

WORKFLOW DE DECISION COOPERATIVE A BASE DE SYSTEME MULTI-AGENT CAS DE PROCESSUS DE DECISION SPATIAL

Farida ADMANE (*) Badiâa HEDJAZI (*) Anne Marie ALQUIER (**)
Admane@wissal.dz bdellal@cerist.dz alquier@univ-tlse1.fr

(*) [CERIST-DSI](#), 3 rue des frères Aïssou Ben Aknoun Alger, Algérie,
(**) Univ. Toulouse 1 Place Anatole, France.

Mots-clefs : Aide à la décision spatiale coopérative, aide multicritère à la décision, workflow, système multi-agent, négociation, Système d'Information Géographique (SIG), Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE).

Keywords: Spatial co-operative decision aid, multicriteria analysis, workflow, multi-agent system, negotiation, Geographical Information System (GIS), Environmental Impact Assessment (EIA).

Palabras clave: Ayuda para las decisiones espaciales cooperativas, ayuda multicrit a la decisión, workflow, multiagente sistema, negociación, Sistema de Información Geográfico (SIG), Estudio de Impacto en el Medio ambiente (EIM).

RÉSUMÉ

Cet article porte sur la modélisation, sous forme de workflow, d'un processus de prise de décision spatiale (ou territoriale) et coopérative. Ce processus est distribué, coopératif et coordonné et est caractérisé par une certaine complexité.

Il présente un outil d'aide à la décision basé sur des méthodes multicritères pour la simplification du problème décisionnel par la réduction et l'ordonnement des solutions. Il met en œuvre un système multi-agent qui utilise le principe de la négociation pour la résolution de conflits afin d'aboutir à un compromis.

Pour la validation de l'outil, un Système d'Information Géographique est exploité comme source d'information spatiale. Le problème décisionnel auquel on s'intéresse est le choix d'une localisation de moindre impact sur l'environnement qui est un problème décisionnel émergent.

1 Introduction

L'aide à la décision a pour objectif d'accompagner un ou plusieurs décideurs dans le processus qui mène vers la formulation d'une décision. La grande complexité [11], [14] des problèmes décisionnels provient notamment de l'élargissement de la diversité des enjeux donc à l'importance accordée à une prise en compte globale, c'est-à-dire environnementale, économique et sociale des conséquences des décisions. Cette complexité, la nécessité d'amélioration de la performance et de minimisation des risques conduisent à une décentralisation et donc une coopération dans la prise de décision.

La modélisation et l'implémentation d'un Système d'Information Décisionnel Coopératif (SIDC) est une tâche très difficile.

Le problème majeur des processus décisionnels coopératifs [7], [21], [22], [23] est le blocage par des conflits qui peuvent surgir à différents niveaux et qui sont dus aux intérêts généralement contradictoires de l'ensemble des acteurs impliqués.

Les SIDC traitent ainsi des problèmes décisionnels multicritères et donc nécessitent l'utilisation de méthodes d'aide à la décision multicritères [24].

Dans notre contexte nous nous intéressons aux problèmes décisionnels à caractère spatial (territorial) qui font partie des Systèmes d'information décisionnels coopératifs.

Les systèmes d'information géographiques (SIG) [25] représentent une composante essentielle dans ces types de systèmes du moment qu'ils sont les sources d'informations spatiales [30].

Quelques travaux de recherche [30] se sont focalisés sur l'intégration de ces méthodes avec un SIG mais n'ont pas pu régler les problèmes de coopération et plus précisément de coordination.

Ceci nous a conduit à s'orienter vers le concept workflow [18] et présenter notre approche à aborder ces systèmes comme des processus décisionnels coordonnés et donc à les modéliser sous forme de workflow.

Le deuxième problème non traité dans ces travaux est le fait que les méthodes multicritères malgré leur puissance à réduire et ordonner les solutions (décisions) se sont avérées incapables de gérer les conflits qui peuvent surgir entre les différents acteurs du processus décisionnel. Ceci nous a poussé à s'intéresser au mécanisme de négociation.

Le workflow permet de modéliser de façon efficace les processus définis à l'avance mais ne permet pas d'aborder certaines phases de ces mêmes processus jugées plus ou moins flexibles et non déterminées comme la négociation [12].

Les systèmes multi-agents [8], très adaptés à la conception de systèmes distribués et coopératifs, sont des supports incontournables pour les processus de négociation.

La prise de décision dans notre cas est de parvenir à un choix collectif d'une localisation pour un aménagement qui soit de moindre impact sur l'environnement [19], [9]. Les critères à prendre en compte sont multiples, les acteurs ont des finalités très différentes qui apparaissent conflictuelles. La multiplicité des enjeux spatiaux exige l'exploitation de méthodes multicritères [27], [3], celles-ci conduisent à l'ordonnancement et la réduction du nombre d'alternatives mais ne permettent pas d'éviter les conflits.

Nous proposons la modélisation workflow du processus décisionnel [20] intégrant analyse multicritère et négociation multi acteurs [31], [12] supportée par un système multi-agent.

La négociation implémentée dans notre prototype, est le mécanisme coopératif adopté pour la résolution de conflits. Le workflow, est le support pour l'automatisation des processus d'aide à la décision spatiale et coopérative. Les systèmes multi-agents ou SMA [15], [28], [1] sont utilisés et adaptés pour supporter les processus de négociation pour la gestion des conflits [16], [2]. Le SIG [26], est utilisé pour la visualisation des cartographies.

2 Workflow de décision coopérative spatiale

La première phase du workflow consiste à exploiter une des méthodes multicritères pour le problème décisionnel avec comme entrée un nombre important d'alternatives (10 par exemple) et la sortie un nombre réduit d'alternatives (2 ou 3).

La deuxième phase du workflow qui est la négociation entre acteurs et qui a pour but de résoudre les conflits et sortir avec une solution de compromis.

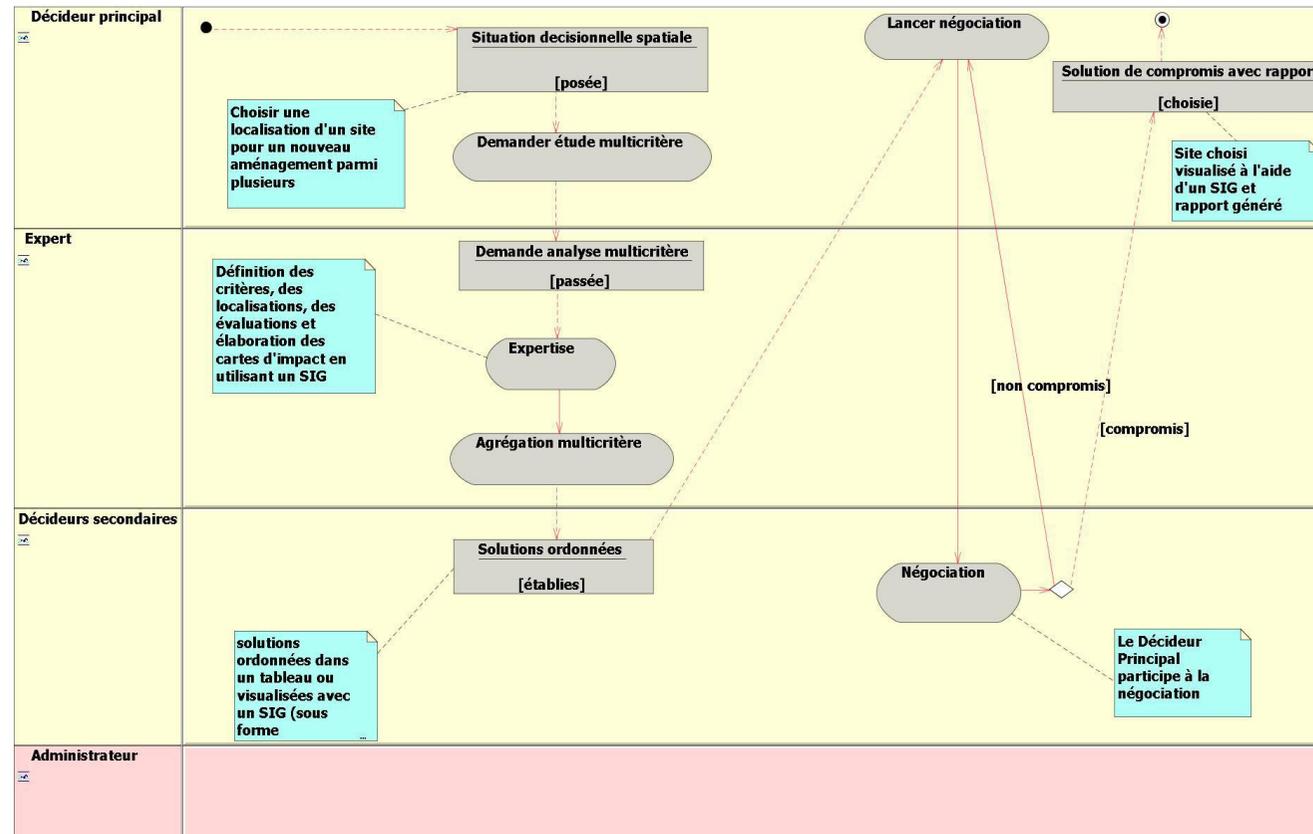


Figure 1: Schéma général du processus décisionnel

2.1 Architecture du système

Le module workflow gère la coordination entre les deux principaux modules qui sont l'analyse multicritère et le SMA pour la négociation [5], [10], [17].

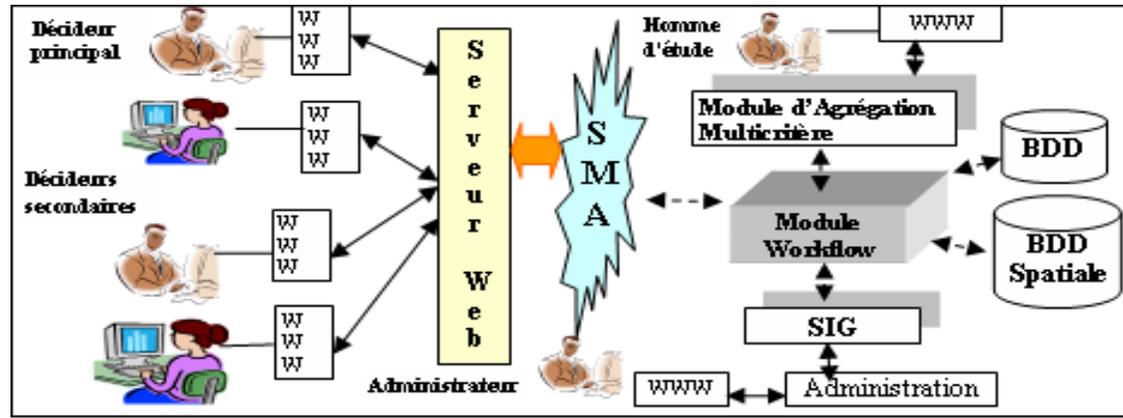


Figure 2: Architecture du système projeté

2.2 Analyse

L'analyse consiste à élaborer le diagramme des cas d'utilisation [29].

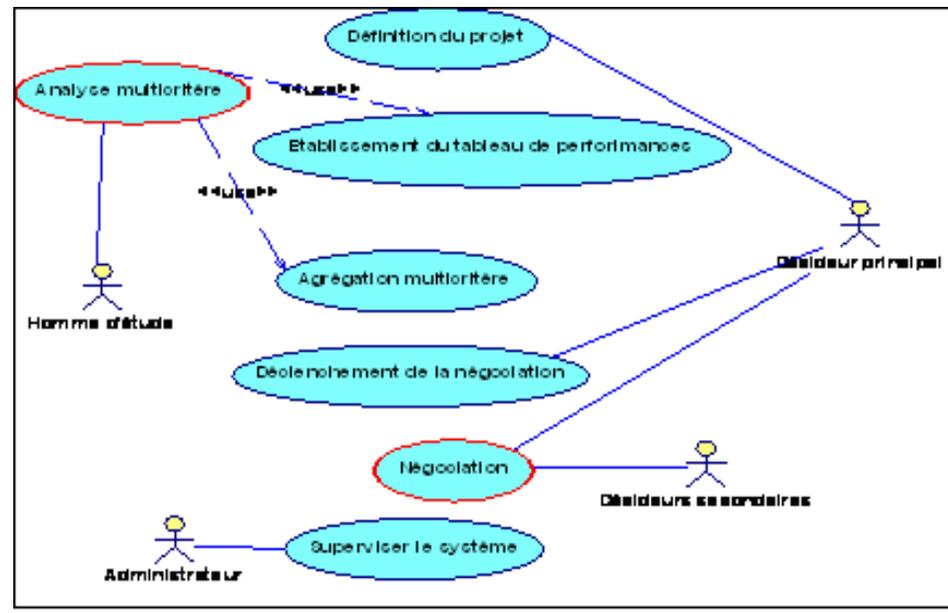


Figure 3: Diagramme des cas d'utilisation du système

2.3 Conception

La conception consiste à détailler les deux principaux cas d'utilisations.

2.3.1 Diagramme d'activités « Analyse Multicritère »

L'analyse multicritère est demandée par le Décideur principal à l'Homme d'étude. Ce dernier détermine les critères, les alternatives, les préférences des acteurs et lance une agrégation pour trier, ranger et choisir les solutions finales.

2.3.2 Diagramme d'activités « Négociation »

La négociation entre les acteurs est par argumentation qui préconise que toute affirmation émise par l'un des acteurs est susceptible de demande de justification.

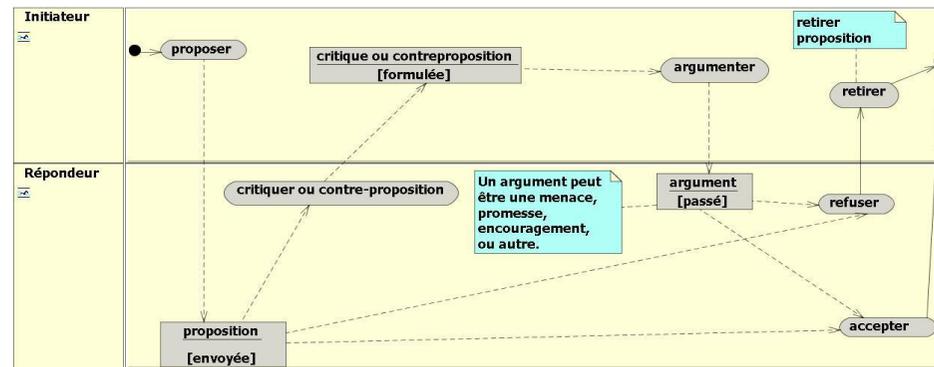


Figure 4: Diagramme d'activités de la phase Négociation (par argumentation)

L'argumentation consiste en la justification d'une affirmation. Au cours d'une discussion, un des participants peut émettre une affirmation (représentée par le terme *proposer*) ; son interlocuteur peut l'accepter, la refuser ou simplement, n'y comprenant rien, demander une justification respectivement qualifiés par les termes *accepter*, *refuser*, *critiquer* (ou contre-proposition). Dans le cas d'une acceptation ou d'un refus, le protocole se termine ; mais se poursuit avec une critique ou une contre-proposition. La critique une fois invoquée, invite l'affirmateur à donner les raisons qui motivent une telle affirmation, qualifié ici par le terme *argumenter*. L'analyse de l'argument peut conduire à une acceptation de l'affirmation et celle-ci est gardée, ou à un refus impliquant le retrait de la dite affirmation.

3 Modélisation multi-agent de la négociation

La modélisation de notre système consiste essentiellement en la définition de l'ensemble des agents, de leur architecture et du protocole de négociation conformément au modèle VOYELLES [9].

Cette méthode consiste à déterminer les cinq composantes du SMA et sont :

A : Agents, E: Environnement, I : Les Interactions, O: L'Organisation plus (U) : Utilisateurs.

3.1 Les Utilisateurs (U)

Les utilisateurs du système sont le décideur principal, l'homme d'étude, l'administrateur et les autres acteurs (décideurs) impliqués dans le projet à négocier.

3.2 L'Environnement (E)

L'environnement du SMA est constitué par:

- La base de données contenant les informations concernant les acteurs, l'historique des messages, les projets, les localisations, etc.
- Les différentes cartographies (zones d'études, cartes d'impact, etc.).

3.3 Les Agents (A)

Notre système comporte trois types d'agents :

3.3.1 L'Agent Projet (AP)

C'est un agent cognitif, modulaire [4] et indépendant de l'acteur. L'agent projet apprend des expériences passées, raisonne, décide et génère des plans pour action en se basant sur sa base de connaissances enrichie et mise à jour suite à ses interactions avec son environnement et les autres agents.

Il gère le projet, maintient la cohérence, coordonne l'ensemble et joue aussi le rôle d'un tableau noir.

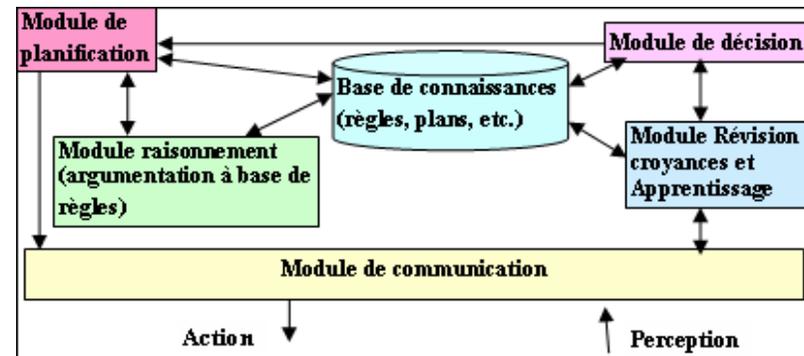


Figure 5: Schéma interne d'un Agent Projet ou Assistant

3.3.2 Les Agents Assistants (AA)

Dès qu'un acteur se connecte au système, un AA lui est créé. L'AA peut enrichir les messages de l'acteur, l'orienter ou même le remplacer.

3.3.3 Le Facilitateur d'Annuaire (DF)

L'Agent DF associe aux Agents Assistants les bons Agents Projets.

3.4 Les Interactions (I)

Chaque opération est un scénario. Nous présentons dans ce qui suit les interactions entre les différentes entités durant la procédure d'envoi d'un message.

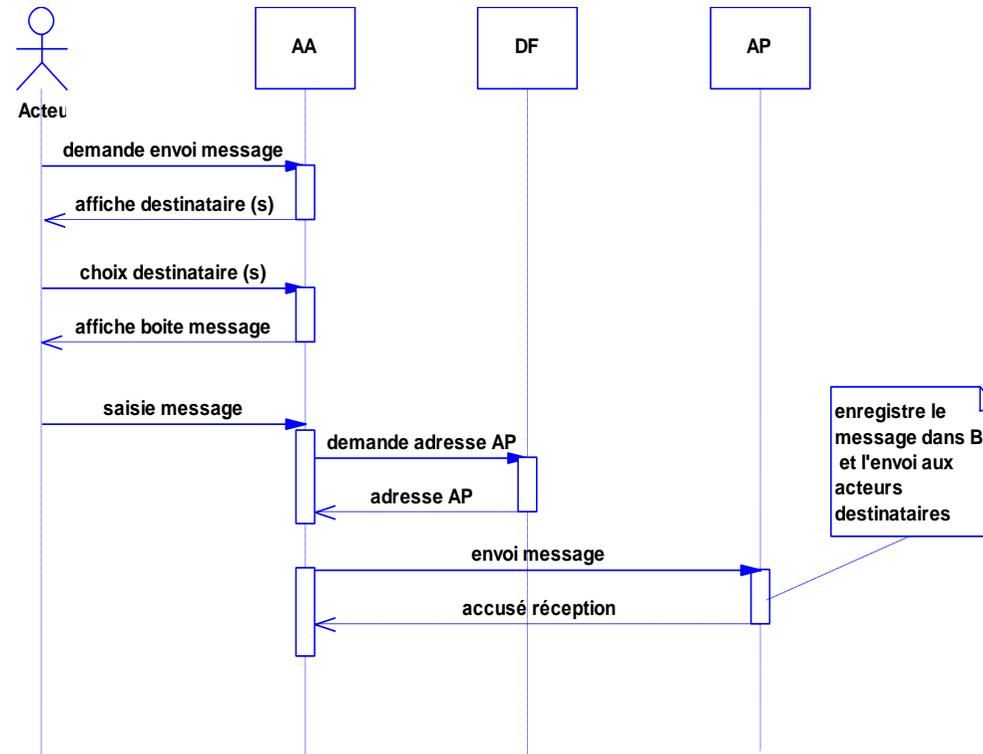


Figure 6 : Diagramme d'interactions -Envoi d'un message -

Le protocole d'interaction est par argumentation. Ce choix est justifié par le fait qu'il se rapproche le mieux des mécanismes de négociation entre êtres humains. Présentons par un graphe le schéma de succession des performatives du protocole retenu.

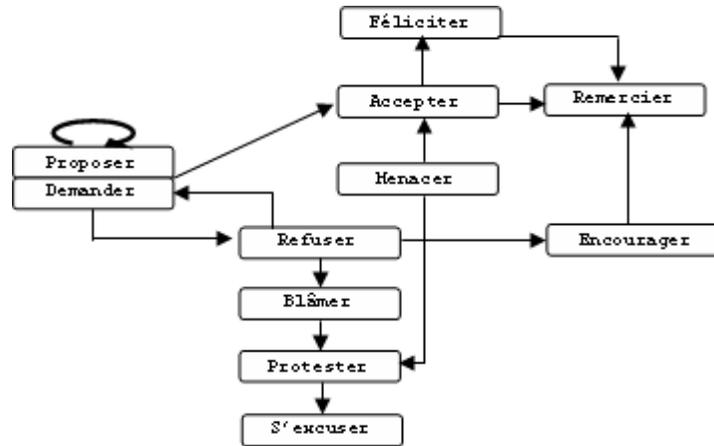


Figure 7: Succession des performatifs du protocole de négociation

Le schéma figuré n'est qu'indicatif. L'idéal est de démarrer le processus avec un graphe de succession «plat» puis sera enrichi par apprentissage des AA [4], [13].

3.5 L'Organisation (O)

Le SMA est organisé autour de l'AP gérant tous les échanges, assurant la sécurité du projet et diminuant ainsi le trafic au sein du système.

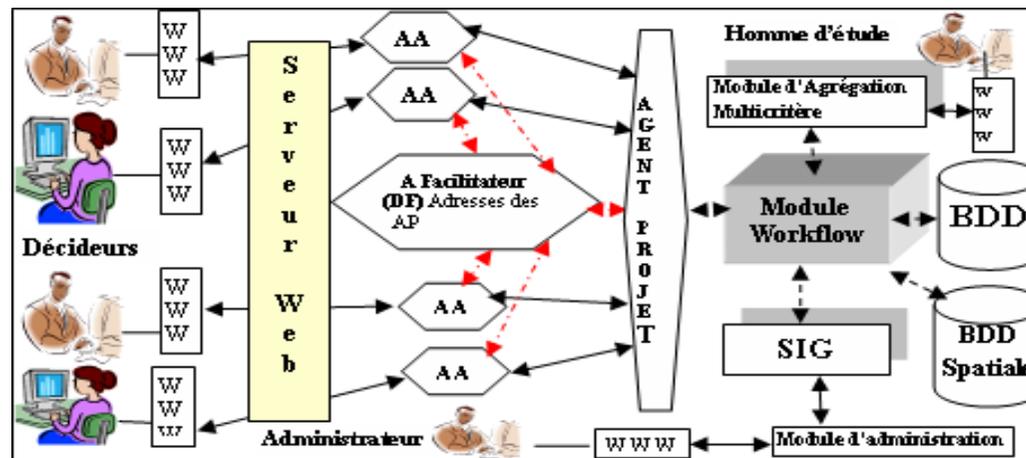


Figure 8 : Architecture organisationnelle du système

Globalement on voit que l'Agent Projet est un tronc commun pour tous les échanges. La raison de ce choix est qu'il faut assurer la sécurité du projet, l'Agent Projet doit donc s'occuper, à lui seul, de l'enregistrement des messages au niveau de la base de données. Les Agents Assistants sont organisés en réseau de telle sorte qu'ils puissent échanger des messages. L'Agent DF offre quand à lui des services aux Agents Assistants leur permettant ainsi de repérer les bons Agents Projets.

4 Projet de référence, Construction d'un barrage

Le projet de barrage est situé dans la Wilaya de Jijel (à l'est d'Alger) , sur l'Oued Irdjana.

4.1 Le processus décisionnel Actuel

En Algérie, le processus décisionnel pour la construction d'un barrage se réduit à un choix d'un site par le Ministère des Ressources en Eau (MRE). L'Agence Nationale des Barrages (ANB) est chargée de la réalisation. Les localisations sont proposées par la Direction Hydraulique Wilaya (DHW) ayant exprimé son besoin en eau. La majorité des acteurs concernés ne sont pas impliqués dans le projet.

4.2 Le processus décisionnel proposé

Une réorganisation impérative pour faire participer les différents acteurs nécessite une volonté de toutes les parties prenantes [6].

Le processus proposé est constitué d'une phase « expertise » qui distingue cinq étapes principales suivie par une phase « négociation » aboutissant à un compromis.

4.2.1 Phase expertise

- Détermination de l'aire ou zone d'étude : Il s'agit de délimiter le territoire qui va être soumis à l'expertise. C'est une première décision très importante, puisqu'elle engage toute la poursuite du processus en le contraignant dans un cadre géographique. L'expert doit procéder à une première analyse sommaire d'un territoire très vaste. La justification de l'aire d'étude retenue doit être soignée et étayée par des arguments thématiques conformes aux choix ultérieurs de critères (orographie en particulier).

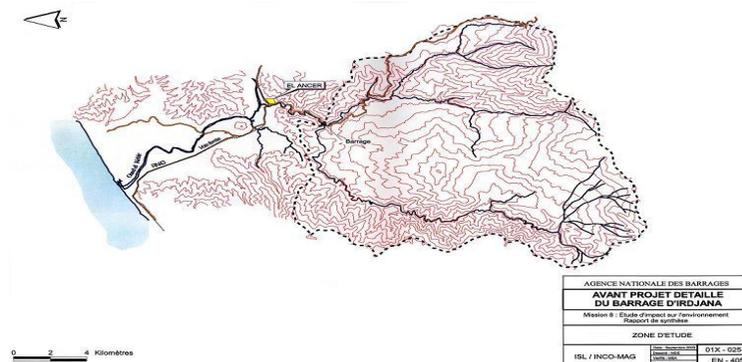


Figure 9: Zone d'étude (source ANB)

- Expertise et cartographie thématique des enjeux : Il s'agit de recenser les éléments qui font la "valeur" du territoire. Cette phase nécessite d'identifier les acteurs intéressés ou touchés par le projet tels que le maître d'ouvrage (Ministère des Ressources en Eau), le maître d'oeuvre (ANB : Agence Nationale des Barrages), le

représentant de la population voisine, le Ministère des transports, la Direction des forêts, etc. Les enjeux (ou critères) sont liés à l'espace tel qu'il est, indépendamment de ce que sera l'aménagement.

- Cartographie des sensibilités par critère : L'homme d'étude doit déterminer pour chaque point et critère le niveau de sensibilité, c'est à dire la valeur qui serait détruite par l'aménagement. A chaque critère est associée une carte traduisant l'impact du projet sur celui-ci (voir figure 10).
- Choix multicritères de localisations : Une procédure d'agrégation multicritère est alors exploitée. Le nombre de localisations sera ainsi réduit à deux ou trois ce qui facilitera la négociation sur cet ensemble.

4.2.2 Négociation

Une négociation par argumentation est lancée par le décideur principal et où les acteurs essayent de persuader les autres afin d'arriver à un compromis.

5 Prototype pour un outil d'aide à la négociation par SMA

Le prototype développé est construit sur la plate-forme SMA « JADE », le serveur d'application d'Oracle OC4J, la technologie JSP et le SIG TimeMap.

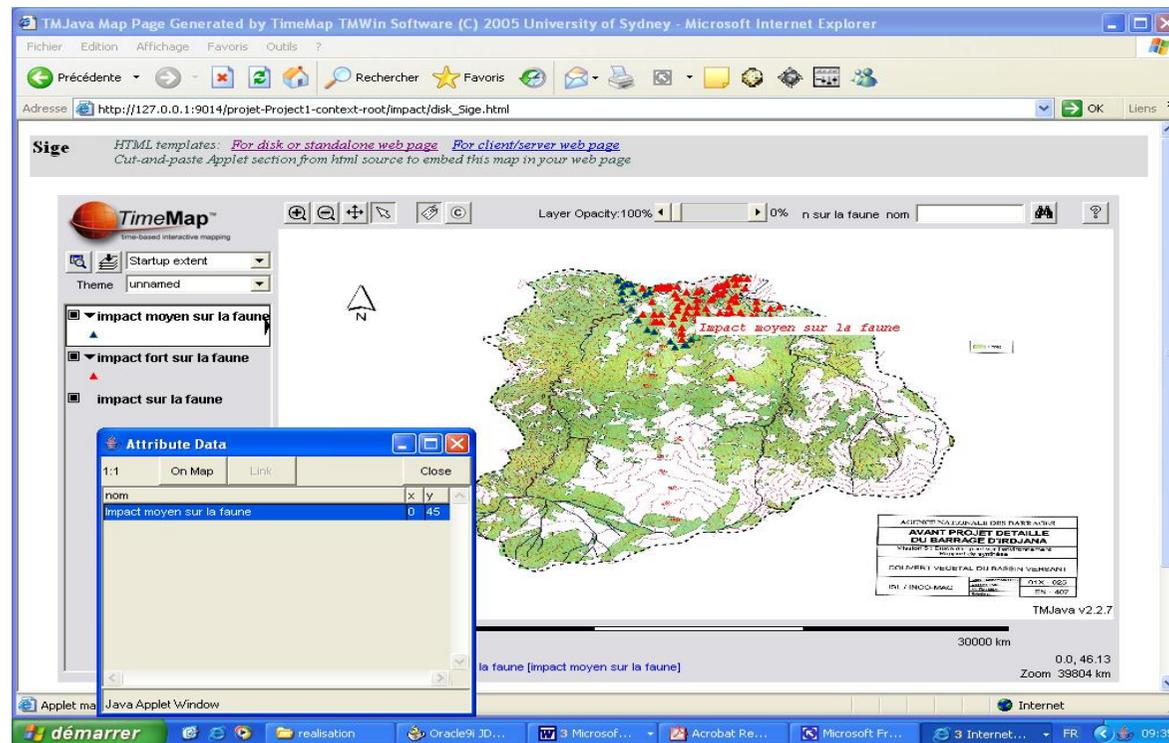


Figure 10: Modèle d'écran de décision (cartographie d'impact)

Le prototype est construit sur une architecture trois tiers. Ceci permet de l'exploiter à travers le web et donc une large utilisation distribuée. Toutes les informations concernant le projet (nom, localisation, cartes,...) stockées au niveau de la base de données sont accessibles à travers le web. Il suffit qu'un acteur s'inscrive à travers une interface qui lui est dédiée et que son inscription soit validée par le décideur principal pour qu'il puisse participer à la négociation.

L'Agent Projet est le gestionnaire de la négociation. Ceci permet de libérer les acteurs de tous les mécanismes de négociation comme le respect du protocole (argumentation), la sécurité et la confidentialité des informations du moment qu'il est le seul agent à pouvoir accéder à la base de données. Cet agent joue aussi le rôle d'accélérateur de la négociation en demandant par exemple aux agents ayant répondu positivement d'essayer de convaincre les acteurs qui ont exprimé un refus. Il permet aussi le respect de la durée de la négociation définie auparavant par le décideur principal et cela par l'enchaînement et le passage à une autre localisation ou d'arrêter au moment opportun et selon les règles préétablies ce processus.

L'ordonnancement des critères selon leurs poids permet de raccourcir la durée de la négociation. Autrement dit, la négociation commence par le critère jugé le plus important donc ayant le plus fort poids et le processus traite les critères l'un à la suite de l'autre selon un ordre décroissant de leurs poids respectifs.

L'utilisateur accède au système en s'identifiant. Il peut visualiser les différentes cartographies avec les fonctionnalités de zoom, superposition de couches, etc.

Une fois son AA activé, l'acteur peut écrire, consulter, supprimer (suppression logique) ou envoyer des messages. L'acteur peut choisir l'un des performatifs listés dans la zone type (accepte, etc.) et saisir le contenu dans le rectangle blanc.

Dans l'exemple sur l'écran ci-dessous de notre prototype et en négociant le critère « faune », un acteur décide d'envoyer un message de « refus » pour la localisation de l'aménagement négociée à l'intention de l'acteur « merzougui » et pour justifier son refus il affirme que « la retenue d'eau pour cette localisation fournira habitat aux escargots et moustiques ».

Ce message sera probablement poursuivi par un message d'encouragement (comme indiqué sur la figure 11) de la part de l'acteur « merzougui » en lui affirmant qu'il trouvera une solution au problème des moustiques s'il accepte cette localisation.

Cet échange de messages (ou négociation) sera enchaîné entre l'ensemble des acteurs jusqu'à trouver une solution de compromis.

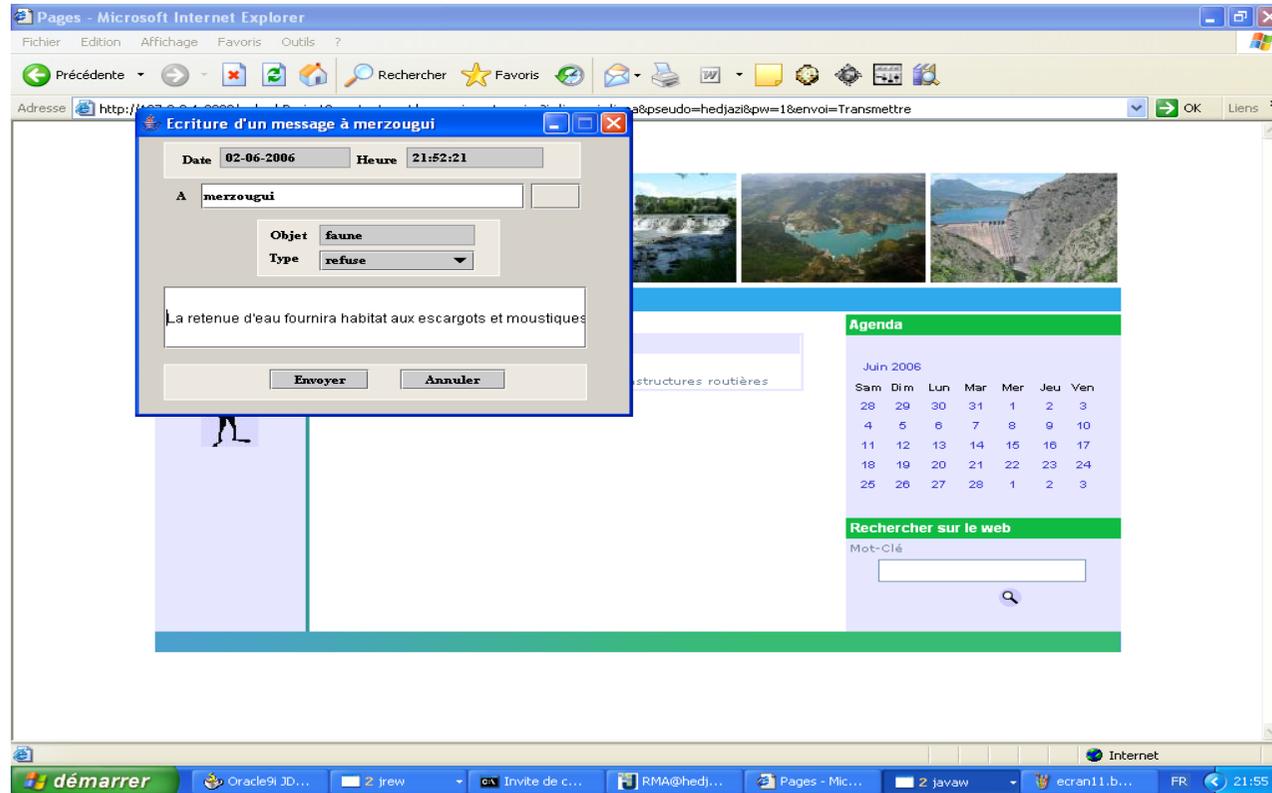


Figure 11: Agent Assistant activé (interface pour la saisie d'un message)

6 Conclusion

La complexité des problèmes décisionnels à caractère spatial a engendré une difficulté à pouvoir les étudier puis décider en se contentant d'une seule technologie. L'introduction de nouvelles technologies complétant les SIG et l'aide multicritère à la décision est devenue une solution incontournable. Le workflow et les SMA ont montré leur efficacité dans ce domaine. En se référant aux motivations et objectifs affichés dans l'introduction, nous pouvons abstraire l'apport de cette recherche.

Dans notre travail nous avons pu modéliser la possibilité d'intégrer un SIG, un système d'aide à la décision multicritère et un système de négociation multi acteur assistée par un système multi-agent dans un processus workflow. Les principaux apports de ce travail sont 1) le développement d'un prototype de système de négociation entre les différents acteurs du processus décisionnel en utilisant la plate-forme JADE. 2) l'intégration avec un SIG TimeMap interfacé avec le web, et 3) la validation sur un projet réel (Irdjana) du prototype développé.

Nous estimons que l'objectif d'intégrer les nouvelles technologies (workflow, web, systèmes multi-agents, SIG, aide à la décision multicritère) dans les processus décisionnels à caractère spatial est atteint. Ce projet de recherche a conduit à ouvrir des horizons pour tout un programme de recherche. Nous allons indiquer les pistes futures à envisager.

- Vu le nombre important de méthodes multicritères, projeter d'intégrer un module de sélection d'une méthode multicritère supposée la plus adaptée au problème posé.
- Enrichir le fonctionnement des agents Assistant et Projet pour renforcer leur autonomie. Par exemple connaissant les désirs des autres acteurs il peut conseiller à son maître (l'acteur qui lui est associé) de faire telle proposition pour tel acteur de telle sorte qu'il puisse atteindre vite son but.
- Pour l'Agent Assistant le faire évoluer surtout dans l'aspect apprentissage de sorte qu'il puisse représenter l'acteur lors des interactions avec les autres agents.
- Introduire la notion de formation de coalitions pour mieux gérer les conflits et aboutir plus vite à un compromis.
- Introduire une ontologie pour mieux gérer la communication entre les agents, augmenter la compréhension et donc minimiser le nombre de messages.
- Intégrer le système multi-agent avec le moteur d'inférence JESS pour donner plus de puissance de raisonnement aux agents.

7 Bibliographie

- [1] ADAM E., *Modèle d'organisation multi-agent pour l'aide au travail coopératif dans les processus d'entreprise : application aux systèmes administratifs complexes*, Thèse doctorat, UNIVERSITÉ DE VALENCIENNES ET DU HAINAUT-CAMBRÉSIS, 2000.
- [2] BALEZ P., BART P., Beal M., Frigot E., *Systèmes multi agents*, EPITA, 2002.
- [3] BOUYSSOU D., ROY B., *Aide multicritère à la décision : Méthodes et cas*, Paris, 1993.
- [4] BUFFET O., *Une double approche modulaire de l'apprentissage par renforcement pour des agents intelligents adaptatifs*, Thèse de doctorat, université H.Poincaré Nancy 1, 2003.
- [5] CHANG J. W., SCOTT C. T., *Agent-based workflow: TRP Support Environnement (TSE)*, Andersen Consulting Northbrook.Fifth International WWW Conference, Paris, 1996.
- [6] CITET (Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis), *Evaluation du Système d'Etude d'Impact sur l'Environnement de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, METAP, 2000.
- [7] DILLENSEGER B., F.Bourdon., *Modélisation de la coopération et de la synchronisation dans les systèmes d'information*, "CALCULATEURS PARALLÈLES", VOLUME 9 - NO 2, 1997.
- [8] FERBER J., *Les systèmes multi-agents Vers une intelligence collective*, InterEditions, Paris, 1995.
- [9] FERRAND N., *Modèles Multi-agents pour l'Aide à la Décision et la Négociation en Aménagement du Territoire*, Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, 1997.
- [10] FLEURKE M., EHRLER L., PURVIS M., *JBees - An Adaptive and Distributed Agent-based Workflow System*, University of Otago, New Zealand, 2003.
- [11] GARLATTI S., *Les systèmes interactifs d'aide à la décision en situations complexes*, Laboratoire IASC, ENST de Bretagne, 1996.
- [12] GRIGORI D., *Eléments de flexibilité des systèmes de workflow pour la définition et l'exécution de procédés coopératifs*, Thèse de doctorat, université Henri Poincaré, Nancy 1, 2001.
- [13] HAIT F., *Modélisation et apprentissage d'agents artificiels adaptés à un marché financier*, Thèse de Doctorat, LACL, Université Paris XII, 2000.
- [14] HASSAS S., *Systèmes Complexes à base de Multi-Agents Situés*, Mémoire HDR, Univ. Claude Bernard, Lyon 1, 2003.
- [15] JARRAS I., CHAIB-DRAA B., MOULIN B., *Systèmes multi-agents - Principes généraux et applications*, Université Laval ,Canada , 2002.
- [16] JENNINGS N. R., NORMAN T. J., FARATIN P., O'BRIEN P., ODGERS B. , *Autonomous Agents for Business Process Management*, International Journal of Applied Artificial Intelligence, Volume 14, 2000.

- [17] JOERIS G., *Decentralized and Flexible Workflow Enactment Based on Task Coordination Agents*, I.S.Department, CCT, Allemagne, 2000.
- [18] LEVAN S. K., *Le projet workflow*, Eyrolles, Avril 1999.
- [19] MICHEL P., *Etude d'Impact sur l'Environnement*, Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement Français, 2001.
- [20] MORAND F., *Workflow, groupware et systèmes à base de données - Etudes des couvertures fonctionnelles, des critères de choix et des possibilités d'intégrations, Illustration à l'aide de la modélisation du Foyer André*, Inforge, 2001.
- [21] PRINCE V., *Un cahier des charges pour la modélisation d'agents cognitifs au sein d'un système sociotechnique complexe*, Institut Enseignement à Distance, Université Paris 8, 2003.
- [22] ROUTIER J-C., MATHIEU P., *Une contribution du multi-agent aux applications de travail coopératif*, Equipe SMAC, LIFL, 2001.
- [23] ROUTIER J-C., *Conception d'Applications Multi-Agent*, Equipe SMAC, 2003.
- [24] ROY B., *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*, Paris, 1985.
- [25] SCHOLL M., Voisard A., Peloux J., Raynaud L., Rigaux Ph., *SGBD géographiques - Spécificités*, Paris, 1996.
- [26] TLILI S., *Conception d'un système d'analyse et d'évaluation des terres agricoles*, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Informatique, INI, 1999.
- [27] VINCKE PH., *L'Aide Multicritère à la Décision*, Bruxelles, 1989.
- [28] VLASSIS N., *A Concise Introduction to Multiagent Systems and Distributed AI*, Informatics Institute, University of Amsterdam, 2003.
- [29] ZAKARIA M., *Aperçu général sur la technologie workflow*, Revue RIST CERIST, Vol 8 n° 02, 1998.
- [30] ZEGHACHE S., *Contribution de l'aide multicritère à la décision aux systèmes d'information géographiques*, Thèse de Magister, USTHB, 2002.
- [31] ZENG D. D., LEON J. Z., *Achieving Software Flexibility via Intelligent Workflow Techniques*, Department of MIS, Arizona university, Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences, 2002.

Farida ADMANE :: Doctorant en informatique de l'INI (Institut National d'Informatique) à Alger et chargée de recherche au CERIST (Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique). Ses travaux portent mise en œuvre des systèmes d'information géographiques pour la prise de décision.

Badiâa HEDJAZI: Doctorant en informatique de l'INI (Institut National d'Informatique) à Alger et attaché de recherche au CERIST (Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique). Ses travaux portent sur la modélisation de systèmes complexes par les systèmes multi-agents.

Anne marie ALQUIER : Professeur à l'université de Toulouse 1, directeur de recherches