

CANADIAN THESES ON MICROFICHE

I.S.B.N.

THESES CANADIENNES SUR MICROFICHE



National Library of Canada
Collections Development Branch

Canadian Theses on
Microfiche Service

Ottawa, Canada
K1A 0N4

Bibliothèque nationale du Canada
Direction du développement des collections

Service des thèses canadiennes
sur microfiche

NOTICE

The quality of this microfiche is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us a poor photocopy.

Previously copyrighted materials (journal articles, published tests, etc.) are not filmed.

Reproduction in full or in part of this film is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30. Please read the authorization forms which accompany this thesis.

THIS DISSERTATION
HAS BEEN MICROFILMED
EXACTLY AS RECEIVED

AVIS

La qualité de cette microfiche dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de mauvaise qualité.

Les documents qui font déjà l'objet d'un droit d'auteur (articles de revue, examens publiés, etc.) ne sont pas microfilmés.

La reproduction, même partielle, de ce microfilm est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30. Veuillez prendre connaissance des formules d'autorisation qui accompagnent cette thèse.

LA THÈSE A ÉTÉ
MICROFILMÉE TELLE QUE
NOUS L'AVONS REÇUE

UN USAGE DE LA THEORIE DE L'INFORMATION POUR
L'ANALYSE AERIENNE; AVEC ETUDE DE CAS:
L'INVENTAIRE BIOPHYSIQUE DU TERRITOIRE
DE LA BAIE JAMES

PAR
JEAN ROBERGE

THESE SOUMISE A L'ECOLE DES ETUDES
SUPÉRIEURES DANS LE CADRE DU PROGRAMME
DE MAITRISE AU DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE
DE L'UNIVERSITE D'OTTAWA

LE 30 MARS 1982

OTTAWA, ONTARIO

ABSTRACT

The main objective of this theses is to demonstrate that it is possible and advantageous to apply a computerized statistical method of interpretation to aerial analysis. The procedure used is the "PEGASE" procedure which was formulated by M. Michel Phipps, of the University of Ottawa. The concept behind this procedure is that in knowing the degree of uncertainty inherent to a system it is possible to reduce that uncertainty by adding pertinent information. In other words, the interdependency between different elements, if known, can be used to extrapolate information which would, by conventional means of interpretation, be impossible to identify or quantify. In applying this to aerial analysis it would be possible to calculate the interdependency between elements of the environment which are on one hand perceivable on an aerial coverage and on the other hand not perceivable on that same coverage. Through the procedure, the identification of this interdependency will bring the possibility of recognizing the non perceivable elements by knowing to which perceivable elements they are associated.

The "PEGASE" procedure is very well suited for this type of exercise because it reviews all possibilities of association between the types of information which are fed into it and identifies those associations which are significant in reducing the uncertainty.

The procedure then correlates the most significant perceivable characteristic to the non perceivable characteristics which needs to be identified and gives the probability of knowing the state of the later knowing the first. This is graphically shown in tables for each level of association that the procedure can identify and which can be easily used for reference in aerial analysis.

The method was applied to a bio-physical inventory in the James Bay Territory, in northern Québec. Thirteen environmental characteristics were retained for the exercise. They were classified, divided into the two categories of perceivable or non perceivable on aerial photographs (scale: 1 / 15840) and then fed into the computer for the statistical manipulation. The procedure clearly shows the types of association formed and the degree of certainty that these associations offer in the identification of the non perceivable characteristics.

This exercise demonstrates that the interdependency between each characteristics varies greatly and that many types of association are needed to extrapolate the non perceivable characteristics. It indicates that in the absence of a statistical method of interpretation there is no way of justifying the information which the interpreter has deduced through aerial analysis. The procedure is a tool that helps to reduce the hazard in aerial photography interpretation and has the potential for identifying relationships in the environment which could escape the deductive reasoning of man.

RESUME

L'objet de la thèse consiste en l'application d'une méthode statistique pour évaluer la validité de l'analyse aérienne dans l'inventaire des ressources. La procédure utilisée pour la manipulation statistique est la procédure "PEGASE" qui fut conçue par monsieur Michel Phipps de l'Université d'Ottawa. Cette procédure est basée sur le concept d'entropie; plus précisément elle calcule la réduction de l'indétermination qu'entraîne l'addition d'information à un système donné. Cette dernière définition conditionne le concept derrière cette thèse, qui est: s'il est possible de calculer une interdépendance entre des caractéristiques du milieu qui sont d'une part observables et d'autre part non observables sur couverture aérienne, l'identification des caractéristiques observables permettra une certaine connaissance des caractéristiques non observables.

La procédure "PEGASE" convient parfaitement à cet exercice car elle revise toutes les possibilités d'association entre les caractéristiques qui sont définies observables ou non observables et isole celles qui réduisent le mieux l'indétermination. La procédure ordonne les associations d'après leur degré de signifiante

II

(capacité de réduction d'entropie) et permet la fabrication des tableaux à double entrée qui facilitent la lecture des résultats de la manipulation statistique. Ceux-ci indiquent toutes les associations pertinentes et leur degré de fiabilité pour l'identification des caractéristiques non observables sur la couverture aérienne et peuvent être utilisés comme tables de référence pour l'analyse aérienne des caractéristiques non observables.

La méthode fut appliquée à un inventaire biophysique sur le territoire de la Baie James, au Québec. Treize caractéristiques du milieu furent classifiées, divisées en éléments observables ou non observables et manipulées par la procédure pour calculer l'interdépendance. Les résultats de la manipulation sont présentés sous forme de tableaux à double entrée qui indiquent les types d'associations formées et le degré d'interdépendance entre les états des caractéristiques observables et non observables.

Cet exercice pratique démontre très bien que l'interdépendance entre les caractéristiques du milieu n'est pas uniforme ni homogène. C'est-à-dire que plusieurs types d'associations sont possibles à des degrés de signification bien différents. Ceci supporte le besoin d'une méthode statistique pour l'identification des caractéristiques observables les plus significatives (pour l'inventaire des caractéristiques non observables) tout en indiquant l'importance de connaître le degré de fiabilité avec laquelle l'extrapolation des caractéristiques non observables peut être faite.

III

REMERCIEMENTS

Parmi les personnes qui m'ont assisté dans l'acheminement de cette thèse, je tiens à remercier tout particulièrement M. Hughes Gagnon pour avoir accepté de diriger mes recherches. Aussi de sincères remerciements à M. Michel Phipps pour le libre usage de son programme "PEGASE" et pour ses conseils dans son utilisation. Enfin une note de reconnaissance à M. Vincent Gérardin du Service d'Etudes Ecologiques Régionales (Environnement Canada à Québec), pour son intérêt et pour le droit d'accès qui me fut accordé aux données écologiques du territoire de la Baie James, sans lesquelles cette thèse n'aurait jamais pu être complétée.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
Résumé (Abstract)	I
Remerciements	III
Table des matières	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des figures	VII

CHAPITRE

1. INTRODUCTION	1
2. METHODOLOGIE	5
3.1 La Classification de l'information de base	6
3.2 La couverture aérienne	7
3.3 La manipulation statistique	8
3.4 L'interprétation	12
3.5 L'analyse aérienne	17
3. L'ETUDE DE CAS	19
4.1 Le territoire d'étude	19
4.2 La couverture aérienne	28
4.3 L'acquisition et la classification des informations de base	29

4.4	L'identification des caractéristiques	
	indépendantes	38
4.5	La manipulation statistique	41
4.6	L'interprétation	46
4.	L'ANALYSE AERIENNE	137
5.	CONCLUSION	145.
	Annexe 1	148
	Annexe 2	163
	Annexe 3	en encart
	BIBLIOGRAPHIE	164

VI

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

3.1, schéma 2 13

Tableaux de référence

Pierrosité	50/59
Texture du sol	60/69
Epaisseur du dépôt meuble	70/88
Matériaux géologiques de surface	89/97
Drainage	98/118
Profondeur de la nappe phréatique	119/133
Seepage	134/136

VII

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
3.1A, schéma 1	11
01, Localisation du territoire étudié	20
1, Principales divisions physiographiques du Québec	21
2, Carte topographique du territoire de la Baie James	23
3, Dépôts de surface du territoire de la Baie James	24
4, Zones climatiques du Québec, d'après Köpen ...	25
5, Dendrogramme: Epaisseur du matériau meuble ..	43
6, Carte de l'épaisseur du dépôt meuble.....	144

CHAPITRE 1:

INTRODUCTION

Dans une certaine mesure l'analyse aérienne consiste en l'identification de caractéristiques du milieu telles que représentées sur des images. C'est une méthode qui fut éprouvée et reconnue satisfaisante pour l'inventaire de bien des types de ressources naturelles. Nombreux sont les livres qui indiquent et décrivent les procédures pour interpréter les caractéristiques observables sur une couverture aérienne (Réf. 2, 9, 18, 20). A partir de connaissances acquises et avec une certaine expérience un photo-interprète peut identifier, mesurer et cartographier toute une gamme d'éléments qui même parfois ne sont pas apparents sur la couverture photographique. En se familiarisant avec le territoire d'étude, par y avoir fait des relevés au sol, l'interprète accumule des connaissances secondaires; des connaissances sur l'interdépendance entre les éléments du milieu qu'il inventorie. Ceci lui permet de déduire, lors de l'analyse aérienne, l'état de caractéristiques qui passeraient inaperçues à l'œil non expérimenté.

Cette application de connaissances acquises par une personne a bien des mérites mais elle impose aussi certaines difficultés:

- La connaissance des éléments du milieu qui permettent une extraction des caractéristiques non observables est difficilement transmissible à un autre interprète, ce qui réduit le nombre potentiel d'usages à tirer d'un inventaire au sol.

- La validité des informations déduites à partir de ces connaissances n'est pas quantifiable donc difficilement justifiables sans retour sur le terrain.

- Les caractéristiques non observables qui furent interprétées de cette façon, n'ayant pas été quantifiées, sont sujettes à être considérées à même titre que les caractéristiques observables lors de la représentation cartographique de l'inventaire.

Il est possible de remédier à ces difficultés: En utilisant une procédure d'analyse statistique qui revise toutes les possibilités d'association entre les caractéristiques observables et non observables, qui identifie et isole les associations les plus significatives de façon systématique jusqu'à l'élimination de probabilité d'occurrence. Il s'agit de réduire l'analyse aérienne à la lecture des caractéristiques observables, à la classification de toutes les caractéristiques du milieu telles que définies lors d'un inventaire au sol et d'appliquer la procédure statistique. L'interprète pourra alors utiliser les résultats de l'analyse pour diriger son étude de la couverture aérienne.

M. Michel Phipps de l'Université d'Ottawa a énoncé une procédure (la procédure PEGASE) qui manipule des informations de façon à remplir les exigences énoncées ci-haut. L'usage que j'ai fait de cette procédure est décrit plus loin dans le texte. Suffit-il de mentionner qu'elle permet de faire ressortir les caractéristiques observables les plus significatives ainsi que la probabilité d'occurrence des associations formées entre ces dernières et les caractéristiques non observables sous forme de tableaux à double entrée.

Les étapes menant à la manipulation statistique (l'interprétation des caractéristiques non observables) sont de simples procédures presque mécaniques. Il s'agit premièrement de faire des relevés au sol pour recueillir les données de base de notre inventaire; ici un grand nombre de relevés est préférable étant donné la nature statistique du programme "PEGASE". Ensuite ces données sont classifiées et divisées en deux groupes: caractéristiques observables et non observables. Les caractéristiques observables sont toutes les caractéristiques qui peuvent être observées aisément sur la couverture aérienne. Leur interprétation fait l'objet d'une bibliographie extensive et des instruments d'analyse aérienne (stéréoscope, densitomètres, stéréomicromètres, etc.) sont disponibles spécifiquement à cette fin. Les caractéristiques non observables sont les caractéristiques de l'inventaire

qui ne peuvent pas être décrites ou mesurées de la couverture aérienne mais dont les états peuvent être inférés par association avec les caractéristiques observables.

A ce point donc nous avons une série de relevés où se trouvent une certaine quantité d'information considérée observable et une quantité d'information considérée non observable. Si on suppose que le principe de probabilité statistique qui veut que l'échantillon bien proportionné peut représenter l'ensemble est juste, on peut donc conclure que les associations que la procédure "PEGASE" identifiera à partir des relevés au sol seront applicables sur l'ensemble du territoire d'étude. Ceci d'ailleurs est un principe qui n'est pas étranger à l'analyse aérienne conventionnelle, seulement il est exploité d'avantage par l'usage de la procédure. Le fondement du programme "PEGASE" est l'association et l'information mutuelle qu'entraîne l'addition d'information. De même le fondement derrière l'analyse aérienne est la connaissance des interdépendances entre les caractéristiques du milieu. La procédure poursuit presque littéralement le processus d'analyse que devrait appliquer l'interprète, mais avec une plus grande facilité et avec plus de précision.

CHAPITRE 2:

METHODOLOGIE

En utilisant l'information prise sur le terrain comme information de base on se retrouve avec une série de points de recensement répartis sur le territoire d'étude qui serviront à l'extrapolation par analyse aérienne. Dans le but d'obtenir les résultats de cette extrapolation, il faut:

- 1) Classifier l'information de base afin de la rendre plus manipulable et plus compatible à l'échelle de l'analyse.
- 2) Sélectionner le type de couverture photographique qui permettra le meilleur discernement des caractéristiques retenues.
- 3) Manipuler les informations de base par méthode statistique afin de trouver les meilleurs intégrateurs du milieu.
- 4) Interpréter les résultats de l'analyse statistique.
- 5) Faire l'analyse aérienne et la vérification des résultats.

3.1 La classification de l'information de base:

L'information de base comprend une série plus ou moins grande de caractéristiques du milieu (dépendant du type d'analyse). Chacune de ces caractéristiques peut emprunter différents états. Afin de tenir compte de ces états, tout en réduisant la complexité de l'information, on doit les regrouper en classes selon le degré de distinction prescrit par l'échelle de l'analyse. Cette attribution de valeurs descriptives ajoute beaucoup à la validité de l'information de base car elle permet une vue plus réaliste des interactions du milieu: La constatation des états des différentes caractéristiques permet une meilleure distinction des particularités des sites inventoriés que ne le ferait une simple énumération des caractéristiques.

La classification permet de décrire chacune des caractéristiques pour chacun des sites inventoriés. On obtient par le fait même plusieurs niveaux d'information qui juxtaposées, permettent la constatation de fréquences d'association entre les états des caractéristiques. Ce sont ces fréquences qui rendent possible l'extrapolation des caractéristiques qui ne sont pas directement observables sur la couverture aérienne.

3.2 La couverture aérienne:

Tel que mentionné plus haut, l'intérêt de l'analyse aérienne est qu'elle permet l'extrapolation d'information prises par échantillonnage au sol. Pour ce faire on doit distinguer deux types de caractéristiques du milieu:

- Les caractéristiques indépendantes (observables) qui sont toutes les caractéristiques visuellement apparentes sur les photographies aériennes et ceci pour tout le territoire d'étude.
- Les caractéristiques dépendantes (non observables) qui sont toutes les caractéristiques non apparentes sur photographie aérienne et qui doivent être inférées par association avec les caractéristiques indépendantes.

Ceci est possible en spécifiant le degré de précision avec lequel on veut identifier les états de chacune des caractéristiques de l'inventaire, tel qu'il fut fait lors de la classification. On choisit ensuite la couverture aérienne qui peut fournir l'information à une échelle semblable pour finalement retirer de l'ensemble des caractéristiques celles qui ne peuvent pas être adéquatement identifiées. Celles-ci seront les caractéristiques dépendantes (ou non observables) et celles qui peuvent être distinguées sont les caractéristiques indépendantes (observables).

3.3 La manipulation statistique:

Le système d'information mutuelle qui constitue la base de l'approche statistique de l'étude provient du concept d'entropie. L'entropie est définie ici comme étant le degré d'indétermination rattaché à une structure; ou encore le degré d'incertitude qui demeure après une association entre certaines composantes d'une structure. L'information mutuelle exprime la mesure de réduction de l'entropie étant donné une association. (Annexe 2; réf. 3)

Dans le cadre de cette recherche, on voudrait connaître la réduction d'indétermination qu'entraîne l'association de caractéristiques indépendantes aux caractéristiques dépendantes. Aussi on cherche à définir lesquelles des caractéristiques indépendantes permettent la meilleure extrapolation des caractéristiques dépendantes. Ceci implique que tous les états des caractéristiques indépendantes doivent être associés à tous les états des caractéristiques dépendantes pour l'ensemble des sites inventoriés au sol. Vu la multitude de possibilités et le besoin d'une hiérarchisation des caractéristiques indépendantes d'après leur niveau de signification, il s'impose une procédure d'analyse statistique qui manipule l'information en stades successifs de façon à systématiquement ordonner les caractéristiques indépendantes d'après leur force d'association avec les caractéristiques dépendantes.

La procédure "PEGASE": (réf. 11)

La procédure "PEGASE" constitue une démarche appliquée d'un système d'information mutuelle, intégré à un ordinateur. Elle manipule l'information par paliers d'information. Chaque palier fournit une information mutuelle nouvelle qui tend à réduire l'indétermination ou l'entropie, qui demeure lorsqu'on a une association entre différents états (classes) de caractéristiques indépendantes et les différents états d'une caractéristique dépendante.

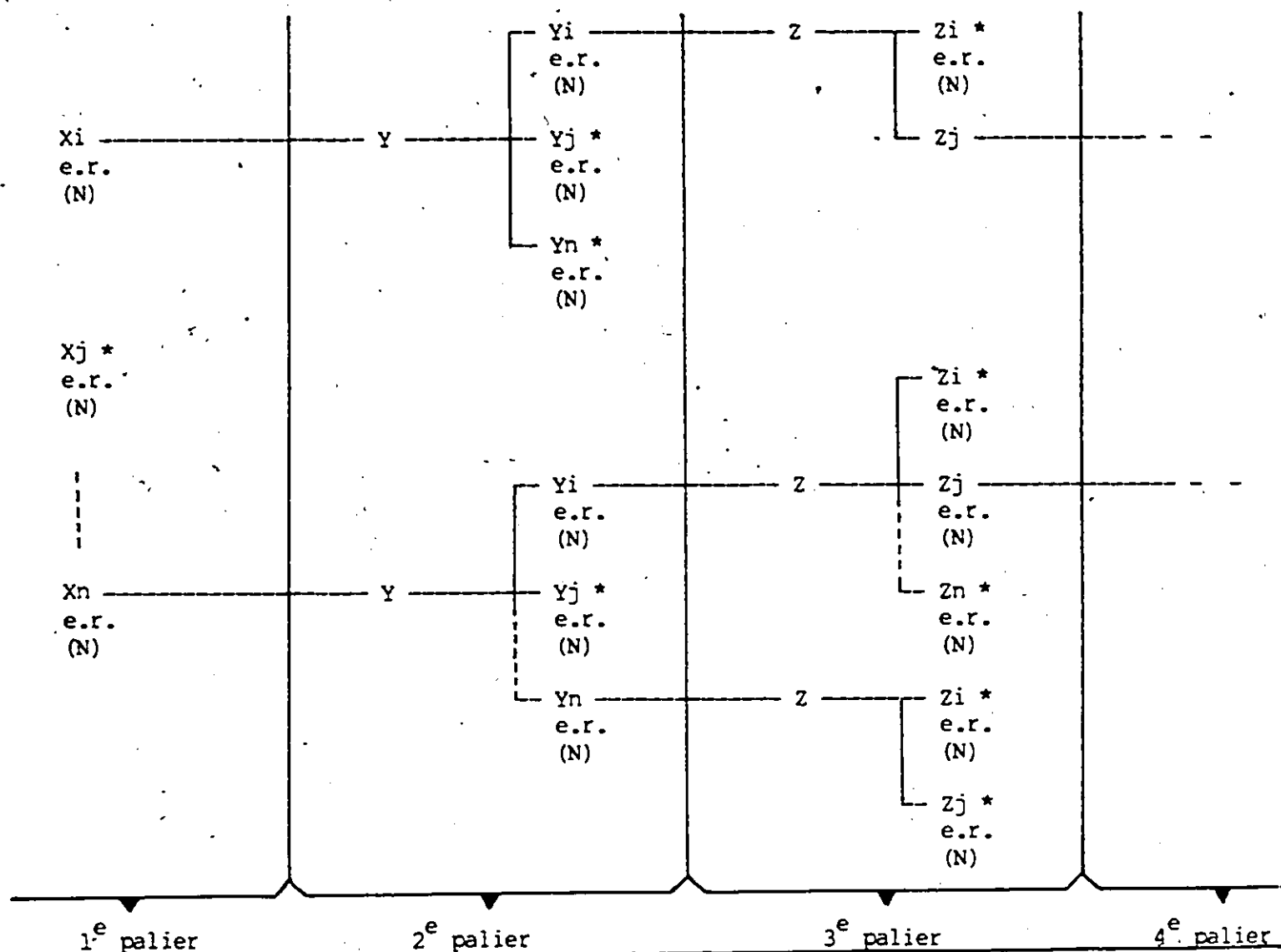
Les étapes de la manipulation sont: (voir schéma 1)

- La détermination de l'entropie initiale de la caractéristique dépendante retenue par l'établissement de la distribution de ses états sur le territoire.
- La révision de l'ensemble des caractéristiques indépendantes afin de repérer celle qui réduit le plus l'entropie initiale (celle qui fournit l'information mutuelle la plus élevée).
- L'association des états de cette caractéristique aux états de la caractéristique dépendante retenue; ce qui forme le premier palier de détermination.

- L'association des états des caractéristiques indépendantes (moins la caractéristique retenue au premier palier) aux sous-ensembles formés à ce premier palier.
- La détermination de l'information mutuelle fournie par chacune de ces associations.
- L'association des états des caractéristiques indépendantes demeurant après chaque palier d'association pour chacun des sous-ensembles formés, jusqu'à ce que l'une des conditions suivantes soit remplie pour tous ces sous-ensembles:

- a) Le nombre d'états de la caractéristique indépendante est insuffisant pour faire une analyse statistique valide.
- b) La taille du sous-ensemble formé est trop petite pour fournir une association valide.
- c) L'entropie est suffisamment réduite pour fournir une information mutuelle significative.
- d) Aucune des caractéristiques indépendantes ne peut réduire l'entropie de façon significative.

SCHEMA 1 : figure 3. 1 A



LEGENDE:

$X_i, X_j, \dots, X_n$: Etats de la caractéristique indépendante au 1^e palier
 $Y_i, Y_j, \dots, Y_n$: Etats de la caract..... au 2^e palier
 $Z_i, Z_j, \dots, Z_n$: Etats de la caract..... au 3^e palier
 e.r.: Entropie résiduelle
 (N): Nombre de sites
 X_n^* : Ensemble solution (fin de la procédure)

3.4 L'interprétation: (voir schéma 2)

Lorsque la procédure est terminée, toutes les associations entre les caractéristiques indépendantes et dépendantes sont représentées sous forme de tableaux à double entrée. Chacune des cases de ces tableaux indique la probabilité d'occurrence d'une association entre des états définis d'une caractéristique dépendante et d'une ou plusieurs caractéristiques indépendantes. On peut donc considérer les associations en tant que différentes conditions du milieu et que les tableaux représentent la probabilité que ces conditions se reproduisent à l'intérieur de la région inventoriée.

Le tableau qui correspond au premier palier inclut, sur un axe les états de la caractéristique indépendante qui réduit le plus l'entropie initiale d'une caractéristique dépendante retenue dont les états se trouvent sur l'autre axe. Les associations formées par ces deux axes (le tableau) permettent de faire certaines extrapolations avec un bon degré de fiabilité lorsque des états de la caractéristique indépendante (i.e. X_j) est limité à un minimum d'états de la caractéristique dépendante (i.e. 0). On peut donc conclure que plus un état X est représenté en association avec un état 0, plus on peut se permettre de déduire la présence de 0 étant donné X .

SCHEMA 2: tableau 3.1

		CARACTERISTIQUE DEPENDANTE						
		O_i	O_j	...	...	...	O_n	
CARACTERISTIQUE INDEPENDANTE	X_i	$X_i O_i$	$X_i O_j$	...	...	...	$X_i O_n$	(N)
	$X_j *$	$X_j O_i$	$X_j O_j$	...	...	...	$X_j O_n$	(N)
	...							(N)
	...							(N)
	...							(N)
	X_n	$X_n O_i$	$X_n O_j$	...	...	...	$X_n O_n$	(N)
		(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	N

LEGENDE:

- $O_i, O_j, \dots, O_n$: Etats de la caractéristique dépendante
 $X_i, X_j, \dots, X_n$: Etats de la caractéristique indépendante
 $X_i O_i, \dots, X_n O_n$: Probabilité d'association
 (N): Nombre de sites pour chacun des états
 (dépendant ou indépendant)
 $\sum N$: Nombre total de sites inclus dans le tableau
 X_j *: Ensemble solution

Les tableaux formés au deuxième palier sont plus complexes et représentent des conditions du milieu plus spatialement spécifiques que celles du premier palier. Ils comprennent sur un axe les états de la caractéristique dépendante et sur l'autre une combinaison d'un état de la caractéristique indépendante retenue au premier palier et des états d'une nouvelle caractéristique indépendante qui réduit l'entropie résiduelle du premier palier. Le deuxième palier et les paliers consécutifs (et les tableaux correspondants) ne sont formés que lorsque l'entropie résiduelle peut être réduite par une nouvelle association.

A titre d'exemple, pour mieux expliquer cette étape de la méthode, je pose la question: Quelle est la probabilité qu'une maison en briques ait deux étages? La caractéristique dépendante est le nombre d'étages que peut avoir une maison: O_i : 1 étage, O_j : 2 étages, O_n : 3 étages. Les caractéristiques indépendantes sont: le matériau de construction, la présence ou absence d'une cheminée et le nombre de portes donnant sur l'extérieur.

Supposons maintenant que la caractéristique indépendante retenue au premier palier soit le matériau de construction (X_i : bois, X_j : briques, X_n : fer). Le tableau correspondant à ce palier portera sur un axe les trois types de matériau et sur l'autre les

possibilités de nombre d'étages. Avançons maintenant que les associations formées par les états X_i (bois) et X_n (fer) indiquent à 100% de probabilité la présence d'une maison de 1 et de 3 étages respectivement. Pour ces sous-ensembles, la procédure se termine au premier palier. Cependant nous cherchons à connaître le nombre d'étages d'une maison en briques. Stipulons à ce point-ci que la distribution des états de X_j , au premier palier, va comme suit: $X_j O_i$: 33%, $X_j O_j$: 34%, $X_j O_n$: 33%. Il est impossible, de cette distribution, de déduire des conclusions raisonnables. La procédure devra donc chercher une nouvelle caractéristique indépendante qui, en plus de la présence d'une structure en briques, réduira l'indétermination. Pour les besoins de la cause cette nouvelle caractéristique, ajoutée au deuxième palier, est la présence ou absence d'une cheminée. Ceci donne un tableau qui comprend sur un de ses axes les états de la caractéristique dépendante et sur l'autre $X_j Y_i$ (briques et cheminée) et $X_j Y_j$ (briques sans cheminée). Ce nouveau sous-ensemble nous donne une autre possibilité d'extrapolation de la caractéristique dépendante, qui est:

$X_j Y_i O_i$: 0%, $X_j Y_i O_j$: 95%, $X_j Y_i O_n$: 5%

$X_j Y_j O_i$: 65%, $X_j Y_j O_j$: 5%, $X_j Y_j O_n$: 30%

L'entropie est de beaucoup réduite par l'addition du deuxième palier; au point où on peut affirmer que la présence d'une maison en briques avec cheminée implique à 95% de certitude que cette maison a deux étages. Par ailleurs, la maison en briques qui n'a pas de cheminée ne peut pas faire l'objet d'une extrapolation juste. La procédure cherchera donc à réduire, une troisième fois, l'entropie par l'addition d'une caractéristique indépendante. Si celle-ci n'est pas efficace, la procédure arrête au deuxième palier et on ne peut augmenter l'information mutuelle pour ce sous-ensemble. Si par contre la nouvelle caractéristique apporte de l'information additionnelle, un troisième palier est formé.

Lorsque ces étapes sont complétées pour chacune des caractéristiques dépendantes on a en main un dossier de référence qui permet la vérification des résultats de l'interprétation des caractéristiques déduites.

3.5 L'analyse aérienne:

A l'aide des tableaux à double entrée il est possible de reconnaître toutes les associations significatives entre les caractéristiques observables et non observables telles que compilées de l'inventaire au sol. Aussi on peut noter la probabilité d'occurrence d'une caractéristique non observable étant donné une ou plusieurs caractéristiques observables. En supposant que l'échantillonnage au sol comprenait assez de sites pour être représentatif du territoire d'étude, les tableaux permettent de reconnaître les caractéristiques non observables qui sont fortement associées aux caractéristiques du milieu que l'on détecte sur la couverture aérienne.

Par l'usage d'un stéréoscope, stéréo-micromètre et d'un gabarit ou autre équipement d'analyse de couverture photographique, il est possible de compiler les caractéristiques observables. Des reproductions cartographiques du milieu s'avèreraient les plus efficaces à la transposition de ces informations: les unités formées par les caractéristiques observables formeraient une mosaïque du paysage. L'interprète n'a, à ce point-ci, qu'à se référer aux tableaux à double entrée pour reconnaître et indiquer les caractéristiques non observables qui leur correspondent.

Naturellement, toutes les caractéristiques non observables

ne peuvent pas être identifiées avec un bon degré de fiabilité. Certaines caractéristiques sont trop faiblement représentées tandis que d'autres se prêtent facilement à différents types de milieu. Mais ceci n'indique aucunement une faiblesse de la méthode. Les associations significatives sont représentées dans les tableaux et peuvent être d'une grande utilité à l'interprète, tandis que les caractéristiques faiblement associées n'auraient pu être identifiées avec précision par processus déductif. La procédure a retiré toutes les associations pertinentes avec une exactitude qui surpasse toute capacité humaine et a permis l'identification des points faibles de l'inventaire.

CHAPITRE 3:

L'ETUDE DE CAS

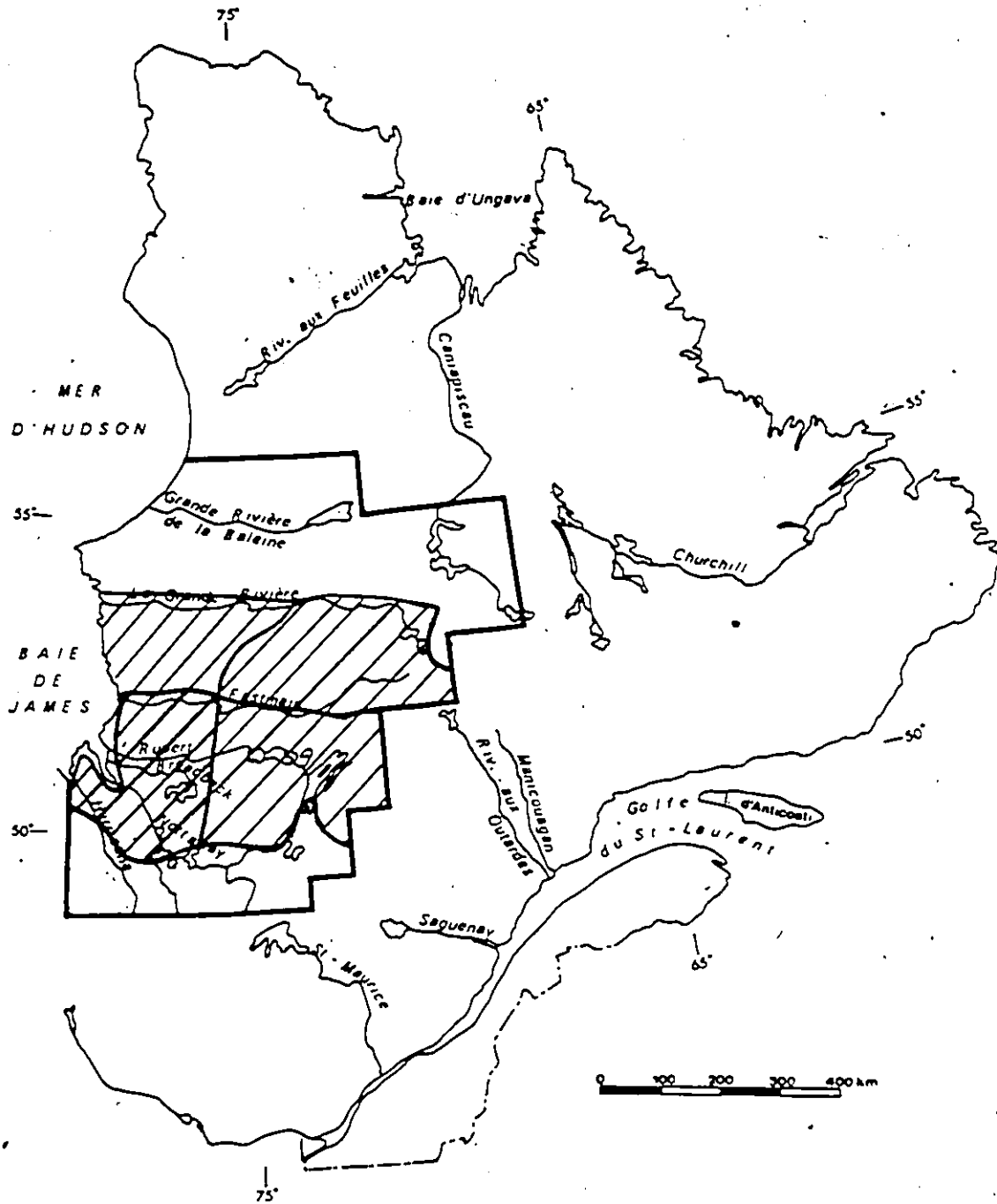
Dans ce chapitre, je vais appliquer la procédure "PEGASE" à un inventaire bio-physique sur le territoire de la Baie James. Cet inventaire comprend des données morphologiques, édaphiques, pédologiques et floristiques du milieu. Les informations retenues furent recueillies dans les espaces forestiers de la zone subarctique (réf. 4) du territoire. A l'intérieur de cette zone fut délimitée une parcelle où la forêt fut cartographiée à partir de photographies aériennes. (voir annexe 3)

4.1 Le territoire d'étude (fig. 01)

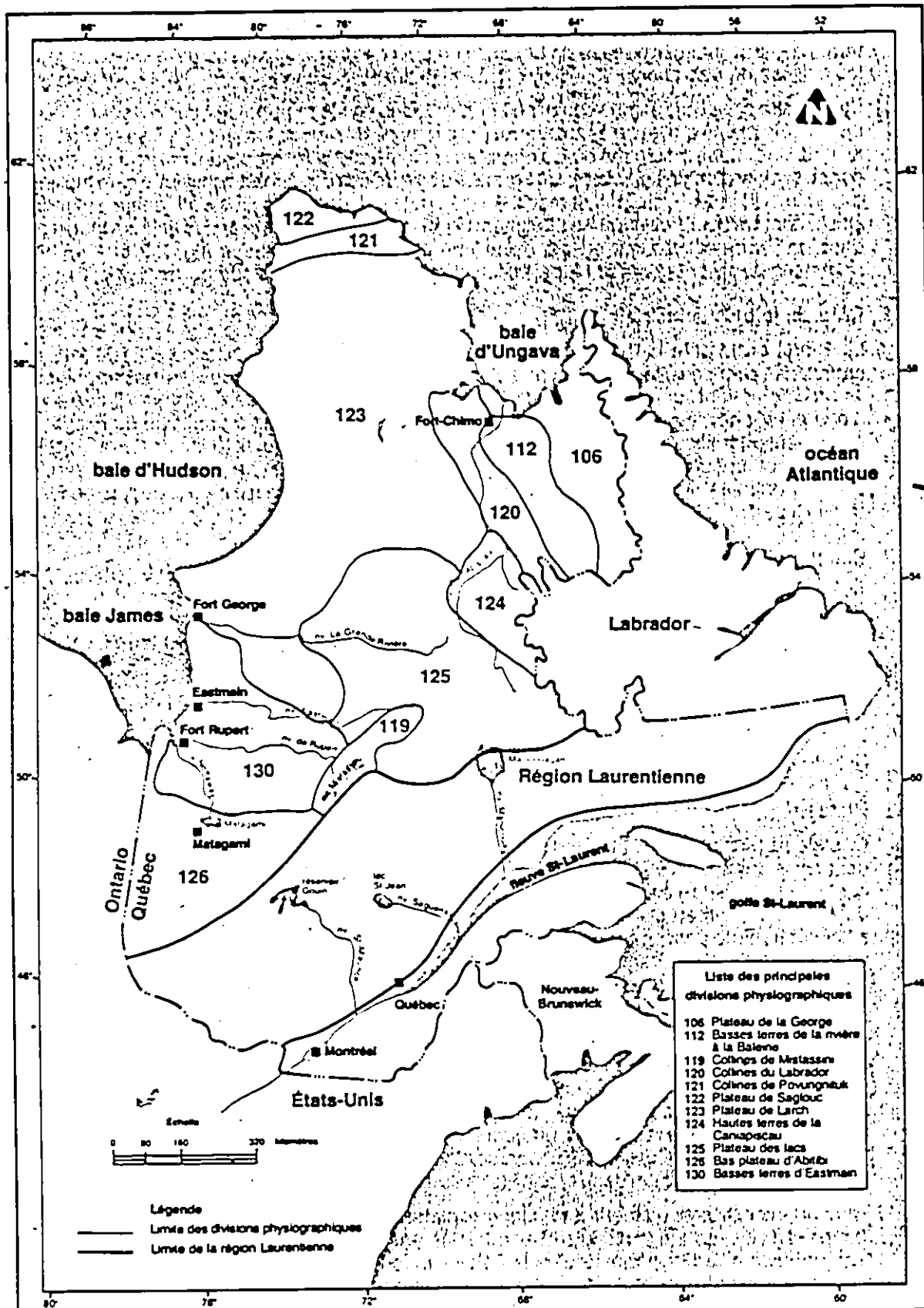
Le territoire de la Baie James est une unité géographique couvrant près de 400,000 km² de la province de Québec. Il est compris dans le Bouclier canadien et se trouve, dans sa presque totalité, inscrit dans la région physiographique de James dont les unités principales, du sud au nord, sont: le bas plateau d'Abitibi, les collines de Mistassini, les basses terres d'Eastmain, le plateau de Larch, le plateau des lacs, le plateau de Caniapiscau et les collines du Labrador. (réf. 15, p. 99) (voir fig. 1)

Figure 01

LOCALISATION DU TERRITOIRE ÉTUDIÉ



Principales divisions physiographiques du Québec



La stratigraphie de la région laisse voir des matériaux qui, des plus anciens aux plus nouveaux, comprennent des dépôts glaciaires constitués de blocs, de cailloux, de gravier, de sable, de silt, de dépôts d'argile varvée, d'origine lacustre au sud, de dépôts d'argile silteuse d'origine marine en bordure de la Baie James, de bancs de sable isolés et de faible épaisseur et des tourbières situées sur des terrasses d'argile ou dans des dépressions mal drainées. (voir fig. 2)

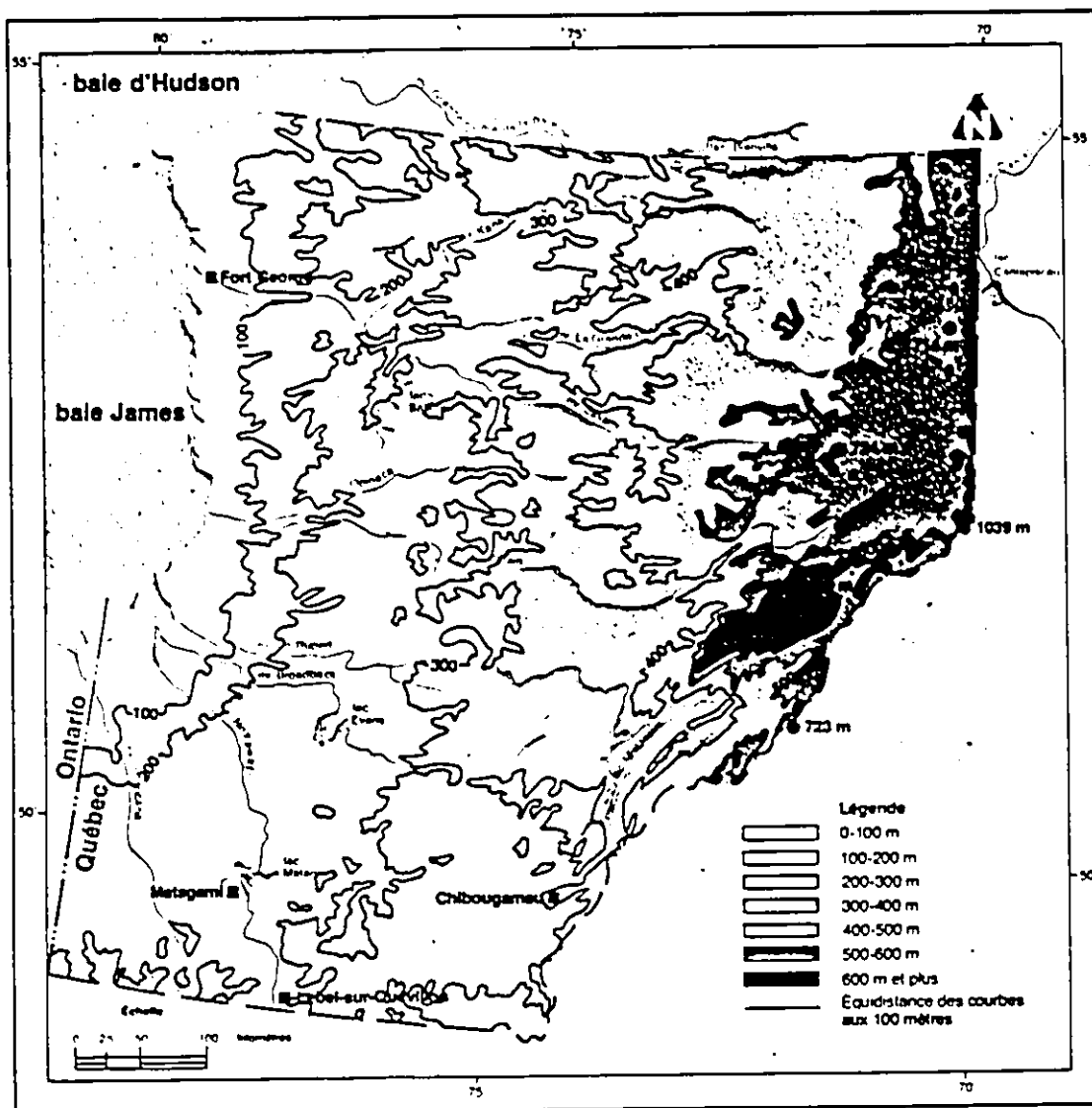
La répartition géographique de ces divers horizons stratigraphiques permet de diviser le territoire en trois zones distinctes: la plaine côtière à l'ouest, une zone de transition et le plateau à l'est et au nord. (réf. 15, p. 106) (voir fig. 3)

Le climat:

Selon la classification de Köppen-Geiger, qui est basée sur les mesures climatiques, le territoire de la Baie James fait partie de la zone climatique Dfc (fig. 4). Cette zone climatique correspond à un climat dont la température moyenne est supérieure à 10 degrés Celsius pour le mois le plus chaud et inférieure à -30 degrés Celsius pour le mois le plus froid.

Les baies d'Hudson et de James ne jouent pas le rôle modérateur qu'exercent habituellement les mers pendant la saison froide. En effet durant l'hiver, le couvert de glace prolonge les surfaces continentales

Carte topographique du territoire de la Baie James



SOURCE: ref.15

The map displays the eastern Canadian Arctic, including parts of the Northwest Territories (ET), Yukon (Dfc), and Labrador. Key geographical features include the Gulf of St. Lawrence (golfe St-Laurent), the Atlantic Ocean (océan Atlantique), and the James Bay (baie James). Major cities and locations marked are Fort George, Fort Repulse, Moosonee, Montreal, and Quebec. The map also shows the St. Lawrence River (fleuve St-Laurent) and the James Bay (baie James). Climate zones are indicated by letters: ET (polar tundra), Dfc (subarctic humid), and Dfb (continental humid). The map includes a scale bar (0 to 300 km) and a north arrow.

Légende

- ET Climat polaire de toundra
- Dfc Climat subarctique humide (talus)
- Dfb Climat continental froid et humide
- Régions climatiques
- - - Limite du territoire de la Baie James

Températures et précipitations

The inset graph shows temperature (Température en °C) and precipitation (Précipitation en mm) for three locations: Moosonee, Moosonee, and Repulse (Arctic). The x-axis represents months (J, A, S, O, N, D). The y-axis for temperature ranges from -40 to 30 °C, and for precipitation from 0 to 35 mm.

Location	Climate Type	Temperature Range (°C)	Precipitation Range (mm)
Moosonee	Dfb	-40 to 20	0 to 25
Moosonee	Dfc	-30 to 20	0 to 25
Repulse (Arctic)	ET	-40 to 10	0 to 10

SOURCE: mf.15

permettant ainsi aux conditions arctiques de s'étendre. En été la présence de courants d'eau froide et de glace dans les mers périphériques retardent le réchauffement du climat sur la côte. De plus le relief peu accentué de la région facilite le libre passage des masses d'air arctique; celles-ci sont à l'origine du froid intense qui sévit pendant les mois d'hiver et contribuent à prolonger la période de gel au printemps. (réf. 15, p. 113) Dans le territoire de la Baie James, la dernière gelée de printemps survient entre le 15 juin dans le nord, alors que la première gelée d'automne se produit vers le 15 septembre. (réf. 15, p. 118)

L'importance des précipitations totales annuelles décroît du sud au nord et de l'est vers l'ouest. Les plus fortes précipitations mensuelles surviennent en été. Ce phénomène a pour explication: le changement marqué dans les trajectoires générales des systèmes météorologiques d'hiver et d'été, la prise des glaces sur la mer qui réduit l'évaporation l'hiver et enfin le fait que la durée d'isolation soit plus longue en été qu'en hiver. (réf. 15, p. 125)

Le couvert végétal:

Le territoire de la Baie James s'insère dans plusieurs zones bio-climatiques dont les principaux habitats sont la forêt boréale

et la forêt subarctique. Ces dernières sont distribuées sur un plan latitudinal et sont fonctions de différents facteurs climatiques.

(réf. 12) Afin de réduire au maximum la considération de ces facteurs climatiques, qui ne sont pas disponibles à une échelle régionale pour le territoire, l'inventaire portera essentiellement sur la zone dite subarctique du territoire de la Baie James. Cette zone couvre presque 75% du territoire et s'étend entre le 50^e et le 55^e degré de latitude nord. Le type physionomique de la végétation est la lande boisée constituée d'épinettes noires, Picea mariana (Mill.) B.S.P. de pins gris, Pinus divaricata (Ait.) Dumont, de sapins baumier, Abies balsama (L.) Mill, ainsi que de quelques apparitions de mélèzes laricins, Larix laricina (Du Roi) Koch, de peupliers faux-tremble, Populus tremoloïdes Michx. et de bouleaux à papier, Betula papyrifera Marsh. .

4.2 La couverture aérienne:

Les photographies aériennes utilisées pour l'inventaire proviennent du ministère des terres et forêts du Québec. Ce sont des photographies panchromatiques (blanc et noir) prises à une altitude absolue de 2415 mètres, utilisant une lentille de 152.4 mm de distance focale (échelle: 1:15840). Cette couverture fut prise durant la période estivale. En annexe (annexe 3)* se trouve une photographie aérienne et un document cartographique représentant les types de peuplement forestier retrouvés sur le territoire de la Baie James.

La cartographie fut complétée à partir des photographies aériennes suivantes:

- Q 68122 - 43 à 47
- Q 68145 - 204 à 208
- Q 68150 - 50 à 56

* L'annexe 3 se trouve en encart.

4.3 L'acquisition et la classification des informations de base:

a) L'acquisition des données de terrain:

Les données de terrain utilisées pour l'étude de cas proviennent du fichier C.M.R. compilé par le Service d'Etudes Ecologiques Régionales (S.E.E.R.) du ministère de l'Environnement du Canada au cours des années 1973-74-75. Ces données furent recueillies par relevés répartis sur tout le territoire de la Baie James. (voir Annexe 1) Chacune des stations écologiques (réf. 4) peut contenir jusqu'à 52 types d'information qui englobent les caractéristiques pédologiques, édaphiques, physiologiques et dynamiques du milieu. (réf. 4) Au total 655 stations écologiques furent retenues; ce sont celles qui occupent des milieux forestiers dans les régions écologiques du lac Sakami, du lac Evans, du lac Nitchicun et du lac Mistassini. Chacune de ces stations comprend 13 caractéristiques considérées pertinentes pour l'analyse et qui sont les suivantes:

- 1) La physionomie des peuplements forestiers.
- 2) La force de pente.
- 3) La forme de pente.
- 4) La position sur la pente.
- 5) L'exposition.
- 6) L'altitude.
- 7) La pierrosité.
- 8) Le matériau géologique de surface.

- 10) L'épaisseur globale du dépôt meuble.
- 11) Le drainage.
- 12) La profondeur de la nappe phréatique.
- 13) Le seepage.

b) La classification des caractéristiques:

Les normes pour la classification des caractéristiques sont de deux ordres: premièrement d'ordre mécanique et deuxièmement d'ordre d'échelle. Les normes mécaniques sont celles qui sont liées à la procédure "PEGASE" (réf. 11): Une limite de 15 classes (ou états) fut établie pour chacune des caractéristiques intégrée au programme afin de 1) Eviter une surdiscrimination entre les états d'une même caractéristique, ce qui mènerait à un dédoublement des types d'associations à cause de la similarité entre les classes; et 2) permettre une certaine simplicité dans la manipulation des variables.

Les normes d'échelle sont celles qui relèvent du type de couverture photographique utilisée. Tel que mentionné plus haut, elle est de 1:15840. Ses attributs, d'après les références 1, 2, 9, 18 et 19, permettent de distinguer les caractéristiques retenues au degré de précision des classes énoncées ci-après. Naturellement l'échelle de la couverture fut déterminante pour la dimension des classes pour toutes les caractéristiques, y inclus celles qui furent influencées par les normes mécaniques, afin d'assurer une certaine uniformité et bonne qualité dans l'interprétation.

Les classes des caractéristiques retenues sont:

- 1) La physionomie des peuplements forestiers: Cette caractéristique correspond à la physionomie de la végétation arborescente, perçue d'après sa composition (essences principales); sa densité et sa hauteur. Près de 95% des types de peuplement sont représentés dans l'analyse; les autres 5% étant trop faiblement représentés pour permettre une manipulation statistique.

A noter ici que les peuplements d'Epinette noire et de Pin gris furent subdivisés plus spécifiquement que les autres types de peuplements. Ceci est dû au fait qu'ils sont très fortement représentés sur le territoire et que par le fait même il est possible de chercher une relation entre la densité et la hauteur de ces peuplements et les caractéristiques non observables du milieu. Aussi, avoir regroupé en seulement deux types de peuplement les Epinettes et les Pins aurait accru leur importance relative aux autres types de peuplement. Conséquemment l'entropie initiale de la caractéristique serait sérieusement réduite ce qui à son tour aurait réduit l'efficacité des associations indépendantes/dépendantes à fournir une information mutuelle valable.

Les classes:

	ESPECE DOMINANTE*	ESP. SECOND.	DENSITE	HAUTEUR
a) EN 1	Epinette noire	aucune	61% & plus	toutes
b) EN 2	Epinette noire	aucune	25 à 60%	16 m & plus
c) EN 3	Epinette noire	aucune	25 à 60%	15 m & moins
d) EN 4	Epinette noire	aucune	5 à 24%	toutes
e) PG 1	Pin gris	aucune	26% & plus	toutes
f) PG 2	Pin gris	aucune	25% & moins	toutes
g) EP 1	Epinette noire	Pin gris	toutes	toutes
h) PE 1	Pin gris	Epinette n.	toutes	toutes
i) ES 0	Epinette noire	Sapin bau.	toutes	toutes
j) TB 0	Bouleau blanc	aucune	toutes	toutes
k) TR 0	Peuplier sp.	aucune	toutes	toutes

* La dominance d'une espèce est déterminée d'après la densité relative des essences; lorsque l'espèce dominante varie la limite est tracée pour indiquer un changement de type de communauté.

2) La force de pente: La force de pente signifie l'inclinaison du terrain à la station.

Les classes:

- a) P01 pente nulle (0 degré)
- b) P02 pente faible (1 à 10 degrés)
- c) P03 pente moyenne (11 à 20 degrés)
- d) P04 pente forte (plus de 20 degrés)

- 3) La forme de pente: La forme de pente indique le micro-relief du terrain à la station.

Les classes:

- a) FP1 plane
- b) FP2 convexe
- c) FP3 convave

- 4) La position sur la pente: La position sur la pente indique l'emplacement de la station par rapport au relief avoisinant.

Les classes:

- a) PP1 au bas de la pente
- b) PP2 dans la pente
- c) PP3 du haut de la pente

- 5) L'exposition: L'exposition indique l'axe de la pente, prise du point le plus élevé de la station, en utilisant une boussole magnétique.

Les classes:

- a) E01 nord
- b) E02 nord-est
- c) E03 est
- d) E04 sud-est
- e) E05 sud
- f) E06 sud-ouest
- g) E07 ouest
- h) E08 nord-ouest
- i) E09 nulle ou variable

6) L'altitude à la station:

Les classes:

- a) AL1 1 à 30 m
- b) AL2 31 à 120 m
- c) AL3 121 à 210 m
- d) AL4 211 à 300 m
- e) AL5 301 à 390 m
- f) AL6 391 et plus

7) La pierrosité: La pierrosité indique le % par volume de pierres dans le matériau meuble, jusqu'à l'assise rocheuse ou à un mètre de profondeur. (réf. 4)

Les classes:

- a) PR1 sans pierres (- de 0.01%)
- b) PR2 presque sans pierres (0.01 à 0.1%)
- c) PR3 peu pierreux (0.1 à 3%)
- d) PR4 modérément pierreux (3 à 15%)
- e) PR5 pierreux (15% à 50%)
- f) PR6 très pierreux (50 à 90%)
- g) PR7 excessivement pierreux (plus de 90%)

8) Le matériau géologique de surface: Cette caractéristique décrit la nature du sol jusqu'à l'assise rocheuse ou à un mètre de profondeur.

Les classes:

- a) R01 moraine
- b) R02 moraine remaniée par action littorale

- c) R03 till délavé, blocs et galets
- d) R04 till mince sur roc
- e) R05 argile et limon
- f) R06 sable
- g) R07 sable et gravier
- h) R08 dépôts de versant
- i) R09 affleurements rocheux
- j) R10 paises organiques
- k) R11 dépôts tourbeux épais
- l) R12 dépôts tourbeux minces

9) La texture globale du sol: Cette caractéristique décrit de façon générale la texture du matériau meuble jusqu'à l'assise rocheuse ou à un mètre de profondeur. Lorsqu'il y a superposition de couches de texture différente, on évalue la texture "agissante" au niveau de l'écosystème. (réf. 4, p. 75, no. 25)

Les classes:

- a) T01 sable
- b) T02 sable loameux
- c) T03 sable limoneux
- d) T04 loam sableux
- e) T05 loam argilo-sableux
- f) T06 loam
- g) T07 loam limoneux
- h) T08 limon
- i) T09 loam argileux
- j) T10 loam limono-argileux
- k) T11 argile sableuse
- l) T12 argile limoneuse
- m) T13 argile

10) L'épaisseur globale du dépôt meuble:

Les classes:

- a) C01 0 cm de profondeur
- b) C02 1 à 9 cm
- c) C03 10 à 29 cm
- d) C04 30 à 49 cm
- e) C05 50 à 74 cm
- f) C06 75 cm et plus

11) Le drainage: Le drainage exprime la capacité de rétention d'eau du sol à la station; l'écoulement vertical.

Les classes:

- a) DR1 excessif
- b) DR2 bon
- c) DR3 modérément bon
- d) DR4 mauvais
- e) DR5 pergélisol

12) La profondeur de la nappe phréatique:

Les classes:

- a) F01 0 cm de profondeur (en surface)
- b) F02 1 à 10 cm
- c) F03 11 à 20 cm
- d) F04 21 à 30 cm

- e) F05 31 à 40 cm
- f) F06 41 à 50 cm
- g) F07 51 à 60 cm
- h) F08 61 à 70 cm
- i) F09 71 à 80 cm
- j) F10 81 à 90 cm
- k) F11 plus de 90 cm

13) Le seepage: Le seepage signifie l'écoulement (percolation) vertical et horizontal de l'eau dans le sol à la station. Plus spécifiquement, la présence de seepage exprime un déplacement des éléments nutritifs par écoulement dans le sol.

Les classes:

- a) SE1 sans seepage
- b) SE2 avec seepage

4.4 L'identification des caractéristiques indépendantes:

Tel que mentionné plus haut dans le cadre méthodologique, les caractéristiques indépendantes sont celles qui peuvent être décelées par observation directe de la couverture aérienne. Les critères généraux de distinction sont la teinte, la texture et le patron particulier que laisse chacun des états des caractéristiques sur la pellicule photographique. (réf. 1, 2, 18, 19) Voici donc, parmi les caractéristiques retenues, celles qui peuvent être identifiées à partir de la couverture aérienne:

1) La physiologie de la végétation:

- Les essences arborescentes peuvent être identifiées d'après la forme de la couronne de l'arbre, la teinte du feuillage, la texture du feuillage (i.e. touffue, moutonnée, fine, ...), le profil de l'arbre et du peuplement.
- La hauteur des arbres peut être mesurée à l'aide d'un stéréo-micromètre.
- La densité du peuplement est mesurée visuellement. On calcule la densité en pourcentage d'après le recouvrement du peuplement (% végétation / sol).

2) La force de pente:

- La force de pente est mesuré avec un stéréo-micromètre ou un gabarit (réf. 2, p. 70).

3) La forme de la pente:

- La forme de la pente est apparente par observation stéréoscopique de la couverture photographique à l'échelle de 1:15840.

4) La position sur la pente:

- 
- La position du site sur la pente peut être connue par observation stéréoscopique de la couverture photographique à 1:15840.

5) L'exposition:

- L'orientation de la pente (exposition) est mesurée en établissant l'axe de la ligne de vol et en y rapportant l'axe de la pente au site étudié (la pente étant repérée par observation stéréoscopique) à l'aide d'une boussole.

6) L'altitude:

- L'altitude est mesurée à l'aide d'un stéréo-micromètre en appliquant la formule suivante: (réf. 2, p. 15)

$$H: (Za / Pa - *P) \cdot *P$$

H: altitude

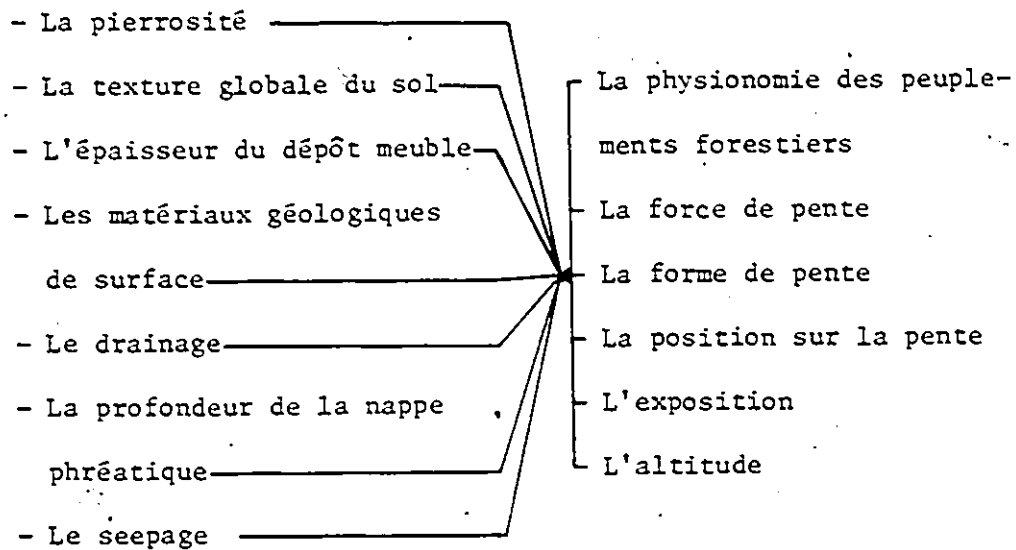
Za: la différence d'altitude du point bas sur le terrain à la lentille de la caméra.

Pa: La parallaxe absolue du point d'observation.

*P: La différence de parallaxe entre le point bas sur le terrain et le point d'observation.

4.5 La manipulation statistique:

Par la procédure "PEGASE" l'ensemble des caractéristiques indépendantes est associé aux caractéristiques dépendantes prises une à une:



La procédure se répétant pour chacune des caractéristiques dépendantes, elle ne sera schématisée et expliquée en détail que pour "L'épaisseur du dépôt meuble". (voir dendrogramme)

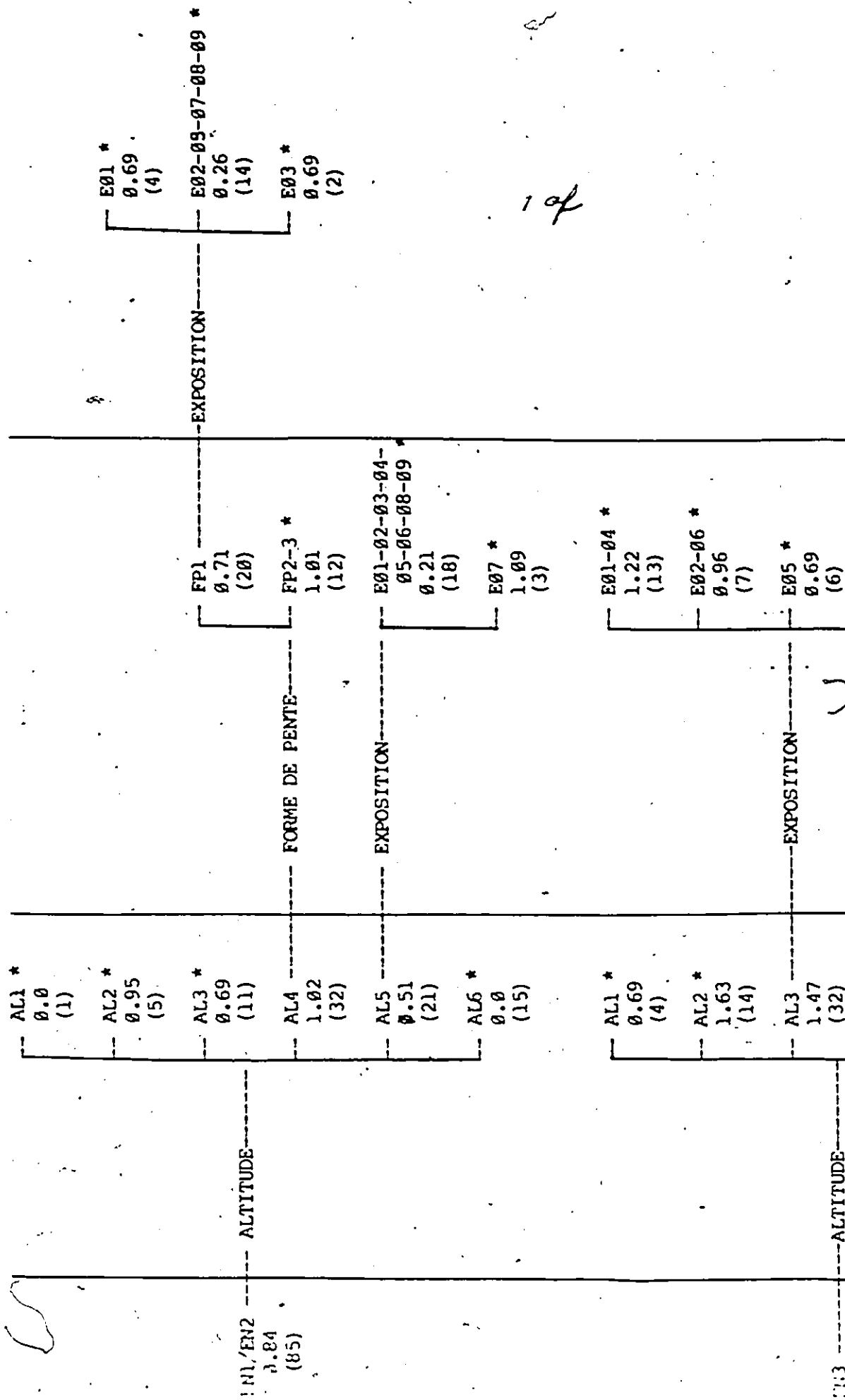
DENDROGRAMME: EPAISSEUR DU MATERIAU MEUBLE

Entropie initiale: 1.27

Nombre de sites: 621

Caractéristique retenue au 1^e palier: VEGETATION

* Ensemble solution (fin de la procédure)



[illegible]

2 of 2

EN4 1.30 (97)	POSITION/PENTE PP1 * 1.13 (97) PP2 1.02 (29) PP3 * 0.48 (49)	EXPOSITION E01-08 * 0.45 (6) E02-06-07 * 0.68 (16) E03 * 0.69 (2) E04 * 0.69 (2) E09 * 0.0 (3)	FORME DE PENTE FP1-2 * 0.58 (19) FP3 * 0.69 (2)	ALTITUDE AL2-3-5- * 0.59 (18) AL4 * 0.0 (10) AL6 * 0.45 (5)
IG1/PE1 * 1.19 (22)	E01-03-04-07-08 * 0.84 (23) E02-06 * 0.45 (6) E05 * 0.0 (2) E09 * 0.69 (2)	IG2 1.77 (21)	FP1/TR0 0.68 (34)	FP1-2 * 0.69
FG2 * 1.43 (26)				

0.0
(2)
E09 *
0.69
(2)

0.0
(3)

IG1/PE1 *
1.19
(22)

FP1-2 *
0.58
(19)
FP3 *
0.69
(2)

---FORME DE PENTE---

IG2
1.77 *
(21)

AL2-3-5- *
0.59
(18)
AL4 *
0.0
(10)
AL6 *
0.45
(5)

---ALITUDE---

EPL/TR0
1.68
(34)

ES2 *
1.43
(26)

P01-03 *
0.0
(4)
P02-04
0.63
(25)

---FORCE/PENTE---

IG3
1.68
(29)

---FORME DE PENTE---

FP1-2 *
0.69
(16)
FP3 *
0.0
(9)

1^{er} palier

2^e palier

3^e palier

4^e palier

7 of 4

L'entropie initiale pour la caractéristique retenue est de 1.27 et correspond à la probabilité d'occurrence des états de cette caractéristique sur le terrain (une équi-probabilité ou l'entropie maximale aurait une valeur de 1.79). Au premier palier la caractéristique indépendante la plus significative est le type de peuplement forestier. Dans le dendrogramme (p. 42) on peut remarquer que ses états sont isolés et sont accordés une entropie résiduelle qui représente le degré d'indétermination rattaché au potentiel d'extrapolation de l'épaisseur du dépôt meuble connaissant le type de peuplement forestier. La validité de la caractéristique indépendante comme intégrateur du milieu est définie à partir de la réduction de l'entropie qu'entraîne l'ensemble de ses états et non par ses états pris un à un. Toujours dans le dendrogramme, si on observe une pessière à densité et hauteur moyennes (EN 3), on obtient une augmentation de l'entropie qui signifie que la présence de ce type de peuplement forestier n'est pas significative en elle-même dans l'identification de l'épaisseur du dépôt meuble. Par contre le peuplement PG2 qui est une pinède à densité faible a une entropie résiduelle de 0.77, représentant une réduction d'entropie de 0.50. Ce niveau de réduction de l'indétermination est très significatif. Il est aussi à noter que lorsque différents états de la caractéristique indépendante se comportent de la même façon devant une caractéristique dépendante, ils se regroupent (Ex. EN1/EN2).

Lorsque l'entropie résiduelle rattachée à l'épaisseur du dépôt meuble, connaissant, le type de peuplement forestier, peut être réduite par l'addition d'une nouvelle caractéristique indépendante, la procédure forme un deuxième palier. La même caractéristique ne sera pas nécessairement associée à tous les types de peuplement car ceux-ci sont maintenant indépendants les uns des autres. Leur entropie résiduelle peut donc être réduite par différentes associations qui auront des degrés de signification différents. Par exemple: EN 3 / Altitude; PG2 / Forme de pente; EP1 / Altitude. Les sous-ensembles formés au deuxième palier se distinguent comme au premier palier selon les états de la caractéristique indépendante retenue et n'ont, entre ces états, que leur lien avec la caractéristique retenue au premier palier en commun. Afin d'illustrer ceci prenons le type de peuplement EN 3 qui au premier palier n'entraînait pas de réduction d'entropie significative. Au deuxième palier l'addition de la caractéristique "altitude" nous fournit certains sous ensembles plus déterminants (EN3 / AL5; EN3 / AL6) et qui permettent l'extrapolation de l'épaisseur du dépôt meuble.

Au troisième palier et à tous les paliers consécutifs se forment de nouveaux sous-ensembles qui, par palier, sont plus complexes et plus spatialement spécifiques. Pour toutes les fois que l'entropie résiduelle d'un sous-ensemble peut être réduite la procédure se répète jusqu'à ce que l'une des conditions d'arrêt énoncées ci-après soit remplie pour tous et chacun des sous-ensembles:

- Lorsqu'un sous-ensemble comprend moins de 20 sites.

Ex. PG2 / FP1*

- Lorsque aucune caractéristique indépendante ne peut réduire significativement l'entropie résiduelle.

Ex. EN4 / PP3*

- Lorsque l'entropie initiale est réduite d'au moins 80%.

Ex. PG1 / PE1*

4.6 L'interprétation:

Le dendrogramme permet l'identification des caractéristiques indépendantes les plus significatives mais ne permet pas de distinguer les états des caractéristiques dépendantes; jusqu'à présent aucune considération ne fut accordée aux variables des caractéristiques dépendantes. Afin de combler cette lacune, la procédure inclut la formation de tableaux à double entrée qui permettent l'identification de chacun des sous-ensembles formés par l'association de chacun des états des caractéristiques indépendantes pertinentes à chacun des états des caractéristiques dépendantes. Ces tableaux constituent le produit final de la procédure, telle qu'utilisée dans le cadre de cette recherche. Ce sont les tables de référence pour l'extrapolation de la pierrosité, du matériau géologique de surface, de la texture du sol, de l'épaisseur du dépôt meuble, du drainage, la profondeur de la nappe phréatique et du seepage dans la zone subarctique du territoire de la Baie James.

Reprenons le cas de l'épaisseur du dépôt meuble. Tel que démontré dans le dendrogramme, la caractéristique indépendante retenue au premier palier est la végétation. Le tableau relatif à ce premier palier (p. 71) nous indique la probabilité d'occurrence des différents types de peuplements forestiers sur les différentes épaisseurs de

dépôt meuble; ou inversement le potentiel d'un type de peuplement forestier à identifier l'épaisseur du dépôt meuble. Par exemple lorsque nous sommes en présence d'une pinède à densité faible (PG2) il y a 95% de probabilité que le dépôt meuble ait moins de 9 cm de profondeur, (p.70); encore si on identifie une bétulaie (TB0) la probabilité est de 100% que le dépôt meuble sous-jacent ait entre 1 et 29 cm d'épaisseur (p. 70).

Naturellement tous les types de peuplement forestier ne sont pas aussi significatifs. Certains requièrent une information additionnelle pour permettre une extrapolation (EN1, EN2, EN3, EN4, ES0). Par référence aux tableaux formés au deuxième, troisième ou quatrième palier, il est possible de reconnaître les sous-ensembles qui entraînent cette information additionnelle et d'observer leur potentiel d'extrapolation (degré de fiabilité) par leur distribution dans les tableaux.

Exemple: (EN1/EN2) / AL6 probabilité de C02, C03: 100%
(EN1/EN2) / AL4 / FP1 / E02& probabilité de C03,
C04: 100% (voir pp. 77 et 84)

Lorsque l'on interprète les tableaux, il faut considérer non seulement le facteur de probabilité indiqué dans les cases mais aussi le nombre de sites qui comprennent les sous-ensembles formés. Par exemple le tableau pour l'association PG2 / forme de pente (p.74) comprend deux sous-ensembles qui ont une faible entropie; cependant ils n'ont pas le même degré de signification car PG2 / FP1 comprend 19 sites tandis que PG2 / FP3 n'en comprend que 2. Il est donc évident que l'on ne peut extrapoler l'épaisseur du dépôt meuble par l'observation d'une pinède à faible densité situé sur une pente forte.

Etant donné que le niveau de précision désiré est de 80% de probabilité, pour former un ensemble solution significatif, on peut raisonner que toute forme de fin de procédure (voir p. 46) comporte un degré de signification intangible sinon par l'interprète. Les tableaux ne fournissent pas la solution à l'interprétation des photographies aériennes, ils permettent à l'interprète de vérifier ses propres déductions par la présentation de la validité objective du processus déductif.

Voici comment j'ai interprété le degré de signification de quelques associations représentées dans les tableaux à double entrée:

Pour l'extrapolation de la pierrosité

SOUS-ENSEMBLE	DEGRE DE SIGNIFICATION	RAISON
EN1 (p. 50)	non significatif	nombre de sites
PG1 (p. 50)	non significatif	faible réduction d'entropie
EN2/AL3 (p. 51)	peu significatif	nombre de sites
ESO/AL2 (p. 56)	très significatif	faible distr.
EN3/AL6 (p. 52)	non significatif	faible réduction d'entropie
EN3/AL5/PO1 (p. 58)	non significatif	faible réduction d'entropie
EN3/AL6/E09 (p. 59)	significatif	faible distr.

Pour l'extrapolation du seepage.....

EN1 (p. 134)	non significatif	nombre de sites
EN4 (p. 134)	très significatif	faible distr.
PG1 (p. 134)	très significatif	faible distr.
ESO (p. 134)	très significatif	faible distr.
EN2/PP3 (p. 134)	très significatif	faible distr.
EN3/PO1 (p. 135)	très significatif	faible distr.
EN2/PP2/PO1 (p. 135)	peu significatif	nombre de sites

PIERROSITE

Tableau 1: caractéristique retenue au 1^{er} palier:
Végétation

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbre
EN1 *	0.47	0.05	0.11	0.32	0.05	0.0	0.0	19
EN2	0.26	0.00	0.20	0.23	0.15	0.00	0.02	66
EN3	0.25	0.05	0.12	0.32	0.14	0.11	0.02	242
EN4	0.11	0.07	0.14	0.29	0.18	0.18	0.03	97
PG1	0.25	0.10	0.05	0.18	0.23	0.15	0.0	61
PG2 *	0.08	0.11	0.11	0.16	0.43	0.11	0.0	37
PE1 *	0.33	0.19	0.10	0.19	0.10	0.10	0.0	21
ES0	0.54	0.0	0.19	0.15	0.13	0.0	0.0	26
TR0	0.0	0.0	0.10	0.21	0.38	0.17	0.14	28
TP0 *	0.33	0.00	0.0	0.28	0.22	0.06	0.06	18
	142	40	74	162	116	69	13	616

* Ensemble solution

PG2* Le peuplement du type PG2 inclue aussi le type EP1 car ils ont les mêmes probabilités d'association pour cette caractéristique dépendante.

PIERROSITE

2^e palier: EN2 / Altitude

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbrc
AL2 *	0.0	0.25	0.0	0.5	0.25	0.0	0.0	4
AL3 *	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
AL4	0.29	0.10	0.26	0.16	0.13	0.06	0.0	31
AL5 *	0.14	0.07	0.0	0.36	0.29	0.14	0.0	14
AL6 *	0.08	0.0	0.42	0.25	0.08	0.08	0.08	12
	17	5	13	15	10	5	1	66

* Ensemble solution

PIERROSITE

2^e palier: EN3 / Altitude

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbre
AL1 *	0.25	0.25	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	6
AL2 *	0.15	0.08	0.08	0.46	0.23	0.0	0.0	13
AL3	0.58	0.06	0.06	0.19	0.1	0.0	0.0	31
AL4	0.42	0.09	0.19	0.12	0.07	0.09	0.02	57
AL5	0.21	0.05	0.11	0.27	0.25	0.11	0.0	56
AL6	0.04	0.0	0.09	0.52	0.14	0.19	0.04	81
	60	12	28	77	35	26	4	242

* Ensemble solution

PIERROSITE

2^e palier: EY4 / Exposition *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbre
E01 &	0.13	0.09	0.11	0.31	0.18	0.15	0.04	55
E02 &	0.0	0.0	0.14	0.14	0.14	0.57	0.0	14
E04 &	0.33	0.11	0.22	0.33	0.0	0.0	0.0	9
E05	0.0	0.0	0.25	0.5	0.0	0.0	0.25	4
E07	0.17	0.17	0.0	0.5	0.17	0.0	0.0	6
E09	0.0	0.0	0.33	0.11	0.44	0.11	0.0	9
	11	7	14	28	17	17	3	97

* Ensemble solution

E01 & E06

E02 & E03

E04 & E08

PIERROSITE

2^e palier: PGI / Exposition *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbrc
E01	0.21	0.21	0.14	0.21	0.14	0.07	0.0	14
E02	0.20	0.0	0.0	0.20	0.60	0.0	0.0	5
E03	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
E04	0.0	0.0	0.0	0.33	0.0	0.67	0.0	3
E05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.83	0.17	0.0	6
E06 & E09	0.36	0.0	0.0	0.18	0.24	0.24	0.0	17
E07	0.45	0.18	0.0	0.09	0.18	0.09	0.0	11
E08	0.0	0.0	0.25	0.50	0.25	0.0	0.0	4
	15	6	3	11	17	9	0	61

* Ensemble solution
E06 & E09

PIERROSITE

2^e palier: (PG2-EP1) / Forme de penté *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbrc
EP1	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33	0.0	3
EP2	0.0	0.13	0.00	0.19	0.50	0.00	0.0	32
EP3	0.50	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	2
	3	4	4	6	16	4	0	37

* Ensemble solution

PIERROSITE

2^e palier: ESO / Altitude *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbre
AL2 &	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12
AL5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	3
AL6	0.10	0.0	0.45	0.02	0.27	0.0	0.0	11
	14	0	5	4	3	0	0	26

AL2 & AL3

AL4

* Ensemble solution

PIERROSITE

2^e palier: TEO / Exposition *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbre
E01 &	0.0	0.0	0.0	0.0	0.86	0.0	0.14	7
E02 &	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
E05 &	0.0	0.0	0.08	0.31	0.31	0.15	0.15	13
E07 &	0.0	0.0	0.0	0.33	0.17	0.50	0.0	6
E08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1
	0	0	3	6	11	5	4	29

E01 & E04

E02 & E03

E05 & E06

E07 & E09

* Ensemble solution

PIERROSITE

3^e palier: (EN3/AL5) / pente (force de...) *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	nbrc
P01	0.27	0.05	0.09	0.13	0.23	0.18	0.0	22
P02	0.21	0.04	0.08	0.29	0.38	0.0	0.0	24
P03	0.0	0.0	0.0	0.80	0.0	0.20	0.0	5
P04	0.20	0.20	0.40	0.0	0.0	0.20	0.0	5
	12	3	6	15	14	6	0	50

* Ensemble solution

PIERROSITE

3^e palier: (EN3/AL6) / Exposition *

	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	ntre
E01	0.10	0.0	0.05	0.57	0.05	0.24	0.0	21
E02	0.0	0.0	0.0	0.17	0.33	0.42	0.08	12
E03	0.0	0.0	0.40	0.20	0.20	0.20	0.0	5
E04	0.0	0.0	0.0	0.33	0.0	0.67	0.0	3
E05 &	0.0	0.0	0.06	0.61	0.22	0.0	0.11	18
E06	0.02	0.0	0.17	0.53	0.08	0.08	0.0	12
E09	0.0	0.0	0.10	0.80	0.0	0.10	0.0	10
	3	0	7	42	11	15	3	81

E05 & E07

E08

* Ensemble solution

TEXTURE DU SOL

Tableau 1: caractéristique retenue au 1^e palier: VEGETATION

	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	nbre
EN1 *	0.06	0.06	0.39	0.0	0.0	0.11	0.22	0.0	0.0	0.11	0.0	0.06	0.0	19
EN2	0.05	0.20	0.17	0.14	0.02	0.08	0.11	0.0	0.06	0.05	0.0	0.05	0.09	65
EN3	0.07	0.21	0.40	0.05	0.0	0.04	0.09	0.0	0.01	0.04	0.0	0.05	0.04	243
EN4	0.10	0.37	0.40	0.07	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97
PG1 &	0.53	0.20	0.22	0.03	0.0	0.0	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76
PG2 *	0.52	0.19	0.10	0.10	0.0	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21
PE1	0.43	0.33	0.14	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.0	21
ES0	0.20	0.24	0.08	0.08	0.04	0.08	0.0	0.0	0.0	0.16	0.0	0.08	0.04	25
TB0	0.10	0.07	0.52	0.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29
TRO *	0.06	0.06	0.33	0.17	0.0	0.06	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.06	18
nbre	99	137	200	45	2	21	44	0	7	19	1	21	17	613

* Ensemble solution

PG1 & EP1

TEXTURE DU SOL

2^e palier: EN2 / EXPOSITION

	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	nbre
E01&*	0.08	0.17	0.14	0.13	0.04	0.13	0.13	0.0	0.08	0.0	0.0	0.0	0.13	24
E03 *	0.13	0.13	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.13	0.13	0.0	0.25	0.0	8
E04&*	0.0	0.27	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.09	0.09	0.0	0.0	0.18	11
E05&*	0.0	0.31	0.0	0.23	0.0	0.08	0.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	13
E06&*	0.0	0.11	0.22	0.33	0.0	0.11	0.0	0.0	0.0	0.11	0.0	0.11	0.0	9
nbre	3	13	11	9	1	5	7	0	4	3	0	3	6	65

* Ensemble solution

E01 & E02

E04 & E07

E05 & E08

E06 & E09

TEXTURE DU SOL

2^e palier: EN3 / Altitude

	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	nbre
AL1 *	0.25	0.50	0.0	0.0	0.0	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
AL2&*	0.07	0.30	0.54	0.05	0.0	0.01	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	150
AL3	0.06	0.0	0.23	0.0	0.0	0.0	0.29	0.0	0.03	0.10	0.0	0.19	0.10	31
AL4 *	0.03	0.09	0.17	0.07	0.0	0.12	0.16	0.0	0.03	0.10	0.02	0.10	0.10	58
nbre	16	52	98	11	0	9	23	0	3	9	1	12	9	243

* Ensemble solution

AL2 & AL5, 6.

TEXTURE DU SOL

2^e palier: EN4 / EXPOSITION

	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	nbre
E01&	0.08	0.41	0.43	0.04	0.0	0.0	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83
E03&*	0.20	0.20	0.20	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10
E04 *	0.25	0.0	0.25	0.0	0.0	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
nbre	10	36	39	7	0	0	5	0	0	0	0	0	0	97

* Ensemble solution

E01 & E02, 05,06,07,09.

E03 & E08

2^e palier: (PG1/EP1) / ALTITUDE

* Ensemble solution

AL2 & AL3

AL4 & AL5, AL6.

2^e palier: PE1 / ALTITUDE

* Ensemble solution
AL2 & AL3, AL5
AL4 & AL6

* Ensemble solution

AL2 & AL3, AL5

AL4 & AL6

TEXTURE DU SOL

2^e palier: ESO / POSITION SUR LA PENTE

[illegible]

* Ensemble solution

PP1 & PP3

TEXTURE DU SOL

2^e palier: TBO / EXPOSITION

[illegible]

* Ensemble solution

E01 & E02, 03, 04, 05, 07, 08, 09.

3^e palier: EN4 / EO1& / ALTITUDE

* Ensemble solution

AL2 & AL3, AL4

E01 & E02, 05, 06, 07, 09.

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

Tableau 1: caractéristique retenue au 1^{er} palier:
VEGETATION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
EW1A	0.0	0.13	0.75	0.00	0.05	0.01	85
EW3	0.01	0.24	0.49	0.16	0.05	0.05	217
EW4	0.0	0.57	0.24	0.03	0.02	0.14	27
PG1A*	0.0	0.05	0.05	0.0	0.0	0.0	32
PG2	0.28	0.67	0.0	0.0	0.05	0.0	21
EP1B	0.0	0.59	0.41	0.0	0.0	0.0	34
ES0 *	0.04	0.00	0.50	0.12	0.19	0.00	20
TBO	0.0	0.41	0.59	0.0	0.0	0.0	29
nbre	9	251	250	50	25	30	621

* Ensemble solution

EW1 : EW2

PG1 & PG2

EP1 & TBO

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

2^e palier: (EN1/EN2) / ALTITUDE

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
AL1 *	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1
AL2 *	0.0	0.0	0.60	0.20	0.20	0.0	5
AL3 *	0.0	0.45	0.55	0.0	0.0	0.0	11
AL4	0.0	0.13	0.69	0.09	0.06	0.03	22
AL5	0.0	0.10	0.80	0.05	0.0	0.0	21
AL6 *	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	13
nbre	0	11	64	5	4	1	85

* Ensemble solution

EPAISSEUR DU DÉPÔT MEUBLE

2^e palier: EN3 / ALTITUDE

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
AL1 *	0.0	0.50	0.0	0.0	0.50	0.0	4
AL2 *	0.07	0.29	0.21	0.14	0.07	0.21	14
AL3	0.0	0.31	0.31	0.13	0.06	0.19	32
AL4 *	0.0	0.10	0.50	0.27	0.08	0.05	59
AL5	0.0	0.23	0.64	0.09	0.04	0.0	56
AL6	0.01	0.29	0.50	0.17	0.01	0.01	32
nbre	2	59	121	39	13	13	247

* Ensemble solution

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

2^e palier: EN4 / POSITION SUR LA PENTE

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
P21 *	0.0	0.05	0.11	0.16	0.05	0.63	19
P22	0.0	0.48	0.41	0.0	0.03	0.07	22
P23 *	0.0	0.02	0.18	0.0	0.0	0.0	49
nbre	0	55	23	0	2	14	97

* Ensemble solution

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

2^e palier: P62 / FORME DE PENTE *

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
FP18*	0.20	0.74	0.0	0.0	0.0	0.0	12
FP3 *	0.50	0.0	0.0	0.0	0.50	0.0	2
nbre	6	14	0	0	1	0	21

* Ensemble solution
FP1 & FP2

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

2^e palier: (EP1/TR0) / ALTITUDE

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
AL2*	0.0	0.29	0.72	0.0	0.0	0.0	10
AL4 *	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10
AL6 *	0.0	0.83	0.17	0.0	0.0	0.0	6
nbre	0	20	14	0	0	0	34

* Ensemble solution
AL2 & AL3, AL5

ÉPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

2^e palier: TEC / PENTE (force de...)

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
P01*	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
P02*	0.0	0.32	0.68	0.0	0.0	0.0	25
nbre	0	12	17	0	0	0	29

*Ensemble solution

P01 & P03

P02 & P04

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: (EN1/EN2) / AL4 / FORME DE PENTE



	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
EP1	0.0	0.0	0.80	0.05	0.10	0.05	20
EP2&*	0.0	0.33	0.50	0.17	0.0	0.0	12
nbre	0	4	22	3	2	1	32

* Ensemble solution
EP2 & EP3

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: (EN1/EN2) / AL5 / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E018*	0.0	0.06	0.04	0.0	0.0	0.0	18
E07 *	0.0	0.33	0.33	0.33	0.0	0.0	3
nbre	0	2	18	1	0	0	21

* Ensemble solution
E01 & E02, 03, 04, 05, 06, 08, 09.

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: E03 / AL3 / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E01*	0.0	0.08	0.38	0.15	0.0	0.38	13
E02*	0.0	0.57	0.14	0.29	0.0	0.0	7
E05 *	0.0	0.50	0.50	0.0	0.0	0.0	6
E07 *	0.0	0.0	0.33	0.0	0.33	0.33	3
E08 *	0.0	0.67	0.0	0.0	0.33	0.0	3
nbre	0	10	10	4	2	6	32

* Ensemble solution

E01 & E04

E02 & E06

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: EN3 / ALS / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E012	0.0	0.34	0.35	0.10	0.0	0.0	20
E022*	0.0	0.13	0.07	0.0	0.0	0.0	15
E052*	0.0	0.0	0.63	0.25	0.13	0.0	3
E02 =	0.0	0.25	0.50	0.0	0.25	0.0	4
nbre	0	13	30	5	2	0	50

* Ensemble solution.
E01 & E03, 07.
E02 & E04, 09.
E05 & E06.

- 81 -

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: EN3 / AL6 / POSITION SUR LA PENTE

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
pp1	0.0	0.05	0.55	0.32	0.05	0.05	22
pp2	0.0	0.22	0.59	0.19	0.0	0.0	27
pp3	0.03	0.52	0.39	0.06	0.0	0.0	32
nbre	1	24	41	14	1	1	32

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: EN4 / PP2 / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E01*	0.0	0.33	0.0	0.0	0.0	0.17	6
E02*	0.0	0.56	0.44	0.0	0.0	0.0	16
E03 *	0.0	0.0	0.50	0.0	0.50	0.0	2
E04 *	0.0	0.0	0.50	0.0	0.0	0.50	2
E05 *	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	3
nbre	0	14	12	0	1	2	29

* Ensemble solution
E01 & E08
E02 & E06, 07.

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

3^e palier: TEO / (202/204) / FORME DE PENTE

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
FP1*	0.0	0.50	0.50	0.0	0.0	0.0	10
FP3 *	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	9
nbre	0	8	17	0	0	0	25

* Ensemble solution
FP1 & FP2

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

4^e palier: (EN1/EN2) / AL4 / EP1 / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E01 *	0.0	0.0	0.50	0.0	0.50	0.0	2
E02*	0.0	0.0	0.93	0.07	0.0	0.0	14
E03 *	0.0	0.0	0.50	0.0	0.0	0.50	2

* Ensemble solution
E02 & E05, 07, 08, 09.

- 85 -

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

4^e palier: EN3 / ALS / (001,03,07) / POSITION SUR
LA DENTE.

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
pp1*	0.0	0.17	0.58	0.25	0.0	0.0	12
pp3 *	0.0	0.47	0.53	0.0	0.0	0.0	17
nbre	0	10	16	3	0	0	29

* Ensemble solution
pp1 & pp2

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

4^e palier: EN3 / AL6 / PP1 / PENTE (force de...)

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
P01*	0.0	0.00	0.27	0.55	0.0	0.09	11
P02*	0.0	0.0	0.02	0.09	0.00	0.0	11
nbre	0	1	12	7	1	1	22

* Ensemble solution
P01 & P03
P02 & P04

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE

4^e palier: EN3 / AL6 / PP2 / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E02*	0.0	0.22	0.78	0.0	0.0	0.0	9
E04*	0.0	0.60	0.20	0.20	0.0	0.0	5
E05 *	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1
E06**	0.0	0.00	0.67	0.25	0.0	0.0	12
nbre	0	6	16	5	0	0	27

* Ensemble solution
E02 & E03, 00.
E04 & E07
E06 & E09

- 88 -

EPAISSEUR DU DEPOT MEUBLE ..

4^e palier: EN3 / AL6 / PP3 / EXPOSITION

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	nbre
E01*	0.04	0.52	0.43	0.0	0.0	0.0	23
E02*	0.0	0.83	0.0	0.17	0.0	0.0	6
E05 *	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2
E08 *	0.0	0.0	0.50	0.50	0.0	0.0	2
nbre	1	17	13	2	0	0	33

* Ensemble solution
E01 & E03, 04, 07, 08.
E02 & E06

MATERIAUX GÉOLOGIQUES DE SURFACE

Tableau 1: caractéristique retenue au 1^{er} palier:
Vegetation

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	nbre
EN1*	0.42	0.05	0.0	0.0	0.37	0.11	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.0	19
EN2	0.30	0.02	0.02	0.11	0.29	0.05	0.09	0.02	0.0	0.0	0.02	0.05	60
EN3	0.37	0.03	0.06	0.10	0.17	0.06	0.05	0.02	0.0	0.03	0.10	0.02	247
EN4	0.48	0.02	0.05	0.15	0.01	0.06	0.01	0.01	0.01	0.0	0.16	0.02	97
PG1	0.33	0.03	0.13	0.05	0.0	0.23	0.21	0.0	0.02	0.0	0.0	0.0	61
PG2	0.33	0.10	0.05	0.05	0.0	0.05	0.10	0.0	0.33	0.0	0.0	0.0	21
EP1*	0.44	0.06	0.06	0.19	0.0	0.00	0.19	0.0	0.06	0.0	0.0	0.0	16
PE1	0.52	0.05	0.05	0.05	0.1	0.14	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21
ES0	0.08	0.0	0.0	0.15	0.23	0.19	0.0	0.04	0.12	0.08	0.0	0.12	26
TE0	0.31	0.0	0.07	0.14	0.0	0.0	0.03	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	29
TE0*	0.37	0.0	0.0	0.05	0.32	0.16	0.05	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	19
	229	17	38	63	84	51	41	21	14	10	42	12	622

* Ensemble solution

- 90 -

MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE

2^e palier: EN2 / Altitude *

[illegible]

* Ensemble solution

AL2 & AL3

- 91 -

MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE

2^e palier: EN3 / Altitude *

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	nbre
AL18	0.0	0.28	0.0	0.0	0.17	0.11	0.06	0.0	0.0	0.11	0.28	0.0	18
AL3	0.09	0.06	0.06	0.09	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.19	0.0	32
AL4	0.27	0.0	0.02	0.03	0.39	0.0	0.07	0.0	0.0	0.07	0.12	0.03	59
AL5	0.41	0.0	0.07	0.20	0.05	0.18	0.04	0.02	0.0	0.0	0.04	0.0	56
AL6	0.60	0.0	0.10	0.10	0.0	0.02	0.06	0.04	0.0	0.0	0.06	0.02	32
	91	7	15	24	43	14	12	4	0	0	25	4	247

* Ensemble solution

AL1 & AL2

MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE

2^e palier: EN4 / Altitude *:

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	nbre
AL2 &	0.18	0.0	0.0	0.12	0.06	0.06	0.0	0.0	0.06	0.0	0.53	0.0	17
AL3	0.11	0.22	0.0	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56	0.0	9
AL5	0.36	0.0	0.0	0.21	0.0	0.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.14	14
AL6	0.67	0.0	0.09	0.16	0.0	0.04	0.02	0.02	0.0	0.0	0.02	0.0	57
	47	2	5	15	1	6	1	1	1	0	10	2	97

* Ensemble solution

AL2 & AL4

MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE

2^e palier: n°61 / Altitude *

[illegible]

* Ensemble solution

AL2 & AL3

AL5 & AL6

2^e palier: PG2 / Altitude *

* Ensemble solution

AL3 & AL5

MATERIAUX GEOLOGIQUES DE SURFACE

2^e palier: PE10/Pente (force de ...) *

[illegible]

* Ensemble solution

P01 & P03

2^e palier: ESO / ALTITUDE *

* Ensemble solution

AL2 & AL3, AL4.

2^e palier: TBO / PENTE (force de...) *

* Ensemble solution

P01 & P02, 03.

DRAINAGE

Tableau 1: caractéristique retenue au 1^e palier:
VEGETATION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
EN1&	0.0	0.19	0.64	0.18	0.0	85
EN3	0.04	0.29	0.35	0.29	0.04	247
EN4	0.10	0.40	0.27	0.23	0.0	97
PG1	0.38	0.57	0.05	0.0	0.0	61
PG2	0.38	0.43	0.14	0.0	0.05	21
EP1 *	0.13	0.44	0.44	0.0	0.0	16
PE1	0.33	0.38	0.29	0.0	0.0	21
ES0	0.0	0.04	0.42	0.46	0.08	26
TB0	0.0	0.55	0.38	0.07	0.0	29
TR0 *	0.0	0.32	0.63	0.05	0.0	19
nbre	59	209	219	123	12	622

* Ensemble solution
EN1 & EN2

DRAINAGE

2^e palier: (EN1/EN2) / POSITION SUR LA PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
PP1	0.0	0.08	0.46	0.46	0.0	26
PP2	0.0	0.21	0.71	0.07	0.0	42
PP3 *	0.0	0.29	0.71	0.0	0.0	17
nbre	0	16	54	15	0	85

* Ensemble solution

2^e palier: EN3 / POSITION SUR LA PENTE

[illegible]

DRAINAGE

2^e palier: EN4 / POSITION SUR LA PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
PP1 *	0.0	0.0	0.11	0.89	0.0	19
PP2	0.07	0.41	0.34	0.17	0.0	29
PP3	0.16	0.55	0.29	0.0	0.0	49
nbre	10	39	26	22	0	97

* Ensemble solution

DRAINAGE

2^e palier: PG1 / EXPOSITION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
E01&*	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	25
E02&*	0.0	0.89	0.11	0.0	0.0	9
E05&*	0.47	0.41	0.12	0.0	0.0	17
E09 *	0.20	0.80	0.0	0.0	0.0	10

* Ensemble solution

E01 & E06, 08.

E02 & E03, 04.

E05 & E07.

DRAINAGE

2^e palier: PG2 / EXPOSITION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
E01&*	0.33	0.56	0.0	0.0	0.11	9
E04 *	0.67	0.17	0.17	0.0	0.0	6
E07&*	0.33	0.0	0.67	0.0	0.0	3
E08 *	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	3
nbre	8	9	3	0	1	21

* Ensemble solution

E01 & E06

E07 & E09

DRAINAGE

2^e palier: PE1 / EXPOSITION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
E01 *	0.33	0.33	0.33	0.0	0.0	3
E02&*	0.0	0.75	0.25	0.0	0.0	4
E03&*	0.57	0.43	0.0	0.0	0.0	7
E05 *	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
E06 *	0.0	0.20	0.80	0.0	0.0	5
nbre	7	8	6	0	0	21

* Ensemble solution

E02 & E08, 09.

E03 & E07

DRAINAGE

2^e palier: ESO / EXPOSITION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
E01&*	0.0	0.0	0.33	0.50	0.17	6
E02&*	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	5
E03&*	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	4
E04 *	0.0	0.0	0.75	0.0	0.25	4
E09 *	0.0	0.14	0.29	0.57	0.0	7
nbre	0	1	11	12	2	26

* Ensemble solution

E01 & E07

E02 & E05, 08.

E03 & E06

DRAINAGE

2^e palier: TBO / EXPOSITION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
E01&*	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	6
E04 *	0.0	0.60	0.20	0.20	0.0	5
E05&*	0.0	0.41	0.59	0.0	0.0	17
E08 *	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1
nbre	0	16	11	2	0	29

* Ensemble solution

E01 & E02, 03, 09.

E05 & E06, 07.

DRAINAGE

3^e palier: (EN1/EN2) / PP1 / FORME DE PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
FP1 *	0.0	0.0	0.60	0.40	0.0	20
FP2&*	0.0	0.33	0.0	0.67	0.0	6
nbre	0	2	12	12	0	26

* Ensemble solution

FP2 & FP3

- 108 -

DRAINAGE

3^e palier: (EN1/EN2) / PP2 / FORME DE PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
FP1 *	0.0	0.10	0.90	0.0	0.0	20
FP2 *	0.0	0.55	0.45	0.0	0.0	11
FP3 *	0.0	0.09	0.64	0.27	0.0	11
nbre	0	9	30	3	0	42

* Ensemble solution

DRAINAGE

3^e palier: EN3 / PP1 / FORME DE PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
FP1	0.0	0.09	0.20	0.63	0.09	56
FP2 *	0.0	0.17	0.83	0.0	0.0	6
FP2	0.0 ⁴	0.0	0.17	0.74	0.09	23
nbre	0	6	20	52	7	85

* Ensemble solution

DRAINAGE

3^e palier: EN3 / PP2 / FORME DE PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
FP1	0.0	0.31	0.38	0.28	0.03	29
FP2 *	0.11	0.32	0.58	0.0	0.0	19
FP3 *	0.0	0.12	0.64	0.24	0.0	25
nbre	2	18	38	14	1	73

* Ensemble solution

- 111 -

DRAINAGE

3^e palier: EN3 / PP3 / FORME DE PENTE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
FP1 *	0.27	0.47	0.20	0.07	0.0	15
FP2	0.04	0.59	0.32	0.03	0.01	69
FP3 *	0.0	0.0	0.60	0.40	0.0	5
nbre	7	48	28	5	1	89

* Ensemble solution

- 112 -

DRAINAGE

3^e palier: EN4 / PP2 / ALTITUDE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
AL2 *	0.33	0.0	0.33	0.33	0.0	3
AL3 *	0.0	0.0	0.33	0.67	0.0	3
AL4 *	0.0	0.67	0.0	0.33	0.0	3
AL5 *	0.17	0.33	0.33	0.17	0.0	6
AL6 *	0.0	0.57	0.43	0.0	0.0	14
nbre	2	12	10	5	0	29

* Ensemble solution

- 113 -

DRAINAGE

3^e palier: EN4 / PP3 / EXPOSITION

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
E01 *	0.22	0.43	0.35	0.0	0.0	23
E02&*	0.50	0.0	0.50	0.0	0.0	4
E03&*	0.08	0.67	0.25	0.0	0.0	12
E04&*	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4
E09 *	0.0	0.83	0.17	0.0	0.0	6
nbre	8	27	14	0	0	49

* Ensemble solution

E02 & E08

E03 & E06, 07

E04 & E05

- 114 -

DRAINAGE

4^e palier: EN3 / PP1 / FP1 / ALTITUDE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
AL1&*	0.0	0.0	0.0	0.71	0.29	7
AL3 *	0.0	0.0	0.29	0.71	0.0	7
AL4 *	0.0	0.04	0.25	0.58	0.13	24
AL5 *	0.0	0.50	0.17	0.33	0.0	6
AL6 *	0.0	0.08	0.17	0.75	0.0	12
nbre	0	5	11	35	5	56

* Ensemble solution
AL1 & AL2

DRAINAGE

4^e palier: EN3 / PP1 / FP3 / ALTITUDE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
AL2&*	0.0	0.0	0.0	0.80	0.20	10
AL5 *	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	5
AL6 *	0.0	0.0	0.50	0.50	0.0	8
nbre	0	0	4	17	2	23

* Ensemble solution

AL2 & AL3, AL4

- 116 -

DRAINAGE

4^e palier: EN3 / PP2 / FP1 / ALTITUDE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
AL3 *	0.0	0.0	0.25	0.50	0.25	4
AL4 *	0.0	0.09	0.64	0.27	0.0	11
AL5 *	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	6
AL6 *	0.0	0.25	0.38	0.38	0.0	8
nbre	0	9	11	8	1	29

* Ensemble solution

- 117 -

DRAINAGE

4^e palier: EN3 / PP3 / FP2 / ALTITUDE

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	NBRE
AL1&	0.04	0.65	0.32	0.0	0.0	57
AL2 *	0.33	0.33	0.0	0.0	0.33	3
AL4 *	0.0	0.33	0.44	0.22	0.0	9
nbre	3	41	22	2	1	69

* Ensemble solution

AL1 & AL3, 5, 6.

DRAINAGE

5^e palier: EN3 / PP3 / FP2 / AL1& / PENTE (force de...)

	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	nbre
P01 *	0.06	0.78	0.17	0.0	0.0	18
P02&*	0.0	0.62	0.38	0.0	0.0	37
P04 *	0.50	0.0	0.50	0.0	0.0	2
nbre	2	37	18	0	0	57

* Ensemble solution

P02 & P03

- 119 -

✓ PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

Tableau 1: caracteristique retenue au 1^e palier: VEGETATION

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	nbre
EN1 *	0.05	0.0	0.0	0.16	0.11	0.05	0.05	0.0	0.21	0.05	0.32	19
EN2	0.05	0.02	0.0	0.06	0.06	0.13	0.08	0.03	0.05	0.0	0.52	63
EN3 .	0.06	0.01	0.03	0.09	0.09	0.08	0.12	0.06	0.05	0.01	0.39	240
EN4	0.10	0.03	0.06	0.01	0.07	0.05	0.04	0.05	0.07	0.01	0.49	97
PG1 *	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.0	0.0	0.03	0.0	0.90	61
PG2&*	0.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.03	0.0	0.0	0.68	37
PE1 *	0.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.0	0.05	0.76	21
ES0 *	0.35	0.0	0.04	0.08	0.08	0.12	0.15	0.08	0.0	0.0	0.12	26
TB0 *	0.21	0.0	0.0	0.07	0.0	0.07	0.0	0.04	0.14	0.04	0.43	28
TR0 *	0.0	0.0	0.0	0.06	0.0	0.17	0.06	0.0	0.06	0.11	0.56	18
nbre	60	7	14	35	37	44	44	26	34	8	301	610

* Ensemble solution

PG2 & EP1

- 120 -

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

2^e palier: EN2 / EXPOSITION

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	nbre
E01&*	0.0	0.0	0.0	0.04	0.0	0.18	0.11	0.0	0.07	0.0	0.61	28
E03&*	0.08	0.0	0.0	0.15	0.08	0.0	0.0	0.15	0.0	0.0	0.54	13
E04 *	0.0	0.33	0.0	0.33	0.0	0.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
E07 *	0.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.13	0.0	0.0	0.13	0.0	0.63	8
E08&*	0.09	0.0	0.0	0.0	0.27	0.09	0.18	0.0	0.0	0.0	0.36	11
nbre	3	1	0	4	4	8	5	2	3	0	33	63

* Ensemble solution

E01 & E02, 05

E03 & E06

E08 & E09

- 121 -

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

2^e palier: EN3 / ALTITUDE

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	nbre
AL1 *	0.0	0.25	0.0	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.50	4
AL2 *	0.0	0.0	0.08	0.23	0.23	0.15	0.08	0.0	0.0	0.0	0.23	13
AL3	0.16	0.0	0.03	0.19	0.03	0.09	0.09	0.06	0.06	0.0	0.28	32
AL4	0.09	0.0	0.04	0.13	0.20	0.09	0.14	0.04	0.02	0.02	0.25	56
AL5	0.0	0.02	0.02	0.06	0.02	0.08	0.13	0.06	0.04	0.0	0.58	53
AL6	0.06	0.01	0.03	0.02	0.07	0.07	0.11	0.10	0.10	0.01	0.41	82
nbre	15	3	7	22	22	20	28	15	13	2	93	240

* Ensemble solution

- 122 -

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

2^e palier: EN4 / ALTITUDE

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	nbre
AL2 *	0.22	0.11	0.22	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33	9
AL3 *	0.0	0.22	0.0	0.0	0.33	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33	9
AL4 *	0.13	0.0	0.13	0.0	0.0	0.0	0.25	0.13	0.13	0.0	0.25	8
AL5 *	0.14	0.0	0.07	0.0	0.0	0.21	0.0	0.14	0.07	0.0	0.36	14
AL6 .	0.09	0.0	0.04	0.0	0.07	0.02	0.04	0.04	0.09	0.02	0.61	57
nbre	10	3	6	1	7	5	4	5	7	1	48	97

* Ensemble solution

- 123 -

- 124 -

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

3^e palier: EN3 / AL4 / EXPOSITION

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	NBRE
E01&	0.04	0.0	0.07	0.15	0.22	0.15	0.0	0.07	0.04	0.0	0.26	27
E02&*	0.17	0.0	0.0	0.17	0.06	0.06	0.28	0.0	0.0	0.0	0.28	18
E06 *	0.09	0.0	0.0	0.0	0.36	0.0	0.27	0.0	0.0	0.09	0.18	11
nbre	5	0	2	7	11	5	8	2	1	1	14	56

* Ensemble, solution

E01 & E04, 05, 09

E02 & E03, 07

- 125 -

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

2^e palier: EN3 / AL5 / EXPOSITION

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	NBRE
E01&	0.0	0.0	0.0	0.08	0.0	0.06	0.19	0.03	0.0	0.0	0.64	36
E03&*	0.0	0.0	0.08	0.0	0.08	0.08	0.0	0.0	0.17	0.0	0.58	12
E04 *	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.20	0.0	0.40	0.0	0.0	0.20	5
nbre	0	1	1	3	1	4	7	3	2	0	31	53

* Ensemble solution

E01 & E02, 05, 07, 09.

E03 & E06, 08.

- 126 -

- 127 -

4^e palier: EN3 / AL4 / EO1& / POSITION SUR LA PENTE

* Ensemble solution
E01 & E04, 05, 09.
PP2 & PP3

4^e palier: EN3 / AL5 / E01& / FORME DE PENTE

* Ensemble solution

E01 & E02, 05, 07, 09.

- 130 -

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE

4^e palier: EN3 / AL6 / PP2 / FORME DE PENTE

	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	NBRE
FP1 *	0.13	0.0	0.0	0.0	0.50	0.0	0.13	0.0	0.0	0.0	0.25	8
FP2 *	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.29	0.14	0.0	0.57	7
FP3 *	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	0.25	0.25	0.17	0.0	0.17	12
nbre	2	0	0	0	4	1	4	5	3	0	8	27

* Ensemble solution

4^e palier: EN3 / AL6 / PP3 / EXPOSITION

E05 & E08, 09.

4^e palier: EN4 / AL6 /(P01/P04) / POSITION SUR LA PENTE

* Ensemble solution

PP1 & PP2

- 133 -

SEEPAGE

Tableau 1: caractéristique retenue
au 1^e palier: VEGETATION

	SE1	SE2	nbre
EN1 *	0.53	0.47	19
EN2	0.48	0.52	66
EN3	0.77	0.23	247
EN4 *	0.94	0.06	97
PG1 *	0.98	0.02	61
PG2 *	1.0	0.0	21
EP1 *	0.88	0.13	16
PE1 *	0.90	0.10	21
ESO *	0.19	0.81	26
TBO *	0.17	0.83	29
TRO *	0.26	0.74	19
nbre	451	171	622

* Ensemble solution

2^e palier: EN2 / POSITION SUR LA PENTE

	SE1	SE2	nbre
PP1 *	0.32	0.66	22
PP2	0.44	0.56	32
PP3 *	0.93	0.08	12
nbre	32	34	66

* Ensemble solution

3^e palier: EN2 / PP2 / PENTE

[illegible]

* Ensemble solution
P01 & P02

3^e palier: EN3 / P03 / POSITION SUR
LA PENTE

	SE1	SE2	NBRE
PP1 *	0.20	0.80	5
PP2 *	0.36	0.64	11
PP3 *	0.90	0.10	10
nbre	14	12	26

* Ensemble solution

4^e palier: EN2 / PP2 / P02 / EXPOSITION

	SE1	SE2	nbre
E01*	1.0	0.0	5
E02 *	0.0	1.0	2
E03 *	0.5	0.5	2
E05 *	0.33	0.67	3
E07 *	0.75	0.25	4
E08 *	0.25	0.75	4
nbre	11	9	20

* Ensemble solution

E01 & E04, 06, 09.

CHAPITRE 4:

L'ANALYSE AERIENNE

Les tableaux qu'a formés la procédure sont basés sur un échantillonnage (relevé au sol) qui, par le nombre de stations utilisés (655), représente adéquatement la majeure partie du territoire à inventorier. Cet échantillonnage nous fournit une série de tableaux de référence avec une indication du risque d'erreur qui sert à orienter l'interprétation des caractéristiques non observables sur presque n'importe laquelle partie du territoire. L'analyse aérienne consiste donc en l'identification des états et la cartographie des caractéristiques observables qui sont indiquées comme étant pertinentes dans les tableaux et de superposer les caractéristiques non observables qui leur sont associées.

Afin de démontrer un type d'analyse aérienne par l'usage des tableaux, la caractéristique non observable "l'épaisseur du dépôt meuble" est cartographiée pour la parcelle expérimentale de l'annexe 3 (voir p. 144). Les tableaux correspondant à "l'épaisseur du dépôt meuble" se trouvent aux pages 70 à 88. Le tableau 1 (p. 70) qui représente le premier palier de la procédure, identifie le type de peuplement forestier comme étant la caractéristique observable la plus significative. La première étape de l'analyse aérienne est donc de cartographier les types de groupements forestiers. Par la suite on isole les types de peuplements qui forment un ensemble solution

(identifiés par un astérisque). Ceux-ci sont: les peuplements de Pins gris à plus de 25% de densité (PG1) et les peuplements d'Épinette noire avec sapin (ES0).

Dans le cas des peuplements PG1 et PE1, qui furent joints par la procédure, on distingue nettement une préférence (95%) pour les sites à dépôt meuble du type C02, variant entre 1 et 9 cm d'épaisseur.

Dans le cas de ES0 cependant, aucune association avec l'épaisseur du dépôt meuble n'est possible car la distribution des états de cette caractéristique est trop large pour être significative. Le tableau nous indique ici que la procédure ne peut fournir les résultats conclusifs qui mèneraient à une extrapolation et une cartographie de l'épaisseur du dépôt meuble en présence de ES0 et que le nombre de stations occupées par un peuplement de ce type est trop petit pour être manipulé au deuxième palier.

Le deuxième tableau (p. 71) débute la série du deuxième palier qui représente la formation d'un sous-ensemble de deux caractéristiques observables: L'état de la caractéristique du premier palier secondée de la caractéristique qui réduit le mieux son entropie résiduelle dans l'identification de l'épaisseur du.

4

dépôt meuble. Le premier sous-ensemble formé est EN1 & EN2 (Epinettes noires à densité supérieure à 26% et à hauteur supérieure à 15 m) joint à la caractéristique "Altitude". L'altitude à la parcelle fut déterminée à l'aide d'une carte topographique; elle varie entre 170 et 190 mètres ce qui la place dans la classe AL3 (121 à 210 m). Le sous-ensemble (EN1/EN2)/AL3 constitue un ensemble solution. Il indique avec une probabilité de 45% que nous sommes en présence d'un dépôt meuble du type C02 (1 à 9 cm) et avec une probabilité de 55% que le dépôt meuble soit du type C03 (10 à 29 cm). Dans ce cas-ci où les états de la caractéristique non observable sont ordonnés par ordre croissant il est avantageux d'unir C02 et C03 pour en faire un état plus général (de 1 à 29 cm d'épaisseur) que de conserver deux types presque équiprobables. Le résultat cartographique sera l'indication d'un dépôt meuble du type C02-03 avec une probabilité de 100% partout où on identifie un type de peuplement forestier EN1 ou EN2 à une altitude du type AL3.

Le troisième tableau (p. 72) qui forme les sous-ensembles EN3 (Epinette noire à densité de 26 à 60% et à hauteur moindre de 15 m) et "Altitude", ne peut pas être utilisé. EN3/AL3 qui est le sous-ensemble qui s'applique à la parcelle ne forme pas un ensemble solution.

Le quatrième tableau (p. 73) associe le type de peuplement EN4 (Epinette noire à densité variant entre 6 et 25% et de toutes hauteurs) à la position du peuplement sur la pente. Le sous-ensemble EN4/PP1 (bas de pente) est un ensemble-solution peu significatif car il ne se concentre pas suffisamment sur un état de l'épaisseur du dépôt meuble. Ainsi l'identification de EN4/PP1 n'entraîne pas la distinction d'un état de la caractéristique non observable. Le deuxième sous-ensemble de ce tableau, EN4/PP2 (dans la pente), bien que ne formant pas un ensemble-solution a une probabilité de 90% de se situer sur un dépôt meuble d'une épaisseur variant entre 1 et 29 cm (C02-03). Si on fait suite à ce sous-ensemble on remarque qu'il est repris au troisième palier mais que l'information additionnelle (EN4/PP2/Exposition) ne réduit pas significativement l'indétermination: les états de la caractéristique exposition sont mal distribuées et le nombre de sites pour les associations est trop réduit pour être significatif. Dans ces conditions on cartographie C02-03 à 90% de probabilité par l'observation de EN4/PP2. Les sites ayant les caractéristiques EN4/PP3 (haut de la pente) se trouvent dans 82% des cas sur un dépôt meuble d'une épaisseur variant entre 1 et 9 cm de profondeur et peuvent être utilisés pour cartographier cet état du dépôt meuble.

Le cinquième tableau (p. 74) associe le type de peuplement PG2 (Pin gris à moins de 25% de densité) à la caractéristique "Forme de pente". Le sous-ensemble PG2/FP1-FP2 (plane et convexe respectivement) forme un ensemble-solution. Ce sous-ensemble est associé dans 100% des cas à un dépôt meuble d'une épaisseur variant entre 0 et 9 cm (C01-02). Le sous-ensemble PG2/FP3 (concavité) ne permet pas de distinguer l'épaisseur du dépôt meuble étant donnée sa faible représentation sur le territoire d'étude.

Le sixième tableau (p. 75) associe les types de peuplement EP1 et TR0 (Epinette noire avec Pin gris et tremblaie respectivement) avec l'altitude de la station. Le sous-ensemble qui s'applique ici est (EP1/TR0)/AL3. Il permet d'identifier à 100% de probabilité un dépôt meuble d'une épaisseur variant entre 1 et 29 cm (C02-03).

Le septième tableau (p. 76) associe le type de peuplement TB0 (Bétulaie) à la force de pente. Le premier sous-ensemble TB0/P01 & P03 (pente nulle et pente moyenne) n'est pas un bon indicateur de l'épaisseur du dépôt meuble car il est trop faiblement représenté. Le sous-ensemble TB0/P02 & P04 (pente faible et pente forte respectivement) indique avec une probabilité de 100% que le dépôt meuble sous-jacent à ces types de milieu aura entre 1 et 29 cm (C02-03); pour cette raison l'épaisseur du dépôt meuble est cartographiée à ce niveau et le troisième palier est négligé pour ce sous-ensemble.

Le huitième tableau, qui représente l'association (EN1/EN2)/AL4/Forme de pente, ne s'applique pas sur la parcelle car celle-ci se trouve dans le type d'altitude AL3.
La même situation existe pour le neuvième tableau.

Le dixième tableau qui représente l'association entre le sous-ensemble EN3/AL3 et la caractéristique exposition n'est pas d'une grande utilité. Pour chacune des associations le nombre de sites est trop petit ou la distribution est trop uniforme pour être représentative d'un type de dépôt meuble. Les ensembles-solutions furent formées pour cette première raison.

Les onzième et douzième tableaux (pp. 80 et 81) ne s'appliquent pas à la parcelle car elles ne considèrent que les sites à une altitude supérieure à 301 m.

Le treizième tableau qui représente le sous-ensemble EN4/PP2/Exposition fut considéré lors de l'évaluation des tableaux au deuxième palier (voir p. 71).

Les tableaux consécutifs du quatrième palier de la procédure ne s'appliquent pas étant donné l'altitude de la parcelle.

Lorsque tous les tableaux de la caractéristique non observable ont été étudiés et que la cartographie est complétée on peut facilement noter les endroits où l'extrapolation fut impossible. Un retour sur le terrain est indiqué pour ces cas où l'information perdue doit être inventoriée.

Tel que l'a démontré l'étude du site expérimental, certaines conditions du milieu ont très bien indiqué l'épaisseur du dépôt meuble. Les peuplements de Pin gris par exemple dénotent une spécificité à cet égard qui permette une extrapolation très justifiable. De même pour les peuplements de Bouleau sur une pente et pour certains sites peuplés d'épinette noire à faibles densité et hauteur.

Certains autres types de peuplement, tel EN3, ne sont pas de bons indicateurs; et ceci non seulement pour "l'épaisseur du dépôt meuble" mais pour pratiquement toutes les caractéristiques non observables. Les raisons pour ce phénomène sont multiples. L'Epinette noire est très compétitive dans les milieux nordiques et s'adapte bien à presque toutes les conditions du milieu. Aussi la présence de l'épinette noire restreint de beaucoup l'introduction de nouvelles essences sur le même site ce qui encourage le renouvellement des peuplements d'épinette. Les peuplements d'épinette sont donc fortement représentés sur le territoire et sont distribués sur une multitude de types de sites et ne permettent pas d'émettre des probabilités d'interdépendance avec le milieu qui soient assez

Figure 6

échelle : 1/19500

CHAPITRE 5

CONCLUSION

La procédure "PEGASE" ne fut pas conçue pour évaluer et quantifier le potentiel d'extrapolation d'une couverture aérienne. Elle sert à mesurer l'interdépendance entre des éléments tels que divisés en caractéristiques indépendantes et dépendantes. Cette fonction, ajoutée à la façon séquentielle avec laquelle elle manipule les informations de base, s'accorde cependant très bien au processus d'analyse qu'implique l'interprétation d'une couverture aérienne. L'information de base qui devra être détectée de la couverture n'étant pas toute observable, il s'impose la définition de critères d'interdépendance. De la même façon que le fait la procédure statistique, l'interprète a à isoler les caractéristiques observables et à définir le lien qu'elles ont avec les caractéristiques non observables. Les avantages à utiliser la procédure sont assez significatifs et nombreux cependant pour justifier son usage.

L'utilisation de la procédure ne requiert pas une connaissance avancée de la science de l'informatique permettant ainsi à l'individu ou l'équipe impliqué dans l'inventaire de compléter l'analyse aérienne. Si les données de terrain proviennent d'inventaires de base menés par cette personne ou équipe, l'expertise

pourra être transmise à la procédure lors de la programmation et la manipulation statistique, servant ainsi à augmenter l'efficacité de la méthode. Dans le cas contraire, où aucune expertise n'est disponible, la procédure est d'autant plus efficace qu'elle permet de discriminer objectivement entre les caractéristiques significatives, extrapolables ou non.

L'utilisation de la procédure est aussi appréciable pour la rapidité avec laquelle elle interprète les données qui lui sont fournies. La classification des caractéristiques retenues étant complétée, l'interprète peut obtenir les tableaux à double entrée, dans un format lisible dans moins d'une semaine et ceci pour un échantillonnage de plus de 1000 relevés.

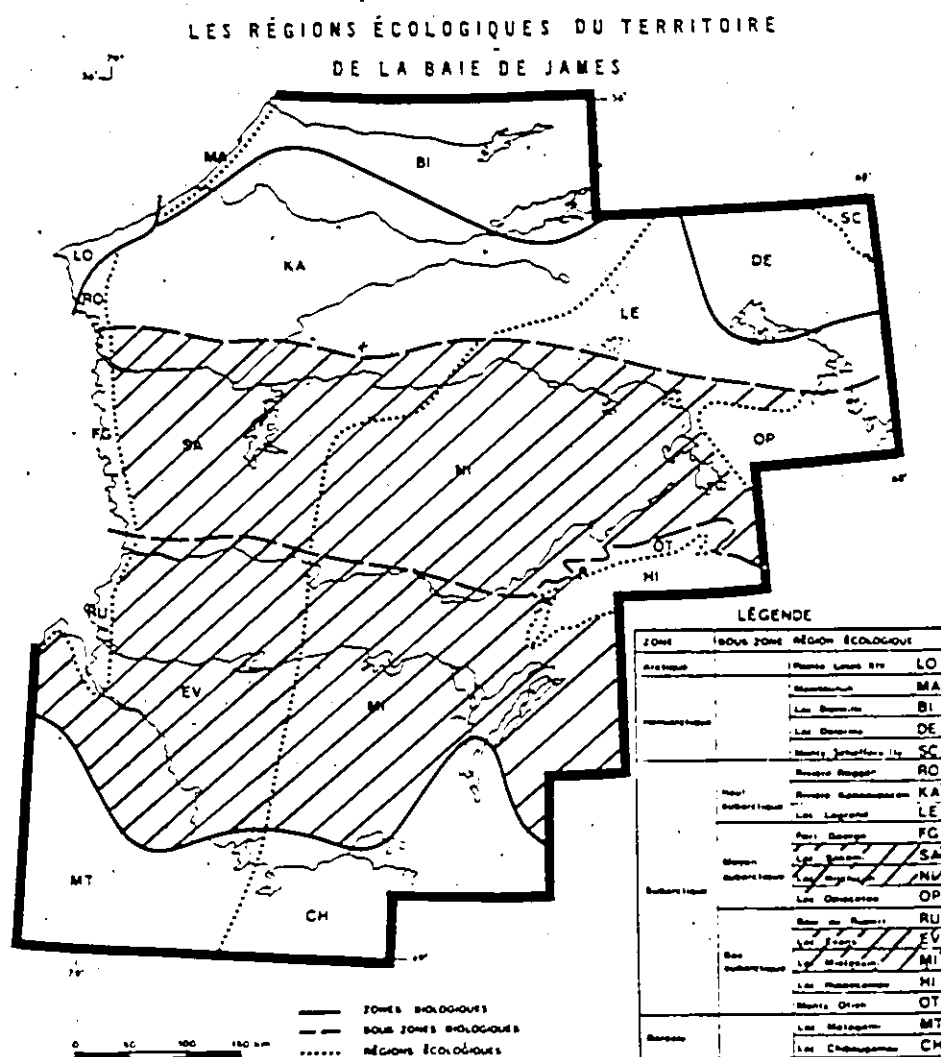
L'avantage le plus important de l'utilisation de la procédure pour l'analyse aérienne consiste en sa capacité de distinction et de quantification du risque d'erreur qu'entraîne l'extrapolation des caractéristiques non observables. Cette probabilité d'erreur, bien que largement reconnue, ne fut jamais accordée de valeur spécifique. La détermination de ce degré de fiabilité s'avère des plus utiles dans les premières phases d'un inventaire, surtout pour des grandes régions, car elle permet de détecter rapidement des erreurs potentielles d'interprétation, permet de mieux identifier les types de micro-environnements qui nécessitent une meilleure évaluation au sol et

inversement, d'éliminer les caractéristiques non essentielles dans les micro-environnements à haute information mutuelle aux premier et deuxième palier.

Etant donné la multitude d'usages à retirer de la procédure, c'est-à-dire le nombre de types d'inventaires qu'il est possible de mener par analyse aérienne, elle peut aussi servir à sélectionner la meilleure couverture pour un inventaire donné. Différents types de couvertures aériennes offrent différentes possibilités de classification et d'association. La procédure a la capacité de comparer l'efficacité de ces couvertures par la détermination de leur réduction d'entropie respective.

L'ensemble de ces qualités, plus la façon uniforme avec laquelle elle manipule les données de base, font de la considération statistique des variables incluses dans un inventaire par analyse aérienne une procédure efficace et viable.

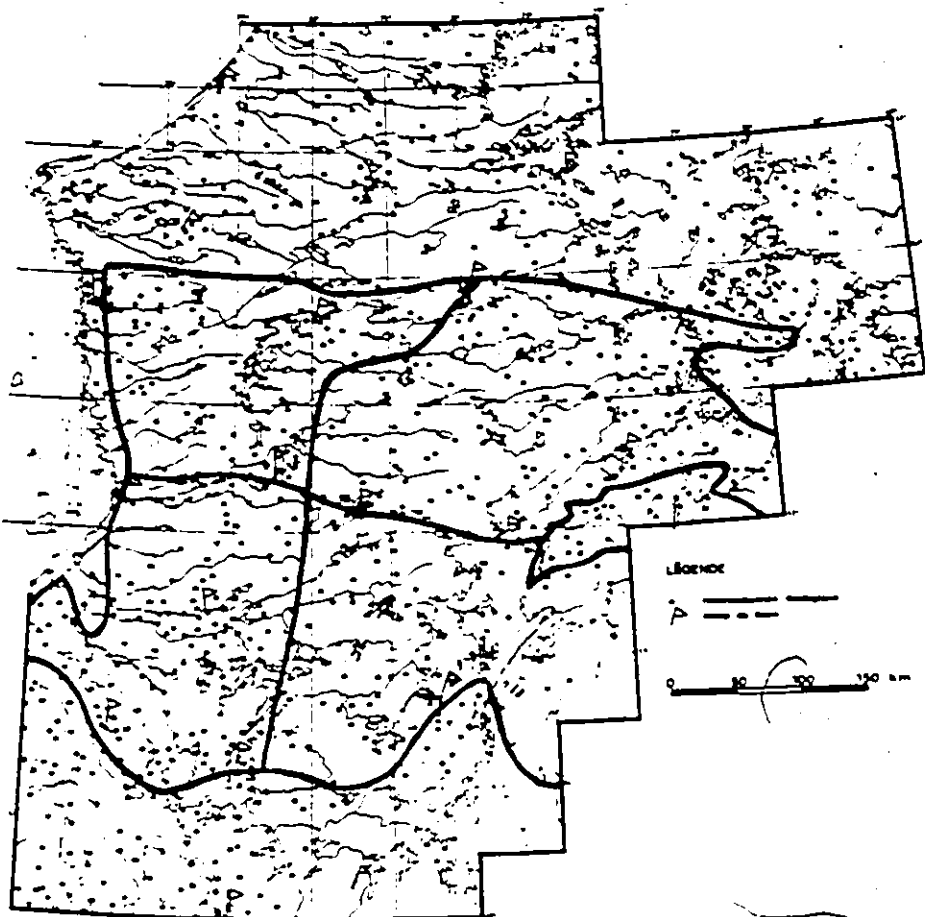
Figure 1, annexe 1.



SOURCE: ref.14

Figure 2, annexe 1.

LOCALISATION DES RECONNAISSANCES ÉCOLOGIQUES



SOURCE: ref.14

Annexe 1:

Utilisation de la végétation dans la classification et la cartographie
Ecologique du territoire de la Baie James

- Les régions Ecologiques du territoire de la Baie James.

Richard Zarnovican, V. Gerardin,
J.P. Ducruc, M. Jurdant et G. Audet,
Service des études écologiques régionales
Direction régionale des terres
Environnement Canada
Québec.

La carte des Régions Ecologiques constitue une carte éco-climatique. Son intérêt pratique réside dans le fait que les unités de base, les Régions Ecologiques, fournissent un cadre de référence à l'intérieur duquel l'aménagiste retrouvera les même chronoséquences végétales sur des habitats semblables.

Les travaux de terrain sur l'ensemble des 400.000km² du Territoire de la Baie James, dans le cadre du projet ETBJ ont été effectués durant les étés 1973, 1974 et 1975. Les données de base récoltées se subdivisent en deux types:

963 Reconnaissances Ecologiques: La Reconnaissance Ecologique consiste en un transect de cinq à huit km au long duquel une équipe constituée d'un pédologue et d'un phytosociologue effectue une cartographie détaillée des sols et de la végétation. L'objectif de Reconnaissance Ecologique

est la compréhension, la description et la classification, par l'équipe, des écosystèmes parcourus. Chaque Reconnaissance Ecologique est concrétisée sous la forme d'un rapport de reconnaissance dans lequel sont décrits un certain nombre de "points d'observation". Pour chacun de ceux-ci l'équipe détermine le Type Physionomique de végétation, le Type Ecologique et le Type de roche-mère pédologique (re: Jurdant, 1975).

2088 Stations Ecologiques de Référence: Ces stations écologiques de référence sont décrites par les diverses équipes aux endroits choisis comme étant les plus représentatifs des divers milieux rencontrés au cours de leur Reconnaissance Ecologique. Les données recueillies (re: Jurdant, 1975) constituent la base de toute l'analyse et de toute la classification écologique aux divers niveaux de perception écologique de l'espace, y compris celui de la Région Ecologique.

Le présent exposé donne une définition des Régions Ecologiques, leur regroupement en Domaines et Zones ainsi que la carte des Régions Ecologiques à l'échelle du 1:1.000.000.

Par la suite, nous préciserons les limites de ces Régions Ecologiques sur les cartes des Systèmes Ecologiques au 1:125.000 et nous procéderons à la détermination des chronoséquences végétales pour chaque Type Ecologiques dans chacune des Régions Ecologiques.

Nous pensons cependant que l'aménagiste peut déjà utiliser la carte des Régions Ecologiques présentée ici comme base de travail pour la présentation générale du territoire sous ses aspects biogéographiques et biologiques.

METHODE ET MATERIEL

Dans la première étape nous avons utilisé la technique des profils pondérés d'espèces ont été décrites en détail par Gerardin et al. (1975). Cette étape nous a permis de connaître la valeur indicatrice de quelques 140 espèces vis-à-vis ces trois variables écologiques et ainsi d'établir une zonation latitudinale.

Comme la distribution des tills bien drainés dans le territoire n'est pas uniforme, la technique des profils pondérés est restée limitée quant aux possibilités interprétatives des résultats obtenus, pour certaines parties du territoire.

Nous avons donc procédé, dans une deuxième étape, à l'analyse des Types Physionomiques de végétation (Jurdant, 1975) dominants de toutes les Reconnaissances effectuées (le Type Physionomique dominant est celui qui forme au moins 60% de tous les points d'observation effectués au cours de la même Reconnaissance Ecologique). De cette façon, chaque Reconnaissance est identifiée au moyen d'un Type Physionomique de végétation reporté sur un fond topographique au 1:500.000.

Ce procédé nous a permis, d'une part, de préciser et fixer les limites de Zones et de Sous-Zones telles que fournies par les profils pondérés, et, d'autre part, d'identifier les Domaines.

Notons cependant, que pour fixer les Zones extrêmes, arctique au nord et boréale au sud, nous avons utilisé en plus des espèces différentielles. La limite de la Zone arctique suit la limite sud de l'aire de distribution de certaines espèces arctiques tandis que la Zone boréale suit la limite nord de certaines plantes boréales.

Nous avons ensuite procédé à l'établissement des limites des Régions Ecologiques. Une Région Ecologique a été définie à l'intérieur d'un Domaine au moyen de l'espèce ou des espèces arborescentes caractéristiques d'une région et à la fois différentielle des autres régions ainsi qu'à l'aide des composantes caractéristiques des strates inférieures.

Il est à remarquer, que pour certains grands Domaines, nous avons procédé à leur division en Régions Ecologiques au moyen de limites arbitraires.

Une fois le territoire de la Baie James, divisé en Zones, Sous-Zones, Domaines et Régions, nous avons recherché les coïncidences possibles entre les limites trouvées et les limites de certains indices climatiques, telles que fournies par Gagnon et Ferland (1967) et Wilson (1971), et nous les commentons ci-dessous.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

) Le résultat de la classification des Régions Ecologiques se traduit, en premier, par la carte des Régions Ecologiques à l'échelle du 1:1.000.000 (Figure 1).

La clé explicative suivante permettra, nous l'espérons, de mieux saisir la définition et l'importance des différentes Régions Ecologiques.

Zone arctique: Elle se présente sous forme de landes arctiques, ou toundra, dominées par les lichens et plantes herbacées avec un faible recouvrement par la présence des espèces arctiques suivantes:

Arenaria uliginosa
Carex atrofusca
Carex misandra
Carex Williamsii
Deschampsia pumila
Koenigia islandica
Carex norvegica

Ces dernières, sont ici, à leur limite sud.

Domaine maritime des landes arctiques: Ce domaine s'étend sur une bande côtière plus ou moins étroite de Pointe Attiquane au sud, jusqu'à Bear Islands au nord et ne comprend qu'une seule Région Ecologique: Pointe Louis XIV. Cette Région Ecologique coïncide avec la limite de 600 mm de moyenne annuelle des précipitations totales (Wilson, 1971).

Zone hémiarctique: Cette Zone couvre la partie la plus septentrionale du territoire de la Baie James. La limite entre l'hémiarctique et le subarctique coïncide avec l'isoligne de la date moyenne de la fin de l'hiver le 10 mai et celui de la date moyenne du début de la saison de croissance le 31 mai. Mais c'est surtout l'isoligne de 800 degrés jours (Gagnon et Ferland, 1967) qui constitue sa limite méridionale la plus significative. Elle est caractérisée par quatre Domaines.

Domaine maritime des landes boisées à Epinette blanche et lichens: Ce domaine comprend une seule Région Ecologique: Manitounuk. Elle s'étend sur une bande côtière étroite de Beau Islands au sud, débordant les limites nord du territoire au delà du 56^{ème}. Cette Région est caractérisée par la constance de l'Epinette blanche arborescente; la densité des groupements n'atteint pas cependant 25% du recouvrement.

Domaine des landes à lichens: Un domaine où le Type Physionomique prédominant est la lande à lichens: formations végétales où les espèces ligneuses n'atteignent pas la hauteur de 3 m. On remarque l'abondance des arbustes comme *Betula glandulosa*, *Alnus crispa* et *Salix* spp. Le Domaine comprend une Région Ecologique: Lac Bienville. Au niveau de la strate inférieure, c'est la prédominance des lichens.

Domaine des landes boisées à Mélèze, Epinette noire et lichens: Caractérisé surtout par la constance du mélèze au niveau de la strate arborescente. même si les espèces ligneuses, telles le mélèze et l'E-

pinette noire dépassant la hauteur de 3 m, il est rare qu'elles atteignent un recouvrement de 25%. Au niveau de la strate inférieure, les lichens prédominent encore. Ce Domaine comprend une seule Région Ecologique: Lac Delorme.

Domaine montagnard des landes à lichens: Il est caractérisé par la bande à lichens comme Type Physionomique prédominant. Les limites du Domaine correspondent avec les limites de la Région Ecologique: Monts Shefferville. Caractérisée par des groupements arbustifs dominés par *Betula glandulosa*, *Alnus crispa* et l'Epinette noire rabougrie avec un tapis de lichens dans la strate inférieure. Géographiquement, la limite de la Région Ecologique correspond à la limite altitudinale de 2000 pieds.

Zone subarctique: La Zone subarctique couvre presque 75% du territoire de la Baie James et s'étend d'est en ouest, entre le 50^e et le 55^e Nord. Hare (1950) la définit sous le nom de "Open Boreal Woodland", tandis que Rousseau (1952) définit la forêt subarctique comme "un parc aux arbres espacés", ceci correspond bien au Type Physionomique, Lande boisée à Epinette noire et lichens lequel forme un Domaine, dans la partie la plus septentrionale. C'est en considérant la distribution de différents Domaines et aussi des limites climatiques naturelles que nous avons subdivisé la Zone subarctique en trois Sous-Zones.

Sous-Zone Haut Subarctique: Cette Sous-Zone est séparée, au sud,

du Moyen Subarctique, par l'isoline 1200 du nombre annuel de degrés jours de croissance de Wilson (1971). Elle comprend deux Domaines:

Domaine maritime des landes boisées à Epinette blanche et lichens:

Les limites de la Région Ecologique: Rivière Roggan. Caractérisée par la constance de l'Epinette blanche arborescente dont la densité des peuplements est inférieure à 25%. Les strates inférieures sont dominées par les lichens.

Domaine des landes boisées à Epinette noire et lichens: Il correspond à l'Open Boreal Woodland de Hare (1950) ou au Parc aux arbres espacés de Rousseau (1952) et est dominé par le Type Physionomique lande boisée à Epinette noire dont le tapis lichenique forme la strate inférieure.

Le Domaine se divise en deux Régions Ecologiques: Région Rivière Kanaaupscow à l'ouest plus sèche et Région Lac Legrand plus humide à l'est. Elles sont séparées par l'isoline 28^e de précipitations totales annuelles.

Sous-Zones Moyen Subarctique: Cette Sous-Zone se différencie de la Sous-Zone Bas Subarctique par plusieurs limites climatiques naturelles: l'isoline de la date moyenne de la fin de l'hiver le 30 avril, l'isoline de la date moyenne, au printemps, à laquelle la température moyenne quotidienne tombe au dessous de 50 degrés Fahrenheit (10 degrés Celcius), et l'isoline de la date moyenne, en automne,

à laquelle la température moyenne quotidienne tombe au dessous de 50 degrés Fahrenheit (10 degrés Celcius) Wilson (1971). Il semble que la limite septentrionale du Moyen Subarctique ait une signification écologique très importante puisqu'elle coïncide avec la limite des forêts de densité D (25 à 40%) et C (40 à 60% de recouvrement). Le Moyen Subarctique comprend quatre Domaines, en commençant à l'ouest.

Domaine maritime de la Pessière à Epinette blanche et mousses: dont les limites coïncident avec la Région Ecologique: Fort Georges. C'est une étroite bande côtière entre le 54^e au nord de l'embouchure de la rivière Conn au sud. Elle est dominée par les Pessières blanches (densité: class D; hauteur: classe D) avec un tapis de mousses qui domine les strates inférieures.

Domaine de la Pessière à Epinette noire, mousses et Ledum: qui comprend une seule Région Ecologique: lac Sakami. Caractérisée par les forêts d'Epinette noire (densité: classes D et C; hauteur: classes 4 et 3) mais c'est au niveau des strates inférieures que nous trouvons les éléments différentiels du Domaine suivant, c'est-à-dire mousses et Ledum.

Domaine de la Pessière à Epinette noire et lichens: Le Domaine se distingue du Domaine précédent, d'une part, par l'absence de mousses remplacées par les lichens et, d'autre part, par l'isoligne 700 mm de moyenne annuelle de précipitations totales (Wilson, 1971 et Gagnon et Ferland, 1967). Le Domaine comprend une seule Région Ecologique: Lac Nitchicun. Le Type Physionomique prédominant qui la caractérise

est une forêt d'Epinette noire (densité: classe D; hauteur: classes 4 et 3) avec un tapis lichenique.

Domaine montagnard des landes boisées à Epinette noire et lichens:

Le dernier Domaine du Moyen Subarctique, distingué du Domaine précédent par l'isoligne 800 mm de moyenne annuelle des précipitations totales (Wilson, 1971) et géographiquement déterminé, au dessus de l'altitude de 2000 pieds. Le Domaine Opiscoteo. Elle est caractérisée par la diminution de la densité des peuplements et le Type Physionomique prédominant est la lande boisée à Epinette noire (hauteur: classe 4) tandis que la composante principale des strates inférieures est un tapis de lichens.

Sous-Zone Bas Subarctique: La dernière Sous-Zone de la Zone Subarctique dont la limite septentrionale suit plus ou moins le 52° 30' de latitude nord a été fixée et précisée par la limite nord de la distribution du Sapin baumier et du Bouleau blanc dans les relevés floristiques où ces deux espèces atteignaient 25% du recouvrement de la strate arborescente. De cette façon, ces espèces deviennent à la fois caractéristiques pour le Bas Subarctique et, en même temps, différentielles de la Sous-Zone Moyen Subarctique. La limite méridionale entre le Bas Subarctique et la Zone Boréale suit l'isoligne 1400 degrés jours de croissance (Gagnon et Ferland, 1967). Cette Sous-Zone comprend trois Domaines.

Domaine maritime de la pessière à Epinette blanche, Sapin Baumier et mousses: C'est le Domaine le plus méridional de l'Epinette blanche du territoire de la Baie James à laquelle s'associe le Sapin baumier, espèce différentielle du Bas subarctique. La constance de l'Epinette blanche sur la côte a été remarquée par Hustich (1949 et 1950) et il l'appelait la maritime tree line. Payette (verbatim) associe la présence de l'Epinette blanche à l'humidité atmosphérique élevée due à la grande fréquence des brouillards. Pour notre part, nous avons observé, en plus, une nette préférence de l'Epinette blanche pour les dépôts littoraux bien drainés. Ce Domaine coïncide avec une seule Région Ecologique: Baie de Rupert caractérisée par le Type Physionomique suivant: Forêt d'Epinette blanche, Sapin baumier (densité: classes B et C; hauteur: classe 2) à mousses. La Région forme une étroite bande côtière depuis la frontière provinciale de l'Ontario jusqu'à l'embouchure de la rivière Eastmain.

Domaine de la Pessière à Epinette noire, Sapin baumier, Bouleau blanc et mousses: Le Domaine se distingue du Domaine précédent par l'absence d'Epinette blanche, par la présence constante d'Epinette noire et Sapin baumier comme espèces caractéristiques et l'apparition du Bouleau blanc. Au niveau des strates inférieures, c'est la dominance des mousses. Le Domaine comprend deux Régions Ecologiques: à l'ouest, la Région Lac Evans caractérisée par le Type Physionomique dominant: Forêt d'Epinette noire, Sapin baumier, Bouleau blanc (densité: classe B et C;

hauteur: classe 3 et 2) à mousses. Cette région s'étend jusqu'au 76° à l'est. A l'est de l'isoligne de 28 pouces de précipitations annuelles totales, c'est la Région Ecologique: Lac Mistassini, donc une Région Ecologique plus humide, semblable à la Région précédente mais, par contre, l'abondance du Sapin baumier dans les Types Physionomiques dominants devient plus grande. A l'est cette Région Ecologique déborde probablement les limites du territoire étudié.

Domaine Montagnard de la Pessière à Epinette noire, Sapin baumier et mousses: Ce Domaine se distingue du Domaine précédent par la diminution du Bouleau blanc et sa limite coïncide avec l'isoligne 900 mm de moyenne annuelle des précipitations totales (Wilson, 1971). De plus, ce Domaine comprend deux Régions Ecologiques: la Région Ecologique Lac Hippocampe caractérisée par le Type Physionomique dominant, Forêts d'Epinette noire et Sapin baumier (densité: classes B et C; hauteur: classes 3 et 2) avec les mousses dominant les strates inférieures, mais aussi les sommets alpins avec leur végétation particulière de landes à lichens.

Zone boréale: La Zone bioclimatique la plus méridionale du territoire de la Baie James. La limite septentrionale suit la limite nord de l'aire de distribution des espèces suivantes:

Acer spicatum
Sambucus pubens
Aralia nudicaulis
Streptopus roseus
Pteridium aquilinum

Cette limite coïncide avec l'isoligne 1400 degrés jours de croissance

établie par Gagnon et Ferland (1967). La Zone comprend un seul
Domaine:

Domaine de la Pessière à Epinette noir, Sapin baumier, Bouleau blanc,
mousses et herbacées: Caractérisée par le Type Physionomique prédo-
minant: forêts d'Epinette noire, Sapin baumier, Bouleau blanc (den-
sité: classes B et C; hauteur: classes 3 et 2); au niveau des strates
inférieures notons, en plus d'une abondance constante des mousses,
une constance des herbacées. Le Domaine se divise en deux Régions
Ecologiques à savoir: la Région Lac Matagami à l'ouest et la Région
Lac Chibougamau à l'est. La limite qui les sépare passe entre le 76^e
et 77^e longitude ouest, et il faut signaler que cette limite est, pour
le moment, arbitraire.

P.S.: Tiré de "Série de la classification écologique du territoire, No. 1"

Direction générale des terres, Environnement Canada. 1976

Edité par: J. Thie et G. Ironside (pp. 173-200)

Annexe 2:*

2.3. INFORMATION MUTUELLE ENTRE UNE ESPÈCE ET UN FACTEUR ÉCOLOGIQUE.

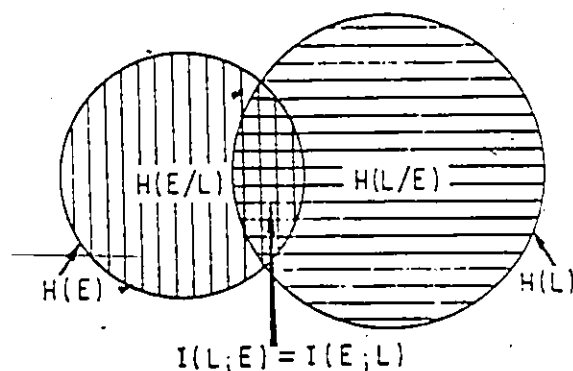
A partir du profil écologique d'une espèce E pour un facteur L, il est possible de calculer l'information mutuelle entre l'espèce E et le facteur L. Celle-ci correspond à l'intersection de l'entropie-espèce et de l'entropie-facteur (figure 3). Le calcul exact est relativement long et nous avons utilisé une estimation de l'information mutuelle $I(L; E)$ donnée par la formule suivante (ABRAMSON, 1963):

$$\hat{I}(L; E) = \sum_{K=1}^{NK} \frac{U(K)}{NR} \log_2 \frac{U(K)}{R(K)} \cdot \frac{NR}{U(E)} + \sum_{K=1}^{NK} \frac{V(K)}{NR} \log_2 \frac{V(K)}{R(K)} \cdot \frac{NR}{V(E)}$$

où

- NK = nombre de classes distinguées pour le facteur L.
- U(K) = nombre de relevés de la classe K, et où l'espèce E est présente.
- V(K) = nombre de relevés de la classe K, et où l'espèce E est absente.
- R(K) = nombre de relevés de la classe K.
- U(E) = nombre total des relevés où l'espèce E est présente.
- V(E) = nombre total des relevés où l'espèce E est absente.
- NR = nombre total de relevés.

Tous les éléments de cette formule sont donnés dans le tableau des profils écologiques (tableau I). Les quantités dont le logarithme de base 2 figurent dans la formule sont les termes du profil écologique "corrige".



$$I(L; E) = I(E; L) = H(L) - H(L/E) = H(E) - H(E/L)$$

où

- H(L) = entropie *a priori* du facteur L.
- H(E) = entropie *a priori* de l'espèce E.
- H(L/E) = entropie *a posteriori* du facteur L, une fois que l'on sait si l'espèce E est présente ou absente (hachures horizontales).
- H(E/L) = entropie *a posteriori* de l'espèce E, une fois que l'on connaît la classe du facteur (hachures verticales).

FIG. 3. — Information mutuelle entre une espèce E et un facteur écologique L.

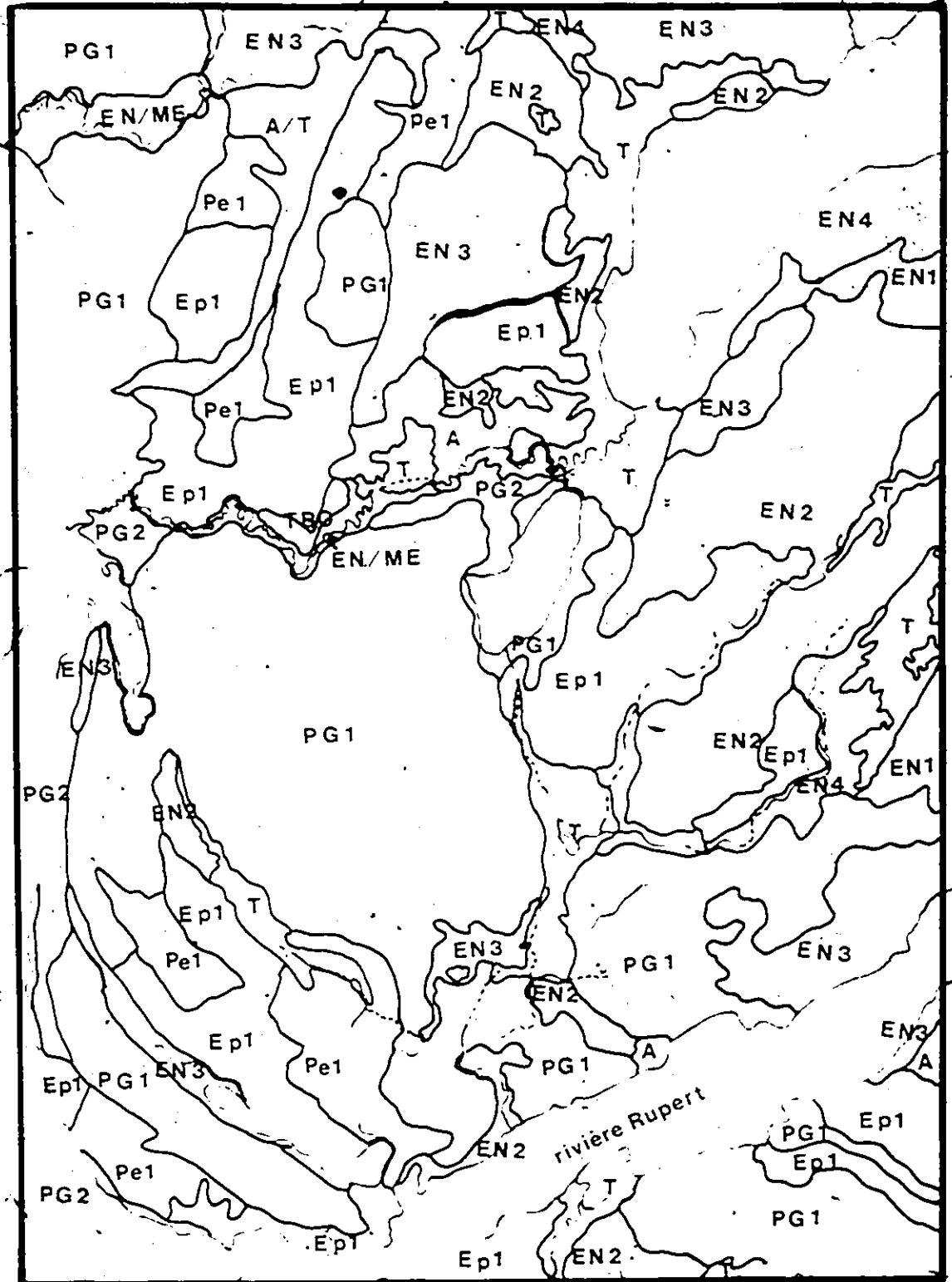
BIBLIOGRAPHIE

- 1) Alfred, A.H. & J.J. Lowe: (1978) Application de photographies à grande échelle à un inventaire forestier en Alberta. Institut d'aménagement forestier, Environnement Canada, rapport FMR-X-107F, (59 p.).
- 2) Gagnon, H.: (1974) La photo aérienne. Les éditions H.R.W., Montréal. (278 p.) ~
- 3) Guillerm, J.L.: Calcul de l'information fournie par un profil écologique et la valeur indicatrice des espèces. Oecologia Plantarum, No. 6 (pp. 209-225). (1971)
- 4) Jurdant, M. et al.: (1976) La cartographie écologique intégrée du territoire de la Baie James. Direction Générale des terres, Environnement Canada; Série de la classification écologique du territoire, No. 1. (pp. 173-200).
- 5) Jurdant, M. et al.: (1977) L'inventaire du Capital-Nature Direction régionale des terres, Québec (S.E.E.R.), Environnement Canada. (202 p.).
- 6) Jurdant, M. et al.: Les stations écologiques de référence, (fichier CMR), sur le territoire de la Baie James. Direction régionale des terres, Environnement Canada, Québec.
- 7) Marchand, B.: Information Theory and Geography, Geographical Analysis, 4 (3), 1972. (pp. 234-257).

- 8) Ministère des terres et forêts du Québec: (1978)
Répertoire des cartes, plans et photographies aériennes.
Gouvernement du Québec, Québec. (120 p.)
- 9) Murtha, R.A.: (1972) A Guide to Air Photo Interpretation of
Forest Damages in Canada, Canadian Forestry Service,
Environment Canada, No. 1292. (62 p.)
- 10) Orloci, L.: (1970) Analysis of Vegetation Samples Based on
the Use of Information Theory. Journal of Theoretical
Biology. 29. (pp. 173-189)
- 11) Phipps, M.: (1979) Information Theory and Spatial-Ecological
Analysis: The "PEGASE" Procedure. Notes de recherche
de géographie No. 23, Université d'Ottawa. (45 p.)
- 12) Rousseau, C.: (1972) Géographie floristique du Québec-Labrador:
distribution des principales espèces vasculaires. Presses
de l'Université Laval, Québec. (799 p.)
- 13) Service des Etudes Ecologiques Régionales: (1980) Manuel des
codes des données écologiques du territoire de la Baie James.
Direction régionale des terres, Environnement Canada, Québec.
(24 p.)
- 14) Société de Développement de la Baie James: (1978)
Localisation des lignes de vol sur le territoire de la Baie
James. Direction Environnement, Montréal. (12 p.)

- 15) Société d'Energie de la Baie James: (1978) Connaissance du milieu des territoires de la Baie James et du Nouveau Québec. S.E.B.J. ENvironnement, Montréal. (297 p.)
- 16) Société d'Energie de la Baie James: (1977) Etudes de renaturalisation, rapport 1977. S.E.B.J. Environnement, Montréal. (120 p.)
- 17) Société d'Energie de la Baie James: (1978) Etudes de renaturalisation, rapport 1978, S.E.B.J. Environnement, Montréal, (74 p.)
- 18) Sayn-Wittgenstein, L.: (1978) Recognition of Tree Species on Aerial Photographs. Canadian Forestry Service report FMR-X-118. (97 p.)
- 19) Tarnocai, C.: (1972) The Use of Remote Sensing Techniques to Study Peatland and Vegetation Types, Organic Soil and Permafrost in the Boreal Region of Manitoba. Proceedings, 1st Symposium on Remote Sensing, Ottawa, (pp. 323-336)
- 20) Thie, J.: (1972) Application of Remote Sensing Techniques for Description and Mapping Forest Ecosystems. Proceedings, 1st Canadian Symposium on Remote Sensing, Ottawa. (pp. 149-169)
- 21) Zarnovican, R. et Al.: Les régions écologiques du territoire de la Baie James: caractéristiques dominantes de leur couvert végétal. Cahiers de géographie du Québec, vol. 20 (50), 1976. (pp. 365-392).
- 22) Zarnovican, R.: (1977) Utilisation de la classification écologique du territoire de la Baie James pour l'aménagement de la ressource forêt. Rapport E.T.B.J. No. 30, Environnement Canada et S.D.B.J. (36 p.).

CARTE DES TYPES FORESTIERS



1 of



LEGENDE

Espèces arborescentes présentes

EN	-----	Epinette, Picea sp.
ME	-----	Mélèze, Larix laricina, K.Koch
PG	-----	Pin gris, Pinus banksiana, Lamb.
TB	-----	Bouleau blanc, Bétula papyrifera, L.

Peuplements forestiers :

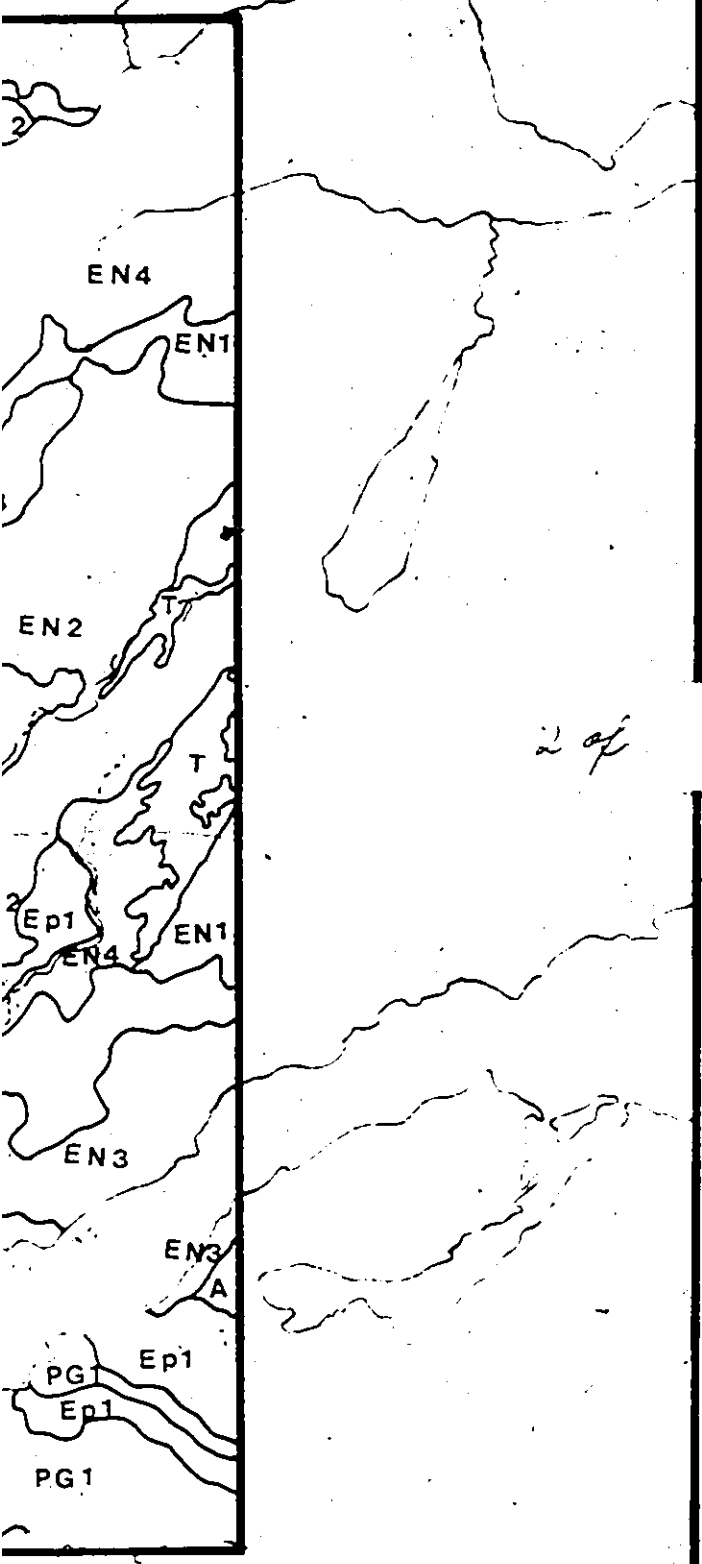
Type	Espèce dominante	Espèce secondaire
EN1	Epinette	aucune
EN2	"	"
EN3	"	"
EN4	"	"
EP1	"	Pin gris
PE1	Pin gris	Epinette
PG1	"	aucune
PG2	"	"
TB0	Bouleau blanc	"

Végétation non forestière :

A	-----	arbustes
T	-----	tourbières et marécages

échelle : 1 / 15860

superficie : 3 mi.²



LEGENDE:

Espèces arborescentes présentes

EN	-----	Epinette, <i>Picea</i> sp.
ME	-----	Méleze, <i>Larix laricina</i> , K.Koch
PG	-----	Pin gris, <i>Pinus banksiana</i> , Lamb.
TB	-----	Bouleau blanc, <i>Betula papyrifera</i> , Marsh.

Peuplements forestiers:

Type	Espèce dominante	Espèce secondaire	Recouvrement	Hauteur
EN1	Epinette	aucune	plus de 60%	plus de 15 m
EN2	"	"	25 à 60%	"
EN3	"	"	"	3 à 15 m
EN4	"	"	5 à 24%	plus de 3 m
EP1	"	Pin gris	n/a	n/a
PE1	Pin gris	Epinette	n/a	n/a
PG1	"	aucune	plus de 25%	n/a
PG2	"	"	5 à 24%	n/a
TB0	Bouleau blanc	"	n/a	n/a

Végétation non forestière:

A	-----	arbustes
T	-----	tourbières et marécages

échelle: 1/15860

superficie: 3 mi.²

3 of 3



Q68122-45