

Développement d'infrastructures géomatiques : déterminisme technologique ou approche holistique

Jean-Jacques Chevallier* – Claude Caron**

Centre de recherche en géomatique

Université Laval

Pavillon Louis-Jacques Casault

Sainte-Foy, Québec, Canada G1K 7P4

* jean-jacques.chevallier@scg.ulaval.ca

** claudc.caron@scg.ulaval.ca

RÉSUMÉ

Comme dans nombre de domaines des technologies de l'information, les résultats des projets de développement d'infrastructures géomatiques ne sont souvent pas conformes aux attentes initiales des utilisateurs et n'apportent pas systématiquement les bénéfices anticipés aux organisations optant pour ces technologies. Les principales raisons de cet état de fait résident dans les méthodes de travail utilisées, qui découlent plus d'une recherche de qualité technologique plutôt que d'un souci de réellement donner aux utilisateurs de tous niveaux des outils adaptés aussi bien à leurs besoins qu'à leurs envies et à leurs compétences. On peut se demander si des approches résolument holistiques, prenant conjointement en compte facteurs organisationnels, humains et informationnels et méthodes technologiques, ne seraient pas plus profitables.

La communication fait le bilan des lacunes méthodologiques ayant conduit à cette situation, et des recherches susceptibles d'améliorer la qualité et l'efficacité des projets de développement d'infrastructures géomatiques: sciences sociales, management, technologies de l'information, etc. Ceci induit une remise en cause de l'approche traditionnelle fondée souvent sur le déterminisme technologique. Le bilan proposé dans cette communication est finalement illustré par des exemples extraits de projets passés ou en cours.

Mots-clés : approche participative, géomatisation, aspects humains, prise de décision, infrastructure géomatique

1. Introduction

Initialement, la géomatique a été conçue comme un ensemble de technologies de gestion et d'acquisition de données. Très tôt cependant, la complexité de leur mise en œuvre a nécessité la mise au point de *méthodes de développement* de systèmes géomatiques (surtout pour les bases de données géoréférencées), dérivées le plus souvent des méthodes de développement des systèmes informatiques complexes. Parallèlement, on a pu constater un accroissement très rapide du volume de données disponibles sous forme numérique. Dans tout projet de géomatique, on peut considérer que les trois quarts (au moins) des investissements en temps et en argent sont consacrés à l'acquisition des données et au développement des solutions technologiques. Mais en même temps, nombre d'auteurs s'accordent depuis plusieurs décennies pour dire que la très forte proportion des projets sont des échecs pour des raisons humaines ou organisationnelles. (Caron et al., 2002, Lucas 1975).

À la lumière des multiples projets de géomatisation maintenant réalisés, on peut faire deux constats principaux :

- Constat 1 : les projets de développement d'infrastructures géomatiques ne se déroulent pas conformément aux préceptes des méthodes structurées (rationnelles) de développement de systèmes (méthodes souvent utilisées en géomatique) (Chan et al. 2000)
- Constat 2 : les résultats des projets de géomatisation ne sont souvent pas conformes aux attentes initiales des utilisateurs ou gestionnaires et n'apportent pas systématiquement les bénéfices anticipés aux organisations optant pour ces technologies. Des études nous permettent d'avancer une relation de *cause à effet* entre ces deux constats. (Caron, 1997, Campbell, 1995)

Ceci nous incite donc à questionner les méthodes de développement d'infrastructures géomatiques, non pas sous l'angle technologique, mais en abordant la géomatisation en tant que facteur d'évolution organisationnelle. En considérant en premier lieu les individus et organisations concernés, et l'impact potentiel des technologies sur le mode de travail, les aspects psychologiques, les relations au sein des services concernés et entre ces services, le fonctionnement d'ensemble

des organisations, tous facteurs qui n'ont que peu à voir avec la technologie. De nombreuses approches et méthodes de travail adaptées à ce type de problématique ont été développées dans d'autres contextes, en particulier en sciences sociales et en gestion de ressources naturelles, qui pourraient contribuer à améliorer la situation. Cela revient à faire un pas de plus dans l'évolution qui a conduit de l'approche technologique des années 1970 et 80, aux méthodes de développement de systèmes d'information des années 1990, puis vers des solutions intégrées de réingénierie des organisations, tenant compte des dimensions humaines et technologiques.

Le fait de considérer la géomatique comme une composante organisationnelle, et non pas seulement comme un outil technologique, amène à identifier un projet géomatique comme une question d'abord sociale, ensuite organisationnelle, et enfin technologique. La prise en compte explicite du cadre institutionnel et humain conduit à admettre qu'il peut y avoir plusieurs solutions envisageables (données, technologies et logiciels, organisation...) entre lesquelles on peut et doit choisir, en prenant en compte des facteurs aussi bien technologiques que financiers, politiques, humains ou organisationnels (approche d'« interactionnisme social » cf. Campbell, 1995).

Par ailleurs, on constate trop souvent que la rigueur méthodologique se limite aux aspects strictement techniques du développement des solutions retenues. Par contre, les choix fondamentaux, les aspects sociaux et organisationnels, la détermination des priorités et des objectifs mêmes du processus de géomatisation découlent le plus souvent – sinon toujours – de décisions intuitives, non formalisées, implicites, voire volontairement occultées dans un contexte de lutte de pouvoir entre décideurs !

Il conviendrait de se donner les moyens d'éviter que le processus ne tourne à une lutte de pouvoir ou n'aboutisse à un éclatement du projet supposé fédérateur en un ensemble de développements technologiques sectoriels et ponctuels. Cela impose d'aborder le processus de géomatisation à un stade plus précoce, et d'assister les organismes responsables dans l'articulation des grandes phases du projet, dans l'élaboration d'un plan directeur et la fixation des priorités, tous éléments devant servir de cadre de référence pour le développement des solutions technologiques qui soient congruentes avec leur contexte d'implantation.

Pour ce faire, nous souhaitons remettre en question l'approche traditionnelle, soit celle généralement fondée sur le déterminisme technologique, pour considérer une approche plus large lors du développement de solutions géomatiques pour la gestion du territoire, en complétant les approches traditionnelles « par les données », « par les traitements » et « orientées-objets » par une approche « par les individus et les organisations ». Dans cette perspective, la section suivante vise à faire un « état des lieux » sur la situation actuelle en terme de forces et faiblesses des approches traditionnelles et encore très actuelles de géomatisation. Ensuite, on verra comment on pourrait jeter les bases d'une approche holistique, davantage axée vers les individus et les organisations. Finalement, et en guise de conclusion, quelques exemples pratiques tirés de cas réels illustrent comment peuvent être mises en œuvre ces nouvelles tendances en matière de développement d'infrastructures géomatiques.

2. Constatations relativement aux démarches actuelles de développement

En analysant les démarches actuelles (figure 1) de développement d'infrastructures géomatiques, il est possible de dégager leurs principales forces et faiblesses. Sur la base de ces diverses constatations, nous serons alors en mesure de questionner et, si possible, voir comment on peut améliorer les démarches de développement en géomatique.

2.1 Forces des démarches actuelles

Un effort particulier a été porté vers le développement de **méthodes de modélisation** des données, dans la perspective de production d'une structure aussi rigoureuse que possible. L'identification des traitements requis permet dans ce processus de faire des choix pertinents, conduisant à la traduction d'un ensemble de données cartographiques à une base de données géographiques rigoureusement structurée, et d'usage aussi polyvalent que possible (Gouvernement du Québec 1993), donc devant permettre une **pérennité** à celles de « simples » systèmes de cartographie numérique.

Cependant, la très grande diversité des utilisations de données géographiques et la multiplicité des visions du territoire développées dans des disciplines concernées ont généré (surtout dans les grandes organisations) une grande redondance dans les données disponibles et aussi une variété quasi infinie de visions (et de données) plus ou moins différentes, mais décrivant le même territoire et les mêmes phénomènes. Par ailleurs, les besoins croissants des divers champs d'utilisation des données rendent de moins en moins possible la description d'une structure de données unique et strictement cohérente. Cette diversité et cette multiplicité orientent donc aujourd'hui les développements vers les concepts d'entrepôts de données (Inmon 1996). Cette approche – et les technologies qui la sous-tendent – doivent également améliorer fortement la versatilité de l'utilisation des données disponibles.

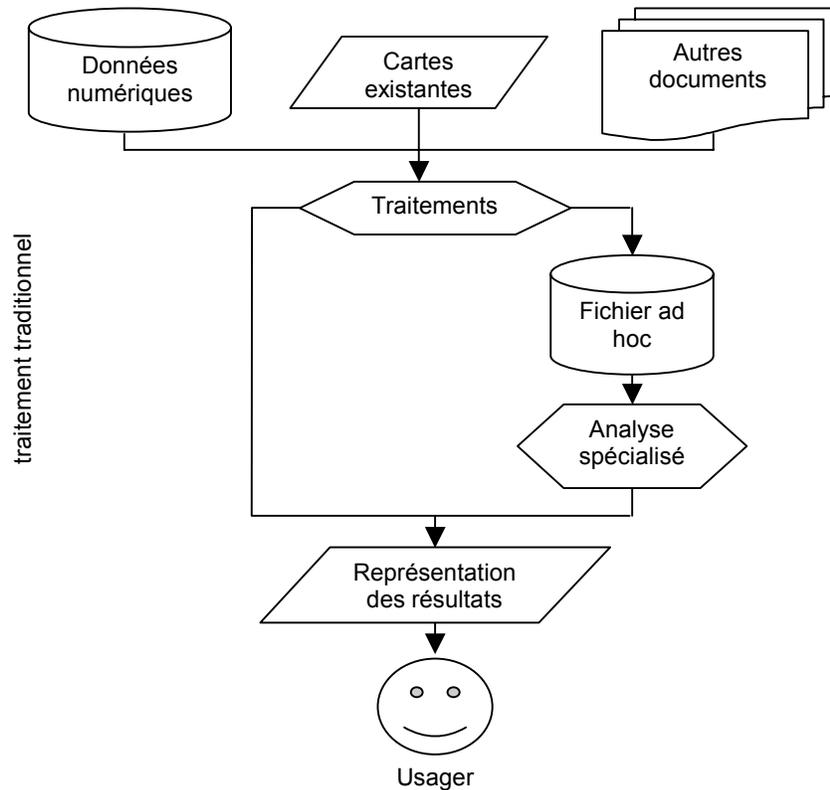


Figure 1. *Processus traditionnel*

Dans la ligne des techniques de développement de systèmes informatisés, le domaine de la géomatique a adopté ou développé des **techniques structurées de développement de systèmes**, afin d'assurer un niveau élevé de rigueur de structure, de rendre possible le développement de systèmes complexes, d'en faciliter la documentation et d'en accroître l'évolutivité (Bédard et al.1992, Pouliot 1997). L'introduction de ces outils techniques et méthodologiques a ainsi permis d'améliorer la qualité interne des systèmes et a rendu possible des réalisations très complexes, qui auraient été sans cela tout simplement inconcevables. Le niveau de qualité technologique des systèmes ainsi réalisés a ainsi été fortement augmenté.

Face à l'évolution des besoins et demandes des milieux utilisateurs, on a progressivement évolué d'une approche strictement cartésienne (dans les années 1970) vers une **conception beaucoup plus systémique** (à partir de 1985 environ), attachant ainsi plus d'importance à l'efficacité des relations entre les divers constituants d'un système géomatique, plutôt qu'à la perfection de chacun d'entre eux considéré isolément.

Par ailleurs, les démarches actuelles ont permis de diminuer fortement les incertitudes liées au développement de systèmes géomatiques généralement coûteux, développés dans le cadre de projets avec des échéanciers ayant tendance à glisser dans le temps et, de surcroît, procurant des bénéfices souvent intangibles et amenant ainsi une rentabilité pas toujours facile à démontrer. Ainsi, les démarches actuelles ont été constituées sur la base d'une série d'étapes formelles ("cookbook method") à réaliser successivement ("waterfall approach"), devant finalement mener à une solution technique fonctionnelle. Les méthodes résultant de la cristallisation de multiples expériences (bonnes ou mauvaises) au fil des ans et généralement des meilleures pratiques, ont permis aux gestionnaires et technologues oeuvrant en géomatique de passer de façons de faire artisanales à des modes de travail plus formalisés et plus conformes aux règles de l'art en matière d'ingénierie de systèmes d'information.

2.2 Faiblesses des démarches actuelles

De par leur nature, les différentes méthodes, techniques et outils actuellement utilisés au cours du développement portent surtout sur les aspects liés à la conception technique (matériel, logiciels, prototypes interfaces, fonctionnalités, documentation...) et géo-informationnelle (structure de bases de données) (Pouliot 1997). Ils ne permettent pas de formaliser les aspects moins concrets, mais néanmoins cruciaux: stratégies d'affaires, responsabilités, motivations, opportunités, climat de travail, alliances et conflits, résistances, leaders informels, culture institutionnelle... (Campbell,

1995). De plus, ils formalisent les certitudes, mais ne permettent pas de préciser ni d'analyser les incertitudes, risques et hypothèses de développement. L'approche technologique induit donc – de manière implicite et quasi sournoise – à concentrer les efforts (pour ne pas dire à les limiter) aux aspects modélisables de manière formelle.

Cela se reflète dans les techniques et outils de développement (CSA-Silverrun, ORACLE-Designer 2000, Rational Rose, ERWin...). Ils ne supportent en effet qu'une partie du cycle de développement d'une solution géomatique, soit la conception de système, l'analyse fonctionnelle et la réalisation technique, mais guère les phases préliminaires (ex.: évaluation d'opportunité), de description du contexte et surtout celles de la compréhension des besoins et de la définition de la problématique organisationnelle à résoudre (Reix 2000). Et c'est pourtant à ce stade que sont identifiées les orientations fondamentales conditionnant la suite du projet (les changer plus tard coûte généralement beaucoup plus cher).

Les réflexions initiales de développement sont basées sur l'existant, sur les multiples documents (ou modèles) habituellement analogiques et non intégrés (ex.: organigramme, coûts/bénéfices, descriptions de tâches, inventaire de cartes, texte sur la configuration informatique, guides à l'utilisateur, ententes d'échange de données géospatiales...). Cette analyse donne un éclairage intéressant sur le passé, sur le vécu, les données et le mode de travail antérieurs, mais sont inutiles, voire nuisibles pour stimuler l'imagination et illuminer quelque peu le futur, les nouvelles formes de travail, les modèles et processus futurs à base de données informatisées. On peut toutefois noter que diverses solutions, bien que partielles et non adaptées pour la géomatique, sont prometteuses: formalismes orientés-objets (ex.: UML (Eriksson et al. 2000)), outils de « *workflow* » (ex.: Visual WorkFlo[®]) ou outils de conception en bureautique (ex.: Atelier OSSAD, avec le méta-CASE GraphTalk).

Au fil de l'évolution technologique et méthodologique, on a pris de plus en plus conscience de l'importance du cycle de vie de l'information (acquisition ⇒ structuration ⇒ traitement ⇒ diffusion). Par là même, on a redécouvert ce qui avait été perdu de vue, à savoir que cette information trouve sa raison d'être non seulement dans une meilleure connaissance du territoire, mais de manière plus cruciale dans **l'amélioration de la prise de décision** qu'elle peut induire en matière d'utilisation et de gestion de ce territoire. L'impact de cette « redécouverte » se fait sentir dans de nombreux travaux récents, comme par exemple ceux visant à mettre en relation géomatique, logiciels de simulation spécialisée et processus décisionnels (Roche 2001, Hamdi 2001, Bel Haj Kacem et al. 1998). Cependant, le contexte humain et organisationnel n'est souvent considéré, au mieux, que comme une source de problèmes et de difficultés dont on tente tant bien que mal de limiter les impacts. L'implication des futurs utilisateurs se limite à un niveau très opérationnel, et parfois sous la forme d'une consultation qui tient plus de la thérapie de groupe que de la participation réelle... Il en découle que les processus de géomatization sont beaucoup plus conduits en termes de « développement de solutions », plutôt qu'en terme « d'identification des problématiques » et de « diagnostic ».

3. Caractéristiques d'une démarche holistique

Dans une perspective prenant aussi en compte les aspects humains et sociaux (organisationnels), un projet de développement d'infrastructure géomatique pourrait être considérée comme étant une composante d'une organisation considérée dans son ensemble. Par analogie avec (Le Moigne 1977 in Golay 1992), on pourrait représenter la situation comme la composition d'un *système de pilotage* (découlant des aspects organisationnels et des modes de fonctionnement de l'organisation), d'un *système opérant*, constitué des individus concernés, et d'un ensemble d'informations décrivant le futur de l'infrastructure géomatique (Figure 2).

Examinons maintenant de plus près quelles pourraient être les composantes et les principaux fondements scientifiques d'une telle approche holistique.

3.1 Les composantes

L'objectif de la démarche est d'identifier le *contenu* de la future infrastructure géomatique, qui s'articule autour de plusieurs dimensions complémentaires :

- les données descriptives du territoire;
- les procédures et traitements requis par les utilisateurs;
- les outils géomatiques d'acquisition, de gestion et de diffusion des données;
- les technologies informatiques.

En plus des éléments ci-dessus, devraient également être prises en compte les dimensions organisationnelles et individuelles. À la base, les finalités du futur système découlent d'abord des **missions imparties** aux diverses parties de

l'organisation, de la manière dont elles doivent être accomplies, et de leur évolution prévisible. Dans les circonstances actuelles de changements rapides et de besoins environnementaux et sociaux sans cesse croissants, il est important de ne pas se limiter à ce qui s'est fait par le passé, mais de situer l'évolution technologique (la géomatisation) dans le cadre plus général de l'évolution de l'organisation considérée et du rôle qui est le sien.

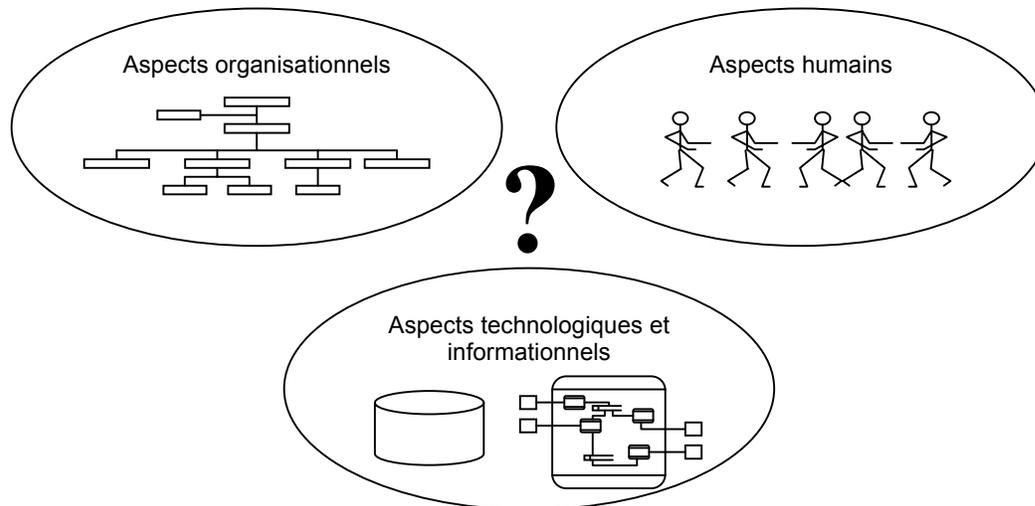


Figure 2. Les composantes d'un projet de développement d'infrastructure géomatique

On a vu que les luttes de pouvoir peuvent réduire à néant les efforts de géomatisation d'une organisation. Il nous apparaît souhaitable d'adopter des façons de faire, des manières de décider qui permettent de dépasser ce niveau de débat pour identifier, cerner et résoudre les "vrais" besoins organisationnels. Ce **processus décisionnel** (qui ne porte pas sur le territoire, mais sur les infrastructures géomatiques) requiert la participation proactive de nombreuses personnes. Il faut donc se donner les moyens d'exploiter les méthodes développées dans le domaine de l'aide à la décision complexe, et de se tourner vers les techniques de travail de groupe du milieu des sciences sociales (approches et techniques participatives, dynamique de groupe, etc.), afin de transformer une attitude de compétition entre décideurs en une démarche de concertation proactive et continue.

3.2 Les bases scientifiques

Pour en arriver à compléter les approches actuelles fondées sur le déterminisme technologique, il nous semble important de recourir au savoir acquis dans des domaines connexes à la géomatique, notamment au domaine des sciences de l'administration afin de structurer le processus décisionnel. Parmi les éléments méthodologiques pouvant avantageusement être mis à profit, on peut citer :

- les concepts de pyramide décisionnelle, modèles de processus décisionnels (Simon 1960) ;
- les méthodes de gestion et principes de la planification (Certo 1992) ;
- les théories relatives à la prise de décision (Simon 1960, March 1991, March 1991/2, March 1991/3) ;
- les techniques de gestion de projet ;
- les outils d'aide à la décision (optimisation, analyse multicritère, ...).

Ce dernier domaine ouvre des perspectives intéressantes. En effet, à partir des années 1970, on constate dans certains milieux de la recherche opérationnelle une volonté de développer des outils mathématiques répondant à certains objectifs non satisfaits par le paradigme de l'optimisation. Ces travaux ont conduit à l'émergence d'une approche différente appelée *analyse multicritère*, en particulier son école dite *francophone* (ou française) (Roy 1985, Schaerlig 1985).

Dans toute situation complexe comme un développement géomatique, il existe plus d'une solution, et aucune n'est vraiment idéale. Même sans vouloir utiliser explicitement des techniques multicritères, il est nécessaire d'identifier et de mesurer (ou d'estimer) les impacts potentiels des solutions envisageables, afin de choisir (dans la mesure du possible) en connaissance de cause. L'objectif de ce domaine de recherche est de trouver le moyen de comparer diverses solutions à un problème donné, en prenant en compte de manière plus ou moins raffinée des critères de nature

différente, pouvant être mesurés en des unités diverses (valeurs qualitatives ou quantitatives), et pouvant avoir un impact conflictuel en terme de préférences. Peuvent être également prises en compte les préférences des décideurs, l'importance relative des critères, etc., en fait, divers facteurs offrant la flexibilité requise pour analyser globalement une situation et identifier la ou les solutions les plus acceptables (Figure 3).

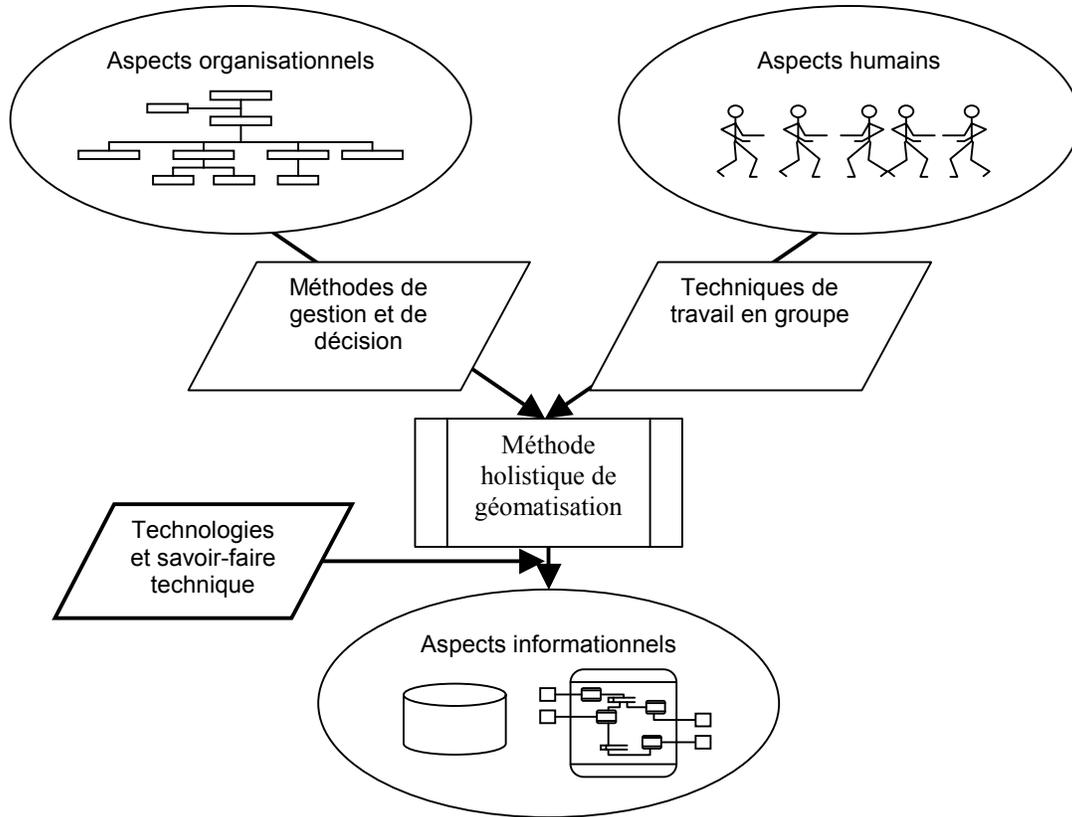


Figure 3 Vers une démarche holistique de géomatique

Forme	Niveau de participation
	Pouvoir aux individus
contrôle total	complète
pouvoir délégué	
association	partielle
conciliation	
consultation	nulle
information	
thérapie communautaire	
manipulation	
	Pouvoir aux décideurs

Tableau 1. Niveau de participation

Initialement centrées sur le développement de nouveaux outils mathématiques et la conception de multiples techniques d'agrégation multicritère, les recherches se sont enrichies de travaux de nature plus méthodologiques. En effet, le simple fait d'énoncer explicitement et exhaustivement dans le processus de géomatique les éléments à prendre en compte rend considérablement plus facile le choix, et contribue à réduire la subjectivité de la décision. Cela permet de

limiter l'impact des luttes de pouvoir et de la rivalité entre service sur le choix final, en même temps que cela rend chacun des décideurs mieux conscient des enjeux généraux du projet par rapport à leurs propres envies.

La prise en compte d'opinions diverses n'est pas seulement une question mathématique, et nombre de travaux du domaine des **sciences sociales** sont pertinents à notre propos. Ainsi, la manière de faire participer les diverses parties intéressées peut revêtir des formes très variées. En matière de participation aux décisions, on peut esquisser cette diversité à l'aide d'une échelle conduisant du contrôle total par les individus concernés à la manipulation par les autorités (Tableau 1).

4. Conclusion : en pratique!...

Dans la mesure où ce qui est proposé ici est encore, dans une large mesure, une vision et un objectif de recherche et développement, nous ne pouvons pas présenter de réalisations concrètes découlant de la mise en œuvre d'une telle démarche. Par contre, on peut étayer ce qui précède par référence à divers projets ayant certaines caractéristiques similaires.

Tout d'abord, on peut remarquer qu'il y a des situations décisionnelles complexes dans lesquelles des méthodes plus holistiques sont nécessaires et en voie de développement; c'est le cas de la gestion territoriale, des approches de gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant, ou encore de la planification forestière. (Chevallier 2000). Certains projets récents ont démontré que les projets centrés sur la concertation et articulés à l'aide de techniques d'analyse multicritère créent des ouvertures, identifient des avenues de solutions novatrices et facilitent fortement l'appropriation des actions par les groupes sociaux concernés. C'est d'ailleurs l'une des composantes de la récente réforme de la loi forestière québécoise que de privilégier l'implication proactive des acteurs sociaux dans la planification des activités forestières. Des activités concrètes de planification ont d'ailleurs été réalisées ces dernières années, par une démarche de participation articulée autour d'une approche multicritère. Des processus de planification pour la gestion par bassin ont fait de même. Ces expériences montrent le potentiel de telles approches, dont les finalités sont industrielles ou techniques, mais dont les modalités sont essentiellement sociales.

En ce qui concerne les projets de développement d'infrastructures géomatiques, il est moins facile de présenter des résultats concrets. Cependant, une entreprise de longue haleine – près de 15 ans – mérite d'être analysée sous l'angle que nous proposons dans la présente contribution : le plan géomatique du gouvernement du Québec. En effet, les principes suivants ont été énoncés pour présider au développement de ce projet (d'après Gouvernement du Québec, 1998):

Objectif principal

- *encadrer les travaux liés à l'implantation de la géomatique.*

Principes directeurs

- *doter le gouvernement *d'une vision globale des objectifs, moyens et actions qui puisse être adoptée et exploitée par tous ;*
- *développer un mode de gestion novateur, qui évite les chevauchements entre activités de M/O*, tout en respectant les missions et cultures organisationnelles des M/O* concernés ;*
- *préciser les orientations stratégiques d'ensemble, et encadrer la définition des actions à entreprendre pour la mise en œuvre des technologies géomatiques ;*
- *assurer le suivi et la révision annuelle des stratégies* en fonction des orientations stratégiques de l'État.*

Au-delà des incidences directement reliées aux données à référence spatiale, une stratégie géomatique gouvernementale aura pour effet d'encourager une contribution globale et intégrée des différentes parties concernées par la mission territoriale du gouvernement, et donc de promouvoir une nouvelle façon de concevoir la gestion du territoire. Pour ce faire, le gouvernement s'est doté d'une structure qui comportait un volet très important, soit le forum des usagers, ouverture informelle mais déterminante vers l'ensemble des milieux utilisateurs.

D'autres projets en émergence tentent d'adopter des approches encore plus influencées par les domaines scientifiques évoqués dans cette communication. Ainsi, des propositions sont en discussion auprès de certains organismes gouvernementaux mexicains pour organiser et structurer le développement de grands projets géomatiques selon ces principes.

Les immenses défis qui attendent les développeurs d'infrastructures géomatiques et les attentes que ces projets suscitent rendent indispensable le choix de moyens et de méthodes adéquats. Le but d'une infrastructure géomatique n'est pas tant

de satisfaire ses développeurs que de mieux répondre aux vrais besoins des futurs utilisateurs; par ailleurs, comme le terme l'indique, il s'agit de développer des *infrastructures*, dont l'une des caractéristiques est la longévité. Leur développement représente donc une occasion unique de définir, en partenariat avec les personnes et organisations qui les utiliseront, les objectifs et stratégies requises. C'est là le défi, et c'est aussi là la justification, à nos yeux, d'une approche et de méthodes de travail holistiques.

5. Bibliographie

- Gouvernement du Québec, 1998. Renouveau du plan géomatique du gouvernement du Québec, mémoire au conseil des ministres
- Bédard Y., Larrivée S. (1992) « Développement des systèmes d'information à référence spatiale: vers l'utilisation d'ateliers de génie logiciel ». CISM Journal ACSGC, vol.46, No.4, pp.423-433
- Bel Haj Kacem M., Chevallier J.-J., Robert J.-L., Gold Ch. (1998) Intégration de la méthode des éléments finis dans un système d'information hydrologique pour la gestion stratégique des eaux de surface. Revue internationale de géomatique, vol. 8, no 4, décembre 1998, Édition Hermès, France
- Campbell H.J. (1997) 44-Institutional Consequences of the Use of GIS . Geographical Information Systems – Volume 2 – Management Issues and Applications. Second Edition, Edited by P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, & D.W. Rhind, John Wiley & Sons, New York, pp.621-631
- Caron C.(1997) Cadre descriptif des projets d'implantation de technologies géomatiques dans les organisations. Thèse de Ph.D., Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, 1997, 355 p.
- Caron C. Bédard Y. (2002) Lessons Learned from Case Studies on the Implementation of Geospatial Information Technologies. URISA Journal, Urban and Regional Information Systems Association, accepté
- Certo, S. C. (1992) Modern Management.- Quality, Ethics and the Global Environment. Allyn and Bacon
- Chan T.O., Williamson I.P. (2000) Long term management of a corporate GIS. International Journal of Geographical Information Science, Taylor & Francis, Londres, vol.14, no.3, pp.283-303
- Chevallier J.-J. (2000) Toma de decisión y análisis multicriterio : conceptos y aplicaciones. 3^e Congreso de Geomática, Guadalajara, Jal.
- Eriksson H.-E., Penker M. (2000) Business Modeling with UML – Business Patterns at Work. OMG Press, John Wiley & Sons, Toronto, 459 p.
- Golay, F. (1992) Modélisation des systèmes d'information à référence spatiale et de leurs domaines d'utilisation spécialisés: aspects méthodologiques, organisationnels et technologiques. Thèse de doctorat no 1080, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 95 p.
- Gouvernement du Québec - Ministère des Communications (1993) La géomatique et le développement d'un système d'information à référence spatiale. Publié par la Direction générale des technologies de l'information, 75 p.
- Hamdi, Y. (2001) Contribution à la modélisation numérique du cycle de l'eau, Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Canada, 195 p.
- Inmon, W.H. (1996) Building the data warehouse, Second Edition, John Wiley & Sons, Toronto, 401 p.
- Le Moigne, J.-L. (1977) La Théorie du système général. Presses universitaires de France, Paris
- Lucas H. C. (1975) Why Information Systems Fail? Columbia University Press, New York, 130 p.
- March J.G. (1991) Réflexions sur le changement dans les organisations. Décisions et organisations, Les Éditions d'organisation (Les classiques E.O.), Paris, 275 p.
- March J.G. (1991) Rationalité limitée, ambiguïté et ingénierie des choix. Décisions et organisations, Les Éditions d'organisation (Les classiques E.O.), Paris, 275 p.
- March J.G. (1991) Systèmes d'information et prise de décision: des liens ambigus. Décisions et organisations, Les Éditions d'organisation (Les classiques E.O.), Paris, 1991, 275 p.
- Pouliot J., Rognon N., Bédard Y. & Golay F. (1997). « De la sélection à la mise en œuvre d'outils de conception pour les SIRS ». Revue internationale de géomatique, Hermès, Paris, vol.7, no.3, pp.259-277
- Reix R. (2000) Systèmes d'information et management des organisations. 3e éd., Vuibert, Paris., 426 p.

- Roche V. (2001) Impact de l'incertitude et de l'ambiguïté sur la pratique des SIRS : exploration à l'aide d'études de cas en assainissement industriel. Thèse de doctoral, École nationale supérieure des mines de St-Etienne (France)
- Roy, B. (1985) Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica, Paris
- Schaerlig, A. (1985) Décider sur plusieurs critères : panorama de l'aide à la décision multicritère. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne
- Simon, H. A. (1960) The New Science of Management Decision. Harper & Row, New York