

APPLICATION DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE À LA LOCALISATION ENVIRONNEMENTALE D'UN RÉSEAU ROUTIER

N. FORTIN¹

Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec

et

P. LEGENDRE²

*Centre de recherches en sciences de l'environnement,
Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec*

Résumé

Le Moyen-Nord québécois est actuellement le siège de vastes développements hydro-électriques et d'une exploitation minière croissante qui exigent l'implantation d'infrastructures importantes. Les décisions relatives aux corridors routiers y demeurent celles d'agences qui utilisent une rationalité sectorielle. Cependant peut-être serait-il plus avantageux de considérer ces corridors comme multifonctionnels. Aussi un modèle décisionnel permettant d'adopter ce type d'approche intégrée a été proposé et appliqué à la région de Matagami. Ce modèle prend la forme d'un système informatisé de traitement des données géographiques, qui possède des capacités de cartographie, d'extraction et d'assemblage. La simulation par ordinateur sert à produire des modèles environnementaux sectoriels ou composés à partir desquels plusieurs problématiques origines-destinations génèrent différentes propositions de réseau routier. Les diverses options peuvent alors éclairer les choix des gestionnaires.

Abstract

In Québec northern regions, large hydroelectric developments and increasing mining activities are requiring sizeable infrastructures, specifically in terms of transportation network. The decisions concerning highway corridors are now those of agencies who apply their single-sector strategy, which may not always be most beneficial. Instead, a multiple-use corridor approach is proposed and a decision-making model is applied to the Matagami area. The model is embodied in a computerized system which relies mainly on an ecological mapping data base. This tool has graphical display, retrieval and assembling capabilities. It uses minimum path analysis to perform corridor selection. Simulations then result in series of corridor alternatives related both to sector-based and combined classifications, and to several sets of origins-destinations. These results can be use by decision-makers to evaluate relevant route choices.

Introduction

Ces dernières années, à cause des projets hydro-électriques de grande envergure qui y ont cours, le territoire de la baie James a fait

l'objet d'études écologiques extensives. Nous possédons maintenant, sur le milieu biogéophysique en particulier, une somme impressionnante d'informations, dont celles qui proviennent de la cartographie écologique du Service des études écologiques régionales (Environnement Canada) (Ducruc, 1980) et qui sont accessibles sous forme de données informatisées. Par ailleurs, le texte d'orientation du développement et de l'aménagement de ce territoire (Société de Développement de la Baie James, 1980) nous livre

¹ Adresse actuelle: Institute of Animal Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver, B.C. V6T 1W5

² Adresse actuelle: Département de sciences biologiques, Université de Montréal, C.P. 6128 Succ. A, Montréal, Québec H2C 3J7

un inventaire des activités socio-économiques qui y prennent place, complétant l'ensemble des connaissances requises par un exercice de planification environnementale. La diversité de ces activités dans la sous-région de Matagami justifie une approche de développement multisectorielle; la nécessité d'y établir des infrastructures routières nous a procuré les ingrédients d'une problématique environnementale.

Nous nous sommes donc proposés de fournir aux gestionnaires un outil scientifique leur permettant d'adopter une approche intégrée quant à la localisation du réseau routier. Cet outil veut assurer une voix aux préoccupations écologiques; d'une façon plus utopique, il voudrait servir d'instrument de communication entre les différents intervenants et favoriser la participation publique. Ces aspirations placent l'étude dans la lignée des méthodologies d'évaluation d'impact (Munn, 1979). Cependant, nous avons limité notre analyse du système régional à la construction d'un modèle décisionnel heuristique orienté vers l'aménagement de l'environnement biogéophysique alors que seul un modèle explicatif conduirait à une véritable prédiction d'impacts. Si nous devions situer notre démarche dans le cheminement scientifique, nous voudrions qu'elle participe à la recherche d'un paradigme-synthèse ou paradigme-chapeau qui suggérerait les liens à établir entre les paradigmes des différentes disciplines, ceci à travers l'examen de systèmes réels, plutôt qu'à l'aide d'une théorie générale.

La construction d'un tel modèle débute par la description du système de développement régional, afin de percevoir le réseau routier dans son contexte plus global et de reconnaître les facteurs intervenant sur ce réseau. La région de Matagami est une région-ressource où les secteurs miniers et forestiers ont une influence prépondérante sur la construction routière et sur les établissements humains qui constituent leur bassin de main d'œuvre. De plus, les infrastructures de transport dues à l'industrie minière améliorent l'accessibilité et les possibilités de développement du territoire, influençant ainsi les secteurs de la forêt, du tourisme et des activités traditionnelles. Les routes de pénétration forestières favorisent en retour l'exploration minière. Les liaisons avec les établissements humains régionaux et extra-régionaux, et leurs industries de transformation s'imposent comme des facteurs exogènes déterminants.

Ensuite, nous nous attachons à définir le cadre conceptuel et spatio-temporel du modèle à construire. Pour décrire le réseau de transport, nous avons retenu les notions de pôles et de liens entre ces pôles, qui nous permettent de nous servir des éléments de la théorie des graphes pour aborder la question du réseau de distance minimale (Haggett & Chorley, 1969, p. 115). Nous assumons acquis les choix des pôles, ou encore nous simulons ces choix à l'aide de différentes problématiques origines-destinations. Le modèle s'occupe alors de la localisation des liens: ils devront passer sur la portion de territoire la plus favorable au sens des valeurs environnementales et développementales. Cette acception du concept d'environnement, qui nous pousse à utiliser non seulement des critères techniques et écologiques pour obtenir des classifications territoriales, mais aussi des objectifs socio-économiques a été utilisée de façon similaire par Turner (1976 a, b). Nous avons retenu des classifications ou potentiels (potentiel minier, par exemple) plutôt *absolus* au sens où ils retiennent des caractères à peu près incontestables et posèdent des limites temporelles étendues.

Le territoire à l'étude s'étend de la ville de Matagami à la frontière ontarienne et couvre près de 10 000 km² entre le 49° et le 50° parallèle, ce qui nous conduit à employer une échelle de 1:250 000. Il est clair que le choix d'une échelle spécifique est l'une des limites les plus restrictives du modèle. Les pôles, origines ou destinations (fig. 3: voies de transport actuelles et projetées), nous sont imposés par les villes de Matagami (M) et Joutel (J); les mines: Selco (S), Amoco (A), Phelps Dodge (B); les terminaisons des réseaux existants: Amos (O), Lasarre (L), Val-Paradis (P) et Villebois (V), auxquels s'ajoutent comme hypothèses de travail le site de villégiature (E), les points (C) et (D) en vue de liens éventuels vers le complexe Nottaway-Broadback-Rupert et Lebel-sur-Quévillon.

Matériel et méthodes

Puisque le modèle que nous construisons se voudrait être un outil décisionnel, il doit s'appuyer sur les données disponibles. Bien qu'idéalement le support des analyses environnementales régionales devrait être assuré par un système d'information géographique, certaines lourdeurs logistiques nous ont empêchés d'utiliser le système canadien (SIGEC,

Canada, 1977a). Cependant ce système dispose d'un potentiel de soutien intéressant pour ce genre d'études (Griffith, 1980) d'autant plus qu'il inclura sous peu la cartographie écologique. Nous avons donc monté une banque spécifique au territoire à l'étude, qui rassemblerait des données de sources diverses (tableau I). Nous avons choisi la représentation géographique qui divise l'aire étudiée en carrés de 1 km de côté, appelés *pixels*; elle se révélait avantageuse au niveau de la codification, des opérations d'analyse et de recherche des corridors routiers.

TABLEAU I

Liste des données disponibles

<p><i>Des cartes du Service des études écologiques régionales (SEER — Environnement Canada) (cartes écologiques)</i></p> <p>VARIABLES</p> <ul style="list-style-type: none"> — relief — épaisseur des matériaux meubles — matériaux géologiques de surface <ul style="list-style-type: none"> ● nature et origine ● morphologie — catégorie d'écosystème aquatique — abondance des ruisseaux — abondance des terrains humides (« wetlands ») — types écologiques <ul style="list-style-type: none"> ● roche-mère pédologique ● drainage <p><i>Caractéristiques morphométriques des plans d'eau</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — lacs <ul style="list-style-type: none"> ● découpage du périmètre ● pente de la beine — rivières <ul style="list-style-type: none"> ● découpage des berges ● présence de rapides — lacs et rivières <ul style="list-style-type: none"> ● pente des rives ● système de drainage et profondeur ● matériaux géologiques de surface des rives <p>FACTEURS</p> <ul style="list-style-type: none"> — potentiel pour le brochet — potentiel pour la truite grise — potentiel pour le corégone — potentiel pour la truite mouchetée dans les lacs — potentiel pour la truite mouchetée dans les rivières — potentiel pour la ouananiche — potentiel pour le doré jaune — potentiel pour le lièvre — potentiel pour le rat-musqué — potentiel pour la sauvagine — potentiel pour le castor — potentiel pour la loutre — potentiel pour le vison 	<ul style="list-style-type: none"> — potentiel pour le lagopède — potentiel pour l'original — potentiel récréatif des écosystèmes aquatiques — attrait du paysage — récréation dans la nature — taux de matière organique — turbidité — susceptibilité à la sécheresse — potentiel forestier — potentiel des mélangés jeunes — potentiel pour les lichens — aptitude générale pour divers travaux relevant de l'ingénierie — types de terrain pour l'ingénierie — régime hydrique des sols — aptitude pour l'installation de fosses septiques — aptitude pour la construction domiciliaire — aptitude des matériaux pour la construction des routes — aptitude à la « traficabilité » — risques d'érosion des sols — risques d'éboulis — risques de sédimentation des cours d'eau — risques de chablis <p><i>Des cartes du ministère de l'Énergie et des Ressources (MER — Québec) anciennement du ministère des Richesses Naturelles) (carte des ressources minérales)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — géologie de la roche en place — minéralisation (carte de géologie superficielle) — dépôts de surface <p><i>(anciennement du ministère des Terres et Forêts) (carte des classes de volume des essences forestières)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — volumes forestiers (carte synthèse forestière) — essences forestières par classes d'âge <p><i>Des cartes de la municipalité de la Baie-James</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — voies de transport actuelles et projetées
--	--

sont essentielles à l'analyse des synthèses interprétatives provenant des cartes écologiques. En fait, la clé de voûte de l'étude réside dans l'agencement et le regroupement des données de base. Cependant, l'accent portera davantage sur la méthodologie qui guide ce travail que sur la valeur des pondérations ou des choix. En effet, seul un cheminement rigoureux et structuré permet de traiter et de simplifier des problèmes complexes et c'est sur cette méthode que nous voulons insister.

La stratégie utilisée se présente comme une troisième voie dans la planification environnementale des corridors routiers. Le problème comprend normalement deux parties: (1) la question de la *recherche* qui consiste à générer des options suffisamment attrayantes pour qu'elles justifient une évaluation d'impacts et (2) la question du *choix* qui consiste à ordonner ces options suivant les impacts prédits (Manheim, 1968). La présente approche génère plutôt immédiatement les corridors provenant des choix; elle applique pour cela un principe de décomposition hiérarchique. Ce principe correspond d'ailleurs en partie à celui qui sous-tend la cartographie écologique employée où les propriétés homogènes des unités spatiales sont retracées au moyen de hiérarchies imbriquées de subdivisions territoriales. Le lecteur se référera à Jurdant *et al.*

(1977) pour la description complète de la méthode. Le processus d'organisation de l'information suggéré (Fortin, 1980) commence d'une part par regrouper les variables en facteurs synthétiques et d'autre part par désaggrégier les objectifs en sous-objectifs (tableau II) de façon à ce que chacun de ceux-ci détermine un espace-solution dans le domaine des variables. Ces espaces-solutions sont utilisés seuls pour refléter un objectif unique ou combinés en modèles environnementaux pour tenir compte de plusieurs objectifs. Ce sont ensuite les problématiques origines-destinations qui viennent extraire de ces espaces-solutions les chemins *optimaux*. Pour illustrer ce processus, nous nous restreindrons à la présentation d'un seul exemple afin de limiter l'exposé.

Prenons le premier objectif, celui de la rationalisation du système de transport; il se décompose en deux sous-objectifs: a) minimiser les coûts de construction et de transport, b) utiliser les corridors existants. Les coûts de construction et de transport seront minimisés lorsque les contraintes techniques seront réduites et lorsque le kilométrage sera limité. La minimisation de la longueur des chemins étant implicite dans la recherche des corridors routiers, nous nous contenterons, pour rendre le premier sous-objectif, d'un critère de faisabilité technique (fig. 1).

TABLEAU II

Liste des objectifs et sous-objectifs

<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Rationalisation du système de transport</i> — minimiser les coûts de construction et de transport — utiliser les corridors existants
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Protection écologique</i> — minimiser les pertes potentielles des habitats terrestres — minimiser les effets de barrières pour les migrations animales
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Développement des ressources minières</i> — favoriser l'accessibilité aux zones à fort potentiel minier
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Développement des ressources forestières</i> — favoriser l'accès aux zones exploitables
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Développement du tourisme sportif et récréatif</i> — favoriser l'accès aux ressources fauniques exploitables — favoriser l'accès aux sites exceptionnels et aux paysages attrayants
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Harmonisation avec l'utilisation actuelle du territoire</i> — tenir compte de l'utilisation actuelle du territoire par les autochtones — respecter le régime territorial — préserver les sites archéologiques — éviter les zones agricoles

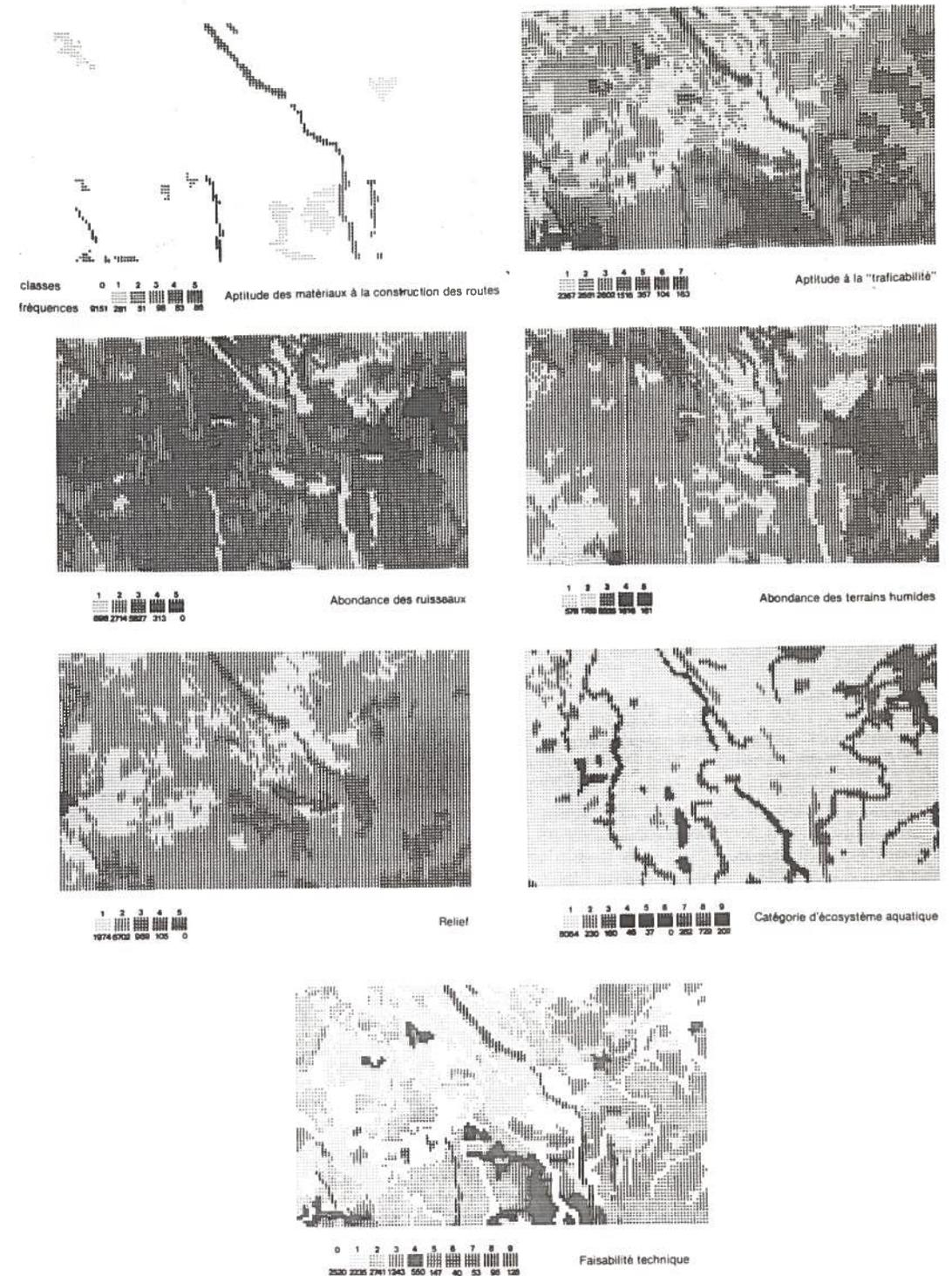


Figure 1. Regroupement de données conduisant à la faisabilité technique.

Les clés d'interprétation, *aptitude à la traficabilité* et *aptitude des matériaux à la construction routière* (Canada, 1977b), sont à la base de cette synthèse; elles ont été éprouvées par la Société d'Énergie de la Baie James. Comme l'aptitude des matériaux à la construction des routes est nulle sur la plus grande partie (93,8%) du territoire (ces proportions sont données par la distribution de fréquences des classes), nous donnons la prépondérance à l'aptitude à la traficabilité que nous essayons de raffiner là où elle n'est pas suffisamment discriminante. Nous utilisons alors des subdivisions plus fines que celles de la clé originale (7 classes au lieu de 5), nous nous servons également des informations provenant de l'*abondance des ruisseaux* et de l'*abondance des terrains humides* pour nuancer les régions les plus uniformément inaptées. La variable *catégorie d'écosystème aquatique* rajoute à la classe de faisabilité nulle les rivières et les grands lacs alors que le *relief* apporte des distinctions dans les classes moyennes.

Deux clés d'interprétation, construites à partir des types écologiques, et quatre variables de base sont ainsi combinées pour traduire cartographiquement le thème de la faisabilité technique. Les zones de faisabilité nulle sont les plus claires alors que les zones de faisabilité accrue, comme l'esker qui traverse l'aire en diagonale, sont les plus foncées. Les détails des reclassements et des pondérations sont inclus dans le tableau III. Soulignons que ces choix résultent de plusieurs essais: nous avons retenu la synthèse qui rendait le plus d'informations élémentaires, encore que 76% des pixels se retrouvent dans les trois classes les plus faibles.

Tel qu'employés dans cet exemple, des concepts allant du simple bon sens aux concepts statistiques *significatif* et *discriminant* en passant par la reconnaissance de formes permettent de dégager des classifications thématiques relativement raffinées. La capacité de choisir les classes importantes des variables impliquées, de les pondérer ou de les hiérarchiser, enfin de comparer instantanément les résultats de ces essais constituent des atouts indispensables au traitement des données géographiques.

Les clés d'interprétation des cartes écologiques serviront encore à décrire les objectifs de la protection écologique et du développement touristique. Six cartes thématiques ont été tirées des procédures de regroupement; elles reproduisent les classifications des terres associées à la faisabilité technique, aux potentiels faunique, minier, forestier et touristique, et localisent les voies de transport. Ces analyses devront ensuite être combinées pour produire des modèles environnementaux.

La figure 2 image la construction d'un de ces modèles, appelé *modèle d'exploitation*, parce qu'il donne la prépondérance aux secteurs ressources; les lieux les plus élevés des diagrammes tri-dimensionnels sont les passages qui favorisent le plus les thèmes indiqués. Parmi les autres modèles environnementaux non illustrés, certains proviennent de la combinaison de thèmes sectoriels et de la faisabilité technique. Ils sont appelés: protection écologique, développement des ressources forestières, développement des ressources minières et développement touristique. Ces modèles simples serviront à générer des chemins qui correspondront à la

TABLEAU III

Combinaison des variables conduisant à la faisabilité technique

Variables ou facteurs impliqués	Classes									Pondération	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
Aptitude à la «traficabilité»	0	1	2	3	4	5	6				1
Aptitude des matériaux à la construction des routes	0	0	0,5	1	1	1					2
Abondance des ruisseaux	1		0,5								2
Abondance des terrains humides	1		0,5								1
Catégorie d'écosystème aquatique	0	0	0	0	0	0	-9	-9	-9		1
Relief	0	0	0	-1	-1	-1					1

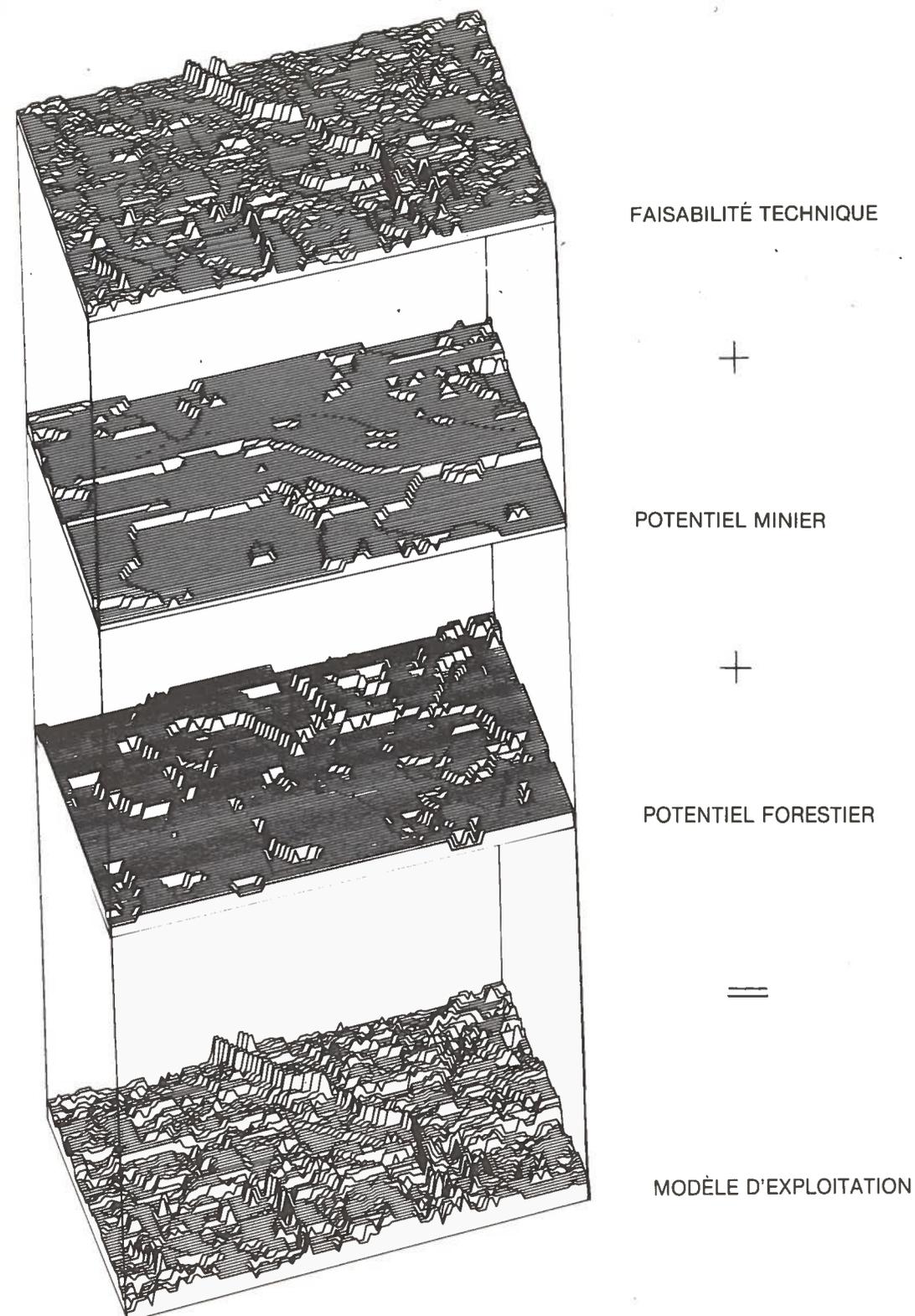


Figure 2. Construction du modèle d'exploitation.

situation actuelle où les corridors sont effectivement proposés par les intervenants sectoriels. Nous pourrions voir l'influence des secteurs sur l'alignement des tracés, et examiner les lieux possibles de conflit ou de concordance.

Nous avons aussi combiné plusieurs thèmes pour obtenir les modèles de conservation, d'exploitation, composite et non-technique. Les modèles de conservation et d'exploitation veulent correspondre à des personnalités types (l'écologiste et le promoteur), ou à des orientations d'aménagement ou de développement identifiables. Le modèle composite regroupe tous les thèmes exhibés; il pourrait être vu comme plus complètement multi-objectif. Enfin un modèle qualifié de non-technique a été fabriqué; il exclut la faisabilité technique et servira à évaluer l'influence des critères d'ingénierie dans les autres modèles.

Résultats et discussion

Les modèles environnementaux tentent de définir les espaces les *meilleurs* pour l'établissement des infrastructures routières, cependant les contraintes qui sont encore plus déterminantes pour la structure du réseau routier sont celles de la définition de

ses pôles. Ainsi nous obtenons des résultats sous la forme de graphiques localisant les corridors qui répondent aux problématiques origines-destinations proposées. Nous produisons aussi des indices quantitatifs: distances linéaires et pondérées entre les pôles, indice d'accessibilité et de dispersion. Soumis à une analyse attentive, ces résultats laissent voir assez clairement comment différents chemins favorisent un ou plusieurs objectifs. Les modèles multi-objectifs proposent aussi des compromis intéressants.

À cause de leur nature éminemment visuelle, il est malaisé de présenter ces résultats de façon concise. Nous illustrons tout de même (fig. 3) une des problématiques appliquées à quelques modèles ainsi que les voies de transport actuelles et projetées. Bien qu'il n'existe pas de correspondance directe entre ce dernier réseau et nos propositions, les routes existantes fournissent un point de comparaison valable. Le premier comportement rassurant des modèles est celui de refléter la réalité de leur secteur. Les routes actuelles (voies 1 et 2) sont retrouvées par le modèle de faisabilité technique; ce modèle reconnaît aussi le corridor (5) qui joint Selco (S) à l'esker, et qui passe par Phelps Dodge (B) pour rejoindre Matagami (M). Ce corridor apparaît également dans les propositions

(non illustrées) des modèles de développement des ressources minières, d'exploitation, de conservation et composite ainsi qu'en partie dans celles du modèle non-technique. Les autres projections (5) provenant du secteur minier entre Selco-Joutel (S-J) et Selco-Villebois (S-V) se retrouvent dans les réseaux des modèles minier, d'exploitation et non-technique. Ces chemins font aussi, en partie, l'accord des modèles touristiques et écologiques. La route entre Selco et Villebois (4) projetée par l'ex-ministère des Terres et Forêts, figure en entier dans les suggestions du modèle forestier; elle est comprise en partie dans celles des modèles touristique, écologique, de conservation et composite. Le tronçon projeté par l'Office de planification et de développement d'Québec (6) est présent dans le réseau minier et dans le réseau non-technique.

Ces exemples montrent que chacun des modèles sectoriels fournit des propositions de corridors équivalentes à celles des organismes concernés, lorsqu'il y a lieu. Ce résultat peut sembler tautologique puisque les données entrantes provenaient de ces ministères. Il n'en confirme pas moins la validité du choix et du traitement de ces informations, c'est-à-dire la validité des modèles environnementaux et de la procédure de recherche des corridors. Soulignons que ces modèles peuvent être modifiés au besoin; il ne faut pas les considérer comme des solutions uniques.

Conclusion

Notre objectif de planification environnementale des corridors routiers nous a d'abord conduits à conceptualiser un modèle décisionnel pour la localisation de ceux-ci, puis à construire un outil informatique qui la réalise effectivement. Or il existe actuellement en recherche opérationnelle un courant qui vise à donner autant, sinon plus, d'importance à l'étape finale de l'implantation du modèle et de sa mise à jour qu'à sa conception elle-même et qui veut aussi pousser davantage l'interaction entre l'utilisateur et le modélisateur.

Cette tendance prend une saveur particulière dans le domaine des méthodologies d'évaluation d'impact. En effet, les études d'impact étaient généralement vues comme des exercices techniques et scientifiques qui procuraient des informations *objectives* aux gestionnaires, donnant par la suite lieu à de

meilleures décisions plus *rationnelles*. Mais elles tendent maintenant à devenir partie intégrante d'un processus politique qui fait intervenir plusieurs acteurs. L'importance de la médiation dans la gestion des problèmes environnementaux ira en s'accroissant et impliquera le développement de méthodes qui fourniront des informations pertinentes et compréhensibles aux parties intéressées. Elles devront, pour cela, prendre une forme plus qualitative et descriptive (Bisset, 1980).

Nous avons voulu concrétiser ces aspirations théoriques, de l'accessibilité à l'information et de la médiation environnementale, tout en conservant à l'étude d'impact son caractère scientifique. Cette première aspiration a voulu être comblée au moyen d'un outil informatique permettant de synthétiser les données de base, de visualiser leurs combinaisons et d'exposer les résultantes des orientations d'aménagement sous une forme explicite. Au niveau de la médiation environnementale, les modèles composés semblent offrir des compromis intéressants; cependant seul un dialogue intersecteurs nous permettrait d'évaluer véritablement la valeur de cette médiation. Nous devrions idéalement à cette étape réunir les divers intervenants sectoriels à une même table. Nous pourrions utiliser une formule du type «Workshop» (Holling, 1978) pour confronter les besoins des secteurs et les solutions suggérées, et apporter des révisions pertinentes au modèle.

D'autre part, l'envergure *réseau* du projet et le recours à une banque de données établie indiquent une nouvelle direction. Ces caractéristiques placent l'étude dans un contexte de planification permanente, au sens où la localisation des corridors peut s'effectuer à mesure qu'apparaissent les besoins. Ce travail nous a également permis de montrer comment les données qualitatives de l'inventaire écologique peuvent être utilisées avec profit dans le domaine de l'aménagement. Il nous a donné l'occasion d'aborder la difficile question des objectifs multiples et de suggérer un processus d'organisation de l'information souple mais rigoureux pour la traiter.

Remerciements

Ce travail a été effectué avec la précieuse collaboration de messieurs Patrick Déoux et Xavier Ceccaldi, urbanistes-aménagistes à la municipalité de la Baie-James et avec la contribution financière de cet organisme.

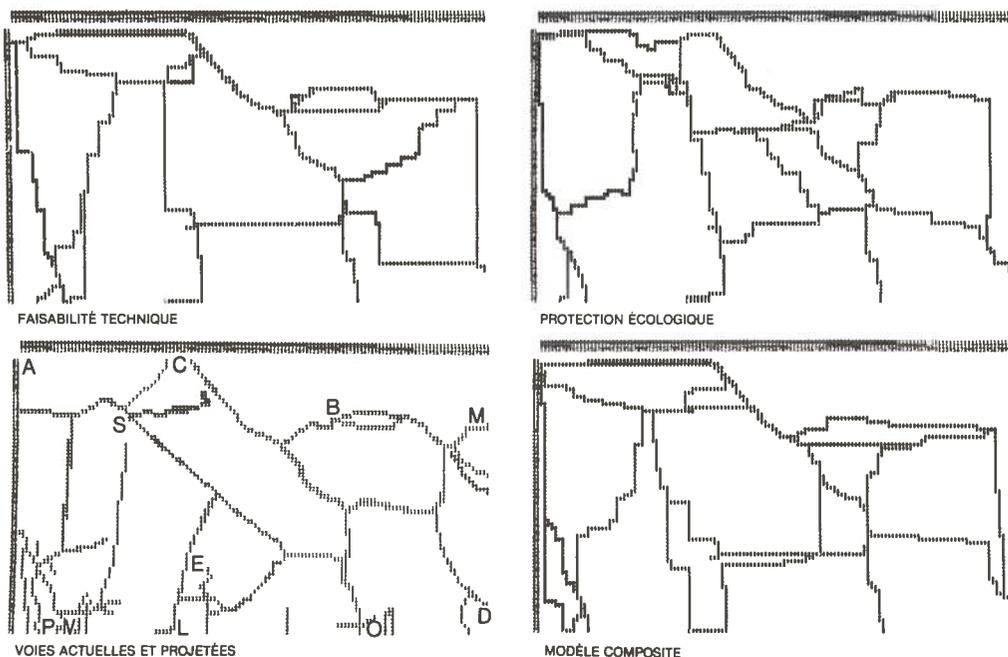


Figure 3. Propositions-réseaux générées à partir des modèles indiqués.

Références

- BISSET, R., 1980. Methods for environmental impact analysis: recent trends and future prospects. — *J. Environ. Mgmt*, 11: 27-43.
- CANADA, 1977a. Le système d'information géographique du Canada (par W.A. Switzer). — Direction générale des terres, Environnement Canada.
- CANADA, 1977b. Interprétations des cartes écologiques du territoire de la baie James pour le secteur ingénierie (par Michel Jurdant). — Service des études écologiques régionales, Environnement Canada, 62 p.
- DUCRUC, J.P., 1980. L'inventaire du Capital-Nature du territoire de la baie James, Le système écologique, unité de base de la cartographie écologique. — Service des études écologiques régionales, Environnement Canada, Québec, 54 p.
- FORTIN, N., 1980. Localisation environnementale d'un réseau routier: une approche par système informatisé. Étude de cas de la région de Matagami. — Publication n° 223, Centre de recherches sur les transports, Université de Montréal, 123 p.
- GRIFFITH, C., 1980. Geographic information systems and environmental impact assessment. — *Environ. Mgmt*, 4: 21-25.
- JURDANT, M., J.L. BELAIR, V. GÉRARDIN & J.P. DUCRUC, 1977. L'inventaire du Capital-Nature. Méthodes de classification et de cartographie écologique du territoire. — Service des études écologiques régionales, Environnement Canada, Québec, 202 p.
- HAGGETT, L. & R.J. CHORLEY, 1969. Network analysis in geography. — Martin's Press, New York, 348 p.
- HOLLING, C.S. (ed.), 1978. Adaptive environmental assessment and management. — John Wiley and Sons, New York and Chichester, 377 p.
- MANHEIM, M.L., 1968. Search and choice in transport systems planning. — Research Report no. R68-40, M.I.T., Cambridge, Mass., 342 p.
- MUNN, R.E. (ed.), 1979. Environmental impact assessment. Principles and procedures. SCOPE 5, 2nd ed. — John Wiley and Sons, Toronto, 190 p.
- SOCIÉTÉ DE DÉVELOPPEMENT DE LA BAIE JAMES, 1980. Orientation du développement et de l'aménagement du territoire de la baie James. Problématique sectorielle et intégration. — Montréal, 274 p.
- TURNER, A.K., 1976a. Computer-aided environmental impact analysis. Part 1: procedures. — *Colo. Sch. Mines Miner. Ind., Bull.*, 19(2): 1-23.
- TURNER, A.K., 1976b. Computer-aided environmental impact analysis. Part 2: applications. — *Colo. Sch. Mines Miner. Ind., Bull.*, 19(3): 1-16.