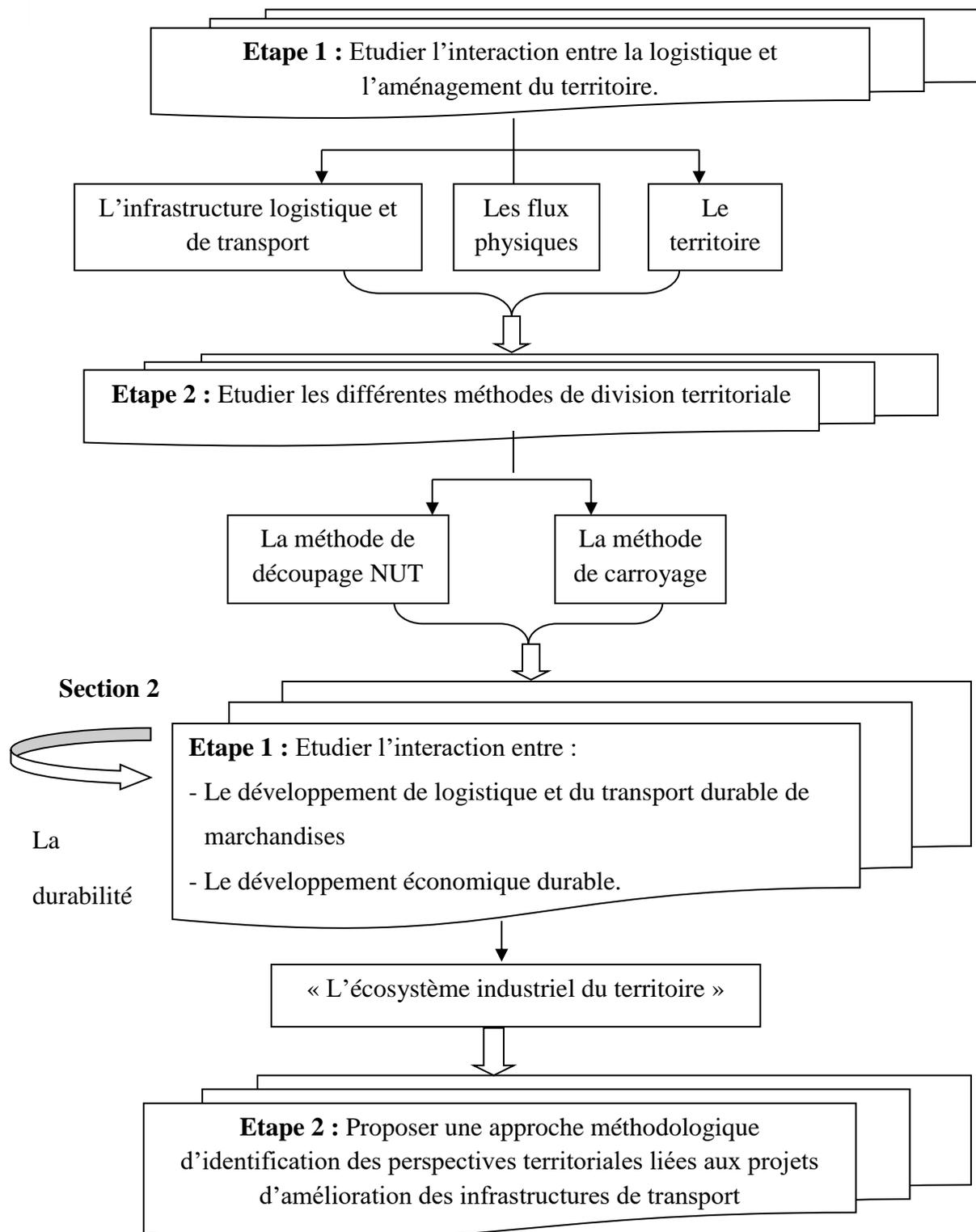


Figure 1-1 La démarche du chapitre

## **Section 1 : L'inscription spatiale de la logistique**

### **1. Système complexe : définition**

Le terme « système » est utilisé dans de nombreuses disciplines. Selon [Forrester, 1965], un système est défini comme « *un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but* ». [Le Moigne, 1977] définit le système comme « *un objet qui, dans son environnement, doté de finalités, exerce une activité et dont sa structure interne évolue au fil du temps sans perdre pourtant son identité unique* ».

Le terme « complexe » est issu d'une racine latine, il signifie « plexus » ou connexion.

Le système complexe est défini par le RNSC en tant qu'« *un système composé d'un grand nombre d'entités hétérogènes, parmi lesquelles les interactions locales créent plusieurs niveaux de structure collective et d'organisation* ».

### **2. Problématique compliquée ou complexe ?**

Parfois on trouve des confusions entre les mots « compliqué » et « complexe » le premier terme signifie la difficulté dans la compréhension d'un objet d'étude, alors que le deuxième, signifie la présence de plusieurs interactions entre les différents composants d'un système.

Une problématique compliquée est une problématique qu'il est possible de la découper en sous problèmes élémentaires indépendants. Alors qu'une problématique complexe est caractérisée par un processus de raisonnement pouvant subir des changements souvent impossibles de les prévoir dès le début [Clergue, 1997].

### **3. Logistique et Territoire : définitions**

#### **3.1. La logistique**

On va définir les notions du système logistique et du territoire avant de présenter cet ensemble en tant qu'un système complexe.

La mondialisation se caractérise par la multiplication des échanges et l'intensification des relations entre les territoires à toutes les échelles. Aujourd'hui, la croissance économique et l'augmentation de la circulation sont deux dynamiques qui s'alimentent réciproquement. Cette interdépendance est largement soulignée par la circulation des produits et des flux financiers. Dans cette optique, on peut utiliser la définition de la logistique : à compter de l'année 1990, elle est reconnue comme un véritable levier concurrentiel. Elle permet de piloter les flux physiques, d'informations et financiers dans les meilleures conditions de coût et de qualité de service [Goze, 2009].

La logistique est « *l'art et la manière de mettre à disposition un produit donné au bon moment, au bon endroit, au moindre coût et avec la meilleure qualité* » [Critt, 2017]. Elle rassemble les activités de maîtrise des flux de produits et la coordination des ressources avec un niveau de service au moindre coût [Heskett, 1977]. Heskett présente la chaîne logistique comme l'art de transférer ensemble juste à temps, la matière et l'information. Elle se base sur la sécurité des personnes et des biens aussi bien que sur la préservation de l'environnement.

Les chaînes logistiques gèrent les flux physiques d'informations et financiers des produits et des services [Chardine, 2011]. La chaîne logistique englobe trois entités ou plus traversant les flux amont et aval des produits, des services, d'informations et des flux financiers, depuis le fournisseur jusqu'au client [Mentzer et al., 2001].

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons principalement aux problématiques liées aux flux physiques.

Le système logistique se compose de l'offre et de la demande logistique. L'offre logistique se base sur les infrastructures logistiques et de transport (plateforme logistique, réseaux de transport, etc.) et sur les acteurs de la logistique (prestataires de service logistique, etc.). La demande logistique renvoie aux flux et aux niveaux de stocks correspondant aux besoins exprimés par le système productif [Masson et al., 2013]. Le système logistique est considéré comme un système complexe décomposé en différentes couches : une couche physique et une couche organisationnelle auxquelles s'ajoute une couche informationnelle [Hesse, 2004].

L'apparence de la notion de la logistique intégrée revient au besoin des applications de gestion, de production, de planification et d'ordonnancement. Elle doit être alimentée par des informations précises et fiables concernant le fonctionnement des ateliers et des lignes de fabrication [Benabdelhafid, 1999].

### **3.2 Le territoire**

Les constructions territoriales ne sont plus visionnées en termes d'étendues et de limites, mais en terme d'un système complexe [Cattan et al. , 2011].

Dans ce contexte, le traitement du concept « Territoire » devient primordial. Il est nécessaire de distinguer la différence entre le territoire et le système territorial.

Le territoire est considéré comme un système complexe composé par l'espace, la société (le système humain) et le système écologique [Piot, 2007], alors que le système territorial est défini par des portes d'entrée et des flux [Cattan et al., 2011].

## L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

Un système territorial est défini par « *un système d'interface qui s'apprécie dans la combinaison du lieu et du lien, du réseau et du territoire, du point et de la ligne, des portes et des corridors* » [Cleef, 1941]. Le système territorial est parmi les systèmes dont l'évolution et la structure sont les plus difficiles à comprendre et à analyser.

La complexité de l'étude peut être représentée par le schéma ci-dessous :

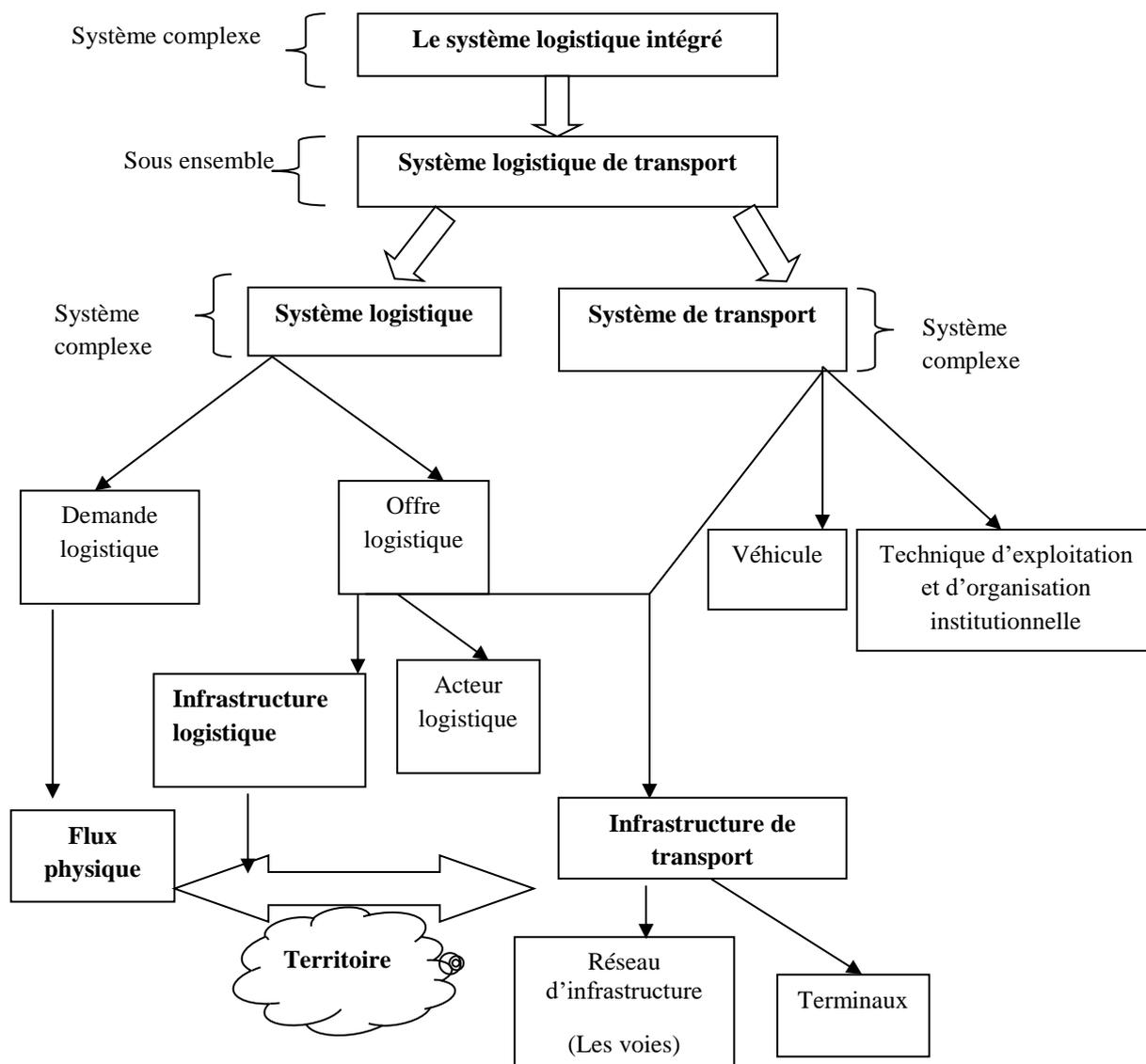


Figure 1-2 La complexité du système d'étude [Sassi et al, 2015]

Par conséquent, la corrélation entre le système logistique et le territoire peut être montrée suite à l'échange des flux physiques stockés dans des infrastructures logistiques, à travers des infrastructures de transport dans un territoire.

#### 4. Les méthodes de la division territoriale

Dans la littérature, deux méthodes de division territoriale existent :

- Nomenclature des unités territoriales statistiques(NUT).
- La méthode de carroyage.

Nous expliquons la différence entre eux ci-après.

L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

#### **4.1. La nomenclature des unités territoriales statistiques**

La nomenclature des unités territoriales statistiques (NUT) est une méthode basée sur le découpage d'une surface afin de faciliter la comparaison entre les différentes régions [Baroos et al., 2011].

L'inconvénient de cette méthode est le déséquilibre entre les dimensions des différentes surfaces lors de la comparaison de deux zones.

#### **4.2. La méthode de carroyage**

Les travaux de Gilles Lajoie ont été parmi les premières recherches basées sur la méthodologie du carroyage. Elle est bien adaptée à la modélisation des données urbaines [Potrykowska et al., 1991].

Cette méthode se base sur la division d'une surface en des carreaux de même dimension.

Elle porte un certain nombre d'avantages lors de l'analyse statistique, tels que l'équité et la précision des comparaisons.

L'inconvénient majeur de la méthode de carroyage est la non distinction entre l'espace terrestre et maritime ; on suppose une répartition égale sur l'ensemble du découpage.

## **Section 2 : L'écosystème industriel territorial**

### **1. L'écosystème industriel territorial : définition**

Le territoire est au cœur des stratégies publiques visant à renforcer la compétitivité et l'attractivité économique. Ces stratégies sont fixées en collaboration de différents acteurs qui sont : l'état, les collectivités territoriales, les acteurs économiques et les acteurs sociaux.

Selon [Noizet, 2005], les stratégies de l'aménagement du territoire sont faites en partenariat entre l'état, les élus et les entreprises. De ce fait, les acteurs économiques représentent un acteur principal dans l'élaboration des stratégies de développement durable.

Notre étude sera limitée au trafic de marchandises dans l'hinterland.

La performance d'établissement industrielle ne s'étend plus sans un environnement de qualité. Pour cela, les stratégies publiques doivent tenir en considération le développement socio-économique et la protection de l'environnement [Bendjador et al., 2006].

Les composantes des complexes portuaires et logistiques peuvent être présentées par les composantes suivantes :

- Les connexions terrestres (hinterland).
- Les terminaux portuaires.

- Les zones logistiques.

Ces composantes mettent en corrélation le développement logistique durable et le développement du transport durable. Cette corrélation peut être représentée par le schéma ci-dessous :

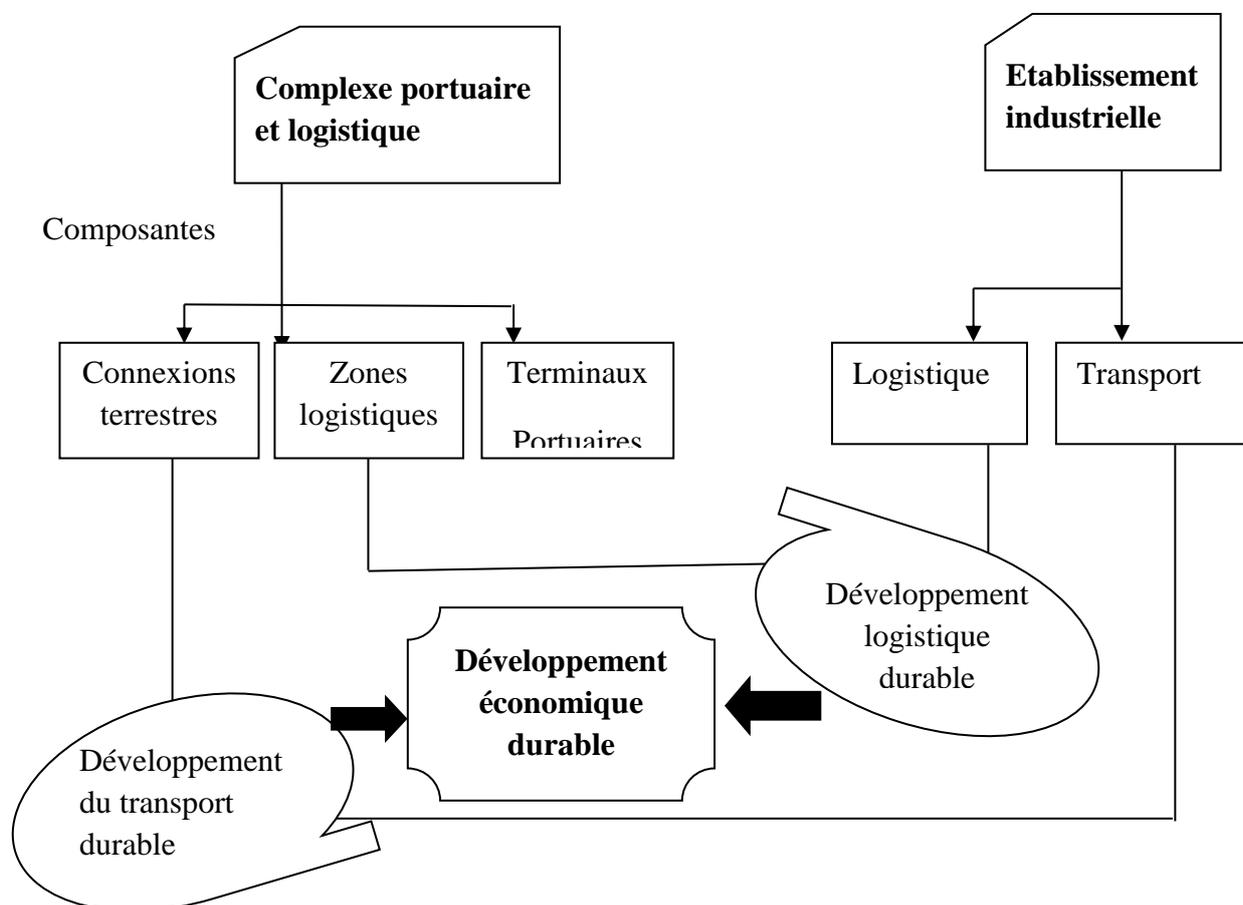


Figure 1-3 La corrélation entre le développement logistique durable, le développement du transport durable et le développement économique durable [sassi et al., 2015]

Le développement logistique durable pose « les contradictions entre les objectifs d'équilibrage des territoires (équité spatiale), de développement régional (équité sociale), de développement environnemental et de performance logistique (efficacité économique) » [Masson et al., 2012].

Le discours sur le développement de transport durable a été commencé depuis les années 80 en Europe et dans les pays développés [Nguyen, 2011]. CEMT-OCDE a défini, en 1995, les stratégies de développement du transport durable :

- Rendre plus efficace les mesures en matière de planification foncière et de gestion de la circulation.
- Elaborer de nouvelles politiques afin de parvenir à l'équilibre entre la demande de transport et la capacité des infrastructures.

## L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

- Favoriser des moyens de transport plus économes et des modes de transport plus respectueux de l'environnement.

Le développement économique durable a été défini par l'OIF en 2015. Il se base sur trois concepts : la croissance économique, le développement social et le respect de l'environnement [OIF, 2015].

Dans ce contexte, et suite à la forte liaison entre le développement de logistique et du transport durable de marchandises et le développement économique durable, le traitement du concept « écosystème industriel territorial » devient primordial.

Une région caractérisée avec un écosystème territorial est une région qui se distingue par un développement durable : un bien-être social et un effet environnemental limité.

Un écosystème territorial est composé d'un tissu industriel, c'est dans ce cadre qu'intervient la définition d'un « écosystème industriel » qui met en relation des liens entre les différentes organisations industrielles. Ces liens sont de nature :

- Des liens matériels : échange de matières premières, de produits finis et d'énergies entre les différentes organisations.
- Des liens logistiques : les services logistiques entre les différentes organisations.
- Des liens contractuels : les relations entre le donneur d'ordre et le sous-traitant (client et fournisseur, société mère et filiale).

L'« écosystème industriel territorial » se base sur la mise en œuvre à l'échelle du territoire des réglementations et d'instruments juridiques ou économiques qu'ils peuvent jouer un rôle déterminant dans les décisions d'implantation industrielle [Callonnec et al., 2017].

### **2. Approche méthodologique**

L'analyse des caractéristiques du réseau de transport constitue un thème de recherche essentielle en sciences de transport et de la logistique. Dans cette section nous proposons une approche méthodologique permettant de définir les caractéristiques de ce système complexe dans l'hinterland.

L'approche méthodologique proposée sert à l'identification des perspectives territoriales liées aux projets d'amélioration de l'efficacité des réseaux de transport. Cette approche aide à avoir des influences économiques positives sur l'hinterland en réfléchissant aux solutions pouvant être mises en œuvre pour pallier les problèmes de congestion.

La figure ci-après décrit les différentes étapes de l'approche méthodologique proposée :

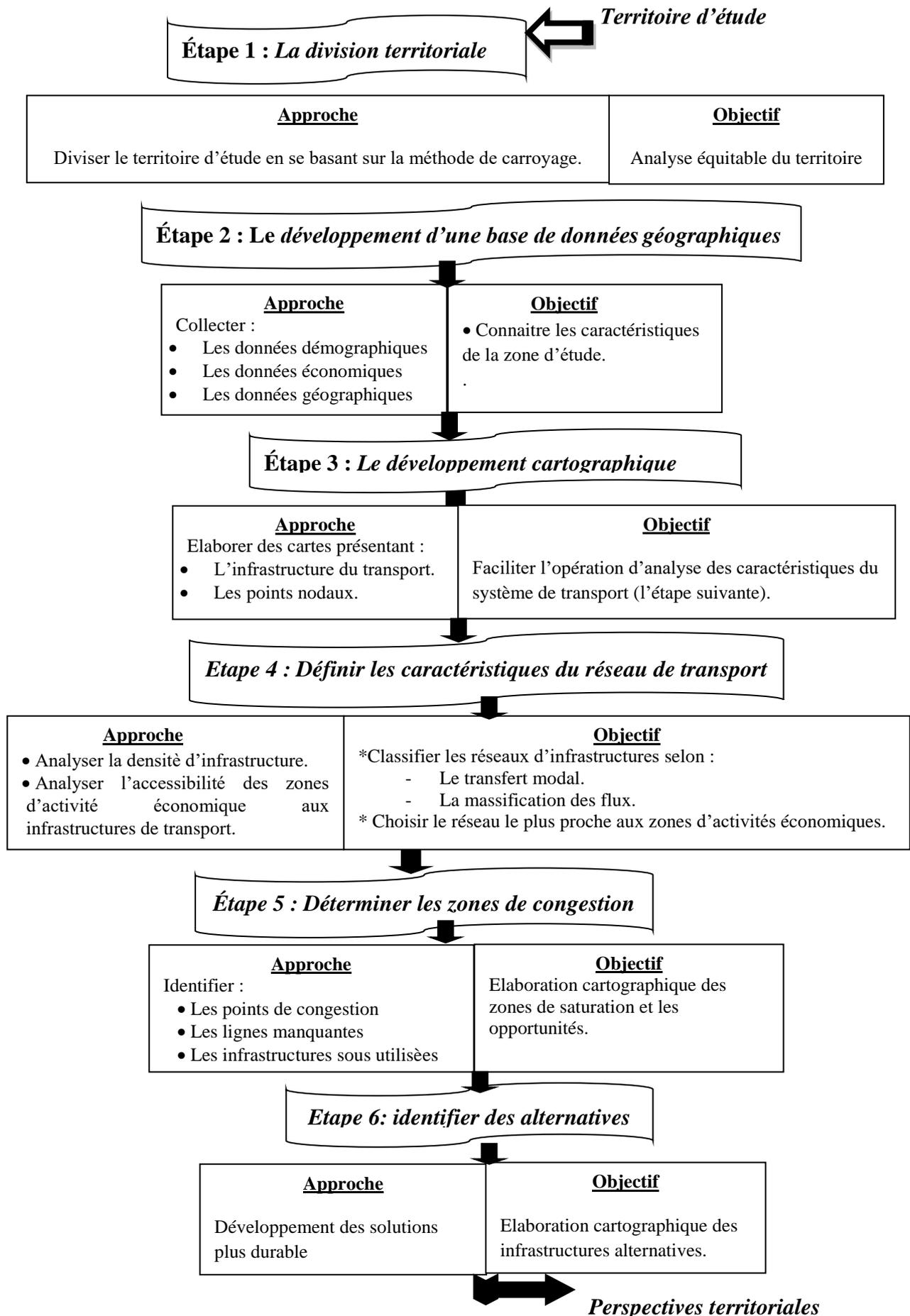


Figure 1-4 approche méthodologique proposée

Cette approche méthodologique globale vise plusieurs objectifs :

- La mise en œuvre d'un écosystème à valeur ajoutée développant les synergies entre la logistique, l'industrie et la distribution à travers le développement des solutions de connectivité durable pour le transport de marchandises.
- Donner une vision géostratégique afin d'alimenter les études multi échelles (au niveau régional et national) par la connaissance des lacunes et des opportunités du système de transport dans l'hinterland.

Ce type d'étude s'intéresse à plusieurs familles d'acteurs [Guigou et al., 2001]. On cite, notamment, les décideurs (l'état, les collectivités locales et territoriales), les consultants, les opérateurs (les habitants, les transporteurs routiers et ferroviaires, les acteurs de la logistique).

### **2.1. Division du territoire**

Cette étape se base sur la méthode de carroyage puisque cette méthode permet une analyse équitable des infrastructures. Le choix de la taille doit correspondre à la surface de la plus petite division spatiale de la zone d'étude.

Les apports de la technique de carroyage résident dans la simplicité de calcul de la densité d'infrastructure. Cette densité est basée sur le calcul de la longueur du réseau et le nombre des terminaux dans chaque carreau afin de :

- Déterminer les zones de congestion.
- Montrer les zones de concentration d'infrastructure.
- Déterminer la continuité et les discontinuités du réseau [Lajoie, 1992].

### **2.2. Construction de la base de données géographiques**

Cette étape vise à identifier et décrire la zone d'étude à travers des données caractérisant l'hinterland. On cite quelques-unes dans le tableau ci-dessous.

<b>Les données démographiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les zones urbaines.</li> <li>- La densité de la répartition humaine, etc.</li> </ul>
<b>Les données économiques</b>	<p>Le profil fonctionnel et les spécialisations économiques de la zone :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les zones d'activité économique (les zones industrielles, etc.).</li> <li>- Les bâtiments logistiques, etc.</li> </ul>
<b>Les données géographiques</b>	<p>Le territoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les limites administratives (pays, régions, départements).</li> <li>- Le plan de la ville (à différentes échelles), etc.</li> </ul>
	<p>Les réseaux de transport (existants ou en projets) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Routière.</li> <li>• Fluvial.</li> <li>• Ferroviaire.</li> </ul>

*Tableau 1-1 Quelques données permettant de décrire la zone d'étude*

Cette étape est primordiale afin d'élaborer des cartes, en se basant sur des informations multiples permettant de donner un aperçu détaillant :

- L'organisation des réseaux de transport par zone.
- Les bâtiments logistiques existants et projetés.
- Les flux d'échanges des marchandises.

### **2.3. Élaboration cartographique**

A travers la base de données cumulée, on élabore des cartes schématisant différentes légendes. On cite dans le tableau, ci- dessous, quelques-unes :

L'infrastructure de transport	Le territoire
<p><u>Les infrastructures de transport par mode :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les réseaux d'infrastructure.</li> <li>- Les points nodaux du réseau de transport (port maritime, terminal ferroviaire).</li> </ul> <p><u>Les infrastructures de transport par importance :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ferroviaire : ligne principale /secondaire, La fréquence des traversées ferroviaires.</li> <li>- Routier : type de route (autoroute/route régionale/route locale), La fréquence des traversées routières.</li> <li>- portuaire.</li> </ul>	<p>-L'aire d'étude</p> <p>-Les zones industrielles</p> <p>-Les bâtiments logistiques.</p>

Tableau 1-2 les différentes légendes des cartes

## 2.4. Définition des caractéristiques du réseau de transport

[Piot, 2007] a défini cette étape comme « *un processus complexe qui est souvent difficile d'arbitrer entre l'intérêt général et l'individuel* ».

Afin d'identifier les informations caractérisant la zone d'étude, cette étape se base sur une lecture quantitative et qualitative. Elle vise :

### 2.4.1. Analyse de la densité des infrastructures

Cette étape se traduit par :

- La détermination en longueur et en pourcentage, la composition du réseau d'infrastructure (routier et ferroviaire).
- L'analyse des points et des lignes de concentration forte de ce réseau.
- L'analyse croisée des infrastructures routières et ferroviaires.

### 2.4.2. Analyser l'accessibilité des zones d'activité économique à l'infrastructure de transport

La combinaison des données (les zones d'activité économique et l'infrastructure de transport) permet de connaître la distance/ temps séparant chaque zone d'activité d'un terminal ferroviaire ou d'un réseau routier.

Cette étape vise à sélectionner, pour chaque zone d'activité, les gares ou les routes les plus proches (en temps d'accès).

## 2.5. Identification des points de congestion et les points bloquants :

L'analyse des caractéristiques du réseau de transport facilite :

- L'identification des points de congestion et les points bloquants qui font un obstacle à l'optimisation d'échange des flux physiques.
- L'identification des liens manquants et des infrastructures sous utilisées.

La finalité de cette analyse est de constituer un préalable à la recherche d'itinéraires alternatifs. Elle se base sur l'identification des caractéristiques de la zone d'étude selon plusieurs facteurs. On note quelques-unes dans le tableau ci-dessous :

L'infrastructure de transport		Le territoire
<i>Le réseau d'infrastructure</i>	<i>Les terminaux</i>	-Les zones industrielles selon leur importance.
- Le type de mode de transport le plus congestionné - Les lignes ferroviaires et routières les plus congestionnées - Les lignes déjà construites et participant à la résolution de certains problèmes	-Les terminaux ferroviaires présentant une importante réserve de capacité et celles congestionnées (à travers le temps d'attente)	

Tableau 1-3 Quelques facteurs identifiant les points bloquants et de congestion

## 2.6. Identification des alternatives :

Cette étape vise à trouver, suite aux différents points et lignes congestionnés, des alternatives plus durables pouvant être déployées. Ses alternatives dépendent généralement des critères financiers ou politiques ce qui engendre des conflits entre les différents acteurs.

Cette étape se réduit à certaines opérations :

- Reporter une partie du trafic sur une infrastructure sous utilisée.
- Envisager la réalisation des infrastructures manquantes.
- Fixer des itinéraires alternatifs et des compléments routiers et ferroviaires.

Pour une meilleure exploitation des résultats, il vaut mieux les schématiser sous forme d'une carte portant les différentes légendes :

- Les lignes actuelles et alternatives.
- Les nœuds remarquables (le port, les nœuds ferroviaires).

Dans cette section, nous avons proposé une approche méthodologique qui va nous aider à mieux répondre à la complexité décrite précédemment. Cette approche méthodologique facilite l'identification des itinéraires alternatifs aux réseaux d'infrastructures existants.

## Conclusion

Dans la première section de ce chapitre, nous avons montré la complexité de la problématique d'aménagement du territoire intégrant la logistique. Nous avons utilisé une analyse de l'inscription spatiale de la logistique. Cette analyse nous a permis de mettre en évidence la corrélation entre « territoire » et « logistique » à travers l'étude de la liaison entre le système logistique intégrée et le territoire. Nous avons présenté la forte liaison entre l'infrastructure de transport, l'infrastructure logistique et le territoire suite à l'échange des flux de marchandises à travers l'infrastructure de transport dans le territoire. Dans ce contexte, apparaît l'importance de traitement de problématique de la performance d'un hinterland.

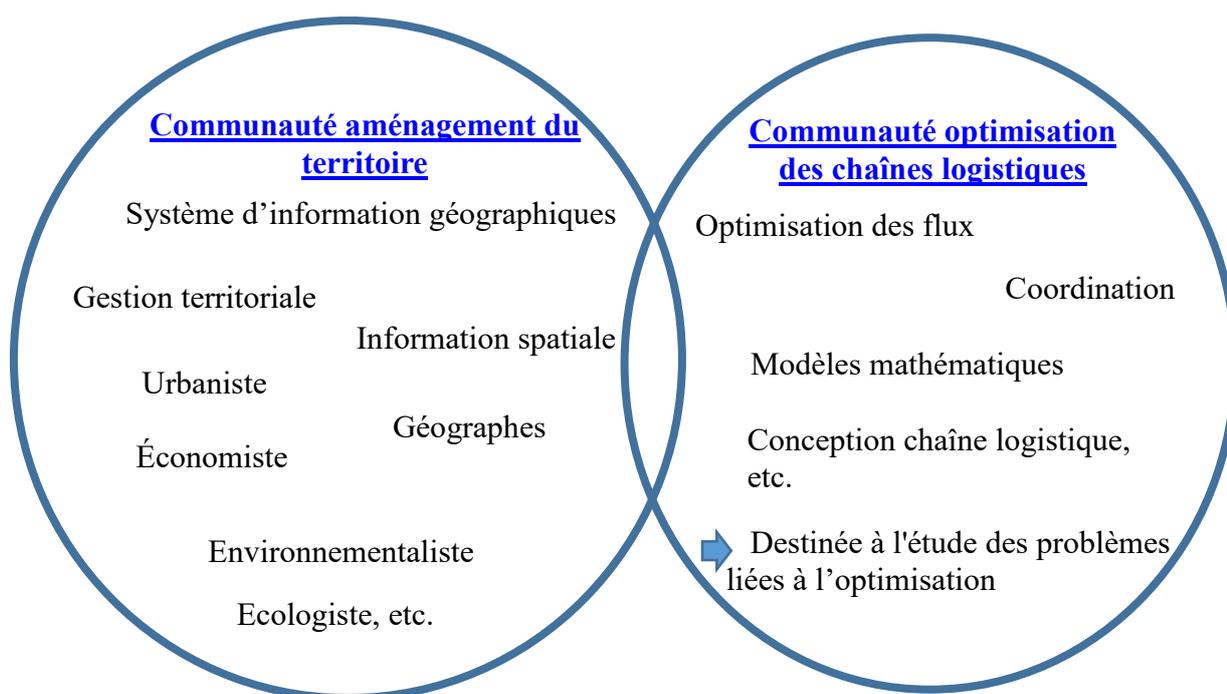


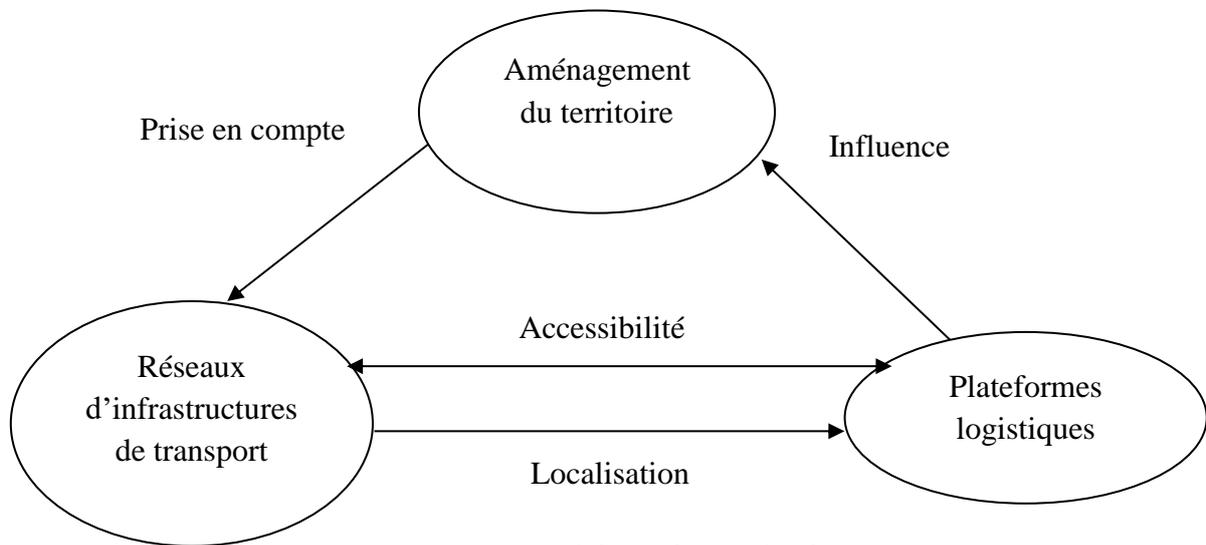
Figure 1-5 Problématique

Dans la deuxième section, nous avons montré la liaison entre le développement logistique, le développement du transport durable et le développement économique durable. Cette analyse nous a permis de mettre en évidence la corrélation entre « développement logistique et du transport » et l'« aménagement du territoire » en présentant le grand impact de ces deux concepts sur le développement économique durable d'un pays.

## L'inscription spatiale de la logistique et l'écosystème industriel territorial

Nous avons proposé une approche méthodologique aidant à aboutir à un « écosystème industriel territorial » en général, et améliorer la performance de l'hinterland en particulier.

On peut résumer ce qui a été évoqué dans le présent chapitre par la figure ci-après :



*Figure 1-6 Schéma récapitulatif*

Ce chapitre constitue, donc, une étape dans la réflexion sur la corrélation entre la logistique et l'aménagement du territoire. Dans le prochain chapitre, on traitera la problématique de la performance de l'hinterland.

## **Chapitre 2 La performance de l'hinterland**

## **Introduction :**

La globalisation a été définie comme l'intégration croissante des échanges de marchandises, dont le service de transport représente un facteur influençant le développement économique d'un pays [Petitjean, 2000].

Le traitement de la problématique d'échange des flux physiques dans un complexe portuaire peut être divisé en deux sous-ensembles : les opérations portuaires dans le port dont l'objectif est d'optimiser les coûts liés au service du transport maritime, et les opérations de livraison dans l'hinterland, dont l'objectif est d'optimiser les coûts d'échange des flux physiques dans l'hinterland. Ce maillon de la chaîne logistique est l'un des plus coûteux [Gouiza, 2015].

De nos jours, le transport routier est le mode de transport le plus dominant dans le pré et post acheminement des marchandises.

Plusieurs alternatives ont été adaptées pour un développement durable, tel que le transfert des flux physiques du transport routier vers d'autres modes de transport plus durables tels que le transport ferroviaire et le transport par voie navigable.

Un nouveau concept a été développé en Europe, les TERF<sup>2</sup> (*Trans Européen Rail Freight*). Il a été défini par [DGET, 2005] comme le recours au transport ferroviaire en tant qu'une alternative au route pour le transport des marchandises du port vers l'hinterland, puisque ce mode se caractérise par la massification, la faiblesse des coûts, la sécurité, la sûreté, l'économie d'espace et d'énergie ainsi que le respect de l'environnement. La substitution des routes par les rails est considérée comme une alternative plus durable pour plusieurs raisons. On cite comme exemple, la sécurité, les raisons écologiques et la massification des flux physiques, etc. Ce concept se base sur la mise en place des Corridors dédiés au transport du fret. Les TERF permettent le transport rapide des trains blocs, au départ et à destination des terminaux portuaires, dans le terme de la durabilité.

Ce chapitre s'intéresse à la problématique de la performance de la zone portuaire (l'hinterland).

Les échanges de marchandises et leurs volumes sont reconnus comme un bon indicateur de la dynamique des zones portuaires d'où le bon fonctionnement de l'hinterland, dans le cadre de la durabilité [Morana et al., 2015].

Bien sûr, cette problématique n'est pas nouvelle. Il existe d'autres travaux qui ont donné lieu à de nombreuses applications élaborées dans le cadre d'une seule discipline mais dans la littérature, on ne trouve pas une étude multidisciplinaire.

---

<sup>2</sup> Réseau ferroviaire transeuropéen

## La performance de l'hinterland

Dans cette thèse, nous visons à utiliser autant que possible des approches différentes et nous optons à une analyse spatiale des pratiques d'échanges des flux physiques. Cette analyse s'oriente autour de deux principaux axes de recherche :

- Le premier est l'analyse des flux d'échange des marchandises selon plusieurs approches.
- Le deuxième est l'intégration des contraintes logistiques avec les contraintes géographiques et fonctionnelles dans la problématique d'aménagement du territoire en général et de l'hinterland, en particulier.

Dans ce chapitre, une analyse de quelques travaux se rattachant à notre étude sera proposée, sur les quatre approches : les mathématiques, la géographie, l'économie et l'informatique.

L'hinterland peut être considéré comme un système complexe, c'est un lieu d'interaction des sous-systèmes.

Afin d'identifier les caractéristiques relatives à ce système complexe, on se basera sur certains indicateurs qui seront présentés dans la deuxième section. Un indicateur est « *un évènement observé, prélevé, mesuré, déterminé par le calcul, permettant d'identifier qualitativement ou quantitativement une amélioration positive (ou négative) du comportement d'un procédé* » [Perigord et al., 1993].

PETRI a défini l'indicateur de performance comme « *une information devant aider un acteur, individuel ou plus généralement collectif, à conduire le cours d'une action vers l'atteinte d'un objectif ou devant lui permettre d'en évaluer le résultat* » [Petri, 1962].

La modélisation et la simulation des chaînes logistiques globales ont un rôle très important dans l'analyse et l'évaluation des indicateurs de performance de ce système. Dans la littérature, la chaîne logistique peut être modélisée selon différents types de modèles [Eddoug et al., 2015] :

- Le modèle organisationnel : permet de représenter le système sous forme d'entités, des activités, des processus, des fonctions, de la structure et du comportement.
- Le modèle analytique : permet de donner une représentation quantitative à travers une description suite à des équations mathématiques. Les approches issues de ce modèle sont la théorie des contraintes et la recherche opérationnelle.
- Le modèle par simulation : ce type de modèle est utile dans le cas d'inexistence de relation entre les différentes variables du système.

Cette problématique pose la question suivante :

- Comment peut-on évaluer la performance de l'hinterland ?

## La performance de l'hinterland

Pour répondre à cette question, nous adoptons la démarche suivante :

Dans la première section :

1. Nous proposons de citer quelques travaux se rattachant à notre problématique selon les quatre approches (les mathématiques, la géographie, l'économie et l'informatique).
2. Nous proposons de donner des exemples de projets pluridisciplinaires (la zone portuaire de l'Arctique canadien, la zone portuaire d'Afrique ouest et du centre, la zone portuaire du port du Havre et la région parisienne).

Nous adoptons la démarche suivante dans la deuxième section :

Nous élaborons dans la deuxième partie un tableau de bord basé sur des indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Ces indicateurs proposés seront regroupés en trois catégories :

- **Les indicateurs environnementaux** : servant à mesurer les effets sur l'environnement.
- **Les indicateurs économiques** : ils regroupent deux sous catégories. Les indicateurs de durabilité économique et financière (les indicateurs mentionnés dans le bilan) et les indicateurs de performance logistique (qualité, coût et délais).
- **Les indicateurs sociaux/sociétaux** : ils représentent les effets d'un point de vue organisationnel (changements des modes d'organisation, etc.) et réglementaire.

Nous finissons ce chapitre par une conclusion résumant les contributions, les limites et les perspectives générales de ce tableau de bord [Sassi et al., 2016].

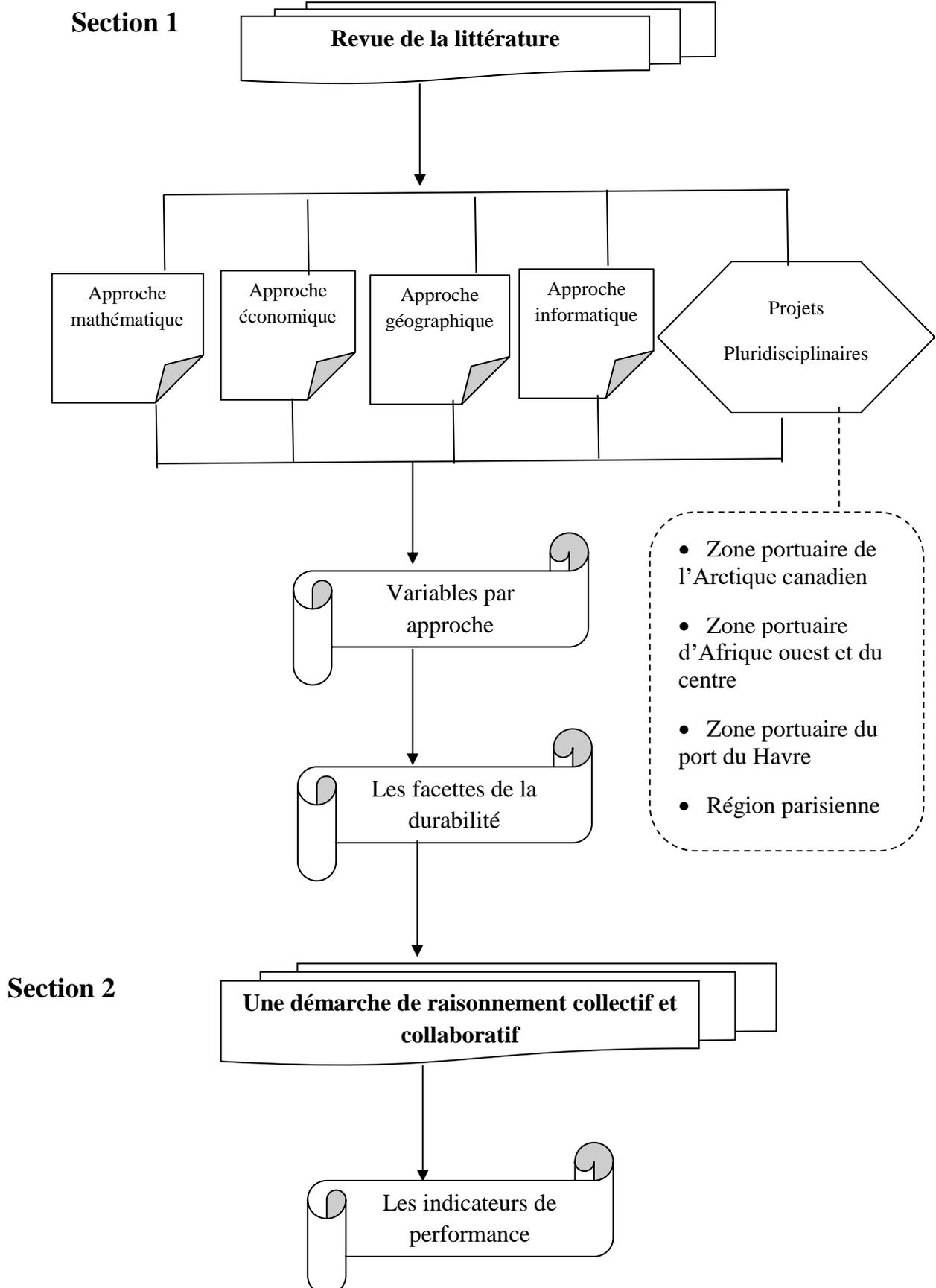


Figure 2-1 La démarche du chapitre

## **Section 1 : Revue de la littérature :**

L'aide à la décision a été définie par [Roy, 1985] comme une méthode favorisant « *un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus décisionnel d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part* ».

Les travaux traitant la problématique d'aménagement du territoire mettent en évidence la complexité de ce système.

L'économie, la géographie et la sociologie se retrouvent autour du concept d'aménagement du territoire.

Nous nous limitons à présenter dans cette section le positionnement de différentes disciplines par rapport aux pratiques d'aménagement du territoire, dans l'objectif de réfléchir aux indicateurs qui interviennent lors de la prise des décisions d'aménagement du territoire.

Un vaste champ de littérature a été consacré depuis quelques années aux facteurs influençant l'échange des flux physiques. A cet égard, La présente section développe quelques travaux traitant ces différents facteurs. Ces travaux nous ont permis de distinguer les différentes approches utilisées dans l'analyse de ces facteurs.

Ce problème a été traité par plusieurs approches : l'approche mathématique, économique, informatique et géographique ; dans le cadre d'optimisation des processus de transfert des flux physiques à travers les trois volets du développement durable. D'après [Fauchaux et al., 1998], les trois dimensions clés du développement durable sont économiques, sociales et environnementales.

### **1. L'approche mathématique**

Pour souci de clarté, nous étudions cette problématique dans les différents niveaux décisionnels : (stratégique, tactique et opérationnel) :

- **Le niveau stratégique** : il concerne les planifications à long terme liées à la localisation des équipements (Facility location problem). Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons aux décisions relatives à l'implantation des bâtiments logistiques.
- **Le niveau tactique et opérationnel** : concerne les planifications à moyen et à court terme. Ces décisions sont liées à la conception du système de transport (Network design problem).

Dans cette section, on présente un état de l'art récent des problématiques intégrant « The facility location problem » et le « Network design problem ».

#### **1.1. Le niveau stratégique**

C'est un niveau de résolution à long terme. Ce problème est défini comme le problème de localisation d'équipement (facility location problems). Il est lié au problème de localisation de

## La performance de l'hinterland

bâtiments logistiques. Dans ce cadre, on distingue deux types de bâtiments logistiques selon le temps de stockage de la marchandise :

- Les entrepôts où le temps de stockage dépasse 24 heures.
- Les plateformes logistiques où le temps de stockage est inférieur à 24 heures.

La résolution de ce problème se base sur la proposition d'un modèle qui aide à la prise d'une décision relative à l'emplacement des bâtiments logistiques.

FREMONT a défini les bâtiments logistiques comme des centres intérieurs de regroupement et/ou de distribution des marchandises. Ces bâtiments sont de plus en plus implantés comme une alternative à un pré ou un post acheminement direct entre le port et le point de destination définitive [Frémont, 2007]. L'installation de ces bâtiments loin ou près du barycentre urbain possède plusieurs avantages et inconvénients pour les deux cas. A ce fait, apparaît l'importance de l'étude de l'emplacement optimal des bâtiments logistiques.

Plusieurs techniques ont été utilisées afin de résoudre ce problème :

Ce problème a été traité par GUYON dans le cadre de la ville de Marseille, afin de résoudre le problème de localisation et de dimensionnement des plateformes logistiques dans les zones urbaines denses. Il a proposé un modèle mathématique permettant de déterminer le nombre, l'emplacement et la taille des plateformes logistiques, en tenant compte des critères de la durabilité. Ce travail a été élaboré dans le cadre du projet PLUME en partenariat avec JONCTION<sup>3</sup> [Guyon et al., 2010].

D'après [Guyon et al., 2011], les principaux paramètres intégrés dans ce type de modèle sont identifiés dans le tableau ci-dessous :

Système logistique de transport		Système territorial
Système de transport	Système logistique	- La zone de demande
- Le type de véhicule - Le coût de transport - Le nombre des tournées par jour	- La durée de vie de la plateforme logistique - Le nombre des transporteurs	

*Tableau 2-1 Quelques paramètres des modèles mathématiques*

La méthodologie adaptée, par ce dernier, est comme suit :

---

<sup>3</sup> Un cabinet d'experts spécialisés dans l'économie du transport.

## La performance de l'hinterland

1. Décrire le problème à travers certains indices : la zone de demande, le site potentiel d'implantation, le type de véhicule. Ensuite, proposer des hypothèses concernant la durée de vie de la plateforme logistique, le nombre des transporteurs, le nombre des tournées par jour et le coût de transport [Guyon et al., 2011].

2. Proposer un programme linéaire mixte qui vise à optimiser le transport de marchandises en ville sous les trois facettes du développement durable (économique, environnementale et sociale/sociétale). Ce modèle multi objectifs, se base sur la minimisation des différents coûts de ces trois facettes. Les fonctions objectives du modèle seront présentées dans le tableau ci-dessous :

<b>Facettes économiques</b>	<b>Facettes environnementales</b>	<b>Facettes sociétales/sociales</b>
<p>Minimiser :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Les coûts fixes de sélection de la plateforme logistique.</li> <li>- Les coûts de construction de la plateforme logistique.</li> <li>- Le coût d'achat du véhicule.</li> <li>- Le coût de fonctionnement du véhicule.</li> </ul>	<p>Minimiser :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Le coût de la pollution due à l'implantation des plateformes logistiques.</li> <li>-Le coût de la pollution due aux véhicules.</li> <li>-Le coût de la pollution due à la congestion.</li> </ul>	<p>Augmenter l'accessibilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des plateformes logistiques</li> <li>- Des véhicules.</li> </ul>

*Tableau 2-2 Les trois facettes de la durabilité, selon le modèle du GUION, O.*

3. Développer un logiciel d'aide à la décision permettant d'introduire, de calculer et d'évaluer les données. Ce logiciel sert à :

- Diviser la ville en zone de demande.
- Collecter les données par zone (le niveau de demandes, les règles de construction, la longueur et durée de tournées, le type de véhicules et leurs caractéristiques, les sites potentiels d'implantation de plateformes logistiques). Ces données ont été collectées par des compagnies les plus influentes sur le marché.
- Tester le modèle et le logiciel d'aide à la décision à travers l'outil d'optimisation CPLEX afin de les valider ou non.

Ce modèle a permis de déterminer la localisation et le dimensionnement optimal de la plateforme logistique pour le transport de marchandises en ville ainsi que le type optimal de véhicule. Le choix optimal déterminé diffère selon le type d'objectif à atteindre.

## 1.2. Le niveau tactique et opérationnel :

C'est un niveau de résolution du moyen et court terme. Ce problème est défini comme le problème de conception du système de transport (network design problème). Il est lié aux problèmes d'implantation des infrastructures et d'organisation des tournées.

A ce fait, apparaît l'importance de l'étude de l'implantation optimale des infrastructures du transport. La résolution de ce problème se base sur la proposition d'un modèle permettant de déterminer l'emplacement des infrastructures du transport afin d'optimiser les tournées.

Selon notre problématique, les données entrantes peuvent être présentées sous forme de nœuds et d'arcs. Les nœuds peuvent être classés en nœuds d'origine et en nœuds de destination.

La problématique d'organisation des tournées a été largement traitée dans la littérature. De ce fait, on ne trouve pas l'intérêt de réciter ce qui a été déjà fait par des spécialistes dans la recherche opérationnelle et par des mathématiciens.

## 2. L'approche économique :

Cette problématique a été traitée par des économistes. On cite à titre d'exemple le récent travail doctoral de [Merzoug, 2014] qui s'intéresse dans son travail à la partie portuaire de transport de marchandises. Les principaux paramètres intégrés dans ce type de modèle sont identifiés dans le tableau ci-dessous :

Système logistique de transport		Système territorial
<b>Système de transport</b>	<b>Système logistique</b>	-La connectivité avec l'hinterland
- Les caractéristiques des terminaux portuaires (les délais portuaires pour l'enlèvement des marchandises et l'efficacité douanière.)	- Les plates formes logistiques	

*Tableau 2-3 Quelques paramètres des modèles économiques*

[Merzoug, 2014] a élaboré un modèle logarithmique à travers une régression linéaire afin d'évaluer le coût de transport par tonne à l'importation par pays. Son étude a visé le port du Bejaia où elle traite les problèmes du transport des marchandises importées dès le port d'expédition jusqu'à leur enlèvement dans le port de destination. Son modèle dépend de cinq variables qui sont la distance, le type du produit et sa valeur, le volume des échanges bilatéraux, les caractéristiques portuaires (les délais portuaires pour l'enlèvement des marchandises) et l'efficacité douanière. Son choix de l'utilisation du logarithme revient à deux raisons : la diversification des unités des variables et la

## La performance de l'hinterland

bonne interprétation économique des résultats donnés par cet algorithme. La régression linéaire élaborée par [Merzoug, 2014] est comme suit :

$$\ln CT_i = \beta_0 + \beta_1 \ln VT_i + \beta_2 \ln DS_i + \beta_3 \ln DP_i + \beta_4 \ln RD_i + \beta_5 \ln VLB_i + \varepsilon_i$$

*Équation 2-1 modèle économique élaboré par MERZOUG, S. (2014)*

L'objet de ce travail est d'optimiser le processus de transfert des flux physiques à travers un seul volet de durabilité, qui est le volet économique sans prendre en compte le volet environnemental et social/sociétal. Son modèle se caractérise par la prise en compte des indicateurs de performance logistique (le coût, la qualité et le délai).

<b>Facettes économiques</b>	<b>Facettes environnementales</b>	<b>Facettes sociales sociétales</b>
<p><b>- Coût :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Le type du produit et sa valeur.</li> <li>— Le volume des échanges bilatéraux.</li> </ul> <p><b>- Qualité :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— L'efficacité douanière.</li> </ul> <p><b>- Délai :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— La distance.</li> <li>— Les caractéristiques portuaires (les délais portuaires pour l'enlèvement des marchandises).</li> </ul>	<p>N'ont pas été prises en compte.</p>	<p>N'ont pas été prises en compte.</p>

*Tableau 2-4 Les trois facettes de la durabilité, selon le modèle du MERZOUG, S.*

L'étude élaborée, par ce dernier, a permis de déduire que l'espace maritime est de faible influence sur la qualité et le coût des échanges, contrairement aux terminaux portuaires, les plates formes logistiques et les connexions intérieures terrestres (dans l'hinterland) sont des déterminants du développement économique durable d'un pays.

Le cas du port de Bejaia étudié par [Merzoug, 2014] a permis de montrer que dans le cas de l'Algérie, comme dans les différents pays en voie de développement, les terminaux portuaires ainsi que leurs faibles connectivités avec l'hinterland sont des facteurs influençant négativement l'économie nationale du pays.

### **3. L'approche géographique**

Un faible développement de la recherche a été constaté dans le cadre de l'influence de caractéristiques spatiales du territoire urbain sur l'échange des flux physiques.

Le travail de [Dablanc, 2009], a été la cause de l'ouverture de la réflexion sur la relation entre l'échange des flux physiques dans une zone urbaine et l'organisation spatiale. A partir d'une étude faite sur quatorze aires urbaines de grande Bretagne, [Allen et al., 2012] démontrent que les caractéristiques spatiales et géographiques influencent l'échange des flux physiques dans les zones urbaines.

Le travail doctoral de [Ducret, 2014] a été élaboré dans le cadre d'un projet avec la poste de France sur dix-neuf villes françaises. Ce travail vise la réorganisation spatiale de la distribution des colis. Ducret a proposé une piste parmi les premières pistes d'une modélisation spatiale du fret urbain suite à l'intégration du territoire et du transport de marchandises en ville. Selon cet auteur, lors de l'étude de la problématique de distribution urbaine de marchandises, il faut prendre en considération le territoire dans ses composantes spatiales, réglementaires et socio-économiques.

Selon [Ducret, 2014], les caractéristiques géographiques de la ville ainsi que l'accessibilité des zones à livrer et les plateformes logistiques sont des éléments du système spatial à intégrer dans la logistique de la distribution. La prise de décision territoriale est liée à l'accessibilité ainsi qu'à la situation géographique de la zone d'implantation par rapport au périmètre de distribution.

Les caractéristiques des réseaux du transport orientent le choix d'implantation des plateformes logistiques. On cite à titre d'exemple, les caractéristiques des voies (la largeur) et la localisation des nœuds (les nœuds autoroutiers, les échangeurs, etc.).

Dans le travail de ce dernier, il s'agit d'une aide à la décision à travers la réflexion sur les solutions de distribution des colis selon les spécificités territoriales et non pas comme un outil d'optimisation des tournées ou d'organisation logistique.

Les principaux paramètres intégrés dans les modèles proposés par [Allen, 2012 ; Ducret.2014 ; Macario R., 2013] dans le cadre de l'approche géographique sont identifiés dans le tableau ci-dessous :

Système logistique de transport		Système territorial
<b>Système de transport</b>	<b>Système logistique</b>	
- Les mesures restrictives (les réglementations horaires présentant l'interdiction de la circulation dans certaines plages horaires pour certains types de véhicules).	<p><b>Infrastructure du transport</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le réseau d'infrastructure (les nœuds autoroutiers, les échangeurs, etc.).</li> <li>- Les caractéristiques des voies (la largeur)</li> </ul>	- L'accessibilité des plateformes logistiques
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- La densité industrielle (le périmètre de distribution)</li> <li>- Contraintes de site</li> <li>- Les caractéristiques géographiques de la zone d'étude</li> </ul>

Tableau 2-5 Quelques paramètres des modèles géographiques

#### 4. L'approche informatique

Vu la diversité des acteurs intervenants dans une chaîne logistique, plusieurs méthodes et outils ont été développés afin d'optimiser les processus de transfert des flux de la chaîne logistique dans le cadre de la coordination et de la coopération entre les différents acteurs.

[Gouiza, 2015] s'est intéressée dans sa thèse au corridor de la vallée de la seine à travers la modélisation de la chaîne logistique et la simulation du comportement entre les différents acteurs dans un environnement de transport intermodal de marchandises. Elle a développé dans sa thèse, un modèle permettant l'évaluation des performances des réseaux de transport, à travers l'utilisation conjointe d'une approche sémantique(S) et du paradigme distribué multi agent(SMA).

[Eddoug et al., 2015] a traité la problématique de pilotage des flux physiques dans la chaîne de distribution multi niveau (CLDMN). Son travail vise à trouver des solutions de gestion de flux de livraison, de réapprovisionnement, d'allocation des stocks et de transbordement afin d'optimiser les coûts des stocks et du transport. Il a développé un modèle conceptuel de la chaîne de distribution multi niveau qui était par la suite la base d'un modèle de simulation. Cette simulation permet par la suite de proposer des solutions tout en optimisant d'une façon combinée le coût des stocks et du transport. Les principaux paramètres intégrés dans le modèle proposé par [Eddoug et al., 2015] sont la politique de distribution, le type de transport, la taille du véhicule, etc. Son travail se base sur l'acheminement des marchandises du fournisseur au client en passant par l'opération de stockage et de transport.

## La performance de l'hinterland

On cite dans ce cadre l'étude de [Eddoug et al., 2015]. Une sélection des données a été faite sur la base de trois paramètres : le mode de livraison, le mode de transport, la capacité et le type de véhicule. Les données d'entrée ont été implantées dans une base de données MS Access puis elles ont été simulées dans un moteur de simulation ARENA, afin d'évaluer la performance de la chaîne logistique de distribution multi niveau. [Eddoug et al., 2015] ont évalué la performance de la chaîne logistique de distribution à travers l'intégration des coûts du transport dans les deux cas : le transport périodique et le transport au besoin et ils ont montré que dans le cas de transport au besoin, le niveau de satisfaction est plus élevé qu'avec le transport périodique suite à l'augmentation de délai de livraison mais les coûts sont moins élevés dans le dernier cas, de ce fait, le choix de transport périodique entraîne une optimisation du niveau des coûts de la chaîne logistique.

Les principaux paramètres intégrés dans les modèles proposés par [Gouiza, 2015] et [Eddoug et al., 2015].

Système logistique de transport		Système territorial
<b>Système de transport</b>	<b>Système logistique</b>	- Connectivite de l'hinterland
- La taille du véhicule. - Le mode de livraison - Le type de transport - La capacité et le type de véhicule.	- Le règlement de distribution	

Tableau 2-6 Quelques paramètres des modèles informatiques

## 5. les projets pluridisciplinaires

Dans ce cadre, on prend à titre d'exemple le projet LUMD<sup>4</sup> [Presstalis, 2012]. Le groupe de ce projet comprend des acteurs pluridisciplinaires dont l'objectif est de maximiser les bénéfices du groupe presstalis<sup>5</sup>.

Les indicateurs définis dans le cadre de ce projet ont été présentés dans le tableau ci-dessous :

<sup>4</sup> Logistique urbaine mutualisée durable

<sup>5</sup> Presstalis est nommé anciennement le groupe nouvelles messageries de la presse parisienne.

Système logistique de transport		Système territorial
<b>Système de transport</b>	<b>Système logistique</b>	- La zone de demande
- Taux de parcours en charge du véhicule (poids et volume).  - Les émissions polluantes dues aux véhicules.	- Taux de service de la plateforme.  - La rentabilité de la plateforme.	

Tableau 2-7 Les indicateurs de performance de la région parisienne

En plus, on peut citer à titre d'exemple, le projet fait par MLTC/CATRAM sur les corridors maritimes de l'Afrique ouest et du centre [MLTC/CATRAM, 2013]. Les principaux indicateurs de performance de la zone portuaire sont identifiés dans le tableau ci-dessous :

Système logistique de transport		Système territorial
<b>Système de transport</b>	<b>Système logistique</b>	-La densité de population. -La superficie de l'hinterland. -Le ratio d'élasticité entre population et trafic conteneurisé.
-Le trafic maritime. -Le niveau des services dans les terminaux portuaires. -Les terminaux à l'intérieur de la zone portuaire.	<i>Infrastructure du transport</i>  -Les densités du réseau. -L'accès routier. -L'accès ferroviaire.	

Tableau 2-8 Les indicateurs de performance de la zone portuaire de l'Afrique ouest et du centre

Selon l'étude faite par [Bourbonnais, 2010] sur l'arctique canadien, quelques indicateurs de performance de la zone portuaire de l'arctique canadien ont été cités dans le tableau ci-dessous :

Système logistique de transport			Système territorial	
Système de transport	Système logistique		-La superficie de l'hinterland -Caractéristiques géographiques de l'hinterland -La densité de population.	
-La qualité de service portuaire. -Le trafic maritime.	<i>Infrastructure du transport</i>			Non étudié
	-Les densités de réseau (ferroviaire et routier). -Le niveau d'inter modalité et de connectivité. -Le nombre de nœuds.			

Tableau 2-9 Les indicateurs de la performance de la zone portuaire de l'Arctique canadien

Une autre étude a été élaborée par un ensemble de professionnels représentés au sein de l'union maritime et portuaire du Havre [HAROPA,2014]. L'objectif de cette étude est d'évaluer la performance de la zone portuaire du Havre.

Les principaux indicateurs sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Système logistique de transport			Système territorial	
Système de transport	Système logistique		- La superficie de l'hinterland.	
-Niveau des services dans les terminaux portuaires. -Temps de dédouanement de marchandises (dans les terminaux maritimes). -Le trafic maritime.	<i>Infrastructure du transport</i>			Non étudié.
	-Les densités du réseau routier, ferroviaire et fluvial. -Le niveau d'inter modalité et de connectivité.			

Tableau 2-10 Les indicateurs de performance de la zone portuaire du Havre

## Section 2 : une démarche du raisonnement collectif collaboratif

La résolution de ce problème doit se baser sur la communication, la coordination et la collaboration entre les différents acteurs en intégrant les facteurs territoriaux à travers la prise en compte des contraintes de type spatiales, réglementaires et fonctionnelles afin de viser la gestion optimale de

## La performance de l'hinterland

l'échange des flux physiques et de diminuer ses externalités négatives. Deux prérequis seront considérés lors de l'élaboration du tableau de bord :

- La prise en considération d'un nombre maximal d'indicateurs, puisqu'un tableau de bord comprend un « *ensemble d'indicateurs qui sont intégrés, pour permettre aux gestionnaires de prendre connaissance de l'état et de l'évolution des systèmes qu'ils pilotent et d'identifier les tendances qui les influenceront sur un horizon cohérent avec la nature de leurs fonctions* » [Bouquin, 2001].
- L'affichage de trois dimensions du développement durable (environnemental, économique et sociale/sociétale).

Une première liste d'indicateurs sera proposée. Cette liste est obtenue à partir des travaux qui ont permis de dresser l'état précédent en éliminant d'éventuels doublons. La concertation se base sur la prise en compte de toutes les données structurées sur les composantes environnementales et socio-économiques de l'hinterland.

Nous proposons un tableau de bord, reprenant les trois catégories du développement durable. L'objectif de ce tableau de bord est de procurer une analyse de la performance de l'hinterland dans le cadre de l'efficacité économique, la performance environnementale et l'équité sociale.

## La performance de l'hinterland

Niveau	Catégorie	Indicateur principal	Indicateur secondaire	
<b>Economique</b>	<i>Logistique</i>	Coût	Taille des bâtiments logistiques	
			Coût de transport	
			Intensité du transport de fret	
		Qualité	Taux de parcours en charge du véhicule (poids et volume).	
			Taux de remplissage de la plateforme	
			Durée de vie de la plateforme logistique	
		Temps	Durée d'acheminement	
			Indicateurs financiers	Revenue, coûts (transport, installation, maintenance, etc.) et bénéfices (la rentabilité de la plateforme)
			Qualité de service	La qualité de service du réseau de transport
	Nœuds (nœuds autoroutiers, échangeurs, etc.).			
	Accessibilité			
	Accès routier			
	Le niveau d'intermodalité et de connectivité			
	Densité des réseaux routiers, ferroviaires et fluviaux			
	<b>Environnemental</b>	Risques environnementaux	Les problèmes	Bruit, émissions, circulation des véhicules et sécurité (nombre d'accidents).
Couverture				Utilisation optimale du sol
règlement politique		Respect de la réglementation	Prise en compte de la communauté et réglementations gouvernementales.	
			Politique de distribution	
<b>Social/ sociétal</b>		Effet Social / Effet sociétal	Niveau de satisfaction	Citoyens, commerçants, entreprises de transport, détaillants, etc.
			Taux d'emploi	Nombre d'heures, nombre d'employés

Tableau 2-12 Les trois facettes de la durabilité

## Conclusion

La problématique d'analyse des facteurs influençant l'échange des flux physiques a été largement traitée dans la littérature, mais cette problématique a été analysée d'une vision mono disciplinaire.

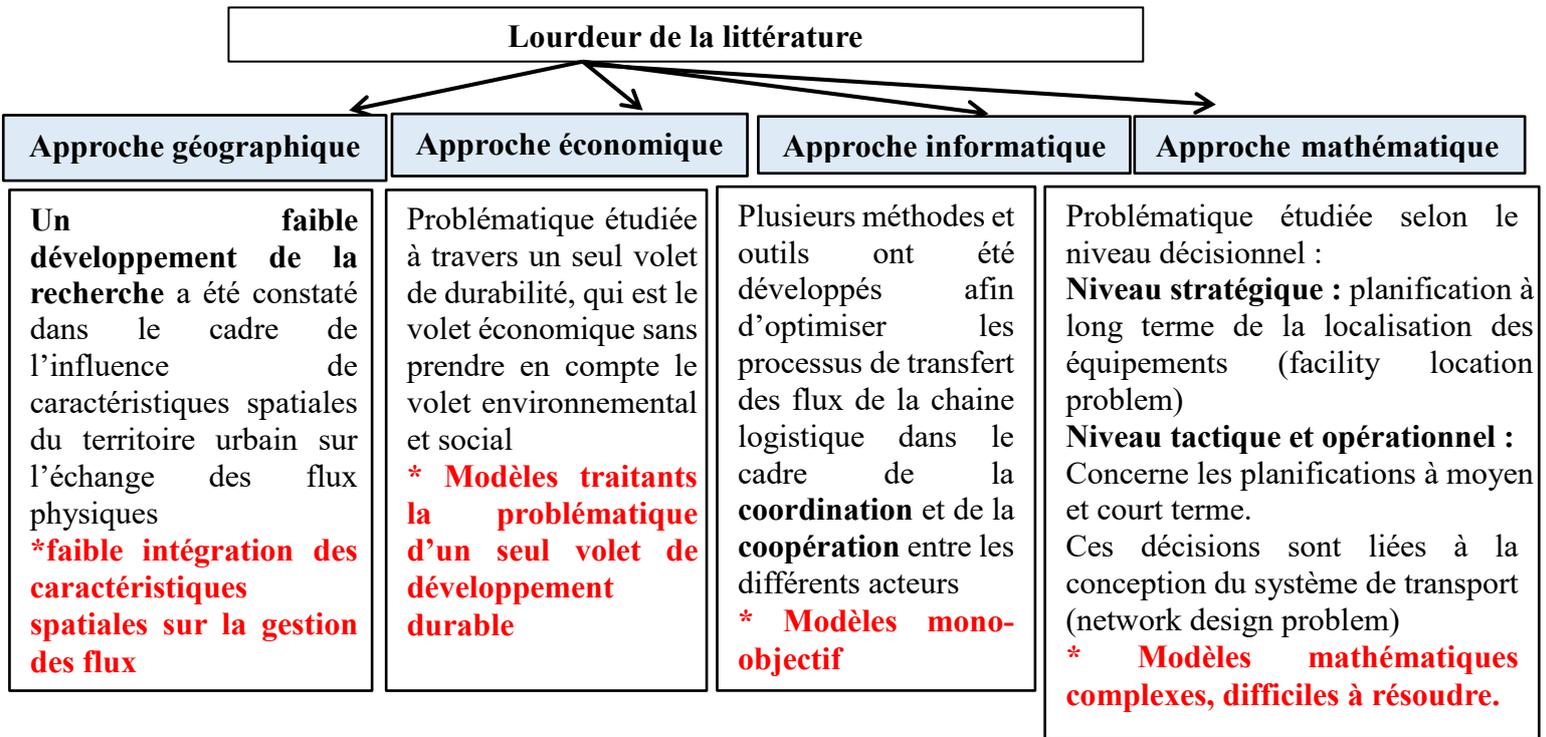


Figure 2-2 Etat de l'art (multidisciplinaire)

Dans ce chapitre, nous avons élaboré un tableau de bord qui regroupe les principaux indicateurs cités dans la littérature selon différentes approches.

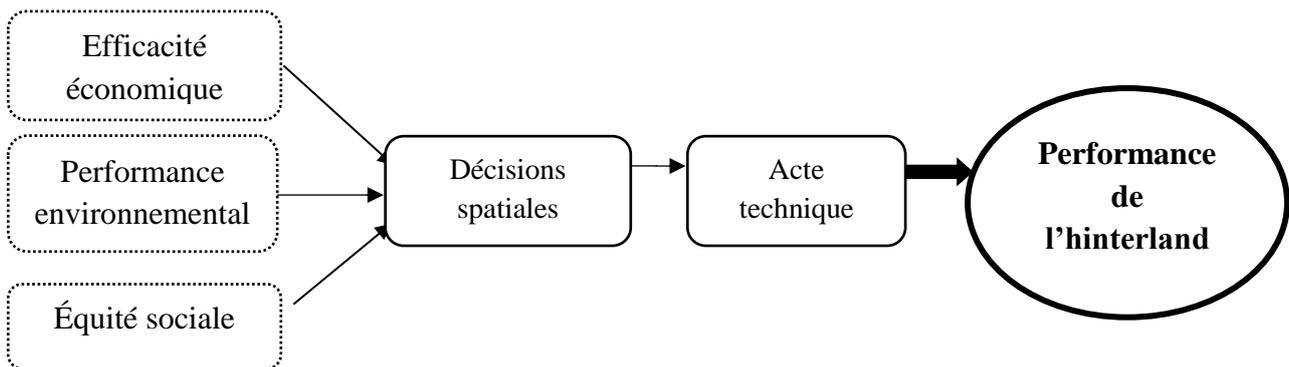


Figure 2-3 Dimensions du développement durable

Cependant, la liste des indicateurs élaborée dans ce chapitre n'est pas exhaustive, elle peut être complétée selon les objectifs visés.

Nous présenterons donc dans le prochain chapitre un modèle conceptuel multi acteurs et multicritères centré sur le « territoire ».

## **Chapitre 3 Aménagement du territoire : gestion pluridisciplinaire**

## Introduction

Nous traitons dans cette thèse une problématique très complexe. Cette complexité est due à :

- La **pluridisciplinarité** : l'intervention de différents acteurs dans la prise des décisions territoriales (élus, entreprises, institutions, etc.), leurs différenciations de comportement et d'objectifs et leurs interactions.
- La **multi objective** : l'hétérogénéité et le nombre important d'indicateurs de performance d'une zone territoriale [Chevalier, 1990].
- La **multi dimensionnalité** des données : les données analysées sont de nature quantitative et qualitative [Hamdadou et al., 2007].

Dans chaque société, l'information a un rôle très important dans l'élaboration et la prise des politiques. De ce fait, l'accès à une information fiable et précise est indispensable à la logique décisionnelle [Bassolé, 2000].

La répartition de l'espace entre les différents utilisateurs est l'ossature des politiques d'aménagement du territoire. C'est une problématique scientifique complexe puisque la bonne gestion du territoire ne peut être assurée qu'à travers l'atteinte d'un équilibre entre les différents objectifs fixés par tous les acteurs intervenant dans la prise des décisions puisque chacun d'eux possède une représentation spécifique de l'espace et a souvent tendance à privilégier certains objectifs en éliminant d'autres.

Nous allons décrire dans un premier temps quelques travaux élaborés dans le cadre du développement d'un système d'aide à la décision suite à une revue de la littérature. Nous développons, ensuite dans la deuxième partie, un modèle conceptuel du territoire intégrant les contraintes d'optimisation logistique, les contraintes fonctionnelles et les contraintes géographiques. Ce chapitre permet de mettre en lumière l'importance d'intégration de plusieurs contraintes dans le futur pour une modélisation du territoire suffisamment précise.

Ce chapitre s'articule autour de quatre parties qui nous aident à répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les différents niveaux décisionnels d'un système territorial ?
- Quels sont les acteurs intervenant dans l'aménagement du territoire ?
- Qu'est-ce qu'un SIG ? et quelles sont leurs classifications ?
- Comment peut-on modéliser un système territorial en intégrant la logistique ?

Pour répondre à ces questions, Nous adoptons la démarche suivante, présentée dans le schéma ci-dessous.

Dans la première section :

1. Nous proposons de citer quelques travaux basés sur l'élaboration des modèles du processus décisionnel.
2. Nous montrons la pluridisciplinarité de la problématique d'aménagement du territoire.

## Aménagement du territoire : gestion pluridisciplinaire

Dans la deuxième section, nous adoptons la démarche suivante :

1. Nous citons les formes des SIG.
2. Nous classifions les SIG suivant leurs types.
3. Nous clarifions la différence entre les différents types de données des SIG.

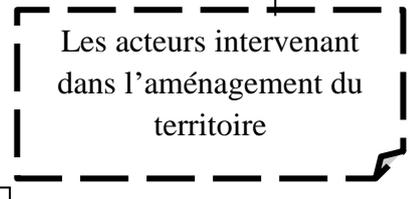
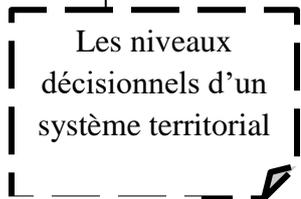
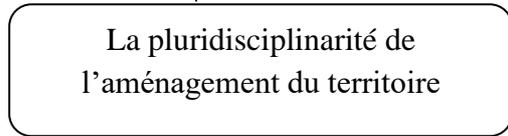
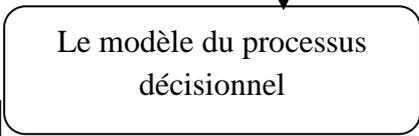
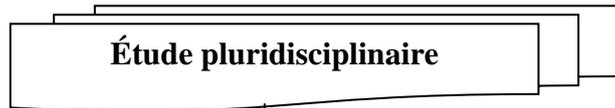
Dans la troisième section :

1. Nous proposons de donner des exemples de projets de plateformes d'aménagement du territoire (l'exemple des systèmes d'informations du territoire des cantons suisses et l'exemple de l'infrastructure coopérative de connaissance du territoire canadien).
2. Nous proposons de donner une classification par approche des modèles des systèmes d'aide à la décision territoriale.

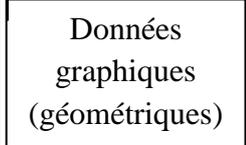
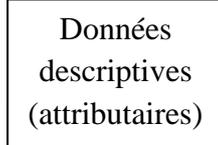
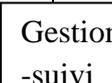
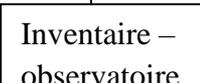
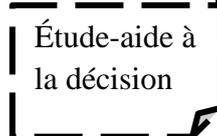
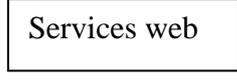
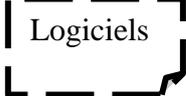
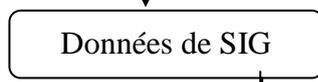
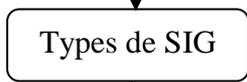
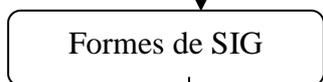
Nous proposons, dans la quatrième section, un modèle permettant de montrer les différentes relations entre le territoire, les acteurs intervenants à la prise de décision et les différentes contraintes décisionnelles en intégrant les contraintes logistiques.

Enfin, ce chapitre se termine par un résumé des contributions et des limites du travail.

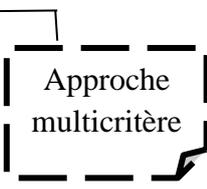
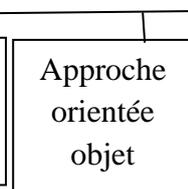
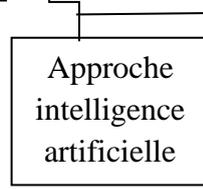
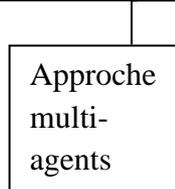
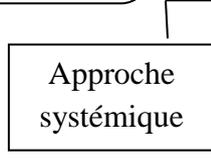
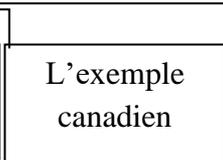
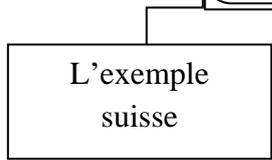
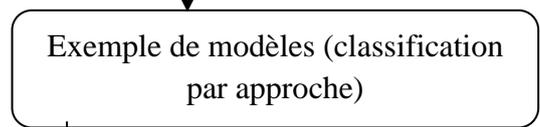
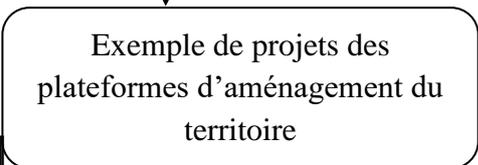
Section 1



Section 2



Section 3



Section 4

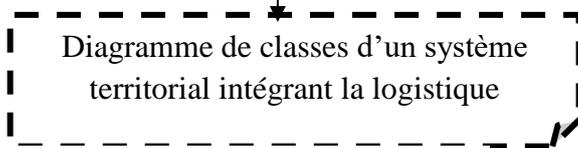


Figure 3-1 La démarche du chapitre

## Section 1. Étude pluridisciplinaire

Les systèmes traditionnels d'aide à la décision destinés à un « seul décideur ou mono acteur » ne représentent pas vraiment la réalité. De ce fait, un nouveau courant a été né « l'aide à la décision collective ».

### 1. le modèle du processus décisionnel

SIMON définit la décision comme « *le résultat d'un choix et d'un processus de formulation et de résolution progressive d'un problème par un ensemble d'acteurs au sein d'une organisation* » [Simon, 1977].

On doit noter, avant tout, que l'aide à la décision ne remplace jamais la prise de décision humaine, elle consiste juste à la rendre plus rassurante.

L'aide à la décision, selon « *c'est apporter l'information qui autorise une appréciation plus sûre du champ des possibles et une anticipation plus correcte des résultats susceptibles de découler des actions projetées, de manière à faire se dérouler le processus, autour de la table plutôt que sur le terrain* » [Roy, 1975].

Alors que « *la prise de décision en matière de développement durable induit une évolution vers de nouvelles formes de gouvernance dont l'un des ingrédients essentiels est une participation accrue de tous les acteurs au processus décisionnels* » [Van den Hove, 2001].

#### 1.1. Revue de la littérature

Simon [Simon, 1960] a élaboré le modèle le plus référencé dans le domaine de l'aide à la décision. Il se base sur trois phases :

- L'intelligence (connaissance) du problème décisionnel : c'est la limitation du problème à travers la représentation claire de l'objet d'étude et la définition des enjeux.
- L'analyse : elle se base sur la définition des critères, la définition des actions possibles et l'évaluation des solutions.
- Le choix : c'est la sélection de la solution optimale répondant aux critères déjà sélectionnés.

Citons, à titre d'exemple, le travail doctoral relatif à [Previl, 2000] dont l'objet a été l'élaboration d'une méthodologie d'aide à la décision. Cette méthodologie se caractérise par l'ajout de deux étapes :

- Une étape entre l'analyse et le choix : Dans cette étape, on identifie toutes les options réalistes répondant aux objectifs tout en étudiant toutes les actions faisables. Cette étape permet de limiter le champs d'étude.
- L'autre étape se situe à la fin du processus : elle est liée à la réalisation et à la consolidation du choix. C'est la phase post évaluation, elle correspond à l'établissement du calendrier de

réalisation et à la coordination des moyens d'intervention afin de s'assurer d'atteindre les objectifs.

### 1.2. Les outils d'aménagement territorial :

La revue de littérature nous permet de constater qu'on peut distinguer trois types d'outils utilisés dans le cadre de la planification territoriale. Ces outils peuvent être classés selon le niveau décisionnel où chacun d'eux correspond à une décision et à un territoire d'analyse spécifique [Chevalier, 1990] et [Laverdiere, 2001].

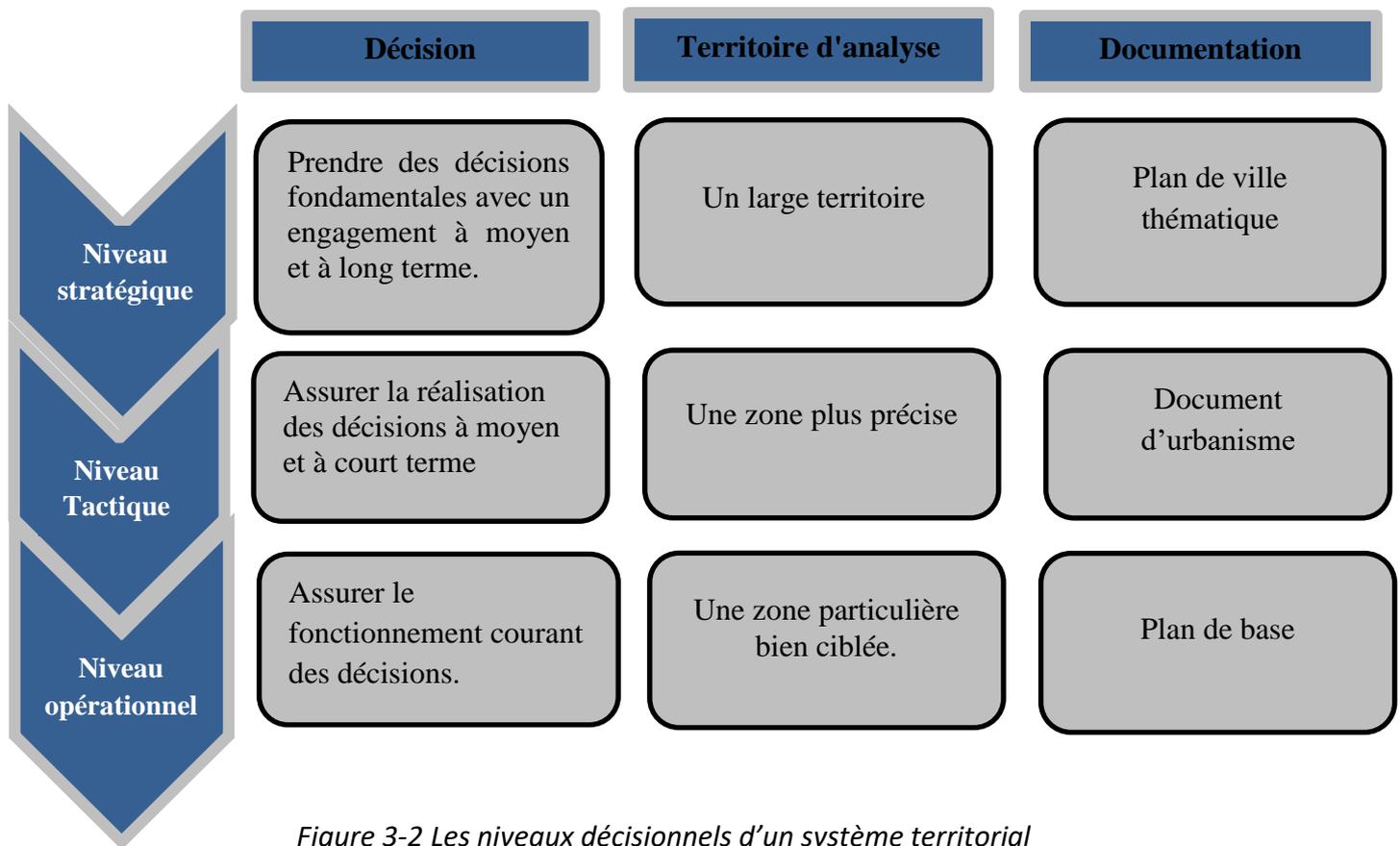


Figure 3-2 Les niveaux décisionnels d'un système territorial

Les outils d'aménagement du territoire peuvent être classés selon le niveau spatial. Les noms de ces outils diffèrent d'un pays à un autre. À titre d'exemple, Les outils d'aménagement du territoire utilisés en France sont :

- SDAU : En 1983 l'expression « le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme » a été remplacé par l'expression « Schéma directeur ». Il a été défini par [Akakba et al., 2014] comme « un instrument de planification spatiale et de gestion urbaine fixant les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire de la ou les communes concernées ».
- SAR : est un instrument d'aménagement et de développement durable du territoire à l'échelle régionale.

- PLU : est un document réglementaire au niveau local, plus précisément à l'échelle communale voir intercommunale. Il réglemente l'occupation de l'espace sur un territoire donné [CCI, 2006].

Mais les déficits marqués dans ces outils sont :

- Une révision insuffisante suite à l'absence de la possibilité d'un suivi permanent et de l'évaluation rigoureuse de l'espace.
- Une complexité d'échange des données entre les différents secteurs d'où une difficulté de coordination entre eux.

## 2. La pluridisciplinarité de l'aménagement du territoire

L'étude pluridisciplinaire territoriale, vise à disposer sur le territoire des informations simples et rapides à l'utilisation, destinées à plusieurs acteurs afin de faciliter l'aide à la prise de décision territoriale.

La complexité du système territorial provient de son état évolutif et de sa structure difficile à analyser.

D'une façon plus simplifiée, le système territorial peut être représenté comme l'imbrication de trois sous-systèmes [Moine, 2006] :

- Les acteurs qui utilisent, aménagent et gèrent l'espace géographique.
- L'espace géographique formé par des objets.
- Les représentations établies tout en se référant à l'espace (carte, graphe).

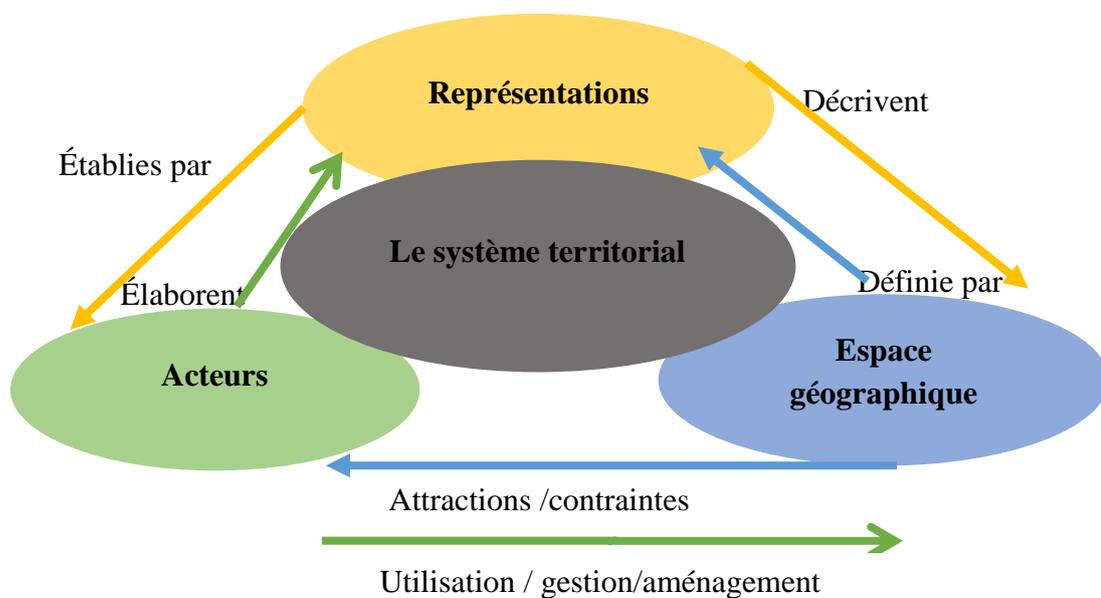


Figure 3-3 Les sous-systèmes d'un système territorial

## Aménagement du territoire : gestion pluridisciplinaire

La définition du territoire diffère selon les disciplines. En mathématique, il est constitué d'un nombre arbitraire d'axes indépendants. En sciences sociales, il est considéré comme une ressource ou un cadre d'interactions [Bucher, 2002]. En science environnemental, il est considéré comme une ressource rare à conserver. En science géographique, le territoire est décrit selon trois dimensions :

- Structurelle en prenant en compte les entités constituantes du territoire.
- Spatiale en prenant en considération les entités et leurs relations dans l'espace.
- Temporelle en se basant sur la prise en compte de l'historique et le futur des entités.

Le terme « territoire » prend, dans cette thèse, le sens donné par [Caron, 2005], il représente un espace borné, aux limites plus au moins précises et appropriées.

Cinq disciplines se situent à la croisée des exigences qu'impose la base de données géographiques.

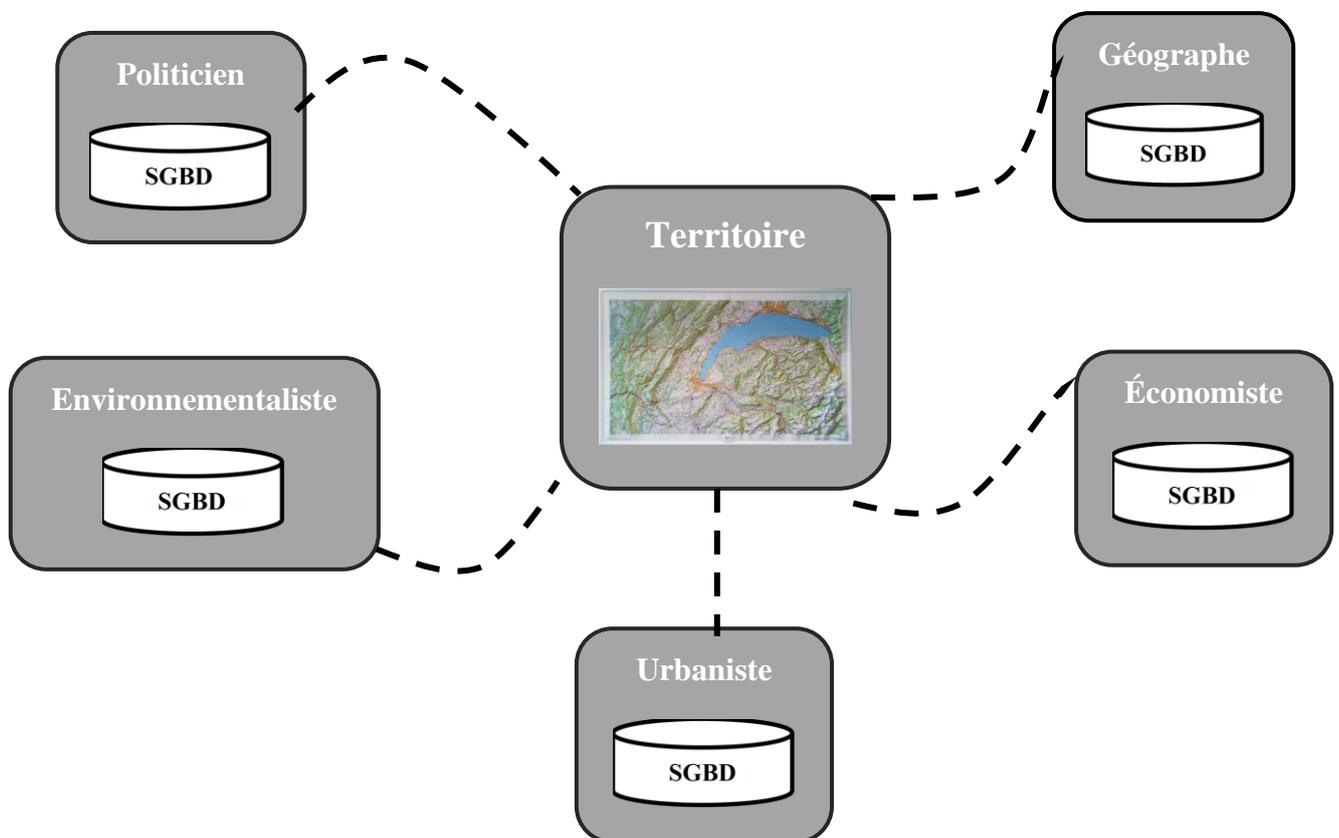


Figure 3-4 Les acteurs intervenant dans l'aménagement du territoire

Dans la mise en œuvre de la politique de développement durable, des nouvelles règles et contraintes rendent la prise de décision difficile. De ce fait, les acteurs qui interviennent dans l'aménagement du territoire se heurtent à un manque d'informations. Dans ce cadre, la communauté de chercheurs en géomatiques a exploré de nouvelles applications des systèmes d'information géographique suite à l'augmentation de l'autonomie des dispositifs informatiques, leur taille mémoire ainsi que leur puissance de calcul [Zipf, 2002] et [Anegg et al., 2002].

Afin d'assurer la mise à disposition des informations à tous les acteurs, les décideurs (pouvoir public) et les aménageurs doivent déployer un puissant outil informatique. Cet outil se présente sous la forme d'une banque de données et d'éléments d'analyse.

Dans ce cadre, on cite les SIG qui se caractérisent par la combinaison de l'outil informatique et de la cartographie numérique. Ils s'intègrent dans le cadre des systèmes d'information d'aide à la décision [Nguendo Yongsi et al., 2007].

## Section 2. Les SIG et leurs classifications

Les SIG sont des outils de base de la recherche et de l'aménagement territoriale. Ils visent à aider la prise des décisions d'une manière objective et de mettre à disposition des informations compréhensibles aux non spécialistes (les élus, etc.).

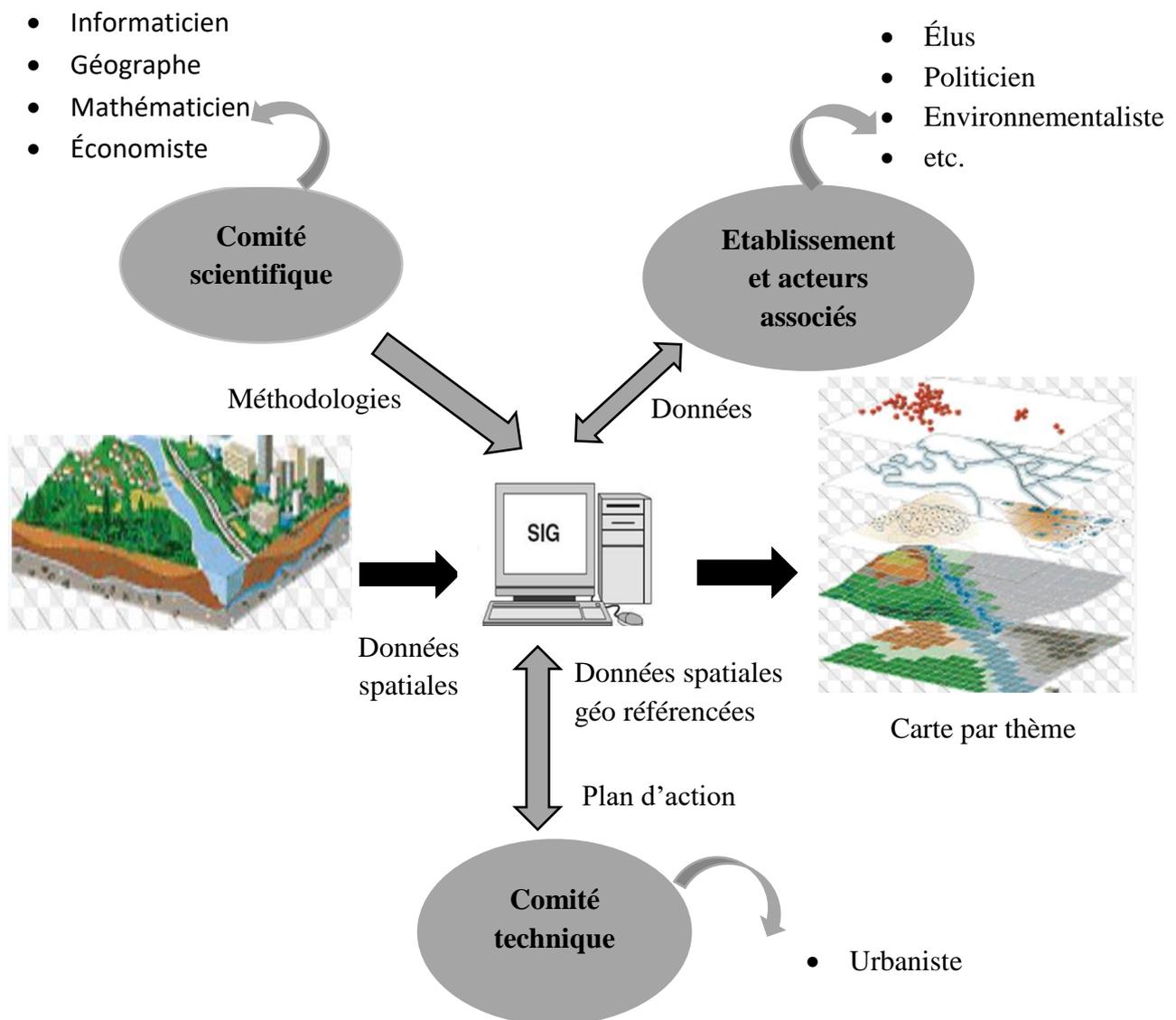


Figure 3-5 Les acteurs exploitant les SIG

Ils sont utilisés dans plusieurs projets de différents types (Trans-organisationnel, organisationnel, départemental et personnel). Ils peuvent être utilisés dans différents types territoriaux (local, communal, supra-communal, régional, national et international). Leurs domaines d'application sont indéfinis (aménagement, agriculture, etc.).

Les SIG sont utilisés dans des fins d'aide à la décision et à la compréhension spatiale du territoire.

« L'objectif général du SIG est de prendre des décisions de manière objective et de les faire comprendre à des non spécialistes » [Joliveau, 2004].

Ils sont en effet, principalement utilisés dans le cadre de la cartographie suite à sa caractéristique d'affichage des données à référence spatiale, mais aussi comme un outil analytique d'analyse et gestion spatiale, de planification, de modélisation, d'aide à la prise de décision et du suivi des politiques.

Ils sont devenus un domaine des technologies de la communication et de l'information de plus en plus utilisé dans un cadre décisionnel particulièrement en planification et en gestion [Bassolé et al., 2001].

### 1. les systèmes d'informations géographiques

Le concept du SIG est apparu dans les années 60. Les systèmes d'informations géographiques sont définis selon [DoE, 1987] comme des « systèmes pour collecter, stocker, vérifier, manipuler, analyser et restituer des données spatialement référencées à la surface de la terre ». Ils peuvent être utilisés lors de la production d'informations intégrées à échelles multiples.

Selon [ONEMA et al., 2016], les SIG sont des systèmes informatiques permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, d'analyser, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.



Figure 3-6 Les composantes d'un SIG

Les fonctions des SIG sont les suivantes :

- Gérer des informations : regrouper des informations de même nature sur un même niveau (couche).
- Gérer des bases de données : stocker une grande quantité d'informations multi sources.
- Apporter une dimension visuelle aux données : restituer les données sous forme de carte.
- Mettre à jour les informations (c'est un outil dynamique).
- Analyser les données.
- Apporter des fonctionnalités avancées : faciliter les échanges de données entre différentes bases et les afficher dans la même interface [ONEMA et al., 2016].

Ils sont considérés comme des systèmes d'information (SI) permettant de décrire un territoire afin d'améliorer sa connaissance et d'analyser les phénomènes naturels ou humains qui s'y produisent. Ils sont devenus des outils indispensables de la gestion territoriale [Brunet-Jolivald et al., 1999].

Les thèmes, traités par le SIG, concernent :

- Les variables physiques (les reliefs, etc.).
- Les variables écologiques (occupation des sols, etc.).
- Les variables anthropiques (les limites administratives, démographie, etc.) [Robin et al., 2006].

Plusieurs plateformes permettent la diffusion de données géographiques. On peut citer dans ce cadre :

### **1.1. Les services web :**

Les solutions de cartographie en ligne ont fait leur apparition depuis une dizaine d'années. La plupart des services standards existants sont le fruit des organisations internationales OGC<sup>6</sup> et OSGeo [Beaufils, 2012].

Les services Web permettent l'accès à des sources de données publiques réparties sur internet [Souissi et al., 2013]. Ils permettent de créer des cartes et images référencées (réseau routiers et ferrés, etc.).

On prend à titre d'exemple, la plateforme française WebSIG. Lors de l'Assemblée Générale du 10 juillet 2008, la décision prise consistait à mettre en place un système de consultation de l'Information Géographique par Internet intitulé le WebSIG. Il se présente sous la forme d'un portail d'accès à des cartographies dynamiques réservées à l'usage des communes et des communautés [AGAPE, 2009].

### **1.2. Les logiciels SIG**

Une liste non exhaustive des logiciels SIG commerciaux peut être citée ci-dessous :

- Arc GIS est l'ensemble de logiciels ArcView, ArcEditor, ArcInfo, etc.

---

<sup>6</sup> Open aérospatial consortium

## Aménagement du territoire : gestion pluridisciplinaire

- Bentley Map est un SIG complet conçu pour la représentation des infrastructures.
- GeoConcept est un SIG européen, permettant la création, la gestion et l'analyse de données géographiques.

En contrepartie, des logiciels « open source » et gratuits ont été créés. Parmi ces logiciels on peut citer :

- GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) : c'est le plus gros projet géomatique open source, Il regroupe des fonctionnalités raster et vecteur.
- QGIS (Quantum GIS) : est un logiciel de cartographie. Il est disponible sous Linux, Mac OSX, ou Windows. Il présente une ergonomie aboutie qui le rend très simple à utiliser.
- GvSIG (Generalitat Valenciana, Sistema d'Informació Geogràfica) : il exploite des données vecteur et raster et se connecte aux bases de données spatiales de type oracle [Sbai et al., 2011].

### **2. classification des SIG**

Les SIG peuvent être classés selon leurs types d'usage : inventaire/observatoire, analyse /étude et gestion /suivi.

#### **2.1. Type « étude-aide à la décision » :**

Ils peuvent être considérés comme un système d'aide à l'analyse pour la décision. Plusieurs applications d'aide à la décision basée sur des simulations à travers le couplage du SIG à un autre logiciel ont été développées. Ils ont une finalité d'analyser et de trouver des solutions aux différents problèmes et non pas à un objectif ciblé.

La structure de la base de données de ces systèmes est évolutive selon le type de problème à résoudre.

Les SIG de cette catégorie peuvent être classés selon leurs niveaux de décision :

- Le long terme lié au problème de décision de type stratégique,
- Le moyen terme concernant le problème de décision de type tactique,
- Le court terme lié au problème de décision opérationnel.

Chacun de ces types de décision nécessite un type d'information spécifique.

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques de chaque niveau de décision [Kreitner , 1992] et [Peters , 1994].

	<b>Stratégique</b>	<b>Tactique</b>	<b>Opérationnel</b>
<b>Horizon de planification</b>	Long terme	Moyen terme	Court terme
<b>Précision des résultats</b>	Aperçu	approximation	Très précis
<b>Spatialisation de l'information</b>	Grande échelle	Echelle moyenne	Petite échelle
<b>Complexité de la décision</b>	Forte	Moyenne	Simple

*Tableau 3-1 Les niveaux de décision dans les SIG*

Généralement, on constate plus d'échange et de partage d'informations entre les SIG de même niveau territorial.

## **2.2. Autres types**

Autre le type « étude-aide à la décision », deux autres types de SIG existent, qui sont le type « Inventaire-observatoire » et le type « Gestion-suivi ».

La structure de la base de données de ces deux types du système est bien définie et non changeante afin de répondre à un objectif bien ciblé. Ils peuvent être envisagés comme un outil de manipulation d'information géographique en combinant la technique de gestion d'information et l'aide à la représentation visuelle.

Dans notre travail, on s'intéresse aux SIG destinés à l'étude et l'aide à la décision.

## **3. Les données du SIG**

Les données des SIG peuvent être classées selon leurs natures :

- Des données descriptives.
- Et des données graphiques.

### **3.1. Les données descriptives (attributaires)**

Les données attributaires fournissent des informations qui caractérisent les données géographiques. Ces attributs peuvent être de type numérique (nombre d'habitants, etc.), date (date d'implantation, etc.), texte (nom de la commune).

### **3.2. Les données graphiques (géométriques)**

Les données géométriques décrivent la forme et la position des données géographiques. Elles sont représentées par des points (ville, etc.), des lignes (routes, etc.) ou des surfaces (zone agricole, etc.).

#### **4. L'enjeu du choix du SIG :**

Ces SIG jouent un rôle prépondérant dans l'aménagement du territoire à travers des fonctions d'acquisition et de traitement de l'information géographique.

Ils représentent le socle de la gestion territoriale grâce à sa capacité de :

- Stockage et mise à jour facile des données multi sources (données du réseau de transport, etc.).
- Suivie de l'historique des interventions sur ce patrimoine rare (les projets et les travaux liés à l'aménagement du territoire).
- Mise en relation des données entre tous les acteurs.

La synchronisation intersectorielle des actions sur un même espace se base sur l'échange des données entre les différents acteurs à travers :

- La communication : l'échange des informations entre des systèmes indépendants.
- La coordination : l'organisation.
- La coopération : cette situation se présente à travers l'accès à distance aux bases de données d'un autre système.
- La collaboration : le partage des méthodes, des données et des outils d'analyse entre les différents organismes peut conduire à une collaboration entre les différents acteurs afin d'atteindre des objectifs communs.

Certes, les SIG ont des lacunes, ils « *ne sont qu'un élément du dispositif* » [Robin et al. , 2006]. Ils sont non opérants dans quelques situations tel que le traitement des problématiques scientifiques.

### **Section 3. Exemple de projets et d'études sur l'aménagement collectif du territoire**

#### **3.1. Exemple de projets**

La littérature offre peu d'exemples sur les projets d'aménagement collectif du territoire.

On dénombre deux grandes initiatives internationales pour la prise collaborative des décisions :

- La première initiative est l'exemple des systèmes d'informations du territoire des cantons suisses.
- La deuxième initiative est l'infrastructure coopérative de connaissance du territoire canadien.

Les deux projets précédemment cités présentent de nombreuses similarités dans leurs objectifs.

En France, l'esprit coopératif entre les différents acteurs intervenants (collectivités locales, services publics, etc.) dans le même territoire sont encore rares [Joliveau, 2004], par contre en Suisse et en Québec on trouve des initiatives plus intéressantes dans le cadre d'élaboration de systèmes d'informations multipartenaires et multi objectifs sur une base territoriale.

### **3.1.1. L'exemple suisse (les systèmes d'informations du territoire des cantons suisses)**

Ce projet se base sur la coordination et le partage des données territoriales entre plusieurs acteurs (la confédération, l'administration cantonale, les communes, les entreprises de distribution et les sociétés d'étude et de recherche). Ce SIT<sup>7</sup> est une plateforme de collecte et de mise à jour des informations accessibles par tous les partenaires et disposants d'outils de gestion et d'exploitation des informations géographiques [Papazian, 2006].

### **3.1.2. L'exemple canadien (une infrastructure coopérative de connaissance du territoire)**

Ce projet canadien se base sur l'élaboration d'une base de données multi source et multi acteur. L'objectif visé a été de réaliser une base de données spatiales commune à la disposition de tous les acteurs intervenants et visant à l'élaboration de plusieurs atlas électroniques à l'usage du grand public. Cette plateforme a été la base d'un système d'informations et de gestion multi-objectifs et multipartenaires pour la planification et l'aménagement territoriale [Joliveau et al. , 2000].

## **3.2. Exemple d'études : une pluralité d'approches**

L'objet de cette partie est de présenter et de comparer les différentes approches de modélisation des systèmes d'aide à la décision se reposant sur une base de données géographiques. De nombreuses recherches dans le domaine de conception des modèles y sont consacrées.

En effet, cinq grandes approches se distinguent, la première est fondée sur une formalisation systémique, la deuxième sur les agents, la troisième sur l'intelligence artificielle, la quatrième sur l'automate cellulaire et la cinquième sur l'approche multicritère.

### **3.2.1. Approche systémique**

L'approche systémique permet aux différents acteurs d'accéder rapidement aux informations en se basant sur des données récentes et de mettre à jour les informations spatiales dans le but d'assurer le partage de prise de décision.

Selon [Roche et al., 2007], l'aménagement du territoire doit se baser sur les interactions entre les acteurs, les enjeux de chaque acteur ainsi que les contraintes.

D'après la consultation de quelques travaux réalisés dans le cadre d'élaboration d'un plan d'aménagement du territoire, on cite une étude récente de [Akakba et al., 2014]. L'objectif de ce travail est de créer un plan directeur d'aménagement et d'urbanisme intelligent interactif se reposant sur une base de données numériques complète.

Cette étude se base sur une approche systémique dans le schéma ci-contre :

---

<sup>7</sup> Système d'information du territoire

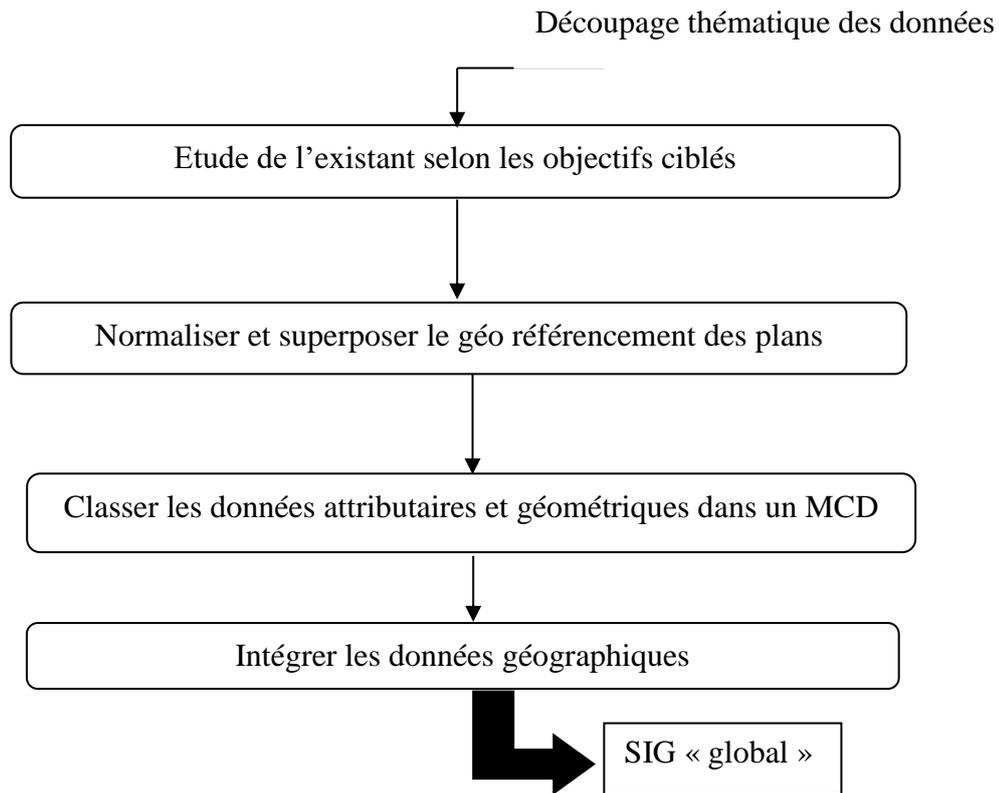


Figure 3-7 Processus proposé par Akakba

Le travail doctoral de (Droux) se base sur l'élaboration d'un modèle basé sur la démarche systémique nommé RST ( la représentation systémique du territoire )<sup>8</sup>qui représente un cadre commun de référence et de normalisation. « *La RST vise à faire de l'information géographique un cadre de référence conçu comme support de communication entre les différents acteurs-partenaires* ».

[Moine et al. ,2011] a proposé une modélisation du territoire à travers une méta représentation des objets permettant de comprendre l'espace géographique en intégrant dans une conception pluridisciplinaire les différents acteurs du territoire et les partenaires du SIG.

### 3.2.2. Approche multi-agents :

Cette approche est une technique s'appuyant sur des « agents » informatiques et caractérisée par une capacité de raisonnement et d'échange [Hill, 1997].

Une conception récente d'un système interactif d'aide à la décision multi participant a été élaborée par [Hamdadou et al., 2016]. Cette conception se base sur une démarche décisionnelle permettant de représenter les différents acteurs, leurs comportements et leurs interactions. Ce modèle décisionnel est basé sur le couplage SMA – SIG en utilisant un protocole de négociation Il vise à apporter de l'aide aux décideurs du territoire sur la problématique de localisation optimale des sites sanitaires.

<sup>8</sup> Représentation systémique du territoire

Les deux outils utilisés dans ce travail, SIG et SMA, visent à représenter le territoire et à prendre en considération des acteurs concernés par la prise de décision pour l'aménagement du territoire.

[Ferrand, 1997] a proposé, par exemple, dans sa thèse, une démarche de couplage. Elle a été proposée entre un système d'aide à la localisation d'infrastructures et les systèmes d'aide à la négociation des projets pour l'aménagement du territoire.

### **3.2.3. Approche intelligence artificielle**

Plusieurs travaux se présentent dans ce cadre, citons à titre d'exemple les travaux de [Sui, 1994], [Thurston, 2002] et de [Younsi et al., 2009].

Dans les travaux de [Younsi et al., 2009], une méthodologie décisionnelle a été élaborée. Elle se base sur l'utilisation combinée des SIG, les réseaux de neurones artificiels de type « Perceptron » multicouche et l'algorithme d'apprentissage « la rétro propagation du Gradient ». Le choix de ce couplage a été justifié par la spécificité de ce dernier comme un outil mathématique permettant l'optimisation de la résolution d'un problème.

### **3.2.4. Approche d'automate cellulaire**

En s'intéressant aux anciens travaux, on peut citer à titre d'exemple le travail doctoral du Dubos-Paillard. Il vise dans sa thèse à élaborer un modèle de l'évolution de l'espace urbain de Rouen pendant les cinquante dernières années [Dubos-Paillard et al., 2005].

[Badariotti, 2006] a proposé une formalisation des automates cellulaires géographiques. Le modèle proposé permet de représenter sous la forme d'un graphe mathématique les entités spatiales des bâtiments et les réseaux de transport urbain ; il permet aussi de calculer la distance-temps entre les bâtiments par le réseau.

Plus récemment, nous pouvons citer le travail doctoral du Sammari qui vise à améliorer les structures de données dans les SIG en développant une structure hiérarchique des données. Le fonctionnement de ce prototype a été validé par une étude expérimentale sur le bassin expérimental de la forêt Montmorency au Québec [Sammari, 2014].

### **3.2.5 Approche multicritère**

L'analyse multicritère est souvent utilisée lors du traitement des problèmes décisionnels. Elle permet de prendre en compte les différents critères définis par les intervenants lors de la prise de la décision. Elle se base sur la hiérarchisation et la pondération des critères selon leur importance relative par rapport à la problématique.

Différents travaux existent dans la littérature concernant l'aménagement du territoire en se basant sur l'utilisation de l'analyse multicritère. On peut citer de façon non exhaustive les travaux de [Brans et al., 1984], [Graillot, 1998], [Pellier, 1999].

Plus récemment, nous trouvons le travail doctoral de Prévil. Ce dernier a élaboré une approche méthodologique intégrant des outils de systèmes d'informations géographiques (SIG) et une méthode d'analyse multicritère à la décision (AMCD). Cette approche vise à aider à départager les préférences des acteurs territoriaux afin de faciliter la négociation et de simplifier le processus décisionnel [Previl, 2000].

Enfin, nous pouvons citer dans ce cadre, le travail doctoral de Ayadi qui vise à élaborer une application de l'approche multicritère d'aide à la décision [Ayadi, 2010].

### 3.2.6. Approche orientée objet : Le langage unifié UML

L'approche orientée objet est une approche de modélisation orientée objet. Elle permet la modélisation conceptuelle des applications relevant de plusieurs domaines comme les SIG [Brodeur, 2000]. Les diagrammes du langage UML peuvent être présentés par la figure ci-dessous :

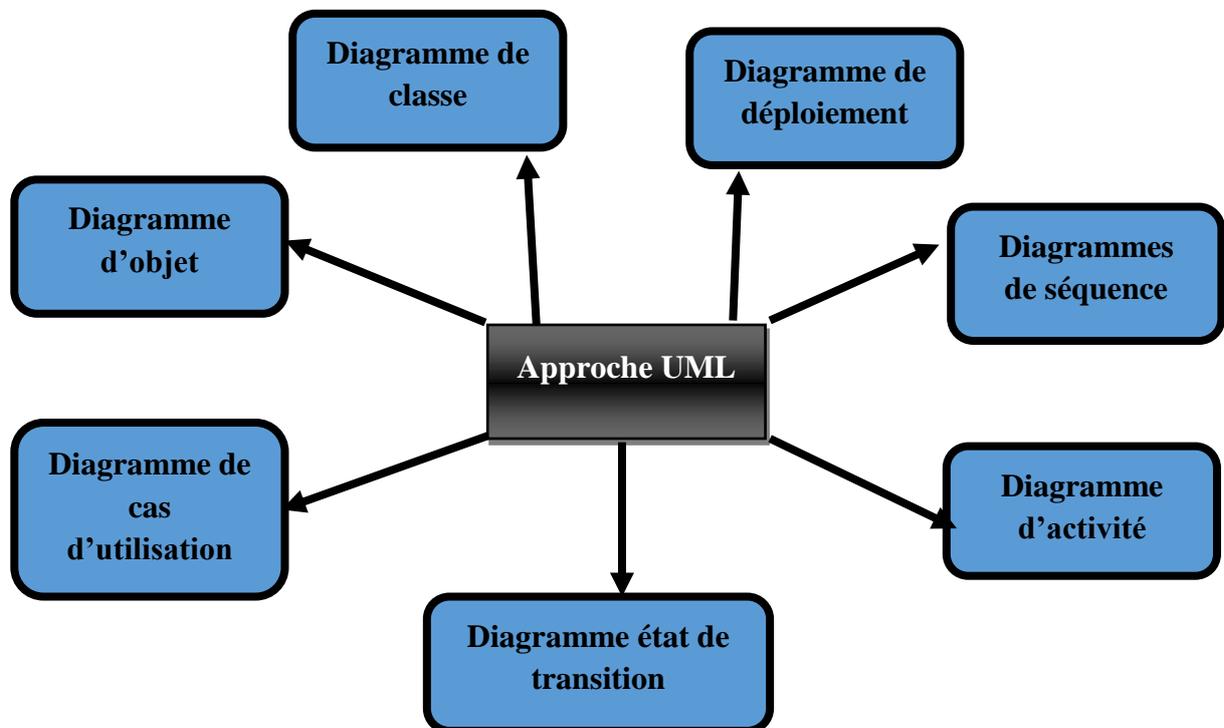


Figure 3-8 Les diagrammes UML

L'objectif du travail de [Ganzetti-Gemin et al., 2011] est d'élaborer un SIG multi sources pour une bonne gestion du tissu urbain, une bonne protection environnementale du patrimoine et une bonne planification de son développement futur.

Une approche conceptuelle générique du SIG a été élaborée par [Davoine et al., 2006] pour la conception et la génération de systèmes d'informations spatio-temporelles.

L'objectif du travail de [Metral C., 2010] et [Batita et al., 2014] consiste à présenter une méthodologie conceptuelle d'un modèle SIG en utilisant les diagrammes UML.

Dans la littérature, on constate que les objets les plus modélisés sont les bâtiments, la végétation, les reliefs (montagnes, rivières, etc.) et les réseaux de transport.

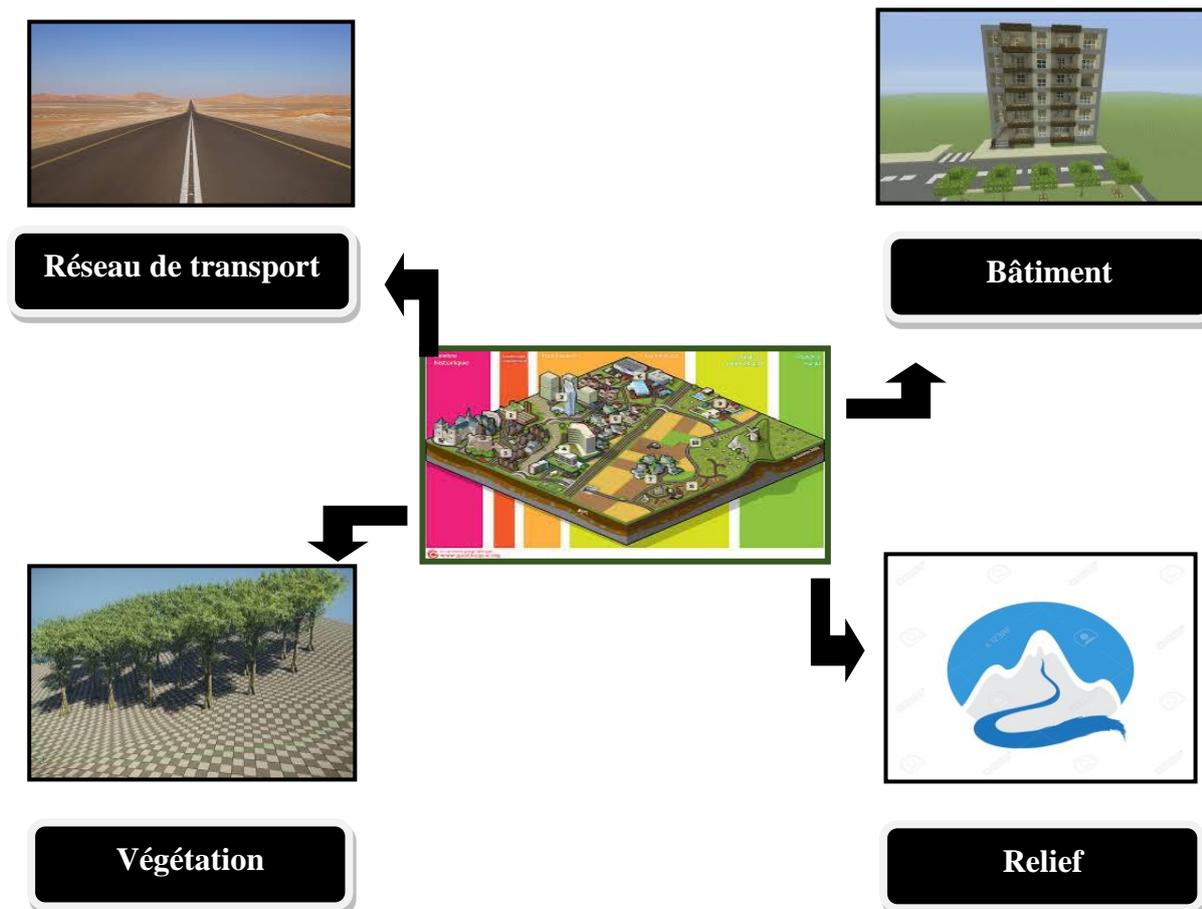


Figure 3-9 Les principaux types d'objets structurant le territoire

Une étude récente a été élaborée par [Groger et al., 2008] et inspirée du travail de [Billen et al., 2008] sur le codage des données en se basant sur une extension internationale standard pour l'échange des données spatiales. Cette équipe a développé un format de données ouvert CityGML<sup>9</sup>, pour le stockage et l'échange des modèles urbains. Cette étude vise à proposer un modèle générique d'une ville qui peut être utilisé par la suite dans d'autres études et dans des disciplines différentes.

#### **Section 4 : modélisation conceptuelle du système territoriale**

Contrairement aux modèles d'aménagement du territoire proposés dans la littérature qui intègrent uniquement des paramètres géographiques et des critères fonctionnels, notre modèle multi acteurs intègre également les critères d'optimisation logistique. Ce modèle permet de montrer les différentes relations entre le territoire, les acteurs intervenant à la prise de décision et les différents critères décisionnels [Sassi et al, 2019].

<sup>9</sup> Geography mark up language

Cette modélisation donne ainsi une meilleure visibilité du processus d'aide à la décision territoriale. Nous utilisons, à ce niveau, principalement le diagramme de classes du langage UML. Nous explicitons, dans ce qui suit, les différentes classes qui constituent notre modèle.

### 1. « Territoire »

Le terme « territoire » est générique. En effet, il correspond aux différents niveaux géographiques observés. Il s'avère alors nécessaire de lui affecter des classes selon la nature d'occupation :

- Espace libre qui correspond à une partie non couverte du territoire.
- Espace occupé qui correspond à une partie couverte du territoire.

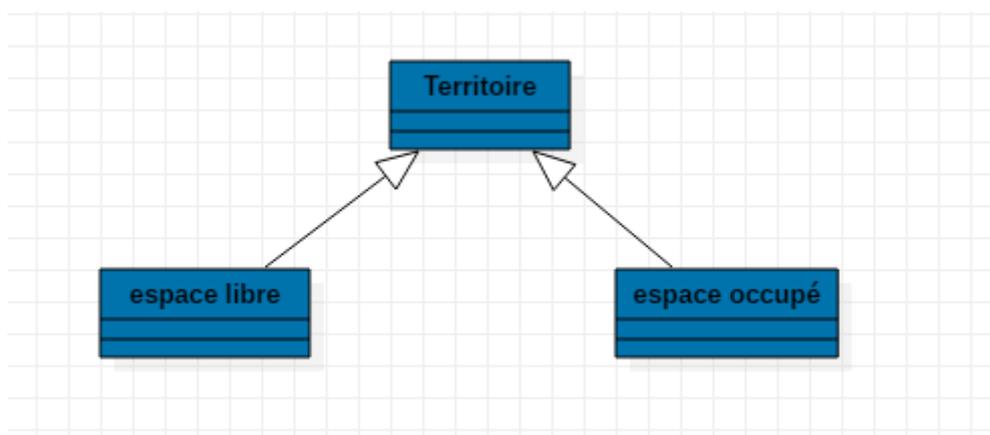


Figure 3-10 Spécification de la classe « territoire »

### 2. « Acteur »

La décision ne doit pas être prise sans l'interaction entre tous les acteurs suivants : géographe, politicien, environnementaliste, urbaniste et économiste.

- Géographe c'est une entité qui intervient en tant que consultant, auprès des décideurs des collectivités territoriales.
- Politicien c'est une entité qui vise à la recherche d'une meilleure répartition humaine et une équité économique, en fonction des ressources.
- Urbaniste est une entité intervenant en amont et en aval du projet. Il collecte et interprète les données et participe au processus de décision et aux discussions des politiques d'aménagement.
- Économiste est une entité responsable de promouvoir la mise en valeur des ressources régionales et d'améliorer le cadre de vie et les conditions d'existence des habitants.
- Environnementaliste est une entité qui vise principalement à protéger un lieu ou un espace.

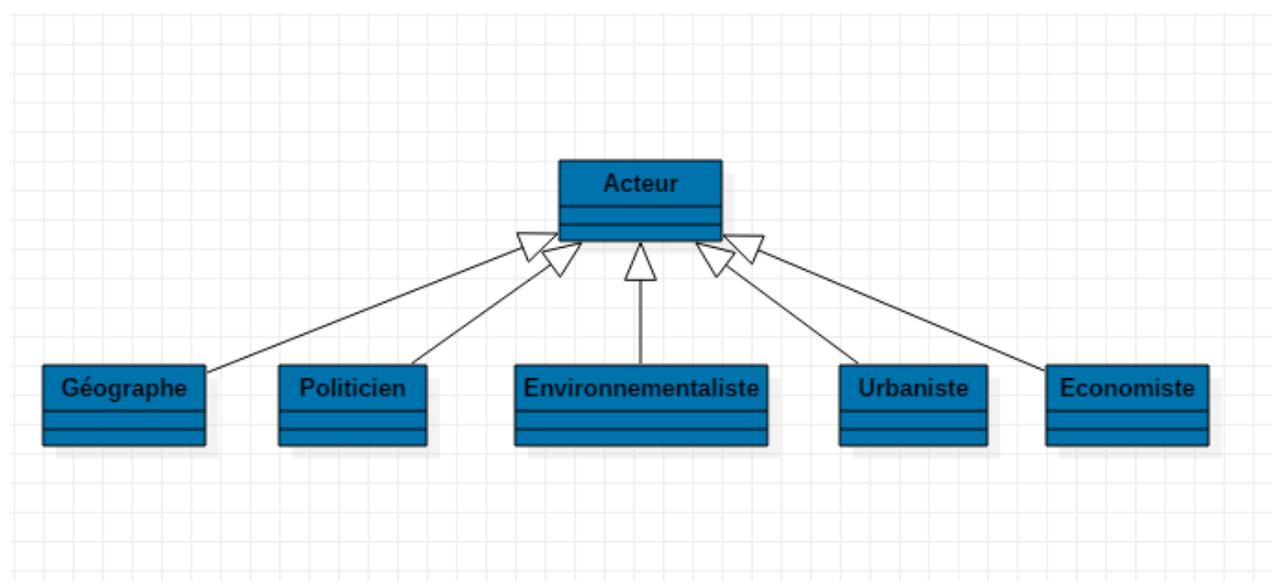


Figure 3-11 Spécification de la classe « acteur »

### 3. « Ressource »

Ces ressources sont nécessaires pour la réalisation d'un projet d'aménagement du territoire. On distingue quatre types de ressources :

- Ressources logicielles.
- Ressources financières.
- Ressources matérielles.
- Ressources humaines.

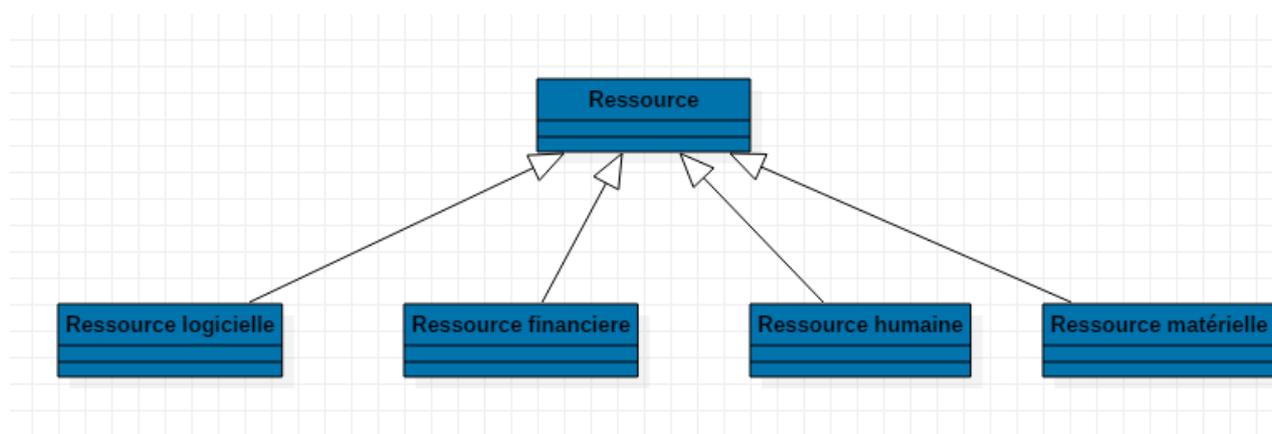


Figure 3-12 Spécification de la classe « ressource »

### 4. « Infrastructure urbaine »

Dans ce cadre, on distingue deux types d'infrastructure urbaine :

Le premier est l'« infrastructure de transport » composée par les réseaux de transport (routier et ferroviaire) et l' « auxiliaire d'infrastructure », on cite à titre d'exemple le trottoir, etc.

Et en deuxième lieu la « zone de circulation auxiliaire » représentant les zones non visées pour la circulation comme les espaces verts au bord des voies.

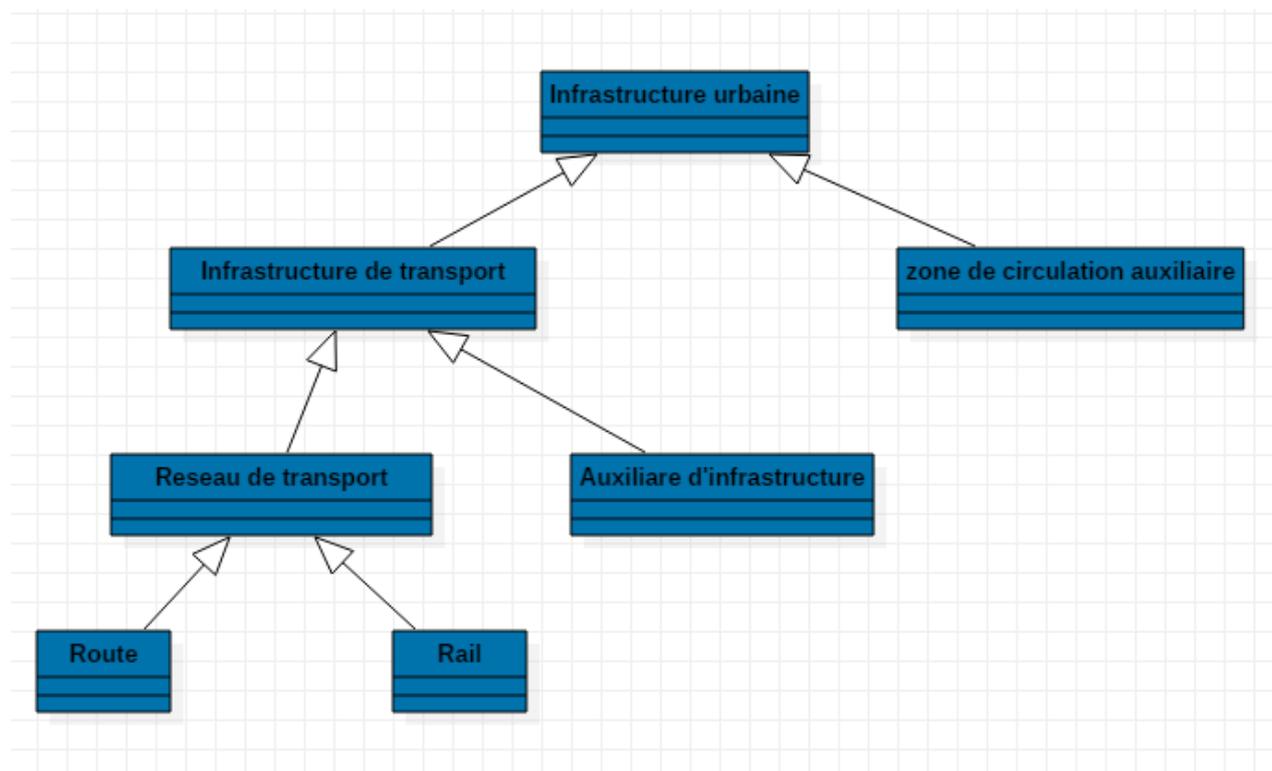


Figure 3-13 Spécification de la classe « infrastructure urbaine »

## 5. « Acteur logistique »

Nous considérons une chaîne logistique composée des maillons suivants : fournisseur, entreprise de production, entrepôt et client.

- Fournisseur : c'est une entité qui approvisionne l'entreprise par la matière première ou tout composant entrant dans la fabrication du produit.
- Entreprise de production : c'est une structure ayant des moyens et des ressources afin de produire des biens.
- Client : c'est l'entité à qui le produit est destiné.
- Bâtiment logistique : c'est un lieu de stockage de biens. Ils sont gérés par les entreprises ou par les prestataires logistiques.

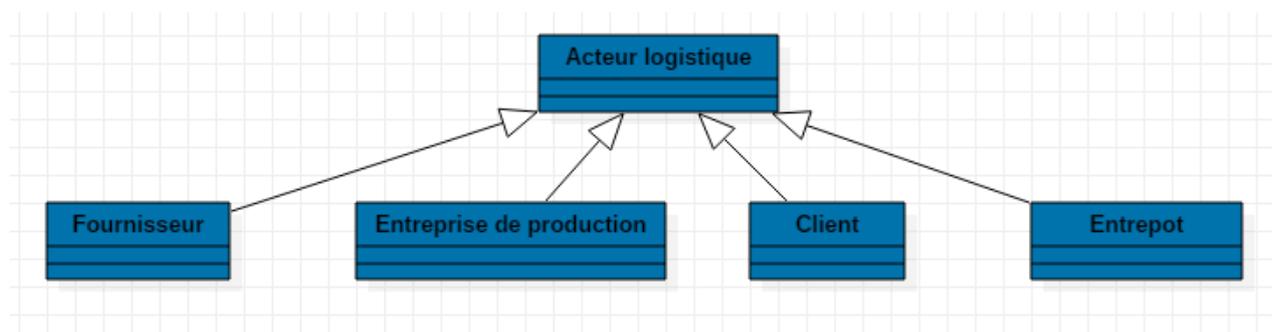


Figure 3-14 Spécification de la classe « acteur logistique »

## 6. « Projet »

Dans ce cadre, on distingue deux types de projets :

Le premier est la construction du « bâtiment logistique » permettant d’approvisionner plusieurs « acteurs logistiques » où l’on distingue les types suivants :

- Les entrepôts où le temps de stockage dépasse 24 heures.
- Les plateformes logistiques se caractérisant par un temps de stockage inférieur à 24 heures.

Et en deuxième lieu l’implantation de l’« infrastructure urbaine ».

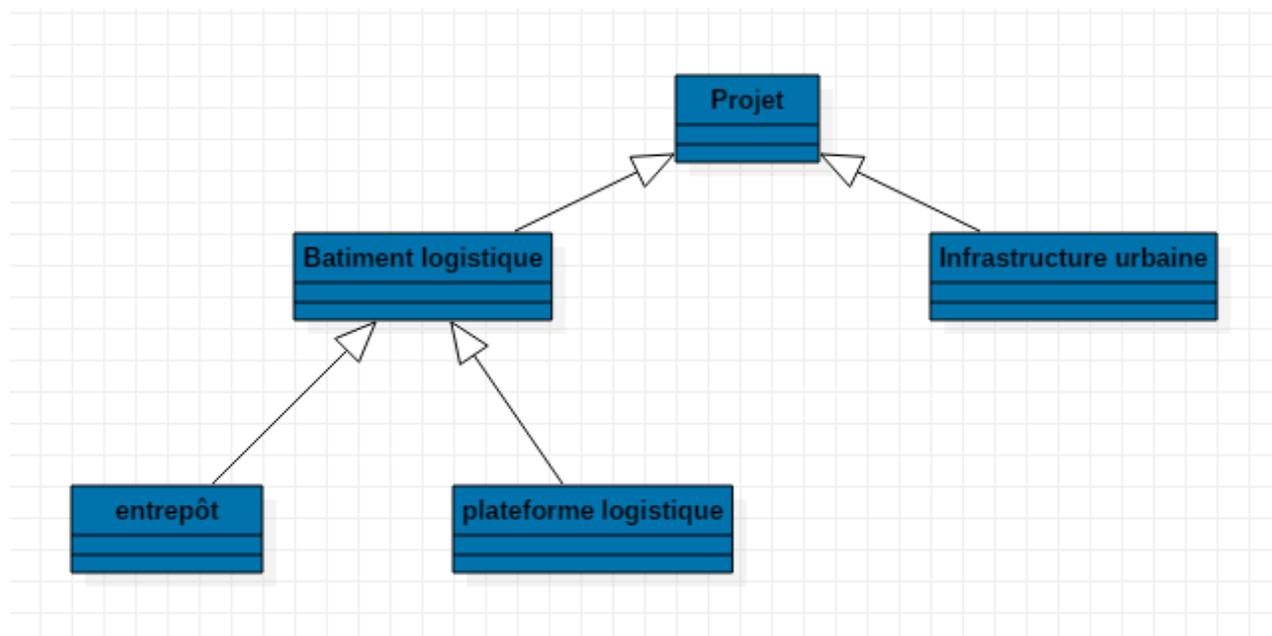


Figure 3-15 Spécification de la classe « projet »

## 7. « Contrainte »

Le système territorial doit répondre aux contraintes liées à l’aménagement du territoire. Une contrainte peut être de type géographique, fonctionnelle et d’optimisation logistique.

- Contrainte d’optimisation logistique : est relative au coût, qualité et délai.

- Contrainte géographique : est de type spatiale.
- Contrainte fonctionnelle : est relative aux contraintes imposées par le cahier des charges.

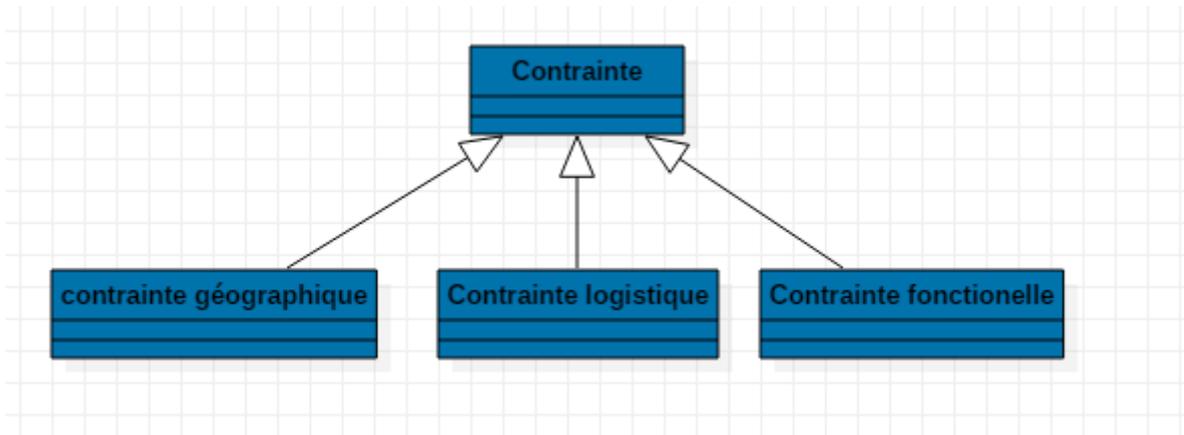


Figure 3-16 Spécification de la classe « contrainte »

## 8. « Carte géo référencée »

C'est un support de représentation des données relatives à un territoire élaboré par un SIG.

## 9. « Décision »

Nous considérons que chaque décision est prise dans le cadre d'un projet.

Toute décision prise par un acteur nécessite des ressources afin d'être réalisée.

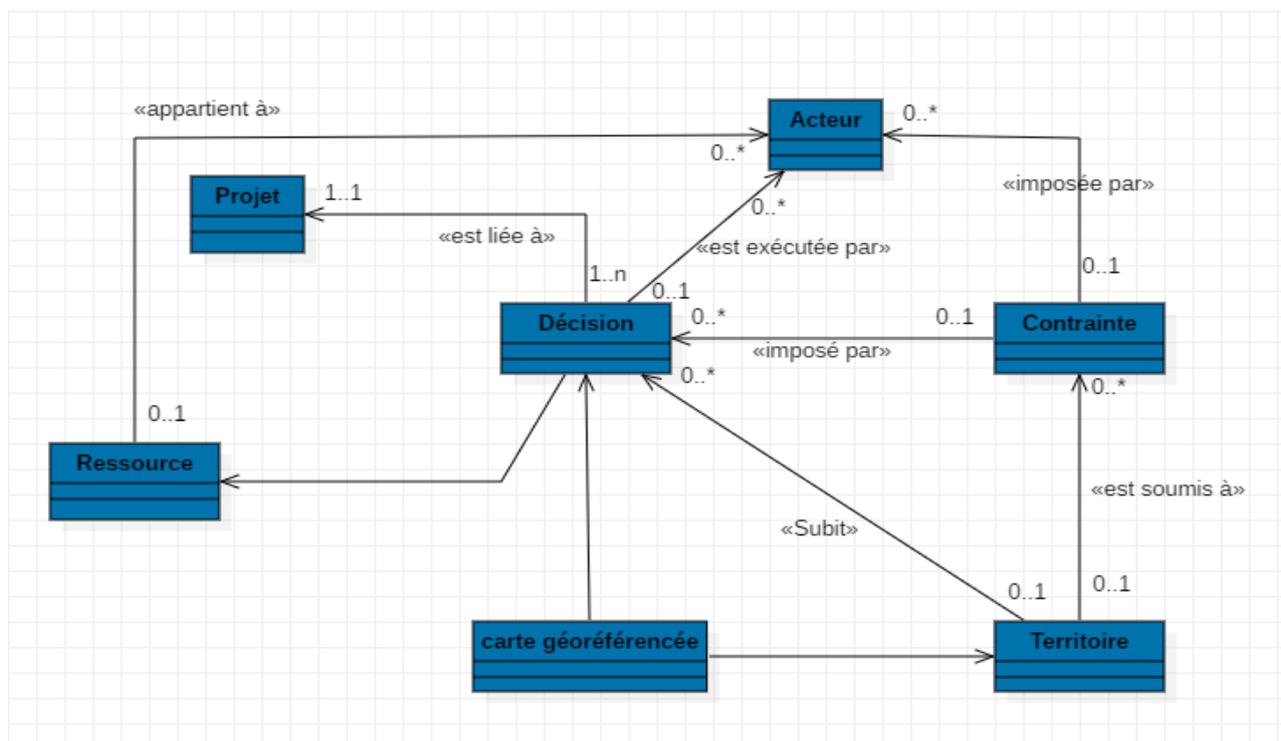


Figure 3-17 Spécification de la classe « décision »

## Aménagement du territoire : gestion pluridisciplinaire

Notre modèle est centré sur le « territoire ». Ce territoire subit des décisions en vue de son aménagement. Ces décisions prises par un « acteur » sont liées à un « projet » d'implantation des infrastructures urbaines et des bâtiments logistiques. Ces bâtiments logistiques servent à approvisionner les acteurs logistiques depuis le port et vice versa. Le territoire est soumis à des contraintes imposées soit par les acteurs soit par les décisions.

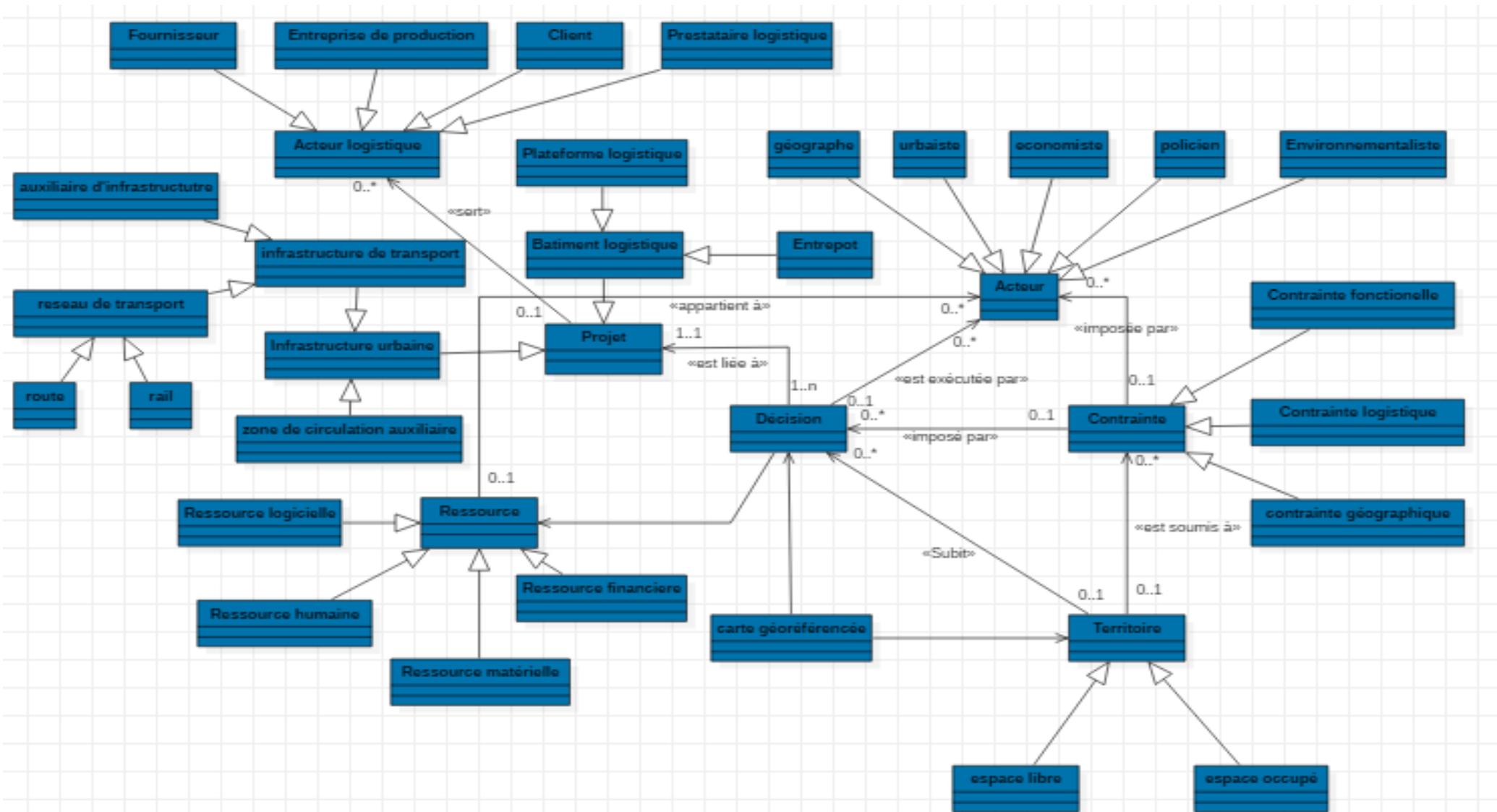


Figure 3-18 Modèle d'aménagement du territoire proposé intégrant les acteurs et les critères d'optimisation logistique

## Conclusion

Ce chapitre aborde la problématique de la pluridisciplinarité du processus décisionnel territorial. Il nous a permis de faire le point sur les approches et les outils utilisés dans la littérature dans le cadre d'aménagement du territoire. Certes, la liste des travaux cités n'est pas exhaustive, mais nous avons essayé de présenter les différentes approches traitant notre problématique.

On peut résumer ce que nous apporte le présent chapitre par la figure ci-après :

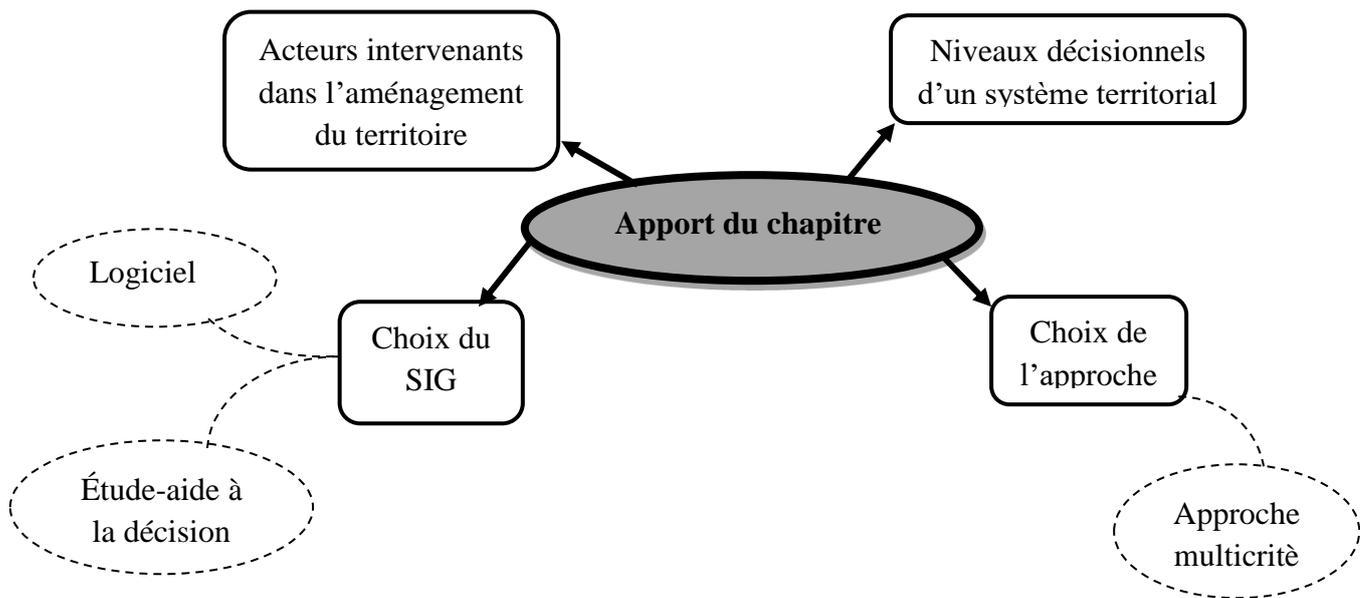


Figure 3-19 Les apports du chapitre

Nous avons adopté le langage UML pour modéliser notre modèle multi acteurs et multicritère d'aménagement du territoire. En effet, notre modèle se base sur la collaboration et la coordination entre les différents acteurs intervenant dans la prise des décisions.

Nous allons revenir plus en détail sur le modèle proposé dans le quatrième chapitre.

## **Chapitre 4 Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique**

## **Introduction :**

La congestion, la pollution, la mauvaise utilisation d'espace sont des risques majeurs dans l'hinterland. La gestion de ces risques est donc un enjeu important pour les acteurs intervenants dans la gestion territoriale.

Une bonne maîtrise de ces risques repose sur la prise en compte des différentes contraintes puisque la mise en œuvre d'une politique d'aménagement du territoire intègre à la fois une utilisation efficace et durable des ressources territoriales et des ressources financières qui sont devenues de plus en plus rares.

Face à ces risques, et dans le cadre d'optimisation des échanges des marchandises dans l'hinterland, les acteurs disposent de plusieurs solutions, telles que la construction de nouvelles infrastructures, l'implantation de nouveaux bâtiments logistiques, le déplacement d'un « **bâtiment logistique**<sup>10</sup> » déjà construit. Parallèlement, les acteurs doivent répondre aux différents objectifs :

- Préserver l'utilisation du territoire,
- Assurer la fluidité du transport de marchandises,
- Respecter et limiter le budget, etc.

Or chacune de ces solutions a des conséquences positives et des conséquences négatives au regard de ces objectifs, par exemple la construction d'un bâtiment logistique permet de favoriser la fluidité de la circulation des marchandises, mais elle induit des coûts de construction, d'entretien et d'utilisation, aussi elle peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement.

L'objectif de notre modèle est de prendre en compte les enjeux de tous les acteurs, or cet équilibre peut être difficile à établir par tous les acteurs simultanément.

C'est dans ce cadre que nous nous sommes fixés comme objectif la proposition d'un modèle qui centralise des données multidisciplinaires et qui peut servir comme un outil d'aide à la décision.

La pluridisciplinarité de l'aménagement du territoire, déjà traitée dans le chapitre précédent, explique l'importance de l'élaboration d'une représentation multiple du territoire ; d'où l'importance de l'élaboration d'un système d'aide à la décision territoriale répondant à cette pluralité.

Dans ce chapitre nous nous basons sur quelques axes méthodologiques qui nous aident à mieux gérer le système territorial à travers :

- La détermination des facteurs structurant le système d'aide à la décision.
- L'intégration des outils et des méthodes qui favorisent le processus décisionnel territorial.

---

<sup>10</sup> Plateforme logistique ou entrepôt

Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique

Dans ce chapitre, nous proposons une approche générique pour la conception d'un modèle hybride intégrant tous les acteurs intervenants dans le processus de prise des décisions territoriales, appelé LOGISIG.

Ce modèle offre des modalités générales d'aide à la prise des décisions collaboratives en matière d'aménagement du territoire. La décision prise est de nature commune, elle est soumise au regard croisé des politiciens ainsi que des chercheurs en sciences humaines (géographie, économie et urbanisme) et en sciences de la nature (écologie). L'objectif principal est de créer un outil qui favorise la réflexion et le dialogue, et encourage les différents acteurs à se réunir autour d'un projet d'aménagement collectif.

L'originalité de ce modèle consiste à présenter la corrélation entre le territoire et la logistique et à confronter collectivement la vision des différents acteurs en fonction de plusieurs objectifs propres et selon la base de données qui leur sont particuliers.

Ce chapitre a abordé les questions suivantes :

- Quelles sont les principales approches sur lesquelles on va se baser lors de l'élaboration de notre modèle ? et pourquoi ?
- Comment fonctionne notre modèle ?
- Comment se présente le prototype de notre modèle ?

Pour répondre à ces questions, Nous adoptons la démarche suivante, présentée dans la figure ci-après.

Dans la première section :

1. Nous étudions l'évolution :

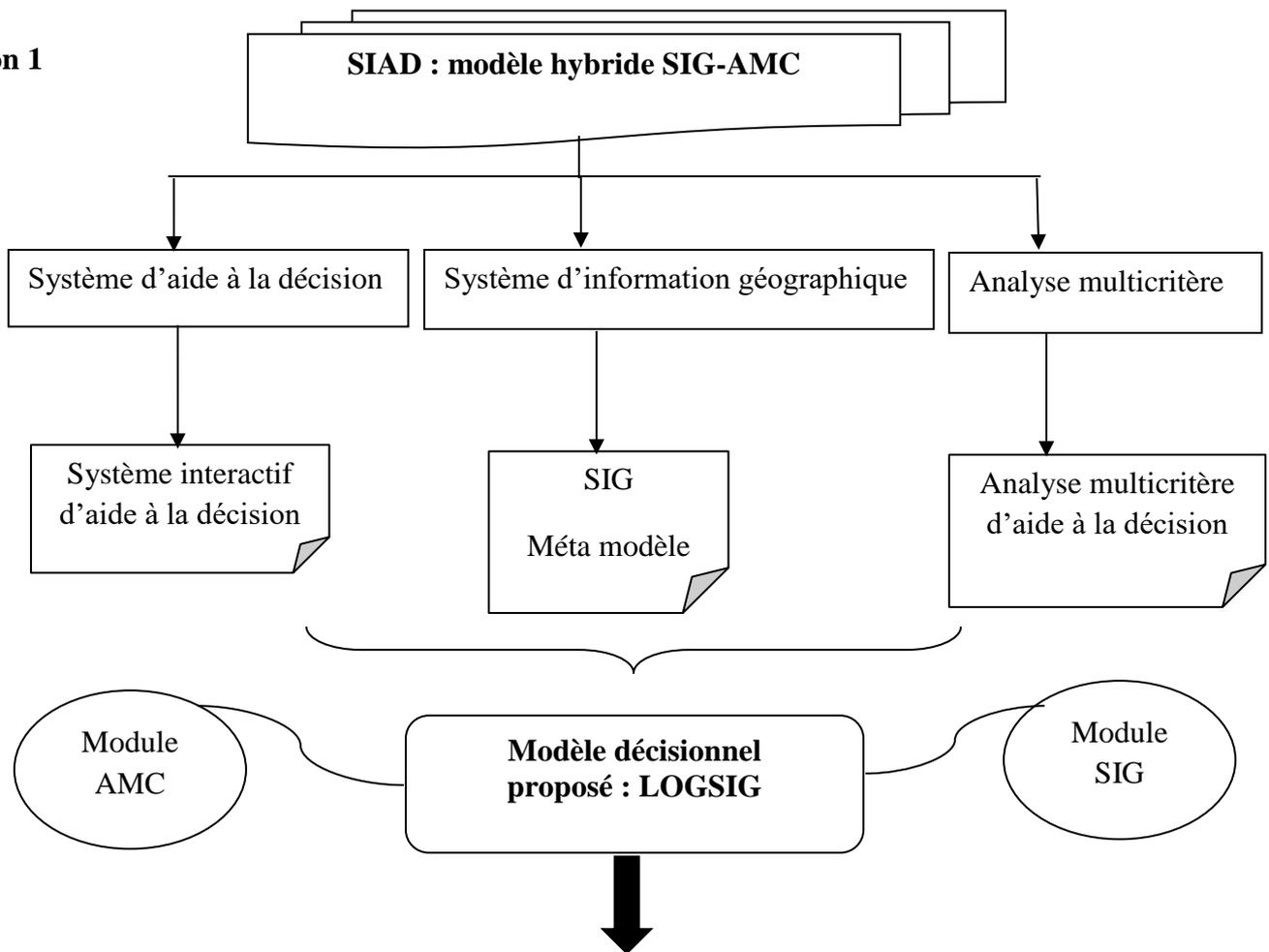
- D'un système d'aide à la décision vers un système interactif d'aide à la décision.
- D'un système d'information géographique vers un SIG méta modèle.
- D'une analyse multicritère vers une analyse multicritère d'aide à la décision.

2. Nous présentons la structure de notre modèle décisionnel basé sur l'AMC et le SIG.

Dans la deuxième section, nous adoptons la démarche suivante :

3. Nous proposons une première conceptualisation de ce système.
4. Nous élaborons un prototype de notre modèle proposé.

**Section 1**



**Section 2**

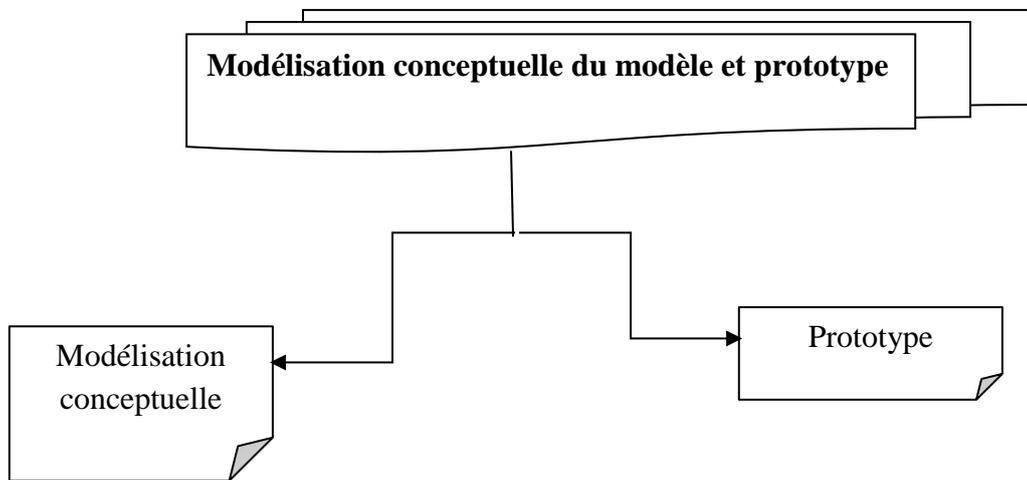


Figure 4-1 La démarche du chapitre

## Section 1. SIAD proposé : modèle hybride SIG-AMC

En vue d'aider les collectivités territoriales dans la prise des décisions, nous adoptons l'approche d'analyse multicritère de données multi sources. On va prendre en compte deux phénomènes parallèles : un outil géomatique et une approche participative collaborative multicritère. En effet, nous proposons un modèle basé sur le couplage entre l'analyse multicritère et les SIG pour mieux gérer ce patrimoine rare.

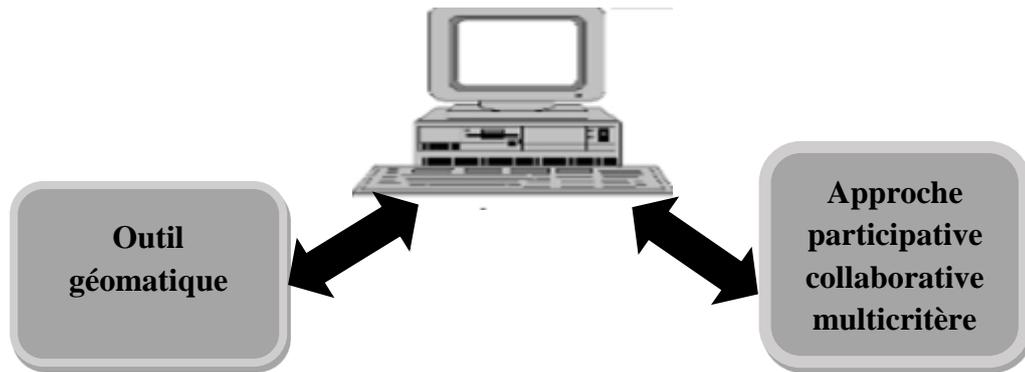


Figure 4-2 L'approche et l'outil choisis

### 1. SAD : vers un SIAD

Le terme SAD a été introduit par l'école anglo-saxonne sous le terme DSS « Decision support system ».

La recherche sur les SAD existe depuis environ trente ans [Taghezout, 2011]. Les travaux sur cet axe de recherche couvrent un grand champ d'applications.

Le SIAD est un « système d'information automatisé interactif, flexible, adaptable et spécifiquement développé pour aider à la résolution d'un problème de décision non structuré et améliorer la prise de décision. Il utilise des données, fournit une interface utilisateur simple et autorise l'utilisateur à développer ses propres idées » [Turban, 1995].

Les trois composants fondamentaux d'un SIAD sont :

- L'interface homme machine : c'est une interface où l'utilisateur est lié avec les composants du système.
- Le système de gestion de base de données (SGBD) : il permet l'ajout, l'organisation, l'enregistrement et la suppression des données.
- Le système de gestion de base de modèle (SGBM) : il regroupe les modèles et les procédures de calcul mis à la disposition de l'utilisateur et utilisés dans les différents traitements standards des données [Sprague et al., 1982].

Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique

Une autre structure plus récente et plus générale d'un SIAD a été développée par Marakas. Elle se caractérise, par rapport aux autres systèmes d'informations classiques, par l'ajout d'une partie supplémentaire, autre que le SGBD et le SGBM. Elle se base sur :

- Le système de gestion de base de connaissance (SGBC) : il regroupe les tâches relatives à la reconnaissance des problèmes, à la génération des solutions et des fonctions relatives à la gestion du processus de résolution des problèmes.
- L'interface utilisateur : elle permet l'accès aux données, l'utilisation des fonctions de calcul et la communication des résultats.
- L'utilisateur : est une partie du processus de résolution du problème [Marakas, 2003].

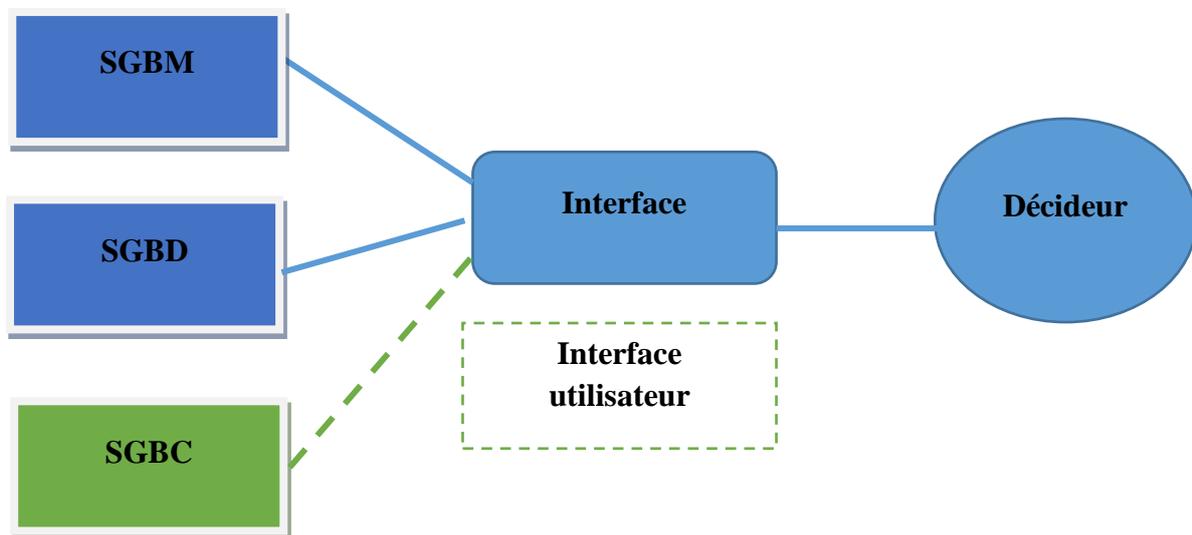


Figure 4-3 Structure d'un SIAD selon (Carlson, 1982) et (Marakas, 2003)

L'aide à la décision est un domaine très vaste. Il inclut des méthodes diversifiées comme la recherche opérationnelle, la simulation, etc. le choix de la méthode dépend du problème à résoudre.

On doit faire la distinction entre deux types de méthodes d'aide à la décision [Pomerol et al., 1993] :

- Une méthode d'aide à la décision continue : consiste à trouver des valeurs d'entrée qui optimisent une valeur de sortie en respectant des contraintes explicites. On peut citer, à titre d'exemple, la programmation linéaire.
- Une méthode d'aide à la décision discrète : consiste à trouver la (les) meilleure (s) solution(s) parmi plusieurs, déjà prédéfinies. Les contraintes sont implicites et elles sont définies par l'ensemble des solutions possibles.

## 2. SIG : Vers un Meta modèle

Le terme métadonnée a été utilisé pour désigner, de façon générale, les informations relatives à des données.

Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique

Souvent les outils d'aide à la décision territoriale sont informatisés et connectables à un SIG afin de permettre de gérer la nature complexe de ce patrimoine commun.

Avec le développement des bases de données et l'orientation vers l'élaboration des Méta modèles des SIG, les SIG sont devenus de plus en plus intégrés dans le processus d'aménagement du territoire. En plus, « *les connaissances spatialisées forment une véritable base de données, impossible à constituer en dehors d'une telle approche* » [Moine et al., 2011].

### **3. Analyse multicritère d'aide à la décision**

Pour que le SIG puisse être utilisé comme un outil dans le processus d'aide à la décision, ses lacunes peuvent être comblés par son couplage avec d'autres approches. Parmi ces approches, on peut citer l'analyse multicritère.

L'analyse multicritère est une approche d'aide à la décision développée afin de résoudre des problèmes multidimensionnels complexes incluant des dimensions non quantifiables [ANIMA, juillet 2014].

[Zemri et al., 2014] a défini l'AMCD ainsi « *elle est considérée comme l'une des branches les plus importantes des théories de la décision. Elle est exploitée afin d'offrir des solutions à des problèmes décisionnels complexes* ».

Quatre problématiques de référence peuvent être citées, à savoir :

- La problématique de rangement.
- La problématique de tri.
- La problématique de choix.
- La problématique de description.

Dans la littérature, on trouve une liste importante de méthodes d'analyse multicritère.

On cite les méthodes les plus importantes selon leur type d'agrégation dans le tableau ci-après. L'agrégation c'est le fait de synthétiser une quantité d'informations afin de minimiser le nombre de dimensions d'un problème.

<b>Classification</b>	<b>Méthodes d'analyse multicritère</b>
Agrégation complète	-MAUT (Multi Attribute Utility Theory). -UTA (Utility Theory Additive). -AHP (Analyse Hiérarchique des procédés) ,etc.
Agrégation partielle	-ELCTRE (élimination et choix traduisant la réalité). -PROMETHEE (preference ranking organization method for enrichment evaluations).
Agrégation locale	-PLM (programmation linéaire multicritère). -STEM (step-method) publié avant sous le nom POP (procédure d'orientation progressive) , etc.

Tableau 4-1 Classification des principales méthodes d'analyse multicritère par type d'agrégation

#### 4. Modèle décisionnel proposé

Un système d'aide à la décision doit être « *simple, robuste, facile à contrôler, adaptable, aussi complet que possible et facile au plan de la communication* » [Dupont et al., 1998].

Dans la logique de l'intégration des AMC en aménagement du territoire, nous retrouvons dans la littérature plusieurs références où l'association SIG –AMC a donné des résultats très satisfaisants. Dans ce cadre, on cite les travaux doctoraux de [Previl, 2000], [Chakhar, 2006] et [Vazquez Rascon, 2013] qui se basent sur l'élaboration d'une application de fusion des outils des SIG et une méthode d'AMCD afin de simplifier le processus décisionnel.

La problématique de la multiplicité des données géographiques multi sources et la pluridisciplinarité des acteurs intervenants dans l'aménagement du territoire a été résolue par le couplage SIG-AMC. L'utilisation couplée de l'AMC et des systèmes d'informations géographiques (SIG) peut être d'un grand apport pour traiter notre problématique.

Afin d'aboutir à l'élaboration d'un modèle fiable et à condition que son fonctionnement comme un outil d'aide à la décision soit efficace, on doit prendre en considération les approches multidisciplinaires.

Notre choix de la méthode d'AMC est relative à la capacité de la prise en compte des critères conflictuels et en inter relations.

Nous allons proposer une approche méthodologique pour le développement d'outils d'aide à la décision collective.

## Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique

Le modèle proposé se base sur la démarche suivante :

- L'analyse : définition des critères.
- Le choix : sélection des solutions possibles.
- La modélisation : elle s'appuie sur la connexion des SIG aux outils d'analyse multicritère.
- L'évaluation : évaluation des solutions possibles.

Notre modèle décisionnel se base sur la négociation échangeant les informations entre plusieurs entités afin d'arriver à une décision commune.

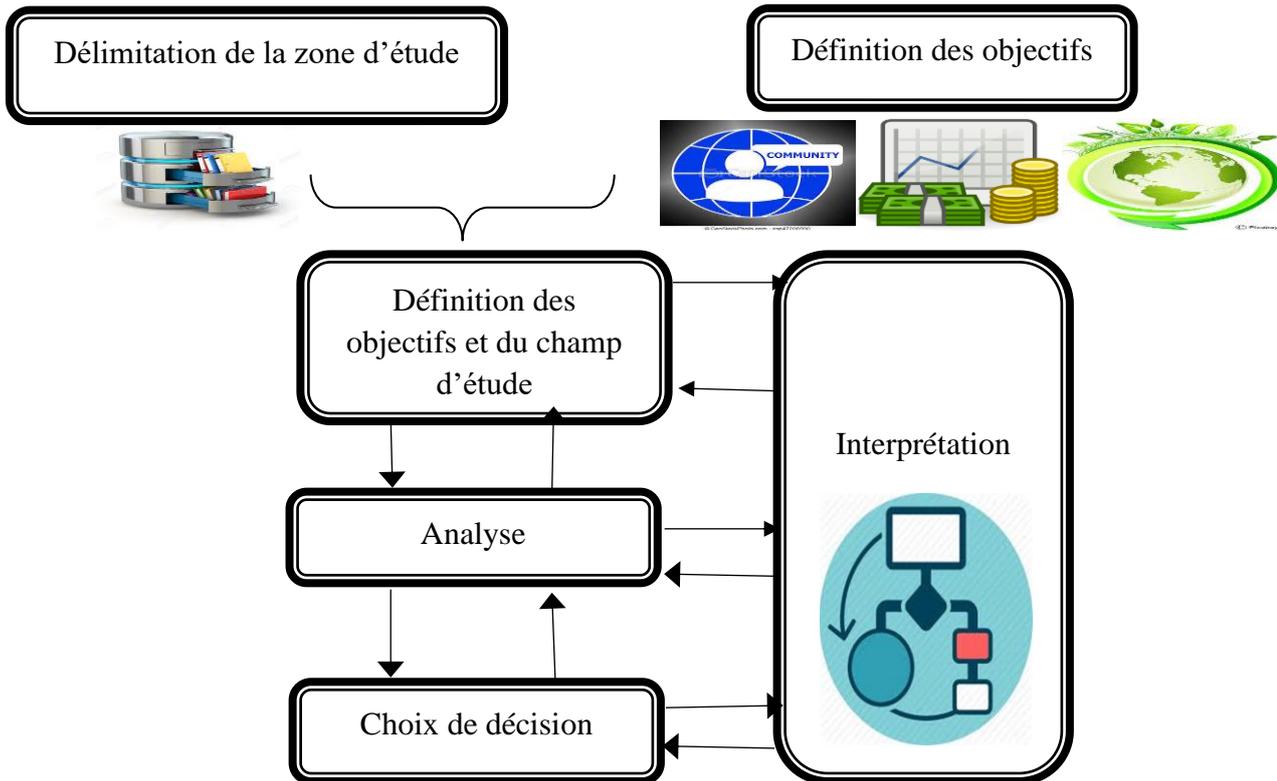


Figure 4-4 Structure du modèle décisionnel proposé

Notre modèle repose sur des approches pluridisciplinaires. Il permet de combiner des données d'origines diverses qui présentent des hétérogénéités notamment en matière de granularité.

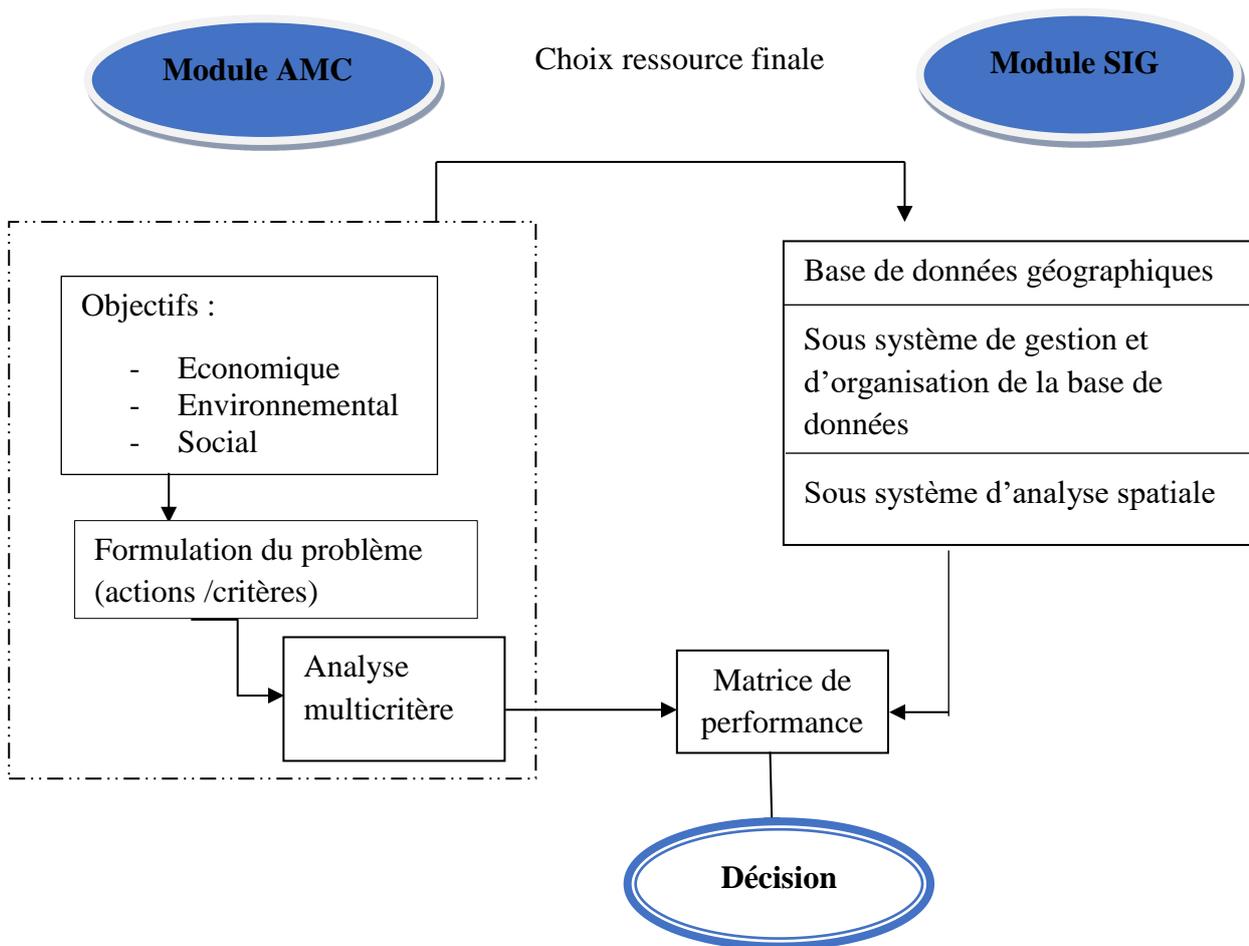


Figure 4-5 L'architecture du modèle décisionnel proposé

#### 4.1. Module AMC :

L'approche multicritère a été choisie pour déterminer la meilleure solution. La démarche d'analyse multicritère est la suivante :

- Structurer le modèle décisionnel multicritère (A, K, E) : cette étape vise à identifier le problème à travers l'identification des éléments de base du système décisionnel :
  - Les actions à mettre en œuvre ou les solutions possibles.  
 $A = \{1, 2, \dots, m\}$
  - Les critères quantitatives et qualitatives à prendre en compte lors de la comparaison des actions.  
 $K = \{1, 2, \dots, n\}$
  - Les évaluations des actions en fonction des critères (matrice de performance).  
 $E = \{e_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$
- Introduire d'autres éléments de modélisation des préférences du décideur :
  - Coefficient d'importance (poids).

- Seuil d'indifférence et de préférence (S).

- Agrégation multicritère : agréger les intrants (indicateurs). L'importance de cette étape se justifie quand le nombre de dimensions est important et quand on vise à disposer d'une vision simplifiée et globale.

#### 4.2 Module SIG

Cette intégration vise à compléter les méthodes d'évaluation existantes par des outils qui facilitent la représentation des informations complexes.

Il est important d'ajouter une précision à la finalité du couplage SIG : en effet, notre choix du SIG revient à la possibilité d'utiliser des données extraites du SIG et d'apporter une dimension visuelle aux résultats.

### Section 2 : Modélisation conceptuelle du modèle et prototype

Les notions et les concepts développés dans la section précédente constituent les bases de notre modèle.

L'objectif de cette partie est la conception d'une première maquette d'un système d'aide à la décision pluridisciplinaire nommé LOGSIG qui permet de mieux gérer le territoire et de prendre d'une manière plus simple la bonne décision à travers des données mis en réseau à la disposition des acteurs.

#### 1. Modèle conceptuel :

Nous avons choisi pour modéliser notre SAD, le langage UML qui permet de nous donner une vision abstraite de la maquette numérique.

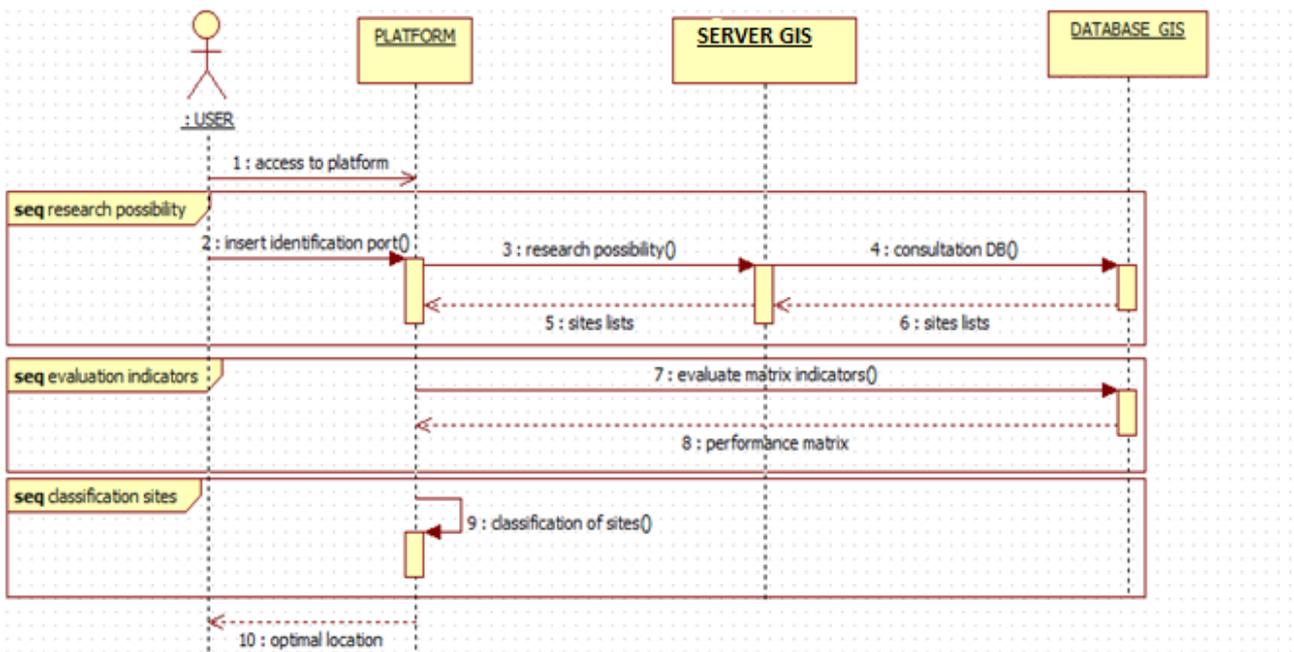


Figure 4-6 Diagramme UML du modèle proposé

Le diagramme montre les différentes étapes réalisées lors de l'exécution du processus décrit ci-dessus.

- 1- L'utilisateur accède à la plateforme et insère les identifications géographiques du port (altitude et longitude). Il lance alors le traitement, ce qui déclenche l'envoi d'une requête de type « *research possibility* » au serveur SIG pour identifier les sites possibles de localisation (les actions) en utilisant la base de données SIG.
- 2- L'application va ensuite envoyer une requête de type « *evaluation indicators* » pour évaluer les indicateurs de performance (critère) grâce à la caractéristique analytique du SIG et à l'approche AMC. Une matrice de performance (action/critère) sera affichée par la suite.
- 3- Le système envoie une requête de type « *choise sites* » pour chercher la meilleure solution.
- 4- Le système affiche à l'utilisateur le site le mieux compromis.

## 2. Prototype :

Lors de la réalisation des systèmes d'aide à la décision, il est important de passer par une phase préliminaire afin de valider correctement les objectifs et les attentes des acteurs. Cette phase sert à avoir une vision globale du système et de pallier aux éventuels défis que le produit final nous fournira. Dans ce travail, la phase de prototypage est faite par le biais du logiciel Excel en utilisant les fonctions macro. Pour cette phase nous avons émis un certain nombre d'hypothèses.

Tout d'abord, nous supposons qu'il existe un espace non occupé approximatif du port éligible pour l'implantation d'un bâtiment logistique.

Nous avons divisé le territoire d'une façon équidistante en se basant sur la méthode de carroyage et nous avons supposé que chaque carré peut être une zone d'étude (si la première hypothèse est valide). La deuxième hypothèse principale est qu'il faut que chaque zone d'étude soit desservie par un réseau de transport.

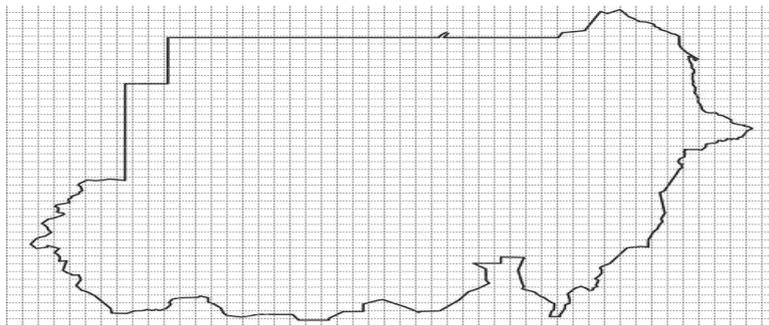


Figure 4-7 Carroyage du territoire

En fonction de ces hypothèses nous avons donc choisi quelques critères aléatoires. Puis en fonction de l'hinterland choisi, le modèle va nous proposer les zones favorables à l'implantation d'un bâtiment logistique vis-à-vis du port sélectionné.

Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique

La figure ci-après nous montre l'exécution d'un modèle prototype.

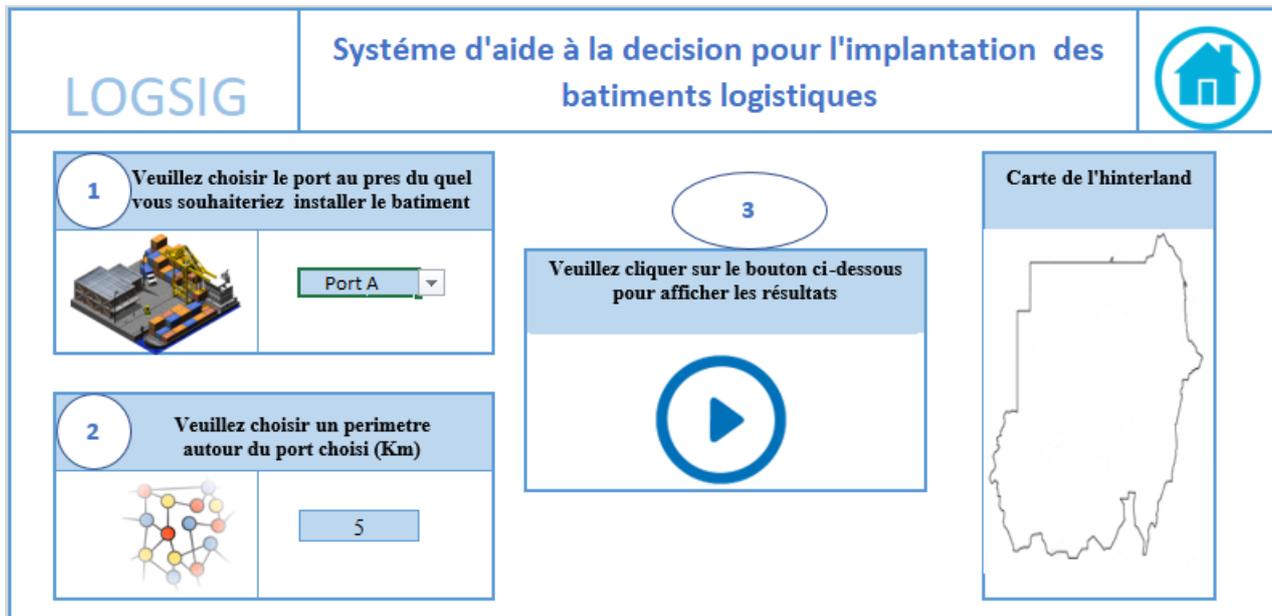


Figure 4-8 Page d'accueil du prototype

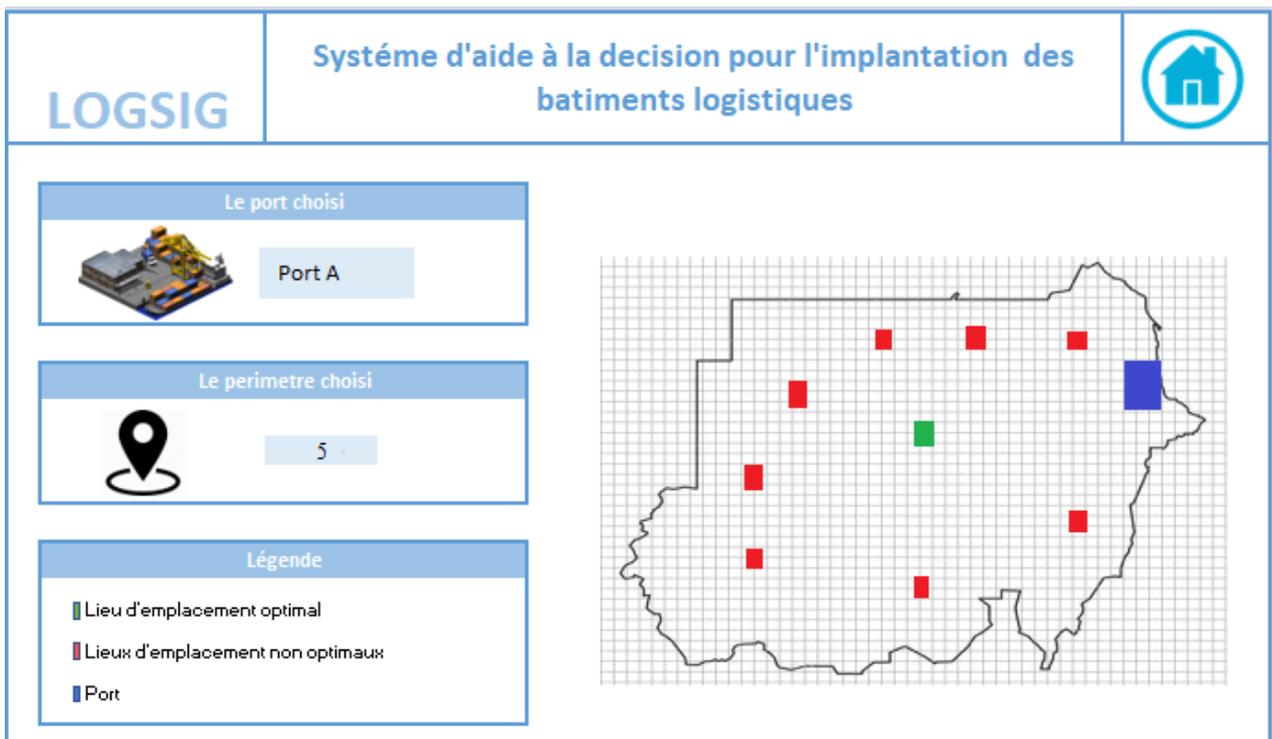


Figure 4-9 Fonctionnement du prototype

Sur la figure ci-dessus nous pouvons voir le résultat de nos recherches concernant la zone optimale et les zones non optimales d'implantation. Les zones rouges représentent les zones répondants aux

Modèle proposé : modèle d'aménagement du territoire intégrant SIG et chaîne logistique

critères de la possibilité de l'implantation mais elles ne répondent pas à la majorité des critères. La zone verte est le meilleur compromis.

## Conclusion

Dans ce chapitre nous proposons un modèle hybride décisionnel basé sur le couplage de l'analyse multicritère (AMC) avec les systèmes d'informations géographiques (SIG). Ce couplage nous permet de passer de l'analyse territoriale à l'aménagement du territoire.

L'intérêt de ce modèle est double : outre l'aspect économique et environnemental, le positionnement optimal d'un bâtiment logistique permet d'apporter un certain niveau de service, aux acteurs.

Dans la première section de ce chapitre, nous présentons la structure de notre modèle, basée sur un ensemble d'étapes : la première phase sert à collecter toutes les données suite au couplage SIG, la deuxième phase sert à une analyse et à une évaluation multicritère des données pour définir et évaluer les scénarios, l'objectif de la troisième phase est la prise de la décision avec le meilleur compromis. Ce modèle est présenté par le schéma ci-après.

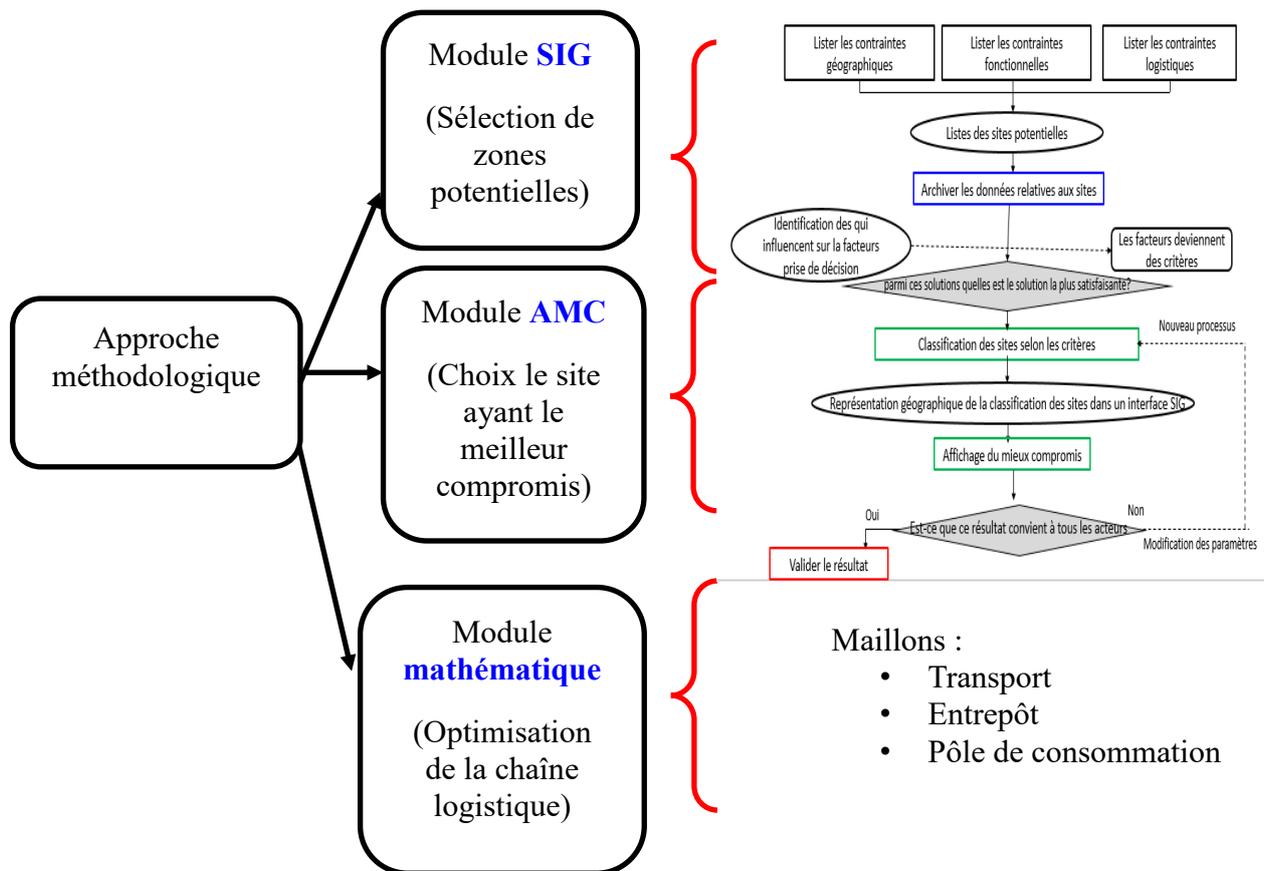


Figure 4-10 Principe de l'approche méthodologique adoptée

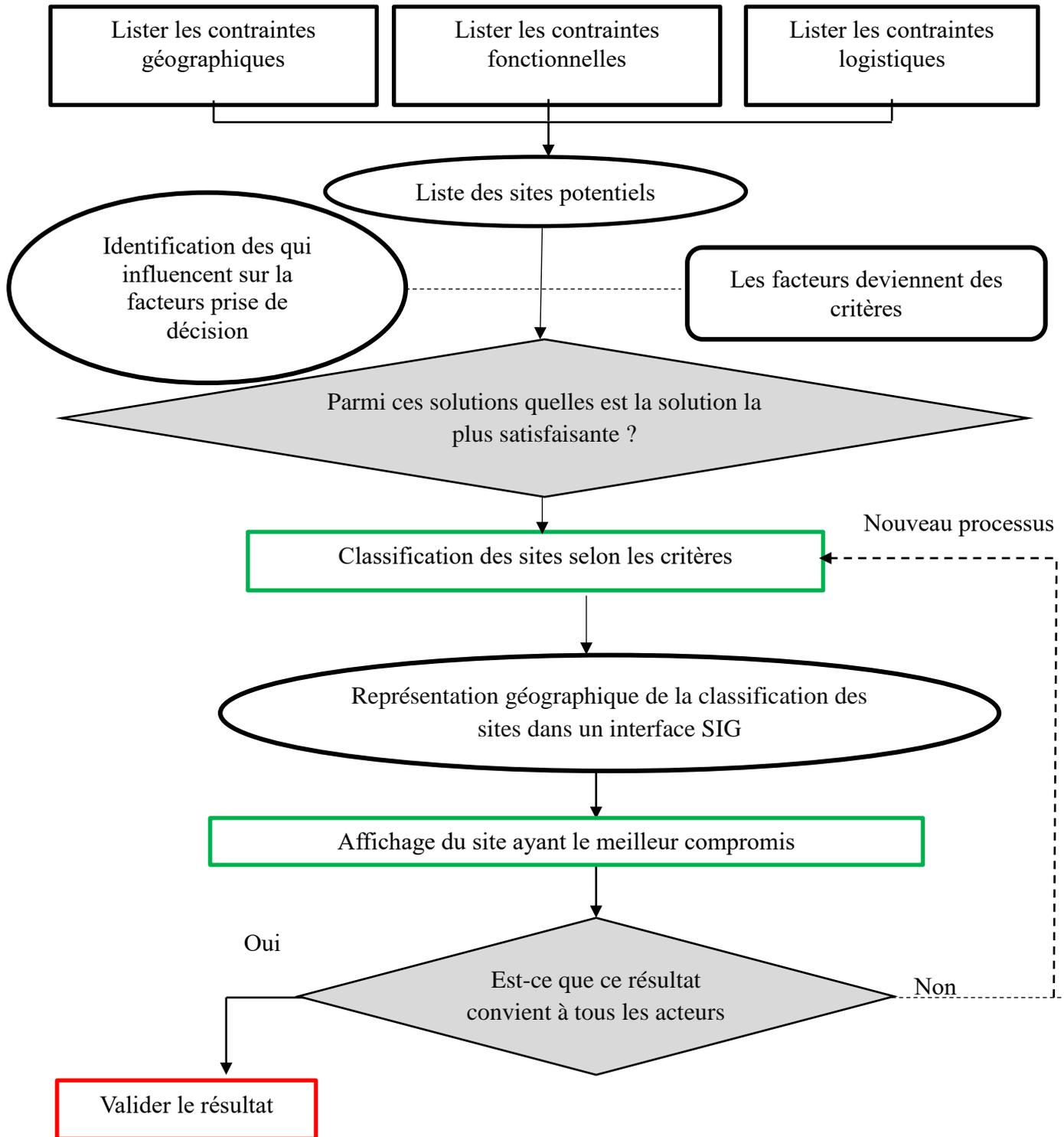


Figure 4-11 La démarche proposée

La deuxième section du chapitre vise à contribuer à l'élaboration d'un prototype d'un système LOGSIS permettant d'aider les décideurs à déterminer, d'une manière globale, l'emplacement le mieux compromis d'un bâtiment logistique.

## **Chapitre 5 Expérimentation du modèle**

## **Introduction :**

Le problème d'aide à la décision d'aménagement du territoire a été présenté dans les chapitres précédents comme étant un problème multicritère. Suite à ce qui a été déjà vu dans les précédents chapitres, la dernière partie de cette thèse sera consacrée à l'expérimentation du modèle décisionnel déjà proposé.

Ce chapitre a comme objectif l'expérimentation du modèle du système d'aide à la décision afin de répondre à une problématique d'aménagement du territoire fondée sur le choix du bon compromis satisfaisant à un ensemble de critères.

Notre objectif correspond à l'approche opérationnelle du surclassement de synthèse par les méthodes d'agrégation partielle.

Dans ce chapitre nous exploitons un SIG à savoir MAPINFO pour l'extraction des données géo référencées qui seront analysées par l'utilisation d'une méthode d'aide multicritère AMCD à savoir la méthode PROMETHEE.

Ce chapitre traite les questions suivantes :

- Quelles sont les principales contraintes d'un projet d'aménagement de l'hinterland ?
- Quels sont les critères spécifiques de la performance de l'hinterland ?
- Comment peut-on découper les critères en composantes représentatives (indicateurs) ?

Pour répondre à ces questions, Nous adoptons la démarche suivante, présentée dans la figure ci-après.

Dans la première section :

- Nous identifions les contraintes couramment rencontrées lors d'un projet d'aménagement du territoire en intégrant les contraintes d'optimisation logistique.
- Nous citons les critères et les indicateurs de développement durable dans le cadre de notre problématique.

Dans la deuxième section, nous élaborons un modèle d'optimisation mathématique pour certains maillons de la chaîne logistique.

Dans la troisième section, nous adoptons la démarche suivante :

## Expérimentation du modèle

- Nous décrivons en détail la méthode PROMETHEE qui a été retenue pour effectuer les comparaisons.
- Nous justifions notre choix de l'outil géographique MAPINFO.

Et nous finissons ce chapitre par une étude du cas.

Expérimentation du modèle

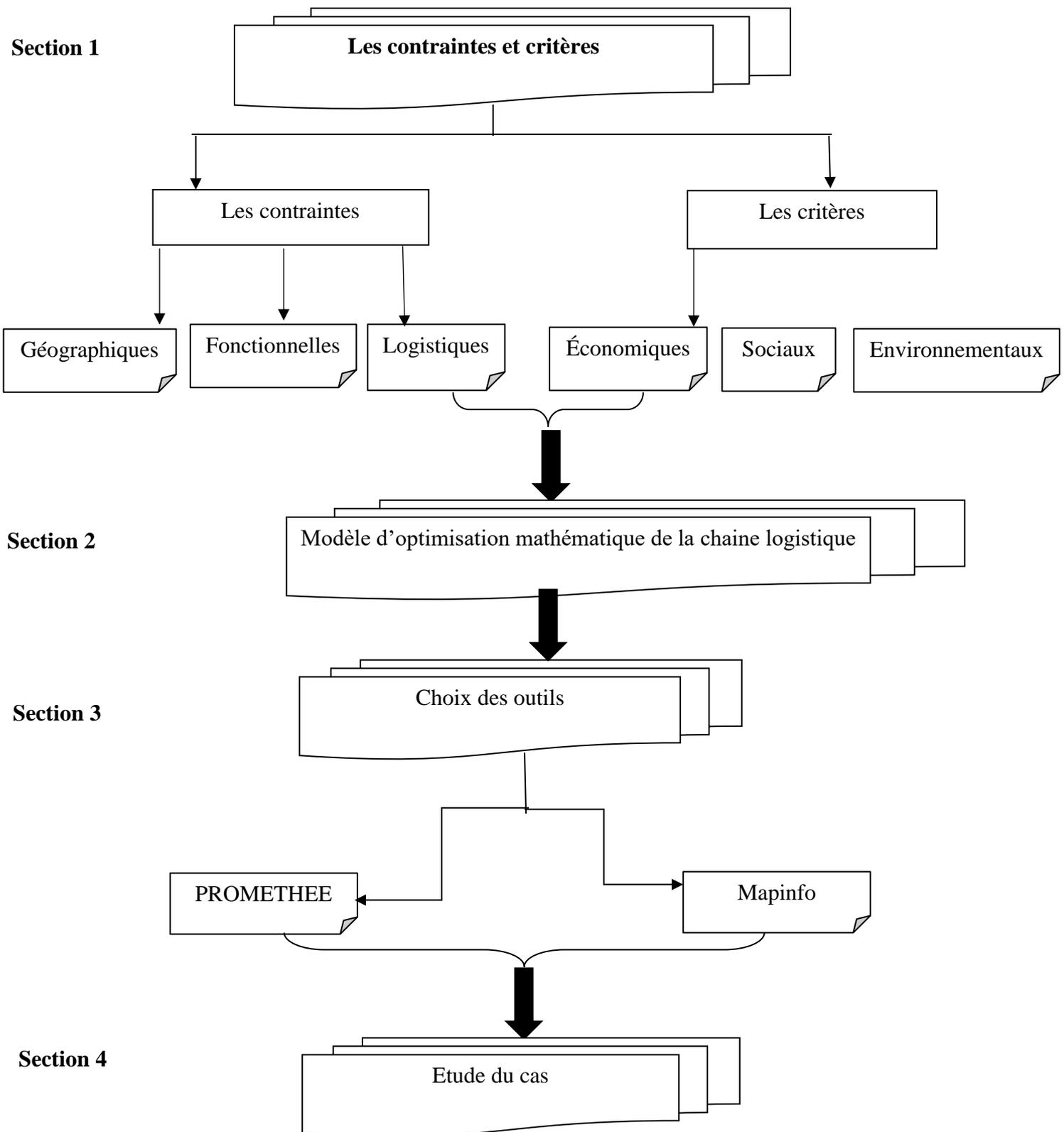


Figure 5-1 la démarche du chapitre

## Section 1 : Les contraintes et critères

Dans cette étude, on doit respecter les différents types de contraintes, notamment des :

- Contraintes géographiques.
- Contraintes fonctionnelles.
- Contraintes logistiques.

Et aussi, on doit optimiser un ensemble de critères :

- Critères environnementaux.
- Critères sociaux.
- Critères économiques.

### 1. Contraintes :

Nous avons montré dans les chapitres précédents, l'intérêt de l'approche pluridisciplinaire d'un projet d'aménagement du territoire. De même, l'identification et l'analyse des contraintes liées à un projet sont assez importantes. Elles permettent d'éliminer les solutions non admissibles.

Nous citons ci-après les contraintes d'un projet d'aménagement du territoire. La liste des contraintes est issue d'un travail de synthèse des différentes bases de connaissances qui reflète notre recherche bibliographique. Nous regroupons toutes les contraintes en trois classes principales, chacune d'elle regroupe plusieurs contraintes internes.

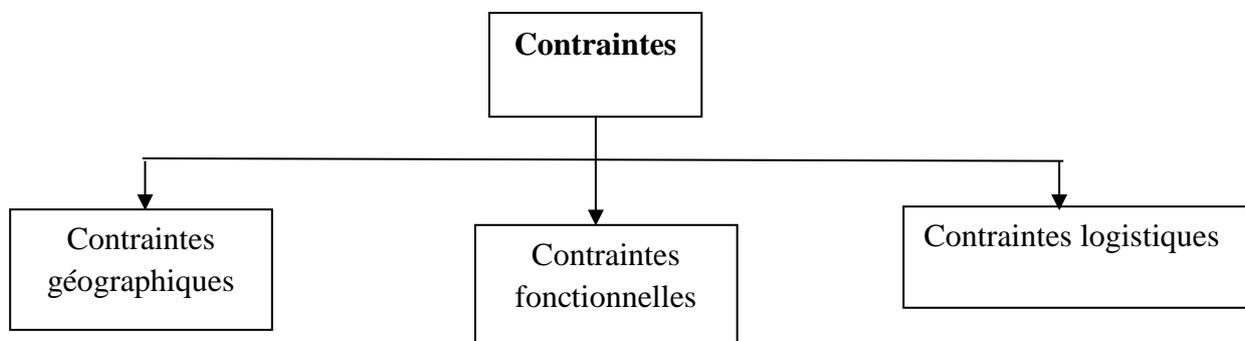


Figure 5-2 Les contraintes du projet d'aménagement d'un hinterland

Ces contraintes imposent plusieurs spécifications techniques qui doivent être satisfaites lors de l'aménagement de l'hinterland. Elles influencent le choix retenu, imposent des difficultés de réalisation et peuvent provoquer des recours juridiques liés généralement à des conflits d'usage et d'occupation dans le cadre des travaux.

#### 1.1 Les contraintes géographiques :

Les principales contraintes géographiques sont liées à des paramètres spatiales.

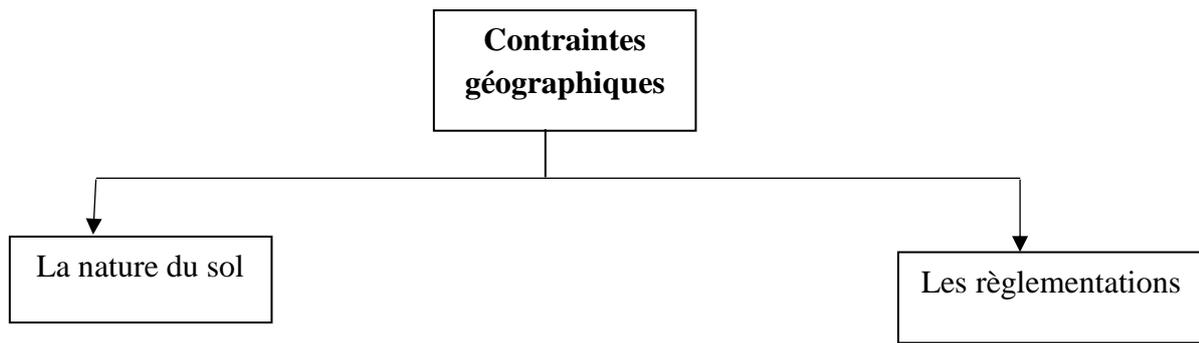


Figure 5-3 Les contraintes géographiques

La « nature du sol » est une contrainte à prendre en compte lors d'un projet d'aménagement du territoire car l'implantation des bâtiments logistiques et des infrastructures du transport n'est pas possible sur tous les types de sols.

Les principales contraintes de « réglementations » sont liées à des exigences réglementaires nationales traduites généralement par des lois, décrets, règlements locaux ou arrêtés. Ce cadre général de réglementation a notamment pour but de préciser les modalités de la gestion territoriale avec une orientation à des fins bénéfiques pour l'environnement.

### 1.2 Les contraintes fonctionnelles

Elles sont généralement les contraintes imposées par le cahier des charges. Ces contraintes opposent plusieurs spécifications techniques qui doivent être satisfaites lors de l'aménagement du territoire.

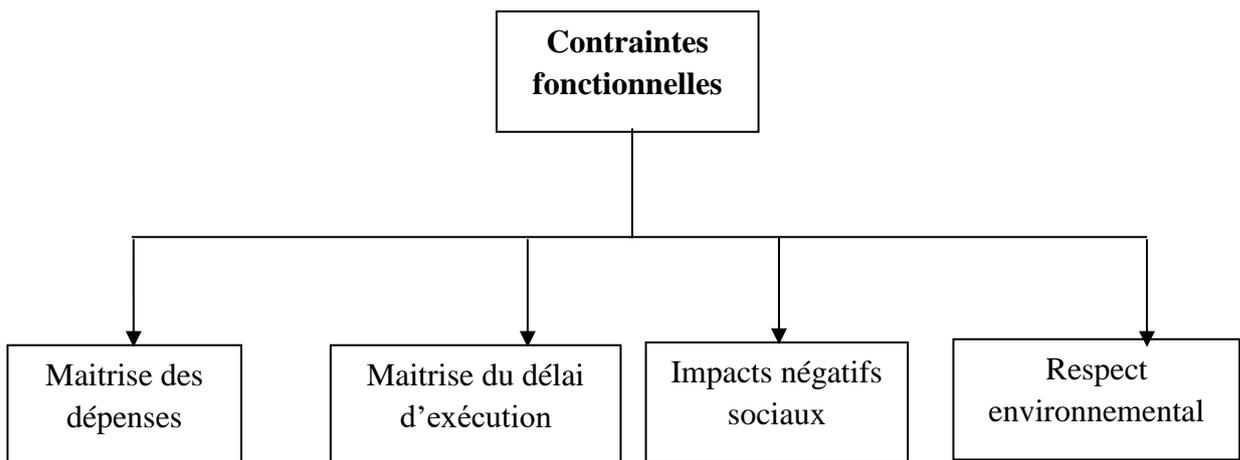


Figure 5-4 Les contraintes fonctionnelles

Nous distinguons dans ce cadre deux types de contraintes :

- Les contraintes liées à « la maîtrise des dépenses » qui sont relatives à différents postes financiers doivent respecter l'évaluation budgétaire citée dans le cahier des charges.
- Les contraintes liées à la « maîtrise du délai » d'exécution du projet d'aménagement mentionné dans le cahier des charges.
- Les contraintes « sociaux » qui sont liées aux conflits potentiels d'occupation et d'usage du territoire. Ces conflits peuvent être liés à la gêne occasionnée par l'opération de transport de marchandises ou les travaux d'aménagement du territoire sur les activités locales.
- Les contraintes « respect environnemental » sont liées aux impacts environnementaux occasionnés par les opérations d'aménagement et du transport. La meilleure pratique environnementale est liée à la minimisation recherchée des impacts sur la végétation et les riverains.

### 1.3. Contraintes logistique

Comme déjà vu dans les chapitres précédents, l'importance de l'intégration des acteurs de la chaîne logistique dans le processus décisionnel territorial est primordiale. De ce fait, nous avons intégré des contraintes logistiques qui doivent être prises en considération lors de la prise des décisions dans un projet d'aménagement de l'hinterland.

Parmi l'un des objectifs à fixer dans le cadre des projets d'aménagement de l'hinterland est d'assurer un échange des flux physiques en respectant quelques contraintes logistiques. Quand ces contraintes sont prises en compte, les délais de mise des marchandises sur le marché se réduisent et la qualité de service de transport s'améliore. Par conséquent, les prestataires logistiques parviennent à satisfaire les besoins des clients et à diminuer les coûts, voir ceux de toute la chaîne logistique associée.

Nous distinguons dans ce cadre deux types de contraintes :

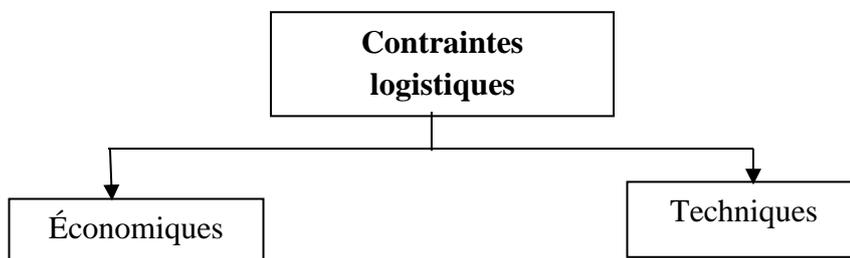


Figure 5-5 Les contraintes logistiques

Les contraintes « économiques » visent à minimiser le coût de la chaîne logistique. Elles intègrent les coûts liés au transport des marchandises du port vers les pôles de consommation en passant par les bâtiments logistiques et vice versa.

Les contraintes « techniques » liées à la structure des bâtiments logistiques (capacité de stockage, conditions de stockage, etc.).

## 2. Les critères :

Les critères sont des expressions quantitatives et qualitatives des objectifs ou des contraintes qui permettent d'évaluer des alternatives [Simon J.-C. , 1989]. D'après [Roy, 1985], une famille de critères est cohérente si elle répond à deux caractéristiques :

- L'exhaustivité : tous les critères doivent être pris en compte.
- La non redondance : il faut éviter la duplication pour ne pas donner plus d'importance à un critère suite à sa redondance [Maystre, 1999].

Comme déjà vu au deuxième chapitre, afin de se conformer à la notion de développement durable nous devons nous baser sur trois critères où chaque critère est subdivisé en sous critères.

La figure ci-après illustre la construction d'une famille de critères répondant au contexte de durabilité :

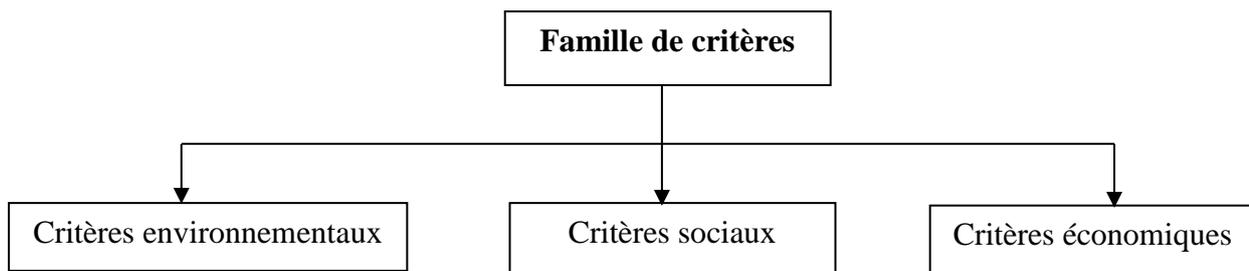


Figure 5-6 Famille de critères

- La prise en compte des critères environnementaux : elle a pour but d'amener les acteurs intervenants à prendre des décisions favorables aux écosystèmes. Ces critères sont représentés par les émissions de plusieurs polluants et les nuisances sonores.
- La prise en compte des critères sociaux représentés par les impacts sociaux du projet d'aménagement de l'hinterland.
- La prise en compte des critères économiques représentés par les critères d'optimisation logistique et les critères financiers.

Toutefois, nous citons à titre indicatif, quelques critères, à prendre en considération lors de l'aménagement du territoire.

Type du critère	Intitulé du critère
économique	C1 : Optimisation du transport et de la logistique
	C2 : Bilan
Environnemental	C3 : Qualité environnementale
	C4 : Destruction des écosystèmes
Social	C 5 : Taux d'emploi
	C 6 : Niveau des satisfactions

Tableau 5-1 Liste des critères

### 3. Les indicateurs

Les indicateurs correspondent généralement à une information cardinale contrairement aux critères qui correspondent à une information ordinale.

La deuxième section du deuxième chapitre nous a conduit à obtenir une liste d'indicateurs de performance de l'hinterland. En se basant sur cette section et en s'inspirant des projets déjà réalisés dans le cadre d'aménagement du territoire, on va citer ci-après une liste d'indicateurs classés selon les critères déjà mentionnés dans la section 1.2.

#### 3.1 Indicateurs environnementaux

La figure illustre les principaux indicateurs environnementaux :

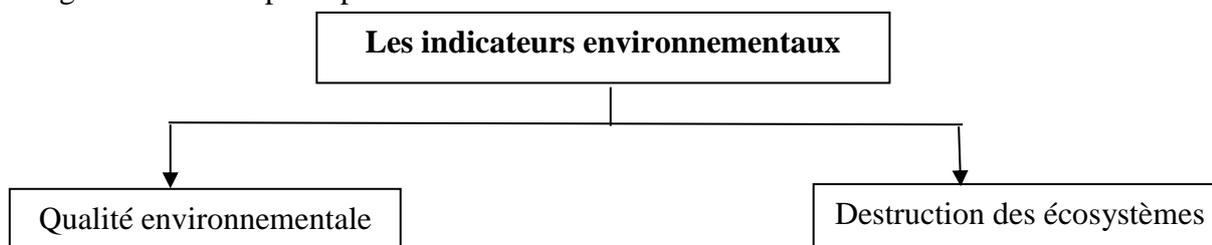


Figure 5-7 Les indicateurs environnementaux

##### 3.1.1. Qualité environnementale

Plusieurs indicateurs permettent d'apprécier les effets nocifs dus à un projet d'aménagement d'hinterland. Parmi les impacts environnementaux, nous avons retenu les émissions des polluants et les nuisances sonores qui touchent la qualité de l'environnement.

##### -La qualité de l'air :

Elle est déterminée selon le taux de concentration des polluants atmosphériques. Les impacts sur la qualité de l'air proviennent de deux sources :

- Les gaz d'échappement issues des engins mobiles : on ne doit s'intéresser, dans ce cadre, qu'aux émissions issues après les travaux et non pas celles liées au chantier car selon (Engis),

## Expérimentation du modèle

*« les émissions liées au chantier ne sont pas un facteur significatif de dégradation de la qualité de l'air ».*

- Les particules fines (poussières, fumées, etc.) : elles peuvent provoquer des effets négatifs sur la santé des riverains (problème respiratoire), générer le risque d'accident de circulation (baisse de visibilité), avoir un impact sur les végétaux (diminution de l'activité photosynthétique, d'où une diminution de leurs taux de croissance).

### - Les nuisances sonores :

Les nuisances sonores sont les principales gênes qui touchent les riverains situés à proximité des bâtiments logistiques. Les sources de bruit sont diverses. Ils s'agissent principalement de :

- Bruit des engins mobiles.
- Bruit des avertisseurs sonores.
- Bruit des matériels des travaux (lors des travaux) : pour ce type de bruit, l'impact sonore est limitée pendant la période des travaux. Une étude faite par (Engis) dans laquelle le niveau moyen de bruit généré dans l'environnement du chantier est calculé selon le tableau ci-après.

<b>Distance entre l'émetteur et le récepteur</b>	100m	200m
<b>Circulation d'engin</b>	61 dB <sup>11</sup>	52dB

*Tableau 5-2 Niveau de bruit généré dans l'environnement du chantier (Engis)*

On cite dans le tableau ci-dessous la liste des indicateurs de la « qualité environnementale ».

---

<sup>11</sup> Décibel

<b>Critère</b>	<b>Indicateur</b>	<b>Explication</b>	<b>unité</b>	<b>Objectif à atteindre</b>
Qualité environnementale	Qualité de l'air	les gaz d'échappement issus des engins mobiles	Eq.C <sup>12</sup>	Minimiser
		les particules fines émises dans l'air	PM <sup>13</sup>	Minimiser
	nuisance sonore	bruit du de la circulation des engins mobiles	dB	Minimiser
		bruit des avertisseurs sonores	dB	Minimiser
		bruit des matériels des travaux	dB	Minimiser

Tableau 5-3 Critère « qualité environnementale »

### 3.1.2. Destruction des écosystèmes

Cet indicateur se base sur la protection du patrimoine à travers des réglementations.

critère	indicateur	explication	unité	Objectif à atteindre
Destruction des écosystèmes	Préservation des écosystèmes naturels	La surface des zones foncières exploitées	km2	minimiser
		Surface exploitée dans les zones protégées	km2	minimiser

Tableau 5-4 Critère « Destruction des écosystèmes »

### 3.2. Les indicateurs sociaux

La figure ci-après illustre les principaux indicateurs sociaux.

<sup>12</sup> Équivalent Carbonne

<sup>13</sup> Particule Matérielle

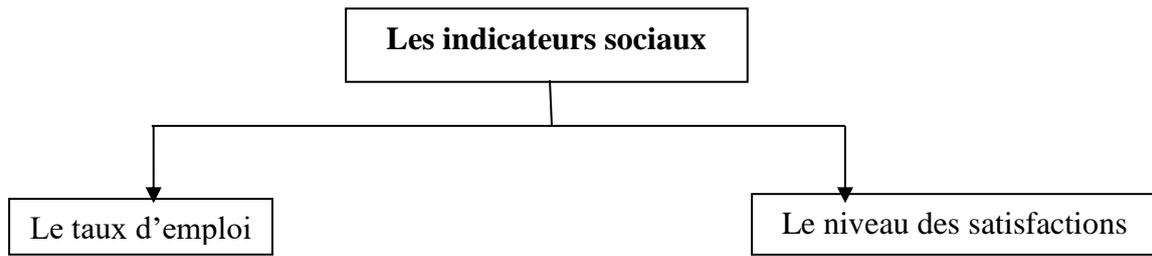


Figure 5-8 Les indicateurs sociaux

### 3.2.1. Le taux d'emploi :

Les ressources humaines nécessaires à la construction et à l'exploitation des bâtiments logistiques sont de deux types, les mains d'œuvre et les acteurs de la chaîne logistique.

Les impacts sociaux directs sont illustrés dans le tableau ci-après :

Critère	Indicateur	explication	unité	Objectif à atteindre
Taux d'emploi	emplois créés	Nombre des offres d'emploi	nombre	augmenter
		Nombre des employés	nombre	augmenter
	revenu	Nombre des heures de travail	nombre	augmenter
		Rémunération	monétaire	augmenter

Tableau 5-5 Critère « taux d'emploi »

### 3.2.2 : Le niveau de satisfaction :

Il est évalué par le niveau des impacts sociaux indirects sur les riverains et les acteurs de la chaîne logistique.

Les impacts indirects représentent :

- L'extension et l'entretien des routes et des voies ferroviaires dans le cadre du projet d'aménagement de l'hinterland.
- La qualité de service du réseau de transport.
- L'interruption des voies déjà exploitées. Généralement, ce problème est résolu à travers l'implantation des voies de substitution et des aménagements (passerelle, pont, passage sous terrain, etc.).
- La création d'emplois indirects : Ils représentent les activités créées par la chaîne logistique en amont et en aval.

<b>Critère</b>	<b>indicateur</b>	<b>explication</b>	<b>unité</b>	<b>Objectif à atteindre</b>
Niveau de satisfaction	Amélioration de l'ingratitude	Les tronçons implantés et utilisés par les riverains	Km	augmenter
		L'entretien des routes et des voies ferrées	Année	augmenter
	Qualité de service du réseau de transport	Le nombre de traversées des communes	nombre	minimiser
	Accès des riverains	Les itinéraires de substitution	Km	augmenter
		Les itinéraires interrompus	Km	minimiser
		Les aménagements (passerelle, pont, passage sous terrain, etc.).	Km	augmenter
	création des emplois indirects	Nombre d'offres d'emploi	nombre	augmenter
		Nombre d'employés	nombre	augmenter

Tableau 5-6 critère « Niveau de satisfaction »

### 3.3. Indicateurs économiques

La figure ci-après illustre les principaux indicateurs économiques.

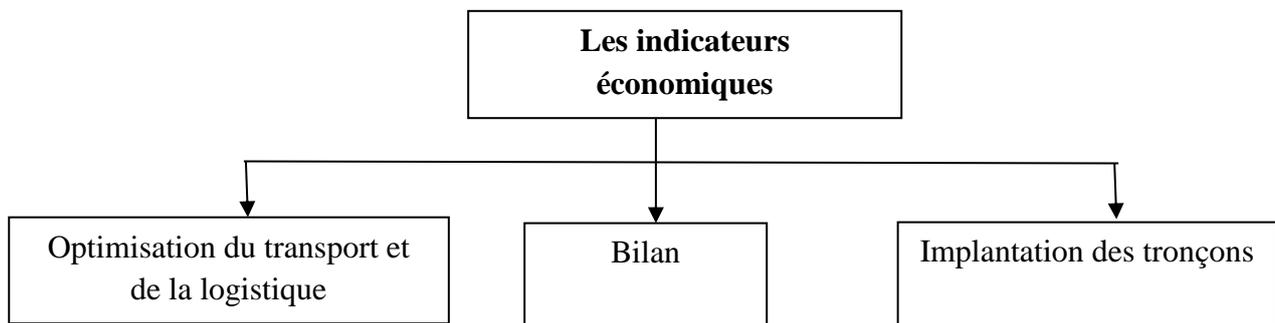


Figure 5-9 Les indicateurs économiques

#### 3.3.1. Optimisation du transport et de la logistique

La chaîne logistique est composée des maillons suivants : fournisseur, entreprise de production, prestataire logistique (entrepôt et transporteur) et client. Dans cette étude, nous considérons que les maillons (fournisseur, entreprise de production et le client) comme des pôles de consommation.

## Expérimentation du modèle

Les maillons « pôles de consommation » sont évalués suivant leurs proximités de la plateforme logistique. Les mouvements des moyens de transport des marchandises dans l’hinterland provoquent un important trafic lourd sur le réseau déjà chargé sur certains tronçons. De ce fait, la proximité des pôles de consommation (entreprise de production, fournisseur ou client final) au bâtiment logistique est un critère important.

Les maillons « prestataire logistique » sont évalués par des indicateurs techniques (de fonctionnement) et par des indicateurs relatifs au service de transport.

Nous citons dans le tableau ci-après, à titre indicatif, quelques indicateurs à prendre en considération dans le processus d’aménagement du territoire.

<b>Critère</b>	<b>maillon</b>	<b>indicateur</b>	<b>Explication</b>	<b>unité</b>	<b>Objectif à atteindre</b>
Optimisation du transport et de la logistique	fournisseur	proximité du site aux pôles de consommation (fournisseur, entreprise de production, client)	Distance entre le site et les pôles de consommations.	Km	minimiser
	Entreprise de production				
	client				
	Entrepôt	Coût de stockage	Coût de stockage moyen/conteneur	Monétaire	minimiser
		Taux de remplissage de la plateforme	Niveau de stock dans le bâtiment logistique	Tonne	maximiser
	Prestataire de transport	Délai de transport	Délai de livraison ou d’approvisionnement)	heure	minimiser
		Capacité de transport	poids total autorisé en charge	tonne	maximiser
		Coût de transport	Charge moyenne/ pick up.	Tonne/Km	minimiser

Tableau 5-7 Critère « Optimisation du transport et de la logistique »

### 3.3.2. Bilan

Ce critère regroupe les différents indicateurs financiers relatifs à un projet d'aménagement d'un hinterland : les revenus, les charges (installation, maintenance, etc.). Ces deux derniers ne sont pas considérés comme des sous critères mais ils sont des postes financiers.

Le « bilan » d'aménagement n'indique que les charges et les revenus dès la phase des investissements et jusqu'à l'achèvement des travaux d'aménagement. Il ne permet pas d'anticiper l'évaluation des retours (bénéfices) sur les investissements qui apparaissent plus tard.

critère	indicateur	explication	unité	Objectif à atteindre
Bilan	revenus	Recettes liées au processus d'aménagement d'un hinterland.	monétaire	augmenter
	charges	dépenses liées au processus d'aménagement d'un hinterland	monétaire	minimiser

Tableau 5-8 Quelques critères relatifs au « Bilan »

### 3.3.3: Implantation des tronçons :

Elle est évaluée par la distance entre les pôles de consommation et les axes routiers ou ferroviaires.

On cite dans le tableau ci-dessous, à titre indicatif, quelques indicateurs qui déterminent la qualité de service du réseau de transport.

critère	Indicateur	explication	unité	Objectif à atteindre
Implantation des tronçons	Accessibilité	Distance entre le site et les axes autoroutiers	Km	minimiser
		Distance entre le site et les voies ferrées	Km	minimiser

Tableau 5-9 Quelques critères « qualité de service du réseau de transport »

## Section 2 : Modèle d'optimisation mathématique

Dans cette section, nous proposons d'explicitier l'approche d'aide à la décision adoptée, il s'agit d'une suite d'optimisation des différents maillons constituant la chaîne logistique.

Nous considérons la chaîne logistique composée de fournisseurs, d'entreprises de production, de clients et de prestataires logistiques (qui assurent la fonction d'entreposage et de transport).

Nous traitons dans cette section le problème de la conception de la chaîne logistique comme un problème d'allocation ayant pour objectif l'optimisation d'échange des flux entre le port, « le **bâtiment logistique**<sup>14</sup> » et les « **pôles de consommation**<sup>15</sup> ». Néanmoins, la conception du maillon « prestataire logistique » est considérée comme un problème de localisation-allocation puisqu'il s'agit de sélectionner le meilleur site pour implanter le bâtiment logistique et d'optimiser l'échange des flux (Sassi et al., 2019).

Nous citons pour chaque maillon, les différentes hypothèses et composantes du modèle mathématique. Nous optons pour la programmation linéaire pour formuler les modèles d'optimisation.

### **1. Optimisation du maillon « prestataire logistique »**

#### **1.1. Maillon « transport »**

Le transport est un maillon essentiel de la distribution portuaire ; en effet, les coûts de transport représentent une part importante du prix de vente ou d'achat.

Afin de simplifier cette modélisation, nous adoptons un réseau de livraison directe où l'entreprise livre directement le produit au client sans passer par un entrepôt de stockage et de distribution.

Nous limitons notre étude au transport routier sachant qu'en réalité le transport est multimodal.

Notre problème consiste à minimiser essentiellement le coût de transport dans l'hinterland entre le port et le bâtiment logistique, au niveau de :

- La logistique amont : du fournisseur à l'entreprise de production.
- La logistique aval : de l'entreprise de production aux clients.

---

<sup>14</sup> Plateforme logistique ou entrepôt

<sup>15</sup> Fournisseur, entreprise de production ou client

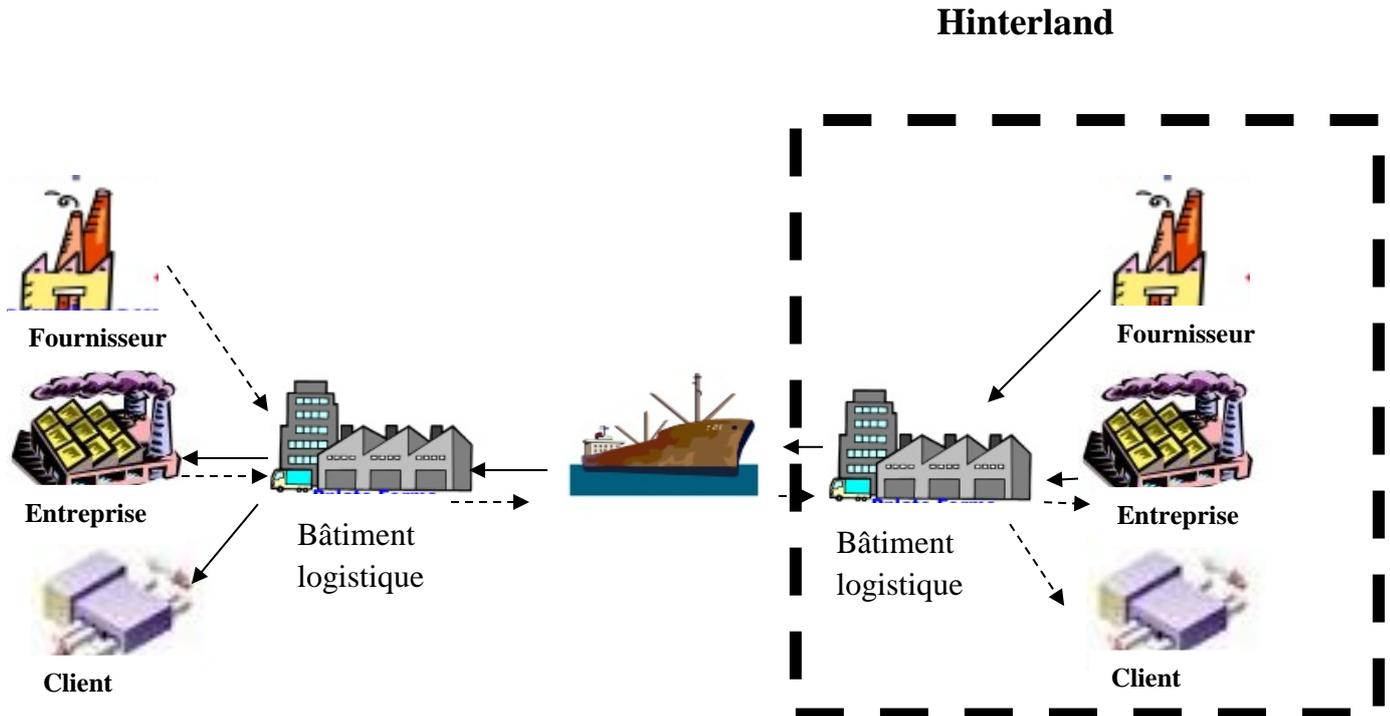


Figure 5-10 réseau de distribution adoptée

### 1.1.1. Indices

$P$  : l'ensemble des pôles de consommations  $p$ ,  $p \in \{1...P\}$ .

$T$  : l'ensemble des moyens de transport  $t$ ,  $t \in \{1...T\}$ .

$D$  : l'ensemble des délais de transport  $d$ ,  $d \in \{1...D\}$ .

### 1.1.2. Paramètres

$QT_d$  : quantité de marchandise transportée dans un délai  $d$ .

$CU_{dt}$  : coût unitaire de transport de marchandise entre le port et le bâtiment logistique avec un moyen de transport  $t$ .

$CU'_{pdt'}$  : coût unitaire de transport de marchandise entre le bâtiment logistique et le pôle de consommation avec un moyen de transport  $t'$ .

$PTAC_t$  : poids total autorisé en charge du moyen de transport  $t$  utilisé entre le port et le bâtiment logistique.

$PTAC_{t'}$  : poids total autorisé en charge du moyen de transport  $t'$  utilisé entre le bâtiment logistique et le pôle de consommation.

$PR_t$  : le pourcentage de marchandise relative au pôle de consommation transportée par le moyen de transport  $t$ .

$QM_{pd}$  : quantité de marchandise relative à un pôle de consommation destiné à être transportée dans une période d.

$DLA_p$  : le délai de livraison ou d'approvisionnement de marchandise exprimé par un pôle de consommation p.

### 1.1.3. Variables de décision

$Q_{dt}$  : quantité de marchandise transportée entre le port et le bâtiment logistique pendant la période d et par le moyen de transport t.

$Q_{pdt'}$  : quantité de marchandise transporté entre le bâtiment logistique et le pôle de consommation p pendant la période d et par le moyen de transport t'.

### 1.1.4. Fonction objectif de transport

La fonction (1) vise à minimiser les coûts de transport entre le port et le bâtiment logistique ainsi que les coûts de transport entre le bâtiment logistique et le pôle de consommation.

$$Min(\sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T CU_{dt} * Q_{dt} + \sum_{p=1}^P \sum_{d=1}^D \sum_{t'=1}^{T'} CU_{pdt'} * Q_{pdt'}) \quad (1)$$

### 1.1.5. Contraintes

#### Contraintes relatives aux charges de transport :

Les contraintes (2) et (3) supposent que la quantité transportée ne doit pas dépasser le poids total autorisé en charge du moyen de transport.

Nous devons signaler qu'un moyen de transport t peut transporter des marchandises relatives aux différents pôles de consommation. Pour cette raison, nous multiplions la capacité de transport par le pourcentage de marchandise transportée relative au pôle de consommation étudié.

$$Q_{dt} \leq PTAC_t * PR_t \forall t, d \quad (2)$$

$$Q_{pdt'} \leq PTAC_{t'} \forall p, t', d \quad (3)$$

$$Q_{dt}, Q_{pdt'} \geq 0 \forall p, t, t', d \quad (4)$$

La contrainte (4) indique que les quantités sont positives ou nulles.

## 1.2. Maillon « bâtiment logistique »

Ce maillon regroupe les opérations de fonctionnement du « bâtiment logistique<sup>16</sup> ». La fonction (6) vise à minimiser le coût de stockage qui regroupe l'ensemble des coûts relatifs aux opérations du fonctionnement du bâtiment logistique.

### 1.2.1. Paramètres

$CS_d$  : coût de stockage dans le bâtiment logistique pendant la période d.

$PS_p$  : pourcentage de marchandise stockée relative à un pôle de consommation p.

$Q_{dt}$  : quantité de marchandise transportée entre le port et le bâtiment logistique pendant la période d et par le moyen de transport t.

$Q_{pdt'}$  : quantité de marchandise transportée entre le bâtiment logistique et le pôle de consommation p pendant la période d et par le moyen de transport t'.

### 1.2.2. Variables de décision

$TS_d$  : taux de stockage dans le bâtiment logistique pendant la période d.

### 1.2.3. Fonction objectif de fonctionnement

La fonction (6) vise à minimiser le coût de stockage dans le bâtiment logistique.

$$\text{Min}(\sum_{d=1}^D CS_d * TS_d) \quad (6)$$

### 1.2.4. Contraintes

Contrainte relative au taux de stockage :

La contrainte (7) détermine le taux de stockage dans un délai d. Il est calculé par le niveau des marchandises stockées dans le bâtiment logistique à l'instant (d-1) en ajoutant la quantité entrante et en réduisant la quantité sortante.

$$TS_d = TS_{(d-1)} + \sum_{t=1}^T Q_{dt} - \sum_{t'=1}^{T'} Q_{pdt'} \quad (7)$$

La contrainte (8) précise que le taux de stockage est positif ou nul.

---

<sup>16</sup> Plateforme logistique ou entrepôt

$$TS_d \geq 0 \forall d \quad (8)$$

Contrainte relative à la taille du bâtiment logistique :

La contrainte (9) indique que le taux de stockage ne doit pas dépasser la capacité de stockage du bâtiment logistique CSBL. Bien évidemment, le bâtiment logistique regroupe des marchandises relatives à plusieurs pôles de consommation. Pour cette raison, nous multiplions le pourcentage de marchandises stockées relatives à chaque pôle par la capacité de stockage du bâtiment logistique.

$$TS_d \leq CSBL * PS_p \quad (9)$$

**2. Optimisation du maillon « pôles de consommation »**

Ce maillon regroupe les opérations de fonctionnement du « pôles de consommation ». La fonction (10) vise à minimiser les coûts d'approvisionnement ou de livraison de marchandise relative à un pôle de consommation.

**2.2.1. Paramètres**

$Capliv_p$  : Coût d'approvisionnement ou de livraison de marchandise relative à un pôle de consommation p à la période d (le cout du transport et la valeur de la marchandise).

**2.2.2. Variables de décision**

$QM_{pd}$  : quantité de marchandise relative à un pôle de consommation destiné à être transportée dans une période d.

**2.2.3. Fonction objectif de fonctionnement**

$$Min(\sum_{p=1}^P \sum_{d=1}^D Capliv_p * QM_{pd}) \quad (10)$$

**Section3 : Enjeux du choix de l'approche d'analyse multicritère**

Nous proposons dans cette thèse un modèle hybride en combinant le SIG et l'AMC pour optimiser les décisions d'aménagement du territoire et de la chaîne logistique simultanément.

Dans le domaine d'aide à la décision multicritère, généralement, on cherche à trouver une « solution optimale », alors il est probable que cette solution existe dans la théorie mais elle ne peut pas être réalisable sur le territoire comme une solution possible. Pour cette raison il est nécessaire de noter qu'on cherche « le meilleur compromis » en prenant en compte tous les critères de sélection. Selon l' [OCDE/JRC, 2005] « *La solution de compromis n'apporte pas une optimisation de chaque critère* ».

Il faut noter que ce meilleur compromis est modifiable selon les préférences des acteurs impliqués (l'importance des critères donnés par les acteurs).

### **1. Les méthodes multicritères d'aide à la décision**

Comme nous avons vu dans le précédent chapitre que la notion multicritère est liée au concept d'aide à la décision et que plusieurs critères (les entrées) ont une influence sur la décision prise par un décideur qui est un acteur parmi d'autres dans le processus de décision tout en tenant compte des avis des autres acteurs impliqués. Notre choix de ce type de méthodes revient à la possibilité de traiter des problèmes à objectifs multiples tout en prenant en compte des critères très divers et souvent hétérogènes.

Rappelons aussi que les méthodes multicritères sont nombreuses. On peut noter dans ce cadre les références de base de l'aide multicritère à la décision : L'école américaine et l'école européenne.

Nous n'avons pas l'intention de développer ces différentes écoles dont nous proposons uniquement les définitions de ces deux écoles.

Ces deux écoles sont assez différentes :

- L'école américaine : elle utilise la fonction d'utilité additive. Elle se base sur la combinaison des valeurs d'utilité en une note globale pour l'action. La note globale d'une action est la somme pondérée de la note de chaque critère multiplié par son poids.
- L'école européenne : elle se base sur les méthodes de classement entre les actions potentielles. Les méthodes les plus utilisées sont ELCTRE et PROMETHEE. Le classement final des actions est représenté dans un graphe de classement.

Les méthodes d'analyse multicritères se distinguent selon le type de problématique à traiter (Roy,1985). On présente dans le tableau ci-après les différents types de problématiques en se basant sur le travail de Roy.

Problématiques	Résultats	Objectifs
Alpha ( $\alpha$ )	Un choix ou une procédure de sélection	Sélectionner l'action la plus satisfaisante
Beta( $\beta$ )	Un tri ou une procédure d'affectation	regrouper les actions selon des catégories (bonne , moins bonne, mauvaise)
Gamma ( $\gamma$ )	Un rangement ou une procédure de classement	Classer les actions selon leurs ordres de mérite et choisir un nombre d'actions parmi les meilleurs.
Delta( $\delta$ )	Une description ou une procédure cognitive	

Tableau 5-10 Classification des problématiques

## 2 Le processus d'analyse multicritère

Toutes ces méthodes se basent sur quatre étapes, dont les trois premières sont communes pour toutes les méthodes [Roy, 1985].

- Citer une liste des actions potentielles
- Citer une liste des critères à prendre en considération.
- Établir un tableau de performance
- Agréger les performances (établir un modèle des préférences globales sur un ensemble des actions potentielles).

### 2.1. La sélection des actions potentielles

La sélection des actions est basée sur deux échelles d'analyse :

- Le territoire : à l'échelle du territoire, la méthode est constituée, d'une double entrée : quantitative et qualitative, à définir les possibilités d'implantation des plateformes.
- La plateforme logistique : d'après les expériences déjà menées, l'implantation des plateformes logistiques joue un rôle déterminant dans la pratique : le lien entre le port et les entreprises, les lieux de stockage, de stationnement des moyens de transport, les conditions de manutention, etc., sont autant des points clés déterminants de la performance d'une plateforme logistique.

## Expérimentation du modèle

Cette étape doit permettre de sélectionner un périmètre d'étude et d'afficher des informations à son sujet.

### **2.2. Le processus de construction des critères :**

Selon (Maystre, 1999), les critères permettent de différencier les scénarios (les actions). Les critères sont souvent en conflit les uns avec les autres (Schärli, 1985). À titre d'exemple, le critère économique « l'action la moins coûteuse » peut être en contradiction avec le respect de réglementations. Pour cette raison, dans ce contexte, l'optimalité (le choix de la meilleure solution) est impossible puisqu'une solution peut être optimale selon certains critères sans l'être selon d'autres (Schärli, 1985).

### **2.3 matrice des évaluations**

La matrice des évaluations est un tableau à double entrée :

- Les colonnes : représentent les critères de sélection.
- Les lignes : représentent les actions potentielles.

Elle donne l'ensemble des évaluations des actions selon leurs critères.

Les acteurs impliqués affectent une importance aux critères de sélection (poids  $p_i$ ). Le poids est de deux types :

- Poids ordinal : il représente l'ordre d'importance d'un critère par rapport aux autres critères (très important, important, peu important).
- Poids cardinal : il donne plus de précision sur l'importance des critères. Il est sous forme d'un chiffre ou d'un pourcentage.

Les acteurs concernés par les problèmes de développement durable se sont mis d'accord sur le fait que les impacts n'ont pas le même poids. Néanmoins, un consensus autour des poids est souvent compliqué à avoir.

Des nombreux acteurs et porteurs d'enjeux de nature différente, sont confrontés au besoin de partager une même ressource, ils doivent aboutir à un compromis concernant la stratégie de la gestion territoriale.

## 2.4. L'agrégation :

Les actions seront classées selon leurs valeurs d'utilité. Ces derniers sont les données d'un processus d'agrégation qui permet de donner une valeur de préférence pour chaque action, ce qui permet, par la suite de déterminer le classement.

Les méthodes d'agrégation des performances dépendent du type d'approche :

Approche	Agrégation
Approche du critère unique de synthèse	Agrégation complète
Approche du surclassement de synthèse	Agrégation partielle
Approche du jugement local	Agrégation locale

*Tableau 5-11 Approches opérationnelles et agrégations*

- L'approche opérationnelle de critère unique de synthèse : elle se base sur l'optimisation en revenant à un seul critère.
- L'approche opérationnelle du surclassement de synthèse : elle se base sur la comparaison des actions deux à deux en premier lieu, puis l'élaboration d'une synthèse par l'exploitation de la méthode de surclassement.
- L'approche opérationnelle de critère unique de synthèse : elle se base sur la mise en jeu d'un nombre limité d'actions sans aucune règle. En fait, l'interaction entre le décideur et l'homme d'étude est organisé suite à un protocole.

## 3. PROMETHEE

Le choix de la méthode d'aide à la décision multicritère dépend de la nature du problème (Joerin, 1998).

Notre choix se porte sur la méthode « Prométhée » à travers la problématique « alpha » qui permet de sélectionner l'action la plus satisfaisante. Ce choix est justifié par l'approche de surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité (agrégation partielle). Ce choix revient suite à l'exclusion de l'approche du critère unique qui traite la problématique d'analyse monocritère et l'approche du jugement local qui ne permet pas de trouver les meilleures actions.

Il faut noter que pour l'application numérique, il s'agit d'établir à partir des évaluations des indicateurs un classement sans faire appel à des coefficients de pondération des critères. En effet, le choix des coefficients de pondération des critères est un choix politique qui revient au décideur en tenant compte des avis des autres acteurs.

Pour ce problème de décision et suite à l'absence de pondération des critères, on a recours à la méthode Prométhée qui permet de remplacer le surclassement par une notion de préférence large.

L'avantage des méthodes d'agrégation partielle est la possibilité d'utiliser des critères hétérogènes c'est à dire sans l'obligation de les convertir en une unité commune.

Le tableau des performances donné par la table TAB constitue le point de départ de la méthode Prométhée. Il rassemble pour chaque solution (ressource) des évaluations pour chaque critère des échelles de préférence. Ces critères doivent être soit croissantes (valeur à maximiser) soit décroissantes (valeur à minimiser). Le tableau contient également les poids et les seuils.

### **Section 4 : expérimentation du modèle**

Le but de cette étude est la conception d'un outil d'aide à la décision pour l'AT et plus précisément la problématique de localisation d'un site pour effectuer un projet de construction d'une plateforme logistique afin de desservir un port.

L'objectif de ce chapitre est d'expérimenter le modèle décisionnel SMAG et de présenter une étude du cas accompagnée d'une discussion des résultats obtenus.

#### **1. Outils de développement du modèle**

La réalisation de notre modèle a nécessité divers outils et logiciels d'analyse et de développement.

MapInfo : C'est un outil de type Système d'Information Géographique. Il a permis, dans notre étude, de visualiser et de modifier les différentes bases de données géographiques utilisées selon le besoin. Il nous a permis notamment de localiser correctement la zone d'étude ainsi que les régions environnantes. Il nous a aussi permis de recueillir des données essentielles telles que l'hinterland, le trafic, les terrains vagues, l'urbanisme etc...

PROMETHEE : est une approche prescriptive d'analyse multicritère du problème présentant un nombre d'actions (ou décisions) évaluées selon plusieurs critères. Elle est associée à l'approche descriptive, qui permet de visualiser les conflits et les synergies entre critères.

Cet outil nous a permis d'analyser, d'étudier et de proposer des actions en fonction des résultats obtenus vis-à-vis des critères

#### **2. Etude de cas et résultats expérimentaux**

La problématique traitée dans cette étude est celle de la localisation qui consiste à la recherche d'une surface la plus satisfaisante à certains critères.

##### **2.1. Délimitation du périmètre d'étude**

La région d'étude de notre cas se situe aux alentours du port de Radés au nord de la Tunisie. En effet, bien que la Tunisie possède de nombreux ports, nous avons porté notre choix sur celui de Radès et ses alentours. Le SIG, comme le montre la figure ci-dessous nous permet d'avoir une vue globale de la zone à étudier.



Figure 5-11 Présentation détaillée du port de Radès

Ci-dessus nous voyons de façon précise le port de Radès et ses environs, nous pouvons d'ores et déjà apercevoir, un important trafic routier aux alentours du port et bien sûr une vaste étendue d'eau qui peut échanger une quantité importante de marchandises. Il est donc crucial de construire une plateforme capable correctement de desservir ce port.

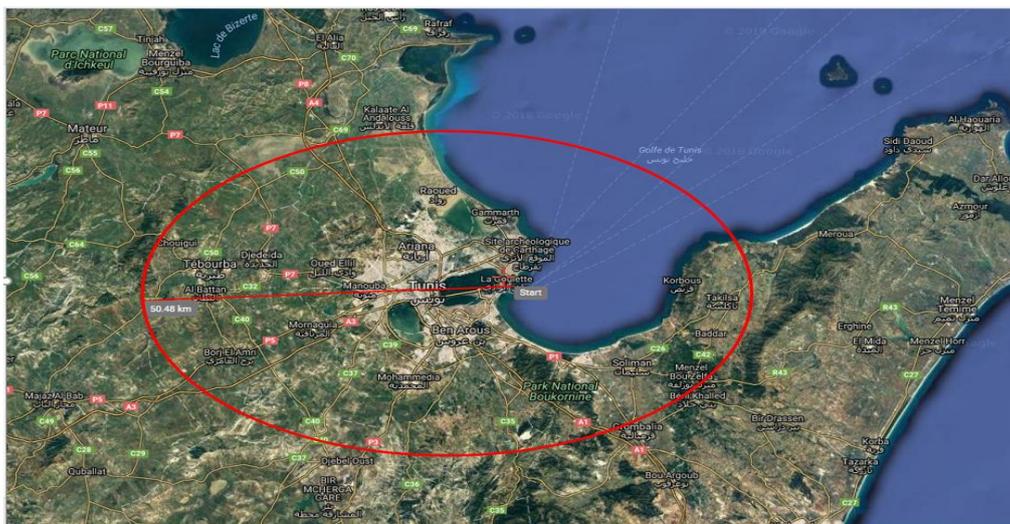


Figure 5-12 Vue globale du port de Radès

Ici nous apercevons de façon plus globale les alentours du port de Radès, le cercle rouge représente l'hinterland, qui est approximativement de 50 km de rayon. C'est dans ce rayon que nous allons déterminer les zones potentielles à la construction de la plateforme

## 2.2. Définition des critères

Une fois le périmètre d'étude est fixé, il est important d'établir des critères. Cette étape consiste à la définition des facteurs pris en considération lors de la décision pluridisciplinaire. Cette famille de critères doit répondre à la condition de cohérence : les critères doivent être exhaustifs et non redondants. Les critères choisis sont :

## Expérimentation du modèle

- La superficie de la zone choisie : c'est un critère à maximiser, plus il est élevé, plus la zone est favorable à l'implantation de la plateforme
- La proximité par rapport à une voie routière : ce critère, en revanche, est à minimiser car nous devons optimiser la fluidité du transport autour du quai
- La distance vis-à-vis du port : c'est un critère important à minimiser car il s'agit du chemin à parcourir par un véhicule entre la zone du port et la plateforme. Il est important de préciser que cette distance ne se calcule pas en vol d'oiseau mais par la distance routière parcourue sur une voie principale.

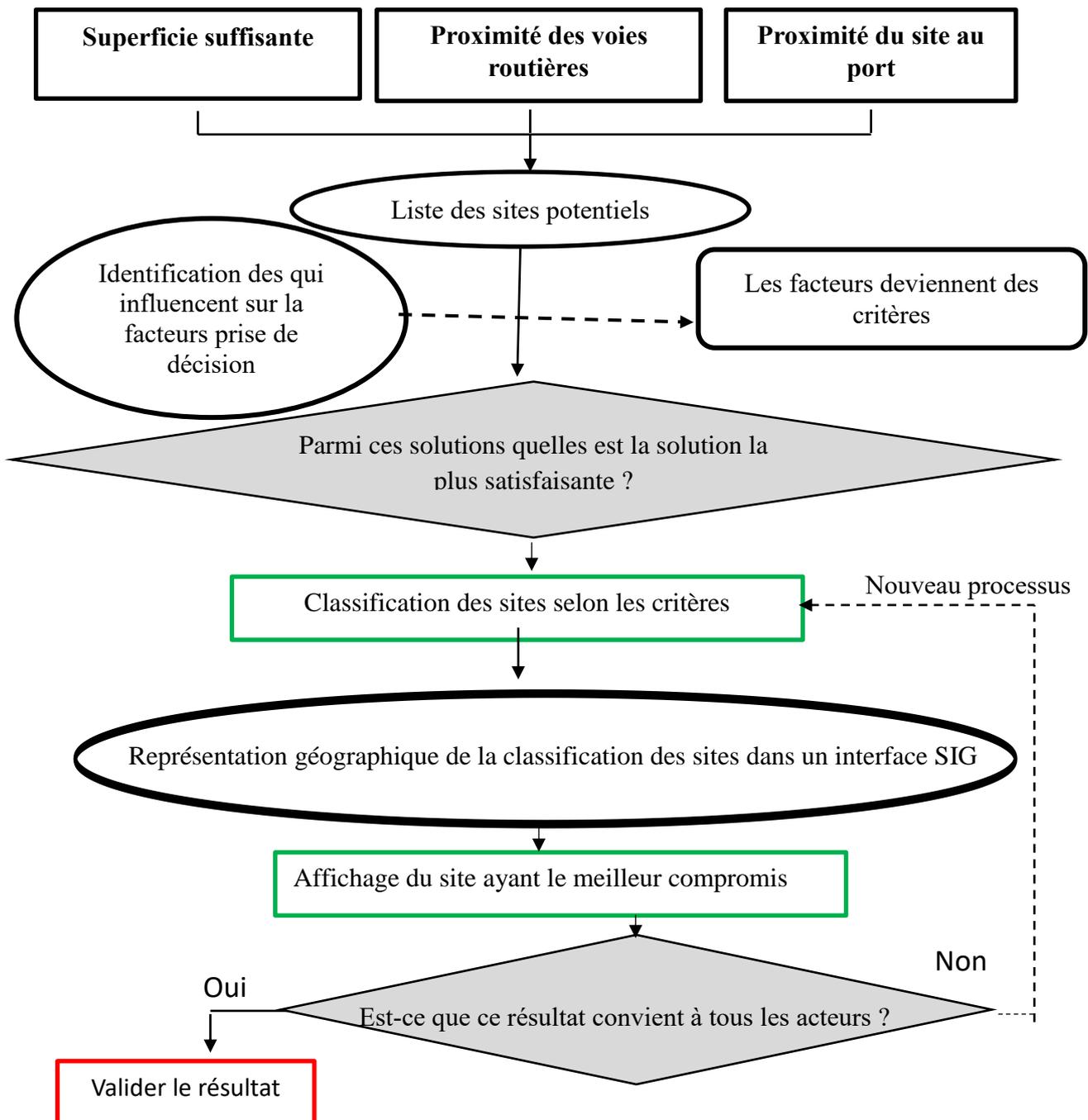


Figure 5-13 Application de la démarche proposée

### 2.3. Implémentation AMC

Une fois les données géographiques collectées et les critères établis, nous devons passer maintenant à la phase de couplage avec l'analyse multicritère. Pour cela, comme il est annoncé, nous utilisons la méthode PROMETHEE. Cette méthode dispose d'un système de classement appelé, Prométhée Ranking, et d'un outil permettant la mise en pratique d'un scénario.

Tout d'abord nous devons insérer les données collectées, à savoir les zones et les critères.

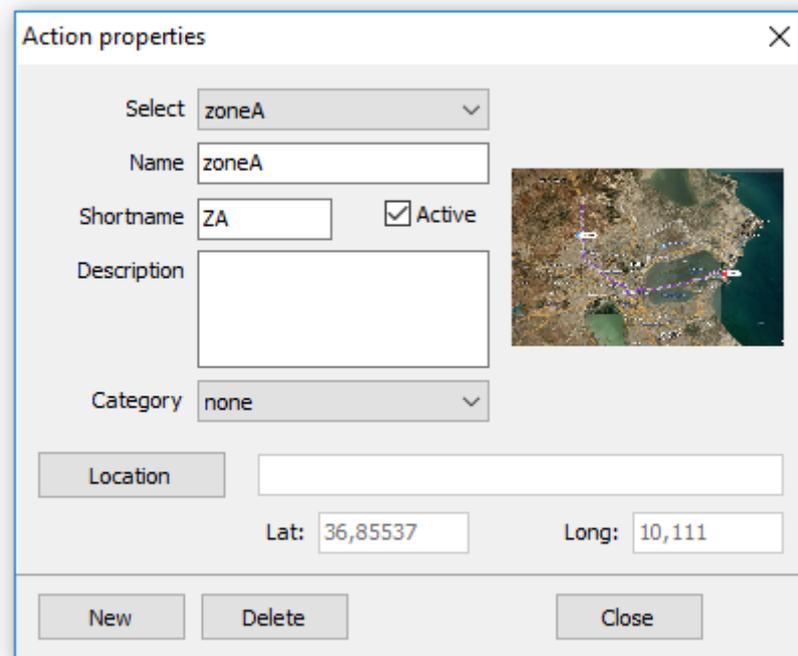


Figure 5-14 Insertion des zones

Sur la figure ci-dessus, nous voyons de quelle manière se fait l'insertion des zones sélectionnées dans le logiciel, nous inscrivons le nom, l'image et les coordonnées géographiques. Par la suite, nous devons insérer les critères prédéfinis.

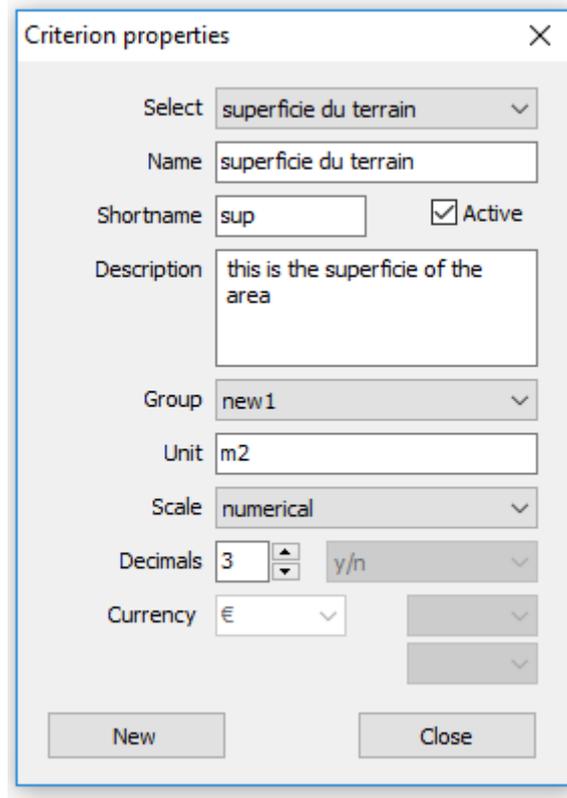


Figure 5-15 Sélection des critères

Ici nous pouvons voir l’insertion des critères. Nous insérons le nom, l’abréviation, la description, l’unité, etc. Toutes ces données nous aident à faire la classification des résultats.

Par la suite, nous devons entrer les données acquises grâce au SIG à savoir, les coordonnées, les distances (la distance par rapport au port et aussi par rapport aux voies routières) comme le montre la figure ci-dessous

<input checked="" type="checkbox"/>	zoneA		32400,000	433,000	32,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneB		109626,000	772,000	27,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneC		18 12522,000	182,000	20,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zone D		40040,000	147,000	18,00

Figure 5-16 Données des zones

Dans la première colonne nous pouvons voir les valeurs de la superficie des zones, elle est exprimée en (m<sup>2</sup>). La deuxième colonne représente la distance par rapport aux voies routières, exprimé en mètre (m). Et enfin la dernière colonne représente la distance vis-à-vis du port exprimé en (Km). Comme nous pouvons voir, certains chiffres sont en rouge et d’autres en vert, le logiciel commence d’ores et déjà à classer les zones et les critères du plus grand au plus petit.

## Expérimentation du modèle

Il y'a également d'autres indications à rajouter lorsqu'on insère les critères, il s'agit des spécifications des données. Ces spécifications permettent au logiciel d'établir un classement et d'analyser les informations que nous avons inséré.

<b>Preferences</b>					
Min/Max		max	min	min	
Weight		1,00	1,00	1,00	
Preference Fn.		V-shape	Linear	V-shape	
Thresholds		absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference		n/a	5,000	n/a	
- P: Preference		15,000	30,000	2,00	
- S: Gaussian		n/a	n/a	n/a	
<b>Statistics</b>					
Minimum		32400,000	147,000	18,00	
Maximum		1812522,000	772,000	32,00	
Average		498647,000	383,500	24,25	
Standard Dev.		759162,614	249,958	5,58	
<b>Evaluations</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneA		32400,000	433,000	32,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneB		109626,000	772,000	27,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneC		1812522,000	182,000	20,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zone D		40040,000	147,000	18,00

Figure 5-17 Spécifications des données

L'interface est divisée en 3 grands tableaux, le dernier est déjà expliqué, le premier représente les spécifications (le critère est à maximiser ou à minimiser, le poids de ce dernier, l'évolution au fil du temps etc...). Le deuxième indique le résultat.

Cette dernière phase représente la fin de l'étape de l'insertion des critères, dans la partie suivante nous allons décortiquer, analyser et tirer des conclusions relatives à notre problématique.

### 2.4. Analyse et résultats

Dans cette partie nous allons passer à l'analyse ainsi qu'à l'interprétation des résultats. Le logiciel Prométhée dispose d'outils d'analyse de classement en fonction des données entrées. Nous allons

décortiquer quelques-uns de ces outils et essayer d'en tirer quelques conclusions.

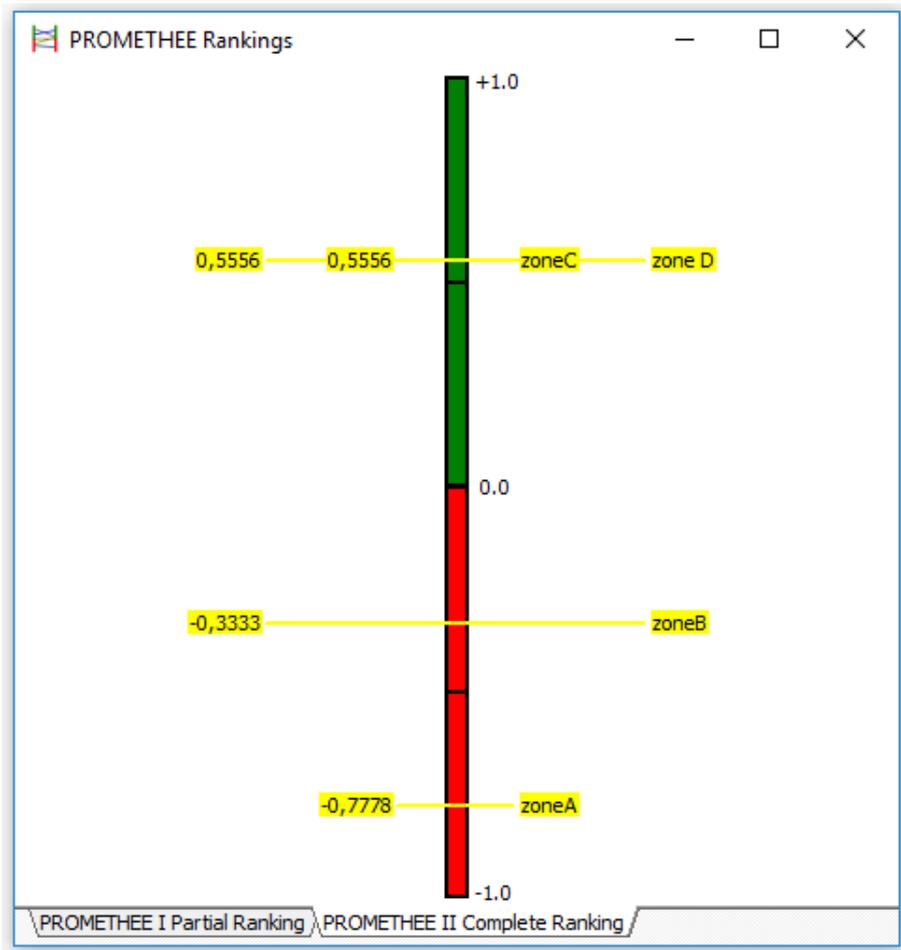


Figure 5-18 Classement des zones

L'outil ci-dessus, nous montre le classement qu'a fait l'outil Prométhée, à l'aide des critères appelés Phi. D'après cette méthode nous pouvons voir que les zones C et D sont en égalité avec 0.5556 tandis que la zone B et la zone A sont plus en dessous avec respectivement -0.333, et -0.7778.

Nous pouvons en déduire, que, d'après la méthode de classement, il est avantageux de choisir la zone C et la Zone D plutôt que les zones B et A pour l'implantation de notre plateforme.

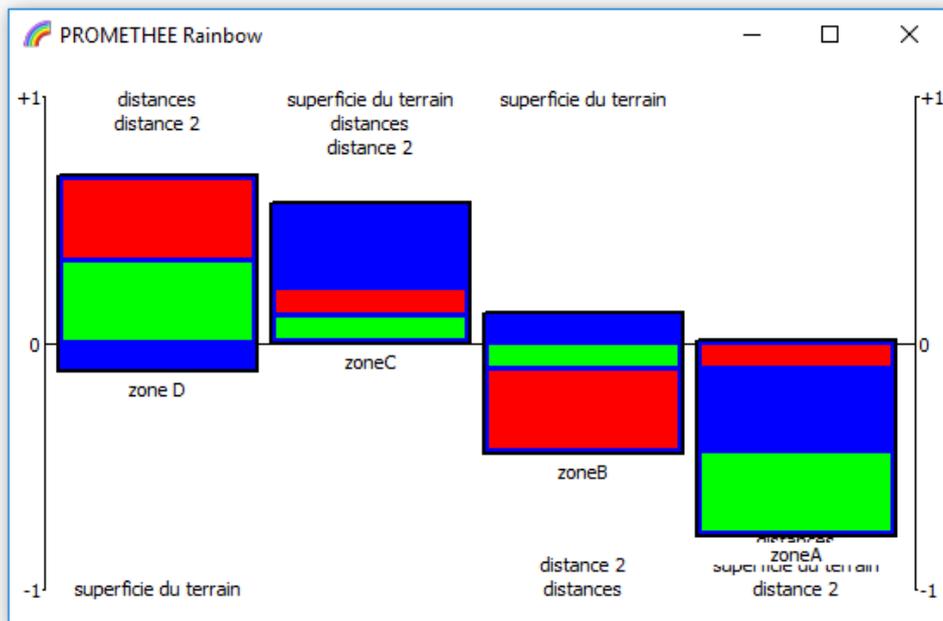


Figure 5-19 Promethee Rainbow

Cet outil appelé « PROMETHEE Rainbow » est un diagramme multicolore représentant les 4 zones en forme de 4 rectangles. Ces zones sont classées selon la méthode de classement vue précédemment. L'avantage avec cet outil est qu'il nous permet d'avoir une précision sur l'évaluation des critères, C'est-à-dire qu'il compare les critères les uns par rapport aux autres.

La couleur rouge représente la proximité de la voie routière, plus la surface rouge est grande plus la zone est proche de la voie routière principale.

La couleur verte quant à elle symbolise, la distance vis-à-vis du port, plus la surface verte est grande plus nous pouvons dire que la zone est proche du port sélectionné à savoir le port de Rhadés.

Enfin la zone bleue est la superficie, plus elle est importante plus la surface d'accueil de la plateforme est grande.

Nous pouvons aussi remarquer qu'il y a un repère formé d'un axe horizontal, et de deux axes verticaux. Ainsi, plus la surface d'une zone tend vers le haut, plus elle est préférable par rapport aux autres. Par exemple la zone D a un rectangle rouge et un rectangle vert qui tendent vers le haut plus que ceux de la zone C. Cela veut dire que pour la zone D les distances par rapport aux voies routières et par rapport au port sont plus petites que celles de la zone C. nous pouvons encore le remarquer dans la figure ci-dessous.

<input checked="" type="checkbox"/>	zoneA		32400,000	433,000	32,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneB		109626,000	772,000	27,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zoneC		1812522,000	182,000	20,00
<input checked="" type="checkbox"/>	zone D		40040,000	147,000	18,00

Sur ce tableau nous pouvons voir les critères de la zone D en vert. Ce qui indique qu'ils sont préférables par rapport aux autres zones

Figure 5-20 Données des zones

Les outils d'analyse permettent de comparer les résultats en fonctions des poids des critères. Ils nous permettent donc de mesurer l'impact d'un changement de poids des critères sur le classement final des zones.

Sur la figure ci-dessous, nous pouvons voir le classement initial lorsque tous les critères ont le même poids. Les zones D et C sont en tête suivies des zone B et A.

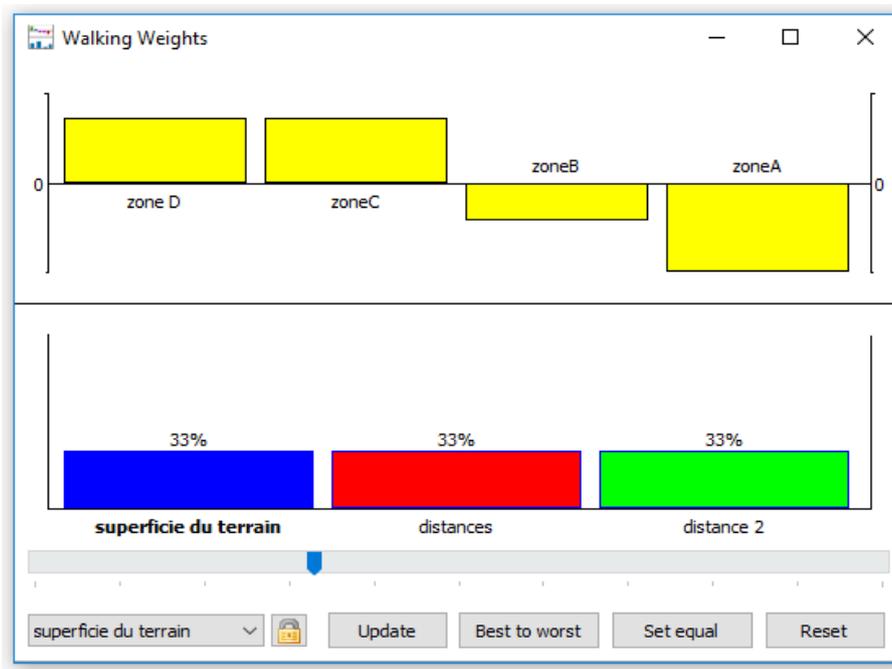


Figure 5-21 classement initial

Par la suite sur la barre en bas nous pouvons faire des changements en augmentant le pourcentage (le poids) alloué à chaque critère. Nous allons d'abord augmenter celui correspondant à la superficie.

## Expérimentation du modèle

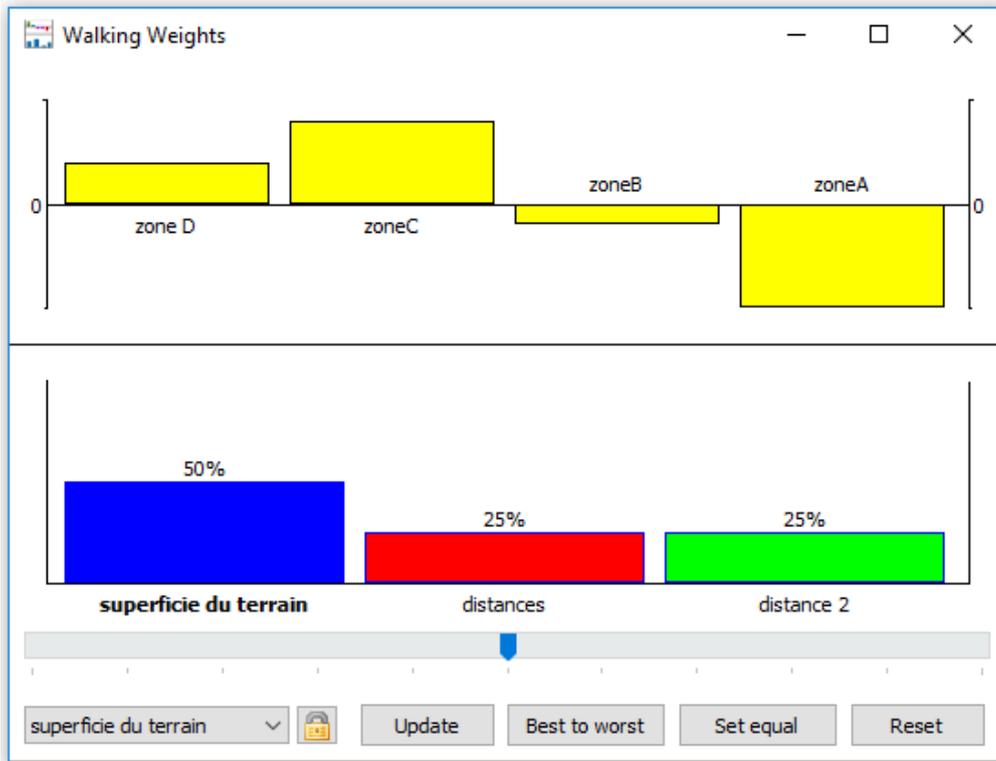


Figure 5-22 Classement en ajoutant du poids à la superficie

Lorsque nous ajoutons du poids au critère superficie, la zone C devient la zone préférable par rapport à la zone D.

Cependant lorsque nous choisissons un autre critère à savoir la distance par rapport au port par exemple nous obtenons un autre résultat.

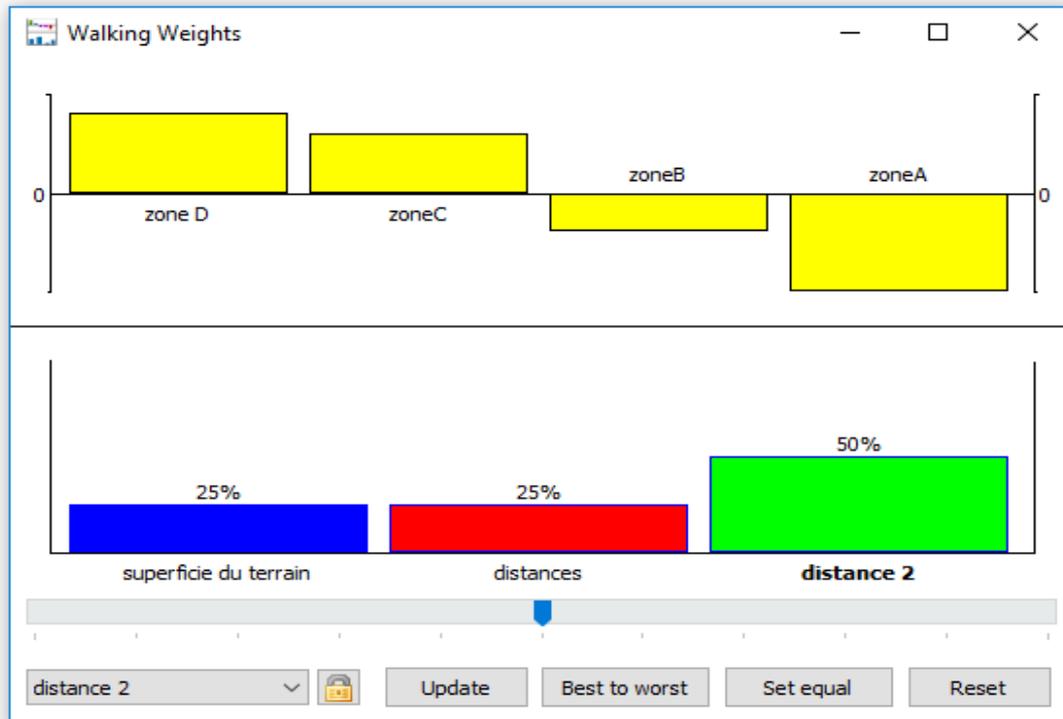


Figure 5-23 Résultat en ajoutant du poids à la distance par rapport au port

Comme nous pouvons le voir, la zone D devient préférable par rapport aux autres zones.

Le résultat de l'analyse ne dépend pas seulement de la valeur attribuée aux critères mais également du poids de ces derniers.

En définitif, nous pouvons affirmer, compte tenu des critères que la zone D est la zone optimale à l'implantation de notre plateforme car elle est classée la première.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté, dans un premier temps, les contraintes et les critères relatifs à l'aménagement du territoire. Ces critères ont été caractérisés à l'aide :

- Des indicateurs décrivant son état.
- Ou un paramètre donnant une indication mesurée.

Les modèles mathématiques d'optimisation élaborés dans la deuxième section aide à enrichir l'approche méthodologique proposée pour l'aménagement d'un hinterland et de la chaîne logistique proposée. Ces modèles aident à la prise des décisions au niveau :

- Stratégique : relative à la localisation du bâtiment logistique
- Tactique : relative à l'optimisation d'échanges des flux physiques dans l'hinterland.

## Expérimentation du modèle

Nous choisissons d'élaborer un modèle mathématique pour chaque maillon et non pas un modèle intégré car le premier modèle est :

- Beaucoup moins complexe.
- Répond à la caractéristique évolutive de la chaîne logistique.

Bien évidemment, on peut noter comme perspective, la possibilité de la résolution de ces modèles mathématiques à l'aide d'un logiciel de programmation linéaire.

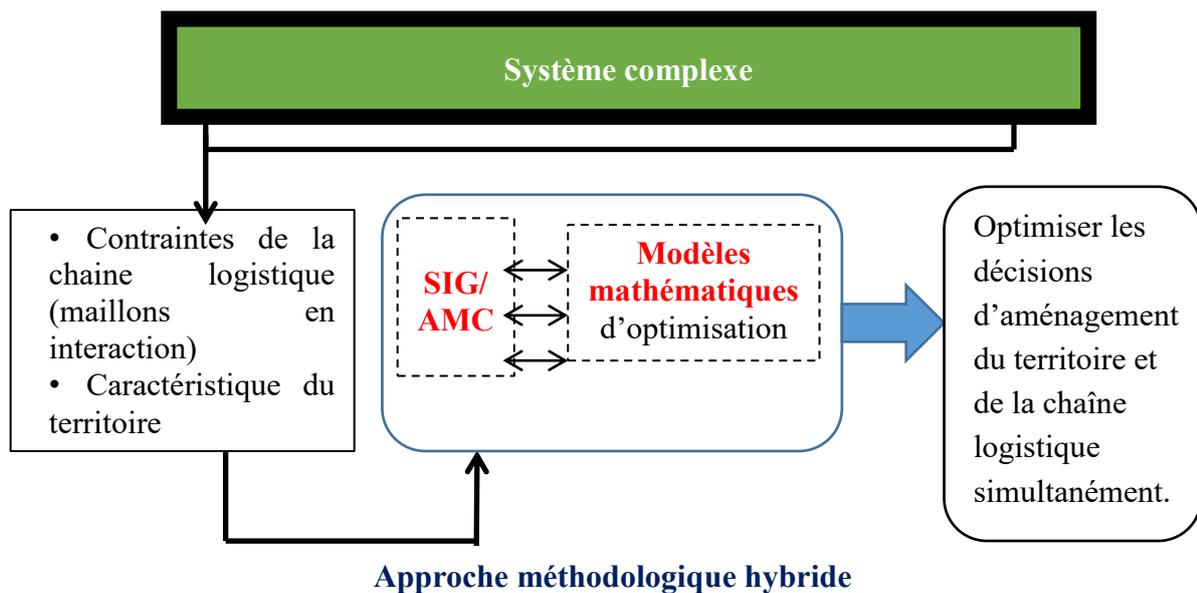


Figure 5-24 Principe de l'approche méthodologique adoptée

Dans un deuxième temps, nous avons validé, ensuite, l'approche méthodologique adoptée sur une étude de cas.

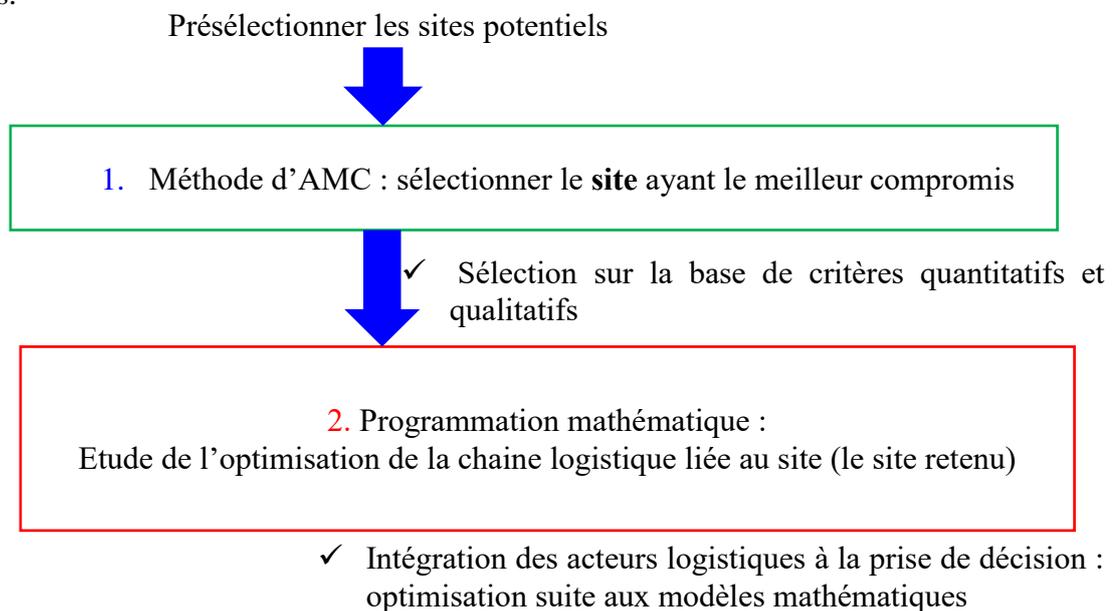


Figure 5-25 Application de la démarche proposée

## **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

Ce travail nous a permis de faire le point sur la prise en compte des critères d'optimisation logistique dans le cadre d'aménagement du territoire et en particulier d'un hinterland.

L'enjeu principal de ce travail est de préserver la ressource territoriale, de limiter les effets dus à la mauvaise utilisation de cette ressource et d'apporter un service de qualité concernant l'échange des flux de marchandises dans l'hinterland.

Nous avons aussi montré la corrélation entre deux concepts de deux disciplines différentes : la logistique et le territoire. L'intégration des contraintes logistiques, nous semble inévitable dans le cadre du développement durable, car elle permet d'optimiser l'échange des flux physiques entre les maillons et elle aide à la résolution du problème de localisation.

Notre modeste contribution vise à proposer une approche méthodologique d'aide à la décision d'un projet d'aménagement d'un hinterland dans un cadre multicritère et multi acteurs dans des conditions plus favorables à l'environnement, à l'efficacité économique et à l'équité sociale. L'approche méthodologique proposée permet d'une part, de renforcer le partage des connaissances sur le territoire et d'autre part, d'analyser des critères multi sources. Un tel outil d'aide à la décision d'un projet d'aménagement n'existe pas encore dans la littérature, ce travail pourra aider à combler cette lacune.

Les préoccupations de ce travail sont de mettre en avant la meilleure décision à prendre parmi plusieurs identifiées et cela par rapport aux objectifs et critères fixés par les acteurs intervenants dans le processus de prise de décision. Cette approche méthodologique peut être utilisée comme un support d'un outil d'aide à la décision à mettre à la disposition de l'autorité décisionnelle en vue d'entreprendre les décisions nécessaires.

Dans le domaine d'aménagement du territoire, les décideurs sont bien souvent confrontés à l'analyse d'un long rapport comprenant, à la fois, des informations quantitatives et qualitatives. Dans ce cadre intervient l'apport des « paniers d'indicateurs » que nous avons proposés ; ce travail doctoral sera utile par la suite dans l'élaboration d'un système d'aide à la décision permettant d'aboutir à une organisation optimale d'un hinterland basée sur le développement durable.

**Limite de la thèse :**

Comme tout travail de recherche, cette étude comporte quelques limites :

Nous avons restreint notre recherche bibliographique à une sélection de quelques récents travaux à cause de la complexité de l'élaboration d'une revue de littérature multidisciplinaire, puisque la problématique d'aménagement du territoire a été traitée par plusieurs approches : l'approche mathématique, économique, informatique et géographique.

Nous pouvons ajouter aussi, dans ce cadre, vu que le concept de durabilité nécessite l'intégration des dimensions environnementales, économiques et sociales, la couverture de tous les indicateurs intégrés dans le processus décisionnel territorial devient assez compliquée ; pour cette raison nous devons noter que la liste des indicateurs que nous avons proposée n'est pas exhaustive, puisque ce travail ne constitue qu'une étape d'un long processus de recherche illustré par des voies de recherche pluridisciplinaire.

**Perspectives :**

Malgré ses limites, ce travail de thèse peut être intégré dans les projets d'aménagement de la zone portuaire.

Notre souhait, c'est de pouvoir appliquer cette approche innovante intégrant les deux disciplines « l'aménagement du territoire » et « la logisrique » dans les projets des ports du futur de Smart Port auxquels nous avons participé (IPASPORT ,etc. ) .

Nous proposons d'appliquer cette approche au :

- projet d'extension et d'aménagement de la zone portuaire du port de Safi. Ce nouveau port charbonnier se situe à 15 kilomètres au sud de la ville de Safi, sera un terminal qui servira la centrale électrique et par ailleurs les installations industrielles et portuaires .
- projet d'extension et d'aménagement de la zone portuaire du port de Radès. Ce projet comprend l'entretien et la construction de plusieurs quais et de plateformes logistiques dans la zone portuaire du Nord-Est de la Tunisie.

On note aussi que ce travail de thèse ouvre des perspectives pour d'autres recherches exploratrices futures.

Nous sommes conscients que chaque maillon d'une chaîne logistique a ses propres spécificités et ses propres caractéristiques , mais nous avons choisi de regrouper les maillons « entrepôt» et

« transporteur » dans un seul maillon « prestataire logistique » ainsi que les maillons « fournisseur », « entreprise de production » et « client » dans un maillon « pôle de consommation » afin de faciliter la compréhension de la chaîne proposée , de ce fait une étude profonde de chaque maillon pourra être un futur travail pour cette étude.

Nous proposons finalement, de développer informatiquement cette approche méthodologique d'un outil d'aide à la décision basée sur le SIG pour analyser la gestion territoriale d'une région bien définie.

## Bibliographie

- [ADEUS, 2012] ADEUS (2012). Grands flux et portes d'entrée de la France : quels enjeux pour les métropoles? *1ere conference cycle économie des territoires , les conférences de l'ADEUS – cycle 2012.*
- [AGAPE, 2009] AGAPE. (2009). SIG et WebSIG des outils au service des territoires. *agence d'urbanisme Lorraine Nord.*
- [Akakba et al., 2014] Akakba, A., KALLA , M., DRIDI , H., & FILLALI , A. (2014). modélisation du plan d'urbanisme de la ville d'el eulma (algérie). apport de l'intelligence territoriale dans la gouvernance urbaine. *Geographie 58*, (pp. 43–56). București.
- [Allen et al. 2012] Allen, J., Browne, M., & Cherrett, T. (2012). Investigating relationships between road freight transport, Facility location, logistics management and urban form. *Journal of Transport Geography*, vol.24, 45-57.
- [Anegg et al., 2002] Anegg, H., Kunczier, H., Michlmaryr, E., Pospischil, G., & Umlauf, M. (2002). Designing a Location Based UMTS Application. *ÖVE-Verbandszeitschrift , Springer.*
- [ANIMA. 2014] ANIMA. (2014) *référentiel -guide méthodologique . economic development through inclusive and local empowerment (juillet 2014).*
- [Armateurs de France.] Armateurs de France. (2018, 01 21). *ArmateursdeFrance*. Récupéré sur ArmateursdeFrance :<http://www.armateursdefrance.org/la-marine-marchande-dans-le-monde>
- [Ayadi , 2010] Ayadi, D. (2010). *optimisation multicritere de la fiabilite: application du modele de goal programming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz.* thèse de doctorat , universite d'angers -universite de sfax.
- [Badariotti , 2006] Badariotti , D. (2006). Le renouvellement urbain en France : du traitement morphologique à l'intervention sociale. *Sciences de l'homme et société-geographie.*
- [Bailly et al. , 2000] Bailly , A., Brun, P., & Rey, M. (2000). Développement social durable des villes : principes et pratiques, Paris.

## Bibliographie

- [**Baroos et al., 2011**] Baroos, C., Botti, L., Peypoch, N., Robinot, E., Solonandrasana, B., & Assaf, G. (2011). Performance of French destinations: Tourism attraction perspectives. *Tourism Management*, 141-146.
- [**Bassolé et al., 2001**] Bassolé, A., Brunner, J., & Tunstall, D. (2001). GIS: Supporting environmental planning and management in West Africa. *USA, World Resources Institute*.
- [**Bassolé et al., 2000**] Bassolé, B. (2000). Liberalisation du marché céréalier au Burkina Faso: une analyse neoinstitutionnelle de son organisation et de son efficacité temporelle et spatiale. *University*.
- [**Baumann, 2011**] Baumann, E. (2011). thèse de doctorat: Modèles d'évaluation des performances économiques, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques. *l'institut national des sciences appliquées de lyon*.
- [**Bavoux et al., 2005**] Bavoux, J.-J., Beaucire, F., Chapelon, L., & Zembri, P. (2005). Géographie des transports. *Armand Colin, Paris*.
- [**Beaufils, 2012**] Beaufils, M., (2012). Fusion de données géoréférencées et développement de services interopérables pour l'estimation des besoins en eau à l'échelle des bassins versants. *thèse de doctorat, école doctorale Arts et Métiers, Laboratoire de Géodésie et de Géomatique*.
- [**Benabdelhafid, 1999**] Benabdelhafid, A., (1999). système d'information de logistique intégré. *Habilitation à diriger des recherches, université du Havre*.
- [**Bendjador et al., 2006**] Bendjador, Y., & Thibault, S. (2006). Durabilité, représentations et planification urbaine. *Presses universitaires François-Rabelais*, 34-39.
- [**Billen et al., 2008**] Billen, R., Laplanche, F., Zlatanova, S., & Emgard, L. (2008). vers la création d'un meta modele générique de l'information spatiale 3D urbaine. *revue XYZ -n114*, 37.
- [**Bouquin, 2001**] Bouquin, H. (2001). *Le contrôle de gestion*. Paris: Presses Universitaires de France.
- [**Bourbonnais, 2010**] Bourbonnais, P. (2010). *thèse de doctorat « Analyse de la performance portuaire de l'arctique canadien »*. Canada: université de Montréal.

## Bibliographie

- [**Brodeur , 2000**] Brodeur J., B. Y.-J. (2000). Modelling geospatial application databases using UML-based repositories aligned with international standards in geomatics. *ACMGIS 2000 november 10-11, Washington USA*.
- [**Brunet-Jolivald , 1999**] Brunet-Jolivald, G., & Holec, N. (1999). Gouvernance, Centre de documentation de l'urbanisme. *Editions de la DGUHC*.
- [**Bucher , 2002**] Bucher, B. (2002). L'aide à l'accès à l'information géographique: un environnement de conception coopérative d'utilisations des données géographiques. *Thèse de doctorat de l'université de Paris 6*, (p. 207).
- [**Callonnet et al., 2017**] Callonnet, G., ADEME, Landa , G., Maillet , P., & Reynes , F. (2017). L'évaluation macro-économique des visions énergétiques 2030-2050 de l'Ademe. *Ademe / Medde*.
- [**Caron , 2005**] Caron, P. (2005). À quels territoires s'intéressent les agronomes ? Le point de vue d'un géographe tropicaliste. *Natures Sciences Sociétés 2005/2 (Vol. 13)*, 145-153.
- [**Cattan et al., 2011**] Cattan, N., & Fretigny , J.-B. (2011). Les portes d'entrée de la France et les systèmes territoriaux des flux. *Des systèmes spatiaux en prospective , territoires 2040*, 61.
- [**CCI , 2006**] CCI. (2006). Enjeux d'Aménagement du territoire et d'Infrastructures en région Centre. *les chambres de commerce et d'industrie de la region centre*.
- [**chakhar , 2006**] chakhar, S. (2006). cartographie décisionnelle multicritère :formalisation et implémentation informatique. *thèse de doctorat en informatique , université Paris dauphine, france*.
- [**Chardine, 2011**] Chardine, E. (2011) thèse de doctorat « Modèles d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaines logistiques », Institut national des sciences appliquées de Lyon.
- [**Chevalier , 1990**] Chevalier, J. (1990). Implantation d'un SIRS en milieu municipal : problème d'informatisation ou problème d'organisation. *La géomatique, voir... à sa mesure*. Montréal: Association de gÉomatique municipale du Québec.
- [**Cleef ,1941**] Cleef, V. (1941). Hinterland and Umland *The Geographical Review*.
- [**Clergue, 1997**] Clergue, G. (1997). L'apprentissage de la complexité. *Paris:Hermés*.

## Bibliographie

- [**COLE et al., 2006**] COLE, S & Villa, A. (2006). L'inter modalité dans le transport de marchandises :ports et hinterlands , transport maritime , y compris celui à courte distance.
- [**Critt, 2017**] Critt (2017, 05 02). *Critt*. Récupéré sur Critt: <http://www.critt-tl.fr/index.php/services>
- [**Dablanc, 2009**] Dablanc, L. (2009). Freight transport for development toolkit: Urban Freight. *Transport Research Support*, 51.
- [**Davoine et al., 2006**] Davoine, P., Moisuc, B., Gensel, J., & Martin, H. (2006). SIHREN : conception de systèmes d'information spatio-temporelle dédiés aux risques naturels. *Revue internationale de géomatique* 16(3-4).
- [**DGET, 2005**] DGET, D. g. (2005). *RÉSEAU TRANSEUROPEEN DE TRANSPORT*. Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes.
- [**DoE. ,1987**] DoE. (1987). Handling Geographic information. Report to the Secretary of State for the Environment of the Committee of enquiry into the Handling of Geographic information, Chairman Lord Chorley, HMSO. *Londres*, 210.
- [**Dubos-Paillard , E., 2005**] Dubos-Paillard , E., & Langlois , P. (2005). MODELISER ET SIMULER L'EVOLUTION URBAINE PAR AUTOMATE CELLULAIRE AVEC SPACELLE. *Colloque international "Fabrique de la ville et mutations des formes d'urbanité"*, Dec 2005, Oran, Algérie.
- [**Ducret, R. , 2014**] Ducret, R. (2014). *thèse de doctorat "nouvelles organisations de la distribution urbaine des colis sur le dernier kilomètre : innover par une approche spatiale"*. France: l'école nationale supérieure des mines de Paris, spécialité sciences de gestion.
- [**Dupont et al., 1998**] Dupont, J., Smitz, J., Rousseau, A., Mailhot , A., & Gangbazo, G. (1998). Utilisation des outils numériques d'aide à la décision pour la gestion de l'eau. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol 11, 5-18.
- [**Eddoug et al., 2015**] Eddoug, K., & El Haq, S. (2015). *Optimisation conjointe des coûts de transport et de stock dans une chaîne logistique de distribution multiniveaux : Une approche basée sur la simulation*. Tanger - Maroc: Xème Conférence Internationale : Conception et Production intégrées,CPI 2015.

## Bibliographie

- [**Faucheux et al., 1998**] Faucheux, S., & Nicolăi, I. (1998). Les firmes face au développement durable : changement technologique et gouvernance au sein de la dynamique industrielle. *Revue d'économie industrielle*, 127-146.
- [**Ferrand, 1997**] Ferrand, N. (1997). Modèles Multi-Agents pour l'aide à la décision et la négociation en aménagement du territoire. *Thèse en informatique, Université Joseph Fourier*, 312.
- [**Finot, 2015**] Finot, J. H. (2015). *La production de données carroyées à l'INSEE: aspects méthodologiques*. Statistique et géographie.
- [**Forrester, 1965**] Forrester, J. (1965). Principles of System. Wright Allen Press. *Traduction française. Principes des Systèmes, Lyon : Presses Universitaires de Lyon (1985)*.
- [**Frémont, 2007**] Frémont, A. (2007). le monde en boites : conteneurisation et mondialisation . *Synthèse INRETS n°53*.
- [**Ganzetti-Gemin et al., 2011**] GANZETTI-GEMIN , F., BOURGET , E., & BARRAY, F. (2011). Les paysages en Bretagne. *poster de vulgarisation scientifique ,commandé et édité par la région de Bretagne*.
- [**Gouiza, 2015**] Gouiza, F. (2015). *Thèse de doctorat «modélisation et évaluation des performances de la chaîne de transport intermodal de porte à porte le cas du corridor de la vallée de seine»*. université du Havre –Laboratoire LMAH du Havre.
- [**Goze, 2009**] Goze, B. (2009). Les défis de la logistique de distribution à l'horizon 2035. *Management & Avenir, 2009/4 n° 24*, 217-236.
- [**Graillot , 1998**] Graillot, L. (1998). Emotions et comportement du consommateur. *Recherche et Applications en Marketing, 13(1)*, 5-24.
- [**Groger et al. 2008**] Groger, G. T., Kolbe, T., Czerwinski, A., & Nagel, C. (2008). OGC city geogrpghy markup language (city GML) encoding standard. open GIS encoding standard.
- [**Guigou et al., 2001**] Guigou , J., & Parthenay , D. (2001). *Aménagement du territoire-de la France éclatée à la France maillée : la nécessaire modernisation de nos cadres territoriaux d'action publique* .

## Bibliographie

- [**Guyon et al., 2010**] Guyon, O., Absi, N., Boudouin, D., & Feillet, D. (2010). *plates formes en centre ville pour la logistique urbaine : étude sur la ville de Marseille*. Lyon - France: 2ème Journée de Recherche "Mobilité, Transport et Logistique" (MTL 2010).
- [**Guyon et al., 2011**] Guyon, O., Absi, N., Feillet, D., & Garaix, T. (2011). Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en villes. *3ème Journée de Recherche "Mobilité, Transport et Logistique" (MTL 2011)*, Lyon, France.
- [**Hamdadou et al., 2016**] Hamdadou, DJ., & Bouamrane, K. (2016). A spatial group decision support system: Coupling negotiation and multicriteria approaches. *Intelligent Decision Technologies 10*, 129-147.
- [**Hamdadou , 2007**] Hamdadou, DJ., & Bouamrane, K. (2007). A Multicriterion SDSS for the Space Process Control: Towards a Hybrid Approach. *Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI)*, 139-149.
- [**HAROPA, 2014**] HAROPA. (2014). Le système portuaire haut débit connecté en direct avec la France d'Outre-Mer. *HAROPA-Ports de Paris Seine Normandie*.
- [**Heskett ,1977**] Heskett, J. (1977). Logistics: essential to strategy. *Harward Business. Review 55(nov-déc)*, 85-96.
- [**Hesse et al., 2004**] Hesse, M. R.-P., & Rodrigue , J.-P. (2004). The Transport Geography of Logistics and Freight Distribution. *Journal of Transport Geography 12*, 171-184.
- [ **Hill ,1997**] Hill, C. (1997). Establishing a standard: Competitive strategy and technological standards in winner-take-all industries. *Academy of Management Executive*, 7-26.
- [**Joerin, 1998**] Joerin, F. (1998). décider sur le territoire: proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritere. *thèse no 1755, DGR-EPFL, Lausanne*.
- [**Joignaux , 2008**] Joignaux, G. (2008). quel impact de la logistique sur le développement territorial ? *Notes de synthèse du SESP*, 45-50.
- [**Joliveau, 2004**] Joliveau, T. (2004). Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG. *université de rouen: Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches*.

## Bibliographie

- [**Joliveau et al. , 2000**] Joliveau, T., Molines, N., & Caquard, S. (2000). Méthodes et outils de gestion de l'information pour les démarches territoriales participatives. Un regard France Québec. *Rapport réalisé dans le cadre du 15<sup>ème</sup> appel d'offre Jacques Cartier.*
- [**Kammoun Hammami et al., 2008**] Kammoun Hammami, O., & Hammami, S. (2008). Mondialisation et Nouvelle Politique Industrielle en Tunisie. *UNECAOMC 08.*
- [**Kreitner , 1992**] Kreitner , R. (1992). Management. *McGraw-Hill Book Compagny*, 662.
- [**Lajoie, 1992**] Lajoie, G. (1992). Le carroyage des informations urbaines. publication de l'université de Rouen, n177, 76-120.
- [**Laverdiere , 2001**] Laverdiere, F. (2001). Indicateurs de développement durable et zones d'activités. *Comité d'Expansion de la Loire-Appd* (p. 15). Saint etienne et ecole des mines.
- [**Le Moigne , 1977**] Le Moigne, J. (1977). La théorie du système général. *Théorie de la modélisation Paris: Col., Systèmes-Décisions, Presses Universitaires de France.*
- [**m2rmaritime, 2018**] m2rmaritime. (2018, 01 20). *m2rmaritime*. Récupéré sur m2rmaritime: <https://m2rmaritime.com/historiques-des-echanges-commerciaux/>
- [**Macario , 2013**] Macario R. (2013). Modeling for public policies inducement of urban freight business development. *Freight Transport Modeling, Emerald Group Publishing*, 405-432.
- [**Marakas , 2003**] Marakas, G. (2003). *Decision Support Systems In the 21st Century*. Second Edition, Prentice Hall.
- [**Mareschal et al., 1984**] Mareschal, B., & Vincke, P. (1984). PROMETHEE: A new family of outranking methods in MCDM. *IFORS'84, North Holland.*
- [**Masson et al., 2012**] Masson, S., & Petiot, R. (2012). attractivité territoriale, infrastructures logistiques et développement durable. *les Cahiers Scientifiques du Transport*, 63-90.
- [**Masson et al., 2012**] Masson, S., & Petiot, R. (2012). Interactions entre logistique et territoire : analyse, enjeux et ruptures.
- [**Masson et al., 2013**] Masson, S., & Petiot, R. (2013). Logistique et territoire : multiplicité des interactions et forces de régulation. *Association de Science Régionale De Langue Française (Vol. 15)*, 385-412.

## Bibliographie

- [**Maystre, 1999**] Maystre. (1999). Aide la négociation multicritère Pratiques et conseils. *Collection Grer lenvironnement Presses Polytechniques et universitaires romandes.*
- [**Mentzer et al., 2001**] Mentzer, J., DeWitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., & Zacharia, Z. (2001). Defining Supply Chain Management .Journal of Business Logistics, Vol. 22, No. 2. *Journal of business logistics.*
- [**Merzoug , 2014**] Merzoug, S. (2014). *thèse de doctorat« Étude du coût de transport dans les échanges maritimes internationaux : cas de l'Algérie ».* Algérie: Faculté des sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion -département des sciences économiques.
- [**Metral , 2010**] Metral C., B. R.-D. (2010). Ontology-based approaches for improving the interoperability between 3D urban models. *Journal of Information Technology in Construction.*
- [**MLTC/CATRAM. , 2013**] MLTC/CATRAM. (2013). *étude de marchè sur les terminaux portuaires à conteneurs en afrique de l'ouest et du centre .*
- [**Moine, 2006**] Moine, A. (2006). Le territoire comme un système complexe: un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *L'Espace géographique, vol. 35, n 2, 115-132.*
- [**Moine et al., 2011**] Moine, A., & Faivre, E. (2011). Le territoire comme un système complexe : de la représentation... à l'action. *Actes de la Conférence Intercontinentale en intelligence territoriale INTI 2011, Gatineau, Québec, 95-103.*
- [**Morana et al., 2015**] Morana, J., & Gonzalez-Feliu, J. (2015). Le tableau de bord durable d'un système mutualisé des livraisons urbaines à l'aune des préoccupations du XXIème siècle.
- [**Nguendo Yongsi et al., 2007**] Nguendo Yongsi, H., & Bryant, C. (2007). Contribution des SIG à l'analyse du paysage urbain d'une métropole d'Afrique tropicale humide. *canadian journal of regional science , Spring/printemps 2007, 133-154.*
- [**Nguyen , 2011**] Nguyen, T. (2011). *thèse de doctorat «éléments pour une mobilité quotidienne compatible avec le transport durable au VIETNAM : enjeux et perspectives d'un report modal vers les transports collectifs et les transports non motorisés , le cas de HANOI».* l'institut national des sciences appliquées de lyon.

## Bibliographie

- [**Noizet, 2005**] Noizet, H. (2005). *Thèse de doctorat "Pratiques spatiales, représentations de la ville et fabrique urbaine de Tours du IX au XIII siècle. Chanoines, moines et laïcs à Saint-Martin et Saint-Julien"*. Université François Rabelais de Tours.
- [**OCDE/JRC, 2005**] OCDE/JRC. (2005). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. *OECD Statistics Working Paper, Paris*.
- [**OIF, 2015**] OIF. (2015). Déclaration francophone sur l'autonomisation économique des femmes. *la 59e session de la Commission de la Condition de la femme New York*. États-Unis.
- [**ONEMA et al., 2016**] ONEMA, ASTEE, & AITF. (2016). Gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable. *Volume II : Optimiser ses pratiques pour un service*.
- [**Papazian, 2006**] Papazian, k. (2006). Evaluation du Système d'information du territoire genevois. *Département de l'Intérieur, de l'Agriculture et de l'Environnement DIAE*. Genève.
- [**Pellier, 1999**] Pellier, P. (1999). les éloignées, passages obligés : le civilisation japonaise . *L'Île Laboratoire Anne Meistersheim éd., Ajaccio, Éditions Alain Piazzola*, 301-317.
- [**Perigord et al., 1993**] Perigord, M., & Fournier, J.-P. (1993). Dictionnaire de la qualité, français-anglais. Éditions AFNOR.
- [**Peters , 1994**] Peters , E. (1994). La gestion intégrée des ressources au Québec es outils méthodologiques et leur application à la réserve faunique Mastigouche. *ENGREF Nancy*, 75.
- [**Petitjean , 2000**] Petitjean, M. (2000). Les effets de la globalisation sur les inégalités régionales : quelques apports fondamentaux de l'économie géographique . *Revue Tiers Monde, n°164*, 775-790.
- [**Petri , 1962**] Petri, C. (1962). *Thèse de doctorat«Kommunikation mit Automaten »*. Institut f'ur instrumentelle Mathe- matik.
- [**Piot, 2007**] Piot, J.-Y. (2007). *thèse de doctorat « Géographie, aménagement des territoires et gèogouvernance –propositions pour une formation des acteurs à la compréhension des enjeux spatiaux »*. université de provenance -Aix-Marseille 1.
- [**Pomerol et al., 1993**] Pomerol, J., & Barbara-Romero, S. (1993). Choix multicritère dans l'entreprise . *Hermès Sciences publications*.
- [**Pomerol, 1993**] Pomerol, J.-C. (1993). Multicriteria DSS: state of the art and problems. 197-212.

## Bibliographie

- [**Pope et al., 2002**] Pope, C., Burnett, R., THUN, M., Calle, E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. (2002).
- [**Potrykowska et al, 1991**] Potrykowska, A., & Korcelli, P. (1991). les populations urbaines à micro-échelle. *académie polonaise des sciences n 61*, 47-64.
- [**Presstalis. ,2012**] Presstalis. (2012). Le projet LUMD (Logistique Urbaine Mutualisée Durable). *2<sup>ème</sup> colloque de Logistique urbaine*. université de nantes.
- [**Previl , 2000**] Previl, C. (2000). Approche méthodologique pour la préparation de plans d'aménagement axés sur les préoccupations environnementales. *Département de géographie*. Québec: faculté des lettres -université LAVAL.
- [**Robin et al., 2006**] Robin, M., & Gourmelon, F. (2006). La télédétection et les SIG dans les espaces côtiers. Eléments de synthèse à travers le parcours de François Cuq. *Géographie du littoral : approche géomatique*, 11-21.
- [**Roche et al., 2007**] Roche, S., & Kiene, B. (2007). GEOdoc: : nouvel outil d'accompagnement du diagnostic de territoire. *SAGEO'2007*.
- [**Roche et al., 2014**] Roche, S., Bédard, Y., & Caron, C. (2014). Towards a Conceptual Framework for WikiGIS. *Future Internet*, 640-672.
- [**Roy , 1975**] Roy, B. (1975). Combinatorial Programming: Methods and Applications. *Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, NATO Advanced Study Institutes Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences, Vol. 19*, 459-497.
- [**Roy, 1985**] Roy, B. (1985). Méthodologie multicritère d'aide à la décision. *Economica, Paris*.
- [**Sammari, 2014**] Sammari, H. (2014). Développement d'une méthode d'automate cellulaire basé sur une tessellation irrégulière et hiérarchique pour la simulation des processus spatiotemporels. *Thèse de doctorat, centre de recherche en géomatique, Université Laval*.
- [**Sassi et al., 2015**] Sassi, E., Benabdelhafid, A., & Hammami, S. (2015). Logistics and Territory: Integrative approach. *Complex Systems Digital Campus 15 – World e-Conference, UNESCO UniTwin (CS-DS)*.

## Bibliographie

- [Sassi et al., 2017] Sassi, E., Benabdelhafid, A., & Hammami, S. (2017). *A typology of dashboard for a territorial industrial ecosystem, the 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT), Bali, Indonosie, 47-52.*
- [Sassi, et al., 2019] Sassi, E., Benabdelhafid, A., & Hammami, S. (2019). *The Correlation between Territory Planning and Logistics Development: Methodological Approach, London, International Conference on Urban Transportation and City Logistics (ICUTCL), London, Royaume-Uni.*
- [Sassi et al., 2016] Sassi, E., Hammani, N., Benabdelhafid, A., & Hammami, S. (2016). Development of a framework for sustainable transport capacities evaluation. *9 eme colloque international de la logistique et le supply chain management (LOGISTIQUA), Casablanca, MAROC.*
- [Sassi et al., 2016] Sassi, E., Hammani, N., Benabdelhafid, A., & Hammami, S. (2016). Evaluation Methodology Development of a framework for sustainable transport capacities evaluation. *the 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT), Kraków, Poland, 68-71.*
- [Sassi et al., 2019] Sassi, E., Sassi, E., Benabdelhafid, A., & Hammami, S. (2019). The Evaluation of Transport System Capacity: Strategies, Methodology and Perspectives: The Case of Hinterland. *International Conference on Supply Chain and Logistics Engineering, (ICSCLE), Boston, Les États-Unis,.*
- [Sbai et al., 2011] Sbai, K., EL Achabi, I., Saban, Y., & Amharref, M. (2011). Solutions S.I.G et Services Web. *FIG Working Week 2011. Morocco: Bridging the Gap between Cultures.*
- [Schärli, 1985] Schärli, A. (1985). Décider sur plusieurs critères : panorama de l'aide à la décision multicritère. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.*
- [Simon, 1960] Simon, H. (1960). The new science of management decision. *Harper Brothers, New york.*
- [Simon , 1977] Simon, H. (1977). Science of Management Decision. *New Jersey, Prentice-Hall.*
- [Simon , 1989] Simon, J.-C. (1989). Introduction in "from pixels to features". *V-X North, Holland Amster-dam.*

## Bibliographie

- [**Souissi et al., 2013**] Souissi, N., & Mainguenaud, M. (2013). Modèle pour un serveur de données géographiques-Les services web géographiques WMS et WFS. *Revue internationale de géomatique n° 2*, 255-285.
- [**Sprague et al., 1982**] Sprague, R., & Carlson, E. (1982). *Building Effective Decision Support Systems*. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.
- [**Sui, 1994**] Sui, D. (1994). GIS and urban studies: positivism, post-positivism, and beyond. *Urban geography*, 258-278.
- [**Taghezout, 2011**] Taghezout, N. (2011). *conception et développement d'un système multiagent d'aide à la décision pour la gestion de production dynamique*. France: Thèse de doctorat en Informatique, université de toulouse.
- [**Theys, 2015**] Theys, J. (2015). L'aménagement du territoire face au développement durable : sens et limites d'une intégration. 27-42.
- [**Theys, 2001**] Theys, J., & Emelianoff, C. (2001). Les contradictions de la ville durable. *le débat*, 113, 122-135.
- [**Thurston, 2002**] Thurston, J. (2002). GIS and artificial neural networks: DOES your GIS think? *GIS vision magazine*.
- [**Turban, 1995**] Turban, E. (1995). *Decision Support and Expert Systems*. New York, Macmillan.
- [**Unctadstat, 2018**] Unctadstat. (2018, 01 20). *Unctadstat*. Récupéré sur Unctadstat: <http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=32363>
- [**Van den Hove, 2001**] Van den Hove, S. (2001). *Approche participative pour la gouvernance en matière de développement durable: une analyse en termes d'effets*. Helbing & Lichtenhahn, Bâle: Gouvernance I: gouvernance et développement durable, économie et écologie.
- [**Vazquez Rascon, 2013**] Vazquez Rascon, M. (2013). Développement énergétique par modélisation et intelligence territoriale : un outil de prise de décision participative pour le développement durable des projets éoliens. *Thèse. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Département de mathématiques, et génie informatique*.

## Bibliographie

- [**Younsi et al., 2009**] Younsi, F., & Hamdadou, J. (2009). Vers un Système d'Aide à la Décision en Aménagement du Territoire : SIG, Méthodes Multicritères et Réseaux de Neurones. *Conference: International Conference on Computer Science and its Applications*.
- [**Zemri et al., 2014**] Zemri, F., & Hamdadou, D. (2014). Integration of Multi Criteria Analysis Methods to a Spatio Temporal Decision Support System for Epidemiological Monitoring. *ICAASE 2014*, 116-123.
- [ **Zipf , 2002**] Zipf, A. (2002). Location aware mobility support for tourists. *Trends & Controversies. In: IEEE Intelligent Systems. Journal. Special Issue on "Intelligent Systems for Tourism". November/December 2002, 57-59.*

## Liste des publications

**SASSI, E.,** Benabdelhafid, A., Hammami, S., The Evaluation of Transport System Capacity: Strategies, Methodology and Perspectives: The Case of Hinterland, *International Conference on Supply Chain and Logistics Engineering, (ICSCLE)*, Boston, Les États-Unis, 2019.

**SASSI, E.,** Benabdelhafid, A., Hammami, S., The Correlation between Territory Planning and Logistics Development: Methodological Approach, London, *International Conference on Urban Transportation and City Logistics (ICUTCL)*, London, Royaume-Uni, 2019.

**SASSI, E.,** Benabdelhafid, A., Hammami, XTerM2019 : L'aménagement du territoire et la logistique, *systèmes complexes, intelligence Territoriale et Mobilité (XTERM)*, Le Havre , France, sciencesconf.org : xterm 2019:252667.

**SASSI, E.,** Benabdelhafid, A., Hammami, S., Une typologie des tableaux de bord visés à un écosystème industriel territorial, *18ème édition du congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF)*, Metz, France, 2017.

**SASSI, E.,** Benabdelhafid, A., Hammami, S., Evaluation of transport system capacity : Strategies and framework, 10 ème colloque international de la logistique et le supply chain management (LOGISTIQUA), Rabat, Maroc, 2017.

**SASSI, E.,** Benabdelhafid, A., Hammami, A typology of dashboard for a territorial industrial ecosystem, *the 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, Bali, Indonésie, 2017, pp 47-52.

**SASSI, E.,** Hamani, N., Benabdelhafid, A., Hammami, S., Development of a framework for sustainable transport capacities evaluation, *9 eme colloque international de la logistique et le supply chain management (LOGISTIQUA)*, Casablanca, MAROC, 2016.

**SASSI, E.,** Hamani, N., Benabdelhafid, A., Hammami, S., Sustainable Transport Capacities Evaluation Methodology Development of a framework for sustainable transport capacities

## Liste des publications

evaluation, *the 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, Kraków, Poland, 2016, pp. 68-71.

**SASSI, E.**, Benabdelhafid, A., Hammami, S., Industrial ecosystem of the territory: strategies and perspectives, *The 10th IEEE Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)*, Hammamet, Tunisie, pp. 216-220, 2015.

**SASSI, E.**, Benabdelhafid, A., Hammami, S., Logistics and Territory: Integrative approach, *Complex Systems Digital Campus 15 – World e-Conference, UNESCO UniTwin (CS-DS)*, 2015.