

ELABORATION D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION SPATIALE - APPLICATION A LA DANGEROUSITE DE L'INFRASTRUCTURE ROUTIERE

Mendas A., Hamadouche M. A., Bouchenak F.

mendask@yahoo.fr

CNTS, Division de Géomatique
BP 13, Arzew 31200, Oran, Algérie
Tél. (213) 41472217
Fax. (213) 41473665

Mots clés :

Système d'Information Géographique, analyse multicritère, décision spatiale, dangerosité routière.

Keywords :

Geographic Information System, multicriteria analysis, spatial making decision, road danger.

Résumé

Les systèmes d'informations géographiques (SIG) disposent de fonctionnalités d'analyse spatiale, outils puissants, pour établir un procédé d'aide à la décision. Mais, ils ne présentent pas une démarche d'aide à la décision appropriée. Les méthodes d'Analyse MultiCritères (AMC), par leurs fonctions d'agrégation spatiale, permettent d'aider à prendre une décision dans les situations où plusieurs solutions se présentent, différents critères sont à prendre en considération et plusieurs décideurs sont en conflit. Mais, elles ne prennent pas en considération la référence spatiale des données. D'où l'idée de combiner les SIG et les méthodes multicritères de surcalsssement pour aboutir à un système d'aide à la décision à référence spatiale (SADARS). L'approche est appliquée à une classification des tronçons de routes potentiellement dangereux. La cohérence des résultats obtenus augmente le degré de confiance des décideurs d'une part et affirme l'efficacité du SADARS d'autre part.

1 Introduction

Les problèmes décisionnels à référence spatiale se rapportent généralement à des systèmes où interagissent de nombreux facteurs différents. Les SIG disposent d'outils puissants pour la manipulation, la gestion et l'analyse de données à référence spatiale. Leur utilisation contribue à la récolte des informations, la production d'informations dérivées et la manipulation d'un important volume de données aidant à considérer le problème dans toute sa complexité et à décrire les différentes variantes (Goodchild et al., 1996). Mais ils ne permettent pas d'intégrer les préférences du décideur et d'effectuer un choix dans un contexte d'évaluation d'objectifs et de critères conflictuels (Molines et al., 2001). De plus, le décideur prend en compte plusieurs critères pour juger des actions (alternatives), chose irréalisable par les SIG. Ces restrictions font des SIG des outils d'aide à la décision limités. Les méthodes d'AMC d'aide à la décision sont appropriées aux processus décisionnels correspondant à des choix collectifs où les points de vue sont contradictoires. Elles permettent de faire la synthèse des informations pour en faciliter l'interprétation en vue d'une prise de décision (Roy 1985). Elles ont pour principe de considérer tous les critères pris en compte, leur attribuer un poids lié à leur importance relative, noter chaque action par rapport à tous les critères et finalement agréger les performances. C'est pourquoi l'intégration des SIG et des méthodes d'analyse multicritère constitue une voie privilégiée incontournable pour faire évoluer les SIG vers de véritables outils d'aide à la décision (Laaribi 2000). L'objectif principal de cette étude est de proposer un cadre conceptuel et méthodologique pour une intégration des SIG et des méthodes multicritères de surclassement, telles que Electre (Élimination Et Choix Traduisant la Réalité) et Promethee (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations), dans un seul système cohérent qui intègre tout le processus de l'acquisition de données à référence spatiale jusqu'à la prise de décision. Il s'agit de développer un prototype sur le logiciel ArcView 3.2 d'ESRI. Notre champ d'étude est limité aux approches multicritères de type surclassement (Méthodes Electre et Promethee), que nous trouvons plus appropriées aux problèmes décisionnels à référence spatiale, et à leur intégration dans un SIG vecteur en vue du développement d'un SADARS. Enfin, notre proposition méthodologique est validée à travers une application pour la classification des tronçons de routes potentiellement dangereux réalisée sur une partie de la route nationale n°11 de la wilaya d'Oran (Ouest algérien). Deux problématiques ont été étudiées : l'affectation et le classement des tronçons de route en terme de dangerosité de l'infrastructure routière.

2 Conception du SADARS

Ce système d'aide à la décision à référence spatiale (SADARS) intègre les méthodes d'analyse multicritère (Electre Tri et Promethee II) dans un SIG (ArcView), tout en restant dans l'environnement du logiciel SIG. Rappelons que la combinaison d'outils SIG et méthodes d'AMC peut se faire selon trois niveaux d'intégration (Laaribi 2000) :

Aucune interaction entre les deux logiciels : le traitement se fait d'une manière indépendante, c'est-à-dire les deux logiciels restent indépendants.

Mise en place d'une plate-forme commune : ressemble beaucoup plus au premier, mais il s'agit ici de mettre en place une interface utilisateur commune.

Intégration complète : il s'agit d'un seul logiciel avec une interface à l'utilisateur et sa base de données. Celle-ci contient à la fois les données spatiales et les paramètres de l'algorithme multicritère. Cet algorithme est programmé dans le langage du SIG (Avenue pour ArcView 3.2) et ajouté aux autres fonctions d'analyse du logiciel SIG.

La figure 1 montre les principales composantes du système et les relations entre elles. La première fonctionnalité « abstraction » a pour objet de concevoir un modèle qui organise les données par composantes géométriques et attributs descriptifs, et d'établir des relations entre les objets. L'alimentation du SIG en données par l'introduction, d'une part, de la forme des objets géographiques et d'autre part de leurs attributs et relations est assurée par la fonctionnalité « acquisition ». le stockage numérique des données, sous forme de couches d'information et base de données, est accordé à la fonctionnalité « archivage ». A

ce stade, le SIG est capable de répondre à toute sorte de requêtes concernant ces données via la fonctionnalité « analyse ». Ces dernières peuvent être visualisées sous forme de couches superposables, de tables de données attributives, de diagrammes, etc., c'est l'objet de la fonctionnalité « visualisation ».

La dernière fonctionnalité « AMC » sert à intégrer les algorithmes des méthodes d'analyse multicritère dans l'environnement SIG. Elle prend en compte les paramètres du processus décisionnel pour traiter deux problématiques (tri et rangement).

Ce SADARS est équipé d'une interface conviviale (utilise un langage simple : Avenue) qui présente un bon guide aux utilisateurs non spécialistes. Il peut être décrit en trois niveaux :

- **niveau de structuration de données** : le système est alimenté par l'ensemble de données susceptibles d'être utilisées, durant le processus décisionnel, par les méthodes d'analyse multicritère et par le SIG. A cet effet, une *base de données décisionnelles* est prévue pour regrouper toutes les données et les résultats qui concernent la partie décisionnelle du système (référence du projet, actions, critères, informations sur les décideurs, indices, etc.). Les *données géographiques* sont stockées sous forme de couches d'information où toutes les informations textuelles, qualitatives ou quantitatives sont enregistrées dans une base de données géographiques. Des informations ont des valeurs descriptives et se rattachent à une géométrie et d'autres sont descriptives sans aucune relation avec les objets géométriques.
- **Niveau de traitement** : C'est à ce niveau que tous les traitements seront effectués. Il est composé de plusieurs parties notamment une *Base de scripts* contenant plus de cent soixante (160) scripts qui seront exécutés sous ArcView. Un *Module de visualisation* prend en charge les différentes opérations nécessaires à la manipulation des données géographiques. Un *Module de rapport* décrit le problème, comprend les actions, les critères et le tableau d'évaluation et assure aux utilisateurs la consultation des différents résultats obtenus lors du traitement (indices de concordance, crédibilité, etc.). Le *Gestionnaire de diagramme* permet d'assurer un mode de représentation simple des différentes informations introduites et leurs relations (évaluation des actions par critère, pondération des critères, etc.), et faciliter l'interprétation des différents résultats.

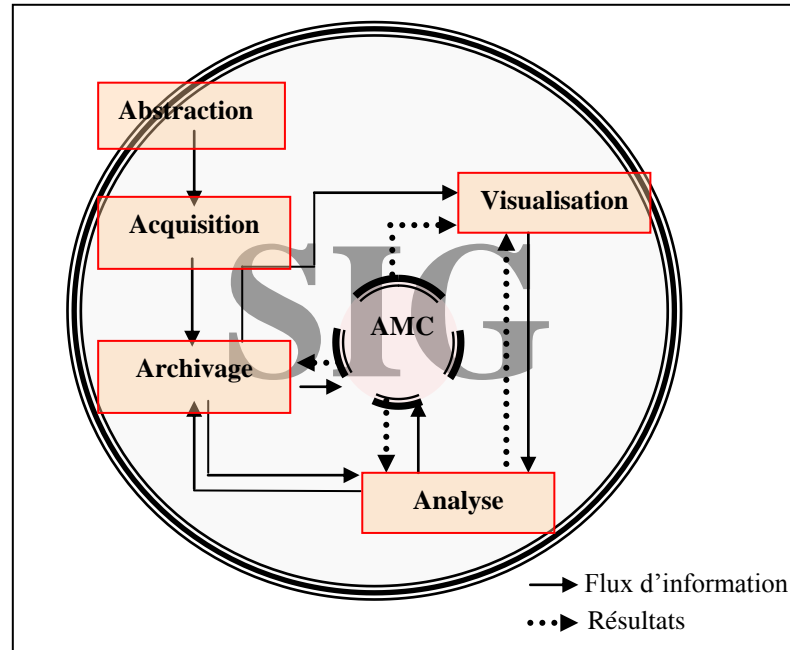


Figure 1. Composantes principales du SADARS.

- **Niveau d'interface :** fournit aux utilisateurs des outils de communication. Généralement, se sont des boîtes de dialogue qui permettent d'introduire l'ensemble des informations nécessaires pour l'exploitation du système. Ce niveau sera géré par le gestionnaire de dialogue qui servira de lien entre le niveau interface et le niveau traitement.

L'idée principale est de combiner les fonctionnalités qu'offre un SIG et celles de l'AMC. D'un côté, l'outil SIG est utilisé pour le stockage, l'analyse et la visualisation des données, d'autre côté, l'AMC choisit les meilleurs compromis, classe les actions potentielles ou les affecte à des catégories prédéfinies selon les paramètres introduits par le décideur.

L'implémentation du SADARS proposé est basée sur le développement d'un prototype comprenant les différentes fonctionnalités des méthodes d'analyse multicritère, telles que présentées auparavant, et les fonctionnalités offertes par les SIG. Ce prototype est développé sous l'environnement ArcView3.2 d'ESRI en utilisant son langage de programmation Avenue (ESRI 1996). Une interface utilisateur a été conçue afin de permettre l'introduction, la consultation et la modification des données requises par le système. Le choix de ce logiciel SIG est justifié par sa souplesse pour la gestion des données géographiques sur PC et sa richesse en outils d'analyse spatiale. Il permet de créer automatiquement la topologie et de personnaliser, d'une manière très souple, des interfaces.

La mise en œuvre du SADARS nécessite de suivre les étapes de l'organigramme ci-après (figure 2). Ce dernier comprend les principales phases du processus de décision. Il s'agit, dans un premier temps, de créer un projet d'aide à la décision ou ouvrir un projet existant qui doit contenir l'ensemble des données géographiques (couches d'informations) et sémantiques (Base de Données). L'utilisateur aura la possibilité de choisir la méthode multicritère selon la problématique à résoudre, sélectionner les actions potentielles, définir les critères et évaluer leur poids. L'utilisation de la méthode Electre Tri nécessite de déterminer des actions de référence. Ces dernières doivent être, elles même, évaluées par rapport à l'ensemble des critères de telle sorte qu'elles divisent l'espace des critères en catégories.

L'agrégation des préférences requiert la saisie des paramètres subjectifs selon la méthode multicritère choisie afin d'évaluer les actions potentielles et afficher les résultats obtenus. Enfin, une analyse de robustesse permettra d'étudier la sensibilité des résultats en variant les paramètres choisis.

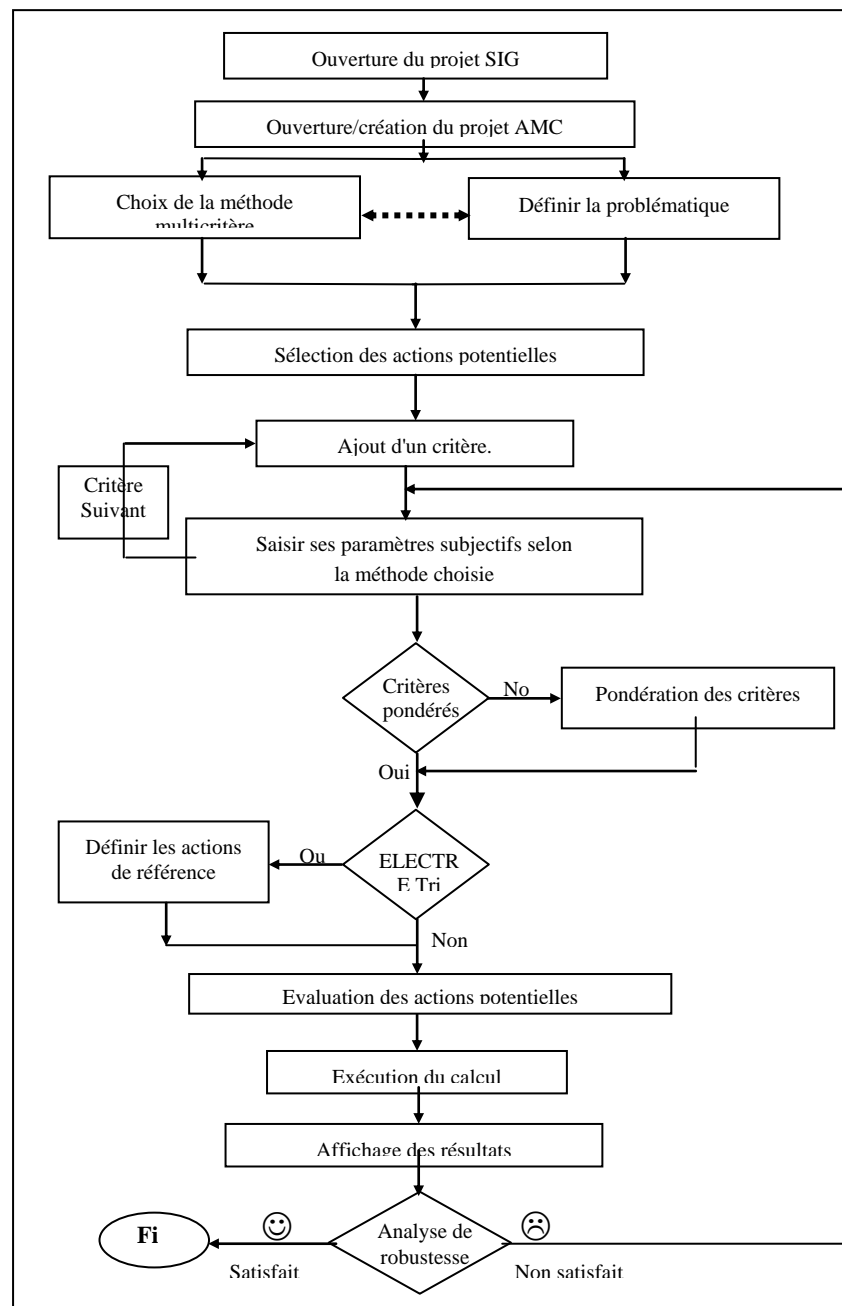


Figure 2. Organigramme des étapes de traitement.

3 Présentation des résultats

Les principaux résultats obtenus par les processus d'Electre Tri et de Prométhée sont les suivants :

- **Pour ELECTRE Tri** : sur le tableau 1, les tronçons sont affectés aux trois catégories (dangereux -C1-, peu dangereux -C2-, non dangereux -C3-):

Actions	Affectation pessimiste	Affectation optimiste	Actions	Affectation pessimiste	Affectation optimiste
A1	C2	C3	A27	C2	C2
A2	C3	C3	A28	C2	C3
A3	C2	C3	A29	C2	C2
A4	C2	C2	A30	C2	C3
A5	C2	C2	A31	C2	C2
A6	C2	C2	A32	C3	C3
A7	C2	C3	A33	C2	C2
A8	C2	C2	A34	C3	C3
A9	C2	C2	A35	C3	C3
A10	C2	C2	A36	C2	C2
A11	C2	C2	A37	C2	C2
A12	C2	C2	A38	C2	C3
A13	C2	C2	A39	C2	C2
A14	C2	C2	A40	C2	C2
A15	C1	C2	A41	C3	C3
A16	C1	C3	A42	C2	C3
A17	C2	C3	A43	C2	C3
A18	C2	C3	A44	C2	C3
A19	C3	C3	A45	C2	C2
A20	C2	C3	A46	C2	C3
A21	C2	C2	A47	C2	C3
A22	C2	C3	A48	C2	C2
A23	C2	C2	A49	C2	C2
A24	C3	C3	A50	C2	C2
A25	C2	C2	A51	C2	C3
A26	C2	C3	A52	C3	C3

Tableau 1. Affectation des actions potentielles par la méthode Electre Tri.

- *Pour Promethee* : les actions potentielles sont rangées, par l'utilisation de la méthode Promethee II, sur le tableau 2.

Actions	Rang	Actions	Rang	Actions	Rang	Actions	Rang	Actions	Rang
A1	18	A12	42	A23	33	A34	4	A45	43
A2	2	A13	34	A24	5	A35	9	A46	12
A3	27	A14	39	A25	49	A36	28	A47	13
A4	51	A15	26	A26	10	A37	25	A48	45
A5	40	A16	17	A27	41	A38	19	A49	44
A6	31	A17	16	A28	8	A39	50	A50	52
A7	23	A18	24	A29	46	A40	37	A51	14
A8	48	A19	6	A30	11	A41	7	A52	1
A9	36	A20	29	A31	47	A42	21		
A10	32	A21	35	A32	3	A43	22		
A11	38	A22	15	A33	30	A44	20		

Tableau 2. Rangement des actions potentielles par la méthode Promethee II.

Les affectations pessimiste et optimiste des tronçons aux catégories prédéfinies (dangereux, peu dangereux, non dangereux) sont représentées respectivement sur les figures 3 et 4 et le rangement final obtenu par la méthode Promethee II est montré sur la figure 5.

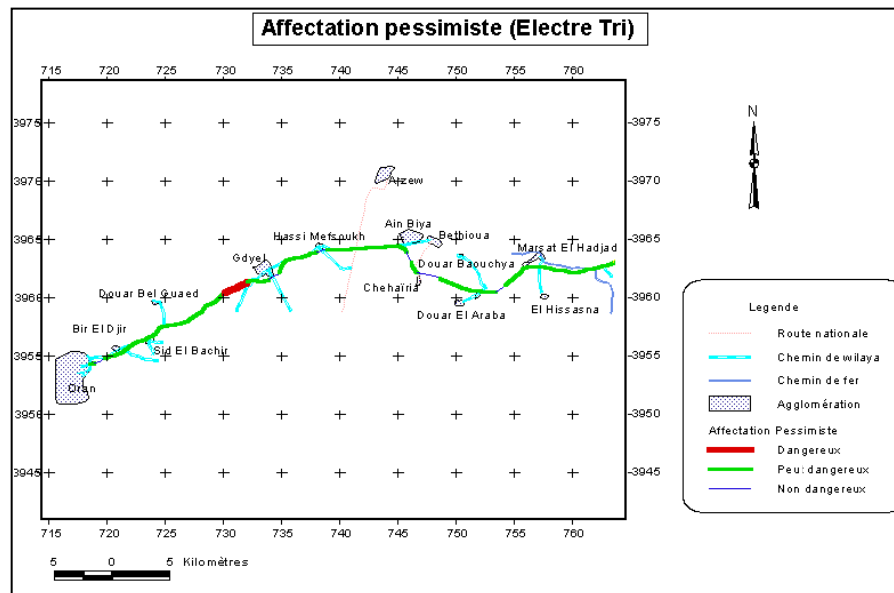


Figure 3. Affectation pessimiste des tronçons (Electre Tri).

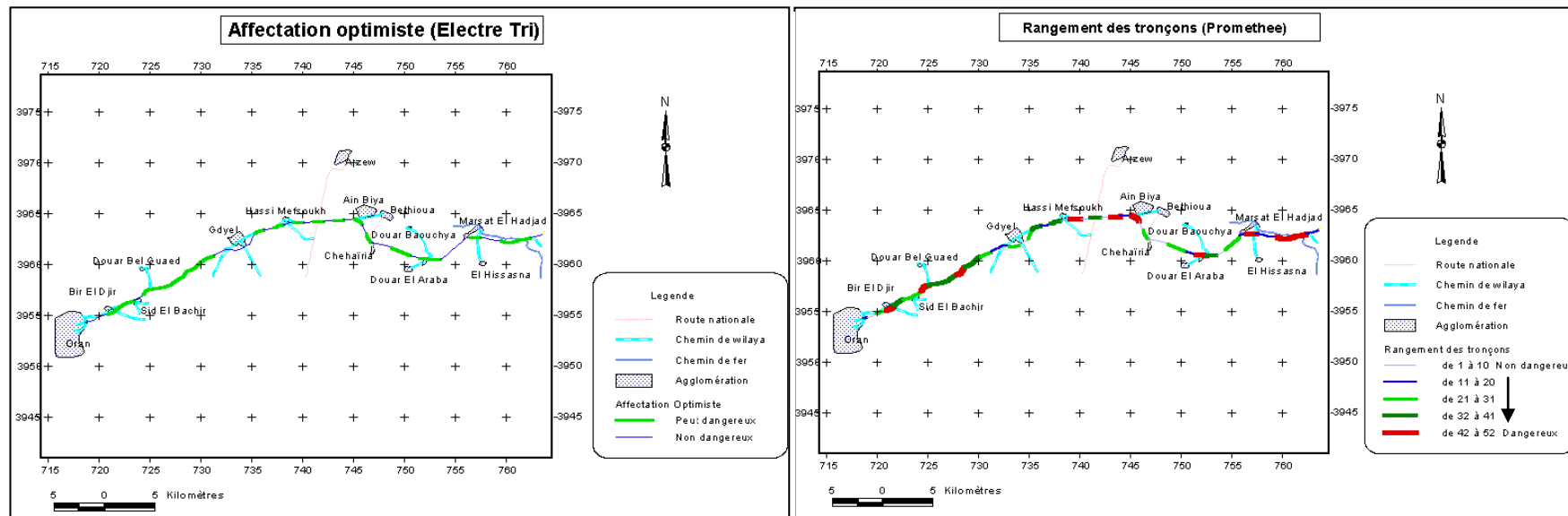


Figure 4. Affectation optimiste des tronçons (Electre Tri). Figure 5. Rangement des tronçons (Promethee).

En fixant le seuil de crédibilité à 0.75, pour Electre Tri, l'ensemble des tronçons de route (4-6, 8-14, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 36, 37, 39, 40, 48-50) sont peu dangereux. Tandis que les tronçons non dangereux sont : 2, 19, 24, 32, 34, 35, 41 et 52. Par contre, pour Promethee, les cinq tronçons les plus dangereux sont : 50, 4, 39, 25 et 8. Les huit mêmes tronçons, considérés par Electre tri, non dangereux plus le tronçon 28 sont classés, par Promethee, aux premiers rangs (tronçons non dangereux). Les résultats de cette étude peuvent être considérés comme cohérents puisque les solutions proposées par les deux différentes méthodes de surclassement (Electre Tri, Promethee) montrent que les mêmes tronçons (4, 8, 25, 39 et 50) sont dangereux. Par conséquent, le décideur pourra penser à des solutions adéquates afin de diminuer la dangerosité de ces parties de la route. Notons aussi que ces résultats peuvent être changés d'une manière ou d'une autre si nous faisons varier l'un des paramètres.

4 Conclusion

Ce présent travail permet de fournir aux décideurs un outil d'aide à la décision à référence spatiale qui intègre à la fois les fonctionnalités du SIG et les méthodes d'AMC dans un système unique. Ainsi, seront contournées les difficultés liées au très grand nombre de solutions possibles, à la diversité des critères intégrés dans la prise de décision et à la possibilité de la multitude de décideurs. C'est vrai que la décision finale résulte aussi d'autres processus, telles que des stratégies politiques, qui ne peuvent être formalisées, mais l'identification scientifique de la meilleure solution constitue une aide importante à la prise de décision. Notre effort est orienté vers la proposition de solutions conceptuelles, méthodologiques et expérimentales.

Dans le cadre conceptuel, notre approche a préconisé une intégration des méthodes d'analyse multicritère tout à fait indépendante de la base de données géographiques. Cette intégration a exigé une structure générale qui pourrait s'adapter aux problèmes décisionnels à référence spatiale de natures différentes. Dans le cadre méthodologique, le décideur est devant le choix entre deux méthodes : Electre tri et/ou Promethee. Ainsi, il lui est possible de comparer les résultats. Dans le cadre expérimental, cette étude présente un cas d'application relatif, d'une part, à une problématique d'affectation à des catégories prédéfinies et, d'autre part, à une problématique de rangement, de l'ensemble des tronçons de la route (par point kilométrique) en terme de dangerosité de l'infrastructure routière. Le choix de ce cas est dû à son importance socio-économique, mais le SADARS peut s'adapter à d'autres problématiques territoriales à condition de comprendre ces dernières, dégager les actions potentielles, définir les critères pour enfin agréger les préférences des décideurs par la méthode adéquate disponible. Ce cas d'application nous a permis de concevoir un système d'information géographique routier dédié à ce type de problème et de l'implémenter sous le logiciel Arcview3.2. L'exploitation des potentialités de visualisation graphique de ce système mettra à la disposition du décideur une information plus riche et plus facile à saisir.

La cohérence des résultats obtenus par les deux démarches augmente le degré de confiance des décideurs d'une part, et affirme l'efficacité du SADARS d'autre part. Ainsi, les organismes compétents peuvent, voire, doivent se concentrer sur les tronçons classés plus dangereux pour les traiter et les aménager.

Références bibliographiques

- [1] ESRI, *Using Avenue, Customization and Application Development for ArcView GIS*, Environmental Systems Research Institute, Inc., 1996.
- [2] Goodchild M. F., Kemp K. K., Theriault M., Roche Y., *Systèmes d'information géographique : notions de base*, notes de cours, volume 1, LATIG, Département de géographie, Université Laval, Québec, 1996
- [3] Laaribi A., *SIG et analyse multicritère*, Paris, Éd. Hermes Science Publications, 2000.
- [4] Molines N., Chevalier J.J., "SIG et analyse multicritère : une association novatrice au service du processus d'évaluation des grandes infrastructures linéaires". in *AMCDA - Aide Multicritère à la décision*, A. Colorni, M. Paruccini, B. Roy ed, Joint Research Center, EUR Report, 2001, pp 195-212.
- [5] Roy B., *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris, 1985.