

Proposition d'un Système Interactif d'Aide à la Décision Spatiale : Télédétection, SIG et Analyse Multicritère

Fatima Zohra Younsi¹, Djamilia Hamdadou¹, Bouziane Beldjilali¹

¹ Département d'informatique, Faculté de Sciences, Université d'Oran Es-Senia,
BP 1524, El-M'Naouer, 31000, Oran, Algérie
{younsi_fatima, dzhammadoud, bouzianebeldjilali}@yahoo.fr

Résumé. La présente étude a, précisément, pour objectif de proposer des concepts permettant la mise en place d'un système interactif d'aide à la décision adapté à la conduite des processus territoriaux relativement aux enjeux des différentes phases du processus de prise de décision à même de soutenir efficacement deux problématiques d'Aménagement du Territoire:
1. La problématique qui consiste en la recherche d'une surface satisfaisant au mieux certains critères parmi un ensemble de variantes;
2. La problématique qui consiste en la conception d'un réseau de polygones où chaque polygone détermine le type d'utilisation du sol.

Le processus décisionnel proposé dans cet article exploite, principalement, les SIG 'Systèmes d'information Géographiques' ainsi que les techniques de télédétection pour l'extraction des données géoréférencées. Ces dernières sont analysées et agrégées par utilisation des méthodes d'aide MultiCritère à la décision (AMCD) à savoir la méthode ELECTREIII.

Mots Clés : Aménagement du territoire (AT), Aide à la décision spatiale, Systèmes d'Information Géographique (SIG), Analyse MultiCritère de Décision (AMCD), Télédétection, ELECTREIII.

1 Introduction

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

La divergence des objectifs et les préférences de tous les participants au processus de la prise de décision ont qualifié le problème de la décision en AT comme étant un problème "multicritère". Ainsi, l'élaboration des choix peut être largement facilitée

par le recours à des méthodes permettant de comparer, par analyse multicritère de décision (AMCD), les conséquences des interventions et d'anticiper l'emprise territoriale des potentiels, des contraintes du milieu (SIG) autant que l'effet des affectations, des préférences, et des aspirations propres à diverses parties prenantes ayant des intérêts distincts.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés par la proposition d'un système interactif d'aide à la décision spatiale qui permet :

- D'une part, d'extraire automatiquement à partir d'une image satellitale les données géographiques et de cartographier les changements d'utilisation du sol, par analyse d'images multi-temporelles, cette base de données est stockée dans un SIG.

- D'autre part, d'effectuer une analyse multicritère par utilisation de la méthode ELECTRE III afin d'établir le classement final des variantes. En effet, l'AMCD offre à l'évidence plusieurs avantages au niveau de la prise de décision lorsqu'on doit prendre en compte des intérêts conflictuels [22].

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'investigation à savoir les méthodes d'AMCD ainsi que les techniques de télédétection. Le modèle 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 termine par une conclusion qui énumère quelques voies de recherche futures.

2 Problématique et Contribution

Grâce aux innovations en technologie de l'information, le choix d'une surface ou celui du type de l'utilisation du sol n'est plus une affaire traditionnelle s'appuyant seulement sur les avis d'experts ou d'aménagistes, mais il est devenu de plus en plus automatisé et amélioré afin de répondre aux besoins de décideurs.

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. En effet, la multiplicité des sources possibles (bases de données vecteurs, images satellitales, orthophotographie aérienne, fonds de cartes scannés, etc.) permet en théorie de répondre à un bon nombre de demandes en terme d'accès à l'information.

Nous nous appliquons, à travers cette étude, après avoir schématisé la situation décisionnelle complexe concernée, à démontrer l'intérêt de l'association SIG, télédétection et AMCD pour l'étude et la conduite des processus spatio-temporels.

Les outils développés dans cette étude, en s'insérant aux diverses étapes d'un projet (recherche de compromis, évaluation environnementale de la zone d'étude, comparaison des variantes), apportent une aide incontestable aux chargés d'étude et améliorent la qualité de la prise de décision [6]. Dans ce contexte, nous proposons un modèle d'aide à la décision basé sur une utilisation combinée des méthodes d'analyse multicritère et des techniques de télédétection pour l'extraction des données géographiques à partir d'une image satellitale.

Ce modèle permet:

1. Le développement d'un modèle décisionnel en AT par utilisation des SIG et d'Analyse Multicritère pour une évaluation multicritère.
2. Le développement d'un modèle qui, au travers l'intégration des données images-satellite, photographies aériennes, orthophotographies et cartes dans un Système d'Information Géographique, permet d'extraire les données géographiques à partir de cette image et de déterminer de façon systématique les changements d'usage du sol en milieu urbain.

La présente étude vise à satisfaire au mieux les points suivants :

- Une analyse détaillée du contexte du projet urbain;
- Une stratégie d'intégration SIG-AMCD;
- Une stratégie d'intégration SIG-Téledétection.

3 État de l'art

3.1 Méthodes Multicritères

Plusieurs modèles et algorithmes d'AMCD ont été proposés par les chercheurs des deux côtés de l'Atlantique :

Dans [9], l'auteur établit une contribution pour l'aide à l'évaluation multicritère de projets de déplacements urbains, et dans [8], MEDUSAT est proposé pour la localisation de l'emplacement d'une usine de traitement de déchets en Tunisie. Plus récemment, Chakhar [4] réalise des cadres conceptuels intégrant trois éléments clés de la prise de décision dans un cadre spatial: La participation, la négociation et la concertation, et dans [19], l'auteur introduit le concept de processus d'aide à la décision comme extension de celui de processus de décision. Dans [7], l'auteur opte pour l'utilisation de l'intégrale de Choquet comme opérateur d'agrégation dans les méthodes d'AMCD en particulier la méthode ELECTRE TRI.

Cette liste n'est certainement pas exhaustive et les applications concrètes d'outils d'aide à la décision restent toujours possibles.

3.2 Télédétection

Les travaux de télédétection effectués ces dernières années ont marqué la transition de la phase de recherche au développement d'applications concrètes, grâce à l'amélioration de la dotation technique pour le traitement des données de télédétection. Comme le témoignent de nombreux travaux publiés, la télédétection aérospatiale est également devenue un domaine d'application privilégié [5], [17], [2]. L'intérêt ici, est la couverture de très grands espaces au même instant, la répétitivité dans le temps et la rapidité d'exécution des prévisions. D'autres travaux (entre autres; [1], [12], [20], [3]) montrent que l'ensemble des applications de la télédétection en milieu urbain relèvent de plusieurs objectifs.

SIG et traitements d'images numériques ont évolué de concert. Paradoxalement, si l'imagerie de télédétection est une source privilégiée d'information à référence spatiale, elle exige pour son traitement l'association à des informations.

4 Modèle proposé

La littérature concernant l'aide à la décision territoriale et spatiale est vaste. Cependant, le processus le plus diffusé est celui de H.Simon. Nous distinguons également d'autres processus tels que ceux proposés par Vance, Jacquet-Lagrèze et Tsoukias [21].

La solution adaptée dans le contexte de notre étude est l'intégration de SIG avec l'AMCD. Lorsque les décideurs parviennent à identifier des actions (alternatives ou solutions possibles) et des critères, les procédures spatiales du SIG permettent d'attribuer aux différents critères, une valeur et par la suite l'ensemble de ces valeurs forme la matrice de performance exploitée par la méthode multicritère ELECTRE III qui relève de la problématique de rangement (procédure de classement γ) : son but est de classer les actions potentielles, depuis les "meilleures" jusqu'aux "moins bonnes".

Le modèle décisionnel, que nous proposons, illustré par la figure (Fig.2) intègre les trois composants suivants: un modèle du territoire, un modèle multicritère et un modèle de négociation.

4.1 Le modèle du territoire

Les SIG deviennent incontournables dans toute étude de planification, d'implantation ou d'aménagement du territoire. En effet, le SIG permet d'avoir des éléments de description d'un territoire ou d'une région qui serviront à aider les gestionnaires dans leur travail [22].

L'intérêt de faire appel à un SIG est multiple dans notre cas:

- L'analyse de photographies aériennes et d'un modèle numérique de terrain, va permettre de mieux comprendre les changements concernant la région d'étude.
- L'analyse cartographique va permettre également d'en apprécier l'évolution, notamment pour les périodes d'avant et d'après les travaux d'aménagements.

Le modèle du territoire proposé, à travers cette étude, permet l'acquisition des données géographiques à partir des images de télédétection.

En effet, les SIG gèrent l'information de façon à permettre de visualiser, localiser, analyser et combiner des données spatiales, il s'agit d'un outil de traitement de données spatiales et de simulation permettant d'améliorer la gestion territoriale et les projets qui y sont menés. Dans ce contexte, les métadonnées ont pour but de fournir l'information sur les images intégrées dans le système afin qu'on puisse mieux apprécier leur qualité ainsi que leur validité et en faire une utilisation pertinente. Elles répondent aux besoins tels que l'identification, et la description des informations contenues dans la base (type de représentation, territoire couvert, échelles spatiale et thématique, temporalité, format, alphabet, sources etc.), elles contiennent les éléments utiles aux requêtes spatiales et thématiques.

Les données de la base étant multi sources, les métadonnées aident à gérer les structures, et les niveaux de qualité ; elles permettent ainsi de maîtriser l'exploration de données. En effet, elles facilitent le filtrage et le contrôle des informations lors de leur intégration dans un projet. La figure (Fig.1) montre les différentes étapes parcourues par une image de télédétection.

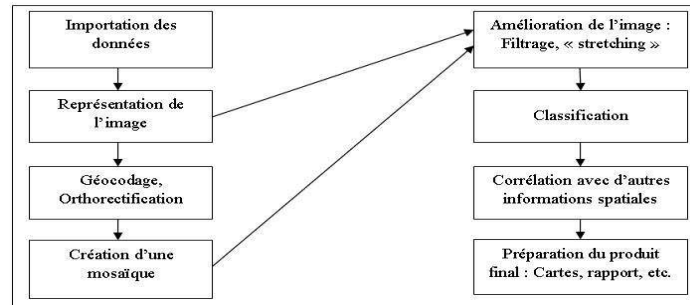


Fig. 1. Traitement des données de télédétection par les SIG

4.2 Le modèle Multicritère

L'aide multicritère à la décision œuvre à apporter un éclairage et des explications à une catégorie de problèmes où, selon Martel [11] :

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

L'analyse multicritère repose sur un ensemble de procédures permettant de détailler un problème décisionnel portant sur des situations complexes. Dans l'analyse multicritère, on cherche un domaine de résolution pouvant tenir compte de l'ensemble des critères susceptibles d'influencer la décision [10].

L'AMCD permet de composer avec la multiplicité, la divergence et la nature (quantitative ou qualitative) des critères en vue d'aboutir à des compromis acceptables [16]. Sur le plan opérationnel, l'AMCD compare des scénarios d'actions ou des variantes en fonction de problématiques générales, définies par Roy [14] :

- **Choix.** Le résultat recherché découle d'une procédure de sélection;
- **Tri.** Concerne une procédure d'affectation (Modélisation de catégories).
- **Rangement.** Établir des classes de priorité.
- **Description.** Améliorer la compréhension d'ensemble de différentes actions afin de mettre en contexte les conséquences possibles des interventions.

Dans cet article, nous nous intéressons à la problématique de rangement (γ). Nous utilisons la méthode ELECTRE III pour la classification des différentes zones de la région d'étude. Cette méthode est basée sur l'utilisation des relations de surclassement (méthode par agrégation partielle).

Démarche d'utilisation. La méthode ELECTRE III opère selon les phases d'études successives suivantes [18]:

Phase 1. Réaliser le tableau de performances

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

Phase 2. Calculer les indices de concordance

La détermination d'un indice de concordance globale C_{ik} avec l'hypothèse de surclassement $v_i S v_k$ « v_i est au moins aussi bon que v_k ».

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

Après avoir réalisé les matrices de concordance pour chaque critère¹ (m matrices ($n \times n$) comprenant les indices de concordance $C_j(v_i, v_k)$), une matrice de concordance globale est ensuite réalisée (matrice ($n \times n$) comprenant les indices de concordance globale C_{ik}).

Phase 3. Calculer les indices de discordance

La discordance avec l'hypothèse de surclassement $v_i S v_k$ se détermine pour chaque critère par le calcul de l'indice de discordance $d_j(v_i, v_k)$.

Des matrices de discordance sont ensuite réalisées pour chaque critère (m matrices ($n \times n$) comprenant les indices de discordance $d_j(v_i, v_k)$).

Phase 4. Déterminer la relation de sur classement flou

Le degré de crédibilité du surclassement δ_{ik} est déterminé ainsi :

$$\delta_{ik} = C_{ik} \cdot \prod_{j=1}^{j=m} (1 - d_j(v_i, v_k) / 1 - c_{ik}) \quad (2)$$

On peut faire les remarques suivantes en fonction de la valeur du seuil de veto:

- si $S v_j \geq \delta_j(v_i, v_k)$ (ou $S v_j \leq \delta_j(v_i, v_k)$) pour un seul critère, alors $d_j(v_i, v_k) = 1$, ce qui signifie que le degré de crédibilité du surclassement δ_{ik} vaut alors 0.
- S'il n'y a pas de seuil de veto sur l'ensemble des critères ($S v_j \rightarrow \infty$ quel que soit le critère c_j considéré), alors $d_j(v_i, v_k) = 0$, ce qui signifie que le degré de crédibilité vaut l'indice de concordance globale : $\delta_{ik} = C_{ik}$.

Une matrice de degrés de crédibilité est ensuite réalisée (matrice ($n \times n$) comprenant le degré de crédibilité δ_{ik})

¹ n désigne le nombre d'actions et m le nombre de critères identifiés

Phase 5. Exploiter la relation de sur classement flou

Un classement de variantes est établi sur la base de degrés de crédibilité des relations de surclassement entre chaque paire de variantes.

Par la suite, la méthode ELECTRE III procède à deux classements antagonistes, qui sont des préordres complets : une *distillation ascendante* et une *distillation descendante*. Le *classement final* est un préordre partiel, autorisant les exo quo, qui est tiré de la comparaison des rangs obtenus par les variantes dans ces deux distillations.

4.3 Le modèle de négociation

Ce modèle se base, principalement, sur la décision de groupe, dans la réalité, les problèmes décisionnels suscitent des intérêts divergents, appréhendés par des points de vue différents et par conséquent, concernant des acteurs multiples [7].

En effet, les acteurs contribuent de manière fondamentale à la génération d'une proposition (solution acceptable) en fixant des paramètres subjectifs (Poids, Préférence, Indifférence, etc.), ils peuvent, ainsi, exprimer leurs points de vue et intentions sur l'aménagement envisagé. Nous proposons que les acteurs impliqués dans la décision soient liés entre eux par des relations de négociation. Ces négociations peuvent porter, soit directement sur les propositions résultantes de l'évaluation multicritère, soit sur les paramètres subjectifs énoncés au cours de l'analyse des actions. Nous pouvons, par exemple, demander à chaque acteur de fixer ses propres paramètres subjectifs pour obtenir une proposition par acteur [13].

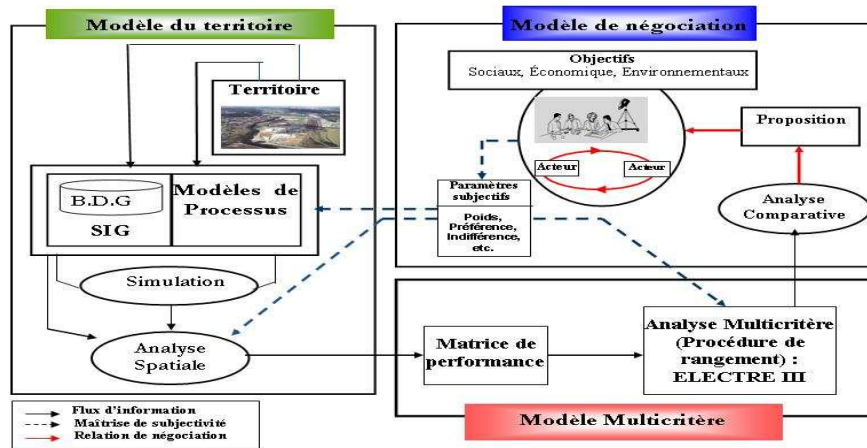


Fig. 2. Le modèle décisionnel proposé

5 Étude de cas

5.1 Délimitation de la zone d'étude

Dans le but de valider le modèle proposé, la région test choisie pour réaliser notre étude est le quartier Hai El Yasmine situé à l'est de la ville d'Oran. La région d'étude consiste en un ensemble de sites, ce choix est dû, principalement, à la multitude de projets d'aménagement dans cette zone. Rappelons ici, que la ville d'Oran est la deuxième ville d'Algérie et compte aujourd'hui environ 897 700 habitants.

Dans le cadre du projet d'extension de la ville d'Oran vers l'est, une nouvelle gare routière est prévue comme l'un des équipements projetés. Dans l'étude de cas suivante, nous cherchons l'action (l'emplacement) la plus adéquate pour l'implantation de la future gare routière en utilisant:

- Les techniques de télédétection, dans un premier temps, pour la génération de la base de données géographiques (BDG) puis en utilisant
- Le couplage (ELECTRE III-SIG) afin d'exploiter la BDG dans le but de déterminer le site le plus approprié pour cette construction.

Les critères retenus pour cette étude sont : Superficie 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, deux modules : un module d'extraction des données géographiques à partir des images satellitaires et un module d'évaluation multicritère par utilisation de la méthode ELECTRE III, le module de négociation est développé dans d'autres travaux [13].

5.2 Module extraction des données géographiques à partir d'une image satellitale

L'outil d'acquisition proposé a pour but de stocker des images satellitaires et de cataloguer leurs métadonnées afin d'établir la BDG. L'outil gèrera par la suite cette base pour répondre à des requêtes destinées à la réalisation d'un projet en AT.

La localisation spatiale des différentes zones pour cette étude a exigé la collecte des données (images satellitaires), le traitement des images et l'AMCD sur l'ensemble de données à référence spatiale.

Dans cette section, nous présentons les différentes étapes de la réalisation du module qui acquiert des données géographiques à partir d'images satellitaires pour permettre leur stockage, leur gestion ainsi que la recherche des données appropriées pour un projet en AT à partir des données déjà répertoriées.

Après le lancement de l'application, le choix se fait entre deux possibilités, soit l'ouverture d'un nouveau ou d'un ancien espace de travail, soit on effectue une recherche sur une zone quelconque en spécifiant le pays, la wilaya et la ville. Dans notre cas l'image est stockée dans un répertoire. L'utilisateur peut visualiser chaque image à partir du menu déroulant ou à l'aide des flèches de la barre d'outils (Fig.3).

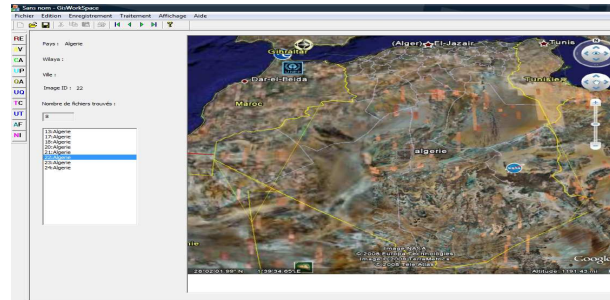


Fig. 3. Visualisation de l'image

Nous pouvons à travers cette application interroger le catalogue (qualité, taux de couverture) de chaque image résultante de la dernière recherche. La figure (Fig.4) illustre ces deux fonctions.



Fig. 4. Qualité et taux de couverture

Notre application mène aussi à des réponses sur des requêtes plus spécifiques (Fig.5), des requêtes sur la résolution, source des données, précision, etc.



Fig. 5. Recherche avancée

L'utilisateur peut exploiter l'option de la recherche avancée d'une manière continue. Notre application tiendra compte des résultats de la recherche précédente pour les soumettre à la requête de la nouvelle recherche. Ce processus facilite la tâche de recherche pour les utilisateurs, en permettant de réduire à chaque tour le nombre des résultats, pour n'en extraire que les données nécessaires au projet choisi.

5.3 Module d'évaluation multicritère : ELECTRE III

Une fois la base de données géographiques déterminée, ce module contient les fonctions d'évaluation multicritère, avant le lancement de cette démarche, on visualise la région d'étude et l'ensemble des îlots libres (Fig.6), cette visualisation est faite à l'aide de SIG et de résultats obtenus par le module précédent, puis on passe à une étape très importante qui est : la détermination des paramètres de l'évaluation multicritères (critères, actions, matrice de performance, paramètres subjectifs, etc.)

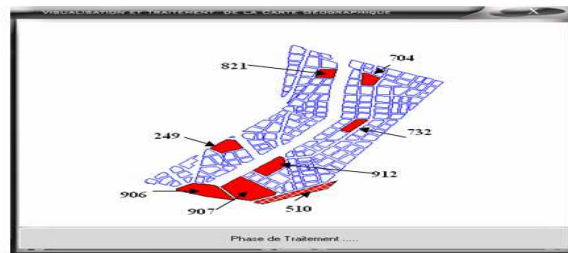


Fig. 6. Sélection des îlots libres de la zone d'étude

La figure (Fig.7) présente la matrice des évaluations (toutes les alternatives ainsi que leurs performances relativement à chaque critère), elle est gérée par le SIG.

	Superficie	Distance_Axe_Routier	Accessibilité	Nuis
821	10043.825938515	-249.02	2	-3
704	11071.2503971788	-480	1	-3
249	17710.4196867137	-488.89	2	-2
912	21068.9751317496	-379.2	3	-2
907	48378.6404723018	-30.91	4	-1
906	32129.5037951887	-30.54	4	-1
510	26020.9986106301	-25.27	4	-1

Fig. 7. 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 III, les résultats de l'agrégation multicritère obtenus par cette méthode sont illustrés par la table1.

Table1. Résultats fournis par utilisation de la méthode ELECTRE III

Ordre (numéro de classement)	Numéro Îlot	Incomparable Avec...
1	907	912
2	906	912
3	912	907, 906, 510
3	510	912
4	249	
5	821	
5	704	

Les résultats obtenus par l'approche multicritère (méthode ELECTRE III) 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

A travers cet article, nous avons proposé un système décisionnel fondé sur l'association SIG, télédétection et AMCD au service de la prise de décision spatiale. Une attention particulière a été réservée à l'extraction de données géographiques à partir d'une image obtenue par la technique de télédétection. Ainsi, nous avons initié dans le cadre de l'aide à la décision spatiale une nouvelle approche alliant:

- D'une part, l'analyse multicritère aux SIG;
- D'autre part, les SIG aux techniques de télédétection;

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 les connaissances expertes existantes, dans le contexte actuel de développement durable, la télédétection offre des moyens aux décideurs 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 aborder dans le futur principalement la prise en compte des dimensions spatiale et temporelle dans la modélisation multicritère.

Références

1. Adeniyi, P. O.: Land-use change analysis using sequential aerial photography and computer techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 46(11),(1980)
2. Benediktsson J., Pesaresi M. and Arnason K.: Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations: Urban remote sensing by satellite , *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 41, n°9, (2003)
3. Bildgen, P., Gilg, J.P.: Approches Environnementales par Télédétection Spatiale. In *Donnés Urbaines*, Paris, (1996).
4. Chakhar, S., Mousseau, V., Pusceddu, C. , Roy, B.: Decision map for spatial decision making in urban planning.CUPUM'05, London, UK, (2005)
5. Flouzat G. : Morphologie mathématique et analyse des images de télédétection, *PhotoInterprétation*, vol. 27, n°5, (1988) 1-16.
6. Hamdadou D. et Bouamrane K.: 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,
7. Hamdadou. D.: Un Modèle d'Aide à la Décision en Aménagement du Territoire : Une Approche Multicritère et une Approche de Négociation, Thèse de Doctorat, université d'Oran, (2008)
8. Joerin, F. : Décider sur le territoire : Proposition d'une approche par l'utilisation de SIG et de MMC. Th. Doct, Ecol. Polytec. Feder. De Lausanne, (1997)1755, 268.
9. Laouar, R.: Contribution pour l'aide à l'évaluation des projets de déplacements urbains. Th .Doct , LAMIH, valenciennes (2005)
10. Laaribi, A. : SIG et analyse multicritère. Hermès Sciences Publications, Paris (2000)
11. Martel, J.M. : Aide à la décision. Document interne, département d'opération et systèmes de décision, université de Laval, Canada, (1988)
12. . Martin, L. R. G.:Accuracy assessment of Landsat-based visual change detection methods applied to the rural-urban fringe.*Photogrammetric engineering*, 55(2):209-215(1989)
13. Oufella, S., Hamdadou D., et Beldjilali. B. : Proposition d'un modèle d'aide à la négociation pour les problèmes d'Aménagement du Territoire , MCSEAI07, Oran, (2008)
14. Roy, B.: Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica, Paris (1985)
15. Simon, H.A. :The New Science of Management Decision.Harper and Row,New York(1960)
16. Simos. J.:Évaluer l'impact sur l'environnement : Une approche originale par l'analyse multicritère et la négociation. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, (1990)
17. Soille et Pesaresi.: Advances in mathematical morphology applied to geoscience and remote sensing , *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, (2002).
18. M. Tille. Choix de Variantes d'Infrastructures Routières : Méthodes Multicritères.Thèse Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale De Lausanne (EPLF), Lausanne, (2000)
19. Tsoukias, A.: From Decision theory to a Decision Aiding Methodology.*Annales du LAMSADE, CNRS, Université Paris Dauphine*(2004)
20. Weber C., Hirsch J., 1992: Some urban measurements from SPOT data: urban life quality indices. *Int. Journal of Remote Sensing.*, 13(17):3251-3262
21. Younsi, F.Z., Hamdadou, D., Benyettou. A.. : Proposition d'un modèle Décisionnel en Aménagement du Territoire par Utilisation des SIG et Réseaux de Neurones. COSI 07, Colloque sur l'Optimisation et les Systèmes d'Information Oran, 2007.
22. Younsi, F.Z., Hamdadou, D., Benyettou. A.. : Vers un Système d'Aide à la Décision en Aménagement du Territoire : SIG, Méthodes Multicritères et Réseaux de Neurones. JSIO08, Les premières journées scientifiques en Informatique du département d'informatique d'Oran, Oran, (2008)