

CANADIAN THESES ON MICROFICHE

I.S.B.N.

THESES CANADIENNES SUR MICROFICHE



National Library of Canada
Collections Development Branch

Canadian Theses on
Microfiche Service

Ottawa, Canada
K1A 0N4

Bibliothèque nationale du Canada
Direction du développement des collections

Service des thèses canadiennes
sur microfiche

NOTICE

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

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

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

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

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

THIS DISSERTATION
HAS BEEN MICROFILMED
EXACTLY AS RECEIVED

AVIS

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

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

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

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

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

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

ETUDE PALYNOLOGIQUE DES ARGILES
DE LA MER DE CHAMPLAIN
DANS LE CANTON DE CUMBERLAND, EST ONTARIO

par
Denis R. Ouimet

THESE PRESENTEE A
L'ECOLE DES ETUDES SUPERIEURES DE
L'UNIVERSITE D'OTTAWA
EN VUE DE L'OBTENTION DE
LA MAITRISE ES ARTS EN GEOGRAPHIE

UNIVERSITE D'OTTAWA
OTTAWA, CANADA, 1983



Denis R. Ouimet, OTTAWA, Canada, 1983.

A mes parents et mon épouse

"Spore and pollen analysis of samples taken from marine sediments is the only universal method through which these sediments can be correlated with sediments that are found on the surrounding land" Manten (1966).

"Effectivement, la palynologie marine, discipline neuve, est très riche d'avenir" Hervé Chamley (1971).

RESUME

Puisque dans l'Est de l'Ontario, la plupart des diagrammes polliniques proviennent de tourbières et livrent essentiellement des spectres holocènes, nous avons choisi d'analyser les sédiments de la Mer de Champlain pour étudier la période tardiglaciaire. Nous devions donc évaluer les possibilités de reconstituer l'évolution du paysage végétal dans les régions bordant la mer, par l'intermédiaire des spectres polliniques des argiles marines et ensuite nous devions comparer les résultats aux spectres tardiglaciaires des régions qui n'ont pas été recouvertes par la mer.

Trois nouveaux diagrammes polliniques ont été établis dans le canton de Cumberland à environ 25 km à l'est d'Ottawa. Les résultats reconstituent effectivement le paysage végétal des régions côtières et sont comparables aux spectres tardiglaciaires des régions non-marines. De plus les corrélations palynostratigraphiques, grâce aux courbes continues de *Populus* et de *Betula*, suggèrent que les sédiments analysés ont été déposés entre 11 000 et 10 000 B.P. Enfin l'extension des plantes herbacées indique une sédimentation durant la période de régression marine et l'exondation de surfaces disponibles pour la colonisation végétale.

Ces résultats ont été obtenus par l'amélioration de la méthode de concentration pollinique de Cwynar, Burden et McAndrews (1979). Nous avons en effet conçu un système pour microtamiser simultanément et sous agitation magnétique constante, quatre échantillons précédemment défloculés au pyrophosphate de soude.

ABSTRACT

Palynological Study of the Champlain Sea Clays in the Cumberland Township Area, Eastern Ontario.

Pollen spectra from Champlain Sea sediments were studied to investigate Late-glacial vegetation. This is not possible with organic sediments from Eastern Ontario which do not extend beyond the Holocene. First of all it was necessary to determine whether or not it was possible to reconstruct the shoreline vegetation evolution by analyzing pollen sequences from marine clays. Then the results could be compared with Late-glacial sequences from areas unaffected by marine transgression.

Three pollen diagrams from the Cumberland Township area, about 25 km east of Ottawa, yield results which effectively help reconstruct the vegetation landscape of coastal regions. These diagrams are compared to Late-glacial pollen sequences originating from non-marine sediments bordering the former sea. The continuity of *Populus* and *Betula* curves help establish palynostratigraphic correlations that suggest an age of 11 000 to 10 000 years B.P. for the deposition of the sediments studied. Finally the extension of herbaceous vegetation indicates that during the lowering stage of the sea, the emerged surface was accessible to plant migration while sedimentation was still active in the basin.

These results were obtained by improving the pollen concentration method established by Cwynar, Burden and McAndrews (1979). A microsieving system was conceived and built in the departmental laboratory. It simultaneously treats four samples, under constant magnetic agitation, previously deflocculated with sodium pyrophosphate which produce better results than other methods used for mineral sediments.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Mlle Marie-Anne Geurts, mon directeur de thèse. Elle m'a guidé d'un esprit critique et m'a souvent gratifié de son aide personnelle en plus de m'initier à la palynologie.

Je suis reconnaissant envers le Dr. St-Onge, le Dr. Lagarec, le Dr. French et le Dr. Richard pour leurs commentaires et leurs conseils, lors de la rédaction.

Je voudrais également exprimer ma grande reconnaissance à l'égard de mes parents, mes deux frères, Marc et Gilles, ainsi que ma belle-soeur Guylaine. Ils m'ont fourni le support nécessaire tout au long de mes études.

Je remercie vivement mon épouse Suzanne, car elle m'a toujours encouragé et elle a souvent passé des heures supplémentaires à m'aider, suite à ses journées de travail. Je remercie ses parents qui à plusieurs reprises m'ont offert leur hospitalité et m'ont épargné les cinquante kilomètres de route jusqu'à Constance Bay.

Un merci spécial à M. Pierre Leveillé et Mme Marie-Andrée Slevan qui m'ont permis de dessiner, cartes, tableaux et figures dans leur demeure avec leurs instruments.

Merci à Daniel Hamelin et Hélène Bruneau pour leur assistance sur le terrain.

Ma reconnaissance est grande pour mes amis, Serge Paradis, Paul Simard, Michel Tremblay et mes collègues de bureau qui m'ont aidé pendant ces dernières années par leurs commentaires et leurs critiques.

Merci à Mme Nicole Therrien et Diane Blanchet qui ont bien voulu corriger le texte et à Mme Diane Gourgon qui a dactylographié le manuscrit.

Je tiens à remercier les propriétaires de sablières qui nous ont permis l'accès aux différents sites de prélèvements à plusieurs reprises entre 1979 et 1982.

Enfin, je suis redevable au personnel de soutien du Département de Géographie, le personnel de la cartothèque, ainsi qu'à tous ceux que j'oublie et dont je suis débiteur.

Je suis reconnaissant envers le Département de Géographie pour l'aide financière apportée sous forme d'assistantat entre 1979 et 1980.

Merci à vous tous, car sans votre aide, votre soutien, votre patience et votre collaboration, je n'aurais pu réaliser cette étude.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
RESUME	1
ABSTRACT	11
REMERCIEMENTS	1V
TABLE DES MATIERES	VI
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	X
LISTE DES DIAGRAMMES POLLINIQUES	XI
LISTE DES ANNEXES	XII
INTRODUCTION	1
<u>CHAPITRE I REVUE PALYNOLOGIQUE</u>	4
1.1 Introduction	4
1.2 Revue des connaissances palynologiques	4
1.3 Phase initiale de végétation ouverte	11
1.4 Conclusion	21
<u>CHAPITRE II STRATIGRAPHIE, SEDIMENTOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE</u>	23
2.1 Introduction	23
2.2 Chronostratigraphie	24
2.3 Le cadre physique régional	25
a) le relief	25
b) les dépôts de surface	27
c) le substratum rocheux	28
2.4 Choix des sites et description	28
a) Sarsfield	32
b) Leonard	33
c) Bearbrook	37

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>PAGE</u>
2.5 Interprétation	38
a) l'origine de la crête	38
b) les unités supérieures	40
1) les dépôts de plage associés à la submergence marine	41
11) l'argile	42
111) interruption sédimentologique de l'argile	43
1v) les dépôts de plage associés à l'exondation.....	44
v) les dépôts éoliens	47
vi) le sol et l'unité remaniée de Leonard	48
vii) l'allure des unités en flanc de crête	48
2.6 Conclusion	49
 <u>CHAPITRE III TECHNIQUES ET METHODES</u>	50
3.1 Introduction	50
3.2 Prélèvement des échantillons	50
3.3 Préparation au laboratoire	51
3.4 Analyse des échantillons	64
3.5 Concentration pollinique	66
3.6 Présentation des résultats	66
 <u>CHAPITRE IV DESCRIPTION ET INTERPRETATION DES DIAGRAMMES</u> <u>POLLINIQUES ET PALEOENVIRONNEMENT</u>	71
4.1 Introduction	71
4.2 Description des diagrammes polliniques	71
4.3 Interprétation des diagrammes	73
a) Pauvreté en pollens	73
b) Les formations végétales	75
1) les conifères	75
11) <i>Populus</i>	75
111) <i>Betula</i>	77
1v) <i>Tilia</i> et les autres feuillus thermophiles	77
v) <i>Ephedra</i>	80
vi) les cupressacées	80
vii) les pollens vésiculés tri-ailés	81
viii) les plantes herbacées	82
4.4 Paléoenvironnement	83
4.5 Palynostratigraphie	85
 CONCLUSION	91
 BIBLIOGRAPHIE	93
 ANNEXES	101

LISTE DES FIGURES

<u>Figure</u>		<u>PAGE</u>
1	Schéma de déglaciation de la vallée du St-Laurent et invasion marine contemporaine (11 200 B.P.)	19
2	Localisation des sites d'échantillonnages	26
3	Représentation schématique de la configuration souterraine des dépôts de surface	29
4	Coupes schématiques transversales à la crête indiquant la localisation des sites d'échantillonnages..	31
5	Représentation schématique illustrant l'aspect sédimentologique du profil de Leonard	35
6	Ebauche de corrélation stratigraphique	45
7	Représentation schématique des dépôts remaniés de la crête par rapport à la position des sites de prélèvements	46
8	Détails de l'assemblage de l'appareil	56
9	Carte régionale montrant la limite marine et la phase d'émergence probable à 183 mètres	79
10	Dates au radiocarbone de coquillages marins les plus récents près de notre région d'étude	86
11	Données chronologiques (en années B.P.) et carte de localisation des sites exhibant la phase d'afforestation....	88
12a	Emplacement des localités citées dans le texte	103
12b	Emplacement des localités citées dans le texte	104

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau</u>		<u>PAGE</u>
1	Nomenclature palynostratigraphique pour les basses terres du St-Laurent	9
2	Statistiques d'amélioration	61
3	Statistiques globales des analyses	63
4	Méthode Frenzel (1964a)	106
5	Méthode Frenzel améliorée par Bastin (1971)	107
6	Liste taxons rares - Sarsfield	109
7	Liste taxons rares - Leonard	110
8	Liste taxons rares - Bearbrook	111

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

		<u>PAGE</u>
<u>Photographie</u>		
1	Exemple d'échantillonnage avec les boîtes et les sachets en plastique (gravière de Sarsfield)	52
2	Montage avec agitateurs magnétiques	55
3	Pollen type Lemnacee	113
4	Pollen difforme genre <i>Pinus</i>	114
5	Pollen difforme genre <i>Picea</i>	115

LISTE DES DIAGRAMMES POLLINIQUES

Diagramme

- 1 Diagramme pollinique de Sarsfield
- 2 Diagramme pollinique de Léonard
- 3 Diagramme pollinique de Bearbrook

LISTE DES ANNEXES

	<u>PAGE</u>
<u>Annexe</u>	
A Emplacement des localités citées dans le texte	102
B Méthodes précédemment utilisées	105
C Listes des taxons rares	108
D Photos de pollens	112
E Diagrammes polliniques (en pochette)	

INTRODUCTION

"Là où il n'y a pas un effort personnel et même original, il n'y a pas même un commencement de science" (Henri Bergson).

L'environnement végétal du tardiglaciaire et du début du post-glaciaire est encore peu connu dans l'Est de l'Ontario, car la rareté des tourbières contemporaines de ces épisodes a limité les recherches des palynologues. N'utilisant que des méthodes classiques d'extraction pollinique, les palynologues n'étudiaient pas les sédiments inorganiques jugés trop pauvres ou même stériles.

La recherche que nous présentons est un essai d'utilisation des sédiments minéraux marins de la Mer de Champlain pour reconstituer le paléoenvironnement végétal du tardiglaciaire et du début du postglaciaire. La région étudiée se situe à 25 kilomètres à l'est d'Ottawa, là où les sablières et gravières exposent les sédiments minéraux contemporains de l'épisode marin, le long de la crête de Sarsfield.

Premièrement la technique d'extraction pollinique de sédiments minéraux posait un problème. Nous avons débuté les préparations en utilisant la méthode Frenzel améliorée par Bastin (1971), qui se caractérise par l'utilisation d'une liqueur dense, mais celle-ci s'est révélée insuffisamment rentable pour les sédiments argileux.

Nous avons donc mis au point une autre méthode inspirée de la méthode de Kidson et Williams (1965) qui est basée sur la défloculation au pyrophosphate de soude en début de préparation. Ensuite avec un micro-tamissage (15 microns) comme le font Cwynar et al. (1979) nous avons conçu un système mécanisé par agitation magnétique qui nous permet d'extraire les pollens des argiles marines.

Cette méthode améliorée permet de doubler les rendements polliniques entre autre et nous a permis de poursuivre le but de notre recherche, soit l'étude palynologique des sédiments minéraux afin de reconstituer le paysage végétal du tardiglaciaire.

Dans un premier chapitre nous proposons une revue bibliographique afin de préciser l'intérêt de notre sujet d'une part et d'autre part pour identifier les critères d'interprétation du type d'environnement que nous sommes susceptibles de retrouver par rapport aux régions périphériques de la mer.

Par la suite nous définissons le cadre régional de notre région d'étude et nous passons en revue les éléments de l'histoire géologique du quaternaire qui ont caractérisé l'environnement tardiglaciaire du sud-est ontarien.

Enfin le dernier chapitre décrit et interprète les diagrammes polliniques et situe la sédimentation durant la phase finale de la Mer de

Champlain. Nos résultats précisent que les sédiments minéraux de l'épisode marin peuvent être utilisés pour l'étude palynostratigraphique du tardiglaciaire afin de préciser les étapes de la colonisation végétale. Néanmoins, les courtes sections étudiées livrent des spectres assez homogènes qui ne se subdivisent pas en une zonation pollinique.

CHAPITRE I

REVUE PALYNOLOGIQUE

"The study of interrelations across time and space of ideas, values and techniques, creates a sense of continuity and solidarity of human development."
(René Maheu)

1.1 Introduction

Il existe deux types de concepts palynostratigraphiques pour les basses terres du St-Laurent. Le premier est caractérisé par une succession végétale débutant dans un climat chaud et sec, et par l'absence d'une phase initiale de toundra. Le deuxième inclut une phase initiale de toundra ou de végétation ouverte et est défini par des études plus récentes. Nous proposons ici, une revue bibliographique des recherches sur l'évolution du peuplement végétal dans notre contexte régional, afin de préciser l'intérêt de notre sujet. Nous y ajoutons quelques données extra-régionales d'intérêt direct pour notre étude.

1.2 Evolution des concepts palynologiques

Les premières recherches palynologiques effectuées dans les basses terres du St-Laurent furent celles que publia Auer en 1930. Il dressa vingt-trois diagrammes, dont cinq qui proviennent de tourbières

situées près de notre région d'étude, soit celles de Perth, Mer Bleue, Alfred, Newington et Large Tea Field.⁽¹⁾ Les diagrammes polliniques montrant uniquement les espèces arborescentes, l'aspect de la végétation est donc faussé car les herbes sont éliminées. L'auteur n'a cherché qu'à reconstruire l'évolution des tourbières en analysant les différentes phases de paludification et ainsi il a pu retracer les tendances climatiques régionales par l'analyse de la végétation. Chacun des diagrammes est caractérisé par le type de sédiments retrouvé à sa base. Ainsi l'évolution de chaque tourbière est reconstituée depuis le début de l'accumulation de la matière organique.

Les diagrammes polliniques révèlent certains traits climatiques qui sont identifiés par les différentes espèces reconnues à chaque niveau. L'auteur conclut que les horizons inférieurs se sont formés pendant une période chaude et sèche. Cette période qui est caractérisée ici par l'extension de *Picea* et d'*Abies*, qui correspondent à la période du Boréal en Europe. Lors de la période suivante, l'Atlantique, la proportion des arbres feuillus augmente, *Picea* décroît, *Tsuga* augmente rapidement et indique un climat humide mais tempéré. Ensuite l'extension des feuillus indique la période chaude et sèche du Sub-Boréal. Enfin lorsque *Picea* augmente et que la courbe des feuillus régresse, le climat devient humide et frais, et cette période correspond au Sub-Atlantique. Le comportement

(1) Deux cartes en annexes indiquent l'emplacement des localités citées dans le texte (fig. 12a et 12b).

des courbes de *Picea* et d'*Abies* est similaire dans les diagrammes, et les courbes de *Pinus* indiquent une diminution graduelle de l'espèce vers le haut des diagrammes.

Auer (1930) utilise une nomenclature palynostratigraphique européenne. Cette stratigraphie utilisée pour le Nord-Est des Etats-Unis par d'autres auteurs fut ensuite abandonnée, car selon Richard (1977a) les caractéristiques paléophytogéographiques de certaines espèces de l'Amérique du Nord et de l'Europe sont tout à fait différentes.

Potzger et Courtemanche (1956a) présentent les analyses de 19 tourbières localisées entre la Baie de James et les basses terres du St-Laurent. Deux de ces tourbières, celles d'Alfred et de Newington sont situées à l'intérieur des limites de la Mer de Champlain.

Cinq périodes désignées par les symboles Q_1 à Q_5 définissent les variations climatiques suite à l'épisode glaciaire. La zone inférieure Q_1 caractérisée par un maximum de *Pinus* et un sommet dans la courbe de *Quercus* indique un climat initial chaud. Ensuite *Picea* et *Abies* atteignent un maximum et traduisent un refroidissement, ce qui détermine la zone Q_2 . Les maxima dans les courbes de *Pinus banksiana*, *Pinus strobus* et *Pinus resinosa*, accompagnés du déclin de *Picea* et d'*Abies* signalent l'optimum thermique de la zone Q_3 , une période chaude et sèche. La remontée de *Tsuga* est l'indicateur de la zone Q_4 et de conditions chaudes et humides. Finalement le léger refroidissement et le retour à des con-

ditions humides de la zone Q_5 est marqué par l'augmentation de *Picea*, *Betula*, *Fagus* et *Quercus*.

La zone de toundra qui devrait précéder la zone Q_1 ne figure pas dans les diagrammes même si les pollens d'arbustes et d'herbes ont été répertoriés sans être inclus dans les diagrammes. Les auteurs pensent en effet que les spectres polliniques de toundra devraient être composés de saules et de bouleaux arbustifs, d'éricacées et de cypéracées, car ce sont les constituants du faible couvert végétal de la toundra. Leur fréquence insuffisante dans tous les spectres polliniques ne permet pas aux auteurs d'identifier la présence de la toundra à la base de leurs diagrammes.

A Newington (99m d'altitude, a.n.m.), ils constatent une séquence palynostratigraphique qui débute à la fin de la période initiale chaude Q_1 . La tourbière s'est développée vers la fin de l'épisode champlainien.

La séquence pollinique de la tourbière d'Alfred (48m d'altitude, a.n.m.), débute par la période Q_3 et correspond au début de la période xéothermique, c'est-à-dire la période la plus chaude du postglaciaire. Le diagramme de ce site ne présente pas les phases initiales de la colonisation végétale et ceci s'explique par la persistance plus longue de la Mer de Champlain sur ce territoire comparativement au site de Newington à cause de la différence d'altitude. De plus, la tourbière d'Alfred, située sur le trajet d'un chenal du proto-Outaouais, n'a pu

se développer qu'après l'abandon de celui-ci. L'analyse n'ayant été réalisée que sur quinze centimètres de matériel inorganique sous la matière organique, explique en partie l'absence d'information palynologique contemporaine de l'épisode du proto-Outaouais.

Potzger et Courtemanche (1956b) publient les diagrammes polliniques de cinq tourbières situées dans le bassin de la Gatineau, près de Maniwaki et Kazabazua. Bien que les pollens d'espèces arbustives et herbacées aient été répertoriés, les pourcentages ne sont calculés que sur la somme des arbres. Les périodes climatiques initiales y sont reconnues. La ressemblance entre les périodes initiales climatiques de cette partie de la Gatineau avec les diagrammes de tourbières des basses terres du St-Laurent, est frappante. Ils estiment que la vallée de la Gatineau a probablement été une des plus importantes voies de migration nordique pour la végétation lors du postglaciaire, sans toutefois souligner le problème de la toundra.

Terasmae (1960) publie les diagrammes polliniques de vingt-trois tourbières dans les basses terres du St-Laurent, au Québec. Il reconnaît six zones polliniques qui indiquent les changements climatiques par des modifications végétales. Il inverse la numérotation des zones établies par Potzger et Courtemanche (1956 a et b) pour faciliter l'addition des zones qui seraient plus anciennes, à la base des diagrammes. La zone Q_3 est remplacée par deux nouvelles zones que l'auteur numérote par les chiffres III et IV (tableau 1). Ces zones sont établies à partir des

Années A.A.	BASSES TERRES DU ST-LAURENT QUEBEC (TERASMAE 1960)		BOUCLIER CANADIEN - QUEBEC (POTZGER ET COURTEMANCHE 1956a)	
	zones		zones	
2 000	I	Déclin de la pruche et du pin; accroissement de l'épinette et du Quercetum Mixtum (QM)	Q5	Accroissement de l'épinette, du sapin, du bouleau blanc et jaune; déclin du pin, de la pruche, du chêne et du hêtre
4 000	II	Fortes pourcentages du hêtre et de la pruche; déclin du pin et du QM; léger accroissement de l'épinette, du sapin et du bouleau	Q4	Accroissement de la pruche, du hêtre, du sapin, de l'épinette, du bouleau blanc et jaune; léger accroissement du chêne
6 000	III	Faibles pourcentages du sapin, de l'épinette, de la pruche et du hêtre	Q3	Maximum du pin blanc, rouge et gris; accroissement du chêne; déclin du bouleau; très peu d'épinette et de sapin
8 000	IV	Fortes pourcentages du pin gris et du sapin; déclin de l'épinette; faibles pourcentages du bouleau et du QM	Q2	Accroissement de l'épinette, du sapin et du bouleau; déclin du pin
10 000	V	Maximum de l'épinette; faibles pourcentages du pin, déclin des PNA	Q1	Présence du pin et du chêne; très peu de sapin, d'épinette et de bouleau
	VI	Faibles pourcentages de l'épinette; fortes pourcentages du pin, du bouleau, de l'aulne; PNA		
		Mer de Champlain		
		Episode de St-Narcisse		
12 000		Episode lacustre		
14 000		Glaciation du Wisconsin		Glaciation du Wisconsin

TABLEAU 1: Nomenclature palynostratigraphique pour les basses terres du St-Laurent (source; J.S. Vincent, 1973, traduction libre)

fluctuations de la végétation et en particulier à cause de la diminution de *Pinus* et *Picea*, de l'apparition de *Fagus* et des pourcentages croissants de *Tsuga* et du *Quercetum mixtum*. La présence d'espèces plus thermophiles en zone III qu'en zone IV, indique bien un réchauffement du climat. L'absence de la zone de toundra a été remarquée même si les espèces herbacées ont été enregistrées à la base des diagrammes.

En 1969, Camfield publie le diagramme pollinique de la tourbière de la Mer Bleue. Ce diagramme est repris avec cinq autres diagrammes d'Ottawa et de Vanier par Mott et Camfield (1969). Dans ces diagrammes, les pourcentages sont calculés par rapport au total des arbres représentant 100%. Ces diagrammes montrent à leur base, la zone IV de Terasmae (1960). Ainsi, à la base de la tourbière de la Mer Bleue, datée de $7\ 650 \pm 10$ années B.P. (GSC-681), les spectres polliniques sont caractérisés par la dominance de *Pinus banksiana* qui devait pousser sur les berges du chenal abandonné. *Fraxinus*, et *Ulmus* pouvaient pousser dans les stations plus humides. Ces spectres sont interprétés comme l'indice d'un climat relativement chaud et sec.

Les zones de végétations initiales du tardiglaciaire (phases de végétation ouverte qui devraient précéder les zones VI ou Q_1) et du début du postglaciaire (zone VI et V ou Q_1 et Q_2) ne sont pas identifiées dans ce rapport. Elles n'existaient pas dans les travaux précédents, si ce n'est à Newington, où la période initiale chaude Q_1 a été décrite par Potzger et Courtemanche (1956a).

Donc en résumé, deux raisons semblent expliquer l'absence de la toundra dans les diagrammes polliniques des études précédemment décrites. Premièrement, les auteurs manquaient d'indices pour identifier la toundra, puisque les arbustes et les herbes n'étaient pas inclus dans les sommes polliniques. Les spectres des zones initiales, en particulier, devraient être reconsidérés en tenant compte des pollens des plantes arbustives et herbacées. Deuxièmement, la plupart des auteurs n'étudiaient que les matériaux organiques car ils étaient limités dans leurs techniques d'extraction pollinique. Or, très souvent, ces sédiments organiques reposaient sur des dépôts minéraux qui auraient pu contenir des spectres polliniques plus anciens. C'est pourquoi nous proposons ci-dessous, une revue de la littérature montrant la progression dans la mise en évidence de la phase de végétation ouverte, c'est-à-dire la toundra, dans le territoire entourant notre région d'étude.

1.3 Phase initiale de végétation ouverte

Les diagrammes polliniques de Deevey (1951) ont montré pour la première fois en Amérique du Nord que l'avancée postglaciaire des forêts avait été précédée par une période de climat caractéristique de la toundra. L'auteur explique que l'absence de la toundra exprimée par les palynologues, est principalement due à leur manque d'efforts. D'après Deevey, les autres auteurs ont limité leurs recherches, en analysant seulement des sédiments organiques de tourbières et en soutenant que les argiles et les sables étaient stériles. Le succès de

l'auteur dans l'identification de la toundra, ne réside pas dans sa persistance extraordinaire, mais bien dans l'application de techniques d'extraction et de comptages pratiquées par ses collègues européens. Six diagrammes polliniques établis à partir de sédiments lacustres ont permis d'identifier la toundra dans l'état du Maine aux Etats-Unis.

Les hauts pourcentages en pollens de plantes herbacées, la présence d'espèces arbustives et de pollens arboréens exotiques, seraient d'après Deevey les critères permettant d'identifier le paysage de la toundra.

LaSalle (1966), étudia des tourbières plus anciennes que celles situées sur les dépôts de la Mer de Champlain. D'après lui, le mont St-Hilaire et le mont St-Bruno formaient, avec d'autres montérégiennes, un archipel qui pouvait supporter et enregistrer la végétation lorsque la Mer de Champlain existait à un niveau intermédiaire. Les diagrammes polliniques présentés par LaSalle montrent tous à leur base des assemblages de pollens qui caractérisent une toundra arbustive. D'autres pollens qui forment la phase initiale de végétation ouverte, sont d'origine exotique et, d'après l'auteur proviennent de localités situées loin au sud.

M.B. Davis (1967a) identifie un long intervalle de toundra dans des diagrammes de la Nouvelle Angleterre et de la région des Grands Lacs.

L'auteur conclut qu'une zone de végétation ouverte exhibant de hauts pourcentages de pollens de plantes herbacées (20 à 60%) représente la toundra, la toundra parc ou une prairie qui s'est immédiatement établie suite au retrait glaciaire. Dans la région des Grands Lacs, une ceinture étroite de toundra arbustive s'est installée au début du postglaciaire et fut immédiatement suivie par une forêt d'épinettes et de bois durs.

La zone 1, dans les diagrammes polliniques d'Anderson (1971) provenant de la région du Lac Huron - Lac Simcoe, comprend des espèces arbustives et des espèces herbacées. L'auteur en conclut qu'après le retrait glaciaire, les sols auraient été stériles et les conditions climatiques, défavorables à l'immigration des forêts. Cette zone de végétation ouverte semble avoir été remplacée par une toundra-parc (parkland) d'épinettes. Elle est caractérisée par une dominance des pollens de *Juniperus*, *Fraxinus*, *Salix* avec d'autres arbustes et des herbes. Ceci est évident, lorsque les espèces apparemment transportées par le vent (*Picea*, *Pinus* et *Quercus*) sont exclues des diagrammes de pourcentages polliniques ainsi que des diagrammes des taux d'accumulation des sédiments (Anderson, 1971, p. 170, trad. libre).

Richard (1976, 1977 a et b et 1978) esquisse un modèle de colonisation végétale suite au retrait de l'inlandsis wisconsinien pour plusieurs sites situés au Québec méridional. "Le modèle général est le suivant. Un paysage de désert périglaciaire a suivi la déglaciation, et a été remplacé plus ou moins rapidement par un paysage de toundra. L'affo-

restation s'est effectuée soit par la constitution d'une taïga représentée par la pessière à cladonies, soit par l'établissement d'une tremblaie-parc. Divers types de végétation postglaciaire se sont établis par la suite." (Richard, 1977a, p. 176).

Les diagrammes polliniques de Richard établissent qu'une végétation semblable à la toundra actuelle, a occupé une vaste étendue en bordure du glacier au Québec méridional.

Dans le but de retracer l'histoire de la végétation des Appalaches, Mott (1977) a analysé six profils de sédiments lacustres provenant des sites localisés entre les fronts morainiques majeurs dans le sud-est du Québec. Les diagrammes du Lac Colin, Petit Lac Therrien, Lac Dufresne, Unknown Pond, Boundary Pond et Barnston Lake sont divisés en huit zones polliniques. Ces zones polliniques sont définies par les espèces végétales et leur abondance relative, et plusieurs dates au radiocarbone appuient les corrélations entre sites. Le caractère général de la succession se lit comme suit: (8) la zone de pollens herbacés, (7) la zone de *Picea*, (6) la zone d'*Abies*, (5) la zone de *Pinus*, (4) la zone de *Tsuga*, (3) la zone de *Betula*, (2) la zone de *Betula-Fagus* et (1) la zone de *Betula-Picea*. L'auteur souligne que les conditions de toundra prévalaient dans la région suite au retrait du glacier.

Près de St-Marys dans le sud-ouest de l'Ontario, Sigleo et Karrow (1977) ont identifié un assemblage pollinique typique d'un envi-

ronnement de toundra. Les échantillons tirés d'une carotte de 16 mètres furent prélevés des silts de Wildwood, datés de l'interstade d'Erie (16 000 années B.P., d'après Mörner et Dreimanis, 1973), soit entre le till de Catfish Creek (stade de Missouri) et le till de Tavistock (stade de Port Bruce). *Pinus*, *Picea* et *Quercus* dominent les espèces arborescentes des trois zones définies dans ce diagramme, mais les arbustes, les herbes et les plantes aquatiques s'étendent vers le haut de la séquence. Le diagramme suggère donc la présence d'un environnement de toundra herbacée et/ou de toundra arbustive qui a existé pendant une courte période de temps lors de la déglaciation.

Kapp (1977) affirme que les diagrammes polliniques de la région des Grands Lacs ne fournissent pas d'évidence constante pour soutenir l'existence de la toundra herbeuse en bordure de l'inlandsis wisconsinien. D'après la revue palynologique qu'il a effectuée, l'auteur suggère que la toundra arbustive a caractérisé la végétation en bordure de la masse glaciaire. Ceci est appuyé par les diagrammes polliniques de recherches précédentes, qui sont caractérisés par des éléments de végétation de la toundra arbustive tels que *Carex*, *Dryas*, *Salix*, *Vaccinium* et d'autres espèces non-arboréennes. Enfin Kapp souligne que des communautés végétales semblables à celles qui existent actuellement dans le bas arctique (low arctic) ou dans l'écotone de la toundra-forêt boréale, se sont ensuite formées dans la région.

Bernabo et Webb (1977) définissent la végétation de l'Holocène par une série de cartes spatio-temporelles, en se servant des recherches palynologiques précédemment effectuées au centre-est du continent nord-américain. Les auteurs s'appuient sur 62 diagrammes polliniques dont les données ont été traitées par ordinateur. Ces cartes suggèrent qu'une ceinture étroite de toundra, mise en évidence par une faible fréquence de pollens de *Picea* (Watts, 1967), a probablement existé entre les lacs proglaciaires et la forêt boréale située plus au sud dans le Minnesota.

Un diagramme pollinique, de Mott et Farley-Gill (1978), provenant du lac Mapplehurst près de Woodstock, situé dans le sud-ontarien, met en évidence à la base, une zone de pollens d'espèces herbacées. Cette zone M-8, caractérisée par *Artemisia* et des cypéracées, est représentative, d'après les auteurs, de conditions de toundra herbeuse.

La zone suivante, M-7, qui s'étend entre $12\ 500 \pm 180$ années B.P. (GSC-1156) et $9\ 650 \pm 110$ années B.P. (GSC-1870) est caractérisée par le déclin des herbes et la dominance de *Picea* ainsi que de *Pinus*, *Betula* et *Quercus*. Cette zone correspond à l'invasion par la forêt d'épinettes. Celle-ci fut remplacée, dans la zone M-6 par une forêt mixte de conifères et de bois durs dominés par le pin, à partir d'environ 9 500 années B.P.

Savoie et Richard (1979) établissent à partir de trois diagrammes polliniques de la région de Sainte-Agathe, une phase initiale de

végétation très ouverte (zones 7 et 6) comparable à l'actuelle toundra. La zone 7 retrouvée dans quelques sites seulement au Québec méridional correspond au désert de type périglaciaire au sens de Richard (1977a). La zone 6 est caractérisée par la prédominance des plantes herbacées et indique un paysage végétal assez ouvert. Les auteurs soulignent que ces caractéristiques n'impliquent pas nécessairement un climat correspondant à celui de la toundra actuelle.

Pour tenter de résoudre les problèmes de géochronologie et d'histoire du tardiglaciaire, Terasmae (1980) a utilisé des études palynologiques ainsi qu'une série de dates au radiocarbone, sur les profils de 20 lacs et tourbières du sud-est de l'Ontario. Trois des sites étudiés sont localisés à l'intérieur des limites de la Mer de Champlain; ce sont les profils d'Atkins Lake, de Northfield Bog et de Kingsmere. Six zones polliniques sont distinguées suite au retrait glaciaire: (6) la zone des espèces herbacées, (5) la zone de *Picea*, la limite supérieure est datée à partir d'une moyenne de 11 dates à 10 584 années B.P. (Karrow et al., 1975, p. 53), (4) la zone de transition de *Pinus* et de *Picea*, (3) la zone de *Pinus*, (2) la zone de *Tsuga* et de *Fagus* et (1) la zone d'*Ambrosia*. La zone d'espèces herbacées correspond à la toundra herbeuse définie par Richard (1977a). De plus, la limite supérieure de la zone 5, serait de 10 000 années B.P. (Terasmae 1965, 1968) dans la région d'Ottawa et il est probable que la migration des arbres vers le nord ait été retardée par une halte temporaire de la déglaciation.

L'auteur suggère d'après les renseignements obtenus par les études précédentes, que la marge glaciaire s'est retirée au nord de la rivière des Outaouais avant 11 000 années B.P. (LaSalle et Elson, 1975, p. 379). Ceci implique donc qu'à cette époque, une frange de terre d'environ 50 km de large était libre de glace entre la mer et Kazabazua et n'était pas envahie par la mer (fig. 1).

A Brampton en Ontario, Terasmae et Matthews (1980) ont mis en évidence un assemblage, de pollens de plantes herbacées, qui indique la présence d'une végétation de type toundra, essentiellement sans arbres, avec des arbustes nains. Ces résultats furent obtenus partiellement à partir d'argiles silteuses. La zone suivante, toujours dans les argiles silteuses, est dominée par les pollens d'épinettes. Les auteurs soulignent l'importance des pollens de *Picea* et de *Pinus* dans les argiles silteuses. Ils notent que *Pinus* peut atteindre jusqu'à 50% et attribuent cette fréquence élevée à l'effet de transport à longue distance de pollens vésiculés.

Quelques dates au radiocarbone appuient ces résultats et un âge moyen de 10 584 années B.P. (dans Karrow et al., 1975, p. 53) est assigné à la limite supérieure de la zone de *Picea*. Par contre la limite inférieure de cette zone est datée au minimum de 12 320 \pm 360 années B.P. (BGS-551). Par conséquent, la phase de végétation ouverte existait avant la plus vieille date obtenue pour la zone de *Picea*.

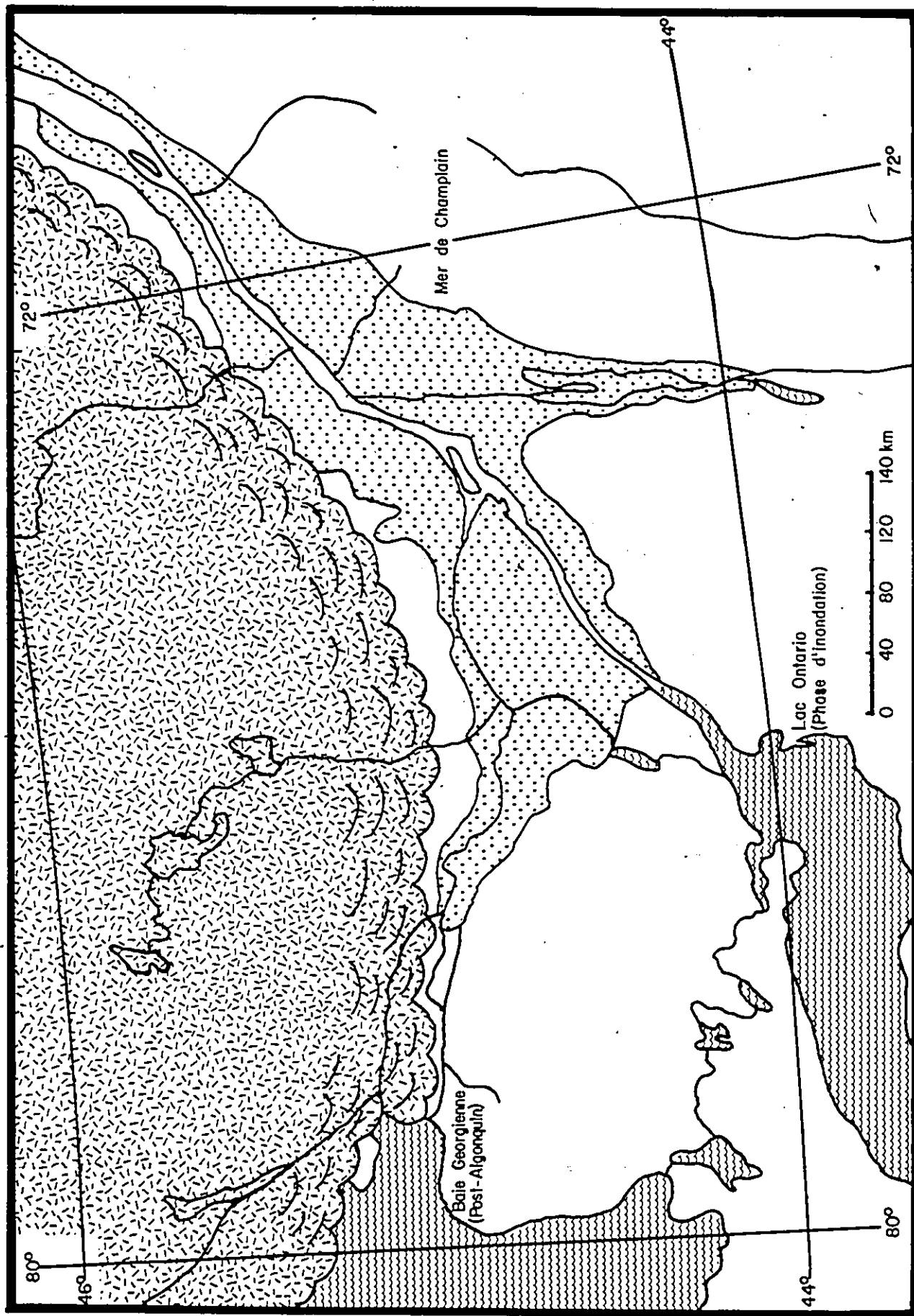


FIGURE 1 : Schéma de déglaciation de la vallée du St-Laurent et l'invasion marine contemporaine (II 200 A.A.).
(source: Prest, 1970)

Mott et al. (1981) présentent deux diagrammes polliniques dont le premier provient d'un site près de St-Eugène dans la région de Québec et le deuxième du mont St-Hilaire dans la région de Montréal.

A St-Eugène, la dominance des herbes ainsi que la présence de macrofossiles de végétaux et d'insectes montrent que les rivages de la Mer de Champlain, il y a 11 050 années B.P. (QU-448), étaient colonisés par la toundra herbeuse. Par contre, c'est une toundra arbustive hébergeant quelques épinettes qui couvrait le mont St-Hilaire il y a 11 100 années B.P. (GSC-2200) lorsque celui-ci formait une île dans la Mer de Champlain. Ceci confirme l'interprétation de LaSalle (1966).

Un assemblage pollinique dominé par des hauts pourcentages de *Cyperaceae* avec d'autres herbes, daté de 12 565 années B.P. (Spear et Miller, 1976) indique, d'après Wright, (1981) l'existence d'une toundra herbacée dans l'ouest de l'état de New-York, à Belmont Bog. La toundra a apparemment été limitée à une mince ceinture en périphérie du front glaciaire, au Minnesota (Watts, 1967) et du Nord de la Pennsylvanie jusqu'en Nouvelle Angleterre avec des extensions le long des crêtes des Appalaches. L'auteur ajoute que cette toundra herbacée a probablement existé à partir de 18 000 années B.P. (Spear et Miller, 1976) lorsque le front glaciaire se situait à quelque 30 kilomètres au nord du site.

Une étude récente publiée par Mott et Farley-Gill (1981) traite de la succession de végétation depuis le tardiglaciaire aux sites

du lac Pink et du lac Ramsay dans le Parc de la Gatineau. Les phases initiales de colonisation débutent avec une végétation de toundra herbeuse dominée par les cypéracées accompagnées d'*Artemisia* et d'autres plantes herbacées. L'aulne, le saule et le bouleau arbustif ont ensuite rapidement dominé le paysage pour former la toundra arbustive. Ensuite le peuplier et le tremble ont envahi la région sous forme de bosquets il y a 10 700 années B.P. (cette date moyenne établie à partir de GSC-1963 et GSC-1956) pour former la toundra parc (parkland). L'épinette a par la suite remplacé une grande partie des peupliers et des trembles vers 10 200 ± 410 années B.P. (GSC-2122) mais n'a pas encore constitué de forêts fermées. Le reste de la succession est caractérisé par six autres zones qui, selon les auteurs, n'ont pas nécessairement de signification régionale parce que la zonation des diagrammes polliniques est principalement basée sur les valeurs relatives même si les influx polliniques ont été considérés.

1.4 Conclusion

Pour résumer l'ensemble de ces travaux, on peut estimer qu'une phase de végétation ouverte, c'est-à-dire la toundra herbeuse et/ou la toundra arbustive a couvert le sud de l'Ontario et le Québec méridional suite au retrait glaciaire. Cet ensemble de végétation ouverte a migré vers le nord, avec le recul glaciaire pour être remplacé par une forêt d'épinettes. Les rivages au nord de la Mer de Champlain, c'est-à-dire la bande étroite de terre qui séparait la Mer de Champlain de l'inlandsis,

aurait dû logiquement héberger ce type de végétation ouverte peu après le retrait glaciaire (11 200 B.P. Prest, 1970), (fig.1). Durant l'épisode de la Mer de Champlain qui aurait débuté dès 12 800 B.P. (voir section 2.2, chronostratigraphie) et aurait persisté jusqu'aux environs de 9 800 B.P., la production pollinique devait s'incorporer aux dépôts marins en formation.

Par conséquent, des profils polliniques prélevés dans les sédiments de la Mer de Champlain, devraient renfermer les traces des assemblages polliniques correspondant à l'environnement floristique régional de cette époque. Nous devrions donc retrouver les assemblages polliniques caractéristiques de la phase de végétation ouverte et/ou du début de la phase d'afforestation. Nos diagrammes polliniques seront essentiellement masqués par les apports polliniques de la forêt située au sud et au sud-ouest puisque ceux de la toundra sont moins abondants et devraient être sous-représentés.

CHAPITRE II

STRATIGRAPHIE, SEDIMENTOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE

Roulés par d'antiques déluges; Vue par des torrents disparus;
Sur tant de chemins parcourus; Ils ont rencontrés des refuges;

Ils gisent au hasard du temps; A la merci brusque de l'homme;
Dormant leur immobile somme; Mornes, gais, obscurs, miroitants.
(par Maurice Rollinat) Les cailloux du chemin.

2.1 Introduction

Pour situer nos diagrammes polliniques dans un cadre lithostratigraphique, il est nécessaire de décrire les environnements géomorphologiques et lithologiques locaux. La description sédimentologique se rapporte essentiellement aux trois profils prélevés pour l'analyse pollinique et nous tenterons d'en déduire l'interprétation des environnements sédimentaires.

Quant aux sédiments qui constituent le centre de la crête de Sarsfield nous en résumerons les interprétations tirées de la bibliographie.

Nous débiterons ce chapitre par une brève discussion de la chronostratigraphie de la mer de Champlain dont les sédiments argileux font l'objet de nos analyses palynologiques.

2.2 Chronostratigraphie

Près de notre région d'étude, à Clayton, l'incursion marine a été datée à $12\ 800 \pm 220$ B.P. (GSC-1859) et $12\ 800 \pm 100$ B.P. (GSC-211) par Richard (1974). Ce sont les plus vieilles dates obtenues à l'ouest de Québec (Charlesbourg, $12\ 400 \pm 160$ B.P., GSC-1533) jusqu'à maintenant pour la submergence marine du bassin champlainien. Or, étant donné que la transgression marine s'est effectuée d'est en ouest en envahissant les zones déprimées au front du glacier, il est illogique que les dates soient plus vieilles dans la partie ouest du bassin.

Certains auteurs (Karrow et al., 1975) contestent la validité des dates ^{14}C et expliquent les anomalies radio-chronologiques par des contaminations par de vieux carbones. Par contre d'autres auteurs tels que Stuiver et Borns (1975) acceptent la validité des dates issues de coquillages. Nous croyons que les datations de faunes marines post-glaciaires, contemporaines de la mer de Champlain, manquent de fiabilité et il devient donc nécessaire d'utiliser ces estimations statistiques avec beaucoup de prudence.

L'exondation des terres s'effectua lors du relèvement isostatique et les derniers fossiles marins ont été datés à $9\ 910 \pm 150$ B.P. (BGS-258, à 107m a.n.m.) à Dornie et à $9\ 860 \pm 330$ B.P. (BGS-257, à 61m a.n.m.) près de Hawkesbury (Sharpe, 1979). Les deux localités sont

respectivement situées à environ 59 et 52 km à l'est de notre région d'étude, et ces datés témoignent de la fin de l'épisode marin. Par contre à Bourget, quelques coquilles entières de *Lampsilla* sp. (eau douce), trouvés dans du sable, ont été datées à 10 200 \pm 90 années B.P. (GSC-1968, \pm 60 m a.n.m., Gadd, 1976).

2.3 Le cadre physique régional

La région étudiée se situe à environ 25 kilomètres à l'est d'Ottawa, là où les sablières et les gravières exposent des sédiments propices à l'analyse pollinique (fig. 2). Au total, six kilomètres séparent les sites de prélèvements situés sur le flanc est de la crête de Sarsfield. Cette crête allongée et composée de matériel hétérogène, s'étend de façon discontinue sur une distance d'environ 12 kilomètres dans une direction approximative nord-sud et est située uniquement dans le canton de Cumberland, comté de Russell. La largeur de la crête visible au dessus de la plaine environnante, varie de 90 à 780 mètres.

a) Le relief

Le relief de la région est relativement plat. La plus haute élévation est située au nord-est de Navan (116 m a.n.m.) et avec d'autres collines, elles forment des revers de cuestas à faible pendage vers le sud. Ces cuestas s'élèvent de 23 à 30 mètres au dessus de la plaine environnante et témoignent de la proximité de la roche en place (Kent, Gruson et French 1972).

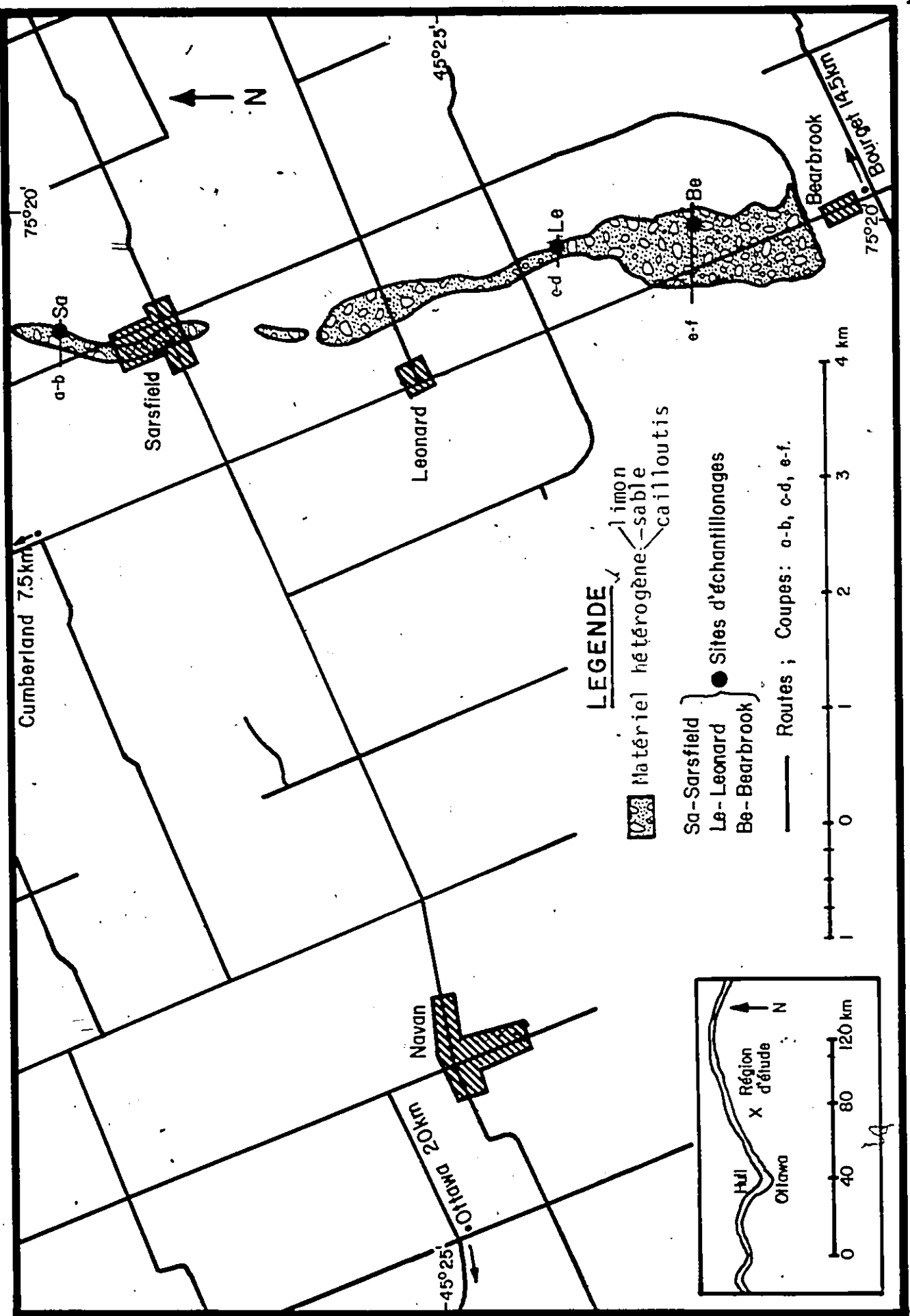


FIGURE 2: Localisation des sites d'échantillonnages (source: GSC Open file 367, géologie par S.H. Richard, 1970 - 1975).

Lors du retrait marin, ces promontoires rocheux émergeaient sous formes d'îlots à l'intérieur de la mer de Champlain. Le niveau marin descendant encore, la crête qui s'élève aujourd'hui de 4,5 à 8 mètres au-dessus des terres environnantes, devait former une crête pré-littorale, probablement balayée et remaniée par les vagues.

Pendant la transition marine-fluviale, un ancien chenal du proto-Outaouais, celui de Mer Bleue au sud de Leonard, s'est formé et a modifié la crête de Sarsfield qui se trouvait sur son passage. A cet endroit, c'est à dire au nord de Bearbrook la crête s'étale et s'abaisse. Un talus de terrasse identifiable sur photos aériennes est visible de part et d'autre de la crête.

b) Les dépôts de surface

Dans la région d'étude, les dépôts de surface renferment des sédiments non-consolidés d'origine glaciaire et non-glaciaire (Roed, 1975). Les sédiments d'origine glaciaire se composent de till, de sables et graviers stratifiés, de matériel d'épandage sous-aquatique. Par contre les tourbières, le sable et le gravier ainsi que l'argile constituent les dépôts d'origine non-glaciaire.

A Sarsfield, l'argile marine qui flanque la crête de sable et de gravier, varie de 0 à 24 mètres d'épaisseur et est fissurée dans les premiers 3 mètres (Roed, 1975). Toujours selon le même auteur, cette

crête est un mélange hétérogène de sable et de gravier, de limon et de till et son épaisseur variable (0 à 12 mètres) s'amincit sous la surface au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe (fig. 3).

Nous résumerons les opinions des auteurs concernant l'origine de la crête dans la section 2.5a.

c) Le substratum rocheux

Les dépôts de surface reposent sur des formations sédimentaires ordoviciennes, de schiste, de calcaire et de grès. En général la roche mère accuse un léger pendage vers le sud et est fracturée par un système de failles (Wilson 1946).

2.4 Choix des sites et description

En tenant compte de l'objectif méthodologique de notre étude (les argiles marines sont-elles rentables pour la palynostratigraphie) et du temps nécessaire pour les préparations et les analyses d'échantillons, nous devions sélectionner des sites où l'argile fournirait des séquences à la fois suffisamment longues pour enregistrer une évolution végétale, et peu épaisse pour réduire le nombre d'échantillons ainsi que la durée des préparations et des analyses. Les séquences argileuses qui flanquent la crête de Sarsfield répondent à cette double exigence.

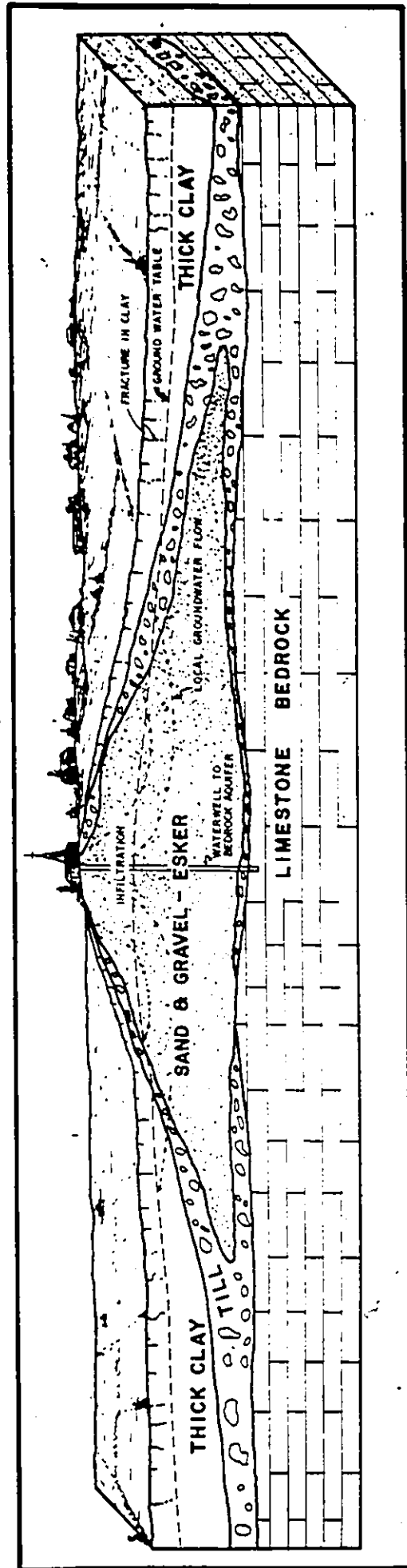


FIGURE 3: Représentation schématique de la configuration souterraine des dépôts de surface (Modifié à partir de Roed, 1975).

D'autre part puisque nous ne disposions pas d'une sonde adaptée au prélèvement de l'argile, nous pouvions obtenir les séquences sur-parois le long de la crête, ce qui a facilité l'échantillonnage. Enfin dans l'optique stratigraphique, les sites choisis étaient relativement peu distants des terres émergées durant la phase marine et par conséquent ces sites étaient susceptibles d'enregistrer les premières manifestations de la colonisation végétale en périphérie de la mer.

Les noms des sites, Sarsfield, Leonard et Bearbrook, ont été choisis en fonction de la proximité des villages les plus rapprochés des sites de prélèvements.

Tous les profils analysés pour leur contenu pollinique furent prélevés sur les parois est des gravières et sablières. Etant donné les variations dans la hauteur relative de la crête par rapport à la partie excavée, nos profils diffèrent en grandeur mais exhibent tous des séquences plus ou moins grandes d'argile, de sable et de gravier.

La figure 4 indique la localisation relative des profils de Sarsfield, Leonard et Bearbrook par rapport à la crête. Sur cette figure nous délimitons avec un trait pointillé, l'allure probable de la topographie précédant l'exploitation des sédiments de la crête. La description sédimentologique de chaque profil nous fournira les repères nécessaires pour effectuer les corrélations stratigraphiques et palynologiques, et, nous permettra de préciser le milieu de dépôt.

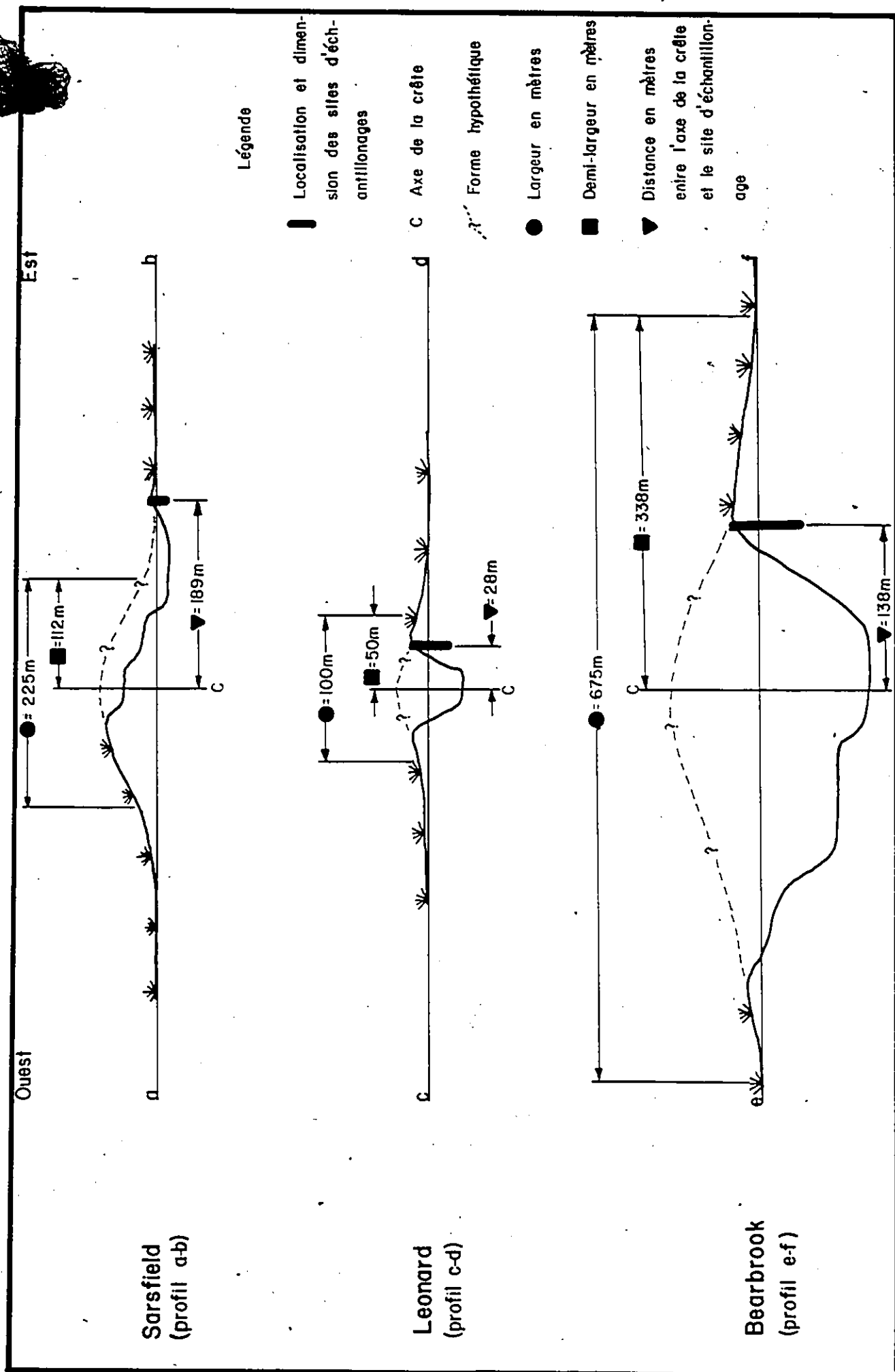


FIGURE 4: Coupes schématiques transversales à la crête indiquant la localisation des sites d'échantillonnages.

Voir la figure 2 pour la localisation des profils a-b, c-d et e-f.

a) Sarsfield

lat. - long. : 45° 25' 55" N 75° 20' 49" O
 U.T.M. : E 473150 N 5032950
 altitude : 86 mètres (282 pieds a.n.m.)

Le profil de Sarsfield livre la sédimentologie suivante depuis la surface topographique:

de 0 à 30 cm : argile grise-brunâtre prismatique et sèche, racines.

Le sommet du profil pollinique correspond à la profondeur de 30 cm sous la surface topographique;

de 30 à 70 cm : argile grise massive, humide et plastique, avec racines; le contact avec l'unité supérieure n'est défini que par l'aspect massif et humide de cette couche.

de 70 à 160 cm : argile prismatique grise humide
 de 160 à 180 cm: argile grise interstratifiée avec des petits graviers (2 cm) et du sable brun grossier; le contact supérieur de l'unité est déterminé par la présence de sédiments plus grossiers.

Le profil pollinique s'arrête à 170 cm de profondeur.

Sous la séquence argileuse, jusqu'au niveau déblayé, il semble y avoir des structures de glissement et/ou de déplacement de sédiments dues à des phénomènes de densité puisqu'il y a de petites déformations finement ondulées, composées de minces couches (1 cm) d'argile et de sable. Le contact supérieur est net et semble érosif.

b) Leonard

lat. - long.	:	45° 24' 40" N	75° 20' 30" O
U.T.M.	:	E 473620	N 5028255
altitude	:	82.3 mètres (270 pieds a.n.m.)	

Le profil sédimentologique de Leonard a été prélevé sur paroi mais sous une unité de sable (remaniement anthropique) qui mesurait 90 centimètres.

Depuis la surface topographique on observe:

de 0 à 6 cm	:	sable fin brun très foncé, desséché, contenant de la matière organique et des racines; le contact inférieur est caractérisé par le changement de couleur, c'est-à-dire là où la matière organique se termine,
de 6 à 90 cm	:	sable fin brun pâle avec cailloux allant jusqu'à 10 cm de diamètre et graviers; quelques racines provenant de la surface, traverse l'unité desséchée;

Ces deux unités constituent le remaniement anthropique.

de 90 à 92 cm : mince couche de matière organique, brune-foncée, compacte et sèche; présence d'un morceau de faïence (1 cm de diamètre); contact supérieur et inférieur de l'unité sont très nets.

Cette unité représente l'ancienne surface topographique avant le remblaiement anthropique. C'est également le niveau zéro à 90 cm pour le diagramme pollinique (fig. 5).

de 92 à 100 cm : sable fin brun pâle, sec, très compact et non structuré; le contact inférieur est brutal;

Latéralement ce contact passe à un horizon de charbon de bois lessivé qui atteint 30 centimètres d'épaisseur;

de 100 à 122 cm: sable moyennement grossier brun oxidé, sec, avec de rares cailloux; aucune structure apparente; le contact inférieur de l'unité est brutal et ondulé;

de 122 à 200 cm: banc d'argile grise massive, humide avec une lentille (2 x 5 cm) de sable fin brun pâle à 160 cm de profondeur; la partie supérieure de l'unité c'est à dire les dix premiers centimètres de l'argile exhibe une faible coloration rose,

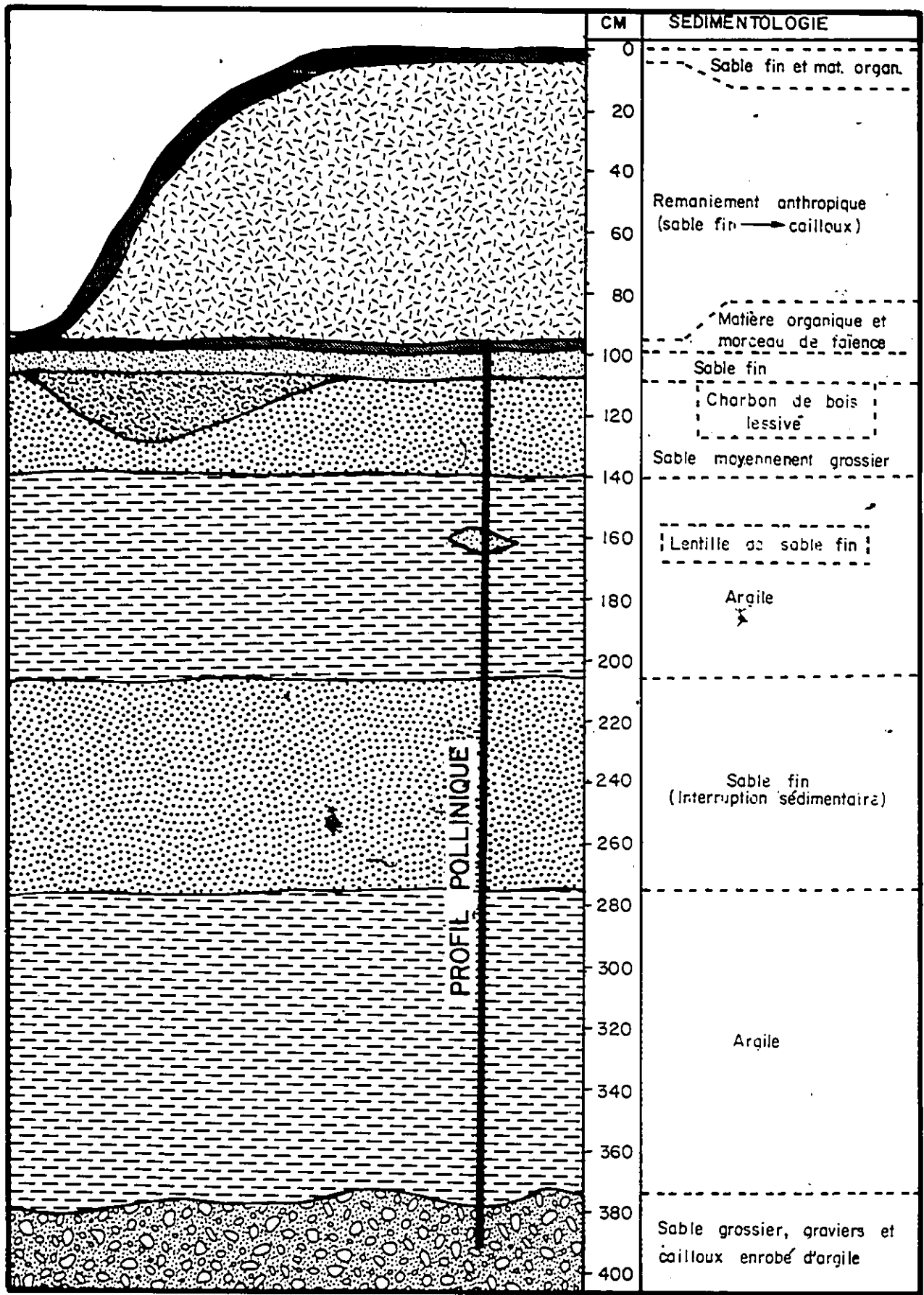


FIGURE 5: Représentation schématique illustrant l'aspect sédimentologique du profil de Leonard.

- de 200 à 270 cm: sable fin gris mouillé, finement lité; alternance de couches de 2 à 3 cm d'épaisseur de teintes pâles et foncées; les cinq derniers centimètres supérieurs de l'unité sont plutôt limoneux,
- de 270 à 370 cm: banc d'argile massive prismatique et humide; les trois premiers centimètres de l'unité, dans la partie supérieure, sont de couleur rose-rouge; par la suite il y a succession alternée de couches d'argile rose et grise d'épaisseur variable; ces couches alternées deviennent de moins en moins épaisses et plus fréquentes vers la base du profil et l'argile est moins compacte vers le bas; il y a quelques *Hiatella arctica* entiers à partir de 362 cm,
- de 370 à 390 cm: sable grossier avec graviers et cailloux arrondis (jusqu'à 20 cm de diamètre) enrobé d'une matrice limono-argileuse; l'ensemble est très compact et non-stratifié; le contact avec l'unité supérieure est brutal.

On note la présence à la fois d'*Hiatella arctica* entiers et de *Balanus* sp. fixés sur les cailloux ainsi que des concrétions de coquillages fracturés. Le profil pollinique se termine au niveau 390 cm puisque nous n'avons pas déblayé le talus plus bas étant donné la compacité du matériel.

c) Bearbrook

lat. - long. : 45° 23' 52" N 75° 20' 05" O

U.T.M. : E 473825 N 5027045

altitude : 73.8 mètres (242 pieds a.n.m.)

Enfin le profil sédimentologique de Bearbrook nous fournit

l'information suivante:

de 0 à 5 cm : sol sec brun foncé à noir composé de matière minérale fine et de matière organique avec racines,

de 5 à 100 cm : sable fin brun pâle, asséché avec racines; le contact supérieur est progressif avec le sol qui le superpose,

de 100 à 130 cm: argile rose silteuse avec racines; peu humide et le contact avec l'unité supérieure est graduel sur quelques centimètres;

Le profil pollinique débute à 110 cm;

de 130 à 164 cm: sable brun grossier très compact avec racines qui s'arrête à 144 cm,

- de 164 à 220 cm: sable brun moyennement grossier,
asséché avec fragments de coquillages
et valves (*Macoma balthica*) qui ne
sont pas en position de vie,
- de 220 à 244 cm: argile grise massive et humide dont
le contact supérieur de l'unité est
brutal,
- de 244 à 390 cm: interstratification de couches d'argile
et de sable avec, verticalement, une
concavité des bancs orientée vers
l'est, soit en s'éloignant de l'axe
de la crête; la concordance symétrique
des couches supérieures et inférieures
de l'unité est évidente,
- de 390 à 544 cm: argile grise prismatique et humide;
les contacts supérieurs et inférieurs
sont brutaux,
- de 544 à 590 cm: sable fin brun humide sans structures.

2.5 Interprétation

a) L'origine de la crête

Avant d'interpréter les unités sédimentologiques décrites, il faut premièrement expliquer l'origine de la crête sur laquelle nos séquences reposent.

Kent, Gruson et French (1972) ont interprété la crête de dépôts fluvioglaciaires comme étant un esker. L'esker de Sarsfield, tel qu'ils l'on nommé, est composé de gravier, de sable stratifié et de gros cailloux. Cette crête est flanquée de sédiments fossilifères remaniés (sable, silt et gravier) qui s'amincissent graduellement pour se transformer en sable fin. Ces derniers reposent sur les argiles silteuses de la plaine argileuse environnante. D'après ces observations les auteurs estiment que la crête de matériel fluvioglaciaire a partiellement été enfouie sous les silts et argiles de la mer de Champlain et la cime a été subséquentement modifiée lors de l'exondation.

Roed (1975) cite que l'esker à Sarsfield est un mélange hétérogène de limon, de sable, de gravier, de galets et de till. Il note que l'épaisseur de till, qui flanque les dépôts de la crête, s'épaissit avec l'éloignement de celle-ci (fig. 3, p. 29).

D'autres auteurs, Richard et Gadd (1976) et Richard et al. (1977) interprètent ces dépôts en forme de crête allongée comme étant des dépôts fluvioglaciaires. Ils définissent la composition de ces crêtes, situées dans la région d'Ottawa, de la façon suivante "gravier et sable, lités, renferment des lentilles de till; se présentent sous forme d'eskers et de dépôts de contact glaciaire; remaniés en surface en dépôts de plage lorsque situés sous la limite de submergence maximale de la mer de Champlain" (Richard et al., 1977, carte 1425 A, légende).

Par contre des études récentes furent effectuées par Rust et Romanelli (1975), Rust (1977, 1978) et par Cheel et Rust (1980, 1982) sur des crêtes composées de till, de sable et de gravier situées au sud d'Ottawa. Ces auteurs introduisent un modèle de sédimentation qui interprète l'origine des crêtes comme étant des épandages sous-aquatiques formés près du front glaciaire. Gadd (1978) soulève quelques arguments qui contredisent cette interprétation, mais Rust (1978) réplique favorablement à ces objections.

Nous soulignons que nos descriptions sédimentologiques ne nous permettent en aucune façon de prendre position quant à l'origine de la crête de Sarsfield, puisqu'elles ne se rapportent pas aux sédiments qui constituent le centre de la crête elle-même. Notons cependant qu'à Sarsfield l'argile analysée se superpose à une unité de sable et d'argile qui pourrait correspondre aux sédiments fossilifères remaniés décrits par Kent, Gruson et French (1972).

b) Les unités supérieures

Les unités sédimentologiques qui flanquent la crête résultent du remaniement de ses composantes ou sont d'origine étrangère; mais l'édification de ces dépôts est contemporaine et même postérieure à l'épisode champlainien.

Hayward (1979) et Hayward et French (1980, 1982) ont décrit

la nature et l'ampleur du remaniement des dépôts de crêtes situés dans la région d'Ottawa, lors de l'épisode marin. Ils proposent cinq modèles associés au dépôt de sédiment dans des kettles, formés par la fusion de culots de glace sur les flancs de crête.

De tels remplissages de kettles existent à Sarsfield et à Bearbrook où des nouvelles coupes proches du centre de la crête dégagent des sédiments limono-argileux stratifiés et, disposés en cuvette comme le montre la figure 6 de Hayward et French (1980) pour la carrière Red Dragon. Notons que cette carrière est située entre Leonard et Bearbrook; nous pouvons donc appuyer ce nouveau concept.

1) Les dépôts de plage associés à la submergence marine

L'unité inférieure du profil sédimentologique de Leonard est composée d'une matrice fine, limono-argileuse qui emballe du sable grossier, des graviers et des cailloux arrondis (jusqu'à 20 cm). L'unité n'est pas stratifiée et elle est très compacte.

La présence continue de coquillages entiers (*Hiatella arctica* et *Balanus* sp.) et de fragments fixés sur les cailloux, dénote le transport restreint qu'ont subi ces organismes lors du remaniement de la crête par les eaux marines. Il s'agit donc probablement d'un faciès littoral.

Dans la région de Cornwall, Terasmae (1965) note qu'une mince couche de sable et de gravier chevauche le till sur les hautes élévations. Il explique que ce dépôt grossier est recouvert par l'argile marine limoneuse (stratifié) et assume que cette couche de sable et de gravier représente la preuve de la transgression marine. Nous croyons que les dépôts grossiers à la base du profil de Leonard pourraient être d'origine similaire puisqu'ils exhibent les mêmes caractéristiques que ceux de la région de Cornwall située à 64 km au sud-ouest de notre région d'étude.

A Bearbrook et à Sarsfield les faciès inférieurs de nos profils sédimentologiques sont moins grossiers qu'à Leonard et les profils sont également plus distants du centre de la crête. Ces faciès suggèrent donc un environnement sédimentaire plus profond, probablement sub-littoral.

11) L'argile

L'argile grise massive qui compose la deuxième unité, témoigne de la submergence marine étant donné qu'elle est fossilifère à la base du profil de Leonard. Le caractère massif de cet unité d'argile suggère une sédimentation constante en milieu profond, mais des alternances de couleur, grise et rose sont visibles, spécialement dans le profil sédimentologique de Leonard (270 - 370 cm). Chapman et Putnam (1940) attribuent la coloration rose de l'argile, à son origine dérivée du schiste rouge argileux de la formation Medina (formation Queenston dans Charron, 1974) de l'ère Ordovicienne. Les alternances de couleur pourraient peut-

être s'expliquer par les variations d'apports d'eau liées à la dynamique du retrait glaciaire.

A Leonard et Bearbrook le faciès est interrompu par une zone de sédiments sableux qui est décrite dans la section qui suit.

111) Interruption sédimentologique de l'argile

Une zone de sédiment fin interstratifié à l'argile caractérise les profils sédimentologiques de Leonard et de Bearbrook. Nous avons observé la même séquence, argile-sable-argile dans une sablière située à 3,5 km au nord-est de Navan mais étant donné le dessèchement des unités nous avons préféré ne pas prélever d'échantillons pour l'analyse pollinique.

A Leonard cette zone est uniquement constituée de sable rythmé limoneux gris tandis qu'à Bearbrook l'unité intermédiaire à l'argile est composée d'une alternance de couches d'argile et de sable stratifié, déformées verticalement, qui semblent être édifiées obliquement à la crête.

A Sarsfield l'horizon sableux, avec petites structures de glissements, se trouve seulement à la base de la coupe. Par conséquent il semble que les profils sédimentologiques de Leonard et Bearbrook soient contemporains tandis que le profil de Sarsfield couvrirait uniquement la

partie supérieure des séquences de Leonard et de Bearbrook, comme le propose la figure 6.

Nous expliquons cette phase sableuse interstratifiée aux argiles par le remaniement par glissements sous-aquatiques des sédiments de la crête en particulier à Bearbrook et Leonard. Des tremblements de terre dus au relèvement isostatique ou des secousses dues aux vélages des glaces au front du glacier engendreraient selon Rust (1977) des surcharges et des glissements sous-aquatiques. Nous pensons néanmoins qu'en ce qui concerne nos profils, les glissements sous-aquatiques se sont opérés à une période où le front glaciaire était déjà éloigné de nos sites comme l'indiquera l'analyse pollinique (chapitre IV). La figure 7 représente de façon schématique les types de déformations et leur extension spatiale par rapport aux sites de prélèvements.

iv) Les dépôts de plage associés à l'exondation

Cette unité, c'est à dire les sables qui se superposent aux argiles, a été édiflée lors du retrait de la mer de Champlain. Les sables ont été remaniés du sommet de la crête par la turbulence des vagues. MacClintock (1958) estime que les sommets de crêtes composés de till et de gravier ont été érodés de 12 à 15 mètres dans la région de Cornwall. Les sédiments fins qui chevauchaient les crêtes ont été transportés vers les parties plus profondes de la mer tandis que les matériaux grossiers ont constitué des dallages sur les plages. Ce

SARSFIELD

LEONARD

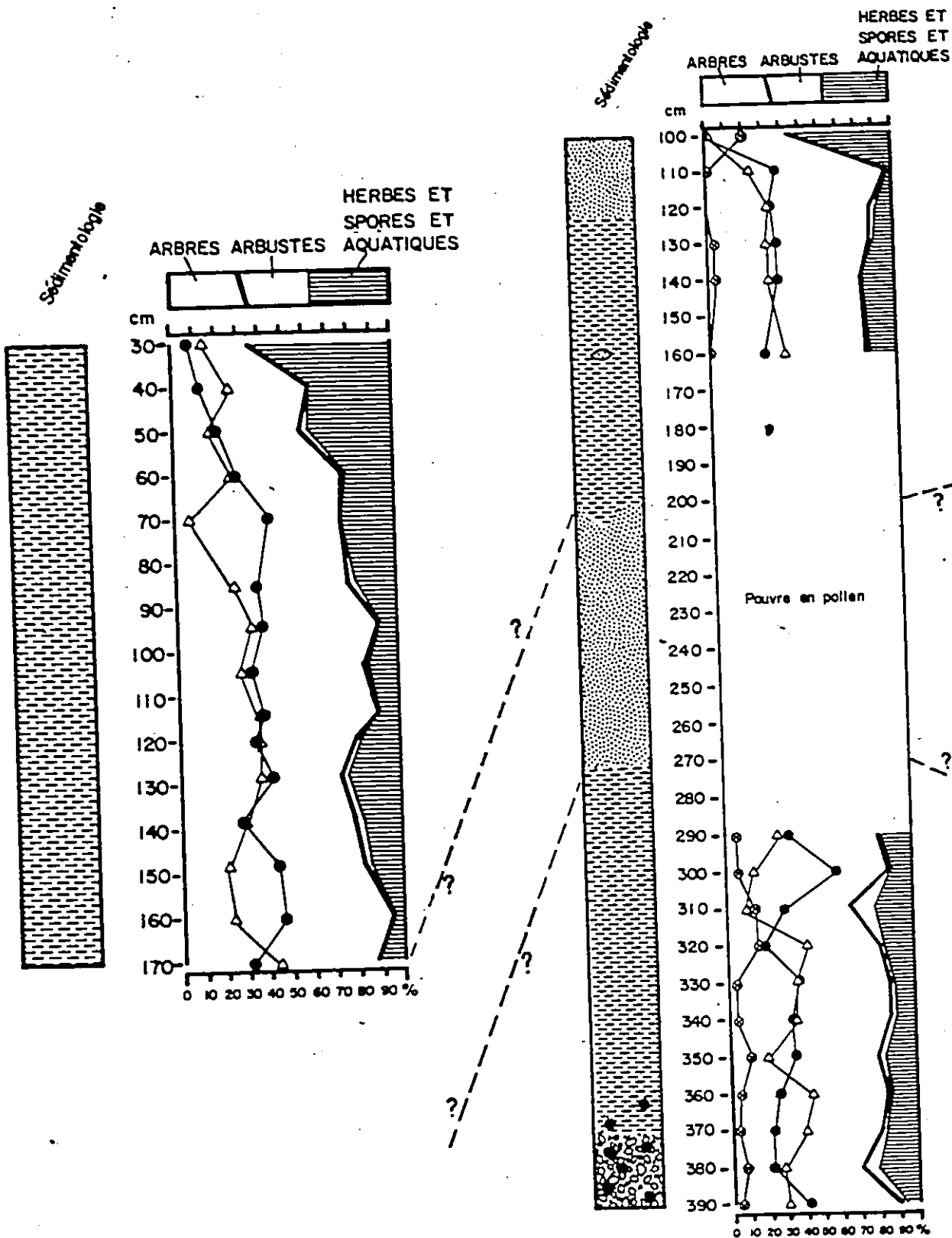


FIGURE 6: Ebauche de corrélation stratigraphique.

LEONARD

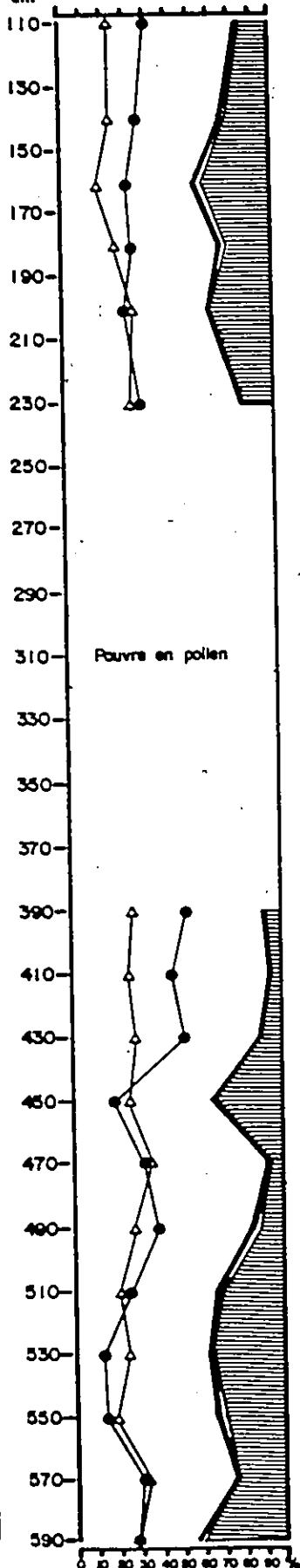
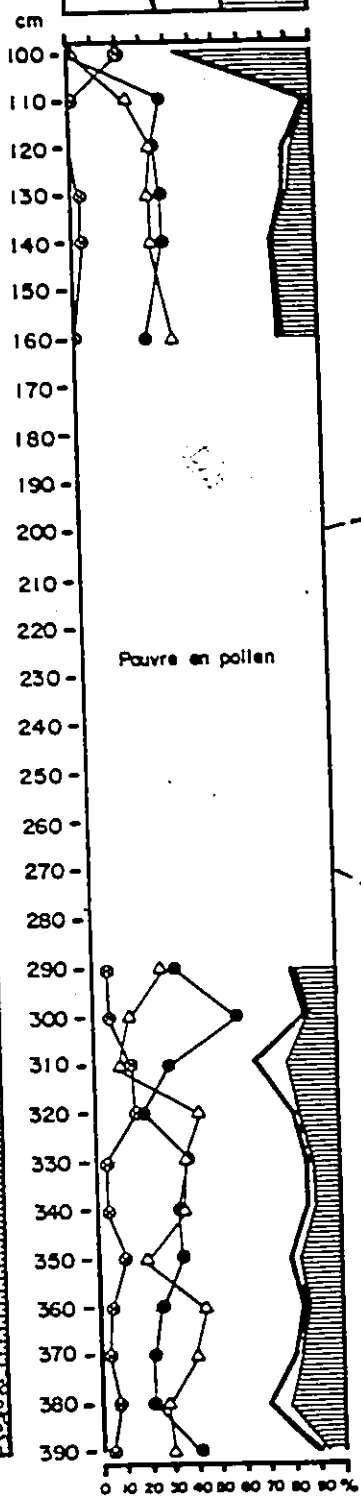
BEARBROOK

Sédiments










Sédiments

HERBES ET SPORES ET AQUATIQUES
ARBRES ARBUSTES

HERBES ET SPORES ET AQUATIQUES
ARBRES ARBUSTES



Légende

-  Argile -massive.
-silteuse
-sableuse
-  Sable fin
-  Sable grossier
-  Sable, gravier, cailloux
-  Picea
-  Pinus
-  Populus
-  Coquillages
-  Corrélations proposées

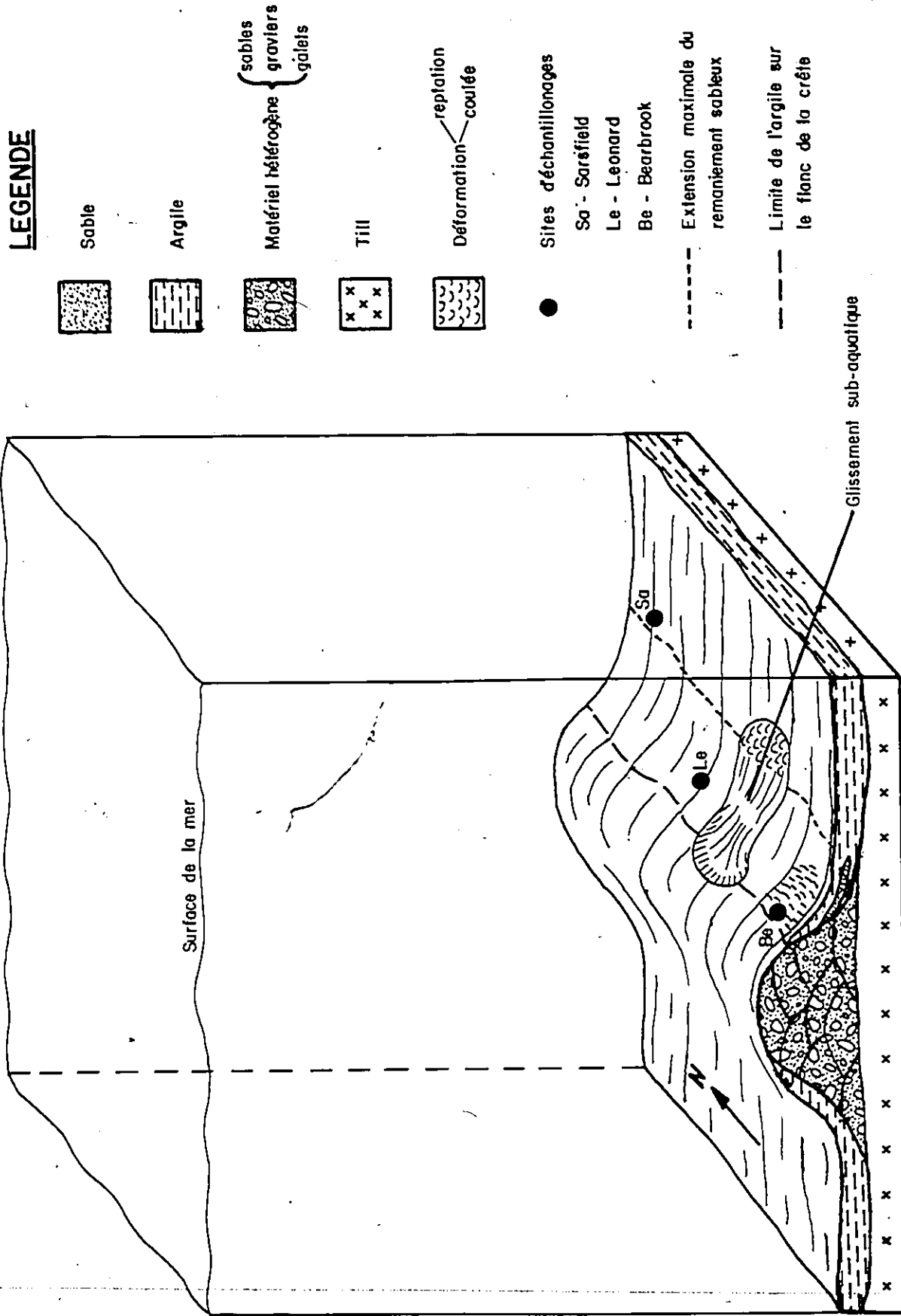


FIGURE 7: Représentation schématique des dépôts remaniés de la crête par rapport à la position des sites de prélèvement.

processus a donc modifié considérablement la morphologie glaciaire préexistante.

Dans notre profil de Sarsfield, cette unité sableuse n'existe pas; ceci s'explique par l'éloignement du site de prélèvement par rapport au centre de la crête. Par contre à Leonard et à Bearbrook l'unité de sable et de gravier épars est bien visible.

Nous avons prélevé à Bearbrook, au niveau 200 cm, des fragments et des valves de coquillages marins de type *Macoma balthica*, mais puisqu'ils ne sont pas en position de vie, nous ne pouvons pas déterminer s'ils sont contemporains de l'édification du dépôt.

Le contact supérieur de cette unité de sable d'origine littorale est défini, à Leonard, par la présence d'un horizon de charbons de bois et de cendres, situé à environ deux mètres à gauche du profil sédimentologique. Son épaisseur varie de 0 à 30 centimètres. Ceci suggère un incendie probable sur place ou dans la région.

v) Les dépôts éoliens

Suite à la régression marine, les sables composant les plages étaient disponibles pour le transport éolien. Terasmae (1965) et Sharpe (1979) ont cartographié des dépôts de ce type dans des régions au sud et au sud-ouest de la nôtre. Nous croyons que l'unité de sable fin

compact observée à Leonard est d'origine semblable même si les sables n'ont pas été examinés au binoculaire. De toute façon en raison de la faible distance de transport, il est fort possible qu'aucune différence dans la sphéricité ou l'émoussé des grains ne puisse être détectée.

vi) Le sol et l'unité remaniée de Leonard

En surface, nous avons un horizon gris clair qui rappelle un podzol peu épais, qui a été observé aux autres sites de prélèvements. Par contre à Leonard nous avons identifié la présence d'une unité de matériel remaniée, composée de sable et de gravier, qui est superposée au sol original et qui est elle-même recouverte par un sol plus récent. L'origine de l'unité a été établie à partir d'un morceau de faïence qui a été prélevé à la base de l'unité et est sans doute contemporain du début de l'exploitation des sédiments grossiers de la crête.

vii) L'allure des unités en flanc de crête

Nous avons observé l'aspect des unités sédimentologiques perpendiculairement à la crête, à Sarsfield et à Leonard. Toutes les unités répertoriées qui flanquent les dépôts de la crête présentent, en plan, l'allure en biseau de façon à s'amincir au fur et à mesure que l'on se rapproche du sommet de la crête. De plus, les sédiments grossiers sous-jacents (sable, gravier et cailloux), s'élèvent en altitude vers le centre de la crête. Il est très difficile d'observer les séquences complètes

transversales puisque le centre de la crête est presque entièrement excavé.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons systématiquement examiné les descriptions et nous avons traduit la signification de chaque unité sédimentologique. Ceci nous indique que les sédiments dont nous avons analysé le contenu pollinique, sont postérieures à la formation de la crête elle-même, puisqu'ils appartiennent aux formations en biseau qui flanquent la crête.

CHAPITRE III

TECHNIQUES ET METHODES

"The essence of science is not knowledge, but the method by which knowledge is gained". (René Maheu).

3.1 Introduction

Suite à la reconnaissance préliminaire sur le terrain, nous avons sélectionné trois sites propices à l'échantillonnage sur parois et situés dans des sablières et gravières. Ces sites répondent à la double exigence d'offrir des séquences argileuses suffisamment longues pour enregistrer une évolution végétale et peu épaisses pour réduire le nombre d'échantillon à traiter et analyser.

3.2 Prélèvement des échantillons

"Qu'il s'agisse du travail sur le terrain ou du travail au laboratoire, toutes les opérations demandent un soin extrême pour éviter les contaminations par les pollens atmosphériques". (Van Campo et Elhai, 1960, p. 339).

L'échantillonnage sur le terrain a toujours été effectué sur des parois de sablières et gravières. (Sarsfield, Leonard et Bearbrook).

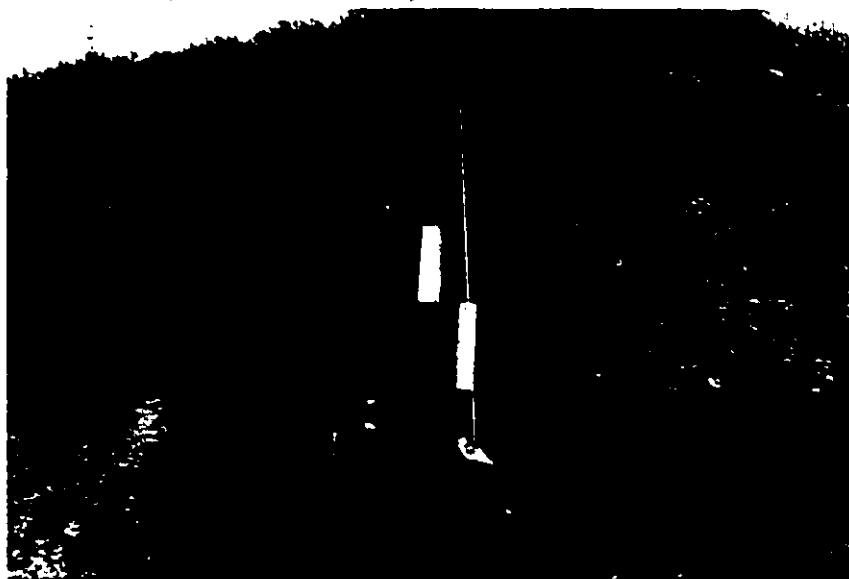
Après avoir rafraîchi ou décapé la surface de la paroi, nous avons réalisé la description complète de la coupe. Par la suite nous avons prélevé à intervalles réguliers et aussi minces que possible, des échantillons qui furent immédiatement mis à l'abri de l'air dans des sachets et des boîtes en plastique. Ceci était nécessaire afin d'éviter la dessiccation et l'oxydation qui peuvent avoir des effets néfastes sur les pollens et les spores.

Les boîtes en plastique utilisées (38 X 8 X 5 cm) offrent l'avantage de pouvoir prélever des séquences complètes de sédiments. La photographie no. 1 montre le mode d'échantillonnage. Certaines parois, très hautes, ont exigé l'utilisation d'une échelle pour les prélèvements.

3.3 Préparation au laboratoire

Tous les échantillons d'argile et de sable ont été traités au laboratoire pour l'extraction et la concentration pollinique. Les méthodes de préparation varient selon la nature de l'échantillon. "Ces techniques consistent à concentrer le plus possible les pollens et les spores en éliminant les matières organiques ou minérales qui gêneraient l'observation..." (Van Campo et Elhaï, 1960, p. 340).

La première méthode que nous avons utilisée, celle de Frenzel (1964a), simplifiée par Bastin (1971), consiste essentiellement à extraire les pollens et les spores des sédiments limoneux. Cette méthode



PHOTOGRAPHIE NO. 1

Exemple d'échantillonnage avec les boîtes
et les sachets en plastique (gravière de
Sarsfield).

améliorée par Bastin (1971) présente deux grands inconvénients: sa durée et son coût (tableaux 2 et 3 en annexe (B)). "Sous sa forme originale la méthode Frenzel (1964a), demande 2,5 jours de travail (20 heures) pour appliquer à un échantillon de 100g l'ensemble des opérations" (Bastin, 1971, p. 49). Bastin utilisa la méthode Frenzel (1964a) simplifiée sur quatre échantillons de 25g et celle-ci demande 1,5 jours de travail (12 heures). Il a également appliqué cette méthode améliorée sur des argiles, des limons, des sables et des tufs calcaires.

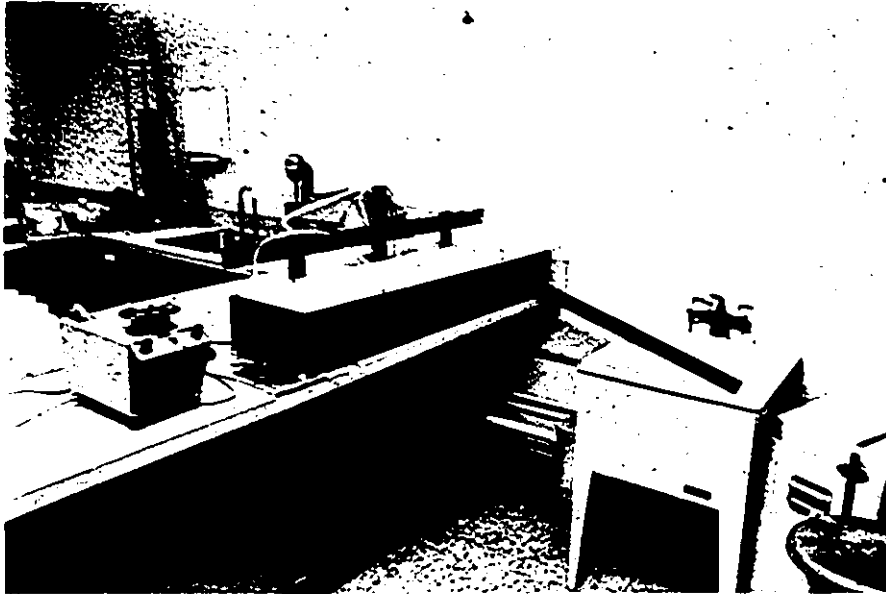
Dans notre cas, en utilisant la méthode de Frenzel améliorée par Bastin (1971) sur des argiles, le temps requis pour préparer huit échantillons de 25g était en moyenne de 13 heures. Cependant le nombre de pollens par lame restait peu élevé pour le temps consacré à la préparation. De plus la liqueur de Thoulet est très coûteuse même si on peut la récupérer après l'emploi. C'est pourquoi nous avons exploré une autre possibilité.

Inspirés par Kidson et Williams (1969), Cwynar et al. (1979) ont mis au point une méthode de tamisage pour concentrer les pollens et les spores à partir de sédiments fins. Brièvement leur méthode consiste à défloculer le sédiment en début de préparation en utilisant une solution de pyrophosphate de soude ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) à 5%, pour ensuite passer le sédiment à travers un tamis à mailles de 200 microns (μ). Par la suite, le traitement inclut une ébullition à la soude caustique (NaOH), une dissolution dans l'acide fluorhydrique, une acétolyse, un filtrage sur une membrane Nitex calibrée à 7,10 ou 15 μ et enfin

le culot est préparé pour le milieu de montage. Toutes ces opérations se terminent par une centrifugation et une décantation, et des lavages à l'eau les séparent.

Nous avons testé cette méthode en effectuant le tamisage sur la membrane en début de préparation, dans le but d'éliminer les particules fines et par le fait même traiter par la suite une plus petite quantité de matière. Nous nous sommes aperçus avec la quantité de sédiments traités (25g) que les mailles de la membrane Nitex (15 μ) s'obstruaient rapidement. Par conséquent, le temps requis pour filtrer un échantillon, exigeait en moyenne trente minutes, c'est-à-dire quatre heures de manipulation pour huit échantillons avant même de commencer la méthode de concentration proprement dite.

Nous avons donc tenté d'améliorer la technique de Cwynar et al. (1979) en concevant un système qui empêche l'obstruction des mailles de la membrane tout en accélérant le microtamisage. Nous avons mis au point un système mécanisé d'agitateurs magnétiques qui permet de traiter simultanément quatre échantillons dans le but d'éliminer les particules fines en début de préparation (Voir photographie No. 2 et fig. 8). L'utilisation d'agitateurs magnétiques permet de garder le sédiment en suspension et d'éliminer la formation d'une pellicule d'argile qui obstrue les pores de la membrane. Seules les particules plus fines que la calibration des mailles (15 μ) et le liquide, peuvent traverser la membrane.



PHOTOGRAPHIE NO. 2

Montage avec agitateurs magnétiques.

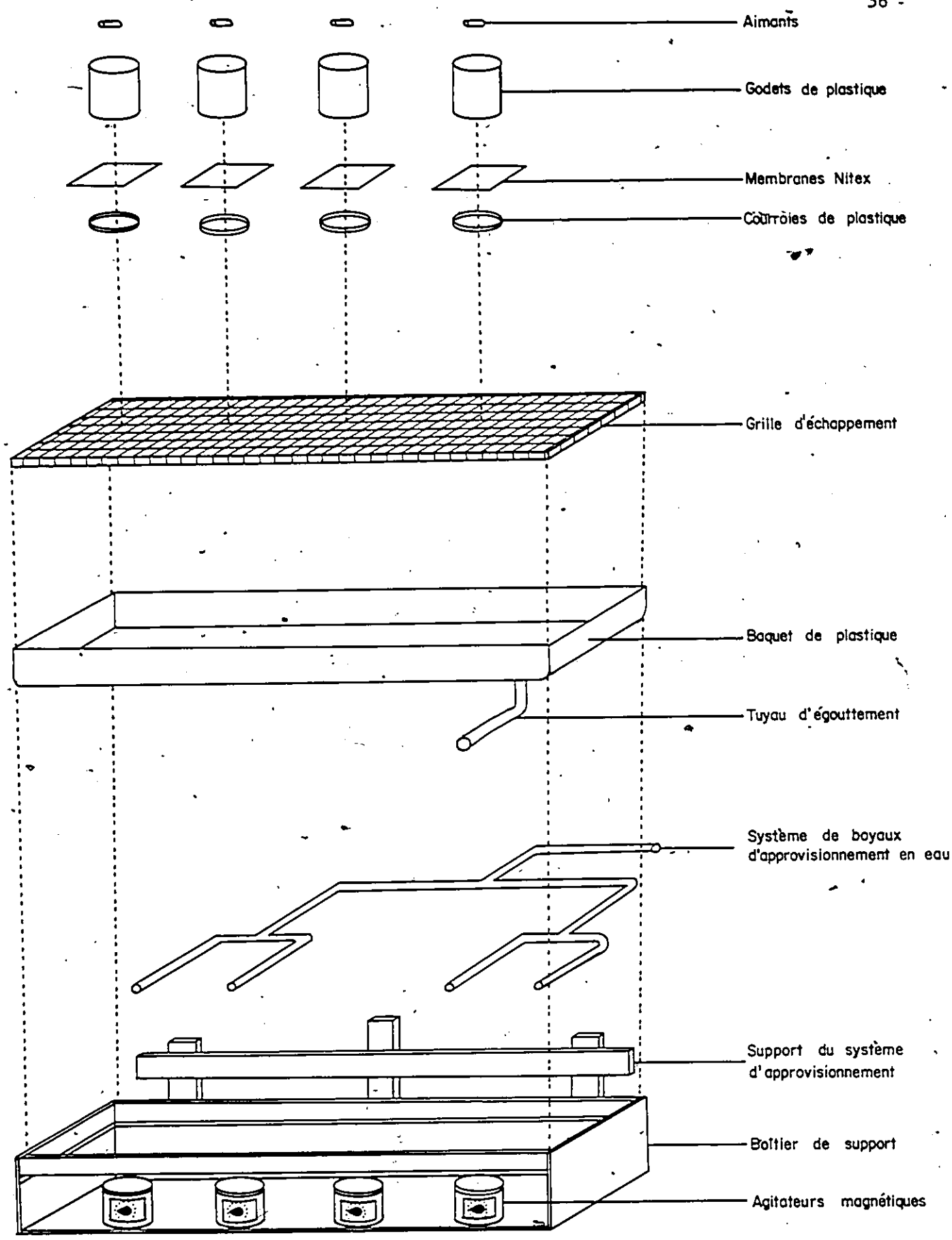


FIGURE 8: Détails de l'assemblage de l'appareil.

Par conséquent la méthode de préparation que nous utilisons maintenant comprend un microtamisage en début de préparation, qui est suivi par les étapes essentielles de concentration des méthodes classiques (Faegri et Iversen, 1975). L'utilisation de la liqueur de Thoulet devient inutile car nous éliminons les particules fines en début de préparation. Nous procédons de la façon suivante:

- A. 1. Prélever 25g d'argile, que l'on introduit dans un flacon, dans lequel on ajoute 75 ml de pyrophosphate de soude ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ à 5%) pour défloculer le sédiment.
2. Mélanger à l'aide d'un agitateur mécanique commercial Waring 3420 pendant 15 secondes⁽¹⁾.
3. Filtrer graduellement les échantillons sur membranes Nitex (15 μ) montées sur godets de plastique, et agiter par agitateurs magnétiques. Prendre bien soin de ne pas laisser le niveau du liquide réduire de plus de moitié, en y ajoutant graduellement de l'eau tiède. Ce microtamisage est effectué jusqu'au moment où le liquide, qui s'échappe sous le godet de plastique, devient incolore, c'est-à-dire lorsque toutes les particules fines sont éliminées.

⁽¹⁾ Juvigné (1975) et Cwynar et al. (1979) utilisent des agitateurs mécaniques sans pour autant trouver d'évidences d'endommagement des grains de pollen.

4. Arrêter successivement les agitateurs magnétiques pour les échantillons dont le microtamisage est terminé, et laisser égoutter les godets.
 5. Détacher consécutivement les courroies de plastique qui rattachent les membranes aux godets de plastique en prenant bien soin de ne pas laisser s'échapper du liquide ou du matériel filtré. Laver à l'eau, le godet et la courroie de plastique ainsi que la membrane, pour que le sédiment filtré se retrouve dans un bécher.
 6. Centrifuger⁽¹⁾ et décanter l'excès de liquide et le sédiment dans des tubes de plastique (100 cm³) jusqu'à ce qu'il y ait 1/3 du tube rempli de sédiment filtré.
 7. Une fois décanté, laisser macérer l'échantillon pendant une nuit dans un excès de HCl concentré, à froid.
- B.
8. Centrifuger et décanter, laver à l'eau, centrifuger et décanter.
 9. Faire bouillir au bain-marie pendant 5 minutes dans NaOH 10%, centrifuger et décanter.
 10. Ajouter de l'eau jusqu'à moitié du tube, agiter vivement à la baguette pendant 10 secondes, laisser reposer pendant 10 secondes et verser le surnageant dans un tube 15cc. Effectuer cette opération de 2 à 3 fois. Centrifuger et décanter chaque fois.

(1) Nous centrifugeons à 3500 RPM pendant 5 minutes pour l'ensemble des opérations.

11. Acidifier le sédiment avec quelques gouttes de HI 10% et prolonger avec HF. Agiter avec une baguette métallique puis verser dans des godets de nickel. Bouillir 5 à 10 minutes puis laisser refroidir pendant 10 minutes.
12. Verser dans des tubes 15 cm³, centrifuger et décanter. Laver à HCl 10% à froid centrifuger et décanter.
13. Laver à l'eau, centrifuger et décanter.
14. Bouillir au bain-marie dans une solution de NaOH 10%, centrifuger et décanter.
15. Laver à l'eau, centrifuger et décanter.
16. Déshydrater pendant 5 minutes dans l'acide acétique glacial, centrifuger et décanter.
17. Faire chauffer au bain-marie jusqu'à 100°C dans le mélange acétolitique (Acétolyse = 9 parties d'anhydride acétique, une partie d'acide sulfurique concentré). Laisser refroidir pendant 30 minutes centrifuger et décanter.
18. Déshydrater pendant 5 minutes dans l'acide acétique glacial, centrifuger et décanter.
19. Laver à l'eau, centrifuger et décanter.
20. Diluer le culot de centrifugation final dans le milieu de montage (eau glycinée).

En utilisant cette méthode améliorée le temps requis pour tamiser huit échantillons est en moyenne de 2 heures, ce qui réduit de moitié le temps utilisé avec la méthode de Cwynar et al. (1979). Lors du

microtamisage, le volume de sédiment diminuait en moyenne de moitié. De plus, suite à la vérification au binoculaire, les mailles des membranes utilisées n'avaient subi aucune déformation qui aurait pu être causée par l'aimant qui tourbillonnait sur la membrane. Les membranes peuvent être réutilisées après un nettoyage d'environ quinze minutes aux ultrasons.

Après avoir appliqué cette nouvelle méthode à huit échantillons de niveaux précédemment traités avec la méthode Frenzel améliorée par Bastin (1971), nous les avons comparé statistiquement. Le tableau 2 montre bien que la méthode améliorée nous permet d'obtenir en moyenne un peu plus que le double de pollens pour le même montant de sédiment préparé. Par la suite nous avons donc toujours utilisé cette méthode.

Un précipité silico-fluorique s'est formé dans certains de nos échantillons lors de l'acétolyse et dénote d'après Cwynar et al. (1979) soit une forte proportion de silt et argiles non-dissous lors de la macération du sédiment dans l'acide et/ou une réaction chimique lors de l'acétolyse. Pour solutionner ce problème, Cwynar et al. (1979) proposent un tamisage plus délicat en fin de préparation afin d'éliminer ce précipité silico-fluorique, qui gêne l'observation au microscope. Nous avons tout simplement repris les quelques échantillons dont le précipité gênait l'observation.

Profondeur cm	METHODE DE FRENZEL AMELIOREE			METHODE DE CHYRAR ET AL. AMELIOREE			ENSEMBLE DES METHODES			
	# échant. pollens	# lames comptées	\bar{X} /lame	# échant. pollens	# lames comptées	\bar{X} /lame	# échant. pollens	# lames comptées	\bar{X} /lame	
85	SA _{1a}	4*	10,00	SA _{1b}	3*	26,33	SA _{1a+b}	7	17,00	
94	SA _{2a}	4	17,75	SA _{2b}	1	296,00	SA _{2a+b}	5	73,40	
104	SA _{3a}	4	11,00	SA _{3b}	4*	44,50	SA _{3a+b}	8	28,25	
114	SA _{4a}	4	53,25	SA _{4b}	2	178,00	SA _{4a+b}	6	95,17	
120	SA _{5a}	5	26,40	SA _{5b}	3*	14,67	SA _{5a+b}	8	22,00	
129	SA _{6a}	6	36,00	SA _{6b}	1*	0,00	SA _{6a+b}	7	30,86	
139	SA _{7a}	4	58,50	SA _{7b}	2	68,50	SA _{7a+b}	6	61,83	
148	SA _{8a}	4*	30,85	SA _{8b}	2	52,00	SA _{8a+b}	6	37,50	
Total	1 073	35	30,66	Total -SA _{6b}	1 198 17	66,56 70,47	Total	2 271	53	42,85
					PA 2,17					

SA - Site d'échantillonnage de Sarsfield
PA - Facteur d'amélioration

* - Fond de tube lors du comptage
• - Type de précipité silico-fluorure

TABLEAU 4: Statistiques d'amélioration.

En ce qui concerne l'ensemble de nos échantillons, nous avons appliqué cette méthode mécanisée à nos trois profils: Sarsfield, Leonard et Bearbrook avec un rendement moyen de 47 pollens et spores (méthode mécanisée seulement) par lame de 18 X 19 cm analysée (tableau 3). Remarquons d'une part que ce rendement moyen tient compte de richesses assez variables les extrêmes étant de 571 pollens et spores par lame pour l'échantillon le plus riche (1263 si l'on tient compte du tiers de lame compté qui a livré 421 pollens et spores), et 1 pollen par lame pour l'échantillon le plus pauvre. Certains échantillons provenant de sédiments sableux se sont avérés tellement pauvres que leur analyse a été abandonnée au bout de quelques lames et que ces échantillons n'entrent donc pas en ligne de compte pour le calcul du rendement moyen et n'apparaissent pas dans les diagrammes polliniques.

Nous croyons que l'utilisation de la méthode de Cwynar et al. (1979) améliorée se justifie pleinement du point de vue accroissement dans le rendement en pollens et spores ainsi que le gain considérable de temps par rapport aux méthodes que nous utilisions précédemment. Nous avons accéléré la préparation de 2 heures parce que nous pouvons microtamiser les échantillons plus rapidement. Pour les 49 niveaux analysés, le rendement moyen (méthodes combinées) a été de 45 pollens et spores par lame et nous avons analysé en moyenne 4,8 lames par niveau.

SARFIELD				LEONARD				BEARBOOK			
échant.	#	total pollens comptés	\bar{X} /lame	échant.	#	total pollens comptés	\bar{X} /lame	échant.	#	total pollens comptés	\bar{X} /lame
8A 1	216	3	72,00	LE 2	126	8	15,75	BE 1	291	1	291,00
8A 2	209	6	34,83	LE 3	69	4	17,25	BE 2	227	4	56,75
8A 3	206	6	34,33	LE 4	240	2	120,00	BE 3	204	1	204,00
8A 4	273	4	68,25	LE 5	275	3	91,00	BE 4	150	3	50,00
8A 5	91	7	13,00	LE 6	223	4	55,75	BE 5	121	11	11,00
8A _{1a} tb	119	7	17,00	LE 7				BE 6	287	4	71,75
8A _{2a} tb	367	5	73,40	LE 8	210	3	70,00	BE 7			
8A _{3a} tb	226	8	28,25					BE 8			
8A _{4a} tb	571	6	95,17	LE 9	17						
8A _{5a} tb	176	8	22,00								
8A _{6a} tb	216	7	30,86	LE 10	17						
8A _{7a} tb	371	6	61,83								
8A _{8a} tb	225	6	37,50	LE 11	210	1	210,00				
8A 14	70	4	17,50	LE 12	218	1	218,00				
8A 15	37	4	9,25	LE 13	74	5	14,80				
				LE 14	248	2	124,00				
				LE 15	400	2	200,00				
				LE 16	252	1	252,00				
				LE 17	234	1	234,00				
				LE 18	260	1	260,00				
				LE 19	421	1	421,00				
				LE 20	368	1	368,00				
				LE 21	205	2	102,50				
				LE 22							
				LE 23							
				LE 24							
				LE 25							
				LE 26							
				LE 27							
				LE 28							
				Total	4 033	42	96,02	Total	3 051	104	29,24
				Total	3 373	87	38,77				
				Total pollens=	3 373 + 4 033 + 3 051 = 10 457						
				# de lames comptées=	87 + 42 + 104 = 233						
				\bar{X} pollen/lame=	10 457 / 233 = 44,88						
				\bar{X} comptages/niveaux=	233 + 40 = 1,76						

TABLEAU 5: Statistiques globales des analyses.

3.4 Analyse des échantillons

Les lames microscopiques ont été observées au grossissement 200X et 400X sur un microscope biologique Olympus BH en lumière transmise. Quelques photos de pollens non illustrés dans les clefs ainsi que des pollens déformés génétiquement ont été prises par une caméra Olympus PM-6, calibrée par un posemètre Olympus LMM-7 montée sur microscope biologique Olympus CH (photographies Nos. 3, 4 et 5).

Pour chaque échantillon, une goutte du mélange concentré, préparé au laboratoire est déposée sur un porte-objet et est recouverte par un couvre-objet d'une dimension de 18 X 18 mm. Un balayage optique complet du matériel sous le couvre-objet nous a permis d'effectuer les déterminations et d'enregistrer les résultats sur des feuilles de comptage. Les déterminations ont été effectuées à l'aide d'une collection de lames de référence constituées de pollens et spores prélevés sur matériel frais.

Les ouvrages de Wodehouse (1935), Erdtman (1943), Faegri et Iversen (1975) Kapp (1969), Richard (1970b), Adams et Morton (1972, 1974, 1976 et 1978), McAndrews et al. (1973), Bassett et al. (1978), et de Moore et Webb (1978) nous ont guidé pour la détermination des genres et espèces. Cette façon de procéder nous a permis de repérer pratiquement tous les pollens présents sur les lames analysées.

Etant donné la pauvreté des échantillons nous avons essayé d'identifier un minimum de 100 grains de pollen pour que les résultats soient significatifs. Selon la richesse de l'échantillon nous avons analysé en moyenne 3 lames par niveau. En général nous avons suivi la méthode de Bastin (1971, p. 52) qui suggère l'approche suivante: "Pour les échantillons fournissant moins de 25 pollens par lames, nous nous sommes efforcés d'atteindre au moins 100 pollens, pour les échantillons fournissant de 25 à 50 pollens par lame, nous avons cherché à atteindre 150 pollens, cependant que pour les échantillons fournissant plus de 50 pollens par lame, nous avons compté au minimum 200 pollens".

Il y aurait eu moyen d'obtenir de plus fortes sommes polliniques en préparant quatre à cinq fois plus de sédiment pour les échantillons pauvres. Ceci aurait nécessité une plus grande quantité de sédiment par échantillon ainsi que plusieurs heures additionnelles au laboratoire.

Pour des échantillons particulièrement pauvres les pourcentages obtenus restent valables jusqu'au moins 100 grains de pollen comptés parce que comme le dit Bastin (1971, p. 55): "Les échantillons de contrôle ont montré que les écarts des pourcentages enregistrés sont très nettement inférieurs aux écarts statistiques théoriques calculés avec un coefficient de confiance de 95%". Donc, même si nous n'avons relevé qu'un petit nombre de pollens, le fait demeure que les argiles peuvent être analysées et donc le paléoenvironnement végétal peut être défini grâce à l'amélioration de la technique.

3.5 Concentration pollinique

Nous n'avons pu effectuer les calculs de concentration pollinique car lors des préparations la balance de précision était défectueuse. De plus, ayant utilisé deux différentes méthodes de préparation il nous aurait fallu pondérer les résultats et ainsi fausser la représentation de ces données.

Par contre la concentration peut être estimée de façon subjective, en comparant la somme pollinique et le nombre de lames comptées pour chaque niveau. Ainsi il est facile de voir que pour certains niveaux il a fallu compter 5 à 6 lames pour obtenir le même total qu'un autre niveau où nous avons compté seulement une lame. On ne peut donc parler que d'une concentration par lame.

3.6 Présentation des résultats

Lorsque les pollens d'un niveau ont été comptés, on exprime les résultats en pourcentage et cela constitue le spectre pollinique d'un niveau. La base du calcul des pourcentages s'appuie sur la somme des pollens des arbres, des arbustes, des herbes, des spores et des aquatiques. L'ensemble des spectres d'un profil constitue le diagramme pollinique. Sur chaque diagramme, présenté de façon uniforme, figurent de gauche à droite les informations suivantes. A l'extrême gauche du diagramme une colonne caractérise la sédimentologie. Ensuite vient l'échelle de profondeur

exprimée en cm par rapport à la partie supérieure du profil palynologique indépendamment de la surface du sol. Suit une colonne dont la largeur correspond à 100%, résumant certaines données d'analyse. On peut lire la proportion du pollen arboréen, arbustif et de l'autre section qui regroupe les herbes, spores et aquatiques. La courbe grasse délimite la proportion des pollens d'arbres et est aussi appelée la courbe PA/T c'est-à-dire la fréquence des pollens arboréens sur le total des grains comptés. Dans cette colonne, les courbes polliniques des genres les plus abondants sont indiquées et se limitent habituellement à deux ou trois taxons. Ce diagramme synthétique permet une comparaison rapide avec d'autres diagrammes polliniques.

Le reste du diagramme est composé principalement d'histogrammes exprimant, en colonnes individuelles, le pourcentage de représentation pollinique des taxons identifiés. Les histogrammes des taxons sont regroupés par catégories qui indiquent les arbres, les arbustes, les herbes et les spores et aquatiques. L'utilisation des traits gras, qui composent l'histogramme, correspond aux valeurs supérieures à 1% et le trait fin correspond aux valeurs inférieures à 1%.

D'autres informations apparaissent à la droite du diagramme et incluent une colonne qui indique la somme pollinique qui dans chaque niveau a servi au calcul des pourcentages et une autre colonne qui dénote le nombre de lames comptées pour atteindre la somme pollinique. La dernière colonne expose à nouveau l'échelle des profondeurs. Enfin la

localisation par coordonnées géographiques, l'altitude et le titre apparaissent dans la partie supérieure gauche du diagramme pollinique.

Dans tous les diagrammes nous avons répertorié des fragments de pollens vésiculés, tel que *Pinus*, *Picea* et *Abies* dont le nombre varie selon la profondeur, avec les plus faibles totaux toujours situés en surface du profil. Martin (1958) et Ruttner (1963) estiment que les forts totaux de fragments enregistrés lors des comptages, sont une indication de pauvres conditions de préservation (oxydation et corrosion) à l'intérieur du sédiment. D'autre part Cross et al. (1966) attribuent l'occurrence de ces fragments aux effets de transport tandis que Sangster et Dale (1964) ainsi que Ruttner (1963) l'associent aux effets causés par des communautés d'organismes propres aux fonds marins. Enfin d'autres auteurs tels que Cushing (1964) et LaSalle (1966) expliquent cette détérioration par le mode de préparation des échantillons.

Richard (1977a) indique que la proportion des grains abîmés est plus forte dans les sédiments minéraux ou faiblement organiques. Mudie (1980) estime que la fragmentation des pollens vésiculés est probablement fonction de la remise en suspension et de l'abrasion de ces derniers dans le transport de la charge de fond plutôt qu'aux effets de turbulence durant le transport et le dépôt.

R.B. Davis (1967) a estimé dans son étude que chaque fragment compté, équivalait à 1/8 de grain de pollens d'espèces vésiculées et

qu'après leur compilation, ceux-ci furent intégrés à la somme des pollens arboréens. LaSalle (1966) a évalué les fragments comme étant 1/2 partie d'un grain de pollens de conifère.

Nous avons décidé, étant donné le grand nombre de fragments par rapport aux faibles sommes polliniques, de compter un fragment de pollen vésiculé pour un pollen. Le coefficient de corrélation calculé soit le degré d'association effectif entre les fragments de pollens bi-aillés (*Pinus*, *Picea* et *Abies*) et la somme pollinique livrent les valeurs suivantes: Sarsfield 0,723, Leonard 0,792, Bearbrook 0,865 et une moyenne de 0,793. Donc ce haut taux de corrélation explique que nos sommes polliniques sont élevées quand le nombre de fragments est élevé.

Nous avons intégré à l'intérieur de nos diagrammes polliniques une colonne qui indique le nombre de fragments de pollens vésiculés répertoriés pour chaque niveau. Nous avons réparti ces fragments proportionnellement aux fréquences des grains entiers de chacune des espèces vésiculées puisqu'il était parfois difficile d'identifier l'espèce et avons ajoutés ces résultats à la somme de chacune de ces espèces.

Exemple:

niveau x	35 fragments de pollens vésiculés
	56 pollens vésiculés entiers
	dont 32 <i>Pinus</i>
	16 <i>Picea</i>
	8 <i>Abies</i>

$$\text{Somme de } Pinus \text{ entiers + fragments} = 32 + \left(\frac{32}{56} \times 35\right) = 52$$

$$\text{Somme de } Picea \text{ entiers + fragments} = 16 + \left(\frac{16}{56} \times 35\right) = 26$$

$$\text{Somme de } Abies \text{ entiers + fragments} = 8 + \left(\frac{8}{56} \times 35\right) = 13$$

2.6 Conclusion

La nouvelle méthode, permet de doubler les rendements polliniques à partir de sédiments argileux et nous a ainsi permis de poursuivre le but de notre recherche soit l'utilisation des argiles pour l'étude palynostratigraphique du Tardiglaciaire.

CHAPITRE IV

DESCRIPTION ET INTERPRETATION DES

DIAGRAMMES POLLINIQUES ET PALEOENVIRONNEMENT

"Ces îlots, qui ne sont souvent qu'un rocher au travers duquel ont poussé quelques sapins, épinettes ou bouleaux..." (Arthur Buies).

4.1 Introduction

Les trois diagrammes polliniques illustrent des séquences continues qui avec certaines différences dénotent des changements dans la stratigraphie pollinique. Nous examinerons les particularités des diagrammes pour ensuite interpréter la signification des différences.

4.2 Description des diagrammes polliniques

Les trois diagrammes polliniques se ressemblent (en annexe). Ils sont caractérisés par la présence continue et subcontinue de *Picea*, *Pinus*, *Abies*, *Betula*, *Populus*, *Thuja-Juniperus*, *Acer*, *Tilia*. *Larix*, *Carya* et *Carpinus-Ostrya* apparaissent de façon intermittente et sont rares.

Parmi les taxons arbustifs, seuls *Alnus* et *Salix* sont bien représentés mais de façon irrégulière. *Corylus* dans le diagramme

pollinique de Leonard est assez continu sous la section pauvre en pollens. Les autres taxons arbustifs apparaissent de façon sporadique.

Parmi les plantes herbacées, *Gramineae*, *Ambrosia* et *Chenopodium* sont toujours fréquents tandis que *Compositae*, *Urtica* et *Umbelliferae* sont plus rares. Les autres espèces herbacées n'apparaissent que de façon très occasionnelle.

Les spores et les aquatiques, *Lycopodium*, *Dryopteris*, les spores trilètes, le type lemmacées (photographie No. 3, annexe D) *Nuphar* et *Typha* présentent des courbes assez continues dans les trois diagrammes polliniques. *Nymphaeae*, les spores monolètes, *Woodwardia*, les spores, *Selaginella*, *Sphagnum* et *Equisetum* sont sporadiques tandis que les autres taxons de cette unité sont rares. La colonne indiquant les pourcentages du type lemmacées a été placée par erreur dans l'unité des herbes alors qu'elle devrait être associée avec l'unité des spores et des aquatiques. Les taxons qui présentent de très faibles pourcentages ont été compilés pour chaque diagramme pollinique et sont énumérés en annexe.

De nouveaux indices stratigraphiques apparaissent à l'examen minutieux des trois diagrammes polliniques. Premièrement les diagrammes polliniques de Leonard et de Bearbrook sont caractérisés par des courbes subcontinues de *Populus* et une dominance quasi-continue des arbres.

Deuxièmement à Sarsfield, *Populus* est sporadique à travers toute la séquence et les herbes s'étendent progressivement pour finalement dominer à 30 cm.

Ces observations semblent donc confirmer les premières corrélations stratigraphiques déduites de la description sédimentologique. Les diagrammes de Leonard et de Bearbrook seraient contemporains tandis que celui de Sarsfield serait entièrement postérieur à l'épisode qui aurait temporairement engendré une sédimentation sableuse.

4.3 Interprétation des diagrammes

Les trois diagrammes seront conjointement interprétés puisqu'ils présentent plus de caractères communs que de divergences.

a) Pauvreté en pollens

Malgré la mise au point d'une nouvelle technique destinée à augmenter la concentration pollinique des échantillons et malgré l'obtention de sommes polliniques significatives, les argiles de la Mer de Champlain restent des sédiments pauvres en pollen.

Cette pauvreté relative, si on compare nos sommes polliniques à celles de diagrammes de tourbières se justifie aisément par l'absence d'une production pollinique locale. En effet c'est une végétation

terrestre qui constitue l'essentiel des sommes polliniques de ces diagrammes et par conséquent les pollens de ces espèces sont apportés dans la mer par le vent et par les rivières. Comme une part sans doute importante des eaux qui se jettent dans la mer, provient de la fusion glaciaire, ces eaux sont donc riches en sédiments mais pauvres en pollen. Par conséquent les argiles de la Mer de Champlain constituent un sédiment pauvre et les pollens proviennent d'une végétation implantée sur les rivages, ou de régions encore plus éloignées.

Ces dépôts marins contiennent des particules remaniées de formations anciennes comme l'indique dans nos diagrammes la présence de quelques spores d'*Hystrichosphaerideae* qui selon LaSalle (1966) proviendraient des formations ordoviciennes, et de plusieurs spores (52) de *Veryhachium* provenant des roches fannéniennes du sud de l'Ontario selon Douglas (1972). Celles-ci furent érodées et transportées par les eaux des proto-Grands-Lacs.

Les couches sableuses interstratifiées aux argiles des profils de Leonard et de Bearbrook sont particulièrement pauvres en pollens. Ces sables proviennent directement du remaniement de la crête de l'esker qui longe nos sites de prélèvement, et, un sédiment grossier d'origine glaciaire ou fluvioglaciaire est généralement pauvre en pollen (fig. 6, p.45). Il peut y avoir des exceptions comme le montre le niveau LE-380 cm et ceci dépend grandement des taux de sédimentation.

b) Les formations végétales

1) Les conifères

L'abondance des pollens bi-ailés dans nos diagrammes polliniques suggère une provenance régulière du sud de la Mer de Champlain. Il est généralement accepté que *Pinus*, un arbre qui produit beaucoup de pollens, à caractère aérodynamique est toujours sur-représenté dans les diagrammes. L'origine de ces pollens est attribuée, par Mott et Farley-Gill (1981), au transport sur une longue distance.

Par contre *Picea* et *Abies* qui accusent des pourcentages significatifs dans nos diagrammes polliniques, sont d'après Richard (1968 et 1976a) et Heim (1970) des espèces fortement sous-représentées dans les spectres polliniques. Donc la présence continue de ces résineux indique la proximité immédiate de ces espèces le long des rivages de la mer ainsi que le long des ruisseaux et rivières qui prennent leurs sources au sud de la Mer de Champlain. Enfin on ne doit pas oublier que si les pollens de résineux sont bien représentés dans nos spectres, c'est également dû à leur faculté de conservation comparativement à d'autres pollens plus fragiles (Havinga, 1964).

11) Populus

La présence continue de pollen de *Populus* dans les diagrammes

de Leonard et Bearbrook, ainsi que sa présence sporadique à Sarsfield reflètent le paysage régional relativement ouvert en bordure de la Mer de Champlain. Il est difficile d'établir la provenance des pollens de cette espèce. D'après Richard (1977a) et Mott et Farley-Gill (1981) la courbe pollinique de *Populus*, plus ou moins continue suggère la phase d'afforestation à cause de la facilité de transport des graines soyeuses sur de longues distances par rapport aux graines des autres espèces arborescentes. L'espèce s'accommodant à des sols limoneux, graveleux ou sableux, humides ou bien drainés, a sûrement pu trouver refuge sur les rivages du nord de la mer, là où les graines d'autres arbres n'étaient pas encore arrivées.

Le pollen de *Populus* est généralement très fortement sous représenté dans les spectres polliniques (Heim, 1970). Il est très rapidement supplanté par les pollens des autres taxons dès qu'on s'éloigne des plateaux colonisés par *Populus*. Donc son abondance relative dans nos diagrammes (surtout à Leonard et Bearbrook) indique une colonisation importante sur les rivages de la Mer de Champlain. Or c'est entre 10 800 \pm 180 années B.P. (GSC-1963) et 10 200 \pm 410 années B.P. (GSC-2122) que *Populus* est abondant dans le diagramme du lac Ramsay et à 10 600 \pm 150 années B.P. (GSC-1956) dans le diagramme du lac Pink (Mott et Farley-Gill, 1981). Les courbes de *Populus* dans nos diagrammes suggèrent donc que la mise en place de ces sédiments serait contemporaine ou légèrement postérieure à cette phase d'afforestation.

iii) Betula

Nous avons mesuré, de façon aléatoire, le diamètre équatorial de dix grains de bouleaux pour l'ensemble des échantillons du site de Sarsfield. La moyenne enregistrée était de 24,46 microns. Richard (1977a) précise que les grains dont la taille est inférieure à 25 microns, appartiennent au groupe des bouleaux arbustifs. Comme notre moyenne est très proche de la limite dimensionnelle entre pollens d'espèce arbustive et pollens d'espèce arborescente nous pouvons logiquement penser qu'il y a autant de bouleaux arborescents que de bouleaux arbustifs. Or c'est dans la zone à *Populus* du lac Ramsay que Mott et Farley-Gill (1981) constatent la première extension de *Betula papyrifera*.

iv) Tilia et les autres feuillus thermophiles

Les feuillus thermophiles sont présents dans nos diagrammes en courbes subcontinues et discontinuës. Ils résultent essentiellement d'apports lointains. On remarque cependant la courbe de *Tilia*. Si une forêt de résineux occupe les côtes sud de la Mer de Champlain, le pollen de *Tilia* ne peut provenir de cette forêt. Le caractère amphigame de cet arbre rejète la possibilité d'un apport massif éolien.

Deux hypothèses ont été élaborées pour tenter d'expliquer la présence de *Tilia*. D'une part, le remaniement par les eaux courantes

d'un paléosol forestier constitue une source probable de ce type de pollen. Ce paléosol pourrait être contemporain de l'interglaciaire du Sangamon puisque dans la région de Toronto, la formation Don, contient des pollens d'une forêt à feuilles caduques (Flint, 1971). Cette formation a dû être érodée par les réavancées glaciaires et les dépôts meubles ont sans doute été remaniés par les eaux de fonte et transportés jusqu'à notre région d'étude.

D'autre part nous soulignons que Cox (1959) est le seul auteur qui ait mis à jour, dans deux diagrammes polliniques du nord de l'état de New York (King Ferry: 1 et 2), des spectres dont les valeurs de *Tilia* atteignent entre 10 et 25% du total des arbres. Ces fortes valeurs sont situées dans les 25 premiers cm de la surface des profils et sont contemporains de la zone de *Pinus-Tilia* qui peut être associée à la zone IV de transition *Pinus-Picea* (10 500 - 9 500 années B.P.) de Terasmae (1980) pour la région de Kingston-Trenton située à 160 km plus au nord. Les pollens des tilleuls, ont pu être transportés par les eaux de ruissellement jusqu'à la rivière Oswego vers le lac Ontario (phase d'inondation) puis dans la Mer de Champlain. Ils auraient été apportés dans le bassin sud-ouest de la Mer de Champlain et auraient été transportés par les courants marins dans la partie nord-ouest et centrale du bassin en se faufilant entre les zones exondées des hautes terres du sud de la mer (voir fig. 9). Nous devons donc assumer qu'une forêt composée de tilleuls, située à cet endroit (nord-ouest de l'état de New York) émettait des pollens qui en partie sont venus se déposer dans notre

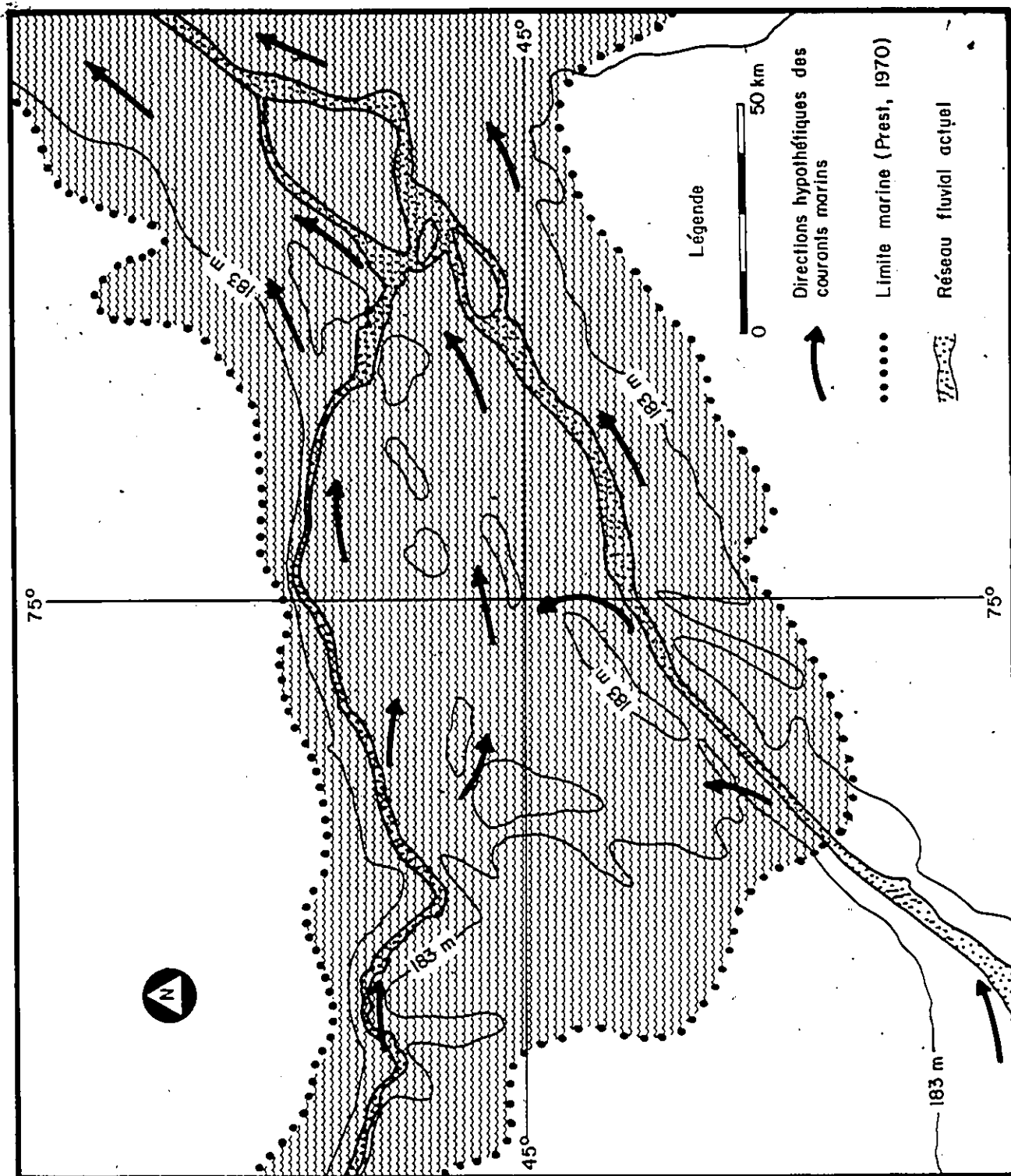


FIGURE 9: Carte régionale montrant la limite marine et la phase d'émergence probable à 183 mètres. Le fond topographique est tiré de l'atlas édité par E.G. Pleva et I. Spencer (1957).

secteur d'étude. Cette dernière hypothèse semble la plus plausible, sans pour autant rejeter la première.

v) Ephedra

L'identification d'un grain de pollen, type *Ephedra* au niveau LE-360 cm, est sans aucun doute attribuée à l'apport pollinique lointain, à partir des steppes du centre-nord des Etats-Unis (Richard, 1978).

vi) Les cupressacées

Les neuf pollens de cupressacées identifiés au niveau LE-310 cm indiquent un apport lointain, comme pour *Ephedra*. Les pollens de *Chamaecyparis sp. nootkanensis* (cupressaceae) dont l'aire de croissance est située entre les états de l'Orégon et l'Alaska sur la côte ouest du continent nord-américain (Kapp, 1969) constituent la source probable des grains de pollens répertoriés si l'on considère le trajet des masses d'air continentales.

Les pollens de *Thuja* et de *Juniperus* appartiennent aussi à la famille des cupressacées mais ces derniers diffèrent dans les points suivants: leur taille est moins importante, l'épaisseur de l'exine est différente, et la surface des exines de ces pollens est moins granuleuse. De plus ce que nous avons interprété, comme étant des pollens de *Chamaecyparis*, ne ressemblait pas aux pollens de *Thuja-Juniperus* et

c'est pourquoi nous avons cherché une explication. Il reste toujours la possibilité que nous ayons mal interprété ces pollens à cause de leurs tailles plus importantes (résultat de préparation). De toute façon même si ces grains de pollens ont mal été identifiés, ceci ne changerait en aucune façon l'interprétation globale de nos diagrammes polliniques.

vii) Pollens vésiculés tri-ailés

Nous avons repéré deux pollens vésiculés tri-ailés dans les analyses des échantillons de Leonard. Celui du niveau LE-300 cm ressemble à un pollen difforme de *Pinus* à cause de sa taille, de la constriction des ballonnets en marge du corps et de sa forte réticulation de la surface des ballonnets. (Photographie No. 4, annexe D). Par contre celui du niveau LE-330 cm présente les caractéristiques d'un pollen difforme de *Picea* à cause de la fine réticulation de la surface des ballonnets, de sa taille plus importante ainsi que la façon dont les ballonnets font corps avec le grain (Photographie No. 5, annexe D). Dans les deux cas le troisième ballonnet est de plus petite taille.

Seule la clef de Erdtman (1943, p. 133 et 140) indique des pollens semblables. D'une part *Microcachrys tetragona* et *Pherosphaera hookeriana* semblables au pollen tri-ailé de *Pinus* lui ressemblent mais sont d'origine Tasmanienne. D'autre part *Podocarpus dacrydioides* celui qui ressemble au pollen tri-ailé de *Picea*, est d'origine néo-zélandaise.

Nous devons donc assumer que les pollens tri-aillés que nous avons identifiés sont des résultats de mutations génétiques car il est virtuellement impossible qu'ils soient d'origine si lointaine.

viii) Les plantes herbacées

D'après la flore de Hultén (1968), environ 46% de nos taxons herbacés existent aujourd'hui dans les régions nordiques. Ceci ne signifie pas l'existence de la toundra au nord de la Mer de Champlain mais bien la présence d'une végétation possédant des affinités nordiques.

Dans nos diagrammes polliniques la présence intermittente des maxima dans les courbes des herbes tel qu'*Ambrosia*, les graminées et les composées ainsi que pour *Equisetum*, *Lycopodium*, *Dryopteris*, *Osmunda*, *Woodwardia* et les autres ptéridophytes traduisent l'environnement ouvert qui longerait probablement la rive nord de la Mer de Champlain. D'autres pollens tels que *Potamogeton*, *Sparganium*, *Typha*, *Nuphar* et *Nymphaea* exhibent des maxima et indiquent l'abondance de milieux d'eau douce peu profonds. *Pediastrum* et le type lemnacée proviendraient de milieux plus profonds mais calmes. *Salsola* pourrait coloniser des terrains salins près des rivages et suggèrent que des surfaces commencent à être exondées.

Nous remarquerons enfin que les plantes aquatiques, dont le type lemnacée, sont bien représentées au sommet des diagrammes de Leonard

et Bearbrook et surtout à Sarsfield, tandis que les plantes héliophiles telles que plusieurs ptéridophytes et *Artemisia* sont rares à Sarsfield et plus fréquentes à la base des deux autres profils.

4.4 Paléoenvironnement

De l'analyse de ces diagrammes polliniques nous pouvons retenir quelques faits essentiels pour l'interprétation du paléoenvironnement végétal et pour la stratigraphie.

Nos trois diagrammes enregistrent les apports constants de pollens de résineux en proportions assez élevées. Nous en déduisons que la forêt boréale occupe les rives sud de la Mer de Champlain.

Mott et coll. en 1980, confirment l'existence d'une forêt d'épinettes dans la région de Brampton, dans le sud de l'Ontario, entre 12 320 ± 360 années B.P. (BGS-551) et 10 584 années B.P. (date de Karrow et al., 1975). Terasmae (1980) propose la forêt d'épinettes (zone V) pour la même fourchette d'âge dans le sud-est ontarien et souligne que la zone de *Picea* est liée au retrait du front glaciaire et de la migration des espèces. De plus, il ajoute que la marge supérieure de la zone V est datée à environ 10 000 années B.P. dans la vallée de la rivière des Outaouais. C'est à peu près ce que Mott et Farley-Gill (1981) estiment pour l'arrivée de la forêt d'épinettes dans le Parc de la Gatineau.

Les diagrammes de Leonard et de Bearbrook présentent des courbes subcontinues de *Populus*. Ceux-ci ne seraient certes pas aussi bien représentés s'ils étaient incorporés à la forêt de résineux. Nous ne pouvons donc entrevoir leur présence en abondance que sur les rives nord de la Mer de Champlain où ils pourraient constituer un paysage de parc en compagnie de *Betula papyrifera* et de plantes herbacées héliophiles telles qu'*Artemisia*.⁽¹⁾

La Mer de Champlain agissait comme barrière géographique et gênait la migration de la végétation. Avec les nombreux affleurements rocheux du Bouclier Canadien et les piètres conditions édaphiques, il n'est pas étonnant que la colonisation végétale ait été dérangée. De plus le climat, affecté par la proximité de l'inlandsis devait exhiber un environnement rigoureux et inhospitalier (Mott et Farley-Gill, 1981). Ce sont donc les espèces rigophiles qui sont venues coloniser la frange de terre séparant le front glaciaire et la mer. Cette végétation pionnière a cédé le passage à la forêt d'épinettes.

Au cours de la régression marine la présence assez régulière de *Chenopodiaceae* semble indiquer la colonisation de terrains salés fraîchement

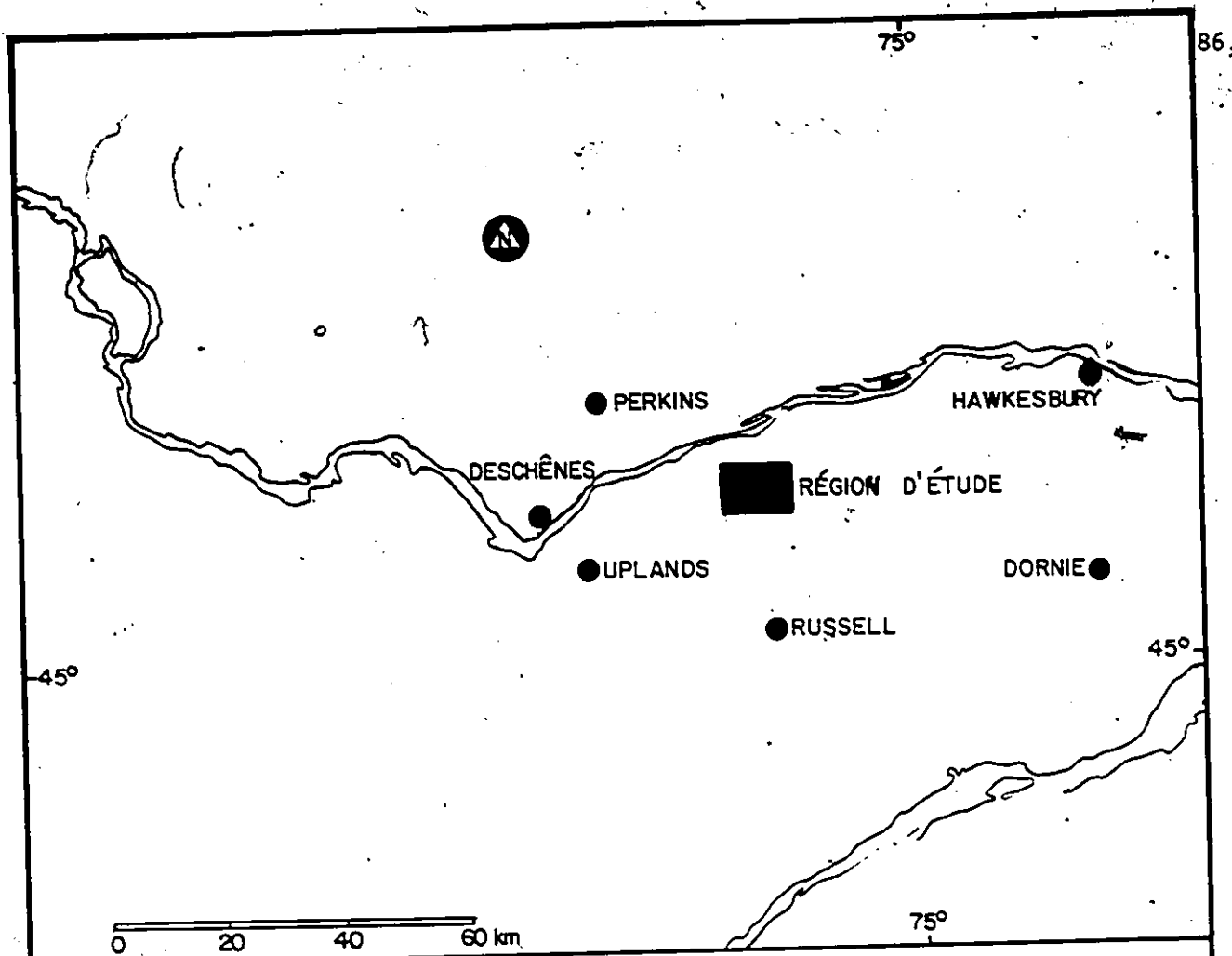
(1) Les sédiments qui constituent les profils de Leonard et de Bearbrook se sont donc déposés durant la phase d'afforestation du Parc de la Gatineau entre 10 800 et 10 200 B.P.

exondés. L'augmentation des plantes herbacées et spécialement des aquatiques au sommet des diagrammes de Sarsfield et de Leonard indique l'extension de surfaces d'eau douce en bordure de la mer et en relation avec elle, et, suggère donc un retrait marin pour cette période. Cette interprétation concorde avec la date moyenne des coquillages marins les plus récents de la région d'Ottawa (fig. 10).

4.5 Palynostratigraphie

Nous n'avons qu'un seul indice stratigraphique mais il est important: la courbe subcontinue de *Populus* dans les diagrammes de Leonard et de Bearbrook incite à raccorder la sédimentation argileuse de ces sites à la période d'afforestation de la rive nord de la Mer de Champlain. La zone à *Populus* du diagramme du lac Ramsay de Mott et Farley-Gill (1981) est comprise entre 10 800 \pm 180 années B.P. (GSC-1963) et 10 200 \pm 410 années B.P. (GSC-2122).

La zone à *Populus* correspondant à la phase d'afforestation dans les diagrammes de Savoie et Richard (1979) débute aussitôt que 10 820 \pm 160 B.P. (1-10 094) au site SAV-1 et dès 10 420 \pm 430 B.P. (GX-5233) au lac à St-Germain. Ceci cadre bien avec l'explication de Terasmae (1965, 1968) qui évalue la limite supérieure de la zone V (la zone à *Picea*) à 10 000 B.P. dans la région d'Ottawa. A Atkins Lake, Terasmae (1980) estime que la limite entre la zone VI (zone des espèces herbacées) et la zone V (zone à *Picea*) est datée à environ 10 600 B.P.



LOCALISATION	ALTITUDE (m)	AGE (B.P.)	# LABORATOIRE	REFERENCES
Ottawa (Uplands)	107	10 200 ± 200	L-604-D	Mott, 1968
Perkins	107	10 160 ± 120	QU-383	Dumont, 1980
Deschênes	94	10 100 ± 130	GSC-2189	Richard S.H., 1978
Russell	70	10 000 ± 320	GSC-1553	Lowdon et Blake 1973
Dornie	107	9 910 ± 150	BGS-258	Gwyn, 1975
Hawkesbury	61	9 860 ± 330	BGS-257	

date moyenne = 10 038

FIGURE 10: Dates au radiocarbone de coquillages marins, les plus récents, près de notre région d'étude.

Nous devons donc supposer qu'un genre d'afforestation s'est effectué à Atkins Lake vers cette époque. Richard (1977a) met aussi en évidence, avec le diagramme du Mont Shefford, la phase d'afforestation vers 11 000 B.P. (fig. 11).

Cette corrélation palynostratigraphique confirme donc que les argiles marines analysées sont postérieures à la formation de la crête de Sarsfield et qu'elles se sont déposés à l'époque où l'afforestation était déjà en cours au nord de la Mer de Champlain.

Sans vouloir tenter une explication globale hasardeuse nous devons toutefois constater une étrange coïncidence entre les diagrammes de Bearbrook, Leonard, du lac Ramsay et du diagramme du lac à St-Germain dans la région de Sainte-Agathe (Savoie et Richard, 1979): la zone à *Populus* est interrompue par une zone sableuse pauvre ou stérile en pollens.

Dans les profils de Leonard et Bearbrook, cette phase sableuse pauvre en pollens entre les deux unités d'argile peut s'expliquer par un glissement sous-aquatique ou un remaniement par paléocourants en provenance directe de l'esker (fig. 7, p. 46). Mott et Farley-Gill (1981) ne donnent pas d'explication à la phase sableuse des sédiments du lac Ramsay mais elle est datée entre $10\ 800 \pm 180$ B.P. et $10\ 200 \pm 410$ B.P.

Savoie et Richard (1979) discutent le phénomène et rejettent la possibilité que l'inversion sédimentologique soit due à une rupture

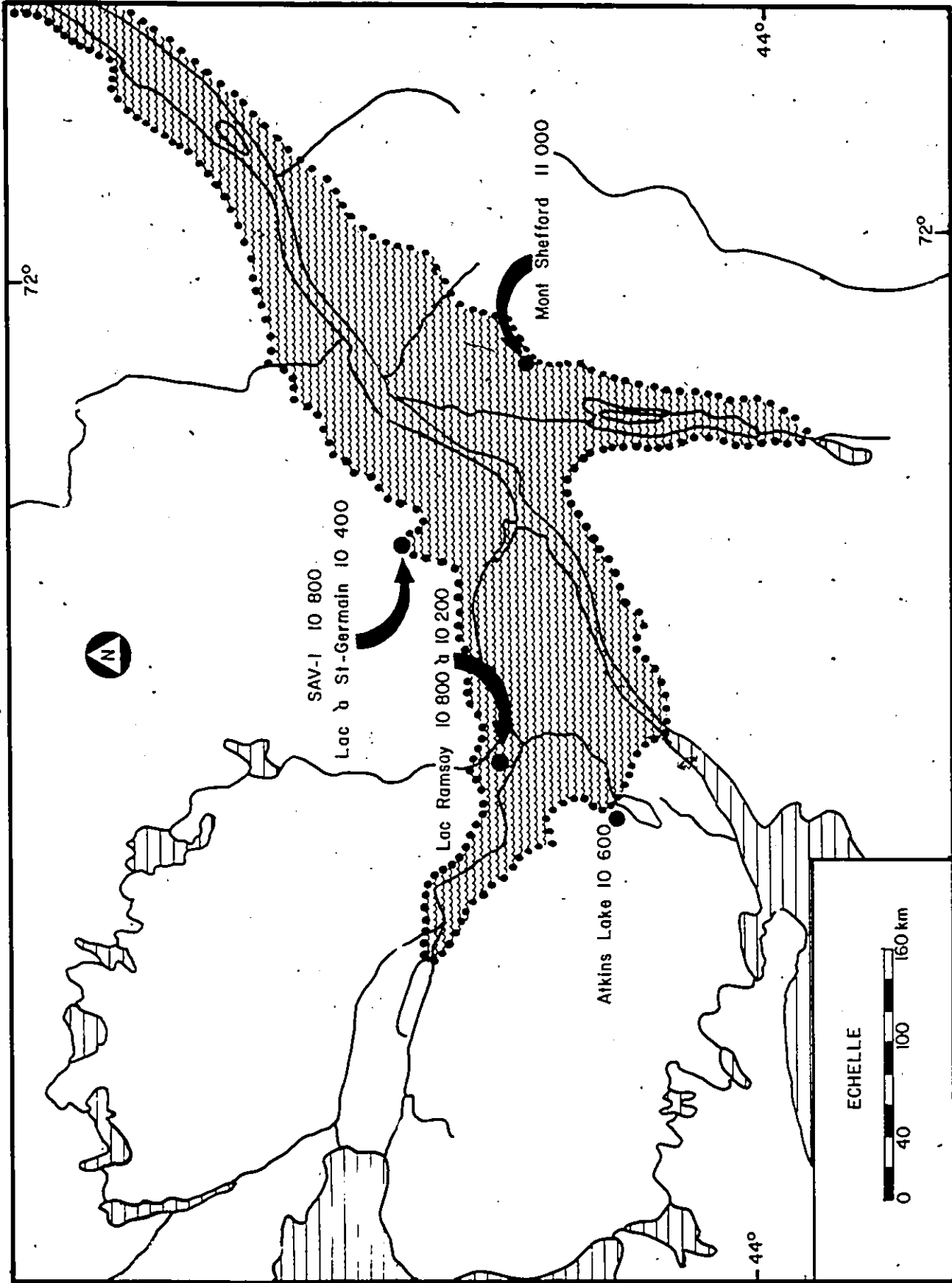


FIGURE II: Données chronologiques (en années B.P.) et localisation des sites exhibant la phase d'afforestation. Le fond de carte est tire de Prest (1970).

d'équilibre déclenchée par un feu de forêt ou par le refroidissement climatique de St-Narcisse. Cette inversion sédimentologique s'est produite lors de la phase d'afforestation et est datée à $10\ 005 \pm 280$ B.P. (GX-5232). Ils proposent plutôt un remaniement de sédiments lacustres plus anciens par un processus brutal et rapide.

Nous proposons donc une hypothèse dans le but d'expliquer l'interruption sédimentologique qui se répète aux trois localisations mentionnées plus haut.

Avec la déglaciation des basses-terres du St-Laurent, les eaux marines ont graduellement envahi les dépressions au front du glacier. L'allègement rapide sur une grande surface a donné lieu au relèvement isostatique qui s'est probablement fait sentir sous forme de secousses séismiques. Ces vibrations ont pu provoquer un ébranlement des sédiments non-consolidés et même sur de faibles pentes ont pu occasionner des mouvements de masses spécialement dans un milieu aqueux. Allen (1970) explique que de faibles courants et même des tremblements de terre pourraient déclencher ces déplacements sub-aquatiques.. Puisque Rust (1977) attribue notamment à des tremblements de terre les mouvements de masse sub-aquatiques le long de crêtes situées à 40 kilomètres à l'ouest de notre région, nous pensons que les effets du réajustement isostatique ont pu affecter simultanément d'assez grandes zones.

Bien que nous ne puissions prendre position, ce phénomène qui se répète dans trois localisations et dans des environnements différents nous paraît résulter d'un événement important qui aurait affecté la sédimentation sur une vaste étendue de territoire. Les dates ^{14}C du lac Ramsay et du lac à St-Germain concernant l'interruption sédimentologique coïncident lorsqu'on considère les écarts-types des dates au radiocarbone. Présentement aucun argument ne permet de clarifier cette question.

CONCLUSION

En raison du pauvre rendement en pollens tiré des sédiments minéraux de la Mer de Champlain, nous avons été forcés d'améliorer la méthode de concentration pollinique. La méthode de Frenzel améliorée par Bastin (1971) ne s'avérant pas suffisamment rentable, nous avons utilisé la méthode de Cwynar et al. (1979) en la modifiant. L'apport méthodologique réside dans un microtamisage sous constante agitation magnétique en début de préparation. Ainsi la technique est peu coûteuse, elle double la concentration pollinique et diminue le temps de préparation.

Néanmoins les sédiments restent pauvres en pollens puisqu'il s'agit de sédiments minéraux apportés essentiellement par les eaux de fusion glaciaire qui elles-mêmes sont pauvres en pollens.

Nos trois diagrammes polliniques de l'est Ontarien présentent des séquences contemporaines du retrait de la Mer de Champlain marquées par l'extension des plantes herbacées colonisatrices des espaces exondés. Les courbes de *Populus* telles qu'elles ont également été décelées par Mott et Farley-Gill (1981) dans le Parc de la Gatineau et par Savoie et Richard (1979) dans la région de Sainte-Agathe, situent approximativement la sédimentation de nos profils entre 11 000 et 10 000 années B.P. Ces argiles se sont déposées après l'édification de la crête de Sarsfield.

Les colonnes sédimentologiques analysées ne comprennent pas l'entièreté de la sédimentation contemporaine de la Mer de Champlain. On s'y attendait étant donné la position topographique des séquences analysées et de leurs épaisseurs. Puisque des résultats palynostratigraphiques pertinents peuvent être obtenus sur de si courtes séquences dans les argiles marines, et que celles-ci sont très épaisses à certains endroits, des coupes importantes ou des carottages continus pourraient faire l'objet d'analyses polliniques détaillées certainement très rentables.

Nos résultats s'accordent avec le modèle de divers auteurs qui veut que la Mer de Champlain ait été bordée par la tremblaie-parc au nord et la pessière au sud entre 11 000 et 10 000 ans avant aujourd'hui.

Ce travail montre donc qu'à partir de sédiments marins on peut reconstituer la végétation des rivages et des terres environnantes.

BIBLIOGRAPHIE

- Adams, R.J. et Morton, J.K. (1972). An Atlas of Pollen of the Trees and Shrubs of Eastern Canada and the Adjacent United States, Part I, *Gymnospermae* to *Fagaceae*. Waterloo. University of Waterloo Biology Series No. 8, 52 p.
- Adams, R.J. et Morton, J.K. (1974). An Atlas of Pollen of the Trees and Shrubs of Eastern Canada and the Adjacent United States, Part II, *Ulmaceae* to *Rosaceae*. Waterloo. University of Waterloo Biology Series No. 9, 53 p.
- Adams, R.J. et Morton, J.K. (1976). An Atlas of Pollen of the Trees and Shrubs of Eastern Canada and the Adjacent United States, Part III, *Leguminosae* to *Cornaceae*. Waterloo. University of Waterloo Biology Series No. 10, 37 p.
- Adams, R.J. et Morton, J.K. (1978). An Atlas of Pollen of the Trees and Shrubs of Eastern Canada and the Adjacent United States, Part IV, *Clethraceae* to *Caprifoliaceae*. Waterloo. University of Waterloo Biology Series No. 11, 27 p.
- Allen, J.R.L. (1970). Physical Processes of Sedimentation: An Introduction. London. G. Allen & Unwin, 248 p.
- Anderson, T.W. (1971). Postglacial Vegetation Changes in the Lake Huron - Lake Simcoe District, Ontario, with Special Reference to Glacial Lake Algonquin. Mémoire de Doctorat en Philosophie, non-publié, Département des Sciences de la Terre, Université de Waterloo, 246 p.
- Auer, V. (1930). 'Peat Bogs in Southeastern Canada', Geological Survey of Canada, Memoir, 132 p.
- Bassett, I.J., Crompton, C.W. et Parmelee, J.A. (1978). An Atlas of Airborne Pollen Grains and Common Fungus Spores of Canada Research Branch. Canada Department of Agriculture Monograph No. 18, 321 p.
- Bastin, B. (1971). Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation du Würm. Acta Geographica Lovaniensa, 9, 136 p.

- Bernabo, J.C. et Webb III, T. (1977). 'Changing patterns in the Holocene pollen record of Northeastern North America: A mapped summary', Quaternary Research, 8, pp. 64-96.
- Camfield, M. (1969). 'Pollen record at the Mer Bleue', Canadian Field Naturalist, 83, pp. 7-13.
- Chapman, L.V. et Putnam, D.F. (1940). 'The physiography of Eastern Ontario', Scientific Agriculture, XX, pp. 424-441.
- Cheel, R.J. et Rust, B.R. (1982). 'Coarse grained facies of glacio-marine deposits near Ottawa, Ontario', dans Research in glacial, glacio-fluvial, and glacio-lacustrine systems. (Sixth Guelph Symposium on Geomorphology, May 1980).
- Cox, D.D. (1959). Some postglacial forests in central and eastern New York state as determined by the method of pollen analysis. New York State Museum and Science Service Bulletin Number 377, New York State University, Albany, New York, 52 p.
- Cross, A.T., Thompson, G.C. et Zaitzeff, J.B. (1966). 'Source and distribution of palynomorphs in bottom sediments, Southern part of the Gulf of California', Marine Geology, 4, pp. 467-524.
- Cushing, E.J. (1964). 'Redeposited pollen in Late-Wisconsin pollen spectra from east-central Minnesota', American Journal of Science, 262, pp. 1075-1088.
- Cwynar, L.C., Burden, E. et McAndrews, J.H. (1979). 'An inexpensive sieving method for concentrating pollens and spores from fine grained sediments', Canadian Journal of Earth Sciences, 16, pp. 1115-1120.
- Davis, M.B. (1967a). 'Late-glacial climate in northern United States: A comparison of New England and the Great Lakes region', pp. 11-43 dans: Cushing et Wright (édit.), Quaternary Paleoecology, Yale University Press, 443 p.
- Davis, R.B. (1967). 'Pollen studies of near-surface sediments in Maine Lakes', pp. 143-173 dans: Cushing et Wright (édit.), Quaternary Paleoecology, Yale University Press, 443 p.
- Deevey, E.S., Jr. (1951). 'Late-glacial and post-glacial pollen diagrams from Maine', American Journal of Science, 249, pp. 117-207.

- Douglas, R.J.W., (éditeur), (1972). Géologie et ressources minérales du Canada. Série de la géologie économique, No. 1, 934 p.
- Dumont, A. (1980). Géomorphologie; Wakefield, 31-G-12 O. OPDQ, cartes tableaux, notes explicatives.
- Erdtman, G. (1943). Pollen and Spore Morphology: An Introduction to Pollen Analysis. New York, The Ronald Press, 239 p.
- Faegri, K. et Iversen, J. (1975). Textbook of Pollen Analysis. Munksgaard, Copenhagen, 237 p.
- Flint, R.F. (1971). Glacial and Quaternary Geology. New York, John Wiley, 892 p.
- Frenzel, B. (1964a). Zur pollenanalyse von Lössen Untersuchungen der Lössprofile von Oberfellabrun und Stillfried (Niederösterreich). Eliszeitalter Gegenwart, 15, pp. 5-39.
- Gadd, N.R. (1976). 'Surficial Geology and Landslides of Thurso-Russell map-area, Ontario'. Geological Survey of Canada Paper 75-35, 7 p.
- Gadd, N.R. (1978). 'Mass flow deposits in a Quaternary succession near Ottawa, Canada: diagnostic criteria for subaqueous outwash: Discussion', Canadian Journal of Earth Sciences, 15, pp. 327-328.
- Gwyn, Q.H.J. et Quigley, R.M. (1975). 'Geotechnical investigations of the Champlain Sea Clays in the Hawkesbury Area, Prescott County', pp. 126-127 in Summary of Field Work 1976 by the Geological Branch, (édité par V.G. Milne, D.F. Hewitt, et J.A. Robertson), Ontario Division of Mines, MP63, 158 p.
- Havinga, A.J. (1964). 'Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores', Pollen et spores, 6, pp. 621-635.
- Hayward, M. (1979). Aspects of Champlain Sea Sedimentation Associated with Glacial Ridges in the Ottawa Region. M.A. Thesis, (Department of Geography, University of Ottawa), 122 p.
- Hayward, M. et French, H.M. (1980). 'Pleistocene marine kettle-fill deposits near Ottawa, Canada', Canadian Journal of Earth Sciences, 17, pp. 1236-1245.
- Hayward, M. et French, H.M. (1982). 'Nearshore deposits of the Champlain Sea, near Ottawa, Canada', pp. 297-315 dans: Research in Glacial, Glacio-fluvial and Glacio-lacustrine Systems, édité par R. Davidson-Arnott, W. Nickling et B.D. Fahey, Norwich, England, Geo-books.

- Heim, J. (1970). Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Université de Louvain, Laboratoire de palynologie et de phytosociologie, 181 p.
- Hultén, E. (1968). Flora of Alaska and Neighboring Territories: A Manual of Vascular Plants, Stanford (Calif.), Stanford University Press.
- Juvigné, E. (1975). 'Note on pollen extraction from coarse sediment'. Quaternary Research, 5, pp. 121-123.
- Kapp, R.O. (1969). How to Know Pollen and Spores. Dubuque (Iowa), WM. C. Brown Company, 249 p.
- Kapp, R.O. (1977). 'Late Pleistocene and Postglacial Plant Communities of the Great Lakes Region', pp. 1-27 dans: Geobotany, édité par R.C. Roman, New York, Plenum Publishing Company.
- Karrow, P.F., Anderson, T.W., Clarke, A.H., Delorme, L.D. et Sreenivasa, M.R. (1975). 'Stratigraphy, Paleontology and Age of Lake Algonquin Sediments in Southwestern Ontario, Canada', Quaternary Research, 5, pp. 49-87.
- Kent, T.D., Gruson, G.M. et French, H.M. (1972). 'The Landforms of Part of Russell County, Eastern Ontario', Géoscope, 3-2, pp. 18-26.
- Kidson, E.J. et Williams, G.L. (1969). 'Concentrations of Palynomorphs by Use of Sieves', Oklahoma Geology Notes, 29, pp. 117-119.
- LaSalle, P. (1966). 'Late Quaternary Vegetation and Glacial History in the St-Lawrence Lowlands, Canada', Leidse Geologische Mededelingen, 38, pp. 91-128.
- LaSalle, P. et Elson, J.A. (1975). 'Emplacement of the St-Narcisse Moraine as a Climatic Event in Eastern Canada', Quaternary Research, 5, pp. 621-625.
- Lowdon, J.A. et Blake, W. Jr. (1973). 'Geological Survey of Canada Radiocarbon Dates XIII', Geological Survey of Canada, Paper 73-7, 61 p.
- MacClintock, P. (1958). Glacial Geology of the St-Lawrence Seaway and Power Projects. Albany, New York State University, State Education Department, 26 p.

- Martin, P.S. (1958). 'Taiga-tundra and the Full-Glacial Period in Chester County, Pennsylvania', American Journal of Science, 256, pp. 470-502.
- McAndrews, J.H., Berti, A.A. et Noreis, G. (1973). Key to the Quaternary Pollen and Spores of the Great Lakes Region. Royal Ontario Museum, Toronto, 61 p.
- Moore, P.D. et Webb, J.A. (1978). An Illustrated Guide to Pollen Analysis. London, Hodder et Staughton, 133 p.
- Mott, R.J. (1968). 'A Radiocarbon-dated Marine algal bed of the Champlain Sea Episode near Ottawa, Ontario', Canadian Journal of Earth Sciences, 5, pp. 319-324.
- Mott, R.J. (1977). 'Late-pleistocene and Holocene Palynology in South-eastern Quebec', Géographie physique et quaternaire, XXXI, No. 1-2, pp. 139-149.
- Mott, R.J., Anderson, T.W. et Matthews, J.V., Jr. (1981). 'Late-glacial Palaeoenvironments of sites bordering the Champlain Sea based on Pollen and Macrofossil Evidence', pp. 129-172 dans: Quaternary Paleoclimate, édité par W.C. Mahaney, Geo Abstracts Ltd., Norwich, England.
- Mott, R.J. et Camfield, M. (1969). 'Palynological studies in the Ottawa Area', Geological Survey of Canada, Paper 69-38, 16 p.
- Mott, R.J. et Farley-Gill, L.D. (1978). 'A Late-Quaternary Pollen Profile from Woodstock, Ontario', Canadian Journal of Earth Sciences, 15, pp. 1101-1111.
- Mott, R.J. et Farley-Gill, L.D. (1981). 'Two Late-Quaternary Pollen Profiles from Gatineau Park, Quebec', GSC-Paper 80-31, 10 p.
- Mörner, N.A. et Dreimanis, A. (1973). 'The Erie Interstade', Geological Survey of America, Memoir 136, pp. 107-134.
- Mudie, P.J. (1981). Palynology of Later-Quaternary Marine Sediments, Eastern Canada. Mémoire de Doctorat en Philosophie, non-publié, Département de Géologie, Université Dalhousie, Halifax, 638 p.
- Pleva, E.G. et Spencer, I. (éditeurs), (1957). The Canadian Oxford School Atlas. Toronto, Oxford University Press, 166 p.

- Potzger, J.E. et Courtemanche, A. (1956a). 'A Series of bogs across Quebec from the St-Lawrence Valley to James Bay', Canadian Journal of Botany, 34, pp. 473-500.
- Potzger, J.E. et Courtemanche, A. (1956b). 'Pollen study in the Gatineau Valley, Quebec', Bulletin du Service de Biogéographie, Université de Montréal, 17, pp. 12-23.
- Prest, V.K. (1970). 'Quaternary Geology of Canada', pp. 675-764 dans: Géologie et ressources minérales du Canada, édité par R.J.W. Douglas, Commission Géologique du Canada, 934 p.
- Richard, P. (1968). 'Un spectre pollinique type de la sapinière à bouleau blanc pour la forêt Montmorency', Le Naturaliste Canadien, 95, pp. 565-576.
- Richard, P. (1970b). 'Atlas pollinique des arbres et de quelques arbustes indigènes du Québec', Le Naturaliste Canadien, 97, pp. 1-34, 97-161, 241-306.
- Richard, P. (1976a). 'Relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique au Québec', Le Naturaliste Canadien, 103, pp. 53-66.
- Richard, P. (1977a). Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional par l'analyse pollinique. Service de la recherche. Direction générale des forêts. Ministère des Terres et Forêts du Québec, tome I, 312 p., tome II, 142 p.
- Richard, P. (1977b). 'Végétation tardiglaciaire au Québec méridional et implications paléoclimatiques', Géographie physique et Quaternaire, XXXI (1-2), pp. 161-176.
- Richard, P. (1978). 'Histoire tardiglaciaire et postglaciaire de la végétation au Mont Shefford, Québec', Géographie physique et Quaternaire, XXXII (1), pp. 81-93.
- Richard, S.H. (1974). 'Surficial Geology Mapping: Ottawa-Hull Area (parts of 31 F,G)'; in Report of Activities, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 74-1B, pp. 218-219.
- Richard, S.H. (1975). 'Surficial Geology Mapping: Ottawa Valley Lowlands (parts of 31, G,B,F)'; in Report of Activities, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 75-1B, pp. 113-117.
- Richard, S.H. (1978). 'Age of Champlain Sea and "Lampsilis Lake" episode in the Ottawa-St-Lawrence Lowlands', Geological Survey of Canada, Current Research, Part C, Paper 78-1C, pp. 23-28.

- Richard, S.H. (1980). 'Surficial Geology: Papineauville-Wakefield Region, Quebec', in Current Research Part C, Geological Survey of Canada, Paper 80-1C, pp. 121-128.
- Richard, S.H. et Gadd, N.R. (1975). 'Surficial Geology and Terrain Features of the Russell Map Area, (31-G-6)', Geological Survey of Canada, Open File 367.
- Richard, S.H., Gadd, N.R. et Vincent, J.S. (1977). 'Surficial Materials and Terrain Features of Ottawa-Hull Area; Geological Survey of Canada, Map 1425A.
- Roed, M.A. (1975). Hydrogeology of the township of Cumberland, Vars, Navan, Cumberland, Sarsfield, with the emphasis on septic tank suitability and groundwater resources. Ottawa, Geoconsult Ltd., 73 p.
- Rust, B.R. (1977). 'Mass flow deposits in a Quaternary succession near Ottawa, Canada: Diagnostic Criteria for Subaqueous outwash', Canadian Journal of Earth Sciences, 14, pp. 175-184.
- Rust, B.R. (1978). 'Mass flow Deposits in a Quaternary Succession near Ottawa, Canada: Diagnostic Criteria for Subaqueous outwash: Reply', Canadian Journal of Earth Sciences, 15, pp. 329-330.
- Rust, B.R. et Romanelli, R. (1975). 'Late Quaternary Subaqueous outwash Deposits near Ottawa, Canada', pp. 177-192 dans Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation (édité par A.V. Jopling et B.C. McDonald), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 23.
- Ruttner, F. (1963). Fundamentals of Limnology. Toronto, University of Toronto Press, 295 p.
- Sangster, A.G. et Dale, H.M. (1964). 'Pollen grain preservation of under-represented species in fossil spectra', Canadian Journal of Botany, 42, pp. 437-449.
- Savoie, L. et Richard, P. (1979). 'Paléophytogéographie de l'épisode de St-Narcisse dans la région de Sainte-Agathe, Québec', Géographie physique et Quaternaire, XXXIII (2), pp. 175-188.
- Sharpe, D.R. (1979). 'Quaternary Geology of the Merrickville Area, Southern Ontario', Ontario Geological Survey, Report 180, 54 p.
- Sigleo, W.R. et Karrow, P.F. (1977). 'Pollen Bearing Erie Interstadial Sediments from near St.Mary's, Ontario', Canadian Journal of Earth Sciences, 14, pp. 1888-1896.

- Spear, R.W. et Miller, N.G. (1976). 'A Radiocarbon Dated Pollen Diagram from the Allegheny Plateau of New York State', Journal of the Arnold Arboretum, 57, pp. 369-403.
- Stuiver, M. et Borns, H.W. (1975). 'Late-Quaternary Marine Invasion in Maine: Its Chronology and Associated Crustal Movement', Geological Society of America Bulletin, 86, pp. 99-104.
- Terasmae, J. (1960). 'A Palynological Study of Post-Glacial Deposits in the St-Lawrence Lowlands', Geological Survey of Canada, Bulletin 56, Part I, pp. 1-22.
- Terasmae, J. (1965). 'Surficial Geology' of the Cornwall and St-Lawrence Seaway Project Areas, Ontario', Geological Survey of Canada, Bulletin 121, 54 p.
- Terasmae, J. (1968). 'A Discussion of Deglaciation and the Boreal Forest in the northern Great Lakes Region', Proceedings of the Entological Society of Ontario, 99, pp. 31-43.
- Terasmae, J. (1980). 'Some problems of Late Wisconsin History and Geochronology in Southeastern Ontario', Canadian Journal of Earth Sciences, 17, pp. 361-381.
- Terasmae, J. et Matthews, H.L. (1980). 'Late Wisconsin White Spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) at Brampton, Ontario', Canadian Journal of Earth Sciences, 17, pp. 1087-1095.
- Van Campo, M. et Elhaï, H. (1960). 'Intérêt géographique des analyses polliniques', Annales de Géographie, 374, pp. 337-354.
- Vincent, J.S. (1973). 'A Palynological Study for the Little Clay Belt, Northwestern Quebec', Le Naturaliste Canadien, 100, pp. 59-70.
- Watts, W.A. (1967). 'Late-Glacial Plant Macrofossils from Minnesota', pp. 89-98 dans: Cushing et Wright (édit.), Quaternary Paleoecology, Yale University Press, 443 p.
- Wilson, A.E. (1946). 'Geology of the Ottawa-St-Lawrence Lowland, Ontario and Quebec', Geological Survey of Canada, Memoir 241, 44 p.
- Wodehouse, P.P. (1935).. Pollen Grains, New York, McGraw-Hill, 574 p.
- Wright, H.E., Jr. (1981). 'Vegetation East of the Rocky Mountain 18,000 Years Ago', Quaternary Research, 15, pp. 113-125.

ANNEXES

ANNEXE A

EMPLACEMENT DES LOCALITES CITEES DANS LE TEXTE

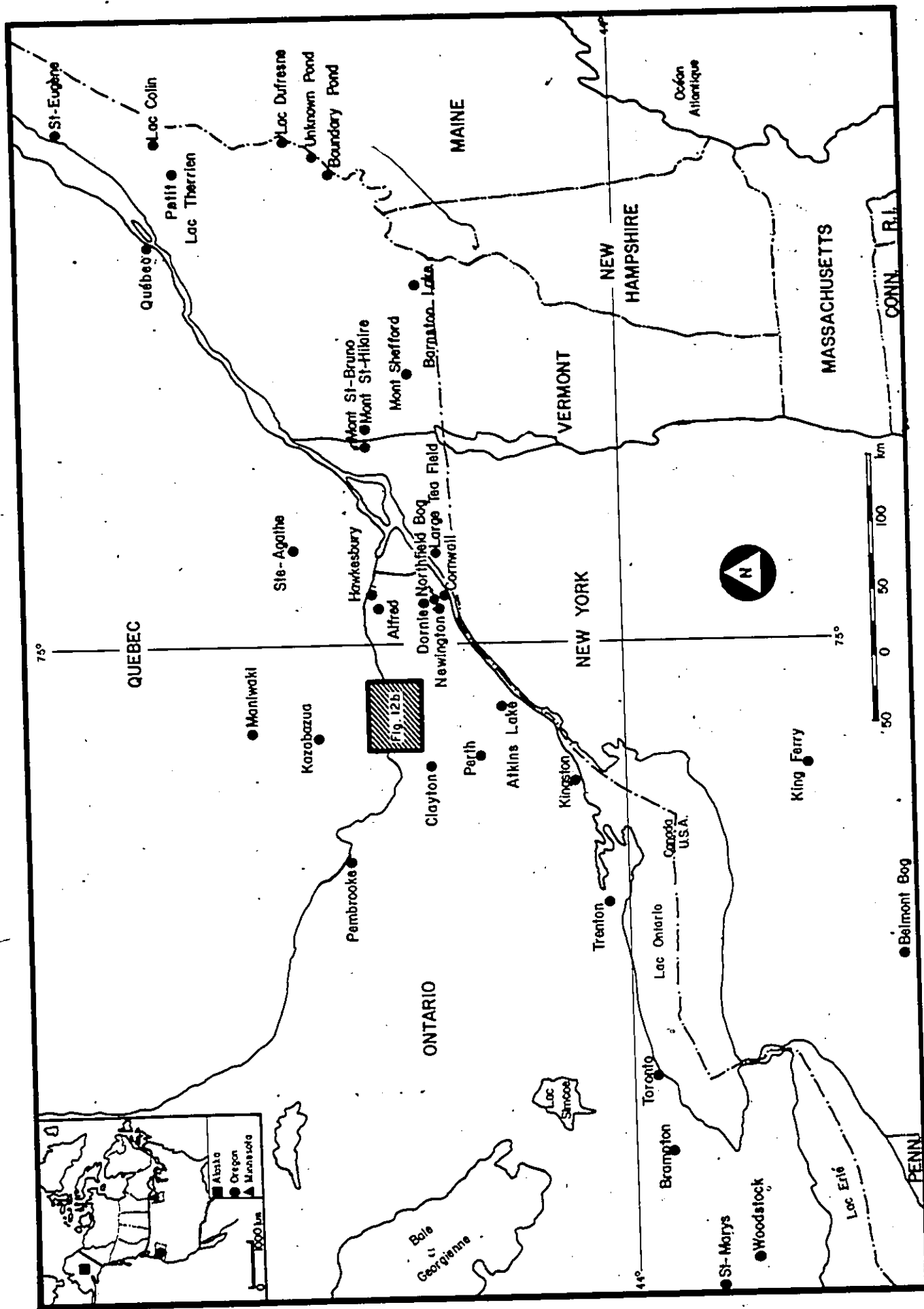


FIGURE 12a: Emplacement des localités citées dans le texte.

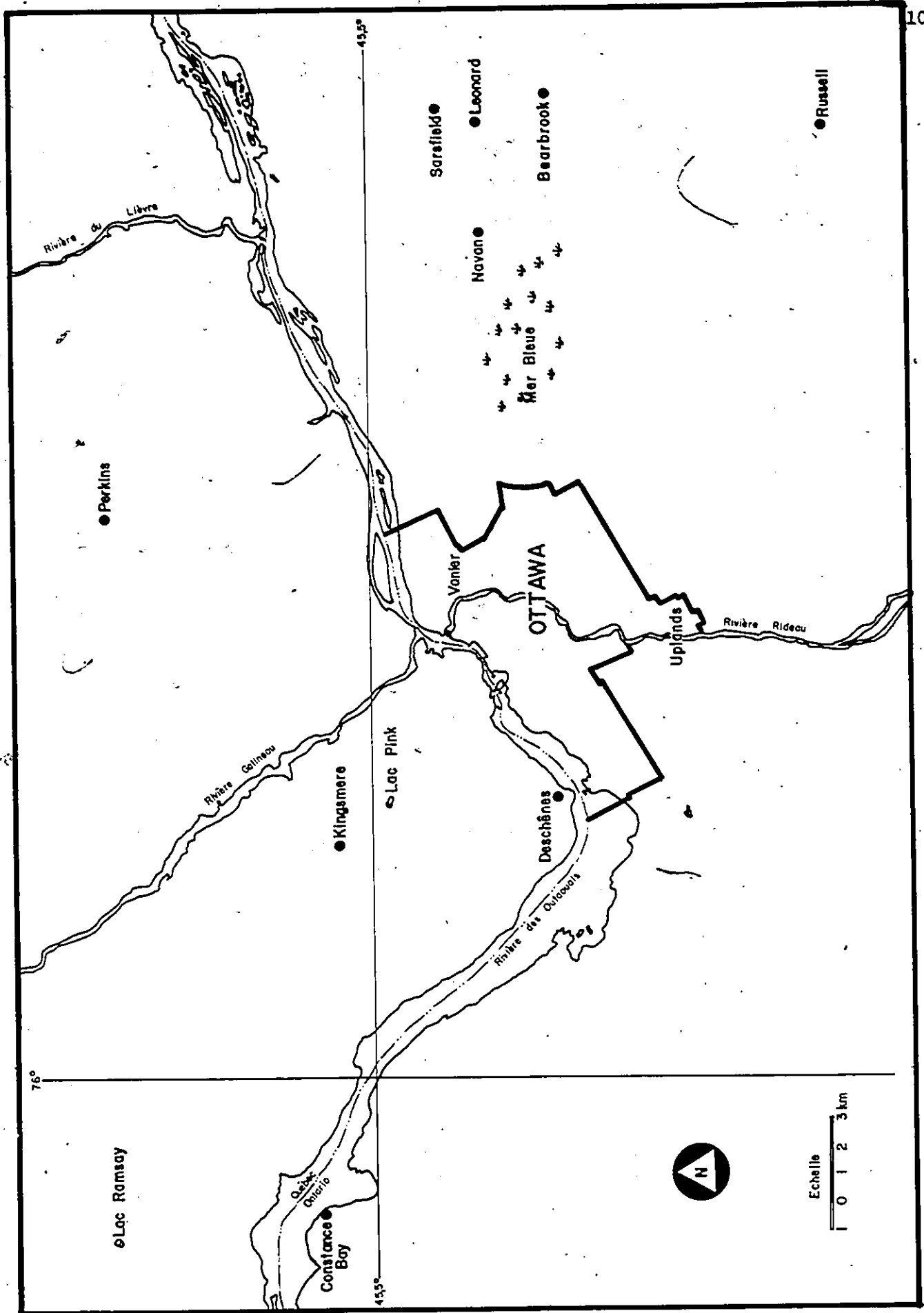


FIGURE 12.b. Emplacement des localités citées dans le texte.

ANNEXE B

METHODES PRECEDEMENT UTILISEES

Méthode Frenzel (Source: Bastin 1971, pp. 49-51)

1. Fragmenter 100 grammes de loess et peptiser par HCl 10% à chaud; dans lequel on laisse macérer pendant une nuit.
 2. Centrifuger à 4 000 tours/minute pendant 10', décanter.
 3. Faire bouillir dans NaOH 10% jusqu'à obtention d'une suspension homogène, centrifuger et décanter.
 4. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanter.
 5. Traiter par HCl 10% à froid, centrifuger et décanter.
 6. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanter.
 7. Ajouter 10-15 gouttes de KI 9%, diluer, centrifuger et décanter.
 8. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanter.
 9. Introduire l'échantillon dans un flacon muni d'un bouchon, mettre en suspension dans la solution de Thoulet (*) et agiter pendant deux heures. Centrifuger, puis filtrer le liquide surnageant sur un filtre Schleicher et Schüll, # 604.
 10. Répéter 5 fois les opérations décrites au 9.
 11. Faire bouillir 10' dans HF concentré le filtre sur lequel sont retenus les pollens et débris organiques extraits par la solution de Thoulet. Laisser refroidir, centrifuger et décanter.
 12. Répéter deux fois les opérations décrites au 11.
 13. Laver à HCl 5% à chaud, centrifuger et décanter. Répéter l'opération.
 14. Faire bouillir 20' au bain-marie avec NaOH 10%, centrifuger et décanter.
 15. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanter.
 16. Déshydrater à l'acide acétique glacial, centrifuger et décanter.
 17. Faire deux acétolyses successives pour détruire entièrement le filtre, centrifuger et décanter.
 18. Laver à l'acide acétique glacial, centrifuger et décanter.
 19. Faire bouillir 20' au bain-marie avec NaOH 10%, centrifuger et décanter.
 20. Laver deux fois à l'eau distillée, centrifuger et décanter.
 21. Introduire le culot de centrifugation dans le milieu de montage.
- (*) Un litre de solution de Thoulet de poids spécifique 2, est obtenu en diluant dans 604 cc d'eau distillée un mélange de 664 gr de KI et 732 gr de CdI_2 .

Méthode Frenzel améliorée par Bastin
(Source: Bastin 1971, pp. 50-51)

1. Faire macérer 25 gr de loess (1) pendant une nuit dans un excès de HCl concentré, à froid.
 2. Centrifuger (2) et décarter, laver à l'eau distillée, centrifuger et décarter.
 3. Faire bouillir au bain-marie pendant 5-10' dans NaOH (ou KOH) 10%, centrifuger et décarter.
 4. Laver à l'eau distillé, centrifuger et décarter.
 5. Traiter par HCl 10% à froid, centrifuger et décarter.
 6. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décarter.
 7. Ajouter 10-15 gouttes de FI 10%, homogénéiser en ajoutant de l'eau distillée et décarter. (3)
 8. Diluer dans environ 75 cc de solution de Thoulet, introduire dans un flacon que l'on munit d'un bouchon puis que l'on soumet à une agitation assez vive (par agitation mécanique ou de préférence magnétique) pendant une heure.
 9. Centrifuger pendant 10-15' et décarter en faisant passer la couche surnageante sur un filtre Schleicher & Schüll # 604 (la solution de Thoulet récupérée peut être réemployée après passage sur filtre Schleicher & Schüll # 589, et réajustage à densité 2 par ébullition).
 10. Répéter 2 fois l'ensemble des opérations 8. et 9. (en n'utilisant qu'un seul filtre par échantillon).
 11. Introduire le filtre dans un godet de nickel, faire bouillir 5-10' dans HF 40%, laisser refroidir ½ heure, centrifuger et décarter.
 12. Traiter par HCl 10% à froid, centrifuger et décarter.
 13. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décarter.
 14. Faire bouillir au bain-marie pendant 5-10' dans NaOH (ou KOH) 10%, centrifuger et décarter.
 15. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décarter.
 16. Déshydrater pendant 5' dans l'acide acétique glacial, centrifuger et décarter.
 17. Faire chauffer au bain-marie jusqu'à 100°C dans le mélange acétolytique (9 parties d'anhydride acétique, 1 partie d'acide sulfurique concentré), laisser refroidir pendant ½ heure, centrifuger et décarter. Au besoin répéter l'opération si tout le filtre n'est pas détruit.
 18. Laver à l'acide acétique glacial, centrifuger et décarter.
 19. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décarter.
 20. Diluer le culot de centrifugation final dans le milieu de montage.
- (1) L'auteur a également appliqué cette méthode avec succès sur des argiles, des limons, des sables et des tufs calcaires.
- (2) Sauf indication contraire, les centrifugations se font à 4 000 tours/minute pendant 5'.
- (3) Cette opération est supprimée lorsqu'on utilise de la solution de Thoulet récupérée, saturée en ions d'iode.

ANNEXE C

LISTE DES TAXONS RARES

TABLEAU 6

LISTE DES TAXONS QUI N'APPARAISSENT PAS DANS
LE DIAGRAMME POLLINIQUE DE SARSFIELD, EN RAISON DE LEUR RARETE

<i>Fagus</i> :	0,4% à 148 cm
<i>Fraxinus</i> :	0,5% à 40 cm
Magnoliacées:	0,5% à 30 cm
<i>Crepis</i> :	0,4% à 148 cm
<i>Helianthemum</i> :	0,5% à 130 cm
<i>Iva</i> :	0,4% à 148 cm
Liguliflores:	0,5% à 30 cm
	0,5% à 40 cm
<i>Agropyron</i> :	0,4% à 148 cm
<i>Avena</i> :	0,5% à 130 cm
<i>Iris</i> :	0,4% à 104 cm
Renonculacées:	0,4% à 148 cm
<i>Ranunculus</i> :	0,5% à 30 cm
Légumineuses:	0,4% à 104 cm
<i>Vicia</i> :	0,5% à 30 cm
Rosacées:	0,4% à 60 cm
Portulacées:	0,3% à 95 cm
<i>Potamogeton</i> :	0,5% à 40 cm
	0,5% à 148 cm
<i>Sagittaria</i> :	0,2% à 114 cm
	0,4% à 148 cm
<i>Scheuchzeria</i> :	0,1% à 50 cm
<i>Cystopteris</i> :	0,4% à 60 cm

TABLEAU 7LISTE DES TAXONS QUI N'APPARAISSENT PAS DANS
LE DIAGRAMME POLLINIQUE DE LEONARD, EN RAISON DE LEUR RARETE

<i>Ulmus:</i>	0,4% à 330 cm
<i>Juglans:</i>	0,4% à 140 cm
<i>Celtis occidentalis:</i>	0,3% à 360 cm
Liliacées:	0,3% à 310 cm
Malvacées:	0,4% à 340 cm
<i>Dactylis glomerata:</i>	0,4% à 150 cm
<i>Hypoxis:</i>	0,4% à 300 cm
<i>Allium:</i>	0,4% à 300 cm
<i>Arisaema:</i>	0,4% à 330 cm
<i>Stratiotes:</i>	0,4% à 340 cm
<i>Brasenia:</i>	0,4% à 320 cm
<i>Pediastrum:</i>	0,2% à 350 cm
<i>Pteridium:</i>	0,4% à 130 cm
Spores alètes:	0,4% à 130 cm

TABLEAU 8LISTE DES TAXONS QUI N'APPARAISSENT PAS DANS
LE DIAGRAMME POLLINIQUE DE BEARBROOK, EN RAISON DE LEUR RARETE

Ulmus: 0,3% à 110 cm

Monotropa: 0,3% à 230 cm

Smilacina: 0,3% à 110 cm

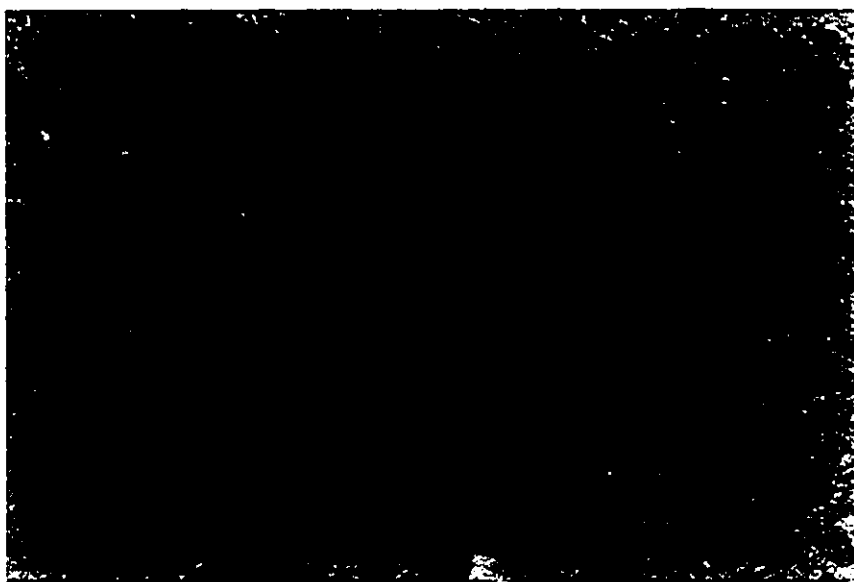
Stellaria: 0,2% à 410 cm

Equisetum: 0,5% à 410 cm

Cystopteris: 0,7% à 110 cm

ANNEXE D

PHOTOS DE POLLENS

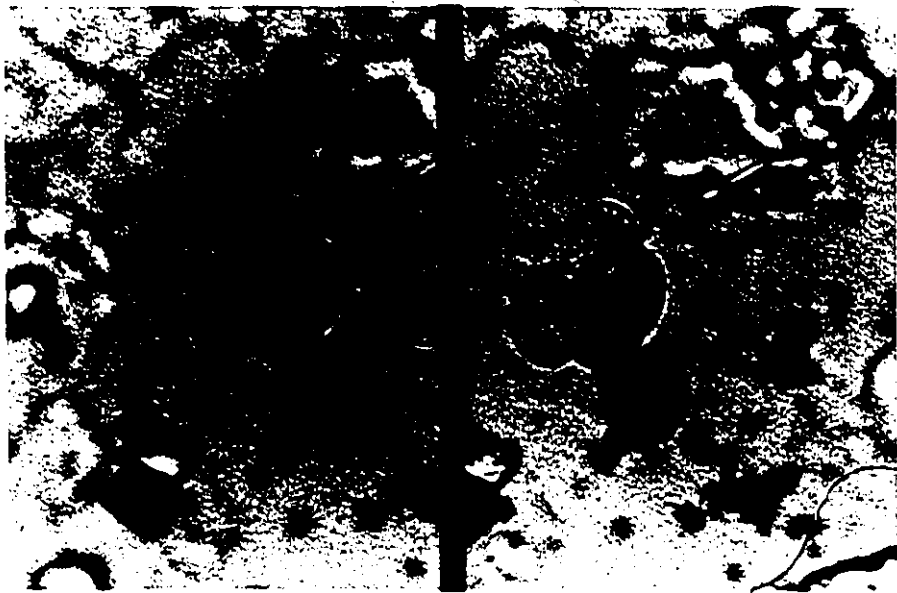


PHOTOGRAPHIE NO. 3

Pollen type lemnacée - échantillon SA-3, 50 cm.

- diamètre équatorial, 17,5 μ

- mise au point sur les épines



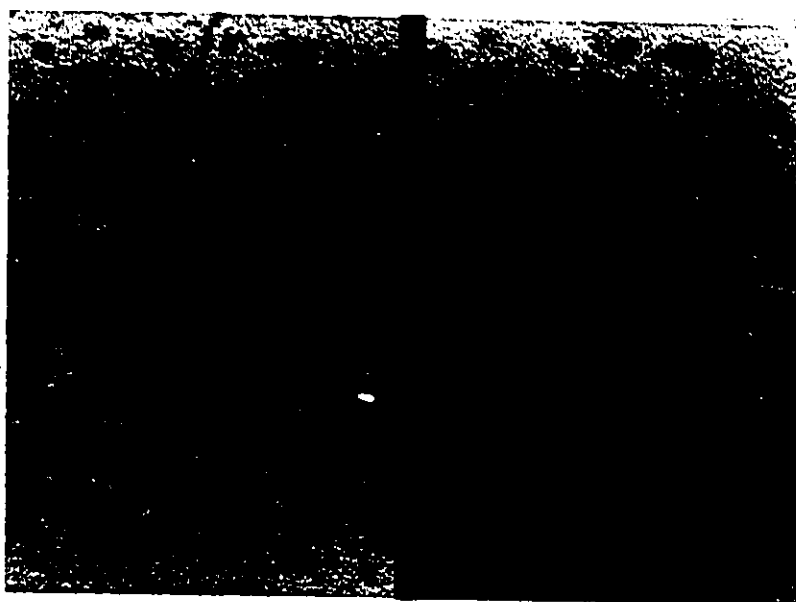
PHOTOGRAPHIE NO. 4

Pollen difforme genre *Pinus* - échantillon LE-19, 280 cm.

- diamètre du corps, 45 μ

prise gauche: mise au point sur la paroi du corps

prise droite: mise au point sur la réticulation d'un
ballonnet



PHOTOGRAPHIE NO. 5

Pollen difforme genre *Picea* - échantillon LE-22, 310 cm.
- diamètre du corps, 75 μ

Prise gauche: mise au point sur la forme

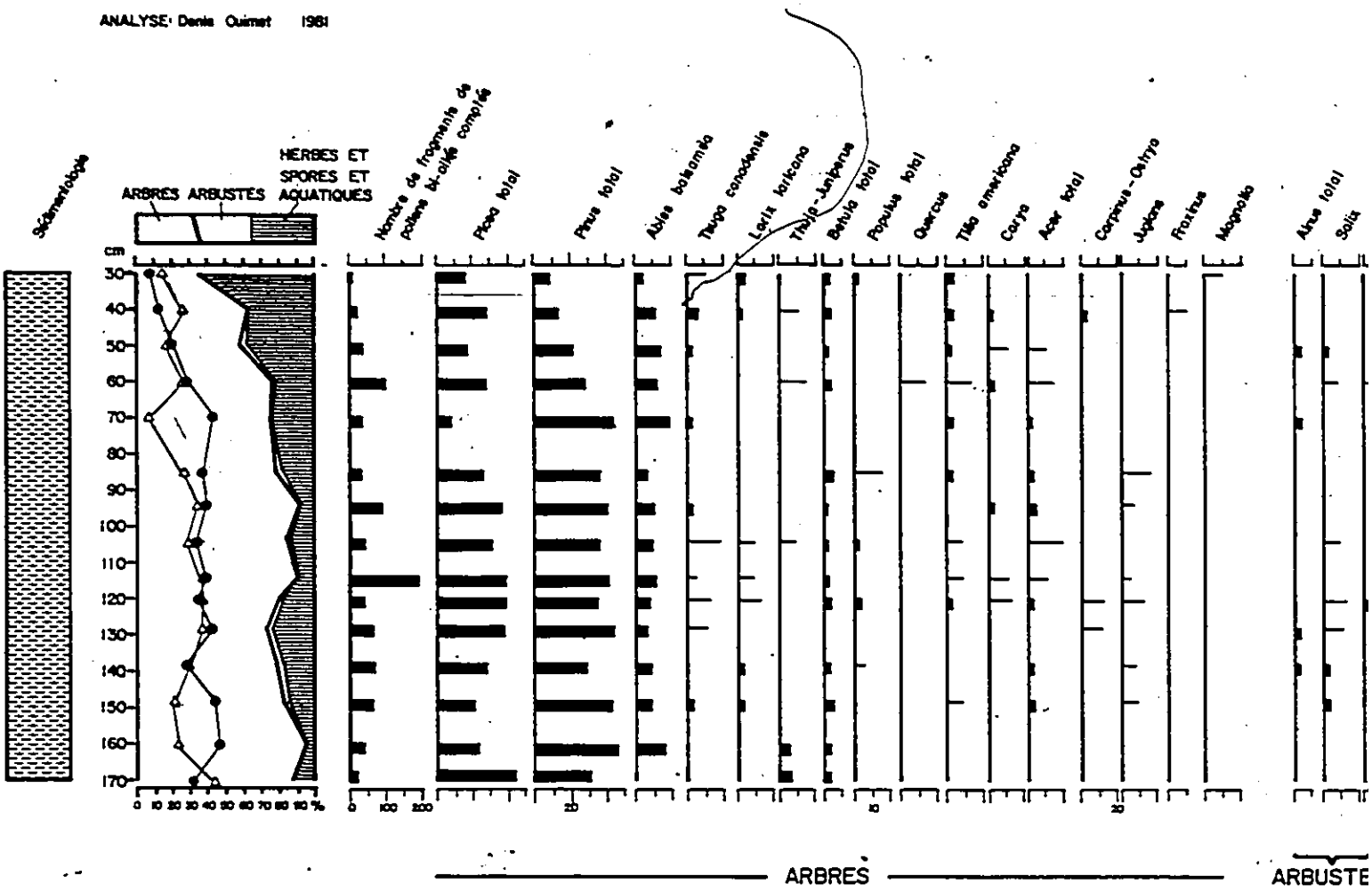
Prise droite: mise au point sur la réticulation d'un
ballonnet

107

SARFIELD

45° 25' 55" 75° 20' 49" ALT. 86 m

ANALYSE: Denis Quimet 1981



Argile

Pinus
Picea

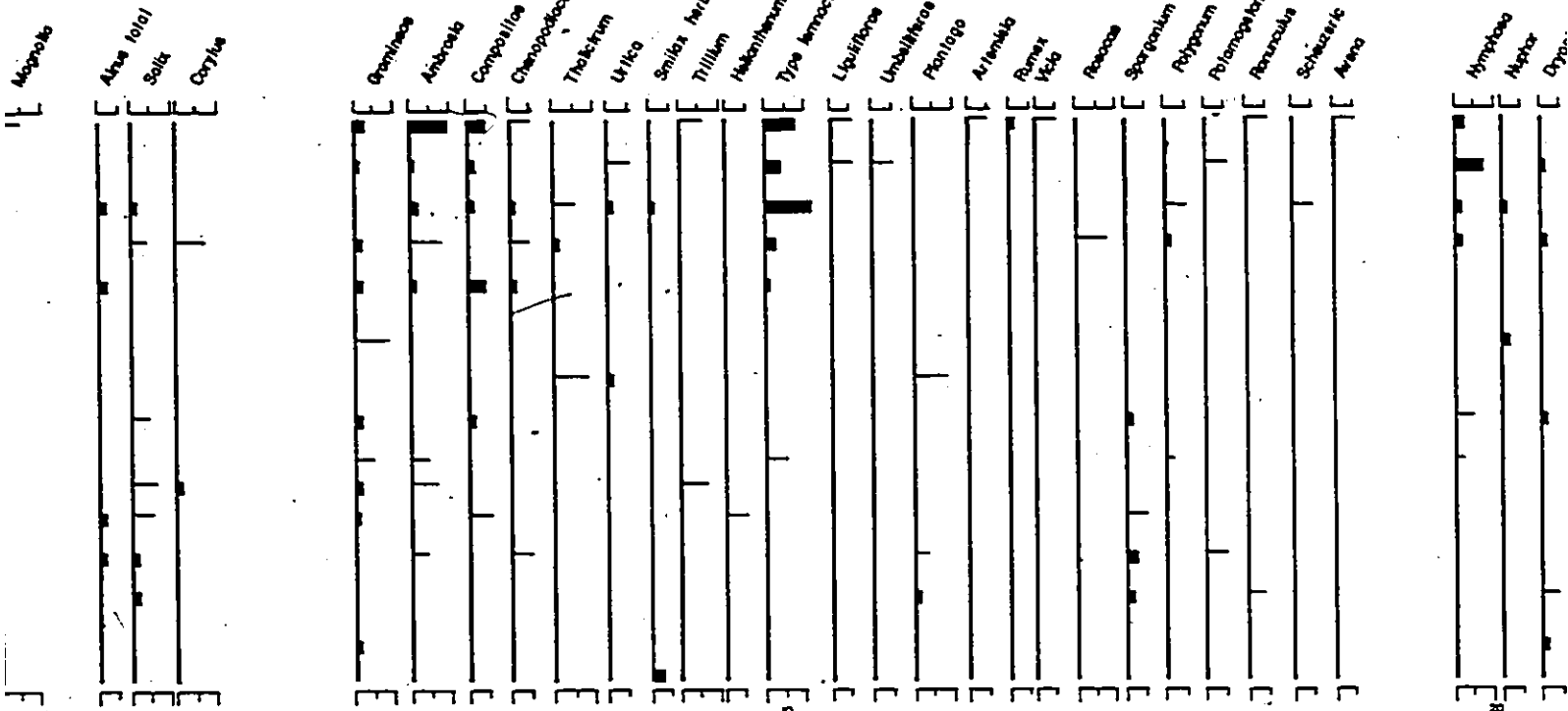
10%
5%

0 20 40%

ARBRES

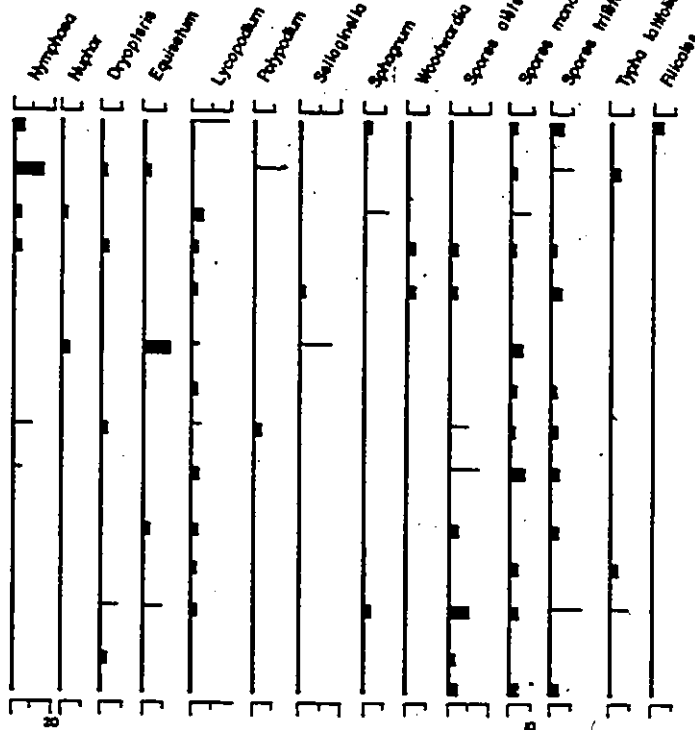
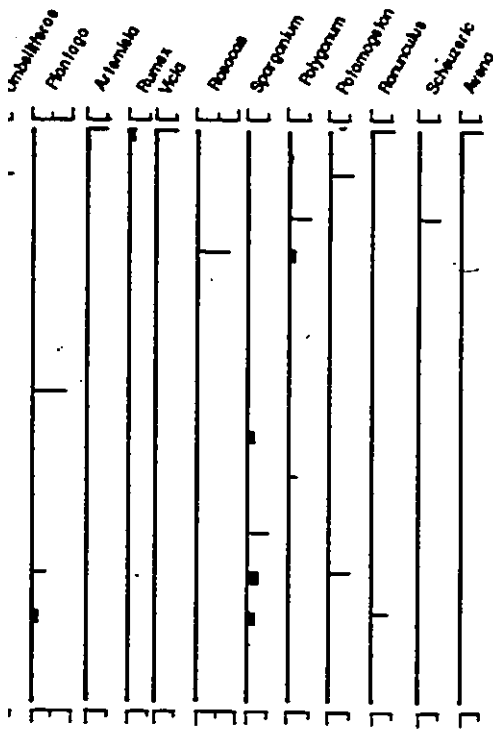
ARBUSTE

24



ARBUSTES

HERBES, SPORES ET AQUATIQUES



Profondeur	Nombre de tiges complètes	Somme pollinique
30	5	216
40	6	209
50	6	208
60	4	273
70	7	91
80	7	119
90	5	357
100	8	226
110	6	571
120	8	176
130	7	216
140	6	371
150	6	225
160	4	70
170	4	37

HERBES, SPORES ET AQUATIQUES

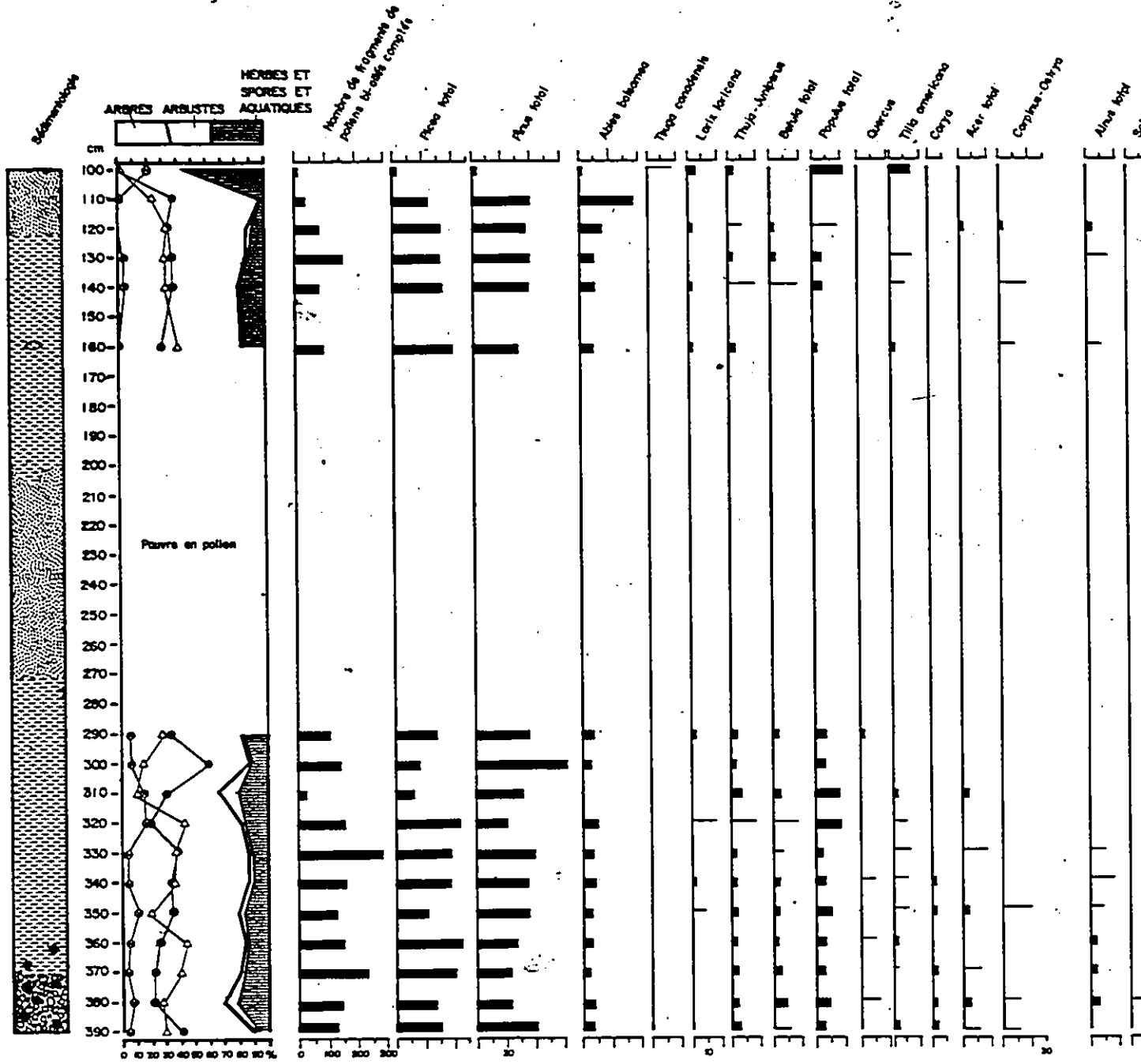
LEONARD

45° 24' 40"

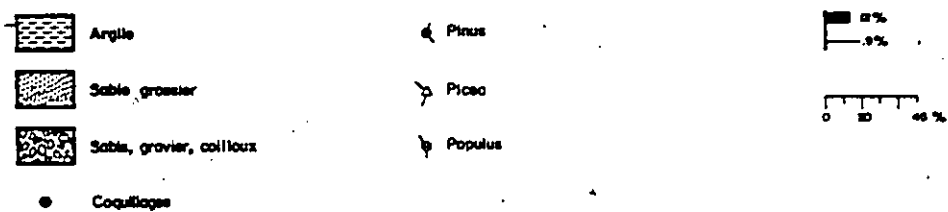
75° 20' 30"

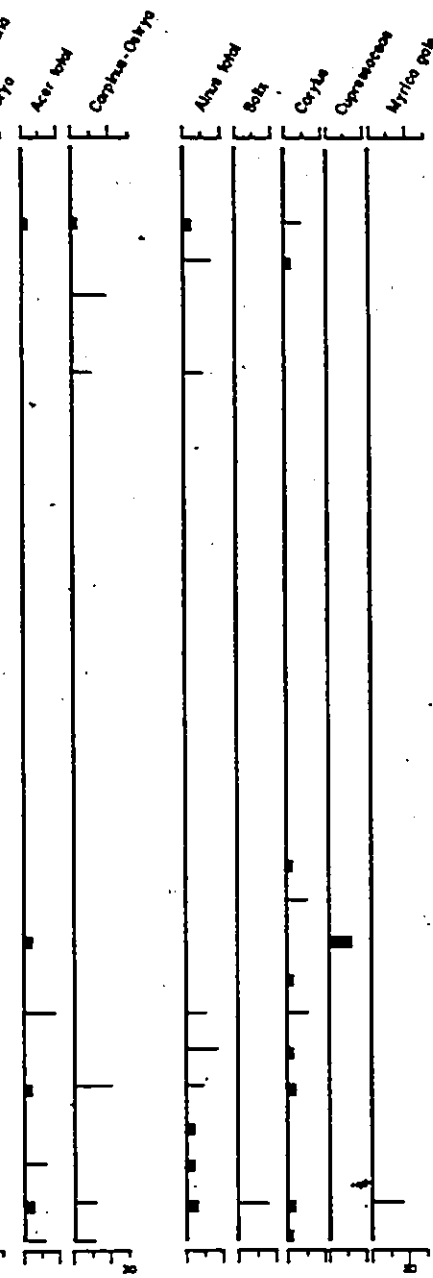
ALT. 82.3 m

ANALYSE: Denis Oulmet 1981

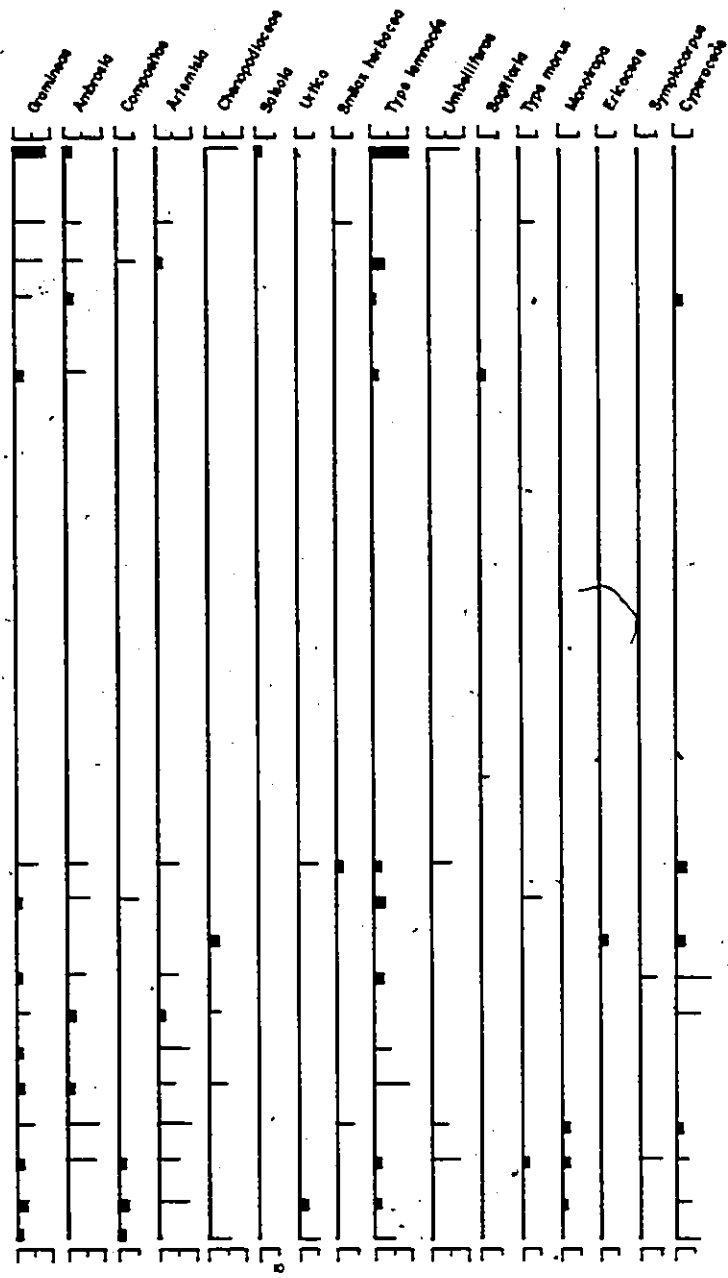


ARBRES

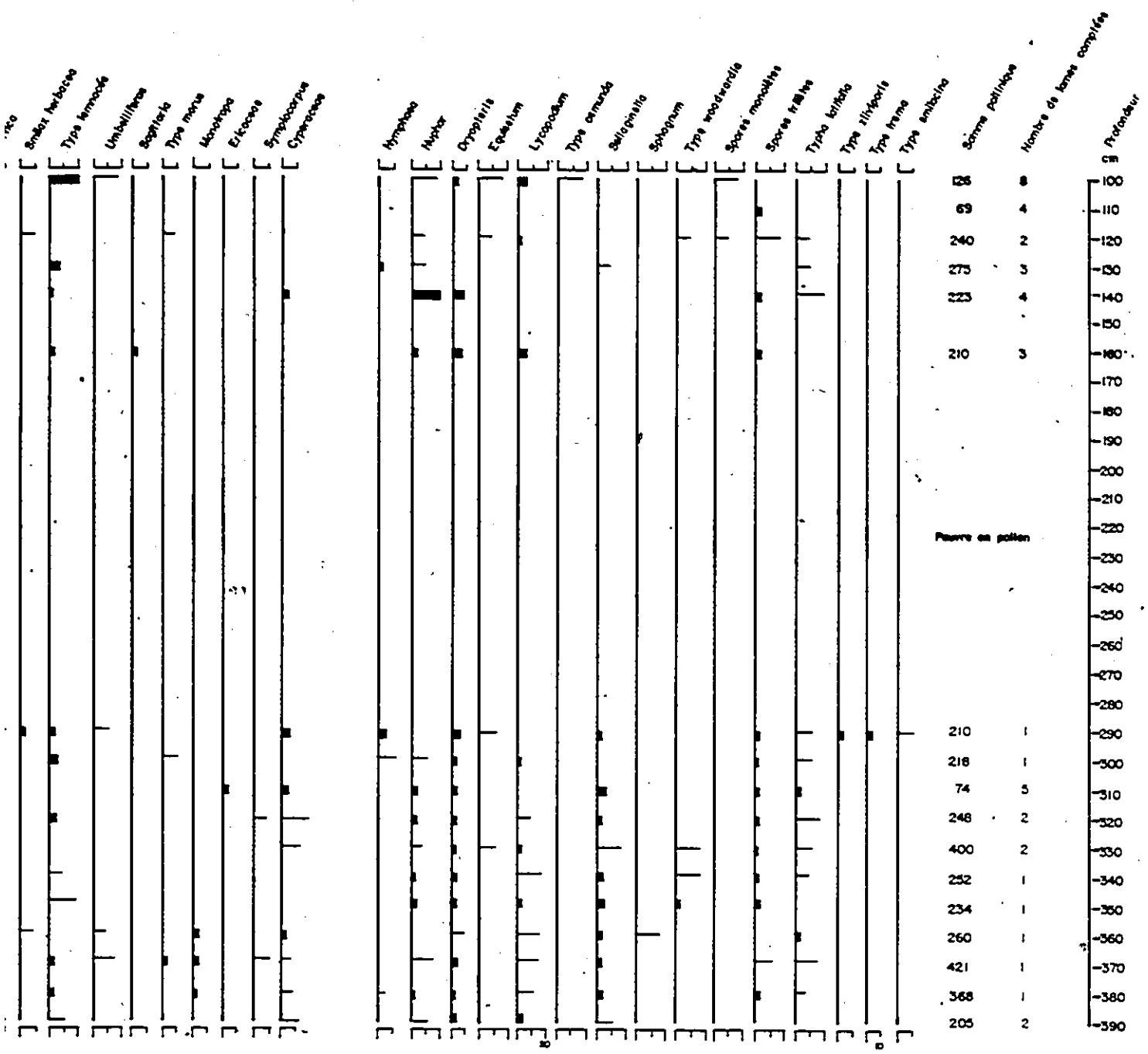




— ARBUSTES —



— HERBES, SPORES ET AQUATIQUES —



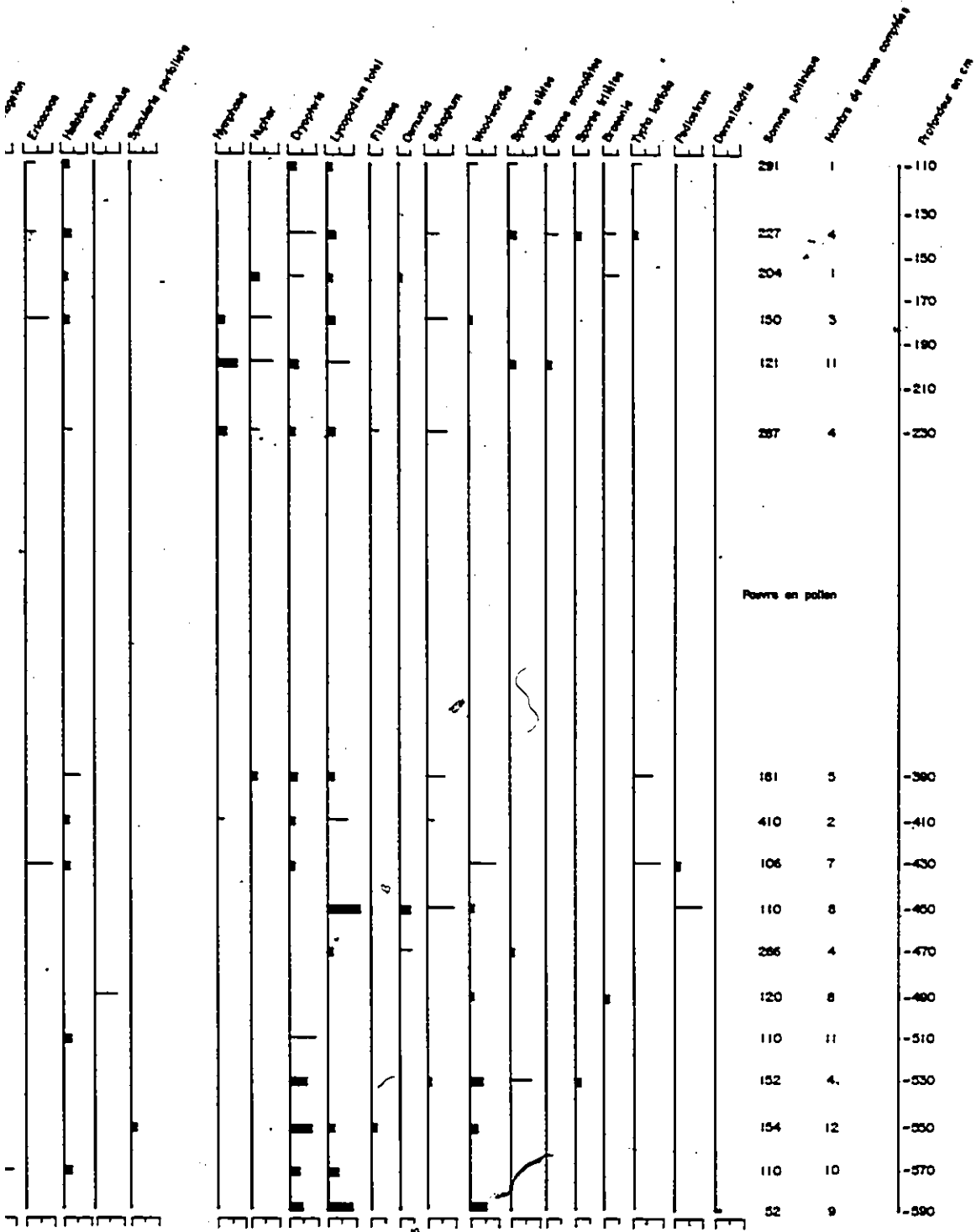
HERBES, SPORES ET AQUATIQUES

27

Fraxine Caryaceae	Alnus incisa Betulaceae	Quercus occidentalis Liriod. gen.	Gramineae	Androsace	Delphinium glomeratum Compositae	Ajacaceae	Onopordaceae	Urtica	Saxifraga hibernica Type hibernica	Umbelliferae	Rubiaceae	Rubiacetum	Ericaceae	Hamamelis	Ranunculaceae	Spodiopogon pectinatus	Nyctagynaceae	Nyctag.	Dryopteris	Lycopodium (sp.)	Filices	Onoclea	Schizanthus	Woodworts	Spore algae	Spore
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

— ARBUSTES —

— HERBES, SPORES ET AQUATIQUES —



HERBES, SPORES ET AQUATIQUES