



## APPLICATION DU MULTICRITERE POUR L'AIDE A LA DECISION EN AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Fatima Zohra Younsi<sup>1</sup>, Djamila Boualouan<sup>1</sup>, Djamila Hamdadou<sup>1</sup>, Bouziane Beldjilali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département d'informatique, Faculté de Sciences, Université d'Oran Es-Senia,  
BP 1524, El-M'Naouer, 31000, Oran, Algérie

Reçu le : 27/06/09

Accepté le : 17/10/09

**Résumé:** *Plusieurs projets d'utilisation du sol sont complexes par nature. Ceci est démontré par la participation de multiples parties prenantes, souvent avec des intérêts en conflit. Par conséquent, l'application de méthodes traditionnelles d'évaluation est parfois insuffisante. Toutefois, d'autres méthodes telles que les méthodes multicritère sont disponibles.*

*Dans cet article, nous proposons une démarche décisionnelle flexible en aménagement du territoire, le processus proposé intègre plusieurs variantes qui contribuent aux mieux pour analyser le contexte du projet urbain. Il est basé sur une utilisation combinée de SIG "Systèmes d'information Géographique", d'approches de négociation (notamment de participation) tout en expérimentant les méthodes d'analyse multicritère pour les décisions spatiales.*

**Abstract:** *Multiple land-use projects are complex by nature. This is demonstrated by the involvement of multiple stakeholders, often with conflicting interests. As a consequence, the application of traditional evaluation methods is sometimes insufficient. However, other methods such as Multicriteria analysis are available.*

*In this paper, we propose a flexible decisional step for regional planning. The proposed decision-making process integrates several variants which contribute to better analyze the context of urban project. It is based on a combined use of GIS "Geographical Information Systems", negotiation approaches (in particular of participation) while trying out Multicriteria analysis to spatial decisions.*

**Mots Clés:** Aménagement du territoire (AT), Aide à la décision spatiale, Système d'Information Géographique (SIG), Méthodes d'Analyse MultiCritère (AMC), ELECTREII, Négociation.

### 1. INTRODUCTION

La détermination de la "meilleure" action (optimale, de meilleur compromis...) constitue un défi intellectuel perpétuel en sciences et en génie. Le développement de disciplines telles que la recherche opérationnelle, les sciences de la gestion, l'intelligence artificielle et les systèmes d'information, supportés par de puissants outils informatiques, constitue des aides pour prendre de "bonnes" décisions. Il existe plusieurs approches permettant de traiter des problèmes de décision. Les approches classiques (utilité, la théorie des jeux, analyse coût-bénéfices, programmation mathématique...) optimisent souvent un objectif. L'aide multicritère à la décision s'est alors développée pour offrir à la fois une démarche et des outils de solutions à des problèmes décisionnels complexes. Ainsi, l'aide multicritère à la décision est aujourd'hui considérée comme l'une des branches les plus importantes de la recherche opérationnelle et des théories de la décision.

Techniquement, l'aide multicritère à la décision est développée pour traiter plusieurs classes de problèmes de décision (choix, tri, classification, rangement...) tout en considérant plusieurs critères, souvent conflictuels et non commensurables, tout en cherchant à modéliser au mieux les préférences et les valeurs du ou des décideurs. Ses applications sont diverses et variées [20].

Dans la gestion de l'environnement, les questions sont complexes et souvent conflictuelles. La concertation entre les acteurs constitue la seule issue possible. Il faut donc adopter une approche souple mais rigoureuse, dynamique et logique, tout en respectant les personnes et leurs opinions. La méthodologie multicritère d'aide à la décision fournit les fondements d'une telle approche, concrétisée au niveau opérationnel par les méthodes de la famille ELECTRE [14].



Dans ce travail, nous nous sommes intéressés par la proposition d'un processus d'aide à la décision spatiale qui permet d'effectuer une analyse multicritère par utilisation de la méthode ELECTRE II afin d'établir le classement final des variantes. En effet, l'article est structuré de la manière suivante : La section 2 est consacrée à la présentation de la problématique abordée ainsi qu'à la description de notre contribution par la présente étude. Nous présentons par la suite, en section 3, un état de l'art relatif aux outils d'investigations à savoir les méthodes d'AMC ainsi que les systèmes multi-agents (SMA) et les réseaux de neurones artificiels (RNA). Le processus décisionnel proposé est décrit en section 4 et la section 5 est consacrée à une étude de cas sur une base de données nationale. L'article se clôture par une conclusion qui énumère quelques voies de recherche futures.

## 2. PROBLÉMATIQUE ET CONTRIBUTION

Le projet urbain est un objet complexe dont le cycle de vie mobilise l'activité de nombreux acteurs ayant chacun des objectifs, des contraintes, des métiers et des méthodes de travail. Il s'agit ici de trouver les moyens de répondre à ces besoins qui soient socialement équitables, minimisant les risques pour l'environnement et viables sur le plan économique. Pour cela un certain nombre de questions se posent :

*-Comment utiliser le sol d'une manière mesurée et rationnelle en prenant en compte toutes les particularités du territoire et quelle démarche d'aide à la décision faut-il adapter au domaine de l'environnement ?*

*-Comment analyser pour pouvoir choisir la meilleure solution ?*

*-Comment éviter les oppositions qui coûtent chères dans les décisions (en temps et en argent) ?*

La nature multicritère et complexe des problèmes spatiaux fait que le modèle linéaire de Simon [15] ainsi que les extensions qui y sont apportées sont insuffisantes pour répondre à la complexité décisionnelle de ces problèmes. La problématique traitée se résume alors à la divergence entre l'optimisation et la prise de décision en ingénierie urbaine. Dans ce contexte, nous proposons l'élaboration d'un processus décisionnel dont l'objectif est d'intégrer des variantes qui contribuent aux mieux pour analyser le contexte du projet urbain. Il est basé sur une utilisation combinée de SIG 'Systèmes d'Informations Géographiques', d'approche de négociation (notamment de participation) tout en

expérimentant les méthodes d'Analyse Multicritère pour l'évaluation des différentes variantes. Ce processus permet de résoudre deux problématiques en AT [11] :

1. La recherche d'une surface sur une carte géographique satisfaisant au mieux certains critères (*Accessibilité, équipements, Nuisance, etc.*);
2. La segmentation d'une carte géographique en régions où on affecte à chaque région la meilleure utilisation possible (*construction d'un hôpital, gare routière, etc.*).

## 3. ÉTAT DE L'ART

Plusieurs méthodes et outils d'investigation sont appliqués en AT, nous citons :

### 3.1. Les Méthodes d'Analyse Multicritères (AMC):

Les plus utilisées dans ce domaine, où nous retrouvons une foule de références. Dans [11], MEDUSAT est proposé pour la localisation de l'emplacement d'une usine de traitement des déchets en Tunisie. Dans [17], l'auteur a proposé un outil d'aide à la négociation pour modéliser un scénario mondial de réduction des gaz à effet de serre en exploitant la méthode PROMETHEE. Aussi, il a proposé une méthodologie d'aide à la décision plus générale, pour le choix de solutions de diminution des impacts pour l'ensemble des zones industrielles étudiées dans le projet. Dans [1] ELECTRE III est appliquée pour évaluer la performance environnementale des transports routiers en Europe et pour évaluer son développement prévu. Dans [9] et [10] PRODUSMAT est proposé afin de résoudre le problème de divergence entre un problème d'optimisation et les problématiques en AT par utilisation combinée, des méthodes multicritères de Tri et des mesures floues (l'intégrale de Choquet).

### 3.2. Les systèmes Multi Agents (SMA) :

Dans le concert des travaux sur la vie et l'intelligence artificielle, les SMA permettent d'établir des relations spatiales plus complexes que la contiguïté ainsi que des relations non explicitement spatiales.

Drogoul [4] arrive à modéliser le fonctionnement d'une fourmilière en attribuant aux fourmis des statuts d'agents dont les caractéristiques varieront avec les différentes spatialisations de ces insectes au sein de la société des fourmis. Dans [6], l'auteur a proposé une démarche qui s'appuie sur deux modèles : le système SMAALA, pour l'aide à la localisation d'infrastructures et SANPA, un système pour l'aide à la négociation de projets en AT, de façon distribuée et asynchrone. Dans [13] les auteurs proposent un



modèle d'aide à la négociation pour les problèmes d'Aménagement du Territoire.

### 3.3. Les Réseaux de Neurones Artificiels (RNA) :

Dans l'optique de l'intégration des RNA en AT, nous retrouvons plusieurs références où l'association (SIG-RNA) était novatrice au service de l'évaluation environnementale et a fourni, par conséquent, des résultats très satisfaisants.

Selon Thurston [16], l'intégration des RNA dans les SIG peut être expérimentée dans beaucoup d'applications pour améliorer les processus décisionnels. Des études expérimentales ont été effectuées sur la base de cette intégration dans l'utilisation du sol. [7] ont développé un système d'évaluation automatisé basé sur l'aspect spatial intégrant les RNA et les SIG. Dans [21], l'auteur a prouvé que le RNA est un très bon classifiant pour les données d'un SIG, il a proposé aussi un modèle décisionnel basé sur l'utilisation combinée de SIG-RNA. De leurs parts, les auteurs dans [3] proposent une approche originale de la modélisation et de la simulation des bassins versants en associant les deux paradigmes : SIG et RNA. Wang [19] a utilisé la classification par des RNA afin d'estimer le niveau de convenance aux différents types d'agriculture.

## 4. LE MODELE DECISIONNEL PROPOSE

Notre modèle est composé principalement de 3 modules :

### 4.1. Module d'évaluation multicritère (AMC) :

Vincke [18] a défini l'AMC ainsi : "*l'aide multicritère à la décision vise, comme son nom l'indique à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte*".

L'AMC repose sur un ensemble de procédures permettant de détailler un problème décisionnel portant sur des situations complexes. Dans AMC, on cherche un domaine de résolution pouvant tenir compte de l'ensemble des critères susceptibles d'influencer la décision. Le critère se définit comme un facteur à prendre en considération pour évaluer un scénario donné ou pour apprécier une occasion d'actions [23].

Les principes de l'AMC témoignent autant d'une évolution des pratiques des utilisateurs que d'un changement profond dans les modalités du processus décisionnel [10]. Sur le plan opérationnel, l'AMC compare des scénarios d'actions ou des variantes en

fonction de problématiques générales, définies par Roy [14] : *Choix, Tri, Rangement et Description*.

Dans cet article, nous nous intéressons à la problématique du rangement ( $\gamma$ ). Nous utilisons la méthode ELECTREII pour la classification des différentes zones de la région d'étude. Cette méthode qui fait partie de la famille des méthodes ELECTRE basée sur la relation de surclassement (méthode d'agrégation partielle), nous a semblé bien adaptée aux problèmes de l'évaluation environnementale. Les analyses de sensibilité (faisant varier les valeurs attribuées aux paramètres subjectifs de la méthode) et de robustesse des méthodes ELECTRE sont appréciées lors du déroulement d'un processus de négociation environnementale.

**La méthode ELECTRE II :** cette méthode relève de la problématique  $\gamma$ . Elle vise, en utilisant les relations d'ordre sur chacun des critères, à munir l'ensemble A des actions potentielles d'une structure de préordre total afin de faciliter le choix. En résumé, cette méthode a pour but de classer les actions potentielles, depuis les "**meilleures**" jusqu'aux "**moins bonnes**", en tolérant les ex-æquo. La méthode ELECTRE II se base sur les phases d'études successives suivantes :

- **Phase 1 :** Réaliser le tableau des performances

Il s'agit d'évaluer les performances des variantes auprès de chaque critère en les disposant dans le tableau des performances.

- **Phase 2 :** Vérification de la concordance

La concordance avec l'hypothèse de surclassement  $v_i S v_k$  «  $v_i$  est au moins aussi bon que  $v_k$  » est vérifiée pour chaque paire de variantes de la manière suivante :

• détermination d'un indice de concordance globale  $C_{ik}$  :

$$C_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} c_j(v_i, v_k) \cdot p_j}{\sum_{j=1}^{j=m} p_j} \quad (1)$$

• détermination d'un indice de vérification du noyau  $N_{ik}$  permettant d'éliminer les circuits à l'intérieur de celui-ci [8]

$$N_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} c^+ j(v_i, v_k) \cdot p_j}{\sum_{j=1}^{j=m} c^- j(v_i, v_k) \cdot p_j} \quad (2)$$

• trois seuils de concordance sont proposés dans l'ordre suivant :  $Sc^+ > Sc^0 > Sc^-$ . Il s'agit de seuils de concordance fort, moyen ou faible

- le test de concordance consiste à vérifier si les conditions suivantes sont satisfaites :  $C_{ik} \geq (Sc^+ \text{ ou } Sc^0 \text{ ou } Sc^-)$  et  $N_{ik} \geq 1$

- **Phase 3 : Vérification de la discordance**

La discordance avec l'hypothèse de surclassement  $v_p S v_k$  est vérifiée pour chaque critère de la manière suivante :

deux seuils de discordance<sup>1</sup>  $Sd_1$  (discordance faible) et  $Sd_2$  (discordance forte) tels que  $Sd_1 > Sd_2$  sont fixés pour chaque critère<sup>1</sup>

- le test de non-discordance consiste à vérifier pour chaque critère que :

.si  $\delta_j(v_k, v_l) \leq Sd_2$ , il y a une certitude forte que le critère  $c_j$  ne s'oppose pas à l'hypothèse de surclassement  $v_p S v_k$

.si  $Sd_2 \leq \delta_j(v_k, v_l) \leq Sd_1$ ; il y a une certitude faible que le critère  $c_j$  ne s'oppose pas à l'hypothèse de surclassement  $v_p S v_k$

- **Phase 4 : Établissement des relations de surclassement**

Un **graphe de surclassement** représentant les relations de surclassements forts  $V_p S_f V_k$  et faibles  $V_p S_f V_k$  entre les variantes est établi. Les tests de concordance et de non-discordance doivent être satisfaits pour établir une relation de surclassement.

- **Phase 5 : Exploitation des relations de surclassement**

Pour procéder à la classification des variantes depuis la « **moins bonne** » jusqu'à la « **meilleure** », ELECTRE II analyse le graphe de surclassement afin d'établir trois préordres : deux préordres complets, ou totaux, qui permettent d'obtenir un préordre partiel final. Le principe général du fonctionnement d'ELECTRE II, est donné par l'organigramme illustré par la figure (Fig.1) :

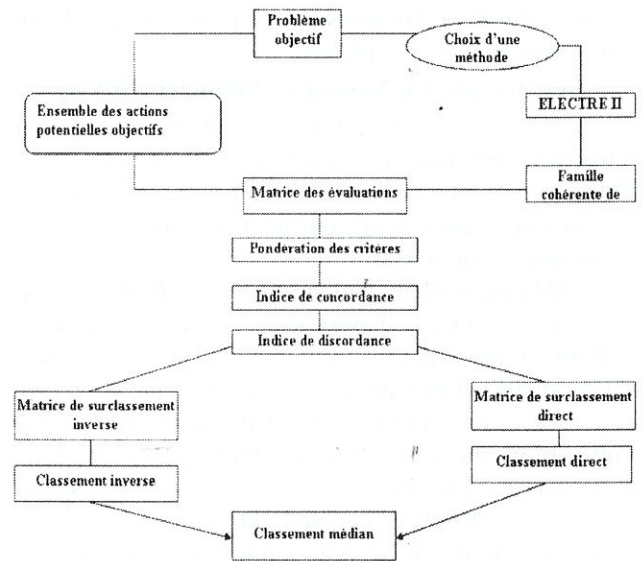


Fig.1. Organigramme d'ELECTRE II [20]

**4.1. Module SIG :**

Les systèmes d'information géographique (SIG) utilisent des données référencées géographiquement, des données non spatiales ainsi que des opérations d'analyse spatiale. Les SIG deviennent incontournables dans toute étude de planification, d'implantation ou d'aménagement du territoire [22].

**Structure de SIG :**

Il existe diverses définitions des SIG. Laurini [12] en propose deux : la première est orientée vers les besoins de l'utilisateur et la seconde est tournée d'avantage vers les décideurs. Il en suit que les SIG ont une fonction double, ce sont des outils de gestion et également des outils d'aide à la décision. Ces deux fonctions définissent la structure propre des SIG.

En effet, tout SIG est composé de quatre groupes de fonctionnalités (Fig.2), qui sont :

- \_ L'acquisition des données ;
- \_ La gestion des données ;
- \_ L'analyse spatiale ;
- \_ La présentation des données.

<sup>1</sup> L'opposition des critères discordants à l'hypothèse de surclassement doit être suffisamment faible pour celle-ci soit acceptable

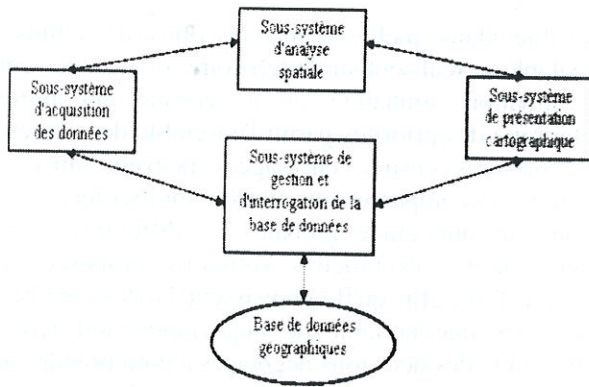


Fig.2. La structure d'un SIG

Les SIG stockent des données géo-référencées dans des bases de données géographiques, ouvrant ainsi de grandes potentialités en terme d'exploitation.

Une utilisation fréquente des SIG concerne la prise de décision à référence spatiale. Néanmoins, la technologie SIG actuelle souffre encore de plusieurs lacunes, dues en grande partie à un manque de capacités analytiques capables de supporter la nature multicritère des problèmes spatiaux. La solution la plus diffusée pour faire évoluer les SIG vers un vrai outil d'aide à la décision à référence spatiale est l'analyse multicritère (AMC).

Avant d'appliquer n'importe quelle approche décisionnelle en AT, il convient de définir les données et informations pertinentes pour identifier les potentialités et contraintes sur un territoire donné. Il s'agit alors de modéliser la réalité par une base de données géographique. Les SIG, par leur capacité de stockage et de manipulation des données permettent d'obtenir une large information provenant de sources différentes. On procèdera ensuite à une simulation du modèle (BDG<sup>2</sup>) pour que le processus décisionnel soit appliqué, la grande quantité d'informations et de données ainsi que sa mise à disposition est difficilement assimilable par les décideurs dont la tâche est l'appréciation globale de l'état du territoire. En conséquence de cette difficulté de communication de l'information, le processus décisionnel risque d'être traité en comité restreint sans intégrer les acteurs concernés.

### 3. MODULE PARTICIPATION ET NÉGOCIATION

Lors d'un processus décisionnel participatif en aménagement du territoire, plusieurs parties

interviennent, se sont les acteurs<sup>3</sup>. Dans le processus décisionnel proposé, on utilise deux approches : L'approche participative et L'approche de négociation.

**3.1. L'approche participative :** est « un processus par lequel un projet est mis en place de façon collective, il s'agit de développer des processus d'apprentissage chez les intervenants afin de les rendre plus efficaces et de rendre par là même le processus décisionnel plus efficient ». La communication entre les acteurs à tous les niveaux se présente comme un facteur fondamental à l'organisation des liens sociaux entre les acteurs et dans la création du sens, de manière à les amener vers un engagement dans un processus de participation qui les portera vers la table de négociation [2].

La figure (fig.3) illustre le processus de participation entre les différents acteurs.

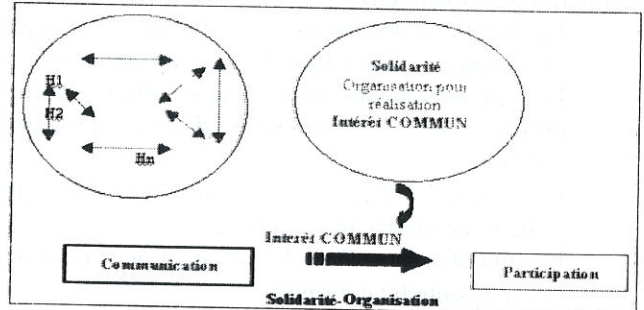


Fig.3. Participation entre les acteurs d'un processus décisionnel

Les objectifs d'une recherche d'action participative sont :

- Générer une connaissance des problématiques territoriales, en respectant et revalorisant les multiples savoirs et les traditions locales, en intégrant à ces derniers les connaissances techniques et scientifiques lorsqu'elles sont utiles ;
- Faciliter l'introduction de ces connaissances dans le processus décisionnel participatif ;
- Collaboration, communication et transmission de l'information continue entre les experts et les acteurs, capables de promouvoir une réflexion conjointe, une sensibilisation et un apprentissage mutuel.

Il est notamment important que tous les acteurs concernés à la négociation de leurs interventions dans

<sup>2</sup> BDG : Base de Données Géographique

<sup>3</sup> C'est une unité d'action et de décision, individuelle ou collective, à laquelle on peut attribuer des ressources, une finalité et une stratégie.

nous recherchons l'action d'implémentation la plus adéquate pour l'implantation de la future gare routière en utilisant le couplage (ELECTRE II-SIG) afin d'exploiter la BDC dans le but de déterminer le site le plus approprié pour cette construction. Les critères retenus pour cette étude sont : Surface du terrain, Proximité d'un axe routier important, Accessibilité, Nuisance Sonore générée, Positionnement à l'extrémité de la ville d'Oran et non pas au centre. En effet, nous développons, à travers cette étude un module d'évaluation multicritère par utilisation de la méthode ELECTRE II, le module de négociation est développé dans d'autres travaux [13]. Une fois la base de données géographiques déterminée, et avant le lancement de la démarche multicritère, on visualise la région d'étude et l'ensemble des îlots libres (Fig.5), cette visualisation est faite à l'aide de SIG, puis on passe à une étape très importante qui est : la détermination des paramètres de l'évaluation multicritères (critères, actions, la matrice de performance, les paramètres subjectifs, etc.).

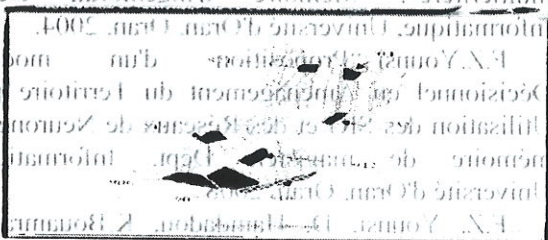


Fig. 5. Sélection des îlots libres de la zone d'étude

La figure (Fig.6) présente la matrice des évaluations (toutes les alternatives ainsi que leurs performances relativement à chaque critère), elle est gérée par le SIG.

	Superficie	Distance aux Écoles	Accessibilité	Prox.
323	1104.15	24.11	1	1
204	1107.1	480	2	2
249	1110	488.85	1	1
912	1116.5	373.7	1	1
907	1120.1	373.1	4	4
906	1121.93	373.4	3	3
510	1140.0	25.27	4	4

Fig.6. Présentation de la matrice des évaluations

Après le chargement de la matrice de performances ainsi que les différents paramètres subjectifs, on lance la méthode ELECTRE II, les résultats de l'agrégation multicritère obtenus par cette méthode sont illustrés par la tablel.

Table 10. Résultats fournis par l'agrégation multicritère de la méthode ELECTRE II

Ordre (numéro de classement)	Numéro îlot	Incomparable Avec
1	907	906, 510
2	912	906, 510
3	510	912
4	249	
5	704	

Les résultats obtenus par l'approche multicritère (méthode ELECTRE II) ont validé le choix effectué par la direction d'urbanisme d'Oran, concernant l'emplacement de la gare routière. Cette approche a choisi l'îlot 907 comme étant le meilleur emplacement.

### 6. CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Au terme de cet article, nous avons proposé un processus décisionnel fondé sur l'association SIG et AMC au service de la prise de décision spatiale. La stratégie proposée permet une intégration complète dans le sens où les fonctions d'évaluation multicritère sont définies individuellement de manière générique, et peuvent facilement être incorporées dans un SIG. La qualité des résultats obtenus nous permet de considérer l'approche comme globalement efficace dans le contexte choisi. L'avantage d'une telle étude (est de définir un système adaptatif qui va élaborer lui-même une décision multicritère pour une bonne utilisation du sol de la région d'étude, en intégrant des connaissances expertes existantes, dans le contexte actuel de développement durable. le SIG offre aux décideurs des moyens de gérer et d'aménager leur territoire d'une manière plus soucieuse de l'environnement. Nous terminons cette conclusion en évoquant quelques perspectives de recherche que nous envisageons d'aborder dans le futur, principalement la prise en compte des dimensions spatiale et temporelle dans la modélisation multicritère.



## REFERENCES

- [1] J. Borken. "Evaluation of environmental indicators for transport with ELECTRE III," Séminaire PIE of INRETS, French National Institute for Transport, Lyon, 2005.
- [2] D. Bouhalouan, "Proposition d'une nouvelle organisation des systèmes multi-agents pour le pilotage des systèmes de production" mémoire de magister, Dépt. Informatique Université d'Oran, Oran, 2009
- [3] F. Chiari, M. Delhom, J. B. Filippi, J.F. Santucci, "Prédiction du comportement hydrologique d'un bassin versant à l'aide de réseaux de Neurones", Université de Corse, 2000.
- [4] A. Drogoul, D. Fresneau, Manta, "new experimental results on the emergence of (artificial) and societies," simulating societies symposium, sienne, C.Castelfranchi, 1993.
- [5] C. Dupont : "La négociation : Conduite, théorie, applications". Dalloz, Paris, 1994.
- [6] N. Ferrand, "Modèles Multi-Agents pour l'Aide à la Décision et la Négociation en Aménagement du Territoire," Thèse de doctorat, l'Université Joseph Fourier, 1997.
- [7] G.B. Hall, D.P.Morgan. "Spatial Decision Support System: Spatial Aspect Project," University of Waterloo, Canada, 2001.
- [8] L. Y Maystre et al : "Méthodes multicritères ELECTRE : Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale". PPUR, Lausanne, 1994
- [9] D. Hamdadou, R. Ghalem, K. Bouamrane, B. Beldjilali, "Experimentation and optimization of sorting methods for design and implementation of a decisional model in regional planning," CSIT 2006, Amann, Jordanie, 2006.
- [10] D. Hamdadou, K. Bouamrane: "A Multicriterion SDSS for the Space Process Control: Towards a Hybrid Approach", MICAI 2007, Advances in Artificial Intelligence, LNCS. Springer. ISSN 0302-9743 (Print) 1611-3349, (2007) 139-150,
- [11] F. Joerin, "Décider sur le territoire : Proposition d'une approche par l'utilisation de SIG et de MMC." Th. Doct, Ecol. Polytec. Feder. De Lausanne, 1997.
- [12] R. Laurini, F. Milleret-Raffort : "Les bases de données en géomatique". Hermès, 337 pages, Paris, 1993.
- [13] S. Oufella, D. Hamdadou, B. Beldjilali : " Proposition d'un modèle d'aide à la négociation
- [14] pour les problèmes d'Aménagement du Territoire", MCSEAI07, Oran, 2008
- [15] B. Roy: "Méthodologie multicritère d'aide à la décision". Economica, Paris 1985
- [16] H.A. Simon, "The New Science of Management Decision," Harper and Row, New York, 1960.
- [17] J. Thurston, "GIS & Artificial Neural Networks: Does Your GIS Think?," GISVision Magazine, 2002.
- [18] K. Vaillancourt, J.P. Waaub, "Équité et scénarios mondiaux de réduction des gaz à effet de serre: une approche multicritère dynamique," 2002.
- [19] P. Vincke. L'aide multicritère à la décision. Editions de l'université de Bruxelles, Bruxelles 1989.
- [20] F.J. Wang: "Incorporating a neural network into GIS for agricultural land suitability analysis". GIS/LIS '92, 804-815, 1992
- [21] F.Z. Younsi, S. Taghezout : "Conception et implémentation d'une bibliothèque des méthodes multicritère". Mémoire d'ingénieur, Dépt. Informatique, Université d'Oran, Oran, 2004.
- [22] F.Z. Younsi : "Proposition d'un modèle Décisionnel en Aménagement du Territoire par Utilisation des SIG et des Réseaux de Neurones", mémoire de magister, Dépt. Informatique Université d'Oran, Oran, 2008
- [23] F.Z. Younsi, D. Hamdadou, K. Bouamrane: "A Decision-Making Model for Territory Planning: Integration of GIS and Artificial Neural Networks", ACIT 2008, Sfax, Tunisie
- [24] F.Z. Younsi, D. Hamdadou, B. Beldjilali : " Proposition d'un Système Interactif d'Aide à la Décision Spatiale : Télédétection, SIG et Analyse Multicritère", CHA'09, Saida, Algérie.