

Conception et réalisation d'un système d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles

*F. ADMANE, A. EL-MAOUHEB
F. BENAMARA & F.Z. DJEZZAR*

*CERIST Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique,
3 Rue des frères Aissiou Ben Aknoun Alger Algérie.
E-mail: Admane@ist.cerist.dz*

Résumé :

Les différentes affectations possibles de l'espace, la multitude d'acteurs et le nombre impressionnant de facteurs à prendre en compte font de la gestion des ressources naturelles un problème de décision complexe. Pour résoudre ce problème multicritère, la recherche d'une solution de conciliation apparaît comme la seule voie efficace. Les caractéristiques propres aux aides multicritères à la décision en font donc un outil idéal. Quant à la gestion du volume important de données nécessaires, l'aide apportée par les systèmes d'informations géographiques (SIG) se révèle au moins très utile, sinon indispensable. Les fonctions d'analyse de ceux-ci contribuent à l'évaluation des différentes solutions possibles selon des critères fixés par le décideur. C'est en se basant sur ces différentes évaluations, que les méthodes multicritères pourront opérer à la sélection des meilleures solutions.

Mots clés :

Aide multicritère à la décision (DSS), tableau d'évaluation, relation de surclassement, système d'information géographique (GIS), analyse spatiale, système interactif d'aide à la décision spatial (SDSS).

I-INTRODUCTION :

La gestion des ressources naturelles et de l'environnement posent, aujourd'hui aux ingénieurs des problèmes nouveaux tant par leur envergure que par leur complexité. Les moyens traditionnels sont devenus insuffisants pour réunir les données nécessaires à une description fidèle des phénomènes en cours et, a fortiori, pour apporter des solutions.

L'évolution rapide de l'informatique graphique et des capacités de mémoires, ainsi que l'élaboration de concepts et de méthodes nouvelles pour l'examen des systèmes complexes, offrent aux ingénieurs une alternative à la hauteur des difficultés rencontrées. [Cal, 90]

Les technologies de l'information, en particulier l'intégration des systèmes d'information géographiques (SIG) et des méthodes multicritères d'aide à la décision constituent la nouvelle génération d'outils d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles. [Fedra, 97] [Papay, 98]

Le concept de SIG, dont le noyau est une base de données à référence spatiale numérisée, est relativement récent. Il permet la gestion et l'analyse spatiale des données géographiques. Un S.I.G a aussi pour but de fournir notamment aux ingénieurs et aux planificateurs, des informations complexes nécessaires pour l'aide à la décision. [Cal, 90]

Les méthodes multicritères d'aide à la décision (MMCAD) constituent une méthodologie qui fournit aux décideurs des outils leur permettant de résoudre un problème de décision en tenant compte de plusieurs points de vue. Ces méthodes, tout juste nées il y a 30 ans, connaissent aujourd'hui de multiples applications dans des domaines aussi variés que la production, le marketing, les transports, l'environnement... [Roy, 93] Elles ont été choisies par plusieurs chercheurs comme la base des systèmes d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles.

La combinaison des SIG et des MMCAD permettra d'effectuer des analyses et des traitements de données

provenant de différentes sources. La cohabitation de ces deux concepts est illustrée par la figure suivante. Elle schématise un système cohérent qui intègre tout le processus de l'acquisition des données jusqu'à la prise de décision.

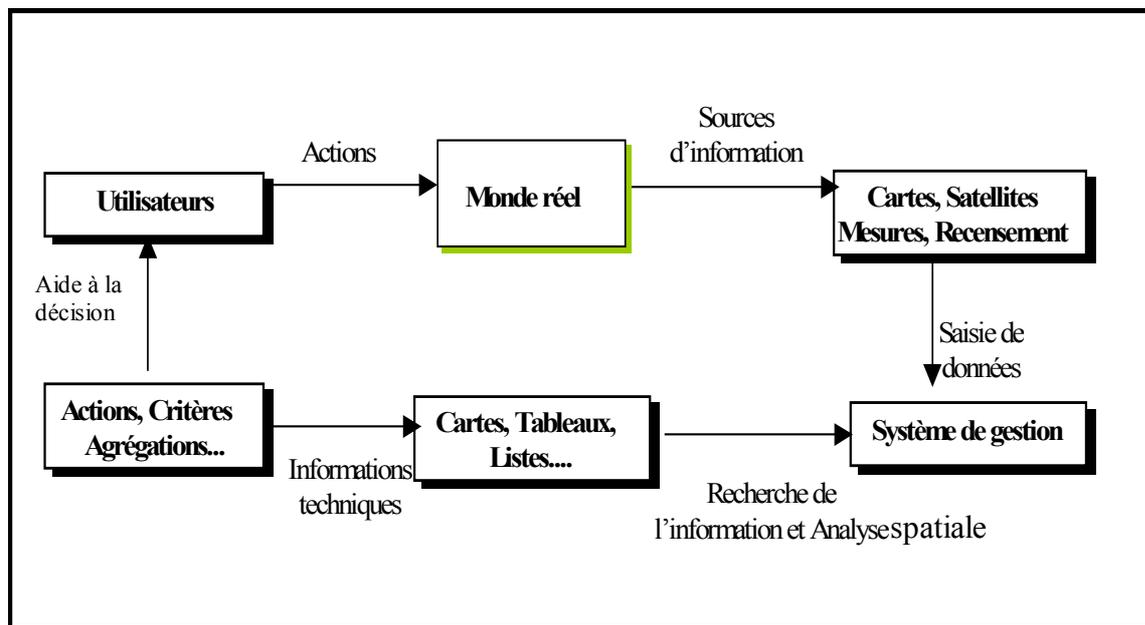


Figure 1 : l'aide à la décision et les S.I.G

L'acquisition des données, leur stockage, leur exploitation et l'élaboration d'une décision basée sur la définition d'un ensemble d'actions et de critères pour une gestion de ressources constituent un tout. C'est pourquoi, la combinaison des méthodes multicritères et des systèmes d'informations géographiques permettra de guider les décideurs à trouver la meilleure solution aux problèmes multiples qu'englobent la science de l'environnement.

II- Les systèmes d'informations géographiques : (SIG)

La gestion des ressources naturelles requière l'intégration d'un volume important d'informations provenant de différentes sources: terrain, satellites, photographies aériennes , cartes...etc.

Cette information a la particularité d'avoir une dimension spatiale, elle peut être en une dimension (les rivières), en deux dimensions (qualité de la terre, de l'eau et de l'air) ou en trois dimensions (l'air et l'eau). [Fedra, 97]

La nature de cette information nécessite donc des outils puissants offrant à la fois les possibilités d'analyse et de gestion. Le développement de l'informatique et des nouvelles technologies, ont permis de prendre en compte la spécificité de ces données qui nécessitent des techniques différentes de celles utilisées dans les bases de données classiques. Cela conduit à mettre au point des logiciels spéciaux connus sous le nom de Système d'Information Géographique (SIG).[Laur,96]

II.1 L'information géographique :

La notion d'information géographique (IG) est capitale dans un SIG. Elle désigne toute information relative à un point ou ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre. Cette IG est l'association : [Tho, 92]

- D'une information d'abord graphique, représentant la localisation d'un objet (coordonnées), ses limites, sa forme et ses dimensions; on parlera ici de **descripteurs géométriques**.

- D'une information ensuite descriptive représentant les caractères non graphiques d'un objet ; on parlera de **descripteurs sémantiques**.
- Enfin d'une information sur les relations entre les objets pour parler de **descripteurs topologiques**.

Ces trois types de descripteurs de l'IG permettent de modéliser le monde réel et de développer ainsi des applications très diverses.

II.2 Fonctionnalité d'un S.I.G :

Un SIG doit être capable d'effectuer les opérations suivantes :

1- Acquisition des données :

C'est l'étape qui assure la saisie et le codage des données spatiales et descriptives, la vérification d'erreurs et les prétraitements.

2- Gestion des données :

Les fonctions fondamentales d'un SIG sont fondamentalement celle d'un SGBD. Elles comprennent le stockage, l'édition, la mise à jour et l'extraction de données.

3- Analyse spatiale et manipulation des données :

La principale spécificité d'un SIG par rapport aux SGBD traditionnels, est la vaste gamme de possibilités de manipulation et d'analyse des données spatiales offertes par le SIG.

4-Restitution des données :

C'est l'opération de représenter des résultats de l'extraction ou de l'analyse, sous une forme qui soit compréhensible par l'utilisateur ou par un autre système informatique

II.3 Gestion de la géométrie dans les S.I.G :

Parmi la diversité des bases de données, les bases de données géographiques occupent une place toute particulière. La nature même des informations, leur volume et la spécificité des traitements impliquent des modélisations et des structurations particulières dans lesquelles la géométrie occupe une place primordiale. On est donc amené à utiliser des techniques différentes de celles des bases de données classiques. [Iaur, 96]

II.3.1 Modélisation et interrogation de l'IG :

Dans le domaine des bases de données géographiques, la notion de modèle de données est primordiale. Il permet de définir quelles données peuvent être représentées ainsi que les traitements qui pourront être exécutés. L'interrogation nécessite quant à elle, un langage de requêtes dit langage de requêtes spatiales intégré au système.

La représentation des objets géographiques dans les SGBD dépend du modèle de données auquel obéit le SGBD. Le modèle servant de support peut être relationnel, relationnel étendue ou encore orienté objet.

II.3.1.1 Le modèle relationnel :

Dans ce modèle, les entités sont représentées par des tables. Chaque ligne est une occurrence de l'entité, chaque colonne un attribut définit pour des types de base (entier, chaîne de caractère...etc.)

Malgré que ce modèle ait fait ses preuves dans de nombreuses applications, il reste inadapté à la modélisation de l'information géographique. En effet il n'est pas possible de définir de nouveaux types de données, ni d'associer aux données leur aspect dynamique. De plus sa structuration est très pauvre et peu adaptée à des objets complexes. [Rig,95]

Pour pallier à tous ces problèmes, il est possible de coupler un SGBD relationnel avec un système spécifique qui traite l'information spatiale. Un mécanisme complexe de pointeurs traduit les liens entre fait et géométrie. [Rig,95]

II.3.1.2 Le modèle relationnel étendu au type abstrait de données (TAD) :

Il est donc nécessaire d'introduire de nouveaux types de données comme les points, les lignes et les zones au sein d'un SGBD. L'idée qui vient à l'esprit c'est alors d'étendre un SGBD relationnel et notamment son langage d'interrogation de manière à prendre en compte de façon souple cette gestion de nouveaux types de données.

Pour représenter la géométrie, on ajoute aux attributs d'une relation des attributs dont le domaine est un type abstrait de données spatiales. SQL qui est utilisé dans le modèle relationnel ; est étendue pour permettre des opérations définies sur les TAD apparaissant dans les relations. [Adm , 96]

II.3.1.3 Le modèle orienté objet :

Le modèle orienté objet est une fusion de deux technologies : les SGBD et les langages de programmation orientée objets. Cette fusion apporte aux bases de données des avantages tant du point de vue de la conception qu'au point de vue du développement. Elle permet : [Bouz, 93]

- La représentation d'objets complexes.
- De fournir un langage de manipulation des données compatible avec les langages de programmation.

Dans ce modèle, le monde réel est modélisé sous la forme d'un ensemble d'objets regroupés en classes et entretenant entre eux des relations de diverses natures.

Tous les objets d'une même classe partagent un ensemble de propriétés et de méthodes. Les propriétés couvrent une notion plus large puisqu'elles englobent aussi des textes, des graphiques, des images et des sons. Les méthodes sont les actions qui peuvent être appliquées sur des objets et qui sont caractéristiques de leur classe. D'autre part, les classes héritent hiérarchiquement des propriétés et méthodes de la classe de rang supérieur.

Le langage d'interrogation SQL n'est pas adapté pour les SIG, et tout particulièrement pour les requêtes spatiales [Rig , 95]. Les SGBD récents fournissent des langages de requêtes très puissants nous citons par exemple le langage O2SQL du SGBD O2.

[Adm, 96]

II.3.2 L'indexation spatiale :

Afin d'améliorer les temps de réponse, les bases de données classiques font appel à des techniques d'accélération. Par exemple, une bonne indexation des identifiants peut améliorer les temps de réponse d'une base de données relationnelle. Dans le cas d'une base de données géographiques, le problème provient de l'utilisation des attributs spatiaux considérés comme des clés à deux dimensions. Il est donc difficile de les ordonner. Ce qui a conduit à exclure l'utilisation d'index classiques, conçus pour des domaines ordonnés à une dimension (exemple d'index classique : B-arbre) ; et à adopter des structures d'index appelées **index spatiaux**.

Etant donné la nature de l'information géographique, un SIG fait coexister deux types d'index :

- Un index classique (type B - arbre) pour les requêtes alphanumériques i.e. qui ne mette en jeu que les attributs descriptifs de l'information géographique.
- Un index spatial pour les requêtes spatiales i.e. qui ne font intervenir que les descripteurs géométriques et/ou topologiques de l'information spatiale. [Laur, 96]

II .4 SIG comme outil d'aide à la décision ;[Fedra ,97]

Les **S.I.G.** ont été conçus pour traiter des quantités importantes d'informations et permettent aux scientifiques de mener leurs recherches avec une grande vitesse et une excellente précision. Ils sont très utilisés comme outil d'aide à la décision dans des domaines très variés (urbanisme, planification, environnement,...) dans la mesure où ils permettent la gestion et l'analyse de l'information spatiale.

Ainsi, le SIG en plus d'être un système d'information, devient un outil d'aide à la décision. Car il permet aux utilisateurs d'extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Le SIG demeure un outil parmi tant d'autres dans le processus décisionnel. Il devient un outil intégrateur en fournissant des informations claires et précises aux décideurs, afin de prendre une décision plus juste et éclairée.

III- L'aide multicritères à la décision :

L'aide multicritères à la décision, vise comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de résoudre un problème de décision où plusieurs points de vue ou critères souvent contradictoires, sont pris en compte. Il n'existe pas de décision (solution, action...) qui soit la meilleure simultanément pour tous les critères. Le mot optimisation n'a donc pas de sens dans un tel contexte, contrairement aux techniques de recherche opérationnelle. C'est pourquoi le mot « aide » paraît important. [Vinck, 89].

Dans le domaine de l'aide multicritères à la décision, la problématique est une information fondamentale. En effet, une méthode d'analyse peut être adéquate pour une certaine problématique mais inutilisable pour une autre. Il est alors important de connaître au départ la problématique où on se situe pour choisir la méthode adéquate. On distingue trois problématiques de références :

[Roy, 93]

- **Alpha** : La problématique de choix ou de sélection, consiste à chercher parmi l'ensemble des actions potentielles A, un ensemble N aussi restreint que possible, contenant les meilleures actions.
- **Bêta** : La problématique de tri ou de segmentation, consiste à séparer les actions en différentes catégories (bonne, moins bonne...)
- **Gamma** : La problématique de rangement ou de classement, consiste à classer les actions de A de la meilleure à la moins bonne, pour choisir par la suite n actions parmi les meilleures.

C'est ainsi que sont apparues les méthodes multicritères d'aide à la décision (MMCAD), à savoir les méthodes multiattributs, surclassement et les méthodes interactives. [Roy, 93][Vinck, 89].

Nous avons opté pour les méthodes de Surclassement car :

- Elles permettent une meilleure approche des problèmes multicritères car elles modélisent de façon réaliste les préférences du décideur.
- Elles peuvent prendre en compte des imprécisions, des incertitudes et des hésitations des acteurs lorsqu'ils sont amenés à comparer deux actions. En effet, ces méthodes font appel aux notions d'indifférence, de préférence faible ou de préférence forte et même à l'idée de rejet total (veto).
- Elles permettent de traduire les sensibilités des différents acteurs par des jeux de poids affectés aux différents critères.

Le concept de surclassement est dû à B.ROY en 1974. Ces méthodes visent à construire la relation de surclassement S à l'aide de comparaisons par paires d'actions et utilisent au mieux les informations concernant les préférences du décideur.

L'exploitation de la relation de surclassement permet au décideur de résoudre son problème. Parmi les méthodes de surclassement, on distingue la méthode ELECTRE IS. Cette méthode est une amélioration de la méthode ELECTRE I (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), qui a été le point de départ d'un très grand nombre de travaux méthodologiques et d'application. [Vinck, 89].

III.1 La méthode ELECTRE IS : [Roy,87][Roy,93]

Cette méthode entre dans le cadre de la problématique alpha. Relativement à l'ensemble des actions potentielles A et la famille cohérente de pseudo critères $F = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$, une action en surclasse une autre si elle est au moins aussi bonne que l'autre relativement à une majorité de critères, sans être trop nettement plus mauvaise que l'autre relativement aux autres critères (respect des minorités).

On cherche à effectuer, au moyen de la relation S construite précédemment, une bipartition de l'ensemble A en deux sous-ensembles N et N' (le complémentaire de A). N contient les meilleures actions par rapport à la relation de surclassement. N' contient les actions éliminées. N est le noyau de la relation S appliquée à A. En plus du noyau, cette méthode offre plusieurs résultats, le décideur pourra donc, en étudiant la composition du noyau à la lumière de ces résultats, effectuer sa sélection finale.

IV- Conception d'un système d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles :

On peut dire, dans un premier temps, que le stockage et le traitement des données et des variables, l'analyse spatiale et la visualisation des sites potentiels sont des fonctionnalités puissantes qui peuvent aider à la prise de décision. Notamment les techniques topologiques et métriques ainsi que les techniques de superposition de «couches» (overlay) qui permettent de repérer dans l'espace géographique des objets (points ou polygone) qui ont un ensemble de caractéristiques communes et qui satisfont simultanément à des contraintes imposées par des critères spatiaux [Papay,98][Hey,94]. Néanmoins, ces techniques atteignent leurs limites quand on traite des problèmes complexes car : [Papy,98][Hey,94][Fedra,97]

- 1- Les résultats des «overlay» sont difficiles à comprendre quand le nombre de critères spatiaux dépasse quatre ou cinq.
- 2- La plupart des procédures «overlay» ne permettent pas de pondérer les critères en fonction de l'importance qui leur est attribuée lors du processus décisionnel et par rapport aux préférences du décideur. Tous les critères jouent un rôle identique et, il y a incapacité à classer, trier ou choisir parmi les solutions initialement retenues comme acceptables.
- 3- Le choix des contraintes ou des seuils imposés sur les critères s'effectuent de façon plus au moins arbitraire. Cela conditionne le nombre de solutions potentielles et provoque une perte d'informations substantielles.

[Papay, 98] [Fedra, 97][Track, 98]

- 4- Finalement, les SIG actuels, ne disposent pas d'outils appropriés pour évaluer des projets ou des scénarios potentiels multiples en fonction de critères quantitatifs ou qualitatifs multiples variés et par rapport à des politiques ou à des objectifs divergeants ou conflictuels.

Dans un deuxième temps, les MMCAD aident à éclairer le processus de décision, à faire la synthèse des informations et à définir un cadre réglementaire afin de mettre en évidence des solutions «optimales» : [Papay,98].

Il serait donc très intéressant de combiner ces deux approches (SIG et MMCAD) pour une meilleure définition des données afin d'élaborer une bonne décision susceptible d'aider les décideurs à modéliser les problèmes dans leur globalité.

Nous pensons que cette cohabitation devra se faire à travers une interface qui transférera les résultats des analyses issus du SIG directement au tableau d'évaluation. Ainsi, les informations issues des analyses spatiales et provenant du SIG sont transférées dans le logiciel d'analyse multicritères où d'autres critères pourront être rajoutés. Après le traitement décisionnel effectué en partie par la méthode ELECTRE IS, les décisions retenues pourront être visualisées sous forme de carte géographique suivant une analyse thématique.

IV.1 Objectifs du système :

L'objectif du travail est de fournir un logiciel prototype fonctionnant sur micro-ordinateur. Opérationnel et portable ce logiciel contribuera ainsi à la formalisation et la concrétisation du processus décisionnel lié à un problème de gestion des ressources naturelles.

IV.2 Fonctionnement du système :

Le système doit être flexible tout en mettant à la disposition des décideurs des outils leur permettant de :

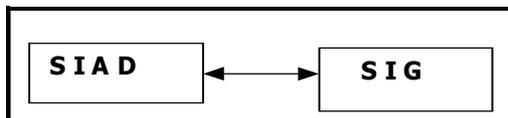
- 1) Définir les actions et les critères de leur problème, en effectuant différentes analyses au sein du SIG.
- 2) Définir le tableau d'évaluation multicritères.
- 3) Aider les décideurs, pour une prise de décision finale grâce aux différents résultats de la méthode ELECTRE IS.
- 4) Effectuer des analyses de sensibilité.
- 5) Visualiser la solution obtenue sous forme de carte géographique.
- 6) Offrir une interface conviviale pour une utilisation souple et facile du système.

IV .3 Architecture du système :

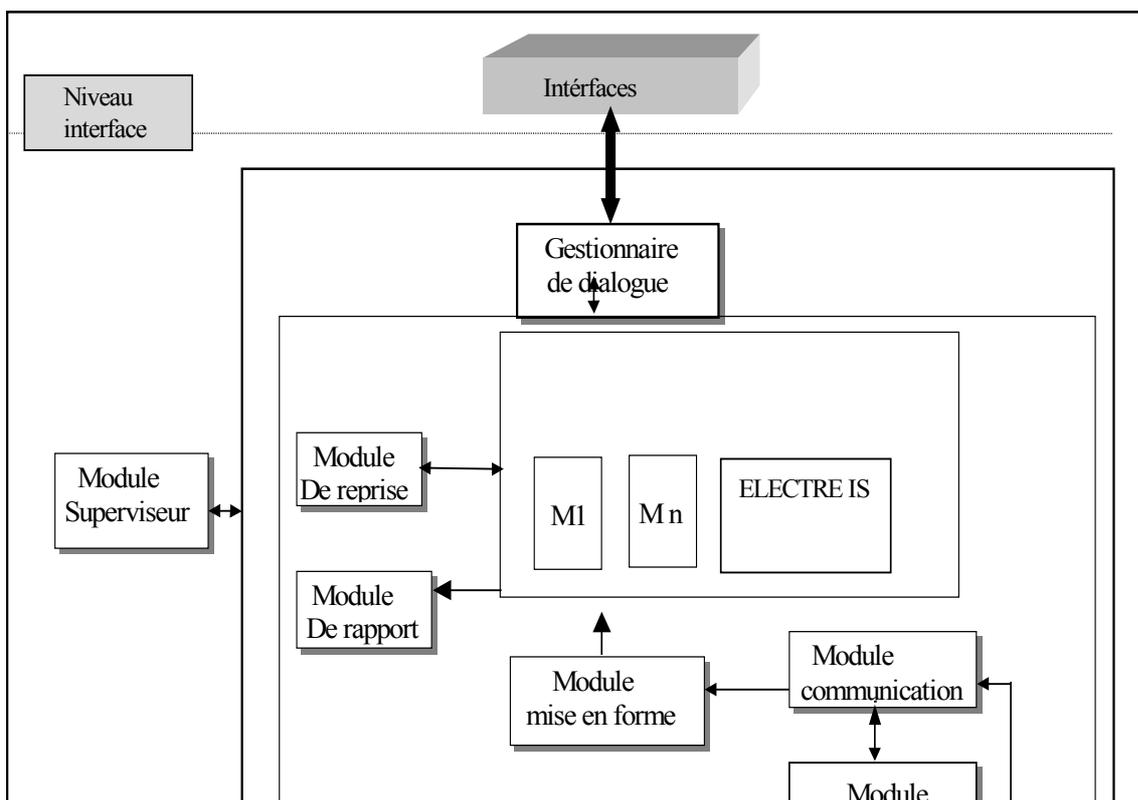
L'architecture du système est inspirée de celle d'un Système Interactif d'Aide à la décision SIAD [CHIKH ,92]. Ce qui permet de bénéficier de la théorie et du grand nombre d'applications des SIAD pour guider le design, le développement et l'implémentation d'une nouvelle génération d'outil d'aide à la décision : Les Systèmes Interactif d'Aide à la Décision Spatiale «SIADS » (Spatial Decision Support Système SDSS).

Le présent SIAD est défini comme un ensemble de modules indépendants et communicants. Il sera décomposé en trois niveaux élémentaires :

- Le niveau de données.
- Le niveau de traitement.
- Le niveau d'interface.



Chaque niveau va regrouper un ensemble de modules qui assureront les différentes fonctionnalités du système. (figure 3)



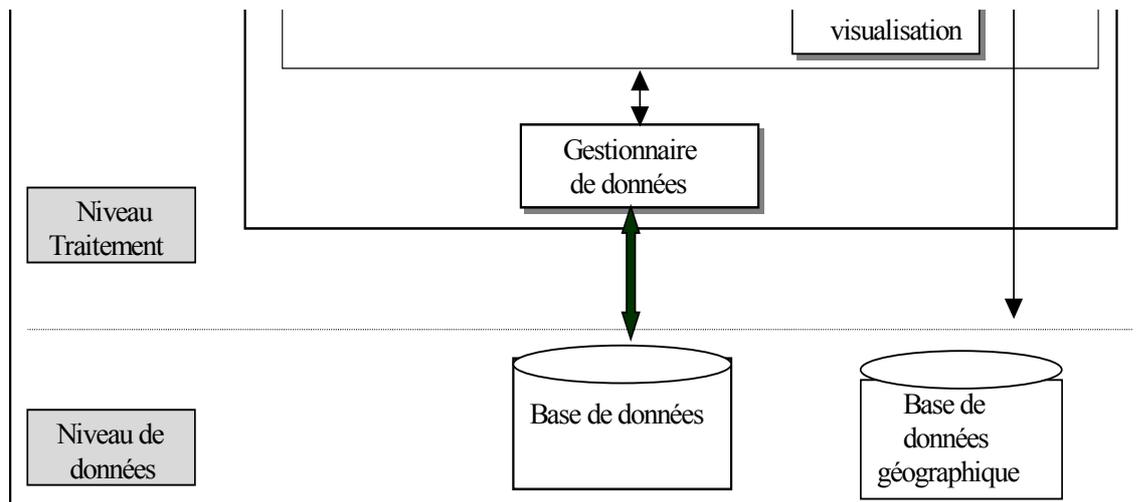


Figure 3 : Architecture du SIADS.

IV.3.1 Niveau de données :

Ce niveau regroupe toutes les données nécessaires au fonctionnement du système. D'où deux niveaux de données :

1.La base de données :

Cette base contiendra les données et les résultats relatifs à un problème décisionnel donné (actions, critères, les décideurs...). Tout problème de décision (données et résultats) sera représenté sous forme d'un dossier propre à chaque décideur. Ces derniers sont gérés par un gestionnaire de données, qui permettra le stockage, la mise à jour, la consultation et l'extraction des données.

2.La base de données géographiques :

L'une des principales caractéristiques du SIADS, est sa capacité à gérer et analyser l'information spatiale contenue dans une base de données géographiques. Celle-ci peut être conçue suivant trois modèles de données : Relationnel, relationnel étendu ou orienté objet. Dans notre cas, elle est basée sur le modèle du Couplage géré par le SIG MAP/INFO. Les données contenues dans cette base, vont être exploitées lors du traitement ; et cela après une analyse et un transfert de données effectué grâce au module communication.

IV.3.2 Niveau traitement :

IV.3.2.1 Le gestionnaire de données :

Il va agir d'une façon directe sur le niveau base de données. Il permettra de gérer les données nécessaires au système ainsi que les différents résultats obtenus.

IV.3.2.2 Module de communication :

C'est à travers ce module que va se faire la connexion entre les deux parties du système à savoir le sous système d'aide à la décision et le SIG MAP \ INFO. Ce module aura à gérer les échanges de données entre ses deux sous systèmes en remplissant deux principales fonctions :

- 1) Lancer l'application SIG depuis le système d'aide à la décision et reprendre le contrôle une fois les données rassemblées sous forme de table relationnelle.
2. Fournir au module visualisation les supports nécessaires pour réaliser les fonctions de représentation cartographique des solutions proposées.

IV.3.2.3 Module de mise en forme :

Une fois la table d'évaluation concernant un problème décisionnel donnée, ce module aura à mettre en forme cette table en vue de la transmettre au gestionnaire de données qui se chargera de la stocker dans la

base de données. La mise en forme en question concerne :

- Le rajout de critères inexistant dans le **SIG**.
- Codification des critères qualitatifs par le décideur. Cette codification permettra de construire une table numérique exploitable par le modèle multicritères ELECTRE IS.

IV.3.2.4 La base de modèle :

Les modèles utilisés dans les SIADS ont des taches spécifiques d'aide à la décision. Ils résultent en général d'une analyse préalable de la situation décisionnelle à résoudre et en retour, ils fournissent un cadre d'analyse pour l'utilisateur. Actuellement, cette base ne contient qu'un seul modèle correspondant à la méthode ELECTRE IS.

L'exécution d'une méthode de surclassement est établie en deux phases : la construction de la relation de surclassement S, et l'exploitation de celle-ci en vue d'une prise de décision.

IV.3.2.5 Module de visualisation :

Ce module prendra en charge les différentes opérations nécessaires à la manipulation des cartes géographiques relatants les solutions proposées. Parmi les fonctions que devra assurer ce module :

- Les fonctions d'analyses thématiques.
- Les fonctions d'impressions de la carte géographique.
- Les fonctions de sélections : Le système reconnaît les entités de la carte par simple pointage.

IV.3.2.6 Module de rapport :

Ce module permet de générer, mettre à jour et imprimer un rapport d'évaluation concernant un dossier donné. Ce rapport décrit le problème (données de départs), les actions les critères, le tableau d'évaluation ainsi que les différents résultats obtenus lors de l'exécution, et éventuellement lors de la variation des paramètres associés (poids, valeurs des seuils ...). La génération du rapport respecte un modèle prédéfini.

IV.3.2.7 Module de reprise :

L'utilisateur peut arrêter l'application à n'importe quel moment et la reprendre ultérieurement. Le système devra donc garder trace de l'évolution de chaque dossier afin de restituer ces données et résultats lors d'une reprise.

IV.3.2.8 Module superviseur :

Le superviseur est le module maître du système. Son rôle est d'assurer la cohérence et le bon fonctionnement de ce dernier, et cela en contrôlant les interactions entre les différents modules qui le constituent ainsi que le bon accomplissement de leurs taches.

IV.3.2.9 Gestionnaire de dialogue :

Etant donné que le système est basé sur une grande interactivité avec l'utilisateur, le module de gestion de dialogue sera énormément sollicité et son interaction avec les modules de traitements n'est pas moins importante.

IV.3.3 Niveau interface :

Ce niveau est essentiel dans la mesure où il représente la partie visible du système et fournit des outils nécessaires à son exploitation. Ce niveau sera géré par le gestionnaire de dialogue qui servira de lien entre le niveau interface et le niveau traitement. Il aura pour rôle de gérer la communication des informations entre le décideur et le système d'aide à la décision.

Ces interfaces concernent entre autre :

- Les boites de dialogues pour une communication entre le système et le décideur
- Les menus pour activer les différentes fonctionnalités du système
- Les fenêtres pour la représentation.

V-Conclusion :

Le présent travail entre dans le cadre d'une piste de recherche qui vise au développement d'une nouvelle génération d'outils d'aide à la décision. Ces outils intègrent les algorithmes d'aide multicritères à la décision et les systèmes d'informations géographiques. Il s'agit en effet de Système interactif d'aide à la décision Spatial (**SIADS**).

Le SIADS que nous avons développé est un système d'aide à la décision qui facilite l'optimisation des choix en matière de gestion des ressources naturelles en tenant compte de multiples points de vue.

En effet, l'ensemble constitué d'un système de gestion de base de données géographiques, des techniques d'analyse spatiale et statistique, des capacités de visualisation et de cartographie, des méthodes d'analyses multicritères et une interface utilisateur dynamique et interactive forment un outil puissant capable d'éclairer et d'orienter toutes les étapes d'un processus de décision.

Le SIADS possède les avantages suivants :

- Réutilisabilité : possibilité de réutiliser tout ou partie du système.
- Extensibilité : possibilité d'intégrer de nouvelles méthodes multicritères.
- Arrêt / Reprise : L'utilisateur peut interrompre l'application pour la reprendre ultérieurement.
- Retour arrière.
- Confidentialité.
- Flexibilité d'utilisation : offrir à l'utilisateur des outils lui permettant de modéliser son problème de différentes manières.
- Souplesse de l'interface due à l'environnement Windows assuré par l'atelier Borland C++ Builder.

Néanmoins, notre système peut avoir d'autres extensions à court et à long terme :

- A court terme :

1 Enrichir la base de modèle en implémentant d'autres méthodes multicritères afin de résoudre des problématiques de tri et de rangement.

2 Réalisation d'un module de pondération et éventuellement d'un module d'évaluation des seuils de veto.

- A long terme : deux orientations très importantes du projet doivent être considérées :

2 Orienter le système vers une décision multi-acteurs dans un environnement distribué

La prise de décision se fera en concertation avec les différents acteurs présent sur le réseau.

2 La mutation la plus importante est d'implémenter les méthodes multicritères au sein des SIG pour avoir de véritable SIADS (SDSS).

Références Bibliographiques :

[ADM ,96] : F.ADMANE "Systèmes d'informations géographiques : état de l'art et développement " Mémoire de première année post graduation INI Octobre 1996

[BOUZ ,93] M.BOUZGHOUB , P.VALDURIER , G GARDARIN

" Objet : concepts , langages , bases de données , méthodes et interfaces "

Edition EYROLLES ,1993.

[CAL ,90] R.CALLOZ « S.I.G I et II » Ecole polytechnique fédérale de Lausanne décembre 92

[CHIKH ,94] A. CHIKH Méthodologie multicritères d'aide à la décision : le système AIDEC Thèse de magistère INI 1994

[FEDRA ,] : K.FEDRA "Decision support for Natural Resources Management : Models ,GIS and Expert Systems " IIASA Laxenburg , Austria.

[KHO,96] M.K.KHOLLADI " Urban spatial analysis using R trees . "

4^{ème} Maghrebien conference of software engineering and artificial intelligence Zeralda Alger 1996.

[LAUR ,95] : R.LAURINI "Les bases de données géographiques " Technique de l'ingénieur informatique 1996.

[MONG ,78] MONGOLFIER et P.BERTIER. Approche multicritère des problèmes de décision." Edition Homme et Technique 1978.

[PAPY ,98] A.PAPAYANNAKIS " Analyse spatiale et modélisation statistique du trafic du réseau autobus de la banlieue de Paris. " Document n° 105 LAMSADE Janvier 1998.

[RIG,95] : PH.RIGAUX "Cours sur les systèmes d'informations géographiques" EMI Novembre 1995.

[ROY ,69/70] B.ROY " Algèbre moderne et théorie des graphes" Tome I ,1969 et Tome II ,1970 .

[ROY ,87] B.ROY et J.M.SKALK ELECTRE IS : Aspects méthodologique et guide d'utilisation. Document n° 30 LAMSADE , Janvier 1987.

[ROY ,93] : B.ROY & D.BOUYOUSSOU " Méthodes multicritères d'aide à la décision " Economica PARIS 1993 .

[ROY ,87] B.ROY et J.M.SKALKA " ELECTRE IS : Aspects méthodologique et guide d'utilisation." Document n° 30 LAMSADE , Janvier 1987.

[THO ,92] : PH. THORETTE "SIG et environnement " Institut Français de l'environnement 1992.

[TRACK ,98] R.J .TRACH , S.P.SIMONOVIC A new approach to multicriteria decision making in water resources." Journal of Geographic Information and Decision Analysis JGIDA volume 1 n° 1 pp 25-45 1998 .

[VINK , 89] : PH.VINCKE " l'aide multicritère d'aide à la décision " Edition de l'université de Bruxelles 1989.