



National Library of Canada
Collections Development Branch

Canadian Theses on
Microfiche Service

Bibliothèque nationale du Canada
Direction du développement des collections

Service des thèses canadiennes
sur microfiche

NOTICE

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

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

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

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

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

THIS DISSERTATION
HAS BEEN MICROFILMED
EXACTLY AS RECEIVED

AVIS

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

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

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

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

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

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

7

"Les dépôts meubles et la géomorphologie
de la région de Churchill, Manitoba".

par

Serge Paradis

Thèse présentée au département de géographie
de l'Ecole des Etudes Supérieures de
l'Université d'Ottawa en vue de l'obtention de
la maîtrise en géographie

décembre 1979
Ottawa, Canada.

A mes parents et ma femme

REMERCIEMENTS

<< À tout seigneur, tout honneur >>, comme dit le proverbe, et j'exprime, d'abord, ma gratitude à M. Denis St-Onge, mon superviseur de thèse. Ceux qui le connaissent comprendront pourquoi.

Ma reconnaissance est grande à l'égard de tous ceux qui, professeurs, secrétaires, dessinatrice ou étudiants, m'ont aidé, pendant ces dernières années, de leurs commentaires et de leurs critiques.

Je remercie en particulier, la "Commission Géologique du Canada" qui, en plus de m'offrir un emploi d'été, m'a permis d'insérer mon projet de thèse dans le cadre d'une étude, sous la direction de Mlle Lynda Dredge, à qui je dois beaucoup.

Un merci spécial à M. Marc Nixon et Mlle Marianne Geurts pour leur aide très appréciée. Je n'oublie pas Mme Normand qui a corrigé et dactylographié cette thèse.

Je suis reconnaissant à l'Ecole des Etudes Supérieures et au Département de Géographie de l'Université d'Ottawa pour l'aide financière.

Enfin, il est un apport qu'entre tous il me faut souligner; je pense à mon épouse Doris qui, depuis toujours, a su m'encourager.

RESUME

En vue de définir la genèse et l'évolution des formes du relief d'une région côtière de la Baie d'Hudson, cette étude géomorphologique se base sur une carte morpho-sédimentologique détaillée à l'échelle du 1:50,000. Les différents processus responsables du façonnement des formes du relief sont étudiés sur cette base essentielle d'information.

La carte morpho-sédimentologique a été élaborée à partir d'une analyse détaillée des photos aériennes, complétée par une étude sur le terrain qui a consisté en une vérification des limites des unités et en la prise d'échantillons en vue de définir quelques paramètres sédimentologiques. Cette carte morpho-sédimentologique et la reconstruction de l'évolution régionale du Quaternaire supérieur ont permis d'établir une hiérarchie des processus responsables du relief tel qu'il existe maintenant.

La thèse contribue non seulement à faire mieux connaître la géomorphologie détaillée de la région de Churchill mais, surtout à déterminer l'importance énorme du rebondissement isostatique post-glaciaire dans l'activité de toute une série de processus géomorphologiques.

ABSTRACT

In order to define the genesis and evolution of the geomorphology of the Hudson Bay coastline near Churchill, Manitoba, a morpho-sedimentological map at the scale of 1:50,000 was constructed. This map is the basis for the study which attempts to determine the nature and sequence of processes responsible for the landforms of the area.

The morpho-sedimentological map was built on a detailed air photo analysis completed by a field work which was essential to determine the boundaries of each unit. Material collected in the course of a sampling programme made it possible to define essential sedimentological parameters. The morpho-sedimentological map and the reconstruction of regional evolution during the upper Quaternary makes it possible to establish a hierarchy of processes responsible for the elaboration of landforms as they are to-day.

As a result of this thesis, our knowledge of the geomorphology of the Churchill area is considerably improved and, more importantly, our understanding of the importance of isostatic rebound as a trigger mechanism for geomorphological processes is vastly improved.

TABLE DES MATIERES

	page
Remerciements	ii
Résumé (abstract)	iii
Table des matières	v
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	ix
Liste des photographies	x
Liste des annexes	xiii

INTRODUCTION	1
--------------	---

CHAPITRE <u>I</u>	4
A. Le but	4
B. Localisation de la région	6
C. Choix de la région	6
D. Le cadre physique	7
E. Le réseau hydrographique	9
F. Le climat	10

CHAPITRE <u>II</u>	12
A. La théorie du relèvement isostatique	12
B. La cartographie	20

CHAPITRE <u>III</u> : LES DEPOTS MEUBLES	24
A. Analyses	24
B. Répartition	26
(i) Le complexe de la colline Twin Lake	29
(ii) La colline de Knight	34
(iii) Le corridor du lac Klöhn	36
(iv) La rivière Churchill	41
(v) Cordons littoraux	42
C. Synthèse	43
CHAPITRE <u>IV</u> : MODE DE DEGLACIATION	46
CHAPITRE <u>V</u> : MORPHOGENESE POST-GLACIAIRE	50
A. Les cours d'eau	52
B. Le pergélisol	55
(i) Les sols polygonaux	56
(ii) Les paises	57
(iii) Les thufurs	58
C. Le gel - dégel	59
D. Le glacial	61
E. Les courants marins	63
F. Le vent	64
G. Les plages	64
H. Les cordons littoraux	72

CONCLUSION

73

BIBLIOGRAPHIE

78

ANNEXE I : GRANULOMETRIE SIMPLIFIEE

88

ANNEXE II : DIFFERENTES DIRECTIONS DES VENTS

108

ANNEXE III : LOCALISATION DES ECHANTILLONS ANALYSES

109

9/

LISTE DES FIGURES

	page
1. Carte de localisation	8
2. Soulèvement relatif	14
3. Relèvement résiduel	15
4. Localisation d'échantillons caractéristiques et résultats d'analyses granulométriques	31
5. Bassin de drainage de la Basse Churchill	53

LISTE DES TABLEAUX

	page
<u>I.</u> Données climatologiques de la région de Churchill pour la période de 1943 à 1970	11
<u>II.</u> Analyses granulométriques Valeurs en pourcentages	30
<u>III.</u> Analyses granulométriques Valeurs en fractions de 360° (d'après le tableau II, page 28)	32

x

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

	page
1. Coupe sur le versant sud du ruisseau Herriott (environ 8.2 km de l'embouchure) Matériel organique sur sable marin sur till	27
2. Section de la même coupe montrant le sable marin reposant sur le till (glaciaire)	28
3. Section de la même coupe montrant le till argileux (glaciaire)	29
4. Le complexe fluvio-glaciaire de la colline Twin Lake et de ses plages marines	33
5. Sablière située dans la partie nord du complexe de la colline Twin Lake (blocs, galets {plus petits que 50 cm fréquents}, graviers et sables grossiers)	35
6. Sablière située dans la partie centrale du complexe de la colline Twin Lake (blocs nombreux)	36

7. Partie sud-est du complexe de la colline Twin Lake (terrasses marines constituées de sable) 37
8. Plages marines dans la partie sud et aux abords du complexe de la colline Twin Lake 38
9. Plages marines situées sur les versants ouest et est du complexe de la colline Knight 39
10. Petites terrasses fluviales situées sur un des cordons littoraux les plus anciens dans le secteur est de la région, aux abords du corridor du lac Klöhn au nord de la rivière White Whale 40
11. Ensemble de cordons littoraux situé dans le secteur est de la région, près de la côte 44
12. Paises de quelques mètres carrés (5-10) entourés de thufur situés au nord-est des îles Thibâudeau et Morrier 57
13. Thufur situé dans les environs du ruisseau Alston au sud du lac Warkworth 58
14. Crête de poussée constituée de galets et de matériaux anthropiques de dérive située sur la côte au nord du lac Isabelle 62

	page
15. Plage soulevée reposant sur des affleurements de roches en place, au sud du fort Prince of Wales	65
16. Plages situées à l'est de l'aéroport de Churchill	66
17. Plage située à l'ouest du lac Christmas (ancien esker remanié en plage)	67
18. Plage située à l'ouest du lac Christmas	68
19. Plage située au nord de la rivière White Whale et complètement recouverte par la végétation. A noter, la végétation arbustive entre les crêtes de plages mieux drainées	69
20. Plage située au sud de la rivière White Whale, composée de limon granulo-sableux	70
21. Plage en croissant le long de la côte dans le secteur nord de la région à l'étude	71

LISTE DES ANNEXES

	page
<u>I.</u> Granulométrie simplifiée (méthode de la pipette)	88
<u>II.</u> Différentes directions des vents de la région de Churchill	108
<u>III.</u> Localisation des échantillons analysés	109

Maps and Maidens -

They must be well-proportioned and not too plain;

Colour must be applied carefully and discreetly;

They are more attractive if well dressed but not
over dressed;

They are very expensive things to dress up properly;

Even when they look good they can mislead the innocent;

And unless they are very well bred they can be awful liars!

Williatts, 1970

INTRODUCTION

La région de Churchill, Manitoba, en bordure de la Baie d'Hudson, offre de nombreux avantages pour une étude géomorphologique. Il est possible d'y étudier les sédiments et les formes qui leur sont liés, mis en place au tardi-glaciaire et au post-glaciaire. Dans cette région on peut également retracer les principales étapes du retrait de la mer de Tyrrell et analyser les processus liés au rebondissement isostatique.

En se basant sur le peu qui était connu la présente étude examine successivement les données physiques, hydrographiques et climatologiques de la région de Churchill, les différentes courbes se rapportant au relèvement isostatique, l'analyse et la répartition des dépôts meubles, le mode de déglaciation et enfin la morphogénèse post-glaciaire. La première de ces cinq étapes donne une description aussi complète que possible des différents aspects du milieu naturel de la région étudiée.

Le chapitre II est une revue des différents taux de relèvement calculés pour la région de Churchill. Cet événement détaillé permet de mettre de côté plusieurs des courbes de relèvement isostatique pour finalement accepter la courbe exponentielle décroissante qui indique un taux élevé de relèvement pour les années 5,000 à 7,000 B.P. et un taux moins élevé pour le présent. Cette donnée significative nous permet de mieux comprendre la configuration actuelle de la région.

Dans le chapitre III sont définis et cartographiés les différents faciès de dépôts meubles (glaciaire remanié, fluvio-glaciaire, marin, fluvial, glacial). La lithostratigraphie permet d'expliquer les formes dans un contexte dynamique: l'action des processus sur des types lithologiques dans un continuum évolutif.

Le chapitre IV est une revue de l'abondante littérature sur la déglaciation de la Baie d'Hudson afin de mieux comprendre les nombreux facteurs qui ont pu jouer un rôle sur la morphogénèse actuelle.

Une analyse détaillée de la morphogénèse post-glaciaire forme le chapitre V dans lequel est défini le rôle prédominant joué par les processus liés au rebondissement isostatique dans le façonnement morphologique de la région de Churchill.

Cette thèse comble, sans contredit, une lacune dans nos connaissances de la morphogénèse d'une région des Basses Terres de la Baie d'Hudson. Elle laisse en suspens une série de problèmes plus ou moins importants. Les difficultés qui n'ont pas permis d'approfondir certains problèmes sont au nombre de quatre: le relief peu différencié compris entre zéro et quarante-cinq mètres d'altitude, une couverture de tourbe presque continue, la présence du pergélisol et le fait que toute la région soit située sous la limite de la dernière transgression marine. Le relief très faible, fait de la zone étudiée une étendue propice à l'établissement et au développement des tourbières marécageuses rendant ainsi la prise d'échantillons très difficile. Une partie de la région est presque inaccessible par voie de terre. La présence de la tourbe sur toute l'étendue de la région fut certes le problème majeur à surmonter, plusieurs unités de dépôts meubles n'étaient

pas visibles en surface d'où nécessité de forages pour déterminer la nature des dépôts sous-jacents et pour établir les limites géologiques approximatives. La présence du pergélisol pose un problème d'un autre ordre puisqu'il limite la profondeur à laquelle on a facilement accès depuis la surface. Avec les moyens disponibles on a accès qu'à la pellicule superficielle soit environ 50 à 80 cm.

Le fait que l'ensemble de la région étudiée se trouve sous la limite de la dernière transgression marine élimine toute comparaison entre matériaux remaniés et non-remaniés par les eaux marines. Bien que ceci soit regrettable la nature des problèmes posés par une telle comparaison dépasserait largement le cadre d'une thèse de maîtrise.

En résumé, cette thèse basée sur une étude géomorphologique détaillée contribue à établir un lien de continuité entre les événements post-glaciaires et la morphogénèse actuelle d'une région côtière subarctique.

CHAPITRE I

A. LE BUT

Le but de cette thèse est l'étude géomorphologique d'une partie du nord du Manitoba en vue de définir la genèse et l'évolution des formes du relief d'une région côtière de la Baie d'Hudson. Comme beaucoup d'études en géomorphologie dynamique, cette thèse a une dimension spatiale, (la région de Churchill, Manitoba) et une dimension temporelle (le post-glaciaire).

En vue de définir la genèse et l'évolution des formes du relief, il est très important d'explicitier la dimension temporelle et ce qu'elle implique. Le post-glaciaire de la région de Churchill comprend deux aspects très importants qui recouvrent une période totale de 18,000 ans: la déglaciation et le relèvement isostatique. Ces deux stades même synchrones, se différencient grâce aux attributs découlant de la morphologie actuelle qui leur sont propres. Ces attributs par leur essence, nous permettront de déterminer qualitativement ou quantitativement l'impact de chacun dans le façonnement du relief actuel. Le synchronisme est un facteur important pour aider à déterminer le degré d'homogénéité (Varnes 1974), mais un examen approfondi du problème démontrera que c'est aussi un élément qui rend difficile l'identification du rôle des processus liés à chaque stade.

La déglaciation provoque le relèvement isostatique. A l'origine les deux phénomènes sont synchrones, cependant, le relèvement s'étend sur une période beaucoup plus longue que la déglaciation qui au niveau local peut

être relativement rapide alors que le réajustement isostatique se poursuit actuellement. Il va de soi que, dans l'ensemble du relief, l'importance relative des processus liés à l'un ou à l'autre phénomène varie énormément. Les processus liés à la déglaciation ont tendance à être intenses et très localisés alors que ceux liés au relèvement isostatique sont plutôt diffus et généralisés.

L'évolution morphologique peut donc être décomposée en deux facteurs de causalité: la déglaciation et le relèvement isostatique. Cette division bien qu'un peu artificielle, puisque l'une dépend de l'autre, permet néanmoins d'identifier l'origine des processus dont la résultante est le relief actuel.

La déglaciation a permis la déposition de matériel glaciaire et fluvio-glaciaire, la transgression marine et la déposition de matériel transporté par la glace de vêlage; le relèvement isostatique a provoqué la régression marine et le remaniement du matériel par les vagues. Le relèvement isostatique est donc le moteur fondamental qui permet aux différents processus actuels de laisser leurs empreintes sur cette région. Sans l'intervention de ce dernier, la région côtière de Churchill serait comprise encore aujourd'hui dans le bassin de la Mer d'Hudson et recouverte par les eaux.

Déterminer la nature et l'importance des modifications des dépôts et des formes laissés par la déglaciation par les processus reliés au relèvement isostatique, est donc le but fondamental de cette thèse. L'importance de la dimension temporelle exige une étude approfondie de la chronologie du post-glaciaire alors que l'importance de l'aspect spatial

exige une cartographie détaillée des dépôts, des formes et de l'activité des processus géomorphologiques.

B. LOCALISATION DE LA RÉGION

La région à l'étude se situe dans le nord du Manitoba, à proximité de la Baie d'Hudson (Figure 1). Elle est limitée par les latitudes 58 30' et 58 50'N., et les longitudes 93 00' et 94 30'O.

La thèse porte sur une partie du secteur physiographique des Basses Terres de l'Hudson (Bostock 1965). Le territoire étudié fait partie des cartes topographiques au 1:50,000 suivantes: 54K/14 E. et O., 54 K/13 E. et O., 54 K/12 E. et O., 54 L/9 E. et O. D'excellentes photographies aériennes au 1/35,000 couvrent l'ensemble de la région.

C. CHOIX DE LA REGION

Le choix de la région de thèse a été grandement influencé par notre expérience comme assistant de terrain dans une équipe de la Commission Géologique du Canada durant les étés 1977 et 1978. Dès lors, il apparût que le secteur physiographique des Basses Terres de l'Hudson de par sa complexité pourrait se prêter à une étude détaillée en vue d'une thèse de maîtrise axée sur l'étude des processus. Aucune étude de détail n'avait été effectuée dans la région de Churchill. La Commission Géologique du Canada, Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources accepta d'incorporer cette étude dans le cadre d'un de ses projets.

La région de Churchill, de par sa situation géographique près du centre nord du continent nord américain est très complexe et a été passablement perturbée au Quaternaire inférieur: glaciation, déglaciation, transgression marine, relèvement isostatique, régression marine, (Lee 1960, p. 1609).

Ces événements ont certes tous joué un rôle en ce qui concerne le développement morphologique de la région. Il n'en demeure pas moins que le détail du synchronisme, de l'importance relative des différents processus et de l'importance des reliques n'a pas encore été suffisamment analysé. Suite à ces questions qui demeuraient sans réponse satisfaisante, il devenait très intéressant d'entreprendre une étude qui fournirait des éléments de solution.

D. LE CADRE PHYSIQUE

Notre région de thèse couvre une superficie de 2,378 kilomètres carrés. La seule agglomération de population existante au sein de la région d'études est la ville de Churchill, située près de l'embouchure de la rivière du même nom, qui possède une population en partie transit évaluée à près de 10,000 habitants. Cette partie du Manitoba est comprise dans la région d'Hudson, bordée à l'ouest par la région de Kazan, à l'est et au sud par la région de James (Bostock 1965, p. 14).

La région d'Hudson comprend les Basses Terres de la Baie d'Hudson elle-même, la plaine de Southampton, les fles de Belcher et les collines de Richmond. La Baie d'Hudson correspond à une dépression en forme de soucoupe

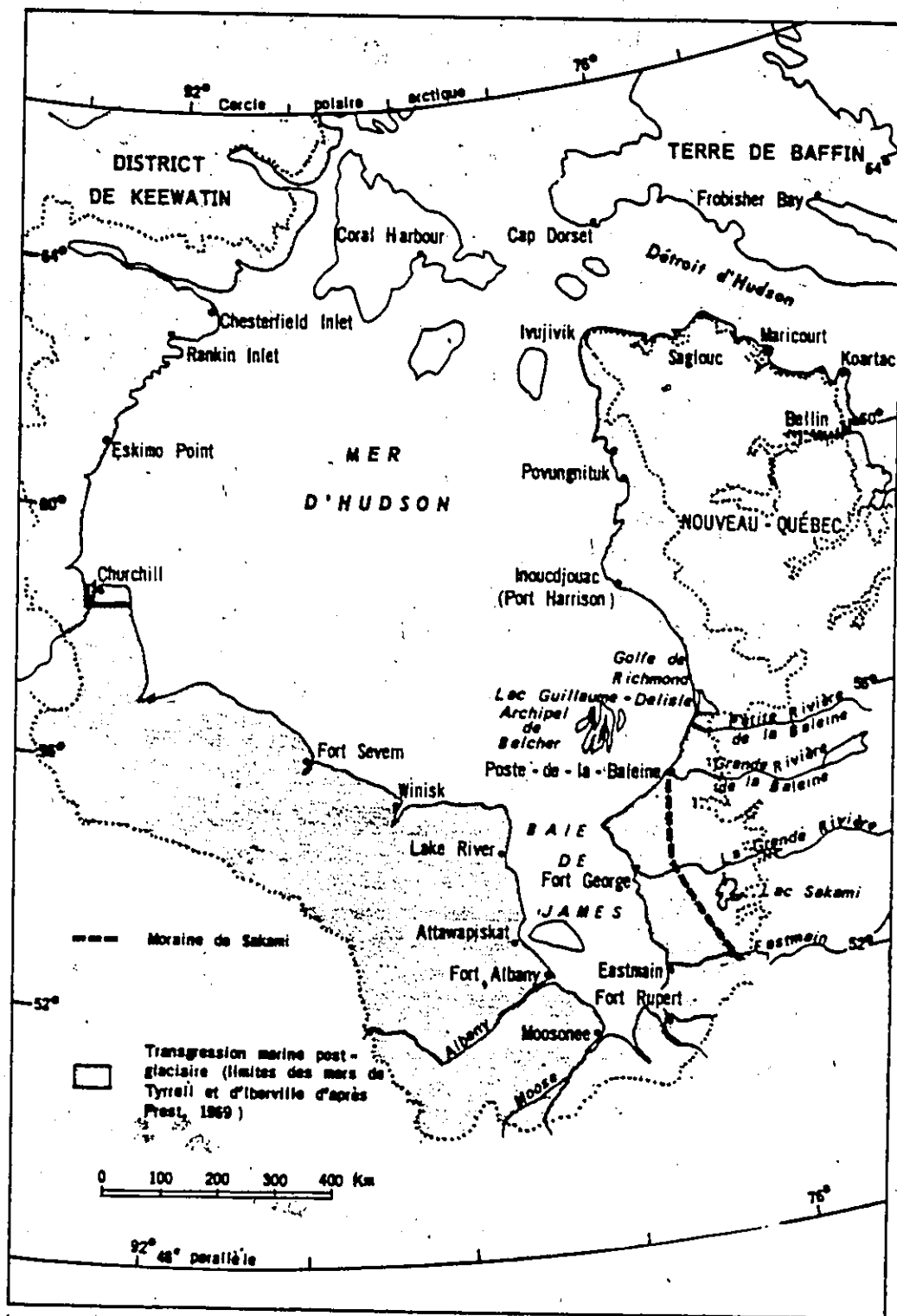


Figure 1: Carte de localisation

Figure tirée de Hillaire - Marcel 1976, p. 186

de 100 mètres de profondeur en moyenne mais qui atteint 230 mètres dans la partie centre-nord (Bostock 1965, p. 18).

Les Basses Terres de la Baie d'Hudson sont formées par une plaine marécageuse noyée en partie. Le relief s'élève progressivement pour atteindre environ 50 mètres A.N.M. à la bordure ouest de la région à l'étude. Cette surface est recouverte de formes fluvio-glaciaires (la colline Twin Lake et la colline Knight) et comprend plusieurs systèmes de plages dont les plus importants sont respectivement situés à l'est de la Baie de Button et au sud de la Baie de La Pérouse, c'est-à-dire, dans le secteur est de la région à l'étude.

E. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le secteur d'étude représente une petite partie de l'aval du bassin de la rivière Churchill où un seul affluent d'importance significative, le ruisseau Herriott, se jette dans le fleuve qui lui, débouche dans la Baie d'Hudson. Longue de 1600 kilomètres, la rivière Churchill a pour source le lac Methy en Saskatchewan (Cumming 1968, p. 148). Sa traversée des Basses Terres ne représente que 145 kilomètres de son parcours.

La genèse du fleuve Churchill est complexe ayant subi de nombreuses perturbations liées aux glaciations du Quaternaire. Cumming (1968, p. 149) résume ainsi le peu qui est connu sur cette question: en aval du contact précambrien le plus à l'ouest, la rivière Churchill s'écoule dans une direction nord-est pour environ 88 kilomètres. Cette section de la rivière représente probablement une partie du réseau de drainage radial

pré-glaciaire et s'écoule dans un chenal qui traverse le calcaire de l'Ordovicien. Juste au sud des rapides Red Head, au contact entre les affleurements de l'Ordovicien et les sédiments marins résistants du Silurien, la rivière bifurque rapidement vers le nord. On peut assumer qu'il existe une extension de ce chenal sous les dépôts du Pléistocène. Ce chenal devrait atteindre la côte dans les environs du Cap Churchill.

F. LE CLIMAT

Le climat de la région de Churchill est caractérisé par des hivers longs et sévères et des étés courts et frais. Le printemps et l'automne ne sont que de très brèves périodes de transition. Le milieu à l'étude se situe donc dans la région climatique dite subarctique dont les principales caractéristiques sont des hivers très froids, une température moyenne pour la période 1943-1970 de -7.2°C et des précipitations moyennes pour la même période de 223.96 centimètres, dont 184.3 centimètres sous forme de neige.

Afin de donner une idée plus précise du climat nous reproduisons les données climatologiques (Tableau 1), de la station météorologique de Churchill située dans la partie nord de notre région de thèse.

La conséquence morphologique la plus importante pour la région de Churchill due à cette situation climatologique est la présence d'un pergélisol dont l'épaisseur croît en s'éloignant de la Baie d'Hudson (Brown 1978, p. 1-2, manuscrit). L'importance du pergélisol sera soulignée dans la section qui traite de la morphogénèse post-glaciaire.

TABLEAU I

Données climatologiques de la station
de Churchill pour la période de 1943 à 1970
Hare et Thomas (1974, p. 227)

Churchill	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	ANNEE
Température (C)													
Moyenne journalière maximum	-23.7	-22.5	-15.5	-6.5	1.1	10.6	16.9	15.5	8.7	1.8	-8.2	-17.7	-3.3
Moyenne journalière minimum	-31.4	-30.8	-24.9	-15.5	-5.8	1.6	6.9	7.4	2.7	-3.8	-15.7	-25.8	-11.3
Moyenne journalière	-27.6	-26.7	-20.3	-11.0	-2.3	6.1	12.0	11.5	5.7	-1.0	-11.9	-21.8	-7.2
Moyenne totale (mm)	14.0	13.0	17.8	24.1	28.2	40.1	49.0	57.7	52.2	40.4	40.1	20.1	396.6
Moyenne en neige (cm)	15.2	13.7	18.0	23.6	18.0	2.8	0.0	0.0	4.3	26.2	41.7	20.8	184.3

CHAPITRE II

Concept et Méthode

A. LA THEORIE DU RELEVEMENT ISOSTATIQUE

Le relèvement de l'écorce terrestre suite à une surcharge (un glacier) est divisé en trois périodes: une période de rebondissement freiné qui se produit avant la disparition de la glace d'une région alors que la calotte s'amincit, la seconde, relativement rapide, suit de près la disparition de la glace, la troisième, très lente, est résiduelle et comprend le relèvement requis pour atteindre l'équilibre (Andrews 1968 B. p. 49).

Andrews (1968) a compilé une série de dates radio-métriques en vue d'estimer le soulèvement relatif et résiduel de la région de la Baie d'Hudson. Sur une première carte il montre le soulèvement relatif, en moyenne 80 mètres pendant les derniers 6,000 ans, (Figure 2). Sur une deuxième carte il indique la valeur du soulèvement résiduel, soit environ 90 mètres (Figure 3). Il n'existe aucune carte démontrant le rebondissement freiné qui, selon Andrews

(1968 B, p. 58) ne peut qu'être extrapolé.

Plusieurs auteurs ont tenté de calculer le relèvement isostatique de la région de la Baie d'Hudson. Les méthodes employées sont souvent différentes et les résultats également.

A son maximum, la glaciation du Wisconsin se trouvait centrée sur la Baie d'Hudson (Lee 1964, p. 244, Hardy 1977, p. 270). Cette région a été déprimée durant la glaciation et inondée durant la phase de retrait, puis partiellement émergée lors du soulèvement qui a provoqué le retrait de la mer de Tyrrell. Les Basses Terres de la Baie d'Hudson ne sont donc que des parties exposées de l'ancien fond marin (Hardy 1977, p. 266). Des datations radio-métriques effectuées sur des coquilles, du bois ou des ossements amassés à des élévations déterminées autour de la Baie permettent de calculer le taux approximatif de cette émergence (Lee 1964, p. 242). Les lignes de plages les plus élevées sur le versant est de la Baie, soit 290 mètres (Hardy 1977, p. 270), contrastent avec celles retrouvées sur le versant sud, 198 mètres (Hardy 1977, p. 261), et celles du versant ouest, environ 180 mètres A.N.M. (Lee 1960, p. 1609). Cette différence d'élévation est due soit à un relèvement plus rapide du côté est où le glacier était plus épais, ou encore au fait qu'aucune ligne de plage ne se soit formée pendant la première phase de relèvement du côté ouest de la Baie.

"The rate of emergence around Hudson Bay follows an exponential curve with an initial rapid uplift of the order of 600 centimeters per century, and later a much decreased rate of the order of 30

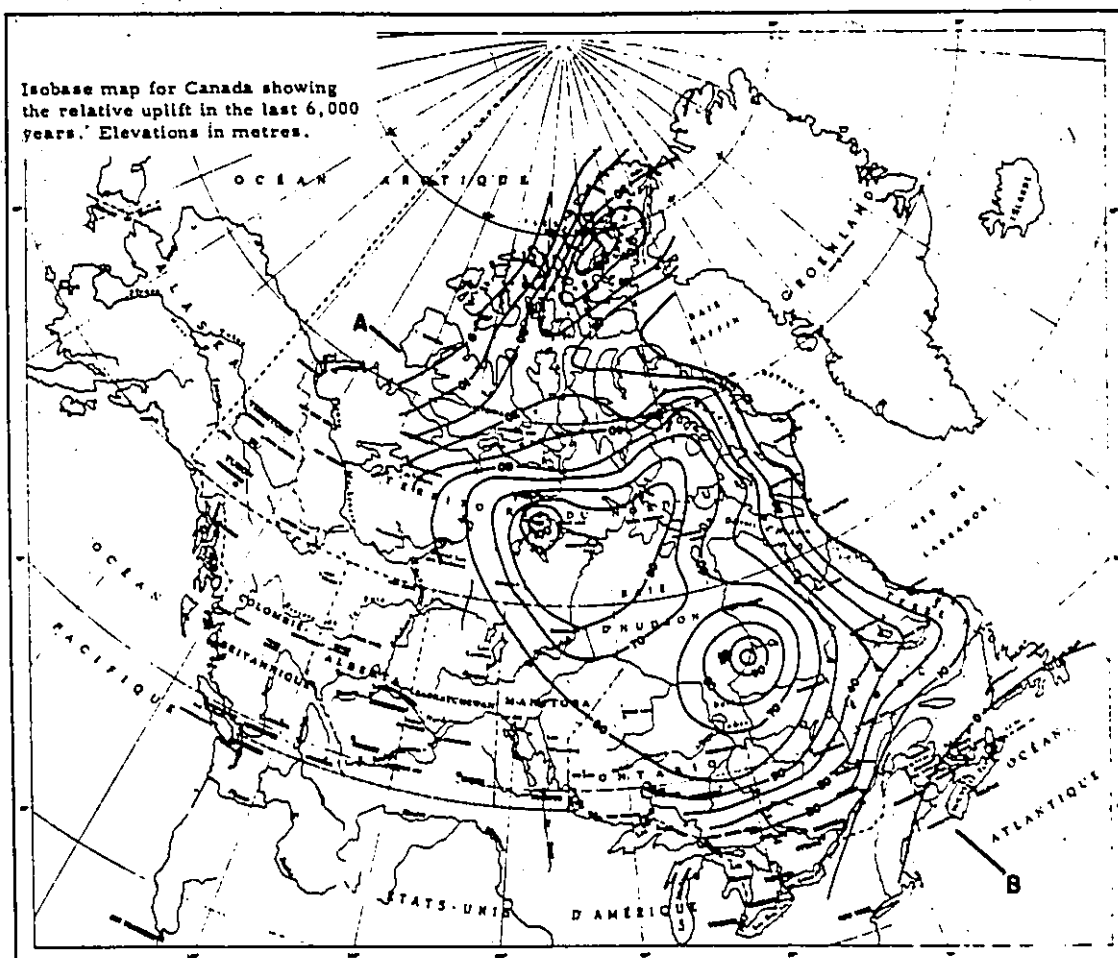


Figure 2: Soulèvement relatif
d'après Andrews (1968.B, p. 53)

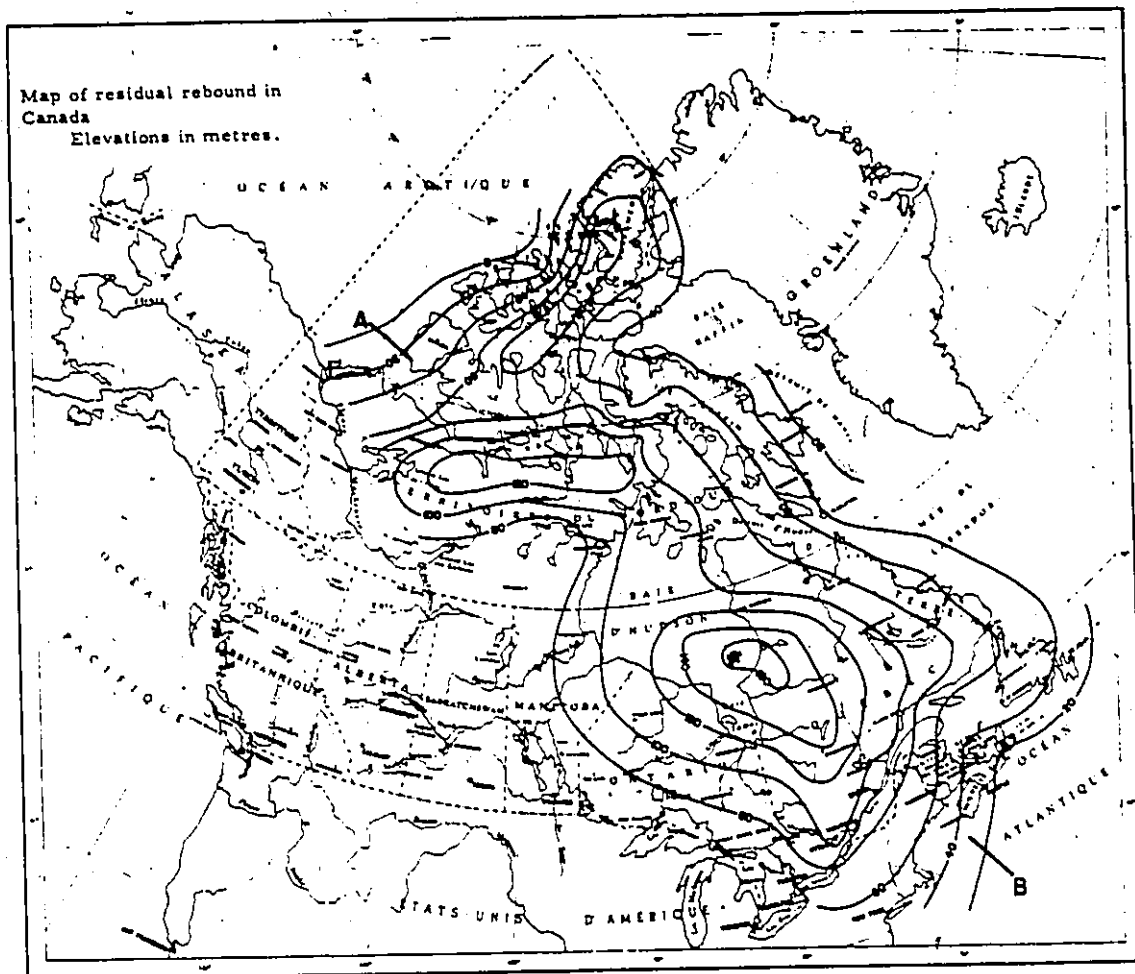


Figure 3: Relèvement résiduel
d'après Andrews (1968 B, p. 57)

to 90 centimeters per century".

(Lee 1964, p. 242)

"Les datations au ^{14}C de coquillages prélevés dans des dépôts littoraux et pré-littoraux montrent que, sur le versant est, le taux d'émersion du terrain a varié entre 9m/100 ans au début de l'épisode marin et 90 cm/100 ans dans les derniers 4000 ans".

(Hardy 1977, p. 270)

Farrand (1962) a comparé le relèvement isostatique de différentes régions les unes aux autres. Il a ainsi obtenu des taux de relèvement approximatifs pour le lac Huron, les Grands Lacs, la Baie d'Hudson et l'Arctique Canadien. D'après ses calculs, la région de la Baie d'Hudson a le record en ce qui concerne le montant total de relèvement du Post-Wisconsin. Il serait d'environ 270 mètres dans la région du golfe Richmond (Farrand 1962, p. 197).

Andrews et Falconer (1969) ont effectué une étude détaillée du relèvement isostatique des îles Ottawa. Ces dernières se prêtent bien à ce type d'étude dû à leurs nombreuses plages soulevées dans lesquelles les coquillages sont abondants. Le résultat obtenu est le suivant: environ 35% du relèvement, c'est-à-dire 59.5 mètres, s'est produit dans les premiers 1000 ans qui ont suivi la déglaciation. Il est intéressant de constater que 17% du relèvement soit 28.9 mètres, s'est opéré dans les premiers 400 ans suivant la déglaciation (Andrews et Falconer 1969, p. 1269). Le montant de relèvement pour les îles Ottawa serait de 170 mètres et se poursuivrait actuelle-

ment à un rythme de 0.8 centimètre par an.

Les données pour la région de Churchill sont un peu particulières du fait qu'elles sont basées sur des méthodes de calcul indirect. Bell (1896), cité par Gutenberg 1941, a estimé que le niveau de l'eau pour l'ensemble de la Baie d'Hudson s'affaissait à un rythme de 1.5 à 3 mètres par cent ans et que le taux de relèvement près de Churchill était de 210 centimètres par cent ans. Bell a estimé ce taux en se basant sur des découvertes qu'il a effectuées dans la région. Il a retrouvé des pièces de bois, des campements esquimaux et des filets à poissons à des altitudes allant jusqu'à 21 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer. Il se réfère aussi à des chenaux à travers lesquels des bateaux pouvaient passer il y a 200 à 300 ans, à l'heure actuelle seul un canot peut emprunter ces mêmes chenaux (la rivière de la Petite Baleine qui a été abandonnée comme endroit portuaire à cause de sa diminution en profondeur). Tyrrell (1896) met en doute les calculs de Bell en se basant sur certaines mesures effectuées dans "Sloops Cove" (Site historique, situé à l'ouest de la rivière Churchill juste au sud du fort Prince of Whales). Il ajoute que la région de la Baie d'Hudson a maintenant atteint son équilibre ou presque. Il propose un taux approximatif de 60 centimètres par cent ans. Johnston (1939) cité par Gutenberg 1941, a étudié de nouveau les données de "Sloops Cove" et il conclut:

"The removal of the weight of the ice
after the glaciation no longer has
any effect in the region of Churchill".

(Gutenberg 1941, p. 749)

En 1928 on installait un marégraphe à Churchill. F.H. Peters, chef du service hydrographique du Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources d'Ottawa, était le responsable de la collection des données. Gutenberg 1941 a étudié ces données et a obtenu:

"All findings indicate an uplift at a rate larger than 1 meter per century, while for all months except for september the value exceeds 2 meters per century; even a value of 3 meters per century must be considered as possible".

(Gutenberg 1941, p. 747)

Barnett (1966) a révisé les données pour la période 1928-1939 et il rejette catégoriquement la valeur de ces dernières pour deux raisons. La principale étant que le marégraphe avait été en fonction seulement pendant 3 mois pour l'année 1930, (du 25 juin au 9 juillet de façon intermittente et du 10 juillet au 18 octobre de façon constante) et que malgré ceci, Gutenberg possède une collection de données s'étendant sur une période de 5 mois. La deuxième raison est due au fait que les données de 1930, 1934, 1935, 1936 sont reliées au "Merry Rock Datum" et sont décrites comme étant "X-centimètres" au-dessus de la partie supérieure de "Merry Rock".

En 1939 on établissait une borne de repaire (566 D) et en 1940 on installait un marégraphe automatique. Les données de 1940 à 1956 sont donc constantes. En 1956, on déménageait cet instrument dans un bâtiment adjacent. Cette relocalisation enlevait certains problèmes, par exemple,

ceux occasionnés par la gelée de l'automne et la fonte du printemps. Un seul problème demeurerait, la station de pompage était dans le même bâtiment. Encore plus récemment on érigeait un bâtiment spécial pour abriter le marégraphe.

Barnett s'est donc servi des données les plus récentes (1940 à 1964) et a obtenu un taux de relèvement de 73 centimètres par cent ans et ceci après avoir corrigé pour le changement eustatique. Il conclut que le relèvement isostatique actuel à Churchill se situe en dessous de la courbe exponentielle de Farrand. Ceci est appuyé par Craig (1968) qui a obtenu un taux de 1.5 mètres par cent ans pour la période entre 3000 et 1000 ans B.P.

En 1969 Barnett revise complètement ses calculs de 1966 après avoir décelé une erreur dans sa ligne de régression. Il conclut donc, que le relèvement isostatique à l'heure actuelle serait de 53 centimètres par cent ans et non 73 centimètres par cent ans.

Comme le prévoit le théorie (Andrews 1968 A, p. 41) Andrews et Falconer 1969, p. 1269; Walcott 1970, p. 719; Hardy 1977, p. 270) le relèvement isostatique de la région de Churchill se conforme à une courbe exponentielle décroissante qui indique un taux élevé de relèvement pour les années 5000 à 7000 B.P. et un taux moins élevé pour le présent.

"The curve also supports the major conclusion of the gravity study that the amount of remaining uplift in the geometric center of the isostatic disturbance is at least equal to, and

probably more than, the amount of uplift
that has already occurred on the last
7000 years".

(Walcott 1970, p. 720)

B. LA CARTOGRAPHIE

La cartographie des dépôts meubles et des formes du relief en soulignant les liens comme les oppositions spatiaux et temporels sera le moyen privilégié qui, en identifiant les problèmes, fera également percevoir les solutions. Avant de résumer ce qui est acquis sur la géomorphologie et sur la géologie de la région de Churchill il importe de bien définir la base conceptuelle et théorique de ce travail en grande partie basé sur une étude de Varnes (1974).

Pour permettre au lecteur de suivre notre raisonnement nous avons résumé, en le paraphrasant, l'essentiel du texte de Varnes.

(1974, p. 1-48)

Le "savoir" est un ensemble structuré, modelé, ordonné ou relié d'informations. Toute recherche touchant le "savoir" devra donc considérer la raison d'être des unités constitutantes et la disposition possible, probable et utile de ces dernières.

La recherche, nous entraînera donc, dans un univers d'identification, de classification et d'explication dont l'élément de reconnaissance le plus important sera l'attribut (ce qui est propre à un être, à une chose).

L'attribut peut-être absolu, présent ou absent, présent en partie,

mesurable qualitativement et/ou quantitativement et même immesurable. Il peut être constant, il peut varier dans le temps et/ou dans l'espace. Il peut être essentiel sans être unique, unique sans être essentiel, être ni unique ni essentiel simplement présent ou accessoire. L'attribut par sa fonction, déterminera donc le degré d'homogénéité et d'hétérogénéité des différentes unités.

En ce qui a trait à la carte, on retrouve quatre catégories fondamentales d'attributs qui appartiennent respectivement à l'espace, au temps, à la relation entre objets et à la propriété de la matière. Ces catégories sont à la base de l'existence d'unités temporelles, spatiales, relationnelles et typologiques. Les unités temporelles sont définies par des lignes de mêmes valeurs représentant le temps (datations par fossiles par C 14), les unités spatiales par des divisions physiques (Bouclier versus Terres Basses), les unités relationnelles par des relations géométriques ou de temps, et les unités typologiques par une grande variété de propriétés.

La définition des unités, différenciées grâce aux attributs, doit être faite avec prudence. La raison d'être de l'unité doit être identifiable à une ou plusieurs des catégories fondamentales (celles que l'on rencontre le plus souvent, spatiale et typologique, les autres, relationnelle et temporelle). On doit définir et énumérer les attributs que l'unité possède pour appartenir aux catégories. Pour sauvegarder la valeur de la carte, il faut déterminer le degré d'homogénéité interne toléré, car, l'essence même de la cartographie est de définir des unités qui sont homogènes (till de fond) ou plus ou moins hétérogènes (formes glaciaires).

Les deux composantes de la carte seront donc, un plan à deux dimensions qui montrera la délimitation des unités identifiées, et l'explication en mots et/ou en symboles des attributs essentiels contenus dans les

unités. Les composantes traduisent donc, les deux buts de la carte qui sont: 1- nous permettre d'avoir une connaissance aussi complète que possible de la localisation des unités qui possèdent un ou plusieurs attributs d'intérêts; 2- nous donner de l'information détaillée au sujet des attributs contenus dans les unités.

Ces deux buts impliquent nécessairement une série d'opérations qui nous permettront d'une part, de regrouper, de synthétiser, de fusionner (au niveau des processus) et d'autre part, de diviser, d'analyser, d'identifier (en examinant les formes) l'information. Les opérations de regroupement, de synthèse et de fusion présupposent l'existence d'éléments qui peuvent être reliés (Genèse), tandis que, les opérations de division, d'analyse et d'identification présupposent l'existence de concepts permettant la définition ou l'identification d'unités (unités lithologiques et formes).

Le concept le plus souvent utilisé est celui de "classification" dont le but est le suivant:

"The purpose of any classification is so to organize our knowledge that the properties of objects may be remembered and their relationships may be understood most easily for a specific objective. The process involves formation of classes by grouping the objects on the basis of their common properties".

(Cline 1949, Varnes 1974, p. 10-11)

Pour réaliser ces classes, il faudra donc mesurer les éléments (attributs) de façon à pouvoir les regrouper ou les diviser. Ce procédé se fera sous quatre échelles différentes:

ECHELLES	EXEMPLES TYPES
Nominale	Forages, Echantillons
Ordinale	Une unité identifiée par ordre relatif (Till-Argilomarin-Alluvion)
Intervalle	C 14
Rapport	Importance relative des formes (Dune-Plage-Esker)

Le concept de "classification" sous-entend que le but de la carte soit défini au préalable.

"Classifications should be designed for a specific purpose; they rarely serve two purposes equally well".

(Grigg 1967, Varnes 1974, p. 10)

Vue dans cet optique, la carte est une synthèse possédant les caractéristiques d'une science et d'un art.

"A map is a synthesis; it is not information in its most fundamental and versatile form".

(Varnes 1974, p. 45)

"Cartography, the making of maps, combines the characteristics of both a science and an art".

(Chorley et Hagget 1967, p. 675)

En identifiant les dépôts et les formes; en les regroupant dans des unités définies par l'entremise d'une classification conçue en fonction de l'identification de la genèse, nous aurons atteint notre objectif: l'étude géomorphologique d'une région du nord du Manitoba en vue d'en arriver à un modèle d'explication génétique et évolutif des formes du relief.

CHAPITRE III

LES DEPOTS MEUBLES

A. ANALYSES

Pour parvenir à un modèle d'explication génétique et évolutif des formes du relief, (le but de cette thèse), nous devons connaître la nature du matériel qui compose les unités du relief et qui peut nous fournir la clef de la genèse. Au cours de l'été 1978, 79 échantillons furent prélevés par l'entremise de 165 forages et trous pratiqués dans la région. Parmi ces échantillons, 24 furent sélectionnés et soumis à 2 types d'analyses granulométriques simplifiées afin de caractériser les composantes. Nous avons utilisé la méthode de la pipette et la méthode mécanique par tamis décrite par Fernand Morin (1973, p. 31-47), (Annexe I).

Les définitions granulométriques sont basées sur l'échelle modifiée de Wentworth (Morin 1973) qui originalement s'exprime en unités "phi". L'échelle est basée sur une progression géométrique de raison 2 pour les valeurs supérieures à 1 millimètre, et de raison $\frac{1}{2}$ pour les valeurs inférieures à 1 millimètre. Par convention, on donnera une valeur négative aux unités supérieures à 1 millimètre, et une valeur positive pour les unités inférieures à 1 millimètre.

En s'appuyant sur les observations de terrain, la cartographie des résultats de ces analyses permet de classer les échantillons de façon lithostratigraphique. En se basant sur cette nouvelle information, il est possible

d'élaborer une légende morpho-sédimentologique (carte morpho-sédimentologique hors texte). Une définition aussi précise que possible du matériel est essentielle à la compréhension des processus responsables de l'élaboration des formes. La lithostratigraphie nous permettra donc d'expliquer les formes dans un contexte dynamique: l'action des processus sur des types lithologiques dans un continuum évolutif. La classification morpho-sédimentologique utilisée pour accompagner la carte au 1/50,000 des dépôts de surface de la région de Churchill est donc conforme au but de la thèse.

Les principales unités qui ont pu être établies pour la région à partir de notre classification sont au nombre de 17. Deux de ces unités regroupent la roche en place (calcaire, subgreywacke), une, le matériel fluvioglaciale, une, le matériel organique (tourbe), une, le matériel fluviatile (alluvion), une, le matériel glacial (crête de poussée), une, le matériel marin récent, les dix autres pour leur part regroupent du matériel glaciaire (till) ayant subi un remaniement plus ou moins intense par les eaux marines.

Les unités cartographiées n'ont pas été définies simplement par la granulométrie, mais par un ensemble d'attributs: relief, distribution, relation avec les formes actives. Ces attributs vont nous permettre de reconstituer le rôle joué par les différents processus génétiques dans le façonnement des dépôts et des formes de la région pour aboutir à une chronologie des événements de post-glaciaire.

B. REPARTITION

Très peu d'auteurs se sont penchés sur le Quaternaire de la région à l'étude (Thie 1976 et Owen 1948). Les travaux effectués par les géologues (Opération Winisk 1968 et Sanford 1972) ne font que signaler la présence des dépôts quaternaires. Pourtant, le Quaternaire récent est particulièrement important dans le contexte de cette région, puisque l'essentiel, sinon la totalité des dépôts meubles, date du Wisconsin supérieur. Un point très important en ce qui concerne cette région est l'absence de matériel glaciaire non remanié en surface tel que nous le retrouvons en profondeur. L'étude d'une coupe stratigraphique (No. 6 sur la carte morpho-sédimentologique hors texte), (Photos 1-2-3) sur le versant sud du ruisseau Herriott et de plusieurs forages (nos. 43, 50, 55 a et b, 76, 84 b), dans la partie centrale de la région ont permis de définir un faciès glaciaire (till) modérément compact, limoneux et graveleux, fracturé sous forme de mini-blocs (très peu friables) ayant des traces d'oxydation le long des fractures. Ce faciès que l'on retrouve seulement en profondeur est recouvert dans la majorité de la région par un faciès ayant subi un remaniement marin plus ou moins intense: gravier sableux (unité 11), gravier limoneux (unité 8), limon graveleux (unité 5), limon gravelo-argileux (unité 4), limon sablo-graveleux (unité 3), limon argilo-graveleux (unité 2), sable limoneux (unité 7), sable limono-graveleux (unité 6), gravier limono-sableux (unité 9), gravier sablo-limoneux (unité 10), par un faciès marin et fluvial contemporain (limon gravelo-sableux), (unités 12 et 14).

Au niveau de la cartographie des dépôts meubles, ce faciès glaciaire remanié par les eaux marines est donc très important. Il regroupe onze unités différenciées à partir de leurs composantes en gravier, sable, limon et argile (Tableau II). D'ouest en est, sur toute la surface de la région à l'étude, le matériel semble subir une gradation progressive mais non constante allant du gravier sableux (unité 11), à un gravier limoneux (unité 8), à un matériel partiellement ou complètement remanié par les eaux marines, limon graveleux (unité 5): limon gravelo-argileux, (unité 4); limon argilo-graveleux, (unité 2); etc. Nous avons reproduit sous forme de graphiques circulaires divisés les résultats granulométriques obtenus à partir de 22 échantillons représentatifs (Figure 4), (Tableau LII). Cette représentation graphique permet de déterminer la distribution spatiale du gravier, du sable, du limon et de l'argile. En se basant sur la distribution des différentes composantes, on remarque que le limon dans la partie

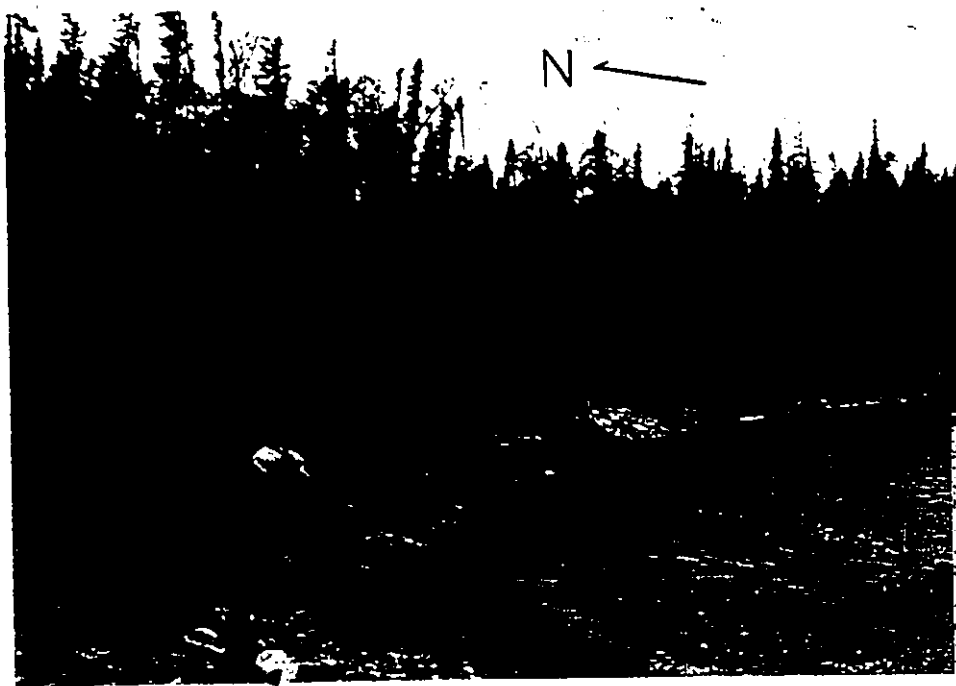


Photo 1: Coupe sur le versant sud du ruisseau Herriott, environ 8.2 km de l'embouchure. Matériel organique sur sable marin sur till

sud de la région subit une augmentation sensible dans une direction ouest-est, à travers les unités 11, 8, 5, 7, 12, 4 et 2. Cette augmentation du limon se traduit par une diminution surtout de la composante graveleuse, le sable et l'argile variant très peu, sauf pour l'unité 7 où le pourcentage de sable atteint 43%. La composante sableuse pour sa part, démontre une nette augmentation à partir des extrémités sud-ouest (unités 5 et 8) et sud-est (unités 12, 9 et 10) vers le centre nord (lac Christmas, unité 6).

La répartition des dépôts meubles semble pouvoir s'expliquer par la présence d'accidents morphologiques majeurs tels: les complexes d'origine fluvio-glaciaires de la colline Twin Lake sise au centre de notre région et de la colline Knight située au nord-est du lac Norton; la présence d'un ancien bras de mer dans le secteur est de la région (au sud de la baie La Pérouse) pourrait expliquer l'augmentation rapide des graviers dans cette

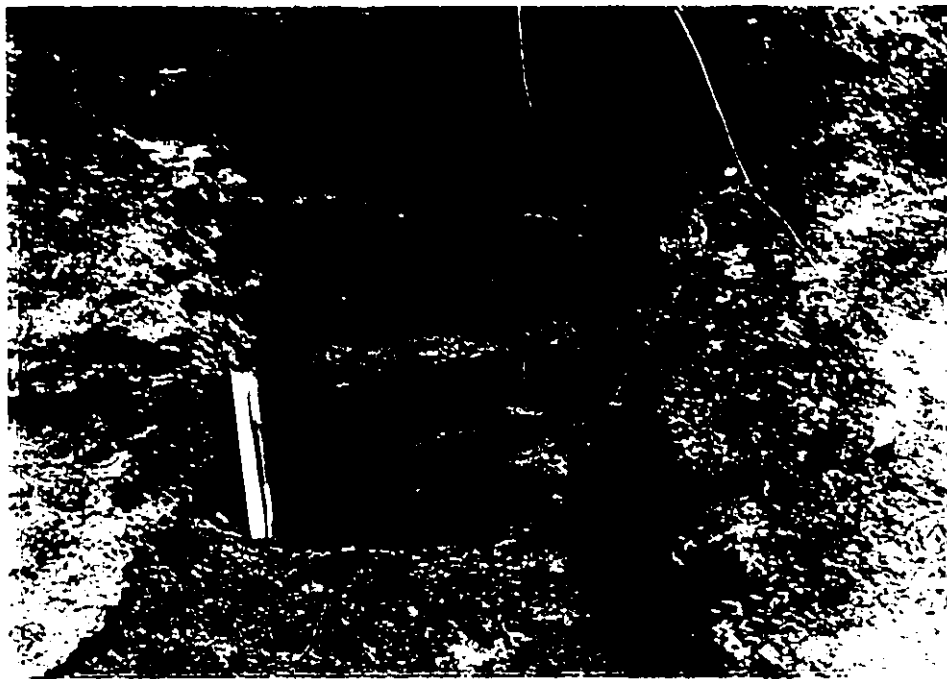


Photo 2: Section de la même coupe montrant le sable (marin) reposant sur le till (glaciaire)

unité; le complexe fluvial de la Churchill et du ruisseau Herriott ont certes influencé la distribution spatiale du matériel dans leur secteur d'influence.

(i) LE COMPLEXE DE LA COLLINE TWIN LAKE

Le complexe de la colline de Twin Lake (Photo 4), d'une altitude de près de 40 mètres A.N.M. fait partie d'un complexe fluvioglacière constitué d'une vingtaine d'eskers qui ont subi un remaniement par les eaux marines. Juste au sud de la région, dans la proximité du lac Brown et du lac Hannah, soit dans les environs de 30 mètres A.N.M. on en retrouve une dizaine. Leurs positions au sein de l'ancienne côte (30 mètres) est très comparable à celle des eskers que l'on retrouve, à l'heure actuelle, au niveau de la côte (dans les environs des lacs McQueen, Christmas et Norton).

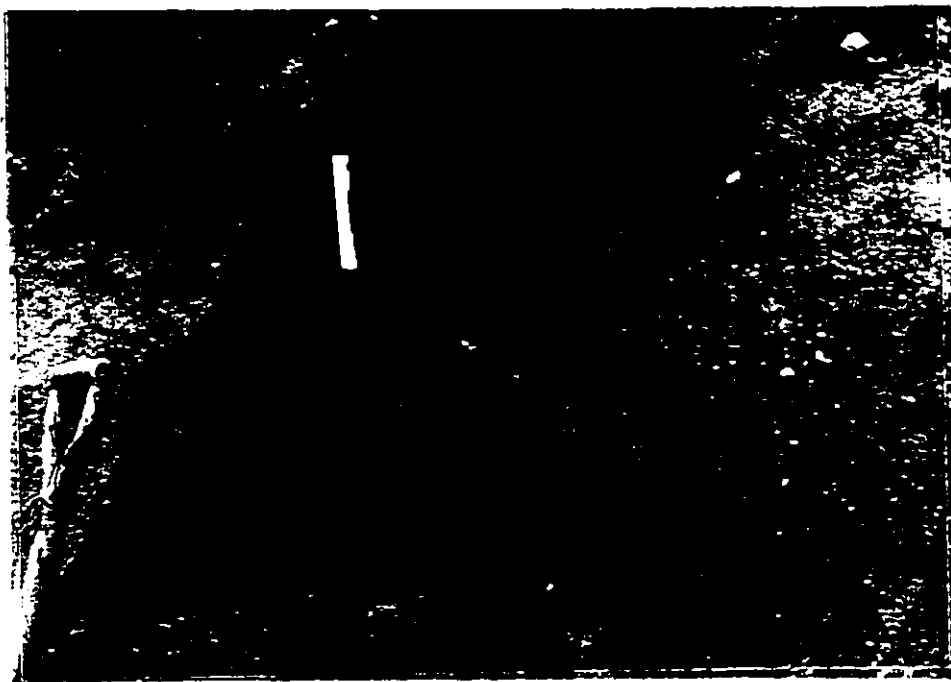


Photo 3: Section de la même coupe montrant le till argileux (glaciaire)

TABLEAU II

ANALYSES GRANULOMETRIQUES

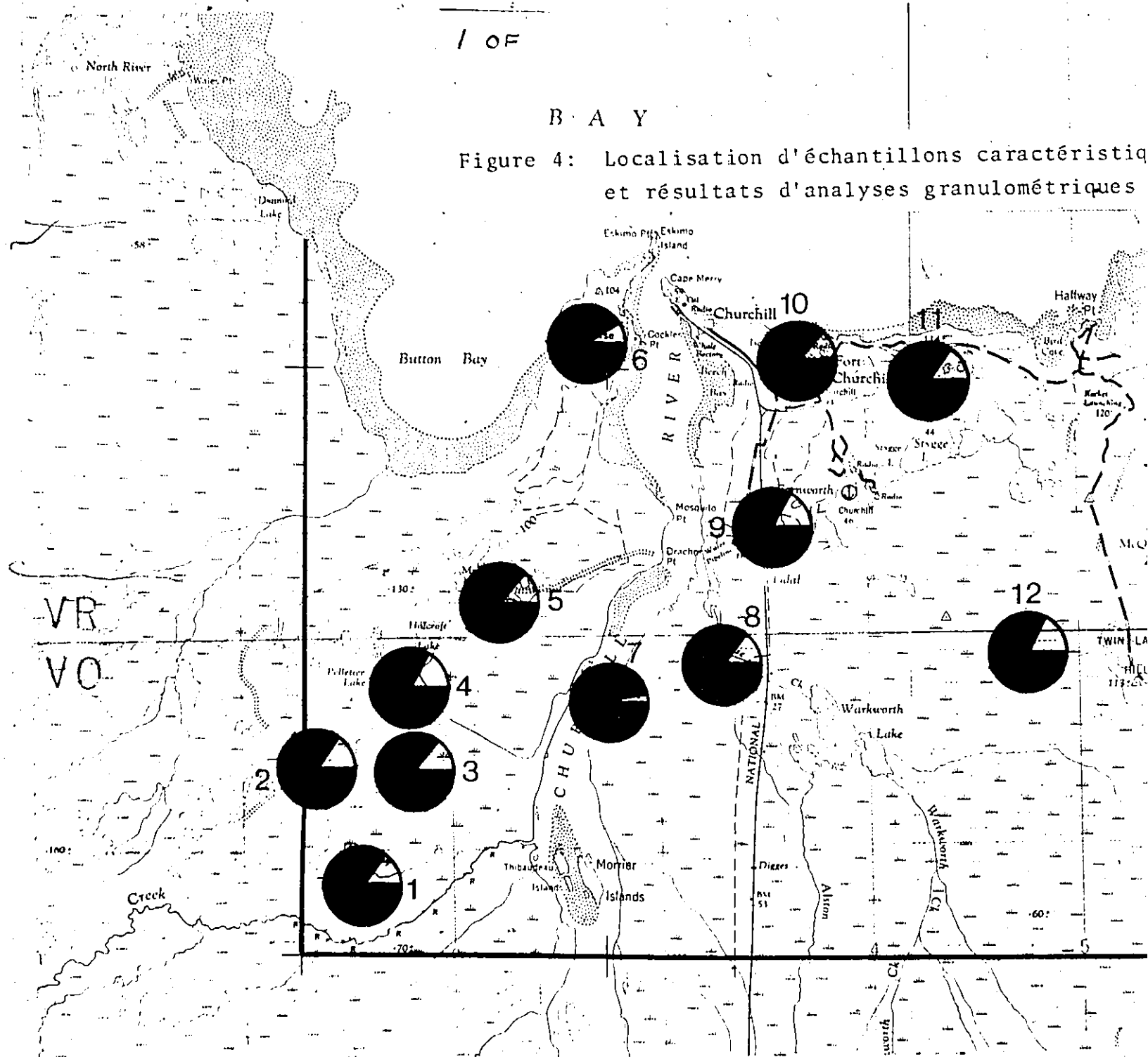
(Valeurs en pourcentages)

		GRAVIER	SABLE	LIMON	ARGILE
1	Sable limoneux	8.00	42.68	33.85	15.45
2	Gravier limoneux	44.50	14.20	23.97	17.31
3	Limon graveleux	26.50	14.40	45.27	13.81
4	Gravier limoneux	40.00	12.00	31.20	16.80
5	Limon graveleux	36.00	15.10	36.35	12.54
6	Limon graveleux	30.00	24.92	36.96	8.12
7	Limon gravelo-sableux	17.25	16.21	62.89	3.64
8	Limon gravelo-argileux	14.75	11.59	59.33	14.32
9	Limon graveleux	36.00	11.26	36.35	16.38
10	Limon sablo-graveleux	27.00	27.74	33.28	11.97
11	Gravier limono-sableux	36.00	20.99	29.69	13.31
12	Limon graveleux	26.50	17.05	19.98	16.46
13	Sable limono-graveleux	18.00	45.59	34.76	1.64
14	Limon gravelo-argileux	23.50	5.50	48.96	22.03
15	Limon argilo-graveleux	14.50	11.62	54.03	19.83
16	Gravier sablo-limoneux	57.00	18.57	16.85	7.56
17	Limon argilo-sableux	14.00	11.00	55.04	19.95
18	Gravier sablo-limoneux	57.00	20.98	16.51	5.50
19	Limon sablo-graveleux	19.25	34.56	42.63	3.55
20	Gravier limono-sableux	53.00	16.54	25.94	4.51
21	Limon gravelo-sableux	19.00	15.55	52.48	12.96
22	Limon gravelo-sableux	20.50	13.99	52.15	13.35

1 OF

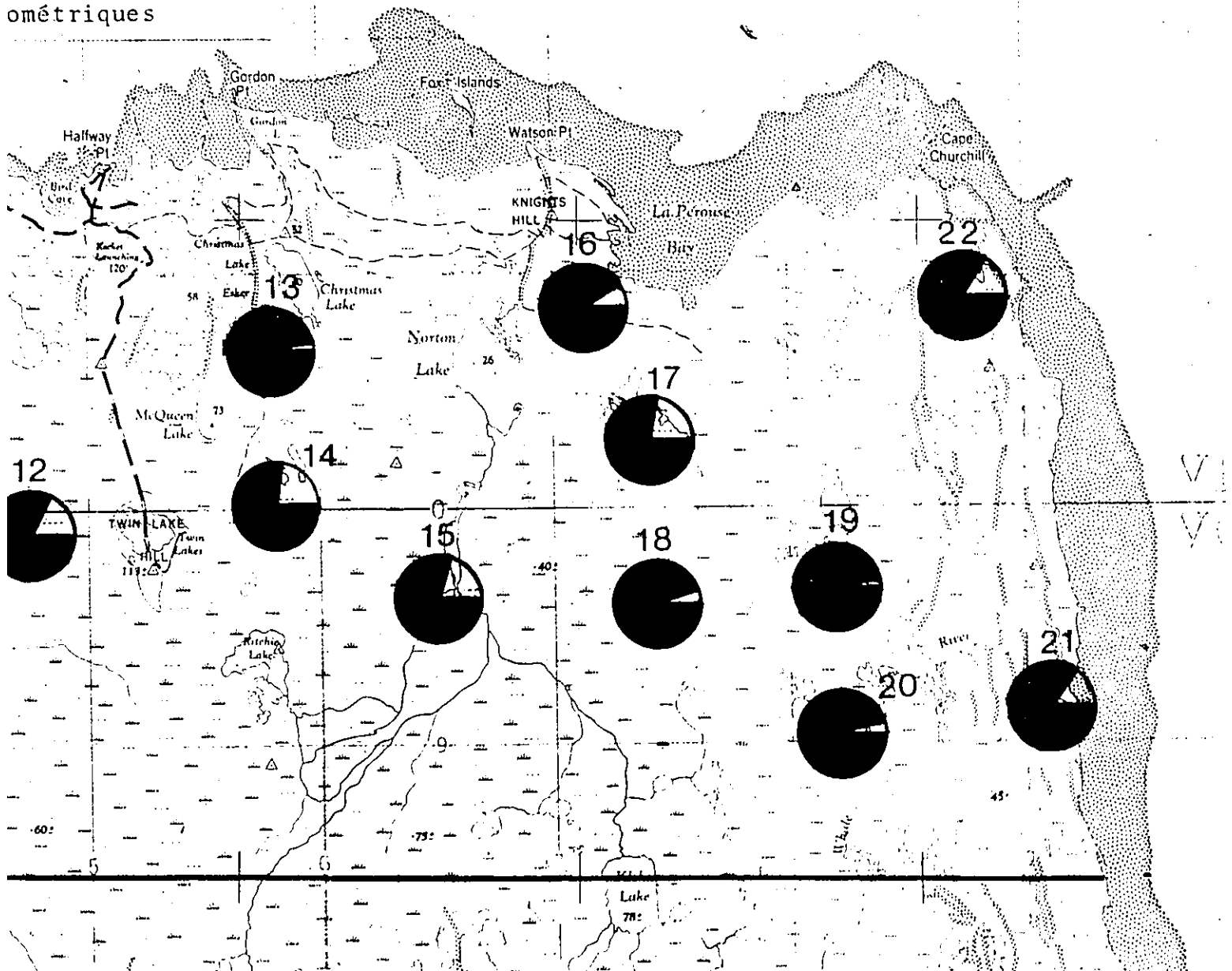
B A Y

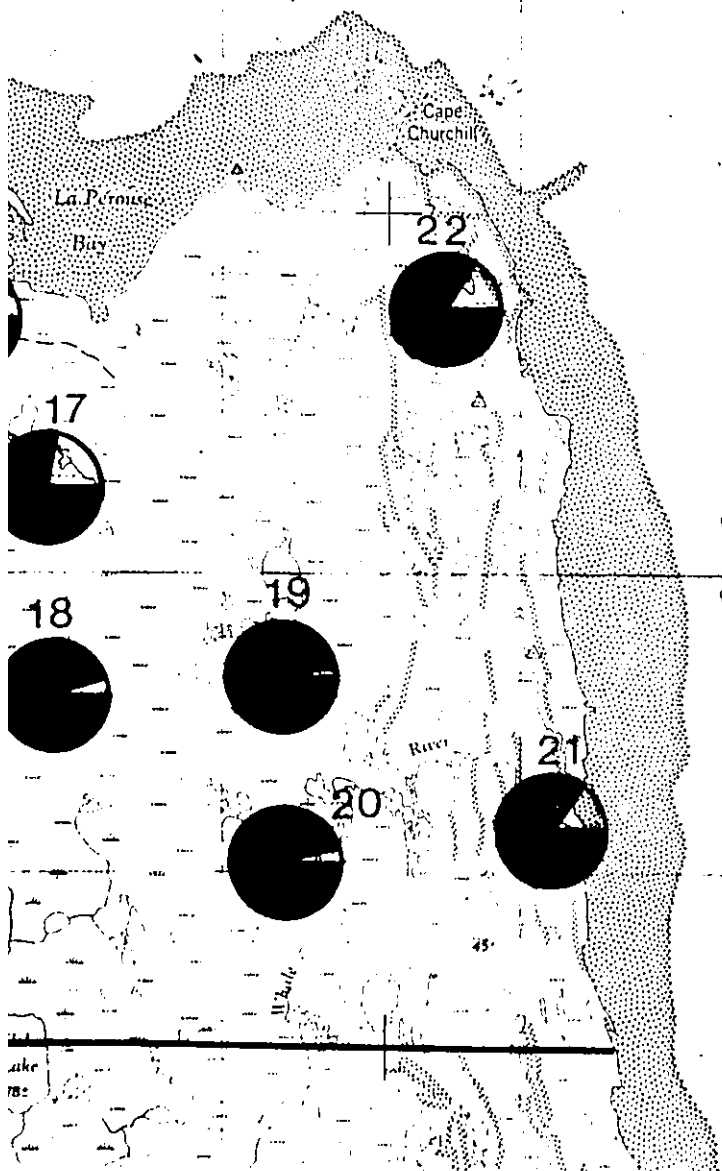
Figure 4: Localisation d'échantillons caractéristiques et résultats d'analyses granulométriques



2 OF

ractéristiques
ométriques





LEGENDE

-  ARGILE
-  LIMON
-  SABLE
-  GRAVIER

1:250,000 Échelle

5 0

Milles

3 CF 3

TABLEAU IIIANALYSES GRANULOMETRIQUES(Valeurs en fractions de 360°), (d'après le tableau II, p. 28)

		GRAVIER	SABLE	LIMON	ARGILE
1	Sable limoneux	28.8	153.6	121.8	55.6
2	Gravier limoneux	160.2	51.1	86.2	62.3
3	Limon graveleux	95.4	51.8	162.9	49.7
4	Gravier limoneux	144.0	43.2	112.3	60.5
5	Limon graveleux	129.6	54.3	130.8	45.1
6	Limon graveleux	108.0	89.7	133.0	29.2
7	Limon graveleux-sableux	62.1	58.3	226.4	13.1
8	Limon graveleux-argileux	53.1	41.7	213.5	51.5
9	Limon graveleux	129.6	40.5	130.8	58.9
10	Limon sablo-graveleux	97.2	99.8	119.8	43.0
11	Gravier limono-sableux	129.6	75.5	106.8	47.9
12	Limon graveleux	95.4	61.4	143.9	59.2
13	Sable limono-graveleux	64.8	164.1	125.1	5.9
14	Limon graveleux-argileux	84.6	19.8	176.2	79.3
15	Limon argilo-graveleux	52.2	41.8	194.5	71.3
16	Gravier sablo-limoneux	205.2	66.8	60.6	27.2
17	Limon argilo-graveleux	50.4	39.6	198.1	71.8
18	Gravier sablo-limoneux	205.2	75.5	59.4	19.8
19	Limon sablo-graveleux	69.3	124.4	153.4	12.7
20	Gravier limono-sableux	190.8	59.5	93.3	16.2
21	Limon graveleux-sableux	68.4	55.9	188.9	46.6
22	Limon graveleux-sableux	73.8	50.3	187.7	48.0

N ←



Photo 4: Le complexe fluvio-glaciaire de
la colline Twin Lake et de ses plages marines

La présence de ces anciens eskers et de cette colline de matériel fluvio-glaciaire (colline Twin Lake), au sein d'une région à faible altitude a eu pour effet d'enrichir certaines unités en matériel plus grossier, sable et gravier. Ceci se traduisant par la présence des unités de limon graveleux (unité 5), limon graveleux-argileux (unité 4), limon argilo-graveleux (unité 2), sable limono-graveleux (unité 6) et gravier limono-sableux (unité 9) que l'on retrouve au pourtour du complexe.

Le complexe fluvio-glaciaire de la colline Twin Lake est composé de blocs rocheux, très fréquents et plus petits que 50 centimètres, (Photo 5), de gravier et de sable grossiers. Le nombre de blocs semble diminuer vers le sud (Photo 6). Cette variante peut résulter d'un changement dans la dynamique du dépôt. La lithologie du matériel est assez variée (gneiss, granite et calcaire), on retrouve des particules de coquilles (*Mytilus edulis*) en grand nombre dans le matériel constituant le complexe. La partie sud est découpée par une série de terrasses marines constituées de sable (Photo 7), s'étendant en partie de chaque côté du complexe pour finalement se rejoindre en pointe de triangle (Photo 8).

Ces eskers qui composent le complexe fluvio-glaciaire de la colline Twin Lake sont essentiellement constitués de blocs et de gravier, les particules fines ayant été délavées par les eaux marines.

(ii) LA COLLINE DE KNIGHT

Un deuxième complexe fluvio-glaciaire, la colline de Knight, située au nord du lac Norton, mérite d'être mentionnée quoique son importance comme accident topographique et son rôle au niveau des modifications des

dépôts environnants ait été moindre. Ce complexe a une altitude de près de huit mètres A.N.M. et ses versants ouest et est sont occupés par des terrasses marines (Photo 9). Le côté est du complexe est en pente plus forte et la fréquence d'erratique de matériel Paléozoïque est beaucoup plus élevée. Il pourrait s'agir d'un dépôt de contact glaciaire, le glacier ayant été situé du côté nord et est, ce qui expliquerait ses versants très raides. Par la suite, le complexe aurait été soumis à l'attaque répétée des vagues, d'où son enrichissement en matériel grossier. La lithologie globale et le matériel constituant semble être comparables à ceux du complexe de la colline Twin Lake, sauf pour la dimension des blocs qui peuvent atteindre 150 centimètres de diamètre à la colline Knight.

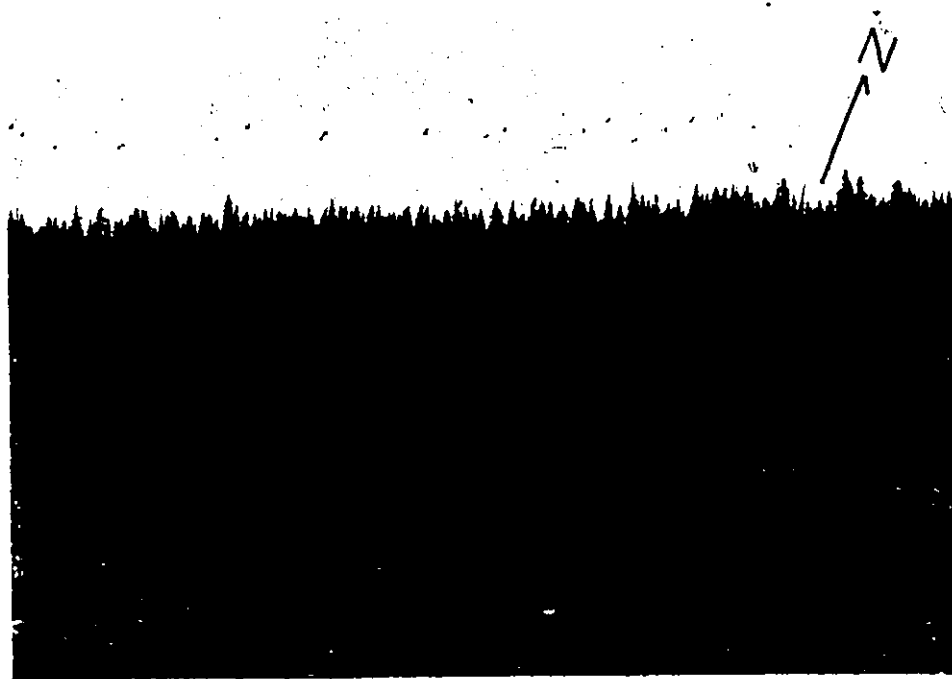


Photo 5: Sablière située dans la partie nord
du complexe de la colline Twin Lake

(Blocs et galets plus petits que 50 cm fréquents gravier et sable grossiers)

(iii) LE CORRIDOR DU LAC KLOHN

Une autre particularité dans la répartition des dépôts meubles est certes la présence d'une enclave de gravier sablo-limoneux et de gravier limono-sableux dans le secteur est de la région. Cette enclave de matériel, surtout grossier, se situe au sud de la baie La Pérouse et traverse la région du nord au sud. Quoique très complexe par son étendue et sa position, cette formation peut s'expliquer par la présence d'un ancien bras de mer qui aurait occupé le secteur situé entre le lac Norton, le lac Klöhn et le lac Napper d'une part, et le complexe de cordons littoraux d'autre part. Ces cordons sont situés dans l'extrémité est de la région. Cette hypothèse peut être appuyée de plusieurs arguments. Les cordons littoraux, très nombreux sur le pourtour de la côte disparaissent brusquement aux abords du corridor. Le versant ouest et les extrémités des cordons les plus anciens semblent avoir été remaniés par un

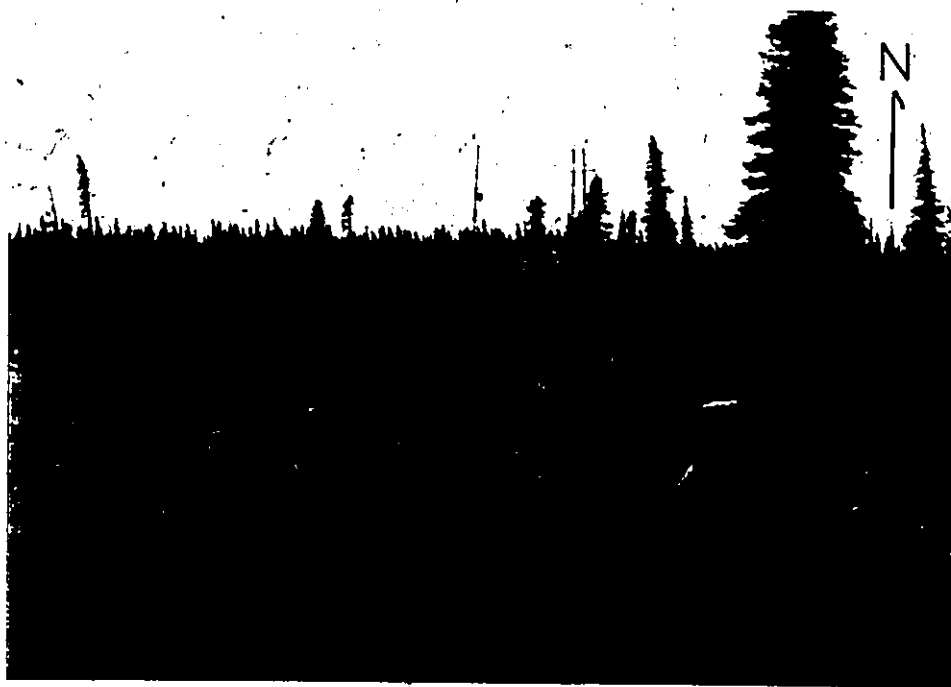


Photo 6: Sablière située dans la partie centrale du complexe de la colline Twin Lake. (Blocs nombreux)

courant marin. Leurs extrémités sont recourbées et suggèrent un remaniement latéral (présence de petites terrasses fluviales), (Photo 10).

Un deuxième argument est basé sur la présence de plusieurs lacs de petites dimensions qui suggèrent un ancien drainage nord-sud. Cet ancien système de drainage se situe juste à l'ouest du complexe riverain (cordons littoraux) et se reconnaît assez facilement sur la photo aérienne 1:35,000. Le troisième argument qui semble appuyer l'hypothèse d'un ancien bras de mer est l'aspect topographique du secteur qui fait partie d'une dépression dépassant à peine 15 mètres d'altitude dans sa partie sud tout près du lac Klöhn. Le reste du secteur se situe en dessous de 15 mètres A.N.M. et est bordé à l'ouest et à l'est par un secteur sensiblement plus élevé.

Les dépôts meubles de ce "corridor" ont donc été soumis à l'action des vagues et des courants marins. La dynamique de ces derniers étant



Photo 7: Partie sud-est du complexe de la colline Twin Lake
(Terrasses marines constituées de sable)



Photo 8: Plage marine dans la partie sud
et aux abords du complexe de la colline Twin Lake



Photo 9: Plages marines situées sur les versants
ouest et est du complexe de la colline Knight

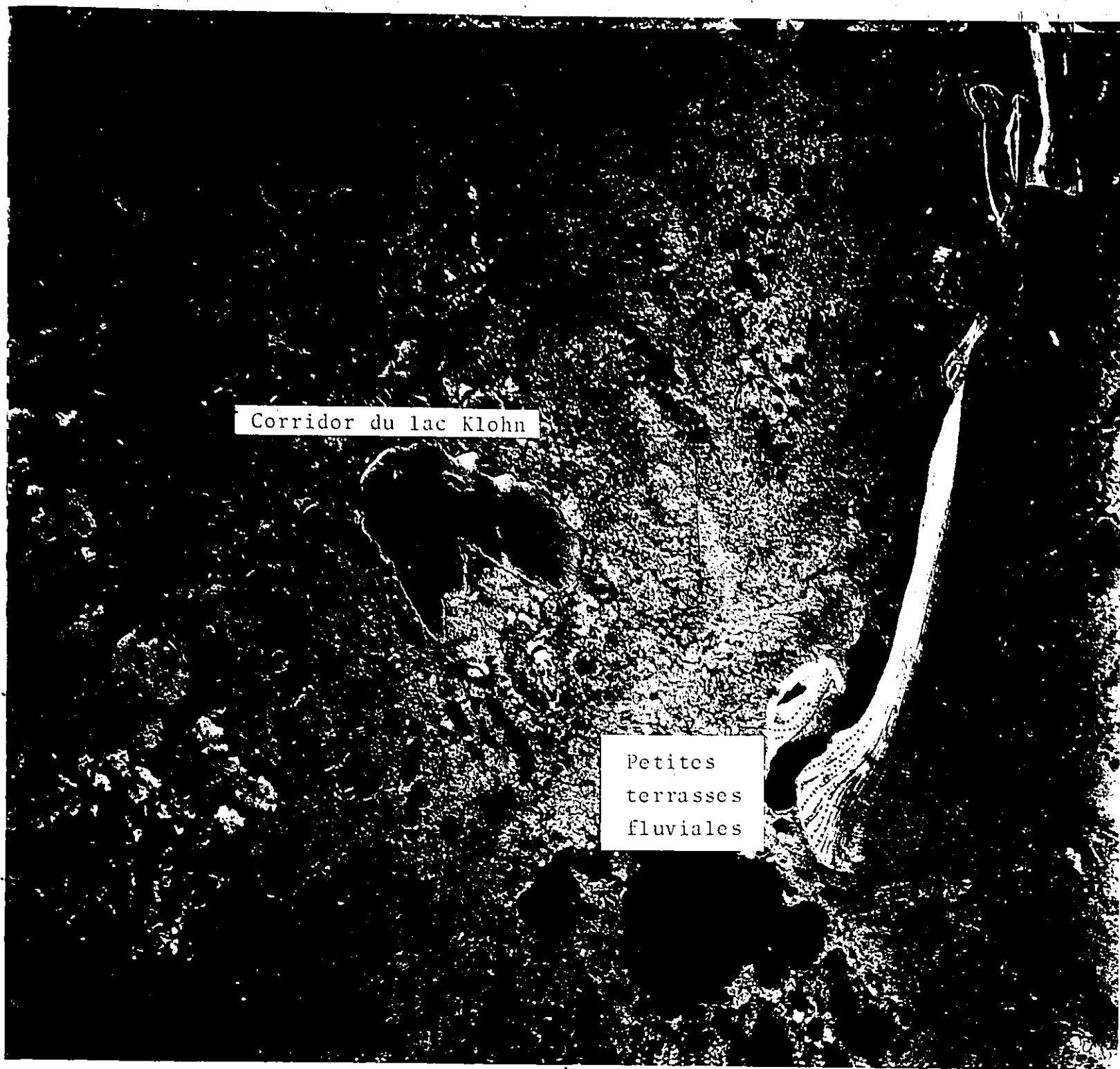


Photo 10: Petites terrasses fluviales situées sur un des cordons littoraux les plus anciens dans le secteur est de la région, aux abords du corridor du lac Klöhn au nord de la rivière White Whale

assez considérable, on peut accepter une hypothèse de délavage pour expliquer un pourcentage relativement faible de particules fines dans ce secteur.

(iv) LA RIVIERE CHURCHILL

La troisième zone particulière en ce qui a trait à la distribution des dépôts meubles de la région est reliée à la rivière Churchill et au ruisseau Herriott. On retrouve trois petites unités de sable limoneux à l'ouest de l'île Morrier (unité 7). Ces unités sont dans la zone de contact du ruisseau Herriott et de la Churchill. Le pourcentage élevé de sable dans ce secteur peut donc être expliqué par l'influence sédimentologique du ruisseau Herriott en se basant sur le fait que ce dernier a déjà été beaucoup plus important dans le passé qu'à l'heure actuelle. Cet argument a déjà été étayé dans la section hydrographie. Les sables de ce secteur seraient donc d'origine fluviatile et marqueraient l'étendue maximale de l'influence du ruisseau Herriott comme agent de déposition. En ce qui concerne les versants immédiats de la rivière Churchill, ils sont composés de limon gravelo-sableux. Ce matériel semble bien traduire les processus d'érosion et de déposition que l'on retrouve dans un secteur d'influence fluviatile.

Un point qu'il importe de souligner est la relative constance de la teneur en argile dans les différents échantillons. Bien que présente dans l'ensemble de la région, l'argile n'est pas une classe dominante puisqu'elle n'atteint que 22% au maximum (unité 4). Elle est presque absente dans deux unités, soit le complexe fluviatile de la Churchill

(unité 14) et le complexe de gravier sablo-limoneux du corridor du lac Klöhn (unité 10).

(v) CORDONS LITTORAU

L'extrémité est de la région comprise entre la Baie d'Hudson et la longitude $93^{\circ}15'$ est occupée par un ensemble de cordons littoraux très bien développés (Photo 11). Alignées nord-sud et de faibles reliefs, ces crêtes sont composées surtout de sable et de gravier dans lesquels on trouve des coquillages. Entre ces petites collines évasées, des dépressions renferment du matériel beaucoup plus fin dans lequel le pourcentage de limon et d'argile atteint 65% (Tableau II, No. 21). La surface de ces dépressions est recouverte de lichens et de mousse.

La plage actuelle se différencie du complexe de cordons par la présence de gros blocs et l'absence de végétation au niveau du bas de plage. En se basant sur une étude par photos aériennes, on remarque que les composants du complexe riverain, c'est-à-dire, les cordons littoraux sont présents jusqu'aux abords du corridor du lac Klöhn. Par contre, ils semblent être absents du corridor lui-même, ce qui indiquerait que leur distribution est très sectorielle et se restreint à la côte immédiate.

C. SYNTHESE

Cette étude de la répartition des dépôts meubles permet de discerner certaines tendances qui orienteront la recherche des processus responsables de cette distribution. Le limon augmente en pourcentage de l'ouest à l'est. Sur la carte ceci se remarque dans les unités 11, 8, 5, 7, 12, 4 et 2. Le sable pour sa part est l'élément dominant dans une région qui forme un arc de cercle à partir des extrémités ouest et est pour finalement culminer dans le secteur de sable limono-graveleux (unité 6). Ces distributions particulières sont en rapport évident avec des unités morpho-sédimentologiques dominantes, tels les deux complexes fluvio-glaciaires des collines de Twin Lake et de Knight.

L'argile domine dans les zones à faible énergie, c'est-à-dire, dans le secteur à l'ouest de la rivière Churchill, dans le secteur central de la région et dans les dépressions que l'on retrouve entre les cordons littoraux formant le complexe riverain du secteur est de la région. L'argile est presque absente dans les environs de la rivière Churchill (complexe fluviatile) et dans le corridor du lac Klöhn, qui sont, ou qui ont été respectivement, à forte énergie.

Le limon pour sa part domine aussi dans les régions à faible énergie. La différence entre le limon et l'argile est que le limon est une composante beaucoup plus importante au sein du complexe fluviatile et du corridor du lac Klöhn. Le limon semble subir une augmentation dans

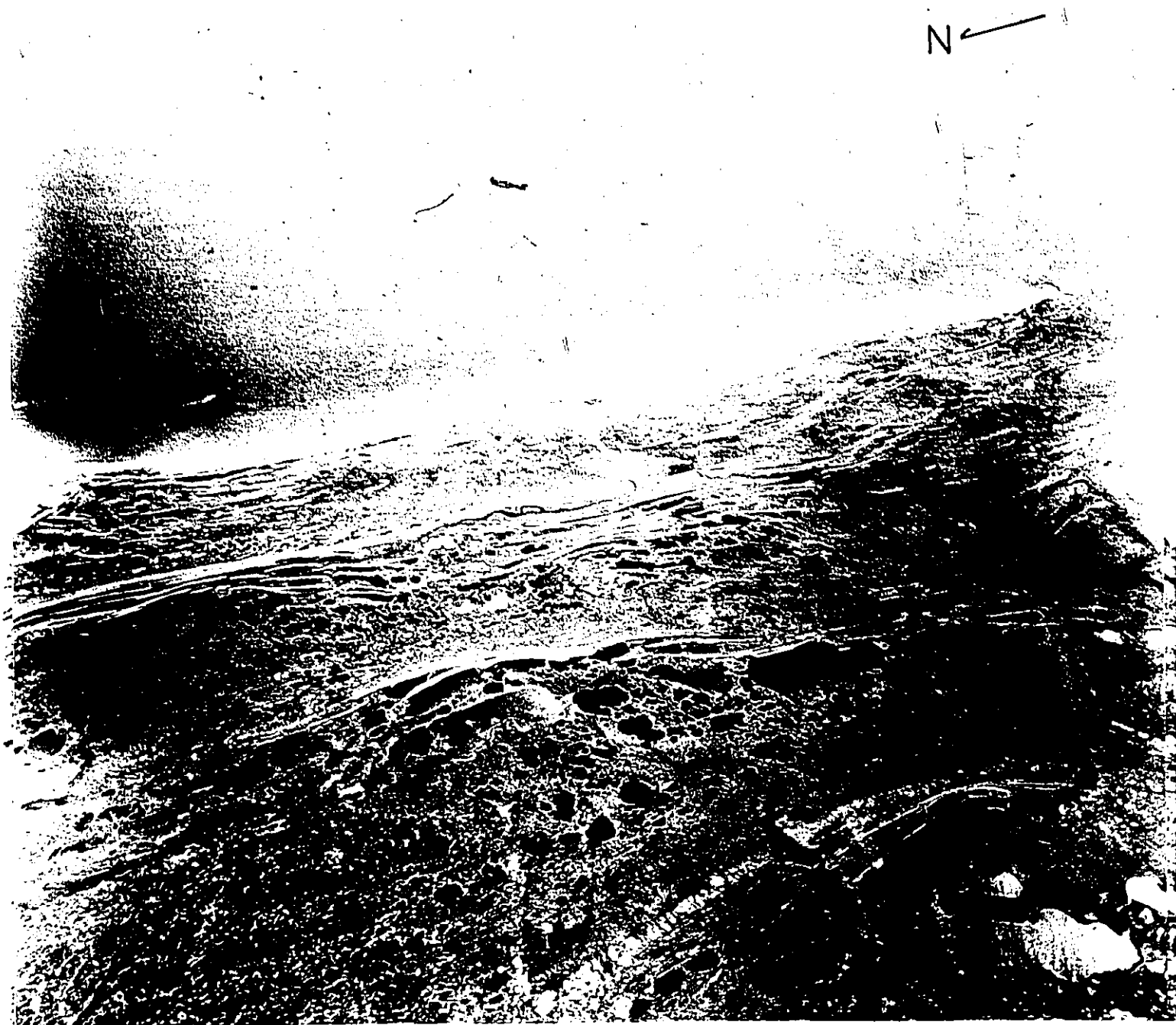


Photo 11: Ensemble de cordons littoraux situé
dans le secteur est de la région, près de la côte

une direction ouest-est, tandis que l'argile semble être constante en zone à faible énergie.

Le sable domine dans trois secteurs. Le premier secteur se situe dans les environs du ruisseau Herriott (Figure 4, No. 1), sa présence est probablement liée au rôle joué par le ruisseau et la rivière Churchill lorsque ces derniers constituaient le bassin de drainage pré-glaciaire. Deuxièmement, lorsqu'il est redistribué à partir du matériel fluvio-glaciaire constituant la colline Twin Lake (Figure 4, No. 13). Troisièmement, on le retrouve dans les zones à forte énergie, c'est-à-dire, dans les alluvions constituant le complexe fluvial de la Churchill, dans les plages (région du lac Holcroft), et dans les cordons littoraux situés à l'extrémité est de la région.

Les graviers pour leur part semblent être très importants dans des secteurs où les particules fines ont été délavées (corridor du lac Klöhn, région du lac Holcroft) donc, dans des secteurs où l'énergie érosive a déjà été beaucoup plus forte qu'à l'heure actuelle.

CHAPITRE IV

MODE DE DEGLACIATION

Plusieurs auteurs se sont intéressés au problème majeur qu'est celui de la déglaciation de la région de Churchill. C'est en se basant sur une abondante bibliographie, sur des mesures de terrain et sur la cartographie à partir de photos aériennes que sera construit le modèle de déglaciation.

Dans ce chapitre nous donnerons un bref historique des différentes étapes de la déglaciation pour la région de la Baie d'Hudson, particulièrement, en ce qui concerne la période entre la phase de "Cochrane" et le présent (Prest 1970, p. 723). Le lecteur pourra se référer à des études de types plus générales (Prest 1969 et Flint 1971) pour une vue d'ensemble sur la déglaciation de l'Amérique du Nord.

Une des phases les plus importantes lors de la désintégration du glacier Laurentidien se situe entre 9,000 ans B.P. et 8,000 ans B.P. (Prest 1970, p. 748). À cette époque se produisent deux pulsations du glacier: les mouvements de Cochrane et de Rupert. La réavancée de Cochrane dans la région de la Baie James s'est faite en deux phases qui ont culminé il y a 8,200 ans et 7,975 ans (Hardy 1977, p. 261). Ces deux avancées ne peuvent pas être reliées de façon satisfaisante avec d'autres mouvements qui se seraient effectuées le long de la marge du glacier Laurentidien. Il apparaît donc, que la réavancée de Cochrane traduit un phénomène particulier du rebord sud du glacier avant sa

disparition complète (Hardy 1977, p. 272).

"La glace du Cochrane II a conservé sa position limite jusqu'au drainage du lac Ojibway, mais s'est désagrégée très rapidement par la suite. La vidange s'est probablement effectuée vers le nord entre les deux glaciers au moment de leur séparation à la latitude de la mer d'Hudson".

(Hardy 1977, p. 272).

Immédiatement après la phase Cochrane on assiste à l'immersion des eaux marines dans la Baie d'Hudson (Lee 1960, p. 1609, cité par Prest 1970, p. 734) qui oblige le glacier à se retirer dans une direction ouest depuis la mer du Labrador vers le détroit d'Hudson. Vers 8,000 ans B.P. (Flint 1971, p. 495), l'eau marine qui était au contact du glacier s'est infiltrée dans la Baie, suivant des accidents topographiques naturels, dans une direction sud d'une part et dans une direction ouest le long de la marge du glacier qui couvrait encore la majeure partie de la Baie d'Hudson. Cette invasion marine a accéléré le vêlage à un taux spectaculaire et de ce fait a ouvert un corridor couvrant tout le secteur est de la Baie, c'est-à-dire, du détroit d'Hudson à la Baie James (Lee cité par Craig 1968, p. 64).

Ce couloir nouvellement formé s'est élargi très rapidement et a donné naissance à la transgression marine connue sous le nom de Mer de Tyrrell (Lee 1960, p. 1610). Cette dernière a atteint son étendue maximum

voilà environ 7,500 ans, cet âge est indiqué par des datations radio-métriques effectuées sur des coquillages dont la collection fut faite près des limites marines les plus élevées du côté ouest comme du côté sud de la Baie par Lee (1960) et du côté est par Craig (1968). En raison du fait que l'eau marine ait immédiatement suivi, ou très tôt après la déglaciation dans la plus grande partie du bassin de l'Hudson, les dates radio-métriques ont permis d'établir une chronologie en correspondance avec le temps de la déglaciation dans différentes régions. A Sugluk dans l'extrémité nord-ouest du Québec la mer aurait été présente dans les environs de 8,000 ans B.P. (Craig 1968, p. 70). Il apparaît donc, que le détroit d'Hudson et au moins le nord-est de la Baie étaient déglaciés et ouverts à la mer dans les environs de 8,000 à 8,200 ans B.P. (Craig 1968, p. 70-71). (Hardy 1977, p. 272) estime que la date minimum pour la fin de l'avancée Cochrane serait de 8,200 ans B.P. Il est raisonnable de dire que la mer a pénétré le sud de la Baie James vers 7,900 ans B.P. (Hardy 1977, p. 271). Dans la région de Churchill, l'invasion marine aurait eu lieu vers 7,300 ans B.P. et la majeure partie de la Baie d'Hudson, excepté pour une zone le long de la côte ouest, aurait été déglaciée à cette date (Craig 1968, p. 72). En se basant sur les dates radio-métriques on peut conclure que la déglaciation de la Baie d'Hudson a été catastrophique et s'est produite dans un temps remarquablement court, soit quelques centaines d'années (8,000 ans à 7,300 ans B.P.).

L'invasion marine a donc entraîné la désintégration rapide du glacier Laurentidien et sa séparation tripartite localisée d'une part, dans la région du Labrador-Ungava, d'autre part, dans la partie est du Keewatin, la troisième étant dans le secteur de l'île de Baffin et du

Bassin de Foxe. Le complexe glaciaire de l'île de Baffin et du Bassin de Foxe est le seul des trois qui existe encore à l'heure actuelle et il se manifeste sous la forme du glacier Barnes (Prest 1970, p. 706).

De cette revue rapide de la littérature concernant la déglaciation de la Baie d'Hudson, on doit retenir qu'elle a été plus hâtive à l'est qu'à l'ouest, qu'une fois engendrée elle a été très rapide par vèlage, que le délestage rapide du poids de la glace a entraîné un rebondissement isostatique responsable de l'invasion de vastes étendues recouvertes par les mers post-glaciaires, y inclus la région de Churchill. La morphogénèse actuelle de la région à l'étude est la résultante de nombreux facteurs parmi lesquels les processus liés au rebondissement isostatique ont joué un rôle prédominant.



CHAPITRE V

MORPHOGENESE POST-GLACIAIRE

Une analyse détaillée de la morphogénèse actuelle va nous permettre de définir le rôle prédominant joué par les processus liés au rebondissement isostatique dans le façonnement morphologique de la région de Churchill.

Les différents processus qui ont mis en place le complexe morphologique de la région de Churchill sont entrés en action pendant la période tardi-glaciaire et post-glaciaire, sauf bien sûr, pour une partie du rebondissement (rebondissement freiné) qui était synchrone de la déglaciation. Il n'existe aucune façon, à l'heure actuelle, de calculer le rebondissement freiné (Andrews 1968 B, p. 58). Par contre, il est possible de déterminer la nature et l'importance des modifications des dépôts et des formes laissées par la déglaciation par des processus reliés au relèvement post-glaciaire. Le rôle et l'importance de chaque processus dans le façonnement morphologique seront étudiés chronologiquement, ce qui permettra d'établir sur une base séquentielle, leurs activités spatiales et temporelles respectives. A partir de ceci, on pourra déterminer le processus qui aura été le plus important dans la configuration morphologique de la région à l'étude, ce qui est le but de la thèse.

La déglaciation fut importante pour trois raisons: la déposition du matériel glaciaire sur toute la surface de la région, la mise en action

du relèvement post-glaciaire et l'invasion marine. En réalité, la déglaciation engendra les autres processus qui permirent le modelage de la région. La déglaciation a provoqué la mise en place des complexes fluvioglaciaires de la colline Twin Lake (comprenant le système d'eskers s'étendant entre le lac Stygge à l'ouest et le lac Christmas à l'est) et de la colline Knight (carte morpho-sédimentologique hors texte). Nous avons décrit l'importance de ces deux complexes dans la répartition des dépôts meubles (chapitre III, B.).

Le retrait de la glace a permis l'invasion marine et le rebondissement isostatique. Les eaux marines ont recouvert la région dans sa totalité atteignant même une altitude de l'ordre de 180 mètres du côté ouest de la Baie d'Hudson, lors de son extension maximale (Craig 1968, p. 67, figure 2). La Mer de Tyrrell a été surtout un épisode de dépôts suivi lors de la régression d'un remaniement des dépôts (unités 2 à 12). Ainsi fut construite une famille de formes telles les anciennes plages au sud-ouest, au sud-est, au nord du lac Holcroft ainsi que celles immédiatement à l'ouest de l'aéroport de Churchill. La Mer de Tyrrell en retrait a modifié profondément les formes et les dépôts pré-existants: remodelage en flèches littorales et en plages des anciens eskers dans les environs du lac Christmas et des versants des complexes fluvioglaciaires de la colline de Twin Lake et de celle de Knight, ainsi que l'extrémité des cordons littoraux dans le secteur est, redistribution spatiale de certaines composantes du matériel d'origine glaciaire (unité 6).

Le relèvement isostatique en provoquant l'émersion des terres et le retrait de la mer a accentué le rôle de toute une série de processus qui ont profondément marqué le relief et la distribution des dépôts dans

la région. Plusieurs de ces processus sont encore actifs.

A. LES COURS D'EAU

Le bassin de la rivière Churchill couvre une superficie d'environ 298,000 kilomètres carrés en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. Le bassin de drainage de la basse Churchill, comprenant le secteur entre Missi Falls et la Baie d'Hudson, couvre près de 37,700 kilomètres carrés (Figure 5).

Ce segment de la basse Churchill comprend plusieurs lacs: le lac Partridge Breast, le lac Northern Indian, le lac Fidler et finalement le lac Billard. Ces lacs ont une superficie totale de 260 kilomètres carrés. Le lac Northern Indian étant le plus large (174 kilomètres carrés) tandis que le lac Billard est le plus petit (13 kilomètres carrés).

<u>Lac</u>	<u>Élévation moyenne</u> (mètres)	<u>Aire de surface</u> (kilomètres/carrés)
Partridge Breast	243	31
Northern Indian	243	174
Fidler	230	41
Billard	188	13

(Technical report 1971-75, p. 9-4)

Les principaux affluents de la basse Churchill sont: la petite rivière Churchill, la petite rivière Beaver, la rivière Deer, la rivière Gauer, le ruisseau Herriott et le ruisseau Goose (Figure 5). Ces tributaires s'écoulent sur une aire très minime et constitue moins de 10% de l'écoulement total que l'on enregistre à l'embouchure de la rivière

Churchill (Technical report 1971-75, p. 9-5). Le débit moyen étant d'environ $1,270 \text{ m}^3/\text{s}$ ou $44,800 \text{ pi}^3/\text{s}$ pour les 21 dernières années (Atlas Hydrologique du Canada, Planche 22, Débit Annuel des grands cours d'eau).

Il existe très peu de données concernant le transport de sédiments par la Churchill. Les données relatives au secteur d'intérêt concerne la concentration des sédiments en suspension qui se situe entre 51-200 milligrammes par litre (Atlas Hydrologique du Canada, Planche 26, concentration

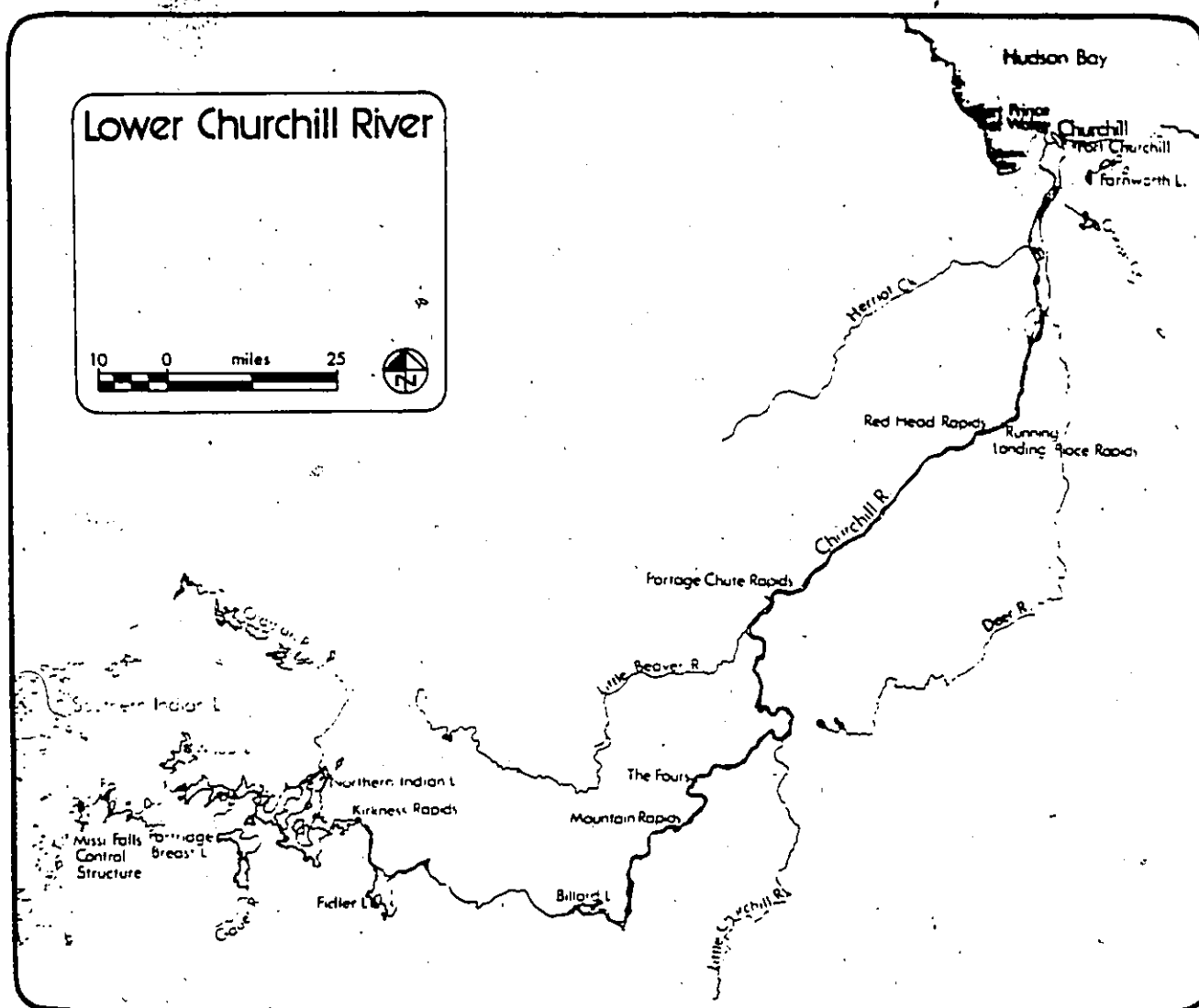


Figure 5: Bassin de drainage de la basse Churchill
tirée du (Technical Report 1971-75, p. 9-2).

des sédiments en suspension). Nous n'avons retrouvé aucune donnée concernant le transport par charge de fond. Néanmoins, l'étude morphologique de la vallée de la Churchill permet d'expliquer la faible concentration des sédiments en suspension du fait que cette dernière s'écoule sur du granite et des gneiss granitiques dans le secteur du Bouclier Canadien (Technical Report 1971-75, p. 9-2), et sur du calcaire paléozoïque et des roches précambriennes dans le secteur des Basses Terres de la Baie d'Hudson.

Le seul segment de la vallée de la Churchill qui n'est pas contrôlé, soit par la roche en place ou la présence de la tourbe, est le secteur s'étendant entre le lac Billard et Long Island. Ce secteur est constitué par une moraine dont l'extrémité marque la limite ouest atteinte par la Mer de Tyrrell lors de son invasion. De Long Island à son embouchure, les versants de la Churchill sont peu élevés, évasés (carte morpho-sédimentologique hors texte) et composés de limon gravelo-sableux provenant essentiellement de la moraine située plus au sud. L'embouchure de la Churchill est constituée d'affleurements de roche en place du Précambrien.

La rivière Churchill étant contrôlée par la roche en place et la tourbe sur les deux tiers de son parcours, pourra simplement découper sa longue vallée évasée en basses terrasses, produisant ainsi une érosion verticale continue liée au relèvement. L'absence de donnée concernant le transport de sédiments par la Churchill rend toute conclusion impossible en ce qui touche l'aspect sédimentologique de cette dernière.

B. LE PERGELISOL

La présence du pergélisol dans la région de Churchill est connue depuis longtemps:

"Limited data on permafrost ground temperatures and related conditions were obtained for Churchill, Manitoba in the 1940's and 1950's during construction of several buildings and municipal services".

(Brown manuscript, p. 1)

De ce fait, la région de Churchill fait partie des 6 millions de kilomètres carrés du territoire canadien à être affecté par la présence d'un pergélisol (Brown 1960, p. 163).

L'origine du pergélisol dépasse les cadres de cette thèse. De nombreux travaux de R. Brown étudient cette question (en particulier Brown 1969). Pour la région de Churchill, (Brown 1966, p. 245), établit la comparaison entre la température moyenne de l'air et celle à diverses profondeurs dans le sol.

	Température moyenne annuelle de l'air (°C)	Température du sol en profondeur (°C)	Différence approxi- mative entre T° de l'air et T° du sol (°C)
Churchill, Manitoba	-7.2	-2.5 à -1.72	4.7 - 5.48

(25 pi à 54 pi)

(Brown 1966, p. 245)

La plus grande partie des Basses Terres de la Baie d'Hudson est comprise dans la zone de pergélisol (permafrost in Canada, map 1246 A, First Edition 1967). La distribution du pergélisol varie de discontinu dans le secteur sud-est, au nord de l'isotherme de -1°C (température moyenne annuelle de l'air), à continu dans le secteur nord-ouest, au nord des isothermes -4°C à -6°C . Près de la moitié des Basses Terres de la Baie d'Hudson se situe dans la zone de pergélisol continu, l'autre moitié étant dans la zone de pergélisol discontinu. La couche active varie de 0.1 à 0.8 mètres de profondeur (carte morpho-sédimentologique hors texte), tandis que l'épaisseur du pergélisol passe de quelques décimètres à la limite sud, à près de 60 mètres dans la zone de pergélisol continu à Churchill (Brown 1966, p. 243).

La présence du pergélisol continu dans la région de Churchill se manifeste de plusieurs façons, en particulier par la présence de sols à figures géométriques, de palses et de thufur.

(1) Les sols polygonaux

Dans la région de Churchill les sols polygonaux sont du type "polygones à centre élevé" (Brown et Kupsh 1974, p. 33) et se forment dans la tourbe. Leur formation semble être reliée aux contractions thermiques des sols et au développement de fentes en coin (Brown 1973, p. 45). On les retrouve plus particulièrement dans le secteur du lac Holcroft (carte morpho-sédimentologique hors texte), cette région étant très propice à leur établissement due à la présence d'une couche de tourbe atteignant une épaisseur de l'ordre de 40 à 50 centimètres. Cette couverture continue de tourbe n'est disséquée que par la présence d'une série de petits lacs (Lac Pelletier)

en l'absence de tout réseau de drainage organisé.

(ii) Les paises

D'après Jan Lundqvist, cité par (Washburn 1973, p. 152), la croissance des paises est directement reliée au développement de lentilles de glace formant le noyau de ce dernier. Le mode de migration de l'eau vers les lentilles n'est pas encore complètement expliqué.

Les paises de la région étudiée sont de petites dimensions, quelques mètres carrés, (Photo 12). La végétation semble être absente de leurs surfaces sauf pour quelques arbustes, mousses et lichens.



Photo 12: Paises de quelques mètres carrés (5 - 10)
entourés de thufur, situés au nord-est
des îles Thibaudeau et Morrier

« (iii) Les thufurs:

Le micro-relief le plus commun que l'on rencontre dans la région est constitué d'ilôts de tourbe entourés d'une ceinture d'arbres. De plusieurs mètres de diamètre ces plages de tourbe présentent l'aspect de polygones de toundra dans un couvert végétal. D'après Washburn (1973, p. 152) il pourrait s'agir d'un type de palse puisqu'il s'agit de monticules de tourbe avec lentilles de glace dans le noyau central. Dans la région de Churchill, ces ilôts sont soulevés à près de 1 mètre de la surface, donc, ils sont bien développés, leur diamètre pouvant même atteindre plusieurs mètres et ils sont encerclés par une couronne d'arbres (Photo 13).



Photo 13: Thufur situé dans les environs du
ruisseau Alston au sud du Lac Warkworth

Le centre des flots est occupé par de la tourbe recouverte d'arbustes et de mousse. Quelques forages pratiqués dans le centre de ces flots nous ont permis d'établir la présence, sous une couche de mûlisol de 80 centimètres, de lentilles de glace de l'ordre de 2 à 10 centimètres d'épaisseur dans du matériel surtout limono-gravelo-argileux et quelques exceptions dans des limons-graveleux.

C. LE GEL / DEGEL

Un autre processus actif dans la région étudiée est celui de la gélivation sur la roche en place et sur les formations meubles.

"En tant que processus de fragmentation, la gélivation joue un rôle primordial dans la morphogénèse. Elle constitue l'acte initial de ~~l'érosion~~ érosion et modifie ensuite les caractéristiques du matériel en cours de transport".

(Tricart 1956, p. 286)

Aucune mesure n'a été pratiquée directement dans la région étudiée mais une série d'observations a été faite. Ces observations semblent concorder avec une étude faite par Brochu en 1969 sur les quartzites, et sur les grès azoïques d'âge Ordovicien de la région de Fort Churchill, au Manitoba. L'indice médian et maximal de gélivation est <1% sur tous les affleurements observés, c'est-à-dire, que moins de 1% d'un affleurement particulier est recouvert de débris de gélivation. D'après ce dernier,

cette roche est tellement réfractaire au gel que de magnifiques stries glaciaires, datant au moins de 5 millénaires, ont été conservées jusqu'à nos jours, à sa surface, dans un état d'extraordinaire fraicheur. C'est aux environs de Fort Churchill, au Manitoba, que Brochu en 1960, faisait les premières observations sur l'indice de gélivation des sédiments meubles (galets calcaires et granitiques) de la sablière de la colline Twin Lake:

Type de roche	Fragments de galets gélivés et indice de gélivation en %
Calcaire	20%
Granite	16%

(Brochu 1969, p. 475)

D'après, (Brochu 1969) l'analogie de l'indice de gélivation pour des roches aussi différentes que le calcaire et le granite s'explique pour la région de Fort Churchill, du fait que tous les galets granitiques gélivés avaient été, au préalable, altérés par décompositions chimiques. Bien que le processus de gélivation soit présent et actif dans la région de Churchill, d'après l'étude de Brochu et les observations faites sur le terrain par notre équipe, les effets de ce dernier ne sont que secondaires. L'intensité de l'indice de gélivation est directement reliée à la présence ou à l'absence des quatre variables suivantes: la porosité de la roche, l'humidité de l'air et du sol, l'intensité du gel et l'altération préalable de la roche par voie de décomposition chimique. Dans la région étudiée plusieurs de ces variables sont omniprésentes et à un degré tel que l'indice de gélivation devrait être d'un pourcentage très élevé. Pourtant cette dernière est presque absente <1%. La porosité qui est le

rapport du volume des vides au volume total d'une roche est la seule variable qui semble entraver la gélivation. La région de Churchill est majoritairement constituée de subgreywacke, une roche métamorphique très peu poreuse (~ de 5%) qui contrôle efficacement le montant d'humidité interstitielle susceptible de la faire éclater lors du cycle gel - dégel.

Donc, même si le degré d'humidité et l'intensité du gel pourraient accélérer le processus de gélivation, l'absence presque complète de porosité dans le greywacke entrave le processus de gélivation à un tel point qu'il est considéré comme étant nul ou presque au niveau du rôle qu'il pouvait jouer dans la configuration morphogénétique.

D. LE GLACIEL

Depuis une dizaine d'années, l'étude de l'action érosive et sédimentologique des glaces flottantes a connu une évolution remarquable si on en juge par le nombre de publications consacrées au sujet et par le nombre de scientifiques qui s'y intéressent (Dionne 1976, Moign 1976, Sasseville 1976, Owens 1976, Short 1976, Taylor 1976). Les actions des glaces flottantes sont regroupées sous le titre général de "Glaciel" qui se définit comme suit:

"L'ensemble des processus, formes
et sédiments qui sont associés
à l'action des glaces flottantes"

(Dionne 1972)

Dans la région étudiée le "glaciel" se traduit par la présence de crêtes de poussées sur la côte, au nord du lac Isabelle (Photo 14).

Ces dernières résulteraient de deux processus principaux: le premier étant une pression résultant de l'expansion de la nappe glacielle suite à des variations thermiques, le second étant l'action du vent et des courants sur la couverture de glace fragmentée (Dionne 1978, p. 20)

Dans la région de Churchill, les crêtes de poussées sont de faibles dimensions (0.3 à 0.6 mètres de hauteur, quelques mètres de longueur). Ces dernières sont constituées de galets pouvant atteindre 50 - 60 centimètres de diamètre et de matériaux anthropiques de dérive. Les galets reposent sur une matière sableuse.

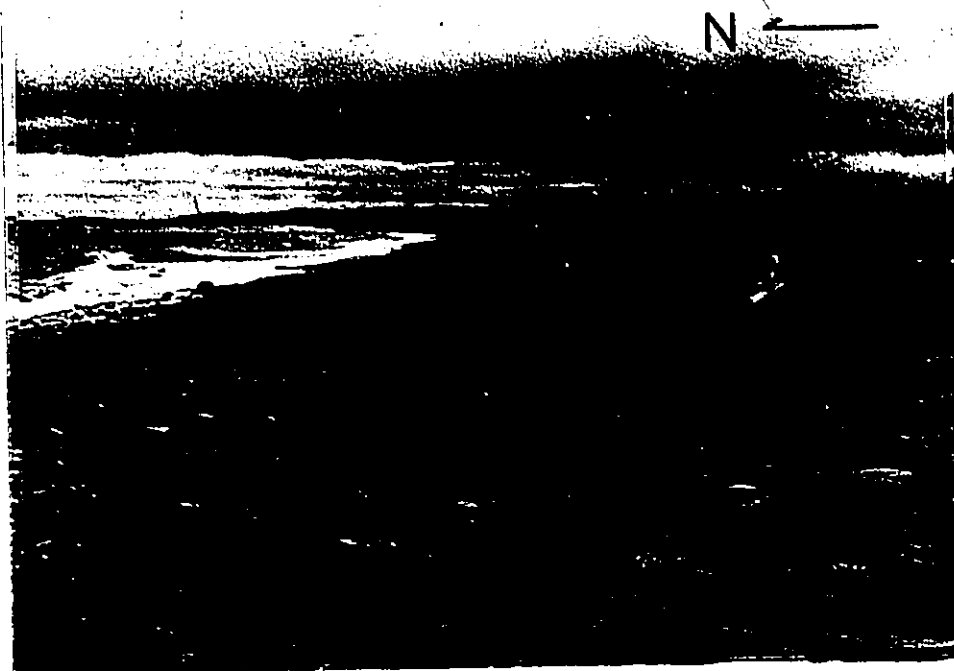


Photo 14: Crête de poussées constituée de galets et de matériaux anthropiques de dérive située sur la côte au nord du lac Isabelle

E. LES COURANTS MARINS

La marée qui peut atteindre 4.8 mètres joue un rôle important dans l'évolution de la morphologie côtière de cette région en étant le processus moteur qui déclenche les forces nécessaires à la construction ou au développement des courants marins et des vagues. Ces derniers sont très actifs au niveau de la configuration des baies situées le long de la côte (Baie de Button, de Bird Cove, de La Pérouse) et de l'embouchure de la rivière Churchill. Les courants marins et les vagues sont très importants comme agents de transport et agents sédimentologiques. Une variété d'environnements sédimentologiques sont présents le long de la côte de la Baie d'Hudson et des rives de la rivière Churchill. Il est possible de reconnaître deux séquences sédimentologiques caractéristiques, une correspondant à la zone attaquée par les vagues, l'autre correspondant à la zone protégée contre les vagues. La zone attaquée par les vagues est le domaine des graviers, des sables, des limons et des blocs rocheux. La zone protégée des vagues est surtout le domaine des particules fines (limon, argile, banc). On peut démontrer ceci en comparant la séquence sédimentologique des rives de la Churchill et la côte de la Baie d'Hudson (blocs, gravier, sable, limon) avec le fond continental des baies Button, Bird Cove et La Pérouse (limon, argile, banc).

Les courants marins pour leur part sont surtout actifs sur la côte est de la région à l'étude. Leur rôle comme agents de transport et agents sédimentologiques, est démontré par la construction d'une série de cordons et de flèches littorales le long de la côte actuelle (carte morpho-sédimentologique hors texte). Les courants marins ne sont pas dûs

seulement à la présence de la marée mais, surtout au vent dominant de provenance nord, nord-ouest, (Appendix II). De la combinaison de ces deux facteurs résulte un des processus génétiques des plus actifs le long de la côte de la Baie d'Hudson. Les courants marins étant le moteur génétique du complexe morphologique côtier que l'on peut voir et étudier à l'heure actuelle dans le secteur est de la région à l'étude.

F. LE VENT

Le vent est aussi un processus actif dans la région. Certaines formes passées et présentes permettent d'en définir l'importance. Dans le secteur à l'ouest de la colline Twin Lake, une zone d'anciennes dunes de sable a été cartographiée. Ces dunes sont présentement recouvertes en partie par l'eau (la nappe phréatique étant très élevée) et en partie par la tourbe, ce qui rend quasi-impossible des mesures de détails et des prises d'échantillons. Cependant, les dunes sont facilement reconnaissables sur les photos aériennes. Présentement, le vent n'est pas un agent très efficace, sauf comme générateur des vagues, qui modifie les cordons littoraux dans le secteur est de la région.

G. LES PLAGES

Des plages de deux types distincts ne peuvent s'expliquer que par l'interaction des différents agents et processus: vent, courant, vague, relèvement isostatique. Le premier type est constitué de plages soulevées (carte morpho-sédimentologique hors texte) reposant sur des affleurements de roche en place (subgreywacke). Ce type est bien représenté au sud du

fort Prince of Wales, dans la partie nord-est de la région étudiée (Photo 15). Ces plages ont 150 centimètres de hauteur et sont composées essentiellement de blocs rocheux (subgreywacke) pouvant atteindre 2 mètres de diamètre sur les versants de l'affleurement. La matrice semble être composée de gravier, de petits blocs et de quelques fragments de coquilles.

Le deuxième type de plages, beaucoup plus fréquent, regroupe les plages situées au pourtour du lac Holcroft et du lac Moodie, à l'est de l'aéroport (Photo 16), à l'ouest du lac Farnworth, à l'ouest du lac Christmas (Photos 17, 18) au sud du complexe de la colline Twin Lake, sur le versant nord du lac Norton et finalement, tout le complexe situé à l'extrémité est de la région (Photos 19, 20), (carte morpho-sédimentologique hors texte).

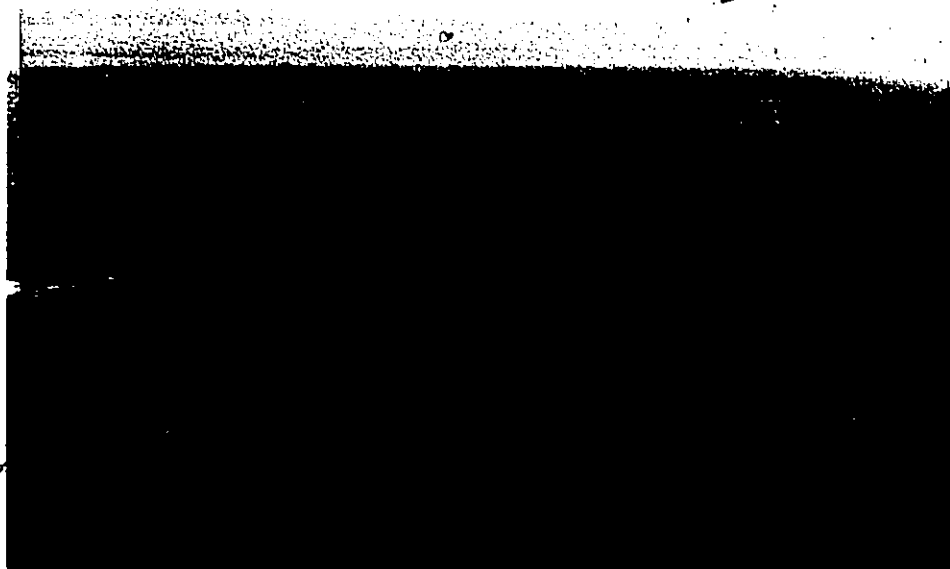


Photo 15: Plage soulevée reposant sur des affleurements de roches en place, au sud du fort Prince of Wales

Ces plages sont composées essentiellement de sable grossier, à fins contenant des débris de coquilles (*Mytilus edulis*). La construction de ces plages reflète d'anciens niveaux de la Mer de Tyrrell que le relèvement isostatique a forcé à se retirer.

Pour mieux comprendre la formation de ces plages anciennes, nous étudierons, d'abord, l'aspect de la côte actuelle.

Dans le secteur côtier s'étendant entre Bird Cove et le Cap Churchill (Partie nord de la région à l'étude) se trouvent de beaux exemples de "Plage en Croissant", (Shepard 1952, cité par Komar 1976, p. 265), (Photo 21). Le mode de formation de ces types de plages n'étant pas encore bien connu, nous présenterons les hypothèses les plus courantes des 20 dernières années.



Photo 16: Plage située à l'est
de l'aéroport de Churchill

Boyer, cité par (Guilcher 1958) croyait que les plages en croissant se formaient dans les premiers instants de la marée descendante, et ceci dans des mers où la variation, entre la marée haute et la marée basse, était très importante. Plus tard, on découvrit des plages en croissant qui se développaient dans des lacs ou des mers sans marée.

Plusieurs auteurs tels: Jefferson, Evans, Guilcher, (Guilcher 1958, p. 81) ainsi que Russel et Komar (Komar 1976, p. 29) croient que la formation des plages en croissant est associée à la présence d'îles ou de bancs d'algues situés au large. La forme du croissant étant gouvernée par la réfraction des ondes autour de l'île ou du banc d'algues.

Hoyt et Henry (1971), cité par (Komar 1976, p. 30) croyaient que les plages en croissant étaient formées à partir d'un remaniement



Photo 17: Plage située à l'ouest du lac Christmas (ancien esker remanié en plage)

s'effectuant sur les sédiments deltaïques de certaines rivières.

Komar 1976, suggère que certaines plages en croissant sont indépendantes des ondes de réfraction et doivent leur existence simplement à la convergence des courants côtiers et à l'amoncellement de sédiments dû à ces derniers.

Dans le cadre spécifique de notre étude, aucune des hypothèses ci-haut mentionnées peut expliquer entièrement la genèse des plages en croissant que nous avons cartographiées sur la côte nord de notre région de thèse. L'hypothèse la plus vraisemblable impliquerait l'interaction de plusieurs des facteurs suivants: présence d'anciens eskers perpendiculaires à la côte; remaniement des particules fines (sable et gravier) le long de ces eskers par la Mer de Tyrrell lors de son occupation dans le

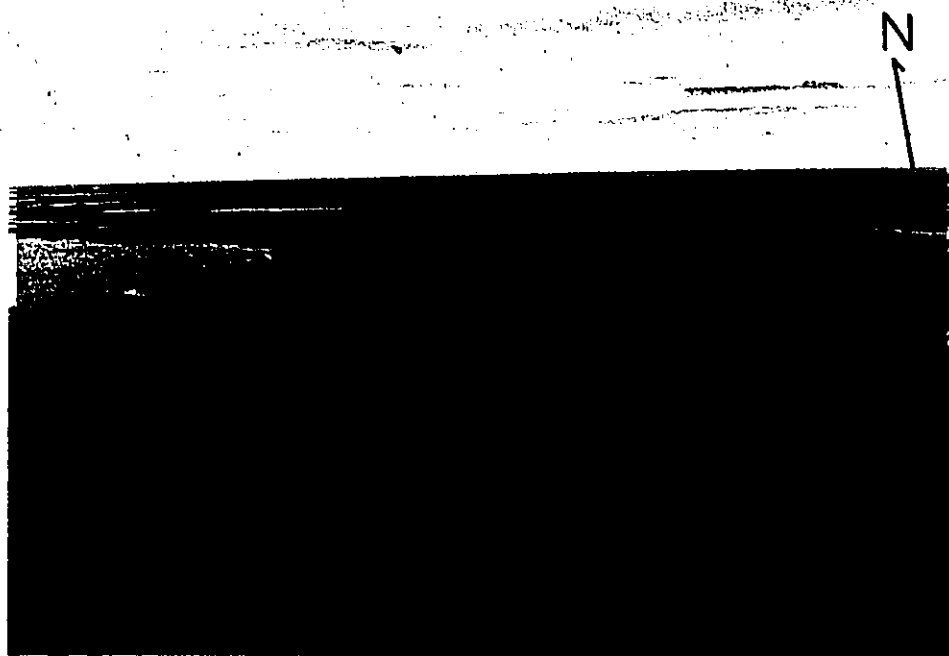


Photo 18: Plage située à l'ouest
du lac Christmas

passé et par les eaux de la Baie d'Hudson à l'heure actuelle; la mise en action du relèvement isostatique qui, même s'il agit à un taux moins élevé que par le passé, force les eaux à se retirer et par le fait même permet aux eskers, qui autrefois étaient noyés, d'être en surface ou semi-noyés aujourd'hui; l'action des vagues et des courants marins le long de la côte.

L'activité non-synchrone de ces quatre facteurs serait à la base de l'explication génétique des plages en croissant pour la région à l'étude. La présence d'un complexe fluvio-glaciaire d'importance lors de la déglaciation dans le secteur au nord du lac McQueen, (carte morpho-sédimentologique hors texte), aurait permis l'élaboration ou la construction d'un ensemble d'eskers perpendiculairement à la côte. Avec la mise en



Photo 19: Plage située au nord de la rivière White Whale et complètement recouverte par la végétation. A noter la végétation arbustive entre les crêtes de plages mieux drainées

action du relèvement isostatique, la Mer de Tyrrell étant forcée de se retirer, les eskers sont apparus en surface formant une succession de bancs qui rattachait la côte à l'avant-côte. Lors de son retrait, les eaux de la Mer de Tyrrell se sont attaquées à cette nouvelle barrière naturelle en remaniant les dépôts constituant ce qui produisit une modification importante au niveau des particules fines (sable, gravier). Cette action des eaux par l'entremise des vagues, sur les versants des eskers est à la base du triage granulométrique que l'on peut observer dans le système côtier des plages en croissant. Les pointes des croissants sont formées de sédiments grossiers (blocs, galets) et sont reliées les unes aux autres par des plages de gravier sableux. La construction des plages en croissant s'expliquerait par la présence d'une série d'eskers sur l'avant-côte qui subissent un remaniement graduel par les eaux de la Baie d'Hudson, par l'entremise des vents dont la dominante est une direction nord, (Annexe II), et des crêtes de vagues qui sont en approche

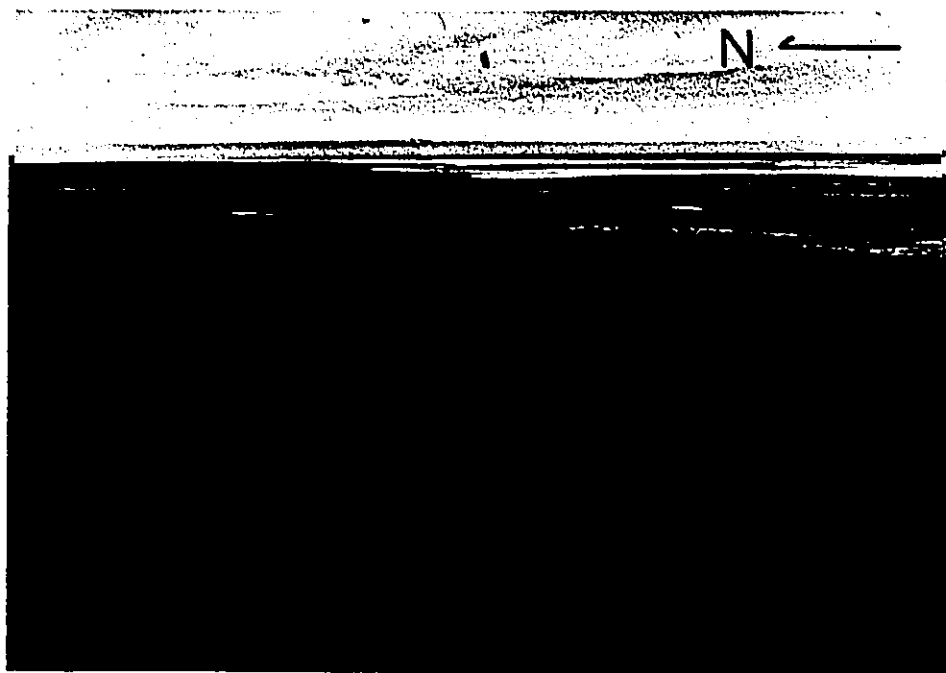


Photo 20: Plage située au sud de la rivière White Whale
composée de limon grâvelo-sableux

→ N



Photo 21: Plage en croissant le long de la côte
dans le secteur nord de la région à l'étude

normale en ce qui a trait à la côte nord de la région à l'étude.

H. LES CORDONS LITTORAUX

Le relèvement isostatique joue aussi un rôle dans la préservation des cordons littoraux que l'on retrouve dans l'extrémité est de la région entre $93^{\circ}15'$ de longitude et la Baie d'Hudson. Ces cordons riverains parallèles, les uns aux autres, sont de faible relief (environ 1 - 1.5 mètres). Chacun des cordons a été formé individuellement à partir du matériel disponible le long de la côte à ce moment là, la plage actuelle représentant le cordon le plus récent. Ces cordons constituent des témoins de soulèvement de la côte. D'après (Komar 1976, p: 32) chaque cordon prend naissance en mer parallèlement à la plage. Ces bancs s'élèvent progressivement par sédimentation lorsque la marée est haute pour ensuite être exposés à marée basse et ainsi isoler l'ancienne plage. Le relèvement isostatique contribue donc à l'isolement de cette plage en soulevant l'ensemble du territoire.

Le relèvement isostatique est donc le moteur fondamental qui a permis aux différents processus actuels de laisser leur empreinte sur la région étudiée. Sans la mise en action de ce dernier, la région à l'étude serait encore aujourd'hui recouverte par les eaux de la mer d'Hudson.

CONCLUSION

Le but de cette thèse était de définir la g n se et l'évolution des formes du relief d'une région côtière de la Baie d'Hudson, en déterminant le rôle de chacun des processus qui ont contribué à leur évolution. L'importance de la dimension temporelle exigeait une étude approfondie de la chronologie du post-glaciaire lorsque l'importance de l'aspect spatial exigeait une cartographie détaillée des dépôts, des formes et de l'activité des processus géomorphologiques.

La déglaciation de la région de la Baie d'Hudson a duré environ 1,300 ans, de l'extrémité nord-ouest du Québec, vers 8,000 B.P.,   la région de Churchill, vers 7,300 B.P. La transgression marine, connue sous le nom de Mer de Tyrrell, a succédé immédiatement à la déglaciation dans les régions au-dessous d'environ 180 mètres a.n.m. sur le pourtour ouest, 198 mètres a.n.m. sur le versant sud et 290 mètres a.n.m. sur le versant est de la Baie. Lors de cet épisode marin, le glacier subit une ablation interne par v lage d'icebergs, donc, un délestage rapide du poids de la glace, ce qui entraîna la mise en action du rebondissement isostatique. Pour la région de Churchill, ce dernier se conforme à une courbe exponentielle décroissante qui indique un taux élevé de relèvement pour les années 5,000 à 7,000 B.P. (600 centimètres/par cent ans) et un taux moins élevé pour le présent (53 centimètres/par cent ans).

Bien que cette étude n'ait pas permis de mettre en évidence de nouveaux faits pouvant modifier de façon importante l'histoire g omorpholo-

gique de la région, elle a permis d'évaluer et de définir le rôle joué par chacun des processus en cause lors de son élaboration. La cartographie détaillée au 1:50,000 fut l'instrument privilégié, qui rendait possible cette analyse en fournissant des données sur la distribution spatiale des différents facteurs génétiques, ce qui devait nous permettre d'une part: d'établir des relations temporo-spatiales et d'autre part d'évaluer l'importance de chacune de ces dernières.

Cette étude permet donc, d'intégrer la séquence des événements qui ont donné naissance à la région de Churchill dans le cadre génétique de l'ensemble des Basses Terres de la Baie d'Hudson.

Le matériel glaciaire et fluvio-glaciaire a été remanié de façon très extensive par les processus côtiers qui, au fur et à mesure du relèvement isostatique, redistribuaient les sédiments sur les zones émergentes. Le relèvement isostatique est donc le moteur fondamental qui a permis aux différents processus de laisser leurs empreintes sur le relief de cette région.

La lithostratigraphie et le relief sont les fondements d'une légende morpho-sédimentologique qui a permis de définir dix-sept unités dans cette région. La carte qui résulte de cette analyse permet de comprendre comment la succession de processus dans le temps se traduit en unité morpho-sédimentologique dans l'espace.

Il importe de noter que nulle part dans cette région ne se trouve du till non remanié en surface. Ce fait souligne l'importance des modifications des processus liés à l'incursion puis au retrait de la mer post-glaciaire. L'étude d'une coupe stratigraphique (versant sud du

ruisseau Herriott) et de plusieurs forages dans la partie centrale de la région ont permis de définir un faciès glaciaire (till) modérément compact, limoneux et graveleux, fracturé sous forme de mini-blocs ayant des trous d'oxydation le long des fractures. Ce faciès que l'on retrouve en profondeur est recouvert par un faciès ayant subi un remaniement marin comprenant onze unités différenciées à partir de leurs composantes en gravier, sable, limon et argile. D'ouest en est, sur toute la surface de la région à l'étude, le matériel semble subir une gradation progressive mais non constante allant du gravier sableux (unité onze), à un gravier limoneux (unité huit), à un matériel partiellement ou complètement remanié par les eaux marines (unités cinq, quatre et deux).

Dans la partie sud de la région, le limon augmente de façon sensible dans une direction ouest-est aux dépens des graviers qui diminuent alors que l'argile varie très peu, sauf pour l'unité sept où le sable atteint un pourcentage de 43. La composante sableuse démontre une nette augmentation à partir des extrémités sud-ouest (unités cinq et huit) et sud-est (unités douze, neuf, dix) vers le centre-nord (unité six).

La répartition des dépôts meubles semble pouvoir s'expliquer par la présence d'accidents morphologiques majeurs tels: les complexes fluvio-glaciaires des lacs Twin et de la colline Knight, la présence d'un ancien bras de mer dans le secteur du lac Klöhn et par la présence du complexe fluvial de la rivière Churchill et le ruisseau Herriott.

Les complexes fluvio-glaciaires des lacs Twin et de la colline Knight dans une zone à faible altitude ont eu pour effet d'enrichir certaines unités en matériel plus grossier, sable et gravier (unités deux, quatre, cinq, six et neuf).

Une autre particularité dans la répartition des dépôts meubles est la présence d'une enclave de gravier sablo-limoneux et de gravier limono-sableux dans le secteur est. Quoique très complexe par son étendue et sa position, cette formation peut s'expliquer par la présence d'un ancien bras de mer qui aurait occupé le secteur entre le lac Norton, le lac Klöhn d'une part et les cordons littoraux d'autre part. Les dépôts meubles de ce corridor ont donc été soumis à l'action des vagues et des courants marins. La dynamique de ces derniers étant considérable, on peut émettre l'hypothèse du délavage pour expliquer un pourcentage relativement faible de particules fines dans ce secteur.

La troisième zone importante se situe dans le secteur comprenant la rivière Churchill et le ruisseau Herriott. On retrouve trois unités de sable limoneux en pourtour de l'embouchure du ruisseau Herriott. Le pourcentage élevé de sable dans ce secteur peut s'expliquer par l'apport sédimentologique du ruisseau Herriott dont l'importance était certes plus grande dans le passé. En ce qui concerne les rives immédiates de la rivière Churchill, elles sont composées de limon gravelo-sableux.

En plus de permettre la cartographie et l'explication de la distribution des dépôts de surface, cette étude nous a permis de vérifier l'importance des différents facteurs qui jouent un rôle dans la formation des plages en croissant. L'hypothèse la plus vraisemblable en ce qui a trait à l'élaboration de ces dernières, impliquerait l'interaction des facteurs suivants: présence d'anciens eskers perpendiculaires à la côte; remaniement des particules fines (sable et gravier) le long de ces eskers; la mise en action du relèvement isostatique qui, même s'il agit à un taux moins élevé que par le passé, force les eaux à se retirer et par le fait

même permet aux eskers d'émerger; l'action des vagues et des courants marins le long de la côte.

Même si l'histoire et la genèse de la région de Churchill sont assez bien connues, certains problèmes restent en suspens. Il serait intéressant, par exemple, qu'une série de forages soit entreprise dans le secteur de Churchill, pour permettre une comparaison entre les matériaux remaniés et non-remaniés par les eaux marines. Une telle étude permettrait de définir exactement les sources du matériel glaciaire et ainsi compléter les connaissances déjà acquises sur les mouvements de l'inlandsis Wisconsinien dans la région des Basses Terres de l'Hudson.

Un deuxième problème qui s'avérerait très intéressant, serait une étude centrée sur la relation entre la distribution des thufurs et les différents réseaux de drainage.

REFERENCES CITEES DANS LE TEXTE

ANDREWS, J.T.

- (A) 1968: Postglacial rebound in Arctic Canada: similarity and prediction of uplift curves;

Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 5, pp. 39-47.

ANDREWS, J.T.

- (B) 1968: The pattern and interpretation of restrained, post-glacial and residual rebound in the area of Hudson Bay.

Earth Sciences Symposium on Hudson Bay National Advisory Committee on Research Published by the Geological Survey of Canada as G.S.C. paper 68-53, pp. 49-62.

ANDREWS, J.T. et FALCONER, G.

- 1969: Late glacial and postglacial history and emergence of the Ottawa Islands, Hudson Bay, Northwest Territories:

Evidence on the deglaciation of Hudson;

Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 6, pp. 1263-1276.

ATLAS HYDROLOGIQUE DU CANADA

- 1978: Comité National Canadien de la Décennie Hydrologique International, Ottawa, Ontario.

Approvisionnement et Services Canada, (34 feuilles, 34 feuilles pliées de cartes en couleur; 57 cm).

BARNETT, D.M.

1966: A re-examination and re-interpretation of tide gauge data
for Churchill, Manitoba;

Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 3, pp. 77-88.

BOSTOCK, H.S.

1965: Subdivision Physiographiques du Canada;

Géologie et ressources minérales du Canada, Partie A,
pp. 11-35.

BROCHU, M.

1969: Indice de gélivation de la roche en place et des formations
meubles;

Bulletin de l'Association des Géographes Français,
no. 373-374 de juin-septembre, pp. 469-477.

BROWN, R.J.E.

1960: The Distribution of Permafrost and its Relation to Air

(Nov.) Temperature in Canada and the U.S.S.R;

National Research Council, Canada, Division of Building
Research, Research paper No. 112, reprinted from Arctic,
Vol. 13, No. 3, Septembre 1960, pp. 163-177.

BROWN, R.J.E.

1966: Relation Between Mean Annual Air and Ground Temperatures

(Oct.) in the Permafrost Region of Canada;

Reprinted from proceedings: Permafrost International
Conference, Research paper No. 296, Division of Building
Research, pp. 241-246.

BROWN, R.J.E.

- 1967: Permafrost in Canada; A joint publication of the
Geological Survey of Canada and the Division of Building
Research, Scale 1 inch to 120 miles, Map. 1246 A.

BROWN, R.J.E.

- 1969: Factors Influencing Discontinuous Permafrost in Canada;
Montréal, McGill - Queen's University Press
Arctic Institute of North America,
The Periglacial Environment, Past and Present,
edited by Troy L. Péwé, pp. 11-53.

BROWN, R.J.E.

- 1973: Permafrost - Distribution and Relation to Environmental
(March) Factors in the Hudson Bay lowland;
Reprinted from: Proceedings Symposium on the Physical
Environment of the Hudson Bay lowland.
University of Guelph, Guelph, Ontario, pp. 35-68.
Division of Building Research, Research paper No. 576.

BROWN, R.J.E. et KUPSCH, W.O.

- 1974: Permafrost Terminology;
(Dec.) Conseil national des recherches Canada

Technical Memorandum No. 111

H.W. Friesen and Sons Ltd., Altona, Manitoba, p. 62

BROWN, R.J.E.

- 1978: Influence of Climate and Terrain on Ground Temperatures
in the Continuous Permafrost Zone of Northern Manitoba
and Keewatin District, Canada. Manuscript

CRAIG, B.G.

- 1968: Late glacial and postglacial history of the Hudson
Bay region

Earth Sciences Symposium on Hudson Bay National Advisory
Committee on Research

Published by the Geological Survey of Canada as G.S.C.
paper 68-53, pp. 63-77

CUMMING, L.M.

- 1968: Rivers of the Hudson Bay Lowlands

Earth Sciences Symposium on Hudson Bay National Advisory
Committee on Research

Published by the Geological Survey of Canada as G.S.C.
paper 68-53, pp. 144-168

DIONNE, J.C.

- 1972: Caractéristiques des schorres des régions froides, en
particulier de l'estuaire du Saint-Laurent

Zeitsch. Geomorph.

Sp. Ed. No. 13, pp. 131-162, 21 Fig.

DIONNE, J.C.

- 1976: Le Glaciel en Marche

Revue géographique Montréal

Vol. 30, nos 1-2, p. 4

DIONNE, J.C.

- 1978: Le glacial en Jamésie et au Hudsonie, Québec subarctique

Géographie Physique et Quaternaire

Vol. 32, no. 1, pp. 3-70

FARRAND, W.R.

- 1962: Postglacial Uplift in North America;
American Journal of Sciences, Vol. 260, pp. 181-199

FLINT, Richard Foster

- 1971: Glacial and Quaternary Geology
John Wiley and Sons, Inc. pp. 809

GUILCHER, A.

- 1958: Coastal and Submarine Morphology
Methuen and Co. Ltd., 36 Essex Street, Strand, London W C 2
pp. 274

GUTENBERG, B.

- 1941: Changes in Sea Level, Postglacial Uplift, and Mobility of
the Earth's interior;
Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 52,
pp. 721-772, 5 Figs.

HARDY, L.

- 1977: La déglaciation et les épisodes lacustres et marins sur le
versant québécois des Basses Terres de la Baie de James;
Géographie Physique du Quaternaire, Vol. 31, nos 3-4,
pp. 261-273

HARE, F.K., THOMAS, M.K.

- 1974: Climate Canada;
Wiley Publishers of Canada Limited, Toronto, pp. 256

HILLAIRE-MARCEL, C.

1976: La déglaciation et le relèvement isostatique sur la côte
est de la Baie d'Hudson;

Cahiers de Géographie de Québec, Vol. 20, no. 50,
pp. 185-220

KOMAR, P.D.

1976: Beach Processes and Sedimentation ;

Prentice-Hall, Inc.,
Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 1-402

LEE, H.A.

1960: Late Glacial and Postglacial Hudson Bay Sea Episode;
Science, Vol. 313, No. 3413, pp. 1609-1610

LEE, H.A.

1964: Method of Deglaciation, Age of Submergence and Rate of
Uplift West and East of Hudson Bay, Canada;
Buletyn Peryglacjalny, No. 11, pp. 239-245

MOIGN, Annik

1976: L'action des glaces flottantes sur le littoral et les
fonds sous-marins du Spitsberg central et Nord-occidental
Le Glaciel
La Revue de Géographie de Montréal, 1- Figs. 1 tableau
Les Presses Universitaires de Montréal, Vol. 30, nos 1-2
pp. 51-64

MORIN, F.

1973: Quelques analyses physiques des sols, méthodes de terrain;

Commission Géologique du Canada

Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources

Dossier public 172, pp. 81

OPERATION WINISK: (SANFORD, B.V., NORRIS, A.W., BOSTOCK, H.H.)

1968: Geology at the Hudson Bay Lowland;

Department of Mines, Energy and Resources

Paper 67-70

OWEN, E.B.

1948: Carte 1:50,000 54^L/16 est, 54^L/16 ouest

54^L/9 est, 54^L/9 ouest

Manuscript

OWENS, E.H.

1976: The Effects of Ice on the Littoral Zone at Richibucto Head, New Brunswick;

Le Glaciel

La Revue de Géographie de Montréal, 19 Figs., 1 tableau

Les Presses Universitaires de Montréal, Vol. 30, nos 1-2

pp. 95-104

PREST, V.K.

1969: Retreat of Wisconsin and Recent Ice in North America;

Geological Survey of Canada, Echelle 1:50,000,000

Map 1257 A

PREST, V.K.

1970: Quaternary Geology of Canada;

Geological Survey of Canada

Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa

Economic Geology Report series

601 Booth Street, Ottawa, K1A 0E8, Canada

pp. 676-764

SANFORD, B.V.

1972: Géologie et ressources minérales du Canada;

Partie A (chapitre I à VII)

Commission Géologique du Canada

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

pp. 408

SASSEVILLE, Dennis R., ANDERSON, Franz E.

1976: Sedimentological Consequences on a Tidal Flat;

Environment, Great Bay, New Hampshire

Le Glaciel

La Revue de Géographie de Montréal, 19 figs., 1 tableau

Les Presses Universitaires de Montréal, Vol. 30, nos 1-2

pp. 87-94

SHORT, A.D.

1976: Observations on Ice Deposited by Waves on Alaskan Arctic

Beaches;

Le Glaciel

La Revue de Géographie de Montréal, 19 figs., 1 tableau

~~Les Presses~~ Universitaires de Montréal, Vol. 30, nos 1-2

pp. 115-122

TAYLOR, Robert B., McLANN, Brian S.

1976: The Effects of Sea and Nearshore Ice on Coastal Processes
in the Canadian Arctic Archipelago;

Le Glaciel

La Revue de Géographie de Montréal, 19 figs., 1 tableau

Les Presses Universitaires de Montréal, Vol. 30, nos 1-2

pp. 123-132

TECHNICAL REPORT

1971-1975: Lake Winnipeg, Churchill and Nelson River;

Study Board

693 Taylor Avenue, Winnipeg, Manitoba, Canada

THIE, Jean

1976: Evaluation of Remote Sensing Techniques for Bio-physical
 (March) Land Classification in the Churchill Area, Manitoba ;

A thesis submitted to The Faculty of Graduate Studies
 in partial fulfillment of the requirements for the degree
 of Master of Science

Department of Soil Science, Winnipeg, Manitoba, pp. 1-89

TRICART, J.

1956: Etude expérimentale du problème de la gélivation ;

reprinted from Biuletyn Peryglacjalny, nr 4

pp. 285-318

TYRRELL, J.B.

1896: The Genesis of Lake Agassiz ;

American Geologist, Vol. 4, pp. 811-815

VARNES, David J.

1974: The Logic of Geological Maps, with Reference to their
Interpretation and Use for Engineering Purposes :

Geological Survey Professional Paper 837

U.S. Government Printing Office

Washington, D.C. 20402

Stock No. 2401-02493

pp. 48

WOLCOTT, R.I.

1970: Isostatic Response to Loading of the Crust in Canada ;
Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 7, pp. 716-734

WASHBURN, A.L.

1973: Periglacial Processes and Environments ;

Edward Arnold (Publishers) Ltd.

25 Hill Street, London, W1X 8LL

pp. 262

ANNEXE I

GRANULOMETRIE SIMPLIFIEE

(Méthode de la pipette)

Définition

La granulométrie mesure la fréquence des diamètres des particules constituant un sol. Certains diamètres forment les limites de classes granulométriques (graviers, sables, limon, argiles). Le pourcentage, par poids, de chaque classe granulométrique du sol analysé permet de caractériser un matériel en suivant une des diverses classifications qui existent.

Formule

L'analyse granulométrique à la pipette n'est pas basée sur une formule empirique, mais sur une série d'opérations dont le nombre varie avec celui des prises. Il est plus facile de suivre la logique des calculs en suivant l'exemple donné plus bas (voir - Exemple de calcul).

Utilité

L'utilité de connaître la répartition du diamètre des particules composant un matériel granulaire est fondamentale lorsqu'il s'agit de classer ou d'identifier ce matériel de façon précise. Cette identification est le langage par lequel on transmet une des caractéristiques essentielles de ce matériel aux personnes intéressées.

Il est parfois possible de déduire une valeur approximative pour plusieurs propriétés physiques d'un sol si on connaît sa granulométrie.

Exemple

1. On peut souvent estimer d'une façon assez précise, les limites de plasticité et de liquidité d'un échantillon de sol argileux à partir de sa granulométrie, à condition que la minéralogie des argiles et la teneur approximative en matières organiques soient connues. Donc, pour un sol déjà familier à l'intéressé, dans le cadre d'une première approximation ou dans le but de faire éventuellement des analyses très détaillées, l'intérêt de cette relation granulométrie-limite d'Atterberg est évidente.
2. A partir de la granulométrie d'un sol et connaissant les agencements possibles des particules, on peut estimer sa porosité.
3. Le poids spécifique de l'agrégat et le poids spécifique des solides seront plus élevés dans un matériel riche en sable que dans une argile.

Lorsqu'on mesure plusieurs diamètres de particules (en augmentant le nombre de prises à la pipette) et que l'on reporte le pourcentage de ces diamètres sur un papier graphique semi-logarithmique, on obtient une courbe granulométrique qui peut permettre de déterminer la gênèse sédimentologique du matériel.

Equipement nécessaire

- pilon en porcelaine,
- pilon à bout en caoutchouc,
- mortier en porcelaine,
- tamis (grillage de 0.250 mm et de 2.00 mm),
- malaxeur pour sol et un contenant spécial en métal (voir figure 7),

- contenant,
- hexamétaphosphate (NaPO_3)₆,
- bécher conique 500 ml,
- entonnoir en verre,
- balance mesurant à 0.01 g près,
- cylindre gradué de 100 ml,
- colonne de sédimentation de 1000 ml,
- 2 petits béchers de 50 ml (par échantillon à analyser),
- étuve à température contrôlable,
- thermomètre mesurant à 0.1° C près,
- bouchon de caoutchouc du diamètre de la colonne de sédimentation,
- chronomètre (mesurant les secondes),
- eau distillée.

Mode opératoire

L'analyse exposée ici a pour but de déterminer le pourcentage de graviers, sables, limons et argiles dans un échantillon:

- A) 1. Effectuer une première séparation mécanique de la fraction de 2000 μ (2 mm) et plus - partie considérée comme étant du gravier. Cette première séparation se fait sur un échantillon ayant séché pendant 24 heures à 105° C. Pilonner légèrement dans un mortier pour séparer les agglomérats d'argiles, sables, limons et graviers et finalement tamiser (tamis à grillage ayant 2 mm d'ouverture).
2. Peser au 0.01 g près la partie supérieure à 2000 μ (Tg) et inférieure à 2000 μ (Ts).

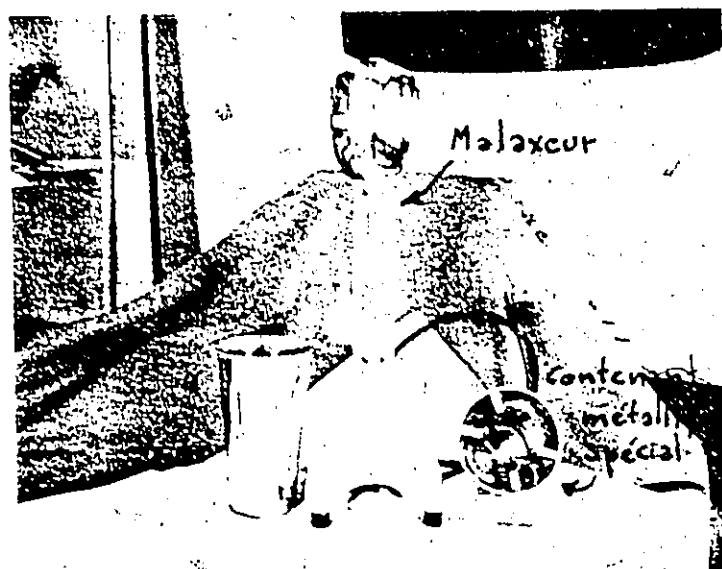


Fig. 7 Granulométrie - malaxeur de sol
et contenant métallique spécial

(202297-B)

B) Sur la fraction inférieure à 2000μ (2 mm) nous allons déterminer les pourcentages de sables, limons et argiles par la méthode de sédimentation (vitesse de déposition de solides dans un liquide) et par échantillonnage à la pipette.

1. L'échantillon de sol, avec ou sans gravier, doit être séché pendant 24 heures à 105° C.
2. Pilonner la fraction inférieure à 2000μ (2 mm) pour briser les agglomérats de sables, limons et argiles. Parfois le tamisage pour gravier n'est pas nécessaire s'il est évident qu'il n'y a pas de gravier dans l'échantillon. Le pilonnage doit se faire en premier avec un pilon en porcelaine pour briser les plus gros agglomérats. Si l'échantillon contient des sables et des limons (presque toujours) on continue le pilonnage avec un pilon à bout en caoutchouc. Le caoutchouc empêchera de broyer les sables en limons et les limons en grains encore plus fins, mais réussira quand même à défaire les agglomérats. Il faut séparer les particules les unes des autres, le plus possible sans réduire leur diamètre.
3. Tamiser l'échantillon broyé à travers le tamis à grillage de 0.250 mm. Ceci a pour but de séparer les particules fines des agglomérats.

Remarque - Répéter les opérations 2 et 3 jusqu'à ce que le résidu dans le tamis ne soit que des sables et des limons, car un broyage trop poussé réduirait le diamètre des limons et des sables.

4. Introduire l'échantillon broyé dans un contenant et peser (environ 50 g) au 0.01 g près.

5. Laver avec de l'eau distillée l'échantillon du contenant en le versant dans un bécher conique de 250 ml à l'aide d'un entonnoir.
6. Ajouter assez d'eau distillée pour recouvrir l'échantillon.
7. Ajouter 100 ml d'une solution de 50 g d'hexamétaphosphate de sodium au litre d'eau distillée. Nous introduisons donc 5 g d'hexamétaphosphate de sodium (NaPO_3)₆ avec l'échantillon. L'hexamétaphosphate de sodium est un agent défloculant. Il empêche les particules d'argile de s'agglomérer et de former un 'flocon', qui se s dimenterait plus rapidement étant plus lourd.
8. Malaxer l'échantillon dans le bécher conique pendant une minute, à l'aide du malaxeur pour sol (voir figure 7).
9. Laisser reposer l'échantillon pendant une nuit (environ 12 heures) pour permettre à l'hexamétaphosphate de sodium de disperser les argiles. Il est utile d'identifier l'échantillon analysé en inscrivant son numéro sur le bécher conique. Ceci évitera des erreurs si on a plus d'un échantillon à analyser à la fois.
10. Laver l'échantillon dans le contenant métallique spécial du malaxeur (voir figure 7) et malaxer l'échantillon pendant environ deux minutes. Ce dernier malaxage permet de s'assurer que les agglomérats d'argile sont bien détruits.
11. Finalement, laver l'échantillon dans une colonne de sédimentation d'un litre et ajouter le volume d'eau distillée nécessaire pour compléter le litre.
12. Prendre la température de l'eau dans la colonne.
13. Boucher l'ouverture de la colonne, soit avec la paume de votre

main, soit avec un bouchon de caoutchouc et brasser l'échantillon 15 secondes d'un mouvement de gauche à droite (voir figure 8a); brasser encore 15 secondes d'un mouvement rotatif (voir figure 8b); et, finalement encore 15 secondes d'un grand mouvement de bascule de la colonne (voir figure 8c).

14. Déposer la colonne sur une table solide en terminant le dernier mouvement de bascule. Avec ce mouvement mettre le chronomètre en marche.
15. Avant de prélever la première prise avec la pipette, consulter un tableau de temps de prise en fonction de la température de l'eau de la colonne. Le tableau 5, reproduit plus bas, est celui utilisé au laboratoire de Ste-Scholastique et provient du laboratoire des sols de la Commission géologique à Ottawa.

Exemple: Si la température de l'eau est de 20° C, la première prise à 20 cm de profondeur (sous la surface de l'eau) devra être prélevée 56.95 secondes après la fin du dernier brassage.

16. Pour permettre d'immerger la pipette à une profondeur uniforme, marquer l'instrument à 10 cm et 20 cm du bout (voir figure 9).
17. Pour la première prise, plonger la pipette verticalement jusqu'à la marque de 20 cm en agitant le moins possible le contenu de la colonne. Le robinet de la pipette doit être fermé (voir figure 9).
18. Lorsque le délai déterminé par le tableau 5 est écoulé, ouvrir le robinet de la pipette et aspirer rapidement par le haut jusqu'à ce que le liquide monte par-dessus le robinet; fermer le robinet.

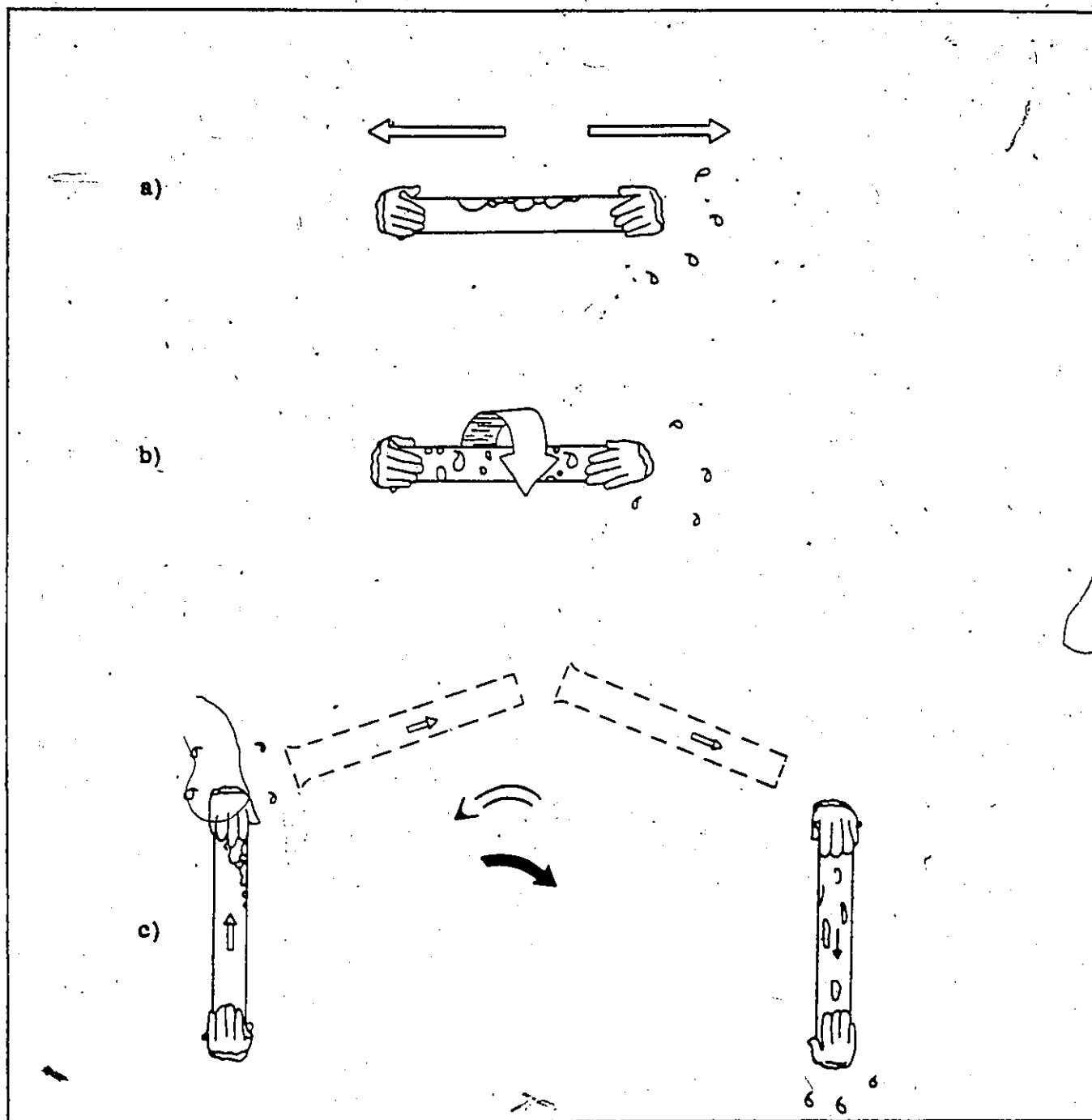


Fig. 8 Schémas des trois étapes de brassage d'un échantillon dans une colonne de sédimentation

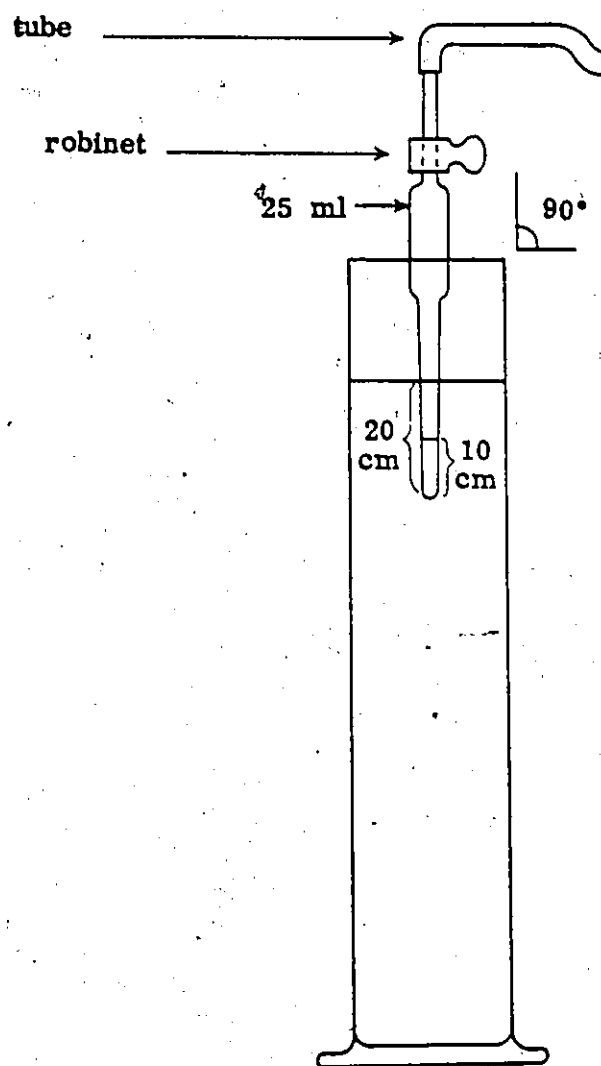


Fig. 9 Colonne de sédimentation avec pipette
installée pour prendre la première prise

Température centigrade	10 cm de profondeur			20 cm de profondeur		
	0.0039* mm			0.0625 mm		
	seuil de limon/argile			seuil de limon/sable		
	H	Mn	s	H	Mn	s
15°	2	17	57.45	0	1	4.46
16°	2	14	38.50	0	1	2.91
17°	2	11	26.67	0	1	1.42
18°	2	8	0.62	0	0	59.81
19°	2	5	31.41	0	0	58.65
20°	2	1	51.15	0	0	56.94
21°	1	59	14.84	0	0	55.72
22°	1	56	17.21	0	0	54.34
23°	1	53	40.90	0	0	53.12
24°	1	51	11.69	0	0	51.96
25°	1	48	49.59	0	0	50.85
26°	1	46	27.49	0	0	49.74
27°	1	44	5.39	0	0	48.64
28°	1	41	50.39	0	0	47.58
29°	1	39	42.50	0	0	46.59
30°	1	37	41.71	0	0	45.65 /

Temps des prises avec pipette. Les délais sont corrigés pour tenir compte du changement de la viscosité de l'eau. Le poids spécifique estimé de l'échantillon est 2.70 g/cm³.

*Seuil limon/argile utilisé au laboratoire de Ste-Scholastique (voir - Résultats).

19. Retirer la pipette et laisser couler le contenu de la pipette sous le robinet dans un bécher de 50 ml dont vous connaissez le poids exact (poids du bécher vide et propre). Le contenu de la pipette employée ici est de 25 ml. Nous avons donc un échantillon de 25 ml pris à 20 cm sous la surface. Le bécher doit être identifié (numéro de l'échantillon et de la prise). Cette prise à 20 cm, au temps spécifié par le tableau 5 ne contient aucun sable, mais un poids dans lequel les proportions de limons et d'argiles sont semblables à celles existant dans l'échantillon analysé. Il y a aussi l'hexamétaphosphate de sodium (0.127 g). Dans un plat à côté du bécher, verser le trop-plein de la prise au-dessus du robinet et rincer la pipette avec de l'eau distillée avant la prise suivante.
20. Répéter les étapes 13 et 14 pour la seconde prise.
21. Prendre la température de l'eau au début du second délai. La durée approximative du second délai sera déterminée par cette température à partir du tableau 5. Prendre la température de l'eau, une dernière fois, vers la fin du délai pour pouvoir calculer une température moyenne et déterminer d'une façon précise la durée du délai. La température ne doit pas varier de plus de 3 ou 4 degrés. Une variation plus grande peut introduire des erreurs. Les laboratoires de sol ont habituellement un bain rempli d'eau à température constante. Les colonnes de sédimentation y sont plongées et la température demeure uniforme. Une telle installation n'est pas justifiable dans un laboratoire de terrain. Avec un minimum de précautions pour empêcher une variation de température trop prononcée, on obtient des résultats comparables.

22. Plonger la pipette verticalement dans la colonne en prenant bien soin que le robinet soit fermé. La pipette doit être immergée de 10 cm. Répéter l'étape 18.
23. Retirer la pipette et laisser couler le contenu sous le robinet dans un bécher de 20 ml dont vous connaissez le poids exact (poids du bécher vide et propre). Nous avons donc un échantillon de 25 ml pris à 10 cm sous la surface. Le bécher doit aussi être identifié (numéro de l'échantillon et de la prise). Cette prise ne contient qu'un poids d'argile proportionnel au total de l'argile présente dans l'échantillon analysé, ainsi que l'hexamétaphosphate de sodium (0.127 g). Verser le trop-plein au-dessus du robinet et rincer la pipette avec de l'eau distillée.
24. Placer les deux béchers contenant les prises dans une étuve à 105° C pendant 24 heures.
25. Après 24 heures seuls les solides demeurent (sol et hexamétaphosphate de sodium). Peser les béchers et leur contenant au 0.001 g près.
26. Pour nettoyer les béchers, verser de l'eau de javel concentrée et laisser tremper pendant au moins 6 heures. Finalement laver avec de l'eau chaude, du savon à vaisselle et de la laine d'acier.

Exemple de calcul

- Sans gravier -

Nous considérons, en premier, seulement les résultats de sédimentation et non de tamisage.

A Ste-Scholastique, nous utilisons des fiches de données granulométriques comme celle reproduite à la figure 10. Cette fiche fut dressée

pour permettre l'analyse sur un échantillon humide dont on connaît la teneur en eau, ou, sur un échantillon sec. A Ste-Scholastique, la plupart des échantillons furent analysés à partir d'un matériel sec. Il ne fut donc pas nécessaire de calculer le poids sec de l'échantillon à partir de son poids humide et de sa teneur en eau.

Voici les informations inscrites sur cette fiche:

- (A) = numéro de l'échantillon
ex: SV 71 046 S
- (1) = poids total sec
ex: 45.41 g (Tw)
- (2) = poids du bécher de la première prise
ex: 39.11 g
- (3) = poids du bécher de la deuxième prise
ex: 26.84 g
- (4) = poids de la première prise
(limon, argile, hexamétaphosphate de sodium et bécher)
- (5) = poids de la deuxième prise
(argile, hexamétaphosphate de sodium et bécher).
- (6) = poids du dispersant
(hexamétaphosphate de sodium)

Nous avons introduit 5 g de dispersant dans un litre (1000 ml) d'eau et de sol

Nous avons enlevé 25 ml du contenu de la colonne
soit:

$$\frac{25}{1000} = \frac{1}{40}$$

donc, le poids d'hexamétaphosphate dans 25 ml
sera de

Echantillon no : SV 71.....(A).....

ST-Gra-71

Poids total :

Lab. no :

- teneur en'eau : _____

100%

Poids total sec : $T_w = (1)$ TAMISAGEfraction >2,000: graviers: T_g (B) (XII) % 1fraction <2,000: T_s + (C) + (XIII) % 2 $T_w - (T_g + T_s) = \text{erreur de méthode} = -$

PIPETTE		Facteur calcul. $\div T_s$		$\div T_w$	
1 ^{ère} prise	(4)	$40 \times \frac{100}{T_s} = F_1$		$\frac{X_2}{100} = F_2$	
- bécher	- (2)				
P_1	(1)				
P_1	(1)				
- P_2	- (11) X	F_1 (V) %	X	F_2 (XIV) %	3 100%
limons	(111)				2 = %
2 ^{ème}	(5)				(V) + (VI1)
- bécher	- (3)				3 + 4 %
P_2	(11)				Sables = (1X) %
P_2	(11)				
- dispersant	- (6)				
argiles	(1V) X	F_1 (VII) %	X	F_2 (XV) %	4
graviers = 1 = (XII) % limons = 3 = (VI) % sables = 2 = (3-4) = (X) % argiles = 4 = (VII1) %					

Fiche granulométrique utilisée au laboratoire
des sols de Ste-Scholastique

$$5 \times \frac{1}{40} = 0.125 \text{ g}$$

Il est à noter que le poids des prises d'argile et de limon est aussi le $\frac{1}{40}$ du poids sec de l'échantillon. Les prises furent effectuées à des temps et profondeurs de sédimentation déterminés pour donner une représentation quantitative que l'on veut exactement proportionnelle du tout. Les calculs suivants reposent sur ce raisonnement.

En soustrayant (2) de (4) nous obtenons (1)

(1) = poids de la première prise

(argile, limon et hexamétaphosphate de sodium)

$$\text{ex: } 39.26 \text{ g} - 39.110 \text{ g} = 0.150 \text{ g}$$

En soustrayant (3) de (5) nous obtenons (11)

(11) = poids de la deuxième prise

(argile et hexamétaphosphate de sodium)

$$\text{ex: } 26.98 \text{ g} - 26.842 \text{ g} = 0.138 \text{ g}$$

En soustrayant (11) de (1) nous obtenons (111)

(111) = poids de limon dans la première prise étant $\frac{1}{40}$
du poids de limon dans tout l'échantillon

$$\text{ex: } 0.150 \text{ g} - 0.138 \text{ g} = 0.012 \text{ g}$$

En soustrayant (6) de (11) nous obtenons (1V)

(1V) = poids des argiles dans la deuxième prise étant

$\frac{1}{40}$ du poids des argiles dans tout l'échantillon

$$\text{ex: } 0.138 \text{ g} - 0.125 \text{ g} = 0.011 \text{ g}$$

Le poids total des limons dans l'échantillon est de

$$0.012 \text{ g} \times 40 = 0.48 \text{ g}$$

Si,

$$100\% = 45.41 \text{ g}$$

$$X = 0.48 \text{ g}$$

$$X = \frac{100 \times 0.48}{45.41} = 1.06\%$$

1.06% de limon dans l'échantillon

Cette réponse est inscrite à (V) et (Vl) sur la fiche de la figure 10.

Une façon plus rapide de calculer le pourcentage des limons et argiles est d'employer la formule:

$$40 \times \frac{100\%}{Ts} = \frac{100}{45.41 \text{ g}} = 88.086 \left(\frac{\%}{\text{g}} \right) = F_1$$

Ici,

F_1 est le facteur avec lequel on multiplie (111) pour avoir (V) (le poids des limons en pourcentage),

F_1 multipliant (1V) donne (V11) (le poids des argiles en pourcentage).

Finalement (V) et (V11) sont rapportés au bas de la fiche à (V1) et (V111).

Si de 100% nous soustrayons (V) + (V111) nous obtenons (1X) (le poids des sables en pourcentage) dans l'échantillon aussi inscrit à (X).

Le pourcentage des argiles est de:

$$88.086 \left(\frac{\%}{g} \right) \times 0.011 \text{ g} = 0.97\%$$

Le pourcentage des sables est de:

$$100\% - (\text{limons} + \% \text{ argiles})$$

$$100 - (1.06 + 0.97) = 97.97\%$$

- Avec gravier -

Si par exemple, l'échantillon contenait 0.54 de gravier (séparé par tamisage), nous devrions modifier les pourcentages de sables, limons et argiles pour tenir compte du pourcentage des sables.

Le poids de gravier est inscrit à (B) sur la fiche granulométrique (figure 10) (0.54 g) (Tg)

C = poids de la fraction plus petite que le gravier

ex: 63.45 g (Ts)

Si on additionne (B) + (C) nous obtenons (X1)

$$(63.45 \text{ g} + 0.54 \text{ g} = 63.99 \text{ g})$$

$$63.99 \text{ g} = 100\% \text{ de l'échantillon}$$

Il est facile par une simple règle de trois de trouver les pourcentages des graviers et ceux de la partie inférieure à 2000 μ (2mm).

Soit le pourcentage de (B) = (X11) ou 0.84%

(C) = (X111) ou 99.16%

Si on suit la formule de la fiche, on doit multiplier $\frac{(X111)}{100\%}$ par le pourcentage de sable, limon ou argile pour modifier leurs valeurs en fonction des graviers.

Donc si on multiplie (V) par $\frac{(XIII)}{100\%}$ nous avons (XIV) ou le nouveau pourcentage de limon dans l'échantillon, tenant compte des graviers.

On inscrit la nouvelle valeur à (VI)

$$\frac{99.16}{100} \times 1.06 = 1.05\%$$

Si on multiplie (VII) par $\frac{(XIII)}{100\%}$ nous obtenons (XV) ou le nouveau pourcentage d'argile en fonction du gravier. La nouvelle valeur est inscrite à (VIII)

$$\frac{99.16}{100} \times 0.97 = 0.96\%$$

Le pourcentage de sable devient

$$100 - (0.84 + 1.05 + 0.96) = 97.15\%$$

Ce pourcentage est inscrit à (X).

Pour cet exemple:

gravier - 0.84%

sable - 97.15%

limon - 1.05%

argile - 0.96%

Résultats

Il est souvent soutenu, avec raison, que broyer un échantillon sec pour en briser les agglomérats de gravier, sable, limon et argile en particules individuelles peut introduire des erreurs dans la granulométrie lorsque l'analyse est faite sur le matériel broyé. Les raisons sont les suivantes:

1. Difficulté de bien briser les agglomérats. Un échantillon sec avec beaucoup d'argile devient très dur et demande beaucoup d'efforts pour être brisé. Les limons et sables de l'échantillon peuvent être brisés sous le pilon.
2. Le danger constant de broyer les grains de sable et de limon en particules de diamètre plus petit, les sables devenant des limons et les limons des particules de diamètre semblable à ceux des argiles. Ceci peut se produire facilement en employant un pilon de porcelaine.

On croit parfois qu'il est préférable de faire la détermination granulométrique sur un matériel humide et de déterminer la teneur en eau sur une autre partie de l'échantillon. Le poids sec est déterminé par calcul (même calcul que pour déterminer le poids sec du volume de sol humide employé pour déterminer le poids spécifique de l'agrégat).

Le diamètre choisi comme limite entre les limons et les argiles est ici fixé à 0.0039 mm au lieu de 0.002 mm tel que spécifié par plusieurs classifications de sols entre autres celles du Massachusetts Institute of Technology (voir figure 11).

Il aurait fallu un délai presque quatre fois plus long avant de prendre la seconde prise si on avait voulu obtenir le poids des argiles de 0.002 mm et moins. Un délai aussi long n'est pas pratique lorsqu'il faut analyser un très grand nombre d'échantillons en un temps limité.

C'est aussi pour une raison de rapidité que le nombre de prises à la pipette fut limité à deux (2). Des données obtenues, il n'est pas possible de tracer une courbe granulométrique mais on obtient par contre les pourcentages de sables, limons et argiles nécessaires pour la classification du matériel et pour l'usage pratique auquel les analyses sont destinées.

La quantité de matériel sur laquelle on doit effectuer un tamisage pour déterminer la quantité de gravier doit toujours être la plus grosse possible (500 g ou plus). Plus l'échantillon est gros, plus le tamisage est représentatif des proportions de gravier existant dans la formation échantillonnée.

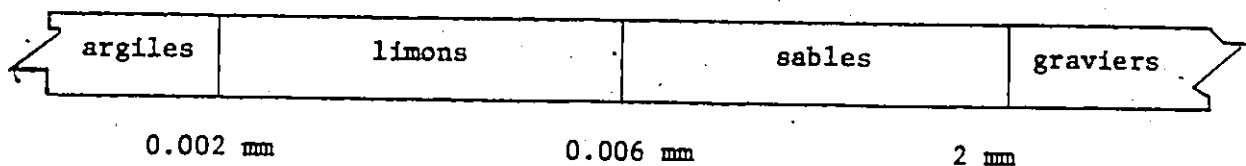


Fig. 11 Echelle générale de classification
des sols M.I.T. (1931) Yong & Warkentin (1966)

ANNEXE II

N 122	NNE 63	NE 52	ENE 63	E 51	ESE 53	SE 12	SSE 23
S 9	SSO 1	SO 2	OSO	O 18	ONO 49	NO 30	NWO 22

Différentes directions des vents de la région de Churchill
 Un bilan pour les 173 mois de 1963 - 1977 inclusivement

ANNEXE III

LOCALISATION DES ECHANTILLONS ANALYSES

Réf.: carte morpho-sédimentologique

Numéro d'analyse

Numéro du trou ou du forage

1	5
2	4
3	8
4	10
5	12c
6	14
7	26
8	52b
9	50
10	60
11	72c
12	76
13	88
14	87
15	91
16	94
17	95
18	96
19	99

20

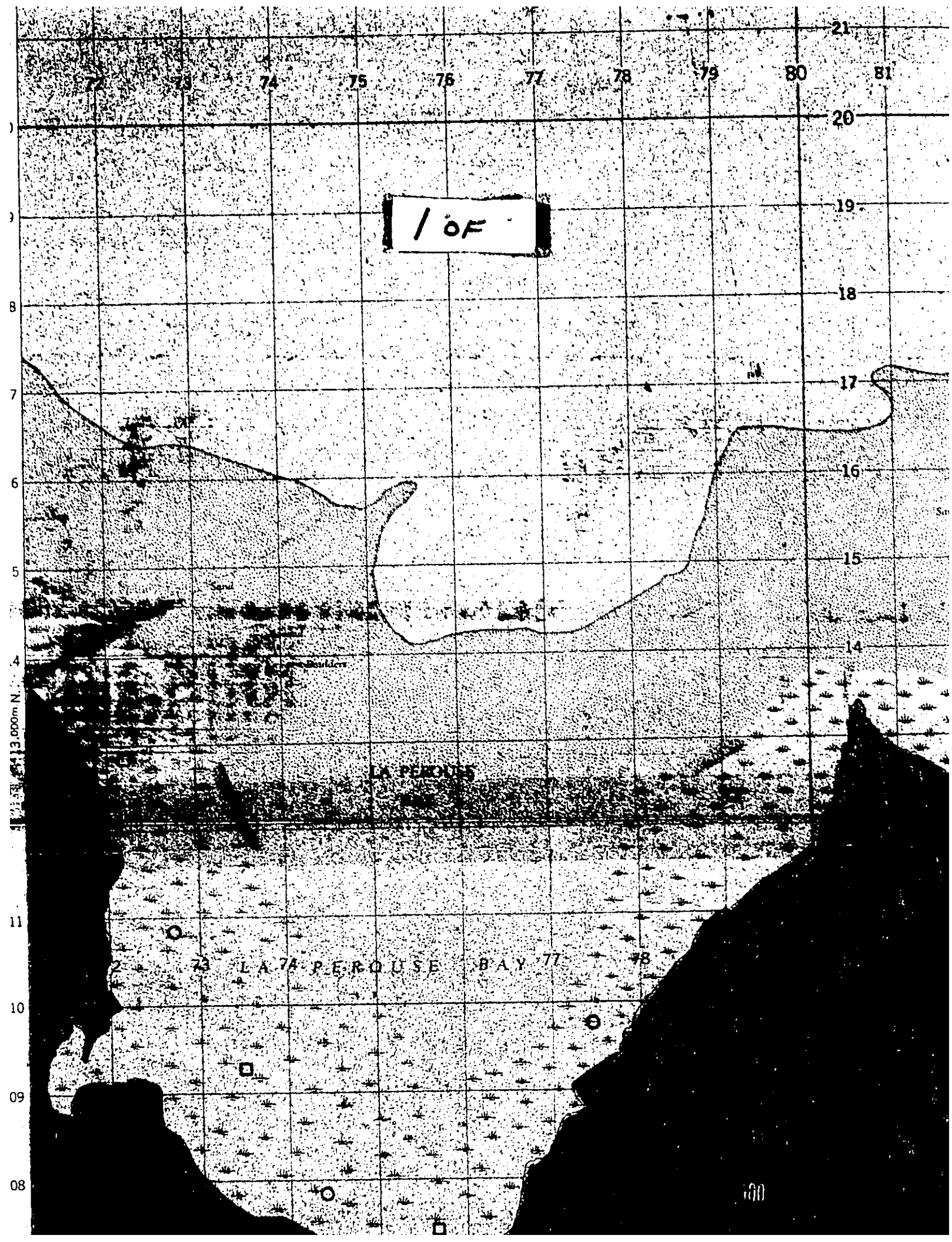
98

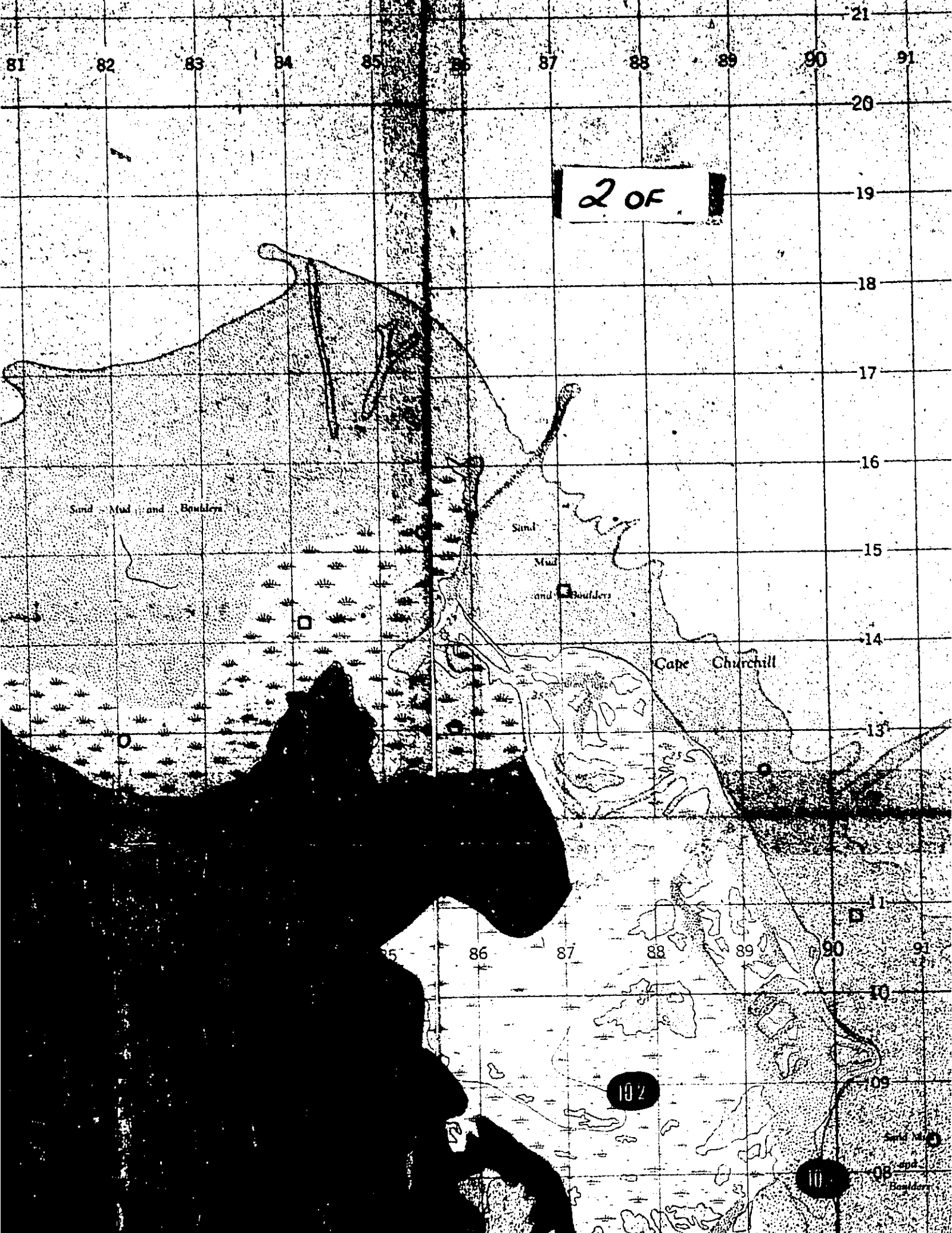
21

105

22

102





2 OF

Sand Mud and Boulders

Sand

Mud
and Boulders

Cape Churchill

192

Sand Mud
and Boulders

3 OF

CARTE MORPHO-SEDIMENTOLOGIQUE

Dune
Sols polygonaux

m

##

Palse

Plage actuelle - b

Plage soulevée

- sur roche en place
- sur dépôts meubles
- esker remanié
- autres matériaux

— - Limite géologique approximative

trous

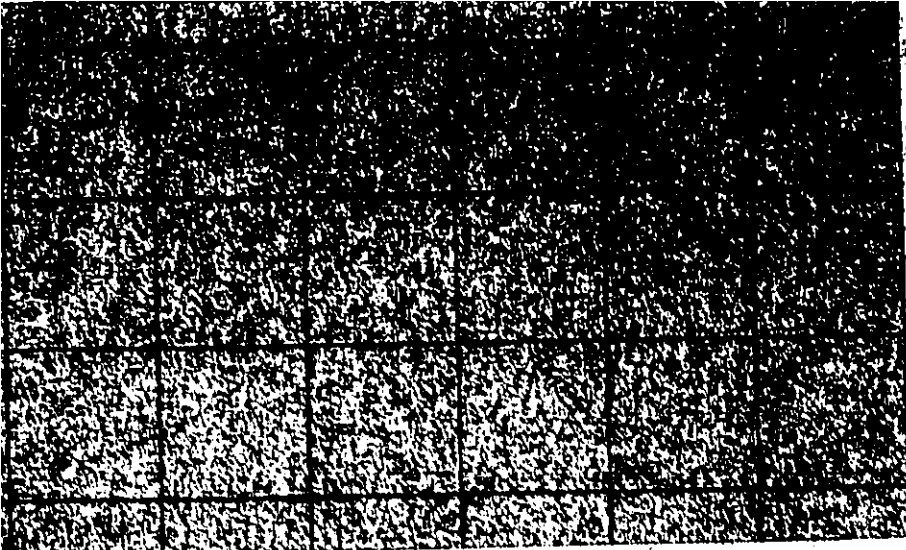
30 Epaisseur de 1

et

22

forages

40 Epaisseur de 1

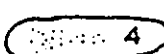


21
6420
19
18



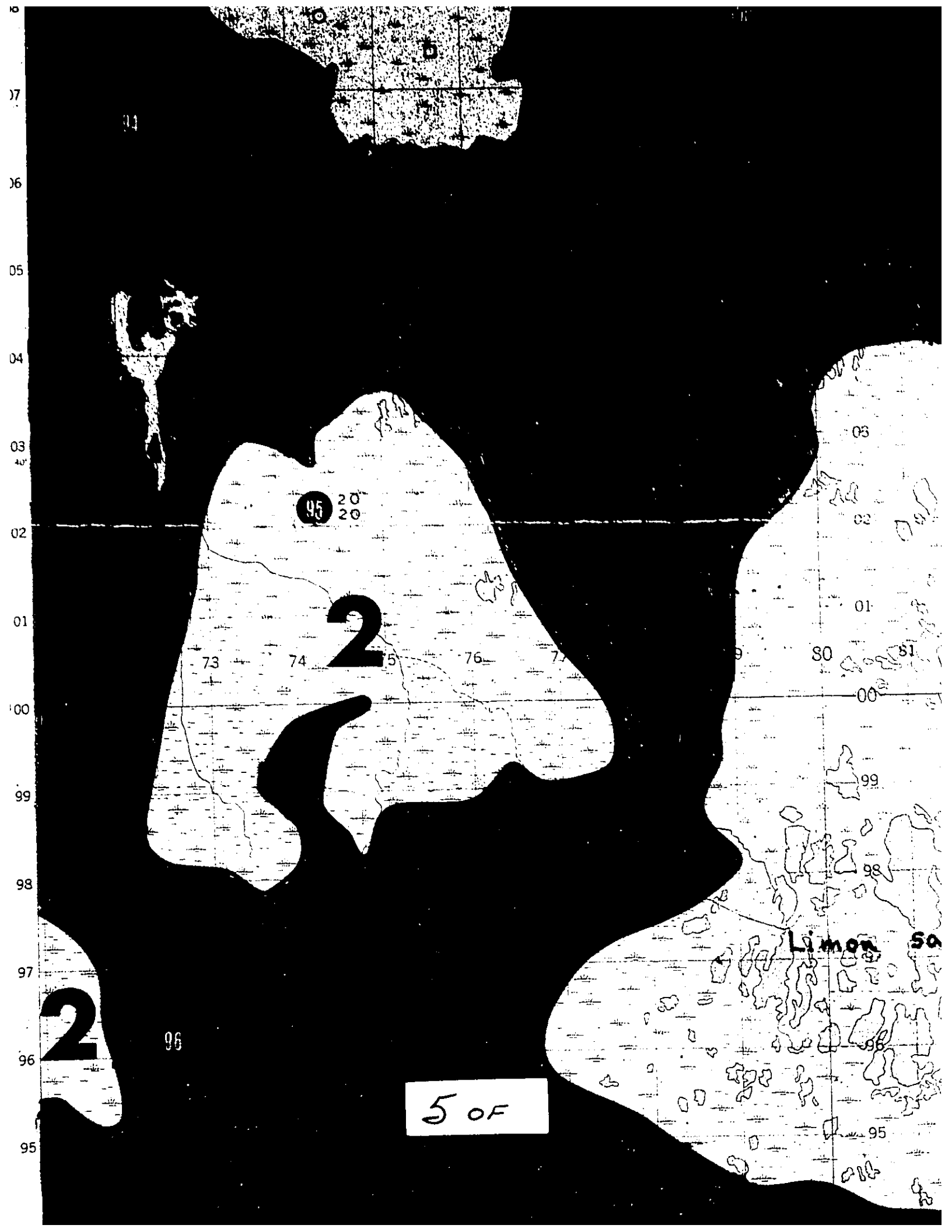
4 OF

CARTE MORPHO-SEDIMENTOLOGIQUE

- | | | | |
|-----------------|---|------------------------|--|
| Dune |  | Paise | P |
| Sols polygonaux |  | Plage actuelle - blocs |  |
| | | - galets |  |
| | | - en croissant |  |
| | | Plage soulevée | |
| | | - sur roche en place |  R1 |
| | | - sur dépôts meubles |  4 |
| | | - esker remanié |  |
| | | - autres matériaux |  |

——— - Limite géologique approximative

trous 30 Epaisseur de la couche active
et
forages 40 Epaisseur de la tourbe



45 20
20

2

2

5 OF

Limon 50

12

6 OF 1

3

12

on sablo gravellux

Limon gravels - sal

7 OF

Unité	Matériel	Topographie	
		Relief	Altitude absolue A.N.M.
15	tourbe	en lanière, en plaque	ubiquiste
14	alluvion limon gravelo-sableux	en terrasse ou en plaine ondulée	0-8 m
13	sable, gravier blocs	de crête de poussé de moins de 1 m	
12	limon gravelo-sableux	sub-horizontal	0-15 m
11	gravier sableux	légèrement ondulé	23-38 m
10	gravier sablo-limoneux	peu ondulé	0-15 m
9	gravier limono-sableux	ondulé	0-15 m
8	gravier limoneux	sub-horizontal	18-30 m
7	sable limoneux	ondulé	8-23 m
6	sable limono-graveleux	ondulé	0-23 m
5	limon graveleux	ondulé	0-23 m

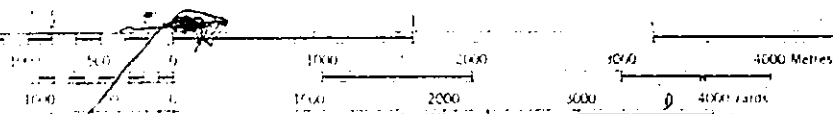
180F

Unité	Matériel	Topographie		Genèse	Chronologie
		Relief	Altitude absolue A.N.M.		
15	tourbe	en lanière, en plaque	ubiquiste	Organique	Actuel
14	alluvion limon gravelo- sableux	en terrasse ou en plaine ondulée	0-8 m	fluvial	
13	sable, gravier blocs	de crête de poussé de moins de 1 m		Gla- ciel	
12	limon gravelo- sableux	sub-horizontal	0-15 m	Glaciaire remanié par Marin	Post-glaciaire
11	gravier sableux	légèrement ondulé	23-38 m		
10	gravier sablo- limoneux	peu ondulé	0-15 m		
9	gravier limono- sableux	ondulé	0-15 m		
8	gravier limoneux	sub-horizontal	18-30 m		
7	sable limoneux	ondulé	8-23 m		
6	sable limono- graveleux	ondulé	0-23 m		
5	limon. graveleux	ondulé	0-23 m		

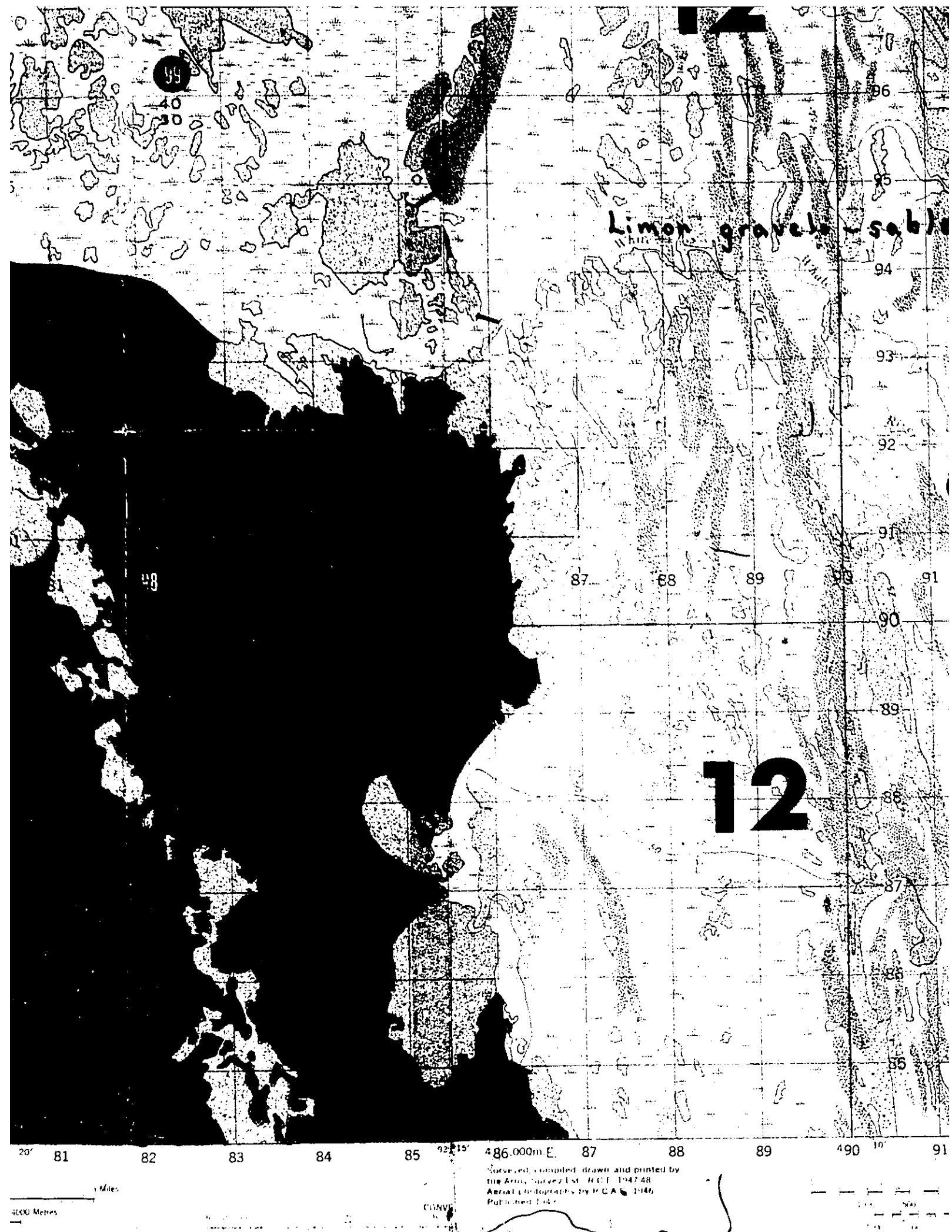


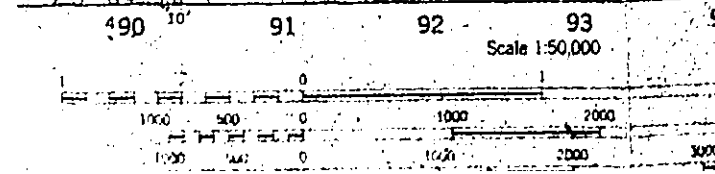
Surveyed, compiled, drawn and printed by
the Army Survey Est., R.C.E., 1947-48
Aerial photography by R.C.A.F., 1946
Published 1946

Scale 1:50,000



905





	limoneux			Glacial remanie	Marin	Post-glac
7	sable limoneux	ondulé	8-23 m			
6	sable limono-graveleux	ondulé	0-23 m			
5	limon graveleux	ondulé	0-23 m			
4	limon gravelo-argileux	ondulé 1 m	0-15 m			
3	limon sablo-graveleux	ondulé	0- 8 m			
2	limon argilo-graveleux	sub-horizontal	8-15 m			
1	gravier, sable blocs	colline	23-38 m	Fluv. glac.		
R2	calcaire	sub-horizontal	0- 1 m			Silurien
R1	subgreywacke	sub-horizontal à bosselé	0-45 m			Protérozoïque

East	North
Take West edge of square stretch point line, and read the figure printed opposite this line on the right. Each number on the right is the distance in feet from the center of the square to the point.	Take South edge of square stretch point line, and read the figure printed opposite this line on the left. Each number on the left is the distance in feet from the center of the square to the point.
87	99
874	990
STANDARD MILITARY GRID REFERENCE 874990 (To nearest 100 Metres)	
Nearest similar grid reference 100,000 Metres (approximately 63 Miles)	

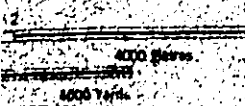
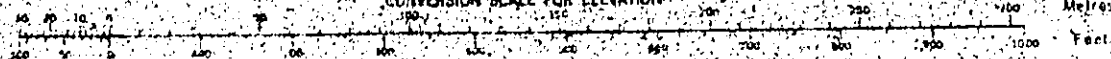
ONE THOUSAND METRE
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID
ZONE 15

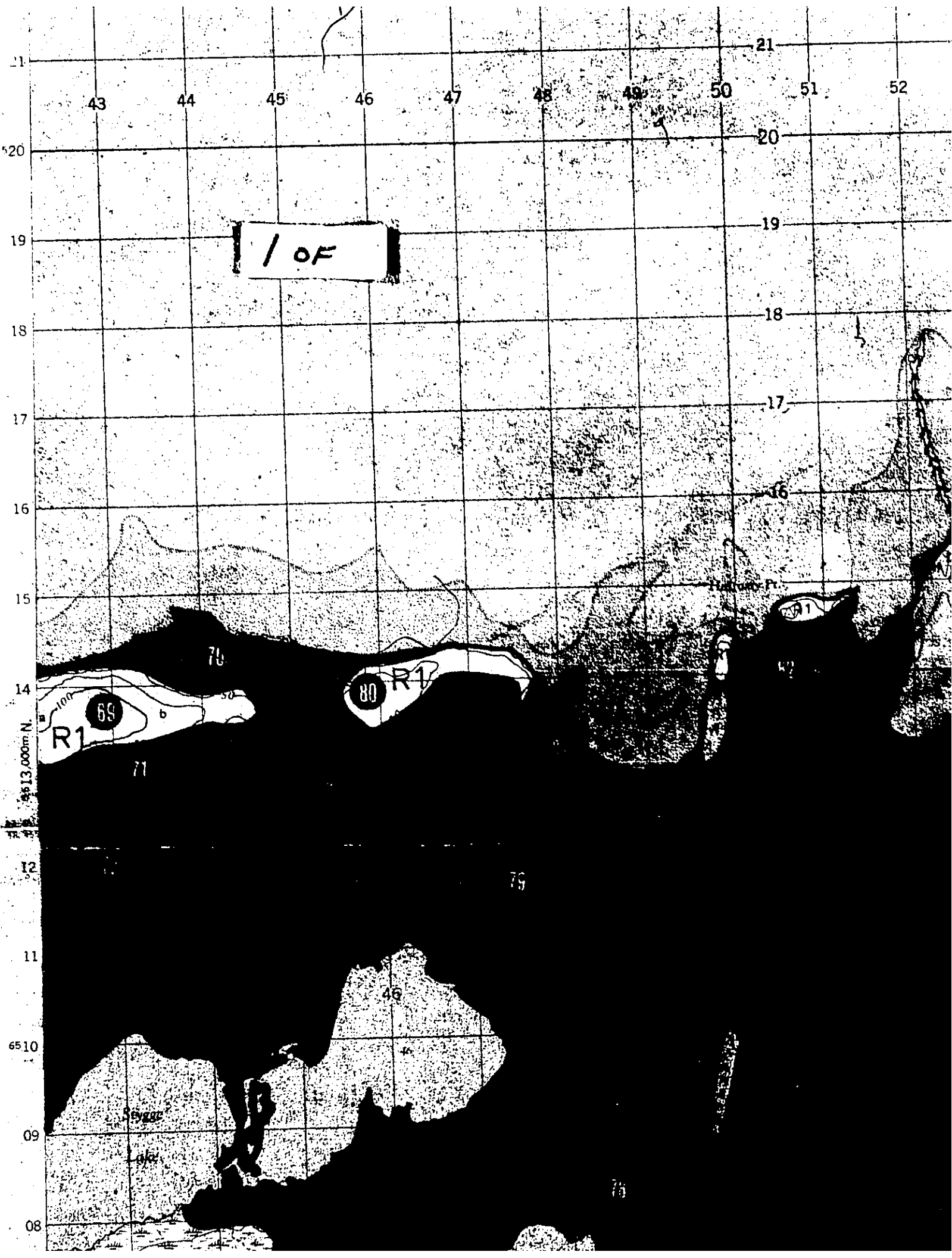
12712

SHEET 54 ^K/₁₁ EAST HALF

CONTOUR INTERVAL 25 FEET
All Elevations in Feet above Mean Sea Level

CONVERSION SCALE FOR ELEVATION





53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

21

20

19

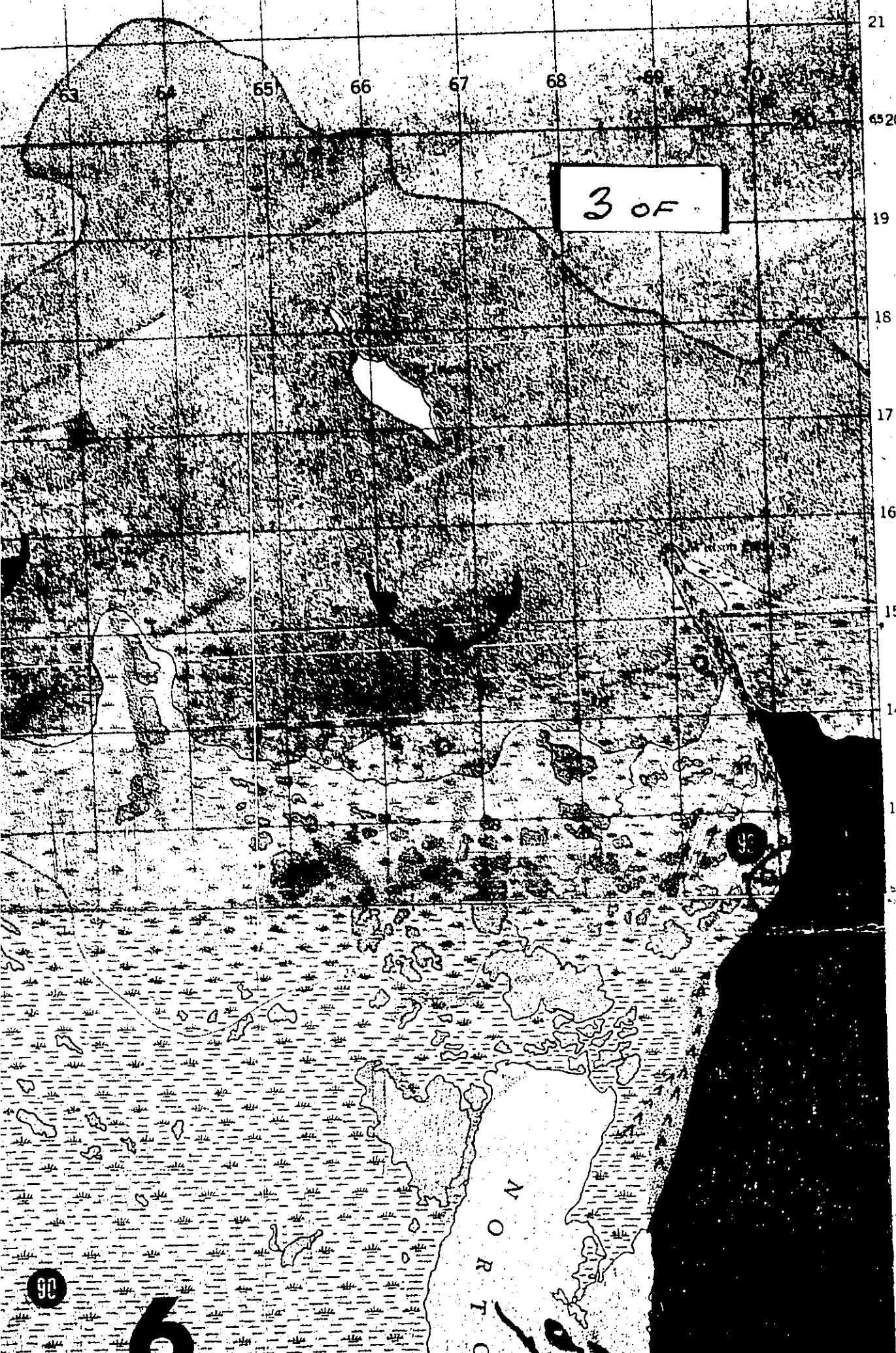
2 of

Gyrfan P.

Christmas

Lake

50



3 OF

FIGURE
USE
ST

ST

DEP

Other



APPROXIMATE MEAN DECLINATION FOR CENTRE OF SHEET
The variation of the compass needle is decreasing & magnetic meridian

4 OF

TO GIVE GRID REFERENCE ON THIS SHEET
FIGURES. IGNORE the SMALLER figures printed around the margin of the map. These are for finding the full coordinates. USE ONLY the LARGER FIGURES PRINTED IN THE MARGIN OR ON THE FACE OF THE MAP, viz. 450

POINT		LIGHTHOUSE	
FOR STANDARD MILITARY GRID REFERENCE		FOR STANDARD MILITARY GRID REFERENCE	
East	North	East	North
Take West edge of square in which point lies, and read the figure printed opposite this edge in North or South margin or on the line itself on the face of the map.	Take South edge of square in which point lies, and read the figure printed opposite this edge in East or West margin or on the line itself on the face of the map.	65	18
7	0		
East 657	North 180		
STANDARD MILITARY GRID REFERENCE		657180	To nearest 100 Metres
Nearest similar grid reference 100,000 Metres Approximately 6.2 Miles			

ONE THOUSAND METRE
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID
ZONE 15

SHEET 54 K/13 EAST HALF



CANADA

DEPARTMENT OF NATIONAL DEFENCE
ARMY SURVEY ESTABLISHMENT

REFERENCE

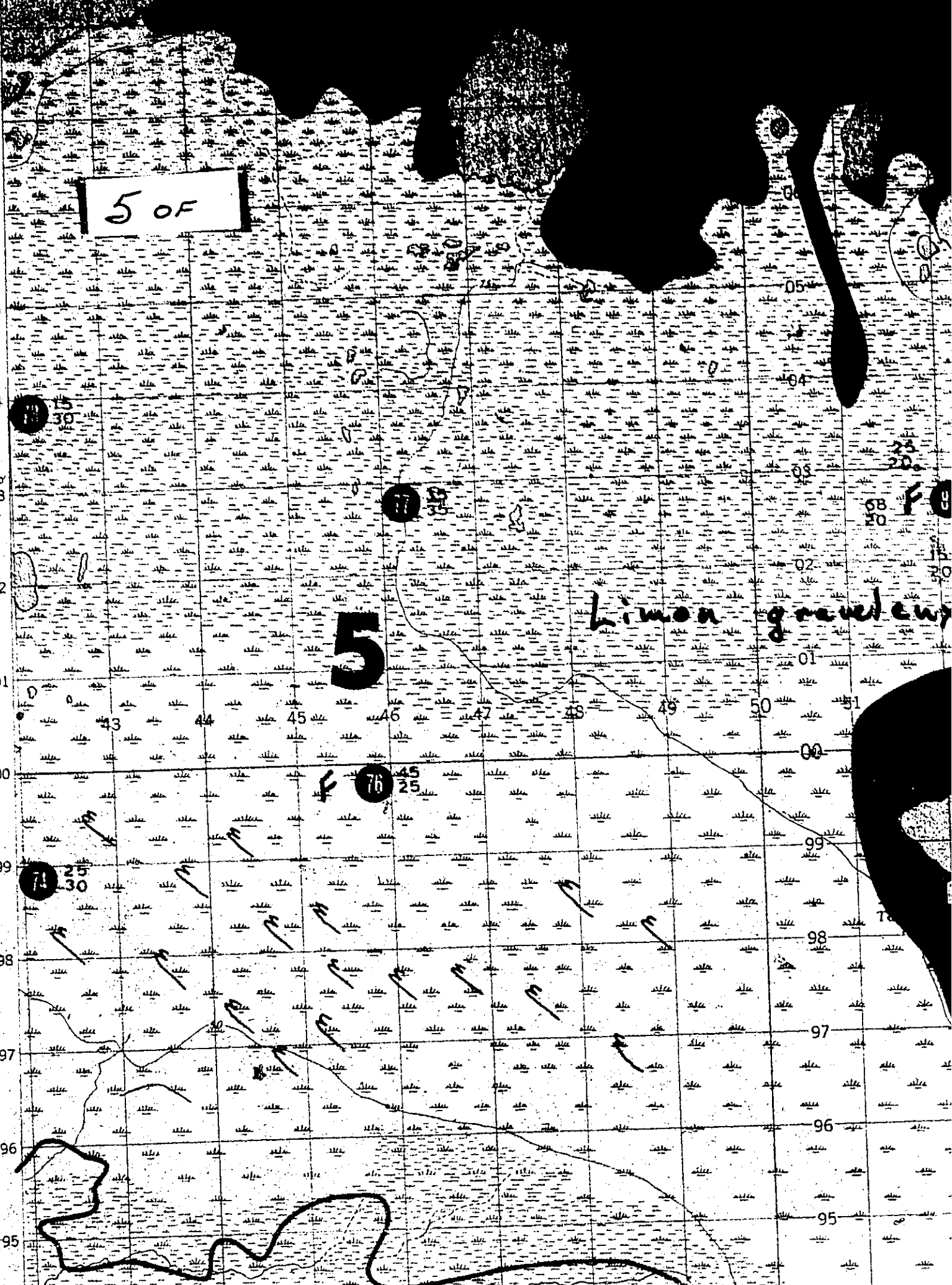
Road: hard surface, paved
hard surface, unpaved
hard surface, unpaved
1:50,000 scale
1:25,000 scale
1:10,000 scale

08
07
06
05
04
03
02
01
00
99
98
97
96
95

5 OF

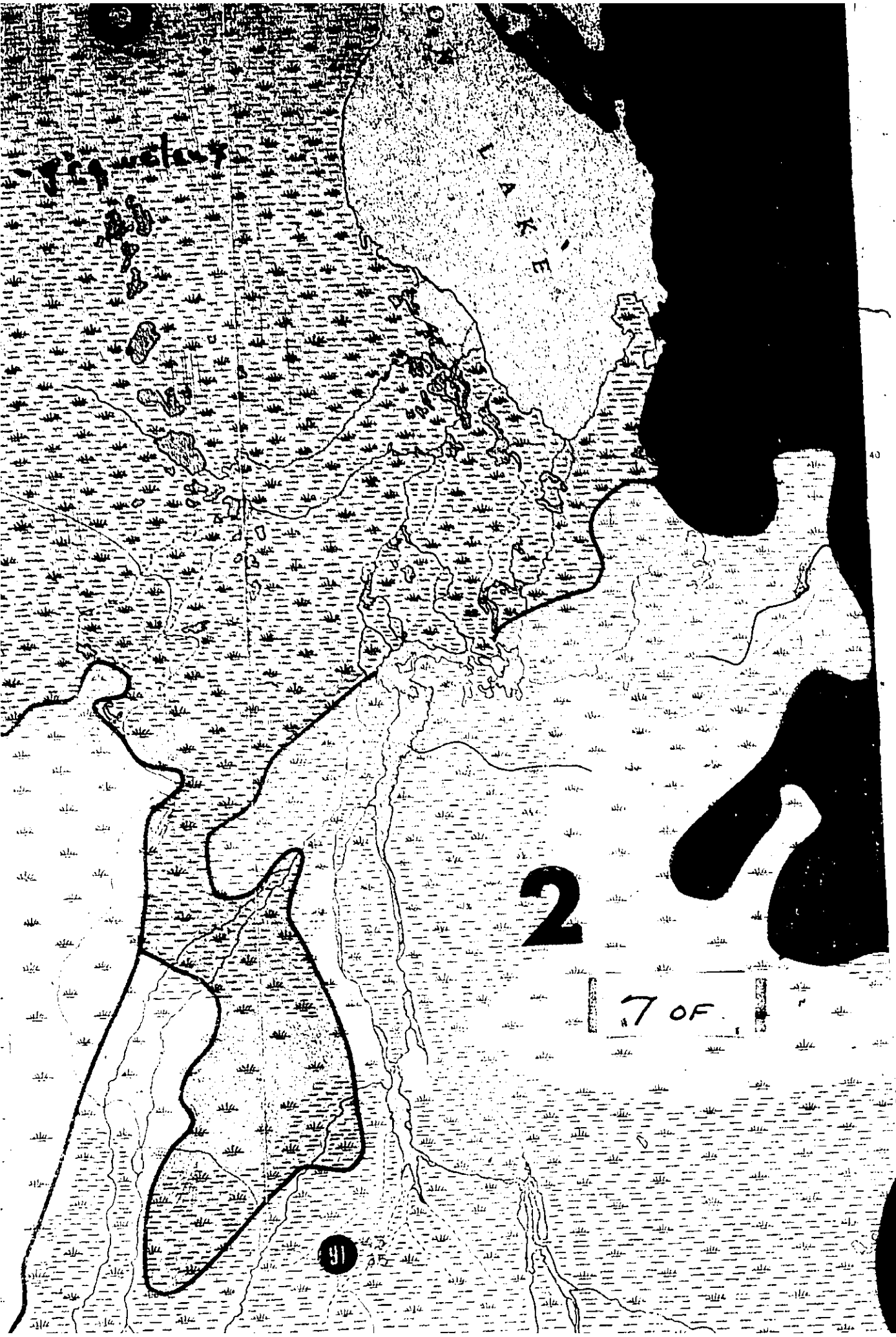
5

Limona gravel cusp



5

- Other roads
- Private Road
- Trail
- Railway
- Bridge
- Boundary
- Reservation
- Doctor Post
- Telephone
- Tramway
- Camera
- Bench Mark
- Spot Bench
- House
- Barn
- Mill or Fair
- School
- Church
- Post Office
- Telephone
- Man of C
- Cemetery
- Quarry
- Sand
- Cliff
- Cutting
- Embank
- Lighting
- Warfare
- Ford
- Swamp
- Lake or
- Glacier
- Stream
- Contour
- Woods
- Gravel



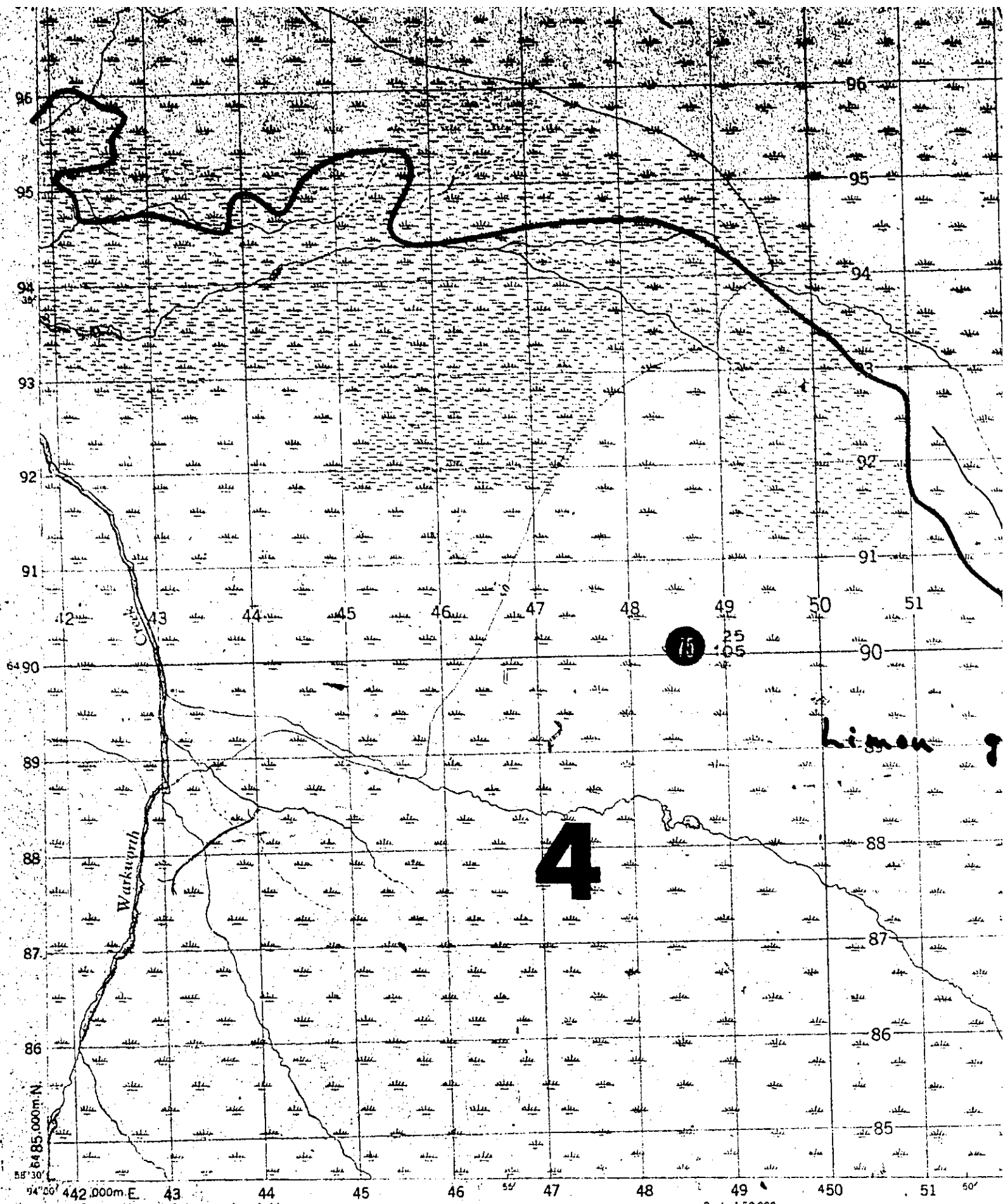
25
50' 15"
50' 45"
50' 15"



hard surface, medium	for more (ages)	Not less than 14 ft wide
loose surface, graded and drained		
Other Roads		
Private Road		
Trail		
Railway, double track	Station	
Single track	Stop	Sliding
abandoned		
narrow gauge or electric		
Bridge, comparable to underpass		
Boundaries, International		
Political		
County		
Reservation, Indian, Military		
Electric Power Line		
Telephone, transmission		
Triangulation Station		
Camera Station		
Bench Mark		
Spot Height, in feet		
House		
Barn		
Mill or Factory, small		
School		
Church		
conspicuous tower or spire		
Post Office		
Telephone Exchange		
Mine or Open Cut		
Cemetery or Churchyard		
Quarry		
Sand or Gravel Pit		
Cliff		
Cutting		
Embankment, Dump, etc.		
Lighthouse		
Wharf or Pier		
Foreshore Flats		
Swamp or Marsh		
Lake or Slough, nonpermanent		
Glacier or Snowfield		
Stream, intermittent		
Contours, elevation		
depression		
Wooded Areas, heavy		
light		
Gravel Ridge		

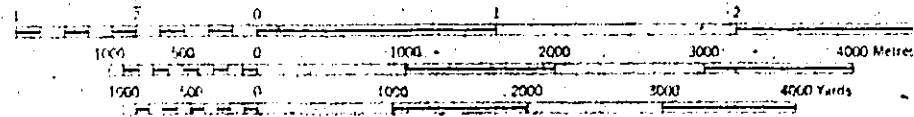
INDEX TO ADJOINING SHEETS

95°00'	94°00'	93°00'
54 M/7	54 M/8	54 N/5
54 M/2	54 M/1	54 N/4
54 L/15	54 L/1	54 K/13
54 L/10	54 L/9	54 K/12
54 L/7	54 L/8	54 K/5

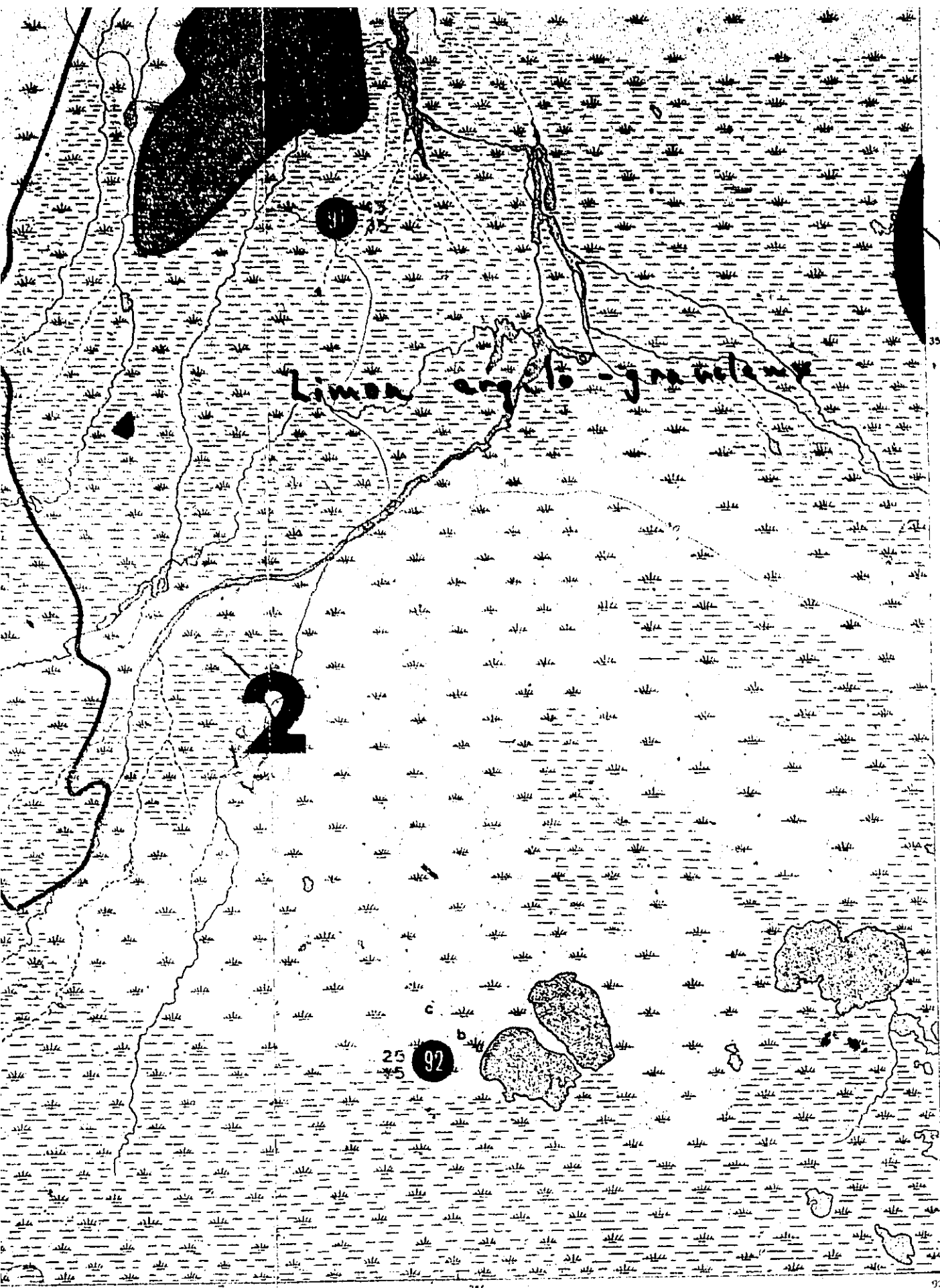


Surveyed, compiled, drawn and printed by
the Army Survey Est. R.C.E. 1947-48
Aerial photography by R.C.A.F. 1946.
Published 1949

Scale 1:50,000

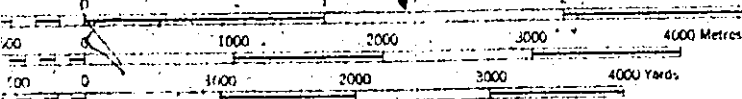


9 OF

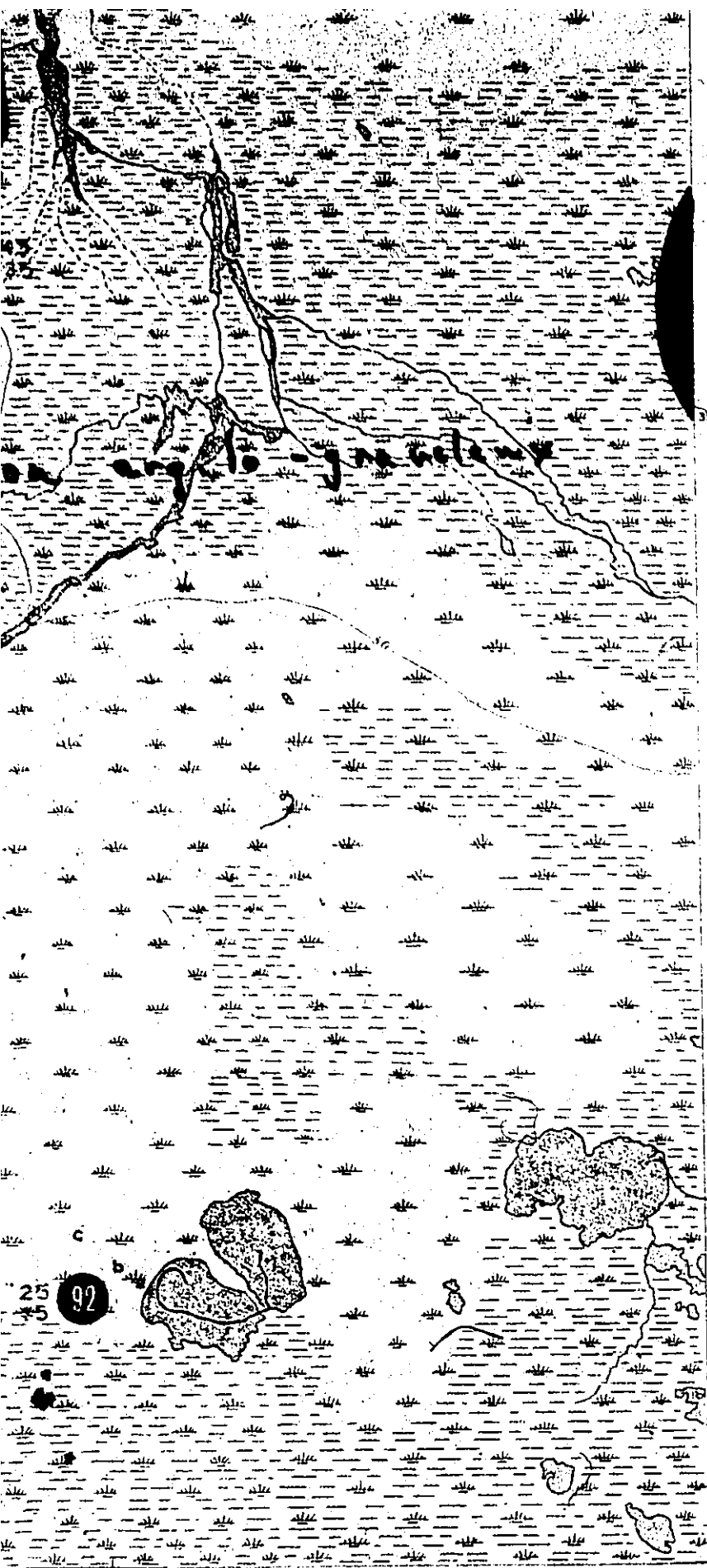


Scale 1:50,000

3 Miles



Copies may be obtained from the
Map Distribution Office,
Dept. of Mines and Technical Surveys,
Ottawa.



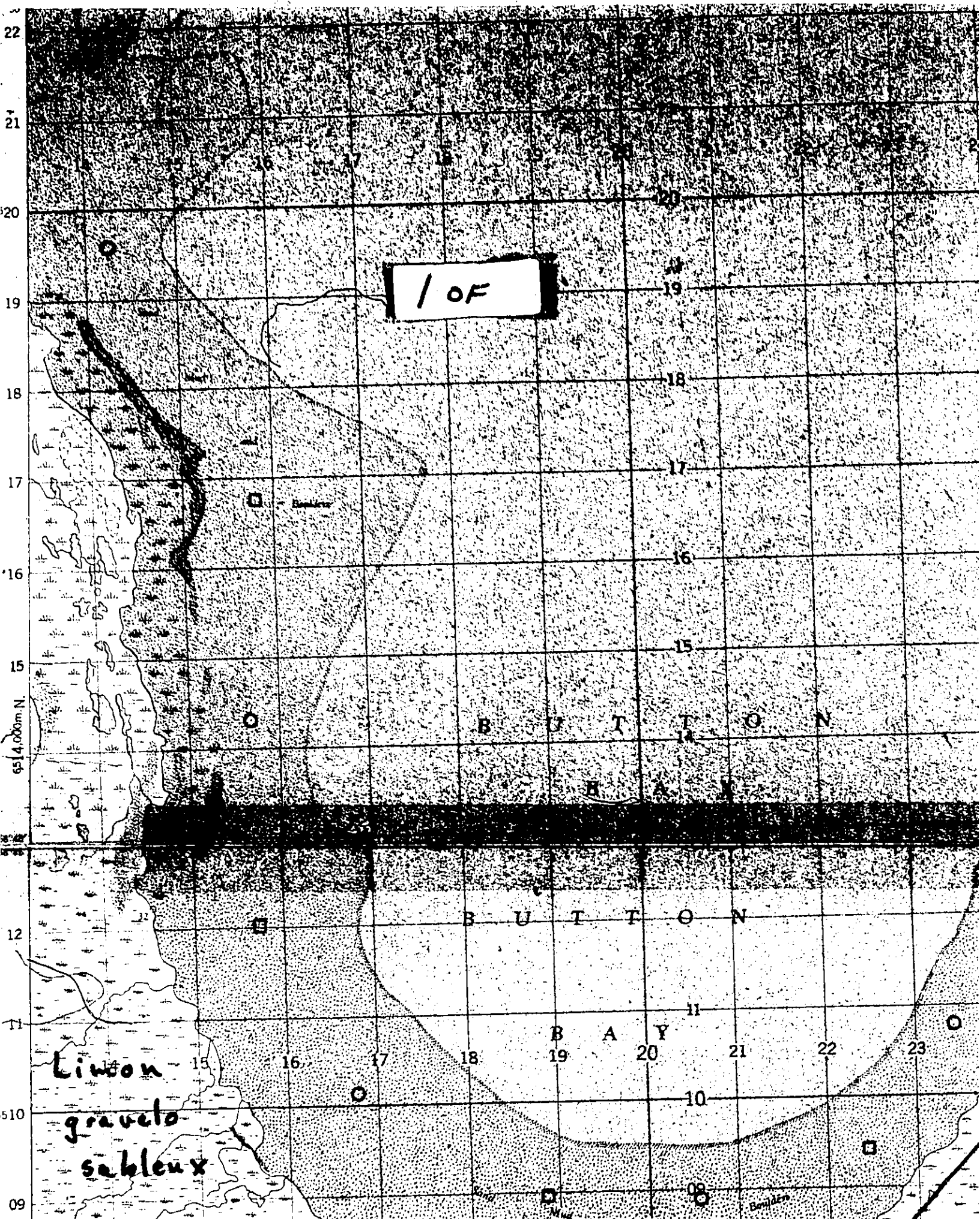
54 M/2	54 M/1	54 N/4	54 N/3	54 N/2
54 L/15	54 L/16	54 K/13	54 K/14	54 K/15
54 L/10	54 L/9	54 K/12	54 K/11	54 K/10
54 L/7	54 L/8	54 K/5	54 K/6	54 K/7

SHEET 54 K/12 EAST HALF
EDITION 2 ASE

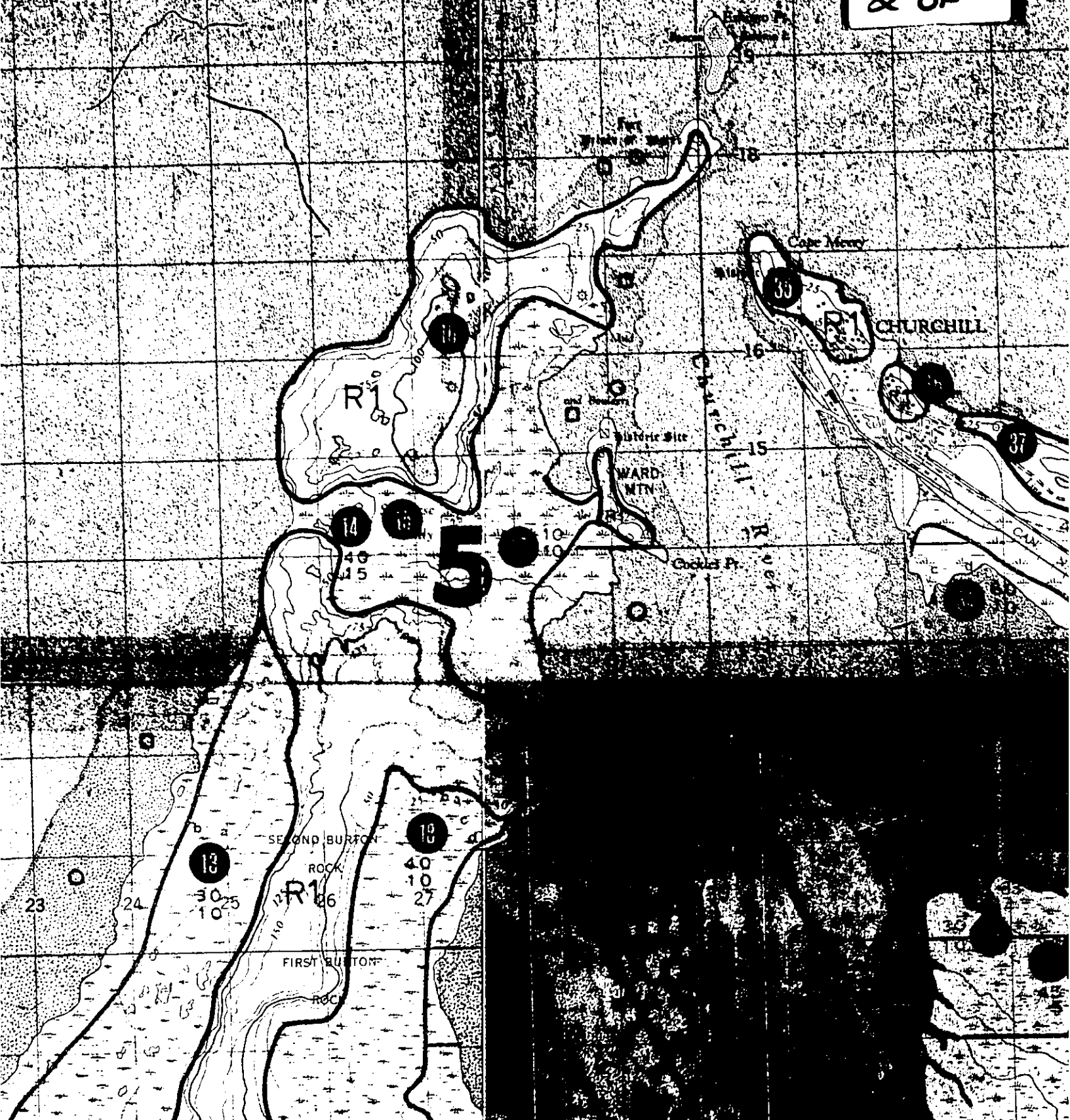
CONTOUR INTERVAL 25 FEET
All Elevations in Feet above Mean Sea Level

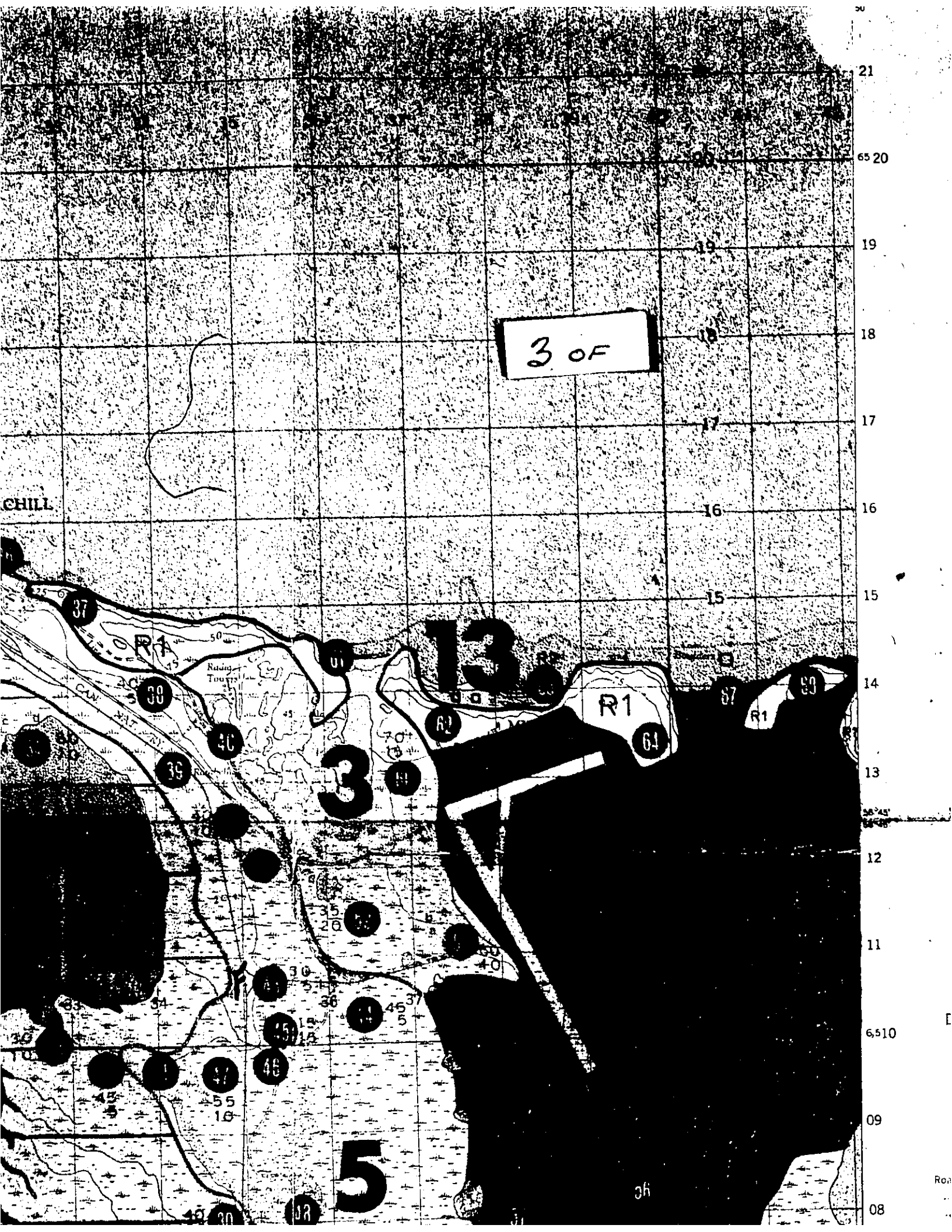
Copies may be obtained from the
Map Distribution Office,
Dept. of Mines and Technical Surveys,
Ottawa.

10-6



2 OF





3 OF

CHILL

13

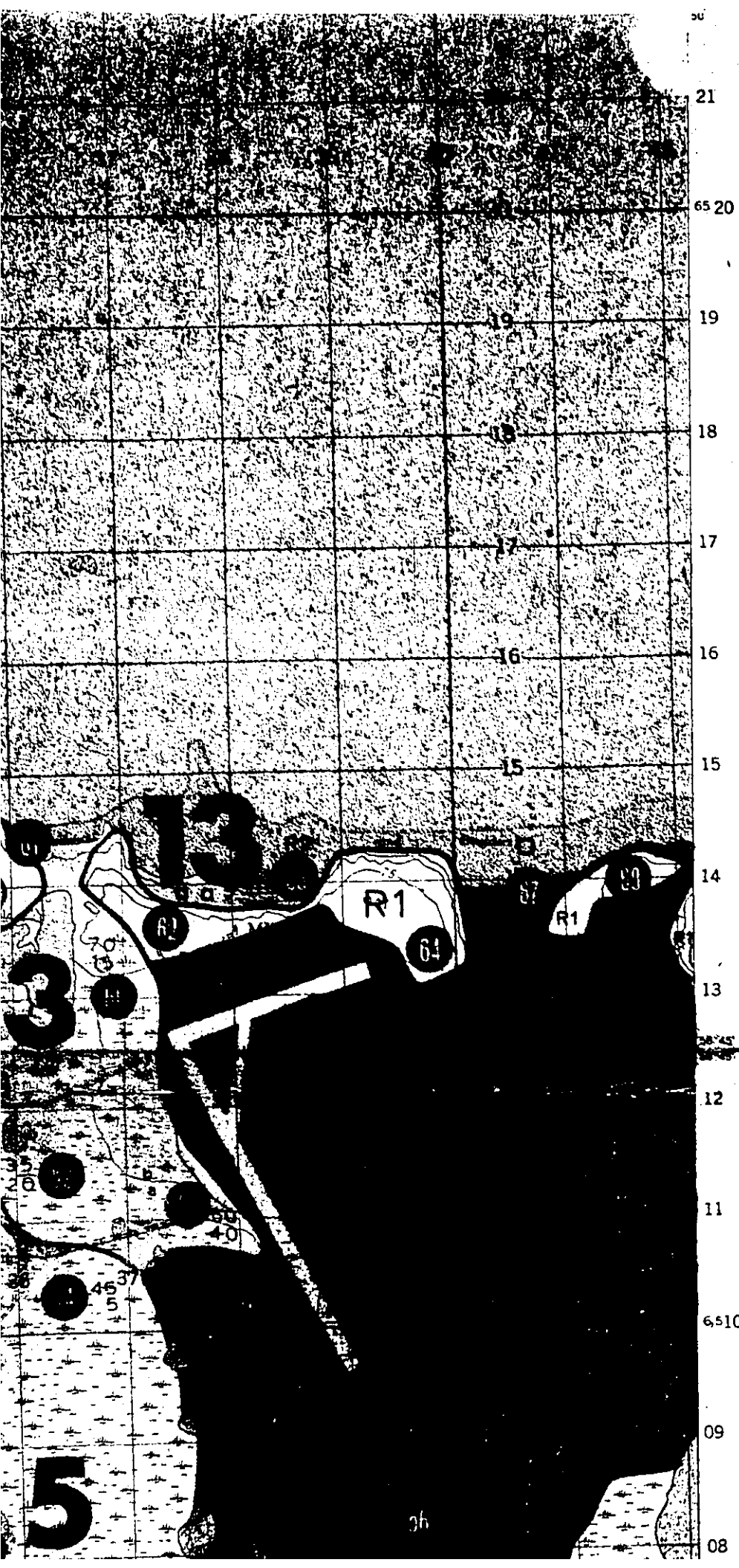
3

5

R1

R1

21
65 20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
6510
09
08



The diagram is to show approximate values
 APPROXIMATE MEAN DECLINATION 1949
 FOR CENTRE OF SHEET
 The variation of the compass needle
 is decreasing 6 minutes annually

4 OF

TO GIVE GRID REFERENCE ON THIS SHEET
 FIGURES, IGNORE the SMALLER figures printed around the margin
 of the map. These are for finding the full coordinates
 USE ONLY the LARGER FIGURES PRINTED IN THE MARGIN OR
 ON THE FACE OF THE MAP, viz. 440

POINT LIGHTHOUSE	
FOR STANDARD MILITARY GRID REFERENCE	
East	North
Take West edge of square in which point lies, and read the figure printed opposite this line on North or South margin or on the line itself on the face of the map Ex. 306	Take South edge of square in which point lies, and read the figure printed opposite this line on East or West margin or on the line itself on the face of the map Ex. 165
306	165
STANDARD MILITARY GRID REFERENCE 306165 To nearest 100 Metres	
Nearest similar grid reference, 100,000 Metres. Approximately 6.5 Kilometres	

ONE THOUSAND METRE
 UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID
 ZONE 15

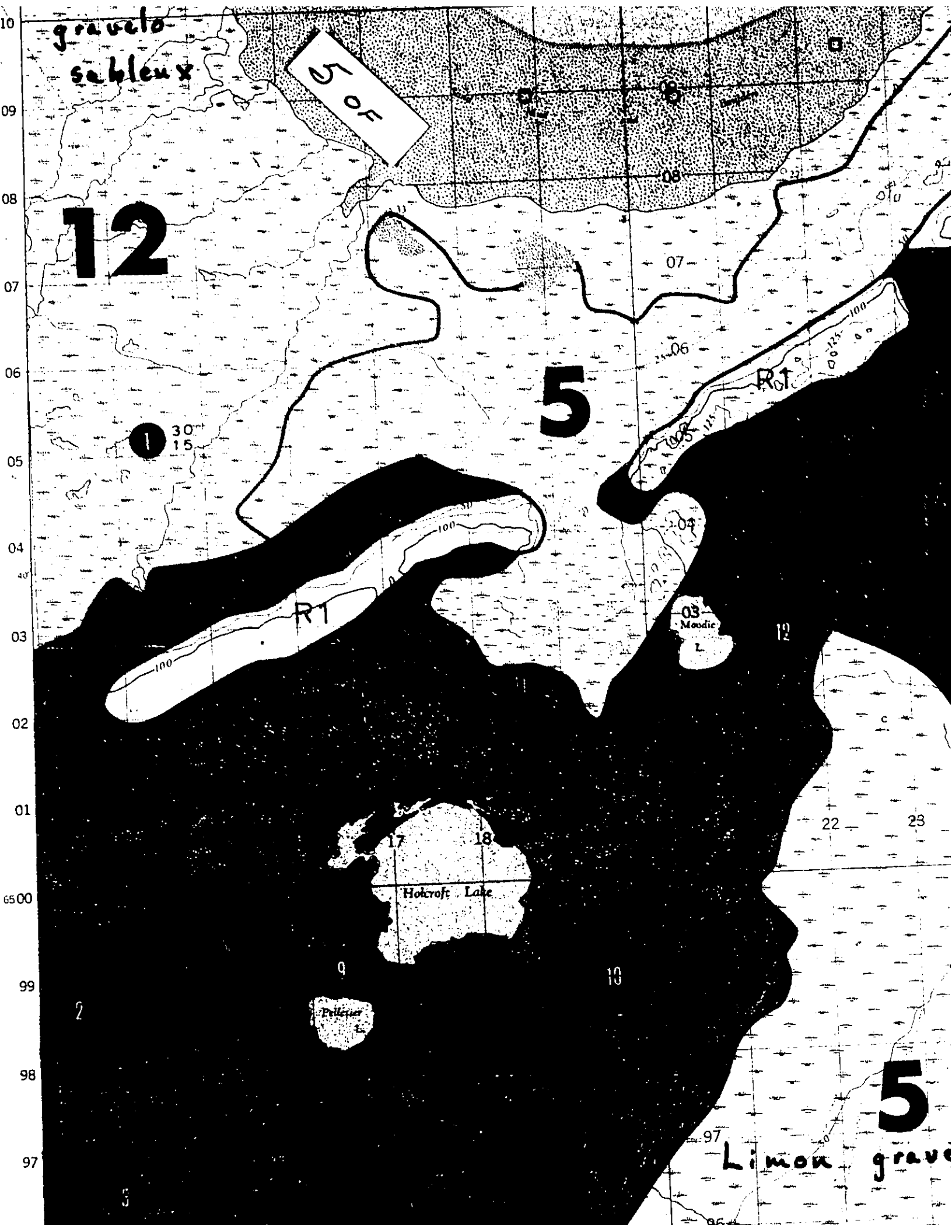
SHEET 54 L/16 EAST HALF



CANADA
 DEPARTMENT OF NATIONAL DEFENCE
 ARMY SURVEY ESTABLISHMENT

REFERENCE

Road, hard surface, heavy duty,	3 or more lanes	Part completed
.. hard surface, heavy duty	2 lanes	Route No.
.. hard surface, medium duty,	3 or more lanes	2 lanes





19

5

6 OF 1

20

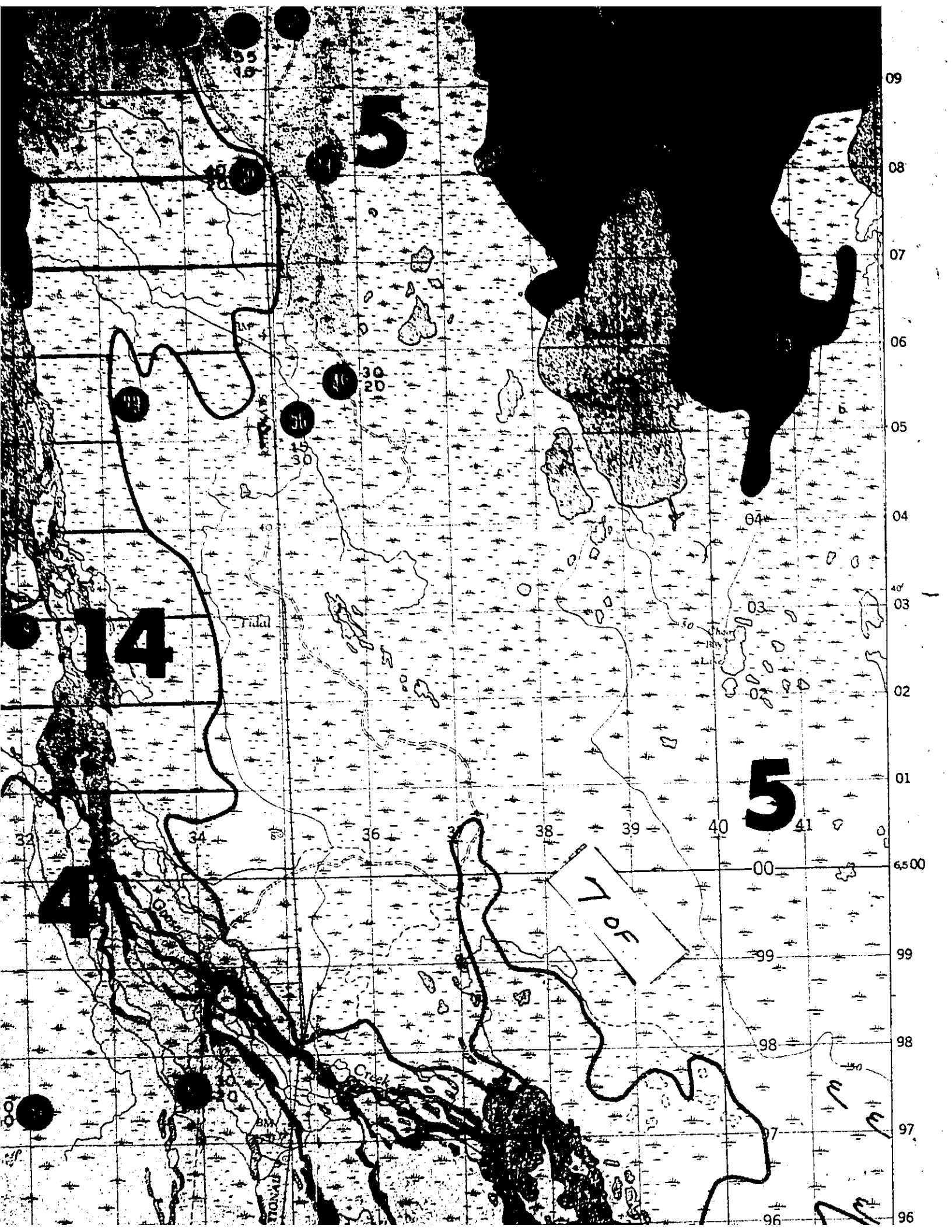
5

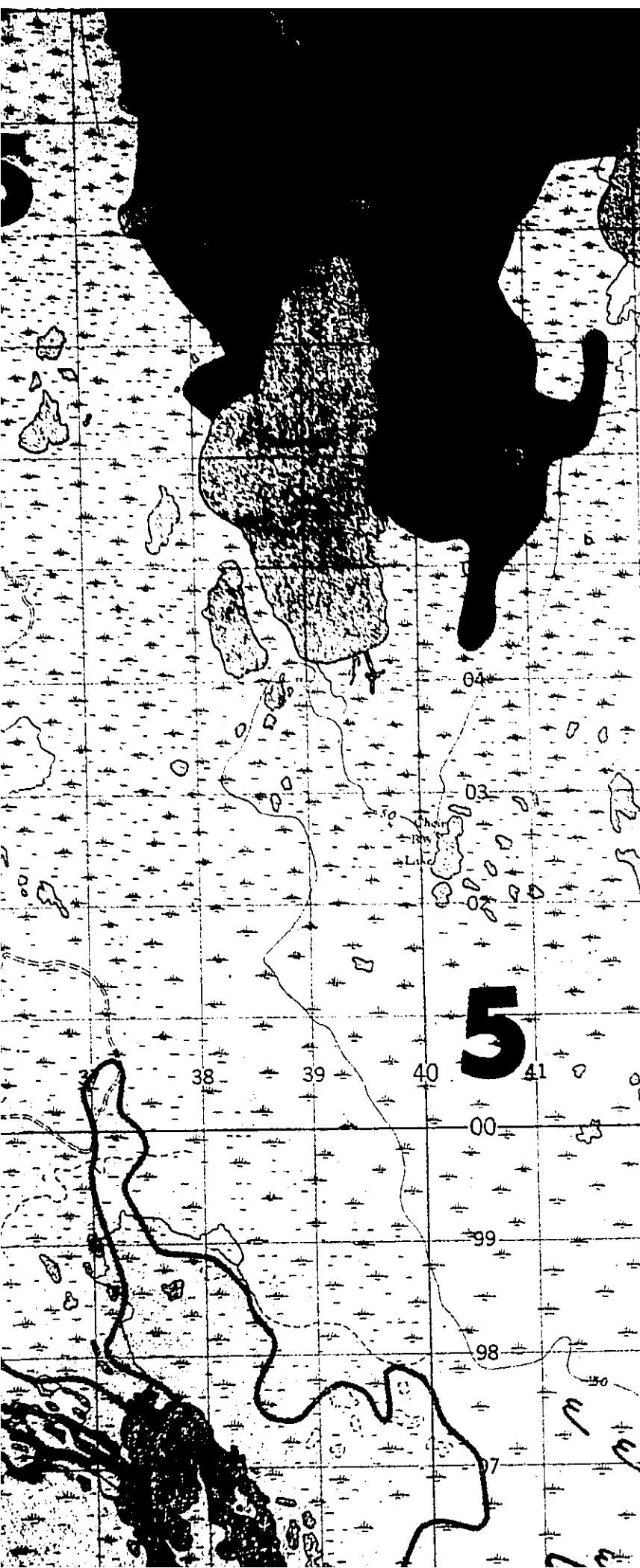
gravelly

21

4

21





REFERENCE

Road, hard surface, heavy duty.	3 or more lanes Part completed
.. hard surface, heavy duty	2 lanes Route No.
.. hard surface, medium duty.	3 or more lanes 2 lanes
.. loose surface, graded and drained	3 or more lanes Not less than 14 ft wide
Other Roads	Poor condition
Private Road	
Trail	
Railway, double track	Station
.. single track	Stop Siding
.. abandoned	
.. narrow gauge or electric	
Bridge, overpass or underpass	
Boundaries, International	
.. Provincial	
.. County	
Reservation, Indian, Military	
Electric Power Line	on Steel Towers on Wood Poles
Telephone, trunk route	
Triangulation Station	
Survey Monument	
Bench Mark	B.M.
Spot Height, (in feet)	
House	
Barn	
Mill or Factory, small	S.M.
School	S.
Church	
.. conspicuous Tower or Spire	
Post Office	P.
Telephone Exchange	T.
Mine or Open Cut	
Cemetery or Churchyard	
Quarry	
Sand or Gravel Pit	
Cliff	
Cutting	
Embankment, Dump, etc.	
Lighthouse	
Wharf or Pier	
Foreshore Flats	
Swamp or Marsh	
Lake or Slough, non permanent	
Glacier or Snowfield	
Stream, intermittent	
Contours, elevation	500 475 500
.. depression	
Wooded Areas, heavy	
.. light	
Gravel Ridge	

180F

INDEX TO ADJOINING SHEETS

95°00'	94°00'	93°00'
54M/7	54M/8	54N/5
54N/6	54N/7	

97

96

95

94

93

92

91

6490

89

88

87

6486,000m.N.

58°30'

Limon grave

Stable
limonous

7

14

7

22

30

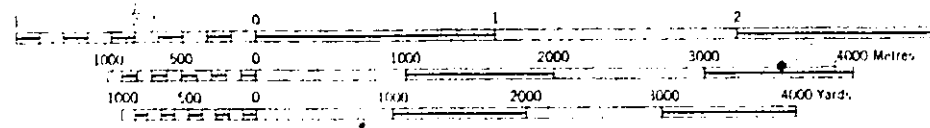
40

6

1

Surveyed, compiled, drawn and printed by
the Army Survey Est., R.C.E. 1947-48
Aerial photography by R.C.A.F., 1946.
Published 1949 Second edition 1963.

Scale 1:50,000



9 OF

gravelly

21

Limor
gravel
sableux

THIBAUDSON
CHURCHILL

Thibaudson

Morier

4

7

14

3 Miles

1000 Metres

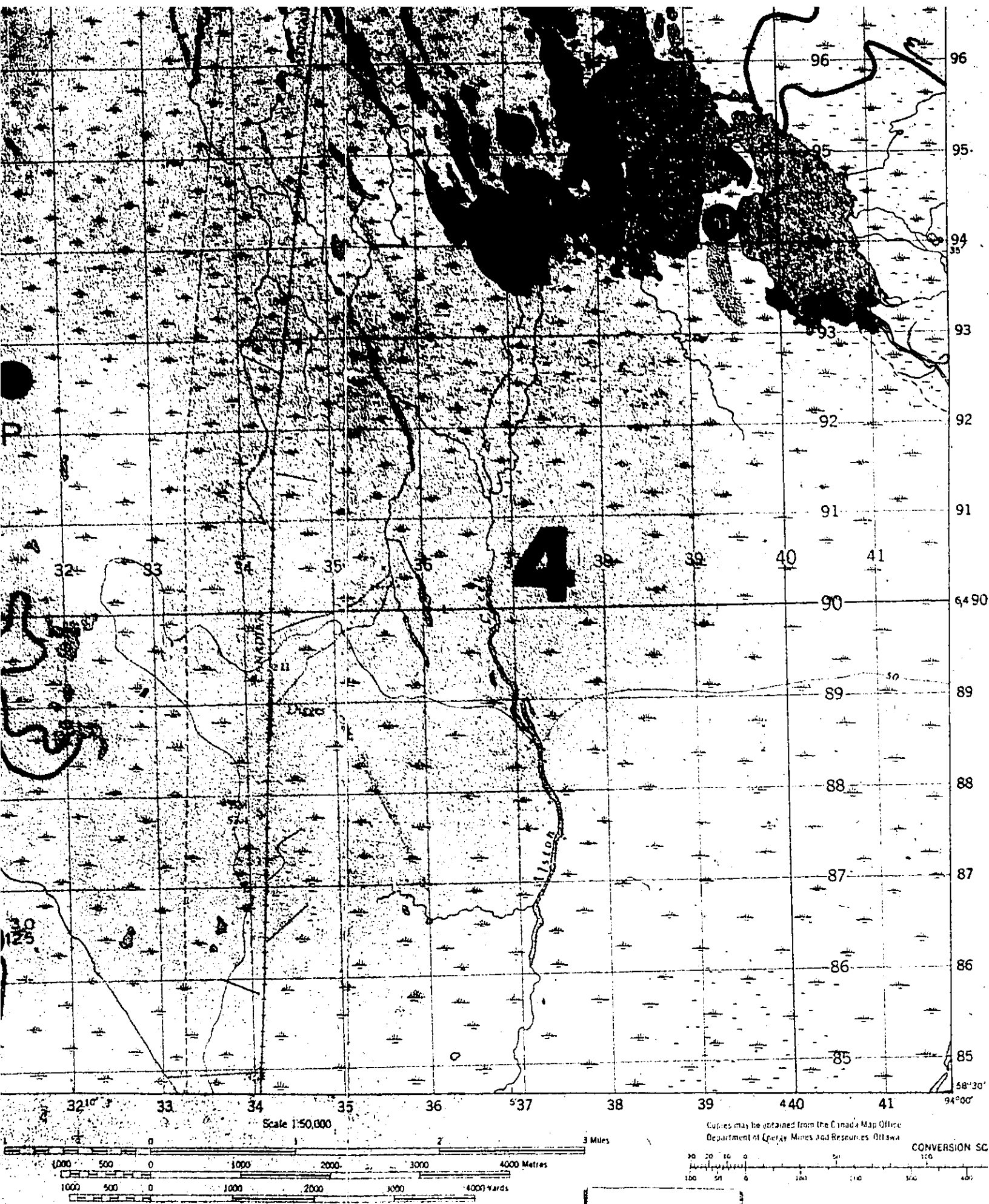
CONVER

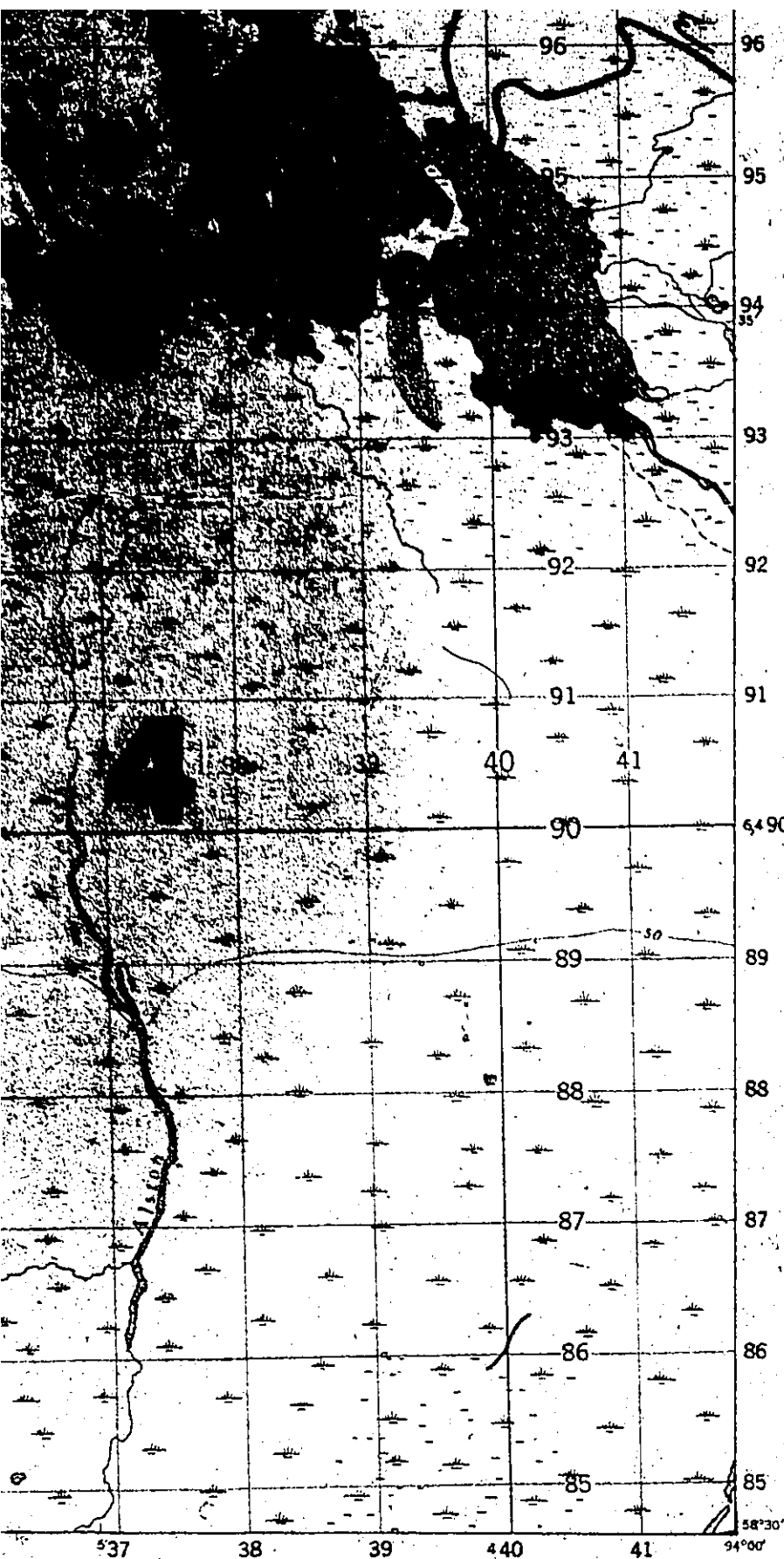
Surveyed, compiled, drawn and printed by
the Army Service Corps, R.C.E. 1947-48
Aerial photography by R.C.A.F. 1946
Published 1949. Second edition 1963

© Canada Copyrights Reserved (1972)
© Canada 1972 tous droits réservés

0
1000 500 0
0
1000 500 0
0

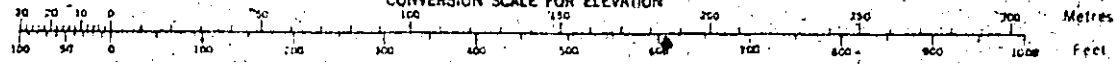
10 of



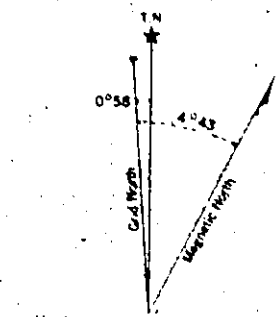


Copies may be obtained from the Canada Map Office:
Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

CONVERSION SCALE FOR ELEVATION



54 M/2	54 M/1	54 N/4	54 N/3	54 N/2
54 L/15	54 L/16	54 K/13	54 K/14	54 K/15
54 L/10	54 L/9	54 K/12	54 K/11	54 K/10
54 L/7	54 L/8	54 K/5	54 K/6	54 K/7



Use diagram only to obtain numerical values.
APPROXIMATE MEAN DECLINATION 1949
FOR CENTRE OF SHEET
The variation of the compass needle
is decreasing 6 minutes annually

TO GIVE GRID REFERENCE ON THIS SHEET.
FIGURES. IGNORE THE SMALLER figures printed around the margin of the map. These are for finding the full co-ordinates. USE ONLY THE LARGER FIGURES PRINTED IN THE MARGIN OR ON THE FACE OF THE MAP. viz. 430

Point		House	
FOR STANDARD MILITARY GRID REFERENCE			
East	North	East	North
Take West edge of square in which point lies, and read the figure printed opposite this line on North or South margin or on the side itself on the face of the map. (For more points Eastward)	Take South edge of square in which point lies, and read the figure printed opposite this line on East or West margin or on the side itself on the face of the map. (For more points Northward)	34	99
3	4	343	994
STANDARD MILITARY GRID REFERENCE		343994 (To nearest 100 Metres)	
Nearest similar grid reference: 100,000 Metres: Approximately 6.3 Miles			

ONE THOUSAND METRE
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID
ZONE 15
SHEET 54 L/9 EAST HALF

CONTOUR INTERVAL 25 FEET
All Elevations in Feet above Mean Sea Level

15