1849

I N F O R M A T I O N G E O S C I E N T I F I Q U E

E T A M E N A G E M E N T

par

Marianne Kugler-Gagnon

Thèse présentée à l'Ecole des Etudes Supérieures pour
l'obtention du grade de Ph. D. en Géographie

Mars 1974

Université d'Ottawa

Université d'Ottawa BIBLIOTHÈQUES LIBRARIES University of Ottawa

© Marianne Kugler-Gagnon, Ottawa, 1974.

UMI Number: DC53831

INFORMATION TO USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted. Broken or indistinct print, colored or poor quality illustrations and photographs, print bleed-through, substandard margins, and improper alignment can adversely affect reproduction.
In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if unauthorized copyright material had to be removed, a note will indicate the deletion.

UMI®

UMI Microform DC53831
Copyright 2011 by ProQuest LLC
All rights reserved. This microform edition is protected against unauthorized copying under Title 17, United States Code.

ProQuest LLC
789 East Eisenhower Parkway
P.O. Box 1346
Ann Arbor, MI 48106-1346

à mes parents

Cette thèse n'aurait pu être faite si le travail d'équipe, depuis 1971, n'avait été aussi fructueux. Le mérite en revient directement à Denis St-Onge qui a su donner à ses assistants à la fois les bases scientifiques et techniques et un très grand enthousiasme. Je l'en remercie très vivement, ainsi que Fernand Morin sans lequel je n'oserais prêter tant de foi aux résultats du laboratoire, mais que tous les autres qui ont travaillé au projet ou y travaillent encore ne se croient pas oublié .

Le traitement informatique des données a été facilité par la gentillesse et l'aide efficace que j'ai toujours trouvées au Centre d'Informatique de l'Université d'Ottawa et plus spécialement auprès de A. Leclerc.

La thèse à été partiellement financée par une Bourse du Conseil National des Recherches du Canada. L'Etude géoscientifique de la Région Nord de Montréal à été financée par le Ministère de l'Expansion Economique et Régionale par l'intermédiaire de l'Office de Planification du Québec, impliquant la Commisssion Géologique du Canada et le Ministère des Richesses Naturelles du Québec. Dans le cadre de cette entente, je tiens à remercier tout spécialement J.S.Scott de la Commission Géologique du Canada et J.Y.Chagnon et R. Maranda du Ministère des Richesses Naturelles du Québec.

Il serait difficile de nommer tous ceux dont l'aide morale ou technique fut précieuse pour la réalisation de ce travail, je voudrais qu'ils trouvent ici l'expression de tous mes remerciements.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 1

1: LE CADRE SPATIAL 4

11: Situation et Etendue de la Région ---------- 5

12: Les Unités Physiographiques et la Géologie de Surface de la Région ---------- 8

12-1 Le bouclier Précambrien 8

12-2 Les basses-terres du Saint-Laurent 9

12-3 Les collines d'Oka et de Saint-André 23

13: La Roche en Place ----------24

13-1 La lithologie 26

13-1-1 le grès de Postdam 26

13-1-2 la dolomie de Beekmantown 26

13-1-3 le calcaire de Chazy 27

13-1-4 le calcaire de Black-River 27

13-1-5 le calcaire de Trenton 27

13-2 La carte 29

14: Les Méthodes d'Investigation ----------30

14-1 La géologie de surface 32

14-2 La géologie profonde 39

15: Les Données ----------46

2: L'ETUDE GEOSCIENTIFIQUE 56

21: Introduction ----------57

22: La Constitution du Fichier ----------63

22-1 Le choix et la densité de l'information 66

22-2 Les modes de localisation 69

22-2-1 la localisation par points 69

22-2-2 la localisation par surfaces unitaires 69

22-2-3 la localisation par surface homogènes 70

22-3 La Cartographie Automatique 73

22-3-1 l'appareillage 73

22-3-2 les types de cartes 74

22-3-3 les problèmes d'interpolation 74

22-3-4 le programme SYMAP V 78

22-4 Les Facteurs 83

3: LE SYSTEME D'INFORMATION GEOSCIENTIFIQUE DE LA REGION NORD DE MONTREAL 86

31: Introduction ----------87

31-1 L'information 90

31-1-1 la récolte et la standardisation des données 90

31-1-2 la mise en ordre de l'information 92

31-1-3 la formulation des données 98

31-1-4 conclusion 98

32: Le Fichier ----------101

32-1 La constitution du fichier 101

32-2 Le contenu du fichier 103

32-2-1 les limites des feuillets 103

32-2-2 les forages de surface 107

32-2-3 les forages profonds 108

32-2-4 les sondages sismiques 108

32-2-5 les données hydrogéologiques 109

32-2-6 les forages C.A.I.M. 110

32-2-7 les repères cartographiques 111

33: Les Programmes ----------117

33-1 Introduction 117

33-2 Production de cartes de facteurs 118

33-2-1 remarques générales 118

33-2-2 carte des pentes 122

33-2-3 carte de la profondeur minimale de la nappe aquifère 127

33-2-4 carte des variables granulométriques 133

33-2-5 carte du matériel superficiel 142

33-2-6 carte des zones non-échantillonnées 148

33-2-7 carte des bruits 152

33-2-8 carte de l'épaisseur des dépôts meubles 156

33-2-9 cartes d'isopaches 161

33-3 Production de cartes d'aptitude 168

33-3-1 la méthode taxonomique 169

33-3-2 la méthode d'addition des facteurs 171

33-3-3 remarques générales 173

33-4 Les critères d'aptitude (exemples) 185

33-4-1 lotissement résidentiel 185

33-4-2 parcs industriels (industries légères) 198

33-4-3 localisation des centres commerciaux 206

33-4-4 fosses septiques 206

33-4-5 dépotoirs 219

33-4-6 potentiel de glissements de terrain 229

33-5 Cartes d'aptitude potentielles 240

33-5-1 introduction 240

33-5-2 esquisse de plan d'affectation des sols 240

33-5-3 habitat rural ou habitat urbain 243

33-6 Tableaux 247

33-7 Programmes de correction 248

4: APPLICATION DU SYSTEME 250

41:Choix et Présentation des Régions Expérimentales ----------251

41-1 Ste-Scholastique 252

41-2 St-Janvier 255

42:Aménagement par les Bureaux Officiels ----------260

42-1 Ste-Scholastique 262

42-2 St-Janvier 267

43:Commentaires au vu des Cartes Produites----------273

43-1 Ste-Scholastique 274

43-1-1 région "rural 2" 274

43-1-2 régions agricoles 278

43-1-3 Z.A.D. 279

43-1-4 St-Canut 280

43-2 St-Janvier 281

43-2-1 région "rural 2" 281

43-2-2 régions agricoles 282

43-2-3 région à urbaniser 283

43-3 conclusion 286

CONCLUSION 287

ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE 292

Références citées dans le texte 293

Références complémentaires 304

LISTE DES TABLEAUX

1	Correlations géologiques régionales	22
2	Exemples d'évaluation de critères utilisés dans la car ographie d'aptitude, avec les données de base	47
3	Classification granulométrique: nom général	51
4	Classification granulométrique: nom complémentaire	52
5	Types de cartes pour la Géologie de l'ingénieur	68
6	Codes mnémoniques utilisés dans la banque de données du système d'information géoscientifique de la région Nord de Montréal	100
7	Noms et fonction des sous-routines utilisées	120
8	Tableau récapitulatif des facteurs utilisés pour la construction des cartes d'aptitude	179
9	Températures relevées dans le sol à Ste-Scholastique (décembre 1971-septembre 1972)	209
10	Combinaison de cartes d'aptitude pour la production d'une carte d'affectation des sols	242
11	Combinaison de cartes d'aptitude pour la production d'une carte du type d'habitat	244

LISTE DES FIGURES

1	Découpage cartographique	xxix
2	Organigramme du projet	31
3 à 25	Courbes granulométriques détaillées (Laboratoire de la Commission Géologique du Canada)	en annexe
26	Feuille de récapitulation des données	91
27	Structure de la banque de données du système d'information géoscientifique de la Region Nord de Montréal	94
28	Structure d'une banque de données classée qualités par qualités	97
29	Zone de débordement du découpage cartographique	104
30	Polygones tangents utilisés pour la cartographie d'un polygone de plus de 99 sommets (SYMAP V)	106
31a et b	Symboles utilisés dans la cartographie d'aptitude et symboles utilisés pour les repères cartographiques	114-115
32	Organigramme du système d'information géoscientifique	119
33	"Unified Soil Classification System" et notre simplification	147
34	Cartes d'aptitude par la méthode taxonomique	170
35	Cartes d'aptitude par addition des facteurs	172
36	Carte d'aptitude aux fosses septiques (facteurs pédologiques)	175
37	Carte d'aptitude aux fosses septiques (facteurs lithologiques)	176

38	Concept de transmission de l'information cartographique	184
39	Triangle de classification granulométrique pour caractériser le pouvoir d'oxydation d'un matériel	211
40	Localisation des sites de dépotoirs	224
41	Teneur en eau naturelle et limite de liquidité de deux forages profonds	231
42	Carte des bruits de B.A.N.A.I.M.	266
43	Zone récréative de la Forêt de Terrebonne (S.A.T.R.A.)	269

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

1	Broutures glaciaires sur l'affleurement de grès de St-Hermas	11
2	Coupe dans l'esker de Ste-Thérèse	13
3	Argile grise fossilifère	15
4	Argile rouge à Ste-Thérèse	15
5	Nappe phréatique affleurante le long de "spine road" dans la zone opérationnelle	18
6	Coupe de la tourbière de St-Canut	21
7	Région échantillonnées par un réseau régulier de points de contrôle	34
8	Région échantillonnées par un réseau non régulier de points de contrôle	35
9	Technique de forage de surface	36
10	Foreuse utilisée pour le projet	42
11	Echantillonneur de parois (side-wall sampler)	43
12	Type d'écahntillon de profondeur	44
13	Affleurements de dolomie de la Côte-St-Pierre	258
14	Lotissement le long de la route 11 au Nord-Est de Blainville	272

LISTE DES CARTES

1	Carte de localisation	en annexe
2	Epaisseur du till	en annexe
3	Dépôts de surface	en annexe
4	Teneur en argile	en annexe
5	Profondeur minimale de la nappe phréatique de mai 1972 à août 1973	en annexe
6	Epaisseur des dépôts meubles	en annexe
7	Géologie	en annexe
8	Densité des forages de surface	en annexe
9	Localisation des forages profonds	en annexe
10	Topographie de la roche en place	en annexe
11	Dépôts de surface (zone opérationnelle)	55
12	Les pentes, Ste-Scholastique	125
13	Les pentes, St-Janvier	126
14	Profondeur minimale de la nappe aquifère, Ste-Scholastique	130
15	Profondeur minimale de la nappe aquifère, St-Janvier	132
16	Teneur en argile, Ste-Scholastique	136
17	Teneur en argile, St-Janvier	137
18	Teneur en limon, Ste-Scholastique	139
19	Teneur en sable, Ste-Scholastique	140
20	Teneur en sable, St-Janvier	141
21	Matériel superficiel, Ste-Scholastique	145

22	Matériel superficiel, St-Janvier	146
23	Les zones non-échantillonnées, Ste-Scholastique	150
24	Les zones non-échantillonnées, St-Janvier	151
25	Bruits de fond en 1975, Ste-Scholastique	154
26	Bruits de fond en 1975, St-Janvier	155
27	Epaisseur des dépôts meubles, Ste-Scholastique	159
28	Epaisseur des dépôts meubles, St-Janvier	160
29	Epaisseur de l'argile, Ste-Scholastique	163
30	Epaisseur de l'argile, St-Janvier	164
31	Epaisseur du sable, Ste-Scholastique	166
32	Epaisseur du sable, St-Janvier	167
33	Aptitude au lotissement résidentiel méthode taxonomique, avec tous les facteurs, Ste-Scholastique	189
34	Aptitude au lotissement résidentiel méthode taxonomique moins le facteur nappe phréatique, Ste-Scholastique	190
35	Aptitude au lotissement résidentiel avec addition des facteurs, Ste-Scholastique	191
36	Aptitude au lotissement résidentiel avec le facteur bruit, Ste-Scholastique	193
37	Aptitude au lotissement résidentiel méthode taxonomique, avec tous les facteurs, St-Janvier	194
38	Aptitude au lotissement résidentiel méthode taxonomique moins le facteur nappe phréatique, St-Janvier	195
39	Aptitude au lotissement résidentiel avec addition des facteurs, St-Janvier	196
40	Aptitude au lotissement résidentiel avec le facteur bruit, St-Janvier	197

41	Aptitude aux parcs industriels, méthode taxonomique, Ste-Scholastique	202
42	Aptitude aux parcs industriels, addition des facteurs, Ste-Scholastique	203
43	Aptitude aux parcs industriels, méthode taxonomique, St-Janvier	204
44	Aptitude aux parcs industriels, addition des facteurs, St-Janvier	205
45	Aptitude à l'installation de fosses septiques, méthode taxonomique, Ste-Scholastique	215
46	Aptitude à l'installation de fosses septiques addition des facteurs, Ste-Scholastique	216
47	Aptitude à l'installation de fosses septiques méthode taxonomique, St-Janvier	217
48	Aptitude à l'installation de fosses septiques addition des facteurs, St-Janvier	218
49	Aptitude à l'installation de dépotoirs, méthode taxonomique, Ste-Scholastique	225
50	Aptitude à l'installation de dépotoirs, addition de facteurs, Ste-Scholastique	226
51	Aptitude à l'installation de dépotoirs, méthode taxonomique, St-Janvier	227
52	Aptitude à l'installation de dépotoirs, addition de facteurs, St-Janvier	228
53	Susceptibilité aux glissements de terrain, méthode taxonomique, Ste-Scholastique	236
54	Susceptibilité aux glissements de terrain, addition des facteurs, Ste-Scholastique	237
55	Susceptibilité aux glissements de terrain, méthode taxonomique, St-Janvier	238
56	Susceptibilité aux glissements de terrain, addition des facteurs, St-Janvier	239

57	Type d'habitat, Ste-Scholastique	245
58	Type d'habitat, St-Janvier	246
59	Carte de localisation, Ste-Scholastique	253
60	Carte de localisation, St-Janvier	257
61	Affectation des sols (S.A.T.R.A.), Ste-Scholastique	263
62	Affectation des sols (S.A.T.R.A.), St-Janvier	268
63	Facteurs limitatifs pour les parcs industriels Ste-Scholastique	275
64	Facteurs limitatifs pour les parcs industriels St-Janvier	285

LISTE DES ANNEXES

1 La banque de données

1-1 forages de surface

1-1-1 liste

1-1-2 analyses granulométriques complémentaires effectuées par la Commission Géologique du Canada figures 3 à 25

1-2 forages profonds

1-3 sondages sismiques et affleurements

1-4 sondages et forages C.A.I.M.

2 Les programmes (exemples)

2-1 programme de tri pour la cartographie

2-2 programme de transformation (SNOBOL)

2-3 programme de combinaison de cartes de facteurs pour la production de carte d'aptitude

2-4 programme de tri pour la production de tableaux

3 Liste des photographies aériennes utilisées

4 matériel utilisé pour les analyses statistiques

Cartes "ozalid":

Carte no 1 : Carte de localisation

Carte no 3 : Carte des dépôts de surface

Carte no 7 : Schéma géologique

Cartes photographiées:

Carte no 2: Epaisseur du till 1/125,000

Carte no 4: Teneur en argile des dépôts de surface, 1/125,000

Carte no 5: Profondeur minimale de la nappe phréatique, 1/125,000

Carte no 6: Epaisseur des dépôts meubles, 1/125,000

Carte no 8: Densité des forages de surface 1/125,000

Carte no 9: Localisation des forages profonds 1/125,000

Carte no 10: Topographie du toit de la roche en place, 1/125,000

RESUME

De plus en plus, les organismes d'aménagement s'intéressent aux caractéristiques du milieu physique. Les différences de formation rendent le dialogue difficile entre géologues ou géographes et planificateurs. Un système d'information géoscientifique basé sur le traitement informatique d'une banque de donnée rend la compréhension des données plus facile et l'accès à l'information plus rapide.

Le système d'information géoscientifique de la Région Nord de Montréal couvre environ 1,300 km carrés (500 mi carrés) . La banque de données contient des informations stratigraphiques, géotechniques, hydrogéologiques et topographiques. Le programme de cartographie permet d'obtenir des cartes de chaque propriété à la profondeur et à l'échelle désirée. Les programmes d'interprétation combinent ces facteurs et produisent des cartes d'aptitude au lotissement résidentiel, aux parcs industriels, à l'installation de dépotoirs et des cartes de susceptibilité aux glissements de terrain.

Le travail discute, dans le cadre du système d'information géoscientifique de la Région Nord de Montréal,

les problèmes plus généraux de collecte des données pour traitement informatique, d'interpolation, de cartographie automatique et de cartographie interprétée.

Les cartes d'aptitude pour les régions de St-Janvier et de Ste-Scholastique (fig. no 1) sont comparées à l'affectation des sols proposée par les organismes d'aménagement ce qui permet de montrer concrètement leur utilité.

ABSTRACT

The need to include physical factors in the decision making process is becomming increasingly obvious to planning agencies. A major difficulty stems from communication problems between specialists with different backgrounds (i.e. geologists, geographers and planners). A computer based geoscientific information system capable of presenting raw, partly interpreted or fully interpreted data would contribute significantly towards bridging the comprehension gap as well as making information more readily available.

The geoscientific information system for the North Montreal Region covers approximately 1,300 square km (500 square miles). The data bank contains stratigraphic, geotechnical, hydrogeologic and topographic information. A map at specified scale and at any depth may be automatically drawn for any of these factors. By combining several factors, the interpretation programs produce suitability maps for low density housing, industrial parks, sanitary landfills, landslide suitability and so on.

Within the general context of the geoscientific information system of the North Montreal Region, discussion is centered on the more general or abstract problems inherent in

gathering data for computer handling, interpolation, data mapping and finally "master mapping".

A series of suitability maps based primarily on physical parameters for the St-Janvier and Ste-Scholastique area is compared to the proposed land use suggested by planning agencies. This permits comparisons between traditional planning proposals and those based on the geoscientific information system.

A V A N T - P R O P O S .

La mise en chantier, de plus en plus rare en Amérique du Nord, d'aéroports internationaux pourrait aboutir rapidement à un engorgement des aéroports existants. Ce ralentissement dans la construction ou dans l'aggrandissement d'installations existantes est dû en grande partie à l'action des groupes de pression "environementalistes". Il y a trop d'exemples d'aéroports, englobés dans des ceintures d'urbanisation, qui sont devenus des sources de désagrément pour la population. Les gouvernements sont principalement responsables de ce fait. Ils ne planifient pas l'affectation des sols et ne semblent s'intéresser à la situation que lorsqu'elle atteint un niveau critique.

Tout projet majeur (construction d'aéroport, ville nouvelle, etc) devrait être précédé d'une étude multidisciplinaire touchant aux différents aspects du territoire qui sera affecté par ce changement. Il est reconnu que même dans des conditions de milieu difficiles, les études géologiques et géotechniques préliminaires (qui ne forment qu'un des volets des études souhaitables) ne représentent que 1.6% du coût total du projet (Arnould 1969). Alors que les recommendations subséquentes à ces études permettraient de prévoir et de pallier aux inconvénients de l'aménagement proposé et d'éviter de coûteuses bévues.

Le Ministère des Transports du Canada a innové en planifiant à long terme l'implantation du Nouvel Aéroport International de Montréal (N.A.I.M.). Effectivement, dès le début des opérations, l'expansion de l'aéroport est assurée pour les 30 prochaines années en éliminant, aux environs, toute possibilité de développement péri-urbain qui pourrait limiter, dans l'avenir, les activités de l'aéroport (vol de nuits etc..) (Levasseur 1972). Le gouvernement a exproprié une superficie de 356 km carrés alors que la zone opérationnelle ne couvrira que 75 km carrés en 1985 (Dansereau, 1971). Cette décision a fait couler beaucoup d'encre et notre but n'est pas de nous joindre à la controverse.

Le Gouvernement Fédéral créa une agence chargée, entre autre, de la construction proprement dite, de l'expropriation, de l'aménagement et de la gestion de cette zone (Bureau d'Aménagement du Nouvel Aéroport International de Montréal: B.A.N.A.I.M.). La province de Québec, par voie légale, a délimité "la région Nord de Montréal" (annexe B du Bill 60) et créé une société d'aménagement pour ce territoire (Société d'Aménagement du Territoire de la Région Aéroportuaire: S.A.T.R.A.). Cette société a, entre autre mandat, le devoir de produire un plan d'aménagement de toute la région et de veiller à son application.

Les deux gouvernements ont conjointement essayé de faire de cette région du Québec un modèle d'aménagement et d'y favoriser les recherches scientifiques. Dans ce sens le Conseil National des Recherches du Canada et le B.A.N.A.T.M. ont reconnu le besoin et l'extrême intérêt d'une étude écologique multidisciplinaire de la région expropriée qui allait, dans les années à venir, subir de profondes modifications. Une équipe inter-disciplinaire, dirigée par P. Dansereau, étudia les différents aspects de la région et formula un modèle d'utilisation potentielle des sols et de divers impacts écologiques avec une banque de données très diversifiée. Les variables collectées concernaient le milieu physique, les végétaux, la faune, l'utilisation actuelle et passée des terres et les facteurs psychologiques de l'impact de l'aéroport. Cette étude intégrée est une innovation importante qui aura un impact profond sur les sciences de l'environnement.

En plus de ces travaux, les Gouvernement Fédéral et du Québec ont reconnu la nécessité d'une étude géoscientifique qui couvrirait les aspects géologiques et hydrogéologiques de la région Nord de Montréal. Dès le début de l'élaboration de ce projet, la Commission Géologique du Canada réalisa les possibilités de renouvellement de la géologie classique et de recherches dans les domaines de la

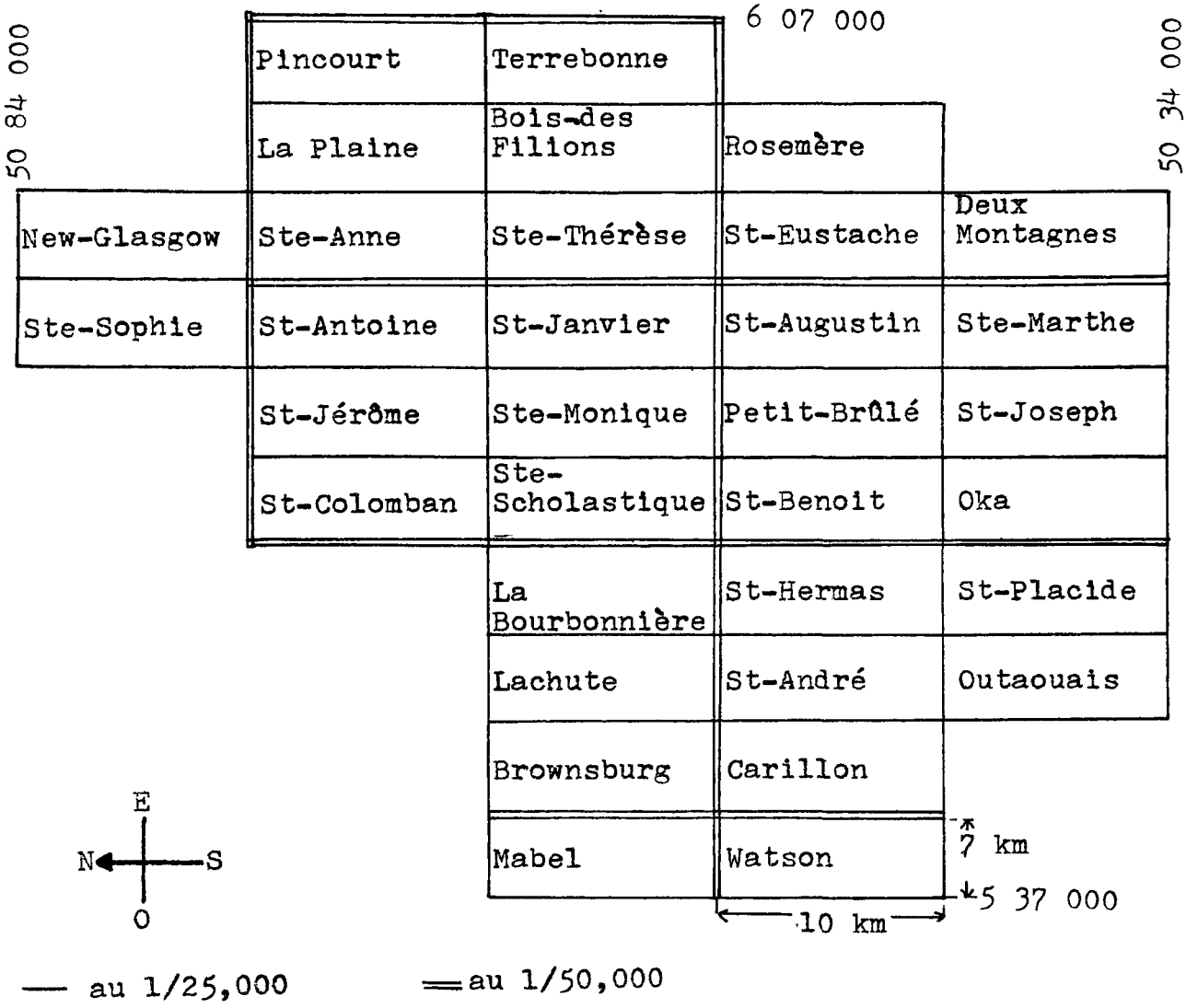
géologie urbaine offertes par cette étude. Toute une méthodologie devait être crée pour pouvoir remplir le mandat dans les temps requis. Le mandat de la Commission Géologique comprenait plusieurs volets: dans les six mois suivant la date de commencement des travaux de terrain, l'étude devait fournir une description, aussi détaillée que possible, du milieu physique pour au moins une des régions jugée prioritaire par le S.A.T.R.A. Ce travail devait servir de base d'abord à un aménagement rationnel des abords de l'aéroport et ensuite de point de comparaison pour des études à venir qui seraient faites sur ce même territoire une fois l'aéroport installé depuis quelques années. Ce mandat impliquait la récolte d'une grande quantité d'informations de différentes natures, leur traitement rapide , si possible, sans altération de leur qualité et la mise à jour continuelle des documents fournis aux organismes chargés de l'aménagement de la région. Avec de tels objectifs et contraintes de temps, l'usage de l'ordinateur s'imposait pour accélérer le tri des données, la cartographie et aussi pour garder un accès le plus rapide possible à des données dont le volume serait sans cesse croissant. L'étude fut excécutée en différentes étapes:

1-Identification et description des différentes unités géologiques (campagnes de forages)

2-Création du système d'information géoscientifique de la Région Nord de Montréal, comprenant une banque de données essentiellement géologique et géotechnique et des programmes de tri. Les programmes de tri permettent de produire des cartes et des tableaux des différents facteurs contenus dans la banque de données centrale (fig. no 1).

Le travail de terrain prit deux étés (1971 et 1972) et un hiver. Les deux premières séries de cartes pour tous les facteurs mesurés pendant la campagne furent produites en novembre 1971, soit six mois après le début effectif des travaux de terrain. Les analyses de laboratoire débutèrent le 1 juin 1971 pour se terminer au début septembre 1972.

FIGURE NO 1 : DÉCOUPAGE CARTOGRAPHIQUE



I N T P O D U C T I O N .

Pendant toute la durée de l'Etude Géoscientifique de la Région Nord de Montréal, le fossé de concepts et de formation entre ceux qui récoltent les données (géologues, géographes, ingénieurs) et ceux qui les utilisent (planificateurs) nous a semblé un obstacle majeur à une bonne planification. Il est fondamental que ceux qui travaillent sur un même territoire se comprennent. Les informations qui seront présentées au niveau de la prise de décision doivent être suffisamment claires pour que les caractéristiques du milieu physique soient effectivement prises en considération. Des données géoscientifiques mal présentées ou présentées trop tard dans la hiérarchie des communications de l'information peuvent rendre toute étude géoscientifique, aussi bonne soit elle, parfaitement inutile. Il importe donc de présenter ces données brutes ou interprétées de façon claire et rapide. Dans cette perspective, un système d'information géoscientifique contenant une banque de données et des programmes d'interprétation et de cartographie est un outil quasi essentiel même si actuellement son utilité est contestée voire même niée.

La thèse qui suit, à l'aide d'un exemple, celui du Nouvel Aéroport de Montréal, veut montrer les possibilités d'un tel système. Le travail présenté ici reprend les grandes étapes de l'étude géoscientifique de la Région Nord

de Montréal. Il insiste plus particulièrement sur le contenu de la banque de données. Celui-ci a été volontairement limitée aux données de base récoltées pendant les deux étés de terrain. Il ne s'agissait pas, dans le cadre de ce travail, de déterminer les tests de terrain ou de laboratoire les plus adéquats pour obtenir les différentes caractéristiques des matériaux en fonction de tel ou tel usage mais bien de montrer, de façon la plus claire possible, l'usage qui peut être fait de données courantes. Le travail présente quelques techniques simples de combinaison de données pour produire des cartes d'interprétation du milieu physique. Il fallait sensibiliser les utilisateurs de cette information à la rapidité et à la souplesse du traitement informatique qui est nettement sous-utilisé pour ce genre d'étude. Le but principal de cette thèse est de jeter un pont entre ceux qui récoltent les données et en font une première approximation et ceux qui les utilisent et les présentent au niveau des prises de décision.

Le premier chapitre de la thèse apparaîtra peut-être superflu à certains lecteurs mais il nous a semblé nécessaire de donner le cadre géologique général de ce travail pour renseigner les lecteurs qui ne conaitraient pas cette région du Canada. Le deuxième chapitre traite brièvement des différents problèmes généraux inhérents à la création d'un

système d'information géoscientifique. Il tente d'apporter une justification théorique aux choix qui ont été faits. Les troisième et quatrième chapitres traitent plus spécifiquement du système d'information géoscientifique de la Région Nord de Montréal et de ses applications.

1: LE CADRE SPATIAL

11: SITUATION ET ETENDUE DE LA REGION

L'étude devait, à l'origine, couvrir toute l'annexe B du Bill 60 qui délimite la Région Nord de Montréal (carte no 1) que couvrent en partie les cartes topographiques nationales au 1/50,000 suivantes:

31	G	9	Lachute
31	G	16	Shawbridge
31	H	12	Laval
31	H	13	Laurentides

Ce territoire est représenté sur les cartes géologiques suivantes:

Ministère des Richesses Naturelles du Québec:

no 408 Osborne et McGerrigle, Lachute
no 1270 Osborne et Clark, New-Glasgow - St-Lin
no 1407 Houde et Clark, Les Basses Terres du Saint-Laurent
no 1737 Clark, Montréal.

Commission Géologique du Canada:

no 660 A A.Wilson, L'Orignal
no 662 A A.Wilson, Valleyfield

R.Z.A.I.M.

Rapport préliminaire no 12 carte 1-08
(Laverdière et al. 1973)

La région étudiée comprend plusieurs unités physiographiques majeures (Bostok 1970):

1:Le Bouclier Précambrien.
2:Les Basses Terres du Saint-Laurent.
3:Les collines d'Oka et de Saint-André.

Pour répondre aux exigences de l'étude et produire un document final dans les temps requis ,l'étude à été concentrée sur les Basses Terres ne faisant que quelques observations isolées et très spécifiques dans les autres unités physiographiques de la zone.

Les limites Ouest , Nord et Est de la région sont des limites en grande partie administratives tandis qu'au Sud la région est limitée par le Lac Dollard- Des- Ormeaux, la Rivière des Outaouais, le Lac des Deux-Montagnes et la Rivière des Milles-Iles (carte no 1).

La région est d'environ 1,290 km carrés (498 mi carrés), répartis de la façon suivante sur les feuillets topographiques:

	km 2	mi 2
Lachine	28	11
Laval	394	152
Laurentides	197	76
Lachute	671	259

La région pour les besoins de l'étude, a été découpée en 33 sous-régions sur base du quadrillage U.T.M.. Le nom qui est attribué à chacune de ces sous-région apparait sur la figure 1.

12 : LES UNITES PHYSIOGRAPHIQUES ET LA GEOLOGIE DE SURFACE DE LA REGION

12-1 : Le Bouclier Précambrien

Plus connu sous le nom de Massif des Laurentides, il domine les Basses-Terres par un abrupt de 50 à 70 m(150 à 200 pi). Cette dénivellation est due au jeu d'un ensemble de failles. Cette zone de faiblesse est utilisée par la Rivière du Nord sur environ 35 km (22 mi) entre les villes de St-Jérôme et Lachute. Mises à part les percées de l'Achigan et du Jourdain plus à l'Est, le rebord du Bouclier n'offre que très peu d'échancrures fluviales. Cet escarpement structural est une limite nette entre deux ensembles physiographiques très contrastés.

12-2 : Les Basses-Terres du Saint-Laurent

La roche en place des Basses-Terres se compose d'une série sédimentaire atteignant 2,600 m (8,530 pi) d'épaisseur à Montréal (Hofmann 1972) et dont l'âge est compris entre la fin du Cambrien et la fin de l'Ordovicien. Ces terrains sédimentaires sont recouverts d'un manteau, parfois épais, de sédiments quaternaires. L'allure générale du fond rocheux est légèrement synclinale (synclinal de Chambly-Fortierville) d'orientation Sud-Ouest Nord-Est (Clark 1972, p 1). Dans la région étudiée, un axe anticlinal, grossièrement perpendiculaire à cette structure, fait remonter les roches précambriennes et le grès du Postdam (Cambrien) dans la région de Ste-Scholastique.

Au Nord et au Sud du village de Ste-Monique affleure, sur une longueur d'à peu près 1.6 km (1 mi), un filon couche basique, qui serait contemporain des collines Montérégiennes (Clark 1972,p 138 et 153, Laverdière et al. 1973, p 46 et 47).

47). Son épaisseur est estimée de 3 à 6 m (10 à 20 pi). Ces dépôts seraient les vestiges d'un épandage crétacé plus étendu.

Le Quaternaire laissa dans les Basses-Terres des traces d'érosion (du type brouture et strie glaciaire) sur les roches affleurantes (photo no 1) et déposa quelques erratiques. L'écoulement glaciaire principal semble s'être dirigé du Nord-Nord-Est vers le Sud-Sud-Ouest (Laverdière et al. 1973).

Les formes d'accumulation laissées par le Quaternaire sont plus frappantes. Le till affleure souvent sous forme de collines arrondies. Il peut atteindre 85 m d'épaisseur (280 pi) (carte no 2). Sa composition reflète très nettement la nature de la roche sous-jacente. Par endroits, le till d'ablation se différencie du till de fond par la lithologie, le till de fond contenant moins de matériel allochtone que l'autre (Laverdière et al. 1972, p 27). Il y a des dépôts fluvio-glaciaires relativement importants dans la région. l'esker de Ste-Thérèse (carte no 3) constitue essentiellement une bande étroite de graviers de direction Sud-Ouest Nord-Est. Cet esker enfoui est entaillé de nombreuses gravières sur toute sa longueur.



photo no 1 : broutures glaciaires sur un affleurement de grès du Postam à St-Hermas
(U.T.M. approx.5 62 8000-50 49-500)

Les coupes qui y sont ainsi dégagées sont extrêmement intéressantes à de multiples point de vue, genèse, stratigraphie et sédimentologie. La coupe visible dans la gravière de Ste-Thérèse (carte no 1 et photo no 2) montre la succession de matériaux suivante de bas en haut:

un dépôt de cailloux roulés relativement grossiers, très bien lités et entièrement dépourvus de particules fines,

un sable grossier lité avec des lits de cailloutis,

un lit de graviers riche en coquillages, représentant une ligne de plage,

des argiles très légèrement varvées,

un sable remanié en dune.

Ces dépôts de graviers ont été très largement exploités. La plupart des exploitations étant épuisées, ces sites posent des problèmes de réaménagement. Elles sont actuellement utilisées comme dépotoirs ce qui est extrêmement dangereux pour la pollution de la nappe phréatique qui affleure souvent au fond des excavations. D'autres eskers enfouis sont mentionnés dans l'étude de C. Laverdière (1972), dont un dans la paroisse de St-Jérusalem au Nord-Ouest de la région expropriée.



photo no 2 : Coupe dans l'esker de Ste-Thérèse
(U.T.M. approx. 5 87 800-50 55 000)

Du point de vue de l'hydrogéologie, le till et les dépôts fluvio-glaciaires servent de réservoirs et de drains la nappe la plus importante se trouvant au contact entre les argiles et leur sous-bassement.

Les dépôts marins, déposés par la mer de Champlain, sont principalement composés d'argiles thixotropiques dont l'épaisseur varie de 0 à 60 m (0 à 194 pi). Cette argile fossilifère(photo no 3), de couleur gris-bleuté, passe près de la roche en place, à une argile rosée voire presque rouge (photo no 4). Ce phénomène est visible en coupe et a été percu dans la majorité des forages profonds et dans bon nombre de forages de surface. On trouve une référence à ce type de matériel dans l'étude de la "Géologie des dépôts meubles et des sols de Montréal" (Prest et al. 1962, p 27)

On a attribué la teinte rouge à:

a-L'influence de boues rouges provenant des shistes rouges de Queenston.

b-L'oxydation dans des hauts fonds riverains de la mer de Champlain durant la sédimentation de l'argile

Les analyses de laboratoire n'ont pu différencier les deux matériaux.



photo no 3 : Argile grise fossilifère, Ste-Monique
(U.T.M. approx. 5 77 000-50 57 500)

photo no 4 : Argile rose : gravière de Ste-Thérèse
(U.T.M. approx. 5 88 500-50 55 200)



Les dépôts marins n'ont pas ennové toute la zone, de nombreux ilôts de till n'ont jamais été recouverts par l'argile (Brown 1962, 1967). Il est difficile d'estimer, dans la région, l'altitude maximale atteinte par le recouvrement à moins de faire une étude spécifique. La stratigraphie du Quaternaire de la région est actuellement étudiée par l'équipe du Module des Sciences de la Terre de l'Université du Québec à Montréal (Prichonnet 1973, Hilaire-Marcel 1973). Des articles paraitront dans le numéro spécial de la Revue de Géographie de Montréal consacré au Colloque sur le Quaternaire du Québec qui s'est tenu à Montréal en octobre 1973.

Lors de la transformation de la région en estuaire, l'activité érosive des nombreux bras d'un Pré-Outaouais domine. Des chenaux emboîtés prennent forme. Ces chenaux sont freinés à leur débouché dans la mer de Champlain en retrait et ont laissé de vastes dépôts de sables estuariens (carte no 3) peu épais et dont la teneur en particules fines est pratiquement nulle (carte no 4). Certains de ces dépôts de sable ont été ensuite remaniés en dunes par le vent.

Le rôle hydrogéologique de ces sables est important. Ils surmontent une couche d'argile imperméable et contiennent une nappe perchée, souvent abondante, qui alimente la forêt

et sert d'approvisionnement à bon nombre de fermes situées en contre-bas du "Grand Coteau". Cette nappe est peu profonde et affleure en quelques endroits (photo no 5 et carte no 5). Elle est donc très sensible à la pollution. Elle permet la survivance d'une végétation dont le rôle protecteur contre l'érosion est fondamental. Ces dépôts sableux doivent être aménagés avec le plus grand soin il faut éviter tout drainage excessif qui tarirait les sources, priverait la végétation de son eau et la détruirait, ce qui aurait pour conséquence directe une reprise de l'érosion.

D'autres dépôts sableux, beaucoup plus localisés et riches en particules fines, proviennent du lessivage des buttes de till par les vagues de la mer de Champlain et ont parfois la forme de flèches littorales. Le remaniement de ces matériaux est très net au sommet de l'esker de Ste-Thérèse (photo no 2).



photo no 5 : nappe phréatique affleurante dans les sables micacés, le long de "Spine road", zone opérationnelle (U.T.M. approx. 5 74 500 - 50 59 200)

Postérieurement, des sables se sont déposés à un niveau inférieur aux premiers, dans la vallée de la rivière du Nord. Eux aussi ont été remaniés par le vent. Les dunes sont actuellement exploitées pour fournir du sable au site de construction de l'aéroport. Certaines alluvions de la rivière des Outaouais sont aussi de nature sableuse, ces sables sont extrêmement grossiers. Ils sont largement exploités, souvent sous le niveau de la nappe aquifère, dans une série de lacs artificiels (région de Calumet).

Le plus grand dépôt organique de la région, la tourbière de St-Canut, couvre environ 1 km carré (247 acres) (carte no 3). Elle est un exemple de désorganisation du drainage naturel suite à une accumulation de dépôts glaciaires. Cette tourbière n'est pas la seule de la région, vu le mauvais drainage général (carte no 5), on trouve des dépôts tourbeux dans la plupart des points bas, mais ceux-ci sont habituellement peu épais (carte des sols de Lajoie 1960). Les dépôts réellement tourbeux se développent dans les bassins fermés tendant vers des dépôts de terre noire, là où le drainage s'améliore (Laverdière et al. 1972, p 89). Sous les dépôts de terre noire formant la frange de la tourbière de St-Canut s'est déposé un lit fortement fossilifère de 1 à 2 m d'épaisseur (3 à 6 pi). La litière de décomposition organique qui lui est immédiatement sus-jacente

a été estimée, par la méthode palynologique, à 8,000 ans B.P. (Mott 1972), des études complémentaires sont en cours à l'Université du Québec à Chicoutimi (Richard 1973) (photo no 6).

Les phénomènes d'évolution de versant actuels se trouvent surtout dans les ravins qui entaillent le "Grand Coteau". Effectivement, les abrupts de terrasses et les rives des anciens chenaux sont très escarpées et à la limite de stabilité du matériel. De plus, les versants sous le vent voient de grandes accumulations de neige durant la période hivernale. La fonte de ces neiges joue un rôle érosif important. Une érosion anthropique est très nette le long de la Rivière du Nord et a été provoquée par l'exploitation abusive des sables dunaires. Le même phénomène se retrouve pour les épandages de sable de St-Janvier, Ste-Sophie et Ste-Anne.



photo no 6 : coupe dans la tourbière de Ste-Canut,
zone opérationnelle
(U.T.M. approx. 5 74 000-50 59 800)

TABLEAU NO 1 : CORRÉLATIONS GÉOLOGIQUES RÉGIONALES (d'après Prest et al.1962, p.13)

<table>
<tr><th>ÉPOQUES GÉOLOGIQUES</th><th>SUBDIVISIONS GLACIAIRES ET NON GLACIAIRES</th><th>RÉGION DE TROIS-RIVIÈRES</th><th>RÉGION DE MONTRÉAL</th><th>VOIE MARITIME RÉGION DE CORNWALL</th><th>RÉGION DE STE-SCHOLASTIQUE</th></tr>
<tr><td rowspan="8">PLÉISTOCÈNE</td><td rowspan="7">RÉCENT ET WISCONSIN</td><td colspan="4">Dépôts de marais et de tourbières</td></tr>
<tr><td>Sables de hautes et basses terrasses</td><td colspan="3">Sédiments alluvionnaires</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sables éoliens</td><td>(peu répandus)</td><td></td></tr>
<tr><td>Dépôts de moraine de St-Narcisse</td><td colspan="3">la mer de CHAMPLAIN
peu de till (St-Narcisse)</td></tr>
<tr><td>Sédiments peu importants</td><td>varvés (Dorval)</td><td>(Lac Vermont)</td><td>(peu important)</td></tr>
<tr><td>Till Gentilly</td><td>Till Fort Convington et sédiments fluvio-glaciaires connexes
sédiments varvés
till intermédiaire
till Malone</td><td>Till Fort Convington

sédiments varvés
till intermédiaire
till Malone</td><td>Till (non différencié) dépôts fluvio-glaciaires</td></tr>
<tr><td>Varves de Deschaillon</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>INTERVALLE ST-PIERRE</td><td>Sédiments St-Pierre</td><td colspan="3">R O C</td></tr>
</table>

12-3: Les Collines d'Oka et de Saint-André

Les collines de St-André, atteignant une altitude d'environ 120 m (400 pi), sont comparables, du point de vue géologique, à celles de Rigaud au Sud de la Rivière des Outaouais. Elles sont formées d'un pointement de terrains précambriens au travers des grès du Postdam et de l'Ordovicien environnant. Le socle précambrien est tronqué à St-André par une faille de direction Sud-Ouest Nord-Est passant par St-André et St-Canut (Wilson carte 662 A 1941).

Les collines d'Oka ont une altitude maximale de 240 m (800 pi) au Mont St-Alexis. Elles sont formées d'un pointement de terrains précambriens et de roches intrusives du Crétacé inférieur, contemporaines des intrusions montérégiennes, dans leur partie Sud-Ouest (Clark 1972, p 115 et 153, Hofmann 1972, p 2). La rectilinéarité de leur bordure Est, l'absence d'affleurements gréseux à proximité et la grande épaisseur des dépôts meubles (carte no 6) suggèrent la présence d'un système de failles dont une limiterait le massif à l'Est.

13 : LA ROCHE EN PLACE

Bien que le but de cette thèse n'implique pas une étude détaillée de la géologie de la roche en place, il est cependant utile d'apporter , en complément d'information, les résultats des quelque 200 forages profonds. Les déterminations de la lithologie de la roche de fond ont été faites sur les déblais remontés par la foreuse (cuttings) .

Une étude de la roche en place groupant des informations provenant des études préexistantes, des données de forage, de comptage sur des amas de blocs principalement le long des clôtures et sur les pierres de construction des maisons a été faite par C.Laverdière et son équipe (Laverdière et al. 1973) . Cette étude constitue un excellent résumé des connaissances sur la roche en place dans la zone expropriée.

Sur la carte no 7, les limites géologiques d'études précédentes ont étés reportées. Il ne faut pas perdre de vue que les informations de ce travail sont surtout lithologiques. Il est donc utile de commencer par une description lithologique brève des différentes formations

rencontrées. L'identification de la lithologie n'a évidemment pas la précision d'études faites sur des carottes continues.

13-1 La Lithologie

13-1-1 Le grès de Postdam

Le grès repose directement sur le Précambrien et atteint une puissance de 592 m (1,942 pi) au puits Mallet à Ste-Thérèse (Clark 1972, p 28).

Il est de couleur blanchâtre ou grisâtre, parfois tendant vers le rose ou le rouge franc. Dans quelques forages effectués au cours de cette étude, le grès était extrêmement tendre et rouge, ressemblant à une formation sableuse entrecoupée de bancs plus résistants. Il est difficile de déterminer si cette structure est un faciès d'altération ou non (forages no 59, 62, 65, 71, 89, 94, 95).

Le grès peut présenter des passées dolomitiques de plus en plus fréquentes vers le sommet de la formation. (formation de Chateauguay).

13-1-2 La dolomie de Beekmantown

Elle a 287 m (814 pi) de puissance au puits Mallet à Ste-Thérèse (Clark 1972, p 13). Elle repose en concordance sur les grès du Chateauguay (partie supérieure du Postdam). La composition lithologique varie entre la dolomie pure, le grès et les schistes dolomitiques. La roche est de couleur gris clair à gris foncé.

La base de la formation contient des bancs de schistes et de grès, la partie médiane est plus purement dolomitique tandis que dans la partie supérieure les lits de calcaire sont de plus en plus fréquents.

13-1-3 Le calcaire de Chazy

Le calcaire de Chazy a une puissance de 82 m (270 pi) au puits Mallet (Clark 1972, p 13). La base de la formation est principalement composée de grès et de schistes, la proportion de bancs calcaires augmente vers le sommet de la formation.

13-1-4 Le Calcaire de Black-River

La puissance moyenne, pour la région étudiée, est de 24m (80 pi) (Clark 1972, p 77). La compostition lithologique varie entre différents types de calcaire plus ou moins fossilifère ou cristallin.

13-1-5 Le calcaire de Trenton

La puissance moyenne du Trenton, dans la région de Montréal, est estimée à 275 m (812 pi). Il est composé principalement de calcaire en bancs d'épaisseurs variables avec des intercalations de plus en plus fréquentes de schistes vers le sommet .

Il est facile de se rendre compte qu' étant données les variations lithologiques nombreuses au sein d'une même formation, il est quasiment impossible de baser une carte uniquement sur des informations lithologiques.

13-2 La Carte

Les différences entre notre carte (no 7) et celles déjà existantes pour la région résident surtout dans une extension vers le Nord-Ouest et l' Ouest de la Dolomie de Beekmantown et l'hypothèse des failles de Ste-Monique, de St-Janvier et de Ste-Scholastique.

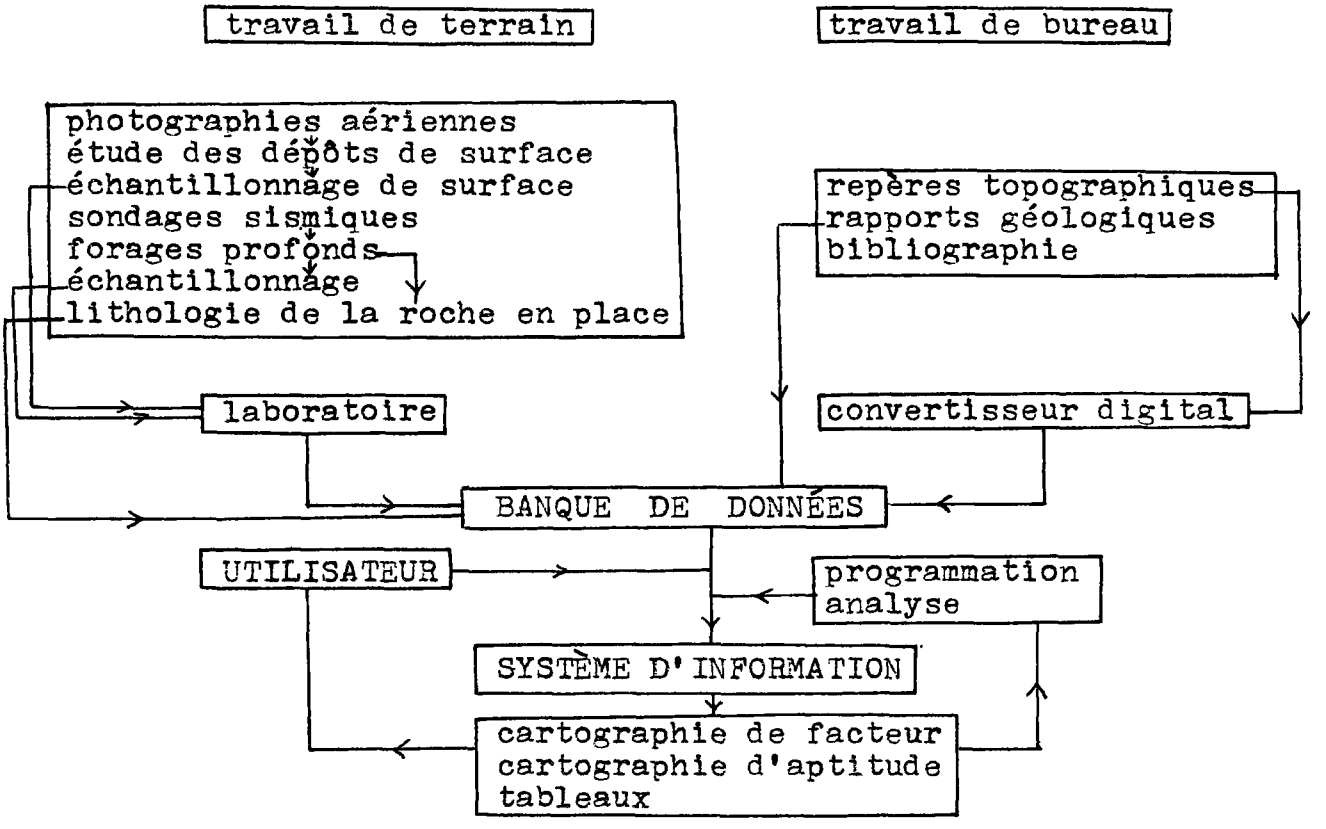
Il semblerait cependant que les terrains calcaires, probablement du Chazy, s'étendent plus vers l'Ouest, au dessus de la Dolomie, dans les régions de Blainville et vers Ste-Monique (Laverdière et al. 1973). La lithologie du fond des forages permet de supposer une extension du Chasy dans la région de St-Janvier et Ste-Monique, à moins que les calcaires trouvés dans les forages, ne soient des bancs calcaires du sommet de la formation de Beekmantown comme le montre C.Laverdière dans la construction de sa carte finale (Laverdière et al 1973 carte 1-8). Mais il est très difficile de comparer une carte lithologique et une carte géologique chronostratigraphique.

La carte de la roche en place (carte no 7) indique l'ordre de grandeur de l'épaisseur des dépôts meubles et la lithologie. Les informations complémentaires sur la stratigraphie des dépôts meubles se trouvent dans l'annexe 1-2 forages profonds.

14 : LES METHODES D' INVESTIGATION

Le but du projet était de constituer une banque d'information sur les matériaux géologiques de la région dans les trois dimensions. Les informations recueillies devaient permettre d'avoir une image des matériaux, du toit de la roche en place à la surface topographique. Le projet comportait une étude de géologie de surface et une de géologie profonde. La partie hydrogéologie revenait au Ministère des Richesses Naturelles. La figure no 2 est un organigramme de la méthode suivie.

FIGURE NO 2 : ORGANIGRAMME DU PROJET



14-1 : La Géologie de Surface

En se basant sur l'étude des photographies aériennes (annexe no 5) on a esquissé une cartographie simple des dépôts de surface (carte no 2) qui a permis d'établir la trame d'une campagne d'échantillonnage.

La campagne d'échantillonnage à 1.5 m (5 pi) de la surface du sol (en dessous de l'horizon pédologique) a ramené au laboratoire environ 800 échantillons (carte no 8). La localisation des points d'échantillonnage se faisait sur le terrain au vu des photographies aériennes. A cause des nombreuses variations de matériaux et de topographie sur une relativement petite surface, alors que d'autres régions sont extrêmement monotones, le prélèvement sur un quadrillage pré-établi a été exclu. Le système de colonisation agricole basé sur le découpage des terres en rangs existe dans la majeure partie de la région sauf aux environs de Lachute. En choisissant des fermes distantes d'environ 1.5 km(1 mi) sur le rang, on prenait une série de trois échantillons en s'enfonçant dans les terres. Dans les régions à géologie uniforme la densité d'informations obtenue était suffisante à l'échelle de travail choisie (photo no 7). Dans les régions

plus complexes, il fallait prélever un échantillon représentatif de chaque zone identifiable sur les photographies (photo no 8).

Avec un peu d'entraînement, la prise d'échantillons était rapide (photo no 9). Dans un trou d'environ 1 m (3 pi) creusé avec soit une tarrière à main (au début de la saison) soit mécanique (au coeur de l'été), on introduisait un échantillonneur à parois minces ("thin wall sampler " ou "shelby tube") . Ce dernier était enfoncé dans le matériel par un cric hydraulique monté sur le camion. L'échantillonneur scellé par des sacs de plastique était rapporté au laboratoire. Quinze échantillons représentaient une bonne récolte journalière. Cette méthode de prélèvement donne des échantillons assez volumineux et peu perturbés ce qui rend possible la détermination de nombreuses propriétés, sans risque de manquer de matériel et en pouvant assumer que le matériel n'est pas perturbé. Les échantillons rapportés avaient en moyenne une longueur de 20 à 30 cm (8 à 12 po) et un diamètre de 5 cm (2 po).



Photo no 7 : Région échantillonnée par un réseau régulier de forages à surface (La Plaine) Photothèque Nationale (E.M.P) A 21 451-73

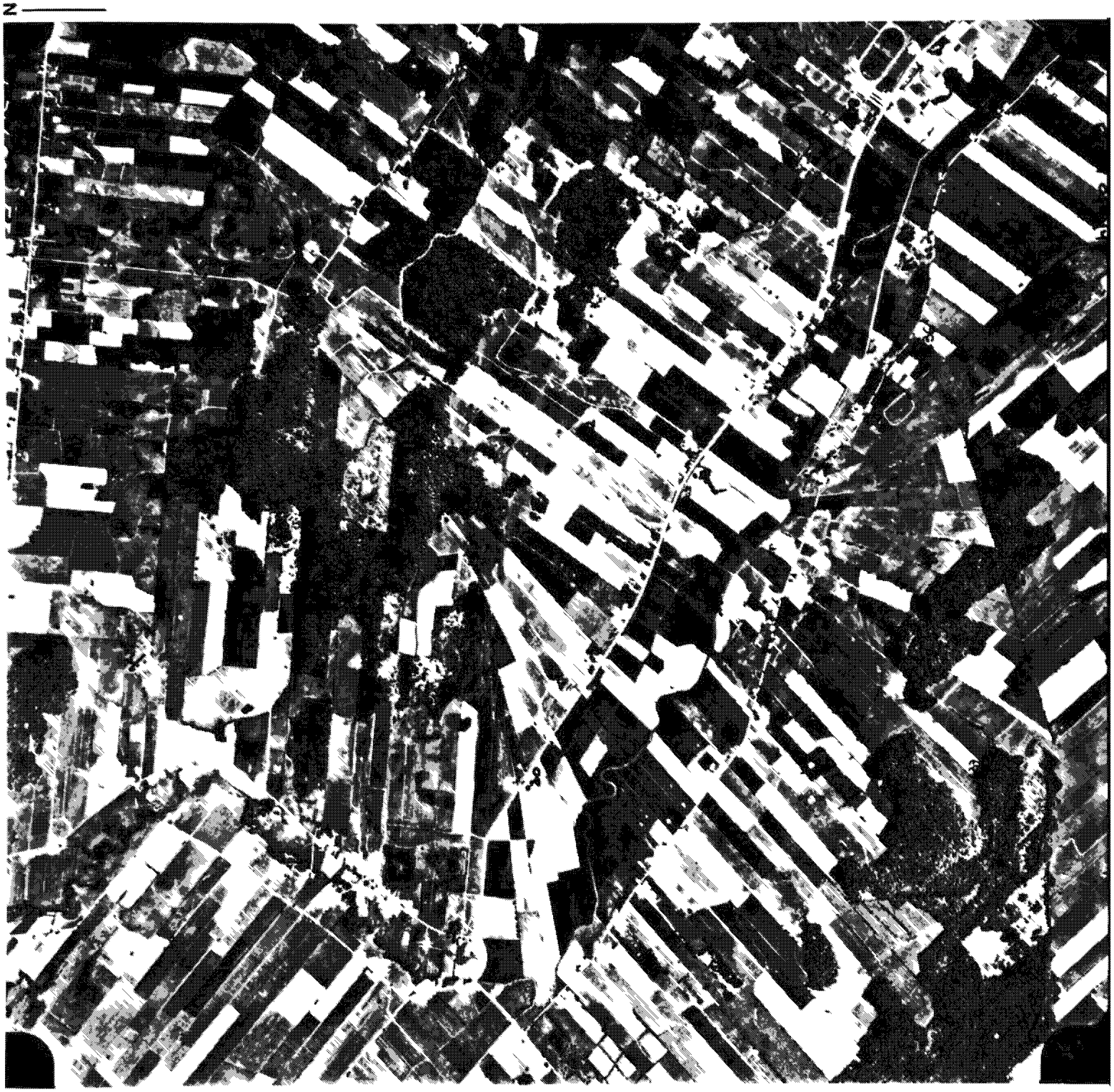


Photo no 8 : Région échantillonnée par un réseau irrégulier [illegible]
(Ste-Scholastique) Photothèque Nationale [illegible] 430



photo no 9 : technique de foraqe de surface

Il était parfois difficile de prélever un échantillon dans un matériel saturé en eau en particulier dans une argile, sous une mince couche de sable ou de matériel organique. Dans certains cas, les tubes ont étés déformés sur des cailloux de till. Vu sa nature très graveleuse le till n'a pu être échantillonné. Les limites des affleurements ont été soigneusement cartographiées et incluses dans la banque de données.

La carte des dépôts de surface (carte no 3) résulte de relevés systématiques le long des voies carrossables. Les résultats des analyses du laboratoire de terrain et les photographies aériennes ont apporté des compléments d'information. D'autres renseignements ont été tirés de la carte des Sols de P.Lajoie (1960) et du travail sur mosaïque de photographies aériennes de J.P. Desjardin, fait pour le Ministère des Transports. La carte produite (no 3) est donc une carte des dépôts à 1 mètre (3 pi) sous la surface topographique, les dépôts de sable ou les dépôts organiques de surface peuvent ne pas paraître sur ce document. La classification pour la cartographie a été volontairement limitée à un assez petit nombre de classes. Ces classes sont principalement génétiques, secondairement granulométriques ou stratigraphiques. La cartographie géomorphologique de la zone expropriée (territoire plus petit et complètement

englobé dans notre domaine d'étude) a été faite par C.Laverdière et son équipe durant l'été 1971 (Laverdière et al. 1972). La cartographie faite dans le cadre de la présente étude a pour but unique de délimiter les grandes classes de matériaux de surface pour faciliter la lecture des cartes produites par l'ordinateur.

14-2 La Géologie Profonde.

La campagne de forages profonds a été précédée d'une campagne de sondages sismiques au marteau, éffectuée par la Commission Géologique du Canada. Une carte d'estimation de la topographie du toit de la roche en place était rapidement disponible par l'étude des variations de vitesse des ondes réfractées. Les relevés très serrés donnent des évaluations à tous les 400m (1/4 mi) le long des voies carrossables.

Les erreurs décelées sont imputables, soit aux perturbations causées par le trafic lourd, soit à une confusion entre les ondes réfractées sur le toit du till et sur le toit de la roche en place. Le second type d'erreur donne des valeurs d'épaisseur inférieures aux valeurs réelles, le premier type d'erreur donne des épaisseurs aberrantes, souvent très différentes (une trentaine de m, 100 pi) des valeurs voisines, et sont donc assez faciles à éliminer. La profondeur du toit de la roche en place est estimée avec une erreur de 10 %. C'est sur cette information de base que la trame des forages profonds a été établie.

La campagne de forages profonds a commencé le 1er juillet 1971 et s'est terminée en décembre de la même année,

faisant un total de 211 forages de 20 m (67.5 pi) en moyenne, le plus profond étant de 91.4 m (300 pi, no 110 P). Ces forages et les informations de la campagne de sondages sismiques permettent d'en arriver à une bonne approximation de la topographie du toit de la roche en place (carte no 10).

La foreuse était une Mayhew 2000 appartenant au Ministère des Richesses Naturelles du Québec .Elle fonctionnait avec un système de circulation de boue et un trépan à molettes de 13.5 cm de diamètre (5.3 po) (photo no 10).

Les principaux problèmes rencontrés furent les pertes de circulation du fluide de forage. Ces pertes se produisaient, le plus souvent, à la base de l'argile où le trépan entamait un horizon de gravier ou la roche en place fissurée. Le problème est donc lié soit à des dépôts fluvio-glaciaires de graviers très bien triés soit à des phénomènes de karstification dans les roches calcaires. On a résolu le problème dans 90 % des cas en épaississant la boue soit avec du son, soit avec des déchets de mousse de plastique. Seulement deux des 211 forages de la saison ont du être abandonnés pour raison d'affaissement ("cave-in").

Un rapide relevé géophysique des parois du trou était fait dans le but de mieux définir la profondeur des contacts

stratigraphiques. Ces relevés étaient effectués par la Commission Géologique du Canada soit par le Ministère des Richesses Naturelles. Le relevé fait par la Commision utilisait plusieurs types de sondes, ce qui permettait, après interprétation des courbes, d'obtenir des mesures indirectes de la porosité du matériel (Locat 1973), de sa radioactivité naturelle, de sa densité et de la salinité de l'eau contenue dans la formation.

Ensuite, pour prélever des échantillons dans les différents horizons, la foreuse ou le camion de géophysique était remplacé sur le site par l'échantillonneuse de parois (side-wall sampler)(Rutter 1969) (photo no 11). Cet outil, mis au point par le Saskatchewan Research Council, est extrêmement utile et efficace. Il permet d'obtenir des échantillons de jusqu'à 15 cm (6 po) de longueur et de 2.5 cm (1 po) de diamètre (photo no 12). Les échantillons sont très peu perturbés et permettent d'effectuer les mêmes analyses que celles faites sur les échantillons de surface.

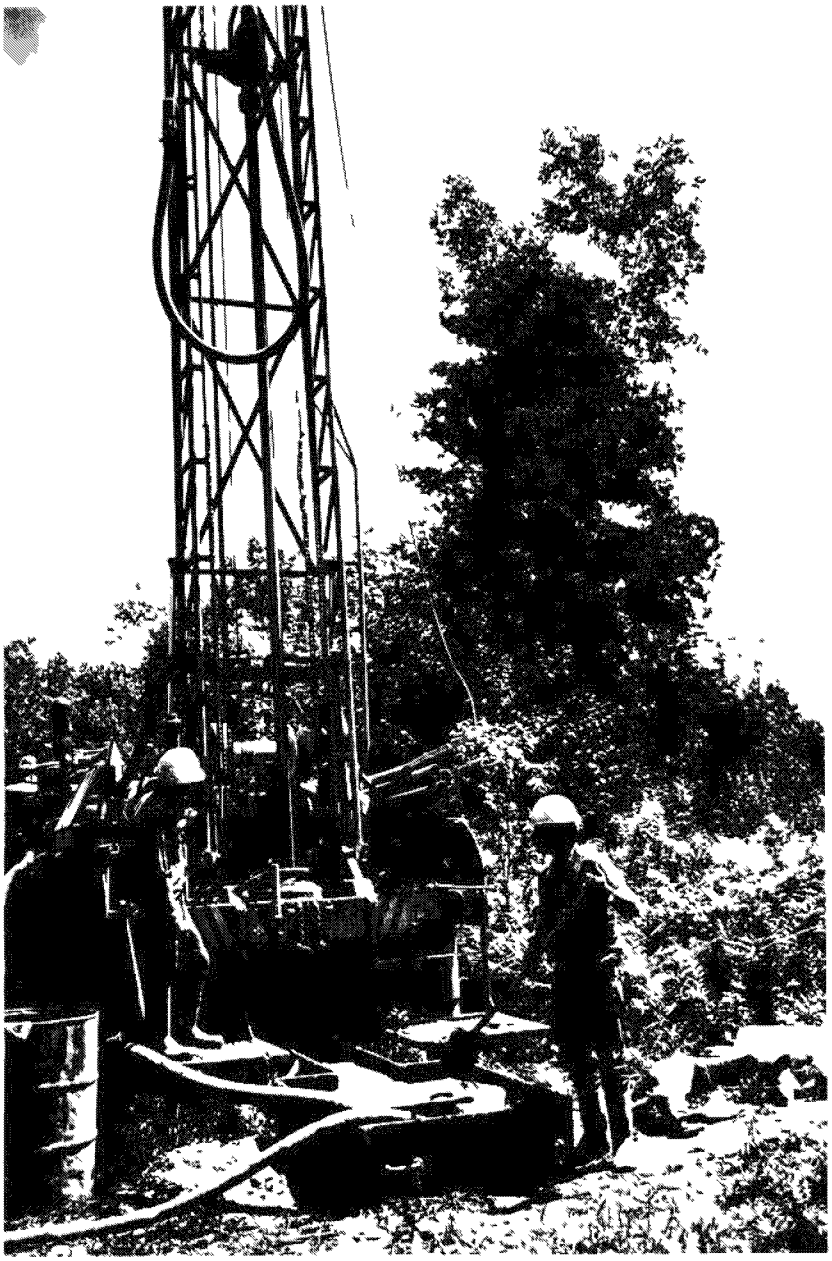


photo no 10 : foreuse Mayhew 2000 du Ministère des Richesses Naturelles du québec, utilisée pour le projet



photo no 11 : Echantillonneur de parois

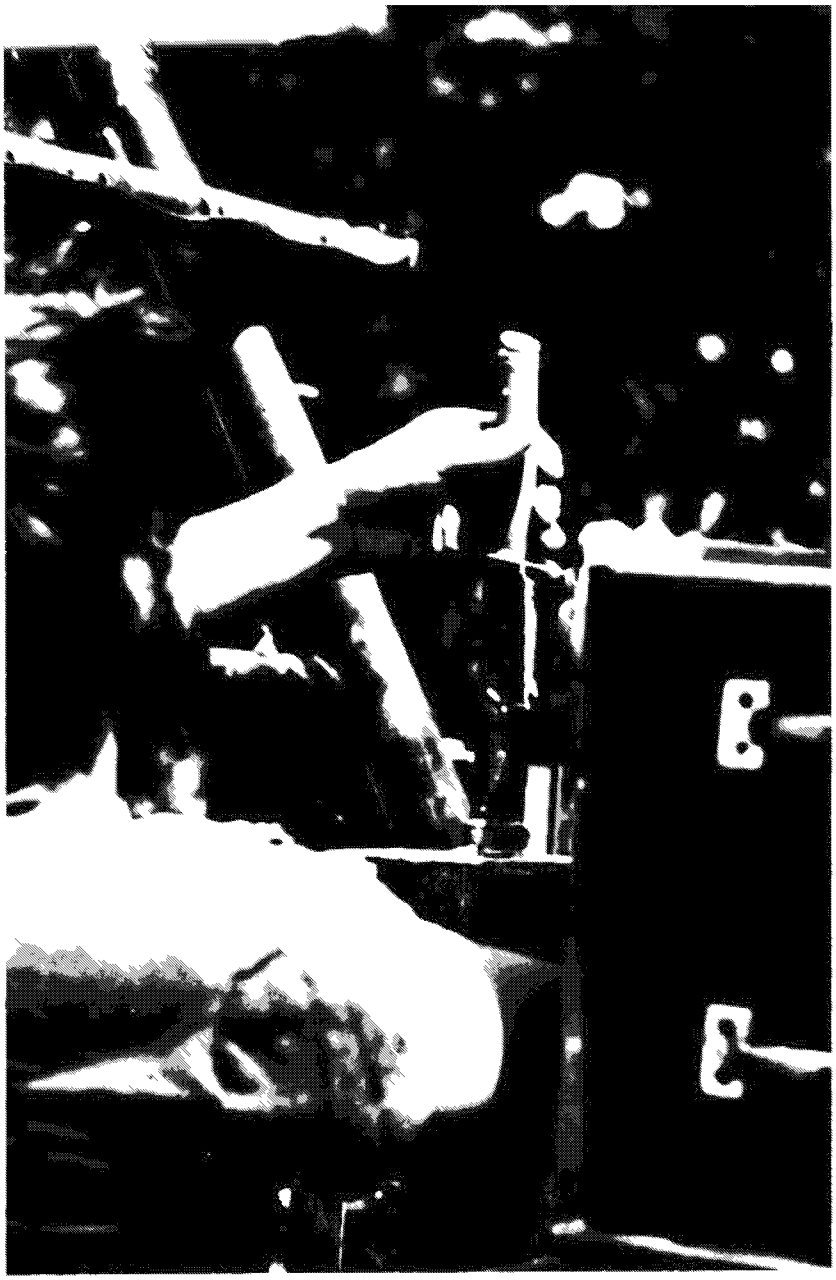


photo no 12 : type d'échantillon de profondeur

L'équipe qui travaillait sur cet instrument, avec la force de l'habitude, et une bonne dose d'ingéniosité, réussissait à prendre des échantillons de la matrice du till entre deux blocs à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Certains niveaux argileux étaient échantillonnés quatre fois. Les échantillons étaient ramenés au laboratoire dans des bouteilles de plastique fermées hermétiquement.

A la suite de ces différentes campagnes, la banque de données contenait, en décembre 1971: la stratigraphie des forages profonds et les résultats des analyses de laboratoire pour les échantillons de surface de la région de St-Janvier. Cette région fut choisie pour tester le système. En décembre 1972, la banque de données contenait tous les résultats des analyses de laboratoire et des données provenant du Bureau de Construction de l'Aéroport (C.A.I.M.) venaient en augmenter le volume. A cette date, le système fonctionnait et le manuel de l'utilisateur de la banque de données géoscientifique de la Région Nord de Montréal (Kugler 1972) était distribué aux organismes interessés.

15: LES DONNEES

Il est difficile pour ce genre d'étude d'identifier tous les utilisateurs possibles et de définir leurs besoins. Les caractéristiques qui ont été choisies offrent un spectre d'information suffisamment large pour la détermination de critères entrant dans la construction de cartes d'aptitude (tableau no 2). Les analyses de laboratoires effectuées sont les suivantes:

- -Granulométrie
- -Limites d'Atterberg
  - Plasticité
  - Liquidité
- -Poids spécifique apparent humide (unit weight)
- -teneur en eau
- -Poids spécifique des particules solides
- -Porosité

F.Morin a dirigé le laboratoire de terrain durant deux étés et un hiver. Il a résumé son expérience dans un manuel sur les méthodes utilisées et les différences entre celles-ci et celles d'un laboratoire traditionnel (Morin 1973).

Les données utilisées paraîtront sûrement trop élémentaires aux yeux d'un ingénieur. Cependant ce sont les données les plus courantes et il est important de montrer la quantité d'information qu'elles contiennent. De plus l'échelle de travail de cette étude (1/25,000 et plus petit)

TABLEAU NO 2 : EXEMPLE D'ÉVALUATION DES CRITÈRES UTILISÉS DANS LA CARTOGRAPHIE INTÉGRÉE AVEC LES DONNÉES DE BASE

Critère	Caractéristique	Données utilisées
stabilité du matériel	pentes	pentes
	nature du matériel	granulométrie limites d'Atterberg
	position relative des différents matériaux	stratigraphie
	drainage	profondeur minimale de la nappe phréatique (niveau piézométriques)
potentiel de déformation	tassement	stratigraphie teneur en eau poids spécifique des solides poids spécifique apparent humide granulométrie limites d'Atterberg
	gonflement et retrait	granulométrie limites d'Atterberg porosité teneur en eau
travaux d'excavation	nature du matériel	granulométrie épaisseur des dépôts meubles

ne nous permet pas d'utiliser des valeurs de tests de laboratoire ou de terrain qui ne sont pas interpolables (bien que la continuité des données utilisées soit aussi un sujet de discussion qui sort, malheureusement, du cadre de cette thèse). Un système tel que celui-ci peut se construire par compilation de documents déjà existants surtout dans une région périurbaine où un certain nombre de forages et d'essais géotechniques ont déjà été faits.

Les mesures granulométrique ont été faites seulement pour les classes suivantes:

% de gravier, obtenu par tamisage
% de sable, obtenu, ainsi que les suivants par la méthode de la pipette
% de limon(silt)
% d'argile

Les limites des classes sont les suivantes (classification M.I.T.)

gravier	plus de 2 mm	plus de 0.079 po
sable	de 60 mi à 2 mm	de 0.0025 po à 0.079 po
limon(silt)	de 4 mi à 60 mi	de 0.00016 po à 0.0025 po
argile	inférieure à 4 mi	inférieure à 0.00016 po

Le temps ne nous a pas permis de prendre 2 mi. pour la limite supérieure des argiles, le temps de sédimentation aurait approximativement été multiplié par deux.

Chaque classe granulométrique peut être cartographiée individuellement en surface ou en profondeur. Les cartes au 1/50,000 de la région de Ste-Scholastique pour les matériaux

de surface sont des exemples de ce type de carte.

teneur en argile (no 16)
teneur en limon(silt) (no 18)
teneur en sable (no 19)

Le pourcentage de gravier dans les diverses unités peut être déduit des informations précédentes, puisque la somme des quatre éléments doit être égale à 100%. Les résultats complets des analyses pour les échantillons de profondeur se trouvent dans l'annexe 1-2. Des analyses plus complètes (avec un plus grand nombre de classes granulométriques) ont été effectuées sur 22 échantillons par le laboratoire d'analyse de la Commission Géologique du Canada (Division de la Science des Terrains). Les résultats en sont résumés sur les figures no 3 à 25 et dans l'annexe 1-1-2.

Ces échantillons avaient été choisis de façon à représenter à peu près tous les types de dépôts de la région. Les voici, répartis suivant les classes définies pour la cartographie des dépôts de surface.

catégorie no 4: matériaux remaniés, échantillons 102, 282 (figures 3 et 4)

catégorie no 5:argile marine, échantillons 12, 20, 46, 47, 62, 63, 64, 100, 103, 106, 107, 108, 110 (figures 5 à 17)

catégorie no 6: sable remanié en dunes, échantillon: 581 (figure 18)

catégorie no 7 : sable, échantillons 104 et 111 (figures 19 et 20)

catégories no 8:alluvions
de la rivière Rouge 101
de la rivière des Outaouais 55
de la rivière du Nord 7 et 8
(figures 21 à 25)

Pour effectuer un certain regroupement de l'information et pour pouvoir ensuite inclure dans la banque de données des informations sur des échantillons dont les analyses granulométriques ne seraient pas accessibles, on a défini et codé des groupes de types de matériaux de plus en plus vastes. Un premier de ces codes est appelé nom général. Il se rapporte à la granulométrie de tout l'échantillon et à la limite de liquidité (tableau no 3).

Un deuxième est appelé nom complémentaire et se rapporte à la granulométrie de la fraction inférieure à 2 mm (tableau no 4). Il est possible de n'utiliser que les deux premières lettres d'un code, par exemple:

GR: signifie un gravier mais peut tout aussi bien représenter un gravier fluvio-glaciaire très bien trié et dépourvu de particules fines, qu'un till, dont la matrice est en général à majorité limono-sableuse mais contenant plus de 3 pourcents de graviers. Par le même raisonnement SA: signifie un sable sans spécifier quantitativement sa teneur en particules fines.

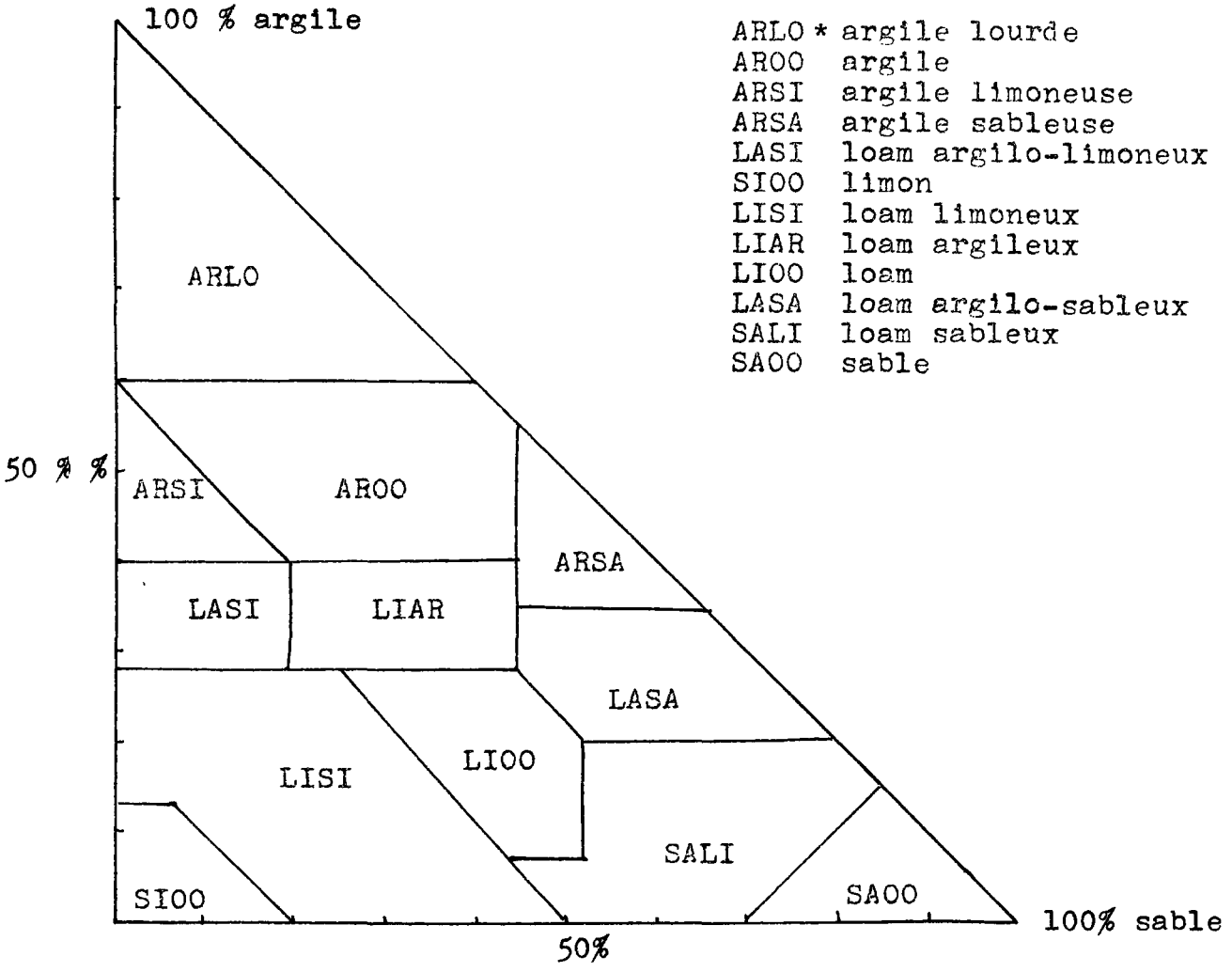
TABLEAU NO 3 : CLASSIFICATION GRANULOMÉTRIQUE : NOM GÉNÉRAL
(adaptée de la classification M.I.T. et U.S.C.S)

Plus de 50 % > à 0.06 mm	Plus de 50 % > à 2 mm		BDRK*	roche en place
		—de 5 % est < à 0.06mm	GRAP	gravier propre
		+de 5 % est < à 0.06mm	GRAF	gravier avec fines
	Plus de 50 % est < à 2 mm	+de 3 % de gravier	SAGR	sable graveleux
		—de 5 % est < à 0.06mm	SABP	sable propre
		+ de 5 % est < à 0.06mm	SABF	sable avec fines
Plus de 50 % est < à 0.06 mm	Plus de 3 % de gravier		ALGR	argile et limon graveleux
	Limite de liquidité inférieure à 50		ALNP	argile et limon non plastiques
	Limite de liquidité supérieure à 50		ALPL	argile et limon plastiques
			HMUS	terrain organique

* codes apparaissants dans la banque de données en plus des teneurs en sable, limon et argile

GR: gravier
SA: sable
AL: argile et limon

TABLEAU NO 4 : CLASSIFICATION GRANULOMÉTRIQUE
NOM COMPLÉMENTAIRE



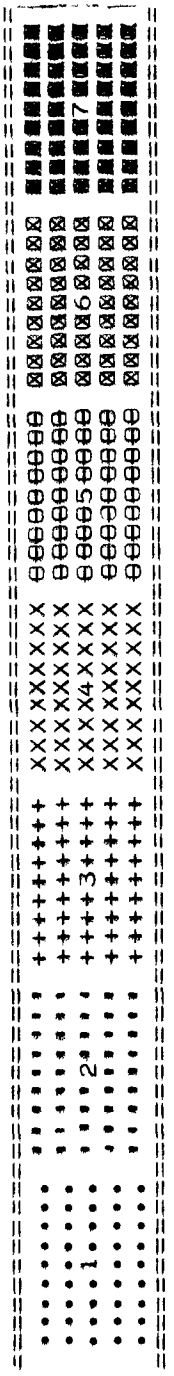
ARLO * argile lourde
AROO argile
ARSI argile limoneuse
ARSA argile sableuse
LASI loam argilo-limoneux
SIOO limon
LISI loam limoneux
LIAR loam argileux
LIOO loam
LASA loam argilo-sableux
SALI loam sableux
SAOO sable

* codes apparaissants dans la banque de données en plus des teneurs en sable, limon et argile

Cette souplesse relative dans la codification permet d'intégrer des informations partielles pour construire les cartes. La carte de la teneur en sable du matériel de surface donne un type de localisation des dépôts sableux. En la comparant à une carte qui engloberait toutes les observations qualitatives (du type SA) on améliore l'approche des limites exactes, par des moyens automatiques. Il est bien évident que ce type de localisation de limites entre matériaux se fait encore mieux sur photographies aériennes à condition d'avoir un employé entraîné. La carte no 11 des dépôts de surface de la zone opérationnelle est un document de ce type.

LEGENDE POUR LA CARTE NO 11

Dépôts de surface, zone opérationnelle



Terrain organique

Argile et limon

Argile et limon graveleux

Sable

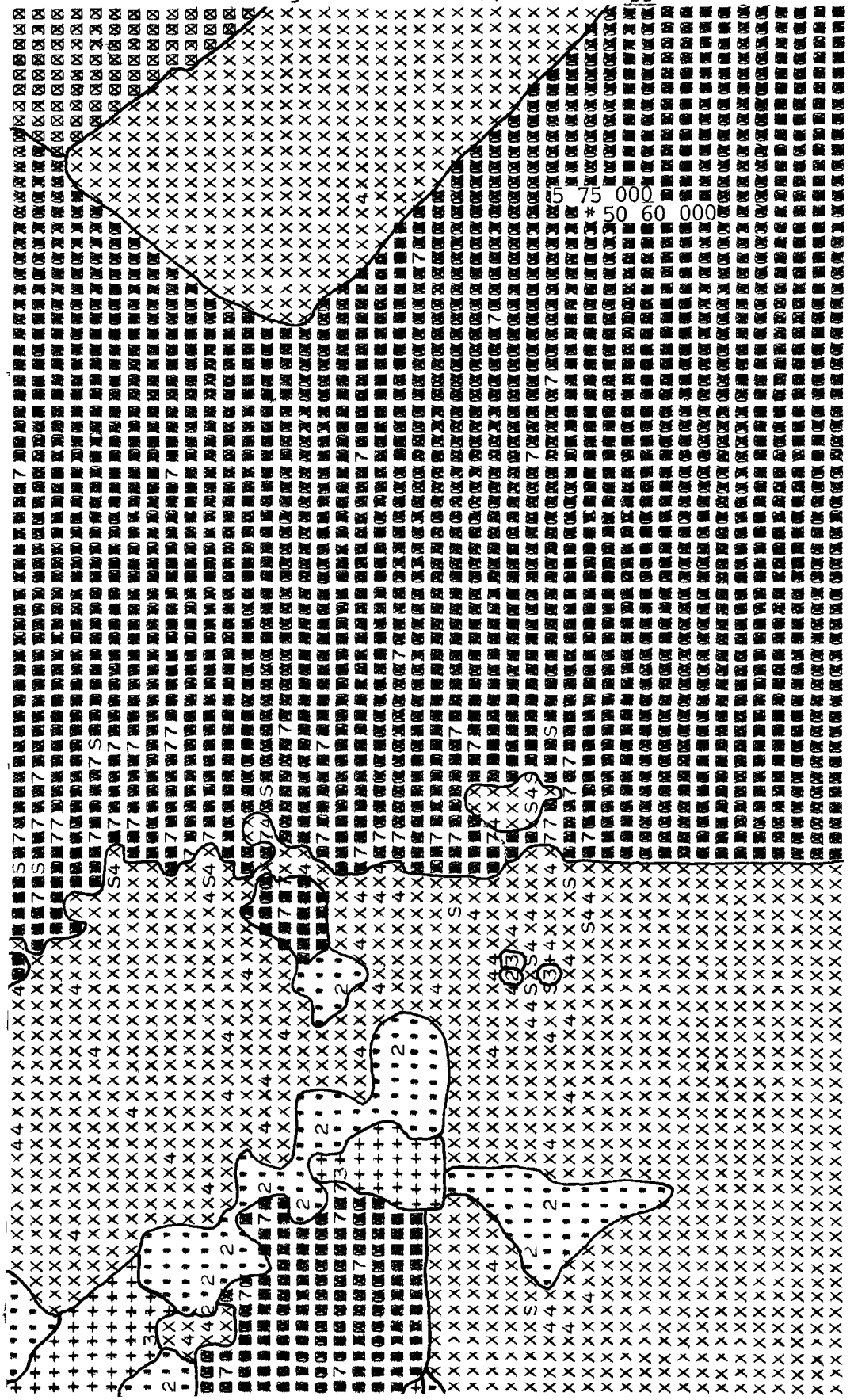
Sable graveleux

Till

Roche en place

S Points de contrôle superposés

Carte no 11 : Dépôts de surface, zone opérationnelle (avec les données des forages de C.A.I.M.), échelle approximative 1/10,000



2 : L' E T U D E G E O S C I E N T I F I Q U E .

21 : INTRODUCTION

L'idée de l'étude géoscientifique n'est pas neuve; plus fréquemment elle porte le nom d'"Inventaire des caractéristiques Biophysiques,". Grâce au développement des techniques informatiques il est possible d'aller plus loin, de traiter plus de données, de les garder accessibles à beaucoup plus de monde et surtout de les maintenir à jour. Un aspect important est celui de la facilité avec laquelle on peut passer des données brutes à des données calculées ou combinées. Un fichier ou une série de dossiers enregistrés sur bandes magnétiques sont plus accessibles et il est plus facile d'en multiplier les copies que pour des dossiers originaux. Il ne faut cependant pas conclure que l'idée de banque de données implique forcément l'utilisation de l'informatique.

Toutes les branches de la géologie et des sciences connexes sont actuellement dans une phase de transition essayant de mettre l'accent sur les observations brutes (les moins subjectives possible) pour que l' accès à ces informations (par l'informatique) soit direct et que chacun puisse tirer ses propres conclusions (qui elles sont subjectives) (Robinson 1972, Hubaux 1973). Cet accès aux

sources permettrait sûrement des progrès significatifs car, même s'il y a d'excellentes synthèses, il y en a aussi qui comportent des pertes d'information.

L'informatique permet d'atténuer le danger de vieillissement d'une étude en permettant une remise à jour continuelle et en laissant les données brutes accessibles pour trouver une solution à de nouveaux problèmes ou permettre de nouvelles applications encore inconnues lors de la compilation des données . En ce qui concerne les systèmes d'information géoscientifique en aménagement, il faut faire la constatation suivante: il est étonnant de voir combien l'environnement physique est peu perçu comme une des composantes de la planification urbaine ou de la planification tout court . La littérature est riche de textes de ce genre:

> Land elements were itemized and separated into a series of overlay maps. ...These overlays isolated for inventory such existing features as tree cover, waterways and watershed areas, existing roads, proposed roads and the proposed county park system in the study area, and existing development with accurate locations of historical structures, churches ans schools. The overlays also contributed to a grade study to locate buildable land.
>
> (Tannenbaum 1965)

On voit ici que les facteurs géologiques ne sont

intervenus que plus tard, ce texte relatant les premières mesures effectuées pour la localisation de la ville nouvelle de Columbia. Les études n'ont été que des rapports d'ingénieurs consultants pour répondre à des problèmes précis, aucun relevé géoscientifique n'a été effectué à l'échelle de la région

> Before any plan for new town or for a scheme of town development can with prudence be commenced, a survey must be made of all existing conditions, and this survey cannot well be too wide or too complete. (...) The greater part of the work must necessarily be done by the sociologist, the historian and the local antiquary. (...)

Heureusement on trouve un peu plus loin:

> The geological maps of Ordonance Survey wil be useful, and any other result of local geological investigations should be collected, together with statistics of wind and weather , from which diagrams showing the climatic conditions could be prepared.

(Unwin 1971 p 141 et 145)

Il est assez aisé de se rendre compte en parcourant la littérature que l'aménagement du milieu a, jusqu'ici, été fait uniquement en fonction de l'homme. L'homme n'a jamais été considéré comme partie intégrante de la nature mais a toujours été en opposition avec elle. Ce genre de raisonnement qui dure depuis des siècles sera très difficile à changer. Si on parvient par un moyen ou un autre à rendre

clairement et rapidement perceptibles les contraintes du milieu physique, au niveau des prises de décision, peut être aurons-nous franchi un pas important.

Il est certain qu'en milieu déjà fortement urbanisé la valeur économique du terrain est telle qu'elle justifie des travaux de génie coûteux pour pallier à d'éventuelles mauvaises conditions physiques. Cependant, en milieu péri-urbain, où les pressions économiques ne sont pas encore trop fortes, la trame physique de l'environnement devrait prendre toute son importance et être un guide déterminant sinon le guide principal.

> Les propriétés physiques du sol, dont l'incidence sur le coût de l'aménagement a souvent été dénoncé, peuvent être considérées comme une des variables du coût de localisation des équipements. (...)
>
> Mais cet élément variable du coût a été rarement évalué de façon systématique. Certes, on ne conteste pas l'utilité des cartes géotechniques mais on y a rarement recours. (...)
>
> Cependant la plupart des municipalités , dont Laval, ne semblent pas avoir recours aux sondages préalables à l'ouverture d'une zone bien que le coût de ceux-ci ne représente qu'un pourcentage minime du devis.
>
> (Charles 1972 p 22 et p 1-2)

Le système d'information géoscientifique doit, si possible, répondre aux désirs de groupes professionnels (ou non-professionnels) très différents: des ingénieurs qui

l'utilisent surtout comme entrepôt intelligent, des planificateurs qui en espèrent des solutions à leurs problèmes, des autorités politiques ou des chercheurs de différentes disciplines.

Comme le phénomène informatique est relativement récent dans le secteur appliqué des sciences de la terre il ne faudra pas perdre de vue les renseignements que peuvent nous donner les systèmes d'information géoscientifique traditionnels tels ceux de différents Instituts Géologiques des E.U., celui de I.McHarg (1969) et ces applications à d'autres environnements (France par J.Tarlet et Colorbie Britanique par Stanley-Jones, par exemple).

Un système d'information doit répondre au moins au quatre buts suivants: (C.Lee, 1971 p 26) 1-fournir un type d'information précise sur demande, 2- communiquer les informations, 3- servir de base à un relevé et à des analyses, 4- servir à la production de différents types de solutions , si possible développer des modèles et permettre des simulations. Le système idéal devrait pouvoir fournir des données très détaillées mais être aussi capable de passer à la généralisation. Ceci n'est possible que si les données ont été récoltées pour la plus grande échelle d'information désirée.

Les techniques informatiques appliquées à la géologie deviennent de plus en plus nombreuses dans la littérature. Les problèmes traités dans ces études relèvent rarement de la géologie de l'environnement. Il faut signaler des études théoriques fondamentales qui sont effectuées depuis quelques années par l'Ecole des Mines de Paris sous la direction de P. Laffitte (1968 et 1972). Il existe, sans doute des travaux méthodologiques de même envergure en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde mais peu de ces travaux sont publiés, à notre connaissance.

22 : LA CONSTITUTION DU FICHIER

Nous ne prétendons pas avoir fait une étude exhaustive des différents systèmes d'information géoscientifique existants. Dès le début nous ne nous sommes occupés que des systèmes ayant une base géologique (et non pédologique telle l'étude de l'A.R.D.A.- Tomlinson 1968) et qui s'assignaient comme but des cartes d'aptitudes les plus variées possibles. Mais durant la préparation de ce travail nous avons parcouru un certain nombre d'études spécifiques, surtout en Géologie de l'environnement , et quelques études générales.

Les définitions des termes "facteurs" et "cartes d'aptitude" sont repris du livre de R.Sanejouand "La Cartographie Géotechnique en France" (Sanejouand 1972).

> Une carte de facteur est une carte analytique où on trouve la représentation d'un (ou de plusieurs) facteur qu'il est nécessaire de prendre en compte dans une étude géotechnique et qui représente une synthèse partielle des données ponctuelles ou autres recueillies au cours de l'étude.
>
> Les cartes d'aptitude sont des cartes qui représentent des synthèses , en terme d'utilisation, des différents facteurs.
>
> (Sanejouand 1972, p 13)

Le terme de facteur est également utilisé dans la littérature de langue anglaise (Grabau 1968).

Dans notre recherche bibliographique nous nous sommes rendu compte que le terme géotechnique (en Europe Francophone) et celui de géologie de l'environnement (aux Etas-Unis et Canada) ont une signification fort similaire. Les dossiers, sous ce nom, traitent de problèmes propres à l'ingénieur: construction de routes, de voies de chemin de fer, d'approvisionnement en eau, mais il y a certaines exeptions. Si on veut construire une échelle de valeur de ces documents en tant qu' outils d'aménagement du milieu physique, le dossier proprement géotechnique est le document le moins complet et le plus détaillé est l'étude écologique. Mais, il est bien évident que les échelles de travail sont très différentes. Une étude idéale complète, serait celle qui, à l'échelle du dossier géotechnique (sens français du terme qui est habituellement de 1/10.000), aurait le nombre de facteurs de l'étude du milieu physique (comme celle éditée par Stanley-Jones 1973- pour la Région de Victoria en Colombie Canadienne et celle de J. Tarlet pour la région de Toulon Ouest). On en arrivera peut-être à cette solution, les scientifiques s'efforçant de répondre aux demandes des agents de planification. Si le champ d'étude est très détaillé au niveau de l'ingénieur géotechnicien et de moins

en moins détaillé en remontant vers l'inventaire écologique, on peut trouver une des causes en regardant avec quelles difficultés on traite une grande quantité d'informations par des moyens traditionnels. L'Homme n'est pas encore habitué à raisonner en tenant compte des possibilités de mémoire énorme des ordinateurs. Le progrès apparaîtra au cours des années qui viennent; on peut déjà le percevoir dans des études récentes (Dumper 1972).

22-1: Le Choix de L'Echelle et La Densité de L'Information.

On ne parlera dans la thèse que des échelles intermédiaires: l'échelle régionale (1/50,000 à 1/25,000) et l'échelle locale (1/25,000 à 1/2,500). Les échelles plus grandes se rapprochent du plan et les échelles plus petites, qui n'ont pas la précision souhaitée et demandent une trop grande généralisation, n'entrent pas dans le cadre de ce travail.

De l'échelle choisie découle le type d' information que l'on peut utiliser. En travaillant à grande échelle, on peut se permettre d'introduire des valeurs de facteurs très spécifiques: test de résistance au cisaillement, test de compaction... On peut aussi faire appel à des informations spatialement réduites, telles un petit placage de matières organiques, un marais, une plaine alluviale, des marques d'érosion le long de rivières secondaires, une carte de pentes détaillée ...

Lorsqu'on passe à des échelles plus petites , ces informations ne sont plus utilisables. Il faut supprimer des variations trop locales et aboutir à une certaine généralisation. Les interpolations, elles aussi, prennent un sens différent. Si un espace cartographié est géologiquement

homogène , ce qui est pensable (mais dicutable) à grande échelle, on peut se permettre une représentation cartographique de variables aussi spécifiques que la résistance au cisaillement, il n'en est plus de même à plus petite échelle.

De l'échelle choisie découle aussi la densité de l'information à récolter. Il existe dans la littérature de nombreux exemples de relation entre échelle et densité d'information (Matula 1971). Le tableau no 9 (Matula 1971) ne peut être considéré comme une règle rigide et il faut toujours tenir compte des variations du phénomène à enregistrer. Un facteur uniforme demandera moins de points de contrôle qu' un facteur très variable dans l'espace.

Il est certain que l'on peut réduire l'échelle d'une carte sans perte d'information, ceci dépendant du pouvoir séparateur de l'instrument réducteur utilisé. Mais l'aggrandissement de l'échelle n'ajoute aucune information. Il faut bien garder à l'esprit qu'un système d'information a son maximum d'efficacité à l'échelle en fonction de laquelle les données ont été récoltées. La collecte d'information pour le système géoscientifique de la Région Nord de Montréal a été faite pour une cartographie au 1/25,000.

TABLEAU NO 5 : TYPES DE CARTES POUR LA GEOLOGIE DE L'INGENIEUR
(d'après Matula,1971)

Type de carte et échelle		
carte synoptique 1/100,000-1/200,000	carte de base 1/25,000-1/50,000	carte détaillée 1/5,000-1/10,000
Utilisations		
planification régionale affectation des sols tracés généraux des routes hydrogéologie	planification locale évaluation préliminaire des sites délimitation des zones dangereuses ressources en matériaux granulaires	plan de développements -industriels -commerciaux -résidentiels aménagement des routes aménagements communautaires correction des sites
Points de contrôle au km carré		
1-2	8-14	40-50
Représentation des processus d'évolution actuels		
symboles ponctuels	limites zones d'activité	détails évaluation des dangers naturels

22-2: Les Modes de Localisation

La localisation de l'information peut se faire de trois façons distinctes:

-1- par points
-2- par surface unitaire
-3- par surface homogène

22-2-1 La localisation par points.

Ce type de localisation est habituellement utilisé pour les forages, on a alors des points répartis au hasard. On la retrouve aussi dans les études utilisant un quadrillage comme base d'échantillonnage, chaque sommet du quadrillage étant un point de relevé, dans ce cas les points forment un réseau régulier (Dumper 1972).

22-2-2 La localisation par surface unitaire

Ce type de localisation demande plus de travail, la région est découpée en une série de surfaces égales à une valeur uniforme est attribuée à chacune d'elles. Ce procédé est celui utilisé par Pierre Dansereau et son équipe dans leur étude de l'écologie de la zone de l'Aéroport International de Montréal (Mirabel), (Marsan 1972). En se basant sur des variables cartographiées (Carte des Sols, de

la végétation...) ils attribuent à chaque surface une valeur. Ceci demande un important travail de préparation et le résultat obtenu constitue ,malgré tout, une généralisation avec perte d'information par rapport aux données originales. Ce type de localisation ne peut être utilisé que pour des études à relativement petite échelle, vu la perte de détail dans la restitution de l'information.

22-2-3 La localisation par surface homogène

C'est le type de localisation utilisée par Lynch (1962) et ensuite tous les disciples de I. Mc Harg (1969) pour la cartographie intégrée par superposition de cartes de facteurs imprimées sur une série de transparents. On peut utiliser ce mode de localisation pour incorporer à un système des données déjà cartographiées, que celles-ci soient le résultat d'une compilation (Carte des dépôts de surface) ou qu'elles soient la représentation de facteurs simples tels les pentes, les traces de glissements de terrain, les zones inondables...etc... Dans un système utilisant l'informatique, les surfaces homogènes sont intégrées par l'utilisation d'un convertisseur digital et ensuite d'une programmation qui attribue une valeur identique au paramètre cartographié dans le périmètre délimité (ce type de programme est intégré dans le SYMAP).

Les trois types de localisation supposent des programmations subséquentes différentes. Il faut aussi poser la question de la précision de chacune des méthodes pour les valeurs interpolées et les types de données convenant le mieux à chacun des types de localisation. Dans le cas de points, en ne tenant pas compte de l'erreur de mesure, la précision des valeurs interpolées dépend de l'algorithme d'interpolation utilisé dans le système automatique ou des critères donnés au dessinateur pour une carte traditionnelle.

Dans le cas de surfaces unitaires, plus la surface est petite, plus on approche du phénomène réel et du premier cas. Le choix de l'unité de surface élémentaire détermine l'echelle optimale d'utilisation de l'étude (1/50,000 pour l'étude d'E.Z.A.I.M.).

Dans le cas de surfaces homogènes , en dehors des critères choisis pour la construction de la carte, tout dépend de l'opérateur et de son appareillage.

Pour les phénomènes biophysiques , cette notion de précision dans l'interpolation est un problème important et difficile à traiter. En général, les variables considérées sont discontinues (sauf dans le cas- et encore- de la topographie). La façon la plus logique de les approcher serait par des surfaces homogènes, mais cette méthode est

aussi la plus longue. Il faut donc essayer soit de choisir des points d'échantillonnage suffisamment nombreux pour représenter toutes les variations et suffisamment bien placés pour ne pas oblitérer les limites entre les différentes plages de valeurs sensiblement égales (comme la teneur en sable dans un placage sur de l'argile, il faut choisir les points de contrôle de part et d'autre des limites pour voir apparaître le placage sur une carte automatique).

> "Even where fundamental attributes can be identified in a single sample, the tendency for all earth materials to be heterogeneous requires that projection of these attributes beyond the sample be done with care and skill"
>
> (Varnes 1973, p 36)

C'est relativement facile à faire en utilisant des photographies aériennes sur le terrain. C'est beaucoup plus difficile quand on monte un système d'information par compilation, sans une bonne connaissance du terrain (cas de l'étude de géologie urbaine des principaux centres canadiens-Bélanger 1973).

Dans le cas des surfaces unitaires, les limites correspondent aux limites de ces surfaces. Donc plus ces surfaces sont de superficie réduite, plus les limites cartographiques approchent les limites réelles.

22-3: La Cartographie Automatique

22-3-1: L'appareillage

La cartographie effectuée mathématiquement par le système central peut être délivrée à l'utilisateur sur des unités périphériques très différentes. Les plus utilisées sont les traceurs électromécaniques (plotter) et l'imprimante. Le type de sortie le plus souple est la console de visualisation avec un tube cathodique qui permet une conversation entre l'utilisateur et le système central. Le procédé gagne donc en souplesse mais augmente en coût de fonctionnement. Il est aussi possible d'obtenir des sorties sur traceur électronique qui produit le résultat directement sur microfilm (Vantroys et al. 1972).

La cartographie sur traceur électromécanique requiert plus de manipulations. Effectivement le système central traite les données et transfère les résultats de ses calculs sur une bande magnétique. Celle-ci est montée sur le traceur qui effectue le travail graphique.

La cartographie sur imprimante est la méthode la moins chère en équipement. Mais le résultat n'est pas toujours très satisfaisant du point de vue de l'esthétique et manque relativement de précision vu qu'un point est assimilé

à la surface d'un caractère de machine.

22-3-2: Les types de cartes

Toute carte peut se ramener à l'une ou l'autre de deux grandes catégories : le plan de situation ou la carte de courbes isovales (Vantroys et al. 1972).

On entendra par plan de situation, le dessin par l'ordinateur de courbes dont tous les points sont connus, par exemple: la carte des pentes (cartes no 12 et 13), la localisation de certains dépôts de surface (cartes no 23 et 24). Ce sont les cartes obtenues par le système de localisation des points par surfaces homogènes.

Les cartes en courbes isovales représentent sur un plan en deux dimensions les variations d'une troisième dimension. La courbe isovale est la ligne le long de laquelle la valeur de la troisième dimension ,z, est constante. Ce type de carte peut être utilisé pour représenter un phénomène discontinu. Pour une carte de dépôts de surface , par exemple, une valeur est attribuée à chaque unité, et ensuite les lignes isovales sont tracées, la limite entre le terrain 4 et le terrain 1 sera marquée par la superposition de 3 lignes isovales (carte no 11)

22-3-3: les problèmes d'interpolation

Dès que l'on parle de cartes en courbes isovales on pose le problème de l'interpolation, que ce soit pour une variable continue (détermination des valeurs intermédiaires) ou pour une variable discontinue (détermination des limites entre deux zones). Le problème a déjà été abordé dans le paragraphe sur la précision des limites entre différentes zones. Ici, nous nous en tiendrons surtout aux différents types d'algorithmes mathématiques d'interpolation.

Le problème est effectivement difficile à résoudre, car il n'y a pas, à priori, de raison pour que le phénomène que l'on veut cartographier soit linéaire ou même qu'il soit conforme à n'importe quel type de relation mathématique aussi compliquée soit-elle.

Les points peuvent être disposés dans l'espace de façon régulière ou de façon quelconque. Le cas le plus général étant le second, c'est sur celui-là que nous nous attarderons.

1- Interpolations mathématiques

L'interpolation linéaire est le type d'interpolation mathématique la plus simple. Les points de contrôle sont reliés entre eux pour former un réseau de triangles ou d'autres figures géométriques simples. Les interpolations

linéaires sont effectuées sur les côtés de ces polygones. Dans le cas de triangles on essaiera de maximiser le rapport périmètre - surface.

L'interpolation linéaire peut donner des résultats satisfaisants si la densité des points est forte. Mais le procédé ne tient aucun compte d'une éventuelle variation statistique que pourrait présenter la variable.

Ce type d'interpolation est effectué depuis longtemps par les dessinateurs, ceux-ci étant corrigés par les spécialistes qui eux introduisent les tendances, limites et variations statistiques.

L'algorithme d'interpolation du SYMAP V (voir paragraphe 22-3-4) est une adaptation de la simple interpolation linéaire. Le système utilise entre 4 et 10 points de contrôle affectés par un coefficient de pondération lié à la distance. Chaque point de contrôle utilisé dans l'interpolation développe, du côté opposé au point à calculer une zone d'ombre, ce qui tend à éviter que des valeurs aberrantes n'entrent dans les calculs.

Un autre type d'interpolation consiste à considérer y comme une fonction polynomiale plus complexe de x et de z:

$$y = f(x,z)$$

Cette fonction dépendra de ce que l'on connaît des données. Ce peut être une tendance (trend), ou une fonction dérivée (par exemple pour les cartes d'hydrogéologie).

2- Les estimations basées sur la théorie des probabilités

Les méthodes d'estimation basées sur les probabilités sont nombreuses. Nous nous attarderons sur une d'elle, la méthode du krigeage qui est souvent utilisée en géologie.

> Le problème du krigeage consiste à trouver la meilleure estimation possible de la teneur d'un panneau (valeur de z dans un plan x,y) compte tenu de l'information disponible , c'est-à-dire des teneurs(valeurs de z) des différents échantillons (points x,y) qui ont étés prélevés soit à l'intérieur du panneau soit à l'extérieur de celui-ci.
>
> Le krigeage revient à effectuer une pondération , c'est-à-dire à attribuer un poids à la teneur de chaque échantillon, ces poids étant calculés de manière à rendre minimale la variance d'estimation résultante, compte tenu des caractéristiques géométriques du problème.
>
> (Matheron 1972, p 355)

Les valeurs obtenues par ce procédé d'interpolation ont le grand avantage d'être dans un intervalle de confiance connu. On peut produire une carte en courbes isovales et une carte d'isovariance par rapport à la valeur attribuée. L'inconvénient principal de cette méthode est son temps

d'exécution par l'ordinateur beaucoup plus long vu la complexité des calculs, et donc son coût en temps machine plus important que pour une interpolation linéaire.

22-3-4: Le programme SYMAP V

Le programme SYMAP V existe et fonctionne au Centre d'informatique de l'Université d'Ottawa depuis quelques années déjà. C'est la raison principale de son utilisation dans le cadre de ce projet.

Le programme est écrit en FORTRAN IV et se compose d'environ 6,000 énoncés. Il a été mis au point au Laboratory for Computer Graphics de l'Université Harvard (Cambridge, Mass. USA) sous la direction de Howard T. Fisher.

Ce programme est simple d'utilisation et peut produire plusieurs types de cartes (Douglas et al. 1969). Pour qu'il soit si simple à utiliser, le créateur a du mettre des contraintes sur le mode d'entrée des données. Le programme a été pensé surtout pour des utilisateurs se servant de cartes perforées comme moyen d'entrée dans le système. Les utilisateurs de bandes magnétiques ou de disques doivent avoir recours à une série de programmes de tri destinés uniquement à ordonner les informations et à les rendre acceptables par le programme SYMAP V.

Le programme permet de construire trois types de cartes différents: les cartes de courbes isovales (pour variables continues) (contour map), des plans de situation (conformant map), et des cartes de courbes isovales pour variables discontinues (proximal map).

Le programme SYMAP V produit les cartes sur l'imprimante de l'ordinateur. Le point est dès lors assimilé à la surface couverte par un caractère qui est de 3.18 mm sur 2.54 mm (1/8 par 1/10 de pouce).

Le plan de situation a été utilisé dans le système d'information pour les cartes des pentes et des zones non échantillonnées. Les cartes en courbes isovales, pour les variables discontinues (proximal map) ont été utilisées pour la construction de cartes de dépôts de surface quand on avait une densité d'information suffisante et que le problème des limites était éliminé par cette abondance (carte no 11).

a-L'entrée (input)

Les informations doivent être classées en six sous-filières:

1-les limites de la zone à considérer dans les calculs des valeurs interpolées,

2-les coordonnées des points de contrôle,

3-les légendes à surimposer sur la carte (repères topographiques, toponymie, etc...),

4-les barrières d'interpolation permettant une indépendance dans les calculs de part et d'autre d'une ou de plusieurs lignes,

5-les valeurs à attribuer aux points de contrôle,

6-les différentes instructions telles que : l'échelle, symbolisme, valeurs à éliminer dans les calculs ou sur la carte, etc...

Chaque sous-fichier est précédé et terminé par une carte de code. L'agencement de ces fichiers avec des données provenant d'une bande magnétique demande évidemment une programmation. Le handicap principal, pour l'utilisateur, est la séparation en deux fichiers différents des localisations des points de contrôle et des valeurs à attribuer à chacun d'eux.

Le sous-fichier des barrières d'interpolation n'a jamais été utilisé au cours de ce projet. Il augmente sensiblement le temps d'exécution des programmes donc le coût de production d'une carte .

Le sous-fichier no 6, celui des options, est celui qui donne sa souplesse au programme SYMAP V et donc au système en permettant de changer les échelles ou l'équidistance entre les lignes d'isovaleur (ou d'autres caractéristiques) en ne changeant qu'une seule carte code. Il permet aussi de supprimer certaines valeurs des variables que l'on ne désire pas voir influer sur les interpolations. Ceci permet d'intégrer, dans la banque de données, des valeurs fictives pour remplacer des valeurs manquantes ou aberrantes.

b-La sortie (output)

Il y a dans le quatrième chapitre de nombreux exemples de ces types de cartes. Le programme SYMAP V reste celui qui est le plus largement utilisé, parce qu'en produisant les cartes finales sur l'imprimante , il ne demande pas d'équipement supplémentaire. Son principal défaut réside dans le grand espace- mémoire qu'il demande.

Les cartes produites présentent habituellement les différentes valeurs de z en différents tons de gris qui sont obtenus par superposition des caractères existant sur le clavier de la perforatrice. Les ligne d'isovaleurs sont, oui

ou non, soulignées par une ligne blanche. Le choix des symboles peut être fait par l'utilisateur.

Les cartes n'ont pas de valeur esthétique mais constituent de bons documents de travail. Ouant elles sont réduites photographiquement la qualité graphique s'améliore, le grain devenant plus fin.

La conclusion peut être laissée à l'Experimental Cartography Unit (1971 p 91)

> The speed of the line printer mapping is very useful , no special plotters are required and such programs might be of great value when accurate maps are not required.

22-4: Les Facteurs

Avant de parler des facteurs en particulier, il faut préciser que les valeurs de ceux-ci peuvent être exprimées soit par la valeur réelle des variables (pourcentage pour la teneur en argile , par exemple) soit par des codes mnémoniques (ARGI pour une certaine teneur en argile) soit encore par une valeur chiffrée mais qui répond seulement à une position dans un processus de classification. Les deux dernières possibilités représentent à notre avis une perte considérable d'information puisqu'il n'est pas possible d'effectuer de calculs sur les variables contenues dans la banque de données. Le travail de T.A.Dumper (1972) est basé sur ce type de représentation des facteurs. Voici un exemple:

Profondeur moyenne de la roche en place

1	inférieure à 2 pi (.60 m)
2	de 2 à 5 pi (de .60 à 1.50 m)
3	de 5 à 10 pi(de 1.50 m à 3.00 m)
4	plus de 10 pi (plus de 3.00 m)

Dans le cas de ce travail, obtenir des valeurs précises aurait demandé un surplus important de travail sur le terrain . Mais si les points de contrôle sur le terrain

sont assez nombreux l'utilisation de valeurs interpolées à chaque intersection de sa grille de base aurait entrainé une perte d'information moindre. Dans ce même travail, il n'y a pas une réele différence entre les facteurs et les aptitudes telles que définies dans ce travail. Effectivement, Dumper attache à chaque point de son quadrillage des valeurs pour la susceptibilité à l'érosion, l'adaptabilité aux fosses septiques, la facilité d'excavation et d'autres encore, qu'il aurait pu obtenir avec la même approximation s'il avait fait des calculs sur les valeurs réeles de ces facteurs.[1]

Le choix des facteurs varie d'un projet à l'autre. En parcourant la littérature on se rend rapidement compte que, si tout le monde est d'accord pour constituer une banque de données, personne n'est d'accord sur son contenu. Les avis diffèrent sur les éléments à intégrer et sur leur rang de priorité. Il en est de même pour les projets traditionnels, il est rare de trouver deux dossiers de géologie de l'environnement contenant les mêmes cartes d'aptitude et les mêmes cartes de facteur. Nous estimons qu'il faudrait développer des systèmes d'information en évitant d'utiliser des facteurs trop coûteux à récolter ou trop subjectifs. Ce type de facteur trop sophistiqué risque de faire échouer l'objectif principal du système

d'information qui est d'aider le planificateur dans un langage qu'il peut comprendre et dont il connaît, si possible, les limites de validité.

Il faut tenter d'en arriver à un accord sur les principes de base du système d'information géoscientifique (contenu et structure) suffisamment souple pour permettre aux utilisateurs d'adapter le système à leurs besoins. Ce rôle devrait être assumé par des organismes publics (telle la Commission Géologique du Canada). Dans ces organismes, des efforts en ce sens sont fait mais avec peut-être trop peu de publicité.

3: LE SYSTEME D'INFORMATION DE LA REGION NORD DE MONTREAL.

31 : INTRODUCTION

Comme il a déjà été dit dans l'introduction du travail, la première partie du projet devait fournir des informations sur la géologie et les propriétés physiques des matériaux depuis la surface topographique jusqu'à la roche en place.

Ces informations étaient ,en premier lieu, destinées à orienter les projets d'aménagement de la Région Nord de Montréal. L'objectif du projet était assez ambitieux: il fallait créer une banque de données opérationnelle pour la région envisagée:

> La collecte systématique des données correspond à un objectif "système d'information", "banque de données" ou "banque d'information" ces trois termes désignant de manière sensiblement équivalente les applications d'un ordinateur à l'archivage exhaustif, la mise à jour et la recherche de données relatives à des objets quelconques et à mettre à la disposition de plusieurs utilisateurs.
>
> (de La Roche et al. 1972, p 35)

Il aurait été logique de connaître les besoins des utilisateurs avant même de commencer l'étude. Cela n'a malheureusement pas été possible. Nous n'avons introduit dans le système que les caractéristiques des matériaux qui

étaient les plus utiles pour donner une première idée des contraintes et des qualités du milieu physique.

Il a fallu s'efforcer de construire un système qui ait une certaine logique interne et qui corresponde aux besoins des utilisateurs prévisibles. De plus le projet devait s'insérer dans des limites de temps étroites et devait fonctionner avec le matériel disponible au Département de Géographie et d'Aménagement Régional et au Centre d'Informatique de l'Université d'Ottawa.

Il aurait été difficile de faire une revue des différents systèmes informatiques existants. L' expérience présente a été concluante jusqu'à un certain point, en n'ayant pas le temps de chercher un système à adapter, celui-ci a été créé pour les besoins spécifiques du projet. La prochaine étape sera la construction d'un système d'information qui pourra s'adapter à d'autres géologies et à d'autres utilisateurs.

> Standardisation is to be welcomed when it helps to make communication easy within a system whose basic elements , arrangement and operations are still being worked out. Standardisation is, however , not to be desired where it may prevent , hinder or delay the creation and critical evaluation of new systems that may have distinct advantage over those in use.
>
> (Varnes , 1973, p 165)

L'incorporation successive, au sein d'un même fichier, des données du Bureau de Construction du Nouvel Aéroport de Montréal (C.A.I.M.) et des données hydrogéologiques du Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rend le système utile à des usagers non prévus quand l'étude a commencé et montre sa souplesse et ses possibilités d'extension.

31-1: L'Information

Vu le temps relativement limité qui nous était alloué, il n'y a pas eu de revue de la bibliographie ni d'adaptation de données récoltées antérieurement. Les données sont principalement des relevés de terrain et des résultats d'analyses du laboratoire temporaire de la Commission Géologique du Canada à Ste-Scholastique. Ainsi le problème de l'homogénéité dans la qualité des données se pose peu dans le cadre des données de base du projet. L'addition de données préexistantes pourra être faite si cela s'avère nécessaire.

Le projet était une entité indépendante qui s'occupait des données à tous les stades: récolte, standardisation, mise en ordre et formulation.

31-1-1 La récolte et la standardistation

Il a été facile d'uniformiser la récolte des données, par la constructuction d'une feuille de récapitulation (fig. no 26) et par l'utilisation du quadrillage U.T.M. (E.M.R. 1969) pour la localisation de tous les points de contrôle. Pour pouvoir conserver cette homogénéité lors de l'intégration de données provenant d'autres organismes, il a fallu que tous les documents soient reformulés .

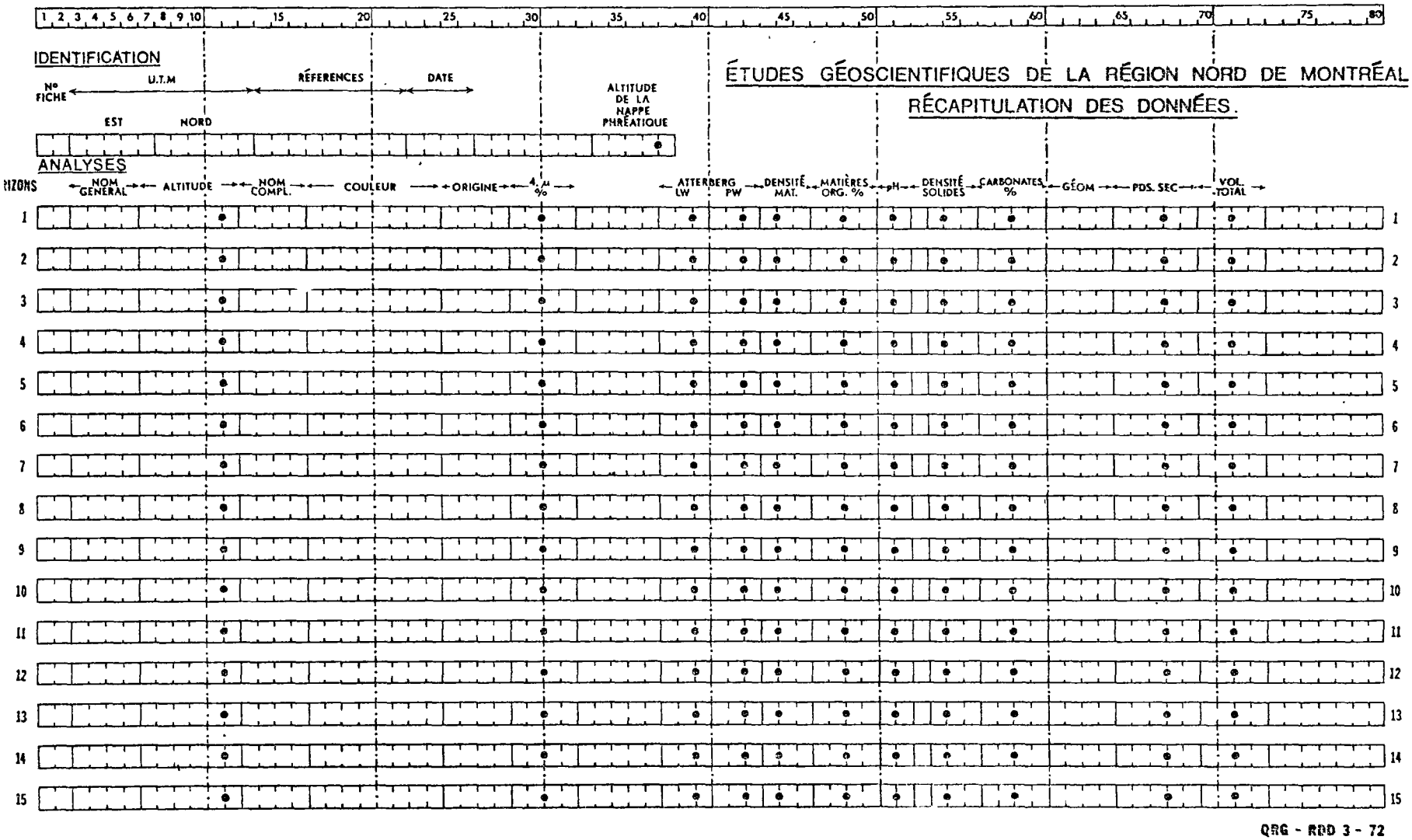


FIGURE NO 26 : FEUILLE DE RÉCAPITULATION DES DONNÉES

Les pertes d'information dues à cette manipulation ont étés minimisées. Cependant, il n'a pas été possible de tenir compte des informations qualitatives données dans les descriptions des forages du C.A.I.M. par exemple. Seules les valeurs quantitatives ou les valeurs codifiables ont étés retenues.

31-1-2 La mise en ordre de l'information

Le schéma général de mise en ordre de la banque de données restait à définir. Le choix a été dicté par le type d'utilisateurs que nous prévoyions.

Il y avait différents types d'objets à décrire: les forages (de surface et de profondeur), les sondages sismiques, les forages et sondages du C.A.I.M. et les relevés des puits hydrogéologiques du M.R.N.. La description de ces objets comprend un certain nombre de qualités (tels les résultats des analyses du laboratoire, la situation des points de contrôle, la hauteur de l'eau dans les puits etc...). Les qualités et le nombre de qualités varient d'un objet à l'autre. Le choix des qualités à décrire a été fait en fonction des questions les plus probables des futurs utilisateurs tout en restant dans le domaine des données

conventionnelles, les plus faciles à récolter sur le terrain ou dans des études précédentes. Le projet n'a pas tenu compte d'une recherche académique avancée.

Nous pouvions choisir la façon de décrire les objets, la structure de la banque de données découlant de ce choix. La description pouvait se faire soit objet par objet (forage par forage), soit qualité par qualité. Autrement dit, le système d'information pouvait fournir des informations soit par unité géologique, soit par unité géotechnique , soit par localisation dans l'espace. La troisième solution s'imposait pour ce projet puisque effectivement, les aménagistes désirent avant tout des informations sur un espace déterminé.

L'agencement des données dans la banque a surtout été dicté par le manque de temps et le peu d'expérience informatique que nous possédions. Il fallait limiter au maximum la possibilité que des erreurs éventuelles qui ne manqueraient pas de se glisser dans les données ne se répercutent d'un objet sur l'autre.

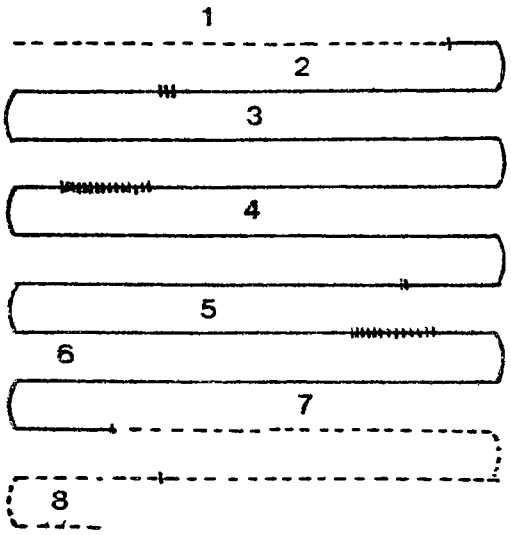
Nous avons choisi d'utiliser la technique des formats fixes, les objets constituants ainsi dans la banque une série de blocs homogènes (paragraphe 32-1 et fig.no 27).

FIGURE NO 27 : STRUCTURE DE LA BANQUE DE DONNEES DU SYSTEME D'INFORMATION GEOSCIENTIFIQUE DE LA REGION NORD DE MONTREAL (décembre 1973)

, index : ligne de chiffres 9

fichier de données graphiques

fichier objet



1 : limites de la région et des feuillets
2 : forages de surface
3 : forages profonds
4 : sondages sismiques
5 : hydrogéologie
6 : sondages et forages de C.A.I.M.
7 : repères cartographiques
8 : les pentes

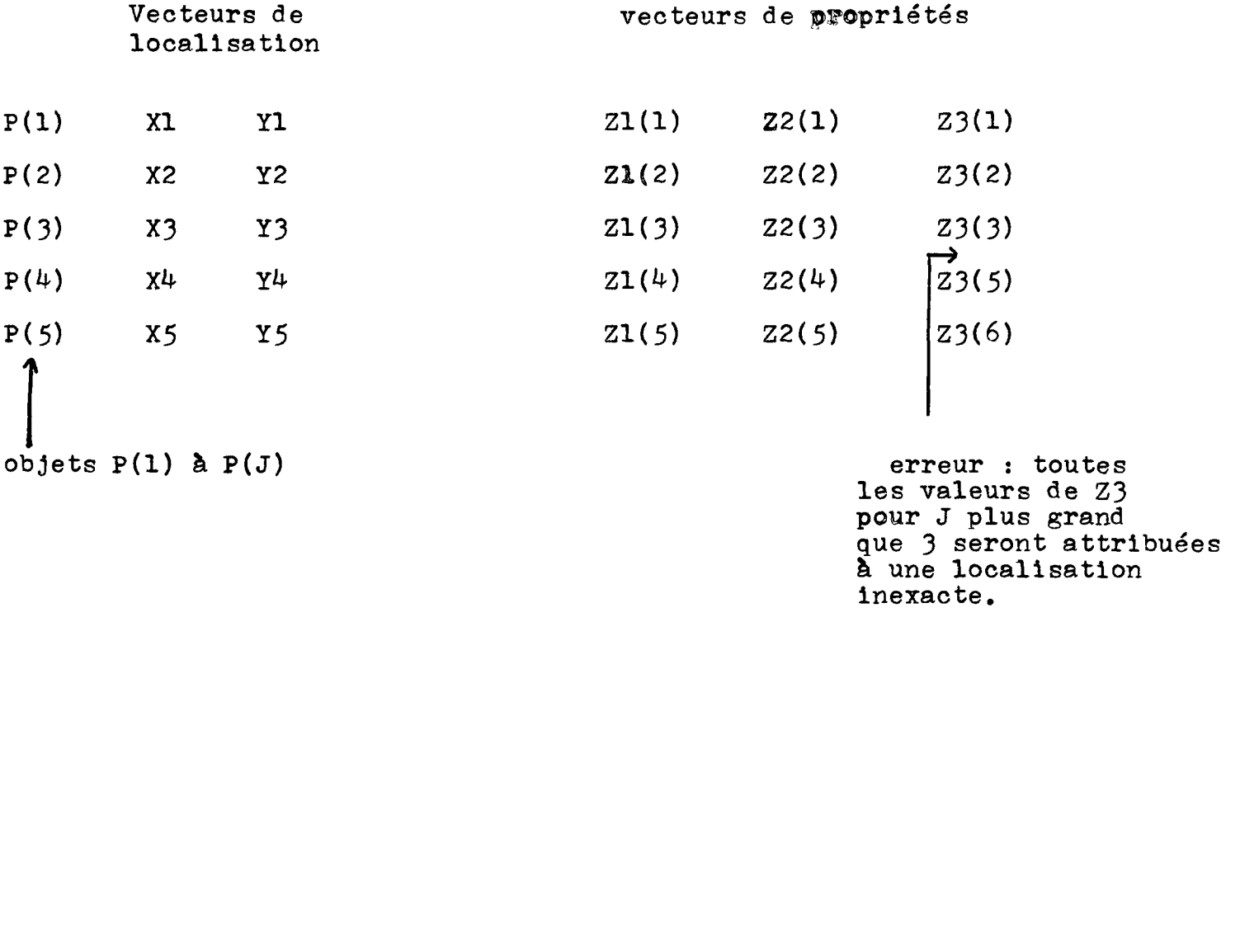
La collecte terminée (d'une façon temporaire puisque, par définition, le système doit être continuellement tenu à jour) la banque de données est un fichier continu (bande magnétique) formé de cinq (5) sous-fichiers d'objets et trois sous-fichiers de données graphiques (fig. no 27).

Cette méthode rend la programmation simple et permet d'introduire de nouveaux blocs d'informations sans altérer considérablement la programmation préétablie et en rendant impossible la propagation en cascade d'erreurs ou d'ormissions dans les données.

Le système d'information créé par T.R.Dubber (1972) dans son "Modèle de l'Environnement" est ordonné qualité par qualité, il en est de même pour l'Etude Ecologique de la Zone du Nouvel Aéroport de Montréal (E.Z.A.E.M.). Ce type de structure est plus rigide mais il paraît plus difficile à manier. Chaque propriété forme un vecteur (fig.no 28). Une carte correspond donc à une matrice de I vecteurs (les qualités) dans J positions (les différents objets). Ce système est sûrement plus élégant que celui utilisé pour ce projet. Il requiert cependant un travail préliminaire important de mise en ordre des données, travail qui doit être très minutieux pour éviter les erreurs découlant de l'ordre ou de l'omission d'une valeur de qualité (fig. no 28). Cette

structure n'élimine qu'en partie le facteur de la perte d'espace dues à des données inexistantes. Effectivement, dans la structure choisie pour ce projet, la longueur de chaque objet est fixe, par exemple, 15 lignes pour la description de forage profond (15 fois 80 caractères). Un forage qui n'a que 4 horizons aura aussi 15 lignes il y en aura donc 10 de vides (1 ligne par horizon plus la ligne d'identification). Il en est de même pour une qualité qui n'existerait pas pour un horizon. Si la teneur en carbonates n'est pas connue, les espaces 57 à 60 seront vides pour cette ligne. Dans le cas d'une structure matricielle, si la propriété I manque pour l'objet J cet espace sera laissé vide, donc sera perdu. Le contrôle des informations sur les fiches de compilation est rendu plus ardu et demande une profonde connaissance des données pour pouvoir détecter l'erreur dans la I ème valeur d'un vecteur, il faut avoir à l'esprit les valeurs correspondantes des autres vecteurs en ce point et détecter l'incohérence.

FIGURE NO 28 : STRUCTURE D'UNE BANQUE DE DONNÉES CLASSÉES QUALITÉS PAR QUALITÉS



31-1-3 La formulation des données

La formulation consiste en la transformation des observations géologiques en codes compréhensibles par l'ordinateur. La formalisation implique la définition d'un langage (Laffitte 1972, Hubaux 1973). Il existe actuellement dans la littérature des références nombreuses à des recherches spécifiques sur les langages qui pourrait traduire au mieux les données géologiques en minimisant la perte d'information. Dans le cadre du projet, la recherche du langage a été réduite au minimum. Les caractéristiques qualitatives sont représentés par des codes mnémoniques (série de quatre lettres) provenant, en majorité, du glossaire Canadien (tableau 10). Les données quantitatives sont reproduites, telles quelles, sous forme de séquence de chiffres, sans point décimal, celui-ci étant ajouté en cours de programmation.

31-1-4 Conclusion

Les contraintes de temps ne nous ont pas permis de créer ou d'adapter un système de banque de données à structure très sophistiquée. La structure utilisée a l'avantage d'une grande souplesse, pour l'intégration de nouvelles données et pour les facilités de programmation. L'élimination des possibilités de propagation d'erreurs en

cascade a éliminer une des plus importante source d'erreur.

TABLEAU NO 6 : CODES MNÉMONIQUES UTILISÉS DANS LA BANQUE DE DONNÉES DU SYSTÈME GÉOSCIENTIFIQUE DE LA RÉGION NORD DE MONTRÉAL (décembre 1973)

lithologie de la roche en place

AFFL : affleurements
BDRK : roche en place (non différencié)
DLMT : dolomie
GNSS : gneiss
GRNT : granit
LMSN : calcaire
QRTZ : quatrsite
SHLE : schiste
SLSM : siltstone
SNDS : grès

Matéraux de surface (voir tableaux no 3 et 4)

Origine

EOLN : éolien
GLCL : glaciaire
LTRL : littoral
MRIN : marin

Géomorphologie

BAIE : baie marine
CHEA : chenal actuel
CHEN : chenal fossile
DELT : delta
FVGC : fluvio-glaciaire
PLAR : placage argileux
PLMA : plage marine
PTER : pied de terrasse
RIMO : ride morainique
TILL : till

forages C.A.I.M.

BLOC : bloc
FIN : fin du forage
FILL : remblai
REFU : refus de la foreuse

32 : LE FICHIER

32-1 La Constitution du Fichier

Comme il a été mentionné dans le paragraphe sur la cartographie automatique (22-3-4, p106), le programme SYMAP V qui a été utilisé pour le projet, impose une certaine structure aux données qu'on lui fait traiter. Pour passer de la banque de données au programme de cartographie de la façon la plus aisée, il a fallu faire des concessions , elles ont surtout étés faites aux dépens du facteur espace sur la bande magnétique, support de la banque de données. Il y a beaucoup d'espace perdu à cause du format fixe utilisé.

Il aurait fallu, tout au début du projet, engager un programmeur professionnel pour créer un système qui fasse les économies maximum de temps et d'espace. De l'avis du groupe, au moment où le problème se posait, il semblait plus rentable de monter un système en réunissant nos connaissances . Ceci nous permettait de ne pas perdre en rigueur géoscientifique ce que nous aurions gagné en esthétique informatique. Notre délai de production du produit final était trop court (six mois) pour former un programmeur aux problèmes de la géologie de la région. La transformation de notre fichier trop "étendu" en un fichier plus dense peut se faire à tout moment

et ne requerra que du temps de programmation. Les sous-fichiers où il y a le plus d'espace perdu sont ceux qui sont propres au programme SYMAP V, celui des limites de la région et celui des repères topographiques (fig.no 27).

Les données étant mises sur cartes perforées avant d'être enregistrées sur la bande magnétique, le format de base est la séquence de 80 caractères. Cette séquence sera appelée une ligne dans la suite du travail.

La banque de données est actuellement composée de huit sous-fichiers (30.000 lignes):

1-Les limites des cartes (coordonnées des coins des feuillets) et limites de la région étudiée.

2-Forages de surface

3-Forages profonds

4-Sondages sismiques

5-Les données des forages hydrogéologiques

6-Les forages du C.A.I.M.

7-Les repères cartographiques

8-Les données de pentes

32-2 Le Contenu du Fichier

32-2-1 Les limites des feuillets et de la région

1-les limites des feuillets

La région a été inscrite dans un grand rectangle basé sur le système de coordonnées U.T.M. Ce rectangle est divisé en cellules qui sont considérées comme des éléments d'une matrice (fig. no 1). Il y a 50 éléments, 10 dans le sens des X (Ouest en Est) et 5 dans la direction des Y (Sud vers le Nord). Chaque élément de la matrice est donc identifié par 2 nombres.

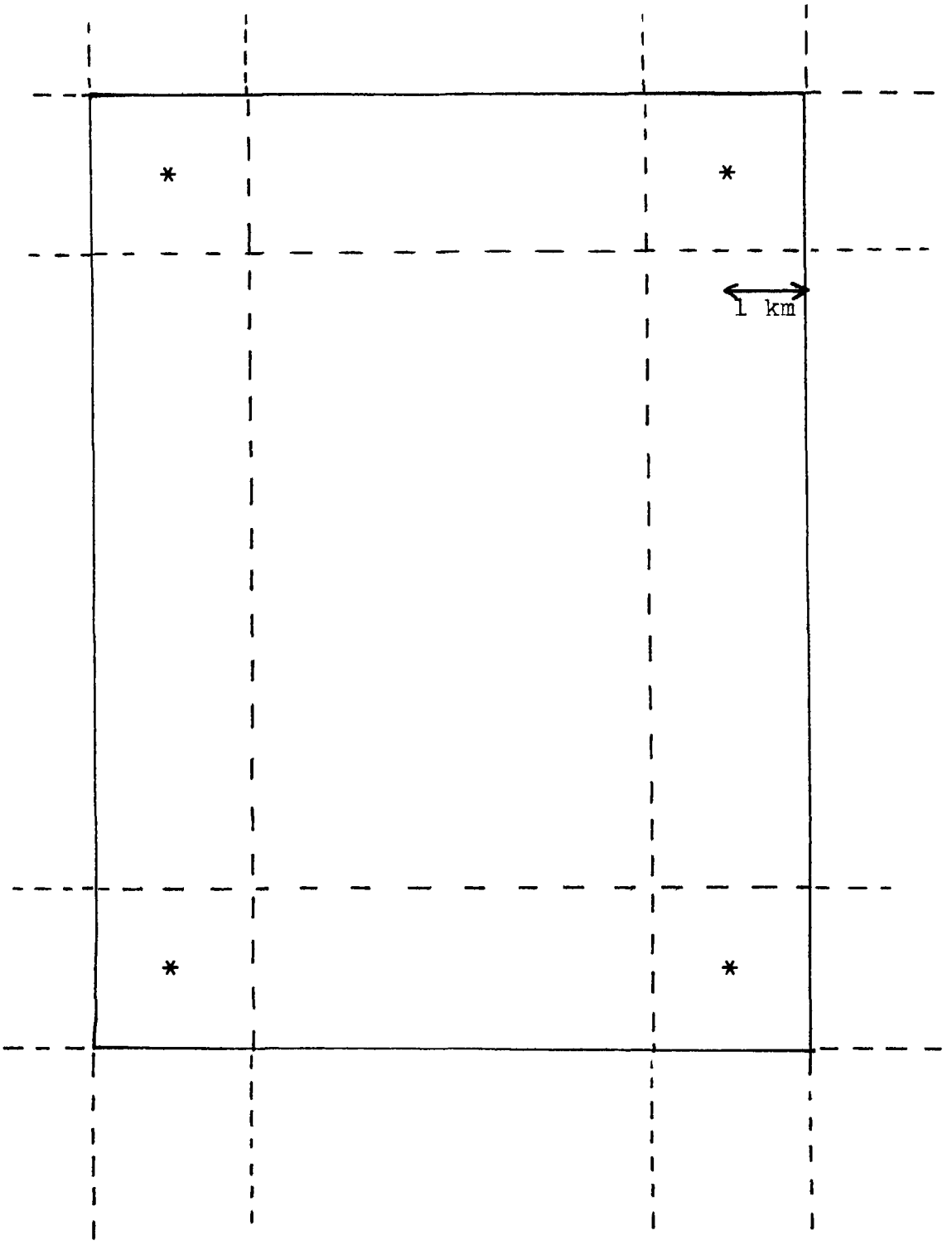
Le fichier contient les coordonnées des deux sommets opposés en diagonale de chacun des feuillets ainsi que les coordonnées des points délimitant la zone dont les points de contrôle sont utilisés. Cette zone s'étend de 1.0 km (0.6 mi) de part et d'autre des limites du feuillet (fig.no 29).

Le format de lecture des données est le suivant:

coordonnées des points en Y: 4 (5 F 8.0)

coordonnées des points en X: 4 (10 F 8.0)

FIGURE NO 29 : ZONES DE RECOUVREMENT DES FEUILLETS SYMAP V (au 1/25,000)



Il y a , en effet, quatre groupes de coordonnées pour définir chaque feuillet: les coordonnées minimales et maximales pour la carte et les coordonnées minimales et maximales pour la zone d'interpolation.

2-Les limites de la région

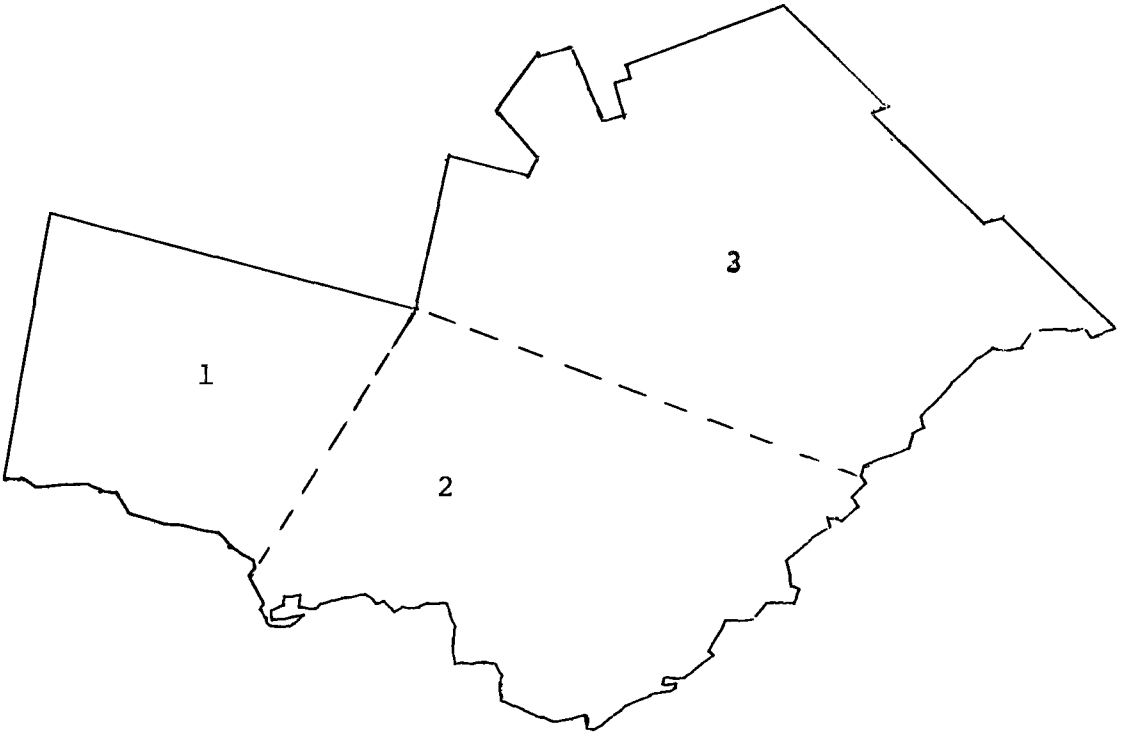
Pour délimiter une surface dans le programme SYMAP V il faut fournir les coordonnées des sommets d'un polygone , qui approche au mieux la surface voulue, et dont le premier et le dernier point sont des coordonnées identiques. Ce polygone ne peut avoir plus de 99 sommets, autrement il faut considérer plusieurs polygones tangents (fig. no 30). La région est représentée par trois de ces polygones.

Une ligne compte les coordonnées d'un seul point (d'où la grande perte d'espace: 58 caractères vides sur 80). Le format de lecture est le suivant:

10 X, 2F 10.3, 9 X, I2

Le code en I2 ne joue aucun rôle dans la cartographie, il est utilisé dans certains programmes. Ce bloc est de 100 lignes et est séparé du bloc suivant par une ligne de chiffres 9.

FIGURE NO 30 : POLYGONES TANGENTS (3) UTILISES POUR LA CARTOGRAPHIE (avec le programme SYMAP V) D'UN POLYGONE DE PLUS DE 99 SOMMETS



32-2-2 Les forages de surface

Toutes les informations concernant les forages et les analyses des échantillons sont groupées sur trois lignes. La première est consacrée à la localisation du forage.

	format	position
code	I2	1-2
coordonnée X	F5.0	3-7
coordonnée Y	F6.0	8-1
Identification	A9	14-22
dont l'année		16-17
le numéro		19-21
la date	2I2	23-26
dont le jour		23-24
le mois		25-26
le niveau de la nappe phréatique (quant il a été atteint)	F5.1	34-37

La deuxième ligne est consacrée aux résulats des analyses sur l'échantillon de l'horizon supérieur.

Code	I2	1- 2
Nom Général	A4	3- 6
Altitude	F6.1	7-12
avecle signe en position		7
Nom complémentaire	A4	13-16
Origine (pas pour tous les forages)	A4	25-28
Teneur en argile	F4. 2	29-32
limon	F4.2	33-36
Limites --liquidité	F3.1	38-40
--plasticité	F3.1	41-43
Densité du matériel	F3.2	44-46
Teneur en sable	F 4.2	47-50
pH	F2.1	51-52
Densité des solides	F3.2	54-56
Teneur en carbonates	F4.2	57-60
Géomorphologie	A4	61-64

(n'existe pas pour tous

les forages)

Poids sec	F5.2	65-69
Volume total	F4.2	70-73
Code	7X1	74-80

La troisième ligne est consacrée aux résulats des analyses sur le deuxième horizon, lorsqu'il y en avait un. Si le forage révelait un matériel horogène, cette ligne ne contiendra que le code en position 1-2. Le bloc des forages de surface contient environ 2,250 lignes. Il est séparé du groupe suivant par trois lignes de chiffres 9. Les trois lignes de 9 servent de points de repère lors de la programmation de tri.

32-2-3 Les forages profonds

La structure est semblable à celle utilisée pour les forages de surface. Il y a 15 lignes par forage au lieu de 3. Le groupe contient environ 3,950 lignes il est séparé du groupe suivant par 15 lignes de chiffres 9.

32-2-4 Les sondages sismiques et les affleurements

La structure est un peu différente de celle des forages de surface. Dans la ligne d'identification, l'altitude topographique du point de sondage se trouve en position 34-38, alors que pour les forages de surface cette

altitude topographique se trouvait sur la ligne du premier échantillon. L'information tirée de ces sondages a été assez limitée dans le cadre de ce projet. Il n'y a que deux lignes pour chaque sondage, une de localisation et la deuxième pour le niveau du saut dans les vitesses de réfraction, saut attribué au passage d'un matériau de surface à la roche en place. Le code mnémonique de la roche en place (BDRK) occupe la place du nom général dans les forages de surface. L'altitude estimée de la roche en place en position 7-13. Le code mnémonique indiquant si cette mesure est un affleurement (AFFL), en position 61-64. Ce bloc contient environ 3,800 lignes et est séparé du suivant par deux lignes de chiffres 9.

32-2-5 Les données hydrogéologiques

Chaque forage est représenté actuellement par un groupe de 13 lignes. La première ligne constituant l'identification du forage et les 12 suivantes les relevés de niveau d'eau.

	code	I2	1- 2
	Coordonnées		
	en X	F5.0	3- 7
	en Y	F6.0	8-13
	Identification	9A1	14-22
	organisme responsable		14-16
dont	l'année		17-18
	le numéro		19-22
	le pH de l'eau		

le premier jour d'observation	F2.1	23-24
l'altitude	F5.1	27-31
la profondeur	F4.1	32-35

Les lignes suivantes (ligne 2 à ligne 13) comprennent les données concernant les relevés effectués sur ces puits jusqu'au mois de mai 1973. Les données subséquentes seront intégrées au fur et à mesure que nous les recevrons.

code	I2	1- 2
date du relevé		
jour	I2	3- 4
mois	I2	5- 6
année	I2	7- 8
heure	I2	9-10
minute	I2	11-12
niveau de l'eau sous la surface topographique	F4.2	12-15
code	I5	75-80

Ce groupe est séparé du précédent par treize lignes de 9. Il est d'environ 770 lignes.

32-2-6 Les forages C.A.I.M.

Les informations retirées des rapports fournis par le Bureau de Construction du Nouvel Aéroport de Montréal forment un bloc séparé. Elles consistent en des rapports de forages de différents types: forages à la tarrière, forages à la carotteuse. Les informations sont très variées en qualité de détails. Il a fallu adapter les données au format en usage dans les autres parties de la banque de données. Le format

utilisé est semblable à celui des forages profonds. Les différences sont les suivantes: la teneur en eau étant donnée pour un certain nombre d'échantillon, elle a été indiquée en position 47-50 et avec le format F4.2. La teneur en argile ne figure pas dans les rapports. La teneur en particules fines est indiquée en 29- 32, à la place de la teneur en argile, et regroupe à peu près les valeurs des teneurs en argile et en limon.

Ce groupe est séparé du précédent par une ligne de 9 et contient environ 10.100 lignes(fin novembre 1973).

32-2-7- Les repères cartographiques

Ce sous-fichier est du même type que la deuxième partie du premier sous-fichier (les limites de la zone). Il contient lui-même plusieurs groupes. Le programme SYMAP V faisant une différence dans les légendes ponctuelles, les légendes linéaires et les surfaces.

a- Les points

Le quadrillage U.T.M., les repères toponymiques, (le point considéré étant le début de la séquence de lettres)

sont des légendes ponctuelles. Elles sont formalisées en deux lignes:

Ligne 1

signe négatif		1

Ce signe indique que la séquence de lettres doit être écrite verticalement sur la carte.

code	I2	4-5

Indiquant le nombre de caractères à indiquer en séquence le premier de ces caractères étant localisé au point dont les coordonnées suivent.

code	A1	10

Indiquant que le repère est ponctuel (P)

Coordonnées X et Y du point	2F10.3	11-30

La deuxième ligne comprend de la position 1 a 4 la séquence de lettre ou de signes à indiquer.

Le groupe contient environ 950 lignes.

b-Les lignes

Le tracé des rivières , des routes, des chemins de fer et de certaines limites (sur les fonds de carte de C.A.I.M.) sont des légendes linéaires. Elles sont identifiées par au moins deux lignes.

Ligne 1

code	A4	6- 9

Ce code indique les signes dont sera formée la ligne. On peut superposer quatre caractères différents.

code A1 10

indiquant que le repère est linéaire(L).

Coordonnées X et Y du point de départ de la ligne

2F10.3 11-30

Les coordonnées des autres points (à chaque changement de direction de la ligne) sont indiqués, un point par ligne sur les lignes suivantes.

Le groupe comprend environ 800 lignes

c-Les surfaces

Pour la formalisation de surfaces, la présentation est semblable à celle des lignes, si ce n'est que le symbole L est remplacé par un symbole A (en position 10 de la première ligne) et que le premier point de la surface doit être identique au dernier pour fermer le polygone.

La liste des symboles utilisés pour les lignes et surfaces dans le projet se trouve sur la figure no 31 a et b.

FIGURE NO 31 a : SYMBOLES UTILISÉS DANS LA CARTOGRAPHIE D'APTITUDE

+	Bouclier Précambrien
^ .	Till
=	Chemin de fer
* * *	Route
....	Rivière
X	Zone favorable à l'utilisation suggérée
O	Zone moyennement favorable à l'utilisation suggérée
,	Zone défavorable à l'utilisation suggérée

FIGURE NO 31 b : SYMBOLES UTILISÉS POUR LES REPÈRES CARTOGRAPHIQUES

+	Bouclier Précambrien
A	Affleurement (non différencié)
^	Till
0	Dépôts fluvio-glaciaires
=	Chemin de fer
* * *	Route
....	Rivière
*	Coin d'un feuillet suivant le découpage cartographique au 1/25,000
^o	Coordonnées U.T.M.
\	Zone non étudiée

Le groupe contient environ 5,370 lignes.

d-Les pentes

Les données de pentes ont été incluses à la banque de données sous forme de surfaces de valeur homogène. Elles ont étés assimilées aux légendes. La structure est identique, le seul changement est dans la valeur d'un code, indépendant du programme SYMAP V utilisé dans les programmes de tri et placé en position 40-41 sur toutes les cartes de ce groupe. Ce code a la valeur 11.

Ce groupe contient 925 lignes, actuellement et sera prochainement augmenté, les seuls feuillets terminés en ce mois d'octobre 1973, sont ceux de Ste-Scholastique et St-Janvier.

Les symboles utilisés sont les suivants:

A pour une pente de 3 à 8%
B pour une pente de 8 à 15%
C pour une pente supérieure à 15%

L'ensemble des repères cartographiques est terminé par une ligne de chiffres 9. Dans ce bloc d'information des séquences de chiffres 8 ont été placées en position de 1 à 7. Elles servent aux programmes de correction et d'addition de données sur le support magnétique.

33 : LES PROGRAMMES

33-1 Introduction

Les listes complètes des programmes utilisés se trouvent dans l'annexe 4. Ils ont étés écrits en FORTPAN IV et utilisés sur l'ordinateur I.B.M. 360/65 du Centre d'Informatique de l'Université d'Ottawa. Un programme de transfert qui entre dans la séquence de programmes pour les cartes interprétées est écrit en SNOBOL. Ce language très conci est particulièrement pratique pour les comparaisons.

33-2 Production de Cartes de Facteurs

Le programme se compose d'une partie principale faisant appel à une série de sous-routines différentes selon le facteur à cartographier. Les noms de ces sous-routines et leur fonction sont donnés dans le tableau no 11.

Le programme principal trie l'information nécessaire et la transfère sur un disque temporaire qui sert d'entrée au programme de cartographie (SYMAP V) proprement dit. La carte sort sur l'imprimante ou peut être gardée en mémoire sur bande ou sur disque (fig.no 32).

33-2-1 Remarques générales.

Parmi les cartes existantes, il y a six plans de situation: les pentes, la lithologie, les numéros des forages, les bruits de fond et les zones non-échantillonnées. Les autres cartes sont des cartes en courbes isolignes. Il ne faut donc pas oublier, en travaillant sur ces cartes, qu'elles ne sont exactes que dans la mesure où le phénomène mesuré peut être considéré comme une variable continue et que la validité des interpolations dépend de l'algoritme choisi.

FIGURE NO 32 : ORGANIGRAMME SCHEMATIQUE DU SYSTEME D'INFORMATION GEOSCIENTIFIQUE DE LA REGION NORD DE MONTREAL

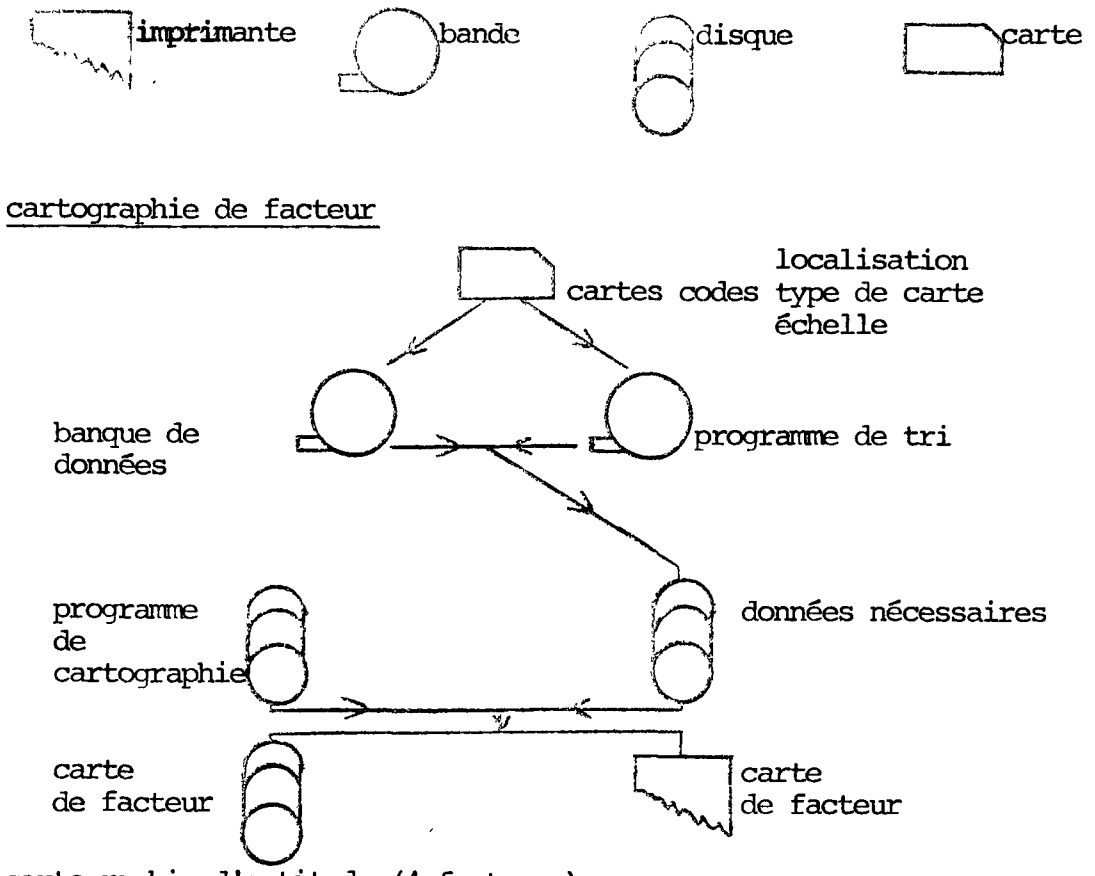


TABLEAU NO 7 : NOMS ET FONCTION DES SOUS-ROUTINES UTILISÉES
(décembre 1973)

CARA : Cartes du pourcentage d'argile,de sable, de limon,des limites de liquidité, de plasticité, de densité du matériel, de pH, de densité des solides et de teneur en carbonates

CSURF: Carte de la lithologie des matériaux de surface depuis les données des forages C.A.I.M.

EPAI : Epaisseur du sable ou de l'argile

EPAM : Epaisseur des dépôts meubles

EPAT : Epaisseur du till

IPLA : Indice de plasticité ou teneur en particules inférieures à 60 microns

LITHO: Lithologie de la roche en place (d'après les déblais des forages profonds

NOS : Localisation des forages de surface ou des forages profonds

PENT : Carte des pentes , des zones non-échantillonnées ou du bruit de fond

PORO : Porosité

PRIMIN: Profondeur moyenne ou minimale de la nappe phréatique

TEAU : Teneur en eau

Ce projet tentait surtout de démontrer qu'un tel système pouvait voir le jour rapidement à condition que le support technique (software et appareillage) n'ait pas à être remanié. Il existe actuellement sur le marché et dans la plupart des instituts de recherches publics ou privés des programmes de cartographie différents du SYMAP V qui utilisent d'autres appareils pour la sortie du travail (table traçante ou écran cathodique) et surtout d'autres formules d'interpolation (pour l'Université d'Ottawa, Douglas 1973).

Les cartes de facteurs des matériaux de surface se basent sur 734 points de contrôle pour tout le territoire étudié. Celles construites avec les informations des forages profonds sont basées sur 210 points pour les données stratigraphiques et sur moins pour les résultats d'analyses de laboratoire, vu que certaines données manquent (échantillon trop petit, manipulation erronée etc...). Les cartes sont donc précises à proximité des points de contrôle, indiqués soit par la valeur du facteur en ce point soit par un caractère blanc. Il ne faut pas tenir compte des valeurs extrapolées par le programme de cartographie en dehors des limites de la région échantillonnée (Nord de la Rivière du Nord, sauf à proximité immédiate de celle-ci , Collines d'Oka, sauf pour les forages de surface), les cartes de

localisation des points de contrôle (no 8 et 9) doivent servir de complément d'information pour toute interprétation. Dans l'étude des cartes de facteur basées sur les forages profonds, il faut se référer à la carte des dépôts de surface (no 3) pour connaître les terrains non-échantillonnés à l'intérieur du territoire étudié (till, affleurements ou gravières).

Nous parlerons ici des cartes dont le système dispose en novembre 1973. Le système pouvant être amélioré continuellement par l'apport de nouvelles informations, la date d'inventaire du contenu a toute son importance. Nous ne parlerons pas de toutes les cartes de facteur mais seulement de celles qui posent des problèmes d'interprétation.

33-2-2 La carte des pentes (no 12 et 13)

Cette information existe pour les régions-test de Ste-Scholastique et de St-Janvier (sauf la partie à l'Est de l'autoroute des Laurentides et au Sud de la Rivière Mascouche et le Sud de la région). Elle provient des cartes d'E.Z.A.I.M. construites à partir de la carte au 1/10.000 avec une équidistance de 2.5m (8 pi) du Ministère des Terres et Forêts du Québec. Les autres régions qui seront incorporées à la banque de données proviendront, soit des

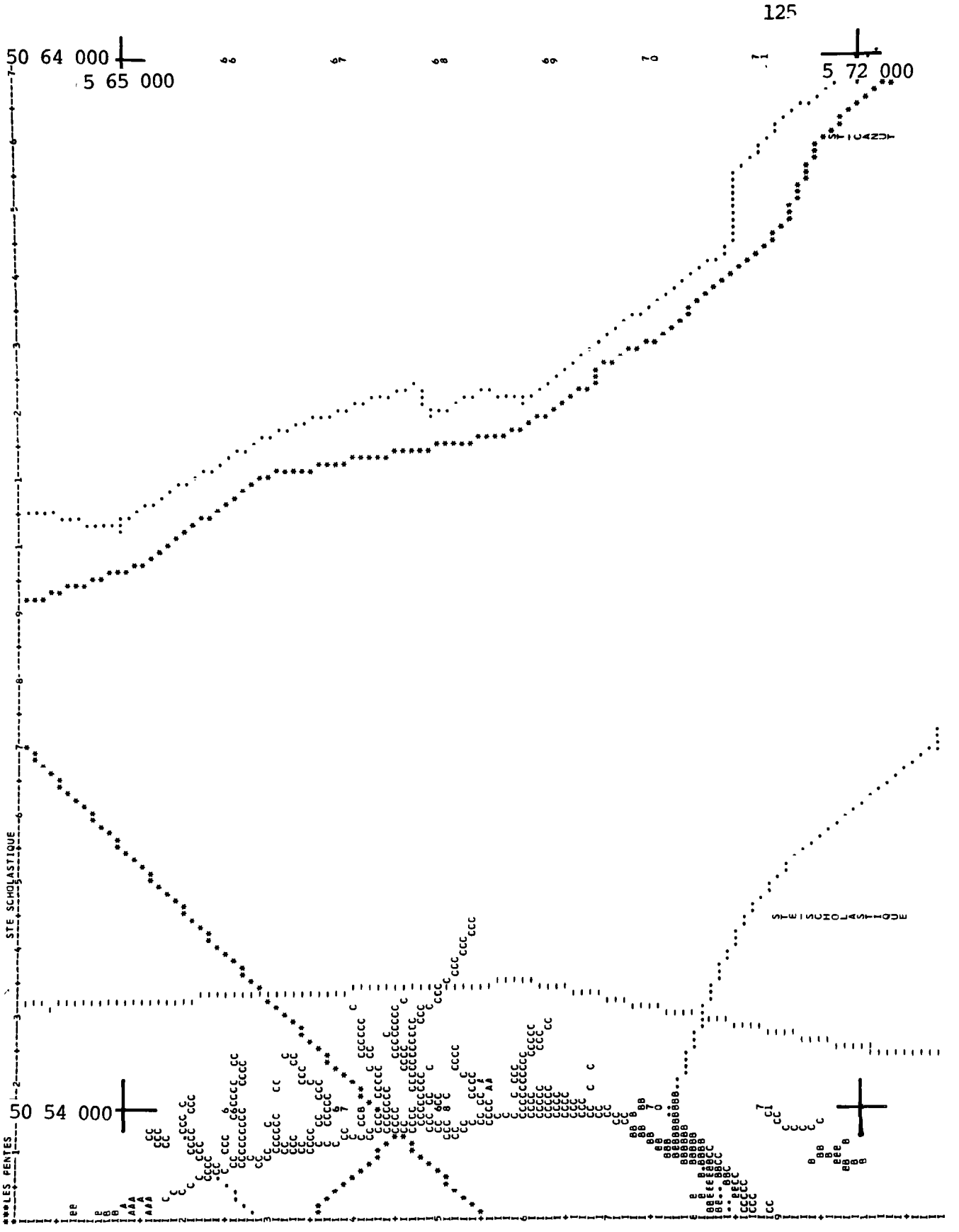
travaux d'E.Z.A.I.M., soit du S.A.T.R.A., soit de nos propres compilations. Nous avons suivi la même méthode que E.Z.A.I.M. . Les classes de pentes choisies sont celles de ce groupe . Les classes de S.A.T.R.A. sont trop nombreuses pour notre échelle de travail. Ces classes sont de 0 à 3 % (0-2 degrés -en blanc) de 3 à 8 % (de 2 à 4 degrés -des lettres A) de 8 à 15 % (de 4 à 8 degrés -des lettres B) de plus de 15 % (plus de 8 degrés -des lettres C).

Vu l'utilisation du convertisseur digital pour enregistrer les coordonnées de relativement petites surfaces, les classes semblent discontinues. En améliorant les techniques de relevés de ces données et le programme de cartographie, ce défaut s'amenuisera.

LEGENDE POUR LES CARTES 12 et 13

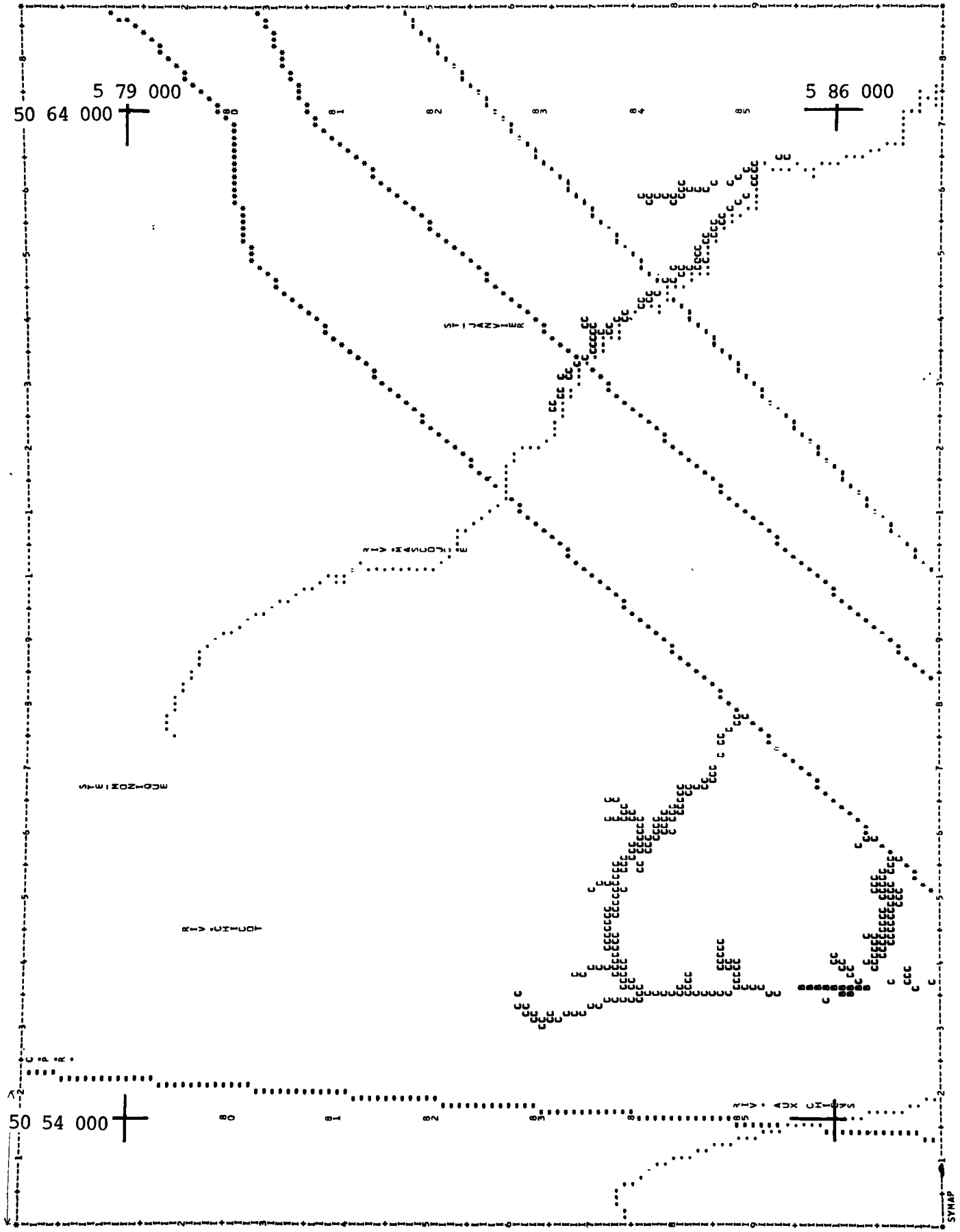
Les pentes

	de 0 à 3 %
A	de 3 à 8 %
B	de 8 à 15 %
C	plus de 15 %



Carte no 12 : Les pentes

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 13 : Les pentes

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-2-3 La carte de la profondeur minimale de la nappe phréatique(no 14 et 15)

Cette carte est construite avec des données du Ministère des Richesses Naturelles du Québec (département d'hydrologie) .Les relevés ont été faits du mois d'août 1972 au mois de mai 1973. Ils se poursuivent à raison d'un relevé par mois sauf pour la période hivernale (puits gelés). Les relevés couvrent 58 puits et forages piézométriques de profondeurs variables, en moyenne de 5 m (15 pi) (carte no 7). Le niveau le plus élevé de la nappe durant cette période, qui fut très pluvieuse, est utilisé pour la construction de la carte. Ces données ne sont pas entièrement valables, vu qu'elles couvrent une très courte période et que les puits sont de profondeur inégale (ils peuvent indiquer une intégration du niveau de plusieurs nappes) et relativement peu nombreux (s'ils étaient également répartis sur tout le territoire étudié, il y aurait 4.5 puits pour 100 km carrés ou 1.2 pour 10 mi carrés). Elles ont été intégrées au système pour démontrer la souplesse de celui-ci.

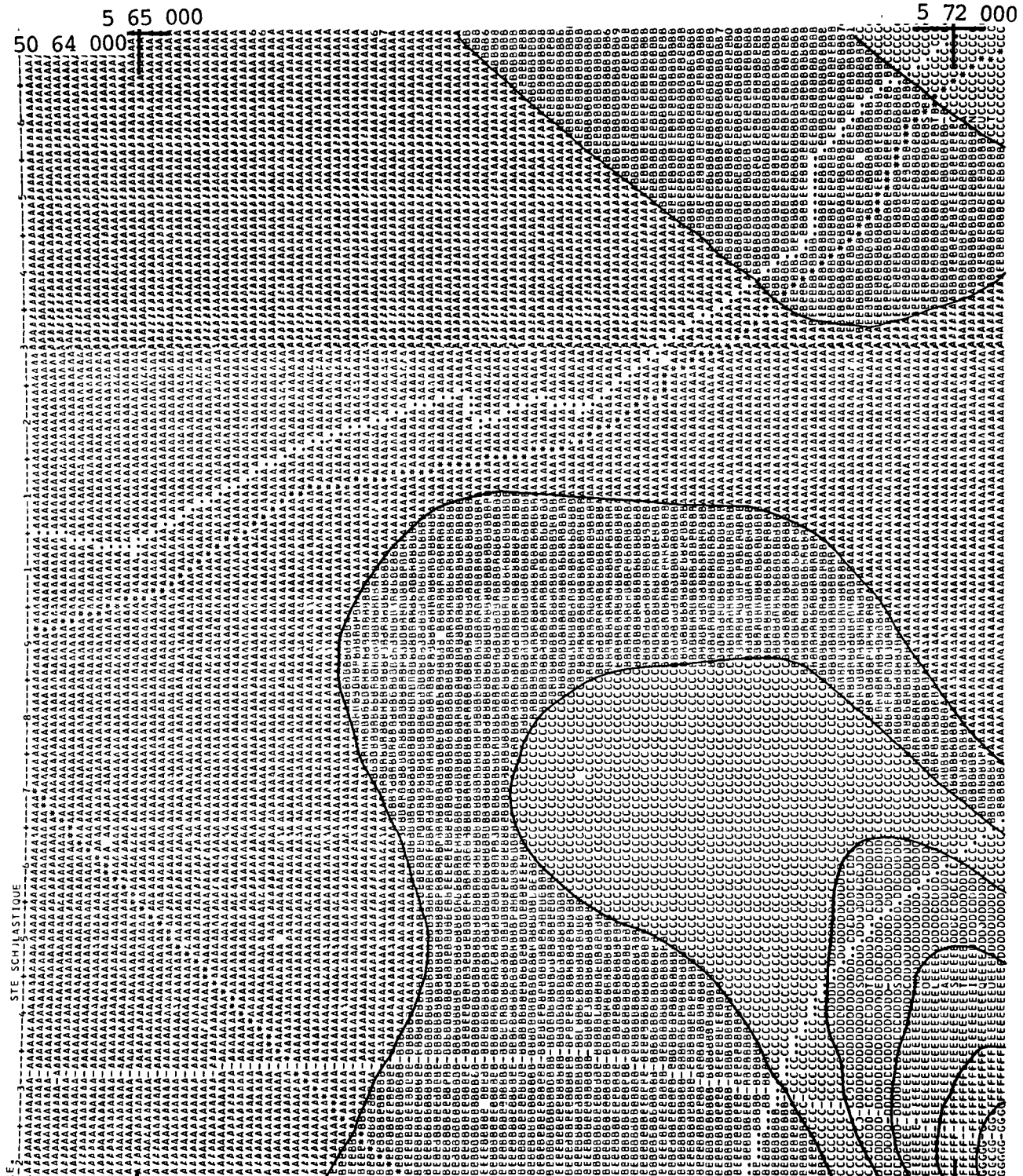
Vu le mauvais temps de l'été 1972, on peut supposer que la carte de la valeur minimale de la profondeur de la nappe phréatique est proche des valeurs réelles.Il n'en est pas de même pour la carte de la valeur moyenne de cette

profondeur qui, elle, demanderait des séquences d'observations s'étendant sur une période beaucoup plus longue.

LEGENDE POUR LA CARTE 14

Profondeur minimale de la nappe phréatique (Ste-Scholastique)

A	de 0.0 à 1.5 pi (0.0 à 0.52 m)
B	de 1.5 à 3.0 pi (0.52 à 1.04 m)
C	de 3.0 à 4.5 pi (1.04 à 1.56 m)
D	de 4.5 à 6.0 pi (1.56 à 2.08 m)
E	de 6.0 à 7.5 pi (2.08 à 2.60 m)
F	de 7.5 à 9.0 pi (2.60 à 3.12 m)
G	de 9.0 à 10.5 pi (3.12 à 3.64 m)



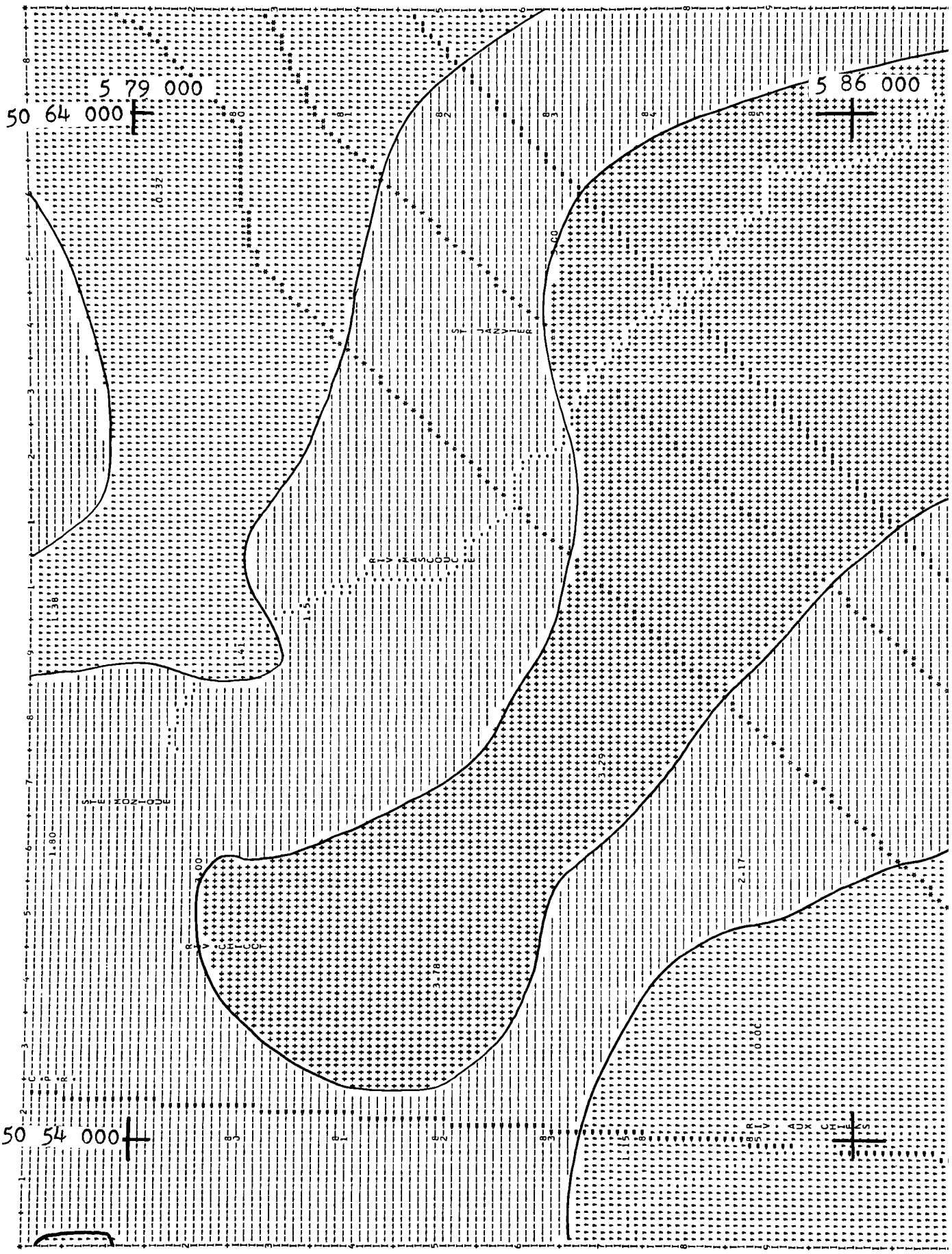
Carte no 14 : Profondeur minimale de la nappe phréatique

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000

LEGENDE POUR LA CARTE 15

Profondeur minimale de la nappe phréatique (St-Janvier)

,	de 0.0 à 1.5 pi (de 0.00 à 0.52 m)
-	de 1.5 à 3.0 pi (de 0.52 à 1.04 m)
+	de 3.0 à 4.5 pi (de 1.04 à 1.56 m)



Carte no 15 : Profondeur minimale de la nappe phréatique

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

32-4-3 Les cartes des variables granulométriques (no 16 à 20)

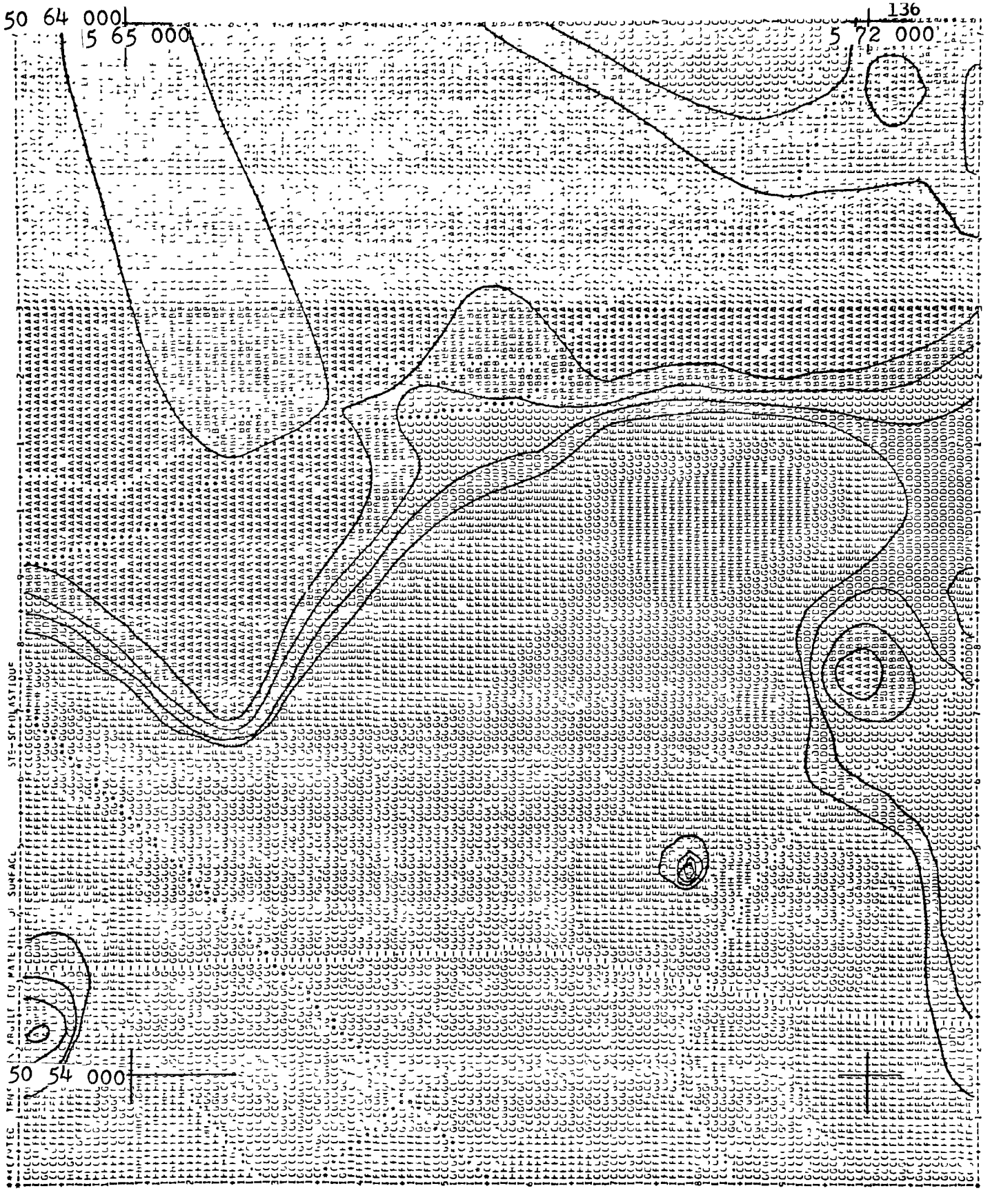
On peut nous reprocher d'avoir traité les caractéristiques granulométriques comme des variables continues. Il est certain que cette hypothèse de base est difficile à soutenir, mais, ne connaissant pas les conditions de sédimentation de ces éléments, il est difficile de déterminer un moyen d'estimation. L'interpolation de type gravitaire faite par le programme de cartographie, pour la teneur en argile par exemple, d'un côté à l'autre d'une butte de till (les légendes sont imprimées sur la carte en dernier lieu et ne jouent aucun rôle dans le calcul des différentes valeurs) est erronée. Mais la butte de till ne peut pas être non plus considérée comme une "barrière", ce qui rendrait indépendante l'interpolation d'un côté et de l'autre de la butte. Quand le dépôt s'est formé, dans une eau relativement profonde, la butte de till pouvait orienter les courants de sédimentation en ne jouant pas du tout un rôle de "barrière" dans le bassin. Toutes ces questions doivent être résolues si le système désiré doit s'adapter à plusieurs environnements géologiques mais elles représentent un autre domaine de recherche qui ne sera pas abordé ici. Le seul palliatif existant actuellement est d'augmenter le nombre de

points de contrôle et de les disposer en manière telle que chaque variation visible dans la sédimentation soit représentée. Les buttes de till ont été indiquées sur les cartes d'aptitude. Les placages argileux, à proximité immédiate de celles-ci , d'après notre connaissance de la région, sont plus riches en particules grossières provenant de la matrice du till remanié par les vagues de la mer de Champlain et par le ruissellement.

LÉGENDE POUR LES CARTES NO 16 et 17

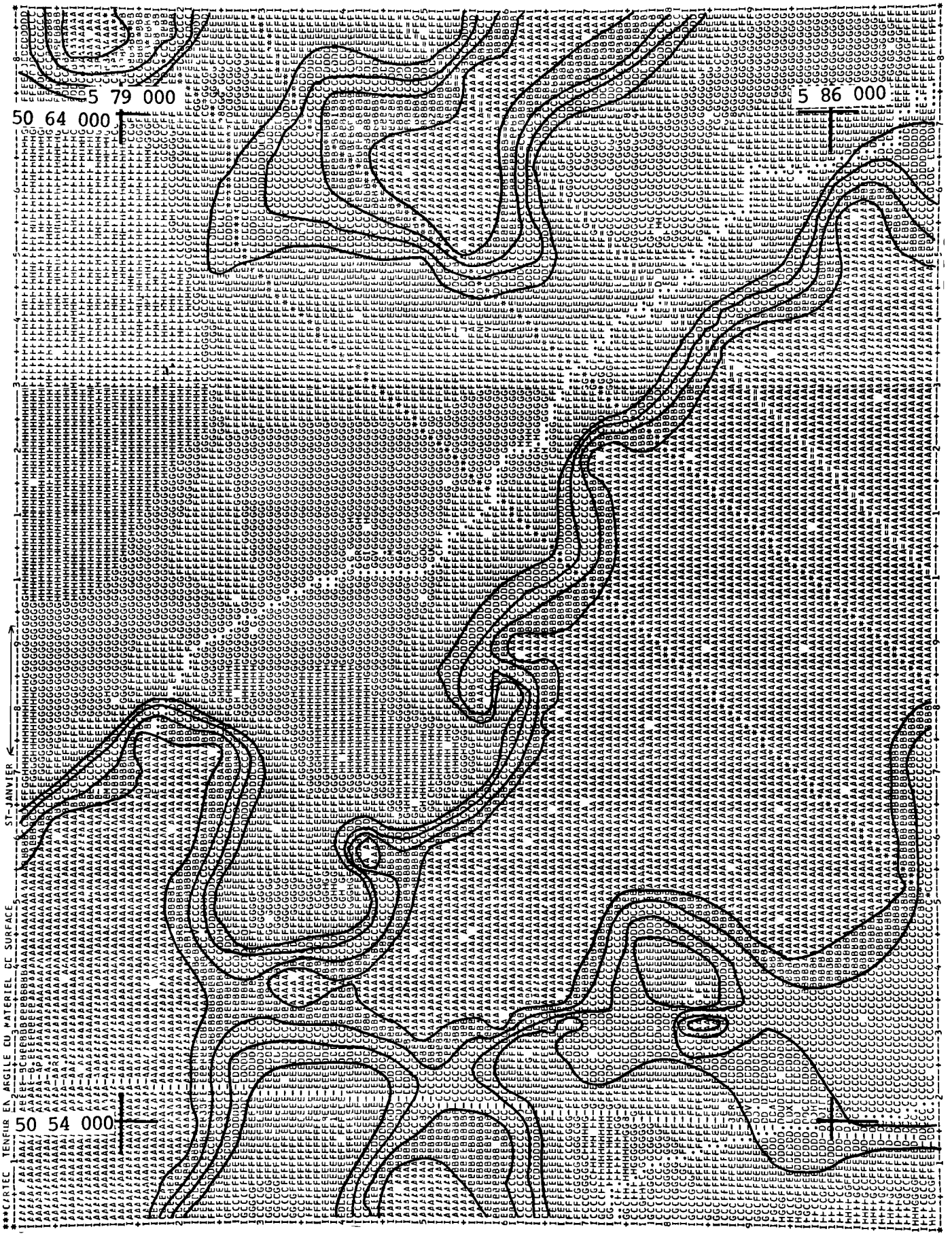
Teneur en argile du matériel de surface

A A	de 0 à 10 %
B B	de 10 à 20 %
C C	de 20 à 30 %
D D	de 30 à 40 %
autres symboles	plus de 40 %



Carte no 16 : Teneur en argile du matériel de surface

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 17 : Teneur en argile du matériel de surface

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

LEGENDE POUR LES CARTES 18 à 20

Teneur en limon du matériel de surface (Ste-Scholastique)

Teneur en sable du matériel de surface (Ste-Scholastique et St-Janvier)



de 0 à 10 %



de 10 à 20 %



de 20 à 30 %



de 30 à 40 %



de 40 à 50 %



de 50 à 60 %



de 60 à 70 %



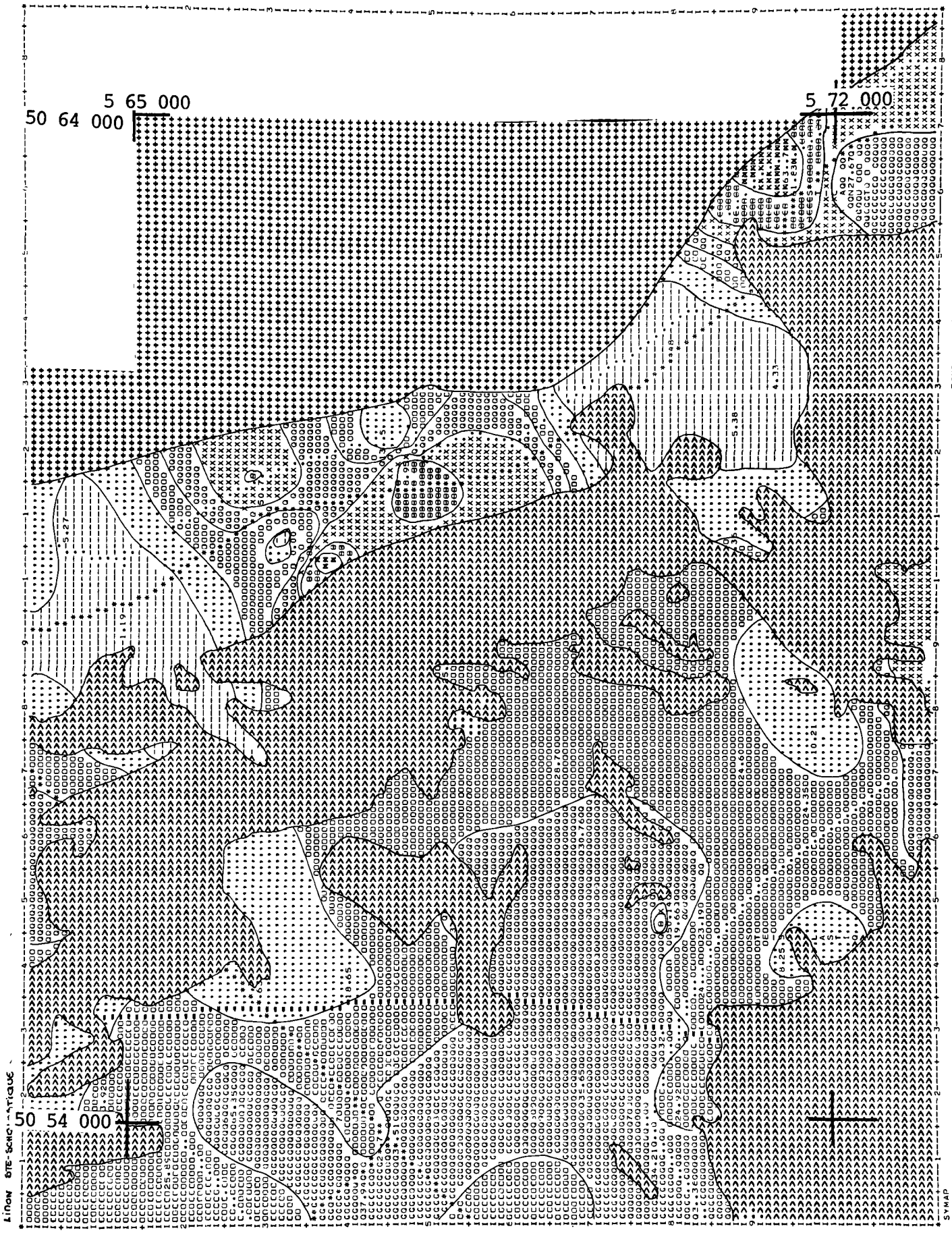
de 70 à 80 %



de 80 à 90 %

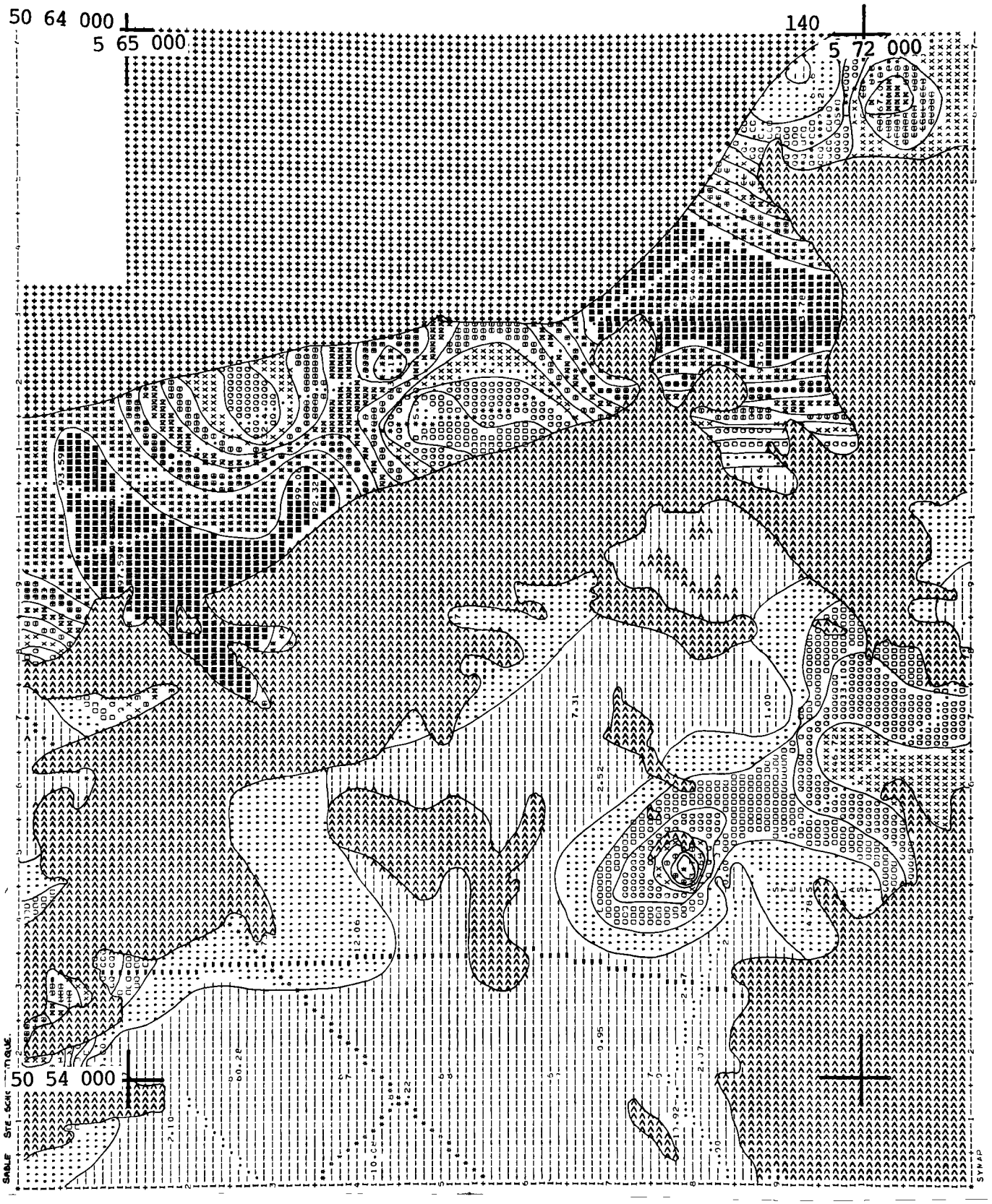


de 90 à 100 %



Carte no 18 : Teneur en limon du matériel de surface

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 19 : Teneur en sable du matériel de surface

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 20 : Teneur en sable du matériel de surface

St-Janvier. échelle approximative 1/50,000

33-2-5 La carte du matériel superficiel (no 21 et 22)

Pour qualifier les matériaux, les caractéristiques granulométriques et les limites d'Atterberg ont étés regroupées. Cette classification se rapproche de la classification américaine "Unified Soil Classification System" (Terzaghi et al. 1967 p 40). Une différence importante cependant: la limite supérieure des limons est de 74 microns dans la classification U.S.C.S. et de 60 microns dans la notre. Nous nous en sommes tenus à trois grandes classes dont les propriétés géotechniques sont très différentes (fig.no 33)

a- Les matériaux à grains grossiers, contenant moins de 50 % de particules fines (inférieures à 60 microns). (les classes G et S regroupées dans la classa A) Ils ne sont pas plastiques et se comportent suivant les lois des matériaux sans cohésion.

b-Les matériaux à grains fins, non plastiques, contenant plus de 50 % de particules inférieures à 60 microns et ayant une limite de liquidité inférieure à 50 (les classes CL,ML,OL regroupées dans la classe B). La limite de 50 pour

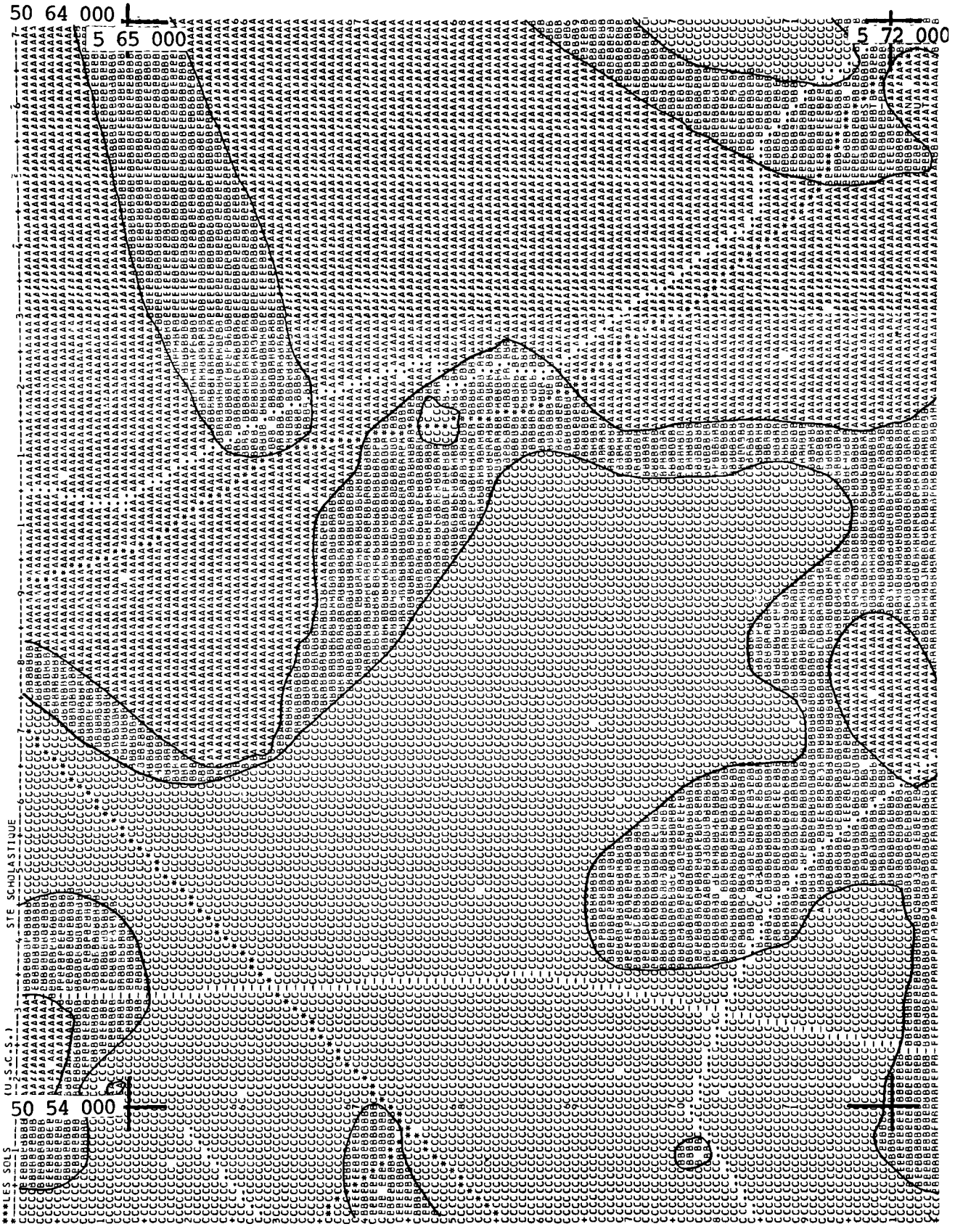
la limite de liquidité est arbitraire mais une valeur supérieure à 50 implique que le matériel est susceptible de se déformer (compaction, dilatation, gonflement etc...).

c-Les matériaux à grains fins plastiques, contenant plus de 50 % de particules fines et ayant une limite de liquidité de plus de 50 (la classe C regroupant les classes CH, MH, OH).

LEGENDE DES CARTES 21 et 22

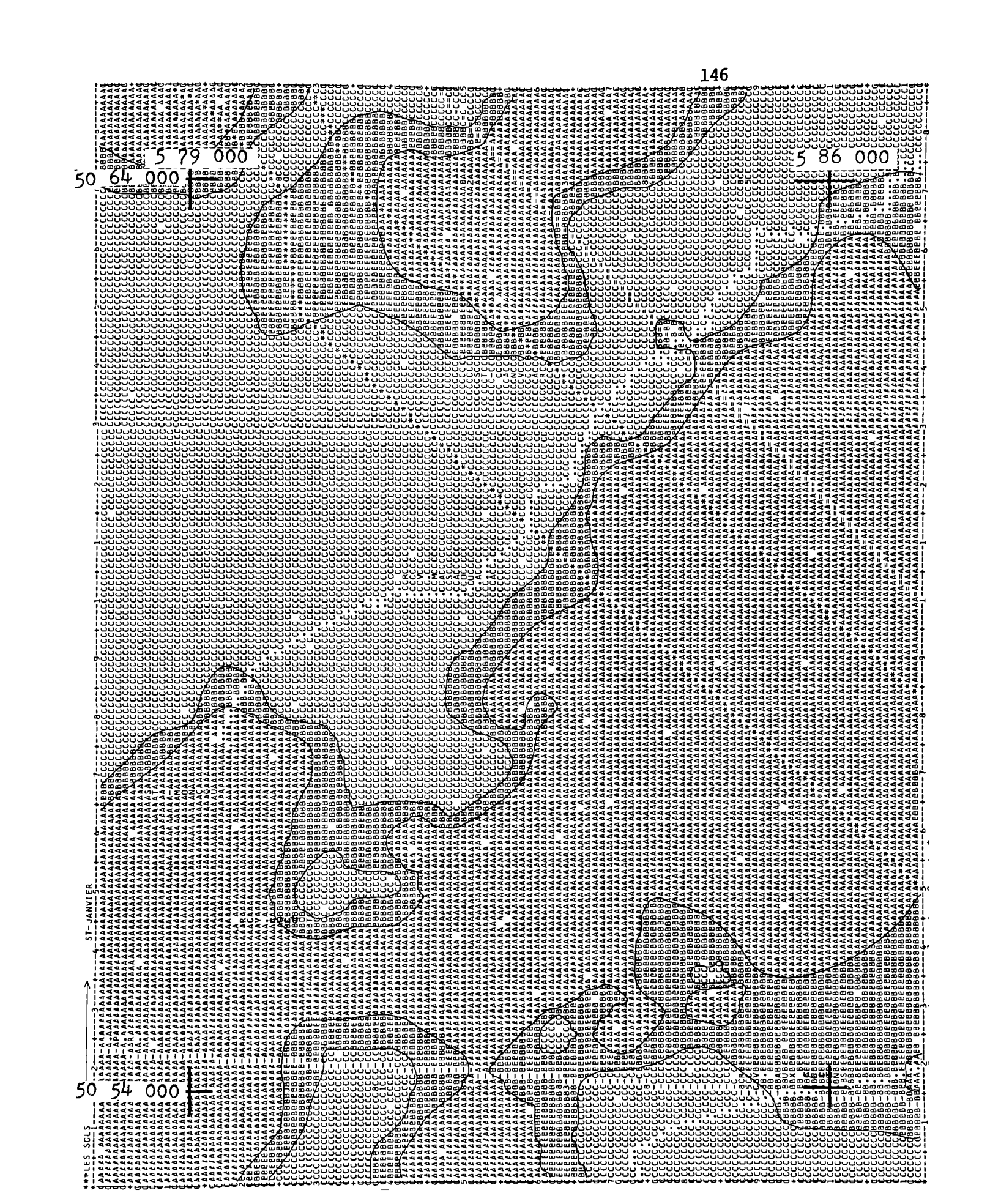
Matériel de surface

A	moins de 50 % de particules fines
B	plus de 50 % de particules inférieures à 60 microns limite de liquidité inférieure à 50
C	plus de 50 % de particules fines limite de liquidité supérieure à 50



Carte no 21 : Texture du matériel de surface

Ste-Scholastique 1/50,000



Carte no 22 : Texture du matériel de surface

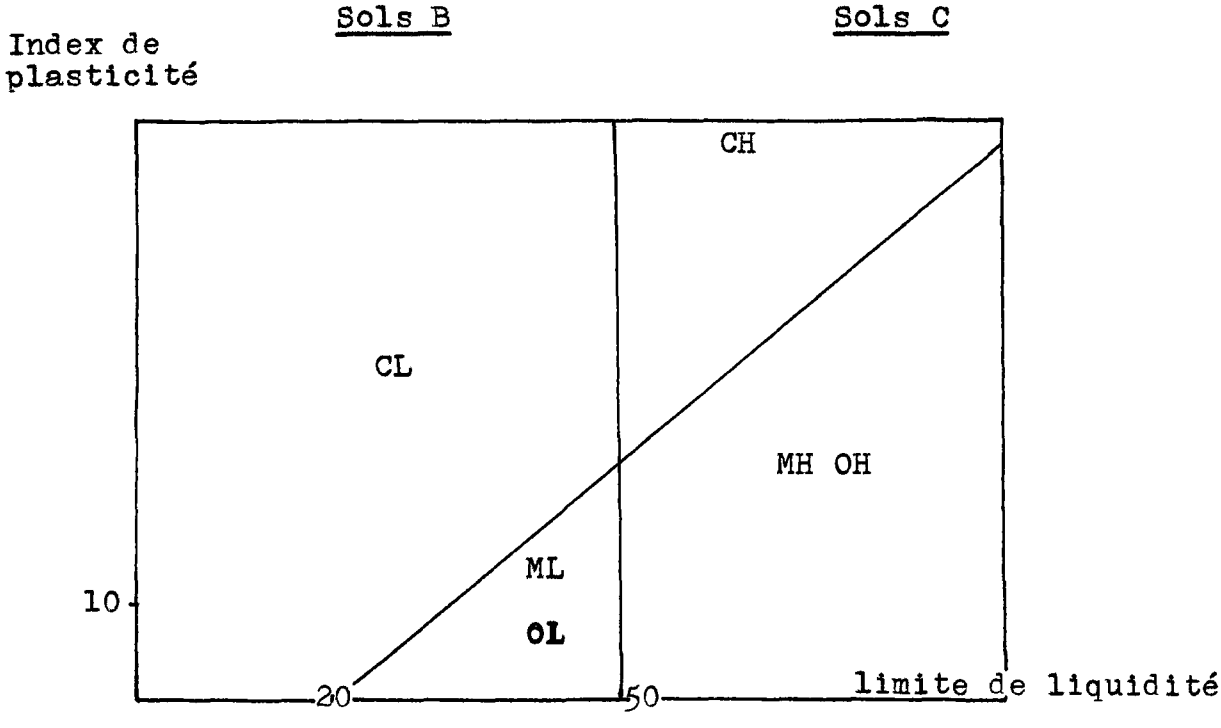
St-Janvier, 1/50,000

FIGURE NO 33 : SCHÉMA DE LA CLASSIFICATION " U.S.C.S." ET LA SIMPLIFICATION UTILISÉE

Sols A

	G : Gravier 50 % est supérieur à 4.5 mm	U ou P : notion de tri
Sols à grains grossiers 50 % est supérieur à 0.074 mm	S: Sable 50 % est inférieur à 4.5 mm	C : présence d'argile M : présence de limon

Sols à grains fins : 50 % est inférieur à 0,074 mm

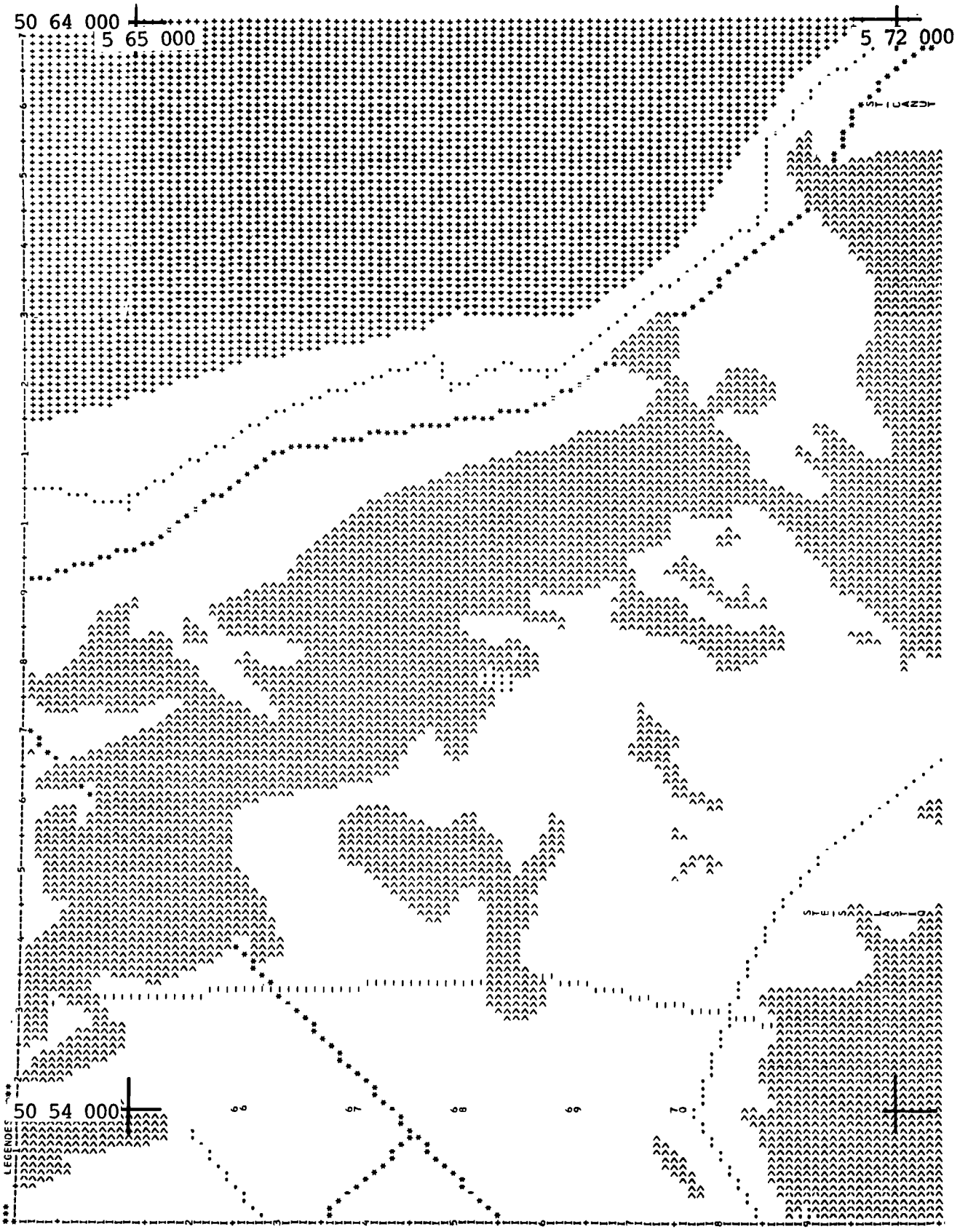


33-2-6 La carte des zones non-échantillonnées (no 23 et 24)

Cette carte est un plan de situation regroupant les informations cartographiques des relevés de terrain et du travail sur photographies aériennes. La carte montre les affleurements, les zones de till, les dépôts de gravier et le Bouclier Précambrien. Les affleurements qui n'ont pas pu être vérifiés sur le terrain nous ont été indiqués par les équipes des sondages sismiques. La roche en place est souvent très proche de la surface sous une mince couche de till. Il ne faut cependant pas en conclure que le till est partout mince (forage no 115 P: 40m de till - 129 pi). Dans la séquence stratigraphique de la région, le till semble toujours reposer sur la roche en place.

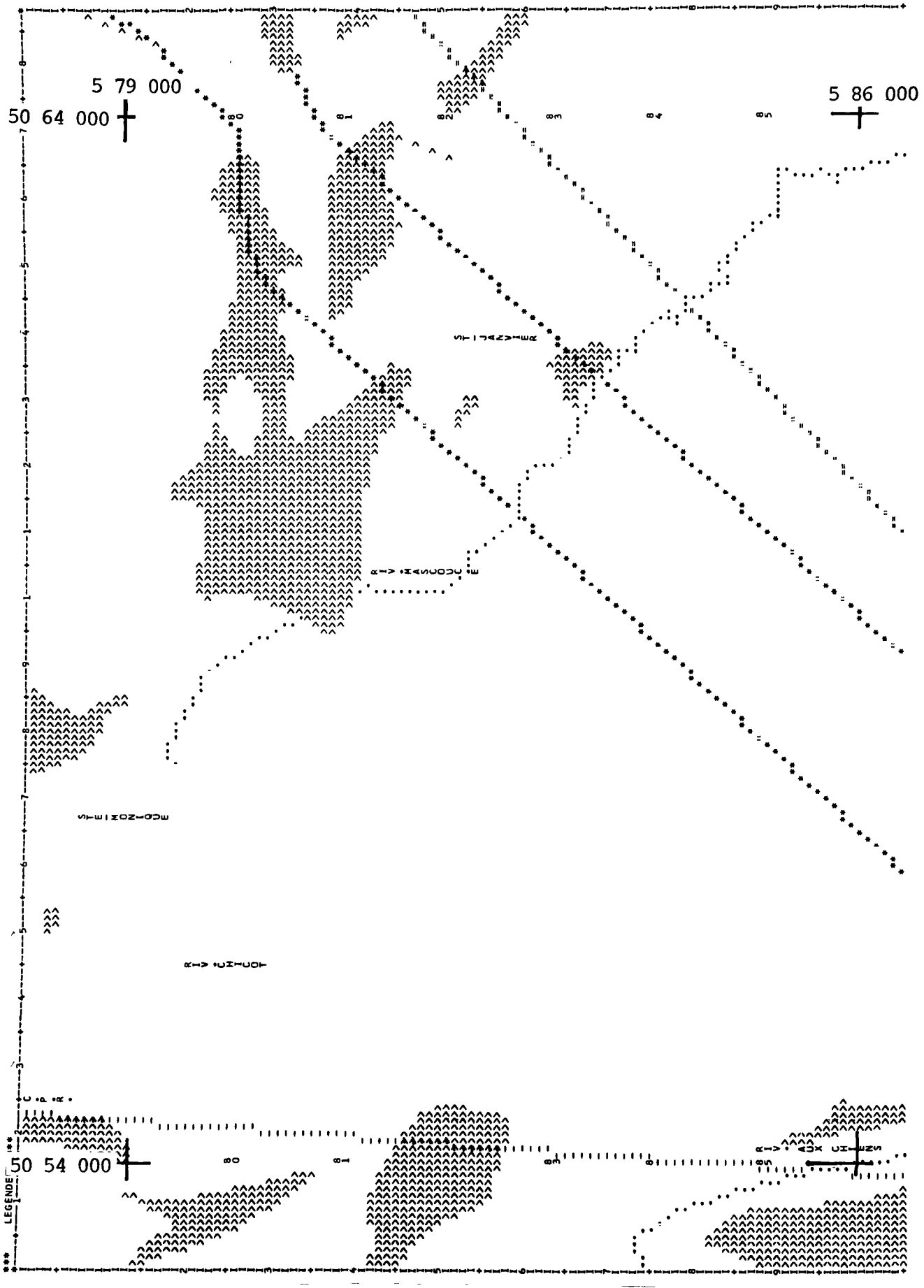
LEGENDE DES CARTES 23 et 24

voir figure no 31



Carte no 23 : Les zones non-échantillonnées

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 24 : Les zones non-échantillonnées

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

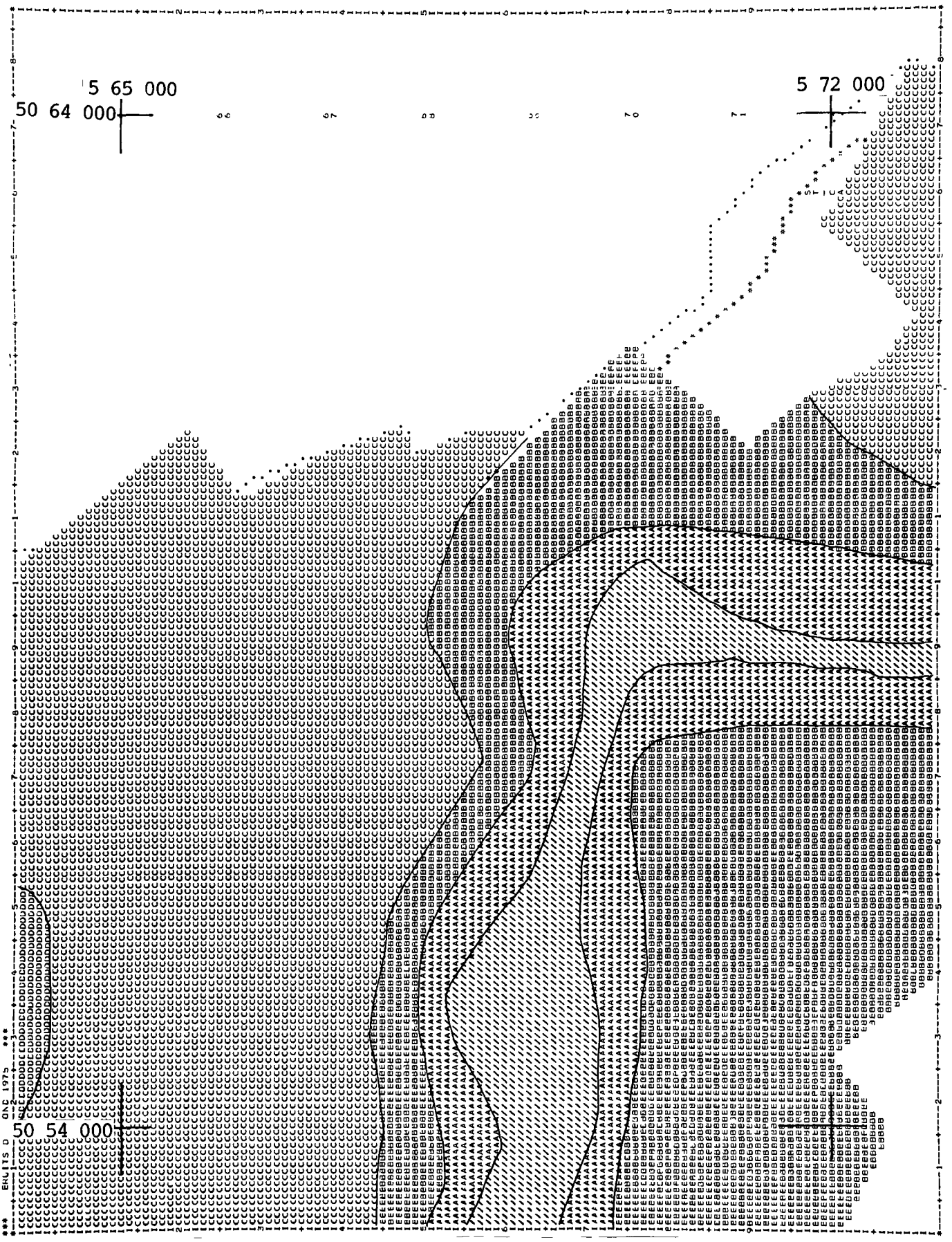
33-2-7 La carte des bruits (no 25 et 26)

La carte des bruits (Marsan et al. 1972) a été établie d'après les données de bruits mesurées à l'aéroport de Dorval pondérées par la configuration de l'aéroport International de Montréal à Mirabel. Cette carte est une prévision du bruit de fond en décibels pour l'année 1975. La carte ne représente pas les maxima sonores. Nous avons préféré utilisé cette carte-ci plutôt que celle du potentiel de désagrément dont les différentes classes sont moins clairement définies. Les bruits des routes sont inclus dans le bruit de fond. C'est pour cette raison que le couloir utilisé par l'autoroute 15, qui sera très chargée, une fois l'aéroport en service, sort si nettement.

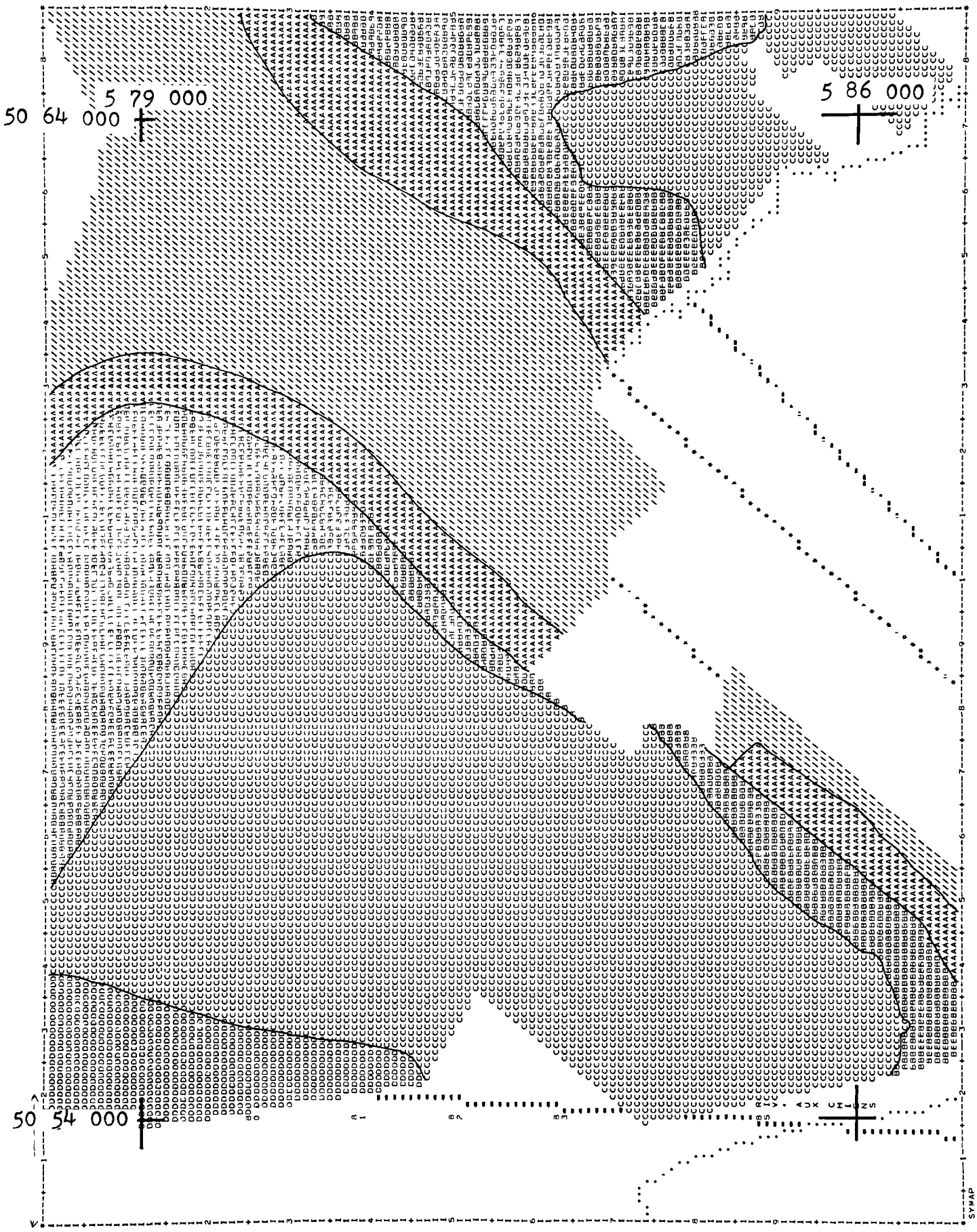
LEGENDE POUR LES CARTES 25 et 26

Les bruits de fond en 1975

D	de 30 à 37 dcb(A)
C	de 37 à 44 dcb(A)
B	de 44 à 51 dcb(A)
A	de 51 à 58 dcb(A)
/	plus de 58 dcb(A)



Carte no 25 : Bruits de fond en 1975
Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 26 : Les bruits de fond en 1975

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-2-8 La carte de l'épaisseur des dépôts meubles (no 27 et 28)

Les cartes de l'épaisseur des dépôts meubles et de la topographie du toit de la roche en place sont faites avec les données des forages profonds et celles des sondages sismiques. Les sondages sismiques donnent une valeur approchée à 10 % près. Les erreurs sont relativement fréquentes quand les sondages sont proches de routes à trafic lourd. Pour ces raisons, seulement les sondages donnant une épaisseur inférieure à 7 m (25 pi) ont été utilisés . Ils donnent des informations dans les régions où il n'y a pas eu de forages profonds, et permettent de détecter les remontées du toit de la roche en place.

Les inconvénients du type d'interpolation utilisé apparaissent sur cette carte. Nous pensons, à la suite de nos investigations, que la Rivière du Nord coule dans une ancienne vallée remblayée. Cette hypothèse est soutenue par les épaisseurs de sédiments à allure alluviale des forages 042P à 048P. Sur la carte apparaissent les forages 045P (24m, 80 pi), 046P (29m, 96pi), 047P (37m, 120pi), 048P (34m, 112 pi). Ce sillon est compris entre le Bouclier Précambrien au Nord et la crête morainique au Sud. Malheureusement, nous n'avons pas de données sur le bouclier, qui n'est donc pas

tenu en compte dans l'interpolation. L'interpolation faite par le SYMAP V tend à entourer chaque point de contrôle d'une auréole de valeurs et le sillon de la rivière du Nord apparaît comme une succession de cônes inversés. Ce phénomène pourrait être corrigé en introduisant d'autres valeurs dans la banque de données provenant des sondages sismiques ou de valeurs nulles attribuées aux affleurements de précambrien. Dans le cas de ce travail, sur les cartes d'aptitude, nous avons masqué la région au Nord de la Rivière par un figuré indiquant des affleurements de précambrien.

LÉGENDE POUR LES CARTES 27 et 28

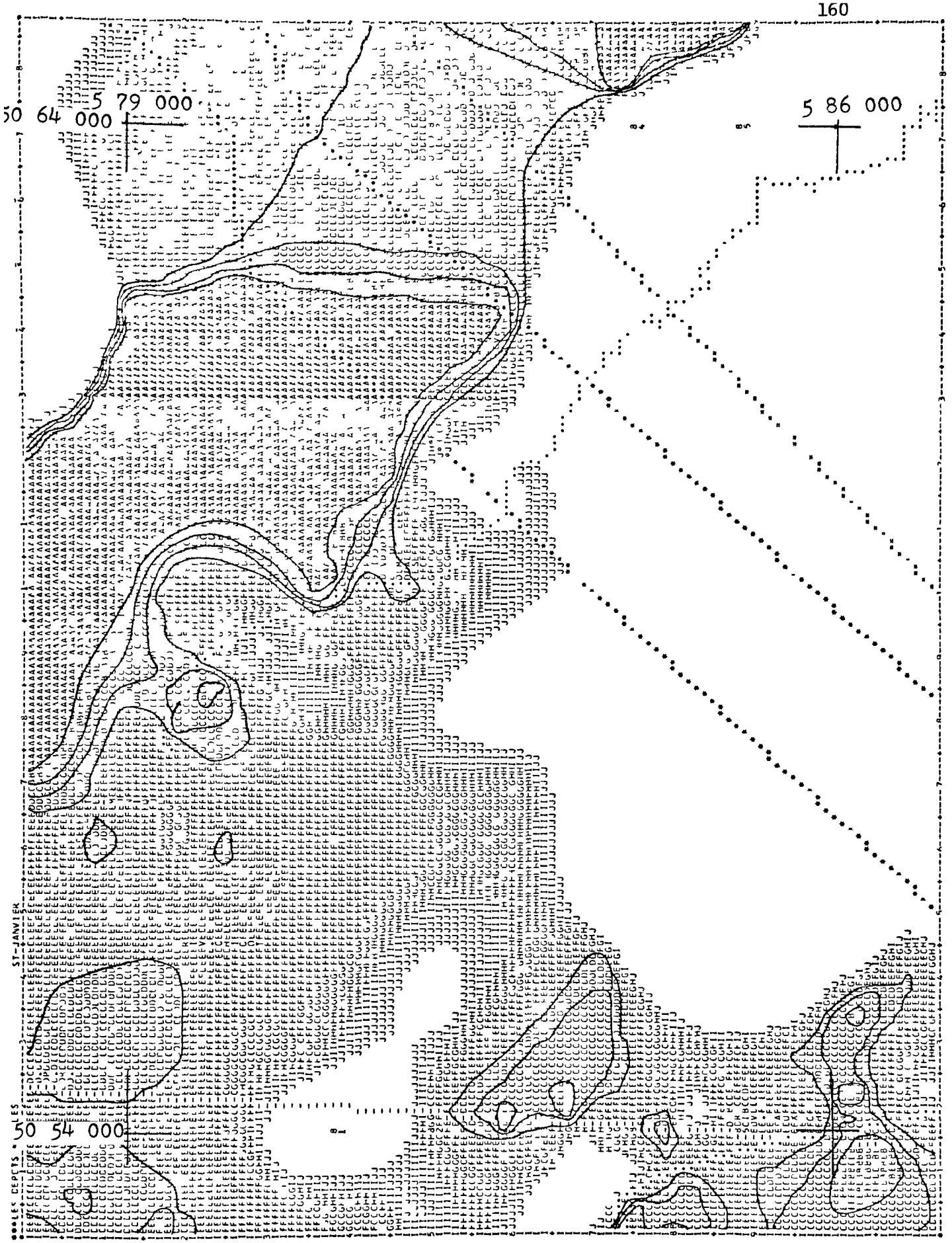
Épaisseur des dépôts meubles

A A	de 0.0 à 3.5 pi (de 0.00 à 1.22 m)
B B	de 3.5 à 7.0 pi (de 1.22 à 2.44 m)
C C	de 7.0 à 10.5 pi (de 2.44 à 3.66 m)
D D	de 10.5 à 14.0pi (de 3.66 à 4.88 m)
autres symboles	plus de 14 pi (plus de 4.88 m)



Carte no 27 : Epaisseur des dépôts meubles

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 28 : Epaisseur des dépôts meubles

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

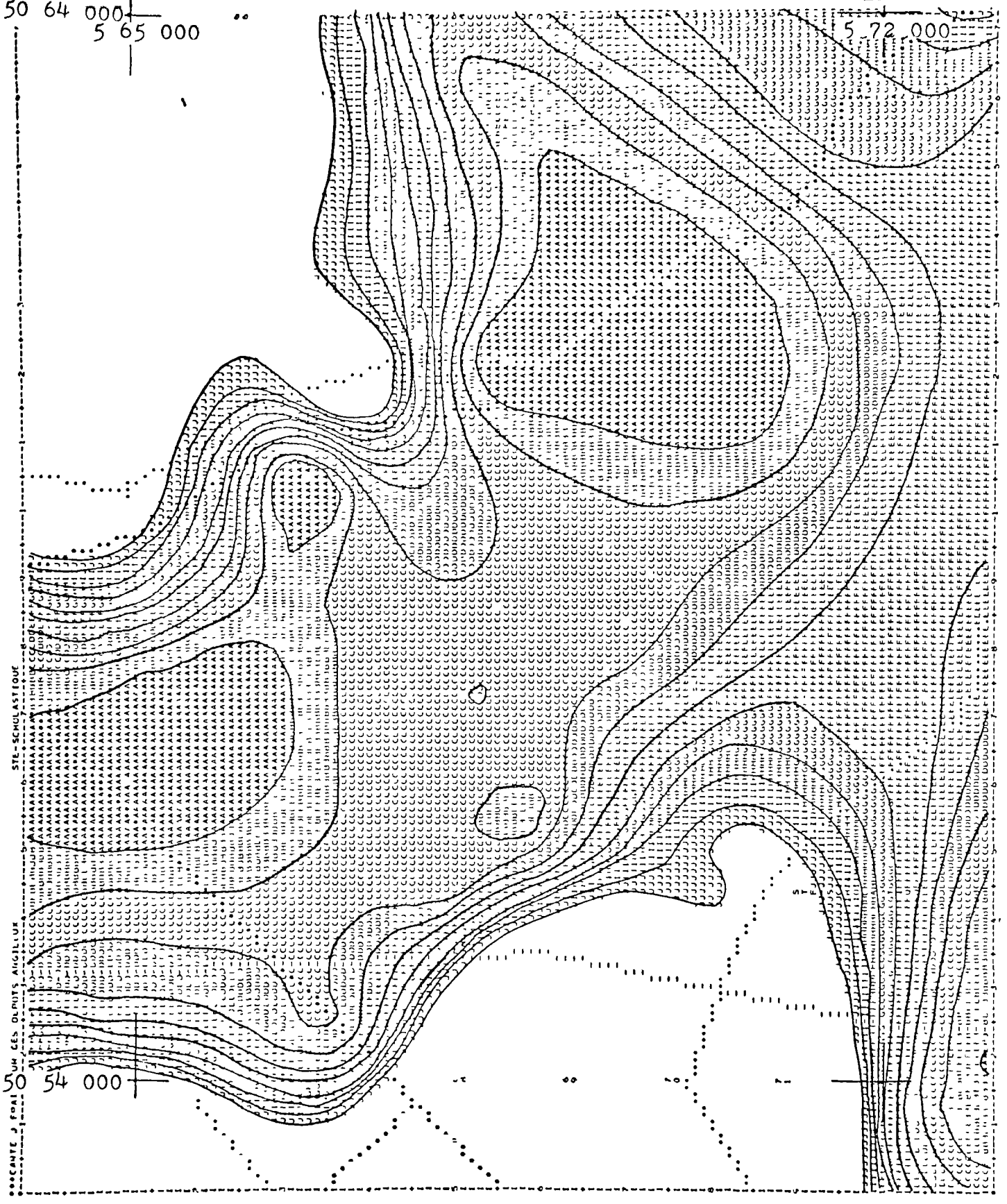
33-2-9 Les cartes d'isopaches (no 29 à 32)

Les cartes d'épaisseur des différentes couches lithologiques sont faites uniquement avec les points des forages profonds. Les valeurs interpolées sont parfois en contradiction avec celles de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles. La deuxième carte a été faite avec les données des sondages sismiques en plus. Il faut toujours comparer ces deux cartes, si le terrain étudié est loin d'un point de contrôle qui est indiqué par un caractère blanc sur la carte de facteur.

LÉGENDE POUR LES CARTES 29 ET 30

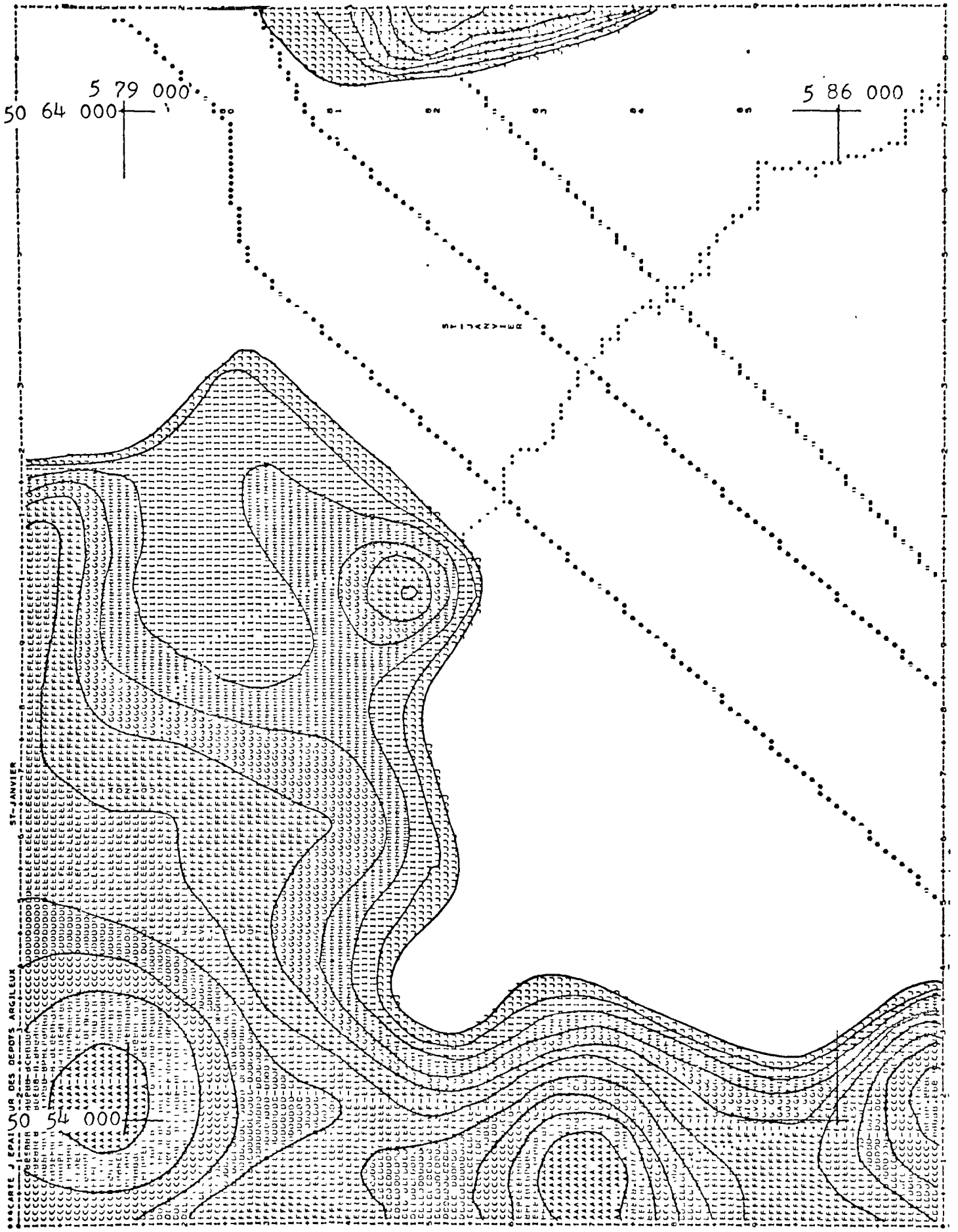
Épaisseur des dépôts argileux

A A	de 0 à 3 pi (de 0.00 à 1.04 m)
B B	de 3 à 6 pi (de 1.04 à 2.08 m)
C C	de 6 à 9 pi (de 2.08 à 3.12 m)
D D	de 9 à 12 pi (de 3.12 à 4.16 m)
E E	de 12 à 15 pi (de 4.16 à 5.20 m)
F F	de 15 à 18 pi (de 5.20 à 6.24 m)
G G	de 18 à 21 pi (de 6.24 à 7.28 m)
H H	de 18 à 24 pi (de 7.28 à 8.32 m)
I I	de 24 à 27 pi (de 8.32 à 9.36m)
J J	de 27 à 30 pi (de 9.36 à 10.40 m)
	plus de 30 pi (plus de 10.40 m)



Carte no 29 : Epaisseur des dépôts argileux

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



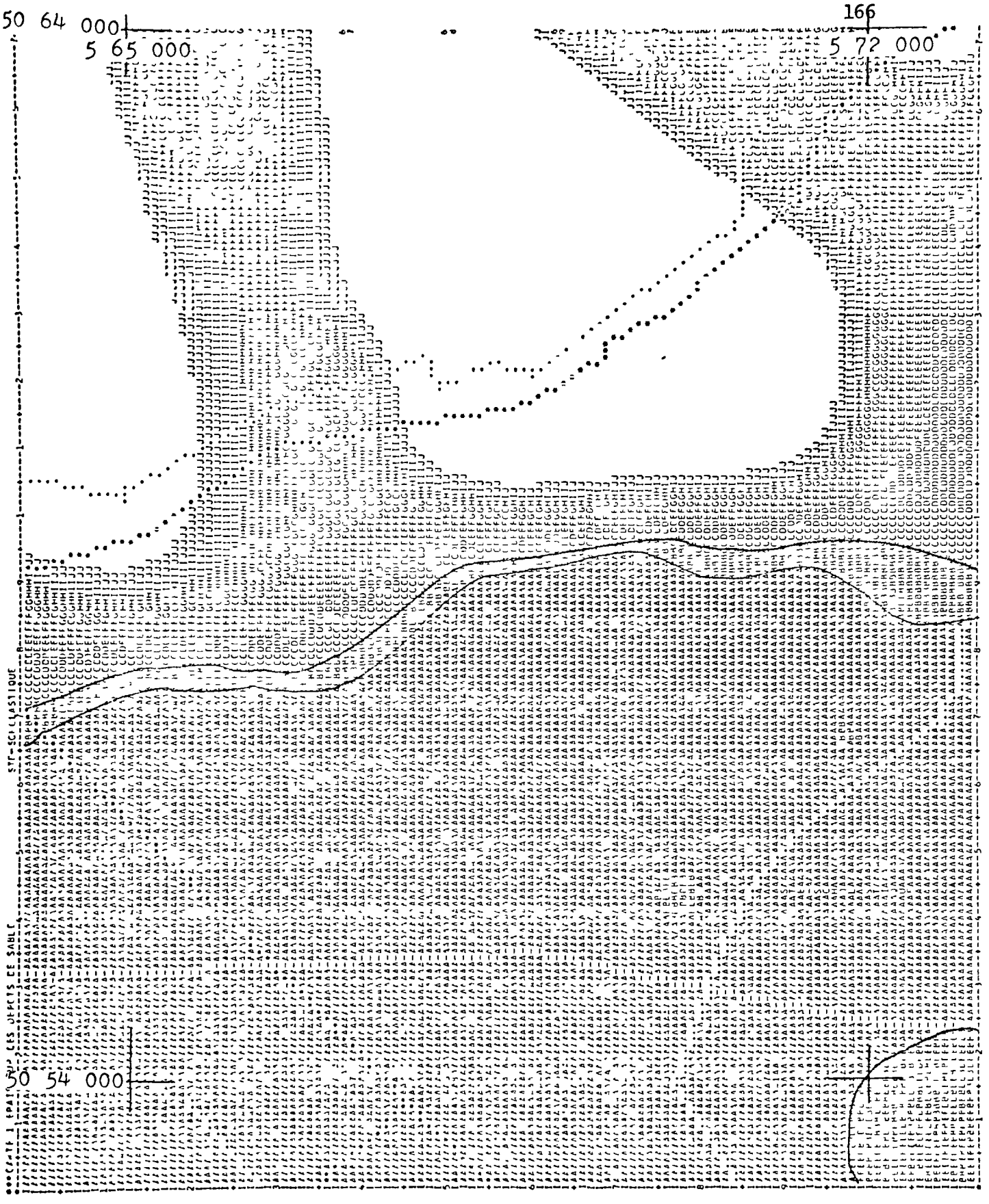
Carte no 30 : Epaisseur des dépôts argileux

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

LÉGENDE DES CARTES NO 31 et 32

Épaisseur des dépôts de sable

A A	de 0 à 3 pi (de 0.00 à 1.04 m)
B B	de 3 à 6 pi (de 1.04 à 2.08 m)
autres symboles	plus de 6 pi (plus de 2.08 m)



Carte no 31 : Epaisseur des dépôts de sable

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 32 : Epaisseur des dépôts de sable

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-3 Production de Cartes d'Aptitude

Le principe de la cartographie d'aptitude est simple. Il consiste en une combinaison de cartes de facteurs. Les cartes de facteur sont des cartes de courbes isovales ou des plans de situation . Chaque point (chaque caractère dans le programme SYMAP V) est, soit le résultat d'une interpolation, soit une valeur donnée (dans le cas du plan de situation). Le programme combine les différents caractères de chaque carte de facteur pour un même point et attribue une valeur somme à ce point de la carte d'aptitude. Cette valeur est calculée selon des équations préétablies . Dans le système actuel, elle est faite, soit suivant une méthode taxonomique, soit par simple addition (fig. no 34 et 35). Ces deux techniques sont très peu élaborées et, entre autre, ne tiennent pas compte des influences d'un facteur sur un autre. Deux facteurs présents en même temps peuvent avoir beaucoup plus d'effet que la somme des deux facteurs. Les méthodes quantitatives d'analyse des facteurs et de leurs combinaisons n'ont pas été utilisées dans le projet. Nous nous rendons compte qu'elles auraient pu apporter un élément d'objectivité dans les choix des équations de combinaison de facteurs. Cependant, le but de ce travail était de trouver relativement

rapidement et de facon simple, un moyen de présenter les données du milieu physique à ceux qui étaient chargés de l'aménagement.

33-3-1 Méthode taxonomique

La méthode taxonomique appliquée à la cartographie d'aptitude apporte un facteur de pondération systématique. Le facteur arbitraire, dans la méthode taxonomique est l'ordre dans lequel les facteurs interviennent. Il existe une pondération, au sein même du facteur, qui est chiffrée de 9, 5, ou 1 du niveau le plus favorable du facteur à son niveau le moins favorable. La pondération entre les facteurs est liée à leur ordre d'entrée dans l'analyse. Lorsqu' un des facteurs est égal à un, pour un espace, les valeurs des autres facteurs sur cet espace ne sont plus prises en considération (fig.no 34). Par exemple, quelles que soient ses qualités de sol superficiel ou de drainage, un espace dont la pente est supérieure à 15 % est considéré comme inapte au lotissement résidentiel (tableau no 12).

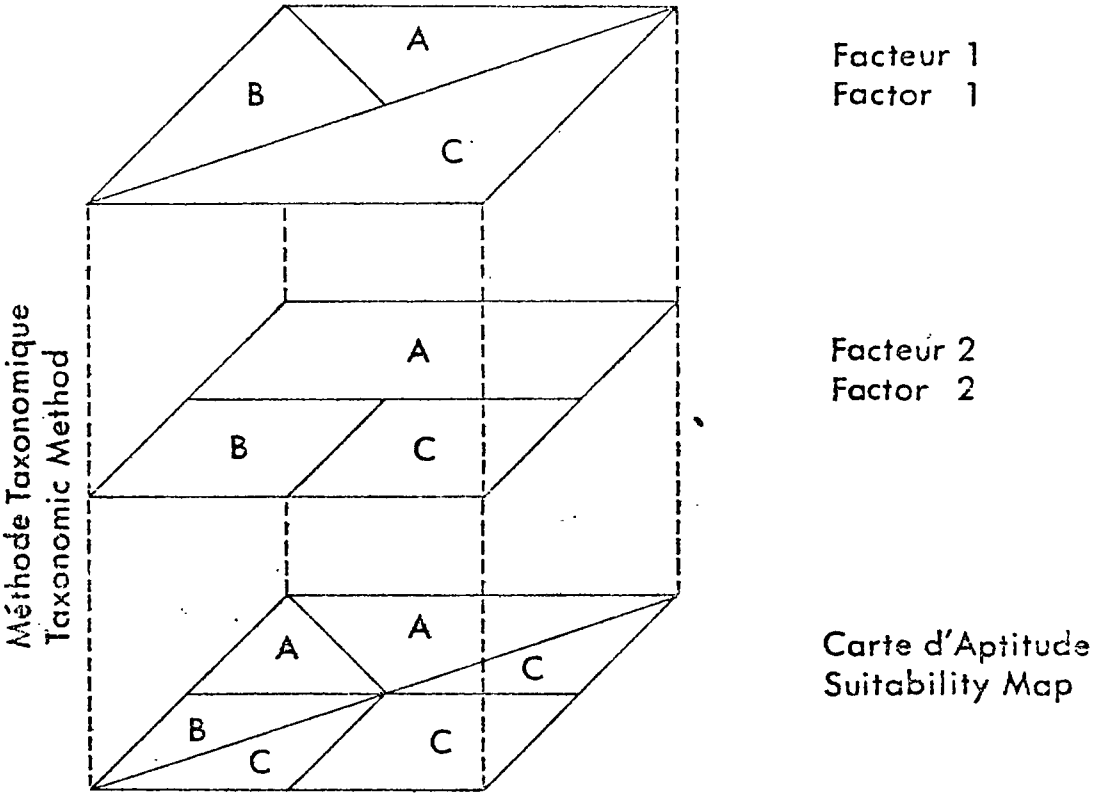
FIG. 34 CONSTRUCTION DE LA CARTE D'APTITUDE

SUITABILITY MAP CONSTRUCTION

A: Bon — Suitable

B: Moyen — Moderately suitable

C: Mauvais — Unsuitable



Facteur 1 Factor 1	Facteur 2 Factor 2	Carte d'Aptitude Suitability Map
A_9	A_9	18 — A
	B_5	14 — A
	C_1	10 — B
B_5	A_9	14 — A
	B_5	10 — B
	C_1	6 — C
C_1		1 — C

33-3-2 Méthode d'addition des facteurs

La méthode de superposition des facteurs a été utilisée par I. McHarg(1969) et d'autres (Lynch 1962 p 24). Les différentes cartes de facteurs reportées sur des fonds de carte transparents sont superposés sur une table lumineuse. Les conditions les moins favorables étant représentées par des zones de plus en plus opaques, la région la plus favorable au projet en vue est donc celle qui laissera passer le plus de lumière. Les cartes des facteurs, dont la pondération change selon la carte d'aptitude, doivent être refaites pour garder les classes les plus favorables en teintes les plus claires. Les zones jugées défavorables pour un facteur ne sont pas éliminées, les valeurs des facteurs continuent à s'additionner (fig. no 35). L'ordre dans lequel les facteurs interviennent dans l'analyse n'a aucun impact sur le résultat, les seules opérations étant des additions. La pondération au sein du facteur est maintenue.

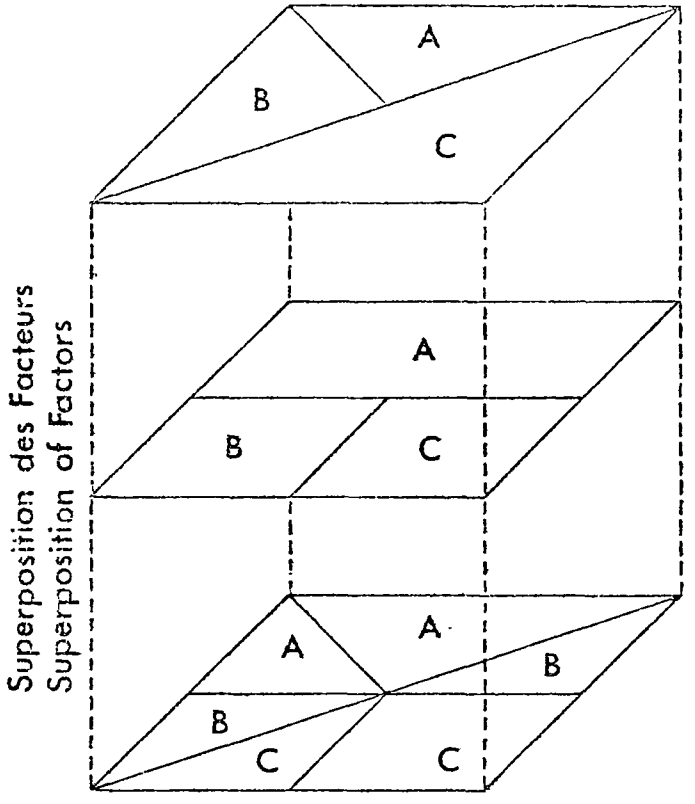
FIG. 35 CONSTRUCTION DE LA CARTE D'APTITUDE

SUITABILITY MAP CONSTRUCTION

A: Bon — Suitable

B: Moyen — Moderately suitable

C: Mauvais — Unsuitable



Facteur 1 Factor 1	Facteur 2 Factor 2	Carte d'Aptitude Suitability Map
A_9	A_9	18 — A
	B_5	14 — A
	C_1	10 — B
B_5	A_9	14 — A
	B_5	10 — B
	C_1	6 — C
C_1	A_9	10 — B
	B_5	6 — C
	C_1	2 — C

33-3-3 Remarques générales

La carte d'aptitude est présentée ,quelle que soit la méthode utilisée, à la suite des différentes cartes de facteurs, sur la même sortie d'imprimante et à la même échelle. Il est donc aisé, par comparaison, de savoir quel est le facteur principal responsable de l'aptitude ou de la non-aptitude d'une zone à un aménagement envisagé. Ce qui permet de recommencer l'analyse en supprimant ce facteur et de voir les résultats après quelques minutes.

Le problème majeur réside dans la définition du système d'équation et dans l'étude des différents facteurs entrant en ligne de compte (Dubois 1972). Les cartes de facteurs étant gardées en mémoire ,il est aisé et peu coûteux de varier l'ordre d'entrée des facteurs dans l'analyse par la méthode taxonomique , donc de varier la pondération inter-factorielle et de voir à quel point cette variation peut influencer le résultat cartographique. Si on utilise des équations avec facteurs de pondération, ceux-ci peuvent facilement être changés. Une bonne connaissance du terrain est indispensable avant de finaliser le choix des facteurs et leur ordre d'intervention dans l'analyse par la méthode taxonomique. Une méconnaissance du terrain peut conduire au

genre de contradiction expliqué par D.J.Varnes dans son texte " The logic of Geological maps with reference to their interpretation and use for engineering purposes ". Dans cet exemple, l'auteur compare deux cartes d'aptitude pour un même besoin: les fosses septiques. Une des carte est dérivée de cartes de facteurs lithologiques (Pont et al. 1970, p 28), l'autre, de cartes de facteurs pédologiques (Elder 1965, p 32) ou de formations superficielles (fig. no 36 et 37). Les différences sont grandes. C'est un cas caricatural qui montre à quel point une bonne connaissance des conditions de terrain est importante en plus d'un dialogue constant entre l'utilisateur des cartes et le créateur de celles-ci.

Le système, tel que défini dans ce travail, n'est pas figé. Sa souplesse réside dans la possibilité, soit de changer de système d'équation, soit dans l'addition de nouveaux facteurs (facteurs humains, économiques, géotechniques , etc..., voir les exemples de cartes d'aptitudes potentielles :33-6).

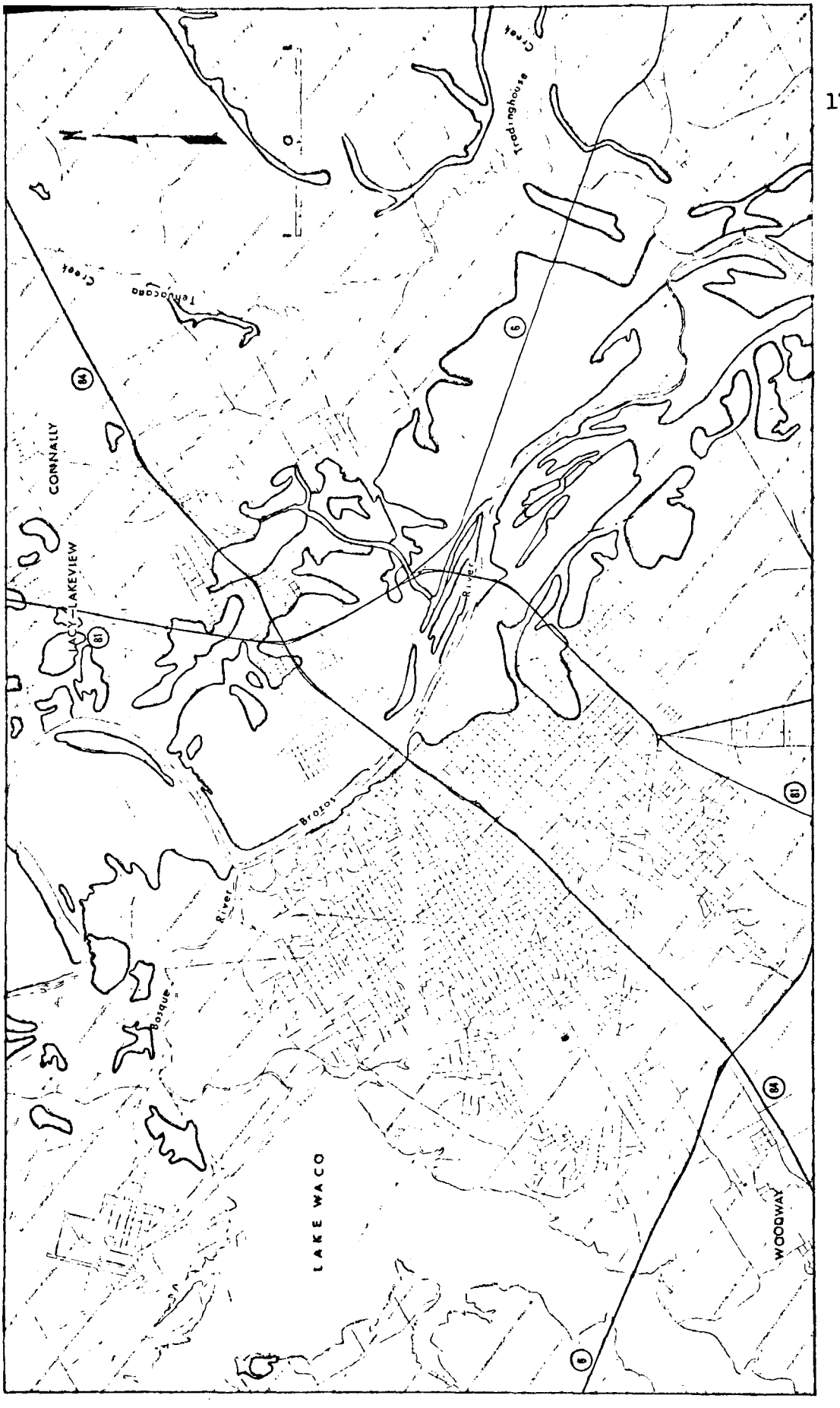
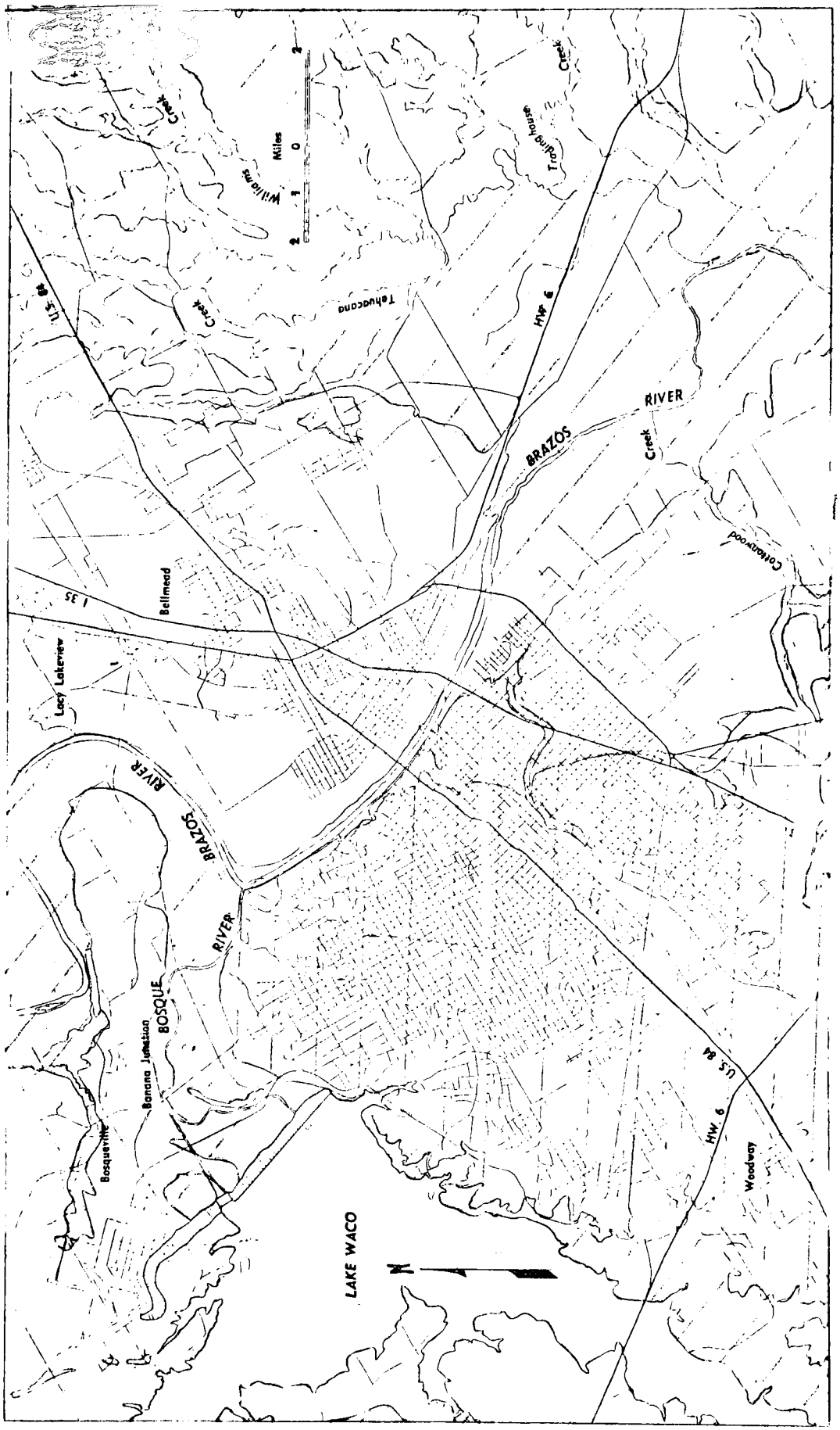


FIGURE NO 36 : APTITUDE AUX FOSSES SEPTIQUES (facteurs pédologiques (d'après Elder 1965)



favorable

moyennement favorable

défavorable

FIGURE NO 37 : APTITUDE AUX FOSSES SEPTIQUES (facteurs lithologiques) (d'après Font et al. 1970)

Tel qu'il est conçu, il contient suffisamment d'informations pour permettre une cartographie d'orientation. En d'autres termes, il ne s'agit ni d'une cartographie détaillée ni d'une cartographie très précise. Ces deux facteurs étant étroitement liés au problème d'interpolation et aux autres contraintes du programme de cartographie proprement dit. Les limites entre les différentes zones ne peuvent être prises au pied de la lettre mais doivent être considérées comme des zones de transition. Les cartes ne peuvent en aucun cas se substituer à un plan et un rapport d'ingénieur-conseil mais peuvent guider des travaux préliminaires et concentrer les recherches plus poussées sur les territoires les plus intéressants.

Les systèmes d'équation pour la construction de cartes d'aptitudes qui sont donnés ici, à titre d'exemples, s'appliquent à 5 cas précis : l'habitat, l'industrie légère, les dépotoirs, les fosses septiques et le potentiel de glissement de terrain (tableau no 8). Ces cartes délimitent des territoires aptes pour l'utilisation envisagée, pour un investissement minimum, et ne tiennent pas compte des pressions économiques qui pourraient, à elles seules, dans l'esprit des planificateurs, justifier un aménagement donné. Il est évident que certains facteurs du milieu physique peuvent être complètement changés par l'homme: drainage, la

suppression d'un horizon de terrain superficiel ou modification de la pente d'un versant. Il est certain que si une demande très forte justifie un lotissement résidentiel sur des pentes jugées non favorables, les entrepreneurs le feront. La carte d'aptitude donne donc une image du potentiel "naturel" d'un espace pour une utilisation donnée.

TABLEAU NO 8 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES FACTEURS UTILISÉS POUR LA CONSTRUCTION DES CARTES D'APTITUDE

1/ ordre d'entrée dans la combinaison par la méthode taxonomique
x : pondération 9
o : pondération 5
, : pondération 1

APTITUDE	PENTE				TEXTURE DES MATÉRIAUX DE SURFACE			ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES (pi)					DRAINAGE			ÉPAISSEUR DU SABLE			ÉPAISSEUR DE L'ARGILE				TENEUR EN ARGILE			TILL
	0-3%	3-8%	8-15%	+15%	A	B	C	0-3	3-5	5-7	7-10.5	10.5-14	+14	0-3	3-7.5	+7.5	0-3	3-6	+6	-12	12-21	21-30	+30	-10	10-40	+40	
RÉSIDENTIEL	x	x	1/ o	,	x	2/ o	,	,	o	4/ x	x	x	,	3/ o	x												x
INDUSTRIEL	x	o	1/ ,	,	x	4/ o	,	,	o	2/ x	x	o	o	5/ o	x					x	o	3/ ,	,				x
FOSSES SEPTIQUES	x	x	4/ x	,				,	o	5/ x	x	x	,	2/ o	x	,	1/ o	x						x	3/ o	,	,
DÉPOTOIRS	,	x	x 4/	,				,	o	o 3/	x	x	,	o 2/	x									,	x 1/	x	,
GLISSEMENTS	,	,	2/ ,	x									x	3/ o	,				,	o	4/ o	x	,	1/ ,	x	,

Dans une série de cartes successives pour la même utilisation, si la pondération des facteurs est modifiée ou si un facteur est soustrait ou ajouté, il sera possible de visualiser la superficie gagnée par tel ou tel investissement correcteur. Par exemple, en regardant la série des trois cartes de l'aptitude au lotissement résidentiel de St-Janvier (no 37 à 39) la localisation et la superficie des zones des différentes classes d'aptitudes changent. La première carte (carte no 37) est basée sur la méthode taxonomique. L'ordre des facteurs est le suivant: pente, texture des matériaux de surface,drainage et épaisseur des dépôts meubles. Cette carte est la plus restrictive, la zone d'aptitude optimale correspond à peu de choses près à la région la mieux drainée. Quand la contrainte drainage est retirée du système d'équation (carte no 38), les zones favorables s'agrandissent; les facteurs limitatifs sont les pentes et les sols. Cette carte représente l'aptitude du terrain après drainage. Dans la troisième carte (carte no 39), tous les facteurs ont le même poids (méthode de superposition). Les différentes classes des zones sont ici plus difficiles à définir. Cette carte nous semble moins utile étant donné qu'elle peut conduire à des erreurs d'estimation : certaines pentes fortes sont considérés comme moyennement favorables à la construction alors que nous estimons qu'elles devraient

être préservées de toute modification humaine. Ceci montre à nouveau l'importance de la connaissance du terrain chez celui qui utilise ces documents.

Les deux cartes de susceptibilité aux glissements de terrain, pour cette même région, (cartes no 55 et 56) sont aussi extrêmement intéressantes. La carte faite par la méthode taxonomique fait intervenir les facteurs suivants, dans cet ordre, la teneur en argile du matériel de surface, la pente, le drainage et l'épaisseur des dépôts argileux. Sur cette carte (carte no 55), seulement quelques secteurs à pentes très fortes (supérieures à 15%) apparaissent comme susceptibles de glisser. Effectivement, les terrains dont la pente est inférieure à 15 % sont supposés stables quelle que soit la teneur en argile du matériel de surface donc, sur cette carte, ne "sortiront" que les terrains à fortes pentes ou la teneur en argile des matériaux de surface est supérieure a 40%, ce qui est loin de représenter, à notre avis , toutes les zones de glissements potentiels de la région (car la valeur 9 pour le premier facteur et la valeur 1 pour le deuxième -la pente- donne un total de 10 ce qui est dans la classe inférieure pour l'aptitude). La carte obtenue par superposition des facteurs quant à elle (carte no 56), exagère peut-être dans l'autre sens, laissant supposer que près de 30 % de la superficie de la région est

susceptible d'être affectée par des glissements. Cette carte, par contre, prouve, qu'en bien des endroits, tous les facteurs propices à un glissement de terrain sont présents et qu'il suffit d'une perturbation du milieu naturel (accentuation d'une pente, oblitération du drainage ou excès de vibrations) pour qu'un glissement puisse avoir lieu. Ces deux exemples nous permettent de montrer que nos méthodes de combinaison de facteurs sont arbitraires. Il faudrait introduire des méthodes quantitatives plus sophistiquées qui permettraient d'évitrer ces problèmes et de tenir compte de l'influence d'un facteur sur un autre (effet cumulatif ou inhibiteur).

Les légendes et les textes accompagnant les cartes doivent clairement expliquer les options prises par le cartographe, à la fois pour le choix des facteurs et pour les pondérations éventuelles. Chaque carte sera accompagnée d'une explication de chaque facteur et d'un tableau de composition de ceux-ci pour en arriver à la carte d'aptitude.

> ...information refers to a completed communication process, and that it is measured by the change in a state of an identified receptor produced by the receipt of the message. The change may be zero or catastrophic for any given message, depending upon the ability of the receiver to understand the message, upon his interest and upon the resulting

change in his previous assessment of probabilities concerning the subject of the message...

(Varnes 1973 p 49)

> ...This requires a complete and operating communication system,....., with a transmitter ,medium of transmission and a receptor, all of whose pertinent characteristics are known, and, to the degree practicable, all designed for the most efficient operation of the system.

(Varnes 1973 p 50)

Ces différentes remarques sont illustrées par la figure no 38.

> It is generally easier , quicker, and better for all concerned (if we are dealing with human beings rather than machines) to change the character of a map to fit the needs of a user than to modify the user so that he can extract information from a map that he does not initially understand.

(Varnes 1973 p 63)

Actuellement, avec l'apport de nouvelles observations, un système d'information produisant des cartes d'aptitude peut très rapidement dater. Les cartes de facteurs doivent rester faciles à atteindre et à transformer.

> Maps that present judgment whether a unit is good or poor for a certain use, certainly are subject to possible rapid obsolescence as patterns of land-use change and as technology advances... We need to find ways to remote or alter them with relativly little effort. This means having data on fundamental attributes* in a form that can be rapidly and cheaply changed by such operation as generalisation, selection, addition, superposition and transformation

to create new kinds of map units as they are required.

(Varnes 1973 p 171)

*: les facteurs

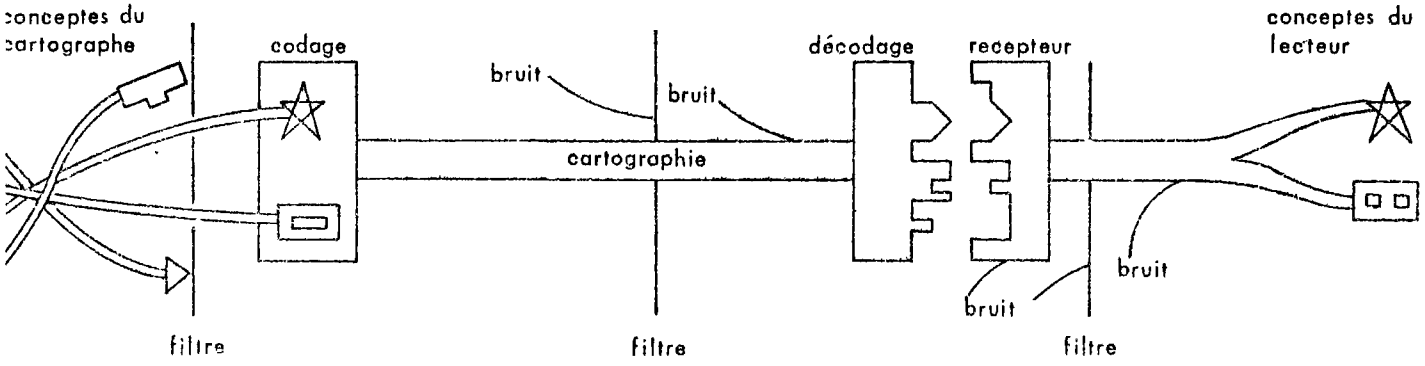


FIGURE NO 38 SCHÉMA DU PROCESSUS DE COMMUNICATION
(d'après Varnes 1973 p 57)

33-4 Les Critères d'Aptitude (exemples)

33-4-1 Aptitude au lotissement résidentiel de densité faible à moyenne (cartes no 33 à 40)

Les facteurs choisis sont la topographie, la texture des matériaux de surface, la profondeur de la nappe phréatique, l'épaisseur des dépôts meubles et les zones d'inondation potentielles (Kiefer 1967).

Le système permet d'introduire d'autres facteurs physiques plus détaillés (les difficultés d'excavation par exemple) des facteurs humains et économiques tels: les zones de bruit du futur aéroport (cartes no 25 et 26), les terrains agricoles les plus productifs, les aires d'influence des grands axes de circulation et d'autres encore.

a-La pente

Une pente faible (de 2 à 5 %) est la solution optimale, elle permet un bon drainage des terrains et des stationnements et ne pose aucun problème technique de construction. Les pentes de 5 à 10 % posent des problèmes techniques et augmentent les coûts de construction, cependant, les sites seront plus variés et plus attrayants,

esthétiquement parlant. Les pentes de 10 à 20 % posent des problèmes de construction plus sévères et augmentent considérablement les coûts des aménagements (tels routes, égoûts etc...). Des pentes supérieures à 20 % rendent les terrains marginaux. Ces sites doivent être étudiés un par un; ils seront éliminés, à priori, des zones à aménager.

Vu les données qui sont disponibles, le choix est le suivant:

favorable	0 à 8 %
moyen	de 8 à 15 %
défavorable	plus de 15 %

b:la texture des matériaux de surface

La texture des matériaux de surface sera caractérisée suivant notre classification dérivée de la U.S.C.S.. Les sols à texture grossière favorisent un bon égouttement et ne posent pas de problème de construction majeurs. Les sols fins non déformables (limite de liquidité inférieure à 50) sont jugés moyennement favorables alors que les sols fins déformables (limite de liquidité supérieure à 50) sont classés comme défavorables.

Le choix est le suivant :

favorable	moins de 50 % de particules fines
moyen	plus de 50 % de particules fines

	limite de liquidité inférieure à 50
défavorable	plus de 50 % de particules fines
	limite de liqudité supérieure à 50

c-La nappe phréatique

Si la nappe phréatique est trop haute la construction des fondations et des caves posera des problèmes. En région d'habitat rural, le fonctionnement des fosses septiques ne sera pas bon. Ce sera la hauteur maximum de la nappe phréatique qui sera utilisée,pour éviter tout risque d'inondation des caves. De plus la carte de la profondeur moyenne de la nappe est sûrement moins proche de la réalité (vu le petit laps de temps sur lequel les mesures ont étés faites).

Le choix est le suivant:

favorable	la nappe est inférieure a 2.25 m	(7.5 pi)
moyen	la nappe est de .90 à 2.25 m	(de 3 à 7.5 pi)
défavorable	la nappe est supérieure à .90m	(supérieure à 3 p

d-Epaisseur des dépôts meubles

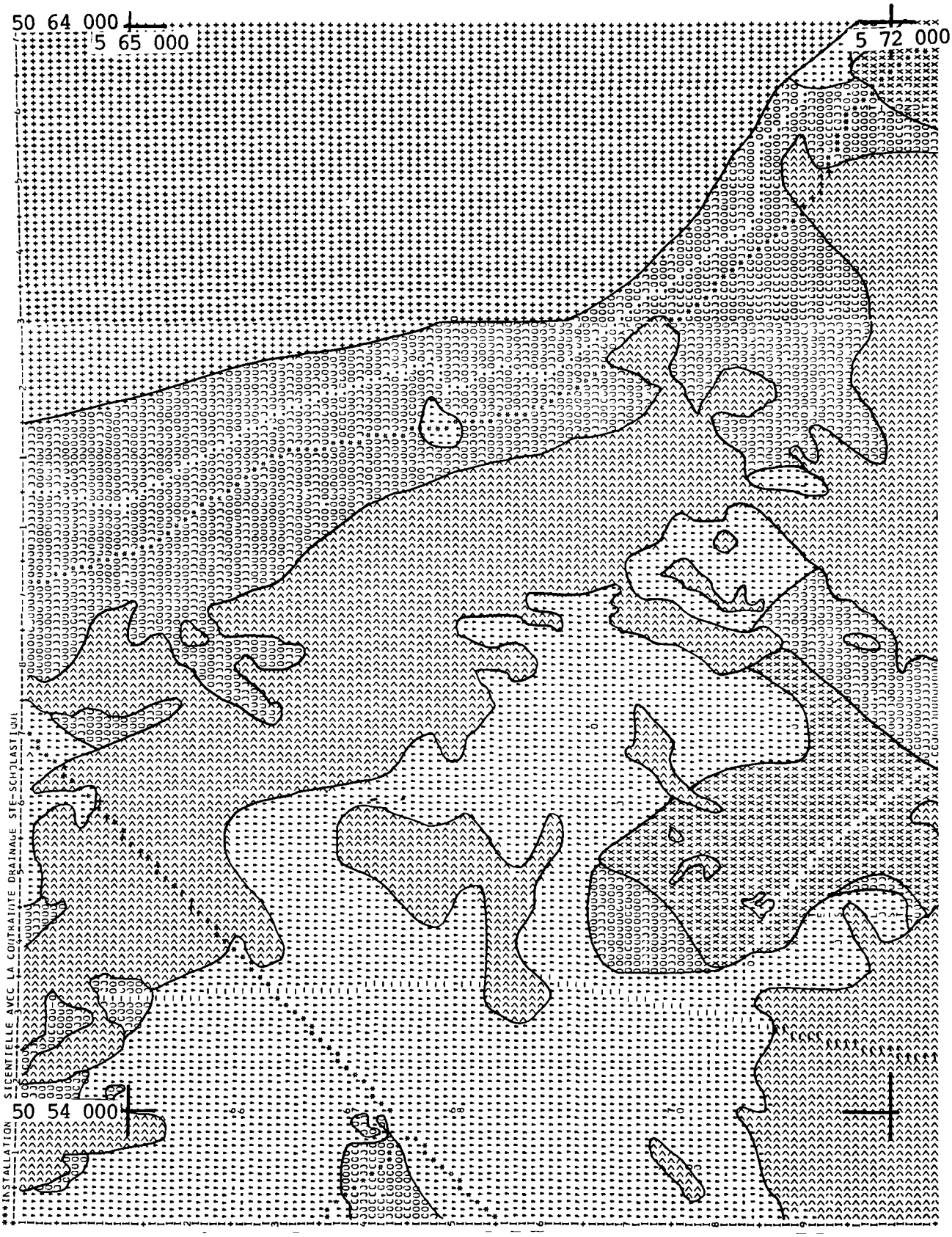
L'épaisseur des dépôts meubles affecte surtout les coûts d'excavation. La profondeur du toit de la roche en place atteinte en cours de construction augmenterait le prix du travail.

Le choix est le suivant:

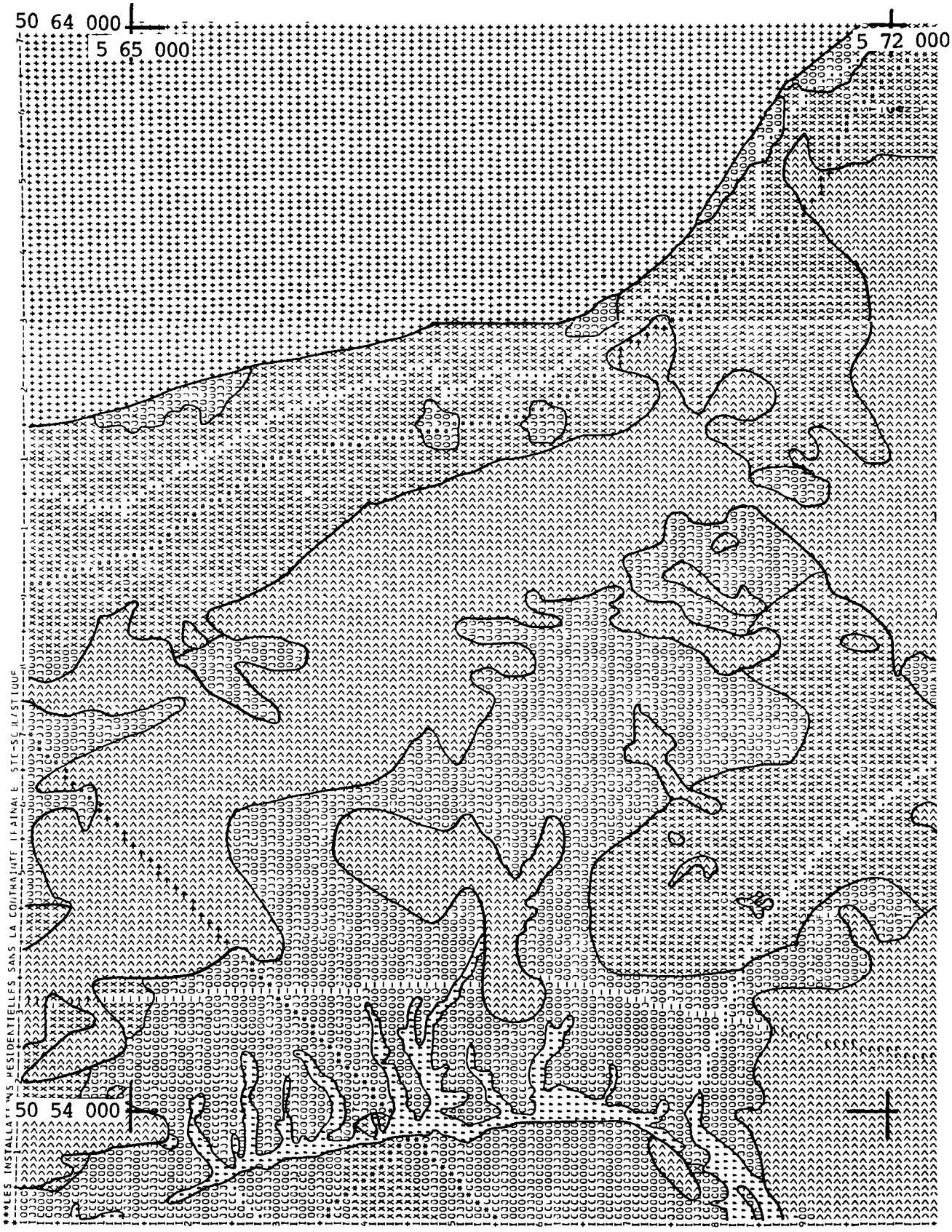
favorable	plus de 2.10 m (7 pi)
moyen	de 1.05 à 2.10 m (de 3.5 à 7 pi)
défavorable	moins de 1.05 m (moins de 3.5 pi)

L'ordre des facteurs.

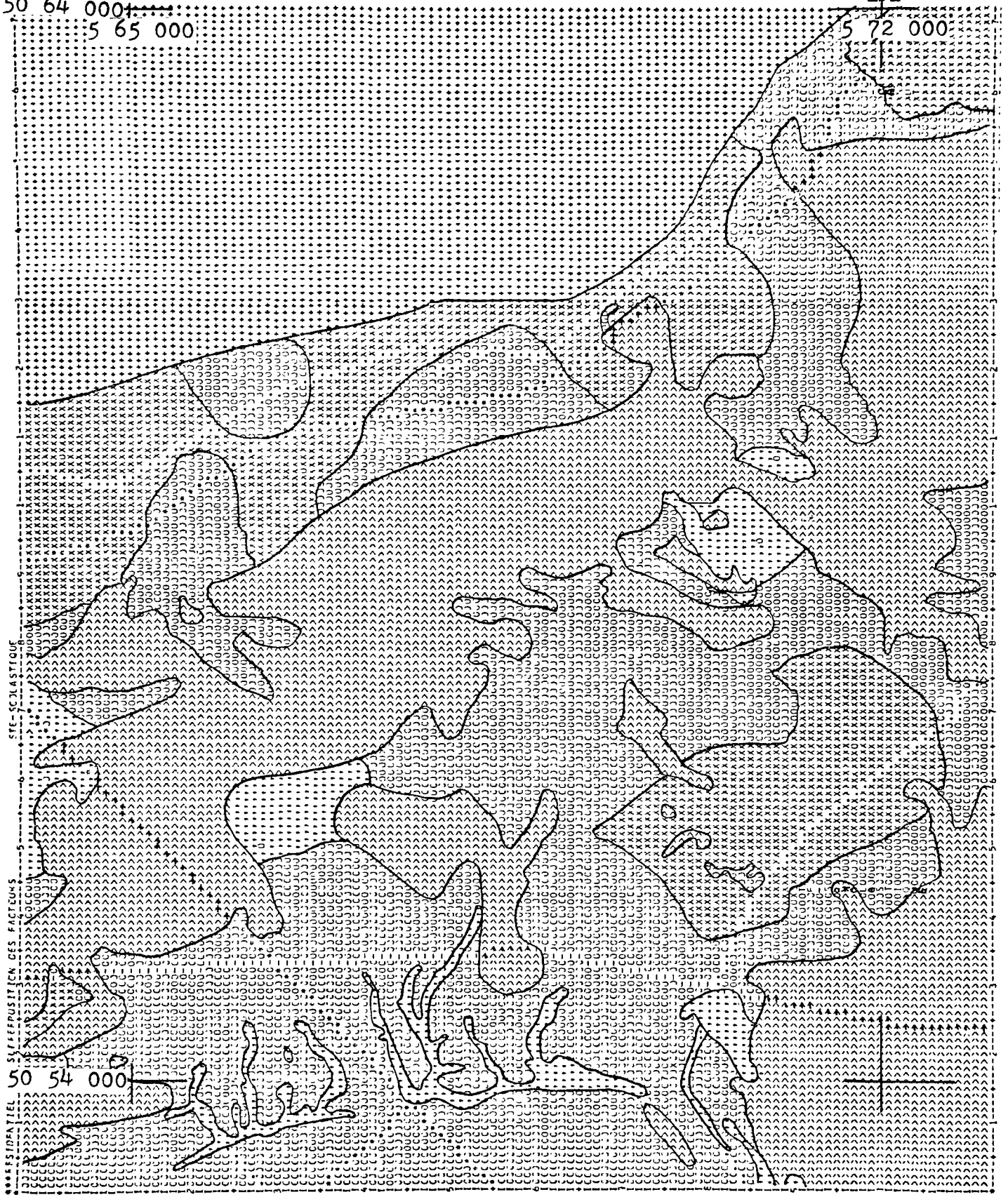
L'ordre d'entrée des facteurs dans l'analyse taxonomique est le suivant: la pente, la texture des matériaux de surface, la profondeur minimale de la nappe phréatique et l'épaisseur des dépôts meubles.



Carte no 33 : Aptitude au lotissement résidentiel, méthode taxonomique avec tous les facteurs
Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 34 : Aptitude au lotissement résidentiel, méthode taxonomique sans la contrainte de la nappe phréatique
Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 35 : Aptitude au lotissement résidentiel, addition des facteurs Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000

LEGENDE POUR LES CARTES 36 et 40

Aptitude au lotissement résidentiel avec le facteur bruit

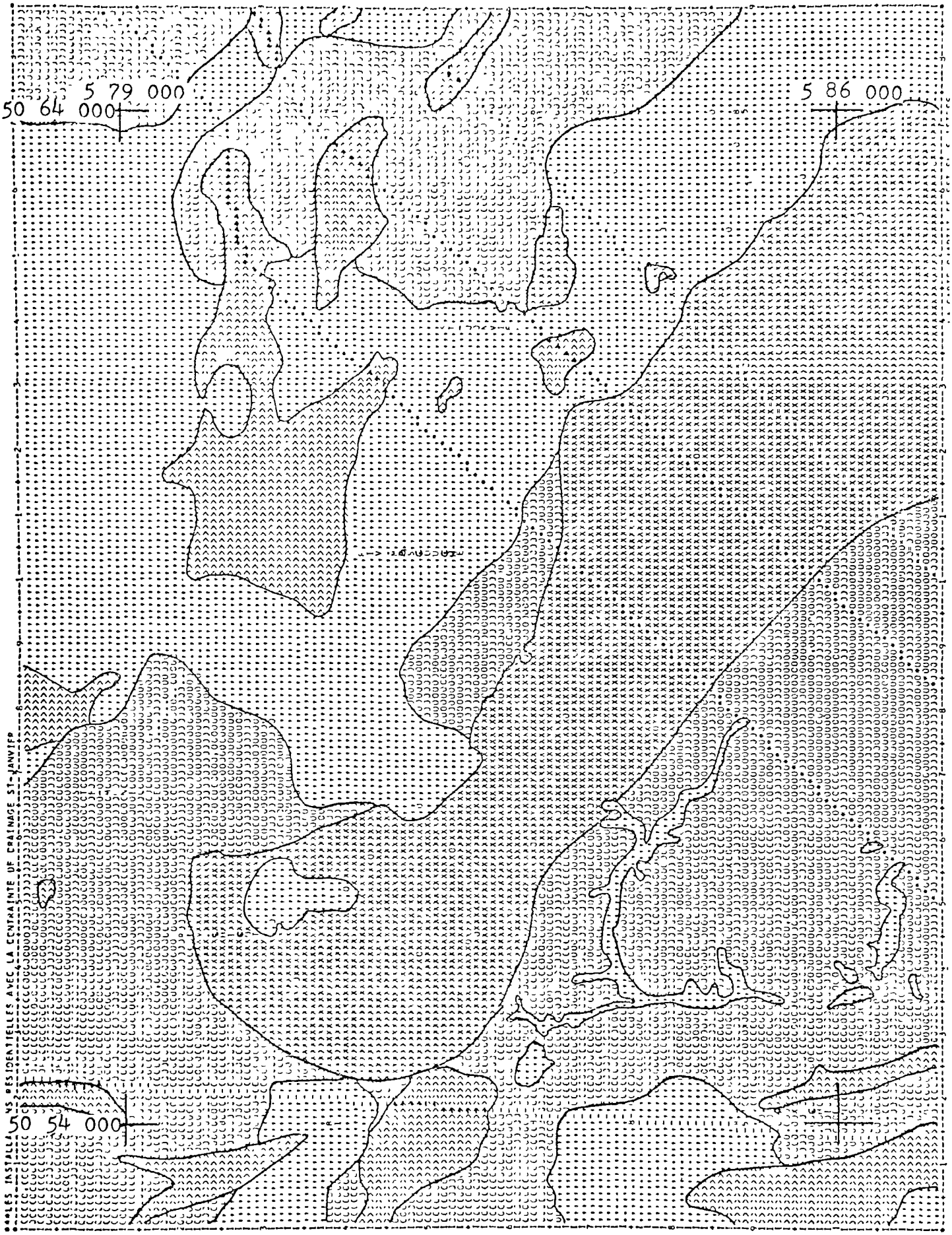
voir figure no 31

\ bruit de fond en 1975 de plus de 58 dcb(A)

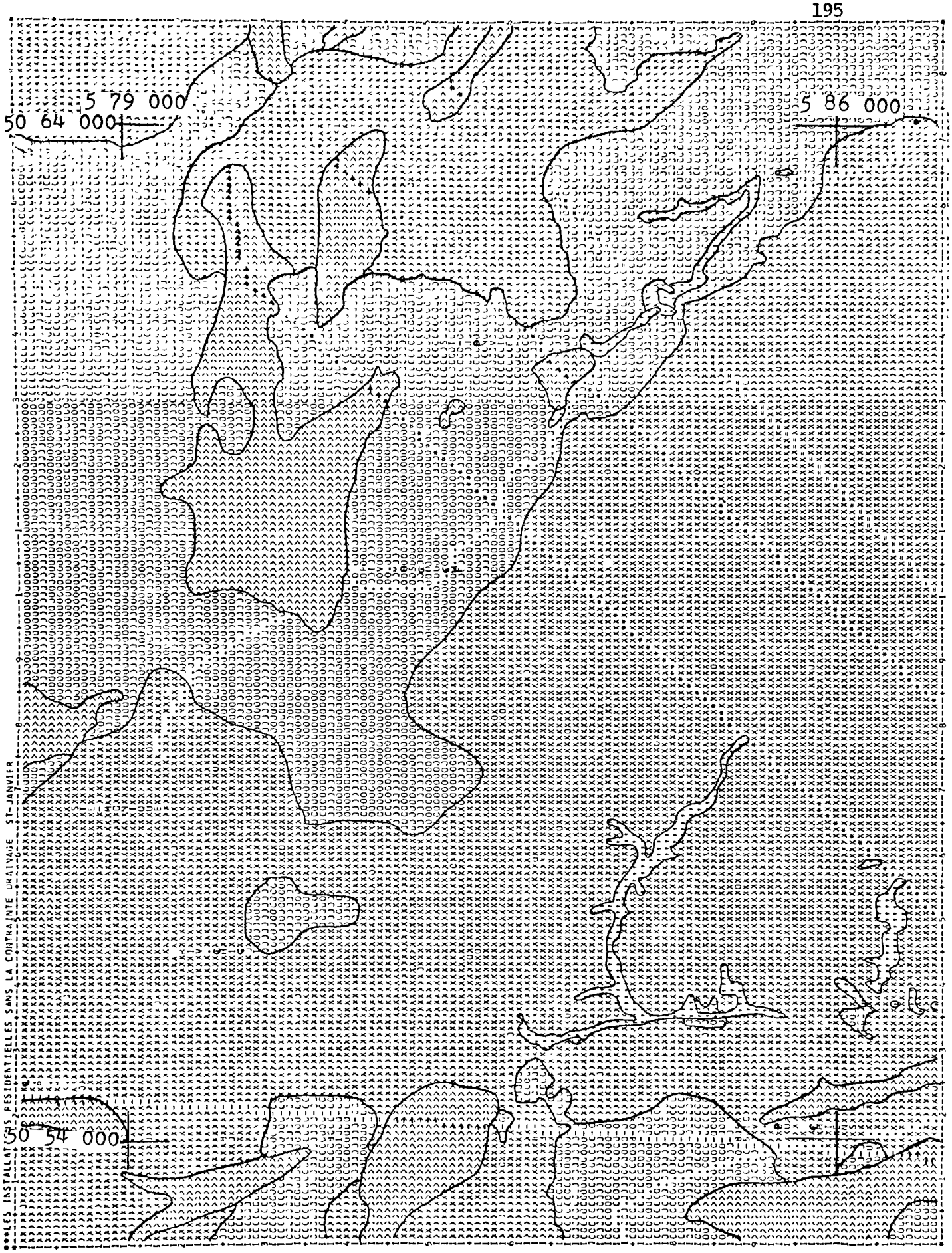
--- limites de la zone expropriée



Carte no 36 : Aptitude au lotissement résidentiel avec le facteur bruit
Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000

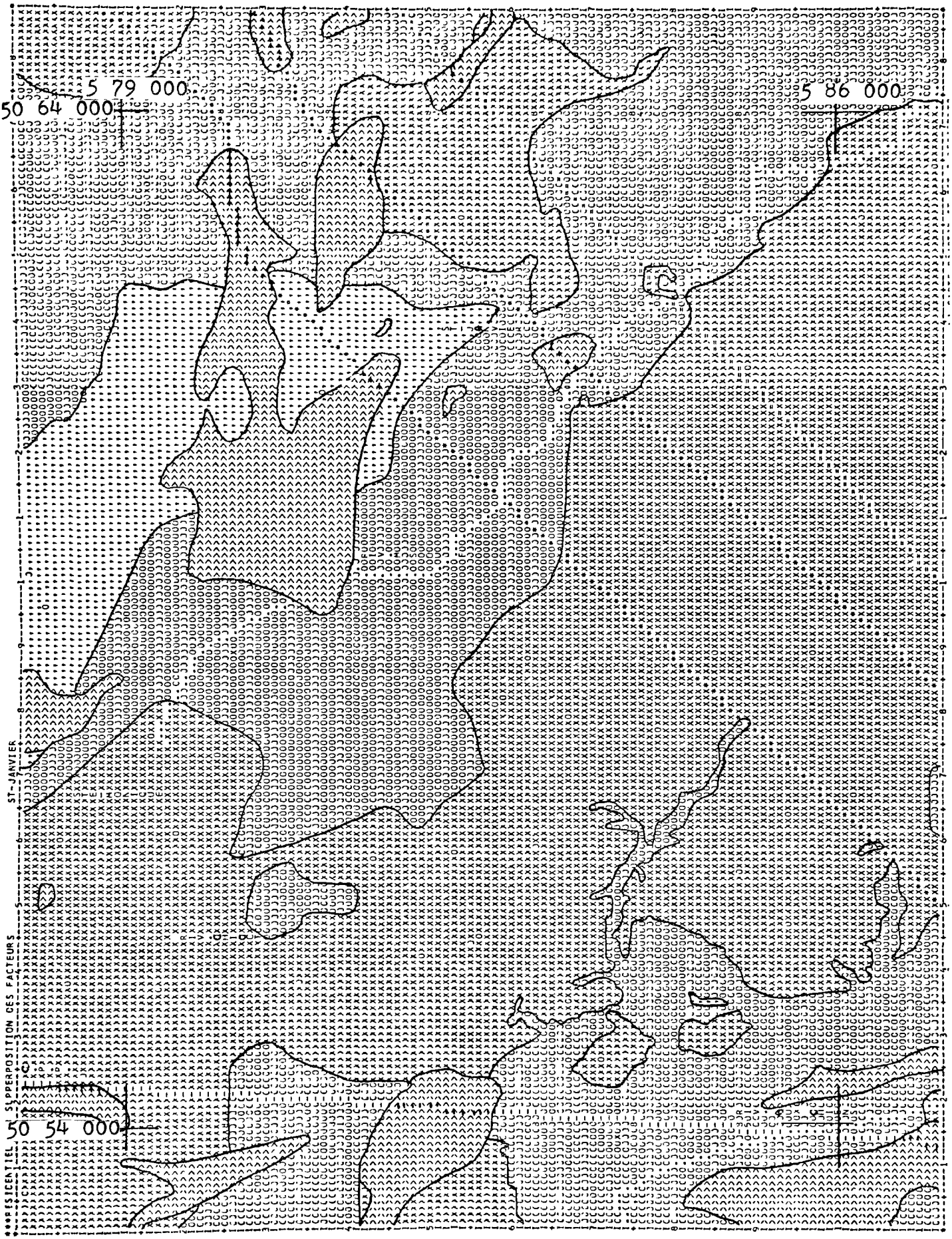


Carte no 37 : Aptitude au lotissement résidentiel, méthode taxonomique avec tous les facteurs
St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



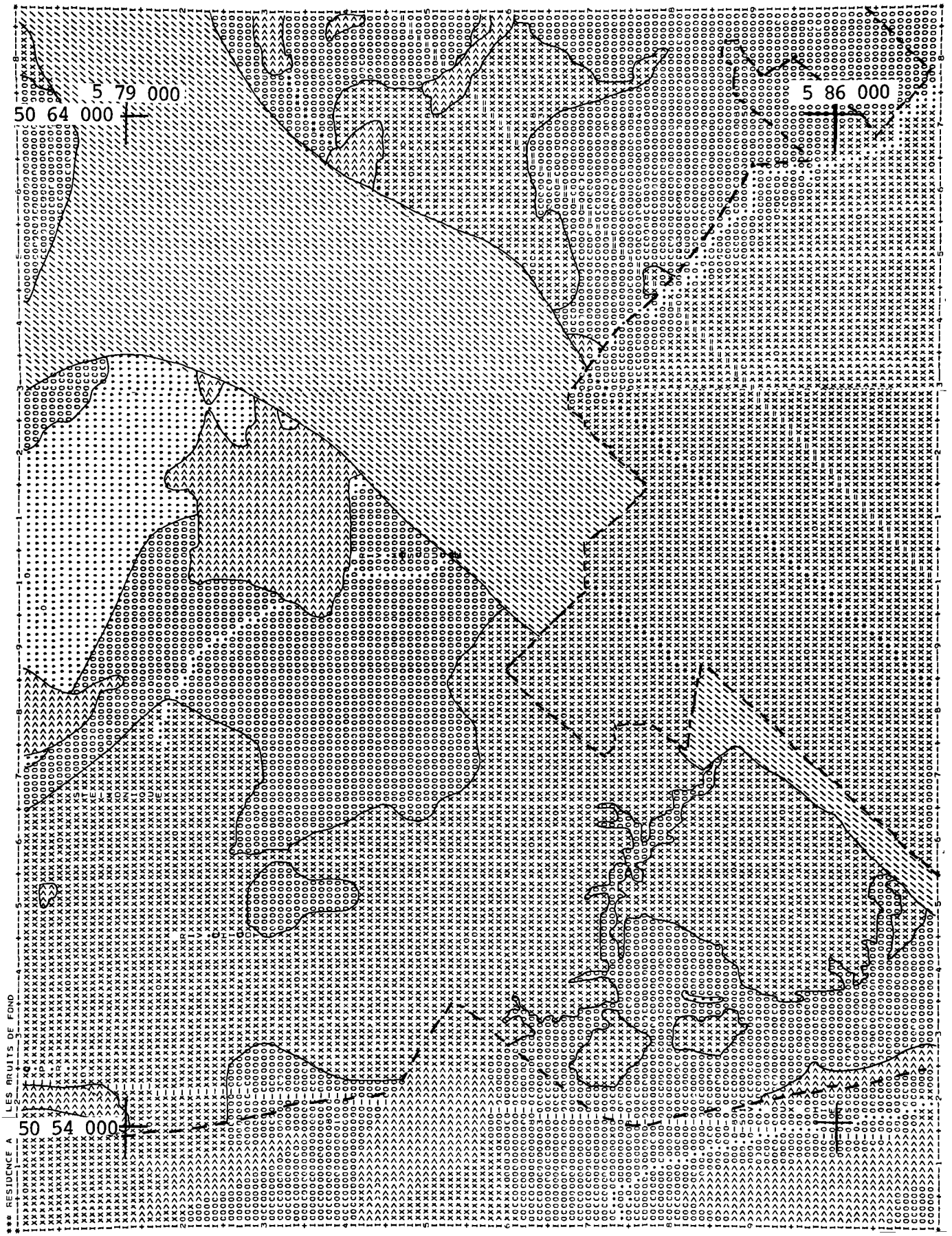
Carte no 38 : Aptitude au lotissement résidentiel, méthode taxonomique sans la contrainte de la nappe phréatique

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



Carte no 39 : Aptitude au lotissement résidentiel, addition des facteurs

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



Carte no 40 : Aptitude au lotissement résidentiel avec le facteur bruit
St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-4-2-Aptitude aux parcs industriels (industries légères) (cartes no 41 à 44)

En regardant cette carte il faut tenir compte d'une taille minimale pour les zones considérées. Effectivement, il est économiquement plus rentable de créer des parcs industriels d'une certaine taille. Le système tel qu'il est conçu n'est pas capable de mesurer des surfaces. Ce facteur doit donc être estimé par l'utilisateur. Les critères choisis correspondent aux besoins d'industries légères, les industries lourdes ayant des besoins beaucoup plus spécifiques, leur sites devront être étudiés par des ingénieurs consultants.

Les facteurs choisis sont les suivants:

a-La pente

Le choix est le suivant:

favorable	de 0 à 3 %
moyen	de 3 à 8 %
défavorable	plus de 8 %

b-Epaisseur des dépôts meubles

Le facteur n'intervient pas avec les mêmes valeurs que pour le lotissement résidentiel. Effectivement, le besoin d'ancrer des bâtiments dans la roche en place peut exister et être un facteur prépondérant dans le choix du site.

Le choix est le suivant:

favorable	le toit de la roche en place entre 2.10 et 4.20m (7 et 14 pi)
moyen	le toit de la roche en place de 1.05 à 2.10 et à plus de 4.20 m (de 3.5 à 7 pi et à plus de 14 pi)
défavorable	toit de la roche en place à moins de 1.05 m(3.5 pi)

c-L'épaisseur des dépôts argileux

Presques tous les forages profonds de la zone test de St-Janvier et une grande partie de ceux de Ste-Scholastique indiquent la présence d'une épaisse couche d'argile. Les analyses de laboratoire ont montré que celles-ci ont souvent une teneur en eau plus forte que leur limite de liquidité (fig. no 41) . Elles sont donc susceptibles de se liquéfier si elles sont perturbées. De plus, elles sont sûrement très déformables et des surcharges risquent de provoquer des

tassements. Nous avons tenu compte de l'épaisseur de l'argile en l'introduisant dans la carte d'aptitude. Le choix des valeurs limites est arbitraire et basé sur une impression des coûts croissants de construction s'il faut ancrer le bâtiment sur la couche de till, de gravier ou sur la roche en place sous-jacente.

le choix est le suivant:

favorable	0 à 3.6 m (0 à 12 pi)
moyen	3.6 à 6.4 (12 à 21 pi)
défavorable	plus de 6.4 m (plus de 21 pi)

d-La texture des matériaux de surface

Le facteur de la texture des matériaux de surface est utilisé avec les mêmes classes et la même pondération que pour la carte d'aptitude au lotissement résidentiel.

e-Le drainage

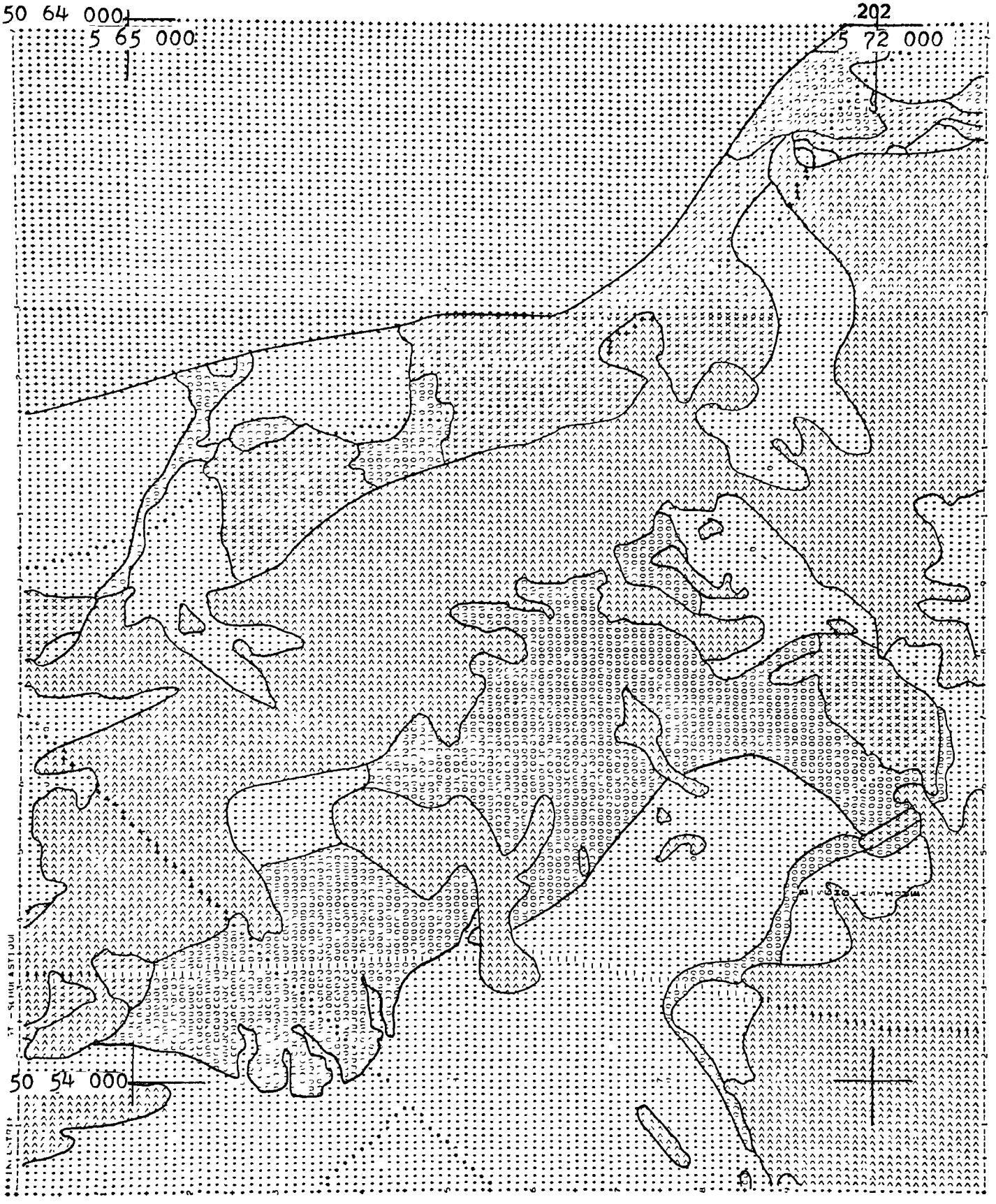
La construction de bâtiments industriels justifie ur investissement plus important. Les terrains pourront être artificiellement drainés, des terrains à nappe phréatique très élévée pourront être considérés comme moyennement favorables. L'ordre d'entrée du facteur nappe phréatique dans l'analyse taxonomique ne sera pas identique à celui de

la carte d'aptitude au lotissement résidentiel (tableau no 8).

favorable	surface de la nappe phréatique sous 2.25m (7.5 pi)
moyen	surface de la nappe phréatique de 0 à 2.25m (de 0 à 7.5 pi)
défavorable	zones inondables

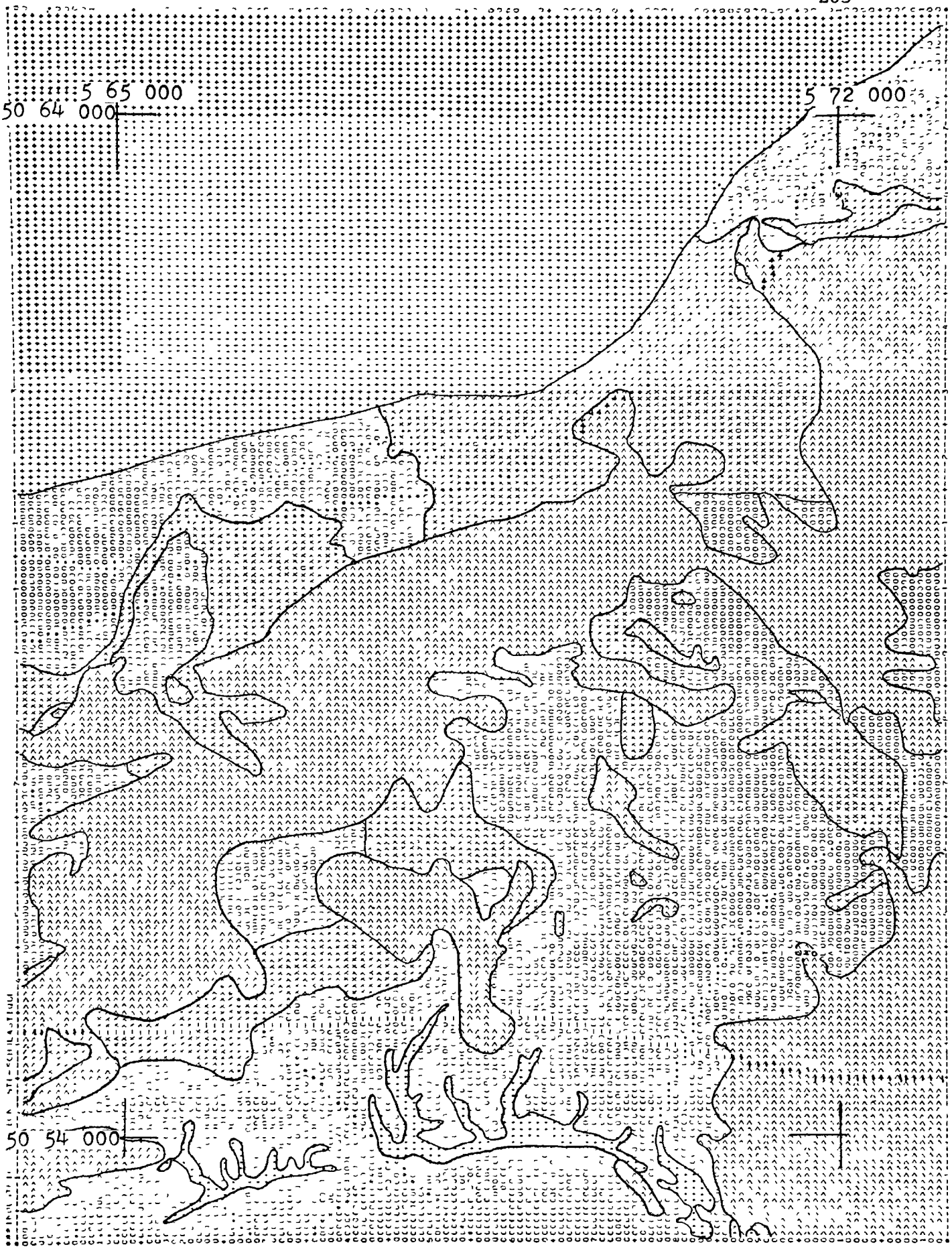
L'ordre des facteurs

Si il faut comparer l'ordre des facteurs pour ces deux cartes d'aptitude ,la nappe phréatique joue un rôle moins important dans le cas de l'industrie, le toit de la roche en place par contre devient plus important vu les possibilités d'ancrage des bâtiments alors que c'est un facteur frein, à cause des coûts élévés d'excavation pour le lotissement résidentiel. Dans la carte d'aptitude à l'installation de parcs d'industries légères l'ordre d'entrée des facteurs dans l'analyse taxonomique est le suivant: les pentes, l'épaisseur des dépôts meubles, la texture des matériaux de surface et la profondeur minimale de la nappe phréatique.



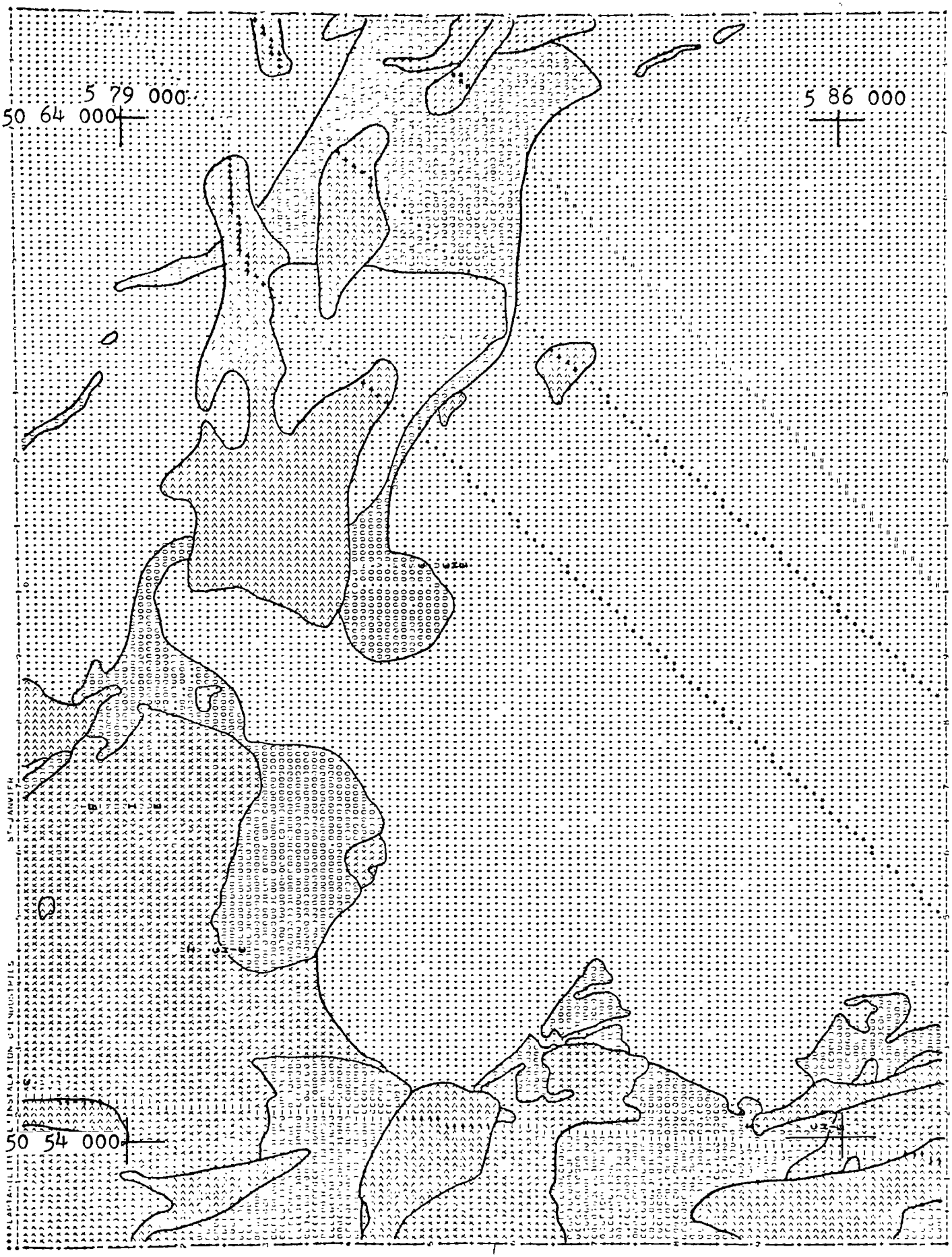
Carte no 41 : Aptitude à l'installation de parc industriel, méthode taxonomique

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



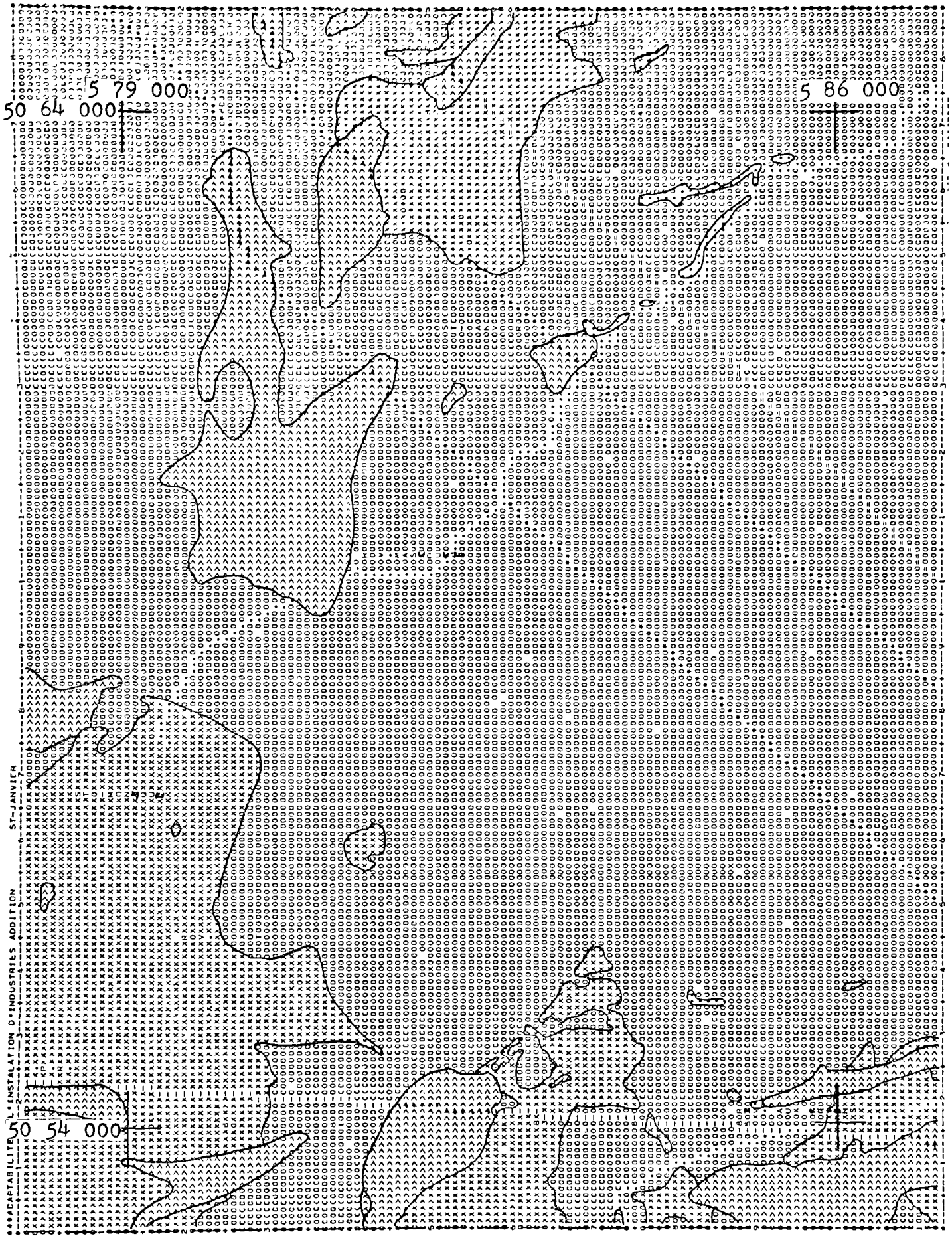
Carte no 42 : Aptitude à l'installation de parc industriel, addition des facteurs

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 43 : Aptitude à l'installation de parc industriel, méthode taxonomique

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



Carte no 44 : Aptitude à l'installation de parc industriel, addition des facteurs

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-4-3 La localisation des centres commerciaux.

Les centres commerciaux couvrent habituellement des surfaces inférieures à celles utilisées pour fins de parcs industriels. Leurs caractéristiques physiques doivent être sensiblement les mêmes (Kiefer 1967). La même carte peut donc être utilisée, en y ajoutant les facteurs humains tels que les courants de circulation, les courbes isochrones par rapport aux grands centres, qui sont des facteurs très importants pour ce type d'utilisation du sol.

33-4-4 Adaptabilité à l'installation de fosses septiques (no 45 à 48)

L'étude méthodologique pour l'établissement d'une carte d'aptitude à l'établissement de fosses septiques a été faite par J.M.Dubois (1972) . Nous reprenons ici les mêmes facteurs, restructurés pour le système d'information.

a-éloignement des plans d'eau

Ce facteur n'a pu être incorporé au système, étant donnée l'échelle de travail et les outils dont nous disposions. A l'échelle du 1/25 000 le pouvoir séparateur du

convertisseur digital n'est pas assez bon pour indiquer des distances inférieures à 50 m (160 pi) qui sont représentées par 2mm (0.079 po). J-M.Dubois introduit un facteur pour l'éloignement des plans d'eau

Le choix est le suivant:

favorable plus de 30 m (100 pi)
moyen de 15 à 30 m (50 à 100 pi)
défavorable moins de 15 m (moins de 50 pi)

Ce facteur devra être ajouté sur la carte par l'utilisateur. Dans le cas d'une échelle de base plus grande, il serait aisé d'ajouter ce facteur (au 1/2,500:30 m est représenté par 20 mm -0.8 po).

b-L'épaisseur des dépôts meubles

Dans le cas du projet actuel on a considéré la roche en place comme défavorable soit qu'elle soit un calcaire fissurée ou karstifiée, pouvant donc laisser passer des effluents qui pollueraient la nappe profonde, soit qu'elle soit imperméable et impropre à la percolation. Le rôle tampon des dépôts meubles est donc très important pour assurer le bon fonctionnement des fosses septiques et l'oxydation des effluents.

Le choix est le suivant:

favorable	toit de la roche en place a plus de 2.10m (14 pi)
moyen	toit de la roche en place entre 1.05 et 2.10 m (de 3.5 à 7 pi)
défavorable	toit de la roche en place à moins de 1.05 m (3.5 pi)

c-La pierrosité

Dans la région, la pierrosité est nulle ou très élevée selon que le till affleure ou non. La carte des zones non-échantillonnées est un bon indice des terrains défavorables à l'établissement des fosses septiques, à cause de leur pierrosité trop forte.

d- Le risque de gel

Le risque de gel ne semble pas être très élevé dans la région étudiée (Legget et al. 1949), en tout cas pas sous une profondeur de 0.60 m (2 pi). Un relevé des températures dans un puits situé derrière le laboratoire de terrain à Ste-Scholastique nous confirme ces résultats (tableau no 9).

TABLEAU NO 9 : TEMPÉRATURES RELEVÉES DANS LE SOL A STE-SCHOLASTIQUE (décembre 1971 à septembre 1972)

profondeur	2 po	6 po	8 po	1 pi	2 pi	6 pi	10 pi	15 pi	20 pi	25 pi
en cm	6	15	20	30	60	120	305	450	610	760
22-12-71	.5	1.4	2.0	2.5	5.6	7.6	8.0	9.0	8.5	8.1
5- 1-72	.6	1.4	2.0	2.5	4.5	7.4	8.0	8.1	8.1	8.1
15- 1-72	1.2	1.8	2.3	2.7	4.3	7.8	8.5	8.9	8.9	8.9
29- 2-72	.8	1.1	1.4	1.6	2.8	5.5	7.9	7.4	7.5	8.0
10- 3-72	.5	.8	1.2	1.6	2.8	4.2	7.1	7.6	7.5	8.0
10- 5-72	5.6	6.5	6.8	6.5	5.0	4.3	6.6	6.8	7.0	7.2
1- 6-72	15.1	14.9	14.6	13.6	7.8	7.7	6.6	6.8	7.1	7.2
20- 6-72	20.4	19.3	18.6	17.5	15.3	12.7	10.5	10.8	11.0	11.1
15- 7-72	23.4	22.6	21.8	20.8	18.0	15.3	11.2	11.1	11.1	11.3
1- 8-72	23.0	21.5	21.4	20.8	19.2	16.5	11.4	11.1	11.1	11.3
16- 8-72	17.0	17.3	17.7	18.0	17.7	16.5	12.1	11.6	11.6	11.7
1- 9-72	21.5	20.4	20.2	19.6	19.0	17.0	12.9	11.6	11.4	11.6
15- 9-72	17.4	16.8	17.0	17.0	17.0	16.5	12.9	11.0	10.8	11.0

les valeurs sont en degrés centigrades.

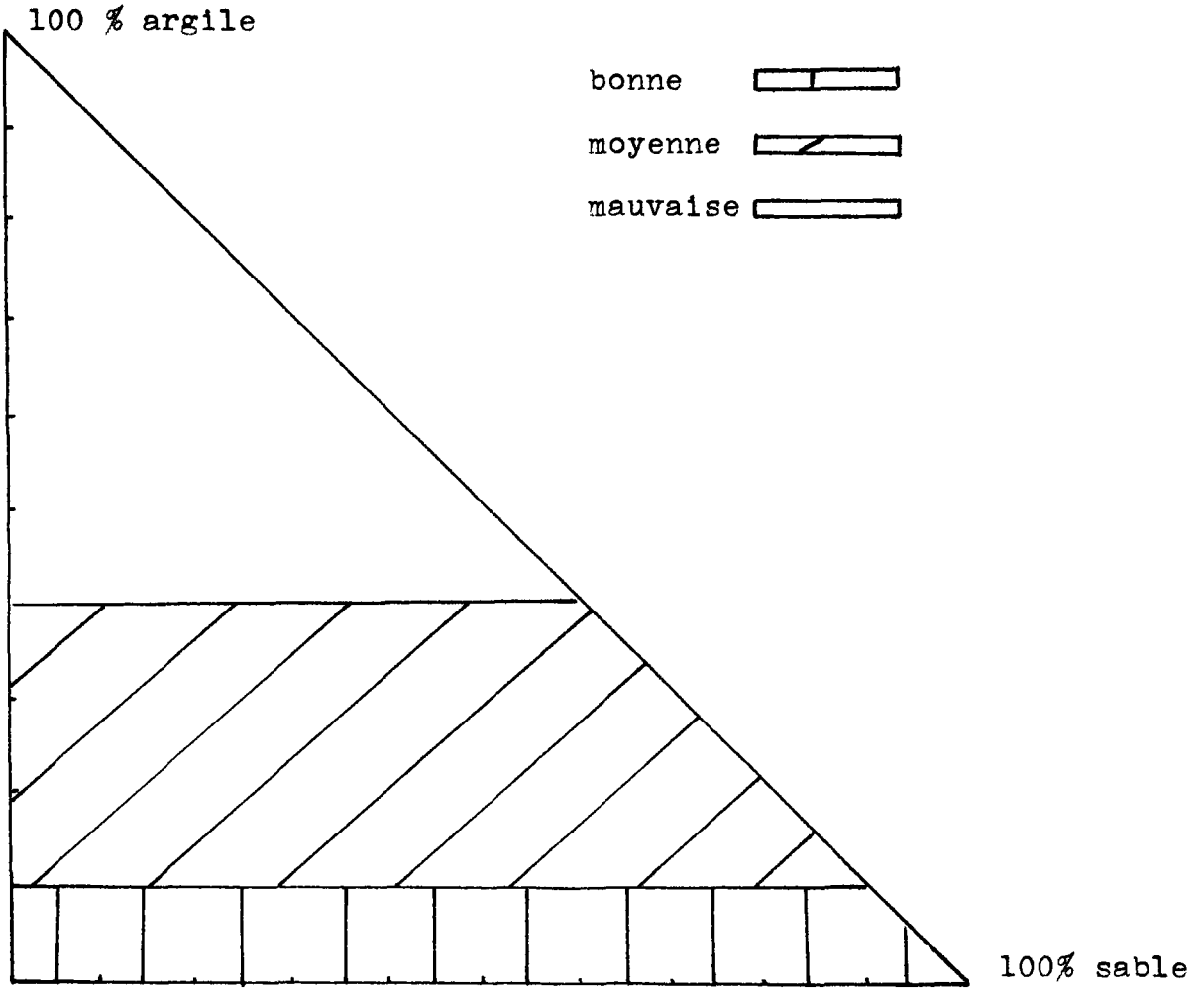
e-La texture des matériaux de surface

Les matériaux de surface doivent être classés suivant leur potentiel d'oxydation. La classification proposée par J-M.Dubois (1972- p 14) a été transformée pour s'adapter aux mesures utilisées pour le projet. Les matériaux ayant une bonne capacité d'oxydation ont moins de 10% de particules argileuses (tableau no 3 et fig. no 39) ce sont les sables purs, les limons, ainsi que les parties les moins argileuses des sables limoneux, des loams, et des loams limoneux. Les matériaux ayant une capacité d'oxydation moyenne sont ceux qui contiennent de 10 à 40 % d'argile: les loams limoneux, les loams, les sables limoneux, les loams argilo-limoneux, les loams argileux, les loams argilo-sableux et la partie la plus riche en sable des argiles sableuses. Les matériaux qui ont une mauvaise capacité d'oxydation ont plus de 40 % de particules argileuses: les argiles sableuses, les argiles limoneuses,les argiles pures et les argiles lourdes.

Le choix est le suivant :

favorable	moins de 10% d'argile
moyen	de 10 à 40 % d'argile
défavorable	plus de 40 % d'argile

FIGURE NO 39 : CLASSIFICATION GRANULOMÉTRIQUE DES MATÉRIAUX EN FONCTION DE LEUR POTENTIEL D'OXYDATION



f-Les risques d'inondation

Le long des rivières principales (Rivière du Nord,Lac des Deux-Montagnes), mais aussi le long des rivières secondaires, les risques d'inondation sont réels. La région de la rivière du Nord a fait l'objet d'une étude détaillée (M.R.N.1972). Les plaines d'inondation des rivières secondaires ne sont pas clairement décelables à l'échelle de nos cartes de base, et ceci nous ramène au problème de l'expression des distances dont nous parlions dans un chapitre précédent. La carte de la profondeur minimale de la nappe phréatique peut fournir une bonne approximation des terrains saturés en eau la majeure partie de l'année. Les données disponibles sur les inondations de la Rivière du Nord sont cartographiées dans le raport du M.R.N.(1972). Les limites des zones inondées avec des fréquences de 10,50 et 100 ans sont très proches. Une étude de chaque site envisagé le long de la rivière paraît obligatoire.

Le choix qui est fait:

favorable	fréquence d'inondation possible supérieure à 10 ans
défavorable	fréquence d'inondations possibles de 0 à 10 ans

Ouant à la nappe phréatique le choix est le suivant:

favorable	à plus de 2.25m (7.5 pi)
moyen	de .90 à 2.25 m (de 3 à 7.5 pi)
défavorable	moins de .90m (moins de 3 pi)

q-La pente

Le choix est le suivant (Dubois 1972)

favorable	moins de 8 %
moyen	de 8 à 15 %
défavorable	plus de 15 %

f-Epaisseur de matériel avant la première couche imperméable

Cette couche de terrain perméable joue un rôle primordial dans l'oxydation des effluents et donc dans le bon fonctionnement d'une fosse septique.

Le choix est le suivant:

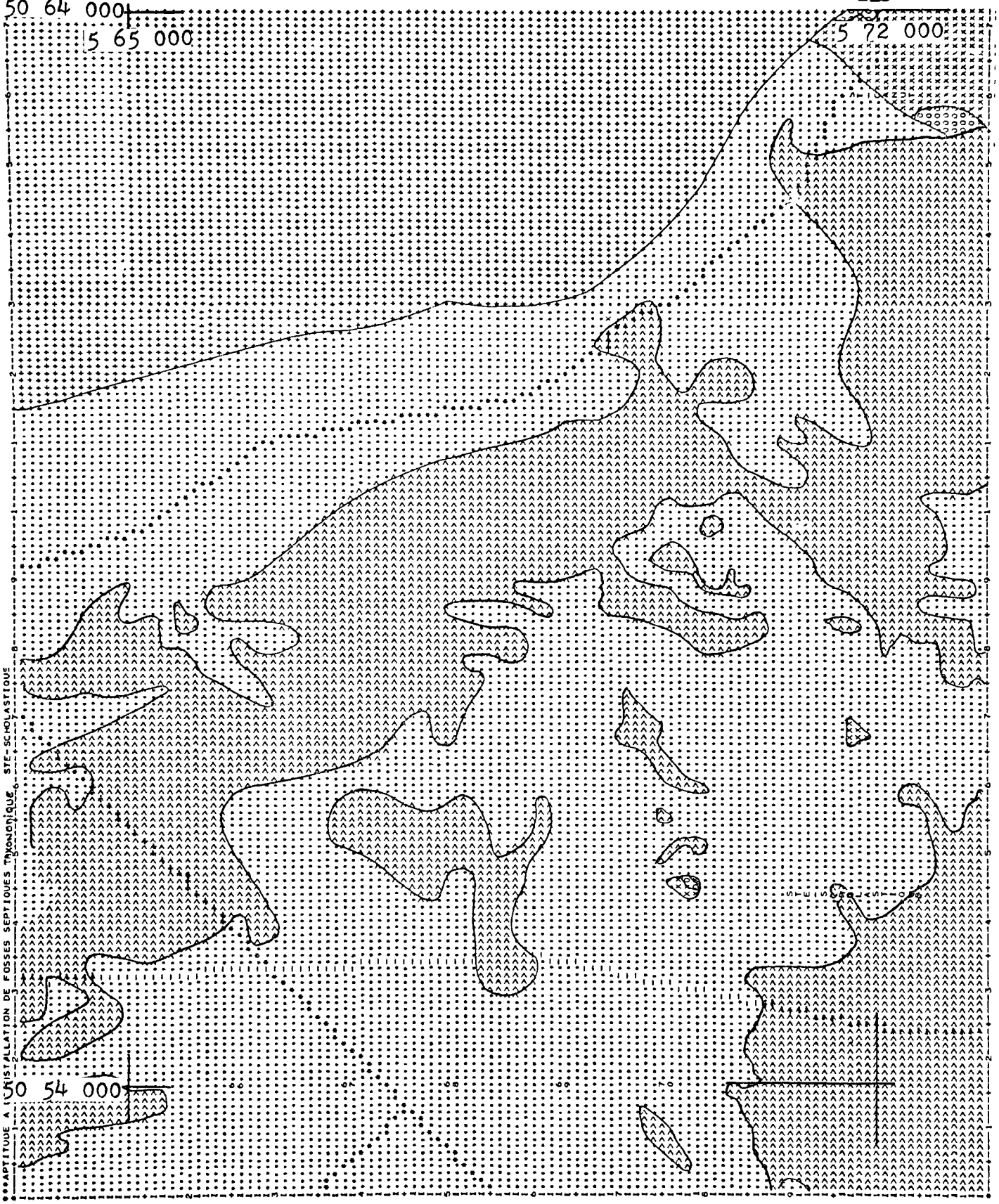
favorable	plus de 1.80 m (6 pi)
moyen	de 0.90 à 1.80 m (de 3 à 6 pi)
défavorable	moins de .90m (moins de 3 pi)

Dans les régions étudiées, la stratigraphie est toujours semblable: sable, argile, gravier, till, roche en place. Le sable constitue le matériel perméable par rapport à

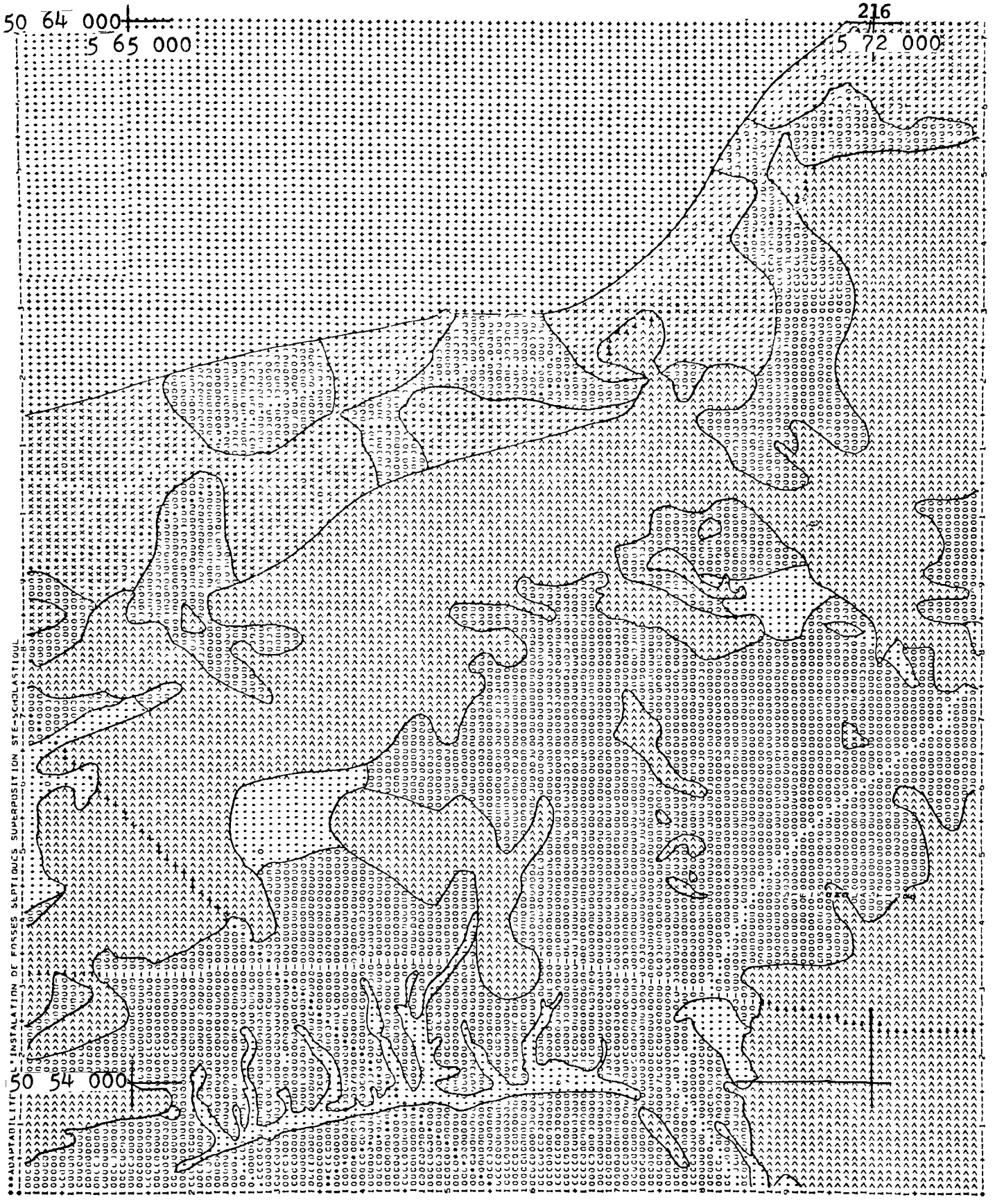
l'argile sous-jacente. La carte de facteur épaisseur du sable sera utilisée.

L'ordre des facteurs

Les facteurs interviendront dans l'ordre suivant dans l'analyse taxonomique: épaisseur du sable, profondeur minimale de la nappe phréatique, teneur en argile des matériaux de surface, la pente et l'épaisseur des dépôts meubles (Dubois 1972).

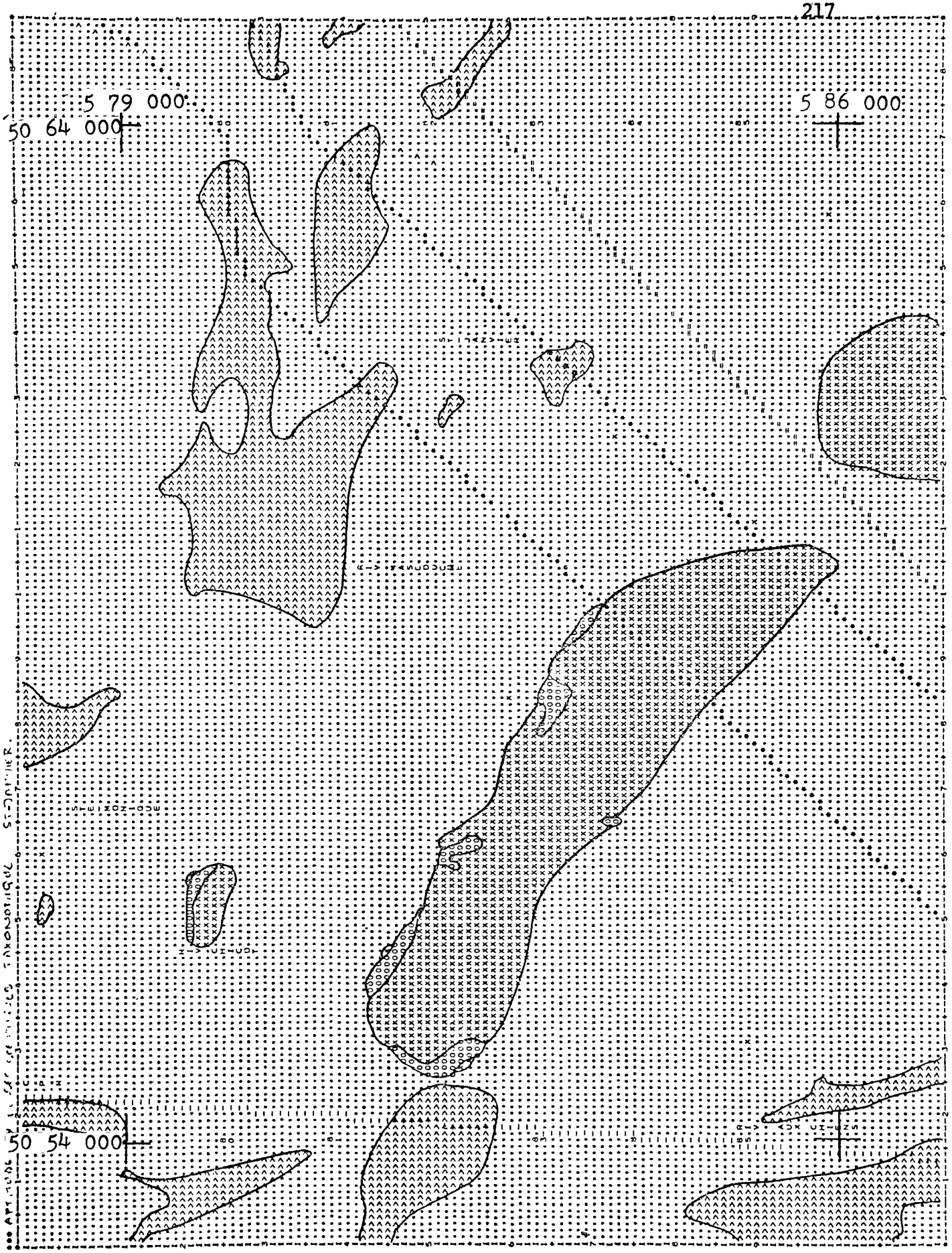


Carte no 45 : Aptitude à l'installation de fosses septiques, méthode taxonomique Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 46 : Aptitude à l'installation de fosses septiques, addition des facteurs

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 47 : Aptitude à l'installation de fosses septiques, méthode taxonomique

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



Carte no 48 : Aptitude à l'installation de fosses septiques, addition des facteurs St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-4-5 Localisation de dépotoirs (sanitary landfills)(no 49 à 52)

Le type de dépotoir considéré consiste en une accumulation de rebuts recouverts tous les jours d'une couche compactée de sol d'épaisseur variable . Ce dépotoir est connu sous le nom de sanitary landfill.

Le choix de l'emplacement d'un dépotoir sera toujours guidé par un certain nombre de facteurs proprement économiques (questions de distances, de voies d'accès, de prix des terrains, d'utilisation alternative du même terrain etc...) ou sociales (dépréciation esthétique du site et donc des habitations environnantes, fumées, odeurs, bruits des camions, etc...). Il faut considérer que l'accumulation de rebuts en grandes quantités provoque des changements physiques du milieu (disparition de dépressions etc...), mais aussi des changements chimiques dus à la concentration de différents éléments, à la décomposition des matières organiques et aux réactions chimiques possibles entre les substances rejetées (Flawn 1970 p 48). Il faut donc limiter l'extension de ces changements chimiques en essayant d'éviter les possibilités d'échanges entre le dépotoir et le milieu environnant. Le potentiel de pollution du dépotoir dépend d'abord du type de rebuts déposés, de ses possibilités de

déformations internes, (dilatation, tassement etc...), des caractéristiques géologiques et hydrologiques du site, de sa protection contre les vents et les animaux et du climat (fig. no 40). Une carte comme celle-ci ne peut apporter que les éléments favorables ou défavorables du milieu physique pour l'utilisation du site envisagé.

a-Les pentes

Les pentes trop faibles ne conviennent pas car elles oblitèrent le drainage naturel. Les pentes trop fortes, par contre, ne permettent pas l'utilisation du matériel roulant lourd nécessaire pour l'entretien du dépotoir.

Le choix est le suivant:

favorable	de 3 à 15 %
défavorable	plus de 15 %
	moins de 3 %

b- Le drainage

La nappe phréatique ne peut en aucun cas être proche de la base du dépotoir. Elle serait polluée par les effluents de celui-ci.

Le choix suivant a été fait:

favorable	nappe phréatique à plus de 2.25m (7.5 pi)
moyen	entre .90 et 2.25 m (de 3 à 7.5 pi)

défavorable moins de .90 m (moins de 3 pi)

c- Epaisseur des dépôts meubles

Les dépôts meubles servent à filtrer les effluents. La roche en place est jugée comme non favorable (comme dans le cas de l'aptitude à l'installation de fosses septiques). L'épaisseur optimale sera plus forte que dans le cas des fosses septiques, vu le plus grand volume d'effluents.

Le choix suivant a été fait:

favorable	plus de 3.2 m de dépôts meubles (10.5 pi)
moyen	de 0.90m à 3.2 m (de 3 à 10.5 pi)
défavorable	moins de 0.90 m (moins de 3 pi)

d-Texture des dépôts de surface

Les matériaux argileux sont difficiles à travailler mais représentent un haut potentiel d'imperméabilité limitant l'évacuation des effluents et servant d'isolant contre le vent, les précipitations et les animaux. Les matériaux à composition granulométrique composite contenant des sables, des limons et des argiles sont plus faciles à travailler mais plus perméables. Les sables purs, très bien classés dans la région forment d'excellents aquifères et devraient être le moins perturbés possible, surtout pas par l'installation d'un dépotoir qui pourrait polluer la nappe de surface.

Le choix est le suivant:

favorable	de 10 à 100 % de particules argileuses
défavorable	moins de 10 %

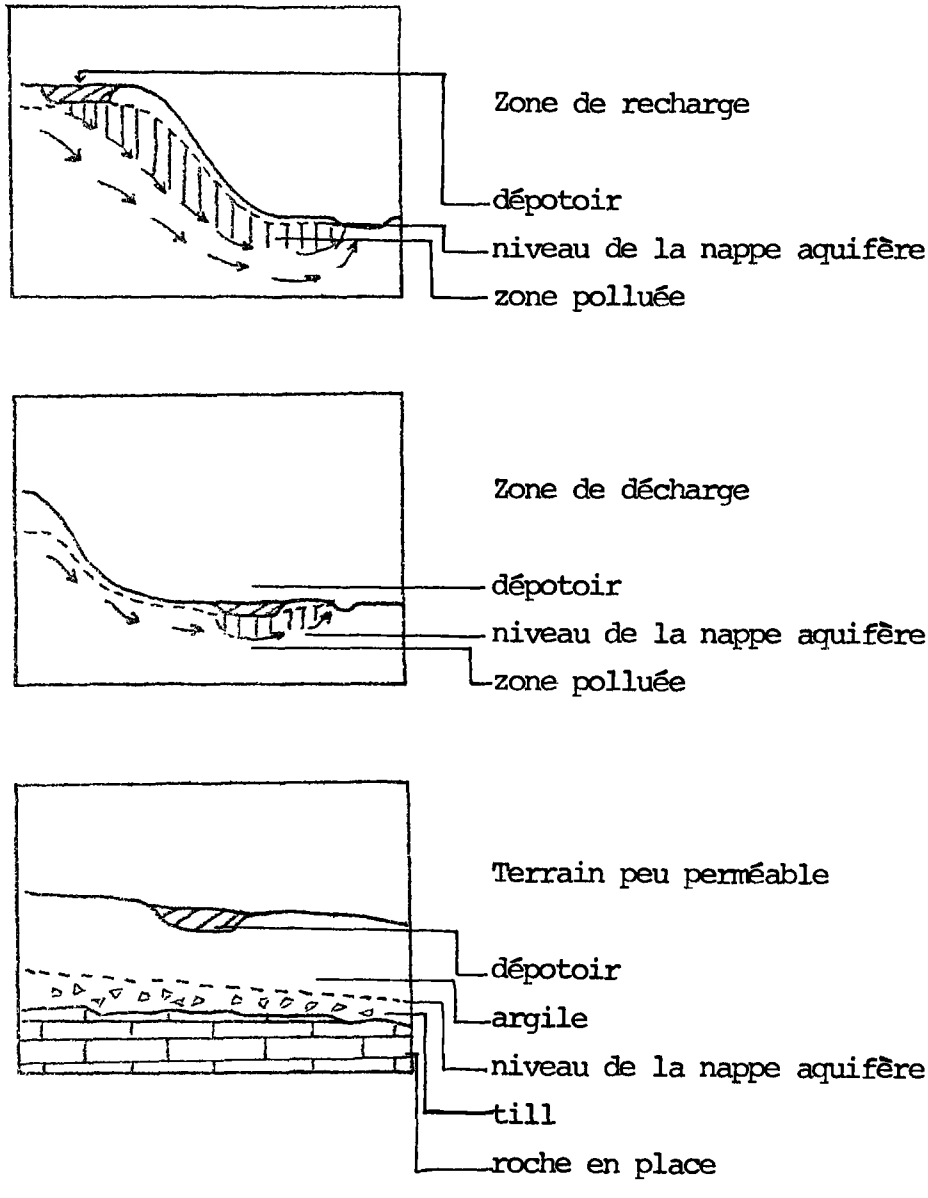
Dans la région, les matériaux sont, soit dépourvus de graviers (matériaux post-glaciaires), soit très riches en graviers (till et dépôts fluvio-glaciaires). Il n'est donc pas utile de faire entrer la pierrosité en ligne de compte, Les cartes des zones non-échantillonnées serviront de complément d'information et les zones de till ou de graviers fluvio-glaciaires seront considérées comme inadéquates. Dans le cas d'un sol trop argileux, en vue d'éviter la pollution du drainage superficiel de la région, il faudrait assurer, par addition de particules plus grossières, une certaine perméabilité aux terrains sous le dépotoir, cette perméabilité étant aussi essentielle pour accélérer les phénomènes de décomposition.

L'ordre des facteurs.

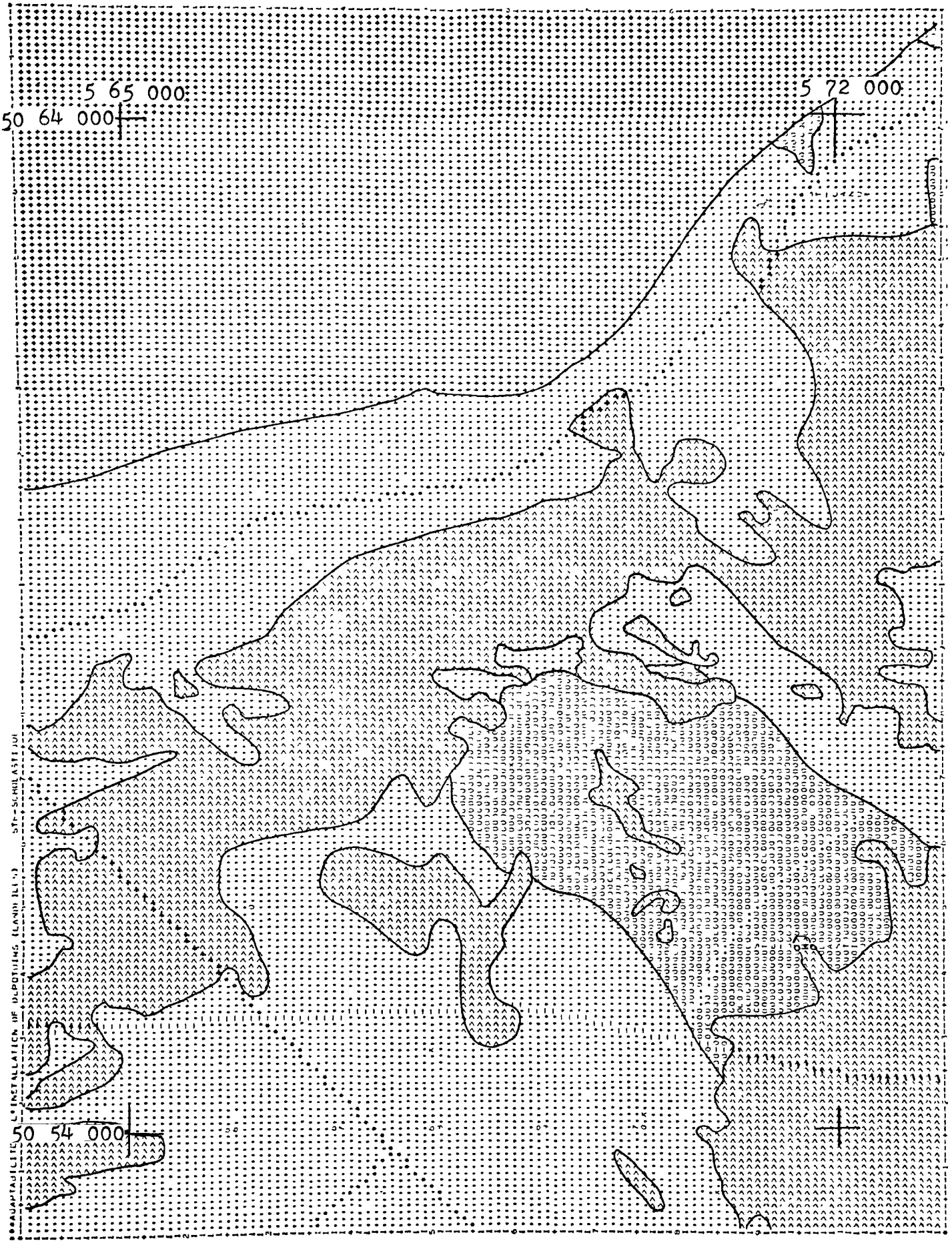
L'ordre d'entrée des facteurs dans l'analyse taxonomique est le suivant: la teneur en particules argileuses, le drainage, l'épaisseur des dépôts meubles et la pente. Une pente artificielle peut toujours être créée au besoin par le creusement d'une fosse ou l'adoucissement d'une

pente trop forte. Le drainage, quant à lui, est un élément prépondérant. Un sol mal drainé ne permet pas la filtration et l'évacuation des liquides.

FIGURE NO 40 : LOCALISATION DE SITES DE DÉPOTOIRS

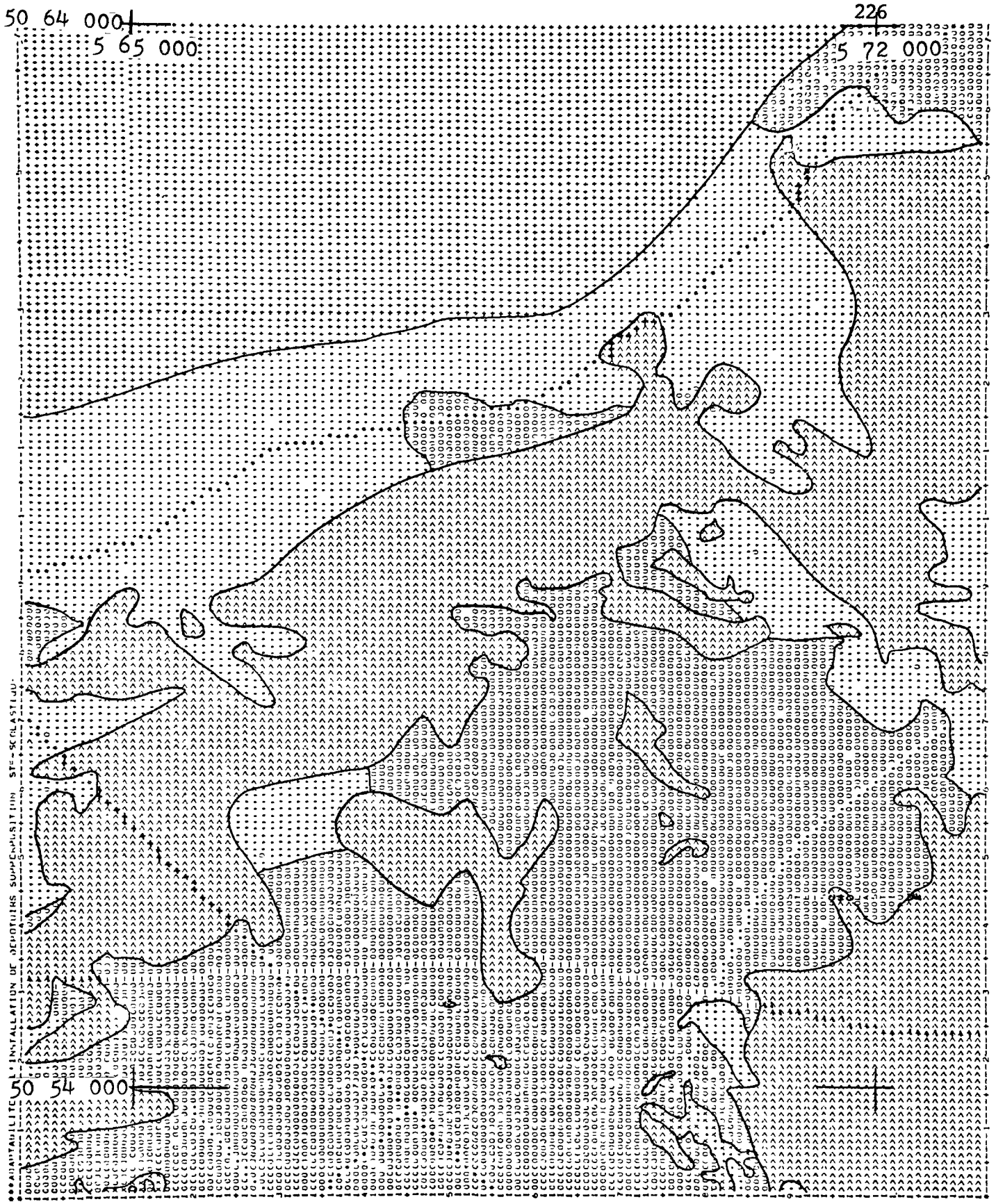


d'après Flawn (1970) p 152



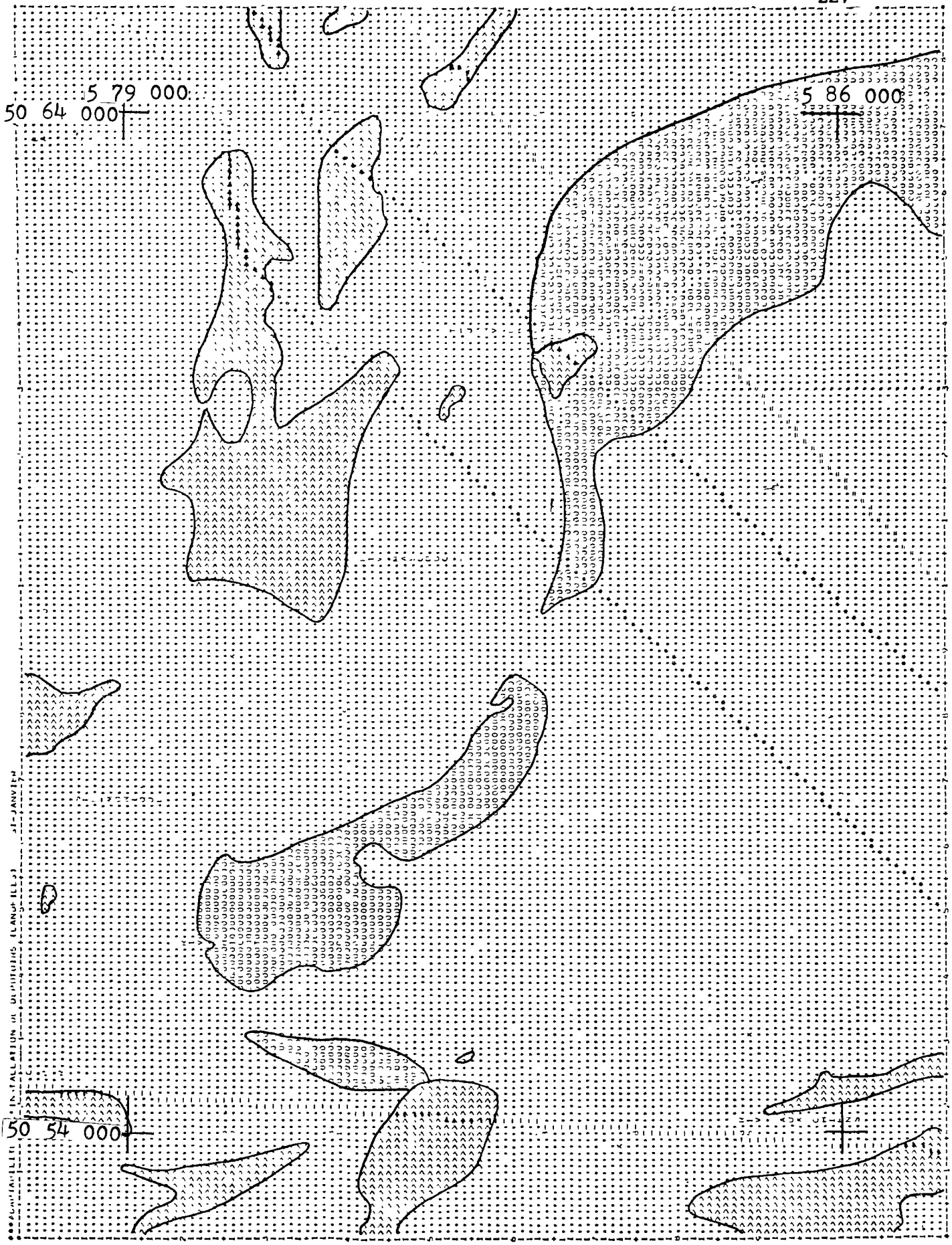
Carte no 49 : Aptitude à l'installation de dépotoirs, méthode taxonomique

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 50 : Aptitude à l'installation de dépotoirs, addition des facteurs

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 51 : Aptitude à l'installation de dépotoirs, méthode taxonomique

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



Carte no 52 : Aptitude à l'installation de dépotoirs, addition des facteurs

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-4-6 Probabilités de glissement de terrains (no 53 a~ 56)

Cette carte ne peut être qu'une carte d'orientation pour attirer l'attention sur les régions les plus susceptibles d'être affectées par des glissements de terrain. Les causes de glissements sont encore sujettes à contreverses dans les argiles des Basses-Terres du Saint-Laurent. Mais il reste qu'en utilisant des facteurs fondamentaux, il est possible de définir des régions avec de plus ou moins grandes probabilités de glissements.

Dans les matériaux de la région, les glissements sont, soit du type rotatif, soit des coulées d'argile. Le deuxième type de glissement met en jeu de beaucoup plus grandes quantités de matériel, cependant, la première phase d'une coulée boueuse semble fréquemment être un décrochement. La nature du matériel et les conditions hydrogéologiques locales peuvent ensuite permettre un écoulement du matériel.

Les facteurs utilisés pour la réalisation de cette carte d'aptitude sont en partie ceux proposés par H.Gagnon dans son article de la Revue de Géographie de Montréal (1972). Cet article présente une méthodologie très raffinée pour l'étude des zones de glissements probables au moyen des

photographies aériennes.

a-Nature du matériel de surface.

Pour qu'il y ait coulée boueuse, il faut que le matériel soit de l'argile thixotropique. Cette propriété de l'argile doit être déterminée par des méthodes de laboratoire plus complexes que celles dont nous disposions. Nous considérerons que tout le matériel contenant plus de 40 % de particules argileuses est susceptible de glissements. Les analyses effectuées sur des échantillons de profondeur nous ont montré, que dans de nombreux cas, l'argile contient plus d'eau naturellement que la limite de liquidité(fig.no 41).

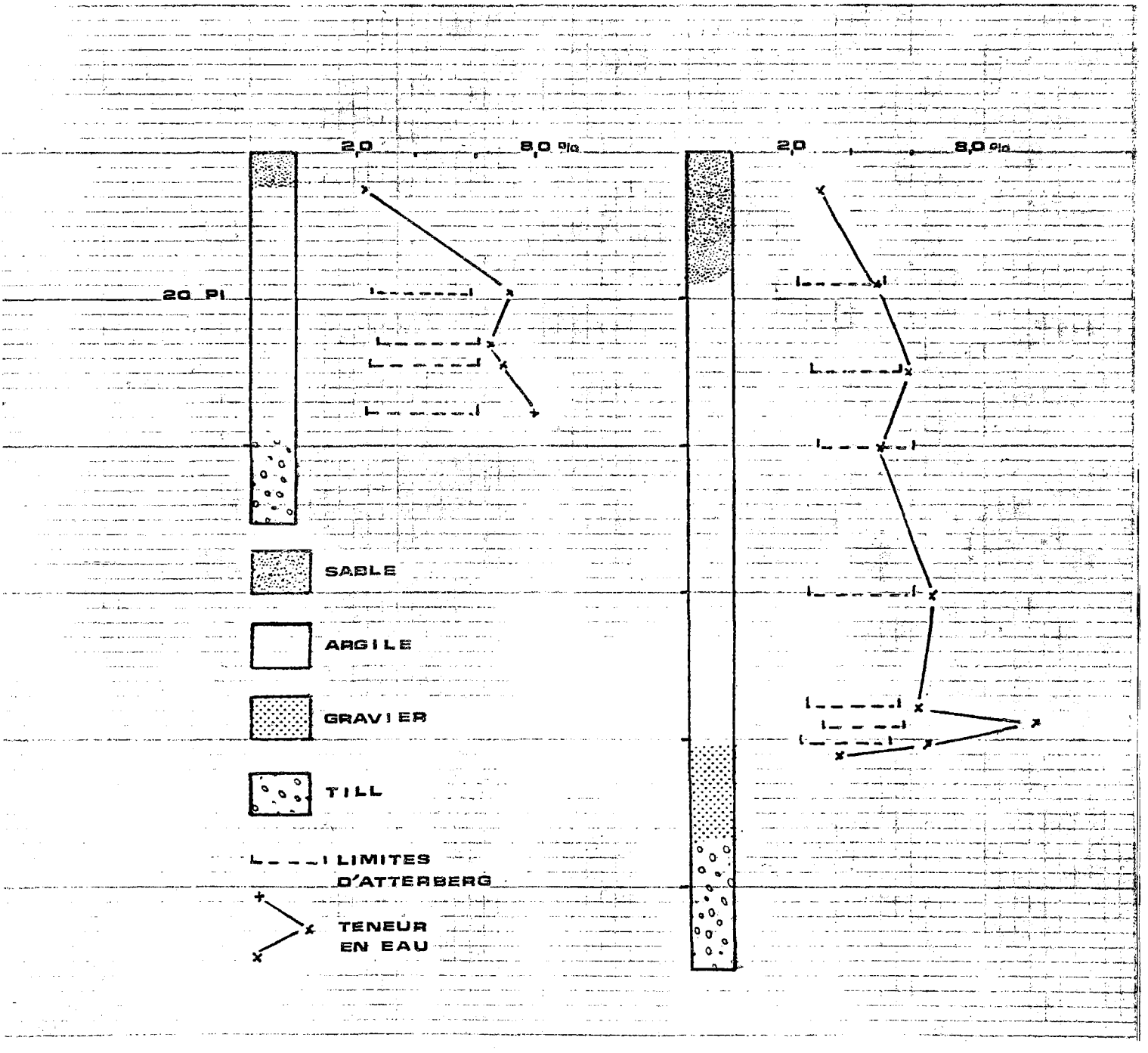
Le choix est le suivant:

favorable	plus de 40 % d'argile
défavorable	moins de 40 % d'argile

b-traces d'ancien glissements

Les zones qui ont déjà étés affectées par des glissements de terrain semblent susceptibles de l'être à nouveau. Il n'y a pas de traces d'anciens glissements dans les deux régions test, mais ce sera une donnée à incorporer dans une carte d'aptitude de ce type.

FIGURE NO 41 : TENEUR EN EAU NATURELLE ET LIMITES D'ATTERBERG DE DEUX FORAGES (013 et 018)



c- La pente

Le choix est le suivant:

favorable	plus de 15 %
défavorable	moins de 15 %

Ce facteur n'est pas limitatif. Certaines coulées ont eu lieu sur des pentes extrêmement faibles. Cependant, les coulées débutent habituellement par un décrochement et ceux-ci se développent surtout sur des pentes de 12 degrés et plus (21 % et plus).

d-L'épaisseur de l'argile

Le choix est le suivant:

favorable	plus de 9.1 m (plus de 30 pi)
moyen	de 3.6 à 9.1 m (de 12 à 30 pi)
défavorable	moins de 3.6 m (moins de 12 pi)

Les coulées argileuses se produisent surtout quand l'épaisseur de l'argile est supérieure à 10m (32.8 pi). Cependant, les décrochements peuvent avoir lieu sur des versants raides n'ayant pas nécessairement une couche de matériel argileux si épaisse.

e-Profondeur minimale de la nappe phréatique

Le choix est le suivant:

favorable de 0 à .90 m(0 à 3 pi)
moyen de .90m à 2.25 m (3 à 7.5 pi)
défavorable plus de 2.25 m (plus de 7.5 pi)

Comme pour la carte d'aptitude à l'installation des fosses septiques, il manque dans le système d'information une série de cartes de facteur. Il serait bon de comparer la carte obtenue avec la carte de la topographie de la roche en place. Il est reconnu que la présence d'anciens chenaux, de pentes fortes de la roche en place ou d'un contact entre des dépôts sous-jacents à l'argile, peuvent avoir un rôle positif sur les possibilités de glissements.

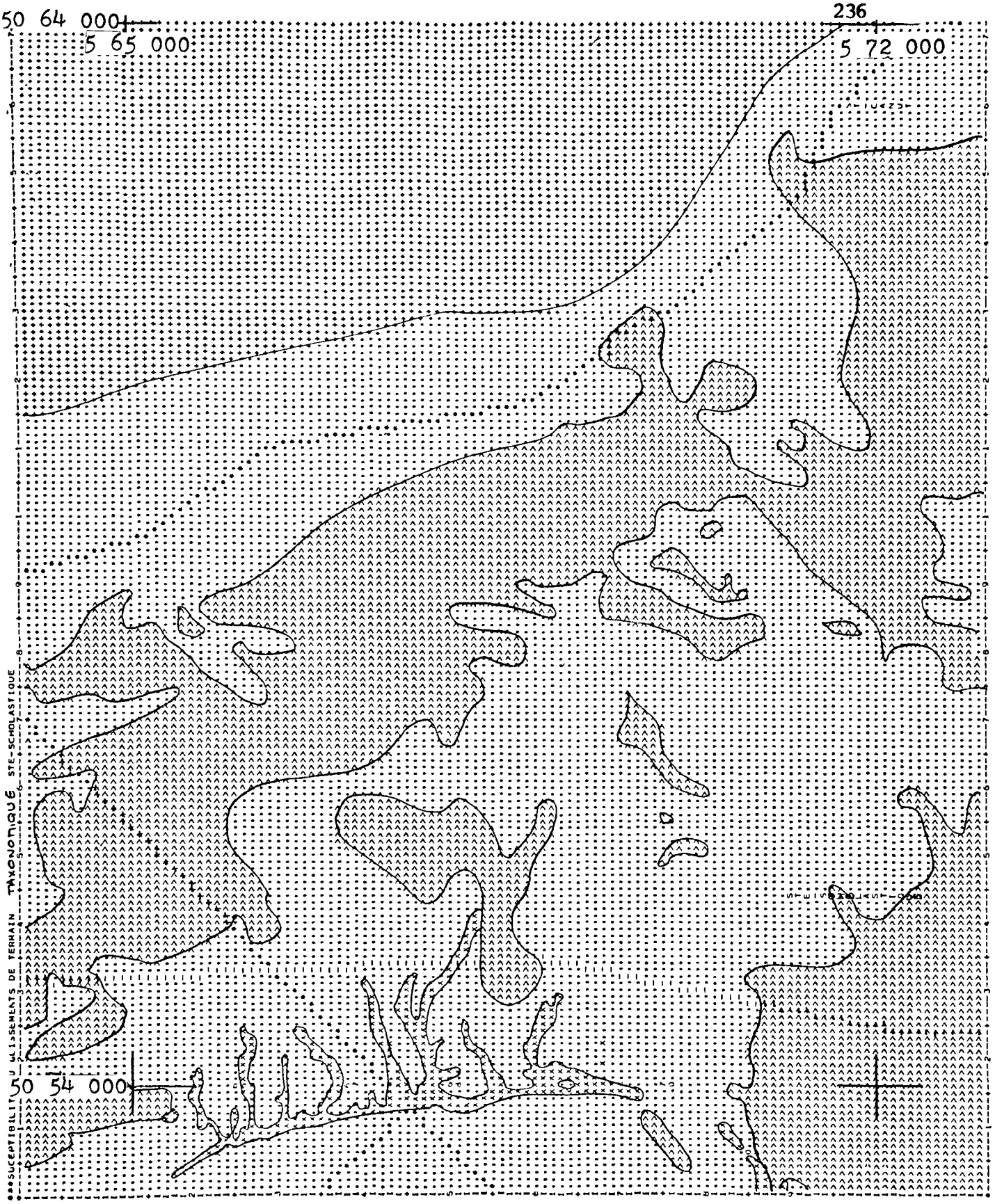
Les facteurs anthropiques doivent aussi être utilisés; ceci n'est possible cependant que pour des travaux à grande échelle. Ces facteurs humains sont surtout les zones de vibration (chemin de fer, route avec trafic lourd), la construction domiciliaire sur les sommets des talus, les variations du niveau de la nappe phréatique ou du niveau de base régional, les remblais locaux qui surchargent le sommet des talus et perturbent le drainage

f:L'alternance de matériaux différents

Ces lentilles de matériel de perméabilité relative différente, retiennent l'eau et peuvent jouer comme surface de glissement. Il n'existe pas d'information aussi détaillée sur la région; dans les limites de précision des méthodes utilisées, l'argile est homogène. Cependant, il y a les contacts latéraux. Des infiltrations locales entre l'argile et un matériel plus grossier (le till dans ce cas-ci ou les flèches de sable) peuvent augmenter la teneur en eau de l'argile et augmenter son potentiel de glissement. Il faudra donc considérer ces zones de contact avec une attention particulière, les zones de till apparaissant sur les cartes.

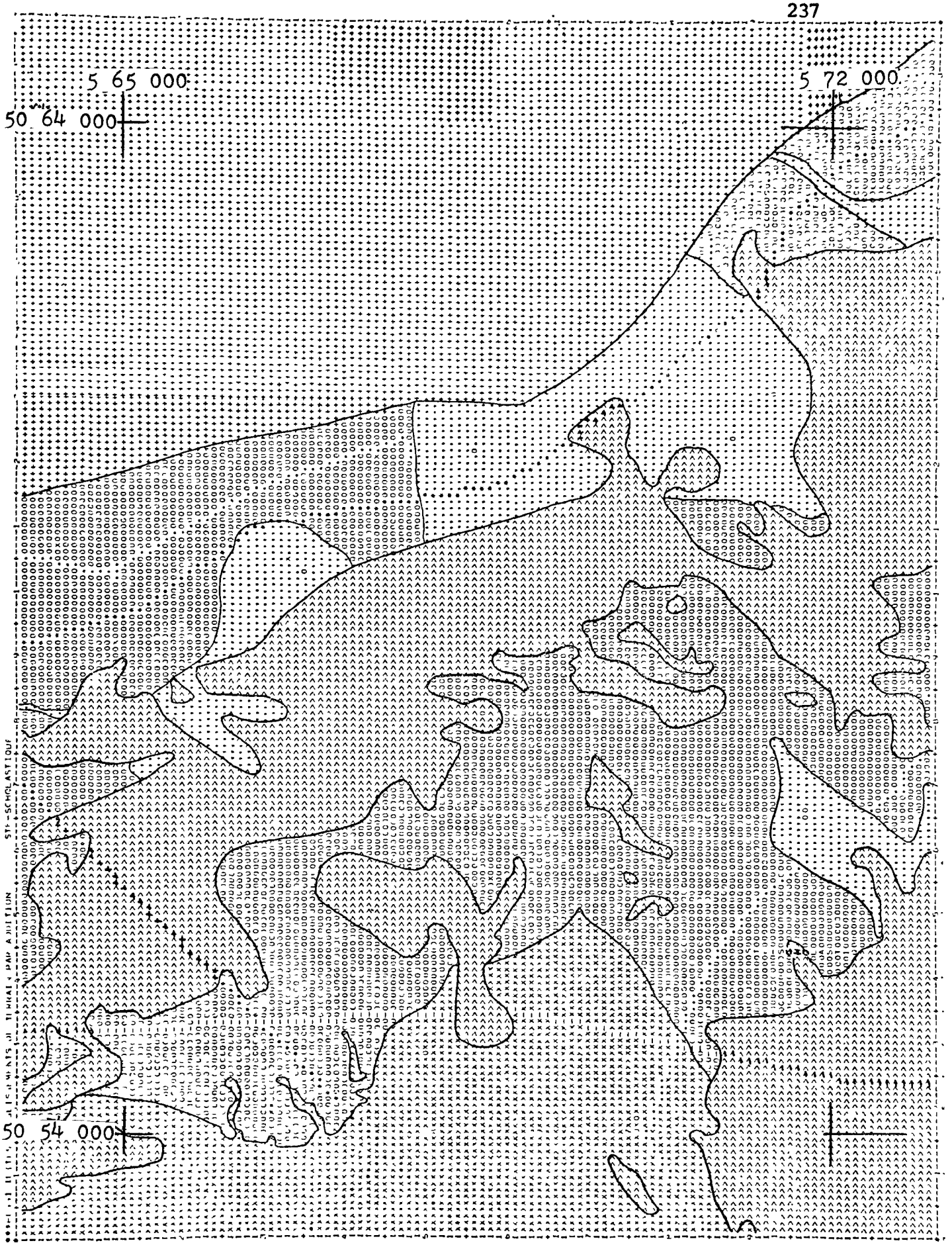
L'ordre des facteurs

L'ordre choisi pour l'analyse taxonomique est le suivant : la teneur en argile,la pente, le drainage et l'épaisseur de l'argile. Ce sont actuellement les seuls disponibles dans le système d'information.



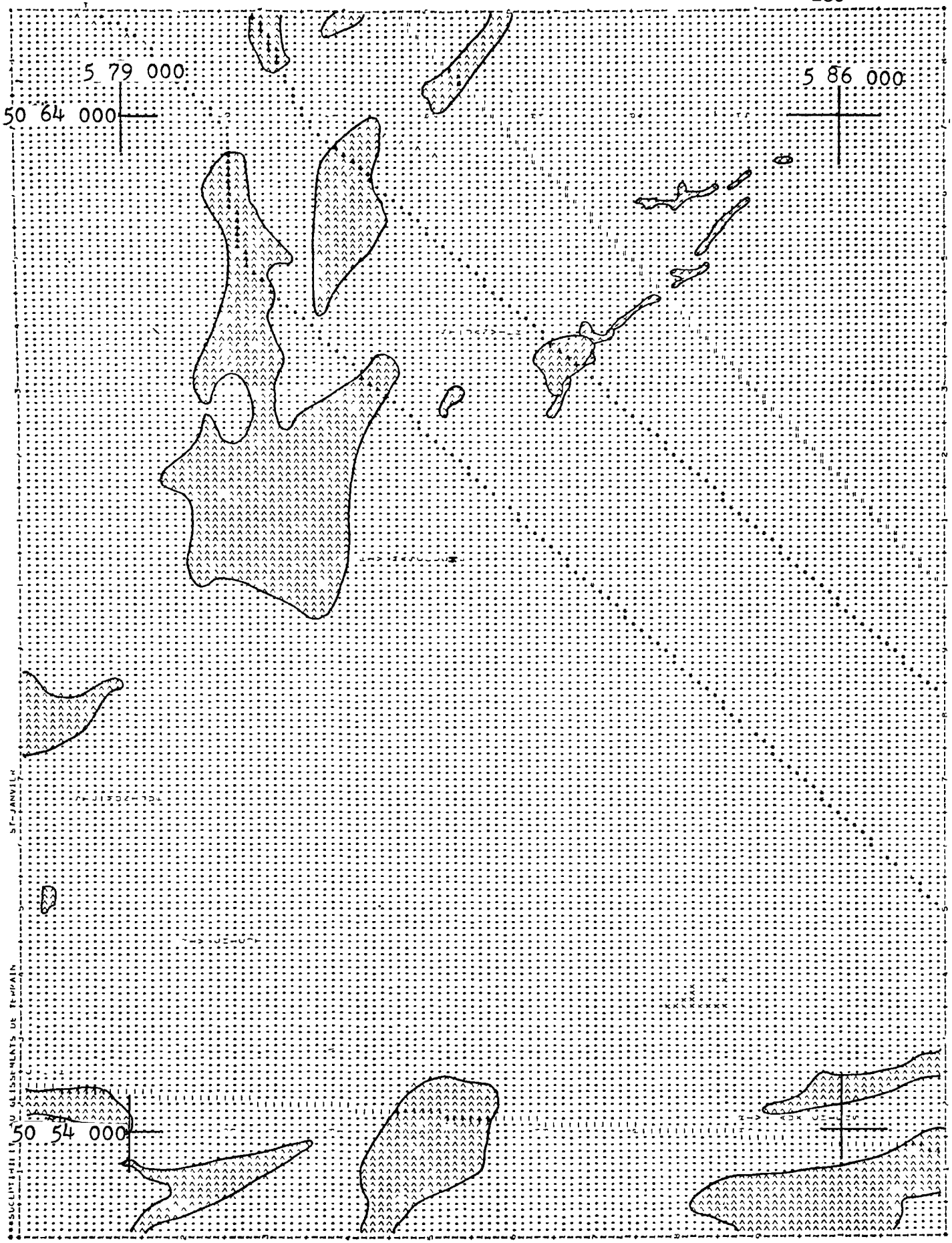
Carte no 53 : Susceptibilité aux glissements de terrain, méthode taxonomique

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000

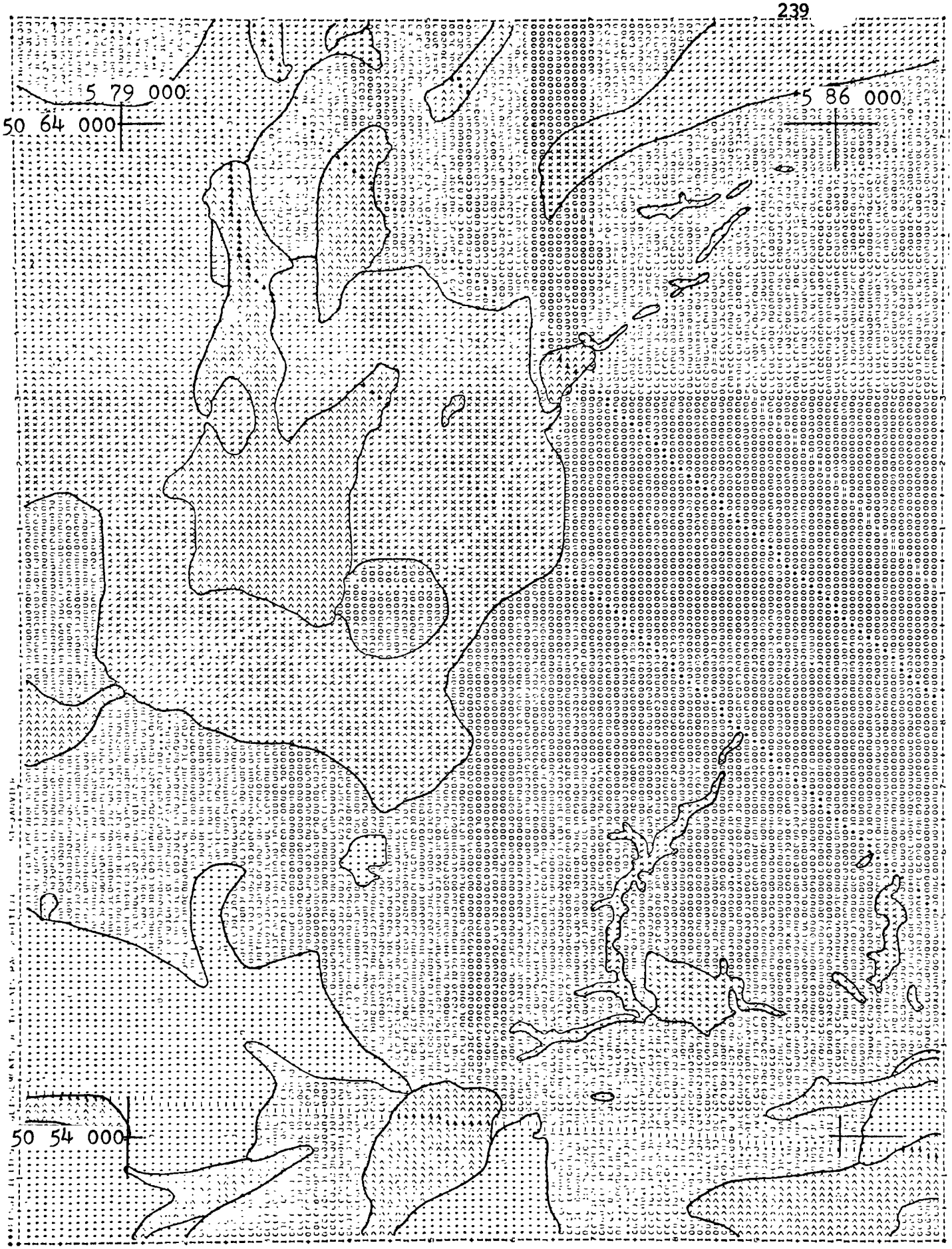


Carte no 54 : Susceptibilité aux glissements de terrain, addition des facteurs

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 55 : Susceptibilité aux glissements de terrain, méthode taxonomique, St-Janvier, échelle approximative 1/50,000



Carte no 56 : Susceptibilité aux glissements de terrain, addition des facteurs St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-5 Les Cartes d'Aptitude Potentielles

33-5-1 Introduction

Il est difficile de donner une liste exhaustive des possibilités du Système d'Information Géoscientifique même tel qu'il est actuellement. Il serait encore plus difficile de les imaginer si en ajoutant diverses cartes de facteur pour étendre le système à d'autres domaines tels ceux de microclimatologie, botanique, hydrologie, hydrogéologie, pédologie, éléments historiques (monuments, centre de regroupement...) socio-économiques (type d'habitat, prix des terrains...) et géographiques (courbes isochrones des grands centres ...) etc... Il sera possible, dès lors, d'établir des cartes d'aptitude pour l'agriculture, l'industrie et la récréation entre autres. Nous donnerons deux exemples de ces extentions possibles.

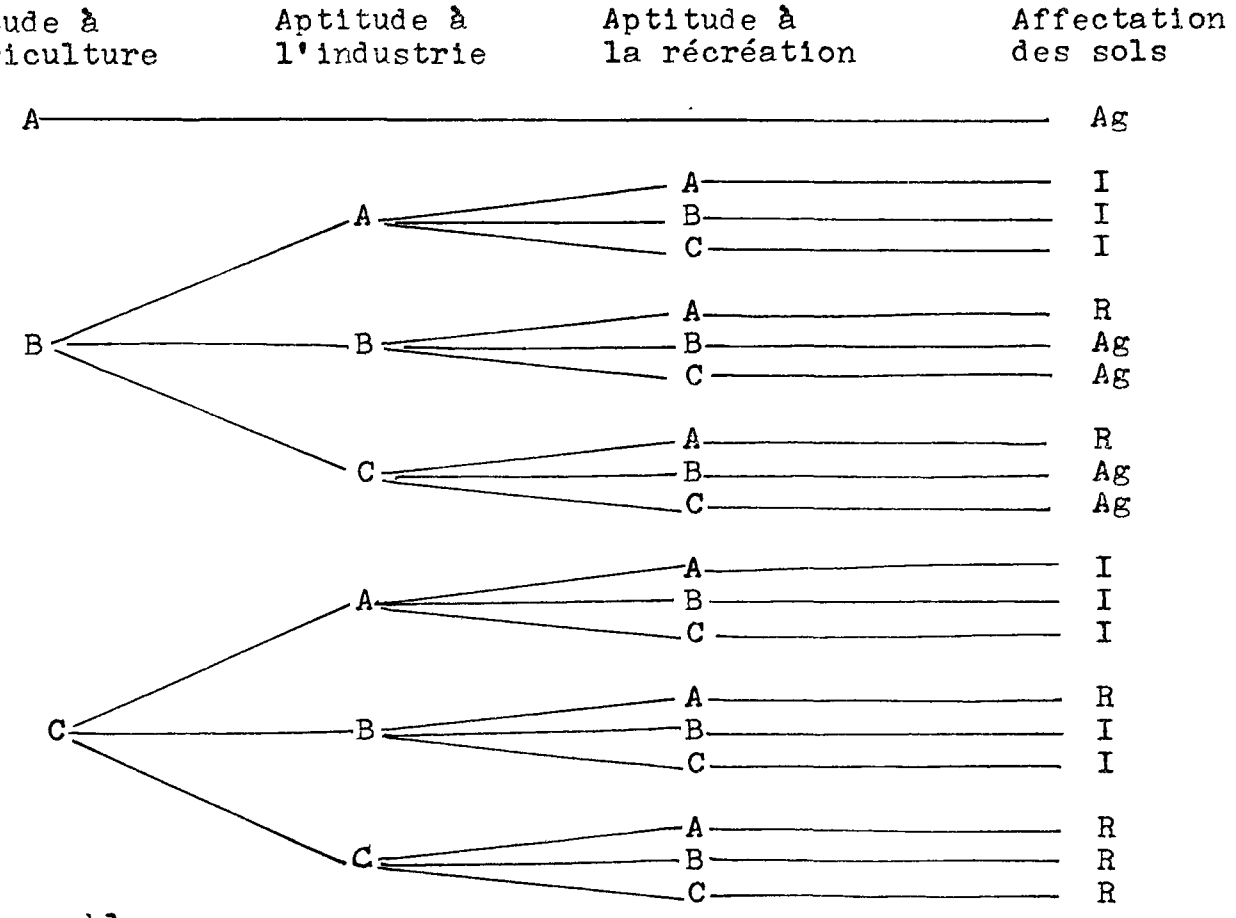
33-5-2 Exemple 1: Esquisse de plan directeur

Une esquisse de plan directeur pourra être obtenue en superposant des cartes d'aptitudes et en faisant intervenir les politiques choisies dans les équations de combinaison des différents facteurs. S'il est décidé que la vocation

première d'une région est l'agriculture, sa vocation seconde, l'industrie, et la troisième, la récréation, les équations de construction d'une telle carte seront les suivantes (tableau no 10). Toute zone favorable (A) à l'agriculture garde cette vocation. Dans le cas où les deux ou trois aptitudes sont de la même classe l'utilisation du sol sera celle qui a la plus haute priorité. Par exemple: une zone moyennement favorable à l'agriculture (B), favorable à l'industrie (A) et à la récréation (A) sera consacrée à l'industrie. Les zones de conflit devront être étudiées avec plus de détail. Ce genre de travail préliminaire, fait au départ de documents qui doivent de toutes façons être récoltés, permettra d'orienter les recherches vers les territoires où il existe un choix, ceci permettant de gagner du temps et de pouvoir le consacrer à étudier en profondeur les régions marginales.

TABLEAU NO 10 : COMBINAISON DE CARTES D'APTITUDE POUR LA PRODUCTION D'UNE CARTE D'AFFECTATION DES SOLS

Agriculture : première priorité
Industrie : deuxième priorité
Récréation : troisième priorité



A: favorable
B: moyennement favorable
C: défavorable
Ag: agriculture
I : industrie
R : récréation

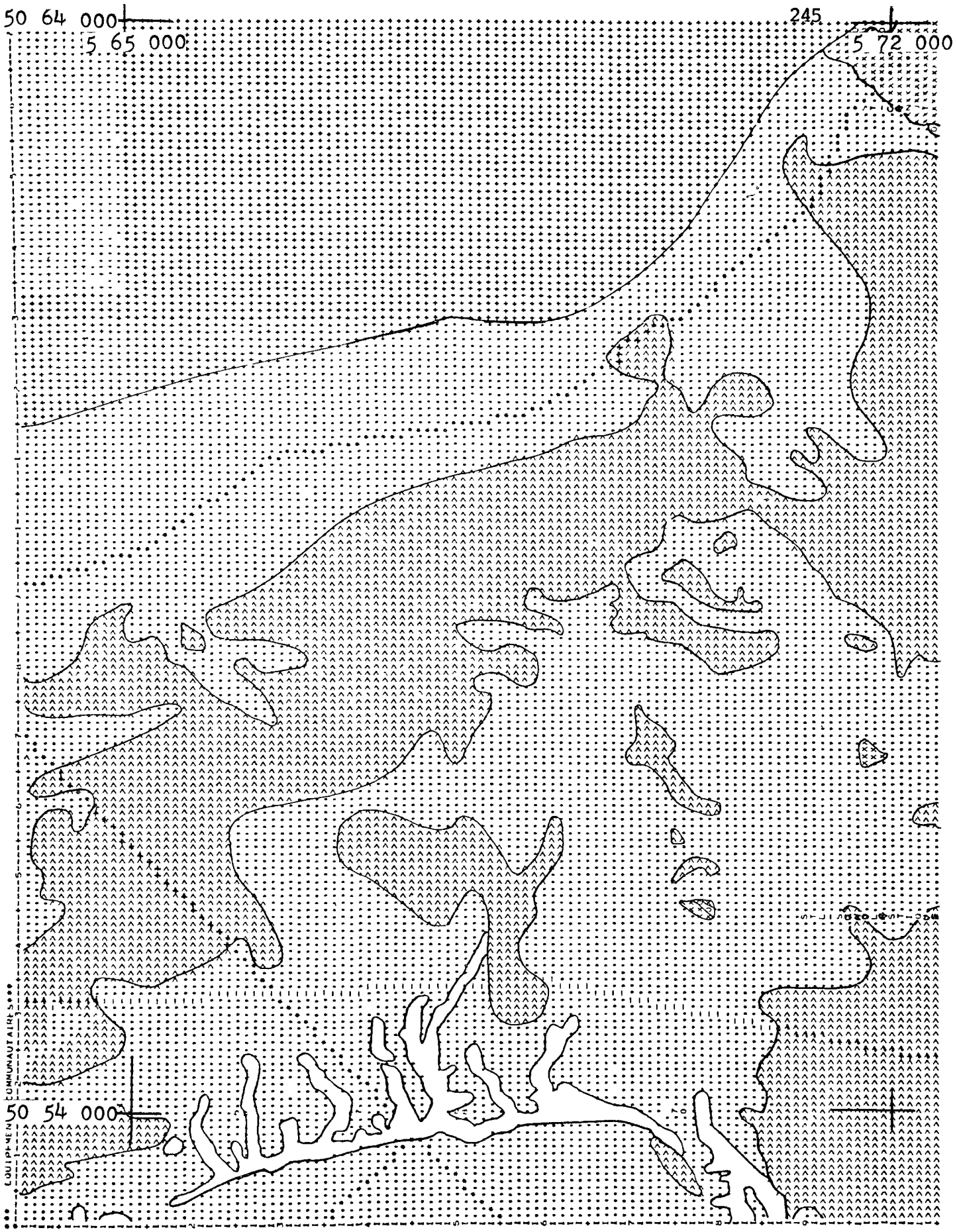
33-5-3 Exemple 2: Habitat rural ou urbain

Savoir dans quelle direction développer l'habitat est un problème très réel pour les municipalités en voie d'urbanisation. Il faut éviter qu'un habitat non contrôlé, dans des conditions de milieu marginales, puisse altérer l'environnement et se dégrader relativement rapidement. Malgré tout, il faut être réaliste. Nous ne pensons pas que le problème se pose en ces termes(et loin s'en faut), mais il serait utile que les municipalités aient accès à un ettil qui leur permettrait une prise de décision plus facile et mieux fondée dans ce domaine. Si les cartes d'aptitude au lotissement résidentiel et celles d'aptitude à l'installation de fosses septiques sont superposées il sera possible de suggérer des terrains où la construction d'équipements communautaires serait souhaitable (en ne considérant que les facteurs physiques). Les équations de combinaison des facteurs sont les suivantes (tableau no 11): une zone jugée défavorable à la résidence ne sera pas considérée. Une zone jugée favorable aux fosses septiques sera consacrée à l'habitat rural. Une zone non favorable aux fosses septiques sera équipée d'un réseau d'égoûts (cartes no 57 et 58).

TABLEAU NO 11 : COMBINAISON DE CARTES D'APTITUDE POUR LA PRODUCTION D'UNE CARTE DE TYPE D'HABITAT

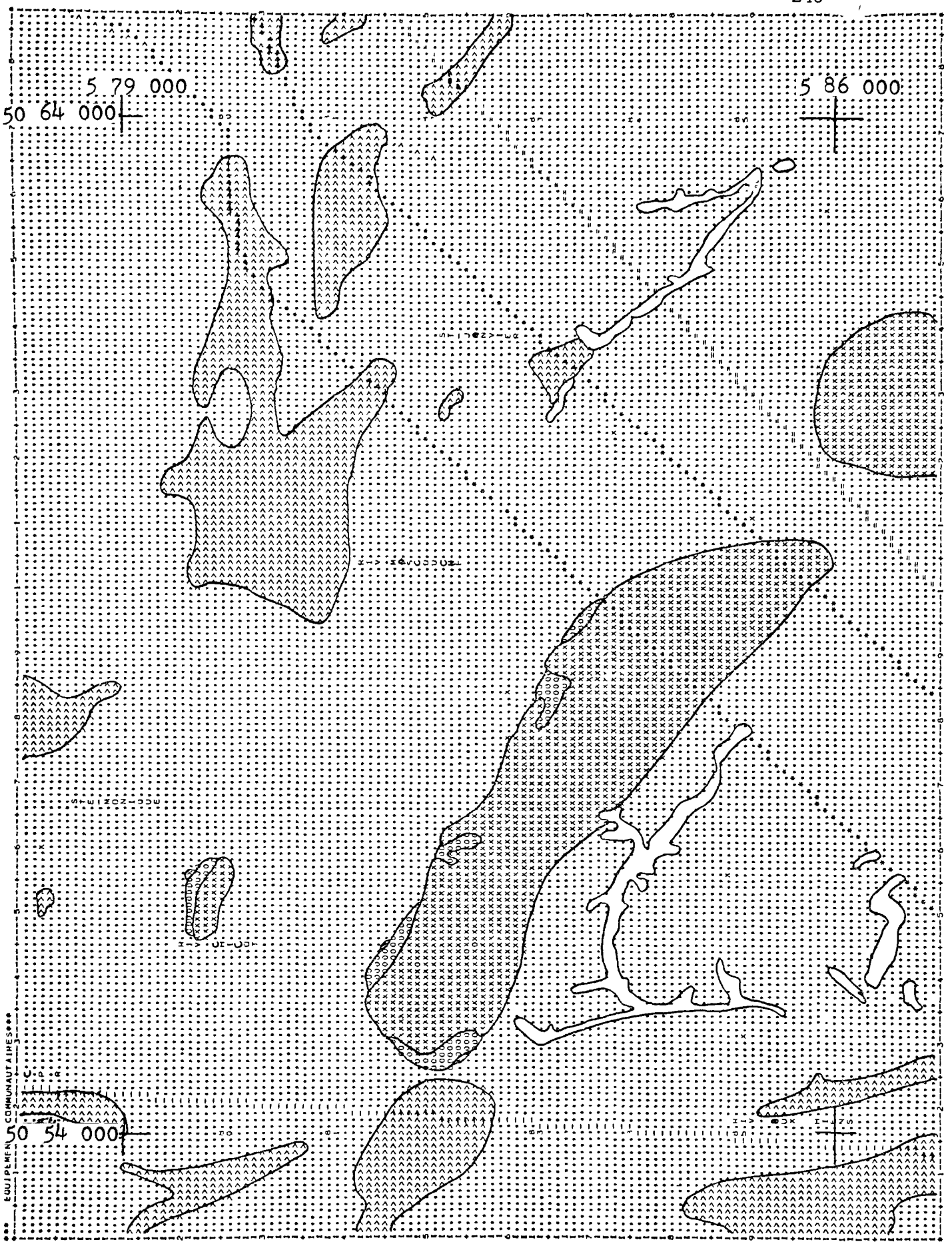
Aptitude au lotissement résidentiel	Aptitude aux fosses septiques	Type d'habitat
A	A	R
	B	R R
	C	E
B	A	R
	B	R R
	C	E
C		NA

A : favorable
B : moyennement favorable
C : défavorable
R : habitat rural
R R : habitat rural avec réserves
E : habitat urbain
NA : inapte à la résidence



Carte no 57 : type d'habitat (habitat rural ou urbain)

Ste-Scholastique, échelle approximative 1/50,000



Carte no 58 : type d'habitat (habitat rural ou urbain)

St-Janvier, échelle approximative 1/50,000

33-6 : Les Tableaux

Il existe dans le système d'information géoscientifique une série de programmes de tri destinés à produire des tableaux des valeurs des différentes caractéristiques du matériel. Ces programmes servent à obtenir rapidement les valeurs réelles des variables utilisées dans la construction des cartes (ces valeurs sont indiquées sur les cartes quand l'échelle est supérieure au 1/50,000). Ce sont des programmes de ce type qui ont permis de classifier les informations en vue des analyses statistiques.

33-7 Les Programmes de Corrections

La banque de données s'est développée relativement lentement et la nécessité de programmes de correction ne s'est jamais réellement fait sentir. Cependant, vu le nombre d'informations de plus en plus important qui ne cessent d'affluer depuis le Bureau de Construction de l' Aéroport (C.A.I.M.), il faudra songer à avoir recours à de tels programmes. Ils seront fonctionnels en Janvier 1974 et permettront de sélectionner les informations erronées. Ce tri des erreurs est logiquement très simple. Il existe, entre les diverses informations contenues dans la banque de données, des règles fondamentales: telles, la décroissance des altitudes pour les différents horizons d'un même forage, l'orthographe des mots codes, le nombre des lignes par forage - pour nos informations- , les mots de fin de forage etc... Ces programmes produisent alors une liste des cartes erronées que ce soit des mauvaises perforation ou simplement des cartes déplacées (Bélanger, 1973) .

Il faut remarquer que le FORTRAN n'est pas un language qui se prête bien au traitement de fichiers volumineux. La cartographie, actuellement, se fait en FORTRAN, mais les nouveaux programmes qui seront conçus pour

le système utiliseront sans doute un langage plus approprié, suivant l'ordinateur sur lequel il va être transféré.

4: APPLICATION DU SYSTEME .

41 : CHOIX ET PRESENTATION DES REGIONS EXPERIMENTALES

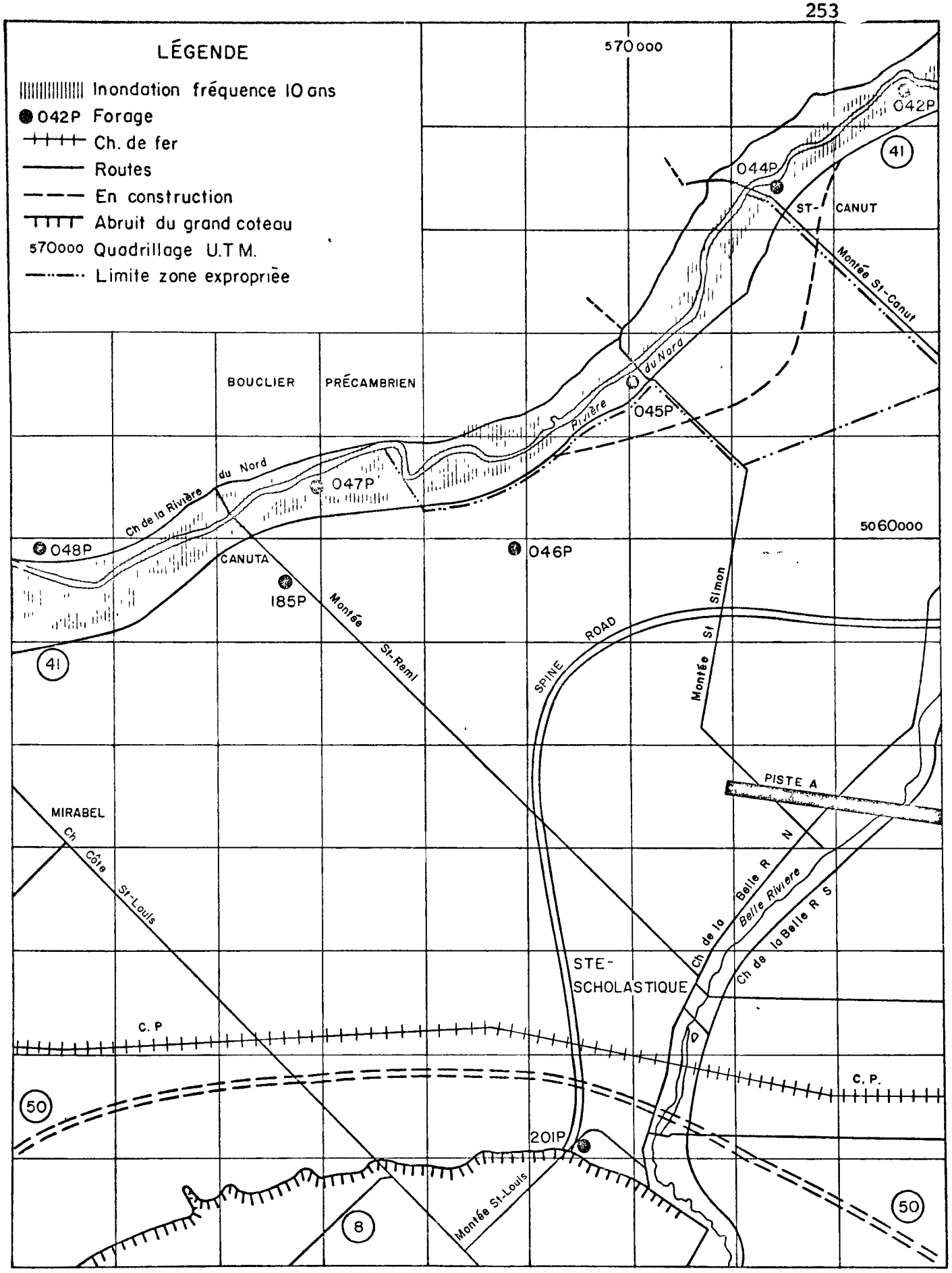
Les deux régions qui ont étés choisies pour tester les applications du système sont celles de Ste-Scholastique et de St-Janvier (fig no 1). Elles ont étés choisies en raison de leurs diversités. La région de Ste-Scholastique est principalement argileuse et morainique, celle de St-Janvier est en majorité sableuse. Les deux régions sont immédiatement voisine de la zone de l'aéroport, sur laquelle elles empiètent un peu de part et d'autre. Elles seront sans doute modifiées de façon importante dans les années à venir. Si le travail est repris plus tard, la comparaison sera intéressante.

41-1 :Ste-Scholastique

La région de Ste-Scholastique (carte no 59) a un relief relativement accentué, au Nord, par le contact entre le Bouclier Canadien et les Basses-Terres et, au Sud, par le Grand-Coteau. Notre étude s'arrête à la Rivière du Nord excluant le Bouclier Canadien; nos informations nous permettent cependant d'étudier la partie Nord de la plaine alluviale de la rivière. La rivière du Nord, dans cette région, semble suivre le cours d'une vallée enfouie. Les forages effectués sur ses rives donnent des épaisseurs assez importantes de dépôts qui semblent, d'après les déblais, être des alluvions.

42P	25 m	95 pi
43P	4 m	12 pi
44P	11 m	35 pi
45P	24 m	80 pi
46P	29 m	96 pi
47P	37 m	120 pi
48P	34 m	112 pi

Il n'a pas été possible de localiser précisément le tracé de cette vallée enfouie. Elle peut être perçue sur la carte de la topographie du toit de la roche en place (carte no 10). Cependant, avec le type d'interpolation du programme de cartographie, les forages donnant des fortes valeurs d'épaisseur de dépôts meubles créent des auréoles, ce qui ne permet pas de bien visualiser ce sillon.



Carte no 59 CARTE DE LOCALISATION – STE-SCHOLASTIQUE

Échelle 1 : 50,000

0 1 2 mi

0 1 2 3 km

La rivière du Nord inonde régulièrement son lit majeur. Les limites des zones inondées annuellement sont visibles dans le paysage et sur les photographies aériennes. Dans cette étude, à ce sujet, nous avons utilisé le rapport sur l'Aménagement de la Rivière du Nord publié par le Ministère des Richesses Naturelles du Québec (1972).

Au Sud de la route 41, les sables alluviaux post-glaciaires de la Rivière du Nord forment d'importants massifs dunaires. Ils ont été largement exploités pour fournir du sable à la construction de l'Aéroport. Là où ils sont encore intacts, ils seraient exellents pour la récréation, à condition que cet usage soit bien controlé, pour éviter une reprise de l'érosion.

La région est traversée du Sud-Ouest au Nord-Est par une large bande de till, peu épais, reposant sur la roche en place. Ces dépôts forment une série de collines aux pentes douces, plantées de feuillus. La roche en place est proche de la surface et est exploitée en carrière à St-Canut.

La plaine d'argile qui forme la partie Sud de la région-test est entaillée par le "Grand Coteau". L'abrupt du "Grand-Coteau" et les pentes des petits ravins qui se sont développés perpendiculairement à celui-ci, forment les

seules pentes fortes de la région, si on exclue l'abrupt hérité de faille du Bouclier Précambrien, dans le Nord. L'épaisseur de l'argile augmente vers le Sud (carte no 29). La roche en place est proche de la surface topographique sous la dorsale morainique mais s'abaisse vers le Sud. (forage 201P 34m, 112 pi). La région comprend trois grands types de paysages : la plaine argileuse et le "Grand Coteau", la zone morainique et les zones de transition, la plaine de la Rivière du Nord et son lit majeur.

41-2 St-Janvier

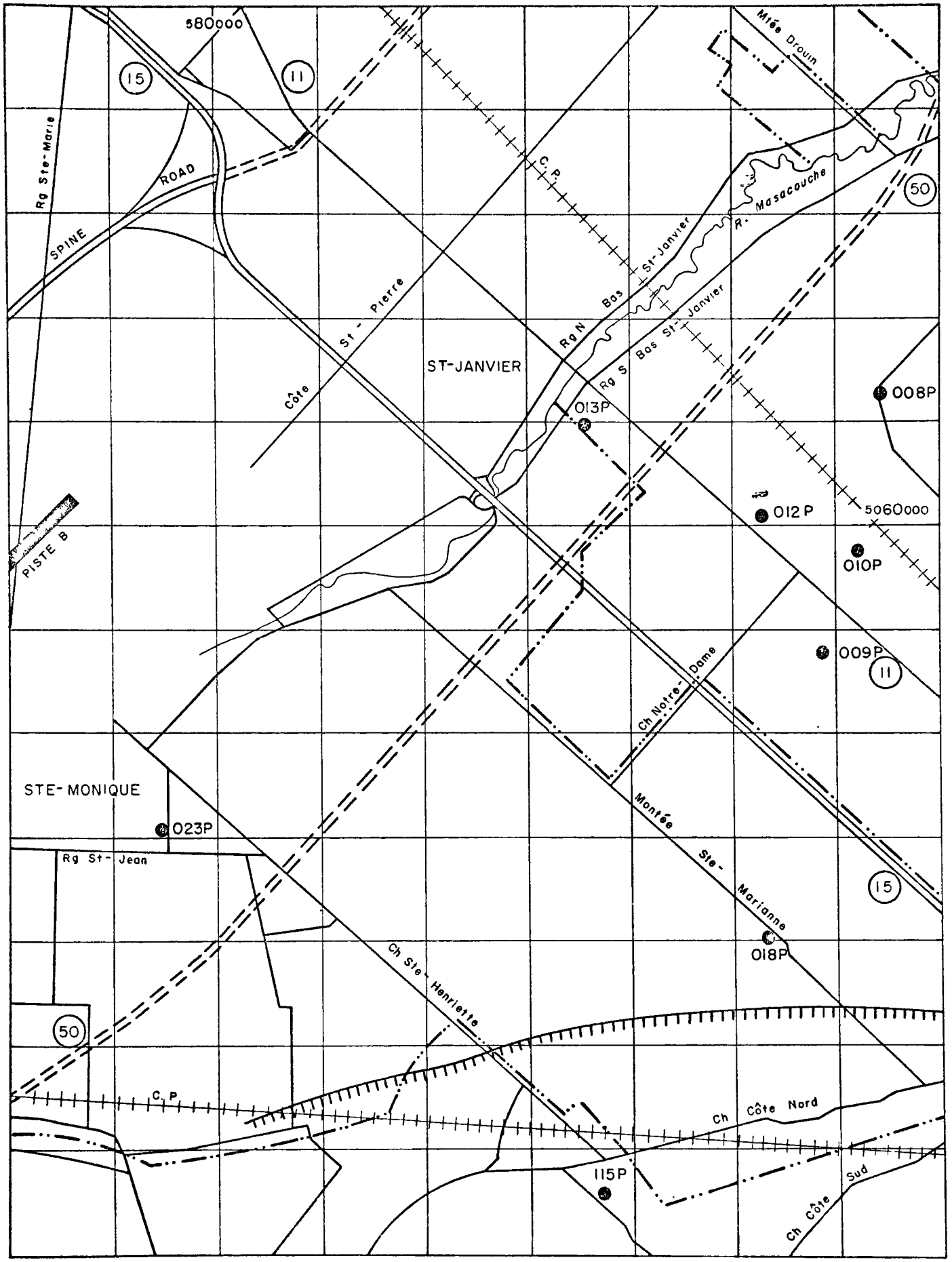
La région test de St-Janvier (carte no 60) est située à environ 10 km(6 mi) à l'ouest de la précédente. Elle est caractérisée par un grand dépôt de sables deltaiques. Les sables sont peu épais (carte no 32- forages 008P :1.5m -5pi- ; 009P :4m -13pi- ;010P: 0.3m -1pi- ;012P: 0.6m -2pi- ;013P : 0.6m -2pi-). Leur épaisseur augmente vers le Sud-Est (forage 018P: 5.5m -18pi-). L'ouest fait partie de la plaine argileuse presque jusqu'à la frontière entre les comtés.

Le Nord de la Rivière Mascouche, à l'Ouest de la limite entre les comtés, est une zone de transition où les terrains morainiques et les étendues assez vastes de

matériaux remaniés par les vagues de la Mer de Champlain forment la majorité des dépôts de surface. La roche en place est proche de la surface topographique dans cette partie (affleurements de la Côte St-Pierre, photo no 13).

Le Sud de la région est découpé par le "Grand Coteau" qui, ici sépare des étendues de sables deltaiques de matériaux remaniés par les vagues ou de matériaux morainiques. L'épaisseur des dépôts argileux, sous les sables et dans la partie Nord-Ouest, est considérable (carte no 30 et forages 008P: 25m, 81pi ;009P: 20m, 65pi ;010P: 18m, 58pi ;012P: 20m, 63pi ;018P: 20m, 63pi).

La roche en place est relativement proche de la surface topographique à l'Ouest et s'enfonce vers l'Est et le Sud (carte no 28 et forages 008P: 28m, 91pi ;012P: 40m, 130pi ;018P: 34m, 110pi ;115P: 40m, 129pi). Un cas qui mérite d'être noté: le till est exeptionnellement épais au forage 115P où il atteint 40 m (129 pi).



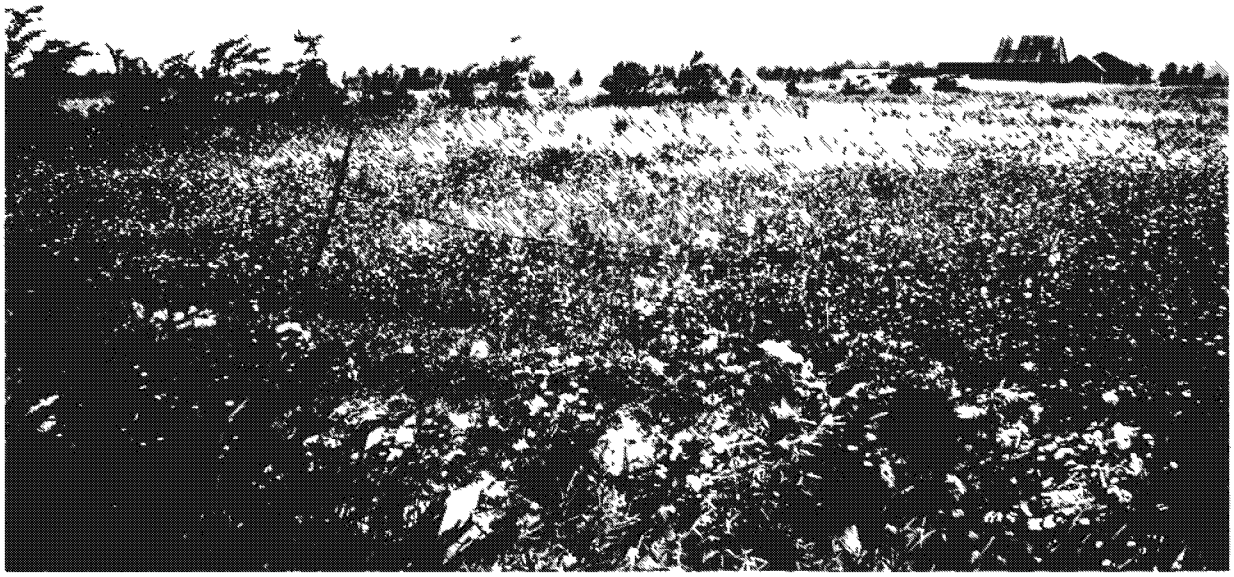
Carte no 60 CARTE DE LOCALISATION – ST-JANVIER

Échelle 1 50,000

0 1 2 mi

0 1 2 3 km

Légende of carte no 59



La région est constituée de trois grands types de paysages : la plaine argileuse, où le toit de la roche en place n'est pas très loin de la surface topographique, les sables deltaïques qui peuvent reposer sur de fortes épaisseurs d'argile et les surfaces de matériaux morainiques et de matériaux remaniés.

L'utilisation de ces étendues de sable doit être très prudente. Effectivement le sable est peu épais. Une érosion accélérée mettrait à nu une argile sensible, saturée en eau, car ces sables sont un excellent aquifère. Les ressources en eau contenues dans ces sables doivent être préservées. Elles alimentent une végétation essentielle à la stabilisation du paysage et des installations humaines en bordure du "Grand - Coteau".

42: AMENAGEMENT PAR LES BUREAUX OFFICIELS.

Nous nous baserons dans ce chapitre sur les informations publiées par voie de rapport. Les informations seront incomplètes mais servent à la comparaison entre les aménagements proposés par les organismes du Gouvernement Fédéral (Bureau d'Aménagement du Nouvel Aéroport International de Montréal, B.A.N.A.I.M.) et du Gouvernement Provincial (Société d'Aménagement du Territoire de la Région Aéroportuaire: S.A.T.R.A.) avec les informations des cartes d'aptitude. Le type d'approche pour l'affectation des sols proposée au cours de ce travail est trop théorique et présente sûrement des solutions difficilement applicables vu que seules les données du milieu physique entrent en ligne de compte. Il ne faut pas oublier, non plus, que les aménagements permis par nos cartes le sont pour les investissements les plus faibles. C'est à dire que si des terrains doivent être lotis et que les investisseurs sont prêts à y mettre n'importe quel prix, vu la localisation, le type de clientèle attendue (et d'autres facteurs sociaux, économiques ou géographiques); tous les terrains peuvent l'être. Le but de ces cartes, si jamais le principe en est plus largement accepté, est d'attirer l'attention sur les problèmes , de permettre aux municipalités ou aux bureaux

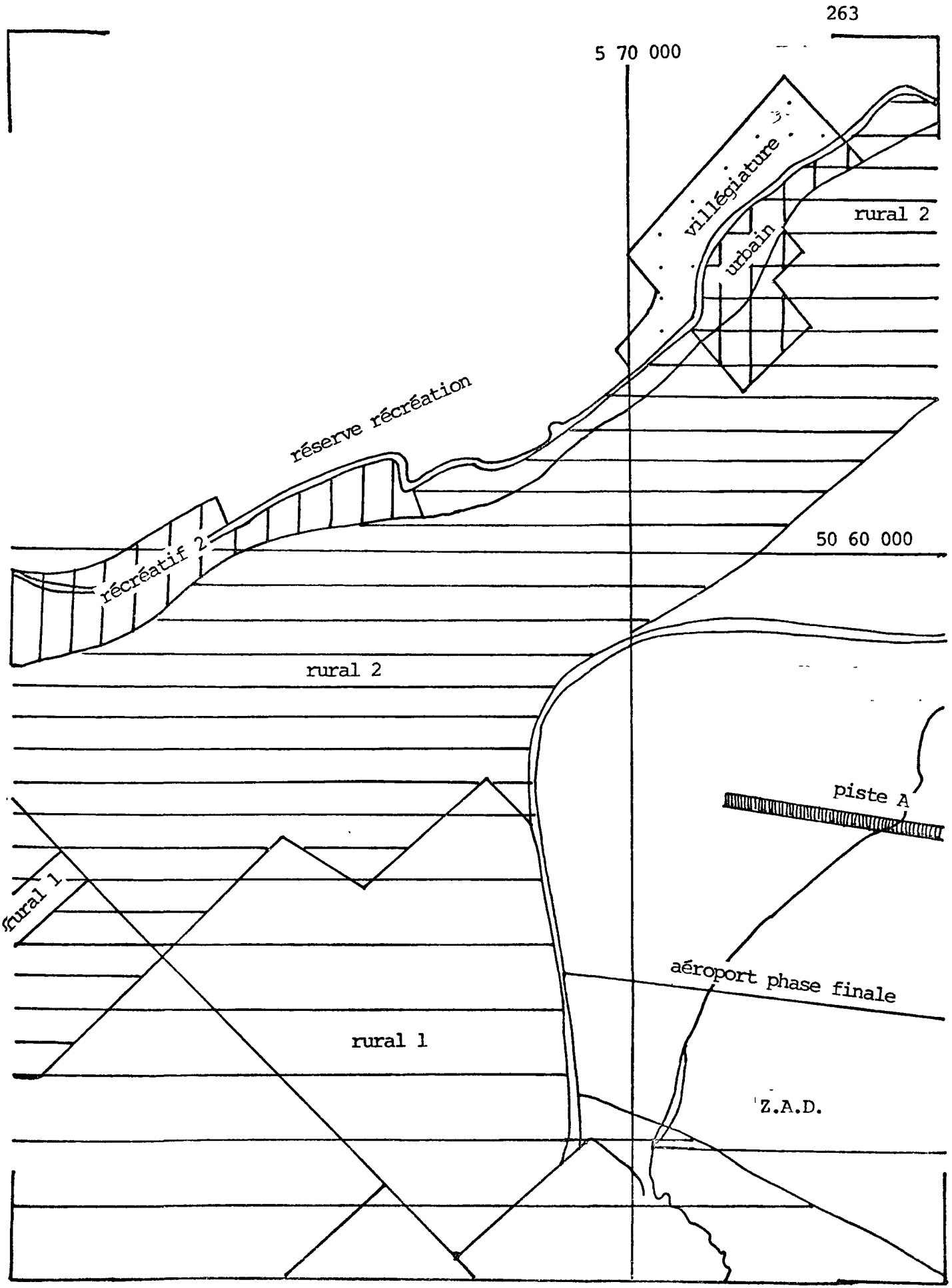
d'aménagemnt d'établir un zonage ou un cahier des charges (pour des travaux de grande envergure) qui tiennent compte des éléments du milieu physique. Ces cartes devraient aider la création d'un plan d'affectation des sols en supprimant certaines alternatives que le milieu physique rend trop coûteuses ou inadéquates. La région délimitée par l'annexe B. du Bill 60 à été divisée en une série de sous-région affectées, chacune à une utilisation du sol spécifique par S.A.T.R.A.. Le même travail à été fait sur les terrains expropriés par le B.A.N.A.I.M., mais nous ne sommes pas en possession de ces derniers documents; notre comparaison portera sur la carte du S.A.T.R.A. (1973) et les documents associés (1972 et 1973 a,b,c) et sur un document sur les sites industriels, fait pour le B.A.N.A.I.M. (1973).

42-1 : Ste-Scholastique

La région de Ste-Scholastique (carte no 61) est affectée pour plus de la moitié du territoire considéré, à l'agriculture (classe Rurale 1), vu son état actuel de terroir agricole prospère. Le programme est d'y maintenir une agriculture rentable en éliminant les conflits d'utilisation du sol actuels. L'utilisation du sol sera réduite à la résidence de l'exploitant, aux bâtiments de ferme et au transport (S.A.T.R.A. 1973 a p31). Cette zone agricole correspond à la partie Sud-Est de la région et correspond, géologiquement, aux affleurements d'argile.

Dans les terrain sous-tendu par la dorsale morainique d'Ouest au Nord-Est,les terrains sont affectés à des utilisations "non-urbaines" (classe Rural 2). Ce zonage regroupe des terrains de qualité très différente et qui peuvent être affectés à toute une gamme d'usages (carrières, pâtures, industries etc...). Le lotissement de ces terres est permis à condition de conserver de grands lots (4 acres). Les industries qui se retrouveront dans cette zone sont celles qui sont exclues des parcs industriels pour des raisons de désagrément, de sécurité ou de pollution (S.A.T.R.A. 1973 p 33).

Carte no 61 : Affectation des sols (S.A.T.R.A.)
Ste-Scholastique, 1/50,000



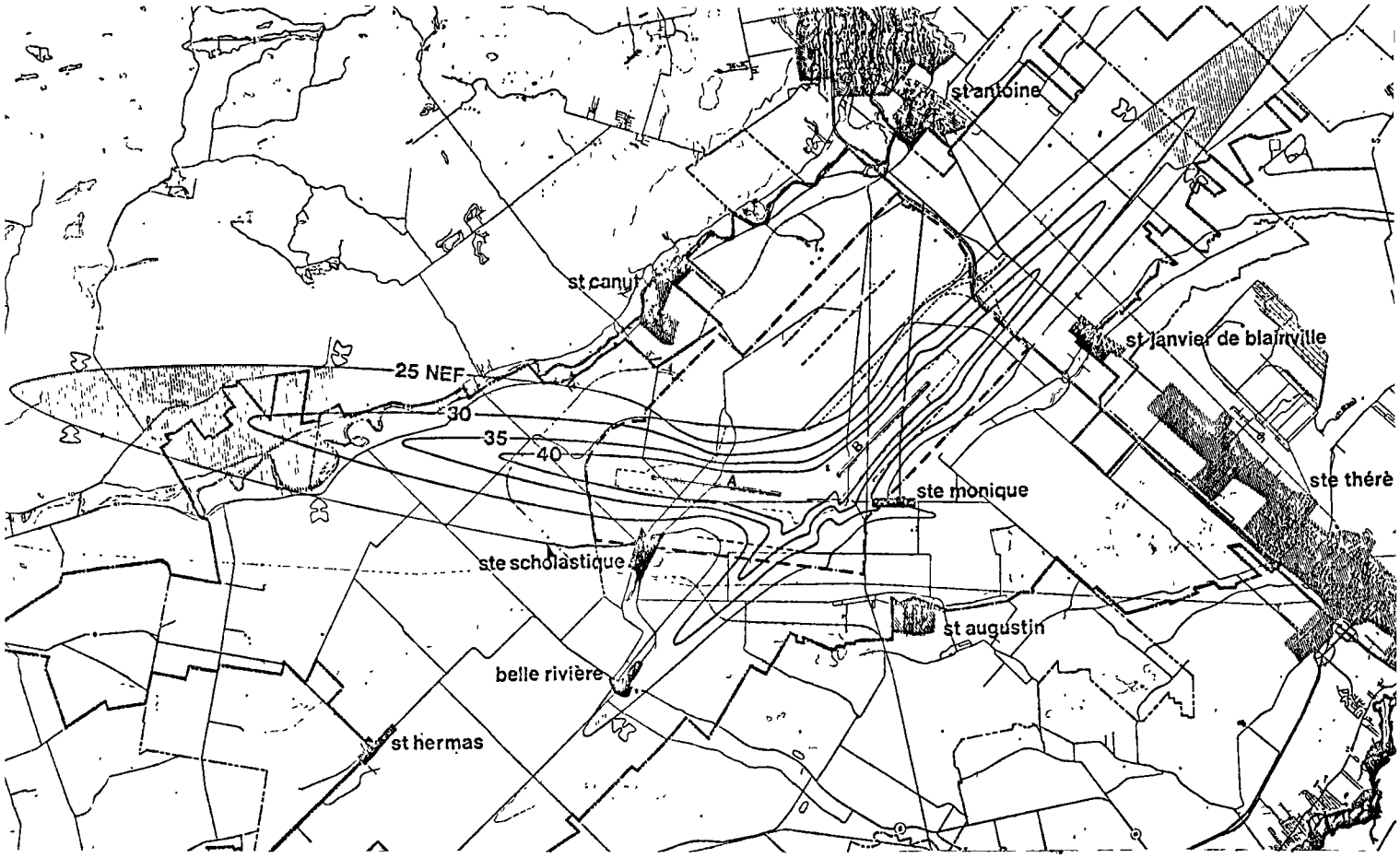
Les terrains de part et d'autre de la Rivière du Nord sont consacrés à la récréation. Le Bouclier Précambrien est considéré comme une réserve de terrains à usage principalement récréatif. Le zonage en sera revisé de temps à autres. L'habitat résidentiel y sera autorisé, mais sur de grandes parcelles (50 acres) (S.A.T.R.A. 1973 p 53).

Le village de Ste-Scholastique et ses environs immédiats ne sont pas encore affectés à une utilisation du sol définie (Z.A.D.: zone à aménagement différé). Dans un rapport préparé pour le B.A.N.A.I.M. (1972) une partie de ces terrains pourrait être consacrée à un parc industriel, étant donné sa situation privilégiée entre la nouvelle autoroute 50 et la zone opérationnelle. Ce parc pourrait avoir une superficie nette de 1850 acres, mais les auteurs du rapport ne le recommandent pas fortement.

St-Canut et ses environs immédiats seront urbanisés et, de ce fait, équipés d'un système d'égoûts et d'aqueducs. Sur la carte d'estimation des bruits de fond en 1975 (Marsan, 1972 et carte no 25), St-Canut se trouve dans la classe de 37 à 44 dcB(A), ce qui signifie un bruit à l'intérieur des édifices de 20 dcB(A) inférieur à ce qui est compatible avec tous les types de l'activité humaine. Sur la carte des bruits effectuée par le B.A.N.A.I.M. (1973-Plan 82AX3002

1321, p 28 fig no 42), St-Canut se trouve dans une zone de bruit inférieure à 72 dcB(A) ce qui donnerait 50 dcB(A) à l'intérieur des maisons, valeur qui est un seuil d'acceptabilité. La carte des bruits estimée par le B.A.N.A.I.M. est basée sur l'activité aérienne. Le bruit ne semble pas être une contrainte à l'urbanisation de St-Canut. Les rapports concernant des estimations des bruits dans la zone aéroportuaire, que ce soit celui de E.Z.A.I.M. (Marsan 1972) ou celui de B.A.N.A.I.M. (1973), insistent sur les limites des projections mathématiques utilisées. Une zone de seuil doit dès lors être considérée avec prudence. Pour la clarté de ce très court résumé nous avons unifié les unités utilisées pour les ramenés aux dcB(A) d'après les formules trouvées dans les deux rapports . Les unités utilisées par le B.A.N.A.I.M. font intervenir les facteurs de gêne dus à la fréquence des vols (N.E.F. Noise exposure forecast).

FIGURE NO 42 : CARTE DES BRUITS (B.A.N.A.I.M.)
POUR 1975



(source : B.A.N.A.I.M. 1973, p 28 plan de l'agression sonore 1975
no 82 AX 30021321)

25 NEF correspond à	82 dcb(A)
30	87
35	92
40	97

échelle approximative 1 0 1 mi

42-2 St-Janvier

La région de St-Janvier village (carte no 62) et ses environs immédiats (au Nord jusqu'à la côte St-Pierre, à l'Est jusqu'à la montée Drouin et au Sud jusqu'au chemin Mascouche)est affectée à des usages non-urbains (rural 2) laissant place à certains types d'agriculture à l'exploitation minérale ou à l'industrie (S.A.T.R.A. 1973 p 33). Les terrains sableux, sauf dans leur partie Sud-Ouest, sont consacrés à des usages récréatifs. Cette zone inclue un terrain de golf existant. Ces terrains devraient être affectés à un usage récréatif public ou semi-public dans les années à venir (S.A.T.R.A. 1973a pp 37-42 et pp 47-50, et fig. no 43). Le Sud de la région est à vocation agricole (rural 1). La limite entre la région agricole et la région récréative se trouve légèrement au Nord du "Grand Coteau". Le Nord du village de St-Janvier sera consacré à l'agriculture. Du coin Sud-Ouest de la région vers le village de St-Janvier, une large bande de terrain n'a pas encore d'affectation d'utilisation du sol. Dans le rapport fait pour le B.A.N.A.I.M. (1973), une partie de ces terrains pourait être consacré à la création d'un parc industriel (parc de Ste-Monique).

Carte no 62 : Affectation des sols (S.A.T.R.A.)
St-Janvier, 1/50,000

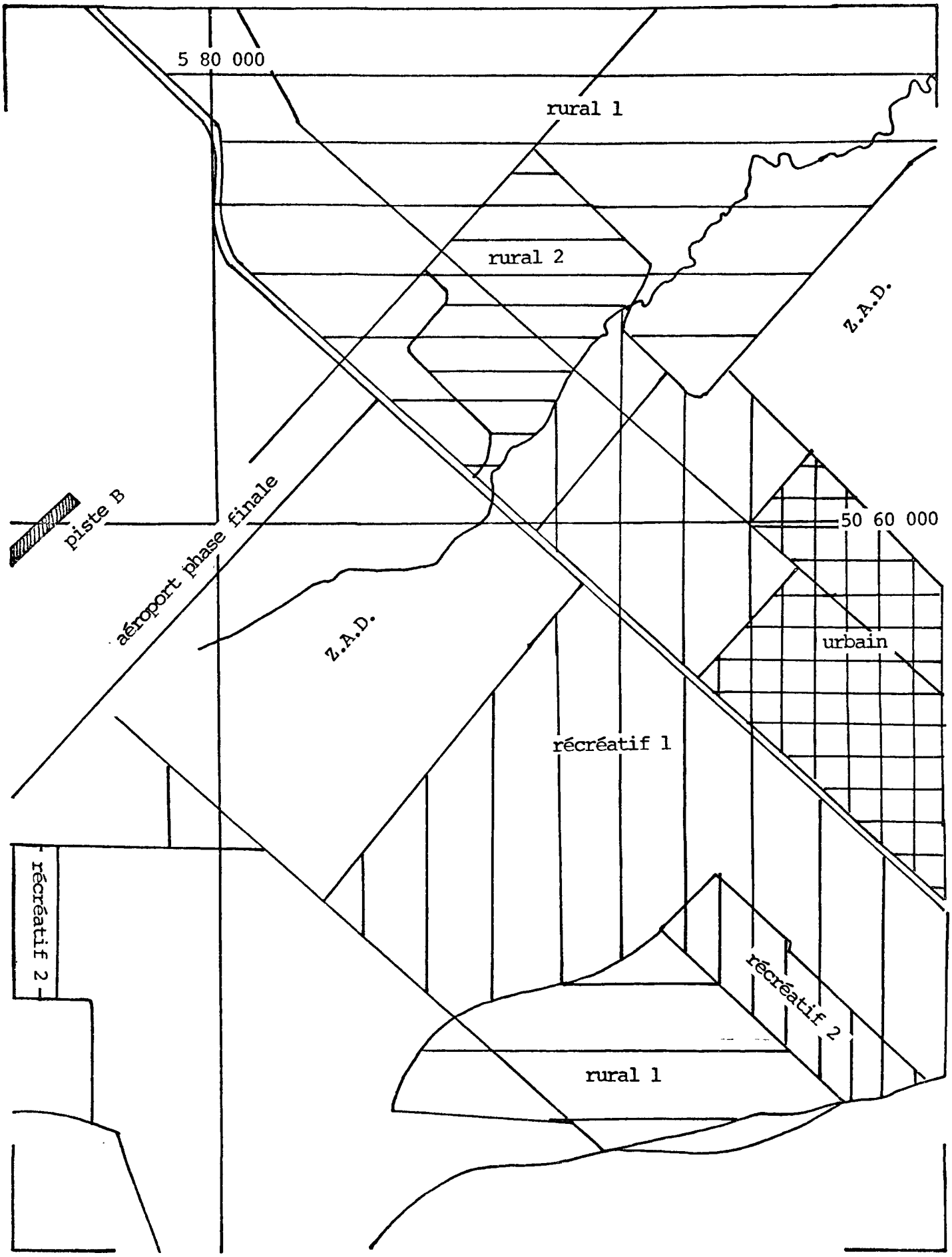
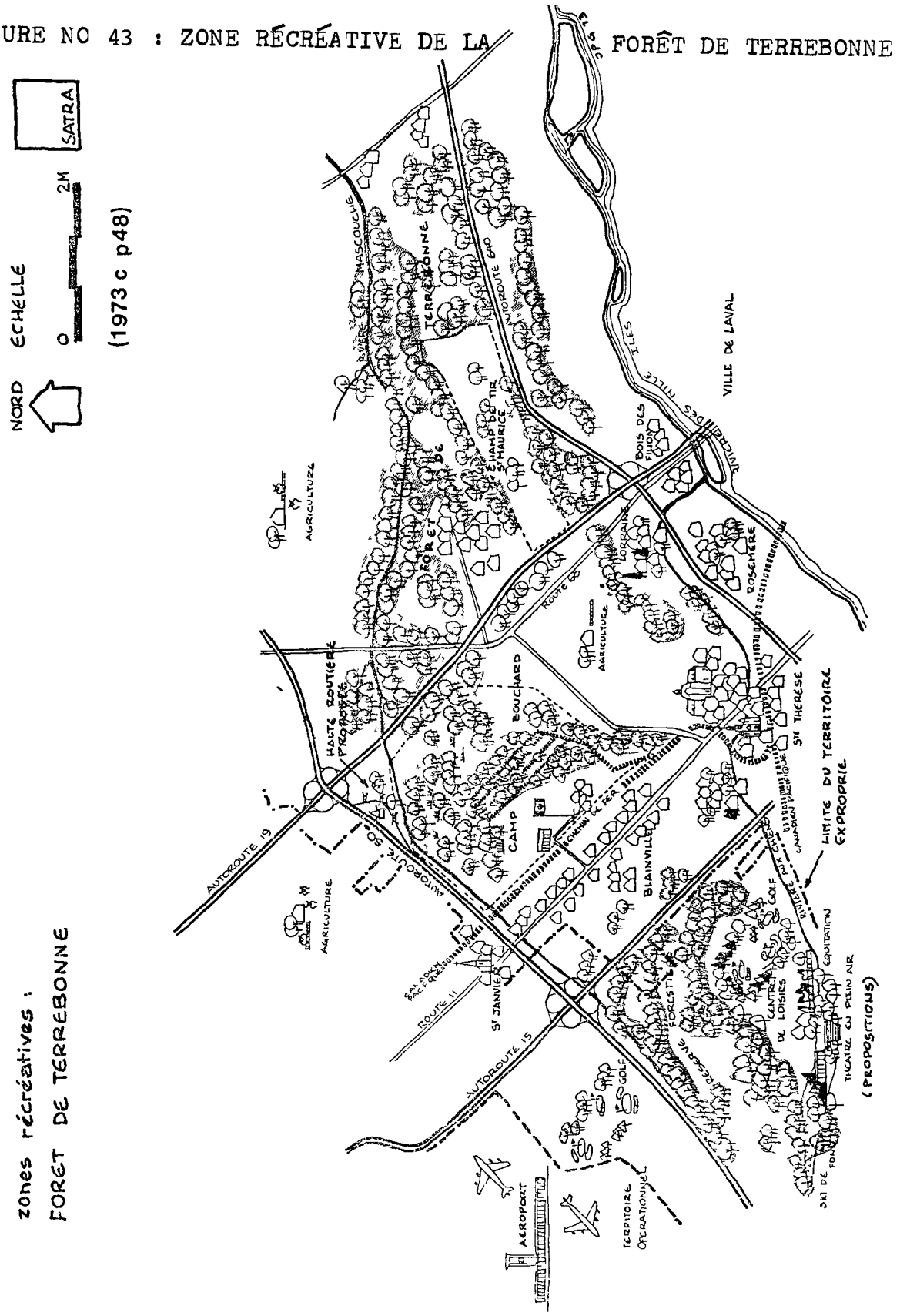


FIGURE NO 43 : ZONE RÉCRÉATIVE DE LA FORÊT DE TERREBONNE



Ces terrains seraient limités au Nord par la zone opérationnelle de l'aéroport et au Sud par une voie ferrée. Ils seraient proches de l'autoroute 15 et de la nouvelle autoroute 50. Une étendue de 2.9 acres pourrait être utilisée. D'après ce même rapport, ce parc serait prolongé par le parc industriel de St-Janvier qui serait limité à l'Est par le nouveau tracé de la route provinciale 11 et à l'Ouest par le parc industriel de Ste-Monique. La superficie nette de ce parc serait de 1740 acres. L'autoroute 15 le traverserait. Ce site est à vocation agricole sur la carte d'affectation des sols du S.A.T.R.A. . Au Sud du tracé de la future autoroute 50 et limité à l'Ouest par la route 15, les terrains sont à vocation urbaine, prolongeant l'agglomération existante de Ste-Thérèse et Blainville. Le long de la route, 11 existe déjà une série de lotissements de type banlieup. (photo no 14). Le camp Bouchard dont l'extrémité Nord-Ouest se trouve dans notre zone est un terrain à aménagement différé qui, vu sa localisation et sa nature géologique peu favorable à la construction, sera sans doute destiné à la récréation. Ces terrains font partie d'une large bande de terrains récréatifs :la forêt de Terrebonne (fig no 43). L'urbanisation le long des voies 11 et 15 se développera dans un milieu où le bruit de fond est élevé (Marsan 1972) vu le trafic accru sur ces artères, après l'ouverture de

l'aéroport. Le bruit des avions (B.A.N.A.I.M. 1973) ne semble pas devoir être très fort, l'orientation des pistes étant Sud-Ouest Nord-Est (fig no 42).

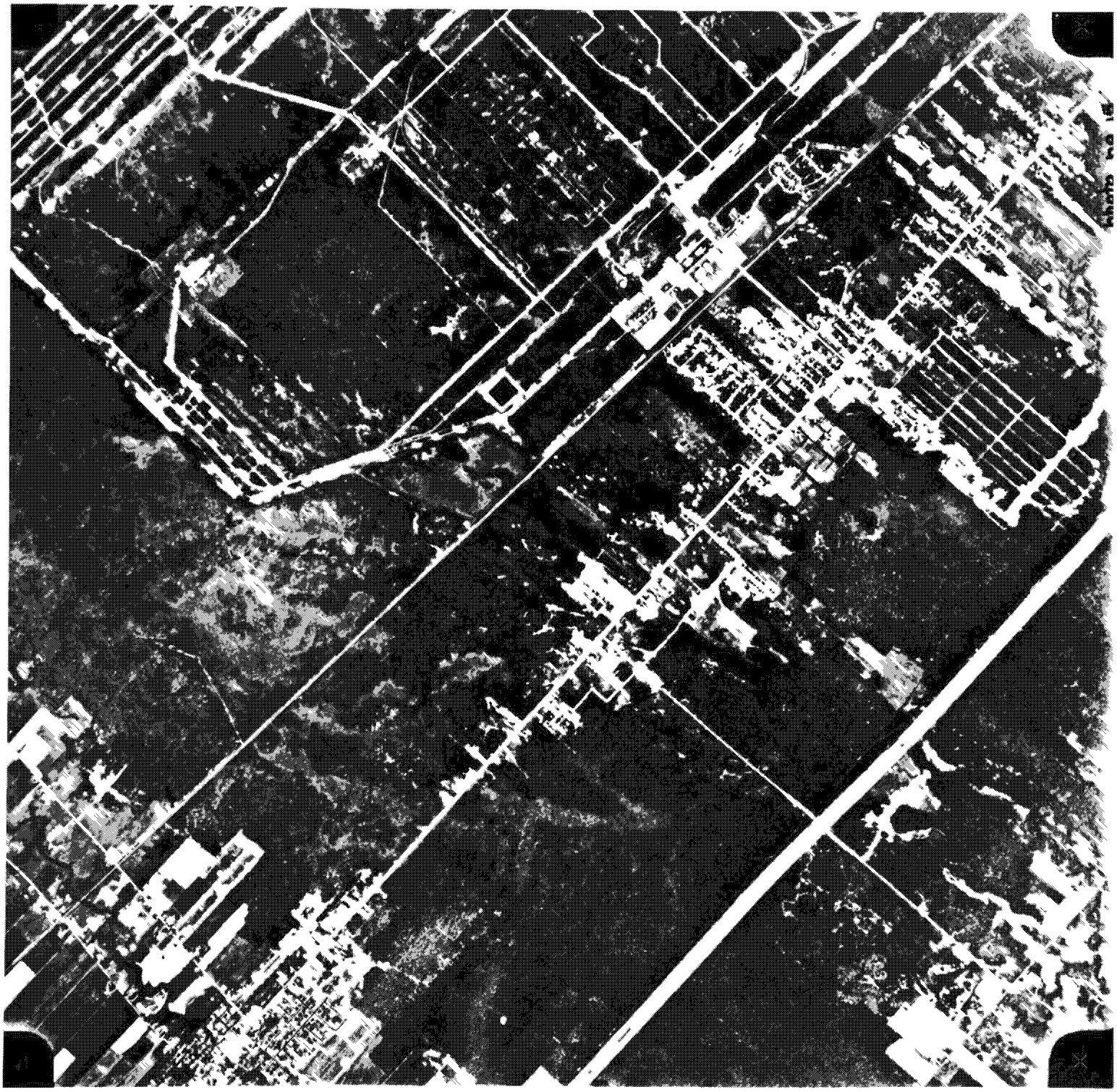


Photo no 1 : [illegible]
Photothèque [illegible]

43: COMMENTAIRES AU VU DES CARTES PRODUITES.

L'aménagement par les organismes publics tel qu'il est résumé, ici n'est pas définitif; il est sous forme de document de travail en voie de rédaction finale. Il est très difficile pour quelqu'un qui ne fait pas partie du milieu de prise de décision de juger de la validité d'un plan d'une telle envergure. Il y a, certes, une quantité d'arguments qui ont pesé sur les choix et qui ne sont pas explicités dans les rapports de synthèse. Mais, de toutes façons, il est intéressant de comparer le plan d'affectation des sols tel qu'il apparaît dans ces rapports, avec les cartes d'aptitude du système d'information géoscientifique. Les commentaires concerneront principalement l'usage industriel des terrains.

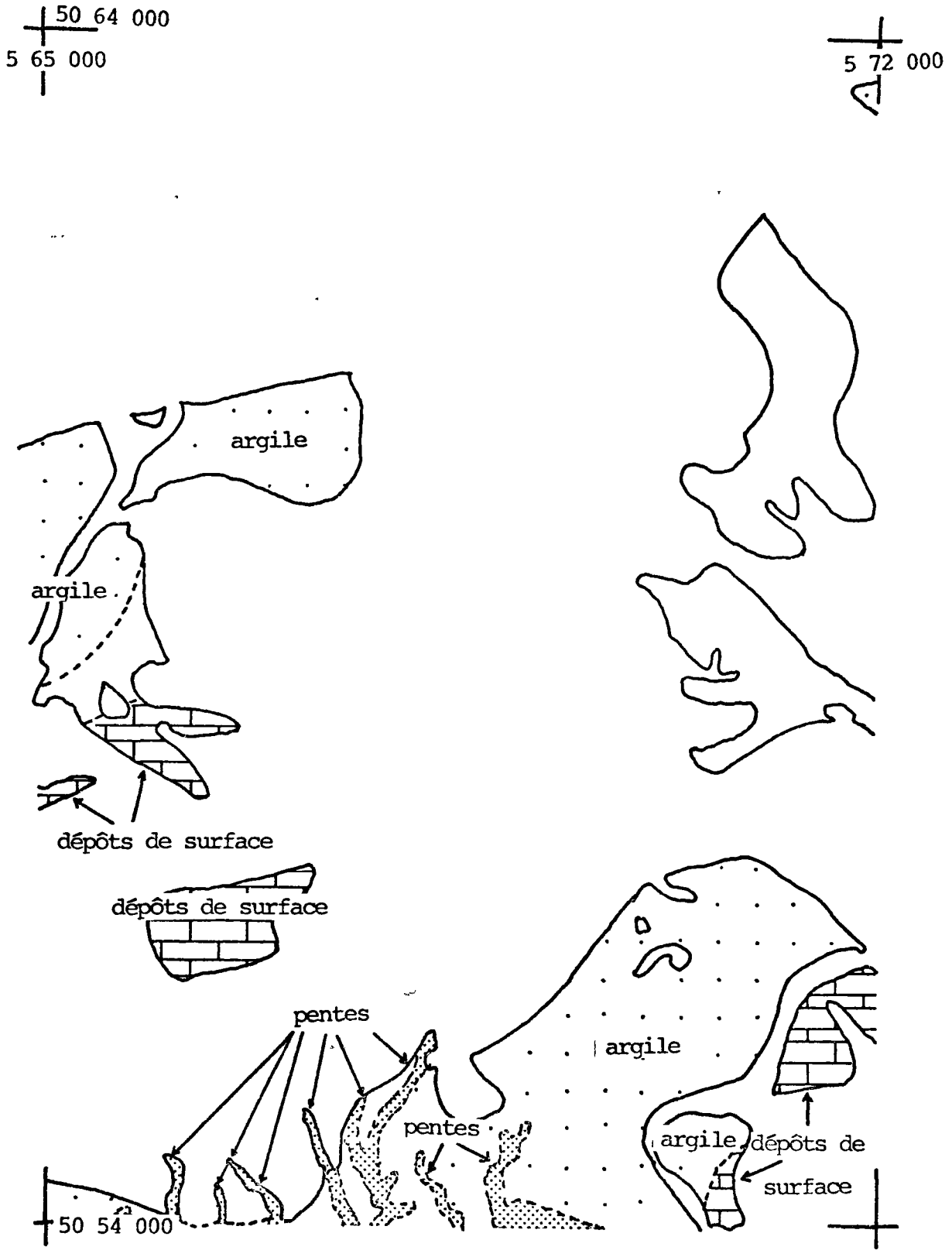
43-1 Ste-Scholastique

43-1-1 La région "rural 2"

a-Industrie

Nous considérerons toute la bande de terrain classifiée "rural 2 " par S.A.T.R.A. , comme pouvant être le site d'une implantation industrielle (d'après la définition de ce type d'affectation des sols par S.A.T.R.A.). Cette utilisation convient pour une grande parte de la région dont les dépôts de surface dominants sont les tills. Ce till est relativement mince. Il ne semble pas qu'il puisse y avoir des difficultés quant à la capacité portante des terrains, mais la présence de gros blocs et du toit de la roche en place, à faible profondeur, rendra les travaux d'excavation difficiles. La carte d'aptitude à l'installation industrielle par la méthode taxonomique (no 41) est la plus restrictive. En utilisant cette carte et les cartes des différents facteurs pour produire la carte des facteurs limitants pour les sites industriels, (no 63) ceux-ci apparaissent très clairement: trop faible épaisseur des dépôts meubles, ou trop grande épaisseur des dépôts argileux.

Carte no 63 : Facteurs limitatifs pour l'aptitude aux parcs industriels, Ste-Scholastique, échelle 1/50,000



L'interpolation entre les valeurs élevées de l'épaisseur des dépôts dans la vallée de la Rivière du Nord donne probablement une image inexacte de la réalité. Dans ce cas particulier il importe de considérer les valeurs comme exactes seulement à proximité des points de contrôle. Un forage ou un sondage par une méthode de télédetection devra être fait avant de délimiter définitivement un site. La carte obtenue par addition des facteurs (no 42) n'élimine aucun des terrains de cette zone. La classe intermédiaire représente les sites qui demandent des excavations dans la roche en place ou des ancrages sous la couche d'argile comme le montre clairement la carte des facteurs limitant l'installation industrielle (no 63). Dans l'ensemble, les terrains sont mal drainés; ce facteur n'influence pas la carte taxonomique vu qu'il intervient en dernier lieu. Le drainage est susceptible cependant de majorer les coûts de construction.

b-glissements de terrains

La méthode taxonomique produit une carte (no 53) qui indique que toute la zone est stable. Cependant, sur la carte obtenue par addition des facteurs (no 54) la teneur en argile des dépôts de surface, le mauvais drainage et, à certains

endroits, l'épaisseur des dépôts argileux s'additionnent pour délimiter des terrains où les glissements sont modérément probables.

c- Extraction

La région considérée peut être utilisée pour fournir du matériel de construction, principalement sous forme de roche concassée dans les zones d'affleurements qui sont principalement dolomitiques (Laverdière et al. 1973). Cette possibilité d'utilisation de la roche en place nous est donnée par la carte de l'épaisseur des dépôts meubles et les travaux de terrain. La carte ne donne donc qu'une idée des facilités d'accès au toit de la roche en place et ne fait aucun pronostic sur ses qualités chimiques ou physiques ni sur ses possibilités d'utilisation, ce qui nous sortirait du cadre de ce travail.

d-dépotoirs

Vu le niveau élevé que peut atteindre la nappe phréatique, la faible épaisseur des dépôts meubles et la quasi horizontalité du terrain, l'installation de dépotoirs dans cette région est déconseillée. Notre carte n'inclue pas les versants des collines de till, ni ceux, de faible

dimension (vu les moyens techniques utilisés). Effectivement le symbole till est surimposé sur les cartes sans tenir compte des informations cartographiques existantes. La carte de la nappe phréatique étant basée sur peu de points de contrôle, peut masquer des terrains suffisement étendus et bien drainés pour répondre aux critères d'aptitude pour l'installation d'un dépotoir.

43-1-2 Les régions agricoles (rural 1)

Les régions de la classe "rural 1" sont vouées à l'agriculture en première priorité, elles s'étendent au Sud de la dorsale morainique dans les terrains argileux (carte no 61). Le type de données contenues dans le système d'information géoscientifique ne nous permet qu'une appréciation très générale du potentiel agricole de ces terres.

a-glissements

Il importe de protéger les versants du "Grand Coteau" et ceux des ravins qui se sont développés perpendiculairement à celui-ci. Ces versants sont susceptibles de glissements. L'addition des facteurs donne une carte (no 54) où de grandes régions sont dans la classe des glissements probables. Ceci

est dû à la teneur en argile du matériel de surface, la nappe phréatique très élevée et l'épaisseur de l'argile. Le seul facteur favorable aux glissements, qui ne se trouve pas sur ces terrains, est la forte pente . Tous les travaux impliquant des modifications aux pentes naturelles devront être entrepris avec beaucoup de prudence. Les versants actuels sont stables depuis très longtemps. Dans la région-test considérée, il n'y a pas de trace d'ancien glissement ou de décrochement visible sur photographies aériennes.

b-dépotoirs

Il faut éviter d'installer un dépotoir dans cette région à cause du niveau trop élevé de la nappe phréatique. Les seuls terrains où l'on pourrait envisager l'installation d'un dépotoir se trouve au Nord-Est de Ste-Scholastique (cartes 49 et 50). Dans ce secteur les conditions de drainage sont un peu meilleures et les dépôts meubles assez épais pour répondre aux critères d'installation d'un dépotoir.

41-1-3 Zone à aménagement différé (Z.A.D.).

La zone à aménagement différé est considérée par le

rapport B.A.N.A.I.M. (1972) comme site de parc industriel potentiel. Le toit de la roche en place est proche de la surface dans la majeure partie de cette région ce qui affectera les coûts d'excavation.

41-1-4 St-Canut, zone à urbaniser

La zone de St-Canut peut être considérée comme stable. Elle apparaît comme modérément susceptible aux glissements de terrain. Cependant, ce classement n'est pas justifié. Il résulte de l'addition des facteurs dont celui de l'épaisseur de l'argile qui est erroné à cet endroit de la carte. Les installations résidentielles y sont moyennement favorables à favorables suivant l'épaisseur des dépôts meubles. Les fosses septiques y sont possibles mais construites avec prudence, la nappe phréatique y étant très élevée (cartes 45 et 46). La carte du choix habitat rural habitat urbain (no 57) indique que l'installation d'égoûts s'impose à l'Ouest du village de St-Canut, vu que les fosses septiques n'y sont pas recommendées.

43-2 St-Janvier

43-2-1 Région "rural 2" et Z.A.D.

Ces deux régions forment une bande diagonale Sud-Ouest - Nord-Est de Ste-Monique à St-Janvier (carte no 62).

a-Industrie

Les installations industrielles aux environs de St-Janvier village ne sont favorables que dans la partie Nord du fait que dans les autres régions, soit le toit de la roche en place est trop près de la surface topographique soit que l'argile a plus de 6 m (20 pi) d'épaisseur. La région de Ste-Monique (Z.A.D.) est très favorable: les affleurements de till peuvent être considérés comme favorables bien que la roche en place puisse être très proche de la surface.

b-Glissements de terrain

La carte de la susceptibilité aux glissements de terrain est incomplète, vu que les données de valeurs de pentes manquent dans la partie Sud-Ouest du territoire (cartes no 55 et 56). La carte obtenue par addition des facteurs (no 56) exagère les possibilités à cause des

erreurs introduites par la carte de l'épaisseur des dépôts argileux (carte no 30). Toute la zone envisagée peut être considérée comme stable sauf là où l'argile est effectivement épaisse.

c-extraction

Le toit de la roche en place remonte près du village de St-Janvier. Des affleurements sont visibles le long du chemin de la Côte St-Pierre à l'Est de l'autoroute 15. Il ne nous appartient pas de définir les usages de cette roche dolomitique, mais les conditions d'extraction et de transport seraient favorables.

d-dépotoirs

L'installation de dépotoirs dans cette région est difficile vu les conditions de drainage généralement mauvaises.

43-2-2 Région agricole (rural 1).

Cette division occupe le Nord de la région test et est traversée par la rivière Mascouche (carte no 60). Nous ne ferons pas de commentaires sur l'utilisation proprement

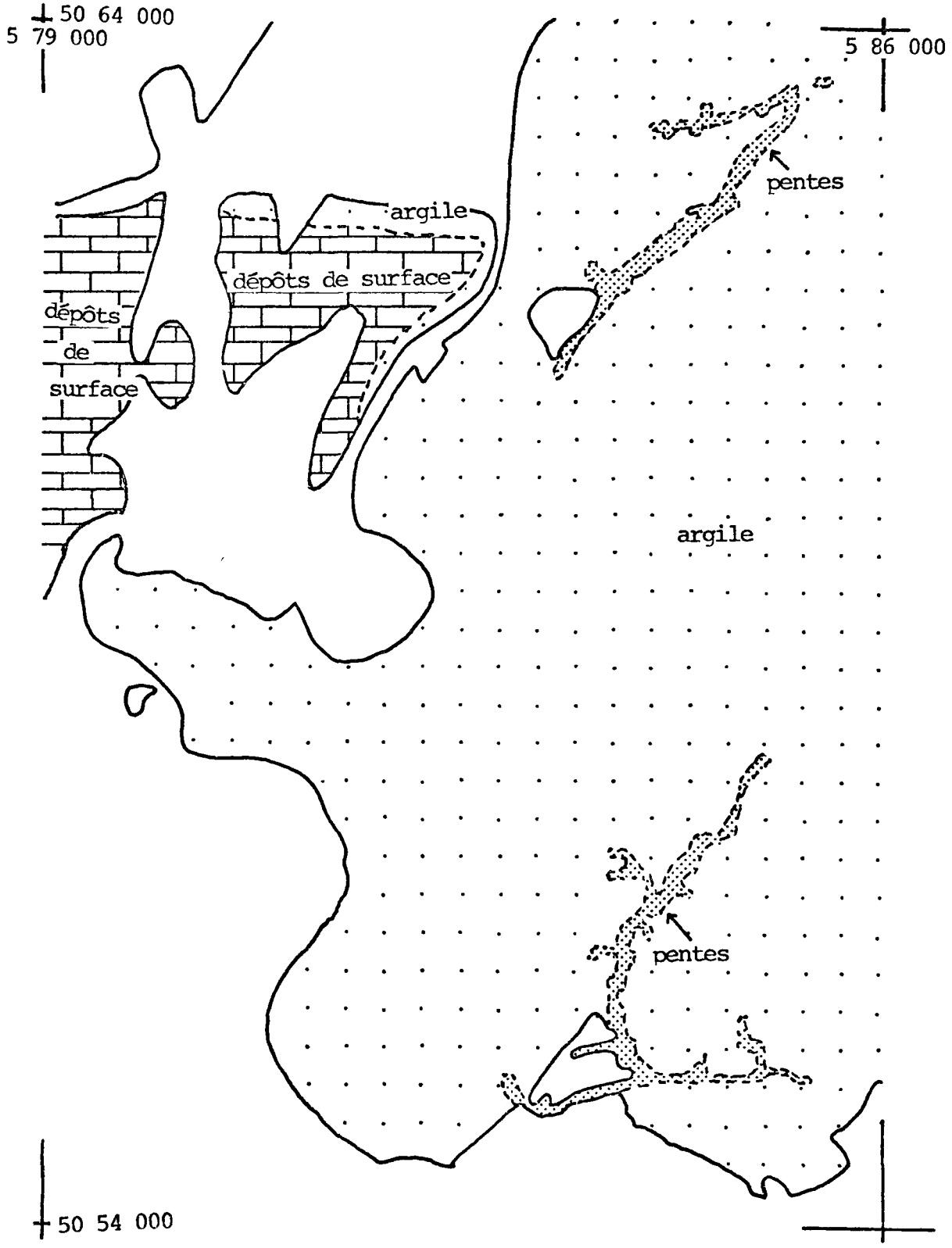
agricole. Mais comme pour le "Grand Coteau " dans la région de Ste-Scholastique, il faut protéger les pentes fortes le long de la rivière. Ici, des traces de glissements de terrain sont visibles sur les photographies aériennes, se sont surtout des décrochements de faible extension.

43-2-3 Région à urbaniser

L'urbanisation devrait se prolonger entre les routes 11 et 15 au Nord-Est la municipalité de Blainville (carte no 62). Cette région est classée comme moyennement favorable à favorable sur toutes les cartes d'aptitude au lotissement résidentiel (cartes no 37 à 40). Il faudra éviter de perturber les pentes trop fortes des versants des ravins qui se sont développés avec le pied du "Grand Coteau" comme niveau de base. Il importe également de protéger les sites de construction contre une érosion accélérée surtout dans ces terrains sableux où des déboisements trop brutaux peuvent provoquer un abaissement de la nappe phréatique, une reprise de l'érosion éolienne et un ravinement intensif. Lors de la mise en lotissement , un drainage étant obligatoire, son effet devrait être contrôlé par quelques puits bien placés dans la région. Les lotissements ne devraient être déboisés que lors de la mise en chantier pour la construction.

La région est partiellement favorable à un lotissement avec fosses septiques mais il serait préférable d'équiper la région d'un système d'égoûts sanitaires vu les probabilités de pollution de la nappe phréatique des sables. Cet équipement posera des problèmes de génie vu qu'il devra être installé dans des argiles profondes et saturées en eau. Il devra être construit très soigneusement; l'action à long terme des détergents sur les argiles sensibles n'est pas encore bien connue. Il semblerait pourtant qu'ils pourraient augmenter le potentiel de déformation naturel de ces matériaux.

Carte no 64 : Facteurs limitatifs pour l'aptitude aux parcs industriels, St-Janvier, échelle 1/50,000



43-3 Conclusion

Les cartes produites par le système d'information géoscientifique permettent de nuancer les choix d'affectation des sols. Elles doivent être utilisée avec précautions en tenant compte des limites d'exactitude des informations qu'elles contiennent et en référrant aux cartes de facteur. Les cartes dérivées des cartes d'aptitude telles celles des facteurs limitatifs pour l'installation d'industries (no 63 et 64) sont peut être plus parlantes et permettent de sérier les problèmes en les décomposant en leurs facteurs principaux. L'outil, tel qu'il est présenté ici, a des défauts principalement dus au procédé cartographique utilisé. Nous sommes face aux biais d'un algorithme d'interpolation mathématique. Dans le cas d'une cartographie d'aptitude traditionnelle, le biais est celui de la formation de l'auteur de la carte. Ce biais là est moins évident . Il ne correspond, lui, à aucune règle systématique et, ce qui est plus dangereux, l'esprit critique ne s'y attaque pas avec autant de force. Nous espérons que le problème mathématique de l'interpolation de variables géologiques disparaitra avec des recherches à venir et que la méthode esquissée ici prouvera qu'un ordinateur peut jouer le rôle d'un très bon assistant quand il est bien dirigé.

C O N C L U S I O N

Une étude de géologie régionale traditionnelle peut être faite dans des optiques différentes (adaptabilité à la circulation, stratigraphie, susceptibilité à l'érosion, géologie de l'ingénieur, hydrogéologie etc...). Mais elle peut rarement servir plusieurs utilisateurs du fait que les documents publiés (textes, cartes, légendes) sont des interprétations, dans un sens bien défini, des faits réels. Seul, l'auteur serait en mesure de réinterpréter ses données de terrain pour d'autres utilisateurs. En pratique, ce remaniement n'est que très rarement fait par l'auteur, il est habituellement fait par l'utilisateur et au départ de documents de synthèse, donc entachés de nombreuses possibilités d'erreurs. Le système d'information géoscientifique de la région Nord de Montréal a ceci de particulier: l'utilisateur a toujours accès aux données brutes et les documents de synthèse sont conçus pour ses besoins. En plus, toute nouvelle information peut être intégrée à la banque de données qui, ainsi, s'enrichit continuellement. L'exemple que nous donnons dans la quatrième partie est partiel. Notre information n'est pas celle du planificateur. L'échelle des cartes données comme illustrations (1/50,000) est, nous le savons, trop petite pour une bonne planification, les originaux étaient au 1/25,000, et le système peut produire des cartes à des

échelles plus grandes. La gamme des utilisateurs potentiels peut donc être très vaste. Nous voulions extraire le maximum d'information des données traditionnelles récoltées et montrer qu'il est possible de produire des cartes d'aptitude rapidement. Nous sommes concient d'avoir posé un jalon de plus dans l'utilisation de l'ordinateur en géologie appliquée. L'avenir nous dira si l'outil créé par ce travail est réellement ce qu'il manquait pour que les caractéristiques du milieu physique entrent dans le processus de prise de décision pour l'aménagement du territoire.

La démarche intellectuelle qui nous a mené jusqu'ici avait comme première priorité une perte minimale d'information tout en rendant cette information utilisable par le plus grand nombre de groupes professionnels, quelle que soit leur formation ou leurs besoins. L'information de base reste volontairement de type conventionnel, c'est-à-dire relativement simple à récolter, soit dans des rapports, soit sur le terrain.

Le concept de carte d'aptitude tel qu'exposé dans le texte n'est ni neuf ni sans défauts. Il faudrait, dans des recherches ultérieures, trouver une solution à la subjectivité du choix et de la pondération des facteurs. Le système est souple et peut ajouter des contraintes de tout

type (ici, les bruits) aux données proprement physiques pour répondre mieux aux besoins des utilisateurs. Il crée, nous l'espérons, un lien entre la géographie physique et la géologie académique et trop souvent théorique et ceux qui sont chargés de comprendre et de traduire ces informations dans la pratique.

La méthodologie développée ici met, avant tout, toutes les informations existantes et relativement faciles à recueillir sur la région à portée de l'ordinateur (et de la main). Ces informations, traitées par le système d'information peuvent servir soit de base à une étude plus poussée par un ingénieur-conseil d'un site dont les conditions géoscientifiques générales seront déjà connues soit à un aménagement à petite échelle.

La continuation de ce travail serait de tendre vers un système plus souple encore, qui ne demanderait que les données géoscientifiques locales pour pouvoir fournir des cartes d'aptitude. Ce qui demanderait - 1 - la révision des programmes de tri (qui, actuellement, se basent sur la stratigraphie locale), - 2 - l'utilisation d'un autre programme de cartographie (pour réduire les exigences d'espace mémoire donc pouvoir utiliser un ordinateur plus petit et pour changer d'algorithme d'interpolation) - 3 -

l'application de méthodes quantitatives pour le choix des facteurs et de leurs coefficients de pondération, - 4 - l'amélioration des techniques d'échantillonnage pour le traitement informatique des données.

La conclusion ou plutôt le souhait découlant de cette étude est que la multiplication de projets de ce type permette, à l'avenir, d'intégrer réellement les données du milieu physique dans l'aménagement, ce qui permettrait d'éviter des erreurs et les coûts qui s'ensuivent qui sont assumés par les citoyens.

O R I E N T A T I O N B I B L I O G R A P H I Q U E

REFERENCES CITEES DANS LE TEXTE

Arnould M. (1969) Aspects géologiques des problèmes d'urbanisme (géologie urbaine)

Annales des Ponts et Chaussées, vol 139 pp 261-268

Arnould M. (1972) Présentation du livre de R. Sanejouand "La cartographie Géotechnique en France"

Ministère de l'Equipement et du Logement, D.A.F.U., A.R.M.I.N.E.S. et L.P.C. Paris, pp 9-10

B.A.N.A.I.M. (1972) Plan général de mise en valeur de la propriété du gouvernement du Canada au environs du Nouvel Aéroport International de Montréal.

cahier no 5 : Industrie, préparé par J.Cl. La Haye et Associés, Urbanistes conseils, 170 pages

Bélanger R. (1973) Communications orales

Bostok H.S. (1970) Physiographic subdivisions of Canada in R.J.W. Douglas ed. "Geology and economic minerals of Canada"

Imprimeur de la Reine, Ottawa, pp 9-30

Brown J.C. (1962) The drainage pattern of the Lower Ottawa valley

The Canadian Geographer, vol VI, nr 1, spring 1962, pp 22-31

Brown J.C. (1967) Raised shorelines and drainage evolution in the Montreal Lowland

Cahiers de Géographie de Québec, no 23, p 343-360, Presses de l'Université Laval, Québec

Charles R. (1972) Les coûts d'aménagement des zones urbaines: Cas de Ville de Laval

Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 120 p

Clark T.H. (1972) Région de Montréal Area, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Direction générale des Mines, Rapport Géologique 152, 244 pages, 1 carte

Crow E.L., Davis F.A.,Maxfield M.W.

(1960) Statistics manual

Dover publication Inc,N.Y., 288 p

Dansereau P. (1971) Ecologie de la zone de l'aéroport international de Montréal: Une aventure interdisciplinaire

Revue de Géographie de Montréal vol XXV, no 3, pp 301-305, Presses de l'Université de Montréal, Montréal

de La Roche H. et Grandclaude Ph.

(1972) La collecte des données géologiques dans P.Laffitte (directeur) "Traité d'informatique géologique" chapitre 2, pp 23-51

Masson et Cie Paris

Desjardin J.P.

(1970?) Carte de sols d'ingéniérie (6 feuillets)

Département de Génie de l'Ecole Polytechnique de Montréal

Douglas D. et Fleming L.

(1969) Reference manual for the Synagraphic Computer Mapping "SYMAP V" as adapted to the University of Ottawa I.B.M. 360/65 computer

Université d'Ottawa, Centre d'informatique, Département des Applications, miméo, 77 pages

Douglas D (1973) Communication orale

Dubois J-M. (1972) Un essai de cartographie normalisée pour les cartes d'interprétation

Séminaire de doctorat , Université d'Ottawa, Département de Géographie, Miméo, 50 p

Dumper T.(1972) A computer generated model for land-use decisions

Ph.D. Thésis, Virginia Polytechnic Institute and State University, University Microfilms, Ann Arbor, Michigan, U.S.A., 176 p

Elder W.R. (1967) Urban Geology of greater Waco, Part II Soils

Baylor Geological Studies, Bull. no 9, The Taylor University Press, 64 p, Waco, Texas

Experimental Cartography Unit

(1971) Automated cartography and planning

Royal College of Art, London Architectural Press, London, U.K., 232 p

Flawn P.T. (1970) Environmental Géology (conservation, land-use planning, and resources management)

Harper's Geoscience series, Harper and Row, New-York, 313 p

Font R.G. et Williamson F.F.

(1970) Urban Geology of Greater Waco IV: Engineering Geology

Baylor Geological Studies Bull. no 12, The Taylor University Press, 34 p, Waco, Texas

Gagnon H. (1972) La photo aérienne dans les études de glissements de terrain

Revue de Géographie de Montréal, vol. XXVI, no 4, pp 381-406, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal

Grabau W.E.(1968) An integrated system for exploiting quantitative terrain data for engineering purposes in G.A. Stewart (ed.)" Land evaluation" pp 214-220

Mac Millan of Australia

Hilaire-Marcel Cl.

(1973) Remarques sur la transgression champlainienne au Nord-Ouest de Montréal (résumé)

Le IV du Québec, Deuxième colloque Programme et résumés des Communications, miméo , p 18

Hofmann H.J. (1972) Stratigraphie de la région de Montréal International Geological Congress

Livret Guide , Excursion B 03, 34p

Houde M., Clark T.H.

(1961) Carte géologique des Basses Terres du Saint-Laurent

Carte no 1407, 1 feuillet, Ministère des Richesses Naturelles Province de Québec

Hubaux A. (1970) Description of geological objects

Mathematical Geology, vol 2 , no 1 , pp89-95

Hubaux A. (1973) A new geological tool : the data

Earth-Science Reviews, vol. 9, no 2,pp 159-196, Elsevier, Amsterdam

Kugler M. (1972) Banque de données de la Région Nord de Montréal Manuel de l'utilisateur, première version (tome 1: texte, 38 p, tome 2: Atlas 10 p, 22 cartes) miméo.

Kiefer R.W. (1967) Terrain analysis for metropolitan fringe area planning

American Society for Civil Engineering, Journal of Urban and Planning Division, vol 93, no U.P.4 pp 119-139

Laffitte P. (1968) Limites actuelles de l'informatique géologique

Bureau des Recherches Géologiques et Minières deuxième série, section 4 no 3, pp 1-9

Laffite P. (1972) Traité d'informatique géologique (directeur de)

Masson et Cie, 624 pages, Paris

Lajoie P.G. (1960) Soil survey of Argenteuil, Two Mountains and Terrebonne Counties- Québec

Research Branch, Canada Department of Agriculture, 131 p, 3 cartes, Queen's printer, Ottawa

Laverdière C., Bertrand J., Carette M., Guimont P.

(1972) Les Paysages physiques , leurs origines morpho-génétiques

Ecologie de la Zone de l'Aéroport International de Montréal, rapport préliminaire no 3 , publié par le Centre de Recherches Ecologiques de Montréal, 102 p., 1 carte, Montréal

Laverdière C., Guimont P., Bertrand J.

(1973) La roche en place

Ecologie de la Zone de l'Aéroport International de Montréal rapport préliminaire no 12, publié par le Centre de Recherches Ecologiques de Montréal, Montréal, 152 p., 5 cartes

Lee C. (1971) Data banks for planning

Planning Outlook 10, pp 24-35, Newcastle-upon- Tyne, Oriel press (U.K.)

Legget R.F., Peckover F.L.

(1949) Soil temperature studies, a progress report

reprint from "Proceedings of the 29 annual meeting of the Highway research board", N.R.C, D.B.R. research paper nr 1, Ottawa, 11 p

Levasseur P.J.

(1972) Land-use planning protects airport and community

I.C.A.O. Bulletin, april 1972, pp 18-20

Locat J. (1973) Méthode d'analyse quantitative de la sonde neutron-neutron à l'aide de l'ordinateur (résumé)

Le IV du Québec, deuxième colloque, programme et résumé des communications , Montréal octobre 1973, miméo, p 8

Lynch K. (1962) Site Planning

The M.I.T. Press, 248 p, Cambridge, Mass. U.S.A.

Mc Harg I.L.(1969) Design with Nature

American Museum of Natural History, Natural History Press, Garden City, N.Y., U.S.A., 197 p

Marsan A. (1972) Intégration des valeurs écologiques dans la planification du développement

Ecologie de la Zone de l'Aéroport International de Montréal, rapport préliminaire no 6, publié par le Centre de Recherches Ecologiques de Montréal, 65 p, Montréal

Matheron G. Théorie des variables régionalisées. Chapitre 8 dans P. Laffite (directeur) "Traité de géologie informatique" pp 306-379, Masson et Cie Paris

Matula M. (1969) Regional engineering geology of the Czechoslovak Carpathians

Publishing House of Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 225 p, 3 cartes

Matula M. (1971) Engineering geologic mapping and evaluation in urban planning

In "Environmental planning and geology", U.S. Governement , pp 144-151

Ministère des Richesses Naturelles du Québec

(1972) Aménagement de la Rivière du Nord, 6 études, 6 volumes, 361 pages, miméo

Morin F. (1973) Quelques analyses physiques des sols: méthodes de terrain

Dossier public no. 172, Ministère de l'Energie des Mines et des Ressources, Commission Géologique du Canada, 81 p.

Mott R.J.(1972) Paleonoligal report no 72-1

Courrier interne, Commission Géologique du Canada, 2 p

Nie N.H., Bent D.H., Hull C.H.

(1970) Statistical package for the social sciences, S.P.S.S.

Mc-Graw Hill Book Cy. (New-York, U.S.A.) 343 p

Osborne F.F., Mc Gerrigle H.W.

(1936) La carte de Lachute (2 feuillets)

Rapport annuel du Service des Mines Partie C, Province de Québec

Prest V.K., Hode-Keyser J.

(1962) Géologie des dépôts meubles et sols de la région de Montréal

Service des travaux publics, Cité de Montréal, 35 p, 2 cartes

Prichonnet G.(1973) Intérêt des reliefs des Basses-Terres dans l'interprétation de la transgression et de la regression de la mer de Champlain (résumé)

Le IV du Québec, deuxième colloque programme et résumé des communications (miméo) p 18

Richard P.(1973) communication orale

Robinson S.C.(1972) Data standardization in geology

Geoscience Information and Society, Proceedings vol 2, september 1972 (miméo), pp 75-88

Rutter N.W., Wyder J.E.

(1969) Application of borehole stratigraphic techniques in area of mountain glacial drift in Alberta, Canada

Geological Survey of Canada, Paper 69-35, 16 p, Queen's printer, Ottawa

S.A.T.R.A. (1972) Les zones d'aménagement différé, Z.A.D., texte de J.P.Gamy et J.Wolfe

Ministère des Affaires Minicipales du Québec, 80 p

S.A.T.R.A.(1973)a Les grandes affectations du sol, texte de L.Titley et J.Wolfe

Ministère des Affaires Municipales du Québec, 71 p

S.A.T.R.A.(1973)b Cahier d'information , mars 1973

Ministère des Affaires Municipales du Québec, 72 p

S.A.T.R.A.(1973)c Récréation (texte préliminaire) , texte de L. Titley

Ministère des Affaires Municipales du Québec, 104 p.

Sanejouand R.

(1972) La cartographie géotechnique en France

Ministère de l'équipement et du logement, D.A.F.U., A.R.M.I.N.E.S., L.P.C. Paris, 96 p

Scott J.S., St-Onge D.A.

(1969) Guide to the description of till

G.S.C. Paper , 16 p, Queen's Printer, Ottawa

Stanley-Jones C.V., Benson W.A. (editors)

(1973) An inventory of land resource potentials in the Capital Regional district

A report to the Capital Regional District, British Columbia, Canada, by B.C.Land Inventory, Pacific Forestry Research Center and Canadian Forestry Service,Soil Survey Section, miméo, 185 p

Tarlet J., Walleix F.

(1972) Un cas d'application de la planification écologique: l'étude de Toulon-Ouest

L'Irrigant, revue de la Société du Canal de Provence et d'aménagement de la région provencale (Marseille), no 59, pp 23- 52

Terzaghi K., Peck R.B

(1967) Soil mechanics in engineering practice

J.Wiley and sons, New-York, U.S.A., 730 p

Tannenbaum R.(1965) Planning determinants for Columbia

Urban land, Urban land Institute, Washington D.C., vol. 24, no 4, pp 3-6

Tomlinson R.F.

(1968) A geographic information system for reginal planning

in G.A.Steward (editor) "Land Evaluation" Mac Millan Australia, pp 200-210

Unwin R (1971) Town planning in practice

Benjamin Bloom inc., New-York, U.S.A. 411 p, 4 cartes

Vantroys M., Gros C.

(1972) Résultats graphiques, dans P.Laffitte (directeur) "Traité d'Informatique Géologique" chapitre 10, pp 537-578

Masson et Cie. Paris

Varnes (1973) The logic of geological maps, with special reference to their interpretation and use for engineering purposes

U.S.G.S. Prof. Paper, no 837, (sous presse), Washington D.C.

Wilson A.E.(1941) Valley-Field, Québec et Ontario

Geological map no 660 A, Department of Mines and Resources (Mines and Geology Branch) 1 carte, Ottawa

Wilson A.E.(1941) L'Orignal, Québec and Ontario

Geological map no 662 A , Department of Mines and Resources (Mines and Geology Branch) 1 carte, Ottawa

Wilson A.E.(1940) Geology of the St-Lawrence Lowland, Ontario and Québec

Geological Survey of Canada, memoir no 241, 66p, Queen's printer, Ottawa

REFERENCES COMPLEMENTAIRES

American Geological Institute

(1970) Environmental Geology

A.G.I. Short Course, lecture notes 9-10 nov. 1970 , Milwaukee, pp 226

Antoine L.H.(1964) Drainage and best use of urban land

Public Works (New-York) vol. 95, pp 88-90

Arbellot G. (1970) La cartographie statistique automatique appliquée à l'histoire

Ecole Pratique des Hautes Etudes, S.E.V.P.E.N. ,Paris, 113 p

Arnould M., Vantroys M.

(1970) Trial of automatic geotechnical mapping at the New Town of Evry, Paris Region.

Int.Assoc. Eng. Geol., Int. Congr., 1 st, Paris, volume 2, pp 1069-1080

Bartelli L.J., Klingebiel A.A., Baird J.V., Heddleson M.R.

(1966) Soil surveys and land use planning

Soil Society of America, American Society of Agronomy, 197 p, Madison, Wisconsin

Beaudoin A. (1972) Automatisation de la photo-interprétation et de la télédétection

Bulletin d'Information de l'I.G.N., no 20, pp 32-35, Paris

Beatty M.T., Yanggen D.A.

(1966) Role of detailed soil surveys in preparation and explanation of zoning ordinances, in Bartelli et al. " Soil Surveys and land use planning" Soil Sci. of Amer.,Am. Soc. Agro., pp 160-174

Bela D.A., Overton W.S.

(1972) Environmental planning and ecological possibilities

J. of Sanitary Engineering, division A.S.C.E. 98 (SA 3) Proc Paper 8994, pp 579-592

Belcher D.J. (1970) Successful computerization for ressources mapping

J.of Remote Sensing, vol VI, p 7 -10

Biquenet G., Davre M.

(1970) A test of geotechnical cartography in the Grenoble area

Int. Assoc. Eng. Geol., Int. Congr., 1 st, Paris, vol. 2, pp 930-941

Blackadar R.G. (compiler)

(1968) Guide for the preparation of geological maps and reports , revised edition in 1968.

E.M.R., Queen's Printer, Ottawa, 190 p

Blanc R.C., Cleveland C.R.

(1968) Natural slope stability as related to geology: San Clemente Area, Orange and San Diego Counties, California.

California div. Mines and Geology, Spec. Report 98, 19 p, California office of State printing, San Francisco

Burton I.,May L.

(1972) An ecological approach to landslide hazard in the Ottawa , St-Lawrence and Saguenay valley region

Revue de Géographie de Montréal, vol. XXVI, no 2 pp 199-202, Presses de l'Université de Montréal, Montréal

Cambefort H. (1971) Géotechnique de l'ingénieur et reconnaissance des sols

Eyrolles, Paris, 345 p.

Carter R.W. (1961) Magnitude and frequency of floods in suburban areas

Short papers in Geology and Hydrology U.S.G.S., Prof. Paper 424 B, p B9-B11

Cazabat Ch. (1972) Probable avalanche location map

Bull. Soc. Francaise de photogrammétrie, no 48, p 41

Conley C.D., Hea J.P.

(1972) A lithologic data-recording form for a computer based well data system

Mathematical Geology, vol 4, no 1, pp 61-72

Crawford C.B.(1952) Soil temperature and frost penetration

in Proc. of the 5 th. Canadian Soil Mechanics Conference, pp 47-50

Crawford C.B., Legget R.F.

(1957) Groundwater temperature investigations in Canada

N.R.C., D.B.R. Research paper no 33, 7 p

Crawford C.F.(1963) Cohesion in an undusturbed sensitive clay

N.R.C., D.B.R., Research paper no 195, pp 132-146

Crawford C.B., Eden W.J.

(1967) Stability of natural slopes in sensitive clay

N.R.C., D.B.R. res. paper 327, pp 419-436

Crawford C.B.(1951) Soil temperature : A review of published records

N.R.C., D.B.R. Res. Paper no 6, p 17-41

Dagnaux J.P., Lemoine Y.

(1970) Geotechnical cartography in coastal marshy areas, using seismic refraction and penetrometry

Int. Assoc. Eng. Geol., Int. Congr. 1st, Paris, vol. 2, pp 895-903

David J.C. (1973) Statistics and data analysis in Geology, with computers programs by P.J.Sampson (Kansas Geol. Survey)

J. Wiley and sons Inc. ,New-York, 550 p

Debaille G., Ghiste S.

(1969) Carte Géotechnique de la région de Mons

Institut Reine Astrid, Mons, 44p, 4 cartes

Denègre J.(1972) Automatisation de la cartographie et traitement de l'information géographique

Bull. d'information de l'I.G.N., no 20, déc. 1972, pp 24-29

Detwyler T.R. (editor)

(1971) Man's impact on environment

Mc Graw-Hill, New-York, 731p

Detwyler T.R., Marcus M.G.

(1972) Urbanization and environment: the physical geography of the city

Duxbury Press (Wadsworth) 287 p

Drean P.H., Dubus J., Peter A.

(1966) Essai de cartographie géotechnique

Sols, soils Tome V no 16, pp 1-18

Ducher G. (1972) Automatisation de l'établissement des orthophotocartes

Bull. d'information de l'I.G.N., no 20, déc. 1972, pp 29-31, Paris

E.M.R. (1969) Le quadrillage Universel transverse Mercator

Information Canada, 13 pp, Ottawa

Espey W.H., Morgan C.W., Mash F.D.

(1966) Study of some effect of urbanization on storm runoff from a small watershed

Texas water devel. Board Report 23, 109 p

Felton P.N., Lull H.W.

(1963) Suburban hydrology can improve watershed conditions

Public Works v 94, p 93-94 New-York

Fisher W.L., McGowen J.H., Brown L.F.Jr.,Groat C.G.

(1972) Environmental geologic atlas of the Texas coastal zone, Galves - Houston area

Texas Bureau of Economic Geology, 91 p

Forgotson J.M.

(1960) Review and classification of quantitative mapping techniques

Bull. Ass. of petroleum geol., nr 44, pp 83-100

Geological Society : Engineering group

(1972) The preparation of maps and plans in terms of engineering geology

The quaterly J. of Engineering geology vol.5, no 4, pp 295-381 New-Castle-u-Tyne, U.K.

Gray H.H. (1971) Glacial lake deposits in Southern Indiana - Enginnering problems and land-use

Indiana dept. of Nat. Res., Geol. Surv. Rept. of Progr. 30, Env. Study 2, 15 p

Guy H. P. et al.

(1972) Urban sedimentation : in perspective

J.of Hydraulics Division, Proc. of A.S.C.E. pp 2099-2115

Hackett J.E. (1966) An application of geologic information to land use in Chicago Metropolitan region

Env. Geology notes series, no 8, Illinois State Geol. Survey, Urbana

Hackett J. E., McComas M.R.

(1969) Geology for planning : Mc Henry County

Illinois State Geol. Survey, circular no 438, 38 p, Urbana

Hamilton J., Owens, W.G.

(1972) Effects of urbanization on ground water levels

Assoc. Eng. Geol. Bull. vol,I,9,4 pp 327-334

Harbaugh J.W., Merriam D.F.

(1968) Computer application in stratigraphic analysis

J.Wiley and sons, 282 p, New-York

Henry M. (1900) On the geology of the principale cities in Eastern Canada

Transaction section 3, paper for 1900, pp 125-164

Hills G.A. (1966) The basis for land-use planning

Research report no 406, 204 p, Ontario Dept. of lands and forestry

Hubaux, A. (1972) Dissecting geological concepts

Mathematical Geol. vol. 4 no 1, pp 77-80

Hughes G.M.(1972) Hydrologic considerations in the sitting and design of landfills

Illinois State Geol. Survey, Env. Geol. Notes Series 51, 22 p, Urbana.

Humbert M. (1970) Terrain suitability for urban and industrial development

Int.Assoc. Eng. Geol., Int. Congr. 1 st, Paris, vol. 2, pp 950-959

Hunter W.R., Tipps C.W. , Roover J.P.

(1966) Use of soil maps by city officials for operational planning

in Bartelli et al. "Soil surveys and land use planning ", Soil Sci. Soc. Amer. and Am.Soc. Agro., pp 31-36

I.G.C. (1972) Stockage, récupération et traitement des données géologiques par ordinateur

Section 16, Congrès International de Géologie, Montréal, 1972, 222 p publié par E.M.R. Ottawa

Jacobs A.M. (compiler)

(1971) Geology for planning in St-Clair County

Illinois Geol. Survey, circ. no 465, 36 p , Urbana

James L.D. (1965) Using a computer to estimate the effect of urban development on flood peaks

Water resources research, v 1, no 2, pp 223-234

Jensen E.T. (1972) The engineer and the new environment

Eng. Issues, J. of Prof. Activities, A.S.C.E. 98 (PP3), Proc. Paper 9032, pp 303-310

Komornik A., Denekamp S.

(1970) Urban geotechnical mapping in Israel

Int. Assoc. Eng. Geol., Int. Cong. 1 st, Paris, vol 2, pp 916-929

Lacalvere G. (1972) Les objectifs de la cartographie automatique à l'I.G.N.

Bull. d'information de l'I.G.N., no 20, déc. 1972, p 20-22, Paris

Lane K.S. (1961) Field slope charts for stability studies

Proc. 5 th Int. Conf. Soil Mechanics and Foundations Engineering, Paris, vol II, div. 6, pp 651-655

Largillier J.F.

(1970) Use of geomorphology in highway planning

Int. Assoc. Eng. Geol., Int. Congr. 1 st, Paris, vol. 2 , pp 1293-1303

Leopold L.B.(1968) Hydrology for urban planning : a guidebook on the hydrologic effect of urban land-use

U.S.G.S. Circular 554, 18 p, Washington D.C.

Leopold L.B., Clarke F.E., Hanshaw B.B.

(1971) A procedure for evaluating environmental impact

U.S.G.S., Circular 645, 13 p, Washington D.C.

Logan J.A., Otterman P., Tucker N.F. (editors)

(1961) Environmental engineering and metropolitan planning

Northwestern University Press, 265 p

London T.V.(1969) A small data library

Mathematical Geology vol. 1 no 2

Longley R.W.(1954) Le climat de Montréal

Imprimeur de la Reine, Ottawa, 46 p

Mc Comas M.R.(1969) Geology related to land use in Hennepin region

Illinois Geol. Survey, circular 442, 224 p, cartes, Urbana

Mc Donald B.C.

(1971) Late quaternary stratigraphy and deglaciation in eastern Canada

in Turekian K.K. " The Late Cenozoic glacial age", pp 331-353

Mc Gerrigle R.W.

(1938) Région de Lachute, II partie, les Basses Terres

Québec, Service des Mines, Rapport annuel, 1936, Partie C, pp 45-69

Merriam D.F.(1969) Computer applications in the earth sciences

An International symposium, Plenum Press, New-York, 281 p

Miller R.A., Troxell J., Leopold L.B.

(1971) Hydrology of two small river basins in Pennsylvania before urbanization.

U.S.G.S. Prof. Paper, 701 A,57 p, Washington D.C.

Ministère des Affaires Indiennes et du Nord, Parc Canada

(1973) Environmental analysis : a review of selected techniques

Document no I0420UC, miméo, 142 p, Ottawa

Munsell Color Cy. Inc.

(1954) Munsell soil color charts

Nichols D.R., Campbell C.C. (editors)

(1971) Environmental planning and geology

U.S.G.S., Dept. of Housing and Urban development, U.S. Dept. of Interior, U.S. Governement Printing Office, Washington D.C., 204 p

Olson G.W.(1964) Application of soil survey to problems of health, sanitation and engineering

Cornell University, Agricultural exp. station, N.Y.State coll. of Agriculture, Ithaca N.Y. Memoir 387 p

Osborne F.F., Clark T.H.

(1960) Region de New-Glasgow St-Lin

Ministère des Mines, Province de Québec, rapport géol. 91, Imprimeur de la Reine, 49 p, 2 cartes

Pepper J.E.(1972) An approach to environmental impact evaluation of land use plan and policies. The Tahoe Basin planning Information System.

M.A. Department of Landscape Architecture, Berkeley, California, pp 128

Pessl F. Jr., Lamger W.H., Ryder P.B.

(1972) Geologic and Hydrologic maps for land use planning in the Connecticut Valley with examples from the folio of the Hatford North Quadrangle, Connecticut

U.S.G.S. Circular 674, 12 p, Washington D.C.

Peuker T.K.(1972) Computer cartography

Ass. Amer. Geogr., Comm. Coll. Geogr. Resour. Paper, 17, 70 p

Ouay J.R.(1966) Use of soil surveys in subdivision design

in Bartelli et al "Soil surveys and land use planning", Soil Sci. Soc. Amer., Amer. Soc. Agro, pp 76-86

Remson I. (1971) Hydrologic and disposal problems in urban area

in Nichols et al. "Environmental planning and Geology", U.S. Governement pp 36-41

Rockwell D.W., Roberts R.

(1973) Operation for application-oriented exploration data base system shown

Oil Gas J. vol. 71, no 8 , pp 62-78

Scott J.S., St-Onge D.A.

(1971) Etude géoscientifique et aménagement régional

Géoscope, Dept. Géographie, Univetsité d'Ottawa, vol. 2 no 1, pp 11-18

Robertson J.C.

(1967) The SYMAP Program for computer mapping

Cartographic J., 4,(2) pp 108-113

Robinson S.C.(1970) A review of data processing in the Earth Sciences in Canada

Mathematical Geology, 2 (4), pp 378-397

St-Onge D.A., Scott J.S.

(1972) Geoscience and Ste-Scholastique

Can. Geographical J., vol. LXXV, no. 1, pp 232-237

St-Onge D.A., Kugler M., Morin F.

(1973) Une fenêtre sur l'avenir

Geos, Hiver 1973, pp 12-14

St-Onge D.A.(1973) Geoscience and planning the future

Geoforum, 15, pp 64-67

Scott J.S.(1972) Environmental geology prototype study, Ottawa-Hull area

in G.S.C. report of activities, part A April to October 1971, G.S.C. survey paper, 72-1, pp 147-149, Queen's printer, Ottawa

Sharna K.N.M., Laurin A.F., Wynne-Edwards H.R.

(1972) Système de données géologiques basé sur l'utilisation d'un ordinateur, Manuel de l'utilisateur

Gouvernement de Québec, M.R.N., S 141, ¢45 p

Slosson J.E.(1970) The role of engineering geology in urban planning

Colorado Geol. Survey spec. publication, 1, pp 8-15

Smith F.G. (1966) Geological data processing

Harper's and Row, New-York, 284 p

Sokal R.R. (1966) Numerical Taxonomy

Sc. American vol. 125, no 6 pp 106-116

Spencer J.M.(1966) Urban Geology of Greater Waco, part III : water

Baylor geological studies, bull no 10, The Taylor University Press, Waco , Texas, 47 p

Spieker A.M. (1970) Water in urban planning, Salt Creek Basin, Illinois

U.S.G.S. Water supply paper 2002, 147 p, Washington D.C.

Stamatello H.(1965) Une carte géologique de la ville de Varsovie à l'usage des urbanistes

Revue de Géog. Phys. et de Géol. Dyn., 2, vol. VII fasc. 1, pp 3-10

Stewart G.A. (editor)

(1968) Land Evaluation, C.S.I.R.O. Symposium, Canberra

Mc Millan Australia, pp 211-220

Strong A., Keene J. et al.

(1968) The plan and program for the Brandywyne

Inst. for environmental Studies U. of Pennsylvania, 245 p

Swan D.H., Du Montell P.B., Mast P.F.,Van Dyke L.H.

(1970) Illimap: a computer based mapping system for Illinois

Illinois State Geol.Survey, circular 451, Urbana, p 24

Tarrant J.R. (1970) Computers in Geography

University of East-Anglia, Geogr. Abstr. 1970, p 76

Tomlinson R.F. (editor)

(1970) Environmental Information Systems, U.N.E.S.C.O.-I.C.U. First symposium on geographical information systems.

Ottawa, 161 p, miméo

Turk L.J.(1970) Hydrology in the urban environment

Am.Geol.Institut, Environmental Geology 36 p

U.S. Dept. of Agriculture, U.S. Dept.of Housing and Urban Development

(1968) Soil, water and suburbia

A report of the Proceedings of the Conference of June 15 and 16 1967, U.S. Government printing office, Washington D.C., 160 p

U.S.G.S. (1971)

Subsurface waste disposal by means of wells : a selective annoted bibliography

Water supply paper no 2020, Washington D.C.

Varnes D.J.(1973) Some elements of the term "value" as applied to interpretive geology

Bull. of the Ass. of Eng. geol., vol. X no 4, pp 289-298

Vincent P.L., Vogt J.

(1971) Principles in mapping surface formation used by the Bureau des Recherches géologiques et minières

Assoc. Fr. Etudes Quat., Bull. 4, pp 887-888

von Hessler A

(1972) Landscape planning: an element of regional planning

Nat. Mus. vol. 102, issue 4, pp 117-124

Walton J.E., Lewis J.E.

(1971) A manual for conducting environmental impact studies

Virginia Highway Research Council, 39 p, Charlottesville

White D.J., Kresse E.J.

(1972) Planning to save natural resources in residential development

J. of Soils and Water Conservation, 27 (4), pp 152-155

White W.A., Bremser S.M.

(1966) Effects of a soap, a detergent and a water softener on the plasticity of earth materials

Ill. Geol. Survey, Env. Geol. notes 12, 15 p, Urbana

Willman H.B. (1973) Geology along the Illinois Waterway : a basis for environmental planning

Ill. State Geol. Survey, Circ. 478, 48p, 7 cartes, Urbana

Wolman M.G. (1964) Problems posed by sediments derived from construction activities in Maryland

Report to the Maryland Water Pollution Control Commission, 125 p, Annapolis, Md.

Wolman M.G., Shick P.A.

(1967) Effects of construction on fluvial sediments, urban and sub-urban areas of Maryland

Water Resources Research, vol 3, no 2, pp 451-462

Woloshin A.J.(1970) Geoenvironmental information systems: Their use in urban planning

Int. Assoc. Eng. Geol., Int. Congr. 1 st, Paris, vol. 2. pp 871-877

Zolotarev G.S.

(1970) Engineering-geological studies of slopes subject to rockfalls and landslides, fundemental of procedure

Int. Assoc. Eng. Geol., Int. Congr., 1 st, Paris, vol. 1 , pp 108-130