

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE ÈS SCIENCES (ENVIRONNEMENT)

PAR

NICOLE FORTIN

LOCALISATION ENVIRONNEMENTALE D'UN RÉSEAU ROUTIER:

UNE APPROCHE PAR SYSTÈME INFORMATISÉ;

Étude de cas de la région de Matagami

DÉCEMBRE 1980

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.



Université du Québec à Trois-Rivières

Fiche-résumé de travail de recherche de 2e cycle

- ☒ Mémoire
☐ Rapport de recherche
☐ Rapport de stage

Nom du candidat: Nicole Fortin

Diplôme postulé: M.Sc. (Sciences de l'Environnement)

Nom du directeur
de recherche: Antoine Aubin

Nom du co-directeur
de recherche (s'il y a lieu):

Titre du travail
de recherche: LOCALISATION ENVIRONNEMENTALE D'UN RESEAU ROUTIER:
UNE APPROCHE PAR SYSTEME INFORMATISE

Etude de cas de la région de Matagami

Résumé:*

Le Moyen-Nord québécois est actuellement le siège de vastes développements hydroélectriques et d'une exploitation minière croissante. La mise en valeur de ces ressources exige l'implantation d'infrastructures importantes — établissements humains et réseaux de transport — qui reposent sur des investissements considérables. Les décisions relatives aux corridors routiers y sont souvent celles des exploitants du sud qui appliquent leur rationalité sectorielle. Il n'est pas certain que les décisions provenant de ce type d'approche mono-objectif soient les plus profitables. Une planification environnementale plus globale de ces corridors pourrait entraîner une minimisation de la longueur du réseau, par suite des investissements d'une part, et des pressions sur le milieu naturel d'autre part, et assurer de plus des utilisations à long terme. Elle devrait pour cela s'appuyer sur la connaissance de ces territoires, de leurs ressources et des besoins de leur population.

Or ces dernières années, le territoire de la Baie James a fait l'objet d'études intensives. Nous possédons maintenant, sur le milieu biophysique en particulier, une somme impressionnante de connaissances dont certaines sont accessibles sous forme de données informatisées. Par ailleurs, le texte d'orientation du développement et de l'aménagement de ce territoire nous livre un inventaire structuré des activités socio-économiques qui y prennent place. Dans la région de Matagami, ces activités sont suffisamment diversifiées pour justifier une approche de développement multisectorielle.

Nous nous sommes donc proposé de fournir aux gestionnaires un modèle décisionnel leur permettant d'adopter une approche intégrée quant à la localisation du réseau routier. Cet outil scientifique veut en particulier assurer une voix aux préoccupations écologiques; ces aspirations placent l'étude dans la lignée des méthodologies d'évaluation d'impact.

Notre démarche a alors été la suivante. Nous avons d'abord procédé par l'analyse de systèmes à 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. Nous avons ainsi pu définir le cadre conceptuel et spatio-temporel du modèle décisionnel à construire.

C'est à l'intérieur de ce cadre qu'en deuxième lieu, nous avons élaboré un programme de recherches des corridors routiers, programme dont le support informationnel est de nature géographique.

La troisième étape consiste ensuite à alimenter le modèle, c'est-à-dire à organiser l'information disponible sous une forme cohérente, agencant données et objectifs. En particulier, les clés d'interprétation provenant de l'inventaire écologique de la Baies James se sont révélées utiles à travers l'analyse statistique des données.

Enfin la simulation par ordinateur nous permet de produire des modèles environnementaux sectoriels et composés auxquels nous appliquons diverses problématiques origines-destinations, générant à chaque fois une proposition de réseau routier.

Malgré l'apparente efficacité de ce modèle décisionnel, le défi qui reste à relever est celui de son intégration institutionnelle. Les modèles mathématiques ne prouveront leur utilité et leur pertinence que si l'interface modélisateur-utilisateur se réalise.

Nicolas Fortin

Signature du candidat

Date: 12/1/81

Genevieve Guerin

Signature du directeur de recherche

Date: 12-01-81

Signature du co-auteur (s'il y a lieu)

Date:

Signature du co-directeur (s'il y a lieu)

Date:

TABLE DES MATIÈRES

	page
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	iii
SOMMAIRE	v
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION	1
1- PROBLÉMATIQUE DU RÉSEAU ROUTIER RÉGIONAL	
1.1 Stratégie de modélisation et description du système régional	7
1.2 Approche retenue	12
2- ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES ET TECHNIQUES DE LA RECHERCHE DES CORRIDORS ROUTIERS	
2.1 Aperçu des méthodologies existantes	17
2.2 Support informationnel	21
2.3 Processus de recherche des corridors	28
2.4 Problématique du réseau optimal	35
3- ORGANISATION DE L'INFORMATION	
3.1 Identification des composantes déterminant la localisation des corridors routiers	41
3.2 Présentation des données	51
3.3 Procédures de regroupement	57
4- SIMULATIONS ET RÉSULTATS	
4.1 Simulations de modèles environnementaux	75
4.2 Simulations de problématiques origines-destinations	82
4.3 Comparaison avec les corridors projetés et synthèse des propositions	97

page

5- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

107

REMERCIEMENTS

115

COLLABORATEURS ET PERSONNES CONSULTÉES

117

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

119

ANNEXE A - DESCRIPTION DU SYSTÈME DE BASE RÉGIONAL

ANNEXE B - QUELQUES NOTIONS DE LA THÉORIE DES GRAPHS

ANNEXE C - DONNÉES

ANNEXE D - EXAMEN DES DONNÉES ET DES SYNTHÈSES ÉCOLOGIQUES

ANNEXE E - CARTES THÉMATIQUES

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figures	page
0.1 Territoire de la Baie James	2
0.2 Régions d'étude et zones d'activités	4
0.3 Industrie minière	6
1.1.1 Diagramme du système de développement régional	9
1.2.1 Cadre géographique de l'étude (aussi en acétate)	15
2.1.1 Méthode proposée par Roberts	18
2.2.1 Modes d'organisation des données spatiales	23
2.2.2 Régions écologiques du territoire de la Baie James	25
2.3.1 Transposition de la grille au graphe	29
2.3.2 Algorithme de recherche des chemins les plus courts	33
2.3.3 Exemple d'arborescence minimale	34
2.4.1 Différentes définitions de réseaux de distance minimale	35
2.4.2 Structure optimale de réseaux reliant trois points	36
2.4.3 Réseaux de demande et d'offre correspondants	38
3.1.1 Processus d'organisation de l'information	42
3.2.1 Carte écologique	53
3.3.1 Regroupements pour la faisabilité technique	59
3.3.2 Regroupements pour le potentiel faunique	61
3.3.3 Illustrations de la faisabilité technique et du potentiel faunique	63
3.3.4 Illustrations des potentiels forestier et minier	67
3.3.5 Illustrations du potentiel touristique et des voies de transport	71
4.1.1 Modèles environnementaux	76
4.1.2 Construction du modèle d'exploitation	80
4.2.1 Arborescence d'origine S générée à partir du modèle de faisabilité technique actualisée	83
4.2.2 Arborescences minimales d'origine J	87

4.2.3	Réseau-synthèse généré à partir du modèle de faisabilité technique	90
4.2.4	Arborescences d'origine M générées à partir du modèle de développement des ressources minières et du modèle actualisé associé	93
4.2.5	Réseau-synthèse généré à partir du modèle de faisabilité technique actualisée	95
4.3.1	Réseaux-synthèses générés à partir des modèles indiqués	98
4.3.2	Réseaux-synthèses générés à partir des modèles indiqués	99
4.3.3	Réseaux-synthèses générés à partir des modèles actualisés indiqués	100
4.3.4	Réseaux-synthèses générés à partir des modèles actualisés indiqués	101
4.3.5	Propositions-réseaux dérivées du modèle de conservation et du modèle actualisé associé (aussi en acétate)	104

Tableaux

3.1.1	Types de décision	43
3.1.2	Liste des données disponibles	46
3.1.3	Liste des objectifs	48
3.1.4	Décomposition des objectifs: sous-objectifs	49
3.3.1	Potentiel minier	65
3.3.2	Potentiel forestier	68
3.3.3	Potentiel touristique	70
4.1.1	Composition des modèles environnementaux	78
4.2.1	Problématique d'origine S - longueurs linéaires et pondérées de liens générés à partir des modèles indiqués	84
4.2.2	Problématique d'origine J - longueurs linéaires et pondérées de liens générés à partir des modèles indiqués	88
4.2.3	Problématique d'origine M - longueurs linéaires et pondérées de liens générés à partir des modèles indiqués	91

SOMMAIRE

Le Moyen-Nord québécois est actuellement le siège de vastes développements hydroélectriques et d'une exploitation minière croissante. La mise en valeur de ces ressources exige l'implantation d'infrastructures importantes —établissements humains et réseaux de transport— qui reposent sur des investissements considérables. Les décisions relatives à de tels équipements collectifs sont celles des exploitants du sud qui appliquent leur rationalité sectorielle. Il n'est pas certain que les décisions provenant de ce type d'approche mono-objectif soient les plus profitables. Les corridors routiers, par exemple, gagneraient à être considérés comme multifonctionnels; tout en donnant accès à un gisement minier, ils pourraient favoriser l'exploitation forestière et/ou le tourisme récréatif. Une telle planification environnementale pourrait entraîner une minimisation de la longueur du réseau routier, par suite des investissements d'une part, et des pressions sur les milieux naturels d'autre part, et assurer de plus des utilisations à long terme. Elle devrait pour cela s'appuyer sur la connaissance de ces territoires, de leurs ressources et des besoins de leurs populations.

Or ces dernières années, le territoire de la Baie James a fait l'objet d'études intensives. Nous possédons maintenant, sur le milieu biophysique en particulier, une somme impressionnante de connaissances dont certaines sont accessibles sous forme de données informatisées. Par ailleurs, le texte d'orientation du développement et de l'aménagement de ce territoire nous livre un inventaire structuré des activités socio-économiques qui y prennent place. Ce sont dans les deux sous-régions de Matagami et de Chibougamau que ces activités sont les plus intenses, justifiant une approche de développement multisectorielle. La mise en exploitation de plusieurs gisements miniers et la mise en question du rôle de la ville de Joutel ont contribué à faire de la région de Matagami notre région cible. La nécessité d'y compléter les infrastructures routières nous a procuré les ingrédients d'une problématique environnementale.

Nous nous sommes donc proposés de fournir aux gestionnaires un modèle décisionnel leur permettant d'adopter une approche intégrée quant à la localisation du réseau routier. Cet outil scientifique veut en particulier assurer une voix aux préoccupations écologiques; d'une façon plus utopique, il voudrait aussi 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.

Notre démarche a alors été la suivante. Nous avons d'abord procédé par l'analyse de systèmes à 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. Nous avons pu ainsi définir le cadre conceptuel et spatio-temporel du modèle décisionnel à construire.

C'est à l'intérieur de ce cadre, qu'en deuxième lieu, nous avons élaboré un programme de recherche des corridors routiers, programme dont le support informationnel est de nature géographique. Nous nous sommes arrêtés à cette question du traitement des données géographiques. Nous avons ensuite examiné différentes structures optimales de réseau, ce qui nous a conduits au choix de l'arbre minimal et nous avons alors recherché les algorithmes les plus efficaces pour accomplir ce travail.

La troisième étape consiste ensuite à alimenter le modèle, c'est-à-dire à organiser l'information disponible sous une forme cohérente et correspondant à la structure du modèle; ce processus se sert des éléments paradigmatiques de la recherche opérationnelle. Nous donnons des exemples des données et de leurs synthèses. En particulier, les clés d'interprétation provenant de l'inventaire écologique de la Baie James se sont révélées utiles à travers l'analyse statistique des données.

Enfin la simulation par ordinateur nous permet de produire des modèles environnementaux sectoriels et composés auxquels nous appliquons diverses problématiques origines-destinations, générant à chaque fois une

proposition de réseau routier. Nous avons validé ces résultats en les comparant aux corridors existants et projetés; leur justesse est surprenante. Nous avons également suggéré des solutions de rechange.

Malgré l'apparente efficacité de notre modèle décisionnel, le défi qui reste à relever est celui de son intégration institutionnelle. Les modèles mathématiques ne prouveront leur utilité et leur pertinence que si l'interface modélisateur-utilisateur se réalise.

ENVIRONMENTAL LOCATION OF A HIGHWAY NETWORK: A COMPUTER-BASED APPROACH

A study of Matagami area

ABSTRACT

Québec northern regions are now subject to large hydroelectric developments and increasing mining activities. These developments are requiring sizeable infrastructures in terms of transportation network and human settlements. The decisions concerning highway corridors are those of agencies who apply their single-sector strategy. This strategy may not always be most beneficial; instead, a multiple-use corridor approach is proposed. A comprehensive environmental planning could in fact minimize network length, reducing both financial investments and stress on the natural environment. Such an environmental planning should be based upon the understanding of land resources and populations needs. Incidentally in the past years, intensive studies in the James Bay area have lead to a data base covering the biophysical aspects of the territory. Also the ongoing socio-economic activities have been surveyed in a development and planning study. In Matagami area, the southwestern region of the James Bay Territory, the development of various resources suggested the application of an integrated approach to highway network design. A decision-making model is hereby proposed to aid decision-makers in achieving multiple-objectives planning. The model is actualized by a computerized system which includes in its data base the ecological land classification of the Service des Études Écologiques Régionales, Environnement Canada. This tool exhibits graphical display, retrieval and assembling capabilities; it applies minimum path analysis to perform corridor selection.

Underlying the approach is the operations research paradigm which entails beginning with systems analysis, to abstract the principal components of the regional development system and to formulate a conceptual framework for the decision-making model.

Model building is then subordinated to the information support system which raises problems related to geographic data organisation and manipulation. Optimal network structures have been examined, leading to the treebuilding choice.

The next step of data collection is done in interaction with issues identification. The interpretation keys of the ecological survey proved to be useful through statistical analysis and the combined data lead to various thematic classifications.

Finally, the results of simulations are obtained as series of corridors alternatives related both to sector-based and combined classifications, and to several origins-destinations problematics. Comparisons with both existing and projected highways seemed most satisfying. Though ideally, these simulations should be suggested and evaluated by decision-makers, stressing the fact that the modelbuilder-user interface is required to make a model valuable.

INTRODUCTION

Le Moyen-Nord québécois est actuellement le siège de vastes développements hydroélectriques et d'une exploitation minière croissante. La mise en valeur de ces ressources exige l'implantation d'infrastructures importantes —établissements humains et réseau de transport— qui reposent sur des investissements considérables. Sur les bords du Saint-Laurent, ou en général dans les régions industrialisées, les décisions relatives à de tels équipements collectifs résultent de l'interaction des forces en présence, jeu beaucoup plus politique que scientifique. L'abondance et la diversité de ces forces permettent d'éviter les voies extrémistes déséquilibrantes et pallient, dans une certaine mesure, à l'analyse des conjonctures. Dans les régions peu habitées cependant, les forces régionales sont moins denses et moins diverses, et les décisions sont plutôt celles des exploitants du sud qui appliquent leur rationalité sectorielle. Or, il n'est pas certain que les décisions provenant de ce type d'approche mono- objectif soient les plus profitables. Les corridors routiers, par exemple, gagneraient à être considérés comme multifonctionnels; tout en donnant accès à un gisement minier, ils pourraient favoriser l'exploitation forestière et/ou le tourisme sportif et récréatif. Une telle planification environnementale pourrait entraîner une minimisation de la longueur du réseau routier par suite des investissements d'une part, et des pressions sur le milieu naturel d'autre part, et assurer de plus des utilisations à long terme. Elle devrait, pour cela, s'appuyer sur la connaissance de ces territoires, de leurs ressources et des besoins de leurs populations.

Ces dernières années, à cause des travaux hydroélectriques qui y ont cours, le territoire de la Baie James (figure 0.1) a fait l'objet d'études intensives. Nous possédons maintenant, sur le milieu biophysique en particulier, une somme impressionnante de connaissances dont certaines 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 un inventaire



Figure 0.1 TERRITOIRE DE LA BAIE JAMES

structuré des activités socio-économiques qui y prennent place. Ce sont dans les deux sous-régions de Matagami et Chibougamau (figure 0.2), respectivement rattachées aux régions limitrophes de l'Abitibi-Témiscamingue et du Saguenay - Lac Saint-Jean, que ces activités sont les plus intenses, justifiant une approche de développement multisectorielle. La mise en exploitation probable de plusieurs gisements miniers (B- Selco, A- Phelps Dodge, C-Amoco: figure 0.3) et la mise en question du rôle de la ville Joutel ont contribué à faire de la région de Matagami notre région cible. La nécessité d'y compléter les 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 en particulier assurer une voix aux préoccupations écologiques; d'une façon plus utopique, il voudrait aussi servir d'instrument de communication entre les différents intervenants et favoriser la participation publique.

De tels objectifs rangent le présent exercice dans la lignée des méthodologies d'évaluation d'impact, bien qu'il n'en couvre pas tous les aspects. En effet, Munn (1979) donne à l'étude d'impact un cadre très large; il la définit comme:

"An activity designed to identify and predict the impact on the bio-geophysical environment and on man's health and well-being of legislative proposals, policies, programmes, projects, and operational procedures, and to interpret and communicate information about the impacts." (Munn, 1979, p. 1)

Nous avons limité notre analyse du système de développement régional à la construction d'un modèle décisionnel orienté vers l'aménagement de l'environnement biogéophysique alors que seul un modèle explicatif conduirait à une véritable prédiction d'impacts. Si nous devons situer notre démarche dans le cheminement scientifique, nous voudrions qu'elle participe à la

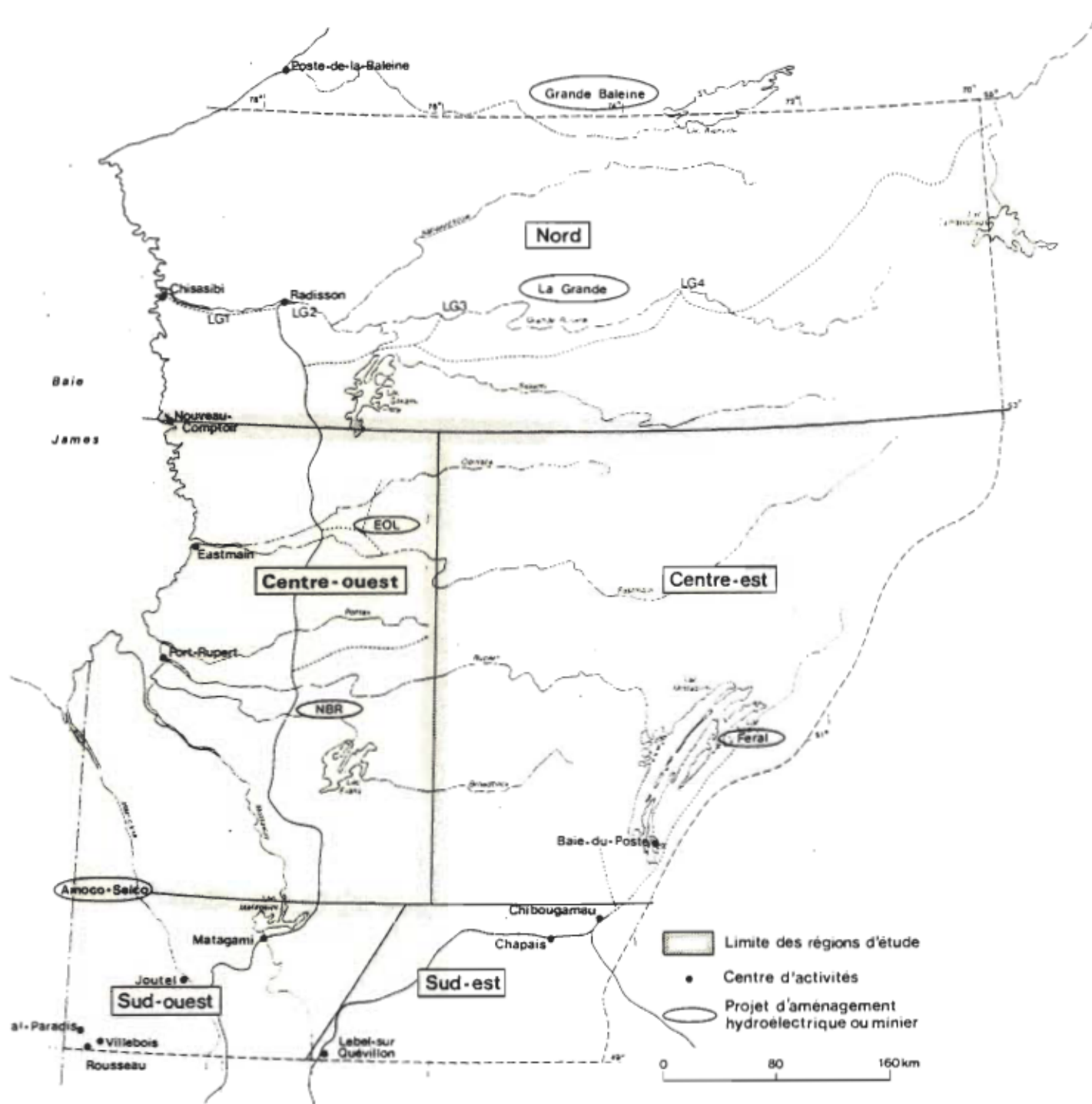


Figure 0.2 RÉGIONS D'ÉTUDE ET ZONES D'ACTIVITÉS

recherche d'un paradigme-synthèse ou paradigme-chapeau qui suggérerait les liens à établir entre les paradigmes des différentes disciplines, ceci à travers la résolution de problèmes concrets, l'examen de systèmes réels, plutôt qu'à l'aide d'une théorie générale.

D'une façon plus précise, ce travail voudrait (1) rassembler et intégrer diverses méthodologies et techniques de modélisation mathématique, (2) les appliquer à l'étude du réseau routier de la région de Matagami au nord-ouest du Québec, (3) démontrer l'applicabilité et l'utilité de ces outils analytiques dans le processus décisionnel, (4) permettre l'élargissement du cadre conceptuel de ce processus, en y incluant l'intégration sectorielle. Nous avons donc procédé à l'aide de l'analyse de systèmes pour la description du système régional, de la théorie des graphes pour la recherche des corridors routiers, des éléments de la recherche opérationnelle pour la formulation du problème, de l'analyse statistique des données pour l'agencement de celles-ci et de la simulation par ordinateur pour la génération de réseaux routiers.

L'outil résultant prend alors la forme d'un système informatisé de traitement de données géographiques. Ces données proviennent d'une part, de cartes écologiques, procurant une description assez complète du milieu biogéophysique et d'autre part, de cartes sectorielles, ressources forestières et minérales, ainsi que celle des voies de transport. Ayant cartographié les valeurs environnementales et développementales, nous pouvons simuler des pondérations et arrangements variés de ces valeurs, imitant par cela les rapports de force des intervenants, et par la suite, générer à partir de cartes synthèses des alternatives de réseaux routiers selon différentes problématiques origines-destinations. Un procédé graphique permet aux gestionnaires de visualiser les bases de leurs choix et facilite la participation de non-spécialistes. Des indices quantitatifs servent à apprécier et à comparer les alternatives.



Figure 0.3 **INDUSTRIE MINIÈRE**

1- PROBLÉMATIQUE DU RÉSEAU ROUTIER RÉGIONAL

1.1 Stratégie de modélisation et description du système régional

Avant d'entrer dans le vif du sujet et d'exposer la problématique de localisation environnementale d'un réseau routier régional, il convient de la situer dans son contexte et de donner une idée du système régional à l'étude. Il nous semble important pour cela de présenter tout d'abord la méthodologie sous-jacente à la description du système régional, celle de l'analyse des systèmes environnementaux et de la modélisation, et de donner sommairement certaines définitions et concepts.

Tout phénomène, qu'il soit structurel ou fonctionnel, comportant au moins deux composantes distinctes et entre lesquelles il existe une interaction peut être considéré comme un système. Une autre définition de système est celle d'un objet ou d'une collection d'objets dont le comportement démontre une cohésion ou une consistance intéressante; l'étude formelle des systèmes et de leurs propriétés s'appelle "l'analyse de systèmes". Selon notre point de vue philosophique, nous pouvons voir les systèmes comme les unités constitutives de la nature ou plutôt comme un effort de l'homme (le taxonomiste, par exemple) pour mettre de l'ordre dans le chaos apparent de la nature. Une première propriété d'un système est celle de faire partie de la hiérarchie d'autres systèmes; c'est à nous de choisir le niveau où nous voulons travailler et de déterminer pour cela les limites spatiales, temporelles et conceptuelles du système que nous voulons appréhender. Il est aussi suggéré d'examiner le premier niveau supérieur au niveau qui nous intéresse particulièrement, afin de n'omettre aucune relation environnementale importante. Les systèmes environnementaux englobent de vastes systèmes naturels, incluant les relations de l'homme avec la nature.

Toute abstraction, simplification ou formalisation d'un système est un modèle; la modélisation est ainsi une extension de l'analyse scientifique, rendue nécessaire par la complexité grandissante et la portée étendue

des systèmes développés par l'homme. Sans reprendre l'examen des différents types de systèmes et des diverses approches à la modélisation (voir par exemple pour cela Bennet and Chorley, 1978), nous comprendrons tout de même que le processus de la modélisation est celui d'imposer des structures à la connaissance. Nous retiendrons également que si les modèles sont des outils importants dans la conceptualisation, l'organisation et la communication des phénomènes compliqués, ils permettent aussi de comprendre, de statuer et d'optimiser.

En situation de gestion de ressources par exemple, des modèles prédictifs sont utilisés pour évaluer les impacts environnementaux (Hall and Day, 1977; Gilliland and Risser, 1977). Une autre utilisation importante des modèles peut être celle de l'optimisation des décisions environnementales, ce qui implique inévitablement des jugements de valeurs et nécessite de plus un schéma de gestion du système. C'est ce dernier type de modèle que nous essaierons d'élaborer.

Pour construire un modèle spécifique, le modélisateur doit se faire une idée des parties importantes du système et de la façon dont elles sont interconnectées; cette vision dépendra des objectifs auxquels le modèle doit répondre. Aussi, la stratégie de modélisation doit commencer par la définition des objectifs du modèle. Puis la tâche du modélisateur sera celle de soutirer les connaissances pertinentes aux spécialistes intéressés et de les organiser de manière à répondre aux objectifs du modèle. Il devra peut-être compléter les connaissances disponibles, il devra peut-être inventer de nouvelles structures pour répondre à des questions inhabituelles, mais dans l'ensemble, il s'appuiera sur les connaissances existantes et les structures établies.

Le présent modèle a pour but l'optimisation régionale multi-ressources de la localisation d'infrastructures routières en réduisant le plus possible les impacts environnementaux; les objectifs seront alors définis à l'aide des facteurs: ressources et environnement. Le diagramme de la figure 1.1.1 illustre une première tentative d'abstraction du système

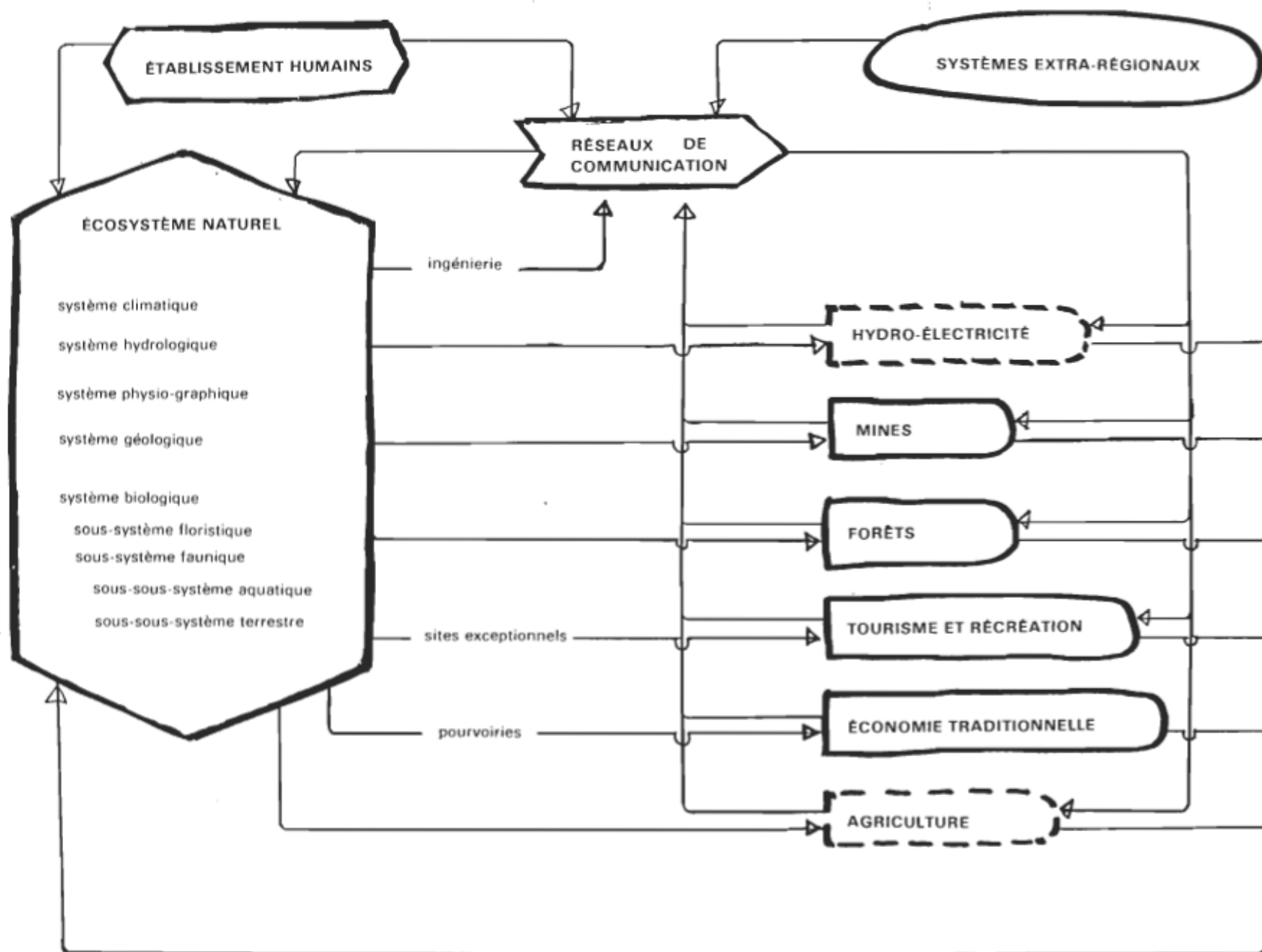


Figure 1.1.1 DIAGRAMME DU SYSTÈME DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

de développement régional; il identifie les grands secteurs de l'exploitation des ressources:

- l'hydroélectricité;
- l'industrie forestière;
- l'industrie minière;
- l'économie traditionnelle;
- le tourisme et la récréation;
- l'agriculture.

Les agents transformateurs:

- les transports et communications;
- les établissements humains.

L'exploité:

- l'écosystème naturel.

(Les secteurs hydroélectricité et agriculture sont en pointillés parce presque absents de la région; les établissements humains ne sont pas les véritables consommateurs des activités économiques qui expédient leurs produits au sud). Clairement, ce diagramme à l'échelle macro ne représente pas la complexité du système réel mais plutôt le niveau de résolution choisi pour répondre aux objectifs du modèle et correspondant à celui de l'information disponible. Il tente de mettre les acteurs en relation entre eux et avec l'écosystème naturel, mais surtout il servira à déterminer les facteurs intervenant sur le réseau routier.

Ce réseau de communication est essentiellement destiné à satisfaire les besoins des activités économiques; dans l'ensemble du territoire de la Baie James, il s'agit des besoins de construction des complexes hydroélectriques. Dans la région de Matagami, c'est d'abord le secteur minier qui justifiera la construction d'une nouvelle route permanente; c'est aussi ce secteur qui joue un rôle dominant sur les établissements humains concernés qui constituent ses bassins de main-d'oeuvre. 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. D'autre part, les routes de pénétration créées par l'industrie forestière favorisent l'exploration minière. Les liaisons avec les établissements humains régionaux et extra-régionaux, et leurs industries de transformation s'imposeront comme des facteurs exogènes déterminants.

Les activités économiques dépendent des ressources de l'écosystème naturel, dont elles peuvent par ailleurs modifier l'équilibre. Bien que les industries minières et forestières utilisent les éléments du système géologique et du système floristique, elles influenceront l'ensemble du système biologique et de même que le système physio-graphique. Ce sont les caractéristiques des systèmes physio-graphique, hydrologique et géologique (superficiel), comprises par les techniques de l'ingénieur qui conditionnent la construction routière.

Ces quelques notes démontrent la superficialité de notre compréhension des relations et des interactions entre les systèmes humains et naturels. Nous sommes encore loin d'un modèle de prédiction d'impacts, du moins à cette échelle! Elles font également ressortir le caractère partiel du processus de localisation des corridors routiers lorsque celui-ci veut simplement relier deux points en ne respectant que les contraintes techniques. Notre perspective plus globale provient essentiellement d'un changement d'échelle ou de niveau; elle ne doit cependant pas nous faire perdre de vue la réalité des niveaux plus fins, comme la prépondérance de la faisabilité technique dans la détermination des corridors routiers. Nous référons le lecteur à l'annexe A pour la description du système régional telle que rendue par les urbanistes de la municipalité de la Baie James. Les textes "Connaissances du milieu des territoires de la Baie James et du Nouveau- Québec" (SEBJ, 1978) et "Orientation du développement et de l'aménagement du territoire de la Baie James" (SDBJ, 1980) fournissent d'abondants détails sur la région.

1.2 Approche retenue

Après avoir cerné le contexte de la problématique du réseau routier et avoir extrait les facteurs qui nous permettent de la circonscrire, nous nous attachons ici à décrire le cadre conceptuel et spatio-temporel du modèle qui la traite. Lorsque nous voulons planifier un réseau de transport régional, nous abordons une échelle de problème peu commune; la question plus courante relativement à la construction routière est celle de la détermination d'un corridor entre deux pôles A et B en fonction de contraintes technico-économiques et autres. Nous retiendrons les éléments essentiels de cette approche que nous voudrions élargir; ils serviront de base au cadre conceptuel du modèle.

L'approche usuelle part des notions de pôles A et B, et de lien entre ces pôles, AB. L'élargissement de la problématique peut être causé, en premier lieu, par une augmentation du nombre de pôles. Sur le territoire de la Baie James par exemple, la localisation de corridors routiers entre plusieurs origines et destinations s'est posée à quelques reprises (dossier Selco: Roches Associés Limitée, 1976; Grande-Baleine: Somer Inc., 1978). Dès que le nombre de pôles dépasse deux, les relations entre les pôles doivent être considérées. Existe-t-il un pôle d'attraction prépondérant? La hiérarchie entre ces pôles est-elle connue? Certains liens sont-ils prioritaires? Pour répondre à ces questions, il faut inclure dans une étude de planification régionale, outre les objectifs de nature territoriale comme ceux de la faisabilité technique ou de la protection écologique, des objectifs socio-économiques ou logistiques. La prise en compte de tels objectifs peut requérir, entre autres, des analyses d'offre et de demande de transport des biens et des personnes (Desjardins, Sauriol et Associés, 1978; Alberta, 1976, 1978b) qui nous autoriseraient à privilégier certains pôles, à rendre prioritaires certaines liaisons. Bien qu'elles constituent souvent les parties déterminantes des études de planification régionale, nous considérerons ces analyses comme exogènes au présent modèle; c'est dire qu'en leur absence, nous simulerons les différentes recommandations qu'elles auraient pu amener en termes de problématiques origines-destinations.

Nous considérerons ici les pôles comme des points fixes, ainsi, nous n'envisagerons pas la création de noeuds autres que les points d'intersection ou d'embranchement de deux liens. Si nous devions accepter des pôles mobiles, comme les emplacements possibles de futures mines et villes, nous entrerions dans une problématique hautement spéculative, bien qu'elle puisse encore correspondre à une certaine réalité. Dans une région à fort potentiel minier, peut-être serait-il plus avantageux à long terme de situer la ville ou l'établissement humain, en un point compromis entre plusieurs gisements probables, que de devoir condamner cet établissement après dix ou quinze ans et le resituer. Doit-on attribuer ce rôle à Joutel? Les projets Amoco et Selco justifient-ils la création d'une ville nouvelle, Selbaie?

La deuxième composante de l'approche "corridor" est le lien: c'est au niveau de cette localisation des liens que joue notre modèle décisionnel. Les liaisons, les corridors ou les tracés nous ramènent sur terre, ou plutôt à la nature territoriale du problème. Le lien devra passer sur la portion de territoire la plus "favorable"; ce choix dépendra donc de la classification des terres qui repose ordinairement sur des critères technico-économiques ou écologiques. Les classifications, nommées "clés" ou "potentiels" du Service des Études Écologiques Régionales (SEER, Environnement Canada), comme "l'aptitude des matériaux à la construction des routes" ou le potentiel faunique, sont utilisées couramment par la Société d'Énergie de la Baie James (SEBJ) dans ses travaux de localisation des corridors. Le deuxième point d'extension de la problématique proviendra alors du désir de saisir un contexte plus large, qui nous pousse à intégrer des objectifs socio-économiques, principalement sous la forme de valeurs reliées au développement. C'est ainsi qu'une portion de territoire, recouverte de forêts exploitables ou dont le sous-sol présente un bon potentiel minier, exercera une force d'attraction sur les tracés. Chacun des objectifs, dont nous voudrions tenir compte, donnant lieu à une classification différente, un point critique dans la construction du modèle décisionnel sera l'agencement et le regroupement des diverses préférences de

localisation. Notons, cependant, que notre outil possèdera la capacité intéressante de générer les corridors sur les modèles environnementaux sectoriels ou synthétiques; les recouvrements et les manipulations informatiques donnent à l'outil son caractère original. Il sera possible de comparer les alternatives de corridors sélectionnées à partir de classifications distinctes et de procéder à des analyses de sensibilité quant à l'importance des objectifs sur le choix des tracés.

Tous les objectifs socio-économiques envisageables ne seront pas intégrables car ils devront se traduire spatialement pour participer au modèle. Cependant, les possibilités de localiser de tels objectifs sont plus grandes que le présent exercice le laissera paraître. Il est facile, par exemple, de rendre la proximité d'une usine de transformation ou d'un bassin de main-d'oeuvre à l'aide de cercles concentriques d'attraction (Steinitz Rogers Associates, 1975). De telles données ponctuelles n'étaient pas pertinentes dans la région d'étude, par exemple l'éloignement des usines de transformation du bois n'était pas suffisamment important pour qu'il influe sur les préférences de corridors; nous nous sommes donc limités à l'inclusion de potentiels plutôt fondamentaux. Par exemple, nous nous sommes servis d'un potentiel minier de base assimilable à la richesse du sous-sol, alors que le potentiel actuel est aussi fonction des conditions économiques de sa mise en exploitation dans un horizon de temps donné, qui dépendent du type et de la nature du gisement, des possibilités de traitement primaire et secondaire, des modes de transport disponibles et des fluctuations du marché. L'analyse du potentiel minier économique pourrait elle-même faire l'objet d'un modèle décisionnel, qui viendrait préciser le modèle de localisation. Cependant, les notions de potentialités plus "absolues" que nous utilisons permettent de donner au modèle des limites temporelles plus étendues.

Si nous situons le long terme en deçà du terme qui verra se transformer le trafic automobile, premier leitmotiv de notre étude, nous pouvons affirmer que les critères rattachés à la faisabilité technique ou à



Figure 1.2.1 Cadre géographique de l'étude

l'exploitation minière seront valables à long terme. L'exploitation forestière se voit restreinte au moyen-terme (30-50 ans) en l'absence de reboisement. De même, si par certains aspects (substrat, drainage, etc.) la productivité biologique reste reliée à des conditions peu variables dans le temps, la dépendance de la faune du couvert végétal, les fluctuations des cycles vitaux ou les mouvements migratoires rendent l'objectif de la protection écologique spatialement plus relatif à long terme. Les secteurs de l'écologie humaine —activités traditionnelles et tourisme— sont difficilement quantifiables à l'aide des connaissances disponibles et pourront évoluer encore plus rapidement. Enfin, d'autres éléments, comme l'exploitation des tourbières, pourront modifier les potentiels territoriaux à plus court terme (15-20 ans). Mais dans l'ensemble, les notions de potentiels donnent à l'étude un horizon temporel assez large et les contraintes origines-destinations assurent le respect du court terme.

Ce sont aussi ces contraintes qui relient le système régional aux systèmes extra-régionaux. Les points origines ou destinations (figure 1.2.1) 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), Lassarre (L), Val-Paradis (P) et Villebois (V), auxquels s'ajoutent comme hypothèses de travail en vue de liens éventuels vers le complexe NBR (C), Lebel-sur-Quévillon (D) et le site de villégiature (E). Le territoire à l'étude encadre ces points; il recouvre la problématique régionale bien qu'il n'englobe pas toute la région sud-ouest pour des raisons techniques.

2- ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES ET TECHNIQUES DE LA RECHERCHE DES CORRIDORS ROUTIERS

2.1 Aperçu des méthodologies existantes

A l'origine, les voies de transport terrestres se sont développées suivant le sens commun; elles respectaient la topographie et préféraient le chemin le plus court. Mais lorsque des contraintes techniques et financières sont apparues, dans le cas d'autoroutes par exemple, leur localisation demanda à être planifiée. Comme le tracé d'une route en est sa description la plus simple et la plus explicite, cette planification s'appuie d'abord sur la cartographie. Aussi, les méthodes qui choisissent les corridors routiers font essentiellement appel à ce mode de représentation de l'information. Nous présentons ces méthodologies dans une perspective historique, nous arrêtant surtout à celles qui amènent une nouvelle optique.

Déjà, Roberts (1957) suggère l'emploi d'outils modernes comme la photogrammétrie, l'analyse de la photo aérienne et les calculateurs électroniques pour faire face à la complexité du travail de localisation des routes. Il propose de localiser divers "coûts", qui tiennent compte des coûts des terrains, des conditions hydrologiques, des remblais-déblais, etc., sur des cartes à quadriller, de telle sorte que l'ordinateur puisse faire la somme de toutes les variables à chacune des coordonnées. Il entrevoit l'utilisation de techniques de programmation linéaire pour choisir le chemin le plus économique et la construction d'un modèle en relief pour visualiser les coûts généralisés et leur assemblage (figure 2.1.1).

À sa suite, Alexander et Manheim (1962) expérimentent l'usage de diagrammes pour localiser les routes. Ils représentent 26 contraintes sous forme de dessins qu'ils combinent par composition photographique. Certaines de ces contraintes, telles le développement régional, le développement local des terres, le coup d'oeil, le bruit, la pollution de l'air, les

effets sur la température, etc., témoignent de préoccupations environnementales. Mais leur apport le plus intéressant réside dans la combinaison des diagrammes; elle suit un processus structurel-hiérarchique qui n'est pas sans relation avec la théorie bayésienne de la décision, question qu'élaborera Manheim (1966).

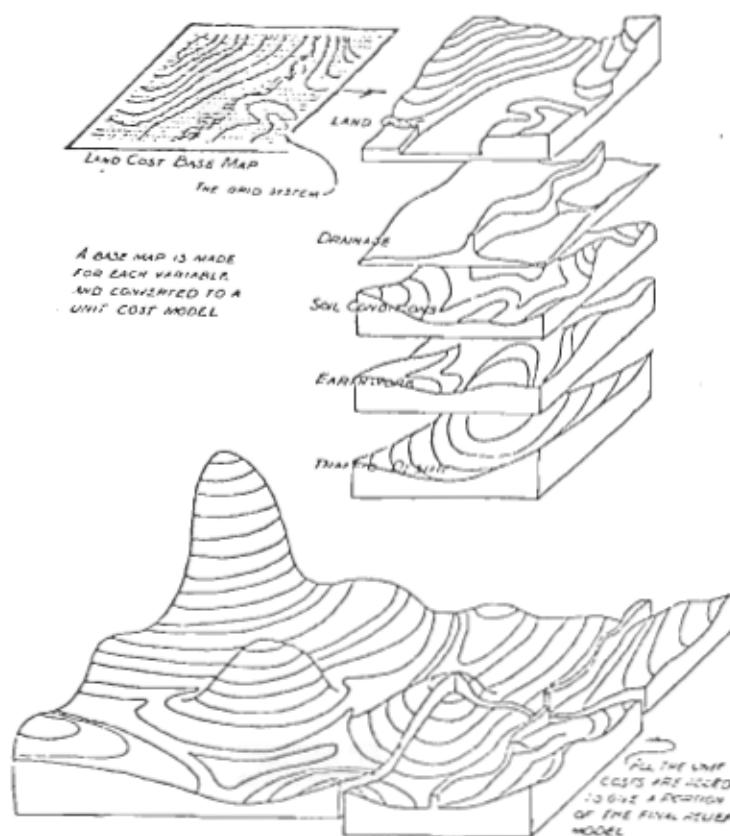


Figure 2.1.1 Méthodologie proposée par Roberts
d'après Roberts, 1957, p. 569.

Les travaux de Mc Harg (1967) propagent encore ce type d'approche par superposition cartographique. Il propose comme "meilleure" route celle qui donne le plus de bénéfices sociaux au coût social le plus bas, en considé-

rant les valeurs attachées à l'esthétique, à l'agriculture, à la récréation, à la faune, à la physiographie, etc. Il cartographie ces valeurs en utilisant plusieurs teintes de gris et les assemble d'une façon plus ou moins quantitative de sorte que le couloir choisi se dessine en noir.

Mais c'est Turner qui, à partir de 1968, pousse le plus loin les visions de Roberts en implantant un ambitieux système: le "Generalized Computer-Aided Route Selection" (GCARS), construit de façon à se servir de l'homme et de la machine suivant leurs capacités respectives:

"The man controls the analysis and makes assessments of alternatives on the basis of data storage, retrieval and manipulation functions undertaken by the computer."

(Turner, 1970, p. IV).

L'élaboration la plus novatrice qu'il met de l'avant consiste à produire de multiples propositions de corridors; elles proviennent du développement de plusieurs modèles de "coûts" simples ou composés et de la génération d'une série de chemins pour chacun de ces modèles. Par exemple, dans une application de Hausmanis (1971), cinq facteurs —les coûts de remblais-déblais, les coûts de fondation (géologie superficielle), les coûts d'expropriation, le potentiel récréatif, le potentiel faunique— sont utilisés seuls, ou agencés par groupes de deux, trois, quatre ou cinq au moyen de pondérations variées; pour chacun de ces modèles, cinq tracés sont générés suivant un ordre de préférence décroissant.

Turner (1976a-b) étend ensuite la portée de son système. Pour les industries minières, le problème du choix des zones cibles, c'est-à-dire de zones où un développement minier devrait être favorisé, s'ajoute à celui de la sélection des corridors régionaux. Le choix d'un corridor ne devient alors qu'un cas particulier de choix de site, pour lequel il développe le "Generalised Map Analysis System" (GMAPS), un système de composition cartographique. Conscient du rôle des institutions —fédéral, état et

industrie dans les analyses environnementales, il cherche à donner une place à sa méthodologie parmi les études d'impact qui doivent faire partie des scénarios de développement des ressources régionales. Turner (1976a) compare l'environnement à un système global comprenant des sous-systèmes naturels et culturels. Il lui donne indirectement une structure lorsqu'il introduit une hiérarchie sectorielle dans la recherche des zones cibles: les considérations techniques et économiques arrivent en premier, suivies des contraintes légales et de celles du marché, enfin viennent les critères socio-écologiques. Cette méthodologie peut s'ajuster à toutes les échelles géographiques; elle est pour cela tributaire des données et du système d'information géographique.

Cet auteur fait preuve d'une conscience environnementale élargie; ses systèmes (GCARS, GMAPS) ont été adoptés et sont maintenant améliorés par le ministère des Transports de l'Ontario.

Mentionnons aussi les travaux de Dooley et Newkirk (1976); ces auteurs ont formalisé un algorithme en "cascade" pour la composition des impacts. Opérant avec des catégories discrètes d'impact, cet algorithme permet le passage d'une catégorie plus faible à une catégorie plus élevée lorsque le nombre d'impacts atteint un seuil prédéterminé. Quant au système proposé par Newkirk (1976, 1979), il se situe en deçà des développements de Turner, bien qu'il soit plus récent.

Cet aperçu des méthodologies nord-américaines concernant la localisation environnementale des corridors routiers n'est pas exhaustif; il en relève cependant les grandes tendances. Une revue plus détaillée se retrouve dans Newkirk (1976, 1979), mais elle n'est pas nécessairement plus révélatrice. De plus, puisqu'il s'agit d'un sujet à usage commercial, il existe sûrement un grand nombre de logiciels semblables sous secret professionnel qui peuvent comporter des innovations.

Remarquons enfin que si dans un processus plus primitif, un sentier pouvait donner accès à plus d'un point, ce type de préoccupation est à peu près absent des méthodologies existantes: elles tentent simplement de relier deux points.

2.2 Support informationnel

A l'instar d'autres projets requérant le choix d'un site, la localisation des corridors terrestres s'effectue à partir d'informations géographiques, bien qu'elle doive se soumettre à des contraintes d'utilisation qui ne sont pas strictement spatiales. Le support des analyses environnementales régionales devrait, idéalement, être assuré par un système d'information géographique. En effet, les informations de nature géographique génèrent des masses importantes de données qui demandent à être gérées par un système puissant, capable d'accomplir les tâches d'acquisition, d'entrée, de mise en banque et d'extraction des données. A l'heure actuelle, les systèmes d'information géographique sont encore au stade de développement (Calkins et al., 1978). Si certains sont opérationnels, ils n'ont pas encore été intégrés aux activités institutionnelles d'analyse et de prise de décision.

Pour concevoir les problèmes spéciaux que pose la manipulation des données spatiales, notamment leur mode d'enregistrement, nous devons comprendre que celles-ci se divisent en deux parties: 1) les données descriptives, qui contiennent les caractéristiques du lieu et 2) les données d'image, qui décrivent le lieu.

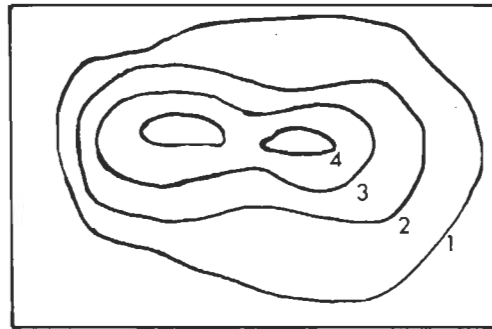
Les unités spatiales typiques sont les points, les lignes et les surfaces; notons que nos données se présentent sous ces trois formes: établissements humains, réseau routier, systèmes écologiques. Il est aussi nécessaire de saisir le rapport entre le volume respectif des données descriptives et des données d'image qui, de 1 pour 1, dans le cas des données ponctuelles, peut facilement tomber à 1 pour 1 000 dans le cas des données qui décrivent des surfaces fermées. La codification des données d'image ponctuelles est immédiate; elles sont assimilées à leurs coordonnées X, Y. Les formes linéaires, souvent organisées en réseau, sont désignées par les coordonnées des noeuds qui bornent leurs segments. Quant à la surface fermée, figure ou polygone, elle est considérée, soit comme une forme

linéaire particulière —une suite de segments plus ou moins longs selon la précision désirée—, soit comme une série de points.

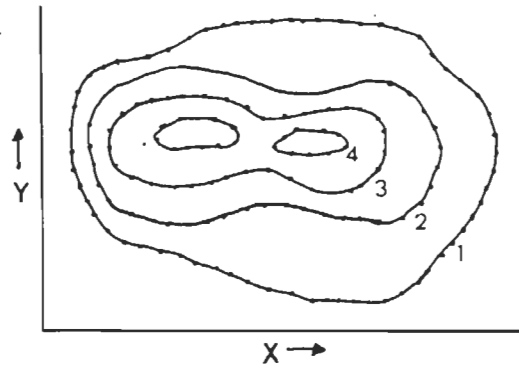
Le mode vectoriel est la structure de données qui convient à ces deux derniers types d'enregistrement; chaque ligne de contour, rivière, route, frontière de cellule correspond à un enregistrement logique (figure 2.2.1). Par ailleurs, les données provenant des équipements de balayage des satellites orbitaux (Landsat), d'autres appareils de télédétection ou des tambours rotatifs sont formatées suivant le mode "raster", où la surface est balayée par une succession de lignes, un peu comme l'image de la télévision. Ce mode convient aussi aux imprimantes conventionnelles et aux traceurs électrostatiques. La troisième approche, fréquemment employée pour digitaliser les données spatiales, utilise des quadrillages ou grilles; c'est celle que nous avons choisie. Ce type d'organisation peut être considéré comme un cas particulier du mode "raster" puisque les données peuvent encore être introduites et traitées ligne par ligne. Il s'en distingue parce qu'il retient les valeurs des données pour chacune des cellules de la grille, appelées pixels, même lorsque ces valeurs sont nulles! Un tel agencement a de plus la caractéristique d'être plus proche de la structure digitale de l'ordinateur. Effectivement, plusieurs systèmes d'information géographique retournent au quadrillage pour effectuer leurs opérations d'ajustement et de superpositions; ils traduisent alors l'information polygonale en maille très fine.

Le Système d'Information GÉographique du Canada (SIGEC) (Canada, 1974, 1977a) se classe parmi les meilleurs de ces systèmes. Il possède des capacités supérieures de superposition polygonale, c'est-à-dire qu'il peut assembler efficacement les zones, appelées polygones, de différentes cartes thématiques. Ce système dispose d'un potentiel de soutien intéressant pour les études environnementales (voir aussi Griffith, 1980), puisqu'il a établi des bases communes pour le traitement de données concernant:

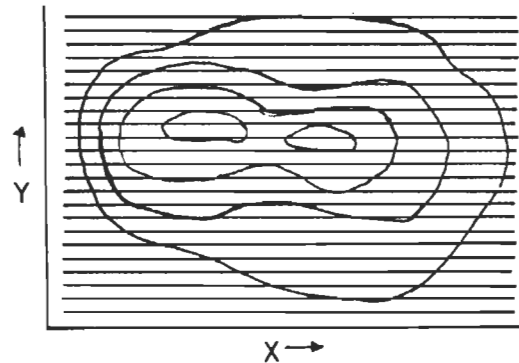
- 1) le potentiel des terres pour l'agriculture;
- 2) le potentiel des terres pour la forêt;



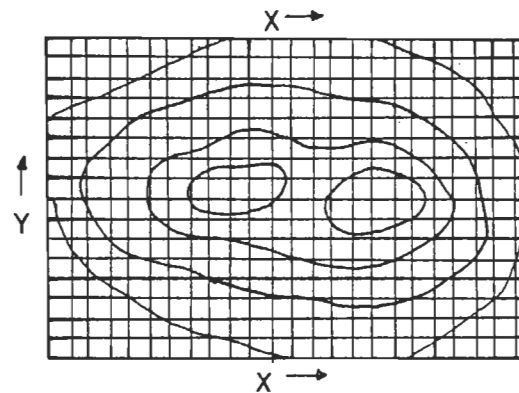
Contour original



Mode vectoriel
(enregistrement logique =
1 ligne de contour)



Mode "raster"
(enregistrement logique =
1 ligne horizontale)



Mode quadrillage
(enregistrement logique = 1 pixel)

Figure 2.2.1 Modes d'enregistrement des données spatiales

D'après Calkins *et al.*, 1978, p. 98

- 3) le potentiel des terres pour la récréation;
- 4) le potentiel des terres pour la faune (sauvagine et ongulés);
- 5) les contours des plans d'eau;
- 6) l'utilisation du territoire.

Il accepte des cartes zonales dont les échelles varient de 1:370 à 1:1 000 000, de même que des données ponctuelles ou linéaires; il peut aussi définir et superposer une grille aux données des polygones, et indiquer la composition en pourcentage de chaque carré.

Les contraintes d'accessibilité engendrées par l'énormité d'un tel système en restreignent cependant l'utilisation pratique. L'entrée des cartes de la classification écologique du SEER, qui nous servent de base, n'était pas suffisamment avancée au moment de cette étude pour que les possibilités offertes par le SIGEC soient avantageuses. De plus, comme nous rassemblons des données de sources diverses (municipalité de la Baie James; ministère de l'Energie et des Ressources, Québec), il nous a été nécessaire de monter une banque spécifique.

Outre la nature des données, l'envergure régionale et le caractère "réseau" de ce projet sont les autres éléments qui conditionnent la codification de l'information. Nous devons alors considérer la superficie, l'échelle, la résolution, le mode d'enregistrement des données, la taille de la banque et la capacité de traitement de l'ordinateur comme des questions interdépendantes.

Nous avons d'abord voulu retenir la région écologique de Matagami en entier (figure 2.2.2). Elle couvre plus de 30 000 km², et sa partie septentrionale n'offre pas de perspectives de développements routiers. Nous avons réduit la surface étudiée à une dizaine de mille km² que nous englobons facilement à l'échelle régionale 1:250 000. Ceci nous permet d'atteindre une résolution de 1 km² en maintenant la quantité d'informations dans les limites courantes (moins de 3 millions de caractères). Ces compressions ont aussi été amenées par des limitations pratiques, quant à

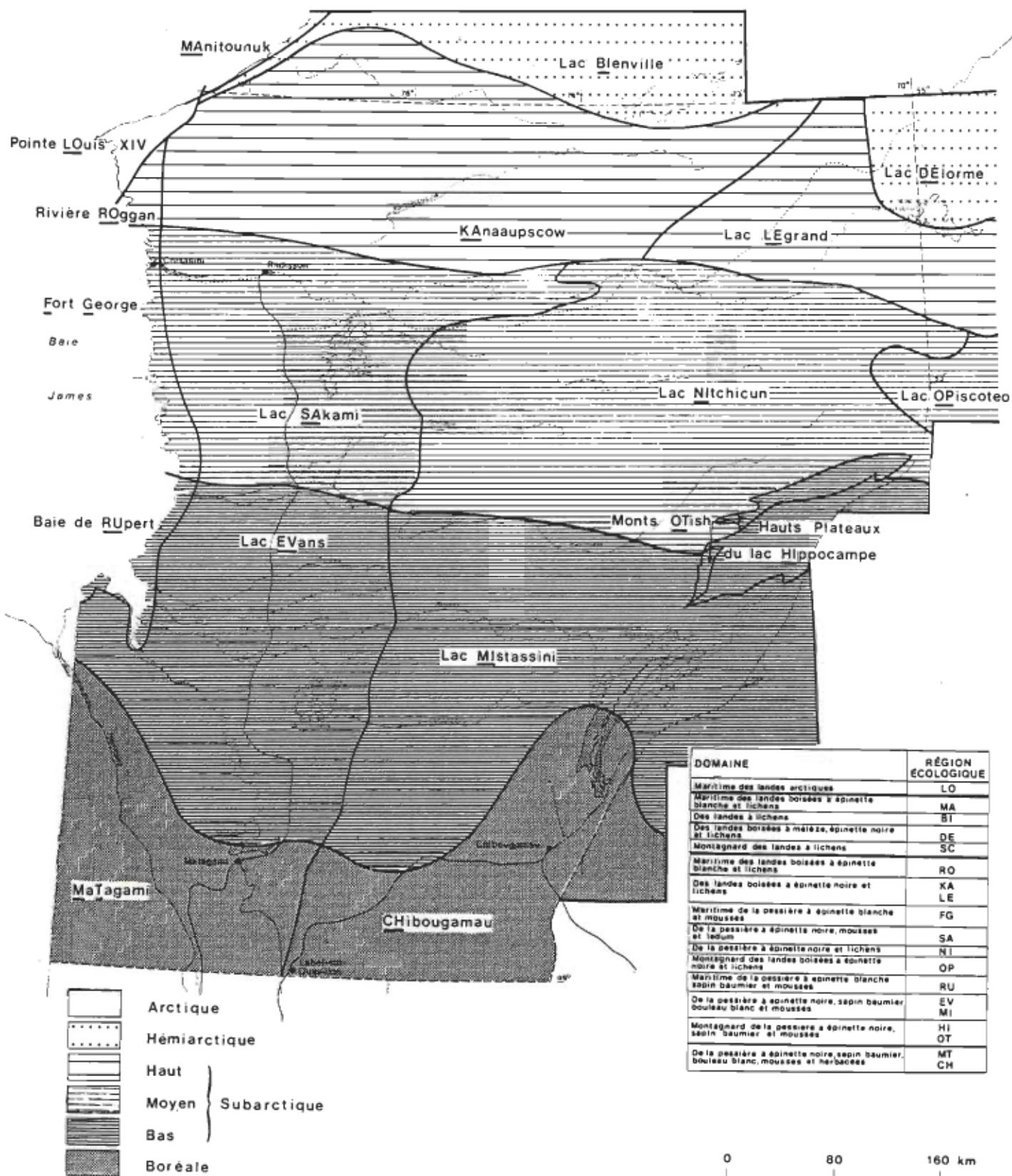


Figure 2.2.2 RÉGIONS ÉCOLOGIQUES DU TERRITOIRE DE LA BAIE JAMES

l'assistance technique, au support informatique et au temps affecté à l'étude.

Le choix du km^2 (100 ha, 247.1 acres) comme unité de base de la grille nous est apparu raisonnable pour rendre les détails des cartes écologiques produites au 1:125 000; il semble être assez courant dans les études régionales (Krauskopf and Bunde, 1972; Steinitz, 1975). Comme c'est également l'unité de base du système de repérage géographique UTM, il donne la possibilité d'intégrer les données de cartes au 1:50 000 (topographie, géologie des dépôts meubles). Il ne s'agit cependant pas là d'une règle générale; dans une étude semblable, Dangermond (1979) a traité environ un million de cellules de 7 acres couvrant une région de 12 000 milles carrés. En fait, le choix d'une unité de base s'apparente à celui du nombre de chiffres significatifs à retenir dans une expérience: il doit être envisagé de façon flexible. Notons que nous n'avons pas utilisé le système de repérage UTM comme tel, à cause des recouvrements des cartes qui dépassent l'échelle de 1:125 000.

Pour traiter notre problème particulier, l'approche par quadrillage présente plusieurs avantages non seulement au niveau de la codification, mais surtout en rapport avec les opérations d'analyse. Ce découpage se soumet directement aux algorithmes utilisés pour la recherche des corridors. En effet, leur représentation devient un simple alignement de carrés de 1 km^2 ; elle ne demande pas de conversion tout en satisfaisant aux exigences de largeur des corridors (ordinairement 3-5 km, Manheim, 1966). Ce repérage procure une précision qu'il aurait été impossible d'atteindre uniquement à l'aide des systèmes écologiques qui sont informatisés suivant le mode polygonal-vectériel, et il facilite les combinaisons qui constituent une clé de voûte de notre modèle. Il est important que ces combinaisons se fassent sans recourir à des algorithmes complexes, qu'impose par exemple la superposition polygonale, car ceux-ci auraient pu alourdir notre outil jusqu'à le rendre inefficace. La codification est indexée au numéro de pixel pour un recouvrement immédiat, mais l'emploi du système écologique comme première clé évite une trop grande duplication des données

descriptives. Ainsi, notre banque de données, construite à l'aide du système SIR (Scientific Information Retrieval, Robinson et al., 1979) a comme identificateur de cas un numéro de système écologique auquel est attachée une structure qui contient à la fois sa description spatiale et ses caractéristiques non écologiques. Cette dernière structure a comme clé le numéro du pixel auquel sont attribuées les caractéristiques qui n'appartiennent pas nécessairement au système entier, comme par exemple le passage d'une route.

2.3 Processus de recherche des corridors

Notre espace géographique est maintenant découpé en unités de 1 km de côté, appelées pixels, auxquelles sont attachées diverses caractéristiques environnementales. Par ailleurs, nous empruntons certaines entités mathématiques à la théorie des graphes (voir annexe B) qui nous permettent de représenter abstraitement le réseau routier en associant les villes ou les mines aux noeuds, les routes aux liens. L'intérêt d'une telle abstraction est qu'elle s'accompagne d'algorithmes pour résoudre plusieurs problèmes. Le premier auquel nous sommes confrontés est celui d'établir une liaison, par exemple de relier une ville à une mine par une route que nous voudrions la "meilleure" possible.

L'objectif le plus évident dans l'établissement des liaisons est celui de la minimisation de la longueur des liens; il sera inclus de façon implicite dans le modèle décisionnel: le processus de recherche des chemins les plus courts sera à la base de la détermination des liens. Les autres objectifs, qui se traduisent par des contraintes environnementales, se reflètent au niveau du pixel par des valeurs d'attraction (valeur faible) ou de répulsion (valeur élevée). Aussi, le lien préféré entre X et Y sera celui qui minimise la somme de ces valeurs, que nous dénomerons distance pondérée. Nous décrivons ici la transposition de la grille environnementale à sa représentation abstraite, le graphe et le processus que nous appliquons pour préciser les corridors.

La grille d'analyse des données combinées traduit les préférences environnementales par des quantités qualitatives. Dans l'exemple de la figure 2.3.1a-b, nous voulons relier le pixel A (#19) au pixel B (#93). Ayant accepté le principe du quadrillage, nous nous déplacerons soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal en traversant les pixels de moindre résistance pour en arriver au chemin décrit. Nous voudrions, dans la transposition de la grille au graphe, respecter ces choix de pixels.

Chacun des pixels du centre est adjacent à huit autres pixels (par exemple, le pixel #19, à la figure 2.3.1c). En projetant la masse de

(a)

0000000001
1234567890

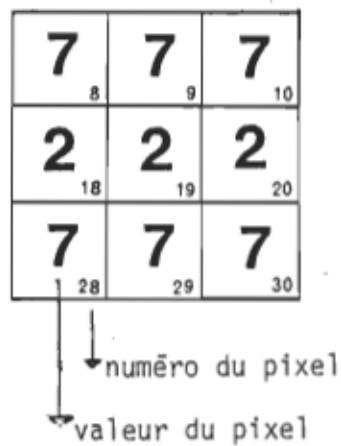
01	4	4	4	4	2	2	7	7	7
02	7	2	2	2	9	2	2	2	2
03	7	7	7	7	7	7	7	7	7
04	7	7	7	4	4	7	7	7	2
05	9	9	7	3	3	3	7	2	2
06	2	2	2	3	8	8	8	8	1
07	1	1	3	3	8	9	9	9	1
08	1	1	3	4	8	8	9	9	1
09	1	1	3	5	8	8	8	8	9
10	9	1	3	5	5	8	8	8	9

(b)

0000000001
1234567890

01		*	*	*
02		*	*	*
03		*		
04		*		
05		*		
06	*	*	*	
07	*			
08	*			
09	*			
10	*	E		

(c)



(d)

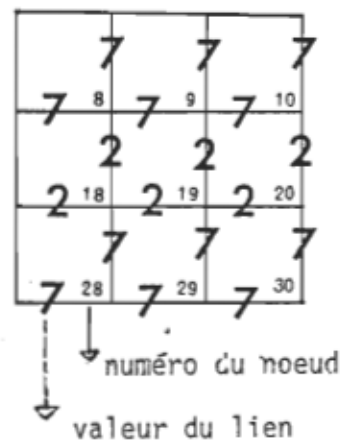


Figure 2.3.1 Transposition de la grille au graphe

chaque pixel en son coin inférieur droit, et ses qualités (sa valeur) sur les liens au-dessus et à la gauche de ce noeud (fig. 2.3.1d) nous le jumelons à un noeud et deux liens du graphe, lui donnant ainsi accès par ce noeud à deux autres noeuds et par chacun des deux liens à trois noeuds pour un total de 8, sauf là où les extrémités produisent des effets de bordure. La valeur du J ième pixel est généralement assignée dans le sens horizontal au lien qui unit le J ième noeud correspondant au $J+1$ ième noeud et dans le sens vertical au $J-N$ ième noeud. Les liens ne sont pas orientés, ils peuvent être traversés de droite à gauche, de gauche à droite, de haut en bas et de bas en haut. En comparaison avec la méthode qui consisterait à prendre le centroïde du pixel comme noeud et à le relier aux huit centroïdes adjacents par des liens dont la valeur serait la moyenne de celle des deux noeuds (Hausmanis, 1971; Newkirk, 1976), notre transposition évite le débat concernant l'additivité des valeurs environnementales et réduit les calculs. Elle nous assure, au pixel près, des mêmes choix pour l'alignement des chemins que le ferait un processus appliqué aux pixels. La longueur des plus courts chemins du graphe pourra être différente de celle de la grille, lorsque pour traverser un pixel en diagonale il faut compter deux fois sa valeur, une fois pour chacune des directions.

Pour décrire le processus de recherche des chemins de longueur extrême, il faut d'abord distinguer dans le développement algorithmique de la théorie des graphes:

- les processus, c'est-à-dire les méthodes de base;
- les algorithmes, c'est-à-dire les suites précises d'opérations à effectuer pour obtenir le résultat désiré;
- la technologie d'implantation, c'est-à-dire les programmes d'ordinateur qui mettent en oeuvre ces algorithmes.

L'opération de base du processus provient de la définition récursive de la longueur du chemin le plus court (voir Annexe B):

$$d^*_{aj} = \min_i (d^*_{ai} + d_{ij})$$

$$(ij \in L)$$

$$d^*_{aa} = 0$$

où:

- d^*_{aj} est la longueur du plus court chemin de a à j ;
- d_{ij} est la longueur du chemin de i à j au moment où il est calculé;
- $ij \in L$ indique que les liens ij appartiennent à l'ensemble L de tous les liens du graphe.

Les algorithmes qui appliquent ce processus sont fort nombreux (pour plus de détails, voir Roy, 1970, Steenbrink, 1974); en effet, nombre de modèles de transport ou de communication ont une composante qui fait appel à l'analyse du chemin le plus court (ou le plus long). La formulation du problème peut prendre elle-même plusieurs formes, entre autres:

- trouver le plus court chemin d'un noeud à un autre noeud;
- trouver les chemins les plus courts d'un noeud à tous les autres noeuds;
- trouver les chemins les plus courts entre tous les noeuds.

Nous utiliserons un algorithme qui trouve les chemins les plus courts d'un noeud à tous les autres noeuds, même si nous ne retenons que certains chemins parmi ceux-ci. Le graphe de tous les plus courts chemins d'un noeud à tous les autres noeuds sera toujours un arbre.

Les algorithmes se distinguent ensuite entre eux suivant l'ordre et la manière selon lesquels se fait le choix des noeuds et par la façon dont les informations sont retenues en mémoire. Sur ce dernier point, les algorithmes se divisent en deux classes:

- les algorithmes constructeurs d'arbre dont les plus importants sont les algorithmes par ajustements progressifs et les algorithmes par extension sélective;

- les algorithmes par calcul matriciel.

Ces derniers requièrent plus de mémoire, $2n_N^2$ espaces-mémoire contre approximativement $12n_N$ pour les algorithmes par construction d'arbre assumant que $n_L = 4n_N$ (où n_N est le nombre de noeuds, n_L le nombre de liens). Ils semblent aussi moins efficaces en temps-machine pour les graphes quadrillés. En fait, l'algorithme et l'implantation dont nous nous sommes servis proviennent de l'analyse de Dial et al. (1977). Ces auteurs démontrent qu'un algorithme par ajustements progressifs est plus efficace pour les graphes à structure de grille (se référer à l'analyse pour les détails de l'implantation: les seules modifications apportées ont pour but de réduire l'espace-mémoire requis. A cause de la structure de grille, nous pouvons trouver les noeuds adjacents à un noeud par calcul et réduire à $4n_N$ le nombre d'espaces-mémoire, ce qui permet de traiter facilement près de 10 000 noeuds et 40 000 liens!).

La méthode générale par ajustements progressifs, qui découle des travaux de Ford/Moore/Bellman, suit l'organigramme de la figure 2.3.2. Elle initialise les distances de tous les noeuds à l'origine d_{aj} , à l'infini, et au début les noeuds n'ont pas de prédécesseurs. Le prédécesseur p_j d'un noeud j sera celui qui le précède sur le plus court chemin à l'origine: c'est ainsi qu'en donnant à chacun des noeuds un prédécesseur, le plus court chemin pourra être retrouvé. Cette méthode commence alors à construire un arbre à partir de l'origine en effectuant l'opération de base, c'est-à-dire l'origine étant qualifiée d'active, elle cherche parmi les noeuds qui lui sont adjacents, celui qui est le plus près. Puis à chaque tour, la distance qui relie chaque noeud au noeud actif est comparée à la distance originale infinie ou à celle qui lui a été substituée, afin de la remplacer par une distance plus courte. Alors le noeud actif entre comme prédécesseur dans le chemin, le nouveau noeud devient actif et le processus continue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de noeud actif.

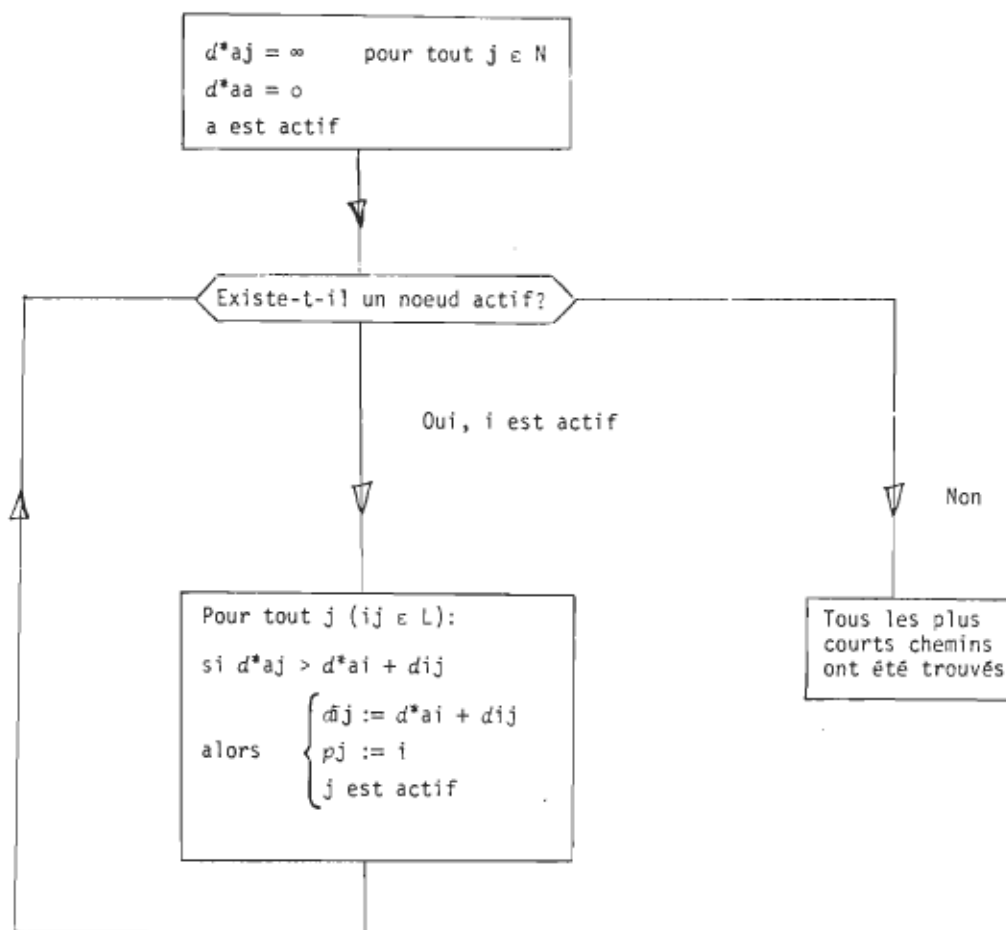


Figure 2.3.2 Algorithme de recherche des chemins les plus courts.

Cet algorithme nous donnant les plus courts chemins de tous les noeuds à l'origine, nous choisissons ceux qui rejoignent les points qui nous intéressent. La figure 2.3.3 illustre le type d'arbre obtenu. Cet arbre minimal d'origine D et de destinations A, B, C, E, F a été calculé à partir d'une grille 50 x 80, générée en essais aléatoires. Le programme fournit également les matrices des distances entre les destinations; les distances pondérées tiennent compte des valeurs des pixels alors les distances linéaires indiquent le kilométrage des chemins les plus courts. Des indices (voir 2.4) aident à comparer les graphes. Le calcul de cet arbre a pris 1.494 seconde sur un ordinateur CDC, Cyber 171.

2.4 Problématique du réseau optimal

Nous avons développé un outil capable de relier une origine à une ou plusieurs destinations par un ensemble de chemins les plus courts, au sens d'une longueur pondérée par des valeurs environnementales. Ce type de réseau arborescent semble se proposer comme le prolongement naturel du chemin le plus court entre deux points, auquel viennent se greffer des branches qui rejoignent d'autres points. Cependant, s'agit-il du "meilleur" réseau possible, du réseau "optimal"?

À ce sujet, les différentes définitions de réseaux de distance minimale proposées par Bunge (1966) sont éloquentes:

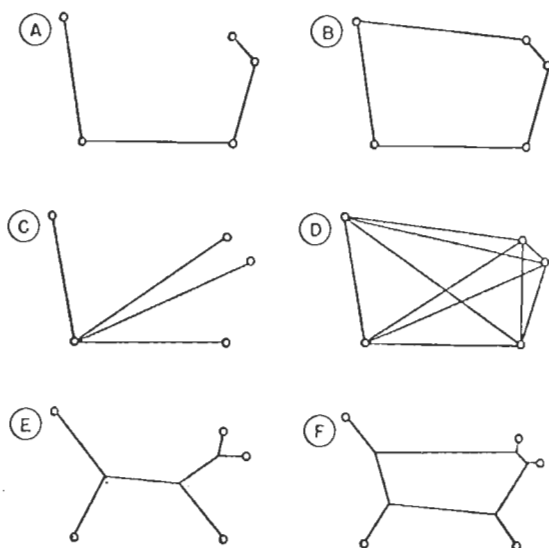


Figure 2.4.1 Différentes définitions de réseau de distance minimale d'après Bunge, 1966, p. 183-9, dans Hagget and Chorley, 1969, p. 115.

Le premier réseau montre un réseau de distance minimale qui part d'un point particulier et va vers tous les autres en faisant le parcours le plus court; il est qualifié de "réseau Paul Revere". La figure B illustre un

problème semblable, celui du circuit le plus court passant par cinq points. C'est le "problème du commis-voyageur". Les deux définitions suivantes, celles des figures C et D, forment des réseaux plus complets: le premier relie hiérarchiquement un point à tous les autres, le deuxième relie chaque point à tous les autres réalisant un réseau complet. Cette dernière solution semblerait répondre entièrement à notre problème de réseau puisqu'elle comprend tous les liens des trois solutions précédentes. Mais l'ensemble minimal des liens joignant les cinq points ne contient aucun élément des diagrammes précédents. La solution de l'ensemble le plus court est présentée par la figure E; les intersections ne comptent aucun des points originaux. Les solutions A à D peuvent être regardées comme des solutions à noeuds fixes ne comprenant que les noeuds originaux et les solutions E et F comme des solutions à noeuds flottants demandant la création de nouveaux sommets. En fait, la solution F est la solution topologique générale devant relier cinq points. L'examen de ce diagramme montre que les deux précédents ne sont que des cas particuliers de la solution générale.

Ceci se visualise plus facilement à l'aide d'un réseau reliant trois points:

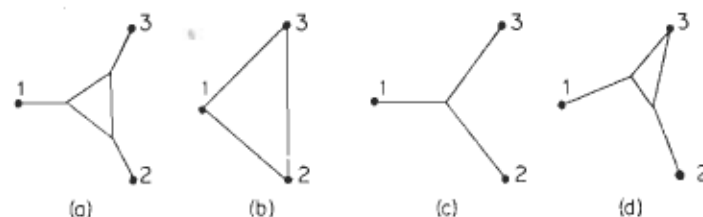


Figure 2.4.2 Structure optimale de réseaux reliant trois points
d'après Steenbrink, 1974, p.144.

La solution purement géométrique est représentée par la figure C alors que la solution générale A tient compte des flots. Si les coûts de construction sont nuls, les coûts sont minimisés lorsque les coûts de déplacement sont les plus bas possibles et le triangle aussi grand que

possible (B); au contraire, si les coûts de déplacement sont nuls, alors les coûts de construction sont minimisés lorsque le triangle se réduit à un point (C). La figure D démontre l'effet de l'attraction plus forte du point 3. Mais même lorsque les flots f_{12} , f_{21} , f_{13} , f_{31} , f_{23} et f_{32} sont connus, la solution analytique au problème de la structure optimale reliant les points 1, 2 et 3 n'est pas immédiate. Cependant, ce problème peut être résolu itérativement en résolvant un système de trois problèmes à deux flots (lorsque ceux-ci sont symétriques). De cette façon, il est toujours possible de réduire des situations complexes impliquant plusieurs relations à une forme plus simple. Nous devons alors nous assurer de tenir compte de toutes les structures topologiques possibles.

Les flots impliqués dans le système régional ne nous sont pas connus avec suffisamment de précision pour pouvoir les exploiter analytiquement, mais le choix des liaisons à assurer prioritairement pourra impliquer des notions intuitives du trafic pressenti. C'est face à de telles connaissances partielles que la simulation, rendue possible grâce à l'ordinateur, prend tout son intérêt.

Un réseau complet étant prohibitif, il devient nécessaire de privilégier certaines liaisons. L'arbre minimum que nous construisons répond bien à l'exigence de connexions minimales mais favorise une origine. Il produit une structure de type D (figure 2.4.3), contrôlée par l'attraction illustrée en C.

Ce type de demande correspond plus à la situation observée dans les régions en développement que celle illustrée en E, par exemple. Lorsqu'il existe plus d'un pôle d'attraction, la présence de ces pôles pourra être traitée par aggrégation de problèmes à une origine.

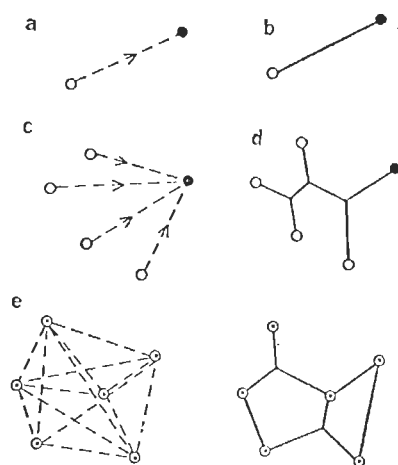


Figure 2.4.3 Réseaux de demande et d'offre correspondants
d'après Hagget and Chorley, 1969, p. 111.

En effet, une définition de réseau optimal comme étant celui qui minimise la somme des plus courts chemins entre toutes les paires de noeuds (Dionne and Florian, 1979) semble trop stricte pour répondre à notre problème, même si l'importance relative des liaisons peut être prise en compte au moyen de pondérations. Ces pondérations devraient provenir de flots que nous ne pouvons quantifier. À cause de cette difficulté et aussi de la création de points d'intersection variables, il ne nous a pas été possible d'utiliser l'algorithme de Dionne et Florian (1979) pour le design d'un réseau optimal. Le principe de la décomposition des situations complexes reste celui qui nous donnera la plus grande souplesse dans la description des situations réelles.

Cependant, la nécessité de qualifier les réseaux, afin de faciliter leur comparaison, nous a conduit à produire des indicateurs de la structure du graphe:

Indice d'accessibilité:

$$A_j = \sum_i d_{ij}$$

Indice de dispersion:

$$D = \sum_{\substack{i,j \\ i \leq j}} d_{ij}$$

(Cette dernière fonction s'apparente à la fonction objectif que Dionne et Florian cherchent à minimiser.)

Nous appliquerons donc le principe de décomposition à l'aide d'hypothèses de problématique origines-destinations, générant des arborescences minimales que nous pourrons comparer à l'aide de ces indices.

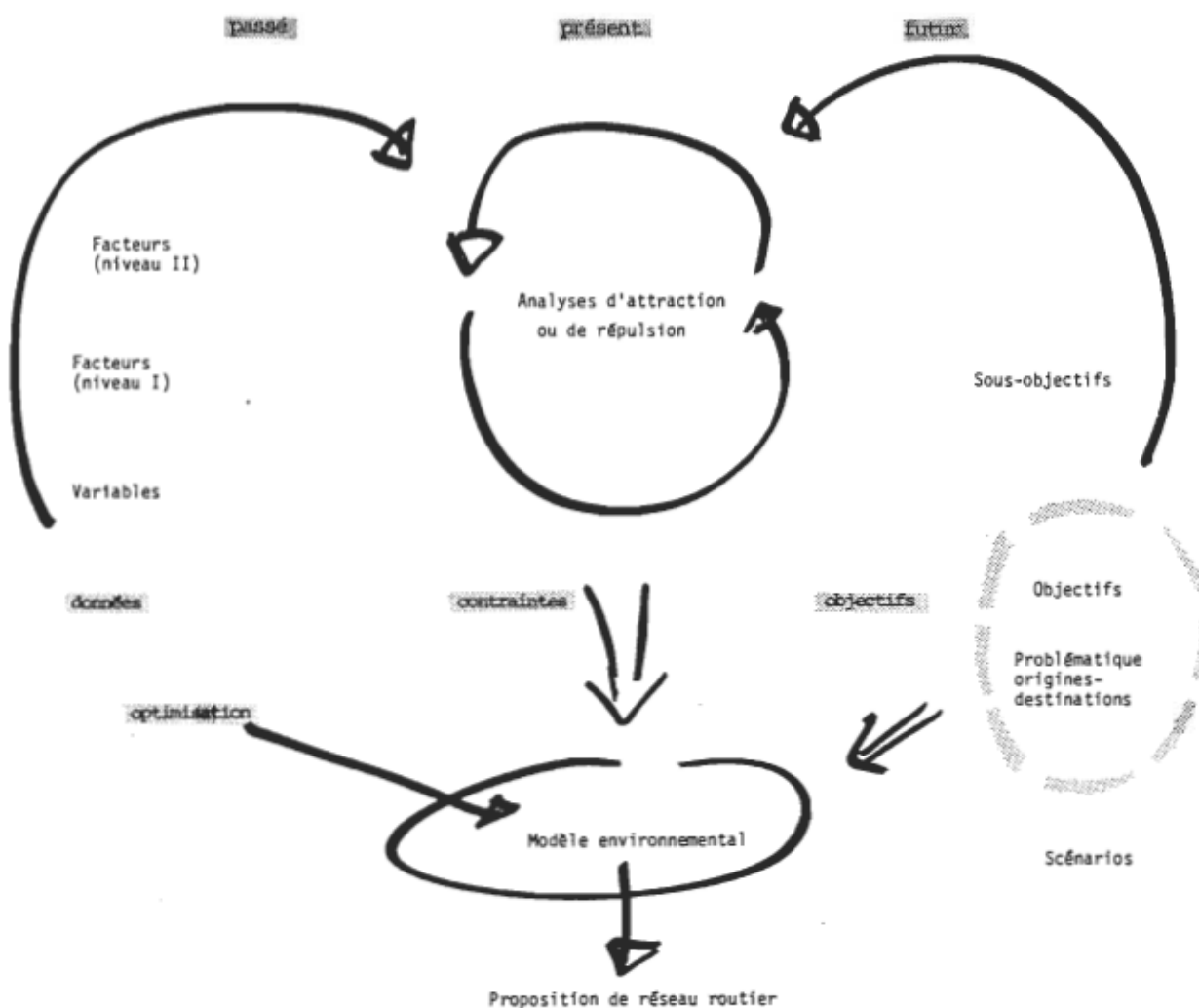
3- ORGANISATION DE L'INFORMATION

3.1 Identification des composantes déterminant la localisation des corridors routiers

Nous avons d'abord délimité le cadre conceptuel d'un modèle décisionnel de localisation de corridors routiers; nous nous sommes ensuite dotés d'un outil informatique capable de rechercher ces corridors à partir d'une classification du territoire. Nous atteignons maintenant l'étape de la paramétrisation du modèle où nous devons reconnaître les critères qui déterminent le réseau routier et les données qui nous permettent de les estimer, et ainsi de produire les classifications qui présideront aux générations de chemins. Nous faisons appel pour cela à un schéma abstrait relativement complexe qui permet de comprendre un grand nombre d'éléments et de les organiser selon une structure cohérente pour en arriver à une simplification qui ne retienne que le "significatif".

Ainsi, l'organisation (figure 3.1.1) des composantes déterminant les corridors tiendra plus d'un processus dynamique-rétroactif que du cheminement ordinairement linéaire d'un plan de gestion de projet. Le processus d'acquisition et de regroupement des données, par exemple, doit s'effectuer interactivement avec celui de la détermination des objectifs. Selon ce principe d'interaction, le processus devrait faire intervenir des participants de tous les secteurs en jeu; dans le présent exercice, des documents pertinents ont parfois suppléé aux personnes ressources. L'illustration de ce processus en est forcément une immobilisation à un instant t , alors qu'il poursuit une spirale générant à chaque tour une nouvelle solution.

Notons que cette démarche retient tous les éléments paradigmatiques de la recherche opérationnelle: données, contraintes, objectifs et optimisation. Mais elle s'éloigne de son cheminement traditionnel au moment où les objectifs servent aussi à construire les modèles environnementaux, qui résultent de la combinaison des analyses d'attraction ou de répulsion et



Niveau	Nom	Définition	Exemple
données	Variables	Données brutes des cartes d'inventaire	Abondance des ruisseaux
	Facteurs (niveau I)	Combinaisons de données brutes Potentiels	Potentiel pour le castor
	Facteurs (niveau II)	Combinaisons de potentiels ou de facteurs de niveau I	Potentiel faunique
objectifs	Sous-objectifs	Décompositions des objectifs, objectifs-substituts	Minimiser la dégradation des habitats terrestres
	Objectifs	Préoccupations d'aménagement	Protection écologique
	Scénarios	Ensemble d'objectifs joint à une problématique origines-destinations	Relier la mine Selco à la ville Joutel en maximisant la protection écologique

Figure 3.1.1 Processus d'organisation de l'information

qui seront appréciées subjectivement. L'optimisation porte ici sur le choix des liens qui forment les corridors du réseau routier répondant à un objectif implicite de minimisation de longueur. Généralement, elle travaille plutôt sur une fonction-objectif pour déterminer le point optimal d'un modèle mathématique; or, le design des actions à portée environnementale doit joindre plusieurs objectifs.

Tableau 3.1.1 Types de décision
d'après H.A. Simon
dans Crener et Monteil, 1975, p. 142

TYPES DE DÉCISION	Techniques de décision	
	Classiques	Modernes
Programmables : décisions de routines répétitives pour lesquelles existent des procédures particulières	<p>1</p> <ul style="list-style-type: none"> — L'habitude — Les procédures standards — Systèmes précis de sous-objectifs — Canaux d'information formalisés 	<p>2</p> <ul style="list-style-type: none"> — Techniques de recherche opérationnelle et de calcul économique (statistiques et mathématiques) — Soutien de l'ordinateur
Non programmables : décisions imprévisibles et peu structurées pour lesquelles n'existent pas de procédures spécifiques	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> — intuition — imagination — jugement — créativité 	<p>4</p> <ul style="list-style-type: none"> — Techniques heuristiques naturelles ou par aide d'ordinateur

Certaines analyses traitent cette difficulté de réduire une problématique environnementale à un objectif en se servant d'une fonction-objectif multicritère (McGregor-Smith and Liebman, 1978) ou encore de la programmation à objectifs multiples ("Goal Programming", Schuler and Meadows, 1975). D'autres auteurs (Holling, 1978) examinent un ensemble stratégique d'objectifs de rechange à l'aide de différentes techniques d'optimisation et de

simulation. Nos données étant trop imprécises et hétérogènes pour que des méthodes exactes soient appliquées avec profit, nous nous tournerons vers des méthodes heuristiques. Nous situons ainsi notre modélisation dans l'univers des systèmes mous ("soft systems", Bennett and Chorley, 1978) auxquels appartiennent les modèles décisionnels qui se différencient ensuite selon que les décisions sont programmables ou non (tableau 3.1.1). Ayant à prendre des décisions concernant des problèmes nouveaux et non structurés, nous devons faire appel à la méthode cybernétique. En fait, le défi posé est celui d'appliquer une démarche quand même rigoureuse et scientifique à des données de nature quantitative-qualitative.

Aussi, une préoccupation qui doit nous animer dans ce processus de clarification consiste à conserver aux composantes une certaine indépendance, au sens mathématique. C'est-à-dire que les objectifs et les sous-objectifs doivent être séparables pour éviter des recoupements non identifiables lors de leur assemblage. Dans la même veine, les variables simples ou les facteurs de premier niveau sont toujours préférés aux adjonctions élaborées. Cette aspiration pourra être difficile à satisfaire car, si les études qui localisent les corridors routiers sont sectorielles, chacun des secteurs réalise souvent une synthèse qui tient compte de données d'autres sources.

Dans un premier temps, nous avons dressé la liste des données disponibles (tableau 3.1.2), ce qui ne signifie pas qu'elle soit exhaustive ou complète; les données suivantes pourraient être considérées comme manquantes:

- utilisation du territoire;
- régime territorial;
- zones de trappage;
- sites exceptionnels;
- sites archéologiques ou historiques;
- zones agricoles.

Mais si elles le sont, c'est qu'elles n'existent pas (exemple: zones agricoles) ou ne nous sont pas connues (exemple: sites archéologiques). Il est remarquable de constater que ces données manquantes concernent l'écologie humaine!

Parallèlement, nous avons formalisé les objectifs (tableau 3.1.3) qui semblent répondre à des scénarios envisageables. Ils correspondent aux secteurs identifiés dans la problématique du schéma d'aménagement (SDBJ, 1978) hormis le secteur hydroélectrique qui est développé au nord de la région d'étude; ils s'apparentent aux questions ("Policy issues") qui ont été analysées dans l'étude de planification environnementale de la région Grande cache-Grande prairie (Alberta, 1977). Ils tiennent aussi compte de préoccupations énoncées par le Conseil Consultatif de l'Environnement (Québec, 1976). Nous avons volontairement omis de cette liste les objectifs qui se traduisent au niveau de la problématique origines-destinations (exemple: limitation du développement des corridors routiers, desserte des communautés), ou dont les sous-objectifs ne nous sont pas connus (exemple: maintien des activités traditionnelles des autochtones; faut-il ouvrir les territoires de chasse et de pêche ou au contraire les préserver de l'avance de la civilisation occidentale?).

Nous avons ensuite décomposé ces objectifs en sous-objectifs (tableau 3.1.4) afin de nous assurer que les idées abstraites véhiculées par les objectifs aient une résonnance réaliste. Et reprenant un mouvement de va-et-vient, nous avons pris garde de ne négliger aucune préoccupation concrète tout en la rattachant à une tendance consentie. Ce que nous appelons "sous-objectif" est ordinairement énoncé sous le vocable "critère" dans les études québécoises de localisation de corridors (Hydro-Québec, 1978; Roche Associés Ltée, 1976; Somer Inc., 1978).

Lorsque les deux amorces du processus sont confrontées pour être agencées, certains objectifs (harmonisation avec l'utilisation actuelle du territoire) ou sous-objectifs (minimiser les effets de barrière pour les migrations animales) apparaissent inapplicables à cause des données manquantes. Par ailleurs, certaines données ne semblent pas pertinentes

TABLEAU 3.1.2 LISTE DES DONNEES DISPONIBLES

Des cartes du Service des Etudes Ecologiques Régionales

(SEER - Environnement Canada)

(cartes écologiques)

VARIABLES

- relief
- épaisseur des matériaux meubles
- matériaux géologiques de surface
 - . nature et origine
 - . morphologie
- catégorie d'écosystème aquatique
- abondance des ruisseaux
- abondance des terrains humides (wetlands)
- types écologiques
 - . roche-mère pédologique
 - . drainage

Caractéristiques morphométriques des plans d'eau

- lacs
 - . découpage du périmètre
 - . pente de la beine
- rivières
 - . découpage des berges
 - . présence de rapides
- lacs et rivières
 - . pente des rives
 - . système de drainage et profondeur
 - . matériaux géologiques de surface des rives

FACTEURS

- 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
- potentiel pour le lagopède
- potentiel pour l'orignal
- 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

Des cartes du Ministère de l'Energie et des Ressources (MER)

(anciennement du Ministère des Richesses Naturelles (MRN))

(carte des ressources minérales)

- géologie de la roche en place
- minéralisation

(carte de géologie superficielle)

- dépôts de surface

(anciennement du Ministère des Terres et Forêts (MTF))

(carte des classes de volume des essences forestières)

- volumes forestiers

(carte synthèse forestière)

- essences forestières par classes d'âge

Des cartes de la Municipalité de la Baie James (MBJ)

- voies de transport actuelles et projetées

TABLEAU 3.1.3 LISTE DES OBJECTIFS

- . Rationalisation du système de transport
- . Protection écologique -
- . Développement des ressources minières
- . Développement des ressources forestières
- . Développement du tourisme sportif et récréatif
- . Harmonisation avec l'utilisation actuelle du territoire

TABLEAU 3.1.4 DECOMPOSITION DES OBJECTIFS: SOUS-OBJECTIFS

- . Rationalisation du système de transport
 - minimiser les coûts de construction et de transport
 - utiliser les corridors existants

- . Protection écologique
 - minimiser les pertes potentielles des habitats terrestres
 - minimiser les effets de barrières pour les migrations animales

- . Développement des ressources minières
 - favoriser l'accessibilité aux zones à fort potentiel minier

- . Développement des ressources forestières
 - favoriser l'accès aux zones exploitables

- . Développement du tourisme sportif et récréatif
 - favoriser l'accès aux ressources fauniques exploitables
 - favoriser l'accès aux sites exceptionnels et aux paysages attrayants

- . Harmonisation avec l'utilisation actuelle du territoire
 - tenir compte de l'utilisation actuelle du territoire par les autochtones
 - respecter le régime territorial
 - préserver les sites archéologiques
 - éviter les zones agricoles

(exemple: potentiel pour les lichens) et d'autres ne sont pas fiables ou acceptées (exemple: potentiel forestier des cartes écologiques). Ces observations entraînent une révision des composantes déterminant la localisation des corridors; les derniers choix seront rassemblés dans les procédures de regroupement.

3.2 Présentation des données

Afin de procéder à un regroupement adéquat des données, nous devons posséder non seulement la compréhension de leur origine, de leur nature et de leur description mais aussi celle de leur niveau de signification, en rapport avec la plage de variation, les seuils critiques et la répartition spatiale. Il est intéressant à ce point de profiter de ces considérations pour prendre un certain recul face aux notions de subjectivité et d'objectivité, et de s'interroger sur ces limites à la connaissance.

Tout d'abord, le choix des composantes qui déterminent les corridors routiers est ouvertement subjectif; nous essayons de pallier à cet apparent manque de "scientificité" en établissant un consensus sur ce choix. Ensuite, la perception d'une réalité possèdera le biais des disciplines; par exemple, la forêt des écologistes sera très différente de celle des ingénieurs forestiers, ces derniers réduisant les groupements phytosociologiques aux peuplements forestiers: résineux, mélangés et feuillus. Nous conserverons à chacun des domaines sa classification propre et laisserons les oppositions se manifester dans la combinaison des objectifs. Puis, à l'intérieur d'un même domaine, les éléments quantitatifs que nous utilisons ont leur part d'objectivité pour autant que ces mesures soient reproductibles, par exemple "l'épaisseur des matériaux meubles" ou le nombre de cunits à l'acre peuvent être retrouvés par différents observateurs. Mais là où la subjectivité s'installe, c'est au moment de répartir ces mesures en classes et de déterminer les niveaux de signification. Comment les classes "d'épaisseur des matériaux meubles" (élément # 2) "épais et mince" et "mince et épais" sont-elles différentes? Pourquoi la classe des résineux (7 à 15 cunits) de l'unité de gestion "Harricana" se divise-t-elle en deux (7 à 11 et 11 à 15 cunits) dans l'unité de gestion "LaSarre"?

Ces remarques ne visent pas à contester ces classifications, mais elles veulent plutôt souligner l'importance de l'analyse des données et c'est pourquoi nous avons inclus nos données en annexe avec la description

de leur classification, les fréquences des classes et la répartition territoriale. Cette répartition pourrait aussi être vue comme la cartographie des éléments de données à l'échelle 1:559 440. Chaque caractère d'impression indique la classe à laquelle appartient le km² désigné, qui pourrait être repéré sur une carte conventionnelle.

Comme nous l'avons décrit en 2.2, le codage de ces données a été effectué en superposant un quadrillage aux cartes de base, puis en attribuant à chaque pixel, numéroté de 1 à 9 750, la cote qui recouvrait la plus grande partie de sa surface et en respectant autant que possible la continuité des unités spatiales. Cette méthode de codage semblait assurer une précision suffisante pour la plupart des polygones; son application devenait toutefois plus difficile pour les données linéaires (routes, rivières). La cartographie informatique permettait aussi de vérifier aisément les erreurs de codage (à cause de circonstances indépendantes de notre volonté, cette procédure n'a pu être appliquée aux cartes écologiques qui conservent au maximum 1% d'erreurs; ces erreurs sont à peine décelables et ne devraient pas compromettre l'exercice). Certains éléments, dont les potentiels, n'ont pas été codés à l'aide de cartes de base mais plutôt calculés selon des méthodes spécifiques (décrites dans les rapports E.T.B.J.) à partir des premiers éléments.

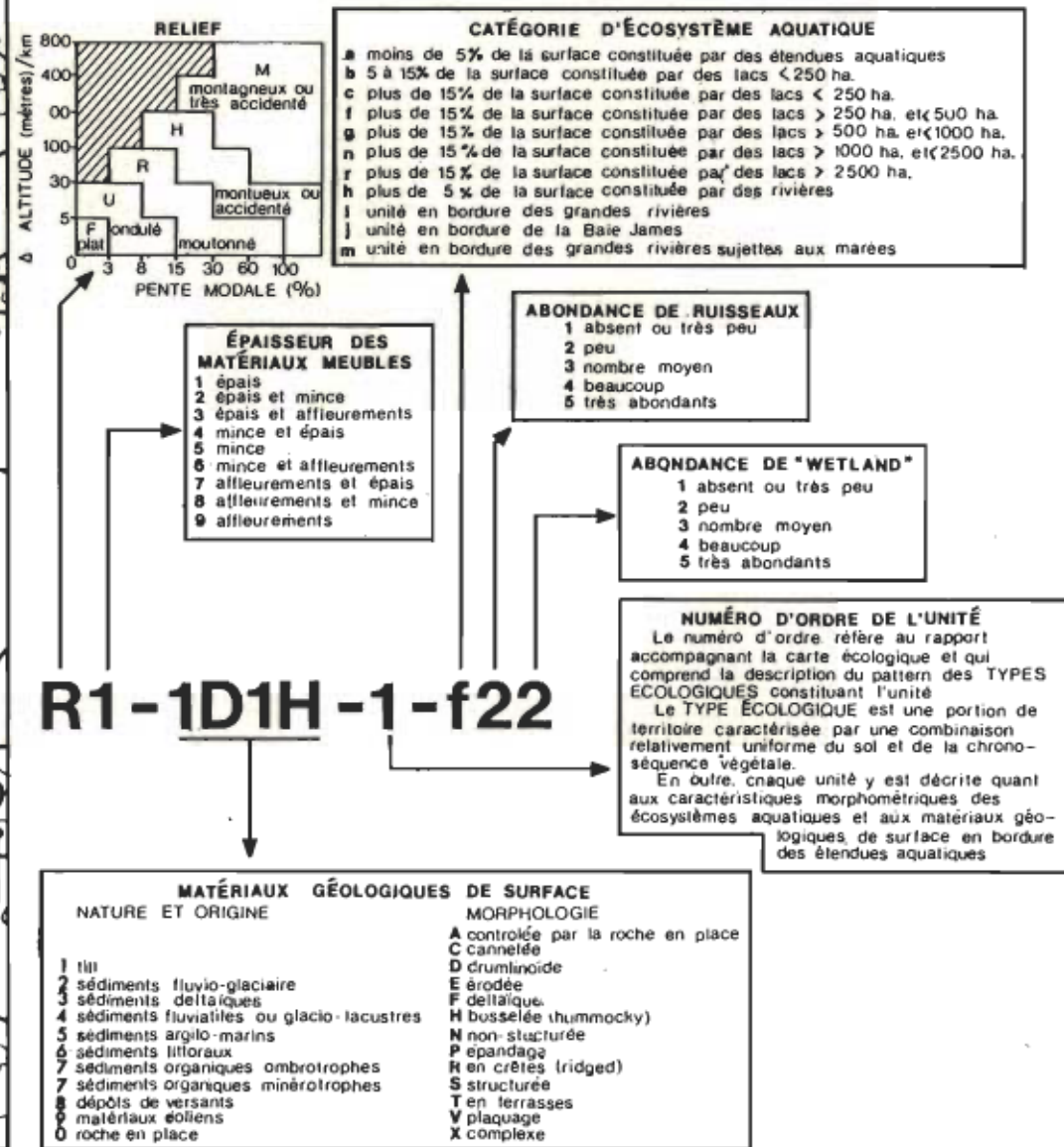
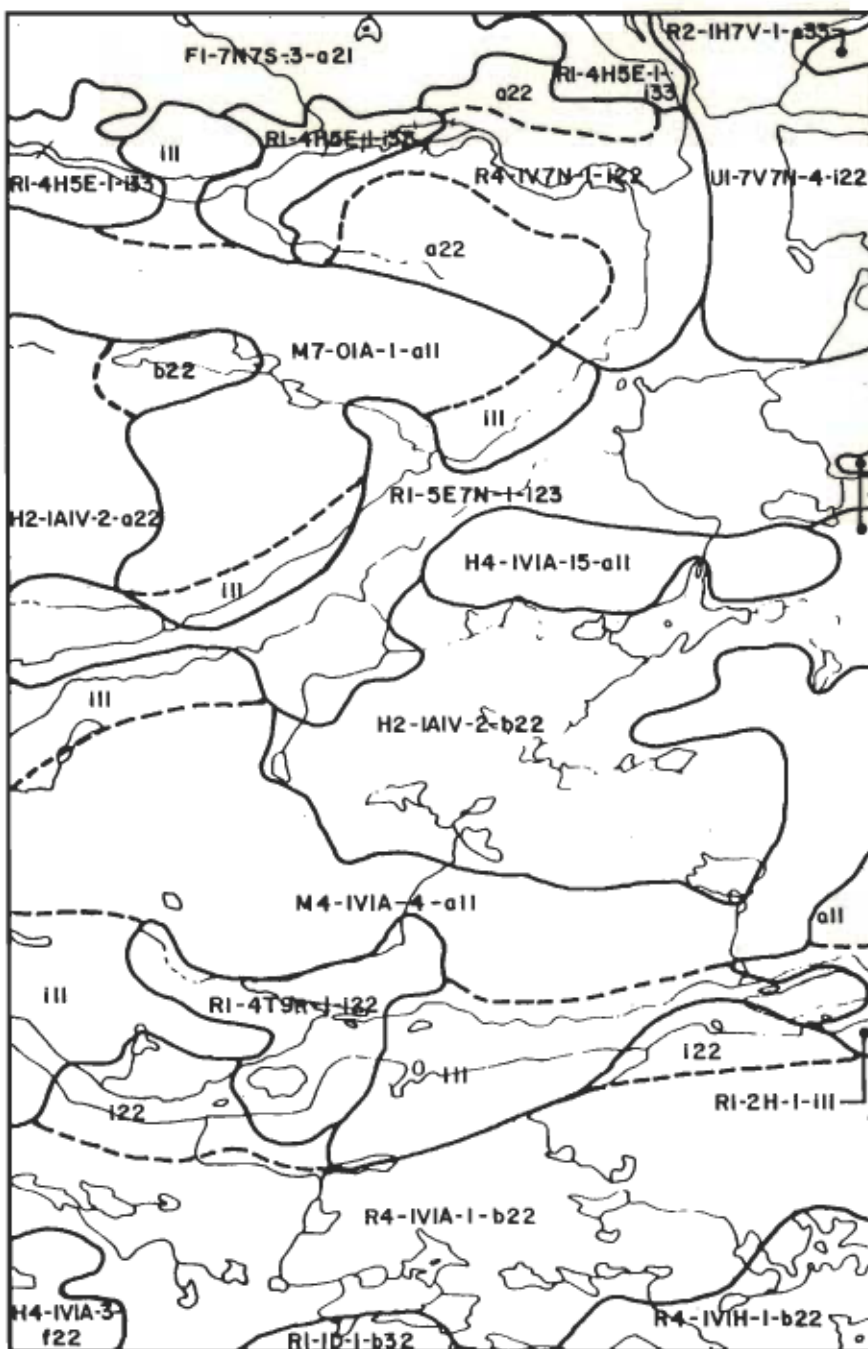
Les éléments de données # 1 à # 26 proviennent des cartes du Service des Études Écologiques Régionales (SEER, Environnement Canada); ces cartes sont aussi connues sous le nom de cartes de "Jurdant". En fait, nous référons le lecteur à Jurdant et al. (1977) et à Ducruc (1980) pour la description complète de la méthode.

Cette classification vise à regrouper en ensembles homogènes, appelés systèmes écologiques (figure 3.2.1), des unités territoriales à l'intérieur desquelles les processus écologiques dominants sont semblables. La cartographie écologique du territoire de la Baie James a donc été abordée de façon globale et synthétique; elle a été traitée à l'échelle 1:125 000. Les cartes que nous présentons servent à illustrer chacune des variables

Figure 3.2.1

CARTE ÉCOLOGIQUE Écosystèmes terrestres et aquatiques échelle 1/125 000

Unité de base SYSTÈME ÉCOLOGIQUE portion de territoire caractérisée par un pattern propre du relief, des matériaux géologiques de surface, des sols, des chronoséquences végétales et des plans d'eau



non pas dans le but de morceler la notion de système écologique mais simplement pour expliciter son contenu. La plus grande critique dont cette classification a fait l'objet concerne en effet la difficulté d'interprétation de cartes où les polygones sont qualifiés par un code alphanumérique peu lisible pour un profane.

Cependant, un examen attentif de ces données (voir annexe D) montre bien la richesse informationnelle des cartes écologiques, compte tenu des possibilités d'assemblage et d'analyse de telles données. Ces cartes serviront à décrire les thèmes de la faisabilité technique, de la protection écologique et du développement touristique. Nous devons cependant compléter notre connaissance du territoire à l'aide de données d'autres sources, afin d'inclure dans les scénarios les objectifs non moins importants des développements forestiers, miniers et de la rationalisation du réseau de transport.

L'élément # 27, volumes forestiers, provient des profils biophysiques (unités de gestion "Harricana" et "LaSarre") dressés par l'ex-ministère des Terres et Forêts (Québec, 1977b-78). Il s'agit de documents de travail produits en vue d'une rationalisation de la gestion des forêts publiques; ils se proposent de connaître l'état actuel de la forêt, les activités qui s'y rattachent, la possibilité de production de la ressource forestière et l'incidence des autres activités reliées à la forêt sur l'offre de la matière ligneuse. Ainsi, ils réalisent entre autres deux types de synthèse, une synthèse forestière qui donne la carte par classes d'âge des essences forestières, et une synthèse parcellaire, qui mène à la carte des volumes forestiers (en cunits de résineux à l'acre productif) par peuplement. La carte de la synthèse forestière fournit une image assez précise de la forêt actuelle, donnant la possibilité de confronter les potentiels écologiques avec la végétation réelle; elle admet par contre un morcellement important dû en particulier aux îlots tourbeux, et rend compte ainsi d'une complexité peu appropriée à un objectif de gestion. C'est pourquoi, pour l'aménagement de la ressource forêt, le territoire a été subdivisé en

petites portions appelées "parcelles" de façon à créer si possible des blocs de forêts qui présentent des caractéristiques semblables au point de vue forestier (homogénéité des peuplements, stade de développement, etc) et de l'affectation du territoire (fonction du même mode d'aménagement, de l'activité retenue dans la parcelle, des tenures, etc). Aussi observons-nous sur cette carte forestière un découpage plutôt grossier et étrangement rectiligne mais dont les effets de déviation sur les corridors pourront être plus conformes à l'objectif de développement des ressources forestières que ceux d'une carte plus détaillée. Les profils biophysiques suggèrent aussi différentes stratégies d'aménagement qui nous aideront à pondérer la classification choisie.

L'élément # 28, géologie de la roche en place, est extrait de la carte des ressources minérales de l'ex-ministère des Richesses naturelles (Québec, 1978), maintenant ministère de l'Énergie et des Ressources. En plus de localiser les groupes géologiques qui couvrent le territoire à l'étude, cette carte fournit des renseignements assez précis sur la minéralisation: indices minéralisés, prospects, gisements avec tonnages évalués, mines en exploitation, mines fermées. Nous n'avons retenu que les groupes géologiques car ces informations semblaient suffisantes pour construire un modèle qui réponde à l'objectif de favoriser l'accessibilité aux zones à fort potentiel minier.

L'élément # 29, voies de transport actuelles et projetées, a été calqué à partir d'une carte provenant de la municipalité de la Baie James (1978). C'est cette carte qui a suscité le plus de problèmes de codage à cause de la difficulté d'ajuster l'alignement des tracés à l'aide d'un seul pixel. Elle soulève aussi la question de la mise à jour des données: les tronçons projetés devraient acquérir le statut de voies existantes après leur construction. Aussi, une banque de données géographiques ne devrait pas être conçue comme statique mais elle devrait plutôt permettre la modification des données et cette mise à jour se devrait d'être permanente.

Les routes actuelles et projetées nous serviront, d'une part, à évaluer nos choix de corridors et d'autre part, à satisfaire l'objectif d'utilisation des corridors existants.

Nous avons voulu, ici, brosser une image du type de données dont nous disposons; nous n'avons pas inclus, pour limiter l'exposé, les détails de l'examen statistique de ces données et de leur répartition spatiale, examen qui s'avère nécessaire pour achever l'étape subséquente du regroupement des données.

3.3 Procédures de regroupement

C'est à cette étape jugée fort critique que se fondent, se regroupent et se simplifient les objectifs et les données qui les évaluent. Si cette étape est ordinairement vue comme arbitraire au niveau du choix des pondérations entre autres, c'est souvent en l'absence de critère-pivot ("Criteria-hub", Budnick et al., 1977) pour évaluer la pertinence de ces choix, ou encore de procédures pour comparer les pondérations: nous essayons de pourvoir à ces carences.

Nous nous sommes donnés comme but-pivot: l'optimisation de la localisation du réseau routier; aussi nos regroupements dépendent-ils de cet objectif. Ainsi, le potentiel faunique que nous construisons sera particulier à notre type de problème. Par exemple, si les habitats potentiellement favorables à une espèce englobent une vaste portion du territoire d'étude, ils ne permettront pas d'y distinguer des voies de moindre impact; cette clé ne pourra être discriminante, tandis que si notre choix de site était ponctuel, elle pourrait avoir un effet plus important. De même, si nous devons localiser une ligne de transport d'énergie, le thème de la faisabilité technique devrait inclure la "capacité portante" plutôt que "l'aptitude des matériaux à la construction des routes". Ainsi, le critère-pivot sera sous-jacent à chacun de nos regroupements, et nous pourrions toujours y référer pour satisfaire nos interrogations ou pour justifier nos choix.

En second lieu, le regroupement par ordinateur nous permet de visualiser les patrons géographiques des variables et de leurs combinaisons, et la distribution de fréquences des classes donne une base statistique aux appréciations visuelles. Mais surtout, l'outil informatique nous permet de procéder à plusieurs essais de regroupements, de les comparer et de corriger les paramètres des combinaisons. Ces remarques sont loin d'être anodines: en effet, la plupart du temps, ce type de combinaisons est fait à l'aveugle ou d'une façon pré-analytique alors qu'un examen primaire des résultats d'assemblage peut conduire à des révisions pertinentes (prenons l'exemple du "potentiel pour le rat-musqué", annexe D).

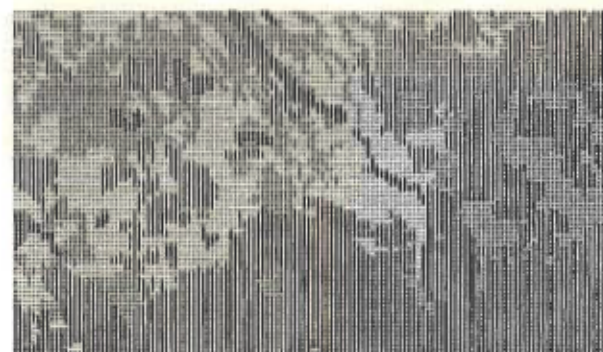
Les objectifs énoncés en 3.1 nous servent maintenant de guide pour effectuer les regroupements. Le premier objectif, la rationalisation du système de transport, se décompose en deux sous-objectifs:

- minimiser les coûts de construction et de transport;
- utiliser les corridors existants.

Les coûts de construction et de transport seront minimisés lorsque, d'une part, les contraintes techniques seront réduites, et lorsque, d'autre part, le kilométrage sera limité. Rappelons que la minimisation de la longueur des chemins est un objectif implicite du modèle décisionnel, aussi nous contenterons-nous pour rendre le premier sous-objectif d'un critère de faisabilité technique ou de facilité de construction.

Les interprétations, "aptitude des matériaux à la construction des routes" et "aptitude à la traficabilité", 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 part (93.8%) du territoire, nous donnons la prépondérance à "l'aptitude à la traficabilité" que nous essayons de raffiner là où elle n'est pas suffisamment discriminante. En effet, la clé originale ne comportait que cinq classes de telle sorte que les classes faible et très faible recouvraient 93.6% de la région. Nous utilisons alors des subdivisions plus fines (7 classes au lieu de 5), mais 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 inaptes. La variable "catégorie d'écosystème aquatique" rajoute à la classe de faisabilité nulle les rivières et les grands lacs (lacs Matagami et Grasset) 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 donc combinées pour traduire le thème de la faisabilité technique. Son niveau d'aggrégation pas trop élevé



APTITUDE A LA "TRAFFICABILITE"

CLASSES 0 1 2 3 4 5 6 7

FREQUENCES 1337 1181 1047 1011 107 104 104 104



APTITUDE DES MATERIAUX A LA CONSTRUCTION DES ROUTES

CLASSES 0 1 2 3 4 5

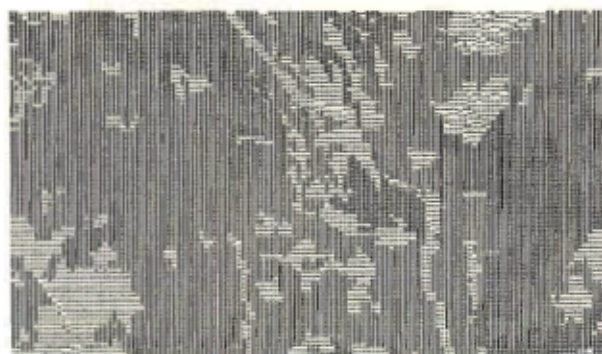
FREQUENCES 1131 201 101 101 101 101



ABONDANCE DES MATERIAUX

CLASSES 0 1 2 3 4 5

FREQUENCES 101 101 101 101 101 101



ABONDANCE DES TERRAINS HUMIDES

CLASSES 0 1 2 3 4 5

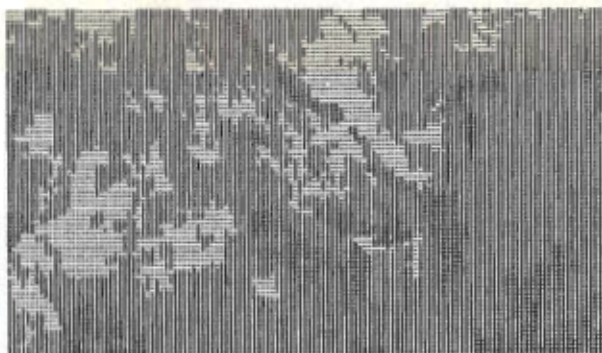
FREQUENCES 101 101 101 101 101 101



CATEGORIE D'ECOSYSTEME AQUATIQUE

CLASSES 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

FREQUENCES 101 101 101 101 101 101 101 101 101 101



RELIEF

CLASSES 0 1 2 3 4 5

FREQUENCES 101 101 101 101 101 101

FAISABILITE 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	1	1	1	1					2
Abondance des ruisseaux	1	1	0	0	0						2
Abondance des terrains humides	1	1	0	0	0						1
Catégorie d'écosystème aquatique	0	0	0	0	0	0	-9	-9	-9		1
Relief	0	0	-1	-1	-1						1



FAISABILITE TECHNIQUE

CLASSES 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

FREQUENCES 101 101 101 101 101 101 101 101 101 101

Figure 3.3.1 Regroupement pour la faisabilité technique

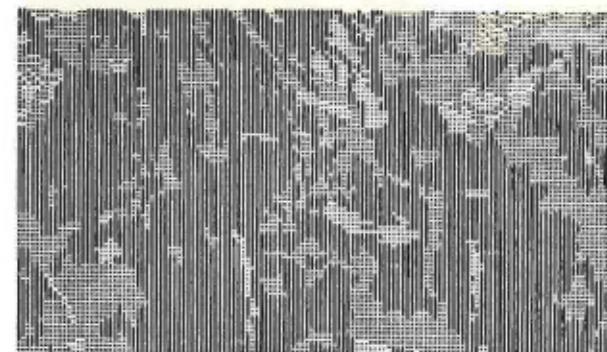
en facilite l'interprétation —les patrons des variables sont encore visibles— et nous incite à lui accorder une fiabilité robuste. Les détails des reclassements et des pondérations sont inclus dans la figure 3.3.1 qui illustre aussi l'assemblage des patrons territoriaux: les zones de faisabilité nulle (classe 0) sont les plus claires alors que les zones de faisabilité accrue, comme l'esker, appartiennent à la classe 9 et sont plus foncées. Soulignons que ces choix de pondérations 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. Une grande partie de la région est manifestement inapte à la construction routière; les alternatives de corridors qui traverseront ces zones les moins favorables ne pourront être fondamentalement exclusives.

Le deuxième sous-objectif découlant de la rationalisation du système de transport propose d'utiliser les corridors existants. Pour tenir compte de cet objectif, il suffira de forcer le passage sur les routes actuelles en faisant de leurs tracés des points de résistance nulle ou de facilité supérieure. Ces tracés faisant partie des éléments de données (figure 3.3.5), nous observons une correspondance entre ce sous-objectif et les données "objectives" qui s'y rapportent.

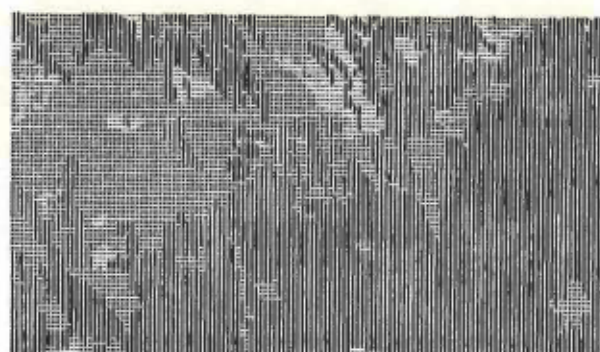
Le deuxième grand thème, celui de la protection écologique, comprend deux sous-objectifs:

- minimiser les pertes potentielles des habitats terrestres et aquatiques,
- minimiser les effets de barrière pour les migrations animales.

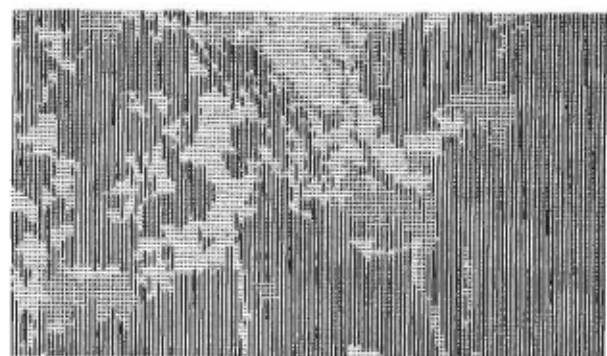
Il est évident que les impacts écologiques liés à la construction routière touchent également d'autres aspects (érosion des sols, modification du réseau hydrologique, utilisation du sel et des herbicides, etc.). Cependant, soit que ces impacts soient minimisés à cause des contraintes



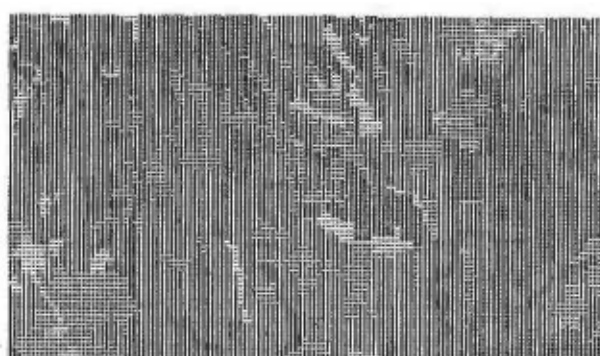
POTENTIEL POUR LE CASTOR
CLASSES 1 2 3 4 5 6
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100



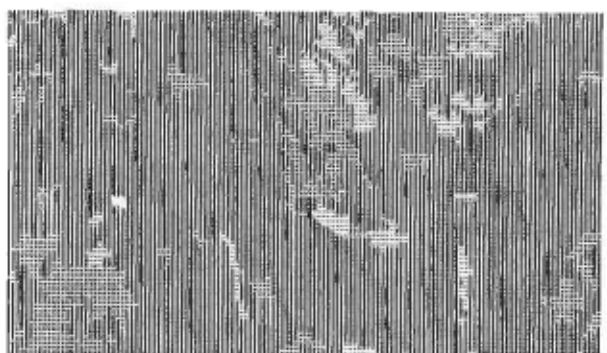
POTENTIEL POUR L'ORIGNAL
CLASSES 1 2 3 4 5 6
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100



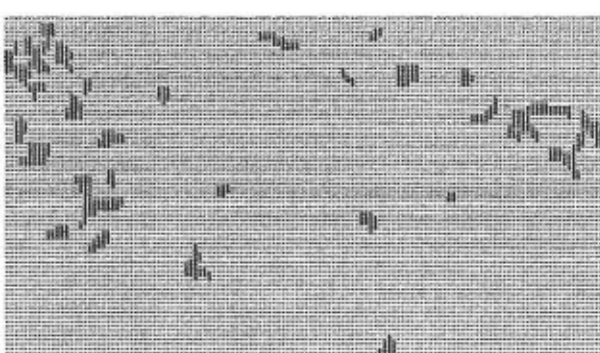
POTENTIEL POUR LE LIÈVRE
CLASSES 1 2 3 4 5 6
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100



POTENTIEL POUR LE RAT MUSQUÉ
CLASSES 1 2 3 4 5 6
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100



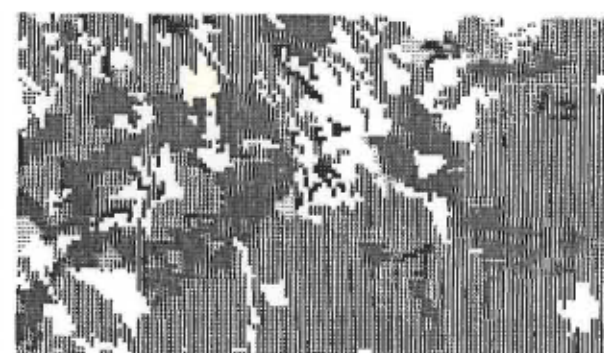
POTENTIEL POUR LA LOUTRE
CLASSES 1 2 3 4 5 6
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100



POTENTIEL POUR LA SAUVAGINE
CLASSES 1 2 3 4 5 6
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100

POTENTIEL FAUNIQUE

Variables ou facteurs impliqués	Classes						Pondération	Hiérarchie
	1	2	3	4	5	6		
Potentiel pour le castor	0	0	0	0	1		4	1
Potentiel pour l'orignal	0	0	0	1	1		5	1
Potentiel pour le lièvre	0	0	0	1	1		2	2
Potentiel pour le rat musqué	0	0	0	1	1	1	3	3
Potentiel pour la loutre	0	0	0	1	1		3	4
Potentiel pour la sauvagine	0	1					2	5



POTENTIEL FAUNIQUE
CLASSES 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
FREQUENCES 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100

Figure 3.3.2 Regroupement pour le potentiel faunique

techniques (préférence pour une abondance de ruisseaux "faible"), soit qu'ils ne se résolvent pas au niveau régional, niveau de perception auquel nous sommes limités par suite de l'échelle géographique (1:250 000) adoptée. Nous supposons que les mesures de protection écologique locales (respect de la règle des trois chaînes, emploi de ponceaux, protection des frayères, etc.) sont appliquées et que ces considérations interviennent aussi dans le choix d'alignements à l'intérieur des corridors proposés. Par ailleurs, il semble que la dégradation des écosystèmes engendrée par les opérations forestières (coupe à blanc) et minières (pollution par déchets miniers) soit nettement plus sérieuse que celle due à l'implantation d'une route, du moins à court et moyen terme. En fait, les impacts causés par le passage d'une route ne seront pas reliés uniquement à l'emprise de la route elle-même, mais plutôt aux effets d'entraînement sur l'ouverture du territoire et les développements industriels et urbains qui viendront s'y greffer. Ces types d'impacts sont encore peu connus; il faudrait au moins effectuer une analyse chronologique de l'utilisation du territoire pour envisager ce genre de prédiction. Aussi à l'échelle de perception où nous nous situons, nous tenterons simplement d'éviter les milieux les plus rares, les plus privilégiés ou les plus riches écologiquement, ce qui nous amène à construire une carte de potentiel faunique. La minimisation de l'effet de barrière pour les migrations animales n'a pu être considérée faute de données sur de tels mouvements de population (de toutes façons, les caribous ne descendent pas si loin au sud!).

La synthèse faunique (figure 3.3.2) a été réalisée uniquement à partir de clés de potentiels pour la faune provenant des cartes écologiques; elle démontrera donc un niveau d'aggrégation très élevé. De plus, la vérification de ces clés à l'aide d'inventaires sur le terrain n'ayant pas encore été achevée, la confiance que nous y mettons ne peut être complète; par sécurité nous ne retiendrons que les classes supérieures des habitats potentiels des différentes espèces. Des consultations auprès de biologistes de la Société de Développement de la Baie James nous ont amenés à donner le plus de poids aux habitats privilégiés de l'orignal et du castor



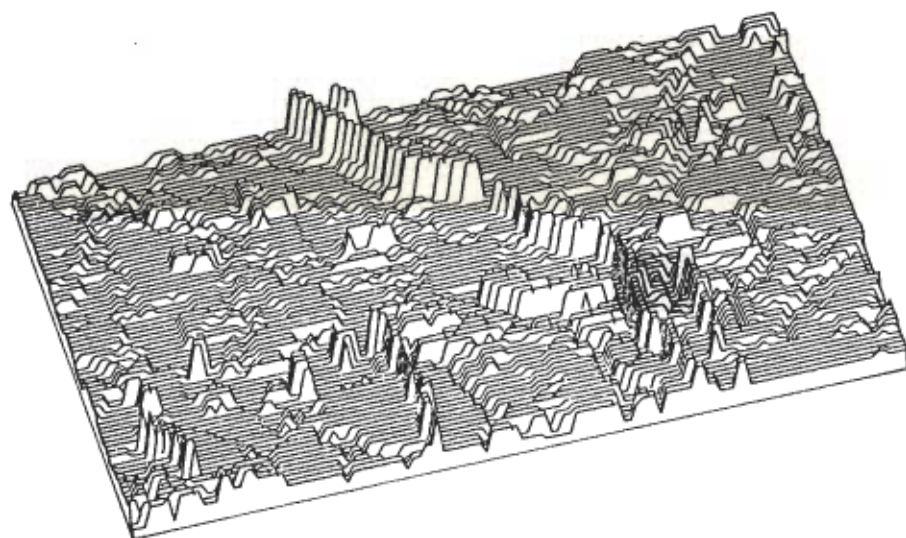
FAISABILITE TECHNIQUE

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FREQUENCES	2520	2235	2741	1243	550	147	40	53	95	126

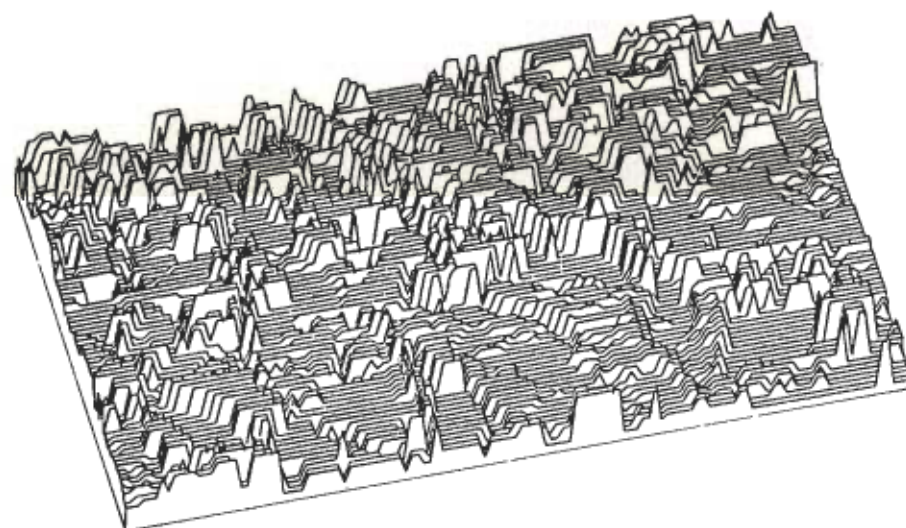


POTENTIEL FAUNIQUE

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FREQUENCES	1489	107	152	71	1919	1105	1213	1378	576	1540



FAISABILITE TECHNIQUE



POTENTIEL FAUNIQUE (INVERSE)

Figure 3.3.3 Illustrations de la faisabilité technique et du potentiel faunique

à cause de l'abondance et de l'importance relatives de ces espèces dans la région. L'étendue des classes représentant ces habitats, respectivement 48% et 60% de la surface pour l'orignal et pour le castor, nous oblige à les rendre mutuellement exclusives pour éviter qu'un pointage maximum ne tienne compte que de ces deux espèces sur une trop grande portion du territoire. Nous les plaçons pour cela au même niveau hiérarchique. Nous accordons ensuite un pointage appréciable aux meilleurs habitats pour le lièvre, le rat-musqué et la loutre; nous incluons aussi les milieux les plus propices pour la sauvagine. Les détails de ces pointages sont donnés à la figure 3.3.2; encore là, ils sont plus ou moins arbitraires et pourront faire l'objet d'une révision, en particulier lorsque le réalisme des clés incluses dans cette synthèse sera confirmé.

Le potentiel faunique résultant a un aspect fort morcelé où les zones à fort potentiel peuvent cotoyer les zones à potentiel nul par contraste avec la faisabilité technique où nous observons une plus grande continuité et une progression spatiale des classes (figure 3.3.3, où la gradation des gris n'est pas nécessairement la plus heureuse!). Ce morcellement pourrait être en grande partie attribuable à celui du potentiel pour le castor, une clé à vérifier! Si les zones dont le potentiel faunique est faible (classes 0-3) semblent assez importantes (près de 20% de la surface) laissant la place à l'établissement de corridors, leur discontinuité, par contre, produira des effets "zigzag" désastreux sur la génération de chemins. Cependant, nous pouvons nous rassurer en constatant que les thèmes de la faisabilité technique et du potentiel faunique ne sont pas conflictuels, au sens où les zones de facilité de construction accrue ne sont pas des milieux propices pour la faune. Le potentiel faunique pourra donc se révéler utile pour préciser des passages à travers les zones inaptées à la construction routière.

Le troisième objectif, le développement des ressources minières, est envisagé dans un horizon de temps plutôt lointain, lorsqu'il est ramené à un sous-objectif qui vise à:

- favoriser l'accessibilité aux zones à fort potentiel minier.

Les questions à plus court terme, de l'accès aux gisements en exploitation ou au stade de mise en valeur, seront traitées par les problématiques origines-destinations. Aussi, l'interaction objectifs-données s'était-elle déjà exercée pour conduire au choix de la géologie de la roche en place comme donnée de base.

Le territoire à l'étude est caractérisé par la présence de vastes zones de roches volcaniques et sédimentaires métamorphisées (66% de la surface). Ce sont les formations volcaniques qui renferment les plus importants dépôts de minerais en exploitation. En effet, les minerais de cuivre, de zinc et d'or de Matagami et de Joutel sont associés aux roches volcaniques, cependant que des gisements non exploités de fer sont associés aux roches métasédimentaires se trouvant à proximité des intrusions volcaniques. Aussi, dans la fabrication (tableau 3.3.1) d'un potentiel minier assimilable à la richesse du sous-sol, nous privilégions d'abord (figure 3.3.4) les quelques zones d'intrusions volcaniques (2% de la surface), puis la langue de roches métasédimentaires (14.3%), suivie de près par les roches métavolcaniques (49.5%) alors que les autres zones ne semblent pas offrir d'attraits comparables pour l'exploration minière. Il ne nous a pas été possible de faire ressortir la richesse des zones de ruptures, comme le montre l'abondance d'indices minéralisés en ces endroits, autrement qu'en privilégiant les zones intrusives déjà mentionnées.

Tableau 3.3.1 POTENTIEL MINIER

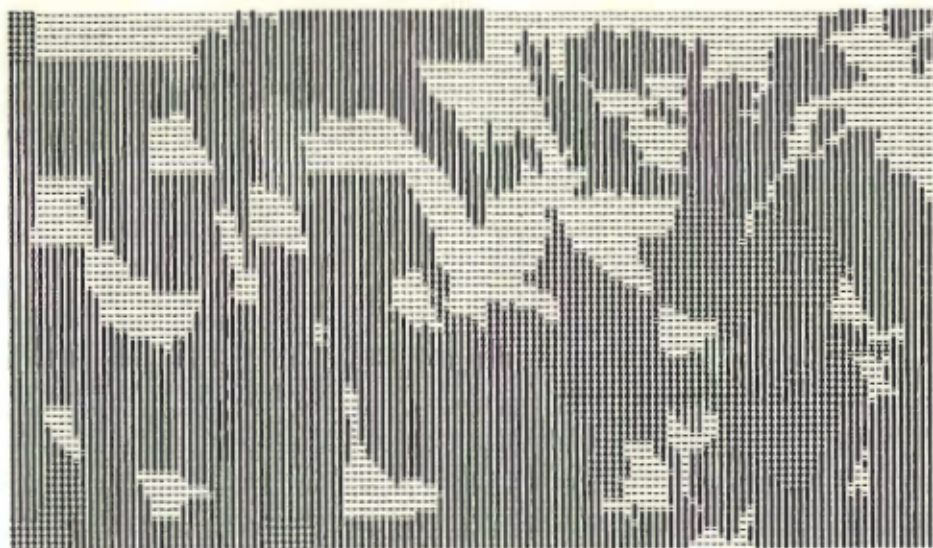
# (*)	Variables ou facteurs impliqués	Classes													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
29	Géologie de la roche en place	5	9	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(*) Ces numéros réfèrent aux données en annexe

Rappelons que ce potentiel minier veut correspondre à un objectif d'ouverture du territoire et qu'il ne prétend pas posséder une précision qui guiderait l'exploration minière comme telle. Dans ces limites et à cause d'une assise rocheuse simple, cette carte thématique est d'interprétation facile et peut s'assurer d'une bonne crédibilité. Du point de vue de la génération des corridors, elle favorise des axes plutôt que des lieux.

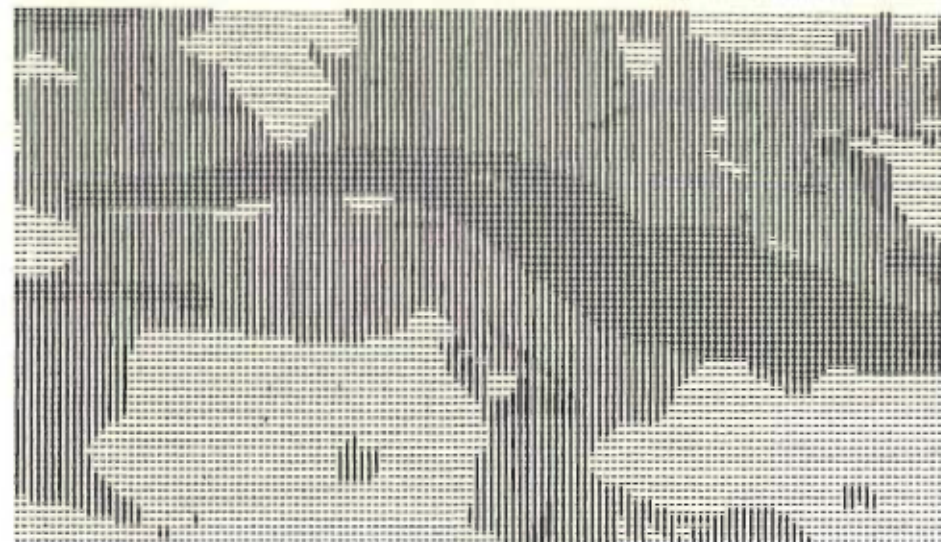
La synthèse cartographique qui rendra le quatrième objectif, celui du développement des ressources forestières, provient des profils biophysiques de l'ex-ministère de Terres et Forêts, devenu le ministère de l'Énergie et des Ressources. En l'absence d'un plan de gestion élaboré de la ressource forêt, qui inclurait par exemple des cycles de coupe (Alberta, 1978a), nous nous contentons de favoriser l'accès aux zones exploitables. Ces zones sont fort abondantes dans la région à l'étude; en effet, les parcelles exploitables, où les volumes de résineux totalisent 7 cunits et plus à l'acre, couvrent plus de 60% de la superficie. Nous construisons donc un modèle de potentiel forestier qui favorise simplement ces zones.

Nous nous sommes fixés, pour délimiter la classe supérieur du potentiel forestier (tableau 3.3.2), le seuil de 7 cunits et plus par acre en volumes résineux, après consultation auprès d'ingénieurs forestiers et conformément à la plupart des stratégies d'aménagement (Québec, 1977-1978), qui évaluent les différents rendements de coupe selon que la récolte est extensive, semi-intensive ou intensive. La seconde classe comprend des peuplements moins volumineux mais possiblement exploitables, selon la stratégie "fibre marchande" par exemple. Enfin, un pointage faible est accordé aux zones (bois feuillus) dont l'exploitation correspond peu aux types d'utilisation existant dans la région et un pointage nul aux zones qui n'offrent aucune possibilité d'exploitation forestière (plans d'eau, tourbières, etc.). Le potentiel forestier obtenu (figure 3.3.4) se présente comme un bloc monolithique de zones favorables encavé par endroits de zones tourbeuses. Ainsi, ce potentiel exercera plutôt un rôle négatif sur la génération des corridors, au sens où le passage des chemins sera indifférent sur ses plateaux alors qu'il sera exclus de ses bas-fonds. A priori,



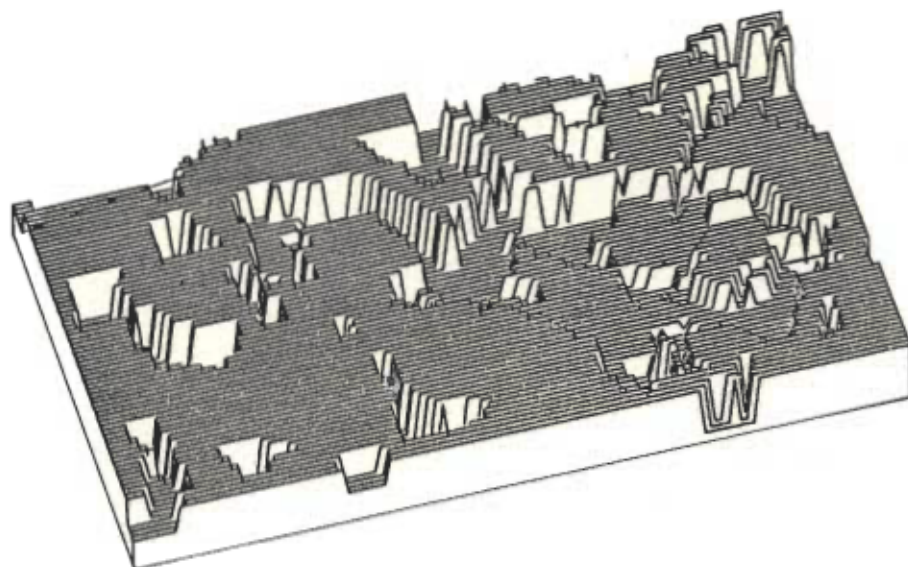
POTENTIEL FORESTIER

CLASSES	1	2	3	4
FREQUENCES	2452	151	1230	5917

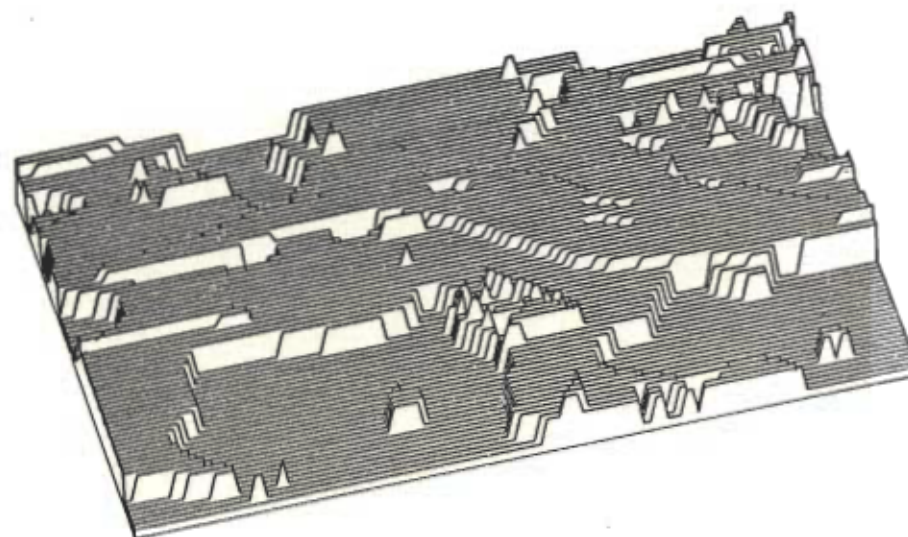


POTENTIEL MINIER

CLASSES	1	2	3	4
FREQUENCES	3210	4822	1397	211



POTENTIEL FORESTIER



POTENTIEL MINIER

Figure 3.3.4 Illustrations du potentiel forestier et du potentiel minier

un modèle de ce type pourrait être harmonieusement complété par les thèmes de la faisabilité technique ou du potentiel faunique alors que son agencement avec le potentiel minier semble plus conflictuel.

Tableau 3.3.2 POTENTIEL FORESTIER

# (*)	Variables ou facteurs impliqués	Classes													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
28	Volumes forestiers	0	0	0	2	2	2	5	5	5	5	9	9	9	9

Dans une étude de planification environnementale, le développement des ressources forestières ne saurait être abordé sans que les impacts écologiques étendus qu'entraîne le coupe à blanc ne soient soulignés. Ce genre d'exploitation forestière modifie entièrement les écosystèmes des régions qu'elle touche: non seulement le potentiel faunique en ces endroits devra-t-il être réajusté mais la dégradation induite (érosion des sols, régénération presque nulle sur argile) conduira à transformer ces territoires en mort terrain, affectant en retour le caractère renouvelable de cette ressource. Il serait plus que temps de penser à d'autres modes d'aménagement forestier!

Le cinquième objectif vise le développement du tourisme sportif et récréatif; il se décompose suivant ses deux facettes:

- favoriser l'accès aux ressources fauniques exploitables;
- favoriser l'accès aux sites exceptionnels et aux paysages attrayants.

(*) Ces numéros réfèrent aux données en annexe

Bien que les activités touristiques y soient encore peu développées, le territoire offre un bon potentiel pour la chasse et surtout la pêche sportives. Ce sous-développement est en grande partie dû à l'éloignement et à l'inaccessibilité de la région. Plus qu'ailleurs, les sites d'intérêt touristique et sportif sont intimement liés au réseau routier, les zones d'accueil populaire demeurent confinées à une mince bande aux abords des routes alors que les zones intérieures ne sont accessibles que par voie aérienne à une clientèle restreinte de pêcheurs et de chasseurs. Cette distinction entre le tourisme lourd (entremise de pourvoyeurs, transport aérien) et le tourisme autonome, de même que les perspectives d'exploitation du potentiel halieutique, nous ont amenés à privilégier d'abord les pêcheurs sportifs dans la construction d'un potentiel touristique (figure 3.3.5) dépendant des routes provinciales. Ils constituent vraisemblablement la clientèle touristique la plus nombreuse du territoire.

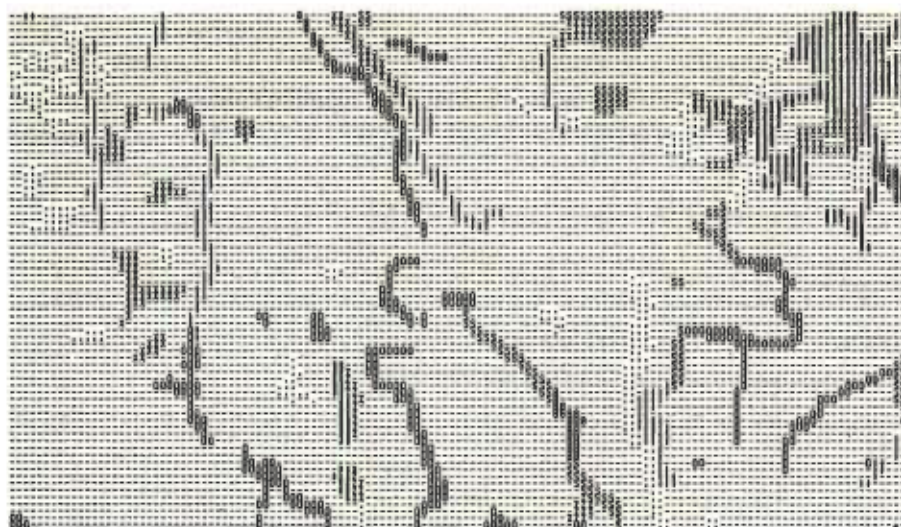
Nous nous sommes donc servis des potentiels ichtyologiques des cartes écologiques pour mettre en relief les zones les plus favorables. De même que dans la fabrication du potentiel faunique nous n'avons retenu que les classes supérieures des habitats potentiels des principales espèces piscicoles. À cause de leur abondance relative très forte, nous avons donné le pointage le plus élevé au brochet et au doré; nous avons accordé une moindre importance aux salmonidés (truite grise, truite mouchetée) car leur présence ne nous a pas été vigoureusement confirmée. Nous avons prêté attention aux chasseurs en ajoutant les bons habitats pour la sauvagine quoique ce soit le littoral de la Baie James qui est le plus propice à ce genre de chasse. Par contre, nous n'avons pas compris les zones à originaux, car la chasse à l'orignal ne semble pas être subordonnée au réseau routier principal, du moins dans ces régions éloignées auxquelles les chasseurs accèdent déjà par avion. Pour favoriser le tourisme plus strictement récréatif, nous avons utilisé les interprétations "attrait du paysage" et "potentiel récréatif des écosystèmes aquatiques". Comme nous l'avons signalé à l'annexe D, la clé "d'attrait du paysage" repère assez bien les sites exceptionnels inventoriés dans la région. Quant au potentiel récréatif, en pondérant les diverses caractéristiques des plans d'eau de

même que le relief et les matériaux de surface du système écologique, il conduit à favoriser les lacs Matagami, Grasset, Mistouac et la rivière Harricana, qui représentent de fait les coins les plus intéressants. Aussi, l'emploi des classes supérieures de ces clés d'interprétation ne pose pas de problèmes de concordance avec la réalité.

Tableau 3.3.3 POTENTIEL TOURISTIQUE

# (*)	Variables ou facteurs impliqués	Classes	Pondération
		1 2 3 4 5 6 7	
22	Potentiel pour le brochet	0 0 0 $\frac{1}{2}$ 1	5
23	Potentiel pour le doré	0 0 0 $\frac{1}{2}$ 1 1	5
24	Potentiel pour le touladi	0 1	1
25	Potentiel pour la truite mouchetée (lacs)	0 0 0 1	2
26	Potentiel pour la truite mouchetée (rivières)	0 0 0 1	2
21	Potentiel pour la sauvagine	0 1	1
14	Attrait du paysage	0 0 0 1 1	1
15	Potentiel récréatif des écosystèmes aquatiques	0 0 0 0 $\frac{1}{2}$ 1 1	3

(*) ces numéros réfèrent aux données en annexe



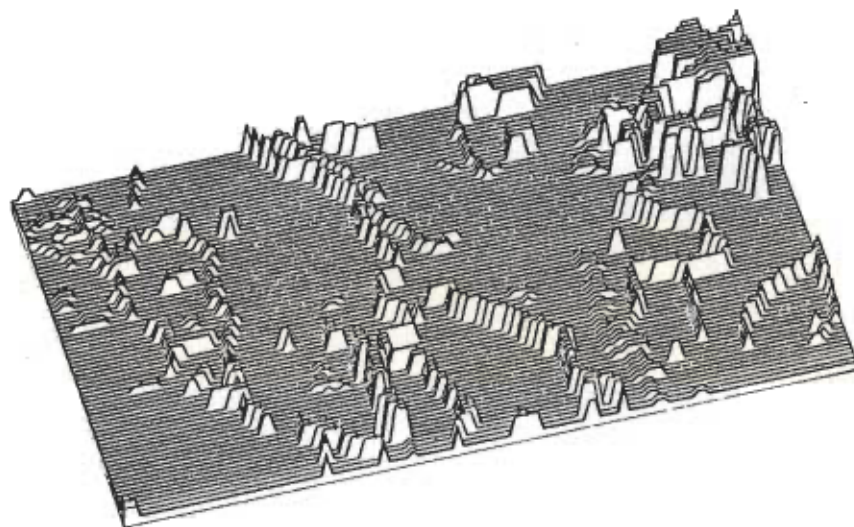
POTENTIEL TOURISTIQUE

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
									
FREQUENCES	8048	321	222	153	340	191	57	57	191	130

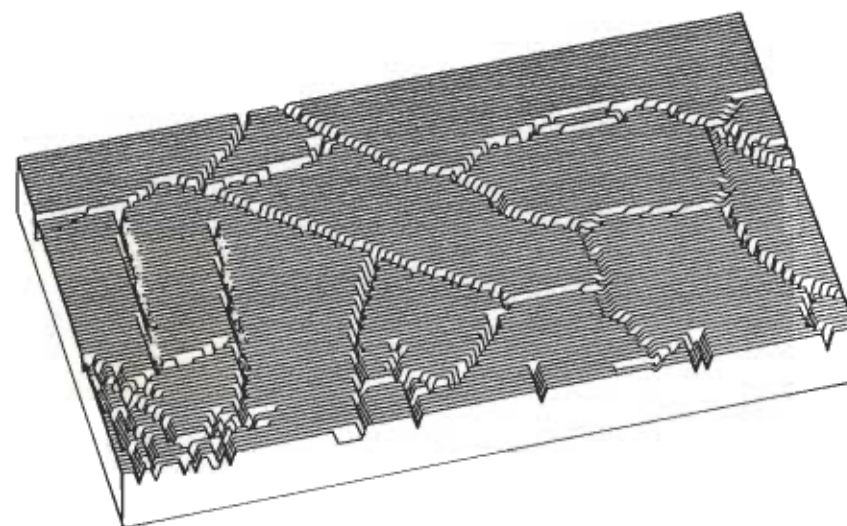


VOIES DE TRANSPORT ACTUELLES ET PROJETÉES

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8
								
FREQUENCES	8001	144	100	235	131	199	23	15	27



POTENTIEL TOURISTIQUE



VOIES DE TRANSPORT ACTUELLES ET PROJETÉES

Figure 3.3.5 Illustrations du potentiel touristique et des voies de transport

Le tableau 3.3.3 rassemble les potentiels utilisés et indique le poids accordé à chacun. À cause du grand nombre de ces potentiels, qui constituent déjà des synthèses, le potentiel touristique démontre le niveau d'aggrégation le plus élevé. Il valorise essentiellement les lacs et les rivières, et avec des nuances réalistes: par exemple, il privilégie les endroits déjà exploités, le lac Matagami et le lac Mistaouac, lieu de la seule pourvoirie de la région. La structure illustrée entre alors directement en conflit avec celle de la faisabilité technique qui tente d'éviter les voies lacustres. Elle permettra de générer des corridors longeant les rivières, qui restent des choix traditionnels. Son interaction avec les autres secteurs semble en général plus complémentaire que conflictuelle. Cependant, la décision de favoriser un tel objectif ne répond pas à des impératifs socio-économiques aussi importants que ne le font les autres thèmes et son rôle dans la détermination des corridors routiers soulève encore des interrogations (exemple: faut-il encourager le tourisme de masse ou se restreindre à un tourisme spécialisé?).

Mentionnons enfin que, bien que le sixième objectif proposé harmonisation avec l'utilisation actuelle du territoire, ait été omis par manque de données, nous ne croyons pas avoir négligé par là un aspect important de la vie régionale. Cet énoncé appelle des justifications car en fait, l'harmonisation avec l'utilisation du territoire est un des leitmotiv d'une étude de planification environnementale et dans bien d'autres cas, elle soulèverait les problèmes les plus difficiles. Cependant, dans l'aire géographique à l'étude, cette utilisation est à peu près inexistante; l'abondance des tourbières y est et y sera sans doute limitative, à moins qu'elles ne soient exploitées. Les zones agricoles sont situées plus immédiatement au sud; les forêts de la région sont du domaine provincial; les terres appartiennent à la catégorie III, c'est-à-dire qu'elles sont ouvertes au public en général par opposition aux terres de catégories I et II sur lesquelles les autochtones ont des droits exclusifs. Aussi, l'utilisation actuelle du territoire n'apporte aucune limitation au développement des infrastructures routières.

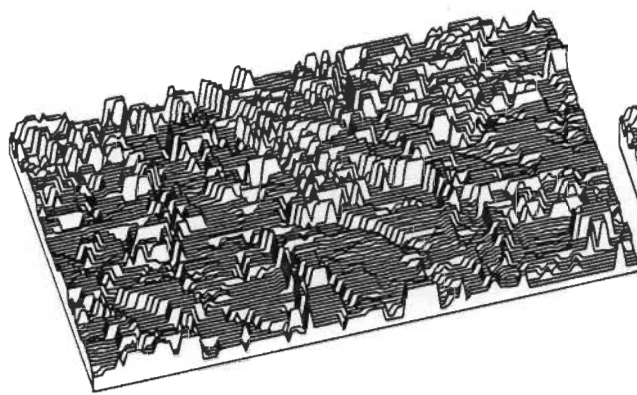
Les procédures de regroupement nous ont permis de dégager six cartes thématiques qui reproduisent les classifications des terres associées à la faisabilité technique, aux potentiels faunique, minier, forestier et touristique et qui localisent les voies de transport. Ces analyses devront ensuite être combinées pour produire des modèles environnementaux.

4- SIMULATIONS ET RÉSULTATS

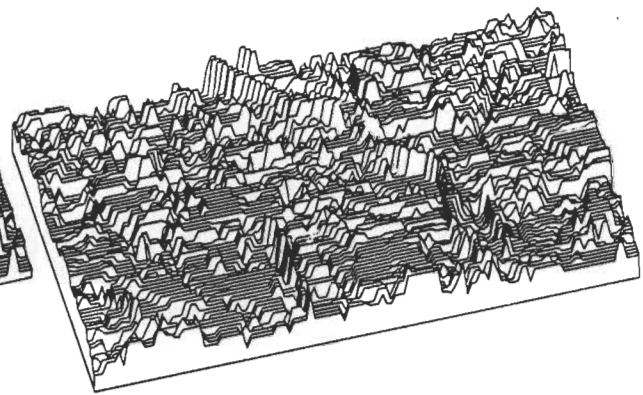
4.1 Simulations de modèles environnementaux

Si nous distinguons les cartes thématiques des modèles environnementaux qui constituent enfin les classifications à partir desquelles nous générerons les réseaux routiers, c'est que ces modèles se présentent comme des hypothèses de travail, comme des résultantes possibles du jeu de force des intervenants, alors que les cartes thématiques, bien qu'elles puissent aussi provenir de simulations, veulent refléter plus fidèlement la réalité de leur secteur. Les modèles environnementaux possèdent alors un caractère spéculatif qui comporte un aspect indicatif très intéressant lorsque nous considérons des problèmes nouveaux, comme celui de l'interaction sectorielle, et que les données sur lesquelles nous appuyons nos analyses sont à la fois qualitatives et spatiales.

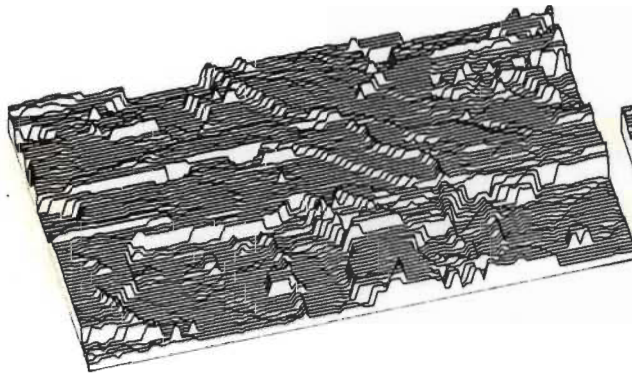
Aussi afin de faire le lien entre les modèles environnementaux et la réalité, nous avons d'abord construit des modèles sectoriels simples (protection écologique, développement des ressources forestières, développement de ressources minières, développement touristique, voir figure 4.1.1) provenant de la combinaison des thèmes correspondants et de la faisabilité technique. Cette combinaison est celle de la somme pondérée des deux classifications discrètes impliquées; nous avons essayé d'autres combinaisons, de type synergique par exemple, mais sans succès: soit que le procédé graphique employé n'était pas suffisamment sophistiqué pour visualiser les nouveaux patrons, soit que les produits étaient sans signification car ils conduisaient à la perte quasi-complète des formes originales (nous imageons les classifications continues au moyen de blocs isométriques où les lieux les plus élevés sont les plus favorables au passage des routes, il existe cependant des programmes plus raffinés, par exemple CPS-1, qui rendent le relief à l'aide d'une grille déformable et qui peuvent inclure les lignes de contour des différents niveaux). Contrairement à l'assemblage des cartes thématiques, où chacun des objectifs nous permettait de choisir les classes significatives des éléments impliqués et les pondérations qui leur



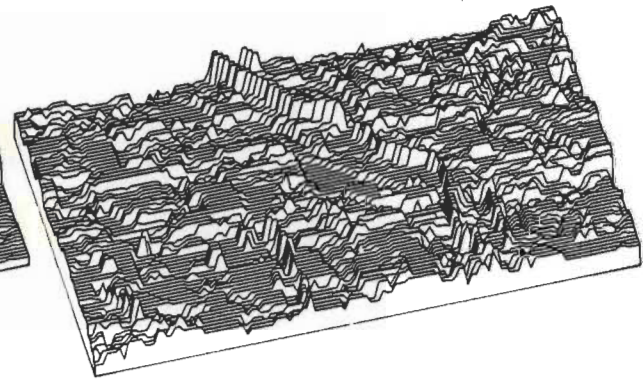
PROTECTION ECOLOGIQUE



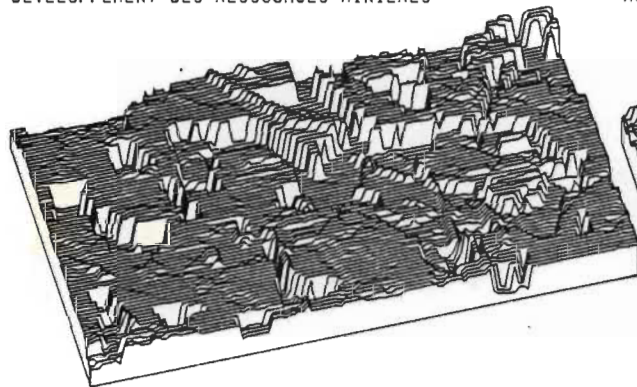
MODELE DE CONSERVATION



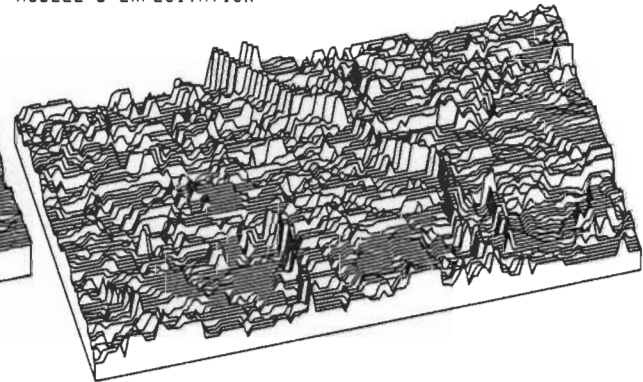
DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES MINIERES



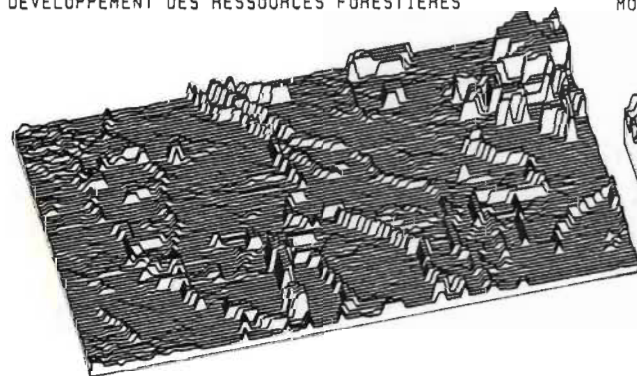
MODELE D'EXPLOITATION



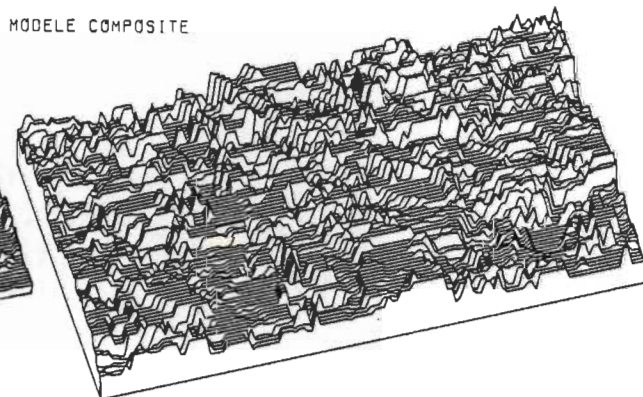
DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES FORESTIERES



MODELE COMPOSITE



DEVELOPPEMENT TOURISTIQUE



MODELE NON TECHNIQUE

Figure 4.1.1 Modèles environnementaux

étaient appliquées, nous ne possédons pas de critères qui nous autoriseraient à faire des arrangements élaborés, à poser par exemple, que la classe 7 de la faisabilité technique est plus importante pour le développement des ressources forestières que la classe 4 du potentiel forestier. En l'absence de paradigme-synthèse, nous avons fait le choix le plus simple: l'addition pondérée des classifications concernées. Il s'agissait dans le cas des modèles sectoriels de reproduire les biais de ces secteurs, c'est pourquoi le poids le plus important est donné aux thèmes représentatifs (tableau 4.1.1). L'inclusion de la facilité de construction nous assure que les choix triviaux de corridors routiers (comme l'utilisation de l'esker) ne seront pas négligés et nous permet de discriminer des passages dans les zones uniformes des différents potentiels. Aussi dans le développement des ressources forestières, nous avons dû accorder un poids plus important à la faisabilité technique pour que ses formes modifient sensiblement celles du potentiel forestier.

L'application de problématiques origines-destinations à ces modèles simples permettra de générer des chemins qui correspondront à la 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 conflits ou de concordances. Ces propositions de chemins seront également utiles pour apprécier et comprendre les modèles plus complexes. Existe-t-il un secteur dominant dans le modèle d'exploitation des ressources? Ou au contraire, de vouloir "ménager la chèvre et le chou" nous conduit peut-être à ne satisfaire personne.

Dans un deuxième temps, nous avons combiné plusieurs thèmes pour obtenir les modèles de conservation, d'exploitation, composite et non-technique (figure 4.1.1). Les modèles de conservation et d'exploitation veulent correspondre à des personnalités types (l'écologiste et le promoteur), ou à des orientations politiques d'aménagement et de développement identifiables. Le modèle composite regroupe tous les thèmes exhibés; il pourrait

Tableau 4.1.1 Composition des modèles environnementaux

Thèmes Modèles	Faisabilité technique	Potentiel faunique	Potentiel forestier	Potentiel minier	Potentiel touristique
Protection écologique	0.2	0.8	-	-	-
Développement des ressources forestières	0.4	-	0.6	-	-
Développement des ressources minières	0.2	-	-	0.8	-
Développement touristique	0.2	-	-	-	0.8
Modèle de conservation	0.35	0.3	0.15	0.2	-
Modèle d'exploitation	0.4	-	0.27	0.33	-
Modèle composite	0.35	0.2	0.15	0.2	0.1
Modèle non-technique	-	0.3	0.25	0.3	0.15

être vu comme plus complètement multi-objectif. Enfin un modèle qualifié de non-technique a été fabriqué: il exclut le thème de la faisabilité technique. Il servira à évaluer l'influence de la prépondérance des critères d'ingénierie dans les autres modèles. Nul doute que ces modèles auraient pu être plus variés ou qu'ils auraient pu être pondérés différemment. Ils appartiennent au domaine de la simulation et dépendent de l'intuition des modélisateurs. C'est une étape où l'interaction utilisateur-modélisateur se devrait d'être mise à profit.

Les secteurs entrant dans la composition des différents modèles ainsi que le poids qui leur est accordé sur un total de 1, sont décrits au tableau 4.1.1. La figure 4.1.2 montre comment la faisabilité technique, le potentiel minier et le potentiel forestier sont superposés pour donner le modèle d'exploitation. A cause de ses variations spatiales plus fines, le secteur de l'ingénierie semble dominer ce modèle. Cette illusion est renforcée par le fait que les points forts (faibles) du potentiel minier sont souvent compensés par des points faibles (forts) du potentiel forestier; ainsi les patrons de ces potentiels sont peu visibles dans la synthèse. Déjà l'addition de trois classifications requière une certaine habitude de lecture des graphiques tri-dimensionnels pour les interpréter. Après quelque temps, le graphique semble moins anarchique et l'oeil peut chercher des chemins sur les crêtes sans trop de difficultés; l'algorithme des plus courts chemins réalisera exactement ce travail. Le modèle de conservation inclut en plus des trois thèmes utilisés dans l'exploitation des ressources, celui du potentiel faunique; à cause de la complémentarité de la faisabilité technique et du potentiel faunique, la composante biogéophysique prend la part des deux tiers dans ce modèle. La discontinuité accentuée du potentiel faunique lui donne une allure un peu plus désordonnée que celle du modèle précédent. Le modèle composite accorde au secteur ingénierie une part d'au moins un tiers laissant aux secteurs de la faune, de la forêt et des mines des parts d'environ 1/5 tandis que le potentiel touristique joue pour un dixième du total. Le modèle non-technique comprend ces secteurs dans des proportions relatives semblables mais il oublie le secteur technique. Sauf pour l'absence des eskers, il ne semble pas trop éloigné du modèle composite, ce qui ne signifie pas qu'il conduira aux mêmes choix de corridors.

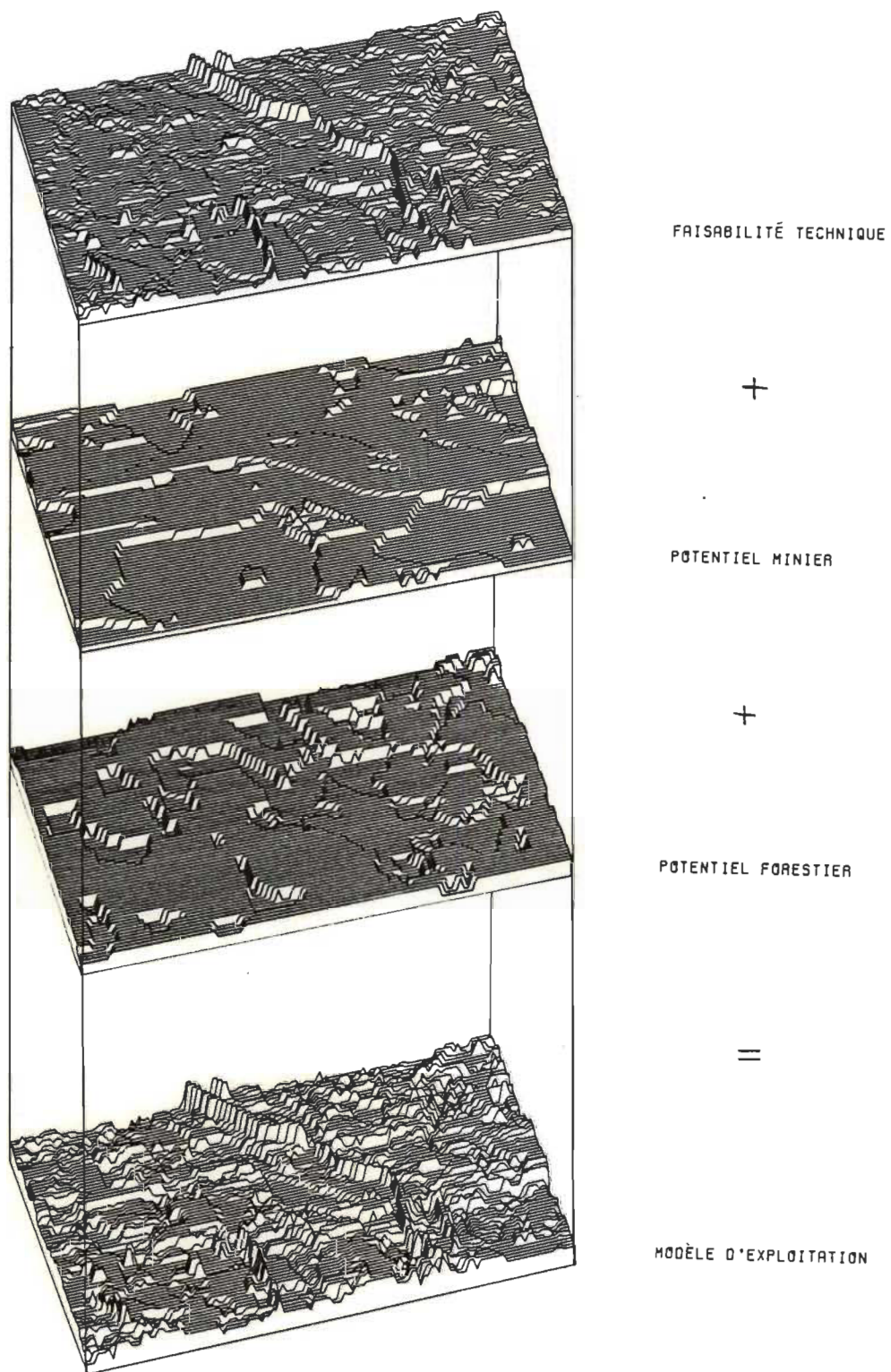


Figure 4.1.2 Construction du modèle d'exploitation

En effet, la visualisation des modèles que nous obtenons à l'aide des logiciels disponibles n'est pas particulièrement éclairante, reflétant peut-être la complexité de la superposition pluri-sectorielle. Bien qu'il en soit sans doute fortement éloigné, un dessin comme celui du modèle non-technique rappelle par endroits celui du bruit blanc! Cette complexité nous incite à utiliser des techniques quantitatives pour pousser plus loin l'analyse et la comparaison de modèles proposés.

Nous avons de plus fabriqué huit autres modèles, non illustrés, associés à ceux que nous venons de décrire, qui diffèrent simplement en ce qu'ils localisent les routes principales. Le poids attribué à ces lieux est suffisant pour y forcer le passage des chemins recherchés et satisfaire ainsi l'objectif d'utilisation des corridors existants. Pour éviter de reprendre cette explication, nous qualifierons ces modèles associés de "actualisés"; ainsi nous parlerons de la protection écologique actualisée pour référer au modèle de protection écologique qui comprend les voies de transport actuelles. La classification de la faisabilité technique, ainsi que la modélisation actualisée associée, sont considérées comme des modèles.

4.2 Simulations de problématiques origines-destinations

Jusqu'à présent, nous nous sommes concentrés sur l'aspect territorial de la localisation des corridors routiers: nous avons tenté de définir les espaces les "meilleurs" pour l'établissement de ces infrastructures. Nous l'avons fait à l'aide de données géographiques, quelquefois précises et éprouvées (exemple: aptitude à la "traficabilité"), quelquefois plus subjectives et discutables (exemple: potentiels fauniques). Nous avons retenu dans nos synthèses les éléments les plus "statistiquement" significatifs et qui faisaient le plus de "bon sens" (exemple: classes supérieures des potentiels pour le brochet et le doré). Nous avons ensuite fait des projections, des simulations (exemple: modèle de conservation). Nous possédons alors un ensemble de classifications territoriales dont nous connaissons les forces et les limites; ces indications nous aideront à trouver les liens entre les pôles. Or, les contraintes qui sont encore plus déterminantes pour la structure du réseau routier sont celles de la définition de ses pôles, c'est-à-dire des problématiques origines-destinations. Si deux points doivent être liés (exemple: Selco-Joutel) quel qu'en soit le coût pondéré, le chemin le moins onéreux sera tracé. En ce sens, notre programme de recherche de corridors ne comporte pas d'option de non-passage ("no go"); cette option restera celle des gestionnaires ou des analystes. Suivant le même comportement, lorsqu'un modèle territorial n'est pas discriminant, l'algorithme préférera la ligne droite comme plus court chemin entre deux points, aussi lorsque nous verrons apparaître ces formes linéaires nous devons comprendre que le modèle sur lequel elles ont été générées ne présentait pas de critères de sélection. Enfin, le mode d'enregistrement des données, le quadrillage, donnera des chemins obliques en "escalier" qu'il faudra lisser pour obtenir des corridors réalistes.

C'est l'utilisation de différentes problématiques origines- destinations qui nous permettra, toutes choses étant égales par ailleurs, de comparer les liaisons et d'éliminer des relations origines-destinations. Nous illustrons ici quelques exemples plus ou moins fictifs de telles problématiques.

TABLEAU 4.2.1 Problématique d'origine S - Longueurs linéaires et pondérées de liens générés à partir des modèles indiqués

Liens	S-L	S-V	S-E	S-J
Modèles				
Faisabilité technique	92 440 (par E)	74 495	62 372	127 415 (par l'esker)
-actualisée	72 1246 (direct)	74 1245	58 985	117 855 (par R-109)
Protection écologique	92 219 (par E)	96 151	62 157	89 208 (direct)
-actualisée	72 1032 (direct)	74 936	58 762	119 721 (par R-109)
Développement des ressources minières	72 387 (jonction avec S-E)	82 305	58 253	87 245 (direct)
-actualisé	72 1117 (jonction avec S-E)	74 1075	58 843	117 788 (par R-109)
Développement des ressources forestières	76 178 (jonction avec S-E)	78 177	62 136	87 185 (par E)
-actualisé	72 910 (jonction avec S-E)	74 944	58 733	123 834 (par R-109)
Développement touristique	76 486 (jonction avec S-V)	74 527	58 403	89 556 (direct)
-actualisé	72 1234 (jonction avec S-V)	74 1277	58 993	89 1231 (jonction avec R-109)
Modèle de conservation	92 710 (par E)	80 595	62 507	93 649 (avec jonction)
-actualisé	72 1459 (direct)	74 1372	58 1113	119 1181 (par R-109)
Modèle d'exploitation	72 327 (direct)	80 289	58 244	87 318 (direct)
-actualisé	72 1057 (direct)	74 1062	58 834	117 806 (par R-109)
Modèle composite	72 780 (jonction avec S-E)	80 702	62 570	89 750 (avec jonction)
-actualisé	72 1510 (jonction avec S-E)	74 1467	58 1167	117 1324 (par R-109)
Modèle non-technique	72 628 (direct)	80 538	58 410	87 604 (direct)
-actualisé	72 1358 (direct)	74 1311	58 1000	87 1289 (jonction avec R-109)

Voulant relier la mine Selco (S) au nord de l'Abitibi, faut-il établir la jonction à Lasarre (L) ou à Villebois (V) pour acheminer le minerai? Faut-il passer par le site de villégiature (E)? Par quelle voie faut-il rejoindre la ville de Joutel (J), qui constitue son bassin de main-d'oeuvre? (Revoir au besoin la figure 1.2.1 ou superposer l'acétate du fond de carte aux corridors proposés.) Nous énonçons une telle problématique en faisant de Selco un noeud-origine; dans l'exemple de la figure 4.2.1 nous avons relié Selco aux onzes autres destinations possibles, à l'aide des chemins les plus courts qui forment alors une arborescence de racine S. La classification de la faisabilité technique actualisée fait office de fonds de carte. (Les figures 4.3.1 et 4.3.4 illustreront aussi cette arborescence.) Nous avons regroupé au tableau 4.2.1 les résultats quantitatifs des simulations de cette problématique. Ces résultats démontrent une fois de plus l'uniformité de la portion centre-ouest de la région d'étude (souvenons-nous des difficultés d'y nuancer la faisabilité technique): 13 modèles sur 18 arrivent à trouver un lien minimum de 72 km entre Selco et Lasarre (S-L), 11 modèles sur 18 un lien minimum de 74 km entre Selco et Villebois (S-V). (Bien que ce soient les distances pondérées qui sont minimisées, elles ne peuvent être comparées d'un modèle à l'autre: les différentes classifications n'ont pas le même dénominateur!) La plupart des modèles favorisent la liaison S-V, à l'exception de modèles forestiers et touristiques, encore que le lien S-L du développement touristique emprunte la voie S-V. (Ici nous comparons les distances pondérées.) Cependant dans tous les cas, la marge de différence ne semble pas considérable et nous pouvons déclarer match nul. Les liens entre Selco et le site de villégiature E (S-E) illustrent la même uniformité territoriale: 13 sur 18 réalisent un lien de 58 km et les cinq autres, un lien de longueur semblable, 62 km. Là aussi, les indices quantitatifs ne sont pas suffisants pour comparer les corridors; malgré leurs longueurs similaires, ces corridors n'empruntent pas les mêmes chemins. Par exemple, le lien Selco-Lasarre (S-L) des modèles de faisabilité technique, de protection écologique et de conservation, ce dernier s'alignant sur ses deux composantes fortes, passe par le point E. Dans les modèles développement des ressources minières, développement des ressources forestières, d'exploitation, composite et non-technique, le lien S-L utilise d'abord la liaison S-E,

puis passe un peu plus à l'ouest. Enfin, le modèle de développement touristique propose une solution originale: la jonction de S-L et S-V, en longeant la rivière Wawagasic. Si nous oublions ce choix marginal, les options proposées ne sont pas irréconciliables. Dans leurs versions actualisées où les classifications thématiques sont comprimées par suite de l'introduction des routes existantes, les modèles qui préféreraient le passage en E suggèrent maintenant la voie plus à l'ouest; cette voie de consensus peut être retrouvée dans le modèle composite entre autres.

Considérant la liaison Selco-Villebois (S-V), nous constatons deux grandes tendances: celle des développements touristiques, forestiers et de la protection écologique qui suggèrent de longer la rivière Wawagasic et, celle du développement minier qui préfère un chemin plus à l'ouest. Les chemins des modèles qui ont une composante minière assez forte (modèle d'exploitation, modèle non-technique) prendront aussi cette tangente. Une solution minimale de compromis est proposée par les modèles composite, de conservation et par la plupart des modèles actualisés: ce corridor suit la Wawagasic dans sa partie supérieure puis oblique à l'ouest. Remarquons que la longueur minimale de 74 km ne désigne pas nécessairement les mêmes corridors; les variantes s'écartent de la rivière sur des parcours plus ou moins longs. De même les différents liens Selco-E de longueur égale illustrent plusieurs variantes d'une même liaison; dans ce cas, il est impossible de les ordonner sans avoir recours à des niveaux de perception plus fins.

La liaison Selco-Joutel (S-J) est plus intéressante; la portion de territoire entre ces pôles offre des aspects plus variés: notons entre autres la présence d'un esker à l'est. Nous observons alors trois types de liaison de longueur différente. Plusieurs modèles suggèrent, au prix d'un kilométrage plus long (jusqu'à 46% de plus), d'emprunter l'esker (faisabilité technique) devenue la route 109 (modèles actualisés). D'autres proposent un lien plus direct qui longent d'une façon plus (modèle d'exploitation, non-technique, développement touristique) ou moins (développement des ressources minières, protection écologique) continue la rivière Harricana. Enfin les modèles composés de conservation et composite trouvent une

Modèle composite



Modèle de conservation



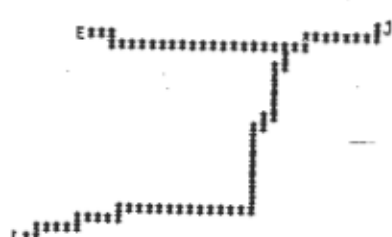
Modèle non technique



Modèle d'exploitation



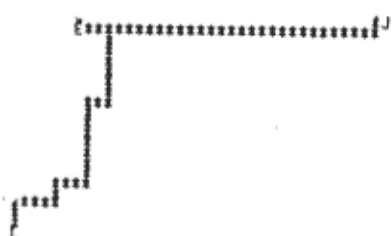
Développement des ressources minières



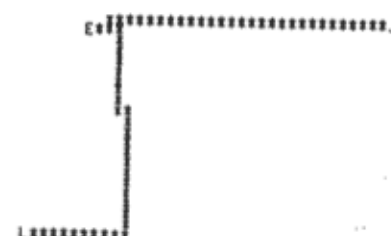
Développement des ressources forestières



Développement touristique



Faisabilité technique



Protection écologique



Figure 4.2.2 Arborences minimales d'origine J

TABLEAU 4.2.2

Problématique d'origine J — Longueurs linéaires et pondérées
de liens générés à partir des modèles indiqués

Liens	J-E	J-L	E-L	Indice d'accessibilité	Indice de dispersion
Modèles					
Faisabilité technique	30 171	58 239	36 96	88 410	124 506
Protection écologique	38 172	58 234	34 82	96 406	130 488
Développement des ressources minières	32 165	56 282	66 417	88 447	154 864
Développement des ressources forestières	30 75	56 120	60 131	86 195	146 326
Développement touristique	30 201	56 322	32 131	86 523	118 654
Modèle de conservation	30 317	58 501	86 776	88 818	174 1594
Modèle d'exploitation	32 133	56 214	74 309	88 347	162 656
Modèle composite	30 317	58 535	86 812	88 852	174 1664
Modèle non-technique	32 295	56 500	66 643	88 795	154 1438

(il n'était pas pertinent d'utiliser les modèles actualisés car
cette portion de territoire ne comprenait pas de routes principales)

manière de compromis: ils réduisent le kilométrage et les coûts de construction en proposant un embranchement qui part de Joutel et va rejoindre l'esker directement au nord. (Les modèles actualisés du développement touristique et non-technique font aussi ce compromis.) Il s'agit d'une solution habile, qui répond aux "personnalités" réservées de ces modèles.

Le choix d'un lien direct Selco-Joutel n'étant pas évident, nous avons voulu examiner la structure proposée par les modèles de faisabilité technique et de protection écologique. Serait-il avantageux d'utiliser la liaison Selco-Lasarre qui passe par E pour réaliser la jonction Selco-E-Joutel? Nous avons pour cela recherché les liens d'origine J et de destinations E et L. Les structures (figure 4.2.2), qui répondent à une telle problématique, varient d'une jonction L-J sur E-J à une jonction E-J sur E-L en passant directement par E. Presque toutes ces variantes (tableau 4.2.2) présentent un kilométrage semblable pour le lien J-E (30-32 km), qui additionné à celui de la liaison S-E (58-62 km) offrirait un parcours S-E-J (88-94 km) comparable aux liens directs (87-89 km). Pour que ce parcours soit avantageux, encore faudrait-il que le lien J-L passe par E. Les solutions J-L envisagées sont de longueurs semblables (56-58 km) et peuvent se ramener à deux options: les modèles de faisabilité technique, de protection écologique, de développement touristique et les modèles composés qui y sont rattachés (de conservation et composite) suggèrent d'établir le lien nord-sud plutôt à l'ouest et passent par E, tandis que les modèles de développement des ressources minières et forestières de même que les modèles d'exploitation et non-technique préfèrent un lien plus à l'est (vers Joutel). La deuxième option entraîne une dispersion un peu plus importante (de 20% en moyenne). Cependant le choix est explicite: le passage par E est moins coûteux, en égard aux contraintes techniques et écologiques, et favorise le tourisme; par contre la deuxième option favorise l'exploitation de ressources.

En bref, la structure proposée par le modèle de faisabilité technique (figure 4.2.3) pour solutionner la problématique S-E-J-L, même si elle correspond à la solution théorique optimale, ne semble pas trouver d'autres

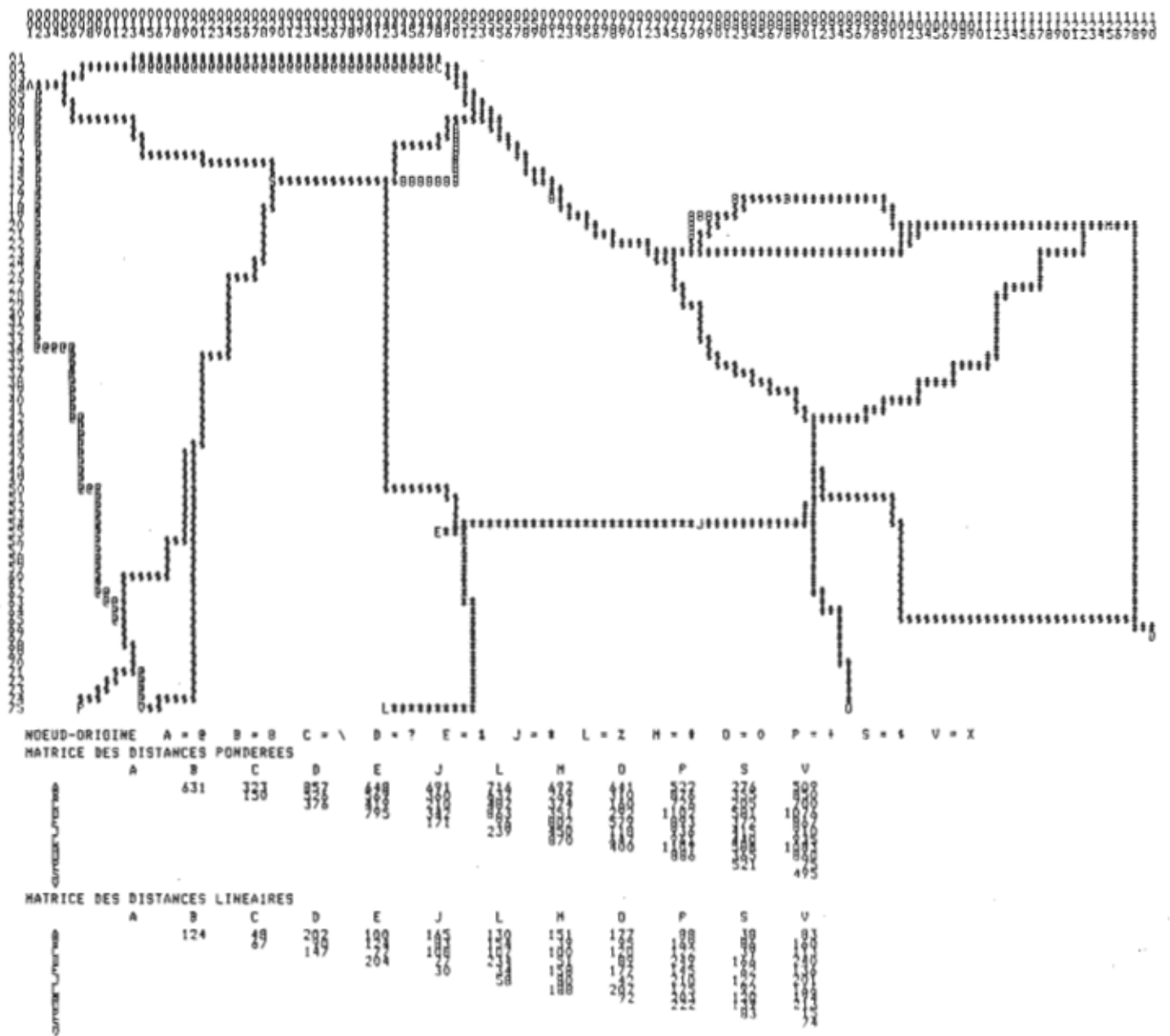


Figure 4.2.3 Réseau-synthèse généré à partir du modèle de faisabilité technique

TABLEAU 4.2.3 Problématique d'origine M — Longueurs linéaires et pondérées de liens générés à partir des modèles indiqués

Liens	M-A	M-B	M-D	M-J	Indice d'accessibilité	Indice de dispersion
Modèles						
Faisabilité technique	151 697 (par C-B)	39 269	51 351	80 450	513 2541	2640 12790
-actualisée	191 1502 (par R-109)	47 474	65 837 (par R-109)	88 505	629 4451	2606 19412
Protection écologique	169 414 (par S-B)	45 139	53 302	92 278	575 1694	2610 7404
-actualisée	191 1358 (par R-109)	47 361	65 755 (par R-109)	88 495	629 4140	2666 18092
Développement des ressources minières	155 471 (par S)	43 136	75 252	86 241	555 1743	2718 8996
-actualisé	191 1258	51 296	69 683	88 293	637 3469	2606 16392
Développement des ressources forestières	153 315 (par C-B)	47 150	51 129	80 271	521 1234	2714 6282
-actualisé	191 1237 (par R-109)	51 603	65 567 (par R-109)	88 377	633 3448	2622 15960
Développement touristique	143 838 (par C-B)	47 172	55 297	94 448	535 2686	2538 14104
-actualisé	151 1948 (par R-109)	51 437	53 840	88 653	547 5661	2618 28348
Modèle de conservation	151 1101 (par C-B)	39 389	51 577	80 697	513 4121	2492 19500
-actualisé	191 2073 (par R-109)	43 615	65 1077 (par R-109)	88 852	625 6596	2634 28180
Modèle d'exploitation	153 488 (par C-B)	43 183	57 228	80 312	519 1789	2688 8824
-actualisé	191 1291 (par R-109)	51 340	65 668 (par R-109)	88 365	633 3599	2622 16678
Modèle composite	153 1202 (par C-B)	39 416	51 592	80 755	517 4449	2560 21706
-actualisé	191 2209 (par R-109)	43 632	51 1112	88 899	611 6983	2750 32454
Modèle non-technique	153 1050	43 342	53 509	80 662	515 3987	2792 21474
-actualisé	163 2168 (par R-109)	51 539	65 1011 (par R-109)	86 855	575 6758	2612 31838

preneurs. C'est une solution qui minimise les coûts de construction et de transport, de même que les coûts écologiques, mais elle ne favorise particulièrement aucun autre secteur; il faudrait que le site de villégiature E justifie sa connexion au réseau pour lui donner plus d'attrait.

Un autre exemple de problématique nous est fourni par la nécessité de relier la ville de Matagami (M), un noeud-origine et des mines Amoco (A) et Phelps Dodge (B), des destinations; nous avons utilisé les points C, D et O pour représenter les raccords au réseau existant ou extérieur. Nous avons également inclus la ville de Joutel (J) afin de comparer nos solutions au lien actuel. La figure 4.2.4 illustre les solutions du modèle de développement des ressources minières et de sa version actualisée. Il est intéressant de constater que la mine Selco fait partie du parcours M-A, bien qu'elle ne soit pas comprise dans la problématique. Même sans la connaître, le modèle de développement minier propose un axe qui la touche. Dans sa version actualisée, il utilise plutôt la route 109 et établit le lien vers Amoco plus au nord. La voie de l'esker (passant par C) est aussi celle qu'empruntent les autres modèles (tableau 4.2.3), à l'exception de la protection écologique et du modèle non-technique. Les parcours les plus courts de M à A passent ensuite dans l'axe M-B. Or les variantes de la liaison M-B, en longueur (39-43 km, et 47-51 km pour les modèles actualisés) et en forme, sont peu différentes et ne peuvent être considérées comme significatives à notre échelle de perception. La liaison M-B est alors évidente et la connexion A-M sur B-M s'ensuit: elle évite une duplication de axes et réduit la problématique du réseau. Remarquons que cette relaxation des contraintes, qui permet d'utiliser un point intermédiaire (A-M devient A-B, B-M), ne peut s'appuyer uniquement sur une analyse quantitative mais doit aussi inclure une analyse des formes. La proximité des liens B-M et A-M, lorsqu'ils sont parallèles, est essentielle pour les fusionner.

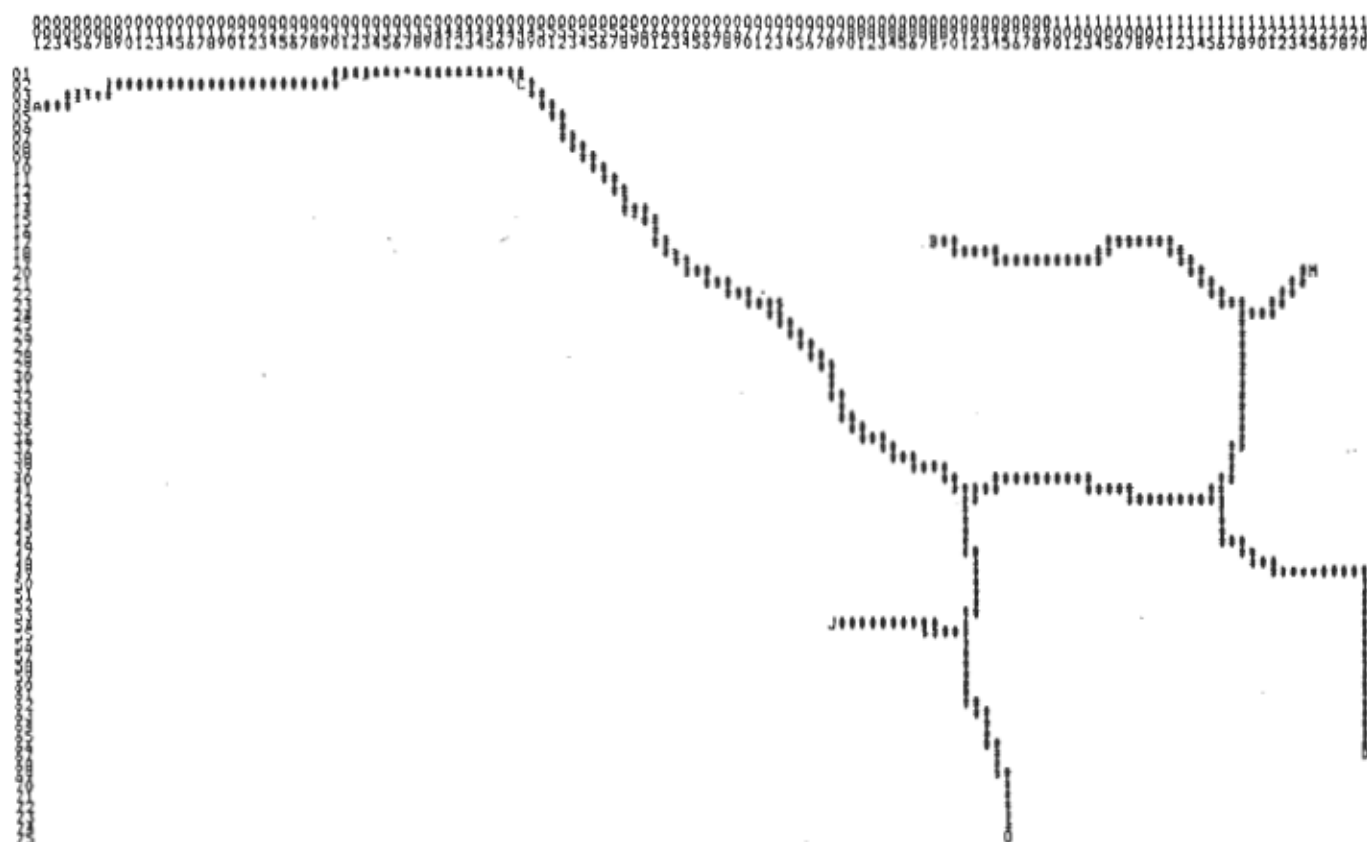
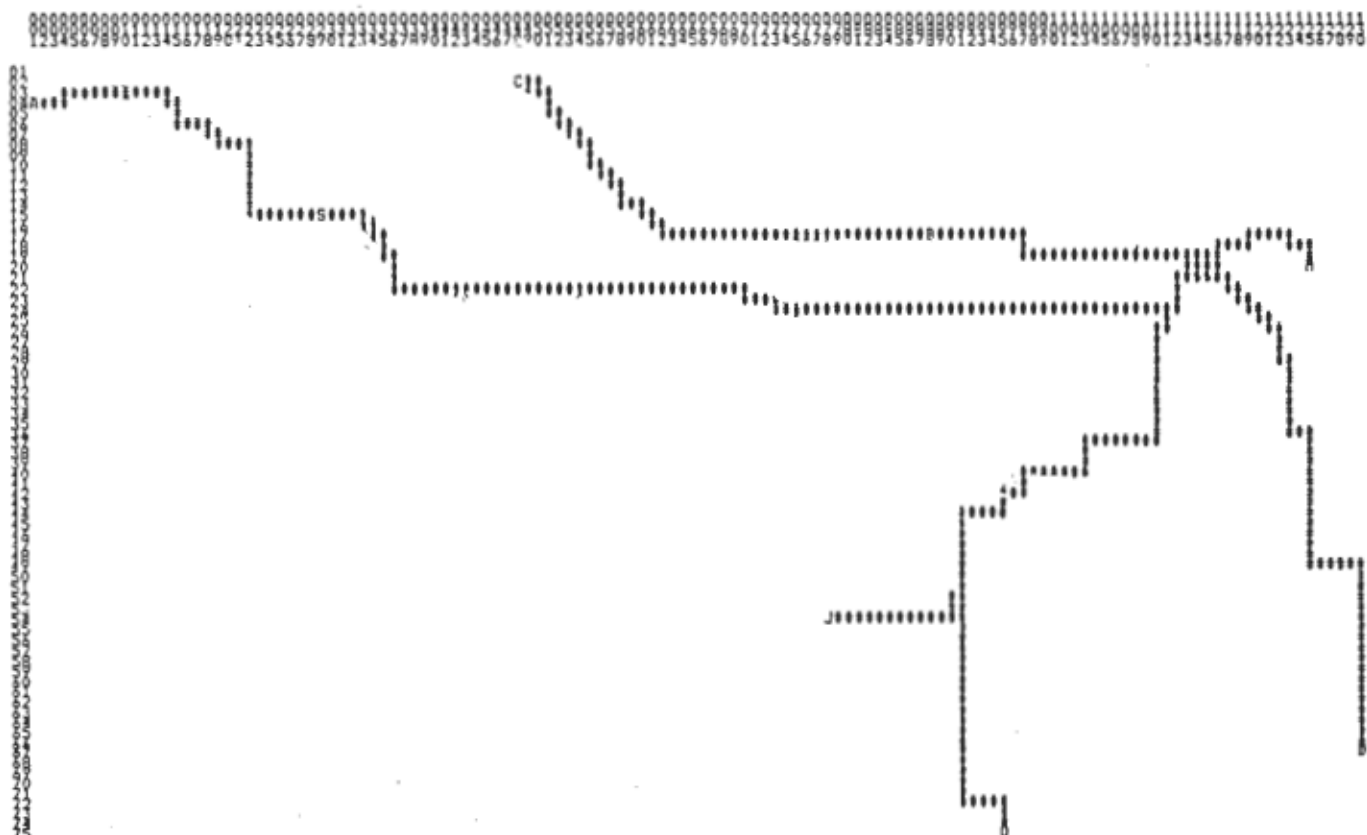


Figure 4.2.4 Arborescences d'origine M générées à partir du modèle de développement des ressources minières et du modèle actualisé associé

De même que dans la liaison M-A, la plupart des modèles actualisés, sauf le modèle du développement touristique et le modèle composite, (revoir au besoin le tableau 4.2.3 et les figures 4.3.3 et 4.3.4) utilisent la route 109 pour joindre le point D au point M (M-D). Le parcours est alors plus long que celui du lien direct (jusqu'à 20% de plus). Cependant nous ne retiendrons pas cette dernière option car, en plus d'être souvent rectiligne, c'est-à-dire provenant de classifications non discriminantes, elle dédoublerait un corridor existant et devrait traverser une voie ferrée.

Enfin le lien Matagami-Joutel (M-J), le plus attendu de cette problématique, est aussi le plus discuté. C'est le modèle de faisabilité technique (figure 4.2.3) qui produit le tracé approchant le plus celui de la route 109 dont il raccourcit le parcours (80 km au lieu de 88); ce tracé n'est pas trop éloigné de la proposition du modèle minier. Par contre, les chemins des modèles forestiers et écologiques sont diamétralement opposés; le premier utilise un coude est-ouest à la manière de la route 109 alors que le deuxième se prolonge dans l'axe nord-sud de l'esker puis emprunte l'axe B-M, contournant la rivière Allard à l'ouest. Le modèle touristique suit les voies humides, il longe la rivière Allard dans sa partie supérieure; c'est la proposition la plus longue (94 km). Les modèles composés arrivent tous à proposer un lien minimal de 80 km. Les modèles de conservation et composite suggèrent une voie semblable à celle de la protection écologique; la voie du modèle d'exploitation fait d'abord un virage à droite mais tend, aussi, à rejoindre ensuite l'axe B-M. Le modèle non-technique part de Joutel directement au nord et emprunte l'axe B-M encore plus tôt. La difficulté de sélectionner une liaison Matagami-Joutel est aussi accentuée par la présence de la rivière Allard; il n'est peut-être pas possible de choisir le lieu pour la traverser à cette échelle. La décision de favoriser la solution du modèle de faisabilité technique ou plutôt celle du modèle de conservation devra venir d'instances extérieures au modèle décisionnel.

Nous avons aussi examiné des problématiques d'origine A et B: nous ne nous y attarderons pas particulièrement car elles n'apportent pas d'idées

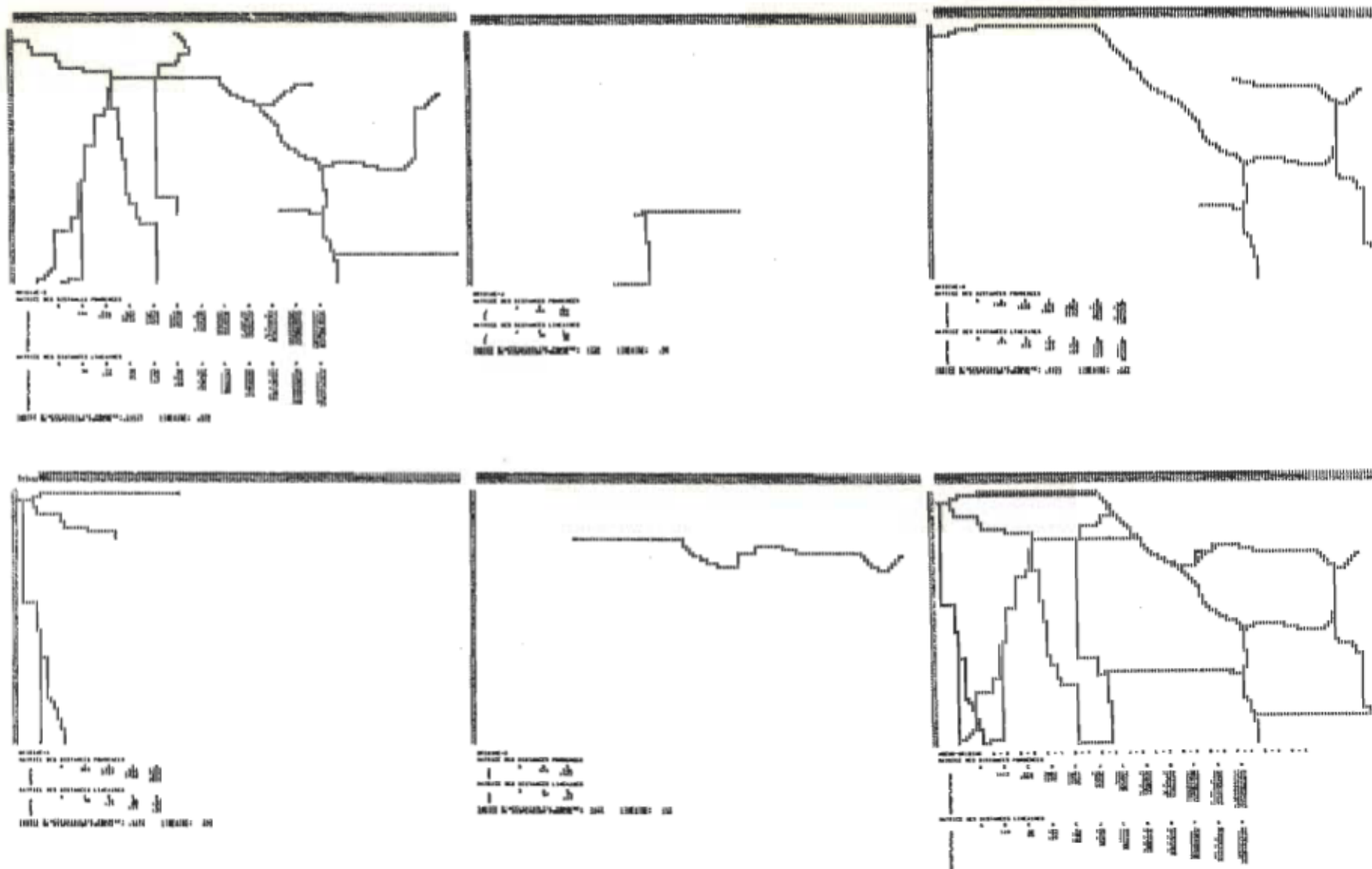


Figure 4.2.5 Réseau-synthèse généré à partir du modèle de faisabilité technique actualisé




nouvelles sur le plan méthodologique; cependant elles proposent d'autres chemins et de nouvelles structures. La figure 4.2.5 montre comment les diverses problématiques sont rassemblées en un seul réseau-synthèse. Ce réseau-synthèse réunit sur un même graphique toutes les arborescences minimales d'origines indiquées; un symbole spécial désigne l'origine des chemins. Les distances minimales entre les pôles, non-inclus dans les problématiques (exemple: L-C) ont aussi été calculées et ce, en utilisant les embranchements les plus directs.

La présente illustration des simulations de quelques problématiques origines-destinations veut souligner la flexibilité de la méthode, au sens où elle peut répondre à toutes nos demandes. Le niveau de complexité de l'analyse des résultats dépend alors de celui de la problématique considérée, il faut donc avoir déjà systématisé nos interrogations afin que les solutions apportées éclairent nos choix. Dans l'exemple de la problématique J-E-L, nous avons appris qu'une option favorisait la faisabilité technique et la protection écologique alors qu'une autre favorisait l'exploitation des ressources. Dans la détermination d'un lien S-V, nous avons vu que l'interaction sectorielle du modèle composite pouvait conduire à un compromis intelligent.

4.3 Comparaison avec les corridors projetés et synthèse des propositions

Les simulations précédentes, si elles étaient corroborées, démontreraient que notre outil peut être à la fois flexible et puissant. La validation des résultats s'appuiera sur les tracés routiers tels que compris par l'élément 29, voies de transport actuelles et projetées, reproduit à la figure 4.3.1. Il est possible que certaines de ces données soient maintenant surannées, puisqu'elles datent de 1978, néanmoins ceci ne modifie pas leur valeur de comparaison.

Les figures 4.3.1 à 4.3.4 réunissent les réseaux-synthèses soumis par les divers modèles. Nous ne pouvons comparer, réseau à réseau, nos propositions avec la situation actuelle car, d'une part, nous avons recherché des liens nouveaux ou fictifs (exemple: A-C, A-P, A-V, D-S, E-J) et d'autre part, plusieurs voies existantes répondent à des objectifs d'ouverture du territoire (exemple: routes forestières) plutôt qu'à des relations origines-destinations. Les comparaisons corridors à corridors sont déjà éloquentes.

Considérant la route 109 (en , figure 4.3.1, 4.3.2), nous devons d'abord exclure l'esker de la validation car ce semble être un choix trivial pour tous les modèles —et sans doute pour tout observateur— non seulement à cause de sa force relative dans la faisabilité technique mais aussi à cause de sa présence dans le potentiel faunique. Même le modèle non-technique le choisit en partie! Quant à l'autre portion (Matagami-Joutel) de la route 109, notre modèle de faisabilité technique la repère et la raccourcit. Il reconnaît aussi le corridor (en ) qui unit Selco (S) à l'esker, et qui passe par Phelps Dodge (B) pour rejoindre Matagami (M). Ce corridor apparaît également dans les propositions des modèles de développement des ressources minières, d'exploitation, de conservation et composite ainsi qu'en partie dans celles du modèle non-technique. Il s'agissait dans sa partie projetée d'une proposition de l'ex-Ministère des Richesses Naturelles (MRN). Les autres projections provenant du secteur minier (en ) Selco-Joutel (S-J) et Selco-Villevois (S-V) se retrouvent dans les réseaux des modèles minier, d'exploitation, et non-technique. Ces

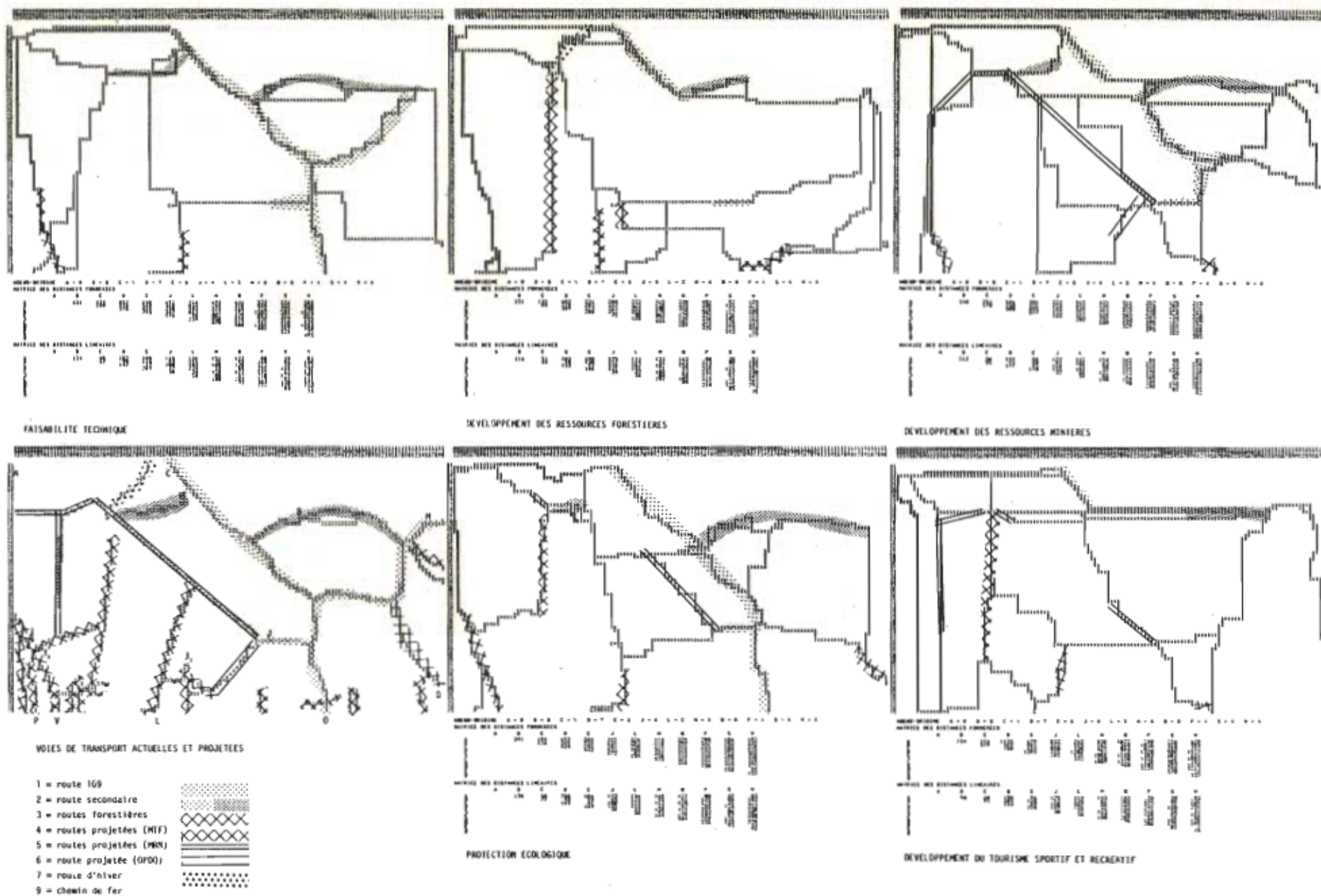


Figure 4.3.1 Réseaux-synthèses générés à partir des modèles indiqués

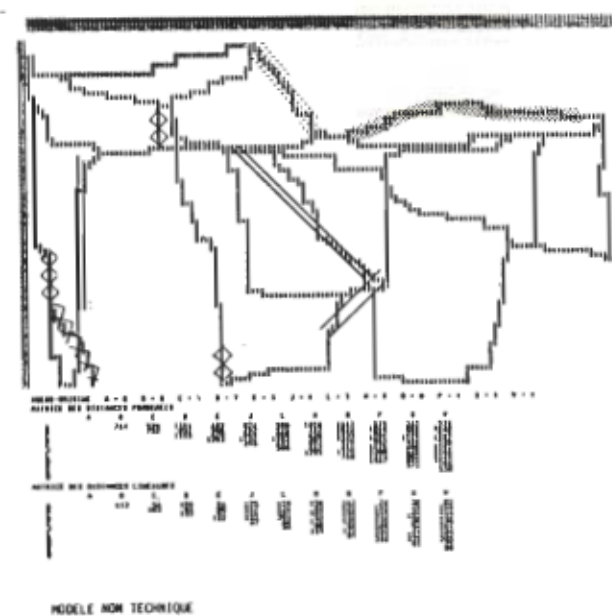
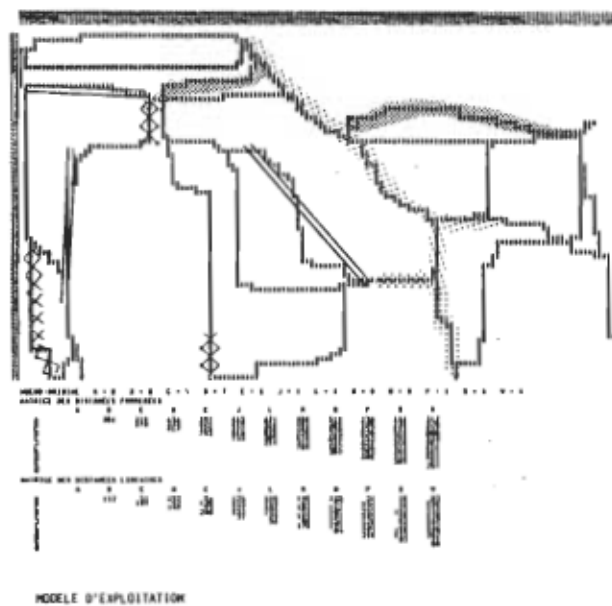
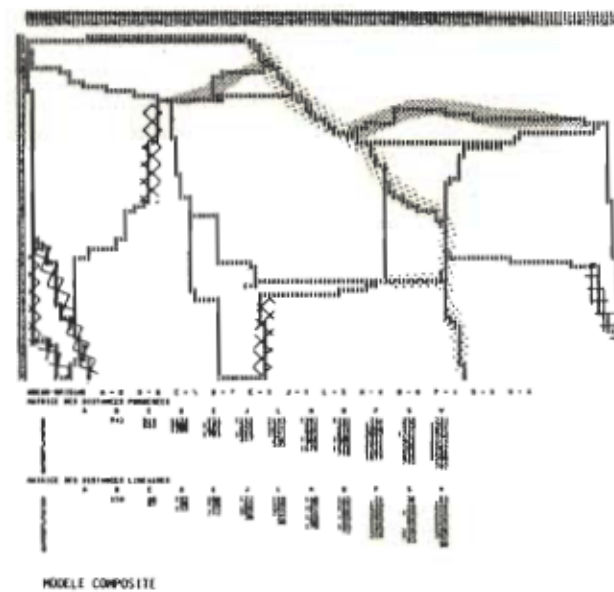
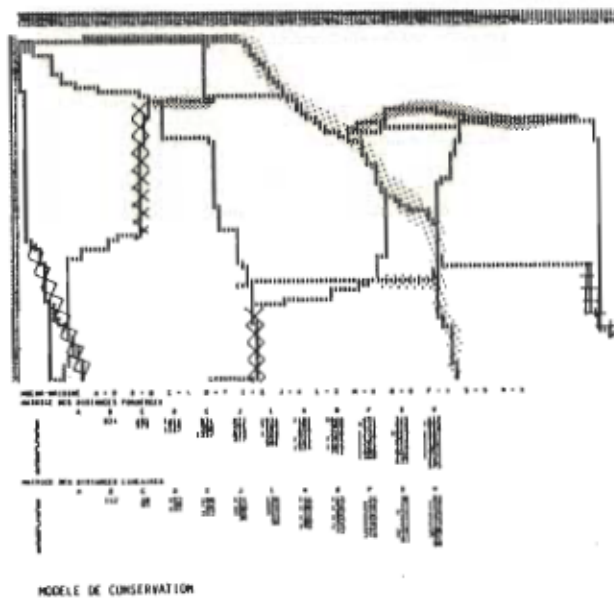


Figure 4.3.2 Réseaux-synthèses générés à partir des modèles indiqués

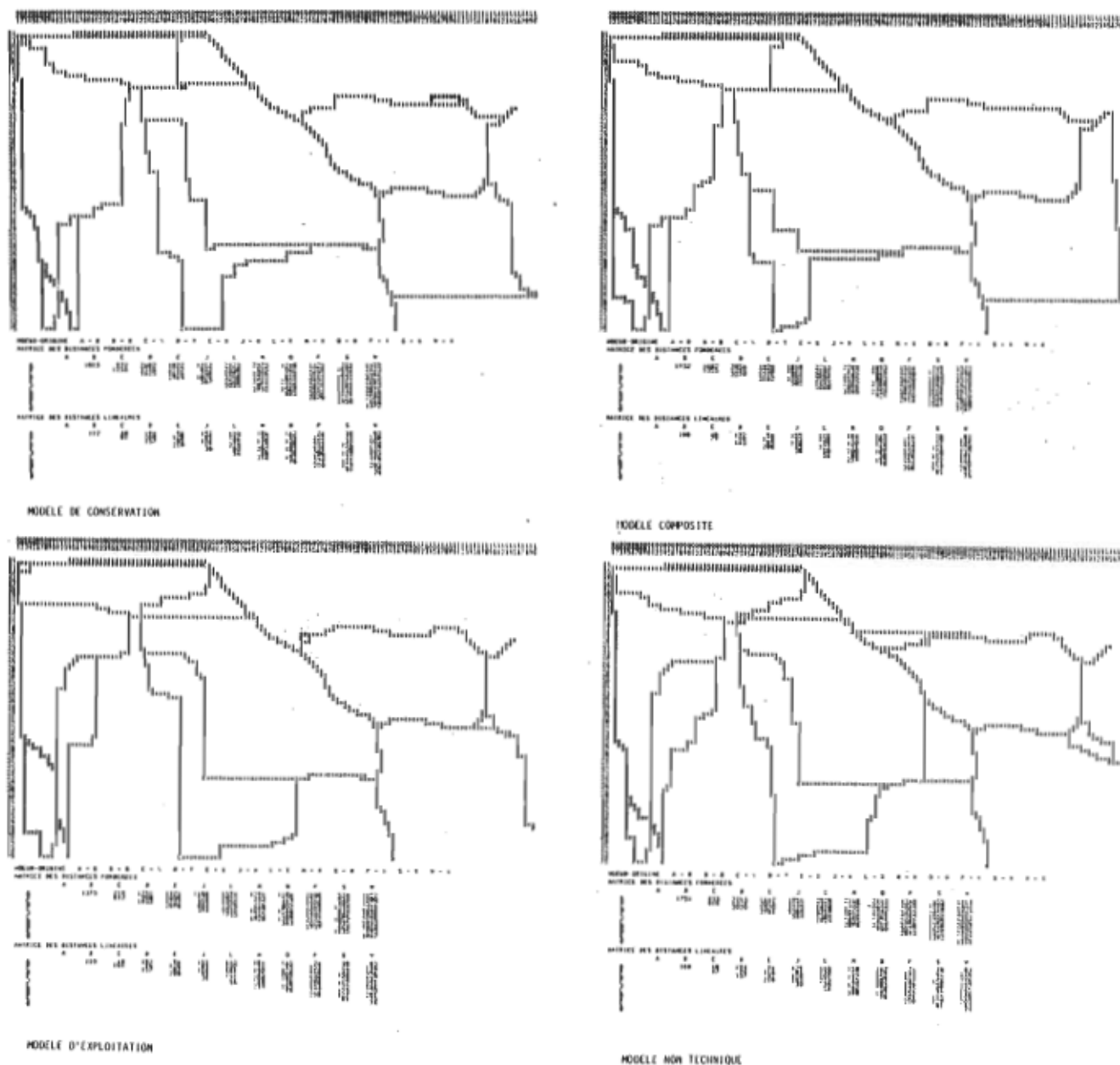




Figure 4.3.4 Réseaux-synthèses générés à partir des modèles actualisés indiqués

chemins font aussi, en partie, l'accord des modèles touristique et écologique. La route entre Selco et Villebois (en XXXXXXXX) projetée par l'ex-Ministère des Terres et Forêts (MTF), figure en entier dans les suggestions du modèle de développement des ressources forestières; elle est comprise en partie dans celles des modèles touristique, écologique, de conservation et composite. Certains autres tronçons de routes forestières, qui ne répondent pas à des contraintes origines-destinations, sont pourtant repérés par les différents modèles. Par exemple, le lien qui part de Lasarre (L) et qui veut rejoindre le corridor Selco-Joutel (S-J) ressort partiellement du modèle forestier. De même le lien qui unit D à la route 109 est présent dans les réseaux des modèles écologique, de conservation et composite; il se manifestera plus complètement dans les propositions actualisées (figure 4.3.3, 4.3.4). Le tronçon projeté par l'Office de Planification et de Développement du Québec (OPDQ) (en =====) peut être retrouvé dans le réseau minier ainsi que dans le réseau non-technique. Enfin la route d'hiver (en XXXXXXXX) apparaît dans le réseau du modèle de développement des ressources forestières. Même si les extrémités de ces deux derniers segments ne sont pas compris dans nos problématiques origines-destinations, ces segments sont pourtant choisis comme des voies de passage favorables.

Ces exemples montrent bien que chacun des modèles sectoriels fournit des propositions de corridors équivalentes à celle des organismes concernés, lorsqu'il y a lieu. C'est dire que nos modèles sont de bons représentants de leur secteur. 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. De plus, lorsqu'un élément comme la géologie de la roche en place se pose en facteur prépondérant pour composer le modèle de développement des ressources minières, nous devons reconnaître "l'objectivité" du biais disciplinaire. Nous voulons aussi souligner l'aisance avec laquelle les modèles environnementaux peuvent être modifiés selon les pondérations utilisées. Il ne faut pas les considérer comme des solutions uniques; ils possèdent plutôt une valeur indicative.

Avant d'examiner nos suggestions un peu plus globalement, rappelons que les réseaux-synthèses agglomèrent les arborescences minimales relatives aux problématiques proposées et illustrent donc les liens minimaux des origines aux destinations considérées. Mais comme nous l'avons vu dans la problématique du réseau optimal, la définition de celui-ci n'est pas évidente surtout quand les comparaisons quantitatives (exemple: problématique J-E-L) ne sont pas suffisantes pour faire des choix. Aussi nous ne considérerons pas ces réseaux-synthèses comme des réseaux optimaux mais nous voudrions comprendre les différentes structures qu'ils proposent.

Dans une synthèse des propositions, nous retenons d'abord, comme base du réseau, les corridors qui constituent des choix unanimes. Il s'agit évidemment du lien qui passe sur l'esker, du tronçon qui le joint à Joutel (C-J-0, en  dans les modèles de conservation et composite, figure 4.3.2) et du lien qui unit Selco à Matagami en passant par Phelps Dodge (S-B-M, en ). Ayant choisi l'axe B-M, le lien Matagami-Joutel (M-J), qui emprunte cet axe (protection écologique, modèle de conservation, modèle composite, et en partie modèle d'exploitation) se présente comme la meilleure option. Cependant pour satisfaire l'objectif d'utilisation des corridors existants, nous accepterons la voie de la route 109 qui se compare davantage à la suggestion de la faisabilité technique.

C'est alors qu'interviennent les solutions des modèles actualisés, pour qui le choix des voies actuelles (voies 1 et 2, figure 4.3.1) est automatique. Dans ces cas, le lien direct Selco-Joutel devient trop coûteux et disparaît des réseaux proposés. Mais des facteurs humains exogènes viennent imposer cette solution directe: la distance maximale (≤ 100 km, ≤ 45 min) qu'un travailleur de Joutel peut parcourir chaque jour pour se rendre à Selco est presque atteint par le lien direct et largement dépassé par la route 109 (125 km). Dans de telles circonstances et afin d'éviter un dédoublement des axes, nous suggérerions le passage par E qui fournit un parcours de longueur identique (S-E-J) au lien direct S-J (tableaux 4.2.1, 4.2.2). Si nous connaissons le lien E-J, par contre nous ne pouvons établir de consensus sur le lien S-E qui devrait être examiné à un niveau

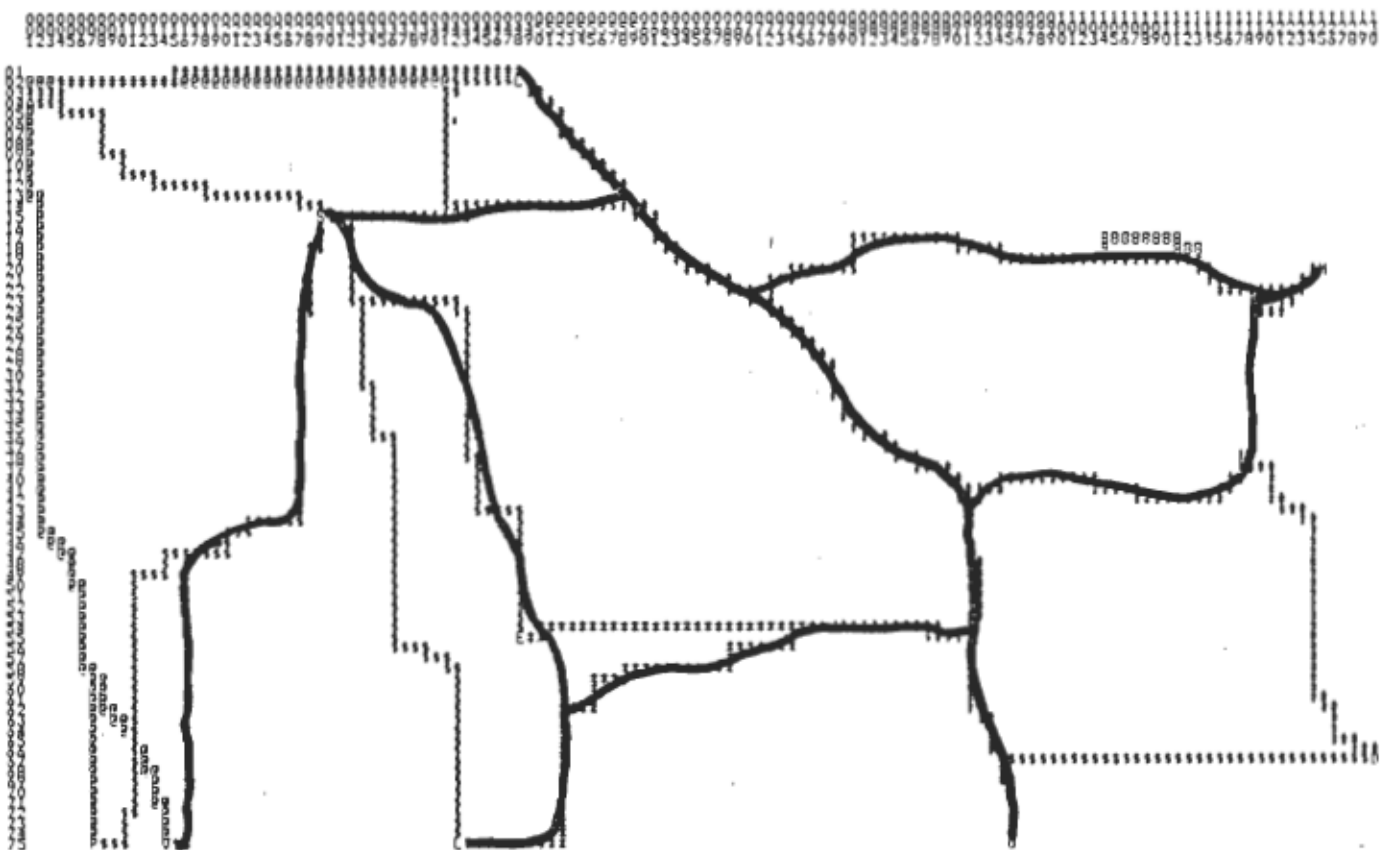
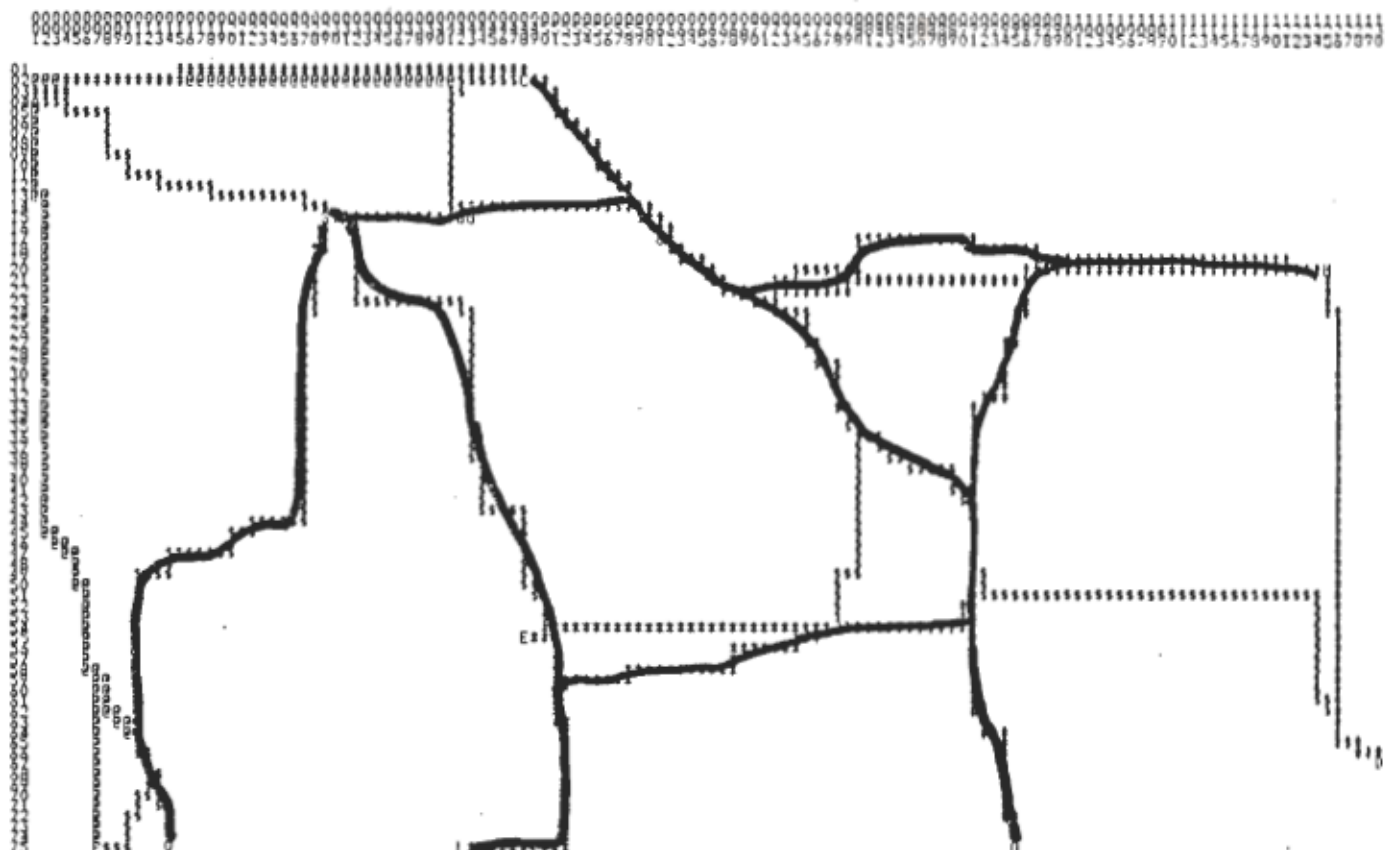


Figure 4.3.5 Propositions-réseaux dérivées du modèle de conservation et du modèle actualisé associé

de perception plus fin. Il serait ensuite attrayant de reprendre la solution théorique optimale du modèle de faisabilité technique (figure 4.2.3) et de compléter le lien E-L. Cette solution à la problématique S-E-J-L semble fort satisfaisante, surtout qu'elle minimise aussi les impacts écologiques. Cependant les voies projetées par les divers intervenants retiennent aussi l'alternative plus à l'est (figure 4.2.2) de la liaison J-L; elles utilisent également un premier tronçon du lien direct L-S. L'objectif d'ouverture du territoire semble l'emporter sur celui de la limitation du développement des corridors routiers, trois corridors (L sur E-J) sont retenus alors qu'un seul fournit une accessibilité comparable aux différents pôles rejoints! De même, alors que les modèles de conservation et composite réalisent un compromis dans la détermination du lien S-V entre les chemins forestiers et miniers en empruntant le premier dans sa partie supérieure et le deuxième dans sa partie inférieure, l'actuelle démarche uni-sectorielle conduit à construire les deux voies. De tels choix ne répondent certes pas à une volonté de minimiser les investissements en infrastructures, ni les pressions sur le milieu naturel. De plus, cette multiplication des corridors n'améliore pas de façon correspondante à son allongement l'accessibilité du réseau. La figure 4.3.5 illustre une contre-proposition réseau (en trait gras) plus rationnelle correspondant aux problématiques analysées en 4.2 et qui minimise la construction de nouveaux chemins, faisant ainsi objection aux voies projetées. (Il est amusant de superposer l'acétate, incluse en pochette, de la proposition-réseau aux cartes thématiques de l'annexe E.)

5- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce n'est pas sans raisons que nous joignons aux conclusions de l'étude ses développements futurs. 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 va s'intensifiant et 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. Cette tendance veut aussi pousser davantage l'interaction entre l'utilisateur et le modélisateur, et prend une saveur particulière dans le domaine des méthodologies d'évaluation d'impact.

En effet, les études d'impact étaient généralement vues comme un exercice technique et scientifique qui procuraient des informations "objectives" aux gestionnaires, donnant par la suite lieu à des "meilleures" décisions plus "rationnelles", appuyées sur un ensemble de connaissances à la fois précises et étendues sur les impacts environnementaux, sociaux et économiques des projets en cause. Mais elles tendent maintenant à devenir parties intégrantes d'un processus politique qui fait intervenir plusieurs acteurs. L'importance de la médiation environnementale dans la gestion des problèmes environnementaux ira donc s'accroissant et impliquera le développement de méthodes qui fourniront des informations pertinentes et compréhensibles aux parties intéressées. Les niveaux de connaissance et d'expertise de ces divers intervenants pourront être très variés, qu'il s'agisse de spécialistes, d'avocats ou du "grand public"; les informations provenant des analyses d'impact devront, pour leur être accessibles, prendre une forme plus qualitative et descriptive (Bisset, 1980). Bien que les décisions relatives au réseau routier examiné ici retiennent un nombre plus limité de participants que celles de la localisation d'une ligne de transport d'énergie ou d'un gazoduc, nous avons voulu tenir compte des directions méthodologiques sous-tendues par l'analyse de projets plus généraux.

De plus, l'envergure "réseau" du projet et le recours à une banque de données établie indique une nouvelle direction; ces caractéristiques placent cette étude dans un contexte de planification permanente, au sens où la localisation des corridors peut s'effectuer à mesure qu'apparaissent les besoins. Nous pouvons imaginer, par exemple, que, si le territoire de la Baie James ou celui de la Côte Nord se trouvait quadrillé comme la région de Matagami, le réseau routier les desservant pourrait être élaboré selon les développements envisagés en tenant compte de plusieurs options. Une telle orientation tendrait à transformer l'étude d'impact en planification environnementale, à faire entrer l'analyse ponctuelle dans un processus plus global dans le temps comme dans l'espace. Nous employons l'expression "planification environnementale", dans l'acception la plus élargie du terme "environnement", i.e. nous comprenons l'environnement naturel et l'environnement culturel. Dans le présent exercice, les éléments biogéophysiques dominent largement à cause de la colonisation peu importante de la région.

Nous verrons maintenant les moyens par lesquels nous avons voulu concrétiser ces deux aspirations théoriques, que constituent l'accessibilité à l'information et la médiation environnementale, tout en conservant à l'étude d'impact son caractère scientifique. Nous essaierons également d'identifier les points d'accroc et les conditions qui permettraient d'achever l'étape finale de l'implantation du modèle et de son intégration institutionnelle.

Considérons en premier lieu l'outil informatique lui-même, c'est-à-dire le système d'information géographique et le programme de recherche des corridors. Il est très encourageant de constater que la cartographie écologique s'étend à plusieurs régions du Québec (le Territoire de la Baie James, la Côte Nord et l'Ungava). Ces données étant informatisées au SIGEC, il sera alors possible à l'aide de procédures propres à ce système d'en obtenir une version quadrillée (cf. 2.2). Quant aux informations de sources diverses (géologie, forêts, etc.), leur mise en banque constitue un travail comparable à celui d'une cartographie manuelle et ne peut donc pas

être perçue comme une tâche hors de portée. Nous possédons ainsi effectivement les données nécessaires pour réaliser les classifications territoriales synthétiques qui président aux générations des corridors. Nous possédons également les moyens de visualiser rapidement ces données et leurs synthèses. Nous avons utilisé une sortie d'imprimante conventionnelle, qui bien que moins élégante que celle d'un traceur à plume, transmet la même information. Etant donné les développements technologiques accélérés de l'outillage informatique ("Computer Graphics Hardware"), il est à prévoir que les sorties sur écran deviendront rapidement accessibles et qu'elles faciliteront encore plus les combinaisons (au moyen de dessins en couleurs, par exemple!).

L'analyse de ces images requiert cependant une certaine habitude de lecture des cartes géographiques ainsi qu'une aptitude à la reconnaissance des formes. De plus, les choix effectués dans nos synthèses répondent à des concepts statistiques comme le "significatif" ou le "discriminant". Ces synthèses reposent alors sur des bases quantitatives plus solides que les précédentes (Canada, 1978). Des concepts scientifiques viennent arbitrer là où le sens commun se trouve dépassé, sans pour autant vouloir le contraindre. Par exemple dans un objectif de protection écologique, le sens populaire voudrait accorder la part du roi aux zones à originaux; or l'analyse des données démontre que ces zones sont si vastes dans la région d'étude qu'elles perdent leur pouvoir discriminant. Il devient alors inutile de leur donner un poids maximum dans la composition du potentiel faunique, si ces zones doivent être traversées. De telles observations ne sont pas triviales pour un non-scientifique; l'étape de l'analyse et de la combinaison des données restera donc une affaire de spécialistes, chaque représentant pouvant défendre son secteur avec le plus d'intérêt. De fait, il semble possible d'arriver à des classifications thématiques qualitatives scientifiques comme le démontre la comparaison avec les corridors projetés.

En effet, notons d'une façon un peu caricaturale que la qualité scientifique des informations finalement rassemblées ne saurait être mesurée d'après le nombre de chiffres après le point; elle dépend plutôt de la crédibilité qui peut leur être accordée, qui dépend elle-même des possibilités de vérification et de validation. Cette tâche variera en difficulté

selon le type de connaissances examinées. Lorsque nous "fabriquons" une carte de faisabilité technique à cette échelle (1:250 000), nous nous situons bien en deça du niveau d'expertise en la matière; nous réalisons alors une véritable synthèse dont la validation et la révision peuvent être directes. Il aurait même été possible de fabriquer cette carte de potentiel à une échelle plus fine, par exemple le 1:50 000, qui est l'échelle de la carte de la biologie des dépôts meubles. Certaines analyses (Rasmussen et al., 1980) arrivent alors à associer à ce type de classification un coût de construction par mille. Le gestionnaire trouvera ce genre d'indications particulièrement intéressantes; cependant nous devons faire une mise en garde: si nous combinons des données dont la précision est variable, nous risquons de vouloir accorder le plus d'importance à celles qui sont les plus détaillées. Nous nous trouverons alors confrontés au problème de la quantification et de l'additivité des différentes valeurs entrant dans une étude environnementale. Aux critères techniques, nous pouvons associer assez facilement des évaluations monétaires tandis que les valeurs de conservation ou de développement ne peuvent être quantifiées aussi aisément. De plus, elles ne s'étendent pas à un horizon temporel comparable! Si nous semblons donc posséder les instruments qui nous permettraient d'arriver à une classification technique des terres "scientifiquement" acceptable, lorsque nous abordons les questions du potentiel faunique, et à un degré moindre, du potentiel minier, notre "science" sera beaucoup moins orthodoxe car elle inclura des notions de possibilité et d'incertitude. Sans vouloir nier de telles notions, nous essayons de minimiser leurs effets délétères sur le choix des corridors en utilisant les classes les plus sûres des classifications incertaines. Ce genre d'attitude face au non-connu semble adéquat dans le cas de la présente étude. De plus la stabilité temporelle des différents potentiels peut varier considérablement. Ainsi il n'est pas probable que les mouvements de l'écorce terrestre ou les progrès de la technologie viennent modifier le potentiel minier, alors que, considérant un système aquatique, les déversements de l'industrie minière pourrait transformer les potentiels ichthyologiques dans un court laps de temps.

Quelle que soit la confiance que les scientifiques et les spécialistes mettront dans leurs classifications synthétiques, ces "brassages" de données placeront toujours le gestionnaire ou l'examineur externe face au syndrome de la boîte noire. Bien que nous ayons tenté de rendre les combinaisons les plus simples et les plus explicites possibles, de réduire leur niveau d'agrégation, nous sommes conscients que le gestionnaire ne pourra souvent faire autre chose que de les accepter, comme il accepte l'expertise de spécialistes, dont il ne connaît pas plus les bases de jugement, qu'il ne connaît les mécanismes de la modélisation. Bien qu'il s'agisse d'un problème profondément culturel, un gestionnaire plus "technocrate" serait sans doute plus ouvert aux méthodes quantitatives qu'un administrateur de formation plus littéraire, nous pouvons tenter différents efforts pour combler ce fossé. Nous avons suggéré différents procédés graphiques pour faciliter la visualisation des combinaisons, encore qu'il soit possible d'y apporter des améliorations.

Les véritables résultantes du modèle décisionnel que sont les propositions de corridors ne pourront prendre une forme plus explicite que celle de leur tracé. C'est une forme que comprendront tous les profanes intéressés au débat et qui ont donc une assez bonne connaissance de la région étudiée. Les dimensions physiques du présent rapport ($8 \frac{1}{2} \times 11$) nous ont contraints à réduire quelquefois les images des réseaux proposés au prix d'une perte de clarté évidente. Cependant ramenées à une échelle plus acceptable, superposées au fond de carte ou aux cartes thématiques, les propositions-réseaux prendront toute leur signification. Nous pourrions aussi apporter quelques améliorations au programme de recherche des corridors. Si l'effet-escalier semble vraiment indésirable, il est possible de rendre les noeuds diagonaux accessibles pour l'éliminer; ceci aura cependant pour effet de multiplier par deux le temps de calcul. Il serait également possible d'utiliser une procédure semblable à celle par laquelle les propositions actualisées empruntent les routes principales, pour générer de secondes meilleures solutions pour chacun des modèles sectoriels, ou encore pour faire évaluer la proposition d'un secteur par un autre secteur: ainsi par exemple, la proposition du secteur protection écologique pourrait être évaluée par le secteur technique.

De telles évaluations quantitatives aideraient à comparer les différents "trade-off", à voir quel est le coût en termes de faisabilité technique de la solution du modèle minier ou du modèle écologique. C'est ce type de possibilités, de même que la construction de modèles composés, qui permet au modèle décisionnel de réaliser une certaine médiation environnementale. Lorsque le modèle de développement des ressources forestières propose un chemin plus à l'est que le modèle de développement des ressources minières, existe-t-il un autre compromis acceptable que celui de construire les deux voies? Dans cet exemple, il est très intéressant de constater que le choix des modèles composés de plusieurs objectifs réalisent une manière de compromis entre ceux-ci en favorisant dans des parties différentes chacun des deux secteurs impliqués. Puisque les pondérations thématiques sont souvent tranchées et plutôt extrêmes, pour que leur somme soit significativement élevée, il faut presque obligatoirement qu'une de celles-ci le soit également, c'est-à-dire qu'au moins un des multiples objectifs donne des résultats satisfaisants.

Nous ressentons ici de nouveau la nécessité du dialogue intersecteurs pour nous permettre d'évaluer véritablement la valeur de cette médiation. L'interaction utilisateur-modélisateur devient indispensable à la validation du modèle afin de confronter les spéculations du modèle avec des appréciations subjectives. 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 au modèle. En effet, nous avons tenté de produire un modèle dont la structure est suffisamment flexible pour être modifiée.

Les désavantages habituels d'une modélisation mathématique sont reliés en général à son caractère trop strict qui l'éloigne alors d'une réalité plus mouvante. Si ce caractère est souvent inhérent aux procédures elles-mêmes qui doivent répondre à une logique rigoureuse, nous avons cependant tenté à l'aide de la simulation de lui donner plus de souplesse. Même des objectifs sur lesquels la structure du modèle se trouve assise, tels la

minimisation de la longueur du réseau et les relations origines-destinations, qui dans les faits peuvent être contredits par un objectif d'ouverture du territoire, peuvent être contournés par l'ajout de destinations qui représenteraient justement des territoires à ouvrir. L'obtention facile de solutions à des options diverses minimise les effets d'une logique trop restrictive.

L'utilisation d'un tel modèle décisionnel appelle cependant une démarche systématisée. La nécessité d'une telle démarche conjuguée à celle de la réunion des divers intervenants sectoriels fait surgir le problème de son intégration institutionnelle. Bien qu'il puisse être utilisé avec profit par des agences mono-objectif, comme Hydro-Québec, il ne saurait être exploité à fond que par un organisme coordonnateur, qui identifierait les besoins régionaux et placerait la construction routière dans un contexte plus global de développement que ne peut le faire le ministère des Transports. Pour réaliser une telle coordination, il faudrait que des organismes comme la Société de Développement de la Baie James ou l'Office de Planification et de Développement du Québec aient des pouvoirs plus réels que ceux qu'ils possèdent actuellement.

Même si l'application d'un modèle décisionnel plus scientifique à la localisation environnementale d'infrastructures routières peut encore faire l'objet du rejet "culturel" de la planification en un domaine traditionnellement politisé, nous possédons les instruments de pointe pour l'implanter. Nous espérons ainsi, à l'aide d'un outil concret, ouvrir la voie à la planification environnementale. Le présent travail nous a également permis de montrer comment les données qualitatives de l'inventaire écologique de la Baie James 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

Mes premiers remerciements iront à monsieur Pierre Legendre et à monsieur Jean-René Côté du Centre de Recherches en Sciences de l'Environnement (CERSE) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), qui ont d'abord cru à l'utilité et à l'applicabilité des méthodes informatiques en sciences de l'environnement. Leur souci d'en faire une science appliquée les plaçait en relation avec les agences concernées, notamment la Société de Développement de la Baie James (SDBJ), qui possédaient les ingrédients d'une analyse environnementale. Par la suite, ils ont su me donner un appui technique et financier sans lequel ce projet n'aurait pu être mené à terme.

Je dois ensuite assurer monsieur Patrick Déoux et monsieur Xavier Ceccaldi, urbanistes-aménagistes à la municipalité de la Baie James, de ma sincère reconnaissance pour les heures de discussion parfois allongées mais toujours animées qu'ils ont consacrées à ce projet au cours de l'été 1979. Leurs contributions ont profondément modifié le cadre envisagé de l'étude, plaçant une conscience écologiste idéaliste dans un contexte plus réaliste. J'espère, dans la version finale, refléter fidèlement cette saine interaction interdisciplinaire. Par ailleurs, j'ai grandement apprécié la contribution financière de la municipalité de la Baie James.

Je voudrais également remercier de leur assistance cordiale monsieur Denis Desrochers, informaticien, Environnement SDBJ; monsieur Hubert Manseau, responsable de l'informatique à l'enseignement-recherche, monsieur Jean-François Guedon et monsieur André Ostiguy à l'assistance technique du Service de l'informatique de l'UAQM. Je remercie aussi monsieur Raymond Bergeron, chef de service à l'Environnement, SDBJ, de m'avoir donné accès au service de documentation de la société.

Enfin, si le présent document revêt une forme un peu plus digestible, c'est à l'attention de monsieur Jean-Pierre Villeneuve de l'Institut National de la Recherche Scientifique-Eau que je le dois.

Je veux remercier pour son minutieux travail de codification, mademoiselle Marie-Maude Dufour, de même que pour leur excellent travail de dactylographie, souvent en dehors des heures régulières, mademoiselle Sylvie Cloutier de l'INRS-Eau et mademoiselle Céline Guilbert de l'UQTR.

Et puissent les derniers être les premiers, je voudrais exprimer ma profonde gratitude à monsieur Antoine Aubin, directeur, ainsi qu'à tous les membres du Groupe de Recherche sur les Insectes Piqueurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières qui m'ont apporté non seulement leur support technique, au niveau de la documentation en particulier, mais qui m'ont aussi procuré pendant les quelques années de cette étude un climat de travail amical et détendu.

COLLABORATEURS ET PERSONNES CONSULTÉES

Collaborateurs

M. Xavier Ceccaldi, urbaniste-aménagiste
Municipalité de la Baie James

M. Patrick Déoux, urbaniste-aménagiste
Municipalité de la Baie James

Personnes consultées

M. Alain Cloutier, biologiste
Université du Québec à Trois-Rivières

M. Pierre-Yves Larose, géologue-consultant
Société de Développement de la Baie James

M. Michel Letendre, biologiste
Société de Développement de la Baie James

M. Yvon Lussier, ingénieur-forestier
Blais, McNeil et Associés

M. Simon Vézina, ingénieur
Société d'Énergie de la Baie James

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alberta (1976) Grande Prairie — Grande Cache Area Environmental Planning Study. A Discussion of Possible Road Needs, background report #2, by Bob Morrison.
- Alberta (1977) Grande Prairie — Grande Cache Area Environmental Planning Study. Identification and Resolution of Policy Issues, background report #3, by Bob Morrison.
- Alberta (1978a) Grande Prairie — Grande Cache Area Environmental Planning Study. Environmental Impact Analysis: Southwestern Alignments, background report #10, by Steven Rivers.
- Alberta (1978b) Grande Prairie — Grande Cache Area Environmental Planning Study. A Transportation Planning Analysis of Route Alternatives, subcommittee report, by Vic Fafard, Jim Lovatt and Ronan Manastersky.
- Alexander, C. and Manheim, M.L. (1962) The Use of Diagrams in Highway Route Location: an Experiment. Publication #161, Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, Mass., 119 p.
- Bennett, R.J. and Chorley, R.J. (1978) Environmental systems — Philosophy, analysis and control. Princeton University Press, Princeton, N.J., 623 p.
- Berge, C. (1958) Théorie des graphes et ses applications. Dunod, Paris.
- Bergeron, R., Levasseur, J.M. et Mondoux, J.M. (1977a) Clef de Potentiel pour le Rat-musqué. Société de Développement de la Baie James (Montréal).
- Bergeron, R., Levasseur, J.M. et Mondoux, J.M. (1977b) Clef de Potentiel pour la loutre. Société de Développement de la Baie James (Montréal).
- Bergeron, R., Levasseur, J.M. et Mondoux, J.M. (1977c) Clef de Potentiel pour le lièvre. Société de Développement de la Baie James (Montréal).
- Bisset, R. (1980) Methods for Environmental Impact Analysis: Recent Trends and Future Prospects. Journal of Environmental Management, 11, 27-43.
- Budnick, F.S., Mojena, R. and Vollmann, T.E. (1977) Principles of Operations Research for Management. Richard D. Irwin Inc., Homewood, Illinois. 756 p.
- Bunge, W. (1966) Theoretical Geography. Lund Studies in Geography, Series C, General and Mathematical Geography #1, Lund, Sweden, 289 p.
- Calkins, H.W., Marble, D.F. and Peuquet, D.J. (1978) Information System Support of Regional Environmental Analysis. In: Regional Environmental Systems: Assessment of RANN Projects, Vol. II, pp. 77-107. University of Washington, Seattle.

- Canada (1974) Environment Canada, Lands Directorate. Canada Geographic Information System.
- Canada (1975) Environnement Canada, Service des Études Écologiques Régionales. Évaluation du potentiel récréatif des écosystèmes aquatiques, par Michel Jurdant. (Rapport ETBJ #25).
- Canada (1977a) Environnement Canada, Direction générale des terres. Le Système d'Information Géographique du Canada, par W.A. Switzer.
- Canada (1977b) Environnement Canada, Gestion de l'Environnement. Évaluation pour la faune ichthyenne, par Jean-Maurice Mondoux. (Rapport préliminaire).
- Canada (1977c) Environnement Canada, Service des Études Écologiques Régionales. Interprétations des cartes écologiques du territoire de la Baie James pour le secteur ingénierie, par Michel Jurdant. (Rapport ETBJ #32).
- Canada (1977d) Environnement Canada, Service des Études Écologiques Régionales. Sites intéressants du territoire de la Baie James, par L.D. Brown et al. (Rapport ETBJ #36).
- Canada (1978) Environnement Canada, Service des Études Écologiques Régionales. Pour une utilisation optimale de la carte écologique dans le cadre d'un aménagement intégré du territoire (exemple du réservoir Opinaca), par J.P. Ducruc, L. Gérardin et D. Bérubé. (Rapport ETBJ #37)
- Crener, M. et Monteil, B. (1975) Principes de Management. Les Presses de l'Université du Québec, Sillery. 531 p.
- Dangermond, J. (1979) Selecting New Town Sites in the United States Using Regional Data Bases. Presented at The Second Annual International User's Conference on Mapping Hardware, Software, and Data Bases. Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis. July 15-20, 1979. (non publié)
- Desjardins et Sauriol et Associés (1978) Complexe hydro-électrique Grande-Baleine, étude d'accès, Tome I, Les Stratégies. Pour Hydro-Québec (Montréal).
- Dial, R., Glover, F., Karney, D. and Klingman, D. (1977) A Computational Analysis of Alternative Algorithms and Labeling Techniques for Finding Shortest Path Trees. Research Report CCS 291, Center for Cybernetic Studies, University of Texas, Austin. (Also in: Networks (1979) 9, 215-248).
- Dionne, R. and Florian, M. (1979) Exact and Approximate Algorithms for Optimal Network Design. Networks 9, 37-59.
- Dooley, J.E. and Newkirk, R.T. (1976) A Planning System to Minimize Environmental Impact Applied to Route Selection. Kybernetes 5, 213-220.

- 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. Environnement Canada, Services des Etudes Ecologiques Régionales, Québec.
- Ford, L.R. and Fulkerson, P.R. (1962) Flows in Networks. Princeton University Press, Princeton, N.J. 194 p.
- Gérardin, V. (1980) L'inventaire du Capital-Nature du territoire de la Baie James - Les régions écologiques et la végétation des sols minéraux, Tome 2: annexes. Environnement Canada, Service des Études Écologiques Régionales, Québec.
- Gilliland, M.W. and Risser, P.G. (1977) The Use of Systems Diagrams for Environmental Impact Assessment: Procedures and an Application. Ecological Modelling, 3, 183-209.
- Griffith, C. (1980) Geographic Information Systems and Environmental Impact Assessment. Environmental Management, 4(1), 21-25.
- Haggett, L. and Chorley, R.J. (1969) Network Analysis in Geography. St Martin's Press, New York. 348 p.
- Hall, A.S. and Day, J.W. (1977) Ecosystem Modeling: in Theory and Practice an Introduction with Case Histories. John Wiley and Sons, New York. 684 p.
- Hausmanis, I. (1971) Computer Aided Analysis of Alternative Route Locations Within the Guelph-Dundas Test Area. M. Eng. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto. 81 p.
- Holling, C.S. (Ed.) (1978) Adaptive Environmental Assessment and Management. John Wiley and Sons, New York and Chichester. 377 p.
- Horning, G.H. (1972) Factors affecting the location of regional transportation corridors. M. Eng. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- Hydro-Québec (1978) Études générales d'accès au Complexe Grande Baleine. (Montréal).
- Jurdant, M., Bélair, J.L., Gérardin, V. et Ducruc, J.P. (1977) L'inventaire du Capital-Nature - Méthodes de classification et de cartographie écologique du territoire. Environnement Canada, Service des Études Écologiques Régionales, Direction générale des terres, Québec.
- Krauskopf, T. and Bunde, D.C. (1972) Evaluation of Environmental Impact through a computer modelling process. In: Ditton, R.B. and Goodale, T.L. (Eds), Environmental Impact Analysis: Philosophy and Methods. University of Wisconsin, pp. 107-125.
- Kuntzmann, J. (1972) Théorie des Réseaux (Graphes). Dunod, Paris.
- Manheim, M.L. (1966) Hierarchical Structure: A Model of Design and Planning Processes. M.I.T. Report #7. The M.I.T. Press, Cambridge, Mass. 227 p.

- McGregor Smith, J. and Liebman, J.S. (1978) A zero-one integer programming formulation of the problem of land-use assignment and transportation-network design. *Environment and Planning B* 5, 101-115.
- McHarg, I. (1967) Where Should Highway Go? *Landscape Architecture*. 179-181.
- Munn, R.E. (Ed.) (1979) SCOPE 5 (2nd éd.) Environmental Impact Assessment - Principles and Procedures. John Wiley and Sons, Toronto.
- Newkirk, R.T. (1976) A Computer Based Planning System to Optimize Environmental Resource Allocations when Locating Utilities. Ph. D. Dissertation, University of Western Ontario, London. 315 p.
- Newkirk, R.T. (1979) Environmental Planning for Utility Corridors. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan.
- Page, J. (1979) Assessment of Highway Impacts: A Statistical Approach Utilising Factor Analysis. De Leuw Cather, Chicago.
- Québec (1976) Conseil consultatif de l'environnement. Localisation des corridors de transport.
- Québec (1977a) Ministère des Richesses Naturelles, Direction générale des mines. Géologie des dépôts meubles de la région de Joutel-Matagami, par Luc Chauvin.
- Québec (1977b) Ministère des Terres et Forêts, Service des plans d'aménagement. Profil biophysique - unité de gestion "Harricana", par Serge Vézina.
- Québec (1977c) Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche Faunique. Clé d'évaluation du potentiel du territoire de la Baie James pour l'original (1ère approximation), par Hélène Jolicoeur.
- Québec (1978) Ministère des Terres et Forêts, Services des plans d'aménagement. Profil biophysique - unité de gestion "La Sarre", par Serge Vézina.
- Rasmussen, W.O., Weisz, R.N., Ffolliott, P.F. and Carder, D.R. (1980) Planning for Forest Roads - A Computer-Assisted Procedure for Selection of Alternative Corridors. *Journal of Environmental Management* 11, 93-104.
- Roberts, P. (1957) Using New Methods in Highway Location. *Photogrammetric Engineering* 23 (3), 563-569.
- Robinson, B.N., Anderson, G.D., Cohen, E. and Gazdzik, W.F. (1979) Scientific Information Retrieval (SIR), User's Manual. SIR Inc., Evanston, Illinois.
- Roche Associés Ltée (1976) Dossier Selco. Phase I, Dossier écologique et localisation de corridors de transport. Pour le Ministère des Richesses Naturelles, Québec.

- Roy, B. (1970) Algèbre moderne et théorie des graphes, tome 2. Dunod, Paris.
- Schuler, A. and Meadows, J.C. (1975) Planning Resource Use on National Forests to Achieve Multiple Objectives. *Journal of Environmental Management* 3, 351-366.
- Société de Développement de la Baie James - Environnement Canada (1976) Évaluation du potentiel pour le brochet du nord, le doré jaune, la truite grise et la ouananiche (1ère approximation), par Jean-Maurice Mondoux. (Rapport ETBJ #29).
- Société de Développement de la Baie James - Environnement Canada (1977a) Évaluation du potentiel pour la sauvagine, par Jean-Maurice Mondoux, Jean-Marc Levasseur et Denis Lehoux. (Rapport ETBJ #34).
- Société de Développement de la Baie James - Environnement Canada (1977b) Clé de potentiel pour le castor (3ième approximation), par Jean-Marc Levasseur et Jean-Maurice Mondoux. (Rapport ETBJ #35).
- Société de Développement de la Baie James (1978) Environnement et Aménagement, Schéma d'aménagement global du territoire de la Baie James - Problématique.
- Société de Développement de la Baie James (1979) Informatique, Répertoire des cotes et légendes des descripteurs de la banque de données d'inventaire écologique du territoire de la Baie James.
- Société de Développement de la Baie James (1980) Orientation du Développement et de l'Aménagement du Territoire de la Baie James - Problématiques sectorielles et intégration.
- Société d'Énergie de la Baie James (1978) Connaissances du milieu des territoires de la Baie James et du Nouveau-Québec.
- Somer Inc. (1978) Étude générale d'accès au Complexe Grande-Baleine - Évaluation comparative et détermination des corridors et des zones d'emplacement de moindre impact. Pour Hydro-Québec (Montréal).
- Steenbrink, P.A. (1974) Optimization of Transport Networks. John Wiley and Sons, London, 325 p.
- Steinitz Rogers Associates Inc. (1975) The Santa Ana River Basin: An Example of the Use of Computer Graphics in Regional Plan Evaluation. IWR Contract Report, 75-3. Cambridge, Mass.
- Turner, A.K. (1970) Computer-assisted Regional Corridor Selection. Publication 70-41, Department of Civil Engineering, University of Toronto, 27 p.
- Turner, A.K. (1976a) Computer-aided environmental impact analysis, Part 1: procedures. *Colorado School Mineral Industries Bulletin*, 19 (2), 1-23.
- Turner, A.K. (1976b) Computer-aided environmental impact analysis, Part 2: applications. *Colorado School Mineral Industries Bulletin*, 19 (3), 1-16.



Figure 1.2.1 Cadre géographique de l'étude

ANNEXE A - DESCRIPTION DU SYSTÈME RÉGIONAL DE BASE
par Xavier Ceccaldi et Patrick Déoux

Municipalité de la Baie James, 14 mai 1979

1. Cadrage physique de l'étude

Afin de fournir à l'étude un cadrage physique composé des différents éléments de base d'un système régional, nous nous attacherons à décrire, dans ses grandes lignes, la région écologique de Matagami. La description de ce système sera donc relativement exhaustive pour cette région mais ne sera pas représentative d'un système régional plus complexe du Québec de base.

En un premier temps, on distinguera le système urbain et le système de transport représenté d'une part, par un ensemble de pôles fixes (villes, villages) inégalement répartis sur la surface, et d'autre part, par une série de lignes ou de réseaux, reliant les pôles entre eux ou avec d'autres points à l'extérieur du territoire considéré.

Ces réseaux peuvent être de nature différente dépendamment du mode de transport qu'ils soutiennent (réseau routier, aérien, ferroviaire).

En un second temps, on distinguera les surfaces entre les pôles et les réseaux à travers les notions de potentiels et de contraintes qui permettent de décrire, qualitativement et quantitativement, l'ensemble de l'aire à l'étude. Dans une région ressource telle que celle de Matagami, les potentiels seront principalement miniers, forestiers et touristiques. De plus, certains éléments du milieu seront reliés aux activités traditionnelles des autochtones. Les contraintes seront environnementales (écologie), légales (zonage, catégorie de terres), techniques (problèmes d'ingénierie) et sociales (main-d'oeuvre).

En un dernier temps, il est indispensable de compléter cette image par une description des éléments moteurs au développement régional, soit les différents champs des activités économiques, qui évoluent dans l'espace que nous venons de décrire. Ces activités, bien sûr, se développent en fonction des potentiels et des contraintes de la région.

2. Description des composantes des systèmes

2.1 Le système urbain

Défini par un centre urbain (ville, village) et l'espace avoisinant, il se décrit en termes de:

- localisation;
- fonction (diversité de la base économique);
- taille de la population;
- structure démographique;
- indicateurs socio-économiques (chômage par secteur d'activité, etc);
- nature de la main-d'oeuvre (répartition par secteur d'activité, etc);
- capacité d'accueil;
- niveau de service offert (services et équipements);
- mode de tenure (propriétaires, locataires);
- croissance envisagée.

2.2 Le système de transport

2.2.1 Le réseau routier

Défini tant par le réseau de base (réseau provincial, etc.) que par le réseau de pénétration (exploitation des ressources), il se décrit en termes de:

- distances routières;
- utilisation spécifique ou fonction;
- standards;
- expansion probable, envisagée (projection).

2.2.2 Le réseau aérien

Se décrit en termes de:

- localisation des aéroports;
- distances aériennes;
- autres types de base aérienne (hydravion, hélicoptère);
- standards.

2.2.3 Le réseau ferroviaire

Se décrit en termes de:

- localisation;
- capacité de stockage et localisation des aires de stockage;
- standards.

2.2.4 Les coûts de transport

- les coûts unitaires de transport par mode et par type de marchandise (minerai, produits forestiers, personnes).

2.3 Les potentiels

Un potentiel peut être absolu s'il n'est pas envisagé sous l'angle de la rentabilité de son exploitation, donc s'il est simplement intrinsèque à la région, ou il peut être économique s'il est fonction de sa mise en valeur dans un horizon de temps donné.

2.3.1 Le potentiel minier

Il peut être connu de façon plus ou moins systématique:

- indices minéralisés, zones d'anomalies;
- connaissance systématique de la valeur économique (modèle de potentiel).

2.3.2 Le potentiel forestier

Il peut être calculé de différentes façons:

- peuplements, espèces commerciales (taille, âge);
- disponibilité de la matière ligneuse;
- accessibilité.

2.3.3 Le potentiel touristique

Se scinde en deux types: les activités halieutiques et cynégétiques:

- espèces fauniques et aquatiques d'intérêt;
- accessibilité et niveau d'équipement disponible (pour voyage)

et le tourisme de masse:

- sites et paysages d'intérêt;
- visites éducationnelles, archéologiques, industrielles, etc.;
- niveau d'équipement disponible.

2.3.4 Les activités traditionnelles

Il s'agit là des espèces (caribou, corégone) réservées aux autochtones.

2.3.5 Le potentiel agricole

Y a-t-il véritablement un potentiel agricole suffisamment important dans cette région pour en tenir compte?

2.4 Les contraintes

2.4.1 Contraintes environnementales

Dans le cadre de cette étude, les aspects biologiques et biophysiques seront intégrés à la notion de planification régionale:

- impact sur la faune et la flore;
- dégradation du milieu;
- équilibre des systèmes écologiques.

2.4.2 Contraintes légales

- réglementations;
- zonages;
- catégories de terres autochtones.

2.4.3 Contraintes techniques

- problèmes généraux d'ingénierie (construction de routes);
- coûts unitaires de construction.

2.4.4 Contraintes sociales

- comportement de la main-d'oeuvre;
- relations allochtones-autochtones.

3. Les activités économiques

Élément moteur du développement, l'objectif global sera d'optimiser la rentabilité de ces activités tout en minimisant les impacts négatifs, sociaux et environnementaux, entraînés par l'exploitation de la ressource.

3.1 L'industrie minière

La région à l'étude se distingue par la présence d'une importante activité minière.

3.2 L'industrie forestière

Cette industrie est concentrée au sud de la région à Lebel-sur-Quévillon. Cependant, les zones de coupe s'étendent de plus en plus vers le nord. On retiendra pour cette industrie:

- localisation des zones de coupe;
- les plans quinquennaux du MTF;
- production (type) et transformation;
- type d'emploi;
- destination et mode de transport;
- cycle d'activité;
- projection sur l'exploitation.

3.3 Le tourisme et les activités traditionnelles

L'un et l'autre ne s'inscriront toujours que dans le cadre d'activités économiques complémentaires pour la région.

3.4 L'hydroélectricité

L'Est de la région sera le site de la réalisation du complexe Nottaway, Broadback et Rupert. L'apport économique de ce projet est encore indéfini, mais on peut tenir compte:

- des projets de routes;
- des projets de campements;
- des réservoirs prévus;
- de la localisation des principaux ouvrages;
- de la localisation d'équipements majeurs (aéroports, etc.);
- des scénarios de construction et de mise en exploitation.

3.4.1 Les firmes existantes

Elles sont au nombre de deux: Mattagami Lake Mines et Orchain Mines, produisant du cuivre et du zinc dans la région de Matagami:

- type de production;
- lieu de concentration;
- utilisation et destination;
- cycle d'activité.

3.4.2 Le projet Selco

C'est le projet minier le plus important du territoire de la Baie James quant à sa possibilité de mise en valeur. Il sera décrit en termes de:

- localisation des gisements;
- type de production;
- production envisagée (tonnage);
- scénarios de mise en valeur (année);
- lieux d'expédition obligés du minerai;
- modes d'expédition;
- réserve et durée de vie;
- marché des métaux;
- emplois par catégorie.

3.4.3 Les autres projets

On retrouve trois autres projets dans la région: Amoco (Ontario), Phelps Dodge et Abitibi Asbestos. Ils se décrivent dans les mêmes termes que 3.4.2.

4. Conclusion

Les composantes des systèmes énumérés ci-dessus ne représentent pas forcément une liste exhaustive et ne sauraient être considérées comme l'ensemble des éléments entrant dans le processus de planification régionale. Par ailleurs, certaines notions pourront se révéler superflues.

Le choix final des éléments à retenir sera donc fonction des objectifs qui auront été fixés pour les besoins précis de l'étude.

ANNEXE B - QUELQUES NOTIONS DE LA THÉORIE DES GRAPHS

Nous rappelons ici quelques notions empruntées à la théorie des graphes qui doinent corps à notre approche spatiale. Ces concepts nous aident à formaliser notre problématique et à chercher des solutions. Les techniques mathématiques de la théorie des graphes et réseaux se sont davantage illustrées dans le domaine des transports que dans celui des sciences de l'environnement, bien qu'elles offrent par exemple une représentation topologique intéressante des patrons de drainage, celles des réseaux arborescents ("branching networks", Haggett and Chorley, 1969). De même, l'application que nous ferons concerne plus les problèmes que posent les corridors routiers en tant que réseaux de transport, alors que les possibilités de se servir de ces concepts ("barrier networks") pour aborder les problèmes d'utilisation du territoire restent encore à explorer.

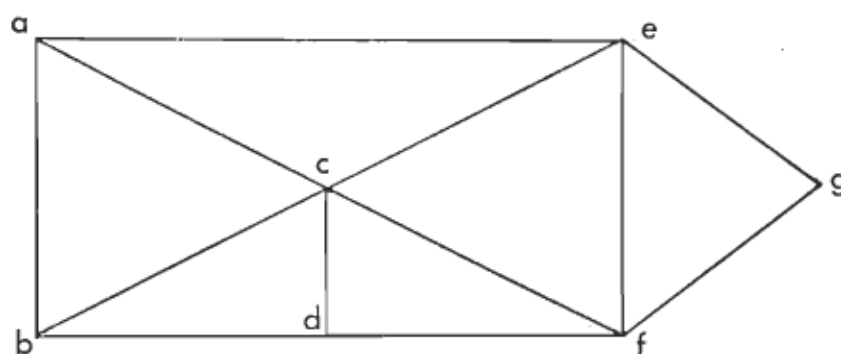


Figure 1 Un graphe $G(N,L)$

où

l'ensemble N comprend les noeuds a, b, c, d, e, f

et l'ensemble L , les liens $ab, ac, ae, bc, bd, cd, ce, cf, df, ef, eg,$
et fg .

Un graphe est un ensemble de points, reliés ou non entre eux par des lignes. Mathématiquement, nous parlerons d'un ensemble N d'éléments i, j, \dots et d'un ensemble L de paires ordonnées ij d'éléments de N et nous désignerons le graphe par $G(N,L)$. Les éléments de N sont appelés noeuds, sommets ou points (d'intersection) du graphe. Les éléments de L qui relient les noeuds sont appelés liens, arcs, arêtes ou branches du graphe.

Un graphe peut être connexe ou non connexe. Dans un graphe connexe, chaque noeud peut être rejoint suivant les liens à partir de tout autre noeud. Un graphe fini comprend un nombre fini de noeuds et de liens. Un graphe est dit linéaire lorsque ses liens n'ont pas d'intersections autres que ses noeuds. Un graphe est dit planaire si tous les liens connectant les noeuds peuvent être tracés sur un plan sans qu'ils ne se coupent. Les algorithmes dont nous parlons s'appliquent à des graphes connexes, finis et linéaires, aussi nous entendons ces qualificatifs.

Nous avons défini un lien comme une paire ordonnée de noeuds; il possède donc une orientation. Ainsi, le terme arc désigne un lien orienté par opposition au terme arête, qui est défini comme une paire non ordonnée. À moins qu'autrement spécifié, nous utilisons la paire orientée de noeuds de sorte que le lien ij est différent du lien ji ; une liaison symétrique sera identifiée par deux liens.

Une séquence de lien $i_1, i_2 \dots i_{n-1}, i_n$ forme un chemin, une route ou une chaîne; le terme chaîne se rapporte à une séquence d'arêtes et peut donc comprendre des liens de différentes directions. Nous nous occuperons particulièrement des chemins simples, qui ne passent pas deux fois sur le même arc. Dans la figure 1, $abcfg$ forme un chemin simple. Si le premier et le dernier noeud d'une chaîne (d'un chemin) coïncident, nous sommes en présence d'un cycle (d'un circuit). Dans la figure 1, $abdca$ réalise un circuit.

Un sous-graphe est formé d'un sous-ensemble des noeuds et d'un sous-ensemble des liens du graphe original. Un graphe partiel conserve tous les sommets du graphe original en abandonnant une partie de ses liens. Un arbre est un graphe fini connexe sans cycle, ayant au moins deux sommets. Il est facile de démontrer par induction qu'un arbre de n noeuds a précisément $n-1$ liens. Plus généralement, un graphe connexe ou non, sans cycle est une forêt; chaque partie de la forêt peut être considérée comme un arbre. Une arborescence de racine a dans un graphe orienté est un arbre tel que a n'est l'extrémité terminale d'aucun arc.

Certains auteurs (Berge, 1958; Steenbrink, 1974) appellent réseau un graphe dont les liens et/ou les noeuds possèdent des caractéristiques quantitatives. D'autres (Ford and Fulkerson, 1962; Kuntzmann, 1972) ne font pas cette distinction. Nous adoptons plutôt la même attitude que Roy (1970) qui se sert du terme graphe pour référer à l'objet mathématique alors qu'il conserve au terme réseau sa signification usuelle.

Une des premières caractéristiques quantitatives d'un lien ij est sa longueur, dénotée par le symbole d_{ij} . La longueur d'un chemin est la somme des longueurs des liens qui forment ce chemin. Ainsi, la longueur d'un chemin p du noeud a au noeud b sera:

$$d_p = \sum_{\substack{ij \in p, \\ ij \in L}} d_{ij}, \quad p \in P_{ab}$$

où:

- i, j sont des éléments de n l'ensemble de tous les noeuds du graphe;
- $ij \in L$ indique que les liens ij appartiennent à l'ensemble L de tous les liens du graphe;
- $ij \in p$ indique que les liens ij appartiennent au chemin p ;
- $p \in P_{ab}$ indique que p appartient à l'ensemble $P_{ab} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ de tous les chemins possible allant de a à b .

Il est fréquent de chercher parmi l'ensemble des chemins de P_{ab} , le chemin p^* dont la longueur a la plus petite valeur. Le symbole d^*_{ab} dénote la longueur de ce plus court chemin,

$$d^*_{ab} = \min_{p \in P_{ab}} d_p$$

où la notation signifie: cherche la valeur minimum de d_p en choisissant le chemin p parmi l'ensemble des chemins P_{ab} .

Il est aussi possible et plus profitable de définir la longueur du plus court chemin de façon récursive:

$$d^*_{ab} = \min_{(jb \in L)} (d^*_{aj} + d_{jb})$$

Ce qui signifie: connaissant le plus court chemin de a à un point intermédiaire j , chercher la valeur minimum de la somme de la valeur d_{aj} de ce plus court chemin et de celle de d_{jb} du chemin qui le relie à b en choisissant le noeud j tel que jb forme un chemin.

À part les problèmes du plus court chemin, mentionnons parmi les problèmes classiques de la théorie des graphes liés à cette notion de distance, le problème de l'arbre partiel minimum ("minimum spanning tree"), le problème du chemin le plus long, mieux connu sous les abréviations CPM ("Critical Path Method") et PERT ("Program Evaluation and Review Technique") et le problème du commis-voyageur.

Même si nous ne les traitons pas directement, il est important d'introduire deux autres caractéristiques quantitatives d'un lien ij : la capacité c_{ij} d'un lien et le flot f_{ij} qui traverse ce lien. La notion intuitive de capacité correspond à la quantité maximale d'une quelconque commodité qui peut parvenir de i à j par unité de temps, par exemple la capacité d'une pipe-line. Le flot se rapporte aussi, intuitivement, à une quantité d'une commodité traversant un lien ab ; il se définit par une fonction définie sur L et à valeurs non-négatives satisfaisant:

$$\sum_i f_{ij} - \sum_k f_{jk} = \begin{cases} f & \text{si } j = a \\ -f & \text{si } j = b \\ 0 & \text{si } j \neq a, b, \quad j \in N \end{cases}$$

($ij \in L$) ($jk \in L$)

Cette relation est appelée loi de conservation et signifie simplement que puisque a est le noeud de sortie, il perd une certaine quantité f que le noeud d'entrée b récupère, les autres noeuds n'assurant que le transit. La plupart du temps, le flot est restreint par la capacité du lien:

$$f_{ij} \leq c_{ij}, \quad (ij \in L)$$

Ces notions de flots et de capacités peuvent jouer sur l'importance relative des liens et une étude de planification environnementale des corridors routiers est certainement plus complète lorsqu'elle peut inclure des analyses d'offre et de demande de transport.

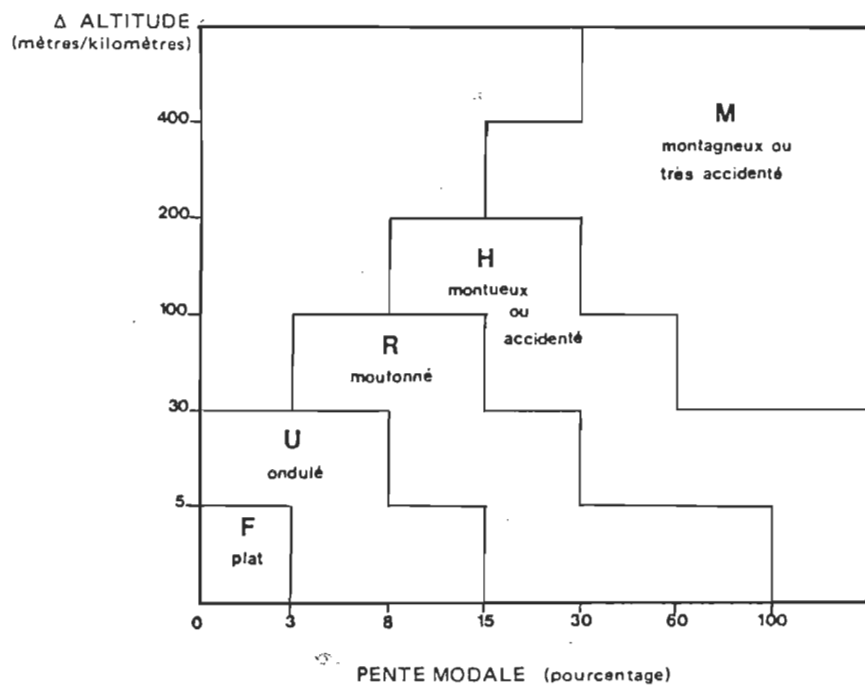
ANNEXE C - DONNÉES

C-1

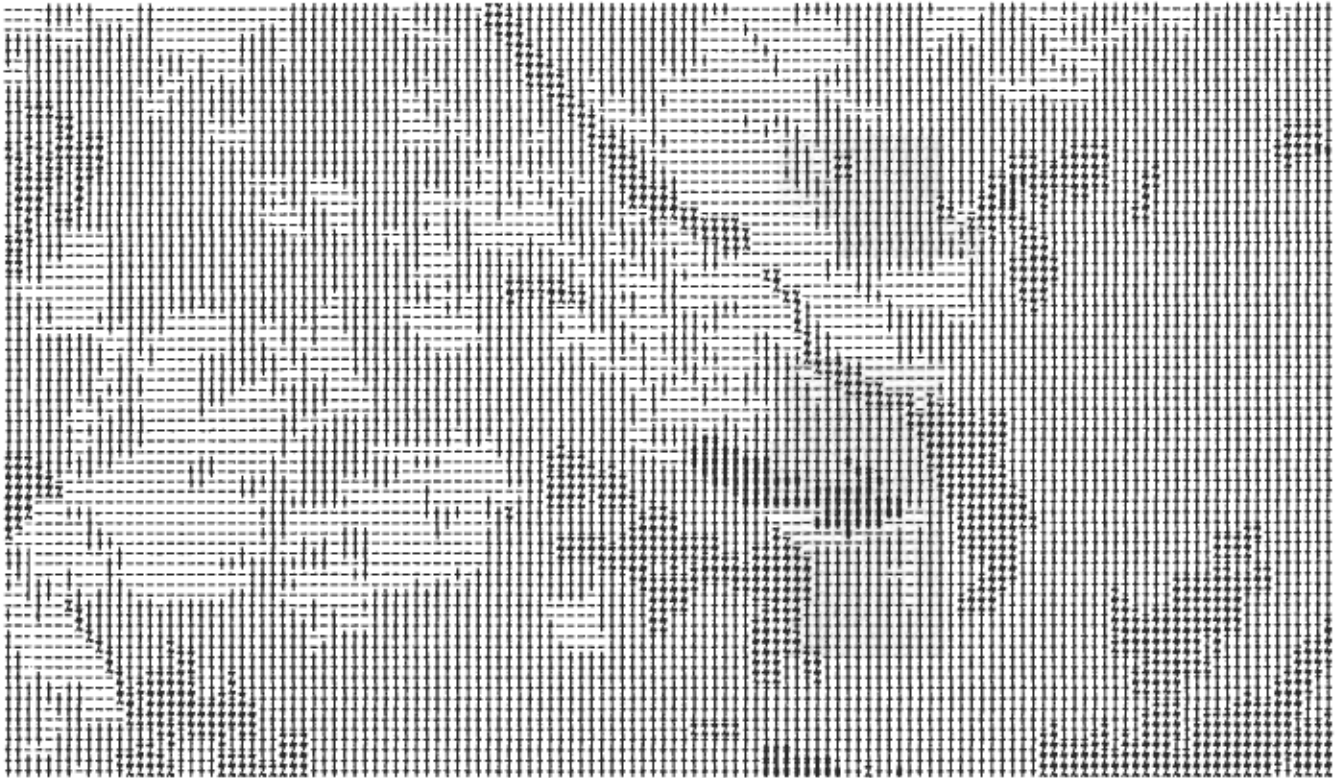
RELIEF

Elément #1

Classes: 1 = F plat (flat)
2 = U ondulé (undulating)
3 = R moutonné (rolling)
4 = H montueux ou accidenté (hilling)
5 = M montagneux ou très accidenté



d'après Jurdant *et al.*, 1977, p.125



RELIEF

CLASSES

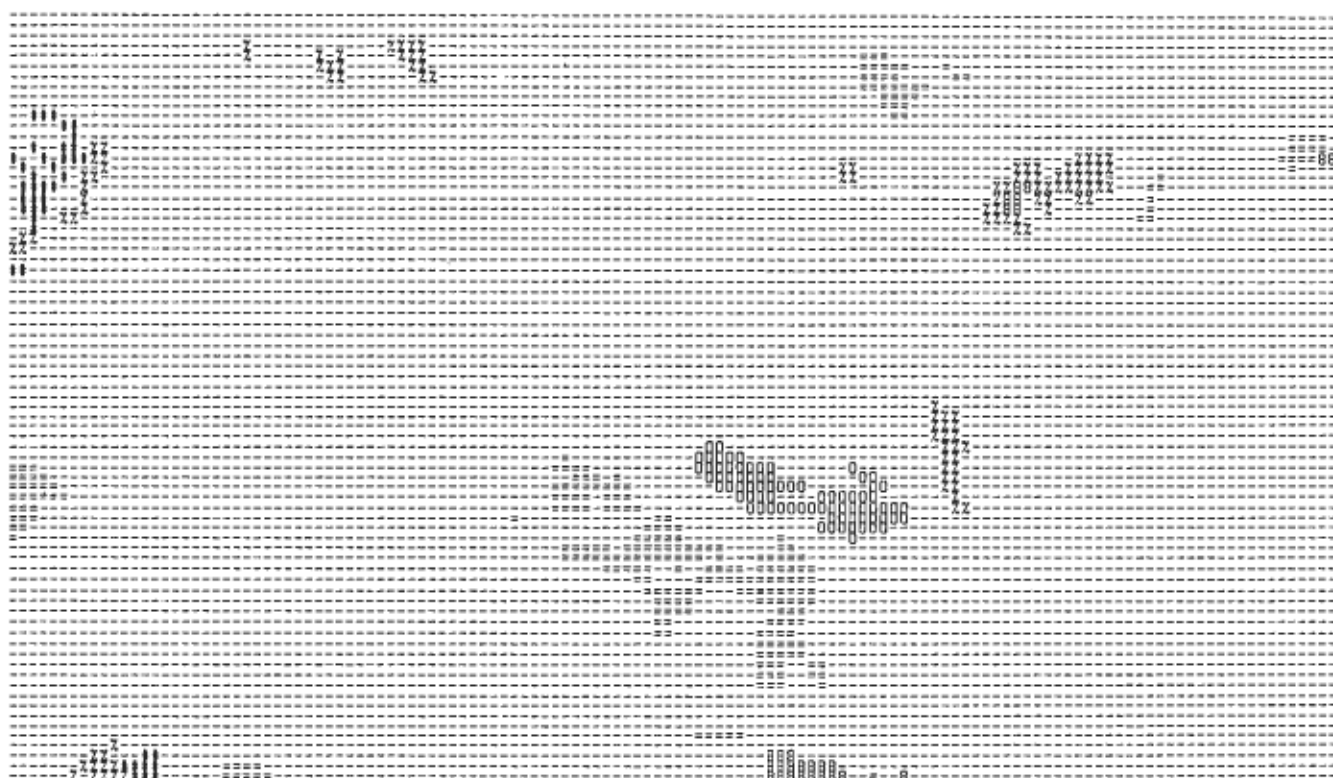


FREQUENCES 1974 6702 969 105 0

EPAISSEUR DES MATERIAUX MEUBLES

Elément #2

Classes:	1 = 1	épais (> 1m)
	2 = 2	épais et mince
	3 = 3	épais et affleurements rocheux
	4 = 4	mince et épais
	5 = 5	mince (> 10cm, < 1m)
	6 = 6	mince et affleurements rocheux
	7 = 7	affleurements rocheux et épais
	8 = 8	affleurements rocheux et mince
	9 = 9	affleurements rocheux



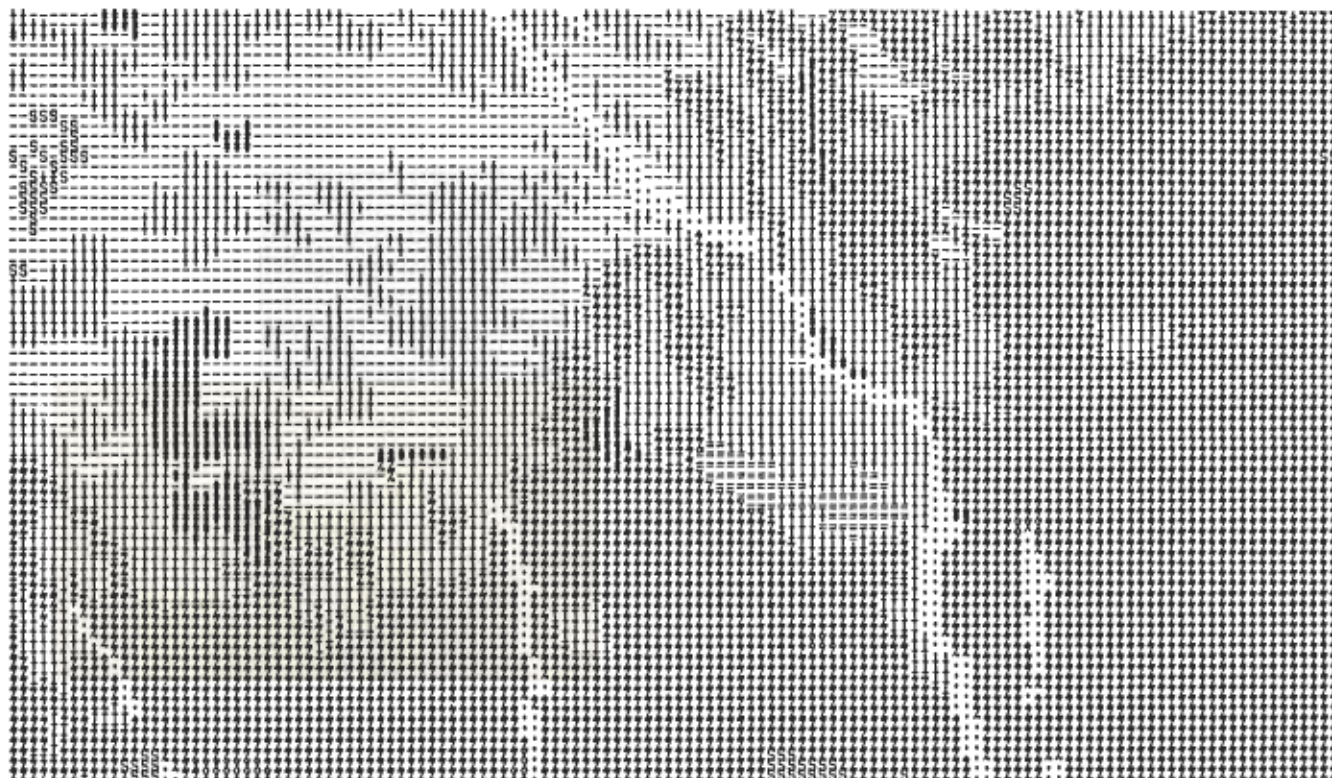
EPAISSEUR DES MATERIAUX MEUBLES

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
FREQUENCES	9212	272	120	0	0	78	27	0	41

NATURE ET ORIGINE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE DOMINANTS

Element #3

Classes:	0 =	aucune indication
	1 = 1	till
	2 = 1+	till cochrane
	3 = 2	sédiments fluvio-glaciaires
	4 = 3	sédiments deltaïques
	5 = 4	sédiments fluviatiles ou glacio-lacustres
	6 = 4+	sédiments glacio-lacustres et fluvio-sablonneux
	7 = 5	sédiments argilo-marins
	8 = 5+	sédiments argilo-marins recouverts de sable
	9 = 6	sédiments littoraux
	10 = 7	matériaux organiques ombrotrophes
	11 = 7+	matériaux organiques minérotrophes
	12 = 8	dépôts de versants
	13 = 9	matériaux éoliens
	14 = 0	roche en place
	15 = 0+	shistes, basaltes et roches calcaires



NATURE ET ORIGINE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE DOMINANTS

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			-----		zzzzz	zzzzz	xxxxx									
FREUENCES	0	78	1608	259	0	4911	25	0	0	0	2570	231	0	0	68	0

NATURE ET ORIGINE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE SOUS-DOMINANTS

Elément #4

Classes:	0	aucune indication
	1 = 1	till
	2 = 1+	till cochrane
	3 = 2	sédiments fluvio-glaciaires
	4 = 3	sédiments deltaïques
	5 = 4	sédiments fluviatiles ou glacio-lacustres
	6 = 4+	sédiments glacio-lacustres et fluvio-sablonneux
	7 = 5	sédiments argilo-marins
	8 = 5+	sédiments argilo-marins recouverts de sable
	9 = 6	sédiments littoraux
	10 = 7	matériaux organiques ombrotrophes
	11 = 7+	matériaux organiques minérotrophes
	12 = 8	dépôts de versants
	13 = 9	matériaux éoliens
	14 = 0	roche en place
	15 = 0+	shistes, basaltes et roches calcaires

MORPHOLOGIE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE DOMINANTS

Elément #5

Classes:	0 =	aucune indication
	1 = A	morphologie contrôlée par la roche en place
	2 = C	cannelée (channeled)
	3 = D	drumlinoïde
	4 = E	érodée
	5 = F	forme deltaïque
	6 = H	bosselée (hummocky)
	7 = L	en talus
	8 = M	mal structurée (applicable aux matériaux organiques)
	9 = N	non structurée (applicable aux matériaux organiques)
	10 = P	en plaine
	11 = R	en crêtes (ridged)
	12 = S	structurée (applicable aux matériaux organiques)
	13 = T	en terrasses
	14 = V	plaquage (veneer)
	15 = X	complexe



MORPHOLOGIE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE DOMINANTS

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FREQUENCES	68	420	0	430	596	0	95	0	0	1300	5106	152	0	4	1579	0

MORPHOLOGIE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE SOUS-DOMINANTS

Elément #6

Classes:	0 =	aucune indication
	1 = A	morphologie contrôlée par la roche en place
	2 = C	cannelée (channeled)
	3 = D	drumlinoïde
	4 = E	érodée
	5 = F	forme deltaïque
	6 = H	bosselée (hummocky)
	7 = L	en talus
	8 = M	mal structurée (applicable aux matériaux organiques)
	9 = N	non structurée (applicable aux matériaux organiques)
	10 = P	en plaine
	11 = R	en crêtes (ridged)
	12 = S	structurée (applicable aux matériaux organiques)
	13 = T	en terrasses
	14 = V	plaquage (veneer)
	15 = X	complexe



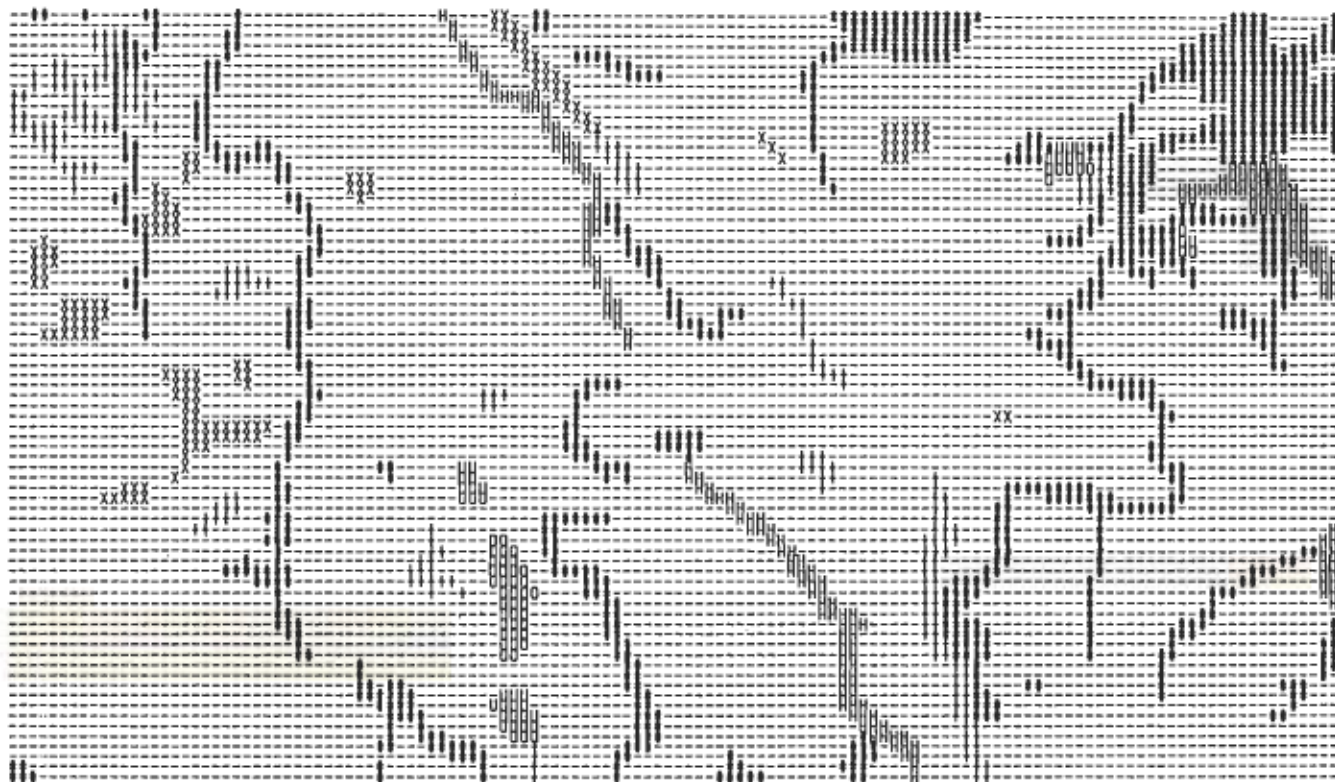
MORPHOLOGIE DES MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE SOUS-DOMINANTS

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
FREQUENCES	1083	110	0	48	713	0	144	0	0	589	2211	0	70	12	4770	0

CATEGORIE D'ECOSYSTEME AQUATIQUE

Elément #7

- Classes:
- 1 = a moins de 5% de la surface du système écologique est occupée par des étendues aquatiques.
 - 2 = b de 5 à 15% de la surface du système écologique est occupée par des lacs < 250 ha.
 - 3 = c plus de 15% de la surface système écologique est occupée par des lacs < 250 ha.
 - 4 = f le système écologique comprend ou borde des lacs < 250 ha et > 500 ha.
 - 5 = g le système écologique comprend ou borde des lacs < 500 ha et > 1000 ha.
 - 6 = n le système écologique comprend ou borde des lacs < 1000 ha et > 2500 ha.
 - 7 = r le système écologique comprend ou borde des lacs > 2500 ha.
 - 8 = h système écologique en bordure de petites rivières dont la largeur moyenne varie de 20 m à 60 m.
 - 9 = i système écologique en bordure de grandes rivières dont la largeur moyenne est supérieure à 60 m.



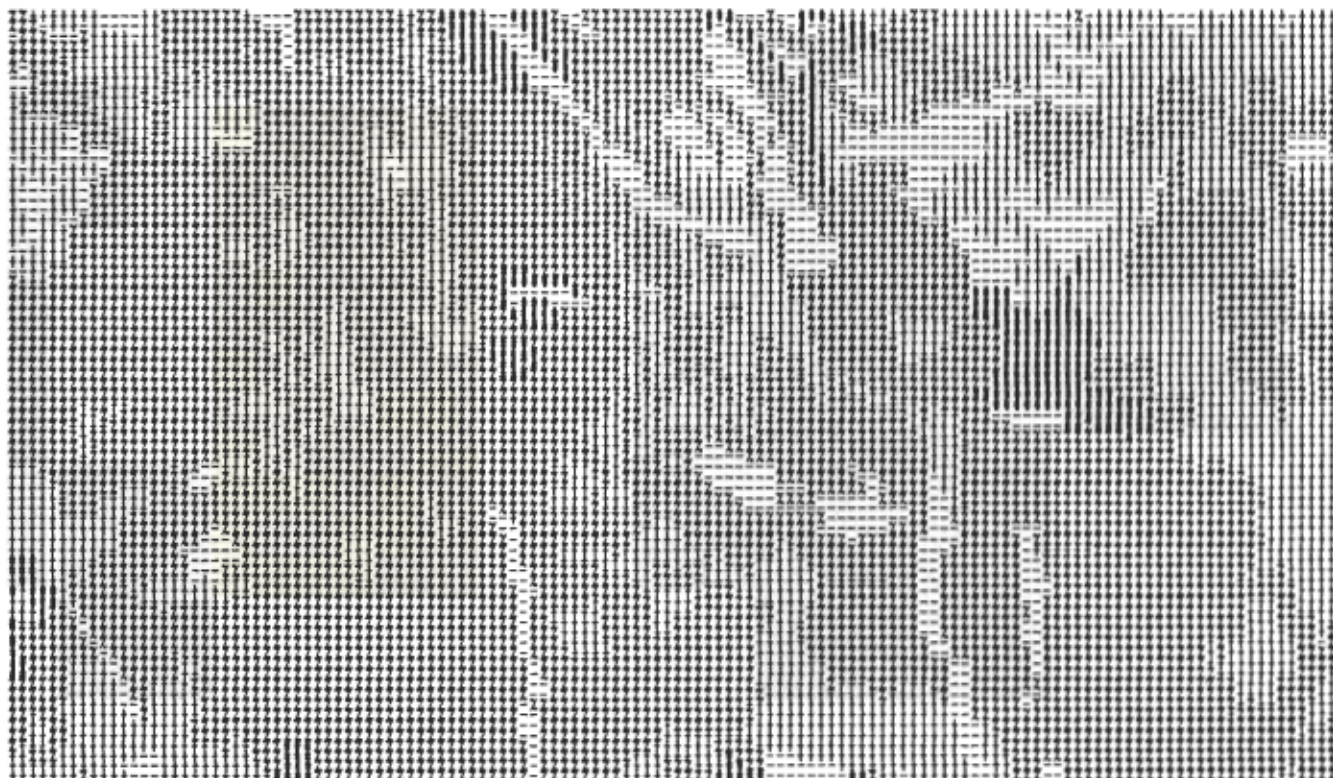
CATÉGORIE D'ECOSYSTEME AQUATIQUE

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	-----		xxxxx	uuuuu	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo
FREQUENCES	8084	230	160	46	37	0	262	729	202

ABONDANCE DES RUISSEAUX

Elément #8

Classes: 1 = 1 absent ou très peu
 2 = 2 peu
 3 = 3 nombre moyen
 4 = 4 beaucoup
 5 = 5 extrêmement abondants



ABONDANCE DES RUISSEAUX

CLASSES	1	2	3	4	5

FREQUENCES	896	2714	5827	313	0

ABONDANCE DES TERRAINS HUMIDES (WETLANDS)

Elément #9

Classes: 1 = 1 pas ou très peu de terrains humides
2 = 2 peu de terrains humides
3 = 3 nombre moyen de terrains humides
4 = 4 beaucoup de terrains humides
5 = 5 les terrains humides sont extrêmement abondants



ABONDANCE DES TERRAINS HUMIDES (WETLANDS)

CLASSES	1	2	3	4	5
	-----			
	-----			
	-----			
	-----			
FREQUENCES	578	1759	5636	1616	161

TYPES ECOLOGIQUES

Elément #10

Till

(regroupement d'après la roche-mère pédologique des types TA,TC,TH,TM,TV,
en pourcentage de la surface du système occupée par ces types)

Classes: 0 = 0%
1 = 5%
2 = 10%
3 = 15%
4 = 20%
5 = 25%
6 = 30%
7 = 35%
8 = 40%
9 = 45%
10 = 50%
11 = 55%
12 = 60%
13 = 65%
14 = 70%
15 = 75%
16 = 80%
17 = 85%
18 = 90%
19 = 95%



TILL - POURCENTAGE DE LA SURFACE DU SYSTEME

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
FREQUENCES	5477	1082	461	70	64	564	192	138	0	99	382	179	329	272	90	71	122	147	0	11

TYPES ECOLOGIQUES

Elément #10

Dépôts fluvio-glaciaires

(regroupement d'après la roche-mère pédologique des types SA,SG,SM,SR,SV,
en pourcentage de la surface du système occupée par ces types)

Classes:	0	=	0%
	1	=	5%
	2	=	10%
	3	=	15%
	4	=	20%
	5	=	30%
	6	=	45%
	7	=	50%
	8	=	65%
	9	=	90%
	10	=	95%



DEPOTS FLUVIO-GLACIAIRES - POURCENTAGE DE LA SURFACE DU SYSTEME

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		////	----	=====	TTTTT	////	ZZZZZ	XXXXX	IIIII	IIIII
FREQUENCES	9092	362	5	102	58	9	7	91	6	6	74

TYPES ECOLOGIQUES

Elément #10

Dépôts glacio-lacustres et fluviatiles

(regroupement d'après la roche-mère pédologique des types AA,AF,AL,AM,AV,
en pourcentage de la surface du système occupée par ces types)

Classes:	0 = 0%
	1 = 5%
	2 = 10%
	3 = 15%
	4 = 20%
	5 = 25%
	6 = 30%
	7 = 35%
	8 = 40%
	9 = 45%
	10 = 50%
	11 = 55%
	12 = 60%
	13 = 65%
	14 = 70%
	15 = 75%
	16 = 80%
	17 = 85%
	18 = 90%
	19 = 95%



DEPOTS GLACIO-LACUSTRES ET FLUVIAILES - POURCENTAGE DE LA SURFACE DU SYSTEME

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
FREQUENCES	1982	1315	243	120	46	255	258	94	410	135	169	159	534	764	420	1034	379	522	556	355

TYPES ECOLOGIQUES

Elément #10

Soubassements rocheux

(regroupement d'après la roche-mère pédologique des types R0,RB,RT,
en pourcentage de la surface du système occupée par ces types)

Classes:	0 = 0%
	1 = 5%
	2 = 10%
	3 = 15%
	4 = 25%
	5 = 30%
	6 = 35%
	7 = 40%
	8 = 45%
	9 = 70%
	10 = 85%
	11 = 95%



SOUBASSEMENTS ROCHEUX - POURCENTAGE DE LA SURFACE DU SYSTEME												
CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FREQUENCES	9073	149	235	27	89	28	61	20	8	19	9	32

TYPES ECOLOGIQUES

Elément #10

Dépôts organiques (fens: tourbières minérotrophes)

(regroupement d'après la roche-mère pédologique des types FAB,FAN,FAS,FB, FN,FS,FVB,FVN,FVS, en pourcentage de la surface su système occupée par ces types)

Classes:	0 = 0%
	1 = 5%
	2 = 10%
	3 = 15%
	4 = 20%
	5 = 25%
	6 = 30%
	7 = 35%
	8 = 45%
	9 = 65%
	10 = 80%



DEPOTS ORGANIQUES (FENS) - POURCENTAGE DE LA SURFACE DU SYSTEME

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FREQUENCES	3234	3409	931	758	454	370	123	274	143	15	19

TYPES ECOLOGIQUES

Elément #10

Dépôts organiques (bogs: tourbières ombrotrophes)

(regroupement d'après la roche-mère pédologique des types BAB,BAN,BAS,BN,
BNB,BS,BVN, en pourcentage de la surface du système occupée par ces types)

Classes:	0 = 0%
	1 = 5%
	2 = 10%
	3 = 15%
	4 = 20%
	5 = 25%
	6 = 30%
	7 = 35%
	8 = 40%
	9 = 45%
	10 = 50%
	11 = 55%
	12 = 60%
	13 = 65%
	14 = 70%
	15 = 75%
	16 = 80%
	17 = 85%
	18 = 90%
	19 = 95%



DEPOTS ORGANIQUES (BOGS) - POURCENTAGE DE LA SURFACE DU SYSTEME

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
FREQUENCES	520	1185	722	488	1340	1012	763	472	484	353	668	508	398	466	81	167	34	31	58	0

DRAINAGE DU SOL

Elément #11

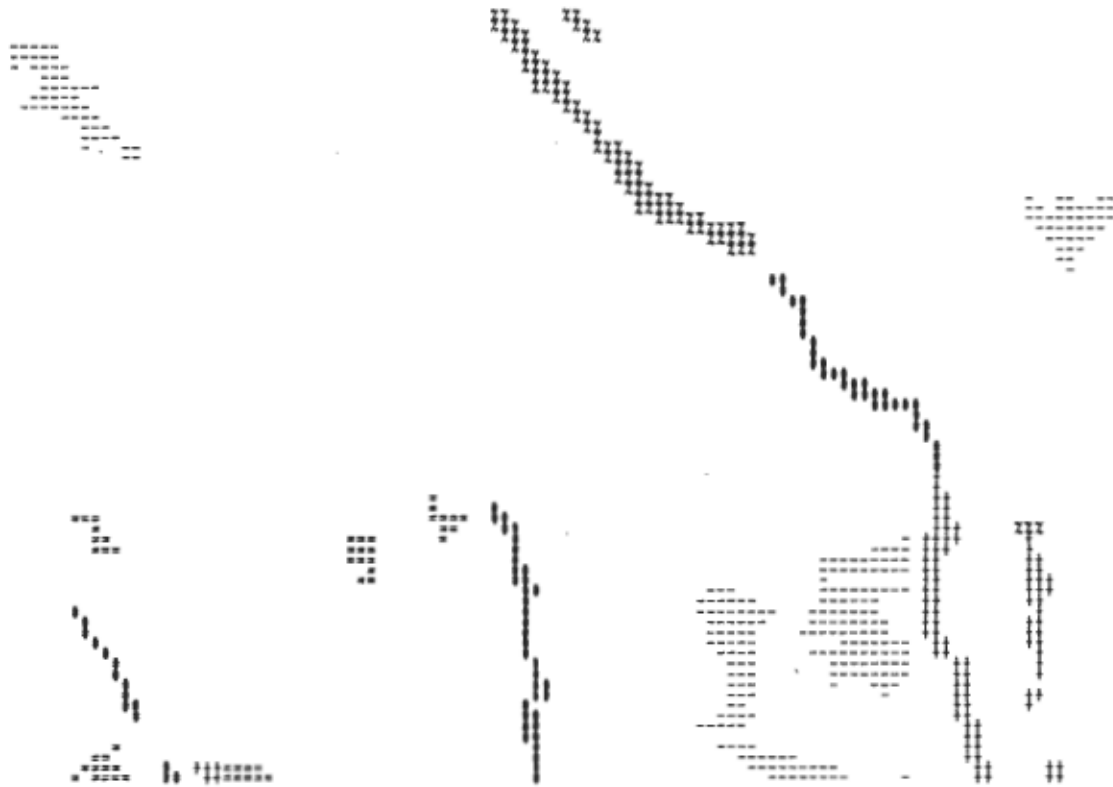
Classes: 1 = 6 sol très mal drainé
 2 = 5 sol mal drainé
 3 = 4 sol imparfaitement drainé
 4 = 3 sol modérément bien drainé
 5 = 2 sol bien drainé
 6 = 1 sol excessivement drainé

APTITUDE DES MATERIAUX A LA CONSTRUCTION DES ROUTES

Elément #12

Classes:	0	nulle
	1 = 5	très faible
	2 = 4	faible
	3 = 3	modérée
	4 = 2	bonne
	5 = 1	très bonne

Référence: "Interprétations des cartes écologiques du territoire de la Baie James pour le secteur ingénierie" par Michel Jurdant, SEER, Environnement Canada, 1977. (rapport E.T.B.J. #32)



APTITUDE DES MATERIAUX A LA CONSTRUCTION DES ROUTES

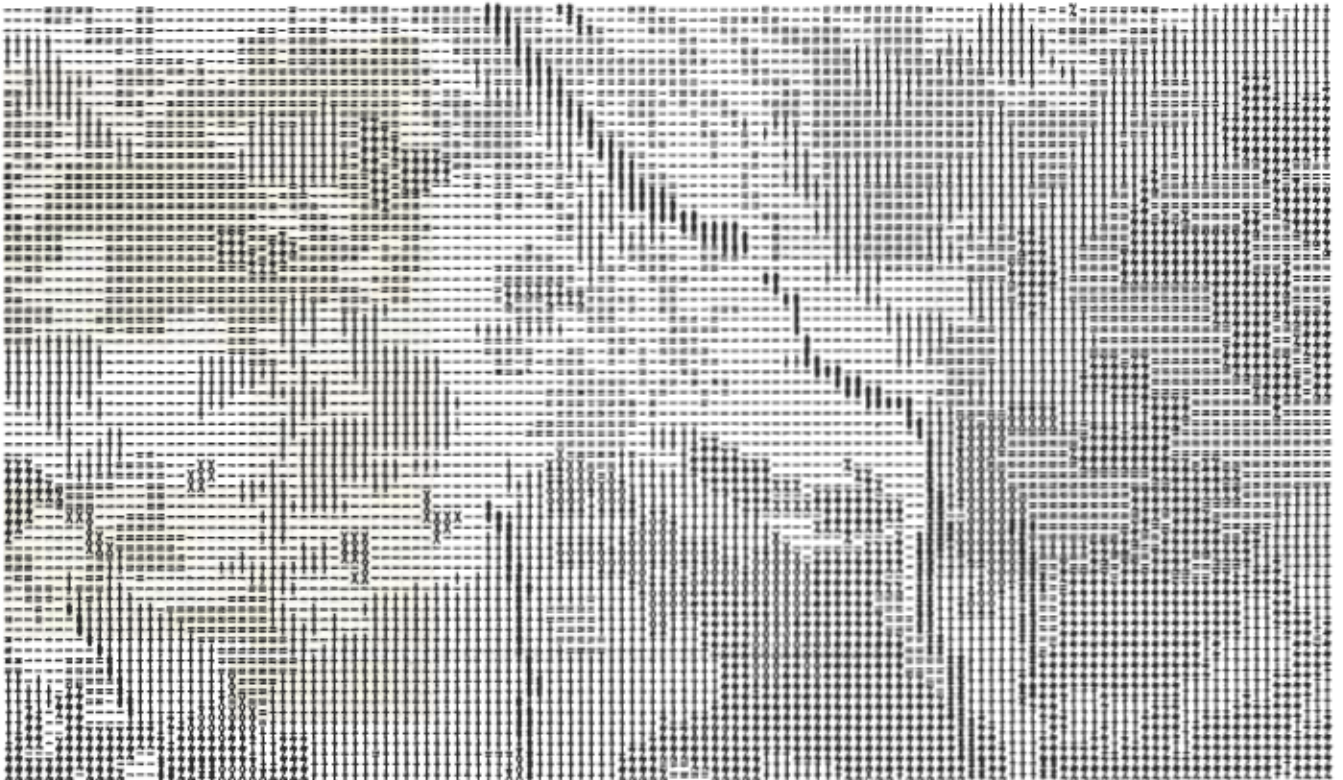
CLASSES	0	1	2	3	4	5
		-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----
FREQUENCES	9151	201	51	90	83	86

APTITUDE A LA "TRAFICABILITE"

Elément #13

Classes:	1 = 7	excessivement faible	(0- 9)
	2 = 6	très faible	(10-19)
	3 = 5	faible	(20-29)
	4 = 4	modérément faible	(30-39)
	5 = 3	modérée	(40-59)
	6 = 2	bonne	(60-79)
	7 = 1	très bonne	(80-99)

Référence: "Interprétations des cartes écologiques du territoire de la Baie James pour le secteur ingénierie" par Michel Jurdant, SEER, Environnement Canada, 1977. (rapport E.T.B.J. #32)
avec la reclassification indiquée



APTITUDE A LA "TRAFICABILITE"

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7
	-----	-----			XXXXX		
	-----	-----			XXXXX		
	-----	-----			XXXXX		
FREQUENCES	2357	2651	2602	1516	357	104	163

ATTRAIT DU PAYSAGE

Elément #14

Classes: 1 = 7 sans intérêt
2 = 6 très peu intéressant
3 = 5 peu intéressant
4 = 4 intéressant
5 = 3 très intéressant
6 = 2 extrêmement intéressant
7 = 1 exceptionnel

Référence: "Documentation de la clé d'interprétation des potentiels pour
l'attrait du paysage" Informatique-SDBJ, 1979.
(rapport E.T.B.J. #23)

POTENTIEL RECREATIF DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

Elément #15

Classes:	1 = 7	sans intérêt
	2 = 6	très peu élevé
	3 = 5	peu élevé
	4 = 4	élevé
	5 = 3	très élevé
	6 = 2	extrêmement élevé
	7 = 1	exceptionnel

Référence: "Evaluation du potentiel récréatif des écosystèmes aquatiques (1ère approximation)" par Michel Jurdant, SEER, Environnement Canada, 1975. (rapport E.T.B.J. #25)



POTENTIEL RECREATIF DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7
	-----	+++++	XXXXX	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO
FREQUENCES	8084	41	124	298	698	207	294

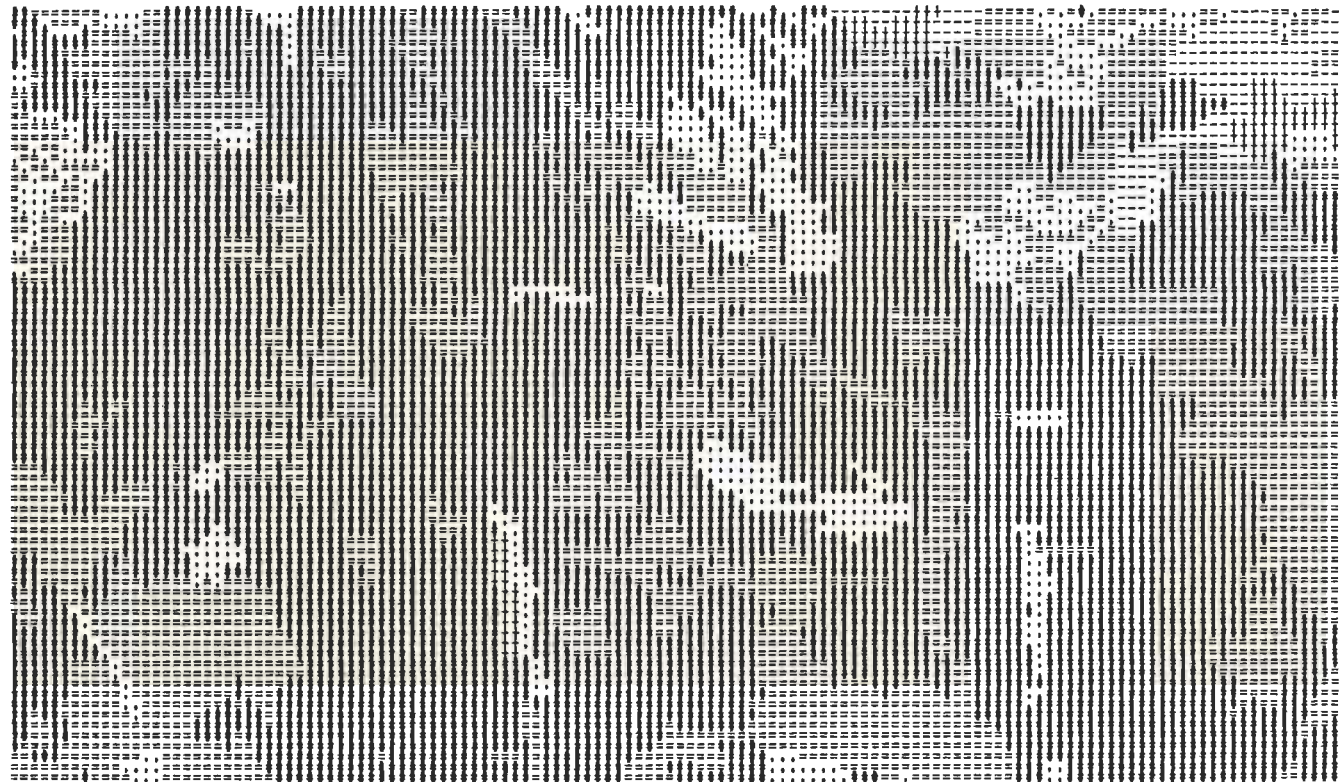
POTENTIEL POUR LE CASTOR

Elément #16

Classes:	1 = 3	{	potentiel nul
	2 = 3*		
	3 = 2	{	limitations importantes
	4 = 2*		
	5 = 1		potentiel élevé

(l'astérisque indique que le potentiel favorable de la portion terrestre est masqué par le potentiel défavorable de la portion aquatique)

Référence: "Clé de potentiel pour le castor (3ième approximation)" par Jean-Marc Levasseur et Jean-Maurice Mondoux, SDBJ-Environnement Canada, 1977. (rapport E.T.B.J. #35)



POTENTIEL POUR LE CASTOR

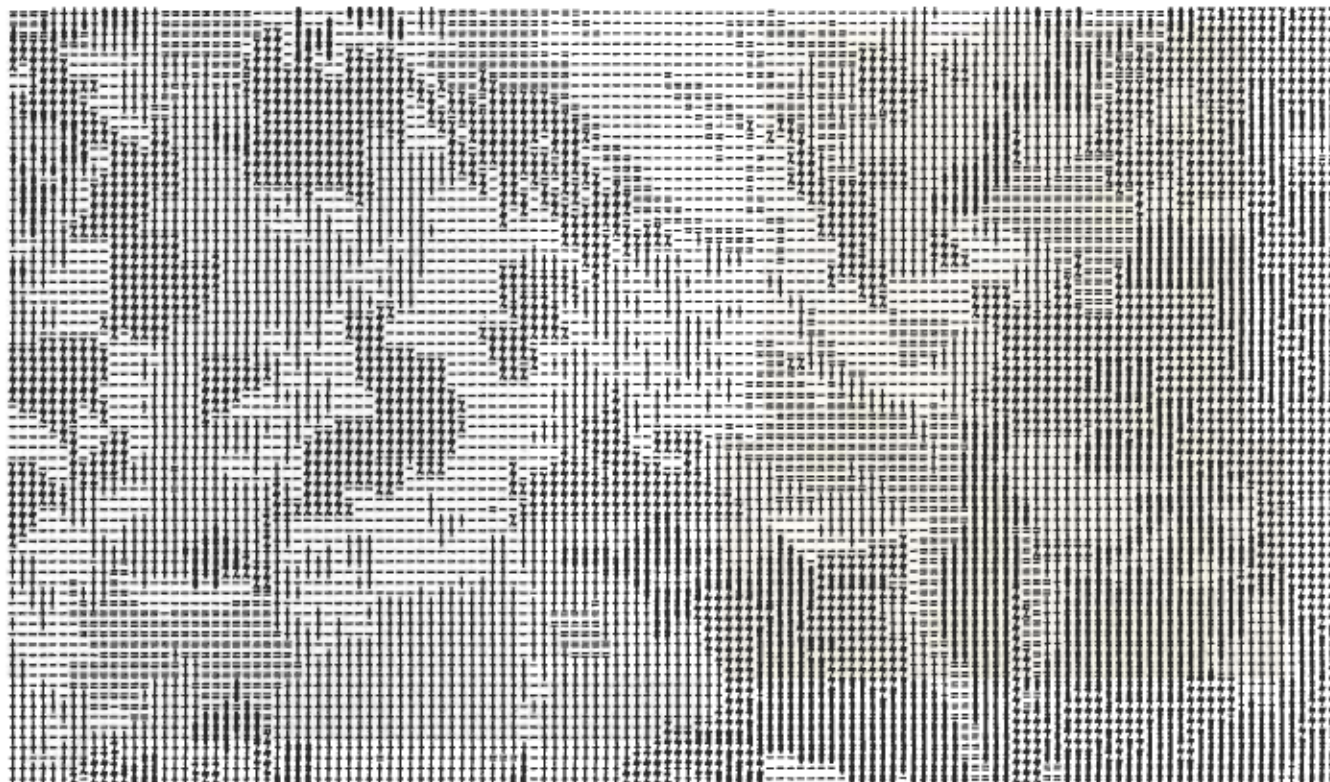
CLASSES	1	2	3	4	5
	-----	+++++	+++++
	-----	+++++	+++++
	-----	+++++	+++++
FREQUENCES	652	182	2948	104	5864

POTENTIEL POUR LE LIEVRE

Elément #17

Classes:	1 = 5	très faible
	2 = 4	faible
	3 = 3	moyen
	4 = 2	bon
	5 = 1	excellent

Référence: "Clé de potentiel pour le lièvre" par Raymond Bergeron, Jean-Marc Levasseur et Jean-Maurice Mondoux, SDBJ, 1977d.



POTENTIEL POUR LE LIEVRE

CLASSES	1	2	3	4	5
	-----	=====	+++++	+++++	+++++
	-----	=====	+++++	+++++	+++++
	-----	=====	+++++	+++++	+++++
FREQUENCES	1973	1090	2834	2287	1566

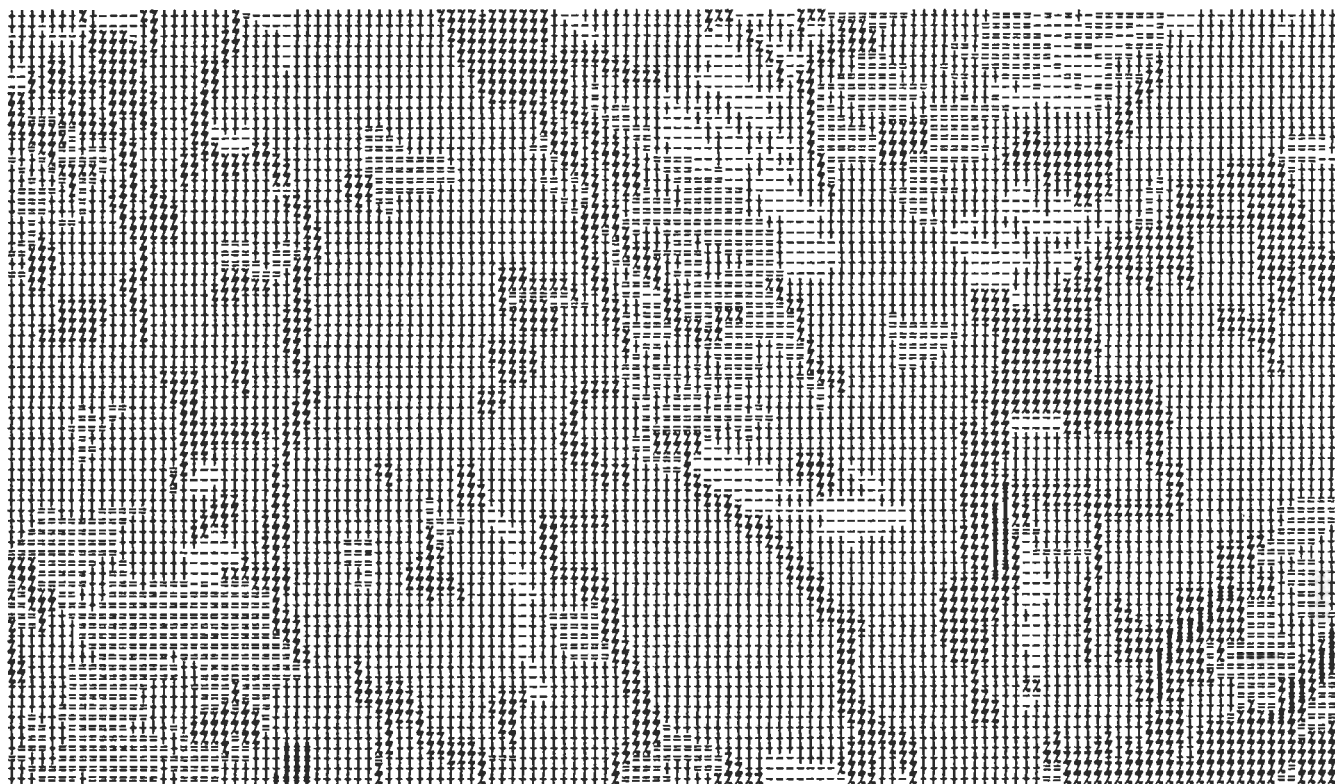
C-45

POTENTIEL POUR LA LOUTRE

Elément #18

Classes:	1 = 5	très faible
	2 = 4	faible
	3 = 3	moyen
	4 = 2	bon
	5 = 1	excellent

Référence: "Clé de potentiel pour la loutre" par Raymond Bergeron, Jean-Marc Levasseur et Jean-Maurice Mondoux, SDBJ, 1977c.



POTENTIEL POUR LE LOUTRE

CLASSES	1	2	3	4	5
	-----	#####		zzzzz	
	-----	#####		zzzzz	
	-----	#####		zzzzz	
FREQUENCES	516	1350	6049	1774	61

POTENTIEL POUR L'ORIGINAL

Elément #19

Classes: 1 = 5 très faible
2 = 4 faible
3 = 3 moyen
4 = 2 élevé
5 = 1 très élevé

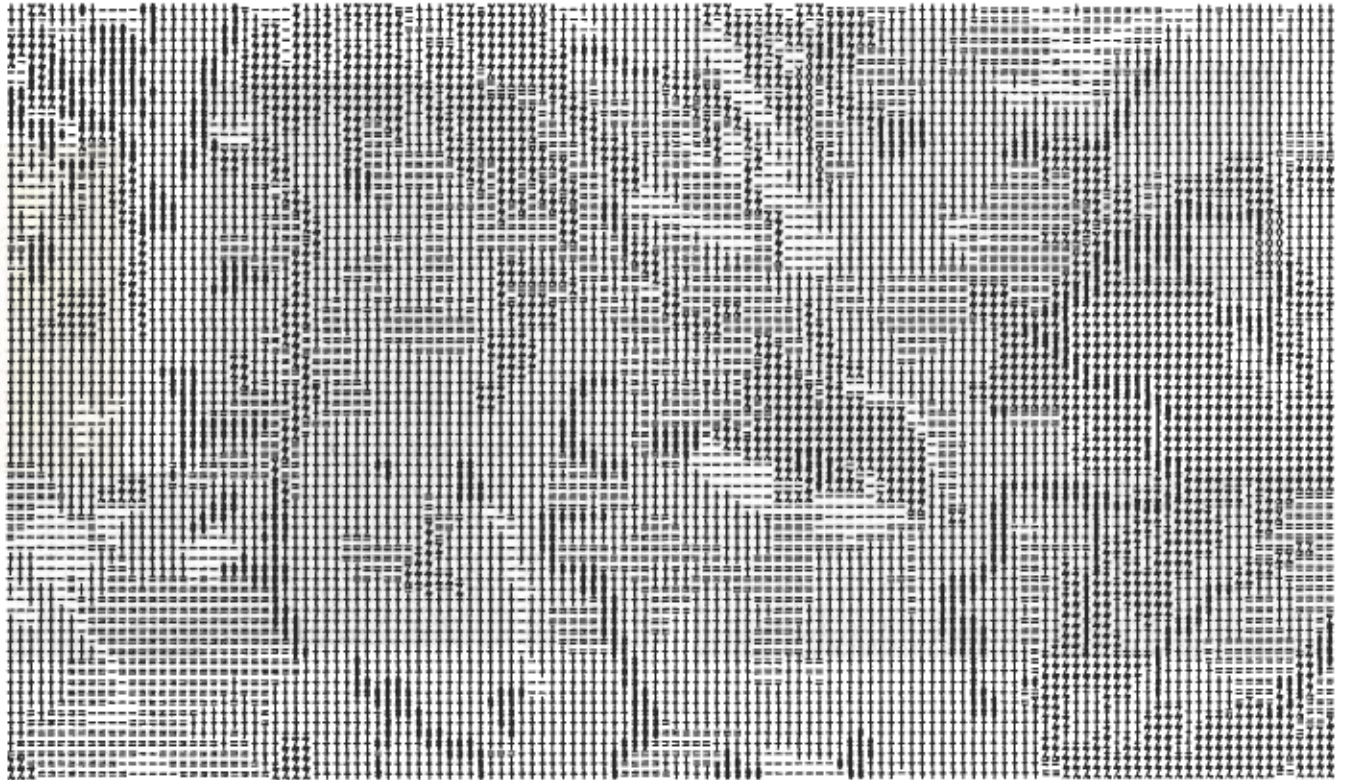
Référence: "Clé d'évaluation du potentiel du territoire de la Baie James pour l'original (1ère approximation)" par Hélène Jolicoeur, MTCP, Québec, 1977.

POTENTIEL POUR LE RAT-MUSQUE

Elément #20

Classes:	1 = 6	très faible
	2 = 5	faible
	3 = 4	passable
	4 = 3	bon, mais limité
	5 = 2	bon
	6 = 1	excellent

Référence: "Clé de potentiel pour le rat-musqué" par Raymond Bergeron,
Jean-Marc Levasseur et Jean-Maurice Mondoux, SDBJ, 1977a.



POTENTIEL POUR LE RAT MUSQUE

CLASSES	1	2	3	4	5	6
	-----	=====	+++++	TTTTT	XXXXX	IIIIII
	-----	=====	+++++	TTTTT	XXXXX	IIIIII
	-----	=====	+++++	TTTTT	XXXXX	IIIIII
FREQUENCES	574	2009	4604	1753	35	775

C-51

POTENTIEL POUR LA SAUVAGINE

Elément #21

Classes: 1 = 3 très faible à nul
2 = 2 faible
3 = 1 modérément bon

Référence: "Evaluation du potentiel pour la sauvagine" par Jean-Maurice Mondoux, Jean-Marc Levasseur et Denis Lehoux, SDBJ-Environnement Canada, 1977. (rapport E.T.B.J. #34)

0

POTENTIEL POUR LE BROCHET

Elément #22

Classes: 1 = 5 très faible
2 = 4 faible
3 = 3 moyen
4 = 2 fort
5 = 1 très fort

Référence: "Evaluation du potentiel pour le brochet du nord, le doré
jaune, la truite mouchetée, la truite grise et la ouananiche
(1ère approximation)" par Jean-Maurice Mondoux, SDBJ-Environ-
nement Canada, 1976. (rapport E.T.B.J. #29)
révisé dans
"Evaluation pour la faune ichthyenne" par Jean-Maurice Mondoux,
Environnement Canada, 1977. (rapport préliminaire)



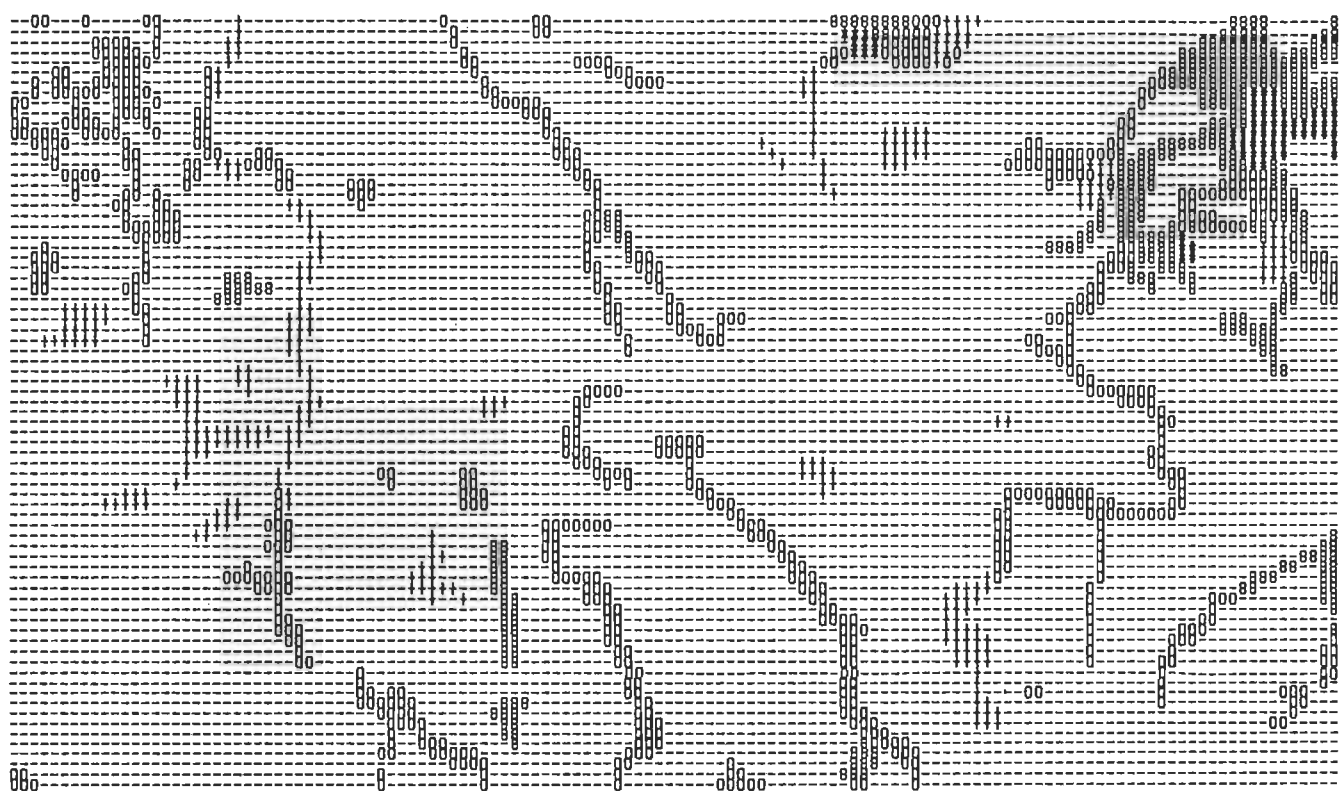
	-----	TTTTT	SSSSS	SSSSS	VVVVV
FREQUENCES	8084	141	610	847	68

POTENTIEL POUR LE DORE JAUNE

Elément #23

Classes: 1 = 6 très faible
2 = 5 faible
3 = 4 moyen
4 = 3 fort
5 = 2 très fort
6 = 1 excellent

Référence: "Evaluation du potentiel pour le brochet du nord, le doré
jaune, la truite mouchetée, la truite grise et la ouananiche
(1ère approximation)" par Jean-Maurice Mondoux, SDBJ-Environ-
nement Canada, 1976. (rapport E.T.B.J. #29)
révisé dans
"Evaluation pour la faune ichthyenne" par Jean-Maurice Mondoux,
Environnement Canada, 1977. (rapport préliminaire)



POTENTIEL POUR LE DORE JAUNE

CLASSES	1	2	3	4	5	6

FREQUENCES	8231	300	825	331	9	54

C-57

POTENTIEL POUR LE TOULADI (TRUITE GRISE)

Elément #24

Classes: 1 = 3 faible à très faible
2 = 2 bon à moyen
3 = 1 excellent à très fort

Référence: "Evaluation du potentiel pour le brochet du nord, le doré jaune, la truite mouchetée, la truite grise et la ouananiche (1ère approximation)" par Jean-Maurice Mondoux, SDBJ-Environnement Canada, 1976. (rapport E.T.B.J. #29)

CLASSES	1	2	3
FREQUENCES	9304	446	0

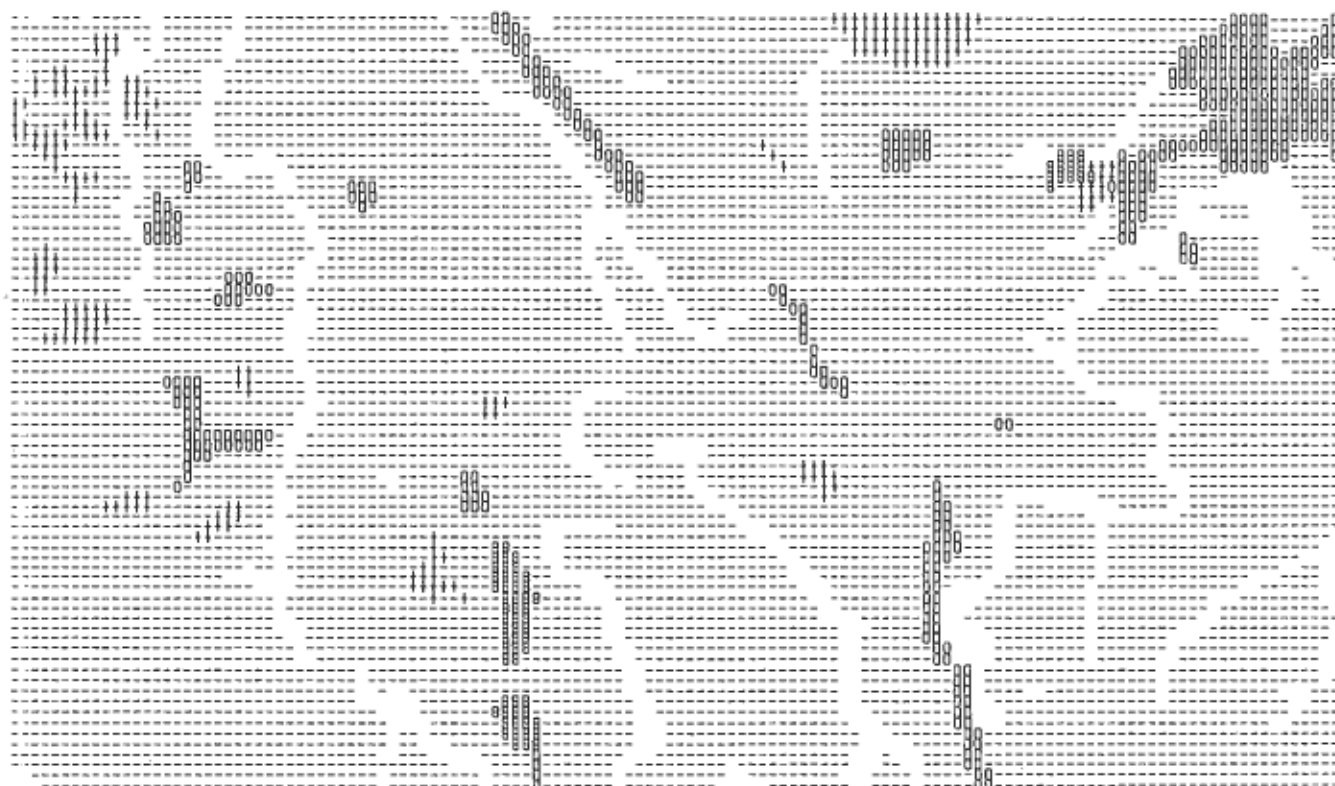
CLASSES	1	2	3
FREQUENCES	9304	446	0

POTENTIEL POUR LA TRUITE MOUCHETEE (LACS)

Elément #25

Classes:	0	aucune indication
	1 = 5	très faible
	2 = 4	faible
	3 = 3	moyen
	4 = 2	fort
	5 = 1	très fort

Référence: "Evaluation du potentiel pour le brochet du nord, le doré jaune, la truite mouchetée, la truite grise et la ouananiche (1ère approximation)" par Jean-Maurice Mondoux, SDBJ-Environnement Canada, 1976. (rapport E.T.B.J. #29)
révisé dans
"Evaluation pour la faune ichthyenne" par Jean-Maurice Mondoux, Environnement Canada, 1977. (rapport préliminaire)



POTENTIEL POUR LA TRUITE MOUCHETEE (LACS)

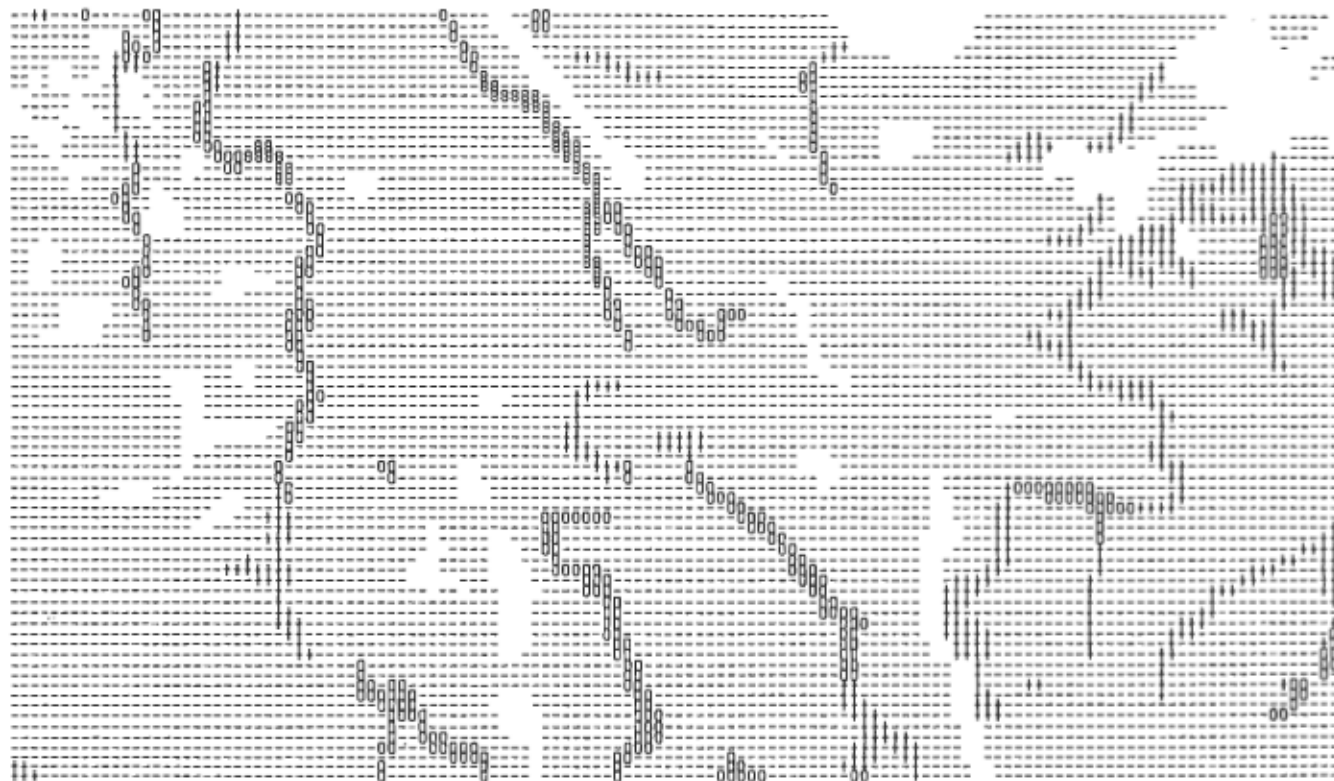
CLASSES	0	1	2	3	4	5
FREQUENCES	931	9084	226	441	68	0

POTENTIEL POUR LA TRUITE MOUCHETEE (RIVIERES)

Elément #26

Classes:	0	aucune indication
	1 = 5	très faible
	2 = 4	faible
	3 = 3	moyen
	4 = 2	fort
	5 = 1	très fort

Référence: "Evaluation du potentiel pour le brochet du nord, le doré jaune, la truite mouchetée, la truite grise et la ouananiche (1ère approximation)" par Jean-Maurice Mondoux, SDBJ-Environnement Canada, 1976. (rapport E.T.B.J. #29)
révisé dans
"Evaluation pour la faune ichthyenne" par Jean-Maurice Mondoux, Environnement Canada, 1977. (rapport préliminaire)



POTENTIEL POUR LA TRUITE MOUCHETEE (RIVIERES)

CLASSES	0	1	2	3	4	5
FREQUENCES	735	8084	493	389	49	0

VOLUMES FORESTIERS

Elément #27

Classes:	1 = H0	eau
	2 = DH	dénudé humide
	3 = CT	coupe totale
	4 = BR	brûlis
	5 = F0	feuillus, 0 à 4
	6 = F1	feuillus, 4 et +
	7 = M1	mêlangés, 4 à 7
	8 = M2	mêlangés, 7 à 15
	9 = R0	résineux, 0 à 4
	10 = R1	résineux, 4 à 7
	11 = R2	résineux, 7 à 11
	12 = R3	résineux, 11 à 15
	13 = R4	résineux, 7 à 15
	14 = R5	résineux, 15 et +
	(cunits de résineux à l'acre productif)	

Source: Ministère des Terres et Forêts (Québec), 1977-78

Echelle: 1: 250 000



VOLUMES FORESTIERS

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	////	-----						////					
FREQUENCES	254	1894	304	116	15	20	57	428	99	646	3176	815	1711	215

GÉOLOGIE DE LA ROCHE EN PLACE

Elément #28

Archéen

Roches métavolcaniques et métasédimentaires

- Classes: 1 = 2 roches métavolcaniques intermédiaires et mafiques
 2 = 3A rhyolite, rhyodacite, dacite
 3 = 3B roches métapyroclastiques felsiques
 4 = 4 roches métasédimentaires

Roches intrusives mafiques et ultramafiques métamorphisés

- 5 = 6 gabbro, diorite
6 = 6A gabbro
7 = 6B diorite
8 = 7 complexes stratiformes

Migmatites

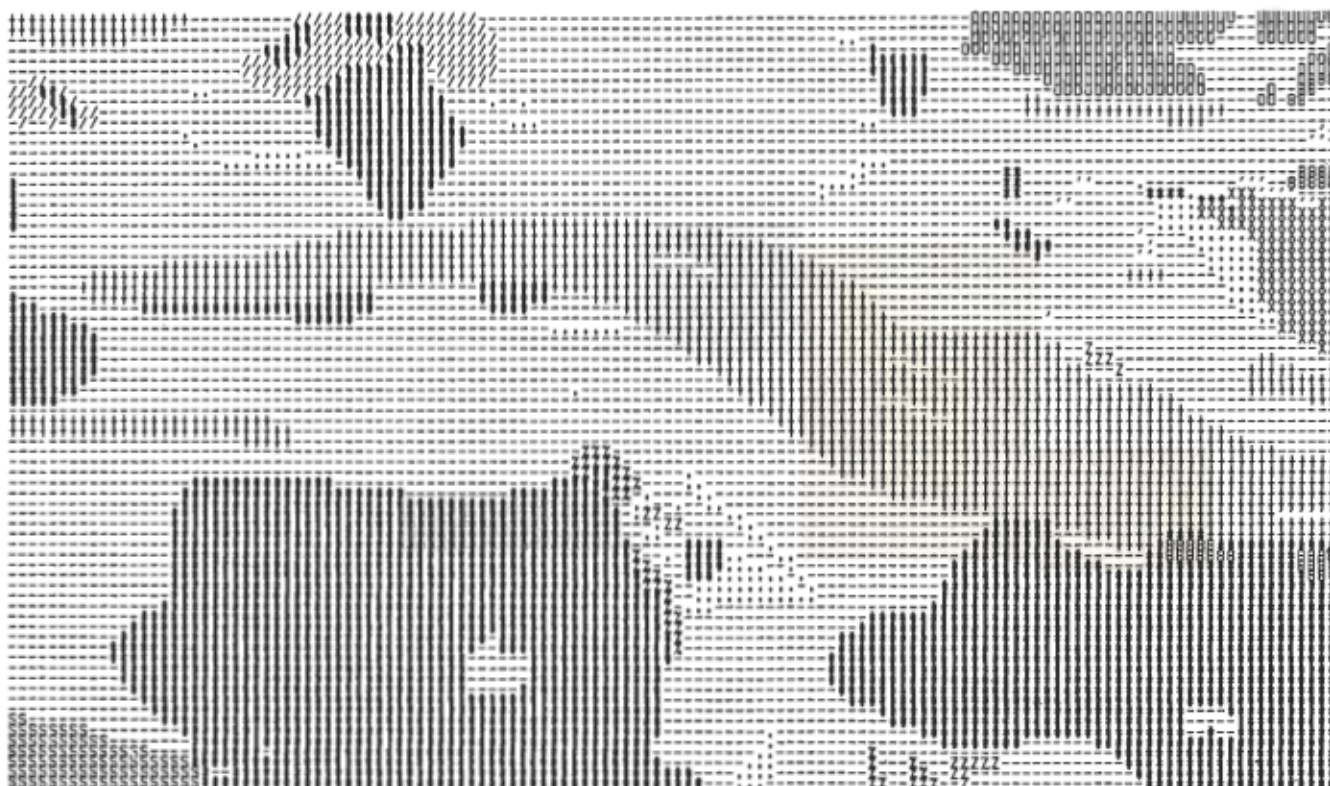
- 9 = 8A migmatites indifférenciées
10 = 8B gneiss à biotite

Roches granitoïdes

- 11 = 9A granodiorite
12 = 9B diorite quartzique
13 = 10 monzonite
14 = 11 granite à granodiorite

Source: Ministère des Richesses Naturelles (Québec), 1978

Echelle: 1: 250 000



GEOLOGIE DE LA ROCHE EN PLACE

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
FREQUENCES	4832	104	27	1397	132	17	45	122	32	163	90	37	10	2662

VOIES DE TRANSPORT ACTUELLES ET PROJETÉES

Elément #29

Classes:	0 = 0	aucune indication
	1 = 1	route 109
	2 = 2	route secondaire
	3 = 3	routes forestières
	4 = 4	routes projetées (MTF)
	5 = 5	routes projetées (MRN)
	6 = 6	route projetée (OPDQ)
	7 = 7	route d'hiver
	8 = 9	chemin de fer

Source: Municipalité de la Baie James, 1978

Echelle: 1: 500 000

Problèmes: Difficulté d'ajuster l'alignement à l'aide d'un seul pixel



VOIES DE TRANSPORT ACTUELLES ET PROJETÉES

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8
FREQUENCES	8881	144	100	235	131	199	23	15	22

ANNEXE D - EXAMEN DES DONNÉES ET DES SYNTHÈSES ÉCOLOGIQUES

Nous accordons une attention particulière à l'examen des données provenant des cartes écologiques car nous utilisons abondamment les synthèses qui en sont dérivées et nous ne saurions le faire sans en approfondir la compréhension. Ces éléments de données, numérotés de 1 à 26, sont illustrés à l'annexe C.

Les éléments #1 à #11 présentent la plupart des variables de base du système écologique; ces variables seront peu utilisées comme telles mais elles entreront dans le calcul des différents potentiels. Nous en donnons tout de même une brève description. La variable "relief" (élément #1) rend compte d'un territoire peu accidenté avec 89% de la surface "plat" et "ondulé". Cette région est aussi homogène quant à "l'épaisseur des matériaux meubles" (élément #2) avec 95% "d'épais". Les "matériaux géologiques de surface dominants" (élément #3) progressent en trois grandes classes; ils passent du till cochrane au nord-ouest (16% de la surface) aux sédiments fluviatiles ou glacio-lacustres (50%) au sud-est avec une transition de matériaux organiques ombrotrophes (26%). Les matériaux sous-dominants (élément #4) confirment la présence notable des matériaux organiques avec un recouvrement de 45% et ce, même dans les portions dominées par un till ou des sédiments fluviatiles ou glacio-lacustres. Les classes morphologiques principales des matériaux géologiques dominants (élément #5) sont la "plaine" (52%) et le "plaquage" (16%) alors que la proportion est inversée chez les matériaux sous-dominants (élément 6), 22% en "plaine" contre 49% par "plaquage". La variable "catégorie d'écosystème aquatique" (élément #7) démontre une pauvreté relative d'étendues aquatiques lorsque, sur 83% du territoire, les systèmes écologiques comprennent moins de 5% d'étendues aquatiques. Par contre la région possède de grandes et petites rivières (Harricana, Bell, Allard, Wawagosis, Turgeon, etc.) et de grands lacs (Grasset, Matagami, Mistaouac, etc.). Les variables "abondance des ruisseaux" (élément #8) et "abondance des terrains humides" (élément #9) ont une majorité, respectivement 60% et 58%, de pixels dans la classe médiane.

Puis d'après le "répertoire des cotes et légendes des descripteurs de la banque de données d'inventaire écologique du territoire de la Baie

James" (1979), viennent les caractéristiques morphométriques des plans d'eau, mais celle-ci n'ont pas été cartographiées encore qu'elles interviennent, assez indirectement, dans la détermination des corridors routiers au niveau du calcul des potentiels ichtyologiques et récréatifs. Par contre, nous avons cru bon de donner une représentation des "types écologiques" (élément #10), bien qu'elle produise un bon nombre de cartes thématiques. En fait, nous saisissons cette occasion pour exposer leur richesse informationnelle et pour donner un exemple de la confection et de la forme mathématique des combinaisons de variables, appelées potentiels.

Un type écologique est défini comme "une portion de territoire caractérisée par une combinaison relativement uniforme du sol et de la chronoséquence végétale" (Jurdant et al., 1977); il est identifié par un symbole comprenant, dans notre cas, deux parties:

1. deux lettres désignant la roche-mère pédologique;
2. un ou deux chiffres désignant le drainage du sol (la présence de drainage latéral ("seepage") est signalée par un astérisque).

Une clé de ces types écologiques est donnée dans Gérardin (1980); la roche-mère pédologique divise plus de 60 classes qu'il faut démultiplier par 6 classes de drainage dont certaines sont dédoublées à cause du drainage latéral; de plus la présence des types dans le système, unité de base de la cartographie écologique, n'apparaît qu'en pourcentage de la surface du système. Par exemple, le système 32ENE100 comprend les types suivants dans les proportions indiquées:

Roches-mères pédologiques	Drainage	Proportion du système
av (sables à texture variable)	5+ (sol mal drainé avec "seepage")	5%
bab (tourbière mince boisée sur argile)	6 (sol très mal drainé)	10%
tc (till argileux-cochrane)	3 (sol modérément drainé)	30%
tc (till argileux-cochrane)	4 (sol imparfaitement drainé)	20%
tc (till argileux-cochrane)	5+ (sol mal drainé avec "seepage")	20%
tc (till argileux-cochrane)	5 (sol mal drainé)	15%

Nous avons d'abord regroupé les types écologiques d'après la roche-mère pédologique et nous avons représenté la proportion du système occupée par ces nouvelles classes. Les types écologiques précisent ainsi l'information apportée par la variable "matériaux géologiques de surface". Les formes des dépôts fluvio-glaciaires seront reproduites dans la carte de "l'aptitude des matériaux à la construction des routes". La répartition des dépôts glacio-lacustres et fluviaux devient plus nuancée. La présence des dépôts organiques en proportion variable sur toute la région est confirmée.

Pour représenter les classes de drainage (élément #11), nous avons utilisé un procédé semblable à celui employé dans la fabrication de plusieurs clés de potentiels, ce qui nous permet de l'expliquer. Il consiste à accorder un pointage w_j à chaque classe de drainage d_i , et à calculer le pointage du système écologique en multipliant le pointage d'une classe de drainage par son pourcentage de recouvrement r_i :

$$p_s = \sum_i r_i * \frac{w_j (di)}{100}$$

Le pointage total du système définit la classe de drainage dominante.

Classes de drainage	Pointage
1 sol excessivement drainé	80-100
2 sol bien drainé	60-79
3 sol modérément bien drainé	40-59
4 sol imparfaitement drainé	20-39
5 sol mal drainé	10-19
6 sol très mal drainé	0-9

Ainsi la classe de drainage c_k :

$$c_k = C \left(\sum_i \frac{r_i * w_j (di)}{100} \right)$$

est une fonction discrète d'une somme de produits d'un pourcentage par une autre fonction discrète. Cet apparent barbarisme mathématique produit des résultats surprenants de réalisme; le reclassement des catégories subjectives n'en modifie pas la nature et pourrait être vue comme une transformation régulière.

Les éléments #12 à #26 sont des synthèses interprétatives des données de base en fonction d'un besoin précis, obtenues en appliquant différents procédés d'assemblage; nous les appellerons facteurs, clés ou potentiels.

Certaines de ces clés ("aptitude à la traficabilité", "aptitude des matériaux à la construction des routes") classifient simplement les types écologiques intéressants. D'autres (potentiels pour l'original, pour la sauvagine) utilisent à la fois des types écologiques et des variables du système entier, alors que plusieurs reposent essentiellement sur les variables globales. Ces dernières clés procèdent souvent selon la méthode illustrée pour synthétiser les classes de drainage; elles reclassifient chacune des variables reliées au potentiel requis, leur donnent un pointage, somment les valeurs calculées et les reclassifient dans des classes discrètes et subjectives. Cette méthode de pondération est employée en particulier dans le calcul des potentiels ichtyologiques; elle a le désavantage de rendre les combinaisons peu transparentes et leur interprétation mathématique à peu près impossible, surtout lorsqu'une variable de base est réutilisée à l'intérieur d'une même clé (exemple: "attrait du paysage"). Le seul moyen de procéder à une quelconque vérification sera alors la confrontation avec les données de terrain.

Ainsi "l'aptitude des matériaux à la construction des routes" (élément #12) se révèle nulle dans la presque totalité (94%) de la région, mis à part l'esker qui la traverse en diagonale. "L'aptitude à la traficabilité" (élément #13) est aussi "excessivement faible" à "faible" sur 78% de la surface. Le résultat de la clé d'interprétation pour "l'attrait du paysage" (élément #14), dont la complexité qui est égarante, est surprenant de justesse lorsqu'il est comparé à l'inventaire des sites exceptionnels de la région (rapport E.T.B.J., # 36). Les sites répertoriés de la région:

- belvédère naturel longeant la rivière Harricana
- rapides sur la rivière Harricana
- épandage fluvio-glaciaire parsemé de lacs de kettles
- collines Catwright dominant une plaine tourbeuse et traversée par la rivière Harricana
- esker colonisé par une pessière blanche de belle venue, longeant le lac Mistaouac
- les baies, les îles et le relief du lac Matagami

se retrouvent presque tous (à l'exception des collines Catwright) dans les classes les plus fortes. Encore que les autres sites identifiés par la clé, comme l'esker sur lequel passe la route 109, aient pu par trivialité échappés aux observateurs. Par ailleurs, le "potentiel récréatif des écosystèmes aquatiques" (élément #15) semble peu instructif, il range dans les classes "exceptionnel" à "élevé" tous les lacs et rivières importants mis en évidence par l'élément "catégorie d'écosystème aquatique". Il privilégie cependant avec raison les grands lacs (Grasset, Matagami, Mistaouac, Wawagosic) et la rivière Harricana dans sa partie la plus au sud.

A l'opposé des deux clés précédentes, certaines clés des habitats potentiels de la faune terrestre (rat-musqué, lièvre, loutre, Bergeron et al., 1977a,b,c) se servent d'un nombre restreint de variables significatives qu'elles combinent à l'aide d'arbres de décision, ce qui semble particulièrement approprié au caractère incertain des clés de potentiels; nous pourrions même penser à calculer des probabilités de réussite pour chacune des branches de l'arbre! Il est important de rappeler que le mot "potentiel" comprend les notions de possibilité et d'incertitude. D'autant plus que les préférences de la faune terrestre pour un habitat particulier sont dépendantes du couvert végétal existant et non de son état climaxique. Il arrive de plus que certaines populations connaissent des mouvements migratoires mal définis. Cependant certains milieux opposeront toujours des résistances à la colonisation en raison des besoins physiologiques ou comportementaux des espèces: c'est sur le caractère défavorable de certains milieux que nous pourrions asseoir le plus de conviction.

La clé de "potentiel pour le castor" (élément #16) a ainsi été conçue de façon à faire ressortir les endroits où la production du castor est limitée; l'étendue couverte par la classe "élevé" est alors importante (60% de la région), elle n'est heureusement pas monolithique laissant des voies de passage dans le sens nord-sud. Les classes intéressantes ("bon" et "excellent") des potentiels pour le lièvre (élément #17), la loutre (élément #18)

et le rat musqué (élément #20) occupent des territoires moins vastes respectivement 40%, 19% et 26%; ces clés offrent alors un meilleur pouvoir discriminant. La clé de "potentiel pour l'orignal" (élément #19) reconnaît une large portion (49%) favorable (catégorie "élevé" et "très élevé") dans le sud de la région, qui semble correspondre à la carte d'inventaire (SEBJ, 1978, p. 195). Le "potentiel pour la sauvagine" (élément #21) ne laisse voir que quelques zones (4%) plus favorables que les autres; cependant lorsque cette proportion est réévaluée en fonction de la portion occupée par les écosystèmes aquatiques (17%), elle remonte à 68%. Parmi les potentiels ichthyologiques nous retiendrons surtout ceux du brochet (élément #22) et du doré jaune (élément #23); ils ne comptent respectivement que 4% et 3.7% des écosystèmes aquatiques dans leurs catégories les meilleures. Quant aux potentiels des salmonidés, touladi (élément #24), truite mouchetée des lacs (élément #25) et des rivières (élément #26), même s'ils n'ont pas été corroborés, ils peuvent donner des indications intéressantes sur les milieux qu'ils repèrent à cause des exigences de ces espèces. Ils occupent de fait des catégories plus faibles.

Notons que les potentiels qui utilisent les données du système aquatique, enregistrées au niveau de la cellule qui est une subdivision du système écologique, ont une résolution plus fine. Pour les détails de chacune des synthèses, nous référons le lecteur aux documents qui leur ont donné lieu (voir annexe C).

Avant de terminer cette discussion des clés d'interprétation provenant des cartes écologiques, nous voudrions accentuer les forces et préciser les pièges qu'elles comportent. Ces pièges proviennent de l'arbitraire du choix des classes: comment un paysage "intéressant" est-il différent d'un paysage "extrêmement intéressant"? De combien un habitat "moyen" pour le lièvre, la loutre ou le rat musqué s'éloigne-t-il d'un habitat "excellent"? Ne pouvant nous fier au seul titre des classes, l'information apportée par la distribution de fréquences des classes devient alors plus que complémentaire, lorsqu'une clé d'interprétation ("attrait du paysage") classe près de 10 000 pixels (217 systèmes) et en isole 2% en tête dans la classe

"intéressant", nous pouvons comprendre qu'il s'agit là des paysages les plus attrayants. Ou encore lorsque les clés produisent les distributions suivantes:

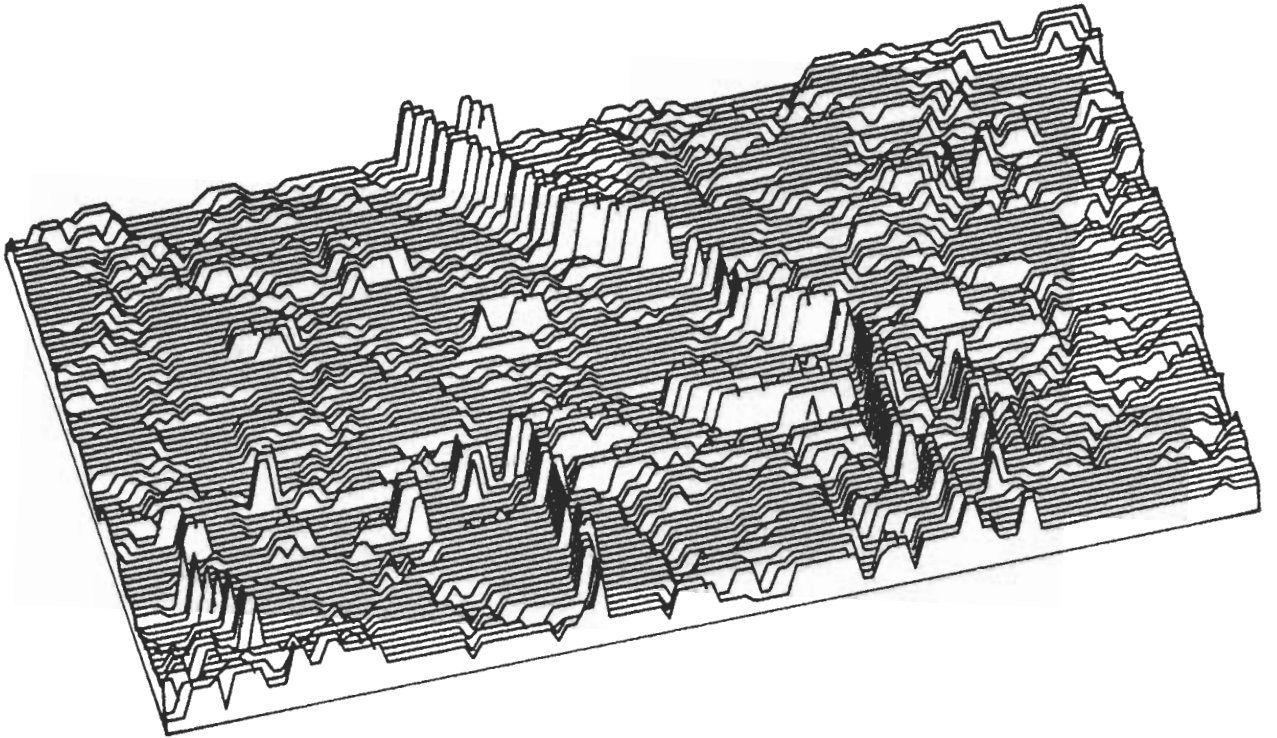
Potentiel	très faible	faible	moyen	fort	très fort
Lièvre	20%	11%	29%	23%	16%
Loutre	5%	14%	62%	18%	0.6%

Potentiel	très faible	faible	passable	bon, mais limité	bon	excellent
Rat-musqué	6%	20%	47%	18%	0.3%	8%

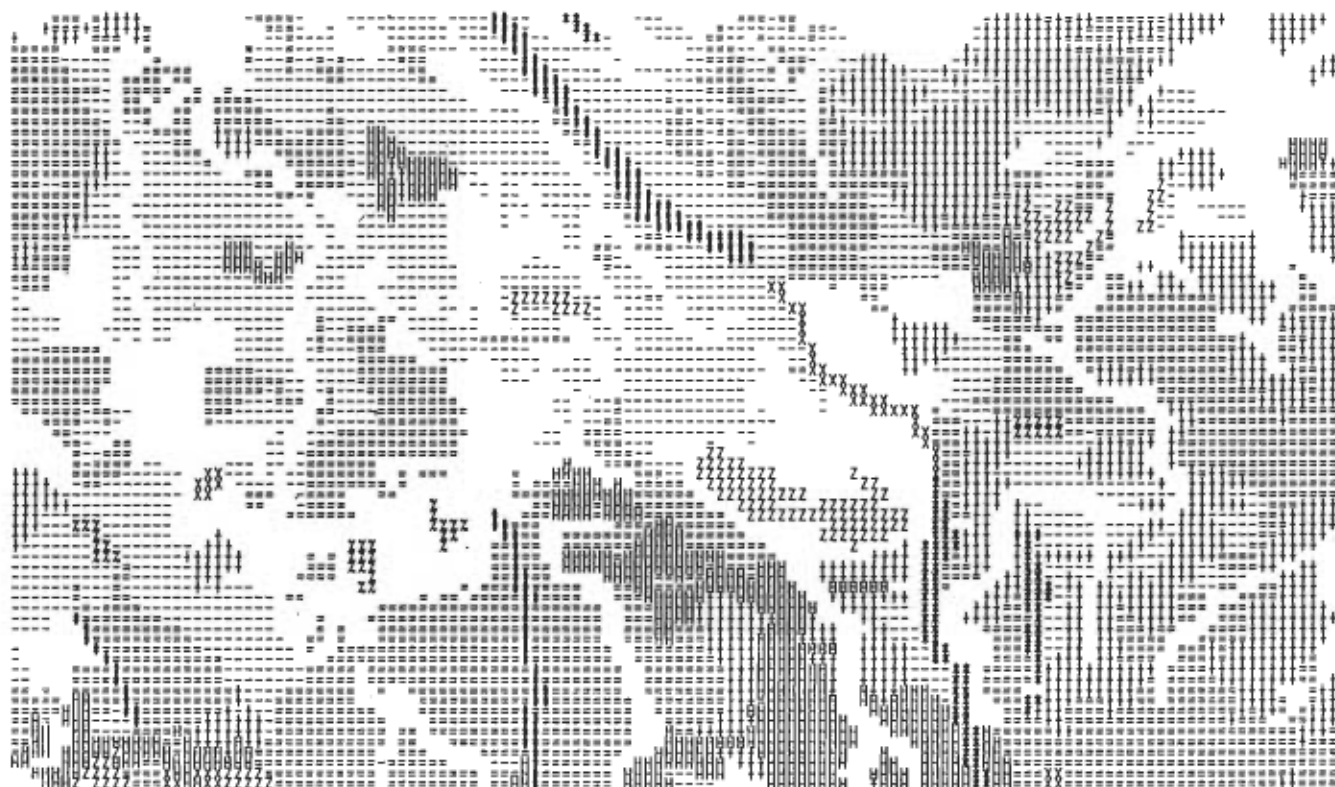
Nous pouvons estimer en l'absence de vérification sur le terrain, que les classes supérieures des potentiels pour la loutre et le rat-musqué localisent des habitats plus privilégiés que ne le fait le potentiel pour le lièvre; ce petit mammifère est de fait peu exigeant. Nous constatons aussi que la classe "bon" du potentiel pour le rat-musqué est superflue; il aurait été possible de réviser certaines clés simplement à l'aide de leur distribution. Aussi en utilisant les zones que nous pouvons qualifier de "statistiquement" importantes nous minimisons les risques d'erreur. Ce principe s'applique plus évidemment aux clés de nature spéculative qu'à celles qui ont des relations directes avec les données recueillies. Par exemple, "l'aptitude de matériaux à la construction des routes" repère les sables et les graviers en dehors de toute analyse statistique et son évaluation ne saurait comporter de tendance stochastique. En général, les clés qui se servent des types écologiques semblent plus fiables que les autres, nous devons tenir compte de cette "robutesse" dans nos procédures de regroupement.

Cet examen ne constitue pas une analyse statistique complète des données et des synthèses écologiques, mais il veut apporter des indications essentielles à leur traitement.

ANNEXE E - CARTES THEMATIQUES

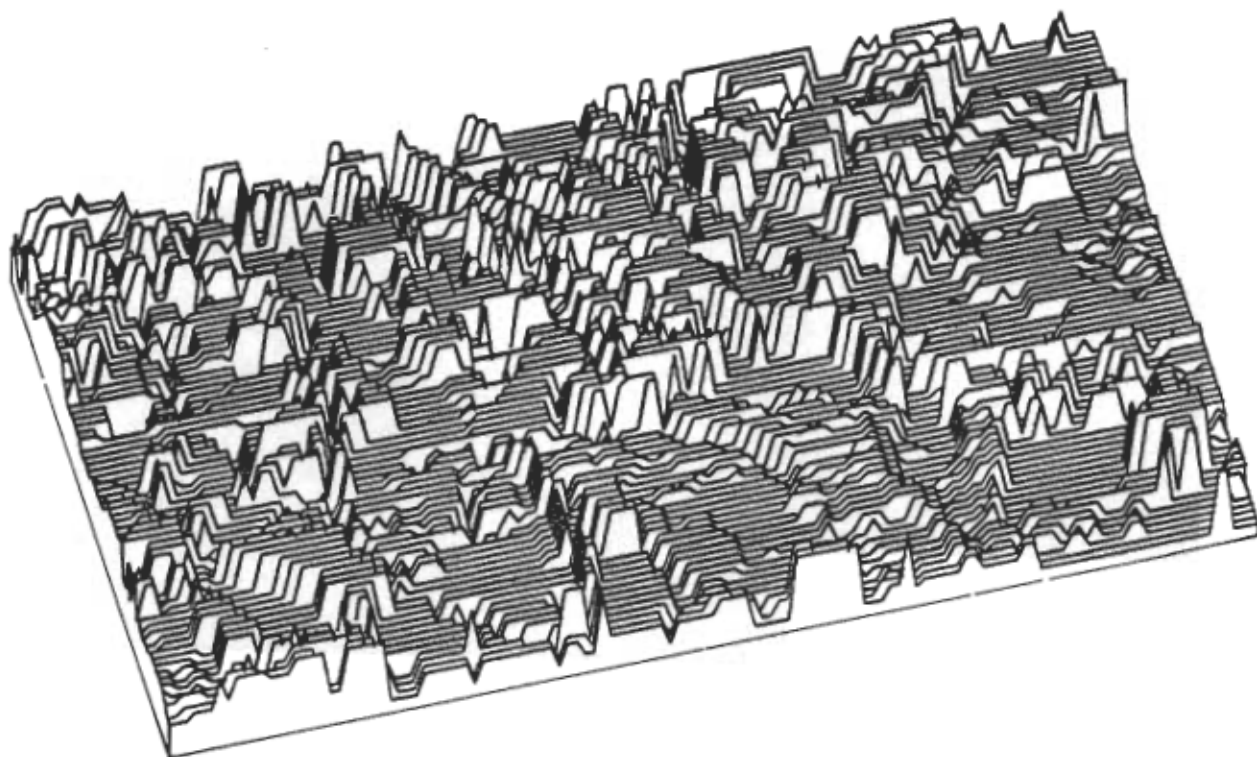


FAISABILITE TECHNIQUE



FAISABILITE TECHNIQUE

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
FREQUENCES	2520	2235	2741	1243	550	147	40	53	95	126

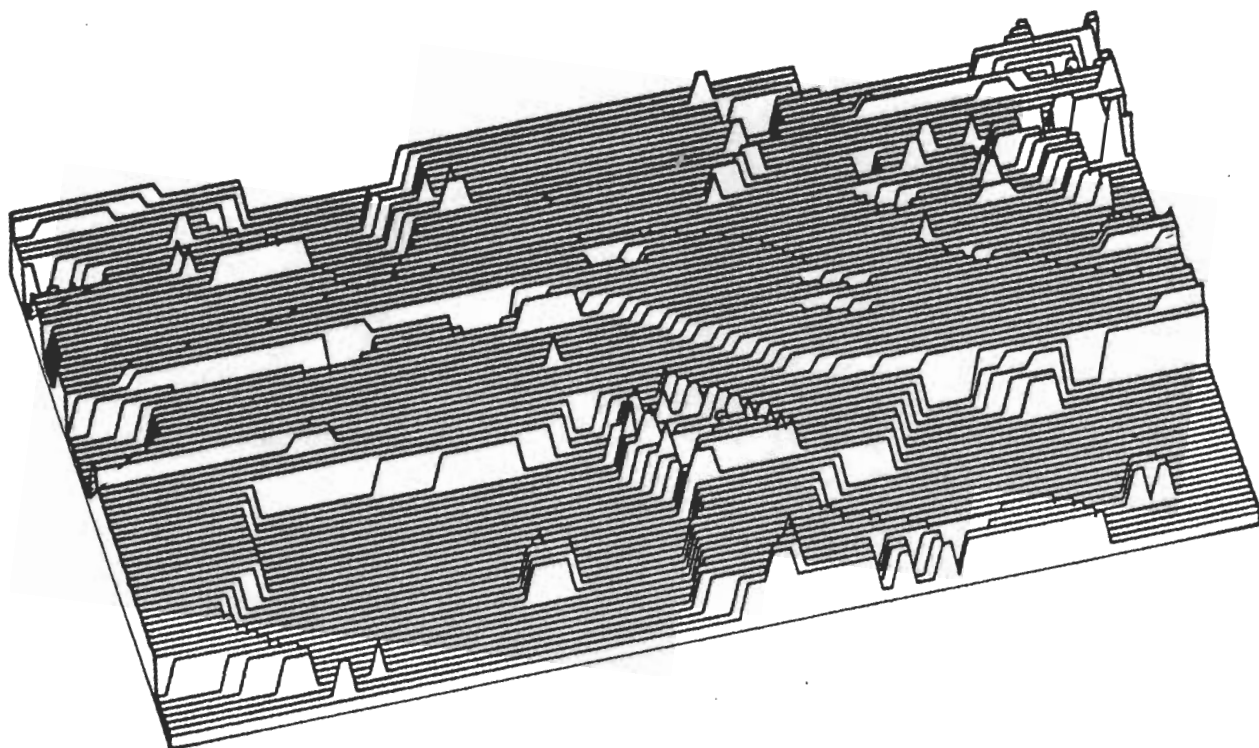


POTENTIEL FAUNIQUE (INVERSE)



POTENTIEL FAUNIQUE

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		----	=====			ZZZZZ	ZZZZZ	XXXXX	=====	=====
FREQUENCES	1689	107	152	71	1919	1105	1213	1378	576	1540



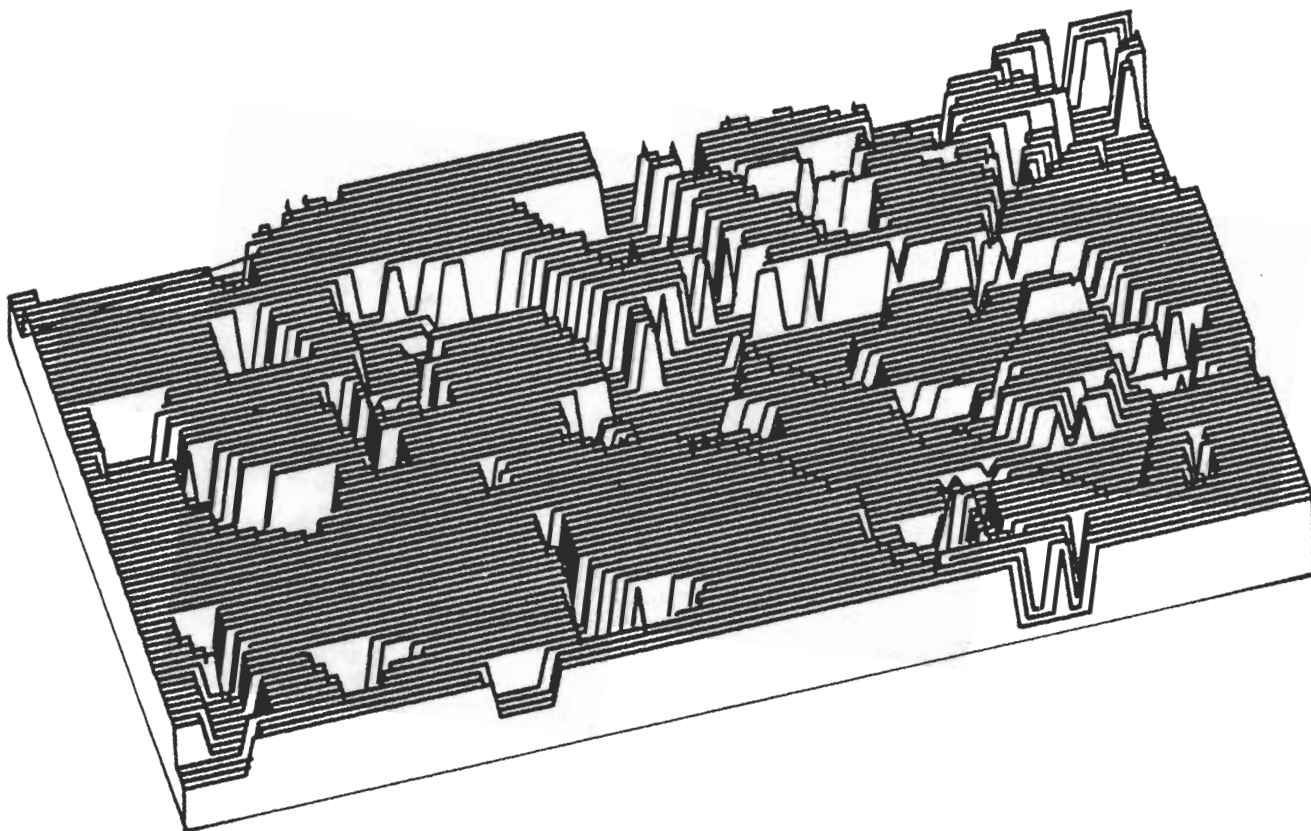
POTENTIEL MINIER



POTENTIEL MINIER

CLASSES	1	2	3	4

FREQUENCES	3310	4832	1397	211



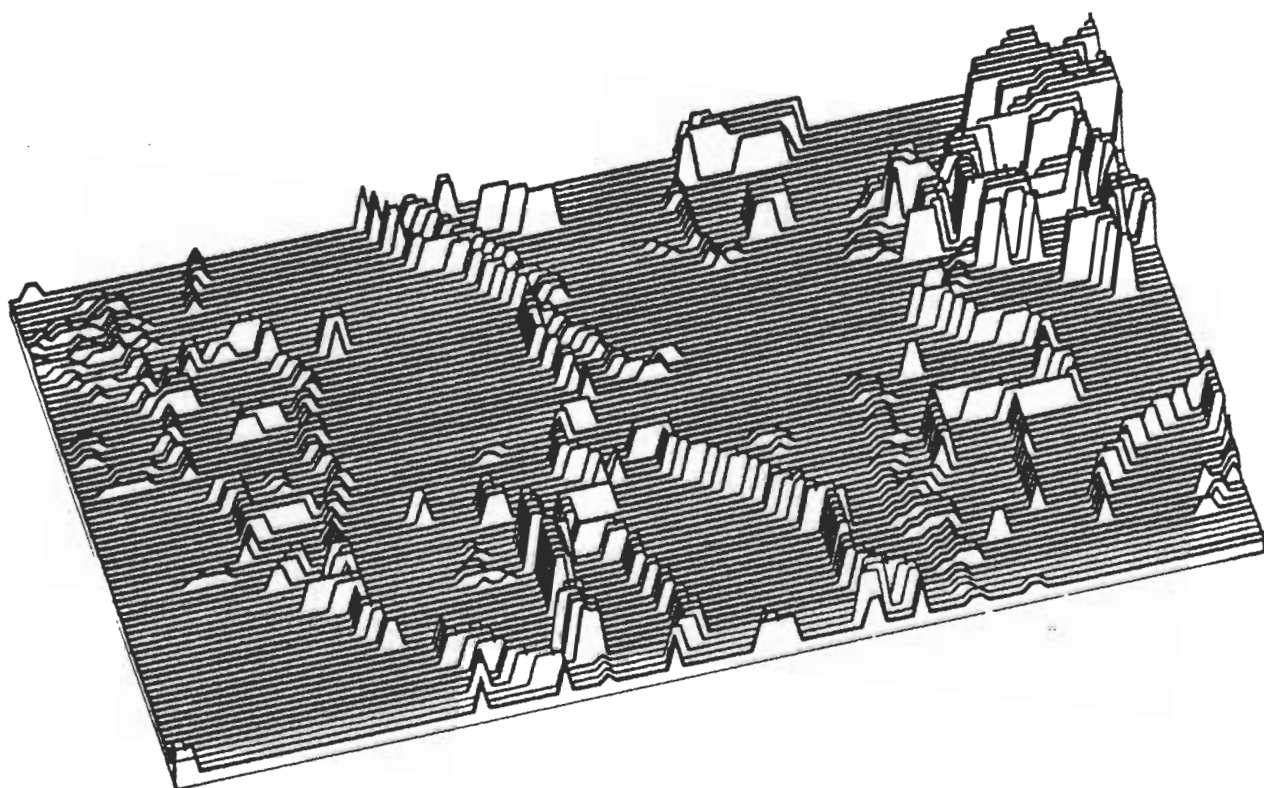
POTENTIEL FORESTIER



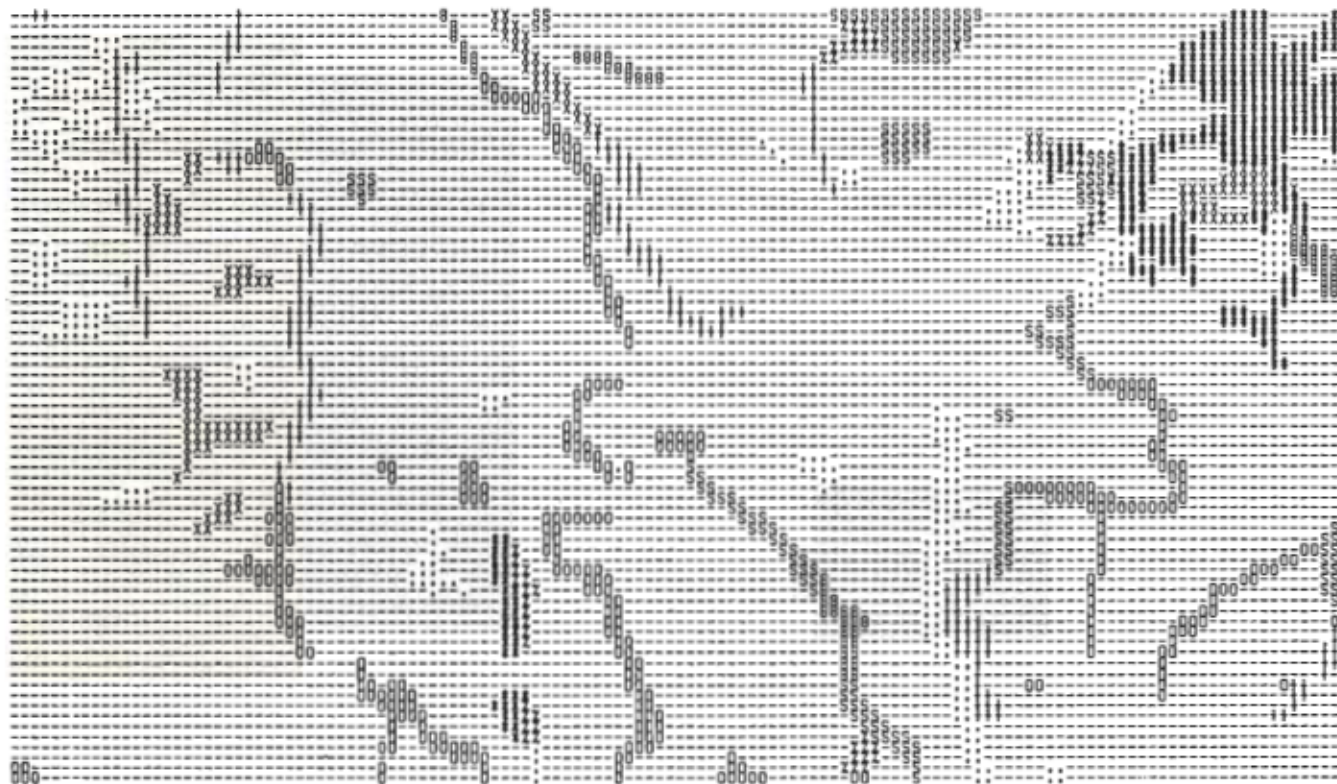
POTENTIEL FORESTIER

CLASSES	1	2	3	4
	-----		zzzzz	
	-----		zzzzz	
	-----		zzzzz	
	-----		zzzzz	

FREQUENCES 2452 151 1230 5917

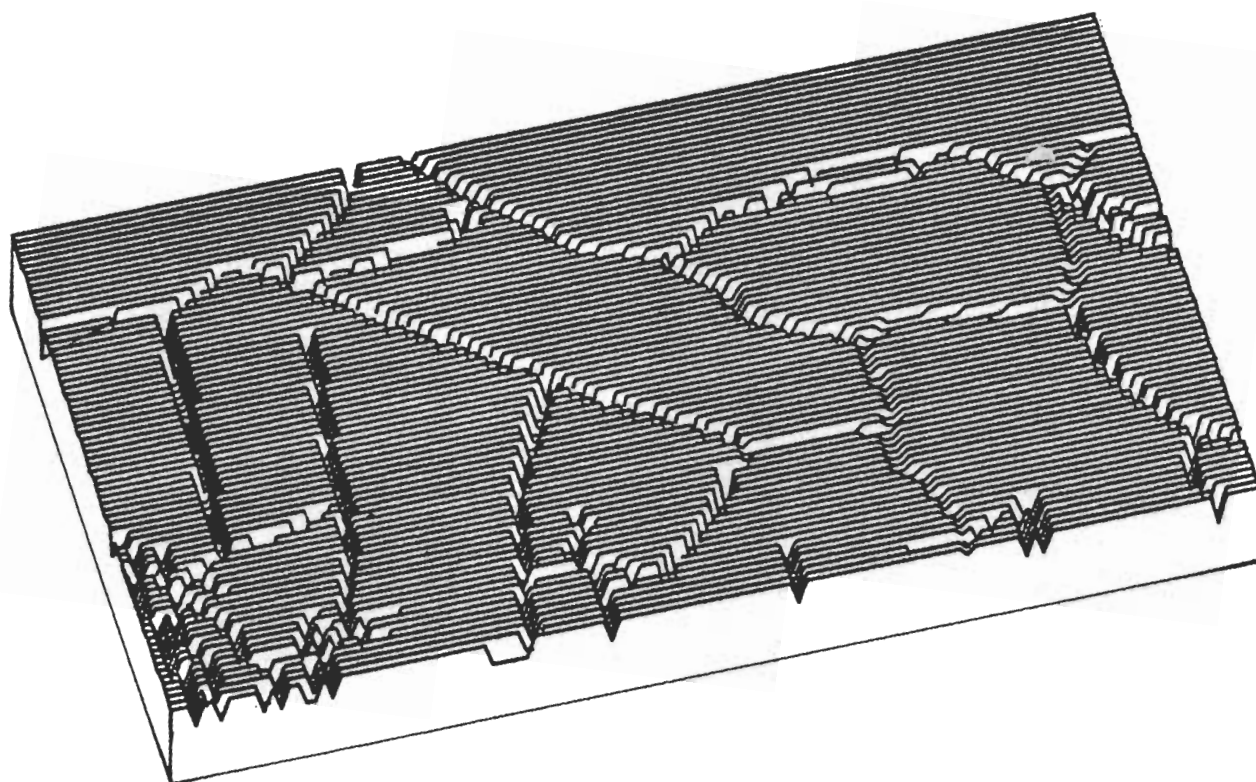


POTENTIEL TOURISTIQUE

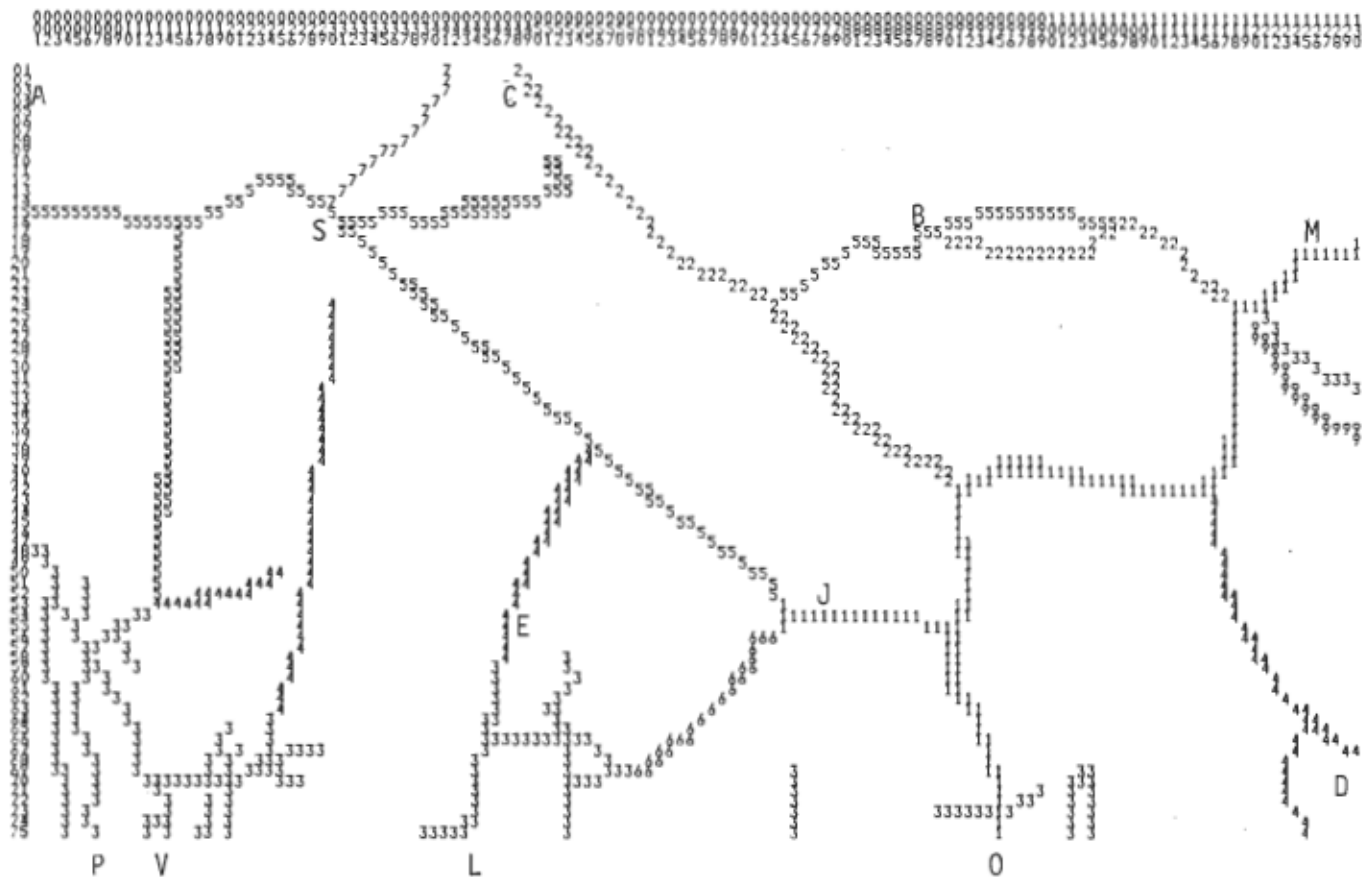


POTENTIEL TOURISTIQUE

CLASSES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FREQUENCES	8068	321	222	153	360	191	57	57	191	130



VOIES DE TRANSPORT ACTUELLES ET PROJETEES



VOIES DE TRANSPORT ACTUELLES ET PROJETEES

- 1 = route 109
- 2 = route secondaire
- 3 = routes forestières
- 4 = routes projetées (MTF)
- 5 = routes projetées (MRN)
- 6 = route projetée (OPDQ)
- 7 = route d'hiver
- 9 = chemin de fer