

INFORMATION TO USERS

This manuscript has been reproduced from the microfilm master. UMI films the text directly from the original or copy submitted. Thus, some thesis and dissertation copies are in typewriter face, while others may be from any type of computer printer.

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted. Broken or indistinct print, colored or poor quality illustrations and photographs, print bleedthrough, substandard margins, and improper alignment can adversely affect reproduction.

In the unlikely event that the author did not send UMI a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if unauthorized copyright material had to be removed, a note will indicate the deletion.

Oversize materials (e.g., maps, drawings, charts) are reproduced by sectioning the original, beginning at the upper left-hand corner and continuing from left to right in equal sections with small overlaps. Each original is also photographed in one exposure and is included in reduced form at the back of the book.

Photographs included in the original manuscript have been reproduced xerographically in this copy. Higher quality 6" x 9" black and white photographic prints are available for any photographs or illustrations appearing in this copy for an additional charge. Contact UMI directly to order.

UMI

A Bell & Howell Information Company
300 North Zeeb Road, Ann Arbor MI 48106-1346 USA
313/761-4700 800/521-0600

NOTE TO USERS

The original document received by UMI contains pages with indistinct print. Pages were microfilmed as received.

This reproduction is the best copy available

UMI



Université d'Ottawa • University of Ottawa

**Étude comparative par analyse chronologique et sédimentologique
d'accumulations éoliennes du Pléistocène supérieur et de
l'Holocène dans le nord-ouest du Yukon**

Thèse présentée
à l'École des Études Supérieures
en vue de l'obtention de la maîtrise es arts en géographie

Par

Yannick Cabana

Département de Géographie
Université d'Ottawa

© Yannick Cabana 1998, Ottawa, Ontario, Canada.



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-36670-7

Canada

RÉSUMÉ

Cette étude recouvre la période de la fin du Pléistocène supérieur et l'Holocène. Elle met en relief, par analyse comparative, les influences locales et régionales que subissent des accumulations éoliennes du nord-ouest du Yukon selon les conditions paléoenvironnementales et paléoclimatiques de l'époque. L'étude porte sur les loess de Bluefish datant de la fin du Pléistocène, des accumulations éoliennes holocènes de sommet de falaise dans les *Ramparts* de la vallée de la rivière Porcupine et des sédiments éoliens de la plaine alluviale de la rivière Bluefish, de l'Holocène moyen.

Plusieurs facteurs, tels la disponibilité des sédiments de la source, le climat (direction des vents, humidité de l'air et température) et la couverture végétale contrôlent la dynamique éolienne. Ils peuvent être définis par une série d'indicateurs dont la granulométrie, les teneurs géochimiques (CaCO_3 , matière organique, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , etc...), la susceptibilité magnétique, l'exoscopie des grains de quartz, l'orientation des dépôts éoliens, taux de sédimentation, etc...; eux-même déterminés par analyses sédimentologiques et chronologiques.

Cette étude permet de constater que l'édification de phénomènes éoliens locaux peuvent être conséquents de phénomènes d'envergure régionale et renferment ainsi des informations relatives à des changements d'ordre paléoclimatique et paléoenvironnemental. Les sources potentielles ainsi que les divers épisodes d'intensité éolienne ont été identifiés. À partir de ces résultats, une tentative de reconstruction des conditions climatiques et environnementales qui ont permis l'édification des dépôts éoliens dans le nord-ouest du Yukon, pendant le Pléistocène supérieur et l'Holocène, est présentée.

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à mon directeur de thèse, M. Bernard Lauriol. Je lui suis particulièrement reconnaissante pour sa grande disponibilité et son support autant moral que technique. Je désire souligner l'intérêt et le souci du détail qu'il a témoigné tout le long de cette étude. Je tiens également à remercier Mme Marie-Anne Geurts, M. Peter Johnson et M. Daniel Lagarec pour leur encadrement et les commentaires judicieux qu'ils ont apportés à cette étude.

Merci à M. Michel Lamothe, directeur du département des Sciences de la Terre, à l'Université du Québec à Montréal et à Mme Marie Auclair, agent de recherche, pour l'encadrement que vous m'avez offert lors de mon séjour au laboratoire LUX de l'UQAM et pour m'avoir dévoilé les secrets de la luminescence optique. Un merci tout particulier à M. Floyd Tool du Conseil National de Recherche du Canada, à Ottawa, pour m'avoir permis d'effectuer l'analyse des sédiments fins par granulométrie au laser et M. James Gray, professeur au département de géographie de l'Université de Montréal, pour son aide au niveau de la susceptibilité magnétique.

Je désire remercier M. Jacques Cinq-Mars, archéologue au Musée des civilisations, à Hull, pour les informations précieuses et les commentaires dont il m'a fait part pour les grottes de Bluefish et le site de Twin Lake.

Merci à toi, Philippe, pour ton support quotidien et à ma famille pour leur appui constant et leurs encouragements tout au long de mes études.

RÉSUMÉ.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique	4
1.2 Pertinence de l'étude	4
1.3 Présentation des chapitres	5
CHAPITRE 2 - LES SITES ÉOLIENS.....	6
2.1 Distribution des sites	6
2.2 Cadre physique des sites	6
2.2.1 La vallée de Bluefish	6
2.2.2 La vallée des <i>Ramparts</i> de la rivière Porcupine	7
2.3 Climat	9
CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE ET MÉTHODES.....	13
3.1 Méthodologie	13
3.2 Échantillonnage	13
3.2.1 Les sites des <i>Ramparts</i> de la rivière Porcupine	13
3.2.2 Les sites de Bluefish et de Twin Lake	14
3.3 Relevé topographique et végétatif	16
3.4 Granulométrie	16
3.4.1 Tamisage à l'eau	17
3.4.2 Granulométrie au laser	18
3.4.3 Estimation de l'intensité des paléovents	19

3.5 Les analyses géochimiques	20
3.5.1 Analyse aux rayons X par fluorescence (XRF).....	20
3.5.2 Analyse chittick	21
3.5.3 Perte au feu	21
3.5.4 Susceptibilité magnétique	22
3.6 Les datations absolues	24
3.7 Les mollusques	26
3.8 Exoscopie des grains de quartz	26
 CHAPITRE 4 - JACKSON ROCK FALL	 28
4.1 Introduction	28
4.2 Le site de Jackson Rock Fall	28
4.3 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation	36
4.4 Granulométrie	37
4.5 Morphologie des grains de quartz	44
4.6 Analyses géochimiques	46
4.7 Abondance des mollusques	49
4.8 Interprétation	49
4.9 Conclusion	52
 CHAPITRE 5 - LA COUPE 330	 54
5.1 Description générale	54
5.2 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation	57
5.3 Granulométrie	57
5.4 Morphologie des grains de quartz	64
5.5 Analyses géochimiques	67
5.6 Abondance des mollusques	69
5.7 Interprétation	69
5.8 Conclusion	71

CHAPITRE 6 - CARIBOU BAR.....	72
6.1 Description générale	72
6.2 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation	76
6.3 Granulométrie	76
6.4 Analyses géochimiques	82
6.5 Abondance des mollusques	84
6.6 Interprétation	86
6.7 Conclusion	87
 Corrélation entre les dépôts éoliens de la rivière Porcupine	 89
6.8 Les principales étapes	89
6.9 Synthèse: les taux d'accumulation et la répartition des datations	93
 CHAPITRE 7 - LE SITE DE TWIN LAKE.....	 95
7.1 Description générale	95
7.2 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation	96
7.3 Granulométrie	96
7.4 Analyses géochimiques	100
7.5 Interprétation et conclusion	103
 CHAPITRE 8 - LES GROTTE DE BLUEFISH.....	 104
8.1 Description générale	104
8.2 Analyse descriptive du remplissage	104
8.3 Datation du remplissage et taux de sédimentation	108
8.4 Granulométrie	110
8.4.1 Bluefish 1.....	110
8.4.2 Bluefish 2.....	112
8.4.3 Bluefish 3	116
8.5 La morphologie des grains de quartz	119
8.5.1 Bluefish 1	119
8.5.2 Bluefish 3	123

8.6 Analyses géochimiques 127

8.7 Interprétation et conclusion 130

CHAPITRE 9 - CONCLUSION..... 133

BIBLIOGRAPHIE..... 138

ANNEXE 1

ANNEXE 2

1.1	Carte de localisation de la région à l'étude.....	2
1.2	Les principales composantes environnementales ayant une incidence sur la sédimentation éolienne.....	3
2.1	La carte géologique de la région du bassin de Bluefish (Modifiée de Norris, 1981 et de Hughes, 1972).....	8
2.2	Répartition trimestrielle des vents selon la fréquence et l'origine, sans égard à la vitesse.....	10
2.3	(A) Températures et précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Old Crow de 1951 à 1980; (B) vitesses éoliennes moyennes mensuelles de 1975 à 1976.....	11
4.1	Localisation de Jackson Rock Fall et des autres sites dans les <i>Ramparts</i> de la rivière Porcupine	29
4.2	Stratigraphie générale de Jackson Rock Fall et des autres sites de la Rivière Porcupine.....	29
4.3	Les comptages pétrographiques effectués sur les paléoterrasses de la rivière Porcupine. a) Caribou Bar; b) Coupe 330; c) Jackson Rock Fall (tirée de la thèse de M.Ross, 1997).....	33
4.4	Stratigraphie du dépôt éolien de Jackson Rock Fall.....	34
4.5	Végétation au sommet des coupes.....	35
4.6	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Jackson Rock Fall.....	38

4.7	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Jackson Rock Fall.....	39
4.8	Granulométrie fine du dépôt éolien de Jackson Rock Fall; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.....	42
4.9	Évolution des fractions supérieure et inférieure à 63 µm dans les sédiments échantillonnés pour la sédimentation éolienne en fonction de la distance	43
4.10	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction fine (A) et grossière (B) de la sédimentation éolienne selon la distance à Jackson Rock Fall.....	43
5.1	Stratigraphie du dépôt éolien de la Coupe 330.....	55
5.2	Orientation des fentes de gel recensées à la Coupe 330.....	56
5.3	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à la Coupe 330.....	58
5.4	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de la Coupe 330.....	60
5.5	Granulométrie fine du dépôt éolien de la Coupe 330; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth....	62
5.6	Évolution des fractions supérieure et inférieure à 63 µm dans les sédiments échantillonnés pour la sédimentation éolienne en fonction de la distance	63
5.7	Courbes granulométriques cumulatives des fractions fine (A) et grossière (B) de la sédimentation éolienne selon la distance à la Coupe 330.....	64
6.1	Stratigraphie du dépôt éolien de Caribou Bar.....	74

VIII

6.2	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Caribou Bar.....	78
6.3	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt de Caribou Bar.....	79
6.4	Comptage, à Caribou Bar, des grains de quartz supérieur à 500µm dans 1 g de sédiment.....	81
6.5	Granulométrie fine du dépôt éolien de Caribou Bar ; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth....	82
6.6	Comparaison de la teneur en CaCO ₃ entre les sites de Caribou Bar et de Jackson Rock Fall.....	85
6.7	Relation entre les teneurs en CaCO ₃ et en matière organique et la présence de mollusques en milieu forestier.....	86
6.8	Corrélation entre les dépôts éoliens de la rivière Porcupine : les principales étapes	92
6.9	Répartition des datations et taux d'accumulation.....	94
7.1	Stratigraphie du dépôt éolien de Twin Lake.....	95
7.2	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Twin Lake.....	97
7.3	A) Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Twin Lake; B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.....	98
7.4	Courbes cumulatives de la granulométrie fine du dépôt éolien de Twin Lake.....	100
7.5	Susceptibilité magnétique du calcaire détritique sous le dépôt éolien de Twin Lake.....	101
8.1	Diagramme pollinique provenant des sédiments de la grotte de Bluefish 1 analysé par L. Cwynar en 1978 (Cinq-Mars, 1979).....	106

8.2	Profils stratigraphiques des remplissages de Bluefish.....	107
8.3	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Bluefish 1.....	109
8.4	Granulométrie fine du loess de Bluefish 1; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.....	111
8.5	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Bluefish 1..	112
8.6	Granulométrie fine du loess de Bluefish 2; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.....	113
8.7	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Bluefish 2.....	114
8.8	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Bluefish 2..	115
8.9	Granulométrie fine du loess de Bluefish 3; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.....	116
8.10	Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Bluefish 3.....	117
8.11	Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Bluefish 3..	118

2.1	Données sur les vents enregistrés à la station d'Old Crow pour la période 1974-76	12
3.1	Les termes de classement de Folk et Ward (1957).....	17
4.1	Écarts-types et classement de la granulométrie grossière de Jackson Rock Fall	40
4.2	Résultats des analyses géochimiques de Jackson Rock Fall (%).....	47
5.1	Écarts-types et classement de la granulométrie grossière de la Coupe 330.....	61
5.2	Résultats des analyses géochimiques de la Coupe 330 (%).....	68
6.1	Écarts-types et classement de la granulométrie grossière de Caribou Bar.....	79
6.2	Résultats des analyses géochimiques de Caribou Bar (%).....	83
7.1	Écarts-types et classement pour le site de Twin Lake.....	99
8.1	Résultats des analyses géochimiques des grottes de Bluefish (%).....	128
8.2	Résultats des analyses géochimiques du Mont Schaeffer (%).....	128

2.1	Vue des <i>Ramparts</i> de la rivière Porcupine près de la frontière Yukon-Alaska.....	7
3.1	Emplacement des tubes pour la datation par luminescence optique au site de Jackson Rock Fall	15
4.1	Le site de Jackson Rock Fall.....	30
4.2	Le dépôt éolien de Jackson Rock Fall	32
4.3	Morphoscopie des grains de quartz de Jackson Rock Fall.....	45
5.1	Le site de la Coupe 330	54
5.2	Morphoscopie des grains de quartz de la Coupe 330.....	64
6.1	Le site de Caribou Bar.....	72
6.2	La coupe de Caribou Bar.....	75
7.1	Rhomboèdres provenant du calcaire altéré au site de Twin Lake.....	102
8.1	L'environnement des grottes de Bluefish.....	105
8.2-8.5	Morphoscopie des grains de quartz de Bluefish 1.....	120
8.6-8.7	Morphoscopie des grains de quartz de Bluefish 3.....	124

Chapitre 1

INTRODUCTION

Au Quaternaire, le nord du Yukon et une partie de l'Alaska sont demeurés au-delà des limites d'extension maximale des glaces laurentidiennes (figure 1.1), et ont formé une zone aux caractères environnementaux qui se rattachaient à ceux de la Sibérie orientale. Hopkins (1972) a désigné cette région de Bérिंगie orientale. À plusieurs reprises, l'activité éolienne y fut très active (Bigelow et al., 1990), notamment pendant la dernière période glaciaire, au Wisconsinien supérieur. De cette époque, Hopkins (1972) présume que la circulation atmosphérique hivernale, dans la Bérिंगie orientale était dominée par un anticyclone centré sur une dépression au dessus du Golfe d'Alaska. Les vents devaient être très secs. L'été était dominé par des vents du sud, plus humides. La végétation qui prévalait, une steppe-toundra, n'a pas d'équivalent actuel (Ritchie et al., 1982). Le climat favorisait la déflation et l'accumulation éolienne (Rampton, 1982). De grandes nappes loessiques (Thorson & Bender, 1985) et des champs de dunes (Hamilton, 1987) se sont édifiées en Alaska. Une partie du matériel pouvait provenir des sandurs des marges de l'inlandsis. Au Yukon, les évidences éoliennes sont beaucoup plus modestes. Il s'agit surtout de loess piégés dans des cavernes (Cinq-Mars, 1978) ou bien de loess mélangés aux dépôts de versants sous l'effet de la solifluxion (Tarnocai, 1987). Peu d'études se sont intéressées à l'activité éolienne postérieure à la déglaciation, ou plus exactement à celle qui a prévalu pendant l'épisode du stade isotopique 1 qui commence vers 13 ka (Martinson et al., 1987). La circulation atmosphérique de cette période n'est pas bien définie, mais les vents de direction nord semblaient régner (Hopkins, 1972). Le climat, plus chaud et humide que précédemment, a favorisé la mise en place de la forêt boréale, réduisant l'activité éolienne à des sites spatialement restreints (Bégin et al., 1995). Parmi les sites les plus favorables, on a les accumulations de sommet de falaises. Ces phénomènes éoliens ont été peu étudiés. Au Canada, les travaux de Héту (1992), au mont Saint-Pierre, en Gaspésie, Québec, et de Bégin et al. (1995), sur les bords de la rivière Mountain, dans les Territoires du Nord-Ouest, portent sur ces dépôts.

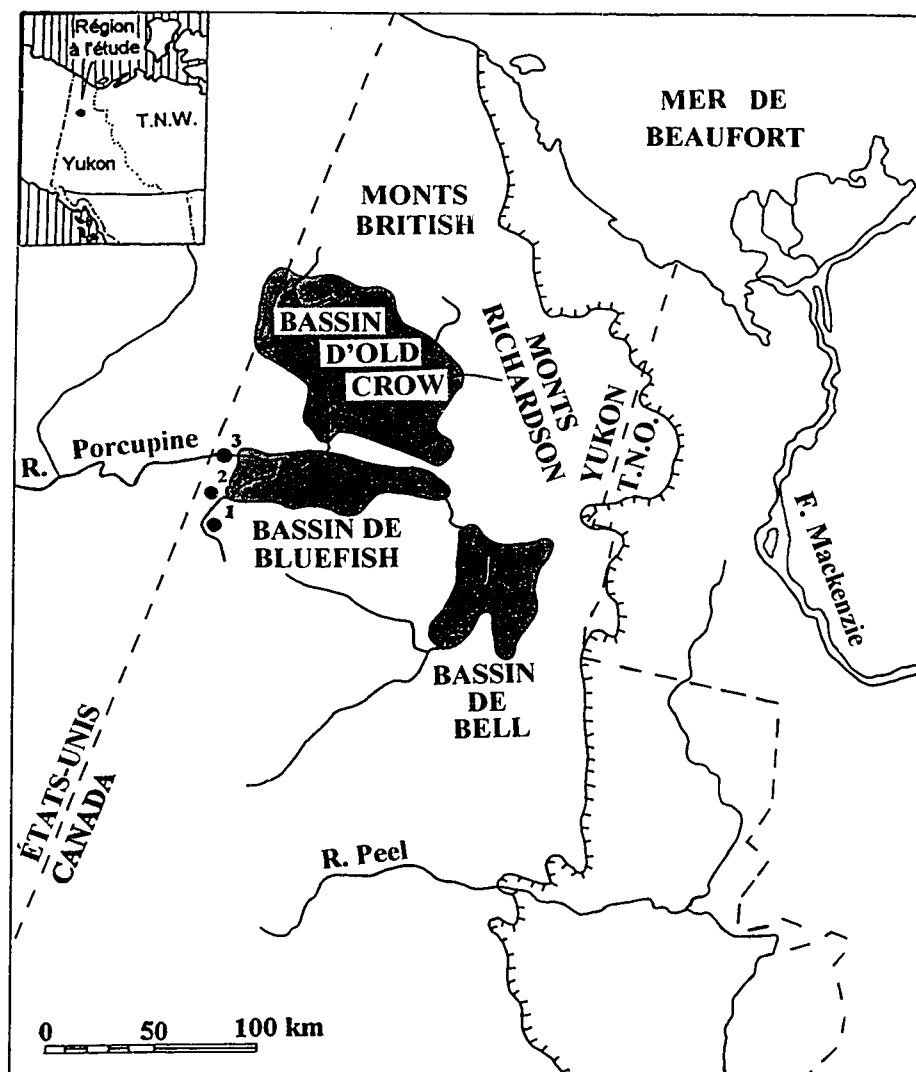


Figure 1.1 Localisation de la région à l'étude et de la limite maximale des glaces. 1- les grottes de Bluefish, 2- le site de Twin Lake, 3- les Ramparts de la rivière Porcupine.

Ailleurs, on retrouve les études de Pye et Paine (1984) dans le nord-ouest de l'Écosse et de Wilson (1989) en Irlande.

Plusieurs facteurs contrôlent la dynamique éolienne. Pissart et al. (1977) ont parfaitement montré qu'à l'Holocène, sur l'île de Banks, l'activité éolienne s'est concentrée le long des cours d'eau de cette île et que trois éléments devaient être pris en considération (figure 1.2) : la disponibilité de sédiments, le climat (direction des vents, humidité de l'air et température) et la couverture végétale (son absence favorise la déflation et sa présence l'accumulation). D'eux, dépend la mise en place et l'évolution de l'accumulation éolienne. Ils ont été mis en évidence dans le canyon Carcajou par Bégin et al. (1995). Cependant, ceux-ci ont surtout insisté sur le caractère local de la mise en place des sédiments éoliens. Puisque ces paramètres atmosphériques et environnementaux interviennent dans les processus éoliens, les phénomènes éoliens peuvent emmagasiner et conserver des informations paléoenvironnementales et paléoclimatiques importantes (David, 1981; Ahlbrandt et al., 1983; Filion, 1984; Muhs, 1985; Bigelow et al., 1990; Bégin et al., 1995). Ils sont donc considérés comme des indicateurs sensibles du climat et des variations environnementales (Bégin et al., 1995).

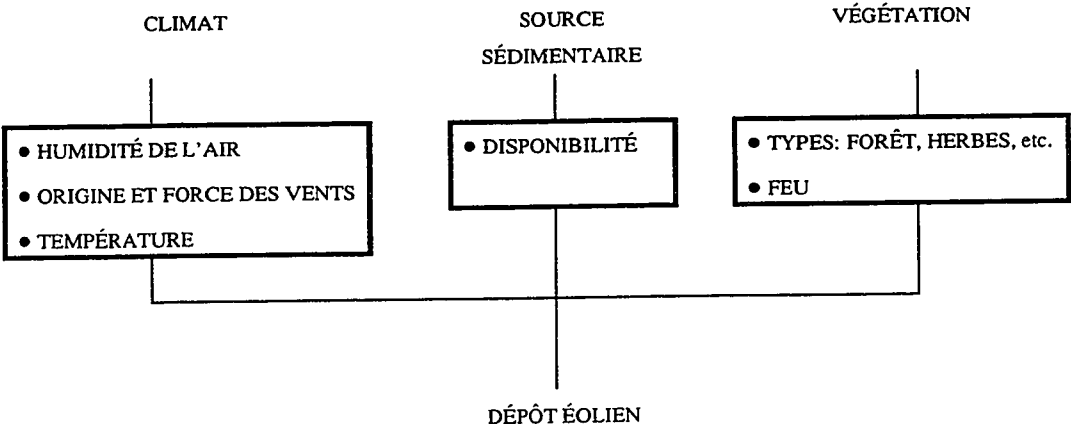


Figure 1.2: Les principales composantes environnementales ayant une incidence sur la sédimentation éolienne.

1.1 La problématique

La problématique de l'étude peut se poser ainsi : Est-il possible que des dépôts éoliens aussi locaux que les accumulations de sommet de falaise, d'âge holocène, puissent informer sur les conditions paléoenvironnementales et paléoclimatiques régionales, au même titre que les loess, pendant le Pléistocène supérieur ? Le fait que le nord-ouest du Yukon n'ait pas été englacé pendant le Pléistocène supérieur et que l'évolution de la rivière Porcupine ait subi divers épisodes de crue et d'incisions lors de la vidange des bassins de Bluefish et d'Old Crow a-t-il contribué à offrir des conditions particulières à l'édification des dépôts éoliens ? Plusieurs hypothèses de travail peuvent être posées. Y a-t-il eu un ou plusieurs épisodes d'intensité éolienne ? Peut-on identifier les sources potentielles des dépôts ? Ces accumulations éoliennes reflètent-elles des conditions locales ou régionales ? Est-il possible, à partir des résultats obtenus, de reconstruire, les conditions paléoclimatiques qui ont permis l'édification de ces dépôts éoliens ?

1.2 Pertinence

L'étude des dépôts éoliens permet une meilleure compréhension des circonstances entourant leur édification ainsi qu'un complément à l'étude du climat du nord-ouest du Yukon, de la fin du Pléistocène à nos jours. Les études paléoenvironnementales antérieures ont insisté sur l'histoire des températures, des précipitations et du drainage. Elles ont fait appel à l'histoire de la végétation (Ritchie et al., 1982), aux accumulations fluviales (Riel, 1997) et à la genèse des glaces souterraines (Lauriol, 1992). Les thèses de Thibaudeau (1988), Rocheleau (1997), Duchesne (1997) et de Riel (1997) présentent des synthèses de l'évolution paléoclimatique.

1.3 Présentation des chapitres

Neuf chapitres divisent le présent travail, en incluant l'introduction. L'état des connaissances de la région à l'étude est traité au chapitre 2. Il souligne l'évolution du drainage régional, le cadre géologique et climatique de la région. Le troisième chapitre traite de la démarche méthodologique utilisée. Les chapitres 4 à 8 présentent les résultats et l'interprétation des analyses sédimentologiques et chronologiques. La discussion des résultats fait l'objet du chapitre 9. On tente de répondre aux hypothèses de travail et d'y reconstituer l'activité éolienne à travers le contexte paléogéographique régional. La conclusion résume les principaux apports de cette étude.

Chapitre 2

LES SITES EOLIENS

2.1 Distribution des sites

Le Nord du Yukon n'est pas une région où actuellement les sites éoliens tiennent une grande place. Il n'y a pas d'étendues de sable comme on en observe en Alaska. La cause de ce phénomène est probablement due au fait que les plaines de la région, soit celles d'Old Crow, de Bluefish et de Bell ont été ennoyées pendant la dernière période glaciaire. Les sites éoliens sont donc discontinus, et de très petites dimensions. Dans leur carte des dépôts de surface, ni Rampton (1982), ni Hughes (1972) n'en indiquent. Ceux identifiés et étudiés dans la présente thèse se situent dans la région du village Old Crow. Plus précisément, trois sites se trouvent dans la section des *Ramparts*, le long de la rivière Porcupine, et deux autres dans la vallée de Bluefish : un à Twin Lake, et l'autre aux cavernes de Bluefish (figure 1.1).

2.2 Cadre physique des sites

2.2.1 La vallée de Bluefish

Les cavernes de Bluefish et le site de Twin Lake appartiennent à la vallée de la rivière Bluefish qui s'écoule du sud vers le nord, de façon parallèle à la frontière avec l'Alaska. Le fond de la vallée est très large (4 à 5 km) car le contact avec les massifs environnants s'effectue par des pédiments (figure 2.1). Cette vallée était déjà creusée au Tertiaire. En effet, Matthews (1987) y décrit un site contenant des pollens du Tertiaire et Tamocai (1987) un paléosol de couleur rouge caractéristique de cette époque. La plaine alluviale présente un couvert d'épinettes blanches avec d'importantes concentrations d'aulnes et de peupliers baumiers. A Twin Lake, le site est exceptionnellement déboisé : la forêt y est remplacée par une prairie. Les crêtes au-dessus de 750 m d'altitude sont dépouillées d'arbres et caractérisées par un paysage de toundra, dominé par les *Dryas octopetala*. Les cavernes s'ouvrent sur des pitons rocheux cernés d'épinettes blanches.

2.2.2 La vallée des Ramparts de la rivière Porcupine

La vallée des *Ramparts* se situe entre la plaine de Bluefish et la frontière avec l'Alaska (photo 2.1). C'est un canyon de 200 à 400 m de large avec des versants très raides, érodés à la base par la rivière, quand celle-ci est en crue. L'encaissement de la rivière varie entre 82 m à Caribou Bar (en amont), et 145 m à Jackson Rock Fall, près de la frontière Canada-Alaska. Au-dessus des versants, il y a de vastes pédiments (figure 2.1). Au nord, ils sont en partie entaillés dans le batholite d'Old Crow et au sud, dans les formations sédimentaires qui constituent les monts Keele. Le substrat rocheux de la région se compose donc de roches précambriennes d'origine sédimentaire de type dolomite et calcaire ainsi que métamorphique de type quartzite et schiste (Norris, 1981). Les formations qui recouvrent aujourd'hui le Précambrien dans le secteur de la rivière Porcupine sont des dépôts meubles du Pléistocène récent, d'origine fluviale (Hughes, 1972).



Photo 2.1 Vue des *Ramparts* de la rivière Porcupine près de la frontière Yukon-Alaska.

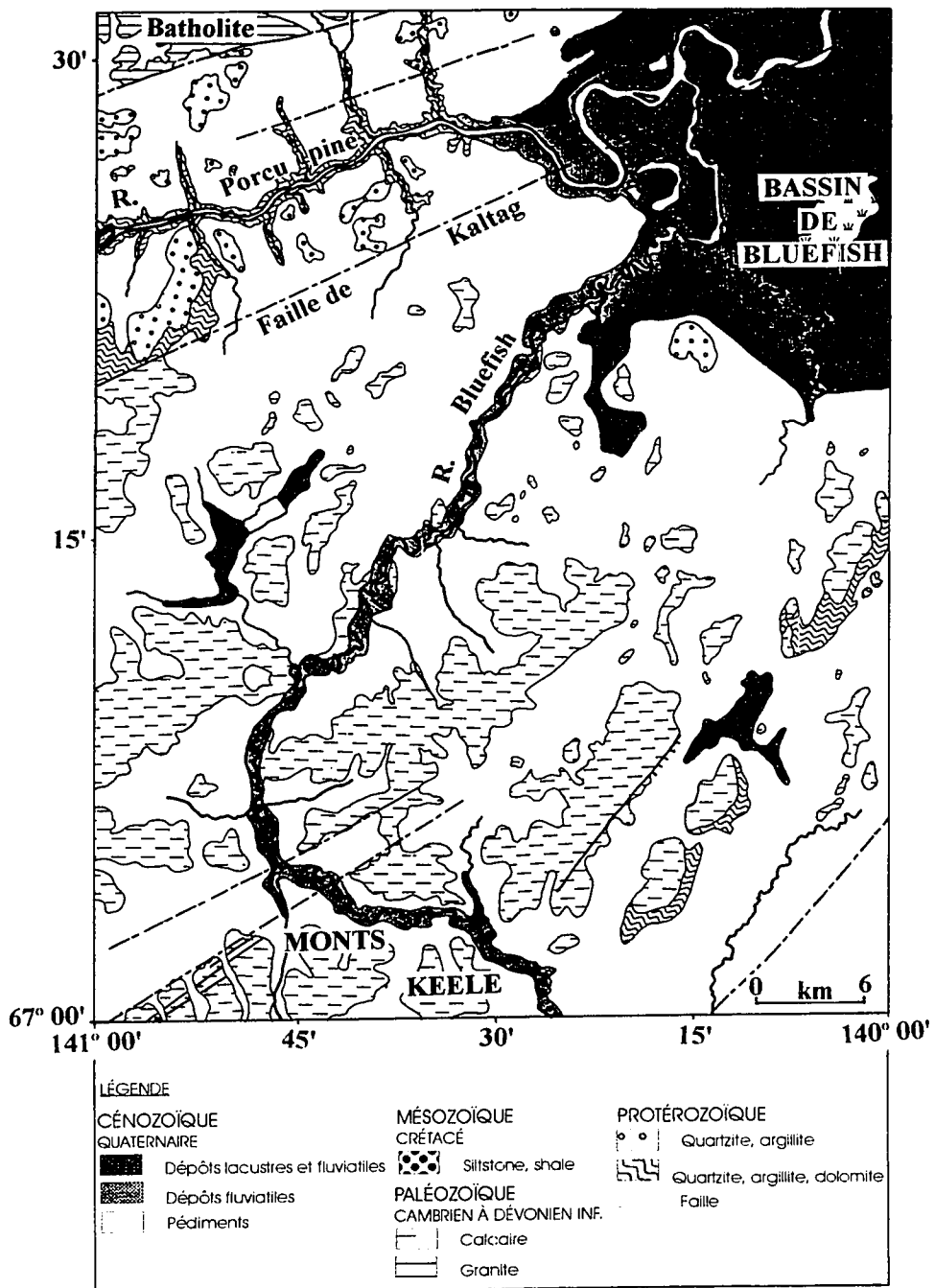


Figure 2.1 La carte géologique de la région du bassin de Bluefish (Modifiée de Norris, 1981 et de Hughes, 1972).

Les *Ramparts* sont jeunes. En effet, au Tertiaire et pendant la majeure partie du Pléistocène, les bassins d'Old Crow, de Bell et de Bluefish se drainaient vers l'est jusqu'au fleuve Mackenzie. Au Wisconsinien, les glaces laurentidiennes se sont avancées jusqu'aux monts Richardson. Elles ont bloqué les cours d'eau qui s'écoulaient vers l'est par le col McDougall (Hughes, 1972) et ont formé un ou plusieurs grands lacs qui ont ennoyé des basses terres à l'ouest (les plaines d'Old Crow, de Bell et de Bluefish). Les eaux de ce ou ces lacs se déversèrent vers l'ouest et formèrent les *Ramparts*. Des dates radiocarbone indiquent que la rivière Porcupine avait déjà atteint son niveau actuel vers 10-11 ka (Harrington, 1977).

La chronologie de ces événements de même que le nombre d'avancées des glaces laurentidiennes demeurent discutés. Depuis que Hughes (1972) a soutenu la thèse d'une seule avancée glaciaire au Pléistocène, entre 31 et 12 ka, la majorité des auteurs considèrent qu'il n'y a eu qu'un seul épisode glacio-lacustre. Cependant, Thorson et Dixon (1983), qui se sont basés sur des données recueillies en Alaska, ont montré qu'au moins un et peut-être deux épisodes de fortes inondations provenant des lacs glacio-lacustres au Yukon sont survenus avant 30.5 ka, dont au moins un avant 35 ka.

2.3 Le climat

Le bassin de la rivière Porcupine a un climat de type continental subarctique. La station météorologique qui couvre cette région est celle d'Old Crow (67°35'N, 139°50'O). Wahl et al., (1987) ont publié les données enregistrées à cette station. La température moyenne annuelle est d'environ -12°C (figure 2.3A). Les hivers sont longs (232 jours : mi-septembre à mai) et rigoureux, particulièrement dans le fond des vallées. Les étés sont courts (86 jours : juin à fin août) mais généralement ensoleillés. Le minimum annuel enregistré à Old Crow est de -59,4°C tandis que le maximum annuel est de 30,6°C. Les précipitations (figure 2.3A) totalisent annuellement 212 mm, dont près de la moitié (108,2 mm) tombe sous forme de pluie. On compte en tout 71 jours de précipitations par année. La région bénéficie d'une moyenne annuelle de 63 jours

sans gel malgré la présence d'un pergélisol continu.

Les vents sont relativement calmes (figure 2.3B). La vitesse éolienne moyenne maximale, en juillet, est de 12,4 km/h et la moyenne minimale, en janvier, est de 2,7 km/h. La moyenne annuelle est de 8 km/h. Les vents d'intensité importante ne sont pas communs. Les vents de vitesse extrême se retrouvent au printemps (29 km/h en mai) et en automne (30 km/h en septembre). Old Crow présente un pourcentage annuel de conditions calmes de 27%, qui se retrouvent majoritairement en hiver (52,6%). La station d'Old Crow enregistre principalement des vents provenant du nord-est (figure 2.2) pendant les mois de faible intensité éolienne (décembre-mai) et une activité bimodale pendant les mois de forte intensité (juin-novembre). Le tableau 2.1 résume les données obtenues à la station d'Old Crow de 1974 à 1976. Dans les Ramparts, on assiste à un effet canalisation des vents d'ouest causé par l'encaissement de la rivière Porcupine dans le socle rocheux (Wahl et al., 1987).

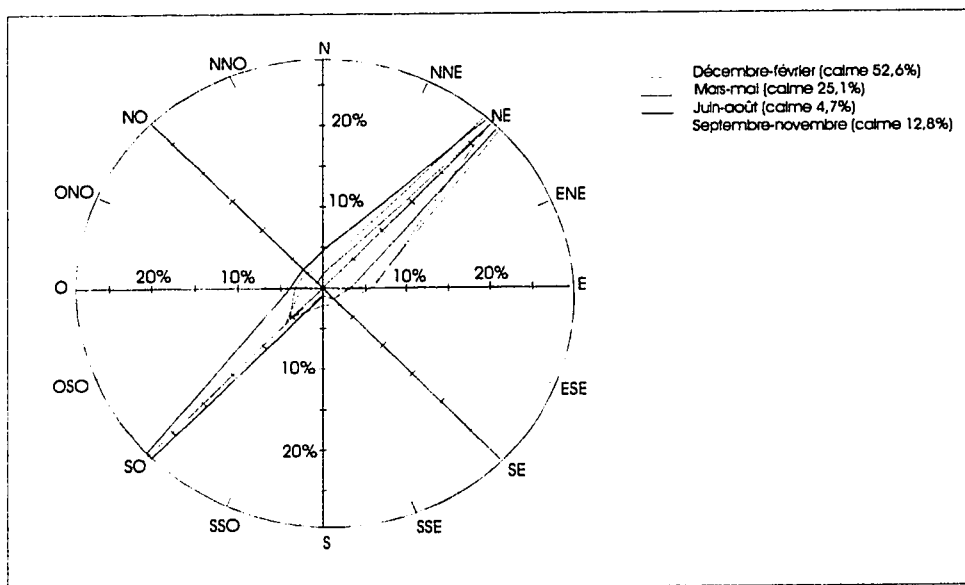
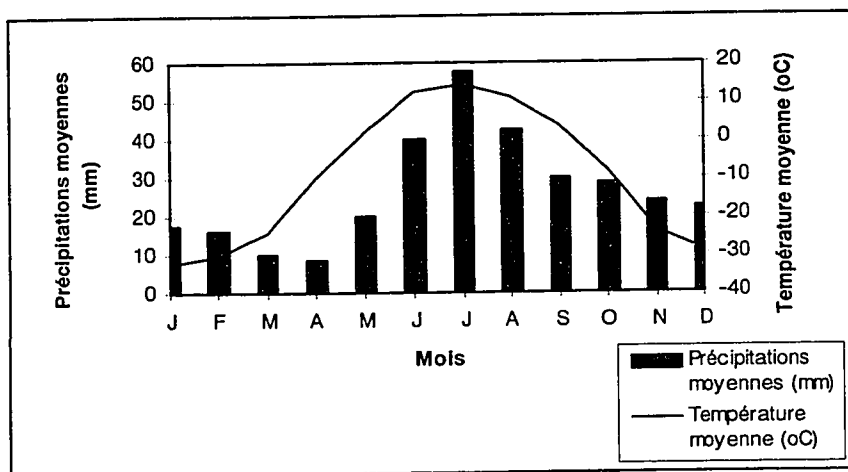


Figure 2.2 Répartition trimestrielle des vents selon la fréquence et l'origine, sans égard à la vitesse.

A.



B.

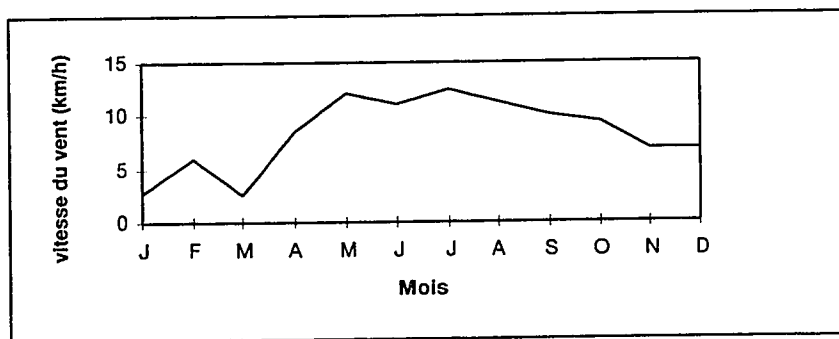


Figure 2.3 (A) Températures et précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Old Crow de 1951 à 1980; (B) vitesses éoliennes moyennes mensuelles de 1975 à 1976.

Tableau 2.1 Données sur les vents enregistrés par la station d'Old Crow pour la période 1974-1976

Mois	Fréquences de périodes de durée spécifique pour des conditions éoliennes définies												Vitesse moyenne (km/h)	Vitesse extrême (km/h)	Origine des vents dominants		
	Vitesse (km/h)	Nombre d'heures							Nombre de périodes	Vitesse max. (km/h)	Période la plus longue (heures)	Fréquence des conditions (%)					
		1 à 6	7 à 12	13 à 24	25 à 36	37 à 48	49 à 72	73 à 999									
Janvier	0-15 16-29 >29	7 12 3	2 5					5	14	17			289	93,5	2,7	17	NE
Février	0-15 16-29 >29	5 10 3	1 1 1	2 2 1	1 1 1	3 1		1	14	14		34	462	87	6	21	NE
Mars	0-15 16-29 >29	4 7 1		2 1	1			2	9	7		18	165	96	2,5	10	NE
Avril	0-15 16-29 >29	30 42 2	5 7	13 5	1	3	2	2	56	54		32	158	78,5	8,5	19	NE
Mai	0-15 16-29 >29	25 40 6	7 6 1	9 4	1	2	1	2	47	52			127	68	12,1	29	NE
Juin	0-15 16-29 >29	19 30 2	3 5	8 1	1	1	1	2	35	36		34	110	79	11	22	NE
Juillet	0-15 16-29 >29	27 36 4	10 12	7 3	3	1	1		49	51		32	51	66	12,4	20	NE
Août	0-15 16-29 >29	10 23 3	1 4 1	9 1	1	3	4		28	28			65	79	10	30	NE
Septembre	0-15 16-29 >29	26 29 2	1 7	6 1	2 1	1	1	2	39	38		39	239	78	9,4	22	NE
Octobre	0-15 16-29 >29	24 33 2	5 8	5 5	1	5	1	4	45	46		32	208	82	6,8	21	NE
Novembre	0-15 16-29 >29	31 51 15	6 8	9 6	1 1	2	4	9	62	66		31	274	84	6,8	25	NE
Décembre	0-15 16-29 >29								16			43	7	2	8	30	NE
Année																	

1 Période 1974-1975

Chapitre 3

MÉTHODOLOGIE ET MÉTHODES

3.1 Méthodologie

Afin de répondre à la problématique posée au chapitre 1, une comparaison entre les paramètres (figure 1.2) influençant la sédimentation éolienne doit être établie. Ces facteurs peuvent être définis par une série d'indicateurs dont la granulométrie, les teneurs géochimiques (CaCO_3 , matière organique, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , etc...), la susceptibilité magnétique, l'exoscopie des grains de quartz, l'orientation des dépôts éoliens, le taux de sédimentation, etc... ; eux même déterminés par analyses sédimentologiques et chronologiques. Ainsi nous pourrions déterminer les différentes épisodes d'intensité éolienne, identifier les sources potentielles, préciser si ces accumulations éoliennes reflètent des conditions locales ou régionales et, à partir de ces résultats, tenter de reconstruire les conditions climatiques et environnementales qui ont permis l'édification des dépôts éoliens dans le nord-ouest du Yukon, pendant le Pléistocène supérieur et l'Holocène.

3.2 L'échantillonnage

3.2.1 Les sites situés dans les Ramparts de la rivière Porcupine

L'échantillonnage de terrain est bien sûr la première étape. Les trois sites des *Ramparts*, soit «Caribou Bar», «Jackson Rock Fall» et la «Coupe 330» ont été échantillonnés à deux reprises ; une première fois en juillet 1995 puis une autre en juillet 1996. La prise d'échantillons est une manœuvre importante. Certains échantillons sont destinés aux analyses sédimentologiques, alors que d'autres serviront pour les analyses chronologiques. Dans le premier cas, les échantillons ont été recueillis dans des boîtes ou des sacs. Une coupe, avec paliers dans le cas de Jackson Rock Fall et de la Coupe 330, a été effectuée dans le dépôt éolien. Après avoir creusé un espace de dégagement d'environ 10 cm de chaque côté du site de prélèvement, des boîtes rectangulaires de 7,5 cm x 37,5 cm ont été insérées dans les sédiments éoliens, à partir de la base (boîte 1)

jusqu'au sommet de la coupe. Après l'avoir dégagée à l'aide d'une truelle, chaque boîte a été annotée : numéro d'identification, sens (bas, haut), site et date d'échantillonnage. Puis elle a été enveloppée d'une pellicule plastique transparente. D'autres échantillons de sol ont été prélevés à tous les 10 m, immédiatement sous la surface du sol, dans des sacs, selon un transect établi sur toute la longueur de la dune, pour étudier la sédimentation éolienne selon la distance.

Des morceaux de bois présents sur place ainsi que des échantillons de couches organiques ont été recueillis et placés dans des sacs pour les datations au ^{14}C . La position d'origine de ces échantillons sur le site a été notée. Des sédiments ont également été recueillis, à Jackson Rock Fall, soit dans des tubes de plastique opaque ou des tubes de cuivre pour des datations par photoluminescence (photo 3.1). Un tube de plastique opaque avec embouts est complètement enfoncé dans le dépôt éolien à l'endroit à dater (celui-ci doit se trouver au moins 20 cm au-dessus du dépôt fluvial pour éviter toute contamination). Ce tube est soigneusement refermé à l'aide de ruban noir adhésif pour qu'aucune lumière n'y pénètre et ne remette à zéro l'âge des grains (Lamothe, 1996). Deux petits tubes (boîtes de pellicule photographique ou en cuivre) que l'on nomme KUTa (pour la teneur en eau) et WC (pour la saturation en eau) sont placés près du tube de plastique.

3.2.2 Les sites de Bluefish et de Twin Lake

Le site des «grottes de Bluefish» a été échantillonné par J. Cinq-Mars de 1978 à 1981. Les échantillons utilisés dans cette étude ont été prélevés pendant des fouilles archéologiques, entre 1977 et 1985. Ils nous ont été remis dans de petits sacs en plastique. Chaque sac contenait environ 250 g de loess prélevé à intervalle de 5 cm dans chacune des trois cavernes de Bluefish. Leur contenu pollinique a été étudié il y a plusieurs années par Mes. Ritchie et Cwynar (Ritchie et al. 1982).



Photo 3.1 Emplacement des tubes pour la datation par luminescence optique au site de Jackson Rock Fall.

Le site de Twin Lake a été échantillonné par J. Cinq-Mars et B. Lauriol en juillet 1994. Ils ont procédé de la même façon que le long de la rivière Porcupine c'est-à-dire en utilisant des boîtes en plastique de 7,5 cm x 37,5 cm. Une partie du matériel a servi à une étude pollinique.

3.3 Relevé topographique et végétatif

Des informations concernant le milieu environnant des sites telles l'exposition des coupes, et la présence de pergélisol et de végétation aux sommets des coupes, ont été relevées pour les sites des *Ramparts*. L'exposition des coupes ainsi que l'orientation de plusieurs fentes de gel ont été saisies à l'aide d'une boussole. La végétation a été relevée selon un transect de 100 m² (10 m x 10 m).

3.4 Granulométrie

La granulométrie permet d'étudier l'origine des sédiments éoliens, la direction des vents qui les portent ainsi que les caractères granulométriques des différentes couches d'un profil vertical (Léger, 1992). Il existe plusieurs méthodes d'analyse granulométrique. Dans cette étude, la fraction inférieure à 63 µm¹ (les silts et les argiles) a été analysée par granulométrie au laser à cause du nombre important d'échantillons (150) et de la finesse de ceux-ci. En effet, les sites de Bluefish présentent une granulométrie fine ; environ 90%² des grains qui composent les échantillons ont une dimension inférieure à 63 µm. Ainsi, afin de faciliter leur comparaison granulométrique, tous les sites ont été analysés de la même manière. La fraction supérieure à 63 µm a été analysée par tamisage, qui est sans doute la technique granulométrique la plus répandue. Au préalable, la matière organique a été éliminée avec la perte au feu (voir la section 3.4.3).

¹ La barrière granulométrique pour l'analyse avec le granulomètre au laser a été placée à 63 µm, qui correspond à la coupure entre les silts et les sables, afin de ne pas avoir à séparer une classe en deux (celle des sables). En effet, la précision du granulomètre devient critique dépassée 100 µm.

² La fraction supérieure à 63 µm dépassant 10% dans certains échantillons des sites de Bluefish correspondent à des morceaux de calcaire tombés du plafond des grottes et qui se sont mélangés aux loess.

3.4.1 Tamisage

Les échantillons, de 10 g chacun, ont été tamisés à l'eau déionisée avec des tamis de 0 à 4 phi. Chacune des fractions retenues a été séchée au four à une température inférieure à 90°C. Une fois refroidies, elles ont été pesées. La distribution granulométrique de l'échantillon obtenue, les résultats sont reportés sous forme de courbes cumulatives. La distribution de celles-ci ne représente que la fraction granulométrique comprise entre 63 µm et 1 mm. Les résultats de la fraction inférieure à 63 µm ont été analysés séparément car l'incompatibilité des méthodes rend impossible l'assemblage des résultats. L'analyse de la fraction grossière permet l'étude d'un élément important de cette étude, soit la force des paléovents. Dans le cadre de cette étude, seule les caractères généraux doivent ressortir, c'est pourquoi des paramètres statistiques telles la taille médiane des grains et l'écart-type de Folk et Ward (1957) seront utilisés. Les formules sont :

$$Md = \phi_{50}$$

$$\sigma\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6};$$

L'écart-type caractérise le type de classement, c'est-à-dire la dispersion granulométrique des grains et pour chaque valeur obtenue, Folk et Ward (1957) ont associé un terme de classement (tableau 3.1). La taille médiane des grains a été par la suite convertie en mm avec la formule suivante : $\phi = -\log_2 d$, où d est la taille en millimètres des grains ; ceci pour faciliter la comparaison avec la granulométrie fine, qui elle est en millimètres.

Tableau 3.1 Les termes de classement de Folk et Ward (1957)

Termes de classement	Classes
Très bien classé	0,35 et moins
Bien classé	0,35 à 0,5
Modérément bien classé	0,5 à 0,71
Modérément classé	0,71 à 1,00
Pauvrement classé	1,00 à 2,00
Très pauvrement classé	2,00 à 4,00
Non classé	> 4,00

3.4.2 Granulométrie au laser

La fraction fine a été analysée par granulométrie au laser. Cette technique permet d'avoir un profil granulométrique plus précis (jusqu'à 1 μm) que ce qu'offrent les méthodes plus couramment utilisées telles les tubes de décantation ou la Pipette d'Andreasen. De plus, elle a l'avantage d'être rapide. Pour faciliter le décompte des grains par le laser, l'échantillon a dû être défloculer. Pour ce faire, la fraction inférieure à 63 μm a été mise dans une solution de pyrophosphate de sodium (50 g/L) pour une nuit. Une fois la défloculation établie, on a prélevé une quantité de l'échantillon égale à environ 10 gouttes avec un compte-gouttes et on l'a introduite dans un granulomètre au laser où l'analyse de l'échantillon a été effectuée.

La prise des données a été faite à l'aide d'un granulomètre au laser HR 850 Cilas - Alcatel. Deux intervalles de dimension des particules ont été choisis, soit de 1 μm à 200 μm et de 0,1 μm à 60 μm . La deuxième plage est suffisante pour l'analyse des sédiments car un tamisage préalable à 63 μm a été réalisé; mais pour s'assurer que la défloculation est totale, un comptage avec le premier intervalle demeure important. De plus, ceci permet de déterminer une marge d'erreur dans le cas des échantillons où la défloculation n'est pas entière. La première plage (1 à 200 μm) est couramment utilisée avec cette technique car elle offre un intervalle de dimension très large qui intègre la majorité des échantillons habituellement analysés; cependant, la précision du granulomètre est meilleure lorsque l'intervalle de grandeur recherchée est restreint et que les sédiments sont fins. C'est pourquoi un tamisage à 63 μm a préalablement été effectué et que la deuxième plage (0,1 μm à 60 μm) est utilisée. Les résultats apparaissent par une sortie d'imprimante, sous forme de tableaux et de graphiques (courbe cumulative et histogramme). La médiane ainsi que les pourcentages cumulatifs 80% et 90% sont donnés. Comme paramètre statistique, seule la taille médiane des grains a été utilisée car la déviation standard de Folk et Ward (1957) indiquait un classement pauvre pour tous les échantillons de tous les sites à cause de l'homogénéité de la fraction fine.

3.4.3 Estimation de l'intensité des paléovents

L'intensité des paléovents ne peut être étudiée qu'à travers leurs effets sur les environnements. L'estimation de l'intensité éolienne a été déterminée de deux façons. Une première analyse a été appliquée à tous les sites de la rivière Porcupine; il s'agit de comparer la fraction grossière supérieure à 500 μm , obtenue par tamisage³, des échantillons d'un même profil vertical pour voir si des fluctuations existent dans la taille des grains. Des changements dans l'intensité du vent au Pléistocène supérieur (entre 11 ka et 10,7 ka) ont été remarqués par une augmentation dans la grosseur des grains dans des dépôts éoliens le long de la Rivière Nenana au centre de l'Alaska (Bigelow et al., 1990). Il était intéressant de vérifier si de tels changements se retrouvent également dans les coupes de la rivière Porcupine.

Une deuxième analyse a été appliquée seulement à Caribou Bar, car elle demande beaucoup de temps et de patience. Il s'agit de l'analyse de la dimension des grains de quartz. Selon Molina-Cruz (1977), la taille maximale des grains de sable est fonction de la vitesse du vent. Dans notre étude, il ne s'agit pas de déterminer la vitesse exacte du vent, mais plutôt de se servir des fluctuations granulométriques rencontrées comme indice des changements survenus dans l'intensité éolienne à travers le temps.

La méthode que nous avons développée consiste à isoler les grains de quartz entre 0,5 et 1,5 phi de l'échantillon initial (1 g) par tamisage à l'eau, à les nettoyer avec du HCl 20% puis du H₂O₂ 30%, et à l'aide d'une loupe binoculaire, à les compter par classes : 1,5 à 1 phi, 1 à 0,5 phi, <0,5 phi. Les échantillons ont été pris à tous les centimètres quand cela était possible. Nous avons pris les grains de quartz plutôt que les schistes car les grains de quartz sont presque inaltérables. Leur taille n'a sûrement pas diminué depuis leur sédimentation, ce qui n'a pas été le cas des schistes, qui se brisent très facilement. De plus les schistes ont des

³ Le pourcentage de la fraction supérieure à 500 μm a été calculé par rapport à la granulométrie grossière et non pas selon la granulométrie totale.

propriétés aérodynamiques différentes des grains de quartz qui sont plus ou moins arrondis. Les formules du transport des grains s'appliquent surtout aux grains de quartz.

3.5 Les analyses géochimiques

De manière à mieux comprendre la nature du matériel des sédiments éoliens, quatre analyses géochimiques ont été réalisées, soit des analyses rayons X (XRF), une calcimétrie chittick, une perte au feu et une susceptibilité magnétique.

3.5.1 Analyse aux rayons X par fluorescence (XRF)

Il existe deux méthodes d'analyse aux rayons X. L'une, appelée «analyse aux rayons X par diffraction» (XRD), fournit un diagramme où les pics correspondent à un type de minéral, par exemple la calcite. On obtient par cette méthode un spectre des principaux minéraux présents dans l'échantillon. La deuxième méthode utilisée se nomme XRF. Elle fournit des pourcentages et des ppm des différents éléments (une vingtaine) contenus dans le sédiment. C'est cette méthode que nous avons utilisée dans cette thèse. Elle permet de déterminer si les apports éoliens sont autochtones ou proviennent d'une origine plus lointaine (Coudé-Gaussen et Rognon, 1983). On a fourni 10 g de sédiment au laboratoire de physique de l'université d'Ottawa et le technicien s'est chargé des analyses.

La méthode XRF est excellente pour connaître les pourcentages de silice, de fer et d'aluminium, mais pose un problème pour la calcite. La formule de celle-ci est CaCO_3 . Comme la technique de préparation consiste à brûler à très haute température les échantillons et à analyser les gaz, il s'ensuit que le CaCO_3 est décomposé en CaO et CO_2 . Ce CO_2 se mélange à celui des plantes et éventuellement à celui des coquilles de mollusques. Ainsi, on ne peut pas connaître dans le cas de nos échantillons la proportion exacte de calcite. Pour palier à ce problème il existe plusieurs alternatives. Celle retenue a été de faire des analyses chittick.

3.5.2 Analyse chittick

Le taux de carbonates a été déterminé par l'analyse chittick. Puisque la calcite se distingue difficilement de la dolomie (Locat, 1986), seule la quantité totale de carbonates en pourcentage est considérée. Cette technique consiste à la mesure du volume de CO_2 qui, par déplacement de liquide, se dégage des carbonates après immersion de 1g d'échantillon dans 20 ml d'acide chlorhydrique (20%). Une mesure corrigée, pour tenir compte de la pression atmosphérique et de la température ambiante, est prise après la réaction (Dreimanis, 1962). L'appareil utilisé à cet effet est un calcimètre. Le pourcentage de carbonates se calcule en multipliant le volume corrigé du CO_2 par (100.09/44.01). La faiblesse de la méthode est de mesurer aussi bien les particules de calcaire que des fragments de coquillages si ceux-ci sont présents.

3.5.3 Perte au feu

Cette méthode implique l'élimination de la matière organique par combustion des échantillons dans un four à température élevée. La matière organique est déterminée par le calcul du poids total en matière organique «perte-au-feu». Un problème majeur dans l'utilisation d'une température de combustion de 550 °C est que certaines argiles, comme l'illite, commencent à perdre leur eau hydrogénée à 200 °C et d'autres telle la pyrite (FeS_2) à se décomposer en oxyde ferrique (Fe_2O_3) à 375 °C. De plus, d'autres minéraux comme le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) peuvent commencer à s'altérer en anhydrite (CaSO_4) à 105°C. Ainsi, un pourcentage significatif du poids de certaines phases minérales peut être perdu sous forme gazeuse : SO_2 (pyrite), CO_2 (calcite) ou eau (argiles) ; ces pertes sont incorporées dans le total du poids de la perte-au-feu de l'échantillon (Andrejka et al., 1983). D'après les tests effectués par ces auteurs, les résultats obtenus avec une combustion de 550°C sont satisfaisants. Cependant, il faut garder à l'esprit que la définition de cendre dépend directement de l'information recherchée. La cendre telle que définie par Andrejka et al. est le résidu inorganique qui reste de l'échantillon après l'ignition du matériel combustible par perte-au-feu.

Tout d'abord, 1g d'échantillon sec est légèrement broyé. Son poids est ensuite relevé avant de le mettre au four. L'échantillon demeure au four à 550°C pendant 3 heures. Puis il est pesé une seconde fois, la matière organique étant détruite. La différence de poids de l'échantillon correspond à la perte-au-feu.

Le pourcentage de matière organique = (différence de poids / poids du sédiment) x 100.

3.5.4 Susceptibilité magnétique

Les analyses précédentes (XRF, chittick et perte au feu) donnent une bonne connaissance de la nature du matériel analysé. Il est cependant possible d'aller un peu plus loin en faisant la susceptibilité magnétique. La susceptibilité magnétique est principalement la mesure du magnétisme du matériau étudié, chaque minéral ayant un magnétisme qui lui est propre. Ceux qui sont les plus magnétiques, parmi les minéraux les plus communs, sont évidemment ceux qui contiennent du fer (magnétite, hématite, biotite, pyrite, etc...). La susceptibilité magnétique va donc permettre de mettre en évidence les zones où celui-ci est abondant. Elle sert de marqueur environnemental pour les paléosols; ceux-ci concentrent le fer sous forme précipité, suite aux incendies. En effet quand la sédimentation éolienne se ralentit, les sols deviennent plus épais et la litière végétale plus sensible aux incendies.

La prise des données a été effectuée à l'aide d'un appareil BARTINGTON MS2. Celui-ci crée un faible champ magnétique à partir d'un courant d'induction et détecte le magnétisme du matériel analysé. La susceptibilité est calculée et montrée sur un écran à affichage numérique. La susceptibilité magnétique de l'air est utilisée pour la remise à zéro du capteur.

Préparation des échantillons

Le capteur MS2B requiert l'utilisation de bouteilles de 10 cm³. Le matériel à analyser, peu importe sa nature, doit être confiné à cette dimension. Un séchage à l'air libre pendant quelques jours est conseillé pour éliminer la masse supplémentaire attribuable à l'eau.

Étalonnage

Avant d'effectuer toute mesure, l'appareil doit être étalonné. On peut utiliser au choix les systèmes SI et CGS. On peut prendre les mêmes mesures dans chacun des deux. Dans le cas présent, on a utilisé le système CGS car l'échantillon d'étalonnage fourni par le constructeur est exprimé en unités CGS. La conversion numérique du système SI en CGS se fait selon la formule $X_{CGS} = X_{SI} / 4\pi$. L'étalonnage peut débuter lorsque l'appareil s'est réchauffé pendant quelques minutes :

- 1) Insérer une bouteille d'air ;
- 2) Appuyer sur la touche Z qui confirmera à l'appareil qu'il doit considérer cette valeur comme témoin;
- 3) Retirer la bouteille du capteur et y introduire l'échantillon d'étalonnage fourni par la compagnie (103×10^{-6} CGS) ;
- 4) Appuyer la touche M qui mesure la susceptibilité magnétique de l'échantillon. L'écran affiche 103 lorsque placé en mode CGS. Si ce n'est pas le cas, répéter la mise à zéro avec de l'air puis encore la mesure d'étalonnage, et ce jusqu'à ce que la valeur précise soit obtenue. Une fois que l'appareil est bien calibré, il est possible de procéder à la mesure des échantillons.

Prise des mesures

Pour accélérer les analyses, celles-ci sont prises en mode ponctuel plutôt que continu. Le mode continu est plus courant dans le cas d'analyse de sol avec un capteur spécifique, mais en ce qui concerne les bouteilles, les résultats sont les mêmes.

- 1) Remplir, sans tassement, chaque bouteille, complètement (la quantité de matière de chaque échantillon doit être égale) ;
- 2) Peser les bouteilles d'abord sans l'échantillon, puis avec, afin de déterminer la masse de l'échantillon;
- 3) Insérer la bouteille dans le capteur en s'assurant que ses parois ne touchent pas celles du capteur car un mauvais centrage et le champ magnétique irrégulier qui en découle fausseraient la mesure.

Les mesures sont prises en mode de basse fréquence plutôt que haute fréquence afin d'obtenir une sensibilité accrue aux faibles variations de magnétisme.

Corrections

Selon la nature et la texture du matériel mesuré, la concentration d'air de l'échantillon peut varier. Il faut alors évaluer leur densité pour corriger les mesures. Dans ce cas, on préfère la correction par la masse plutôt que la correction par le volume. On ne doit l'appliquer qu'à du matériau sec. Il s'agit de multiplier la mesure obtenue par la masse de l'échantillon d'étalonnage et de diviser le tout par la masse de l'échantillon mesuré : $X = (\text{valeur mesurée} \times \text{masse de l'échantillon d'étalonnage}) / \text{masse de l'échantillon}$.

3.6 Les datations absolues

Il est essentiel d'avoir un bon contrôle chronologique pour interpréter la sédimentation éolienne. La meilleure méthode est probablement la photoluminescence . Cette méthode permet de dater des grains très fins de feldspath et de quartz, que l'on retrouve en grande quantité dans les sédiments éoliens. La méthode s'appuie sur le principe que la luminescence latente postdépositionnelle des grains, hérités de l'érosion et du transport sédimentaire, croît avec le temps (Lamothe, 1996). Les sédiments, étant transportés par le vent et déposés à la surface du sol, sont soumis à la lumière et se trouvent ainsi vidés de leur charge en électron. Leur mise à zéro étant presque parfaite et leur enfouissement dans un sol gelé va permettre une nouvelle accumulation d'électrons. Cette dose peut être mesurée, avec beaucoup de précision, et fournit un âge. Malheureusement la technique utilisée est longue (plusieurs mois d'analyses). Produire plusieurs datations avec cette méthode

aurait limité la thèse à cet aspect. Néanmoins on a jugé bon de faire une datation à la base de la coupe de Jackson Rock Fall (annexe 1) où la matière organique était à peu près absente. Nous avons fait les analyses au laboratoire LUX de l'UQAM, au département des Sciences de la Terre sous la direction de Michel Lamothe. Cette date s'est ajoutée à deux autres faites antérieurement, par thermoluminescence, dans le cadre de l'étude des vidanges du lac glaciaire Old Crow. De nombreux résultats positifs ont déjà été publiés pour des sédiments dont la remise à zéro ne fait aucun doute, tels les sédiments éoliens (Wintle, 1993). Les principes modernes de la luminescence optique ont été développés depuis 1979 (Wintle et Huntley, 1979). Dès lors, plusieurs chercheurs tentent de raffiner cette technique.

L'essentiel du matériel a été daté par la méthode du radiocarbone. Deux méthodes ont été utilisées. La méthode conventionnelle, par scintillation, consiste à mesurer, après préparation au benzène, les désintégrations bêta pendant 24 h. Deux résultats ont été fournis par l'ancien laboratoire radiocarbone du GEOTOP à l'UQAM, les autres, une dizaine, par Bêta Analytic de la Floride. La deuxième méthode est celle du comptage direct des atomes ^{14}C au moyen d'un accélérateur de particules. Cette méthode a l'avantage de n'utiliser que de petites quantités de matière végétale. En effet alors qu'il faut 20 à 30 g de matière végétale pour la méthode conventionnelle, il n'en faut que 1 g pour l'accélérateur de particules. Les analyses ont été faites par Isotracer, à Toronto. Le matériel a été extrait au département de géographie et la combustion pour obtenir le gaz carbonique à analyser a été faite au département de géologie de l'Université d'Ottawa, après nettoyage au HCl (5%) et KOH (1%). Les résultats présentés dans la thèse sont ceux fournis par les laboratoires. Nous n'avons pas fait de corrections.

3.7 Les mollusques

La présence de mollusques n'est que partiellement visible à l'oeil nu dans les dépôts éoliens. Leur présence est rendue possible par la nature carbonatée de la roche-mère. Le comptage et une identification sommaire dans la coupe de Jackson Rock Fall ont été faites par A.S. Desaulniers (1997) dans le cadre d'un mémoire de baccalauréat. Les deux autres coupes (Coupe 330 et Caribou Bar) ont été analysées par B. Lauriol et W. Grim, un ancien technicien malacologue du Musée canadien de la nature et actuellement le meilleur taxonomiste canadien en la matière.

La méthode d'extraction des mollusques a été identique dans les trois coupes : à partir des boîtes d'échantillonnage de terrain on a prélevé 25 ml de sédiments à chaque 5 cm. Ensuite le matériel a été lavé sur un tamis en nylon et le résidu observé au binoculaire. Les mollusques apparaissant, ainsi que quelques vestiges d'insectes, ont été prélevés au moyen d'une aiguille humidifiée et déposés dans des capsules bien identifiées.

3.8 L'exoscopie des grains de quartz

Au cours de leur histoire sédimentaire, les grains de sable évoluent successivement dans des environnements très divers, ce qui laisse à la surface des quartz des traces caractéristiques de chaque milieu. Dans le cas des actions éoliennes, les traces de chocs, même de petite taille, sont bien marquées et surtout, présentent toujours des bordures extrêmement franches. Les traces les plus anciennes sont recoupées par les plus récentes et aucune ne montre de gradient de polissage. L'exoscopie consiste à examiner ces traces au microscope électronique à balayage (SEM), ce qui permet de retracer les principales phases de l'histoire sédimentaire des grains et ainsi de donner des indications précieuses sur les mécanismes de remaniement et de mélange des matériaux (Legigan et Le Ribault, 1987). Cette méthode d'analyse a été mise au point entre 1969 et 1972 au Laboratoire de Sédimentologie de l'Université de Paris-Sud. L'utilisation du SEM permet l'étude de la morphologie de détail des grains de quartz ou de n'importe quelle autre minéralogie. On a préféré

étudier les grains de quartz plutôt que les schistes car ce sont presque exclusivement eux qui ont été étudiés dans la littérature, car ils gardent une bonne mémoire des événements.

L'appareil utilisé est celui du laboratoire Géoscientifique d'Ottawa-Carleton. Il détecte les électrons secondaires émis par le grain, qui fournissent, de la surface de l'échantillon, une image électrique caractérisée par une profondeur de champ élevée. Le pouvoir séparateur est de l'ordre de 10 nm. Bien que le grossissement maximum théorique soit de 140 000, on dépasse rarement 50 000 pour les échantillons de sol (Courty et al., 1987). La préparation des échantillons est simple. Il s'agit d'isoler des grains de quartz de grosseur semblable (375-500 μm), de les nettoyer dans une solution de HCl 20% et lorsqu'ils sont secs, de les déposer sur un ruban de carbone adhésif collé lui-même sur une plaque de verre (2.7 cm x 4.6 cm). Il est important de marquer, à l'aide d'un feutre, un point de repère sur le verre afin de savoir dans quel ordre se présentent les grains une fois que la plaque de verre est remplie. Un schéma représentant la disposition des grains ainsi que leur identification doit être faite sur une feuille. Une fois la lame montée, une métallisation sous vide à l'or-palladium est appliquée afin de rendre l'échantillon conducteur. L'échantillon est alors prêt pour l'observation au microscope à balayage électronique.

Chapitre IV

JACKSON ROCK FALL

4.1 Introduction

Les chapitres 4 à 8 visent à mettre en relief les résultats apportés par les différentes procédures analytiques effectuées. On présente ici les résultats des analyses sédimentologiques et chronologiques des différents dépôts éoliens à l'étude afin d'observer les caractères spatiaux et temporels des accumulations éoliennes. Il s'agit des sites Caribou Bar, la Coupe 330 et Jackson Rock Fall, situés le long de la rivière Porcupine (figure 4.1) et des sites Bluefish et Twin Lake de la vallée de Bluefish (figure 1.1).

4.2 Le site de Jackson Rock Fall

La vallée de la rivière Porcupine est une région favorisée pour l'étude des dépôts éoliens. Ceux-ci sont visibles le long des *Ramparts*, au sommet de falaises de schiste exposées aux vents d'ouest. Ce sont des témoins privilégiés de l'évolution climatologique régionale pendant le Pléistocène supérieur et l'Holocène. Les sites de Jackson Rock Fall, la Coupe 330 et Caribou Bar ont été choisis car leurs dépôts éoliens reposent sur des terrasses fluviales de différentes époques et élévations (figure 4.2). De plus, l'épaisseur de l'accumulation éolienne varie d'un site à l'autre. En procédant à l'échantillonnage, on a pu constater que le processus d'accumulation est encore actif. La végétation est presque ou totalement absente des versants exposés aux vents d'ouest. Les sédiments proviennent du dépôt éolien, et profitent d'une remontée du vent le long de la falaise pour être redéposés plus haut. Des modèles de remontée éolienne sur les versants exposés aux vents ont été proposés par Bowen et Lindley (1977) et Marsh et Marsh (1987). Ils précisent que l'intensité du vent augmente considérablement autour du sommet. En s'éloignant de la crête sommitale, le vent voit sa puissance diminuer le long d'une zone de décélération. La présence d'un couvert arborescent sur le sommet contribue à la formation d'une zone plus calme, à l'abri du vent.

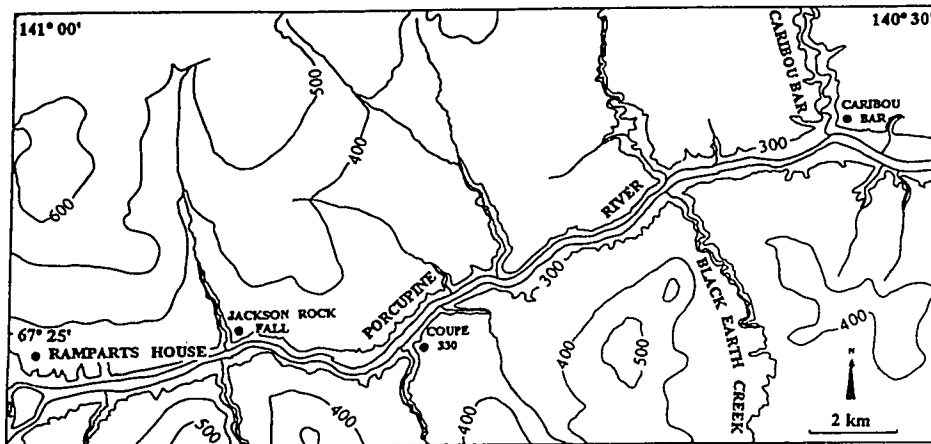


Figure 4.1 Localisation de Jackson Rock Fall et des autres sites dans les Ramparts de la rivière Porcupine.

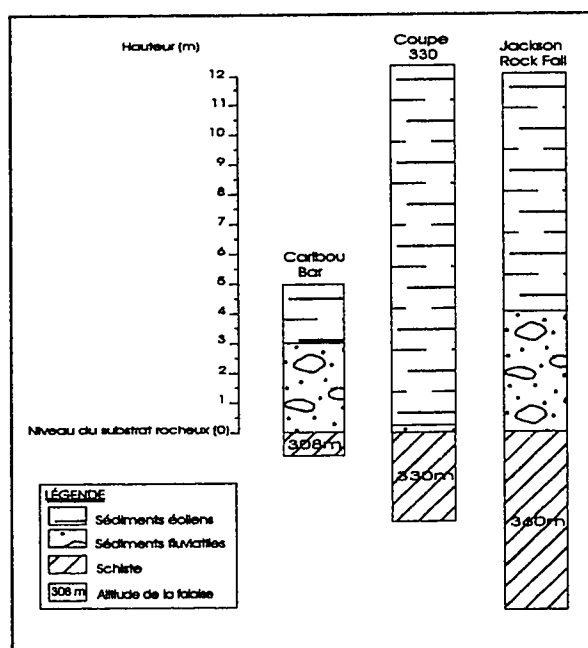


Figure 4.2 Stratigraphie générale de Jackson Rock Fall et des autres sites de la Rivière Porcupine.

Le site de Jackson Rock Fall (67° 25' 35" N, 140° 52' 1" O) se situe sur la rive nord de la rivière Porcupine, à environ 5 km de la frontière Canada-Alaska (figure 4.1). Le dépôt éolien de 8,5 m repose en discordance sur une terrasse fluviale vieille de 70 ka (Laboratoire LUX de l'UQAM), elle-même juchée sur une falaise de schiste qui culmine à 360 m d'altitude (photo 4.1). L'accumulation fluviale mesure 4 m d'épaisseur (figure 4.2). L'exposition de l'accumulation éolienne est sud-ouest.

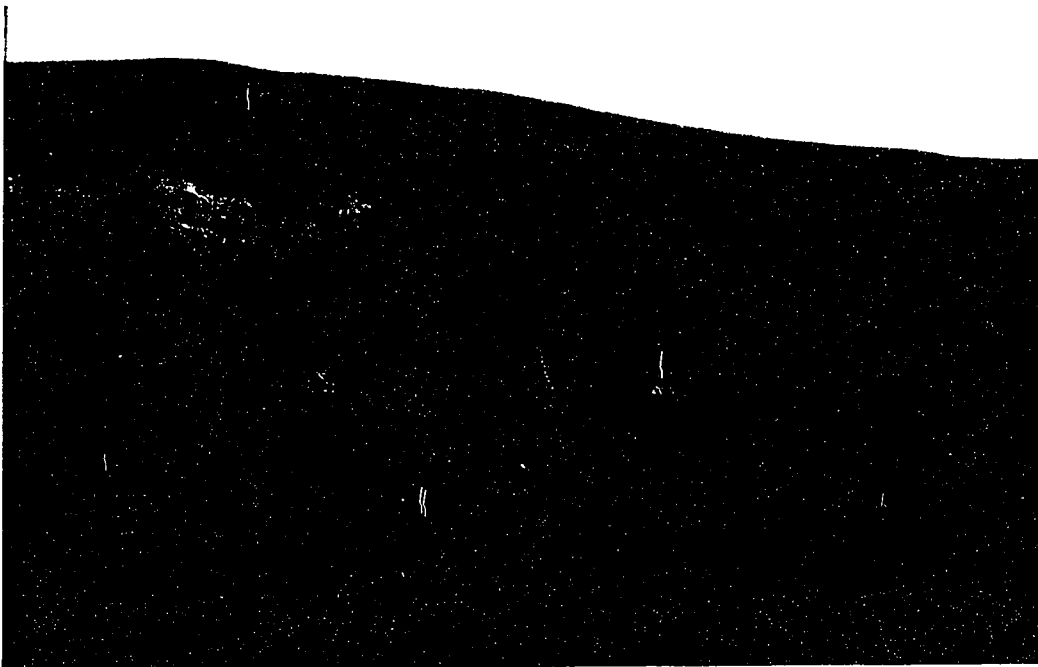


Photo 4.1 Le site de Jackson Rock Fall.

Une lame mince faite dans la roche-mère schisteuse a permis de se faire une idée de la taille des sédiments que celle-ci peut délivrer. Le schiste, en effet, est formé de grains dont la grosseur varie de 2,5 à 70 μm . En principe la granulométrie du dépôt éolien devrait donner des sédiments dont la dimension se situe dans cet intervalle. Cependant les grains peuvent se briser ou bien encore ne pas être individualisés ce qui va se traduire par des granulométries qui vont s'étendre en deçà et au-delà de 2,5 et 70 μm . La nature des grains qui composent la roche-mère a été déterminée par une analyse XRF. Le tableau 4.2 (voir sect. 4.6) indique les résultats. On note que la silice (SiO_2) ne forme que 5,77% du matériel rocheux, alors que l'oxyde de calcium (CaO) en représente 49%. Si on considère que la perte au feu (P.a.f), qui est de 42% est le CO_2 du CaCO_3 décomposé, la calcite constitue 90 % du schiste. Le dépôt éolien issu en grande partie de grains de schiste doit donc être très carbonaté.

Au-dessus du schiste, on observe le dépôt fluvial mis en place lors de la décharge du lac Old Crow. Dans ce dépôt, un morceau d'épinière a été daté à plus de 42 ka B.P. (GSC-5886) et une date TL a fourni un âge minimum de 70 ka B.P. Par ailleurs, Ross (1997) a fait un comptage pétrographique sur des gravillons. Le résultat (figure 4.3) montre que 93% du matériel est constitué de quartzite, grès, siltstone et argilite, 3% de granite, 3% de quartz et 1% de mafique. Le schiste est absent. On explique ce phénomène par sa nature carbonatée qui se dissout dans l'eau. Le phénomène est activé par la faible dureté du schiste, et la variabilité de la grosseur des grains. Cette interprétation est confirmée par l'observation suivante: les galets de schiste sont presque totalement absents dans le lit actuel de la rivière Porcupine, sauf aux embouchures des ravins qui entaillent les parois de schiste.

Le dépôt éolien mesure 8 m d'épaisseur (figure 4.4). Il n'a pas été échantillonné sur toute sa hauteur (photo 4.2) car la présence du pergélisol, à moins d'un mètre de la surface, à certains niveaux, en a fait un site difficile à prélever. D'ailleurs plusieurs fentes de gel sont présentes au sommet de l'accumulation éolienne. L'importance du dépôt éolien de même que l'âge ancien de la terrasse fluviale (70 ka) sur lequel il repose furent les principales raisons du choix de ce site. Son contact avec les sédiments fluviaux est d'ailleurs très brutal. Il n'existe pas de zone de transition visible à l'oeil. L'accumulation éolienne se compose du schiste provenant du substrat rocheux ainsi que des sédiments fluviaux. La présence de carbonates dans les schistes a permis la croissance de mollusques terrestres. Le dépôt lui-même paraît assez homogène, si ce n'est que l'on observe deux bandes brunes qui contrastent avec la couleur noire des sédiments schisteux. Leur épaisseur n'est que de quelques centimètres. L'une se trouve à 790 cm, c'est à dire très près de la surface, et l'autre inclinée a été vue entre 230 cm et 360 cm. Elle longe la pente naturelle du dépôt.

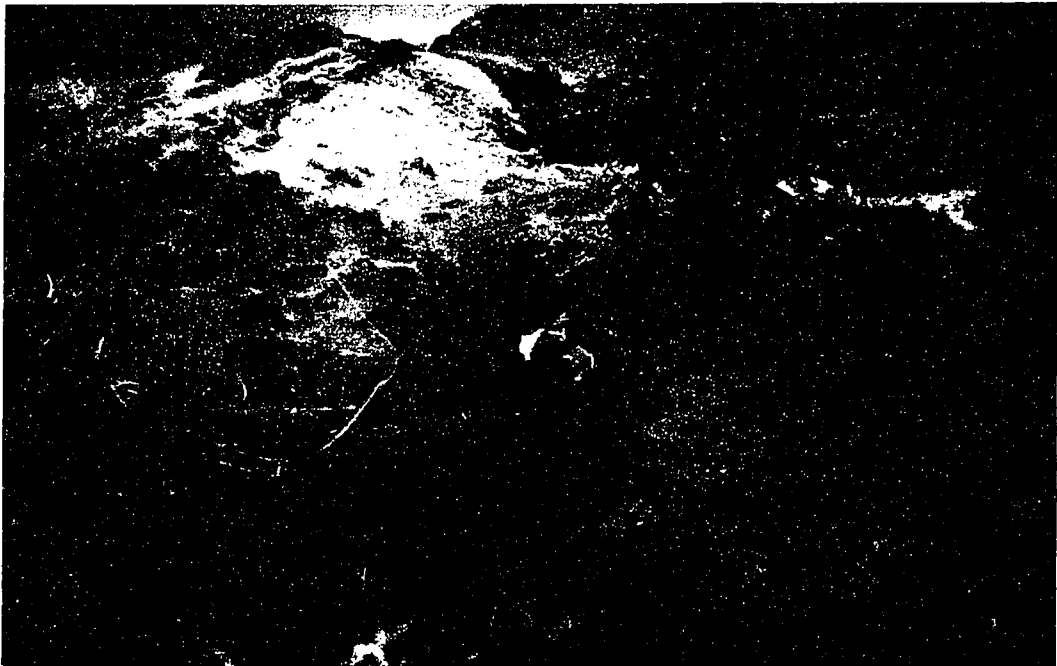


Photo 4.2 Le dépôt éolien de Jackson Rock Fall

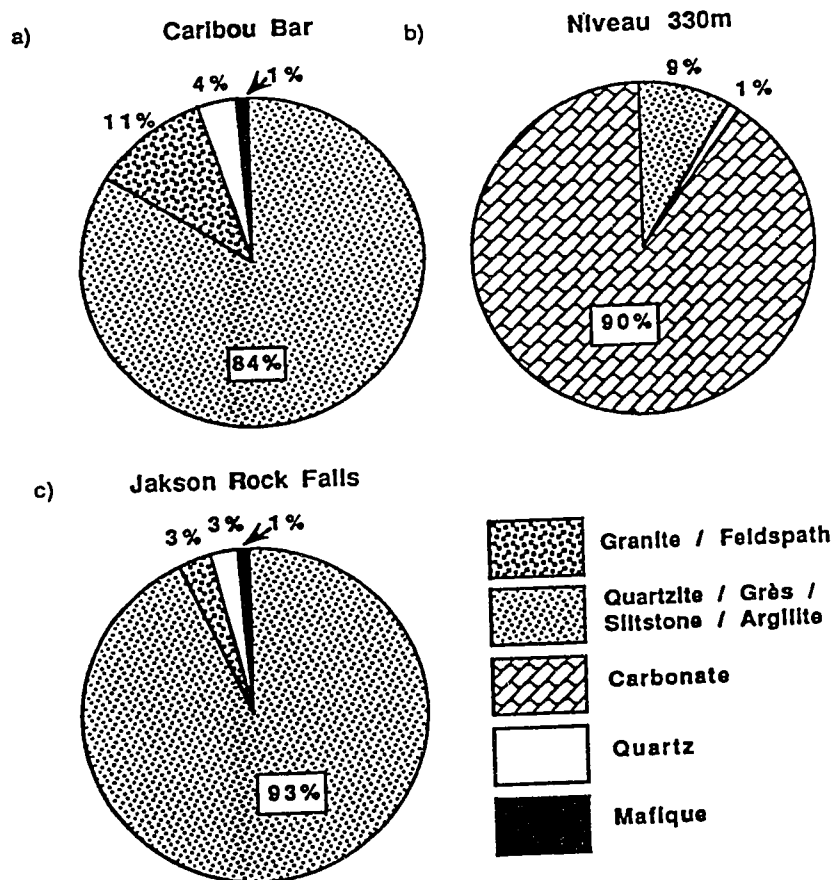


Figure 4.3 Les comptages pétrographiques effectués sur les paléoterrasses de la rivière Porcupine. a) Caribou Bar ; b) Coupe 330 ; c) Jackson Rock Fall. (Tiré de la thèse de M. Ross, 1997).

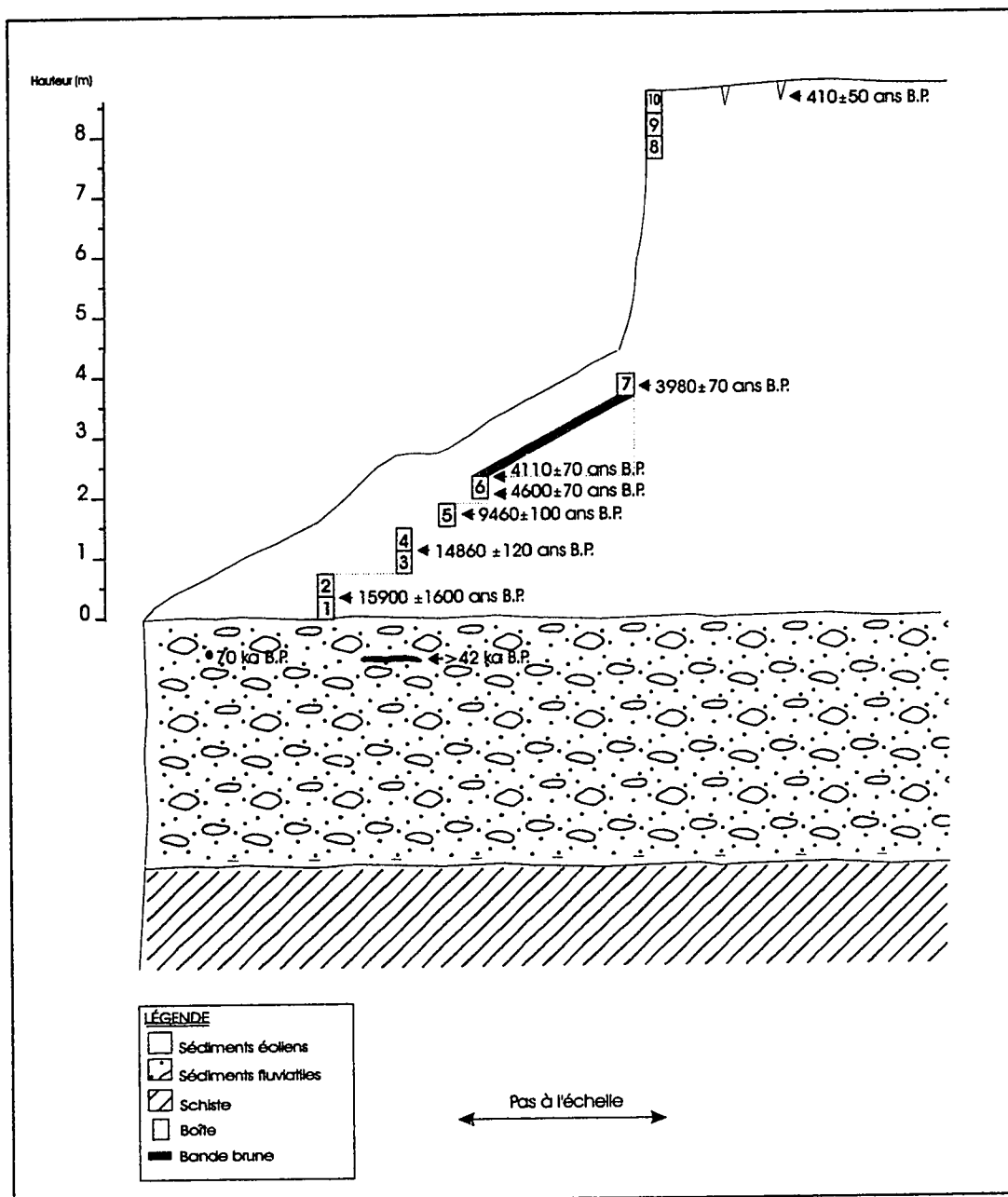


Figure 4.4 Stratigraphie du dépôt éolien de Jackson Rock Fall

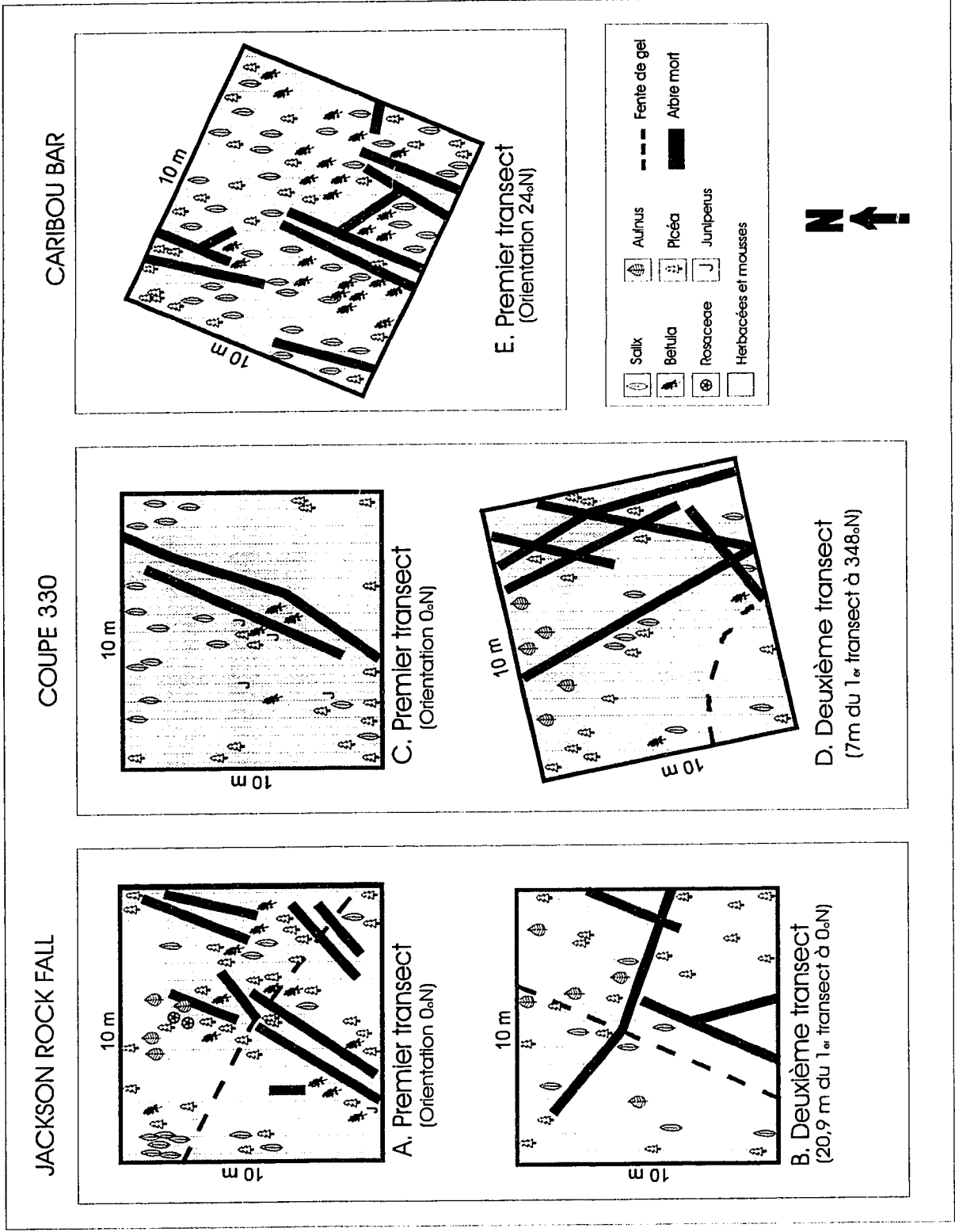


Figure 4.5 Végétation au sommet des coupes

Quelques troncs d'arbres ont été enfouis par le matériel minéral transporté par le vent. Ils affleurent de la coupe seulement dans les 4 m supérieurs. En surface, au-dessus du dépôt, il y a également des troncs d'arbres morts qui gisent suivant une orientation S0-NE, correspondant à celle selon laquelle les vents frappent la falaise. Cette orientation traduit la dominance des vents d'ouest qui suivent l'axe principal de la circulation éolienne dans la vallée de la Porcupine. La végétation environnante a été relevée suivant deux transects de 100 m² (10 m x 10 m) chacun (figure 4.5 A-B). Elle présente une majorité d'épinettes noires (*Picea mariana*) de 7-8 m de hauteur et de saules (*Salix sp.*), plusieurs bouleaux (*Betula glandulosa*) et quelques aulnes (*Alnus sp.*). Le sol est recouvert de thé du Labrador (*Ledum palustre*), de lichens (*Cladonia* et *Cladina*), de mousses (*Sphagnum*) et d'herbes. On a aussi cartographié des fentes de gel très importantes. Ces fentes ne paraissent plus très actives.

4.3 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation

Un âge de $15,9 \pm 1,6$ ka a été obtenu à la base du dépôt éolien, à 38 cm, par luminescence optique (figure 4.4). Ce résultat pourrait indiquer que les sédiments éoliens ont commencé à s'accumuler vers 17 ka B.P., c'est-à-dire en pleine période glaciaire. L'autre fait qui ressort de ce résultat est la mise en évidence d'une importante discontinuité sédimentaire : aucun dépôt entre 70 ka B.P. et 15,9 ka BP n'a été conservé. La cause en est inconnue.

Les autres dates ont été acquises par radio-carbone à partir de morceaux de bois. Un morceau de bois décomposé a été daté de $14\,860 \pm 120$ ans B.P. (Beta-88 793) à 110 cm. Puis, on a eu des âges holocènes : 9460 ± 100 ans B.P. (TO-7003) à 170 cm, 4600 ± 70 ans B.P. (TO-6431) à 220 cm et 3980 ± 70 ans B.P. (TO-6432) à 375 cm. L'extraction de charbon de bois, vers 230 cm, dans une bande brune, a permis de dater celle-ci à 4110 ± 70 ans B.P. Un âge de 410 ± 50 ans B.P. a été obtenu sur de la tourbe à 40 cm sous la surface du sol, dans une fente de gel, à 32 m de la coupe, en milieu forestier.

Ces dates permettent de trouver un taux de sédimentation, lequel représente l'accumulation de sédiment éolien et de matière organique. Environ 130 cm de sédiments minéral et organique se sont accumulés entre 15,9 et 9,4 ka B.P., soit un taux moyen voisin de 20 mm/100 ans. En surface, en milieu forestier, pour les 410 dernières années, le taux de sédimentation sur une profondeur de 40 cm a été de 100 mm/100 ans. C'est 5 fois plus, mais la matière organique est beaucoup plus abondante et la compaction beaucoup plus réduite qu'au bas de la coupe.

4.4 La granulométrie

La figure 4.6 indique la proportion des fractions supérieure et inférieure à 63 μm dans les sédiments échantillonnés. La granulométrie grossière (>63 μm), soit les sables, représente entre 6 et 29% de la granulométrie totale alors que la fraction fine (<63 μm), les silts et les argiles, représente entre 70 et 94%. Ceci permet de constater que le dépôt éolien de Jackson Rock Fall se compose majoritairement de grains fins inférieurs à 63 μm .

Granulométrie grossière

L'évolution de la médiane des sédiments fins et grossiers de la base au sommet de la coupe est présentée à la figure 4.6. On observe que la tendance générale de la médiane grossière est une diminution de la taille des sédiments grossiers de la base vers le sommet et qu'elle correspond à un sable fin (95 à 180 μm). À la base, la médiane grossière est proche de 0,2 mm et au sommet de 0,1 mm. Un facteur important qui peut expliquer cette tendance est la distance (ou plutôt la hauteur) que le matériel, érodé par le vent, doit parcourir avant de se déposer : entre quelques centimètres pour le gravier et 4-6 m pour le schiste à la base ; alors qu'au sommet, cette distance est voisine d'une dizaine de mètres.

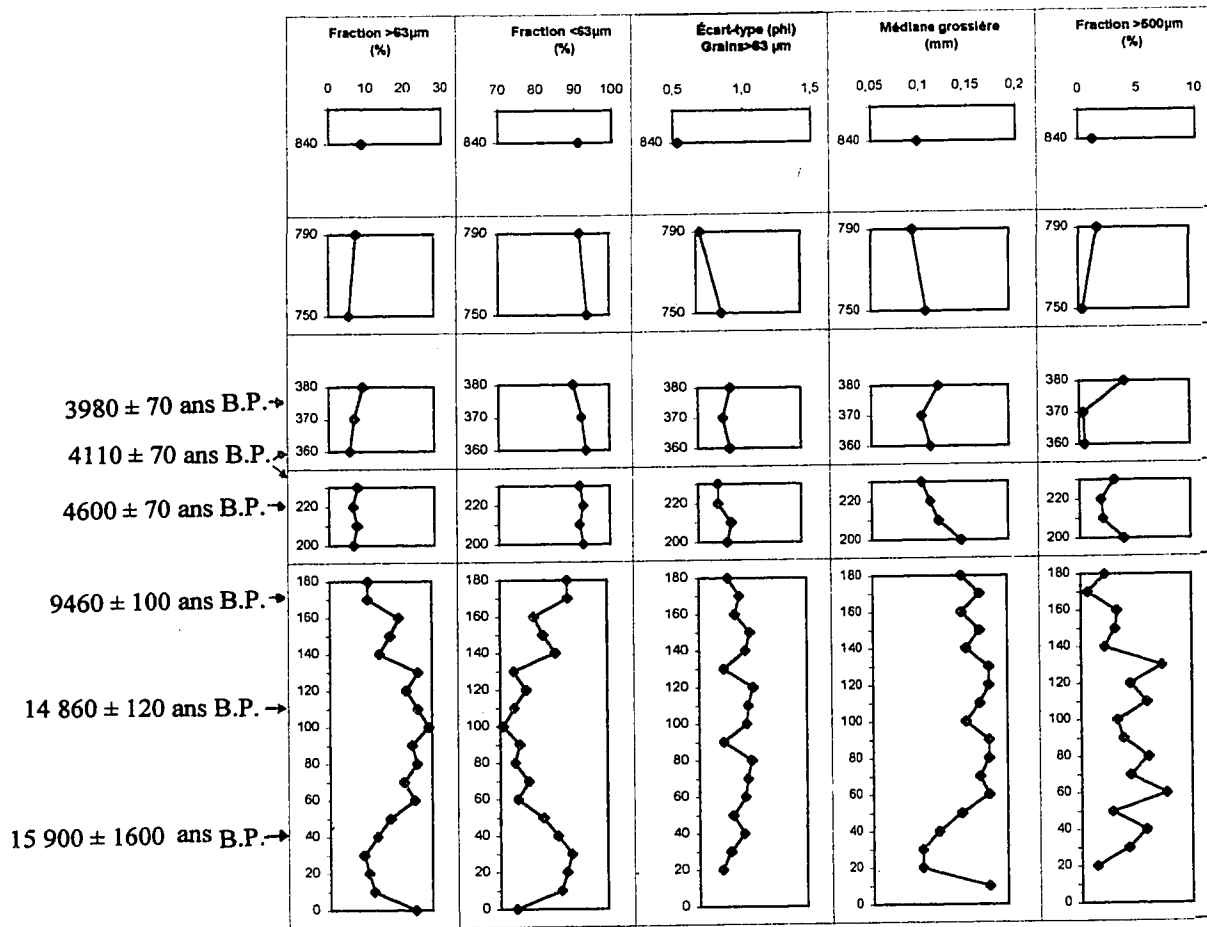
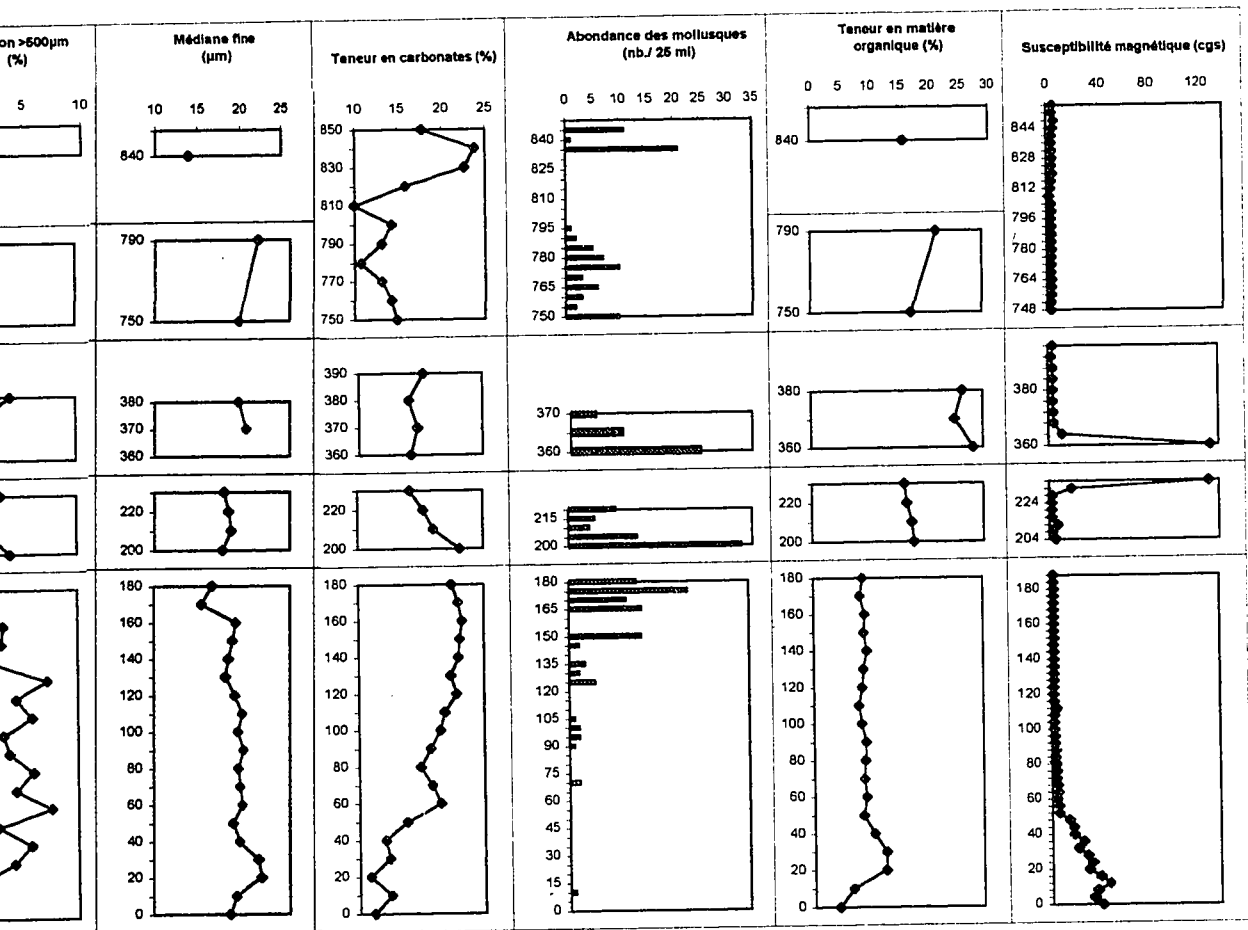


Figure 4.6 Analyses granulométriques



Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Jackson Rock Fall.

C'est peut-être aussi ce phénomène qui explique que la fraction supérieure à 500 μm ¹ est bien représentée en dessous de 140 cm. On ne peut cependant pas exclure qu'une baisse de l'intensité du vent soit responsable de la diminution qui suit puisqu'une autre période intense est présente vers 380 cm. Des minimums d'intensité sont visibles à 170 cm et de 360 à 370 cm.

Les courbes granulométriques sont un moyen de représenter la distribution du matériel en fonction de l'énergie qui les dépose, ce qui se traduit par des courbes granulométriques cumulatives de type sigmoïdal ou en S. Les extrémités correspondent soit au matériel le plus fin ou le plus grossier. Si on avait pu assembler les résultats de la granulométrie grossière avec ceux de la granulométrie fine, on aurait obtenu ce type de courbe car nos résultats traduisent bien ce phénomène. La figure 4.7 présente les courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière (>63 μm), soit la première partie du S. La section entre 250 et 1000 μm , qui a pu être transportée par les vents les plus violents, ne représente, en moyenne, que 15% du matériel grossier. Près de 85% du matériel grossier se trouve entre 250 et 63 μm correspondant à un sable très fin.

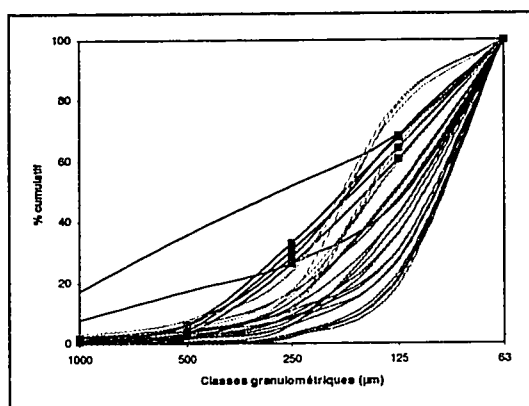


Figure 4.7 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Jackson Rock Fall.

¹La fraction supérieure à 500 μm a été déterminée par rapport à la granulométrie grossière (>63 μm) seulement et non selon la granulométrie totale.

De façon générale, quatre tendances granulométriques (figure 4.7) se démarquent. On note un arrangement concave pour la plus grande partie du dépôt : les niveaux de 20 à 40 cm et ceux de 160 cm au sommet de la coupe (gris foncé). D'autres courbes qui présentent une médiane plus grossière ont une tendance sigmoïdale (50 cm à 150 cm (gris pâle)). Quelques résultats d'analyses montrent cependant une distribution qui s'écarte des courbes de type sigmoïdale et tendent à être rectilignes. Elles se situent à la base, 0-10 cm, (noir) et entre 70 cm et 110 cm (carrés). Les niveaux de 50 à 150 cm ont un mode entre 125 et 250 μm , de sable fin, allant de 34 à 62% de la granulométrie grossière alors que le reste de la coupe à un mode entre 63 et 125 μm , de sable très fin allant de 31 à 81% .

Tableau 4.1 Écarts-types et classement pour le site de Jackson Rock Fall

Hauteur (cm)	Écart-type (phi)	Classement (Folk et Ward, 1957)
840	0,535	Modérément bien classé
790	0,535	Modérément bien classé
750	0,746	Modérément classé
380	0,814	Modérément classé
370	0,746	Modérément classé
360	0,809	Modérément classé
230	0,693	Modérément bien classé
220	0,693	Modérément bien classé
210	0,822	Modérément classé
200	0,781	Modérément classé
180	0,766	Modérément classé
170	0,872	Modérément classé
160	0,829	Modérément classé
150	0,975	Modérément classé
140	0,929	Modérément classé
130	0,727	Modérément classé
120	1,000	Pauvrement classé
110	0,954	Modérément classé
100	0,942	Modérément classé
90	0,727	Modérément classé
80	0,987	Modérément classé
70	0,949	Modérément classé
60	0,930	Modérément classé
50	0,814	Modérément classé
40	0,915	Modérément classé
30	0,792	Modérément classé
20	0,714	Modérément classé
10	n.d.	n.d.
0	n.d.	n.d.

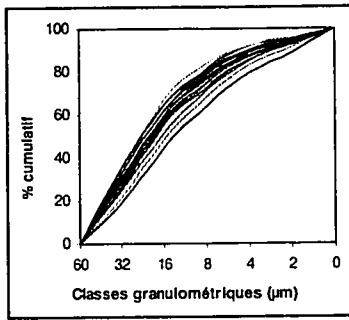
Le tableau 4.1 montre les résultats de l'écart-type en phi et des termes de classement de Folk et Ward (1957) associés. L'écart-type varie entre 0,535 et 0,975; La majorité du matériel est, suivant Folk et Ward (1957), modérément classé. Les niveaux de 220-230 cm, 790 cm et 840 cm sont modérément bien classés. Seul le niveau de 120 cm se démarque avec une déviation standard de 1 qui correspond à un matériel pauvrement classé. Une courbe, correspondant aux écarts-types mesurées sur le matériel grossier, est présentée à la figure 4.6. Cette courbe indique que la qualité du classement du matériel grossier diminue de la base à 120 cm et augmente, par la suite jusqu'au sommet.

Granulométrie fine

Le matériel inférieur à 63 μm , correspondant aux silts et argiles, a été analysé par laser. Il représente, par le fait même, la partie supérieure de la courbe en S. C'est le matériel qui est susceptible de voyager sur de grandes distances quand il est pris en charge par le vent. Ce matériel est uniforme: les courbes cumulatives (figure 4.8 A) se ressemblent beaucoup bien que la figure 4.8 B montre quelques différences dans les classes granulométriques. En effet, on peut effectuer 3 regroupements; soit, une granulométrie moins fine pour la base du dépôt, 0-10 cm (noir) et 20-30 cm (gris foncé), puis une autre plus fine pour le reste du dépôt éolien (gris pâle). Les sections 170-200 cm et 840 cm (carrés) demeurent beaucoup plus fines que le reste du dépôt. La figure 4.8 B montre également un mode important, soit la classe 16 à 32 μm , correspondant à un silt moyen, qui représente entre 25 et 39% de la fraction fine.

Le dépôt éolien de Jackson Rock Fall possède une médiane des grains fins correspondant à un silt moyen (13,9 à 21,82 μm). Deux niveaux se démarquent avec une médiane très fine, soit le niveau de 170 cm (15,27 μm) et le niveau 840 cm (13,9 μm), causé par le remaniement des sédiments en surface. Le reste du dépôt a une médiane moins fine variant entre 16,43 μm et 21,41 μm .

A.



B.

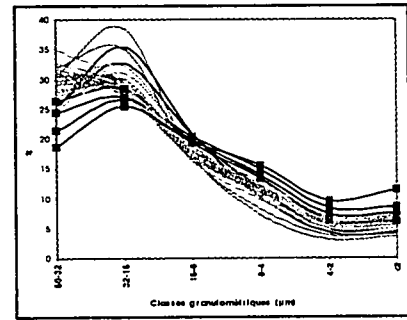


Figure 4.8 Granulométrie fine du dépôt éolien de Jackson Rock Fall; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

Sédimentation éolienne selon la distance

Une granulométrie de la sédimentation éolienne a été effectuée sur l'étendue du dépôt éolien de Jackson Rock Fall (120 m), direction SO-NE. Les résultats de l'échantillonnage sous la surface du sol, à tous les 10 m (figure 4.9 et 4.10) montrent une ressemblance dans les courbes granulométriques. À première vue, il n'y a pas de relation entre granulométrie et distance de transport aérien. La figure 4.9 montre la tendance générale de variation d'un échantillon à l'autre ; une tendance se dessine : le matériel devient de plus en plus fin au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la falaise. Le matériel grossier ne représente que 10 à 30% de la granulométrie totale. L'essentiel du matériel est fin ($<63 \mu\text{m}$), la proportion de la fraction fine représentant entre 70% et 90% du matériel total. La sédimentation éolienne se fait bien dans la direction SO-NE, sous la direction des vents d'ouest.

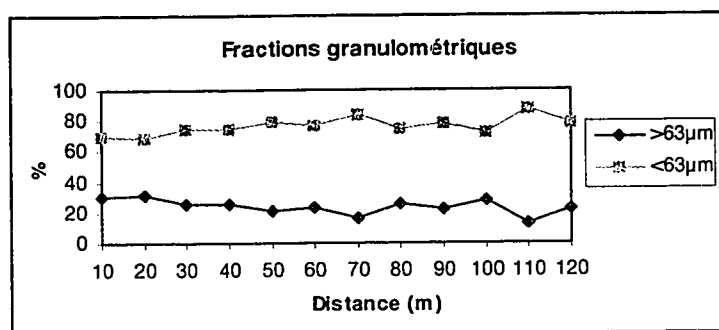
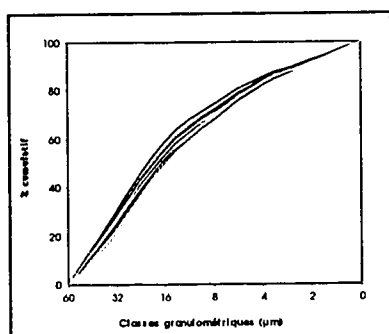


Figure 4.9 Évolution des fractions supérieure et inférieure à 63 μm dans les sédiments échantillonnés pour la sédimentation éolienne en fonction de la distance.

A.



B.

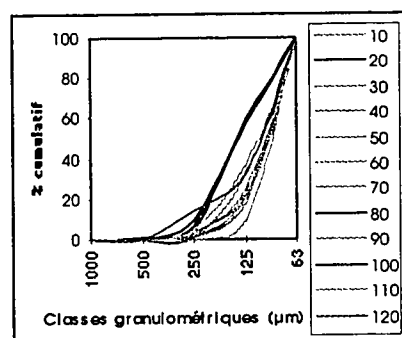


Figure 4.10 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction fine (A) et grossière (B) de la sédimentation éolienne de Jackson Rock Fall.

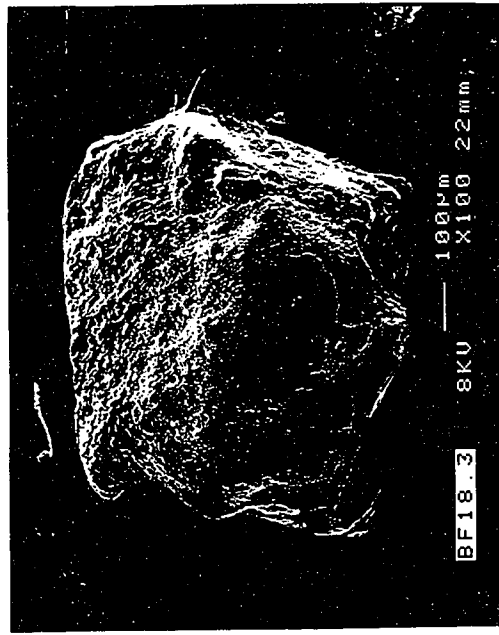
4.5 La morphologie des grains de quartz

Les grains de quartz observés au SEM avaient une dimension entre 375 et 500 μm . D'origine éolienne, la source vraisemblable est la terrasse fluviale puisque les grains retrouvés dans le schiste mesurent entre 2,5 et 70 μm .

À la base, on n'exclut pas non plus une origine éolienne lointaine : on sait qu'à cette époque (vers 15,9 ka B.P.) les loess recouvraient les terres du nord Yukon (Tarnocai, 1987). Par conséquent, il est possible que certains grains de quartz aient cette origine. La photo 4.3 et les figures en annexe montrent l'allure des grains. Il est difficile de voir des différences nettes entre les grains venant de la partie base et ceux venant du milieu et du sommet de la coupe. Ils ont tous un aspect sub-anguleux à sub-arrondi avec des cassures conchoïdales. Les arêtes sont dans l'ensemble tranchantes. La base du dépôt (0 à 38 cm) révèle des grains sub-arrondis (photo 4.3 A) à sub-anguleux avec des traces de chocs aux contours francs et aigus (photo 4.3 B), les traces les plus anciennes étant recoupées par les plus récentes. Certaines surfaces de grains présentent une évolution complexe : plusieurs d'entre-eux ont acquis un caractère émoussé avant de subir une éolisation marquée par des cassures conchoïdales (photo 4.3 B) et une dissolution partielle (photo 4.3 A).

Les grains étudiés au centre du dépôt sont sub-anguleux à anguleux avec des surfaces aux bords francs et lisses et des traces de chocs (photo 4.3 C). Les grains les plus affectés par les altérations sont ceux se retrouvant au sommet de la coupe. L'étude exoscopique montre la présence de pellicules écailleuses sur certaines faces (photo 4.3 D), de globules disséminés à la surface du grain (photo 4.3 E) qui traduisent une immobilisation dans un horizon pédologique.

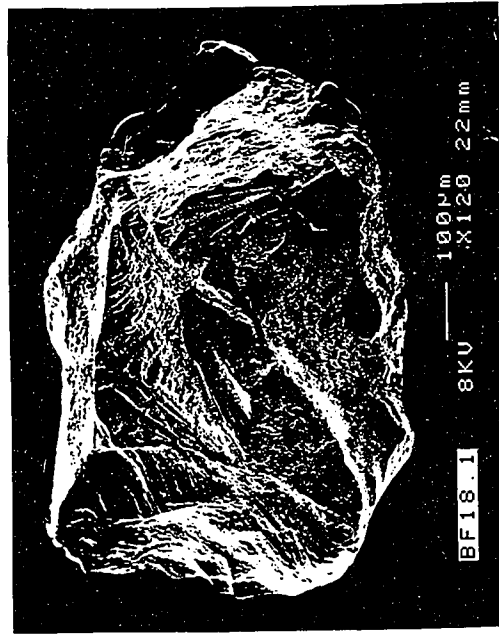
A.



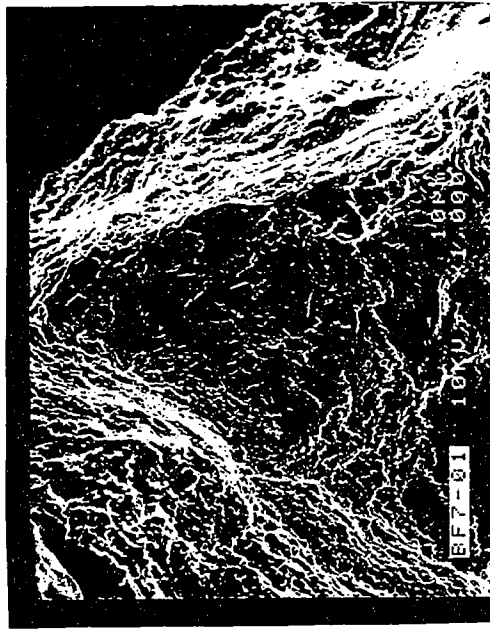
C.



B.



D.



E.

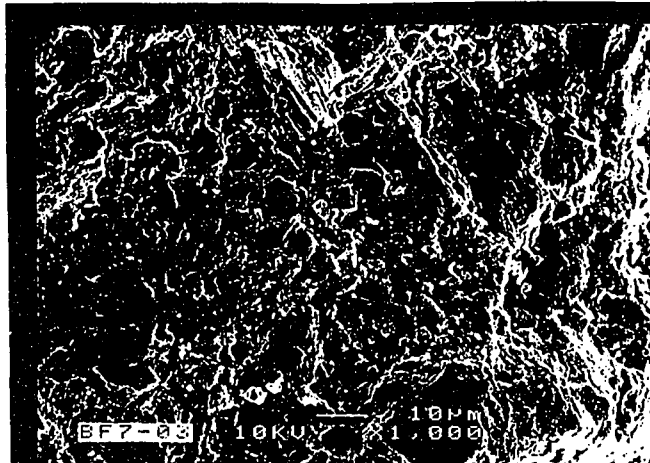


Photo 4.3 A) Quartz sub-arrondi mat portant une épaisse pellicule de silice ; B) Quartz non-usé avec fracture conchoïdale et cupule de choc indiquant une origine éolienne ; C) Stries de frottement ; D) Pellicule silicieuse en écailles, indice d'immobilisation du grain ; E) Dépôts silicieux.

4.6 Les analyses géochimiques

Les analyses XRF permettent d'examiner les sources potentielles des sédiments qui composent le matériel éolien en offrant une teneur des différents composants de l'échantillon analysé. À l'aide d'une comparaison entre les sources et les dépôts éoliens permet d'émettre des hypothèses d'origine. Dans le cas du dépôt de Jackson Rock Fall (tableau 4.2), on note que le matériel est issu d'un mélange de grains provenant de la terrasse fluviale et de la falaise de schiste. La teneur en silice contenue dans le dépôt éolien représente, en moyenne, 40,35% et provient principalement de la terrasse fluviale dont la teneur en SiO_2 est de 78,94% comparativement à 5,77% pour le schiste. On peut également noter une nette distinction entre la concentration en oxyde de silice à la base (51%) et celle que l'on retrouve dans le reste de la coupe (32,9 à 39,23%). Cette diminution importante se perçoit à 55 cm. On peut conclure que presque toute la silice contenue dans le dépôt éolien provient de la terrasse fluviale.

Tableau 4.2 Résultats des analyses géochimiques de Jackson Rock Fall (%).

Echantillon	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.a.f.
dépôt éolien-790 cm	37,39	0,468	7,7	3,51	0,148	2,83	10,37	0,02	2,244	0,206	34,8
365 cm	32,9	0,429	7,17	3	0,129	3,37	13,8	0	2,283	0,172	36,5
225 cm	37,33	0,479	7,88	3,68	0,153	2,43	13,24	0,01	2,295	0,151	32,1
200 cm	39,23	0,483	8,14	3,31	0,15	3,15	12,67	0,01	2,404	0,2	30
175 cm	35,27	0,441	7,67	3,41	0,137	5,45	16,19	0,02	2,541	0,192	28,4
55 cm	37,81	0,457	8,02	3,33	0,148	4,78	16,29	0,06	2,606	0,188	26,1
25 cm	51,07	0,593	9,76	4,47	0,145	2,28	7,87	0,53	2,46	0,203	20,3
5 cm	51,81	0,58	9,12	4,15	0,148	3,42	9,69	0,63	2,057	0,194	17,9
moyenne:	40,35	0,49	8,18	3,61	0,14	3,46	12,52	0,16	2,36	0,19	28,26
terrasse fluviale	78,94	0,147	9,36	3,15	0,067	0,31	0,57	0,96	4,297	0,049	2
schiste	5,77	0,064	1,05	0,46	0,071	1,2	48,98	<0	0,367	0,048	42

Le tableau 4.2 révèle, également, des concentrations en oxyde ferreux (3,61%) et en oxyde d'aluminium (8,18%) significatives, avec des teneurs plus fortes à la base, près de la terrasse fluviale. Lorsqu'on compare les teneurs en Al₂O₃ et en Fe₂O₃ du dépôt éolien avec celles de la terrasse fluviale sous-jacente, on remarque que les concentrations en aluminium et en fer sont semblables alors que les concentrations contenues dans le schiste sont minimales. La terrasse fluviale, composée principalement de quartzite, grès, siltstone et argilite à 93% (figure 4.3), constitue l'origine des teneurs en aluminium et fer contenues dans les sédiments éoliens. L'aluminium est un élément important dans la nature. Son immobilité rend son altération lente, comparativement aux autres éléments. C'est pourquoi, il est régulièrement utilisé pour les indices d'altération tel le CIA (Chemical index of alteration de Nesbitt et Young, 1982) et le CIW (Chemical index of weathering de Harnois, 1988) sur les silicates. Les oxydes de magnésium (3,46%) et de potassium (2,36%) se retrouvent en quantité non négligeable dans le dépôt éolien.

L'oxyde de calcium est presque complètement absent de la terrasse fluviale, mais représente 48,98% dans le schiste ; si on ajoute la valeur P.a.f, le schiste est formé à 91% de calcite. Or, dans le dépôt éolien, l'addition de CaO et de P.a.f. ne donne jamais plus que 50% du matériel. Donc en dépit de sa couleur sombre le dépôt éolien doit une bonne partie de son existence à la présence d'une terrasse fluviale. Cela demeure

cependant un peu étonnant, car observé au binoculaire, les grains de quartz ne sont pas dominants dans la fraction grossière, mais peut-être le sont-ils dans la fraction fine ($<63\ \mu\text{m}$). Il faudrait des analyses portant sur des granulométries différentes pour faire la lumière sur le sujet.

Nous savons que la perte au feu obtenue par XRF représente le carbone (C) organique et minéral. En faisant une perte au feu dans un four à 550°C , on a réussi à trouver la proportion de matière organique dans le sédiment. Les résultats montrent qu'elle est de 5 à 10% en dessous de 180 cm et entre 15 et 30% au-dessus. En faisant une analyse chittick, on a obtenu la teneur en calcite : elle augmente de la base jusque vers 200 cm, elle diminue au-delà, sauf près de la surface où elle atteint 25%. Si on additionne la perte au feu au four et les résultats de l'analyse chittick on a, par exemple à 175 cm, une valeur de 32%, qui se compare assez bien à 44% obtenu par XRF. L'écart est certainement dû au fait que les analyses au four et par chittick sont moins précises que celles par XRF. La répétition d'analyses par chittick donne des variations souvent égales à 10% et celles par perte au feu au four 5% (B. Lauriol, communication personnelle).

La susceptibilité magnétique est presque nulle dans l'ensemble du dépôt (2-6 cgs) sauf entre 0 cm (40 cgs) et 46 cm (14,6 cgs), dû à la présence de minéraux ferromagnétiques dans la terrasse fluviale, et surtout à 236 cm. À cette hauteur, correspond une bande brune dont la susceptibilité magnétique atteint 130 cgs. On retrouve la même valeur à 360 cm, qui est le prolongement de la bande brune. La présence de charbon de bois laisse supposer que la couleur brune pourrait résulter d'un paléosol forestier. Les incendies ayant affecté la forêt pourraient avoir une influence directe sur la susceptibilité magnétique. Les minéraux ferromagnétiques secondaires qui se forment, alors, dans les paléosols, sont le résultat de la chaleur dégagée par les feux (Leborgne, 1955).

4.7 L'abondance des mollusques

L'abondance des mollusques par volume de 25 ml varie entre 0 et 33. De 0 à 135 cm, les mollusques sont peu abondants. De 150 à 795 cm, ils sont presque continuellement présents avec des pics de part et d'autre de la bande brune. Au sommet de la coupe, entre 795 et 850 cm, ils sont discontinus. Cette évolution s'explique, en partie seulement, par les variations de carbonates : par exemple, les mollusques sont absents à 810 cm, et la teneur en carbonates est de 10%. En dessous de 135 cm, elle est assez abondante, mais il est probable que le climat trop froid ne favorisait pas la vie malacologique. Une interprétation détaillée des variations des mollusques impliquerait aussi une analyse des espèces.

4.8 Interprétation

La terrasse fluviale de Jackson Rock Fall se trouve à une altitude de 360 m, soit 52 m plus haut que celle de Caribou Bar et 30 m de plus que celle de la Coupe 330. L'âge de 70 ka, obtenu par thermoluminescence, dans le sable de la terrasse fluviale semble indiquer la possibilité d'une accumulation très vieille à la base du dépôt éolien. Cependant, un âge de 15,9 ka, obtenu à la base, indique que la déposition aurait débuté à la fin du Pléistocène supérieur. Une cause climatique pourrait expliquer cette discontinuité et la mise en place tardive du dépôt éolien. On sait que le Wisconsinien moyen, de 70 ka à 28 ka, ainsi que la période du Pléniglaciaire (28 ka à 16 ka) étaient des intervalles très froids (Bartlein et al., 1991). Les sédiments étaient balayés, aucune végétation n'étant présente ou suffisante pour fixer et favoriser la formation d'un dépôt. Le dépôt éolien s'est donc édifié avec le retour d'un climat plus favorable et l'arrivée d'une toundra herbacée (Ritchie et al., 1982) favorisant l'immobilisation des sédiments.

Zone A: de 0 à 20 cm. Présence de sable fluviale ou éolien dérivé de la terrasse fluviale. Les schistes sont présents, la teneur en carbonates est de 12% et en matière organique de 5,7%. Les coquillages sont absents et la susceptibilité magnétique (40 cgs) réagit au signal émis par les minéraux ferromagnétiques contenus dans

les sédiments fluviaux. La taille médiane des grains correspond à un sable fin à grossier (1,5 mm à 0 cm et 180 µm à 10 cm) pour la granulométrie grossière, et à un silt moyen (18,67 µm) pour la granulométrie fine.

Zone B: de 20 à 50 cm (vers 16 ka), on assiste à la sortie lente d'un climat glaciaire. Le niveau 38 cm a été daté à 15,9 ka B.P. Une toundra herbacée (13% de matière organique) se met en place vers 20 cm sur les sédiments fluviaux. La susceptibilité magnétique décroît, passant de 29,8 à 14,6 cgs. On observe une distribution de la granulométrie grossière concave et modérément classée. La fraction supérieure à 500µm augmente à 5%. La médiane des grains grossiers (105-125 µm) correspond à un sable très fin et celle des grains fins (20,34 µm) à un silt moyen.

Zone C: de 50 à 140 cm, entre 16 et 15 ka B.P., l'activité éolienne change et devient importante. La teneur en matière organique diminue et se stabilise à 10% et les mollusques font leur apparition (2 mollusques/25 ml), pendant que la teneur en carbonates augmente, passant de 13 à 20%. La distribution granulométrique grossière devient sigmoïdale et la médiane grossière atteint 180 µm (sable fin). Le signal magnétique déclenché par les sédiments fluviaux est faible (2 cgs). L'analyse chittick de même que les analyses géochimiques indiquent une augmentation de la concentration en carbonates et une diminution en silice à 55 cm. La fraction des grains supérieure à 500 µm, représente 3 à 8% de la granulométrie grossière entre 60 et 130 cm. Entre 70 et 110 cm (14 860 ± 120 ans B.P.), la distribution de la granulométrie grossière est rectiligne.

Zone D: de 140 à 170 cm, entre 15 et 9,5 ka B.P., la distribution de la granulométrie grossière redevient sigmoïdale. Les mollusques commencent à être abondants (5-14 mollusques/25 ml), cependant on note une brève absence entre 150 et 165 cm. La concentration en carbonates continue d'augmenter (22 %). Ceci correspond, comme on le verra plus loin, à la mise en place des dépôts éoliens à Caribou Bar et à la Coupe 330, vers 12 ka B.P. La médiane grossière se maintient autour de 170 µm et la fine vers 18,52 µm (silt moyen).

Zone E: de 170 à 220 cm, c'est-à-dire entre 9,5 ka et 5ka B.P., une période interglaciaire plus chaude et plus humide correspondant vraisemblablement à l'arrivée d'*Alnus sp.* et de *Picea mariana* s'installe dans la région. On a une date de 9460 ± 100 ans B.P. vers 170 cm. La teneur en matière organique augmente de façon significative à 18%. La distribution granulométrique de la fraction grossière est concave et celle de la granulométrie fine change avec une médiane qui atteint $15,27 \mu\text{m}$ (silt fin) à 170 cm. La fraction supérieure à $500 \mu\text{m}$ montre une augmentation à 200 cm avec un pic de 4%. La médiane grossière demeure à $150 \mu\text{m}$ (sable fin). La médiane fine augmente à $16,4 \mu\text{m}$ (silt moyen) Les analyses géochimiques indiquent une teneur importante en silice de 39% ; celle en carbonates demeure élevée (24% à 200 cm). Les mollusques sont présents en grande quantité avec un pic de 33 mollusques /25 ml à 200 cm.

Zone F: de 220 à 390 cm, à partir de 5 ka B.P., on remarque une augmentation significative de la teneur en matière organique, passant à 27% à 360 cm indiquant la formation d'un paléosol après un feu. En effet, des charbons, retrouvés dans la bande concentrée de matière organique à 236 cm, ont permis de dater celle-ci à 4110 ± 70 ans B.P. Le signal magnétique émis atteint 132,1 cgs. Cette couche est la même que celle retrouvée à 360 cm puisqu'elle a servi de repère stratigraphique lors de l'échantillonnage. Le signal magnétique émis est de 133,8 cgs, ce qui est semblable à la susceptibilité magnétique du niveau 236 cm. Deux autres dates, prises sur des morceaux de bois, indiquent des âges de 4600 ± 70 ans B.P. vers 220 cm et 3980 ± 70 ans B.P. vers 375 cm. Les coquillages sont présents en quantité importante, surtout après les traces d'incendie, où on note 25 mollusques/25 ml et la teneur en carbonates demeure élevée (17%). La médiane grossière ($115 \mu\text{m}$ - sable très fin). La médiane fine augmente légèrement passant à $19,23 \mu\text{m}$ (silt moyen). La distribution de la granulométrie grossière, entre 220 et 230 cm, est modérément bien classée alors qu'elle est modérément classée entre 360 et 390 cm.

Zone G: de 750 à 810 cm, les conditions ne sont pas tellement différentes de celles existant à 380 cm. La teneur en matière organique demeure importante (17%) mais fluctue jusqu'au sommet. La médiane de la granulométrie grossière continue de diminuer jusqu'au sommet (100 μm - sable très fin). La granulométrie fine, quant à elle augmente avec un pic de 21,4 μm (silt moyen) à 790 cm. Ceci s'explique par des conditions éoliennes plus clémentes. Vers 840 cm, la fraction fine indique une médiane très fine (13,9 μm - silt fin) à cause du remaniement et de la déflation présents au sommet, impliquant plus de contact entre les grains et donc une diminution de la taille. La teneur en carbonates demeure relativement stable à 12,5% jusqu'à 810 cm, puis augmente de façon importante jusqu'au sommet, synchrone avec l'abondance en mollusques. À 32 m au N-E de la coupe, en milieu forestier, une date de 410 ± 50 ans B.P. a été obtenue sur un morceau de bois à 40 cm sous la surface du sol.

4.9 Conclusion

Un des objectifs de la thèse étant de mettre en évidence des changements climatiques et notamment des variations dans l'intensité des vents, les résultats des changements dans la dimension des grains sont probablement les plus significatifs. Nous nous demandions, par exemple, si l'on pouvait mettre en évidence le Dryas récent, comme Bigelow et al. l'ont fait, en Alaska. Selon eux, cette période de refroidissement se remarque par un accroissement de la taille des grains entre 11,1 et 10,7 ka B.P. En observant la figure 4.6, rien de très significatif n'apparaît entre 0 et 140 cm dans la distribution de la médiane grossière ni dans celle des grains supérieurs à 500 μm . Leur pourcentage demeure à peu près constant sauf qu'on observe une légère augmentation de leur nombre vers 130 cm. La baisse dans la taille des grains de 500 μm qui se produit entre 130 et 140 cm, pourrait être plus significative d'un changement dans l'intensité du vent ou les conditions de transport et d'accumulation. Ce niveau se situe vers 10 ka BP et pourrait correspondre à l'apparition de la forêt: celle-ci diminuerait l'intensité de l'activité éolienne en fermant le paysage. Cet épisode de refroidissement ne peut être identifié à Jackson Rock Fall.

Le résultat le plus significatif de notre étude au site de Jackson Rock Fall, est certainement la présence d'une discontinuité dans l'accumulation des sédiments. Elle apparaît dans la distribution des datations au radio-carbone. Sous la bande brune, elles sont antérieures à 9,4 ka B.P. ; au-dessus, elles sont plus jeunes que 5 ka B.P. La bande brune pourrait être un paléosol mis en place entre 9 et 5 ka B.P. Pendant cette période, l'accumulation éolienne aurait cessé. Il peut exister une cause entièrement locale à ce phénomène: par exemple la falaise était couverte par la forêt car la rivière Porcupine ne l'entaillait pas. Deux autres explications sont possibles : un changement dans la direction des vents (la falaise aurait été à l'abri des vents) ou encore une diminution importante dans l'intensité des vents. L'étude des autres dépôts devrait nous permettre de trancher la question.

La division du dépôt en deux parties (une postérieure à 5 ka B.P. et une autre antérieure à 9,4 ka B.P.) se retrouve dans la distribution de la teneur en carbonates. De la base jusque vers 180 cm, la teneur en carbonates augmente assez régulièrement, puis au-delà elle rebaisse pour s'élever brutalement vers 830 cm. Phénomène intrigant, cet accroissement du nombre de mollusques et de carbonates vers 830 cm.

Chapitre V

LA COUPE 330

5.1 Description générale

Le site de la coupe 330 ($67^{\circ} 25' 26''$ N, $140^{\circ} 47' 5''$ O) se trouve à 5 km en amont du site de Jackson Rock Fall, sur la rive sud de la rivière Porcupine (figure 4.1). Le dépôt éolien de 11,5 m se dresse sur un escarpement de schiste atteignant 330 m (figure 4.2). Le dépôt fluviatile qui sépare le schiste du dépôt éolien est mince (30 cm) et est composé d'un matériel grossier. L'accumulation éolienne fait face à un affluent de la rivière (photo 5.1) et a une exposition sud-ouest.

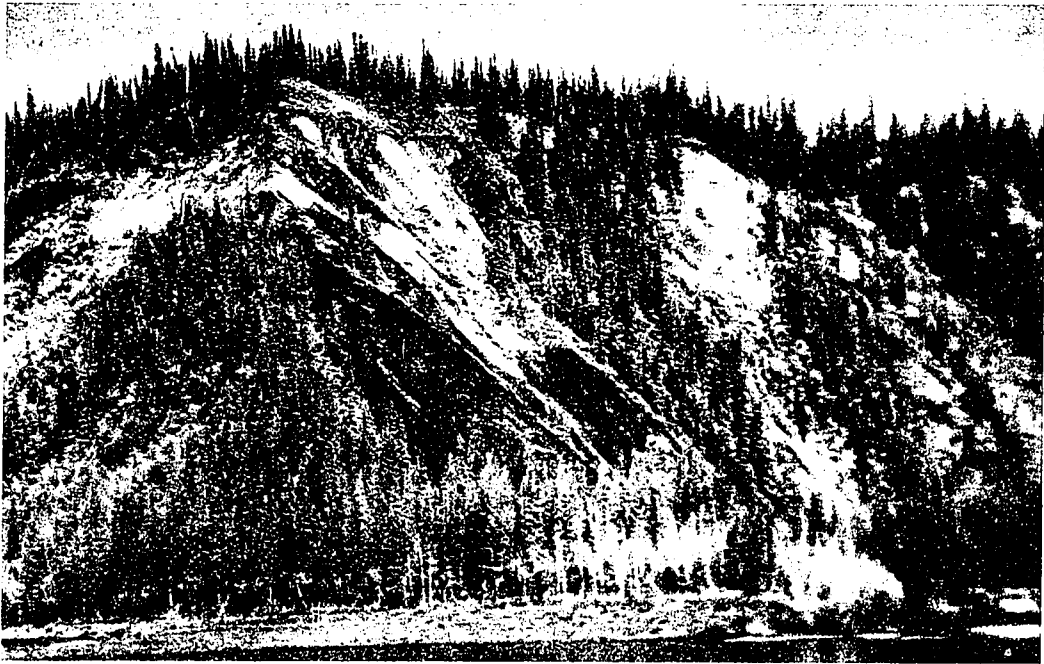


Photo 5.1 Site de la Coupe 330

La terrasse fluviale, au-dessus du schiste n'a pas été datée. Cependant, elle semble correspondre au niveau 3 des niveaux de Thorson et Dixon (1983). Le comptage pétrographique effectué par Ross (1997) a montré un matériel composé à 93% de carbonates, de 9% de quartzite, grès, siltstone et argilite et de 1% de quartz (figure 4.3).

L'importance du dépôt éolien (11,5 m) fut la principale raison du choix de ce site. L'accumulation éolienne se compose du schiste provenant du substrat rocheux ainsi que des sédiments fluviaux. La présence de carbonates dans le dépôt éolien a permis la croissance de mollusques terrestres. Le dépôt est très homogène. Il n'a pas été échantillonné sur toute sa hauteur (figure 5.1), car la présence du pergélisol à moins d'un mètre à certaines hauteurs de même que sa position périlleuse en fait un site difficile à prélever. Plusieurs fentes de gel sont présentes (10 à 40 cm de largeur) au sommet du dépôt. L'orientation recensée est illustrée à la figure 5.2. On remarque qu'aucune orientation précise n'est suivie.

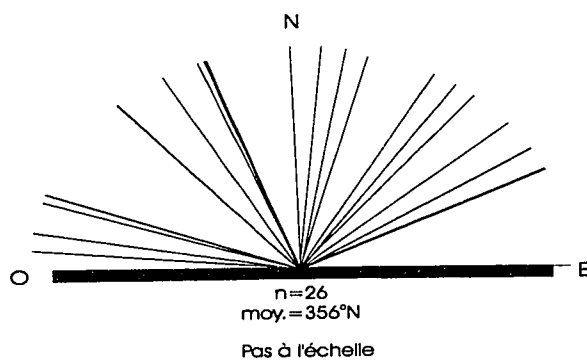


Figure 5.2 Orientation des fentes de gel recensées à la Coupe 330.

Au sommet de la coupe, la végétation environnante (figure 4.5 C-D) est composée d'une majorité de saules (*Salix sp.*) et d'épinettes (*Picea mariana*), de quelques bouleaux (*Betula glandulosa*), de genévriers (*Juniperus sp.*) et d'aulnes (*Alnus crispa*). Le sol est recouvert de lichens (*Cladonia* et *Cladina*), de mousses (*Sphagnum*) et d'herbacées. Des troncs d'arbre morts se retrouvent allongés sur le sol, selon une direction (SO-NE), qui reflète celle du vent et de la vallée.

5.2 Datation et taux de sédimentation

Un âge de $11\,640 \pm 150$ ans B.P. (TO-6430) a été obtenu à 38 cm au-dessus du gravier (figure 5.1). Ce résultat pourrait indiquer que les sédiments éoliens ont commencé à s'accumuler entre 12 et 13 ka, c'est-à-dire à une époque où les glaces laurentidiennes ont fini de libérer la vallée du Mackenzie. Au-dessus, entre les boîtes 2 et 3, vers 165 cm, on a obtenu une date de $10\,530 \pm 180$ ans B.P. (TO-6429), sur une couche de matière organique assez dense. À la base de la boîte 3 (205 cm), le résultat de la datation radio-carbone a été de 9930 ± 90 ans B.P. (TO-7008) ; au sommet de la boîte 5 (295 cm), on a eu un âge de 8200 ± 70 ans B.P. (TO-7004) et au sommet de la boîte 6 (335 cm), 2910 ± 70 ans B.P. (TO-6858). Nous n'avons pas encore les dates entre les boîtes 7 et 9. Ces résultats permettent de calculer un taux de sédimentation moyen de 50 mm/100 ans entre 9930 et 8200 ans B.P.

5.3 La granulométrie

La figure 5.3 indique la proportion des fractions supérieure et inférieure à 63 μm dans les sédiments échantillonnés. La granulométrie grossière ($>63\,\mu\text{m}$), soit les sables, représente entre 8,5% et 29% de la granulométrie totale alors que la fraction fine ($<63\,\mu\text{m}$), les silts et les argiles, représente entre 71% et 91,5% de la granulométrie totale. Ces proportions sont semblables à celles retrouvées à Jackson Rock Fall. Le dépôt éolien est majoritairement composé de silts et d'argiles.

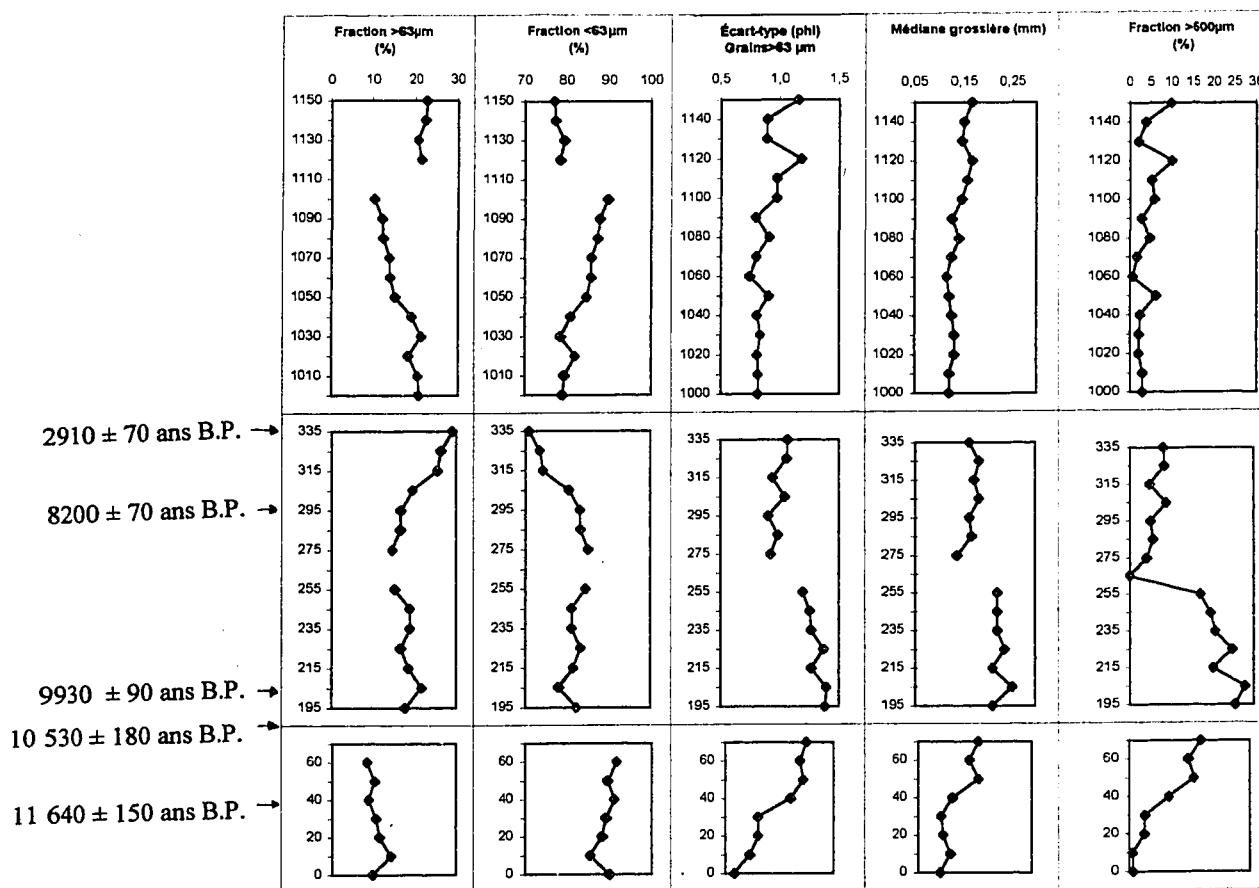
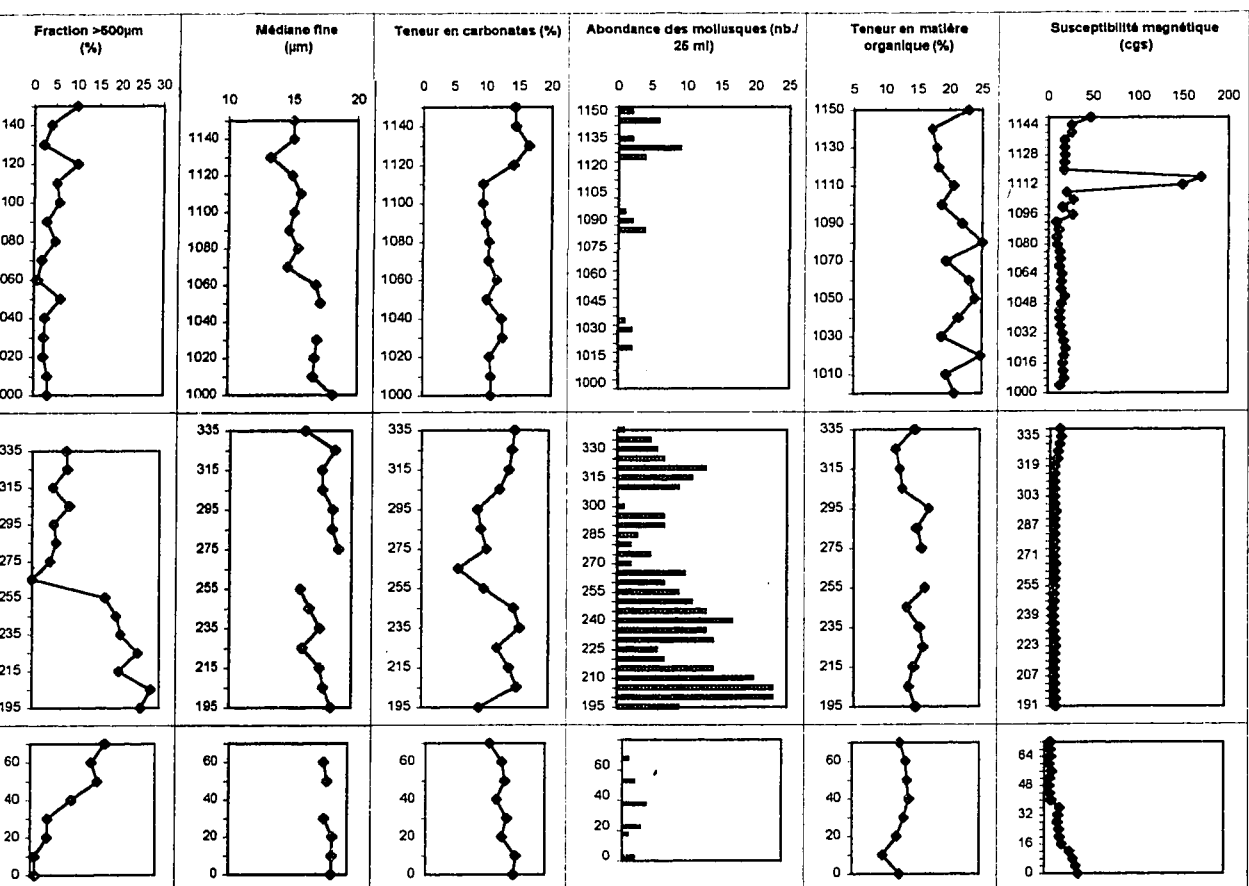


Figure 5.3 Analyses granulométriques



granulométriques et géochimiques réalisées à la Coupe 330.

Granulométrie grossière

La taille médiane des grains grossiers (figure 5.3) correspond à un sable fin (98 à 250 μm). Elle présente une augmentation de la taille des sédiments grossiers de la base (105 μm), où elle correspond à un sable très fin, jusqu'à 205 cm (250 μm) où elle devient un sable moyen. De 205 à 255 cm, la taille médiane demeure forte, indiquant une activité éolienne importante. Par la suite, elle diminue mais semble reprendre une activité nouvelle vers le sommet (154 μm - sable fin). L'hypothèse d'une augmentation de l'intensité éolienne entre 11,6 et 8,2 ka B.P. (50-255 cm), peut être envisagée.

L'examen de la fraction supérieure à 500 μm , de la granulométrie grossière (figure 5.3), met en évidence cet épisode de forte activité éolienne, entre 50 et 255 cm. Elle divise le profil vertical en deux parties. La première se trouve dans la partie inférieure du dépôt et montre une concentration faible de sédiments supérieurs à 500 μm (5 %), puis une augmentation marquée de la grosseur des grains, entre 11,6 ka et 9,9 ka jusqu'à 205 cm, où elle représente 28% de la granulométrie grossière (>63 μm). Par la suite, l'intensité de l'activité éolienne diminue. La deuxième partie, de 275 cm au sommet, offre une activité plus calme que précédemment avec un regain d'énergie à certains niveaux : 1050 cm, 1120 cm, 1150 cm, atteignant jusqu'à 10% de sédiments supérieurs à 500 μm .

La figure 5.4 présente les courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière (>63 μm), soit la première partie du S. La section entre 250 et 1000 μm représente, jusqu'à 49% de la granulométrie grossière, vers 9,9 ka (205 cm), période où les vents semblent avoir été les plus violents. Trois tendances sont perceptibles. La première regroupe les niveaux 0 à 30 cm (noir) dont la distribution est concave ; les niveaux 40 à 255 cm présentent une distribution plus ou moins rectiligne, divisée en deux parties. Une première entre 40 et 70 cm (gris foncé) où l'augmentation de l'intensité éolienne se remarque et une autre entre 195 et 255 cm (carrés) où l'activité est à son maximum. La troisième partie réunie les niveaux 275 cm au sommet (gris pâle) du dépôt, c'est-à-dire de 8,2 ka à aujourd'hui, sous une forme concave, indiquant une activité éolienne plus

calme. Les niveaux de 0 à 195 cm, 275 cm et 335 à 1150 cm ont un mode entre 63 et 125 μm , de sable très fin allant de 30 à 76% de la granulométrie grossière alors que la section entre 205 et 325 cm a une proportion de grains entre 63 et 125 μm , de sable très fin, aussi important que la fraction 125-250 μm , variant chacune entre 23 et 40%.

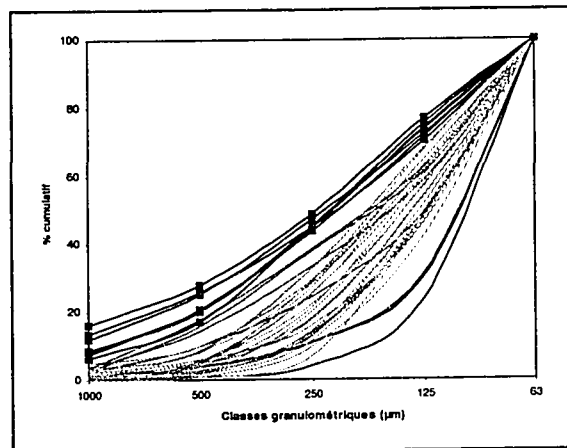


Figure 5.4 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de la Coupe 330.

Le tableau 5.1 montre les résultats de l'écart-type et des termes de classement de Folk et Ward (1957) mesurés sur le matériel grossier. L'écart-type varie entre 0,588 et 1,393. Ceci se traduit par un classement modéré entre 0 et 30 cm, puis pauvre entre 40 et 255 cm. De 275 à 1150 cm, le classement est généralement modéré. Seuls quelques niveaux sont pauvrement classés : 305 cm, 325-335 cm, 1120 cm et 1150 cm. La courbe des écarts-types présentée à la figure 5.3 appuie les résultats obtenus par la médiane grossière et la fraction $>500 \mu\text{m}$.

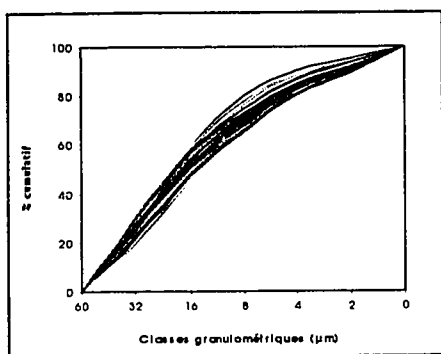
Tableau 5.1 Écarts-types et classement pour le site de la Coupe 330.

Hauteur (cm)	Écart-type (phi)	Classement de Folk et Ward (1957)
1150	1,156	Pauvrement classé
1140	0,894	Modérément classé
1130	0,892	Modérément classé
1120	1,178	Pauvrement classé
1110	0,977	Modérément classé
1100	0,977	Modérément classé
1090	0,794	Modérément classé
1080	0,914	Modérément classé
1070	0,799	Modérément classé
1060	0,744	Modérément classé
1050	0,907	Modérément classé
1040	0,806	Modérément classé
1030	0,831	Modérément classé
1020	0,806	Modérément classé
1010	0,814	Modérément classé
1000	0,814	Modérément classé
335	1,070	Pauvrement classé
325	1,060	Pauvrement classé
315	0,944	Modérément classé
305	1,045	Pauvrement classé
295	0,907	Modérément classé
285	0,987	Modérément classé
275	0,927	Modérément classé
265	n.d.	n.d.
255	1,193	Pauvrement classé
245	1,256	Pauvrement classé
235	1,268	Pauvrement classé
225	1,368	Pauvrement classé
215	1,268	Pauvrement classé
205	1,393	Pauvrement classé
195	1,381	Pauvrement classé
70	1,248	Pauvrement classé
60	1,186	Pauvrement classé
50	1,216	Pauvrement classé
40	1,100	Pauvrement classé
30	0,799	Modérément classé
20	0,799	Modérément classé
10	0,723	Modérément classé
0	0,588	Modérément bien classé

Granulométrie fine

Le matériel inférieur à 63 μm , correspondant aux silts et argiles, représente la partie supérieure de la courbe en S. Les courbes cumulatives de la figure 5.5 A, montrent un dépôt relativement homogène. Cependant, deux tendances granulométriques sont présentes dans le dépôt éolien (figure 5.5 B). La base, 0 à 70 cm (noir), a une distribution très différente du reste du dépôt (gris). La figure 5.5 B montre également que les grains entre 16 et 60 μm , correspond à la majorité de la fraction fine inférieure à 63 μm et représente entre 50 et 60%.

A.



B.

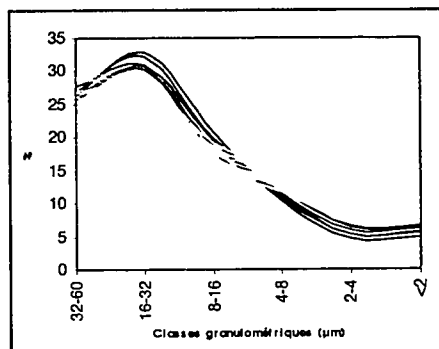


Figure 5.5 Granulométrie fine du dépôt éolien de la Coupe 330 ; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains ; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

Le diagramme, illustrant la tendance de la taille médiane (figure 5.3) à travers le dépôt. Celle-ci correspond à un silt fin à moyen entre 13,2 et 18,9 μm . Il est intéressant de noter qu'à la taille la plus grande (18,9 μm) est associé le niveau 275 cm, qui indique la médiane des grains grossiers la plus basse (135 μm). Ceci indique un changement dans l'intensité éolienne vers 8,5 ka. La médiane de la fraction fine montre également deux phases de sédimentation. Un premier intervalle granulométrique se distingue dans la partie inférieure du dépôt (0 à 255 cm) avec une médiane qui passe de 18,7 à 15,9 μm . Une deuxième phase apparaît vers 275 cm (18,9 μm) et devient plus fine au fur et à mesure que l'on se rapproche du sommet (15 μm).

Sédimentation éolienne selon la distance

Une granulométrie de la sédimentation éolienne a été effectuée sur l'étendue du dépôt éolien de la Coupe 330 (80 m), suivant une direction SO-NE. La figure 5.6 indique la proportion des fractions supérieure et inférieure à 63 μm dans les sédiments échantillonnés. La granulométrie grossière (>63 μm) représente entre 3,5% et 26% de la granulométrie totale et la fraction fine (<63 μm) entre 74% et 96,5%. Il y a une diminution

de la proportion grossière au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la falaise. Le fait que la proportion supérieure à $63\ \mu\text{m}$ augmente à partir de 70 m, comme à Jackson Rock Fall, jusqu'à 80 m, peut s'expliquer par le fait que le dépôt de sommet de falaise fait face à un affluent de la rivière (photo 5.1) et donc à l'axe principal des vents. Ainsi, une partie des vents frappent de plein fouet le dépôt éolien, alors que l'autre longe le dépôt du côté de la rivière Porcupine. Le dernier échantillon, pour la sédimentation éolienne selon la distance, a été ramassé à 80 m car à cet endroit, on atteignait la longueur limite du dépôt ainsi que la rivière Porcupine. Ces résultats indiquent que la sédimentation éolienne se fait bien dans la direction SO-NE, sous la direction des vents d'ouest.

Les résultats de la granulométrie fine ($<63\ \mu\text{m}$) indiquent une homogénéité du sédiment éolien qu'il soit à 10 m ou à 80 m de la source (figure 5.7 A). La granulométrie grossière (figure 5.7 B) montre une différence par rapport à la proximité de la falaise. Les sédiments deviennent de plus en plus fins au fur et à mesure qu'ils s'éloignent de la falaise, à l'exception, là encore des distances 70 et 80 m. Ceci semble indiquer que la déposition éolienne du dépôt s'effectue bien selon une orientation SO-NE suivant la direction principale des vents dans la vallée.

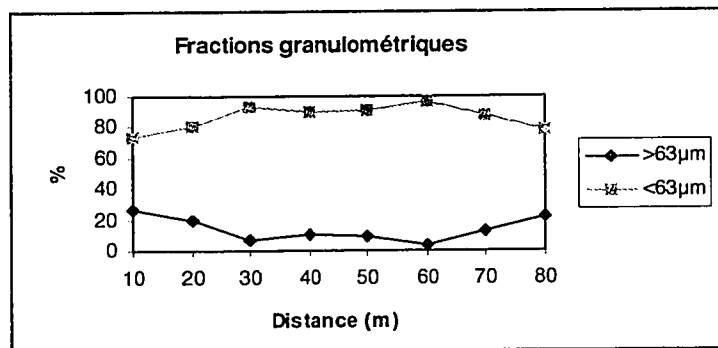
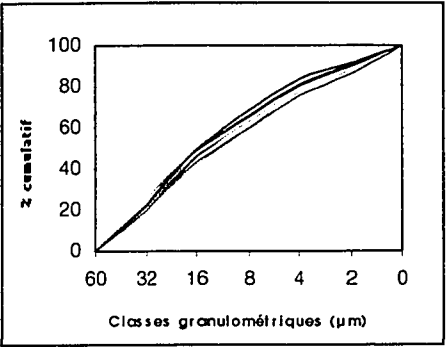


Figure 5.6 Évolution des fractions supérieures et inférieures à $63\ \mu\text{m}$ dans les sédiments échantillonnés pour la sédimentation éolienne en fonction la distance.

A.



B.

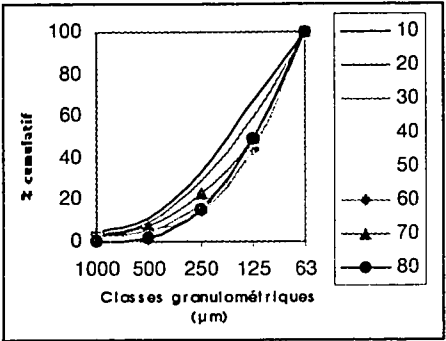
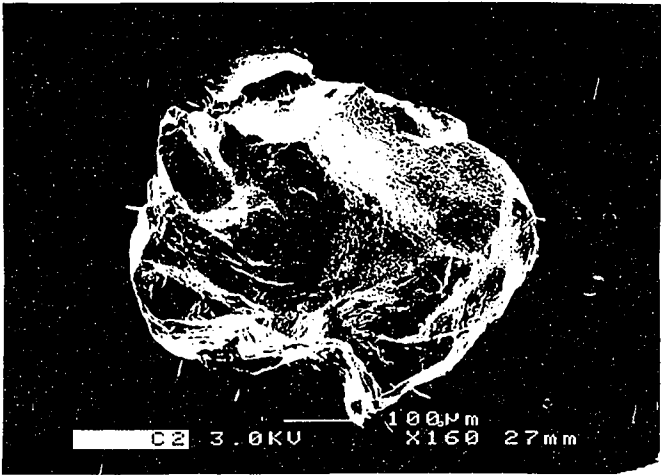


Figure 5.7 Courbes granulométriques cumulatives des fractions fine (A) et grossière (B) de la sédimentation éolienne de la Coupe 330 en fonction de la distance.

5.4 La morphologie des grains de quartz

A.





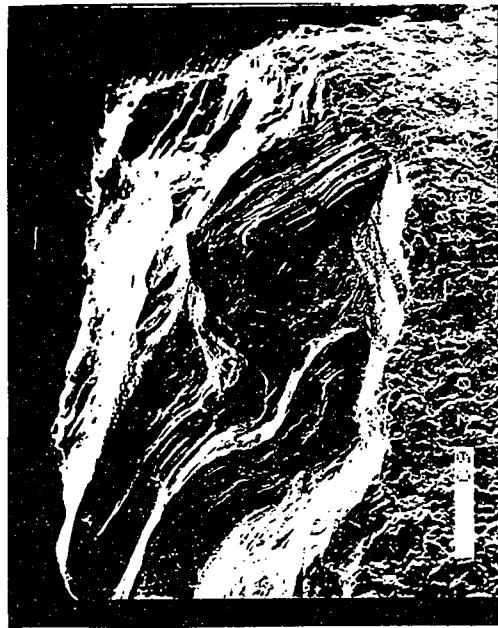
B.



D.

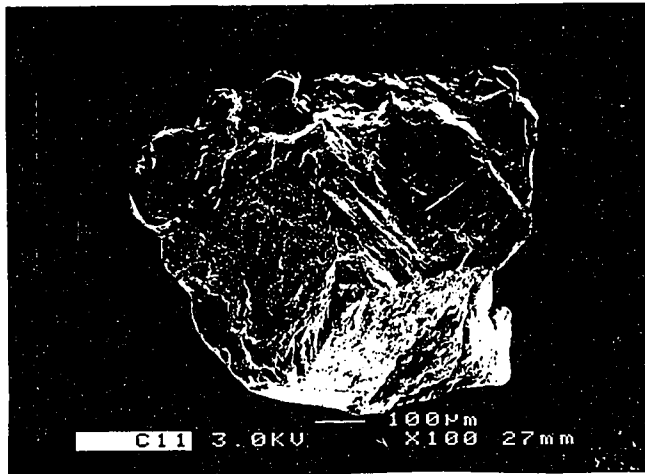


C.



E.

F.



G.

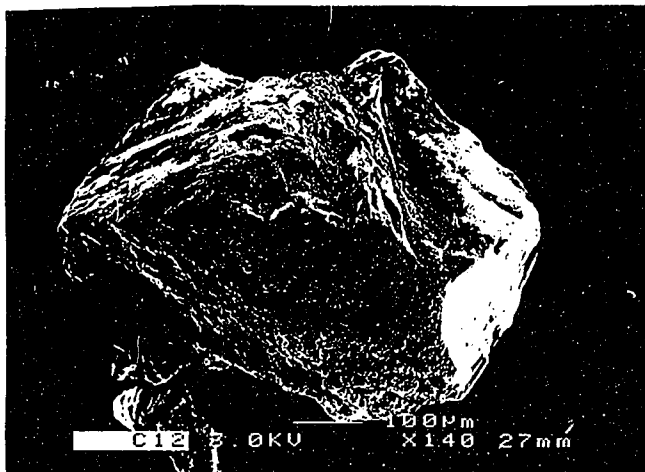


Photo 5.2 A) Quartz sub-anguleux avec fracture conchoïdale ; B) Quartz anguleux non-usé avec contours francs ; C) Marques de cisaillement en gradins; D) Grain fortement altéré avec cupules et marques de choc à gradient de polissage; E) Grain avec traces de frottement; F) Grain sub-anguleux avec marques de choc; G) Quartz portant une épaisse pellicule de silice;

Deux niveaux de la coupe ont été échantillonnés, soit la base du dépôt (0 à 38 cm), dans la boîte 1 (figure 5.1) et le milieu, dans la boîte 6 (300 à 338 cm). Les photos ont révélé, de façon générale, pour la base, des grains sub-anguleux (photo5.2 A) à anguleux (photo5.2 B) avec des contours francs, indice d'une faible évolution texturale. Des traces de chocs telles les cassures conchoïdales (photo5.2 A), des cupules (photo5.2 D) et des marques de cisaillement en gradins (photo5.2 C) ou de choc à gradient de polissage (photo5.2 D) sont présentes et prouvent l'éroussé éolien du grain. Certaines surfaces de grains montrent une dissolution partielle sous forme de coulée silicieuse (photo5.2 A) ou une forte altération (photo5.2 D), indice d'une immobilisation du grain.

Les grains provenant du milieu de la coupe, montre une évolution plus complexe avec contours éroussés. Les traces de frottement sont toujours présents (photo5.2 E) mais les grains sont sub-anguleux (photo5.2 F) à sub-arrondis. Les grains sont plus altérés que ceux se trouvant à la base et recouvert de dépôts silicieux (photo5.2 G) qui traduisent une immobilisation dans un horizon pédologique.

5.5 Analyses géochimiques

Les analyses XRF du tableau 5.2 ne montrent pas de différences très significatives d'une profondeur à l'autre. Le taux de SiO_2 est en moyenne de 42%, celui de Al_2O_3 de 8%, de Fe_2O_3 de 4%, de CaO de 11% et de p.a.f de 27%; leur proportion demeurant relativement constante à travers le dépôt. Dans le détail, il est possible de distinguer quelques variations, notamment entre les niveaux de 1090 et 1110 cm où la teneur en SiO_2 diminue, de même que Al_2O_3 et Fe_2O_3 , alors que CaO et p.a.f. augmentent.

Tableau 5.2 Résultats des analyses géochimiques de la Coupe 330 (%).

Echantillon	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.a.f.
dépôt éolien-1140 cm	42,85	0,515	8,46	5,01	0,201	3,13	10,88	0,02	2,767	0,258	25,6
1120 cm	41,41	0,48	8,17	4,7	0,193	3,05	10,99	0,03	2,668	0,258	27,8
1110 cm	34,09	0,42	7,04	4,05	0,18	3,2	12,99	0,01	2,256	0,271	35,2
1090 cm	35,26	0,427	7,26	4,14	0,163	3,28	12,3	0,02	2,334	0,248	34,3
1040 cm	40,47	0,476	8,09	4,78	0,2	3,14	10,31	0,01	2,635	0,271	29,3
335 cm	43,63	0,501	8,34	5,14	0,212	3,18	10,48	0,01	2,771	0,257	25,2
225 cm	46,59	0,527	9,04	4,17	0,167	2,9	8,63	0,01	3,002	0,249	24,4
50 cm	42,01	0,52	8,85	4,07	0,17	2,67	11,75	0,07	2,871	0,228	26,5
20 cm	47,71	0,539	8,53	4,05	0,118	3,84	10,33	0,31	2,365	0,196	21,7
0 cm	46,45	0,531	8,58	4,07	0,129	3,98	10,65	0,56	2,182	0,203	22,4
moyenne:	42,05	0,49	8,24	4,42	0,17	3,24	10,93	0,11	2,59	0,24	27,24

La combustion au four qui permet de connaître la teneur en matière organique (figure 5.3), met en évidence un accroissement de celle-ci au-dessus de 1000 cm. Alors que de 0 à 335 cm, elle reste voisine de 15%, au-delà, elle varie entre 20 et 25%. De 1120 à 1140 cm, on note une diminution de la teneur en matière organique, corrélative à un accroissement des carbonates. Ceux-ci sont également importants entre 205 et 245 cm (15%).

Les résultats de la mesure de la susceptibilité magnétique (figure 5.3) divise le dépôt éolien en trois parties. Adjacents à la terrasse fluvatile, les premiers niveaux (0 à 40 cm) présentent une forte susceptibilité magnétique avec un signal initial de 37,5 cgs au contact avec les sédiments fluviatiles contenant des minéraux ferromagnétiques. La deuxième section montre un niveau très bas de susceptibilité magnétique jusqu'à 334 cm où la valeur augmente à 12,1 cgs. Le signal demeure relativement constant de 1000 à 1145 cm avec une susceptibilité variant de 16 à 20 cgs avec un pic important à 1112 cm de 169 cgs. Le signal magnétique de 169 cgs correspond à la présence de charbons de bois, ce qui explique la puissance du signal.

5.6 Abondance des mollusques

La présence de carbonates a permis la vie de mollusques. La répartition de ceux-ci se divise en trois sections (figure 5.3). La première partie, la base, montre une présence clairsemée et faible. Une deuxième section, plus dense en mollusques, se développe entre 195 et 335 cm avec un pic vers 200-205 cm (23 mollusques/25 ml), c'est-à-dire vers 9,9 ka B.P. Elle correspond à celui d'une teneur élevée en carbonates (15%). Par la suite, les mollusques terrestres sont présents en petits regroupements clairsemés, entre 1020 et 1035 cm, entre 1085 et 1095 cm, et entre 1125 au sommet de la coupe. Cette augmentation, au sommet, des mollusques et des carbonates est semblable à celle de Jackson Rock Fall. Peut-on observer la même à Caribou Bar ?

5.7 Interprétation

La terrasse fluviale de la Coupe 330 n'a pas été datée, mais pourrait être contemporaine du niveau 3 de Thorson et Dixon (1983). Ils décrivent les sédiments fluviaux associés à ce niveau comme étant grossiers et immatures, indice d'une décharge rapide résultante d'un débordement glaciolacustre. L'épaisseur du dépôt ne dépasse pas un mètre. Thorson et Dixon indiquent également que la décharge a déposé les sédiments sur un niveau qui avait déjà été atteint par une incision antérieure. La terrasse fluviale de la Coupe 330 pourrait dater de 30-35 ka.

Zone A₁ : de 0 à 40 cm, vers 12 ka B.P., le dépôt éolien de la Coupe 330 commence son édification. On a une date de 11640 ± 150 ans B.P. à 38 cm de la base. L'accumulation éolienne aurait été facilitée par l'apparition de la végétation vers cette époque. Ces conditions se remarquent par des concentrations significatives en matière organique (12%). Les mollusques sont peu présents. La susceptibilité magnétique est élevée (37,5 cgs) à cause des minéraux ferromagnétiques contenus dans les sédiments fluviaux. Le matériel sédimentaire supérieur à 63 µm est modérément classé et correspond à un sable très fin, la médiane étant, en moyenne de

106 μm . La granulométrie fine indique une médiane correspondant à un silt moyen (18,53 μm).

Zone A₂ : de 40 à 70 cm, entre 11,5 et 10,5 ka B.P., les teneurs en matière organique (13,5%) et en carbonates (12,5%) diminuent alors que la médiane de la granulométrie grossière correspond à un sable fin (180 μm) et que la fraction >500 μm varie de 10 à 18%. Le matériel granulométrique de la fraction grossière est pauvrement classé.

Zone B : de 195 à 275 cm, soit entre 10,5 et 8,2 ka B.P., on observe un matériel sombre, très compact et pauvre en macro-restes végétaux. À cette époque existe un climat très chaud. À 205 cm (9930 $\pm$ 90 ans B.P.), les schistes de la falaise érodée par la rivière, deviennent de plus en plus importants dans le processus de sédimentation éolienne. Ceci est visible par un changement dans la distribution des granulométries fine et grossière au-dessus de 195 cm et par une présence importante des carbonates (15%). La fraction grossière supérieure à 500 μm montre une forte augmentation de la grosseur des grains avec un pic de 16% à 205 cm, de même que la médiane granulométrique grossière (223 μm), avec un maximum à 205 cm de 250 μm . Ceci démontre une activité éolienne importante. Les mollusques sont présents en grande quantité et la matière organique augmente légèrement (15%).

Zone C₁ : de 275 à 305 cm, entre 8,2 et 5 ka B.P. Cet épisode correspond à une période de faible accumulation éolienne. La teneur en carbonates augmente à 10% et l'abondance en mollusques demeure à 7 mollusques/25 ml. Les mollusques sont totalement absents entre 300 et 305 cm. Les sédiments >63 μm (sables) redeviennent plus présents passant de 15 à 20% et sont en général modérément classés. La médiane des grains grossiers est de 0,153 mm et celle des grains fins est, en moyenne, de 18,61 μm , correspondant à un silt moyen.

Zone C₂ : de 305 à 335 cm, entre 5 et 2,9 ka B.P. La teneur en carbonates augmente à 15% et l'abondance en mollusques augmente jusqu'à 15 mollusques/25 ml à 320 cm. La fraction des grains grossiers >500 µm atteint 10%. Les niveaux 325 et 335 cm ont un classement des grains grossiers pauvres.

Zone D : de 1000 cm au sommet, c'est à dire de 2,9 ka B.P. à aujourd'hui, la teneur en matière organique est importante (21%) bien qu'elle fluctue jusqu'au sommet. Un pic de susceptibilité magnétique est présent vers 1100 cm (169 cgs), trahissant la présence d'un feu et donc de conditions sèches. La teneur en carbonates, relativement stable à 10% jusqu'à 1110 cm, augmente de 1120 cm au sommet comme l'abondance en mollusques (5-10 mollusques/25 ml). La médiane de la granulométrie grossière augmente vers le sommet d'une façon relativement constante, de 120 à 165 µm, et le classement est modéré. La médiane fine diminue en général vers le sommet, de 18 à 15 µm.

5.8 Conclusion

Le résultat le plus significatif de l'étude de cette coupe est le changement qui s'opère entre 255 et 275 cm. En deçà, la fraction supérieure à 500 µm peut représenter plus de 20% du matériel, alors qu'au-dessus de 275 cm leur proportion est inférieure à 10%. Le changement paraît s'être produit vers 8,5 ka B.P. Le taux d'accumulation entre 8,2 et 2,9 ka B.P. est également impressionnant. S'agit-il d'une discontinuité ou d'une sédimentation faible pendant cette période. Ce même phénomène a été noté à Jackson Rock Fall, entre 9,5 et 4,6 ka B.P. (170 à 220 cm).

L'autre phénomène intéressant est l'accroissement de teneur en carbonates entre 1115 et 1150 cm (surface), que nous avons aussi observé à Jackson Rock Fall et qui s'est produit pendant les derniers siècles, mais dont la cause n'est pas déterminée.

Chapitre VI

CARIBOU BAR

6.1 Description générale

Le site de Caribou Bar ($67^{\circ} 28' 21''$ N, $140^{\circ} 34' 22''$ O) se situe à l'entrée des *Ramparts* de la rivière Porcupine (figure 4.1). Le dépôt éolien lui-même se trouve 80 m au-dessus du ruisseau Caribou Bar, à la jonction de la rivière Porcupine. Deux mètres de sédiments éoliens se sont édifiés sur une falaise de schiste dont le sommet est à 308 m d'altitude (figure 4.2). Entre le dépôt éolien et le schiste, une terrasse fluviale d'une épaisseur de 3 m est présente, témoin de la dernière vidange fluvio-glaciaire survenue dans la région (photo 6.1).



Photo 6.1 Le site de Caribou Bar.

Le sable fluviatile qui repose sur la falaise de schiste a été daté par thermoluminescence à 15 ka B.P. (laboratoire LUX de l'UQAM). Ross (1997) a indiqué que le matériel fluviatile était composé à 84% de quartzite, grès, siltstone et argilite, de 11% de feldspaths et granite, de 4% de quartz et de 1% de mafique (figure 4.3). Comme à Jackson Rock Fall, le schiste est absent de la terrasse fluviatile.

Le dépôt éolien mesure 2 m d'épaisseur et a été échantillonné sur toute sa hauteur (figure 6.1). L'accumulation éolienne se compose du schiste provenant du substrat rocheux ainsi que des sédiments fluviatiles. La présence de carbonates dans les schistes a permis la croissance de mollusques terrestres. La coupe que nous avons dégagée à Caribou Bar expose les différentes structures du dépôt éolien (photo 6.2). À la base du dépôt, on a une coupure nette entre les sédiments de la terrasse fluviatile (3 à 4 cm) et le dépôt éolien. Une zone noire, très organique, se démarque entre 5 et 20 cm, de même que deux minces couches cryoturbées, composées de matière organique. L'une se trouve vers 35 cm et l'autre vers 45 cm. À 135 cm de la base du dépôt éolien, on trouve une couche de sable mince (4 cm d'épaisseur).

Au sommet de la coupe de Caribou Bar, des troncs d'arbre morts sont allongés sur le sol, selon une trajectoire SO-NE principalement. Celle-ci traduit la direction selon laquelle les vents frappent la falaise (sud-ouest). La végétation environnante (figure 4.5 E) est composée d'une majorité d'épinettes noires (*Picea mariana*) et de saules (*Salix sp.*), de plusieurs aulnes (*Alnus crispa*) et de bouleaux (*Betula glandulosa*). Le sol est recouvert de lichens (*Cladonia* et *Cladina*), de mousses (*Sphagnum*) et d'herbacées.

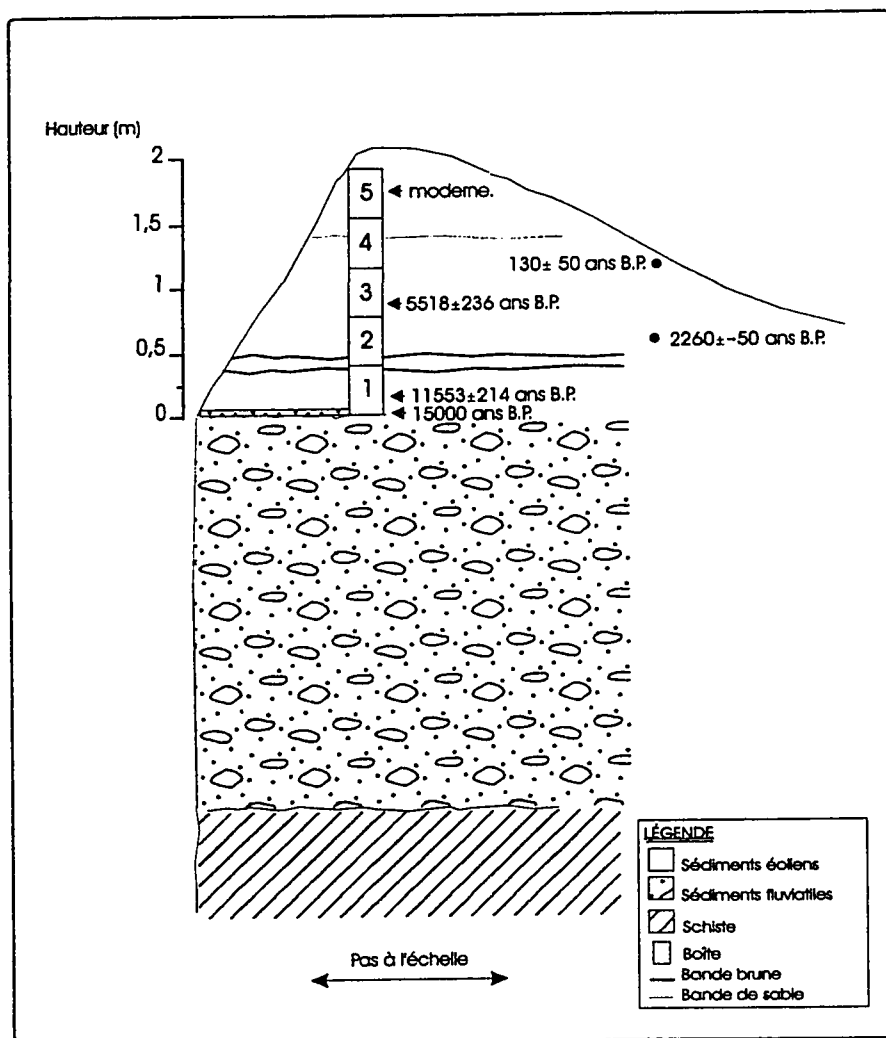


Figure 6.1 Stratigraphie du dépôt éolien de Caribou Bar.

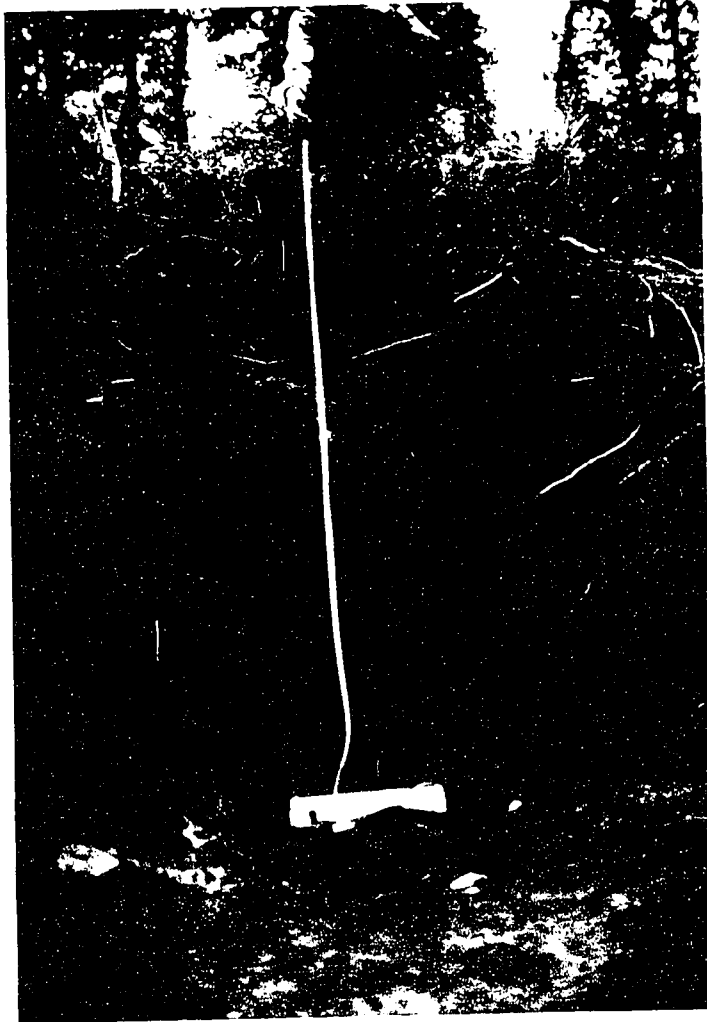


Photo 6.2 La coupe de Caribou Bar

6.2 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation

Un âge de 15 ka B.P. a été obtenu sur le sable fluvial intercalé entre le gravier et le dépôt schisteux éolien (figure 6.1). Immédiatement au-dessus, on a un âge de $11\,553 \pm 214$ ans B.P. (UQ-2100). Ce résultat pourrait indiquer que les sédiments éoliens ont commencé à s'accumuler vers 12 ka B.P., quand les glaces laurentiennes ont fini de libérer la vallée du Mackenzie. À 90 cm, le résultat de la datation radio-carbone a été de 5518 ± 236 ans B.P. (UQ-2101) ; À 175 cm, on a eu un âge moderne (TO-7010). Deux autres dates ont été effectuées sur de la matière organique prélevée à 20 m de la coupe, en milieu forestier. Tout d'abord, à 10 cm de la surface, on a un âge de 130 ± 50 ans B.P. (TO-7006) et à 78 cm de la surface, un âge de 2260 ± 60 ans B.P. (TO-7014).

Ces dates permettent de calculer un taux de sédimentation, représentant l'accumulation de sédiments éoliens et de matière organique. Environ 75 cm de sédiments minéral et organique se sont accumulés entre 11 553 et 5518 ans B.P., soit un taux moyen de 12,5 mm/100 ans. En milieu forestier, entre 2260 et 130 ans B.P., le taux de sédimentation a été d'environ 30 mm/100 ans sur une profondeur de 68 cm.

6.3 La granulométrie

La figure 6.2 indique la proportion des fractions supérieure et inférieure à $63\mu\text{m}$ dans les sédiments échantillonnés. La granulométrie grossière ($>63\mu\text{m}$), soit les sables, représente entre 16 et 57% de la granulométrie totale. Le maximum est atteint à 135 cm. Quant à la fraction fine ($<63\mu\text{m}$), silts et argiles, elle représente entre 43 et 84%. Ces résultats indiquent que le dépôt éolien de Caribou Bar est, en majorité, composé de grains fins inférieurs à $63\mu\text{m}$. On constate, également que plus on se rapproche du sommet, plus l'écart entre la fraction grossière et la fraction fine diminue.

Granulométrie grossière

La figure 6.2 présente l'évolution de la taille médiane des grains grossiers. Celle-ci correspond, de façon générale, à un sable fin (120 à 265 μm). Alors que la base correspond à un sable moyen (230 à 265 μm), à partir de 35 cm, la médiane grossière diminue et demeure relativement constante jusqu'au sommet, entre 125 et 170 μm .

La fraction supérieure à 500 μm ¹ de la granulométrie grossière de Caribou Bar (figure 6.2) présente le même phénomène. On note un premier pic à la base, vers 15 cm, où 16% du matériel est supérieur à 500 μm , puis à 65 cm, un second pic est visible avec 6% de sédiments supérieur à 500 μm .

La figure 6.3 présente les courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière (>63 μm), la première partie du S. La majeure partie de ces courbes sont concaves (gris pâle). En incluant les sédiments inférieurs à 63 μm , la distribution granulométrique aurait un profil sigmoïdal. La section entre 1000 et 250 μm représente jusqu'à 35% du matériel grossier (courbes gris pâle). Ceci signifie tout de même que 65% du matériel grossier se trouve entre 250 et 63 μm , correspondant à un sable très fin. Deux tendances granulométriques se démarquent. À la base de la coupe (0-25 cm), les courbes sont rectilignes (gris foncé), alors que la majorité du dépôt à une distribution concave, trahissant une granulométrie plus fine. Vers le sommet (175 cm), elles montrent une forme sigmoïdale (noir) avec un mode plus grossier que les niveaux entre 35 et 165 cm. La majorité des sédiments ont un mode entre 63 et 125 μm (sable très fin) allant de 30 à 50% de la granulométrie grossière. Les autres niveaux (105, 135, 155 et 175 cm) ont un mode entre 125 et 250 μm , de sable fin, allant de 42 à 66%.

¹La fraction supérieure à 500 μm a été déterminée par rapport à la granulométrie grossière (>63 μm) seulement, et non selon la granulométrie totale.

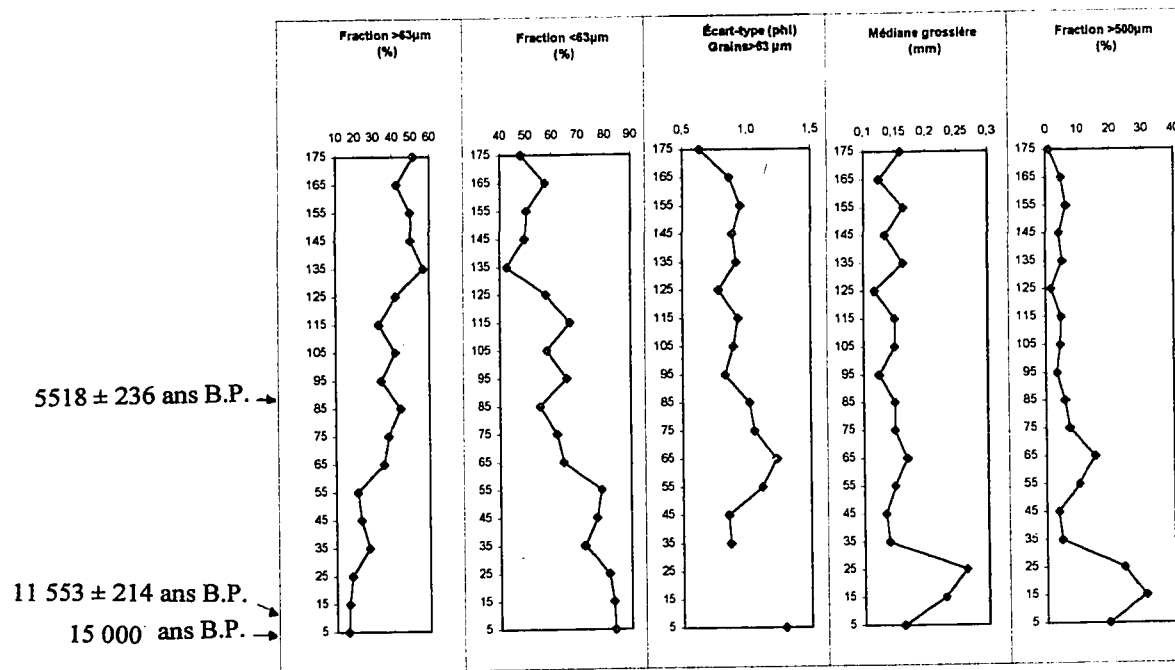
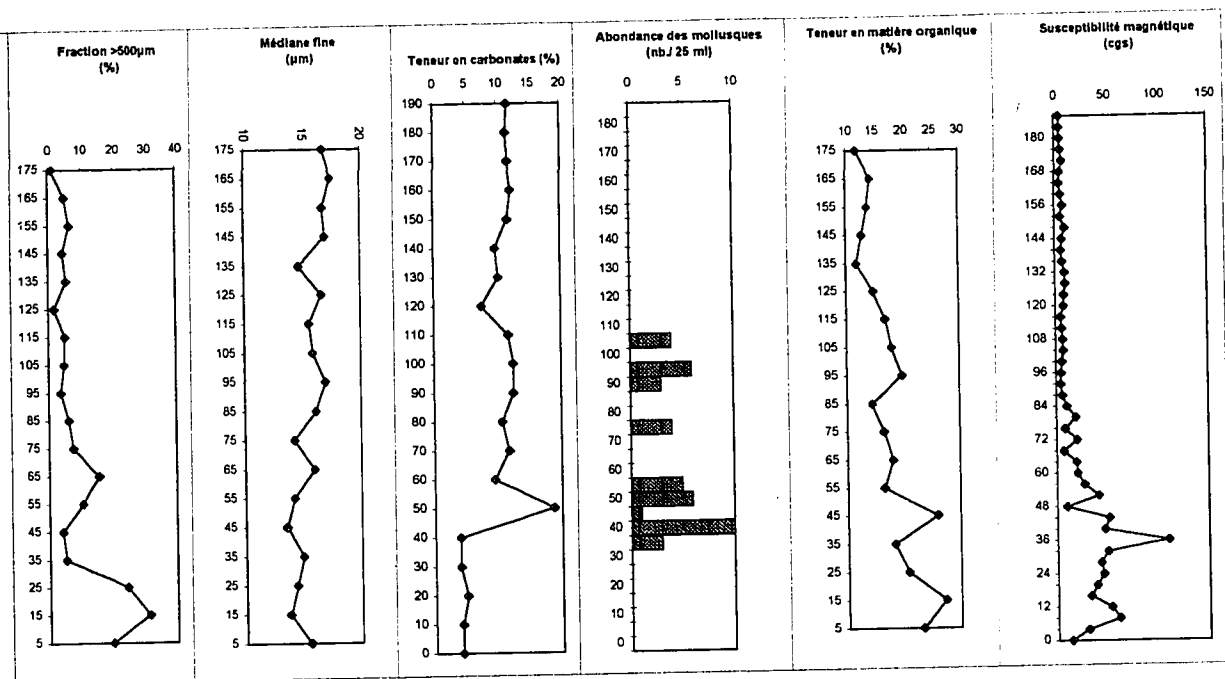


Figure 6.2 Analyses granulométriques



granulométriques et géochimiques réalisées à Caribou Bar.

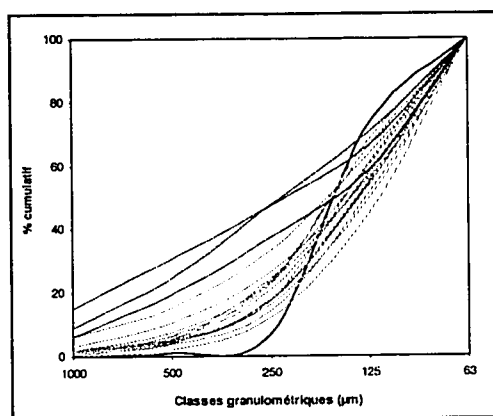


Figure 6.3 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt de Caribou Bar.

Tableau 6.1 Écarts-types et classement de la granulométrie grossière de Caribou Bar.

Hauteur (cm)	Écart-type (phi)	Classement de Folk et Ward (1957)
175	0,638	Modérément bien classé
165	0,864	Modérément classé
155	0,950	Modérément classé
145	0,892	Modérément classé
135	0,919	Modérément classé
125	0,781	Modérément classé
115	0,932	Modérément classé
105	0,894	Modérément classé
95	0,829	Modérément classé
85	1,020	Pauvrement classé
75	1,058	Pauvrement classé
65	1,233	Pauvrement classé
55	1,120	Pauvrement classé
45	0,854	Modérément classé
35	0,869	Modérément classé
25	n.d	n.d
15	n.d	n.d
5	1,296	Pauvrement classé

Le tableau 6.1 montre les résultats de l'écart-type du matériel grossier en phi et des termes de classement de Folk et Ward (1957) associés. L'écart-type varie entre 0,638 et 1,296. La majorité du matériel est modérément classé. La base, ainsi que les niveaux 55 à 85 cm sont pauvrement classés. La courbe des écarts-types du matériel grossier est présentée à la figure 6.2. Elle fait ressortir les niveaux 55 à 85 cm qui ont un écart-type supérieur à 1.

Comptage des grains de quartz

Le comptage visuel des grains de quartz (figure 6.4) a été effectué sur 1 g de matériel à tous les cm, lorsque cela était possible. La proportion, en fonction du poids, de la fraction $>500\text{ }\mu\text{m}$, selon le matériel total, n'a pas été mesuré. Ceci explique pourquoi les résultats obtenus sont différents de ceux présentés à la figure 6.2, d'autant plus que seuls les grains de quartz ont été considérés comparativement au matériel total dans le cas de la figure 6.2. Le comptage visuel des grains de quartz a mis en relief le niveau 135-137 cm qui indique une quantité importante de grains de quartz de dimension supérieure à $500\text{ }\mu\text{m}$. Ce pic n'apparaît pas sur la courbe de la fraction $>500\text{ }\mu\text{m}$ de la figure 6.2 qui ne tient compte que des proportions. Si, à la figure 6.4, on tenait compte de la proportion de la fraction supérieure à $500\text{ }\mu\text{m}$ sur 1 g, ce pic n'apparaîtrait pas. Le nombre de grains a également été compté pour la fraction entre 350 et $500\text{ }\mu\text{m}$; il est de 521 sur un total de 620 grains de quartz comptés alors que la fraction $>500\text{ }\mu\text{m}$ n'est que de 99 grains sur un total de 620 ; ceci ne fait que 16%. Le véritable intérêt de ce comptage est de mettre en valeur des marqueurs environnementaux, dans ce cas-ci, un niveau où un apport important en grains de quartz se manifeste. La figure 6.4 indique 2 périodes d'accumulation marquées de grains de quartz, soit une vers 65 cm, entre 10 et 5,5 ka, et l'autre vers 135 cm, après 5,5 ka qui se découpe très nettement dans le dépôt éolien (photo 6.1).

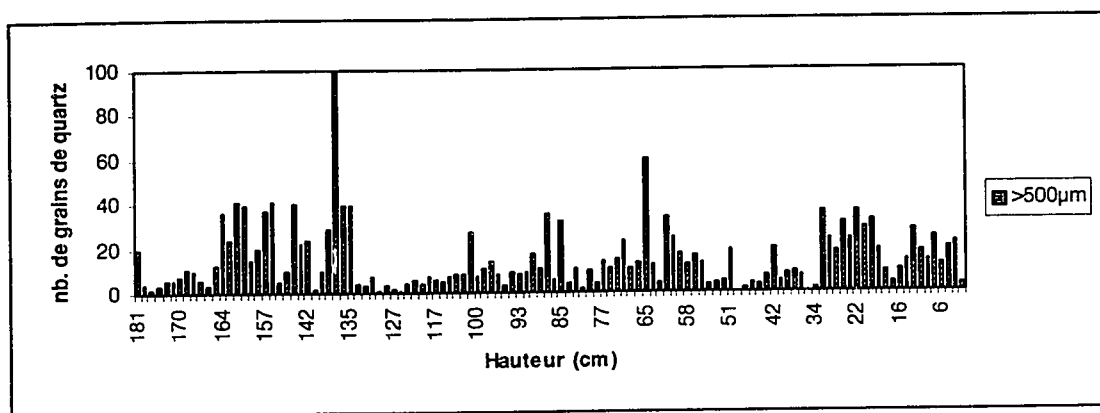


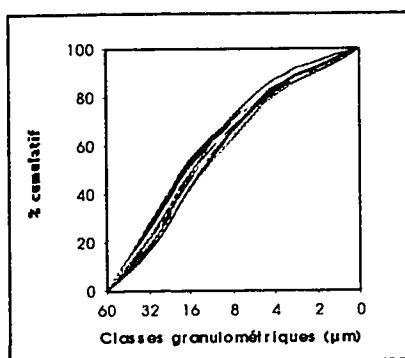
Figure 6.4 Comptage des grains de quartz supérieur à 500 μm dans 1 g de sédiment.

Granulométrie fine

Le matériel inférieur à 63 μm , correspondant aux silts et argiles, représente la partie supérieure de la courbe cumulative sigmoïdale ou en S. Les courbes cumulatives de l'analyse granulométrique indiquent que la fraction fine (<63 μm) est relativement homogène sur l'ensemble du dépôt éolien (figure 6.5 A). Cependant quelques différences sont présentes dans la distribution granulométrique (6.5 B). Un premier regroupement englobe la base, de 5 à 25 cm (noir), indiquant un mode important entre 16 et 32 μm , de 25 à 30% de la granulométrie des grains grossiers. Une deuxième partie comprend les niveaux de 35 à 75 cm (gris pâle). Le dernier comporte les niveaux 85 à 175 cm (gris foncé). Les deux derniers groupes ont une portion importante de grains entre 16 et 32 μm .

Le dépôt éolien de Caribou Bar possède une taille médiane des grains fins (figure 6.2) correspondant à un silt fin à moyen (13,47 à 17,51 μm). Celle-ci tend à augmenter vers le sommet du dépôt. Quatre niveaux se démarquent légèrement de la tendance générale par des médianes plus fines, soit 15 cm (13,72 μm), 45 cm (13,47 μm), 75 cm (14,2 μm) et 135 cm (14,65 μm).

A.



B.

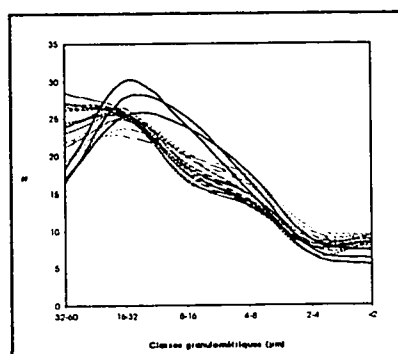


Figure 6.5 Granulométrie fine du dépôt éolien de Caribou Bar ; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains ; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

6.4 Analyses géochimiques

Les analyses XRF du tableau 6.2 ne montrent pas de différences significatives d'une profondeur à l'autre. Le taux de SiO_2 est en moyenne de 52%. La silice retrouvée dans le dépôt éolien provient principalement de la terrasse fluviatile sous-jacente qui comprend 80% de SiO_2 . Le tableau 6.2 indique, également, une concentration significative en oxyde ferreux (4%) et en oxyde d'aluminium (9,43%). Lorsqu'on compare les teneurs en Al_2O_3 et en Fe_2O_3 du dépôt éolien avec celles de la terrasse fluviatile sous-jacente, on remarque que la concentration en aluminium est similaire dans les deux cas alors que celle en fer ne l'est pas. Le fer est donc le produit d'une pédogénèse. Les oxydes de manganèse, de titanium, de sodium et de phosphore ne sont présents que sous forme de trace.

Tableau 6.2 Résultats des analyses géochimiques de Caribou Bar (%).

Echantillon	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.s.f.
dépôt éolien-180cm	47,64	0,538	9,77	4,16	0,076	2,49	7,74	0,05	3,607	0,113	23,6
150 cm	46,73	0,505	9,35	3,84	0,08	2,57	8,36	0,1	3,476	0,114	24,6
80 cm	46,08	0,508	9,3	4,08	0,087	2,07	8,09	0,08	3,309	0,116	26
50 cm	40,59	0,492	8,53	3,91	0,056	1,13	12,26	0,05	2,849	0,071	29,8
45 cm	59,09	0,599	10,2	4,86	0,085	1,08	2,09	0,5	2,909	0,11	18,2
30 cm	53,85	0,542	9,29	4,45	0,081	1,07	2,78	0,4	2,746	0,108	24,4
10 cm	47,51	0,535	8,89	4,7	0,128	1,25	3,76	0,32	2,659	0,151	29,9
0 cm	76,94	0,245	10,1	2,06	0,039	0,42	0,6	1,13	4,619	0,062	3,6
moyenne	52,30	0,496	9,43	4,01	0,079	1,51	5,71	0,33	3,272	0,106	22,5
terrasse fluviale	80,35	0,142	9,29	1,68	0,028	0,29	0,45	0,92	4,723	0,037	2

L'oxyde de calcium est presque complètement absent de la terrasse fluviale (0,45%), alors qu'elle représente, en moyenne, 5,71% du dépôt éolien. Une nette distinction apparaît à 50 cm où la teneur en CaO devient considérable (12%), en deçà, elle est faible (2-3%) et au-delà, elle diminue progressivement vers le sommet tout en demeurant importante. L'origine du CaO se trouve dans le schiste sous-jacent dont on a présenté une analyse dans le tableau 4.2.

La perte au feu obtenue par XRF représente le carbone (C) organique et minéral. Elle est importante tout le long de la coupe (18 à 30%). En faisant la perte au feu au four, on a réussi à trouver la proportion de matière organique dans le sédiment. Les résultats (figure 6.2) montrent, de façon générale, une diminution de la base (28%) au sommet (11%). Deux niveaux se démarquent par une concentration élevée, soit 5-15 cm avec 27% et 45 cm avec 25%. En faisant une analyse chittick, on a obtenu la teneur en carbonates. Celle-ci atteint un pic à 50 cm (19%) ; en dessous, elle est faible (5%) et au-delà, elle demeure autour de 10%. Si l'on joint les teneurs en matière organique et en carbonates de la figure 6.2, on remarque que la proportion totale est importante, par exemple à 50 cm on a 32%, se compare assez bien avec 42% obtenu par XRF.

L'analyse de la susceptibilité magnétique (figure 6.2) divise la coupe en deux sections. La première, de la base à 88 cm, montre une sensibilité magnétique importante par rapport à la deuxième partie (88 cm à

la surface). Adjacente à la terrasse fluviatile, les premiers niveaux du dépôt éolien (0 à 16 cm) présentent une forte susceptibilité magnétique avec un pic de 61,2 cgs à 8 cm sensible aux minéraux ferromagnétiques contenus dans les sédiments originaires de la terrasse fluviatile. Un second signal se manifeste à 36 cm. À cette hauteur, correspond une bande brune dont la susceptibilité magnétique atteint 110,6. La présence de charbons de bois observés à cet endroit, laisse supposer que la couleur brune pourrait résulter d'un paléosol forestier. La deuxième section de la coupe (88 cm au sommet) est uniformément faible, les valeurs ne dépassant pas 10 cgs.

6.5 Abondance des mollusques

L'abondance des mollusques par volume de 25 ml varie entre 0 et 10. De 35 à 55 cm, ils sont abondants avec un pic à 40 cm de 10 mollusques/25 ml. Ils réapparaissent brièvement vers 75 cm (4 mollusques/25 ml) et sont presque continuellement présents de 90 à 105 cm (3 à 6 mollusques/ 25 ml). À partir de 110 cm, ils sont absents. Ceci est curieux puisque à Jackson Rock Fall et à la Coupe 330, les mollusques sont présents. Deux différences sont notables : il n'y a pas d'augmentation en carbonates près de la surface et la teneur en matière organique diminue vers le sommet.

Des échantillons ont été prélevés dans deux boîtes en milieu forestier, à Jackson Rock Fall et à Caribou Bar. À Jackson Rock Fall, le site se situait à 32 m de la coupe et à Caribou Bar, à 20 m. Lorsqu'on compare la teneur en CaCO_3 des deux sites (figure 6.6), on remarque un accroissement similaire vers le sommet, dans les deux cas. À 63,5 cm de la surface, la teneur en carbonates à Caribou Bar passe de 10,9%, ce qui correspond à la teneur observée dans les 70 derniers centimètres de la coupe, à 22,5% en surface. Il est surprenant de noter qu'en milieu forestier, la concentration en carbonates est aussi importante à Caribou Bar qu'à Jackson Rock Fall, alors que près de la falaise, à Caribou Bar, elle demeure à 11%.

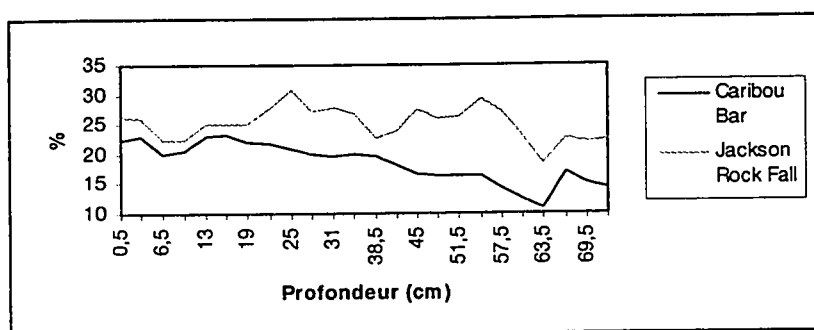


Figure 6.6 Comparaison de la teneur en CaCO_3 entre les sites de Caribou Bar et de Jackson Rock Fall.

On pourrait croire que la présence de mollusques est directement fonction du taux de carbonates et que celui-ci n'est pas suffisant, dans le haut de la coupe de Caribou Bar, pour le développement des mollusques. Seulement, la figure 6.7, qui met en relation la teneur en carbonates et l'abondance en mollusques, indique que le développement des mollusques ne dépend pas seulement de la teneur en carbonates. Là où la quantité de mollusques est importante, on remarque que la teneur en carbonates est plus faible. La différence la plus marquée entre le dépôt éolien de la coupe de Caribou Bar et celui en milieu forestier est que dans ce dernier, la quantité de matière organique et l'humidité sont suffisamment importantes pour favoriser la croissance des mollusques, même au sommet.

En fait, les mollusques sont des organismes qui ont besoin d'un micro-climat favorable à leur développement ; celui-ci dépend des teneurs en humidité, en carbonates et en matière organique contenues dans le sol. Dans ce cas-ci, il s'agit d'un milieu forestier où la matière organique est abondante et le milieu humide. Près du sommet de la coupe de Caribou Bar, la teneur en carbonates n'est pas présente en grande quantité et la teneur en matière organique diminue. La coupe à flanc de falaise profite de conditions sèches où la végétation est pauvre comparativement à Jackson Rock Fall et à la Coupe 330 où la forêt débute près de la falaise.

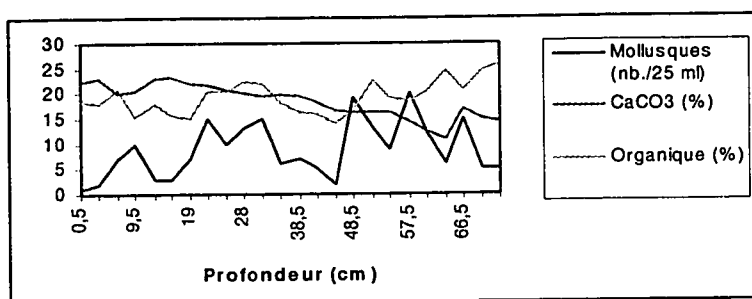


Figure 6.7 Relation entre les teneurs en CaCO_3 et en matière organique et la présence de mollusques en milieu forestier.

6.6 Interprétation

Zone A : de 0 à 5 cm, il y a présence de sable fluvial ou éolien dérivé de la terrasse fluviale. Les schistes sont absents, car la rivière coule au niveau du gravier. Le sable a été daté par thermoluminescence à 15 ka B.P.

Zone B : de 5 à 35 cm, le dépôt éolien commence son édification. On a une date de $11\,553 \pm 214$ ans B.P. vers 15 cm. La teneur en carbonates est faible (5%) et les mollusques sont absents. La susceptibilité magnétique est élevée (60 cgs) et la matière organique abondante. La médiane de la granulométrie fine est faible (en moyenne $14,63\ \mu\text{m}$). La distribution de la granulométrie grossière est pauvrement classée alors que sa médiane augmente significativement pendant cet épisode ($200\ \mu\text{m}$ à 25 cm). La présence de la fraction supérieure à $500\ \mu\text{m}$ est importante (31% à 15 cm). C'est entre 11 et 10,7 ka que Bigelow et al. (1990) mentionnent avoir constaté des changements dans l'intensité éolienne marqués par une augmentation dans la grosseur des grains dans des dépôts éoliens le long de la Rivière Nenana au centre de l'Alaska, correspondant au Dryas récent. Les conditions semblent semblables à celles retrouvées ici.

Zone C₁ : de 35 à 75 cm. On note un changement dans la distribution des granulométries fine et grossière vers 35 cm et une augmentation importante des carbonates à 50 cm (20%) et de la matière organique à 45 cm

(25%). De 35 à 45 cm, un paléosol avec traces d'incendie se forme. Le signal magnétique émis par les charbons est important (110 cgs). Les mollusques sont présents jusqu'à 55 cm avec 10 mollusques/25 ml à 40 cm. La médiane des grains grossiers (140 μm) correspond à un sable fin et celle des grains fins (14 μm) à un silt fin. On retrouve un pic de 15% des grains grossiers supérieurs à 500 μm à 65 cm. Le classement granulométrique grossier est modérément classé de 35 à 45 cm et pauvre de 55 à 85 cm.

Zone C₂ : de 75 à 90 cm, le signal magnétique diminue progressivement de 10,2 à 6 cgs et la teneur en matière organique baisse à 12%. Les mollusques reviennent brièvement vers 75 cm avec 5 mollusques/25 ml.

Zone D₁ : de 90 à 110 cm, de 5,5 à 2,3 ka B.P., la teneur en matière organique redevient importante (22% à 95 cm) mais diminue progressivement. La susceptibilité magnétique est faible (en moyenne 6 cgs). On a un âge radiocarbone de 5518 ± 120 ans B.P. à 90 cm de la base. Les mollusques réapparaissent jusqu'à 110 cm (2260 ± 60 ans B.P.), indiquant des conditions humides, à l'exception du niveau 100 cm où ils sont absents.

Zone D₂ : de 110 cm (2,3 ka) jusqu'au sommet, le classement de la fraction grossière est modéré. La médiane fine diminue à 135 cm à 14,65 μm . À ce niveau, on retrouve un pic de grains de quartz à la figure 6.4 et la proportion supérieure >63 μm atteint presque 60% (figure 6.2). Au-dessus de 135 cm, les médianes grossière et fine fluctuent jusqu'au sommet, la médiane fine augmentant à 16,76 μm (silt moyen) à 175 cm.

6.7 Conclusion

Les résultats des changements dans la dimension des grains sont probablement les plus significatifs. Nous nous demandons par exemple si l'on pouvait mettre en évidence le Dryas récent, par un accroissement de la taille des grains. En observant la figure 6.2, on note que la médiane grossière devient importante vers 25 cm. Ce niveau pourrait se situer au Dryas récent puisque l'on a un âge de 11,5 ka à 15 cm de la base. La

baisse dans la taille des grains de 500 μm qui se produit entre 35 et 45 cm, lors de la formation d'un paléosol, pourrait être plus significative d'un changement dans l'intensité du vent ou les conditions de transport et d'accumulation. Ce niveau se situe vers 10 ka B.P. et pourrait correspondre à l'apparition de la forêt : celle-ci diminuerait l'intensité de l'activité éolienne en fermant le paysage.

Il est intéressant de noter le changement qui s'opère vers 50 cm, dont une augmentation importante en carbonates. En deçà, la fraction supérieure à 500 μm peut représenter plus de 30% du matériel, alors qu'au-dessus de 50 cm sa proportion est inférieure à 15%. Le changement paraît s'être produit vers 8,5 ka B.P. L'autre phénomène intéressant est l'absence de mollusques entre 110 et 175 cm (surface) et la diminution de la matière organique, que nous n'avons pas observé à Jackson Rock Fall et à la Coupe 330. Ceci peut s'expliquer, comme nous l'avons vu par le recul de la limite des arbres de la falaise.

CORRÉLATION ENTRE LES DÉPÔTS ÉOLIENS DE LA RIVIÈRE PORCUPINE

6.8 Les principales étapes

Étape 1 : Formation de la terrasse fluviale de Jackson Rock Fall à 360 m d'altitude, lors d'une inondation, il y a au moins 70 ka B.P. Ce niveau se rattache à celui de Thorson et Dixon (1983), le «Old Valley Stage» (stage 2).

Étape 2 : Formation de la terrasse fluviale de la Coupe 330. Comme mentionné précédemment, celle-ci n'a pas été datée. Elle repose sur un niveau de 330 m qui se rattache au stade 3 des niveaux de Thorson et Dixon (1983), daté entre 30 et 35 ka B.P. De composition granulométrique grossière, cette terrasse semble avoir été produite par un premier déversement fluviale associé à un deuxième épisode d'inondations des plaines d'Old Crow et de Bluefish. L'épaisseur de l'accumulation fluviale est de moins d'un mètre.

Étape 3 : La période très froide du pléniglaciaire (28 à 16 ka) n'a pas favorisé la mise en place d'une végétation assez importante pour fixer les sédiments. Le dépôt éolien de Jackson Rock Fall a commencé son édification sur la terrasse fluviale quelque peu avant 16 ka. La source du matériel consiste en des grains provenant de cette terrasse et des schistes de la falaise. À cette époque, une partie de la falaise sous-jacente (jusqu'au niveau de la terrasse fluviale de la coupe 330) était à découvert et les schistes commençaient lentement leur ascension. Cet épisode correspond à la base de la coupe de Jackson Rock Fall. La zone A, de 0 à 20 cm, est caractérisée par une présence de sable fluviale ou éolien dérivé de la terrasse fluviale, de teneurs en carbonates (12%) et en matière organique (6%) faibles, d'une absence de mollusques et d'une taille médiane des grains grossiers correspondant à un sable fin à grossier et à un silt moyen pour la granulométrie

fine. La zone B, de 20 à 50 cm, est marquée par un accroissement de matière organique, vers 15,9 ka B.P. La médiane grossière (sable très fin) ainsi que la fraction supérieure à 500 µm augmentent alors que la médiane fine diminue mais demeure un silt moyen. Ceci indique une augmentation faible mais progressive de l'activité éolienne.

Étape 4 : Zone C de Jackson Rock Fall, entre 50 et 140 cm. À cette époque, vers 14-15 ka B.P., les mollusques font leur apparition (2 mollusques/25 ml). Des changements se perçoivent dans la distribution granulométrique des sédiments. La médiane des grains grossiers augmente et devient un sable fin (180 µm). La teneur en carbonates s'accroît à 20%. La fraction des grains supérieurs à 500 µm, représente 3 à 8% de la granulométrie grossière ; cet épisode correspond à une incision rapide de la rivière Porcupine à travers les *Ramparts* de même qu'à la mise en place d'un nouveau lit fluvial vers 308 m d'altitude, contemporain de la terrasse fluviale de Caribou Bar datée à 15 ka B.P.

Étape 5 : Vers 12 ka, la rivière Porcupine a presque atteint son niveau actuel (Riel, 1997). Le dépôt éolien de Jackson Rock Fall (zone D) continue son développement et les dépôts éoliens de la Coupe 330 (zone A) et de Caribou Bar (zone B) commencent leur édification. La source des sédiments est, comme à Jackson Rock Fall, un mélange de matériel provenant de la terrasse fluviale et des schistes de la falaise. À cette époque, le climat continue de se réchauffer et les conditions sont plus humides (Ritchie et al, 1982). Ceci se caractérise par une présence importante de la matière organique pour les trois sites (15 à 20%). Les mollusques commencent à être plus présents. Les médianes grossière et fine sont plus faibles à la Coupe 330 qu'aux autres sites. Ceci s'explique par le fait que le matériel fluvial de la Coupe 330 est presque absent (environ 30 cm) et ne fournit pas une bonne source de matériel éolien, en grains grossiers pour le dépôt.

Étape 6 : Vers 10 ka, le nord du Yukon connaît une période d'intense chaleur (Matthews et Telka, 1997) accompagnée d'*Alnus* et de *Picea mariana* dans la région entre 10 et 9,5 ka. De 10 à 5 ka, correspondent la zone E de Jackson Rock Fall, la zone B et C₁ de la Coupe 330 et la zone C de Caribou Bar. Dans chacune, la matière organique augmente ainsi que les carbonates qui favorisent le développement d'une grande quantité de mollusques. Des changements s'observent dans la distribution des granulométries fine et grossière. La médiane des grains fins passe de 15 à 20 µm, alors que la médiane grossière varie de 150 à 200 µm selon les conditions locales des sites. La fraction grossière supérieure à 500 µm montre une forte augmentation de la grosseur des grains pendant cette période jusque vers 8,5 ka (niveaux 210 à Jackson Rock Fall, 275 cm à la Coupe 330 et 75 cm à Caribou Bar).

Étape 7 : De 5 ka B.P. à aujourd'hui. À Jackson Rock Fall (zone F et G), à la Coupe 330 (zone C₂ et D), la matière organique augmente alors qu'à Caribou Bar (zone D), elle diminue comme on l'a vu (section 6.5), les conditions locales (en bordure de falaise) étant plus sèches. À Jackson Rock Fall, un paléosol se forme suite à une période d'incendie, vers 4110 ± 70 ans B.P. La teneur en carbonates est importante et les mollusques, qui sont présents en moins grande quantité, réapparaissent vers 810 cm à Jackson Rock Fall et 1120 cm à la Coupe 330, de concert avec la teneur importante des carbonates. Les derniers centimètres présentent des médianes plus faibles à cause de la déflation présente près du sommet.

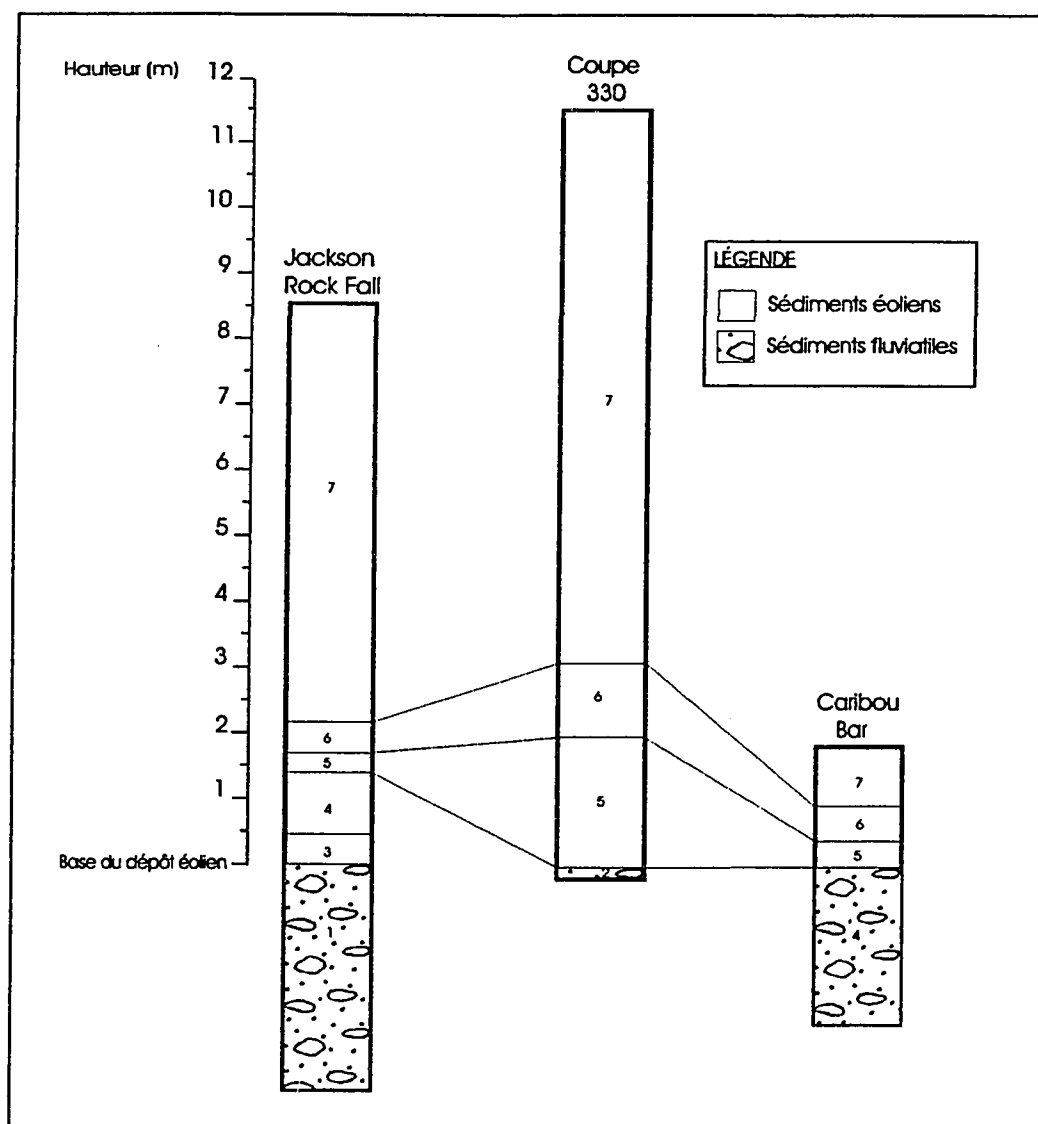


Figure 6.8 Corrélation entre les dépôts éoliens de la rivière Porcupine : les principales étapes

6.9 Synthèse : les taux d'accumulation et la répartition des datations

Une synthèse de la distribution des datations dans les trois coupes (figure 6.9) montre que la sédimentation éolienne peut se résumer en trois grands épisodes :

- De 17 à 8,5 ka B.P., c'est la fin du Pléistocène et le début de l'Holocène. Cette période commence au coeur de la période glaciaire et se termine pendant la période la plus chaude de l'Holocène. Le paysage était semi-désertique vers 17 ka B.P. alors qu'il était forestier à 8,5 ka B.P. Les taux de sédimentation pour cette période ont pu être évalués à 20 mm/100 ans à Jackson Rock Fall, entre 15,9 et 9,4 ka B.P., et à 50 mm/100 ans à la Coupe 330 entre 9,9 et 8,2 ka B.P.
- Pour la période entre 8,5 et 5,5 ka B.P., on n'a aucune datation radio-carbone. L'accumulation éolienne est très faible. Il est probable que pendant cette période, il y avait eu moins de vent ou que le climat étant plus chaud, la végétation a été plus dense et a réduit la déflation éolienne sur les falaises et la pédogénèse active.
- De 5,5 ka B.P. à aujourd'hui, c'est l'époque néoglaciale. Les vents d'ouest redeviennent efficaces et l'accumulation éolienne reprend. Pendant les derniers siècles, le taux d'accumulation a atteint 100 mm/100 ans à Jackson Rock Fall, en 410 ans et 30 mm/100 ans à Caribou Bar, de 2260 à 130 ans B.P.

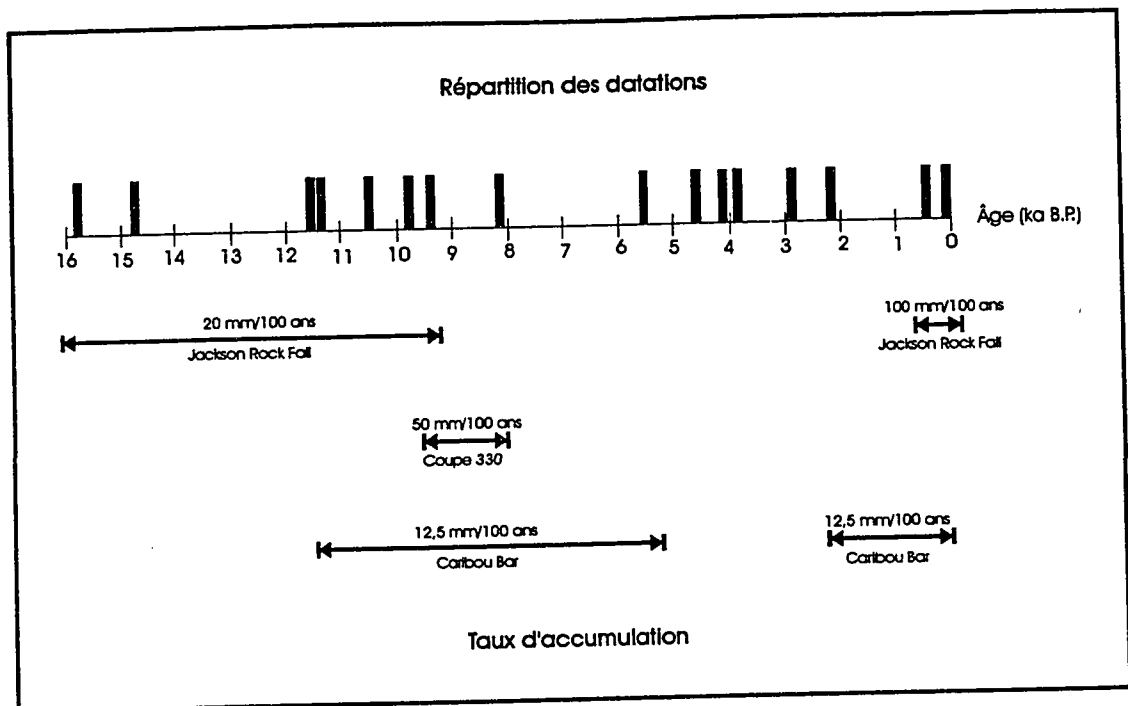


Figure 6.9 Répartition des datations et taux d'accumulation

Chapitre VII

LE SITE DE TWIN LAKE

7.1 Description générale

Le site de Twin Lake se situe à l'intérieur d'un méandre abandonné, dans la plaine alluviale de la rivière Bluefish, au nord-ouest des grottes de Bluefish (figure 1.1). La végétation environnante se compose principalement d'épinettes blanches, associées à d'importantes concentrations d'aulnes et de peupliers baumiers. A Twin Lake, le site est exceptionnellement déboisé : la forêt y est remplacée par une prairie. 187 cm de sédiments, soit 5 boîtes, ont été échantillonnés. Il s'agit d'un matériel éolien d'environ un mètre (figure 7.1) qui repose sur un dépôt détritique calcaire provenant de la roche calcaire sous-jacente.

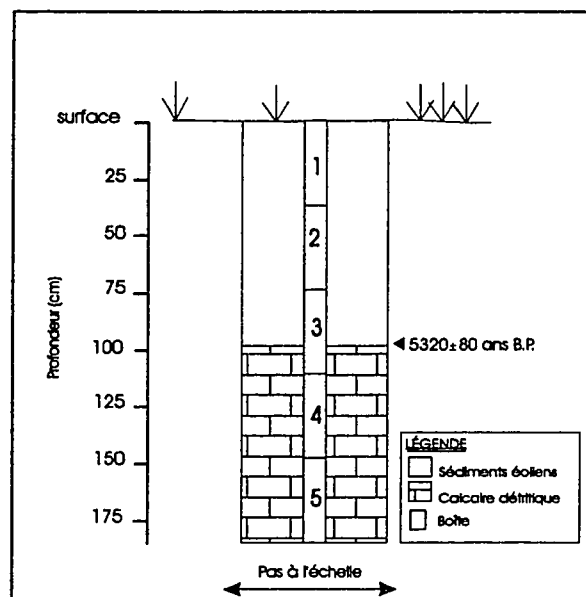


Figure 7.1 Stratigraphie du dépôt de Twin Lake.

7.2 Datation du dépôt éolien et taux de sédimentation

Une date a été obtenue à la base du dépôt organique (100 cm), sur de la tourbe, lui conférant un âge radio-carbone (Beta-88795) de 5320 ± 80 ans B.P. (figure 7.1). Cette date permet de calculer un taux de sédimentation, représentant le début de l'accumulation des sédiments éoliens et de matière organique. Environ 100 cm de sédiments minéral et organique se sont accumulés entre 5320 ans B.P. et aujourd'hui. En admettant une activité régulière jusqu'à aujourd'hui, on a un taux moyen de 19 mm/100 ans.

7.3 La granulométrie

La figure 7.2 indique la proportion des fractions supérieure et inférieure à 63 μm dans les sédiments échantillonnés. La granulométrie grossière (>63 μm), soit les sables, représente 33 à 71% de la granulométrie totale alors que la fraction fine (<63 μm), les silts et les argiles, représente 29 à 67%. Ceci permet de constater que le dépôt éolien de Twin Lake se compose majoritairement de silts et d'argiles, de la base du dépôt éolien (100 cm) à 80 cm. À partir de 70 cm, et ce jusqu'au sommet, on retrouve les sables en plus grande quantité. On note aussi que les principaux écarts se retrouvent à la base du dépôt, quand le dépôt éolien se met en place entre 100 et 90 cm. Par la suite, les proportions demeurent relativement constantes jusqu'au sommet ; l'écart entre la fraction grossière et la fraction fine étant atténué. Ces résultats indiquent, également, que le dépôt éolien de Twin Lake est, en majorité, composé de grains moins fins que les sites de la rivière Porcupine ; ce qui est prévisible puisque l'approvisionnement en grains provient de la plaine alluviale.

Granulométrie grossière

La figure 7.2 présente l'évolution de la taille médiane des grains grossiers. Celle-ci correspond, de façon générale, à un sable fin. Relativement constante, elle passe de 98 μm à la base du dépôt éolien (100 cm) à 120 μm vers 50-60 cm ; puis diminue à 105 μm de 40 cm au sommet.

5320 ± 80 ans B.P. →

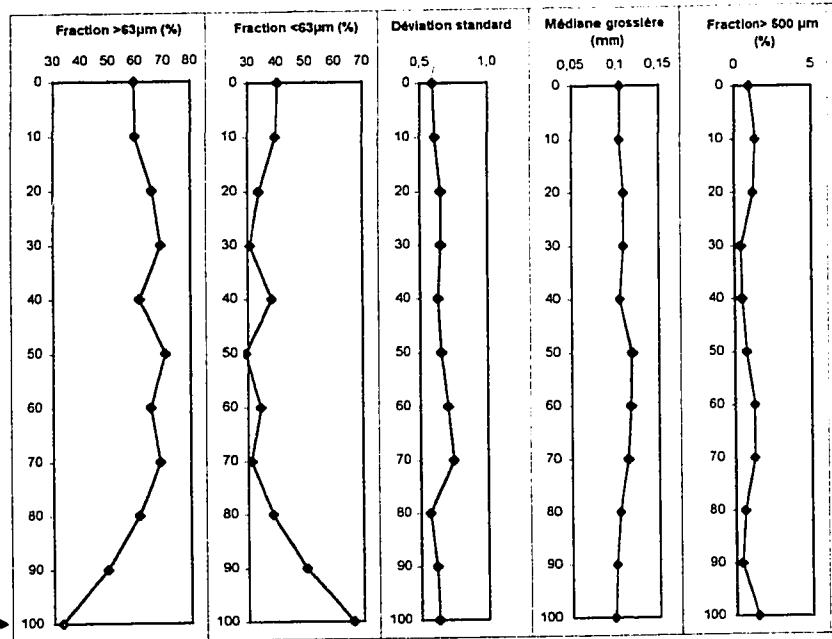


Figure 7.2 Analyses granulométriques et géochron

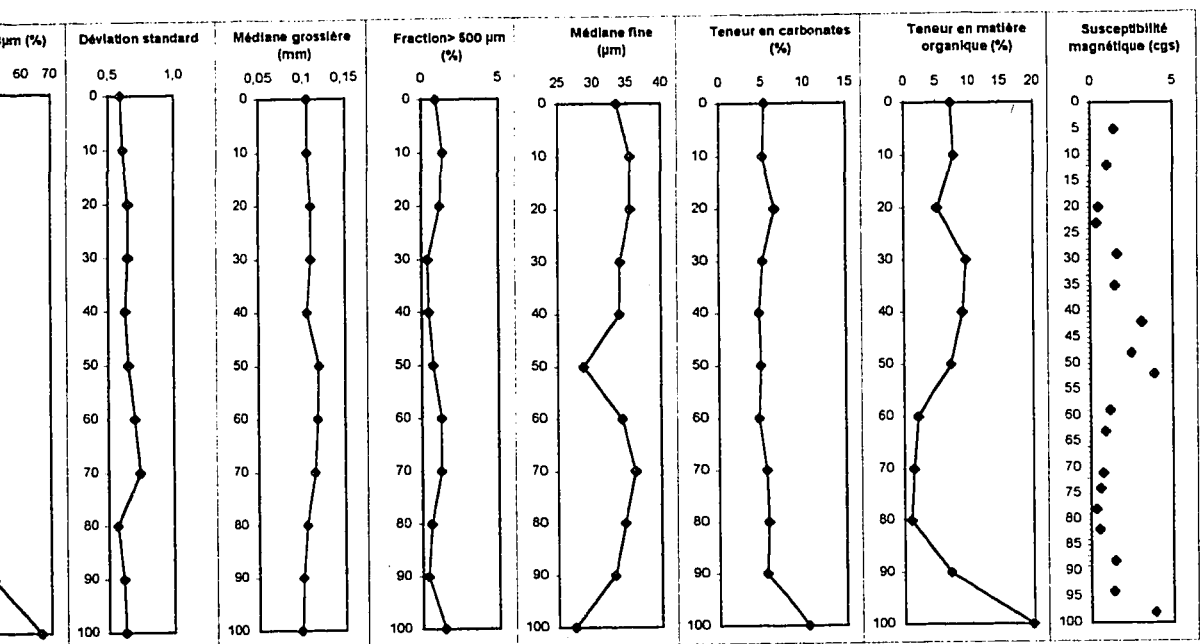
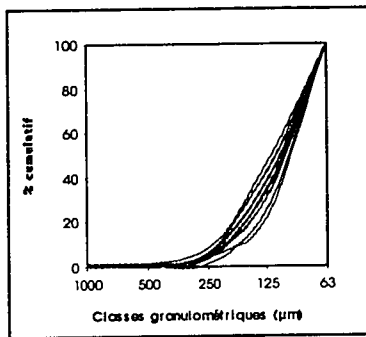


Figure 7.2 Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Twin Lake.

La fraction supérieure à 500 μm ¹ de la granulométrie grossière du site de Twin Lake (figure 7.2) indique également qu'une activité éolienne faible mais soutenue est demeurée depuis la mise en place de ce dépôt, puisqu'on n'a pas plus de 1,5% de la granulométrie grossière qui est supérieure à 500 μm .

La figure 7.3 A présente les courbes granulométriques cumulatives des sables (fraction $>63 \mu\text{m}$). La disposition des courbes semble relativement homogène. Le dépôt présente une distribution concave. En incluant les sédiments inférieurs à 63 μm (silt et argiles), la distribution granulométrique aurait un profil sigmoïdal ou en S. La section entre 1000 et 250 μm , qui a pu être transporté par les vents les plus violents représente jusqu'à 8,5% du matériel grossier. Plus de 90% du matériel correspond à un sable très fin. À la figure 7.3 B, les niveaux 50 et 60 cm montrent une tendance sigmoïdale (noir), alors que la base du dépôt, (100 cm-gris foncé) indique une concavité différente de l'ensemble (gris pâle).

A.



B.

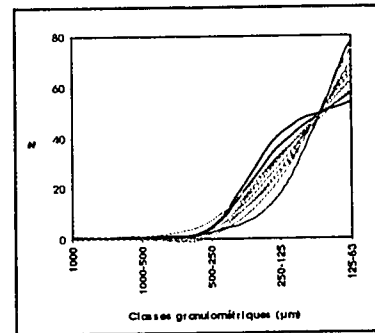


Figure 7.3 A) Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Twin Lake; B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

¹La fraction supérieure à 500 μm a été déterminée par rapport à la granulométrie grossière ($>63 \mu\text{m}$) seulement, et non selon la granulométrie totale.

Tableau 7.1 Écarts-types et classement pour le site de Twin Lake.

Profondeur (cm)	Écart-type (phi)	Classement (Folk et Ward (1957))
0	0,593	Modérément bien classé
10	0,613	Modérément bien classé
20	0,650	Modérément bien classé
30	0,650	Modérément bien classé
40	0,630	Modérément bien classé
50	0,650	Modérément bien classé
60	0,701	Modérément bien classé
70	0,739	Modérément classé
80	0,568	Modérément bien classé
90	0,615	Modérément bien classé
100	0,630	Modérément bien classé

Le tableau 7.1 montre les résultats de l'écart-type et des termes de classement de Folk et Ward (1957) associés. L'écart-type varie entre 0,593 et 0,739. La majorité du matériel est modérément bien classé sauf à 70 cm où le classement est modéré. La courbe des écarts-types du matériel grossier, présentée à la figure 7.2 indique qu'il n'y a pas de différence notable dans la distribution de la granulométrie grossière.

Granulométrie fine

Le matériel inférieur à 63 μm , correspondant aux silts et argiles, a été analysé par granulométrie au laser. Il représente la partie supérieure de la courbe cumulative sigmoïdale ou en S. Ces sédiments correspondent au matériel le plus fin. Les courbes cumulatives de l'analyse granulométrique indiquent que la fraction fine (<63 μm) est relativement homogène (gris) sur l'ensemble du dépôt éolien (figure 7.4). Cependant, deux niveaux se distinguent par une granulométrie beaucoup plus fine ; il s'agit des niveaux 50 et 100 cm (noir). La figure 7.4 montre également un mode important, soit la classe entre 32 et 60 μm , correspondant à un silt grossier, qui représente entre 33 et 53% de la fraction fine.

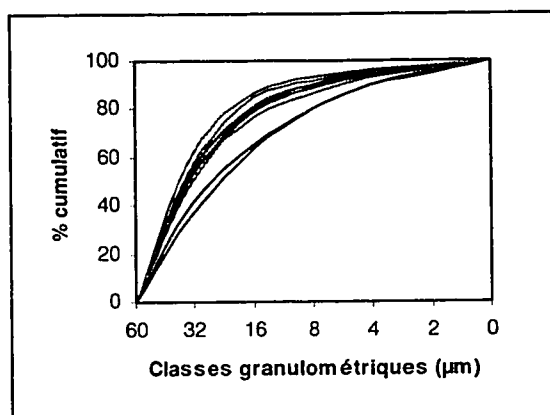


Figure 7.4 Courbes cumulatives de la granulométrie fine du dépôt éolien de Twin Lake.

Le dépôt éolien de Twin Lake possède une taille médiane des grains fins (figure 7.2) qui correspond à un sable moyen (32,64 à 38,78 μm) pour la majorité du dépôt, à l'exception des niveaux 50 et 100 cm où la médiane correspond à un sable fin (23,37 et 21,35 μm respectivement).

7.4 Analyses géochimiques

Aucune analyse géochimique par XRF n'a été effectuée sur le dépôt éolien de Twin Lake car la source des sédiments est connue puisqu'il s'agit de la plaine alluviale de la rivière Bluefish, où a été dégagée la coupe. Le dépôt est composé du sable de la plaine alluviale qui a été balayé et déposé dans ce méandre abandonné. Le dépôt s'est édifié sur un calcaire détritique provenant de la roche-mère sous-jacente.

La combustion au four permet de connaître la teneur en matière organique (figure 7.2). Elle met en évidence son importance à la base du dépôt éolien (19,9%) et sa diminution lorsqu'on s'approche de la surface (7,2%). La matière organique est responsable de la couleur foncée du dépôt et montre ainsi que l'accumulation des sédiments éoliens s'est effectuée en relation avec le développement de la végétation.

L'analyse chittik indique (figure 7.2) une uniformité de la concentration des carbonates dans la partie supérieure de la coupe (90 à 0 cm). La teneur en carbonates est généralement faible (4,7%- 6,6%). Seul le niveau 100 cm qui est en contact avec la partie calcaire du substrat rocheux montre une valeur plus élevée (10,6%). La partie de calcaire détritique n'a pas été analysée par le Chittik car sa dilution dans du HCl à 20% a été complète au bout de quelques minutes, ce qui confirme bien sa provenance de l'altération de la roche en place. Des images de rhomboédres de calcaire, provenant de la section détritique sous le dépôt éolien, ont été prises par un microscope électronique à balayage (photo 7.1 A-B). Ceux-ci sont de dimensions diverses.

Les résultats de la mesure de la susceptibilité magnétique (figures 7.2 et 7.5) montre un signal magnétique relativement faible tout le long de la coupe avec une valeur maximale de 6.8 cgs à 109 cm. Trois pics sont visibles. Tout d'abord, un léger pic se présente entre 42 cm et 52 cm (3,1-3,9 cgs), un second se distingue à 98 cm (3,9 cgs) et se poursuit à 109 cm (6,8 cgs), dans la zone de calcaire détritique (figure 7.5). Un troisième signal, plus faible est visible à 129 cm (5,6 cgs) et se termine à 137 cm (4,2 cgs). Ceci semble indiquer que le calcaire contient des impuretés. La coupe se divise en deux parties : la première, entre 0 cm et 100 cm, est composée d'un dépôt éolien associé à de la matière organique ; ce qui explique sa faible susceptibilité magnétique. La deuxième partie se compose de l'altération de la roche en place impure, plus sensible au signal magnétique.

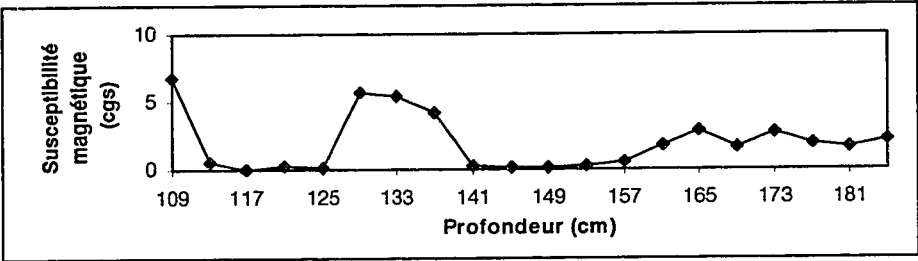


Figure 7.5 Susceptibilité magnétique du calcaire détritique sous le dépôt éolien.

A.



B.

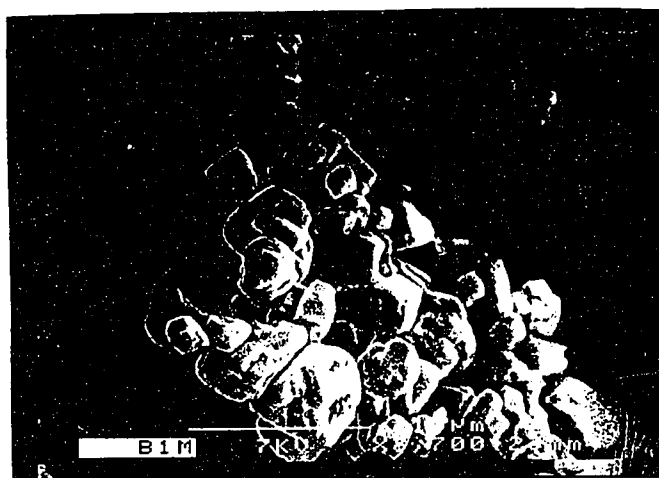


Photo 7.1 Rhomboédres provenant du calcaire altéré au site de Twin Lake.

7.5 Interprétation et conclusion

Depuis 5,3 ka B.P., une déflation éolienne s'accompagne de la formation d'une accumulation de matériel éolien. Le sable qui s'envole peut être une ancienne plage du lac Old Crow ou bien un dépôt fluvial de la rivière Bluefish. La constance dans la taille médiane des grains de même que la faible proportion de grains supérieurs à 500 μm , suite à la formation d'un paléosol à 100 cm, pendant la première moitié de l'Holocène, semble indiquer qu'il n'y a pas eu de changements significatifs dans l'intensité éolienne ou les conditions de transport et d'accumulation. On peut aussi supposer que le matériel disponible pour la déflation éolienne ne contient pas en grande quantité des grains supérieurs à 250 μm . L'altération du calcaire indique vraisemblablement un climat froid et sec.

Une étude a été réalisée par Pissart et al. (1977), sur l'île de Banks, dans les Territoires du Nord-Ouest, sur la déflation éolienne. Celle-ci s'exerce sur le même type de matériel : un sable fluvial remanié par le vent. Ils mentionnent que les larges lits fluviaux sont des sites favorables à la déflation éolienne. Ils ont fait un prélèvement de couches fines et cohérentes, en surface, près du cours de la rivière Thomsen. Les résultats présentent environ 5% de particules entre 1000 et 250 μm et une taille médiane de 75 μm . La plus grande partie de l'échantillon se situe entre 100 et 40 μm . Les courbes granulométriques des sables éoliens témoignent généralement d'un très bon classement. Ces résultats sont semblables à ceux que l'on aurait si on avait pu faire des courbes de distribution cumulative en S. Comme dans notre cas, le transport éolien s'est effectué sur une faible distance. Pissart et al. (1977) expliquent la présence de couches de sédiments éoliens fins par la formation de la couverture végétale qui arrête les éléments plus grossiers, en saltation, sans que s'effectue un tri granulométrique très élevé. Ceci pourrait peut-être apporter une autre réponse à la distribution granulométrique du dépôt de Twin Lake puisque celui-ci se trouve dans un méandre abandonné où la végétation s'est mise en place suite au détournement du lit de la rivière. Ceci pourrait également expliquer au taux d'accumulation moyen aussi faible en 5320 ans (19 mm/100 ans).

Chapitre VIII

LES GROTTES DE BLUEFISH

8.1 Description générale

Les grottes de Bluefish (67° 09' N, 140° 45' O) que l'on retrouve dans les monts Ogilvie sont situées, à 54 km au sud-ouest d'Old Crow (figure 1.1). À l'extrémité ouest d'une crête dominant un rétrécissement de la vallée de la rivière Bluefish, les grottes sont nichées au pied d'une série d'affleurements calcaires (photo 8.1) qui surplombent la rivière d'environ 250 m. Elles sont au nombre de trois et consistent en de petites cavités dont le volume intérieur varie entre 10 et 30 m³ (Cinq-Mars, 1990). Elles sont les vestiges d'un ancien réseau karstique fortement réduit et mis au jour par l'érosion des versants. Les trois coupes présentées dans cette étude proviennent de l'entrée de chacun de ces porches. L'exposition de ces cavités est principalement nord-est. Le milieu environnant se caractérise par une forêt boréale (Ritchie et al, 1982) dans une zone à pergélisol continu.

8.2 Analyse descriptive du remplissage

Les grottes de Bluefish présentent un dépôt datant du Pléistocène supérieur *in situ*. Ce qui en fait un site particulièrement intéressant. Des études ont été menées à l'extérieur comme à l'intérieur des trois grottes. Cinq-Mars (1979) donne une description généralisée du remplissage sédimentaire des trois cavités caractérisée par une uniformité relative des dépôts et de leur mise en place. La matière organique est bien protégée et le contexte excavable.

- 1) À la base, on retrouve le substrat rocheux parsemé de fragments cryoclastiques et, à quelques endroits de sédiments très altérés.

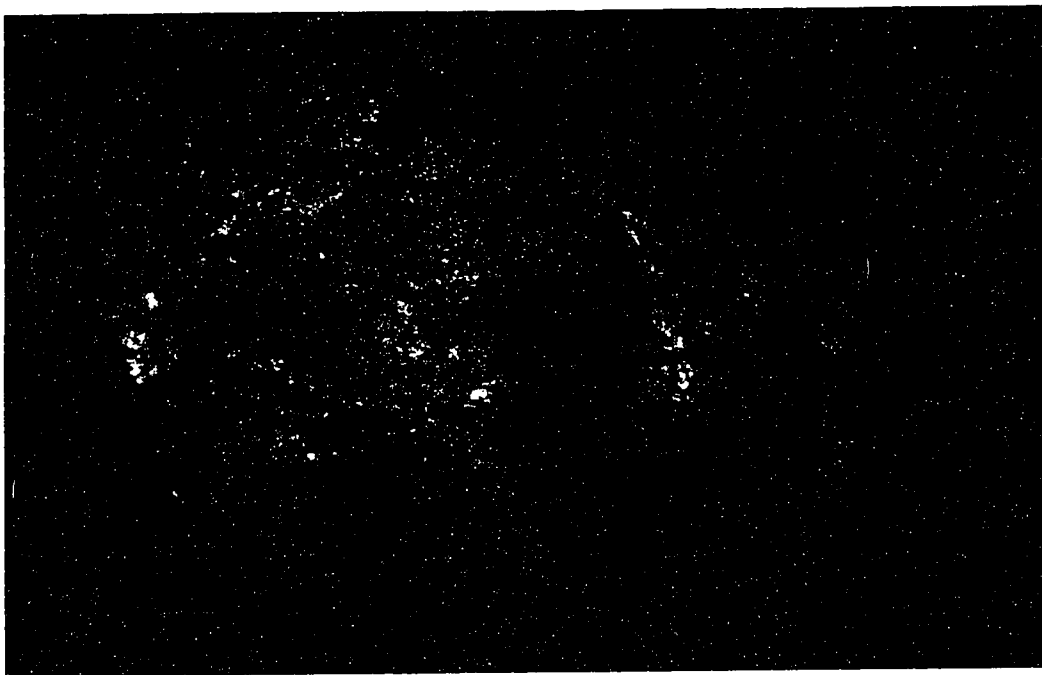


Photo 8.1 L'environnement des grottes de Bluefish.

- 2) La couche sédimentaire le recouvrant est un loess relativement homogène pouvant atteindre plus d'un mètre d'épaisseur avec parfois des roches provenant des parois calcaires des cavités. Des analyses granulométriques et sédimentologiques, sur des échantillons prélevés dans la grotte 2, montrent que ce loess serait divisible en trois faciès, malgré son apparente homogénéité (loess inférieur, loess supérieur et loess à cailloutis). Ces faciès reflètent les conditions de transport des matériaux constituant ainsi que leur lieu d'origine.

- 3) À l'extérieur des cavités, une couche composée d'un humus à cailloutis recouvre le loess. Celui-ci diminue rapidement près de l'entrée des porches pour consister simplement en un enrichissement organique de la surface du loess, à l'intérieur.
- 4) À l'extérieur des grottes, le remplissage est recouvert d'une végétation herbacée et arbustive, alors qu'à l'intérieur, on retrouve un couvert discontinu de fougères, de mousses et de lichens.

Deux profils palynologiques ont été présentés par Cinq-Mars (1979) pour les sédiments provenant de l'intérieur de la grotte 1 (figure 8.1) et par Ritchie et al. (1982) sur les sédiments situés à l'extérieur de la grotte 2. Ces analyses se comparent bien à celles d'autres recherches palynologiques régionales (Ritchie et Cwynar, 1982 ; Ritchie, 1984). Dans la partie inférieure du loess (I), on retrouve une toundra riche en herbacées. À laquelle succède une toundra arbustive à bouleau dans la partie supérieure du loess (II) ; on remarque une augmentation et une représentation maximale du bouleau (*Betula*). L'humus à cailloutis (III) recouvrant le loess indique une baisse sensible des espèces herbacées ainsi qu'une augmentation importante des courbes de l'épinette (*Picea*) et de l'aulne (*Alnus*) caractérisant l'établissement rapide d'une forêt boréale.

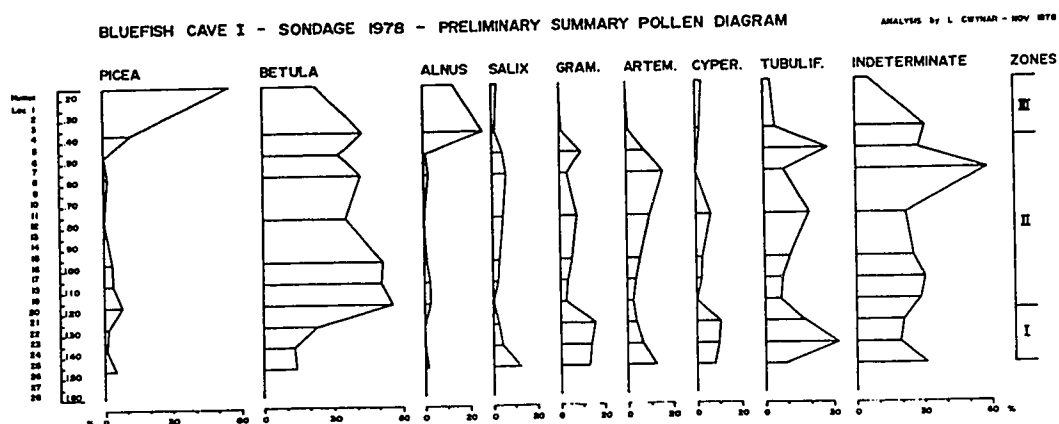


Figure 8.1 Diagramme pollinique provenant des sédiments de la grotte de Bluefish 1 analysé par L. Cwynar en 1978 (Cinq-Mars, 1979).

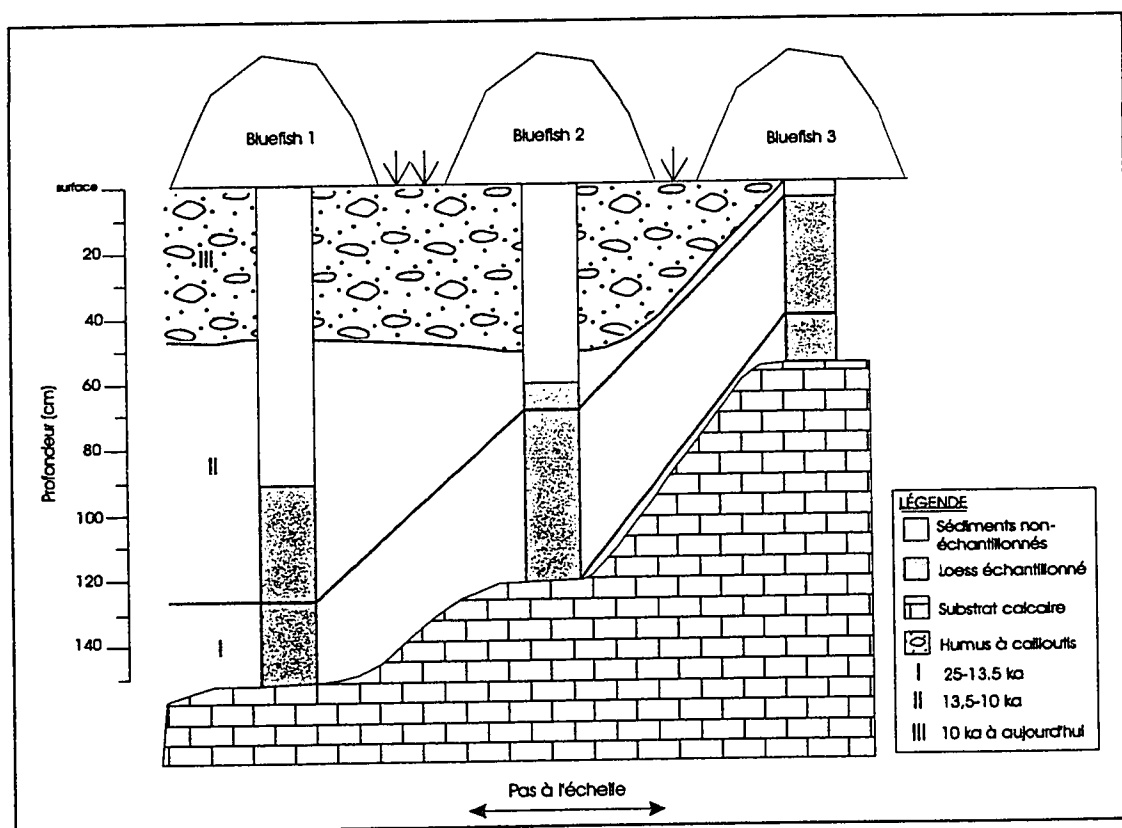


Figure 8.2 Profils stratigraphiques des remplissages de Bluefish

8.3 Datation des remplissages et taux de sédimentation

Quelques repères chronologiques ont pu être établis (Cinq-Mars, 1990) dans les grottes 1 et 2. Ainsi le développement de la toundra arbustive, marquée par la croissance et la représentation du bouleau date d'environ 14-13,5 ka. L'apparition de la forêt boréale à épinette se situe vers 10 ka. Des datations sur des ossements d'animaux enfouis (Cinq-Mars, 1979 ; Morlan et Cinq-Mars, 1982) ont fourni un âge de 12,9 ka pour un fémur de cheval provenant du sommet du loess inférieur de la grotte 1 et un âge de 15,5 ka pour une omoplate de mammoth trouvée dans le loess inférieur de la grotte 2 marquée par la toundra herbacée. Un tibia de caribou récolté à l'extérieur de la grotte 2, dans la zone inférieure du loess a été daté à 24,82 ka alors que deux morceaux d'os de mammoth trouvés à la base du loess inférieur, à l'entrée de la grotte 2 indiquent un âge d'environ 23,5 ka.

On peut résumer la chronologie du remplissage des grottes de Bluefish de la façon suivante: la partie inférieure du loess, caractérisée par la toundra herbacée, recouvre la période allant de 25 à 13,5 ka. Pour la coupe de Bluefish1, cela correspond à la base du loess jusqu'à 125cm (figure 8.2), Bluefish2, de la base jusqu'à 70 cm et Bluefish 3 de 40 à 5 cm (figure 8.2). La partie supérieure du loess relate la période de 13,5 à 10 ka correspondant aux sections de 120 à 90 cm pour Bluefish 1 et de 70 à 60 cm pour Bluefish2. L'humus à cailloutis est caractérisé par la mise en place d'une forêt boréale à épinette vers 10 ka et correspond à la partie supérieure du dépôt jusqu'à aujourd'hui.

Ces dates permettent de calculer un taux de sédimentation approximatif, entre 25 ka et 13,5 ka de 2,1 mm/100 ans pour Bluefish 1 et 4,3 mm/100 ans pour Bluefish 2, en admettant une activité régulière tout le long de la déposition.

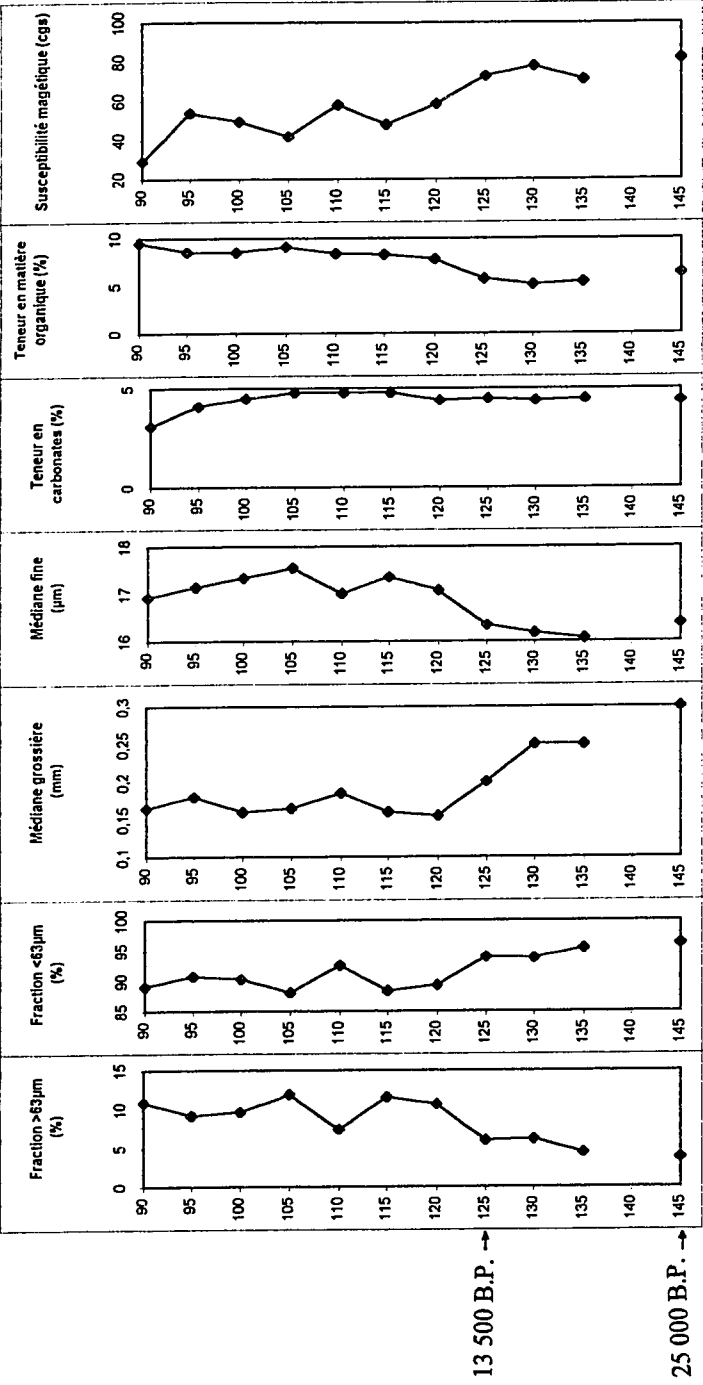


Figure 8.3 Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Bluefish 1.

8.4 La granulométrie

La granulométrie fine est plus représentative pour les loess de Bluefish que la granulométrie grossière. Puisqu'il est sous-entendu que ces sédiments ont une source allochtone (Cinq-Mars, 1990) et que la dimension des grains est inférieure à 63 μm pour 90% de l'échantillon, la granulométrie grossière n'a été effectuée que comme repère sédimentologique (figure 8.3). Environ 10% des grains sont supérieurs à 63 μm dont une partie provient de la cavité calcaire. Dans la granulométrie grossière, cela se voit dans la distribution de la granulométrie par une coupure.

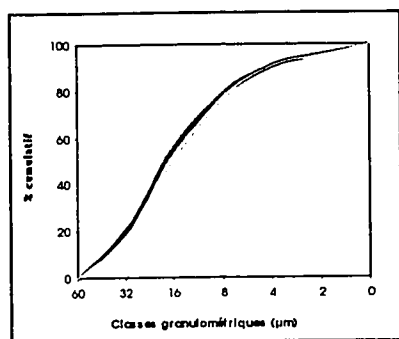
8.4.1 Bluefish 1

Granulométrie fine

Le matériel inférieur à 63 μm , correspondant aux silts et argiles, a été analysé par laser. Il représente la partie supérieure de la courbe cumulative sigmoïdale ou en S et, dans le cas de Bluefish 1, presque toute cette courbe. Les sédiments correspondent à un matériel fin. Les courbes cumulatives présentées à la figure 8.4 A semblent indiquer un dépôt homogène. Cependant deux tendances sont présentes dans le dépôt éolien (figure 8.4 B). Ce diagramme montre une granulométrie fine à la base du dépôt (145 à 125 cm - noir) qui correspond au loess inférieur et une autre plus grossière pour la partie supérieure du dépôt éolien (120 à 90 cm - gris). La figure 8.4 B montre également un mode important, soit la classe 16 à 32 μm , correspondant à un silt moyen, qui représente environ 35% de la fraction fine.

La médiane granulométrique (figure 8.3) correspond à un silt moyen. Les sédiments à la base du dépôt loessique (16,07 à 16,38 μm) sont légèrement plus fins que ceux du sommet. À partir de 120 cm, le climat se réchauffe, vers 13,5 ka et la médiane devient un peu plus grossière, variant de 16,93 à 17,55 μm .

A.



B.

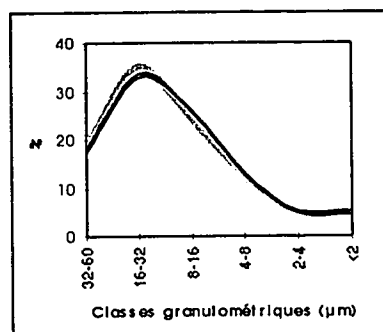


Figure 8.4 Granulométrie fine du dépôt éolien de Bluefish 1 ; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains ; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

Granulométrie grossière

La granulométrie grossière ($>63\mu\text{m}$) indique deux tendances (figure 8.5). Les courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière sont majoritairement concaves. On note une première phase de 145 à 130cm (noir) puis une seconde (gris) de 125 à 90cm. La coupure est nette. La médiane des grains grossiers (figure 8.3), à la base du dépôt éolien, correspond à un sable fin à moyen (200 à $300\mu\text{m}$), alors qu'au sommet, on retrouve une médiane de sable fin (155 à $185\mu\text{m}$).

Les médianes fine et grossière (figure 8.3) appuient les résultats obtenus par les courbes granulométriques. Des changements sont perçus dans l'intensité éolienne depuis le début de la mise en place du dépôt éolien. Cette différence se manifeste vers 125 cm (vers 13.5ka), période pendant laquelle on assiste à un réchauffement climatique et où les vents seraient devenus moins violents.

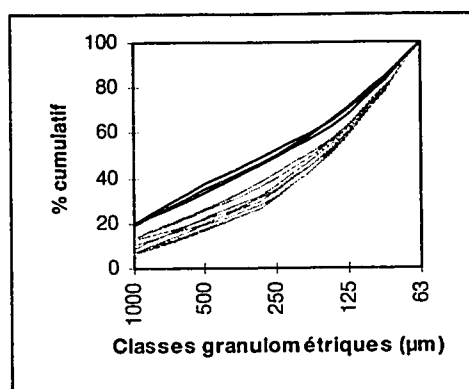


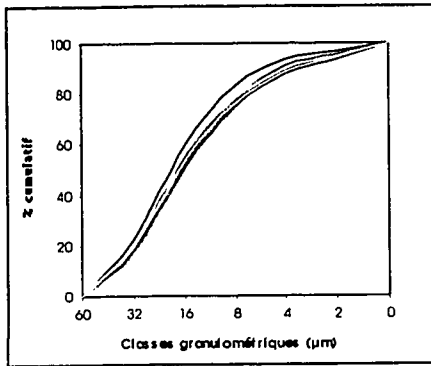
Figure 8.5 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Bluefish 1.

8.4.2 Bluefish 2

Granulométrie fine

Les courbes cumulatives présentées à la figure 8.6 A, indiquent une certaine homogénéité dans l'arrangement granulométrique des fractions fines ($<63 \mu\text{m}$) de Bluefish 2. Cependant, on note trois tendances dans la fraction fine du dépôt (figure 8.6 B). La première phase éolienne regroupe la majeure partie du dépôt, soit les niveaux 115 à 75 cm (gris foncé). À partir de 70 cm, on note un changement des proportions granulométriques (noir). Le niveau 60 cm (gris pâle) offre une granulométrie beaucoup plus grossière que les autres. La figure 8.6 B montre également un mode important, soit la classe 16 à $32 \mu\text{m}$, comme à Bluefish 1, correspondant à un silt moyen, qui représente environ 35% de la fraction fine. La médiane de la fraction fine reflète cette tendance (figure 8.7). Elle demeure plus ou moins constante tout le long de la coupe, à l'exception du niveau 60 cm qui est plus grossier et correspond à un silt moyen. Les sédiments à la base du loess sont légèrement plus grossiers que ceux du sommet avec une médiane de silt moyen variant entre 15,71 et $17,43 \mu\text{m}$, si l'on exclue celle du niveau 60 cm qui possède une valeur plus grossière ($18,4 \mu\text{m}$).

A.



B.

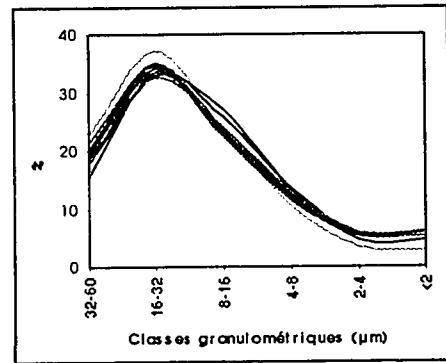


Figure 8.6 Granulométrie fine du loess Bluefish 2 ; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains ; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

Granulométrie grossière

La granulométrie grossière ($>63\mu\text{m}$), tout comme la fraction fine, distingue les niveaux supérieurs (60 à 70cm) du reste du dépôt (figure 8.8). Les courbes granulométriques cumulatives sont pour la plupart concaves (gris) et correspondent aux niveaux 75 à 115cm. Les courbes du sommet (60 à 70cm) montrent un arrangement plutôt rectiligne (noir). Cette organisation granulométrique se traduit par une médiane (figure 8.7) beaucoup plus grossière au sommet du dépôt éolien (250 à $300\mu\text{m}$), correspondant à un sable moyen, qu'à la base (100 à $170\mu\text{m}$ - sable fin).

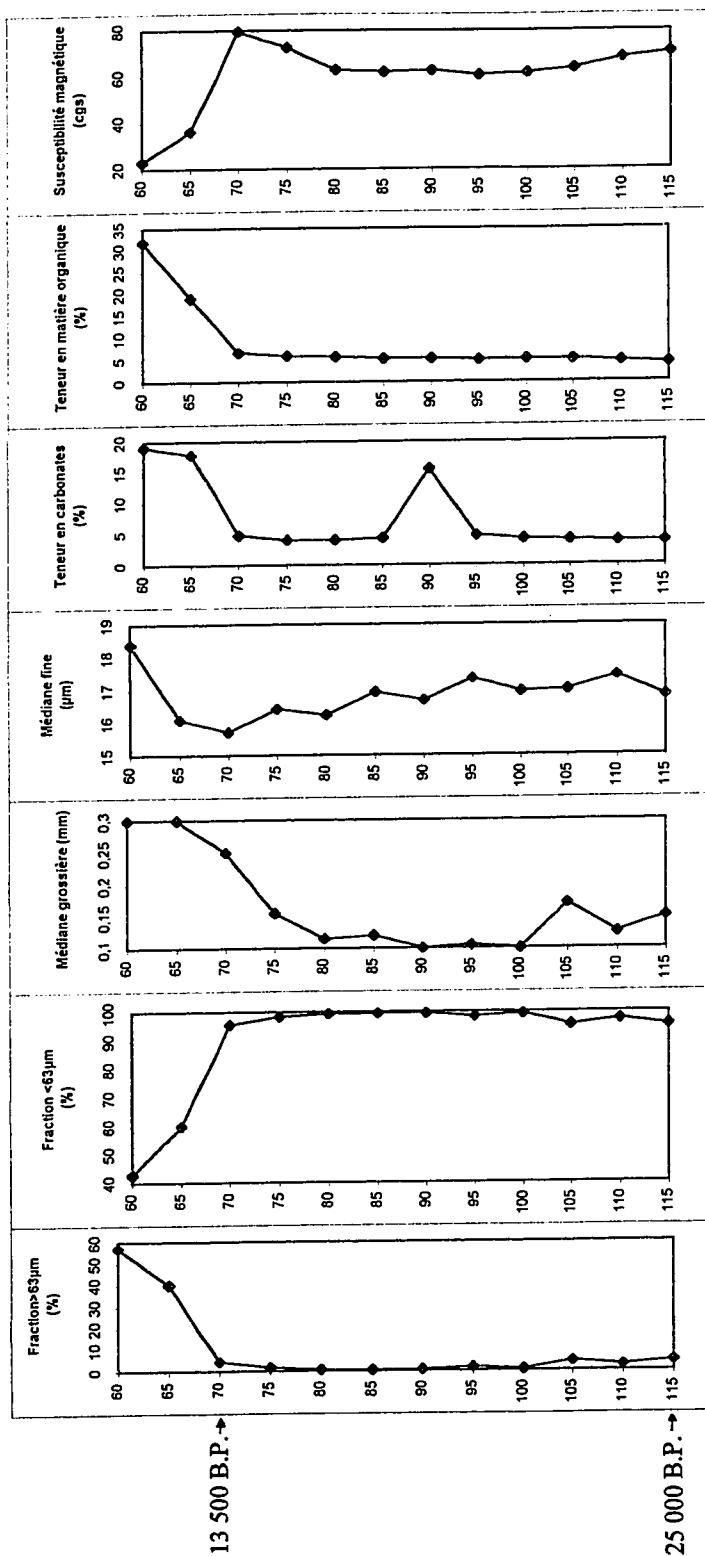


Figure 8.7 Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Bluefish2.

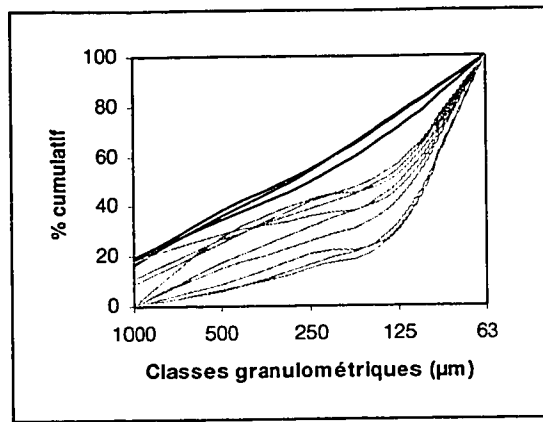


Figure 8.8 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Bluefish 2.

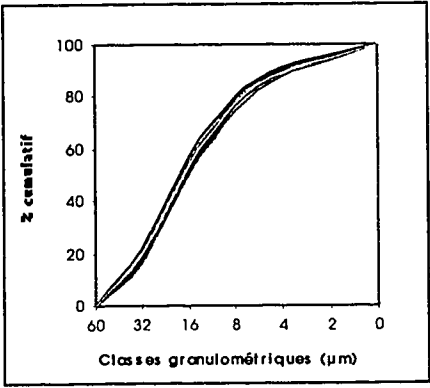
Lorsqu'on examine de plus près les médianes fine et grossière (figure 8.7), on constate que, dans l'ensemble, elles appuient les résultats obtenus par les courbes granulométriques. Des changements sont perçus dans l'intensité éolienne depuis le début de la mise en place du dépôt éolien. Seulement, cette fois-ci, la fraction grossière se retrouve au sommet, vers 70 cm, niveau correspondant à un réchauffement climatique vers 13,5ka. En fait, ces grains grossiers proviennent des parois calcaires du porche qui sont tombés lorsque le climat a commencé à se réchauffer et que les périodes de gel-dégel sont devenues plus fréquentes. Si l'on jette un nouveau coup d'oeil à la teneur en carbonates de la figure 8.7, on remarque que la concentration en carbonates est élevée entre 60 et 70cm.

8.4.3 Bluefish 3

Granulométrie fine

Les courbes cumulatives (figure 8.9 A) montre une granulométrie fine ($<63 \mu\text{m}$) uniforme du sommet à la base. Cependant, on note trois tendances dans la fraction fine du dépôt (figure 8.9 B). La première phase correspond au niveau 55 cm (gris pâle). La deuxième regroupe les niveaux 45 et 50 cm (gris foncé) et le niveau 40 cm (noir). La troisième partie correspond aux niveaux 35 à 15 cm (gris pâle). Au sommet (5 cm-gris foncé), les sédiments sont plus grossiers. La figure 8.9 B montre également un mode important, soit la classe 16 à $32 \mu\text{m}$, comme à Bluefish 1 et 2, correspondant à un silt moyen, qui représente environ 35% de la fraction fine. Le loess de Bluefish 3 montre une médiane (figure 8.10) entre $16,16$ et $17,93 \mu\text{m}$ qui correspond à un silt moyen.

A.



B.

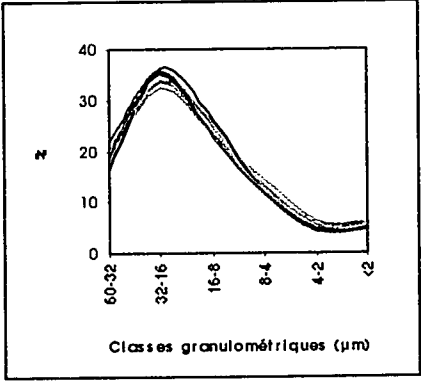


Figure 8.9 Granulométrie fine du loess Bluefish 3 ; (A) Courbes cumulatives de la taille des grains ; (B) Représentation graphique selon les intervalles de taille des grains de Wentworth.

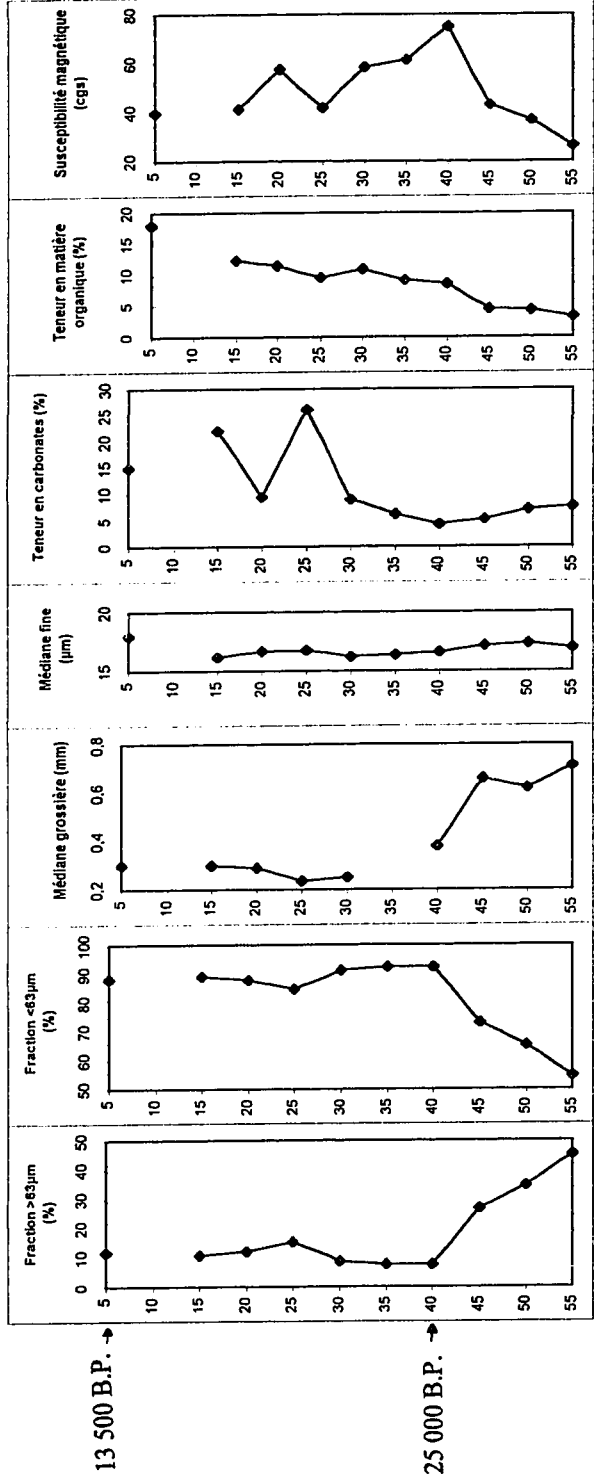


Figure 8.10 Analyses granulométriques et géochimiques réalisées à Bluefish3.

Granulométrie grossière

La granulométrie grossière indique, de façon générale, deux tendances (figure 8.11). Les courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière ($>63 \mu\text{m}$) sont plutôt rectilignes (noir), à l'exception des courbes de la base du dépôt (45 à 55 cm) qui sont convexes (gris). Cette organisation granulométrique est très différente des granulométries grossières de Bluefish 1 et 2. On note une première phase éolienne de 55 à 45 cm puis une seconde de 40 à 5 cm. Ceci se traduit par une médiane des grains grossiers (figure 8.11) beaucoup plus grossière. Au sommet du dépôt éolien, on retrouve un sable fin à moyen ($235 \text{ à } 380 \mu\text{m}$) alors qu'à la base, on est en présence de sable grossier ($620\text{-}710 \mu\text{m}$).

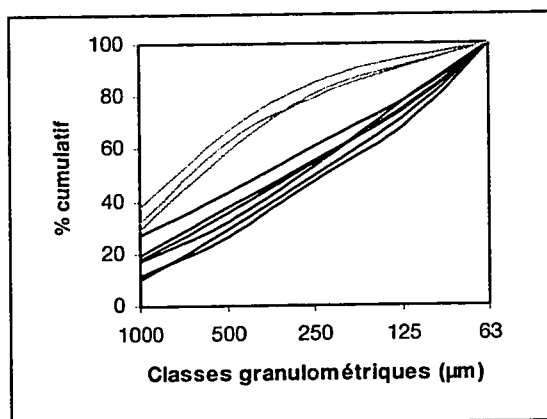


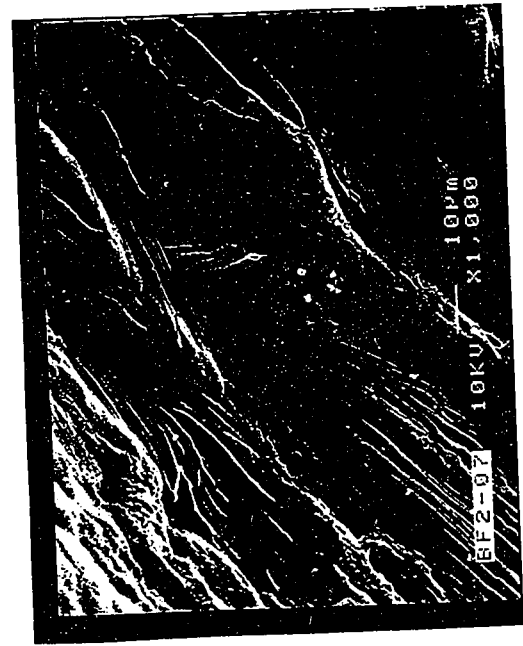
Figure 8.11 Courbes granulométriques cumulatives de la fraction grossière du dépôt éolien de Bluefish 3.

Les médianes des particules fines et grossières (figure 8.10) appuient les résultats obtenus par les courbes granulométriques. Des changements sont perçus dans l'intensité éolienne depuis le début de la mise en place du dépôt éolien à 45 cm. Cette activité semble être survenue avant 25 ka, puisque la granulométrie diffère de la base de Bluefish 1 et 2. Lorsqu'on regarde, une fois de plus, la courbe des carbonates de la figure 8.10, on remarque qu'à partir de 25 cm, la teneur en carbonates augmente de façon significative, indiquant le réchauffement climatique vers 13,5ka et l'arrivée de la toundra herbacée.

8.5 La morphologie des grains de quartz

8.5.1 *Bluefish 1*

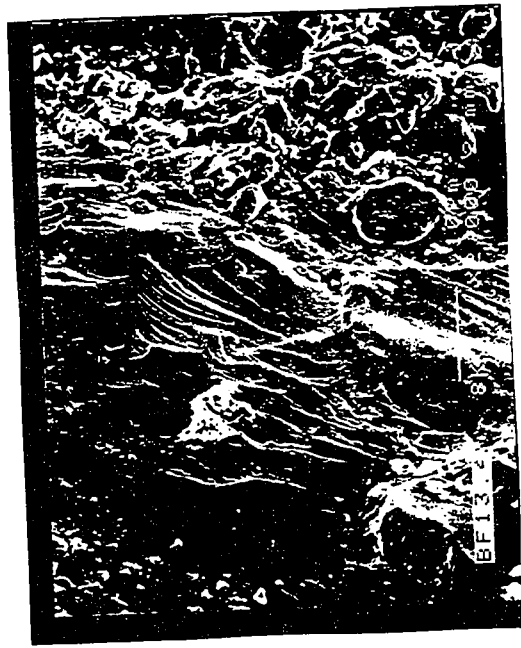
Une quarantaine de grains a été observée, tout le long du dépôt, à l'aide d'un microscope électronique à balayage. Les analyses morphoscopiques ont montré que la forme des grains varie de sub-anguleuse à sub-arrondie et qu'elle n'est pas influencée par sa position dans le dépôt. La première chose que l'on perçoit sur ces grains est la présence en grand nombre de marques d'éolisation appuyant l'origine éolienne. Certains grains présentent des marques plus ou moins nettes, indice d'une évolution plus ou moins complexe. D'autres n'en ont, tout simplement pas (photo 8.4), les traces de choc étant masqués par les caractères dus à l'immobilisation. Les traces de chocs présentes sont des cassures conchoïdales (photo 8.2 A), des cupules (photo 8.2 B), des «V» de choc (photo 8.2 C), des traces de broyage (photo 8.2 D) sur lesquelles on note des marques de cisaillement droites, courbes, planes ou en gradins. Les traces les plus anciennes sont recoupées par les plus récentes (photo 8.2 A). L'immobilisation dans un horizon pédologique peut se traduire par une dissolution de silice (photo 8.3 A) ou une desquamation sur la surface du grain, caractérisée par des fragments esquilleux (photo 8.3 B) plus ou moins détachés. Une pellicule de silice peut également s'accumuler et effacer plus ou moins complètement les traces de choc, indices de transport récent. C'est le cas de bon nombre de grains (photo 8.4). Cette accumulation se traduit par une adhérence des particules (photo 8.2 B, 8.3 C). Coudé-Gaussen mentionne que ces particules peuvent également résulter des processus cryoclastiques du milieu périglaciaire et leur présence confirme la production, par gel, d'une fraction argileuse ou de silt dans des environnements froids, sans processus glaciaire d'abrasion. Des fleurs de silice (photo 8.3 D) sont également présentes. Des indices de la phase lacustre sont également identifiables sur certains grains. Tout d'abord, la présence de nombreuses traces de chocs polies, preuve d'une évolution fluviale de faible énergie. Dans le cas de la photo 8.5, on remarque les nombreuses traces de choc violents qui recouvrent la surface polie.



A.



C.



B.



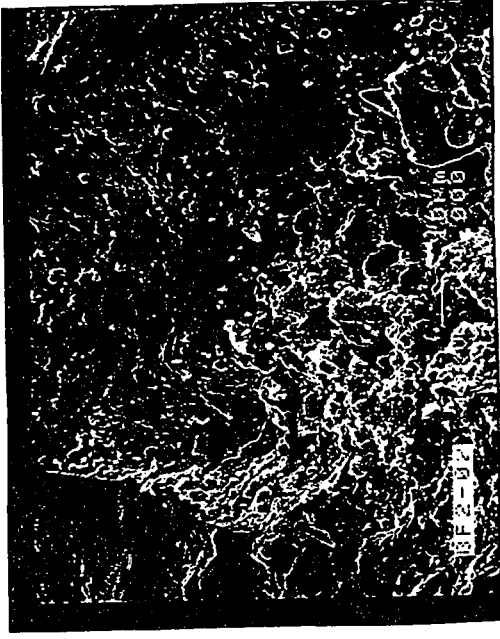
D.

Photo 8.2 Marques de choc - A) Surface de grain avec cassures conchoïdales sur lesquelles on note des marques de cisaillement droites et courbes. Les traces les plus anciennes sont recoupées par les plus récentes; B) Cupules et particules adhérentes de silice; C) «V» de choc; D) Traces de broyage en gradins avec particules de silices adhérentes, signe d'immobilité.

A.



C.



B.



D.

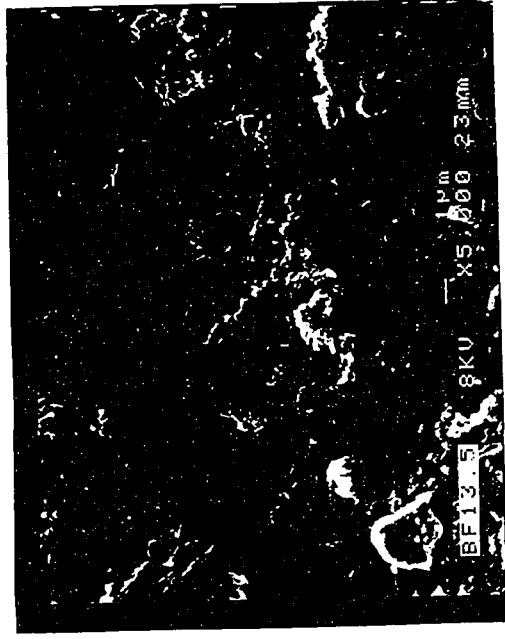


Photo 8.3 Indices d'immobilisation - A) Dissolution de la silice à la surface du grain; B) Fragments esquilleux à la surface du grain; C) Particules adhérentes; D) Fleurs de silice.

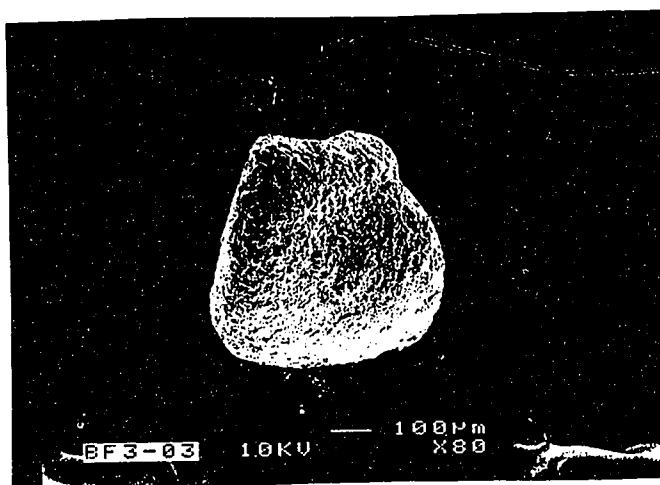


Photo 8.4 Grain arrondi, couvert d'une pellicule de silice.

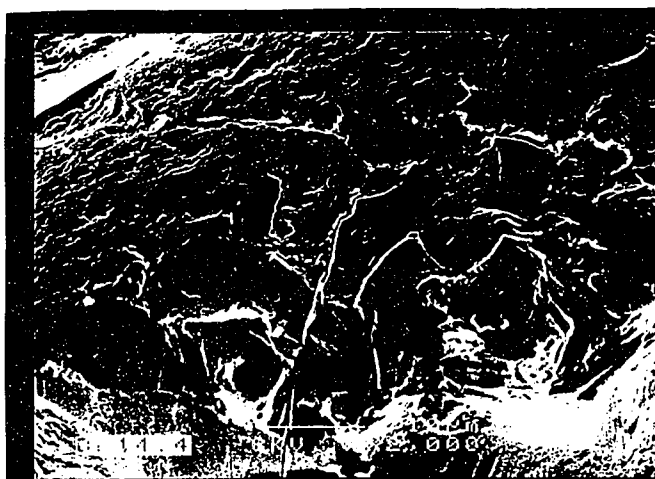


Photo 8.5 Surface de grain marquée par la présence de nombreuses traces de chocs polies, preuve d'une évolution fluviatile de faible énergie (lacustre, par exemple); d'autres traces de choc violents, comme des cupules, recouvrent la surface polie et indique une activité éolienne, plus récente.

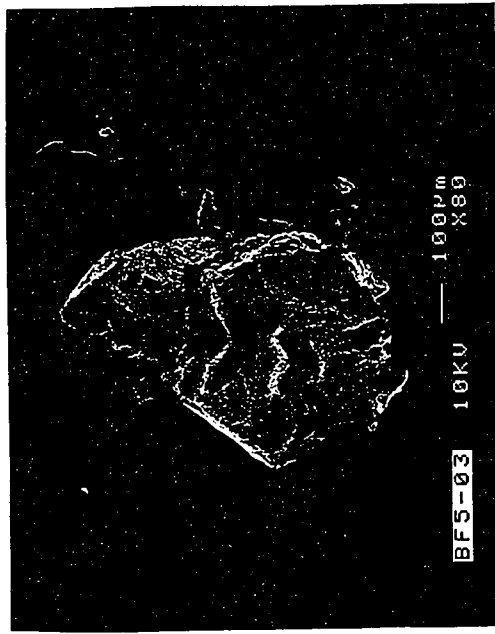
8.5.2 Bluefish3

Les observations morphoscopiques exécutés sur Bluefish3 montrent une différence très nette entre la base du dépôt (50 à 55 cm) et le reste qui a plus de similarité avec les grains de Bluefish1. Ceci indique que deux séquences éoliennes se sont succédé. La morphologie ainsi que l'évolution texturale de la surface des grains est différente.

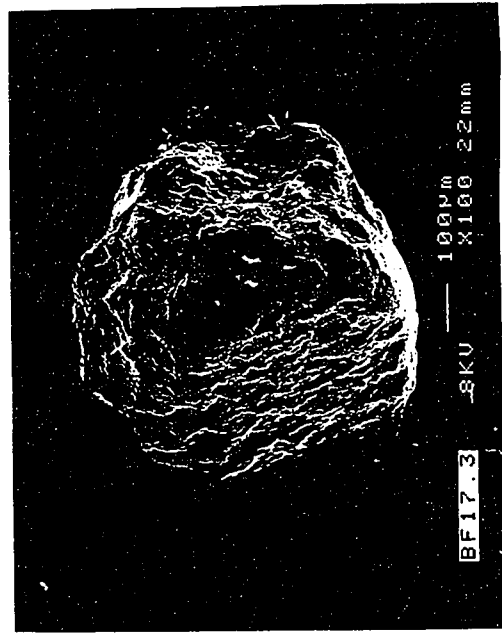
Les niveaux 5 à 40 cm montrent des grains sub-anguleux (photo 8.6 A) à sub-arrondis (photo 8.6 B), de même que des évidences assez fraîches d'activité éolienne comme des traces de chocs en gradins (photo 8.6 A) ou droites (photo 8.6 C-D) et des cassures conchoïdales (photo 8.6 E), suivi d'une immobilisation marquée par des précipitations de silice qui recouvrent la surface des grains (photo 8.6 F).

Les niveaux 50 et 55 cm montrent des grains sub-arrondis (photo 8.7 A, B) à arrondis (photo 8.7 D), aux bords plus ou moins polis, indice d'une longue évolution aquatique. On note tout de même des traces de cupules (photo 8.7 C, E) à gradient de polissage, indiquant une reprise en milieu fluviale de moyenne énergie. Par la suite, il y a eu une immobilisation des grains, qu'on remarque grâce aux dépôts siliceux qui recouvrent le grain (photo 8.7 C, E).

A.



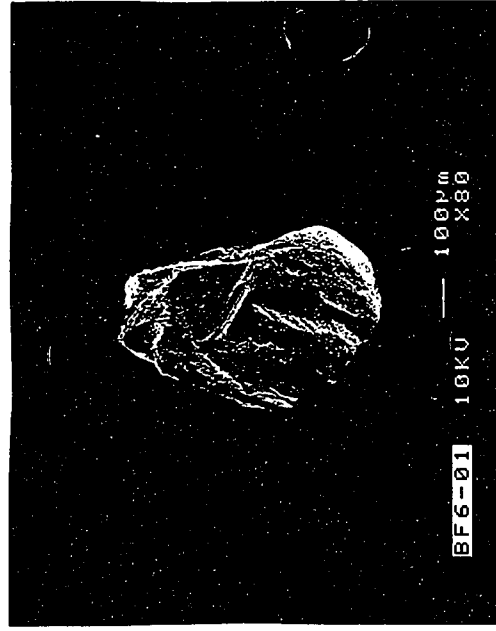
B.



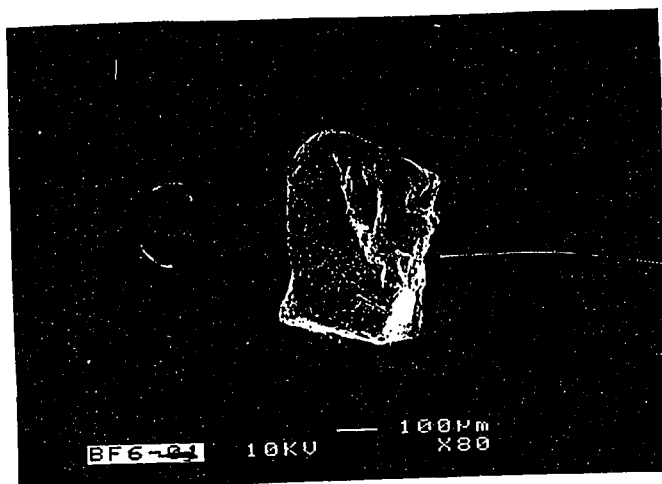
C.



D.



E.



F.

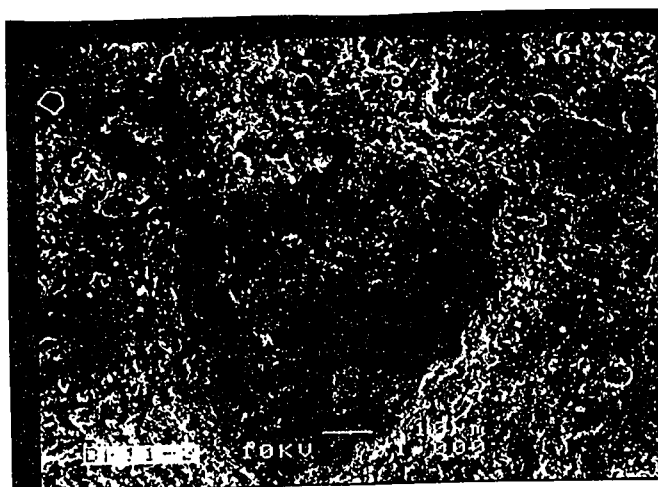
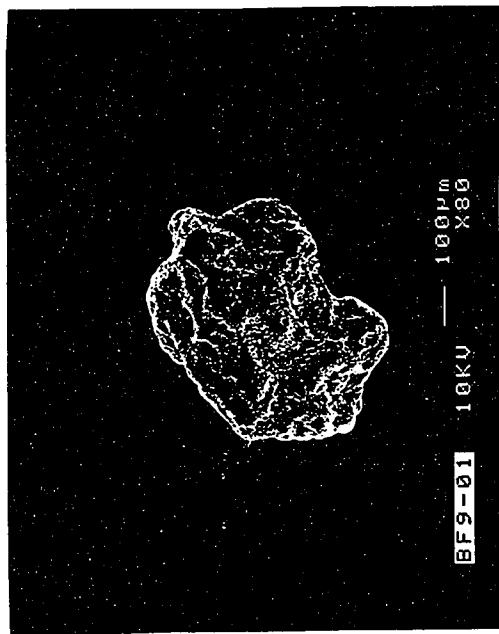
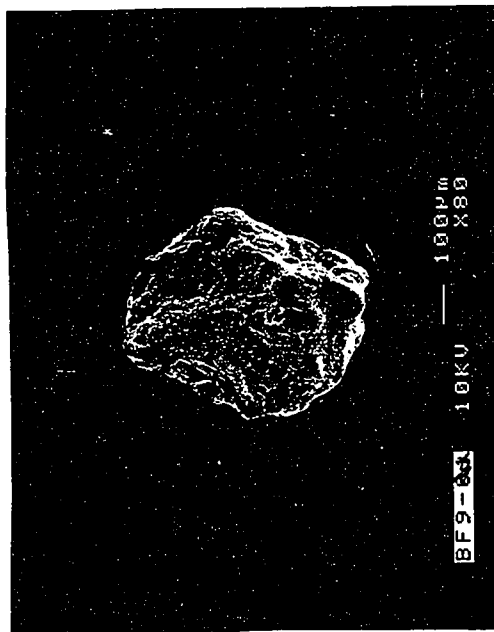


Photo 8.6 Niveaux 5 à 40 cm - A) Grain sub-anguleux avec marques de chocs en gradins; B) Grain sub-arrondi; C) et D) Grains sub-anguleux avec marques de choc droites; E) Cassures conchoïdales; F) Précipitations de silice recouvrant les grains.

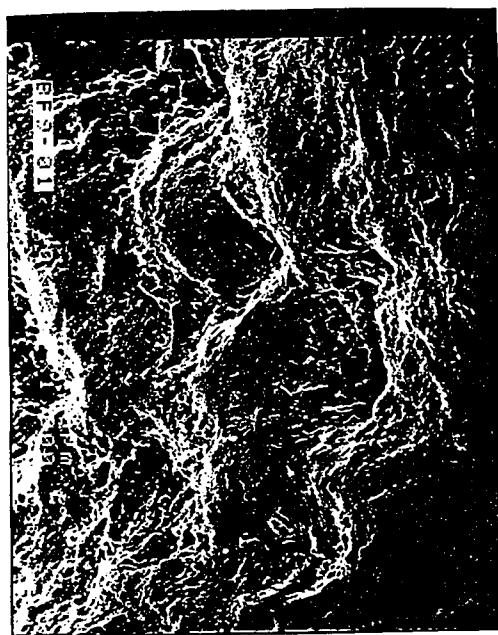
A.



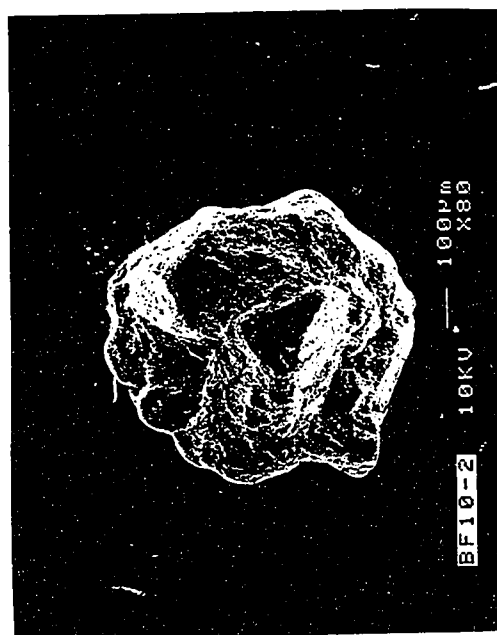
B.



C.



D.



E.

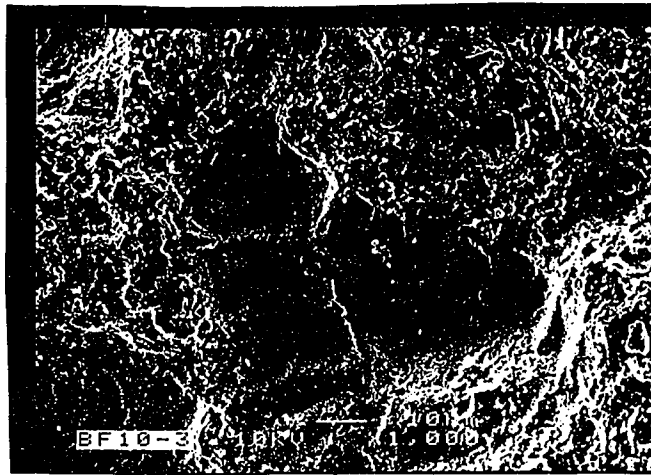


Photo 8.7 Niveaux 50 à 55 cm - A) Grain sub-arrondi avec traces de cupules à gradient de polissage; B) Grain sub-arrondi avec bords polis; C) Avec traces de cupules, recouverts d'un voile de silice; D) Grain arrondi aux bords polis; E) Cupules avec précipitations de silice.

8.6 Les analyses géochimiques

Comme on l'a vu à la section 8.1, les grottes de Bluefish présentent des porches orientés vers le nord-est, ce qui aurait correspondu à la provenance des vents régionaux, pendant la période glaciaire. Lorsqu'on regarde de plus près la situation géographique régionale (figure 2.1), on remarque que les bassins de Bluefish et d'Old Crow offrent une source étendue de sédiments potentiellement disponibles. C'est pourquoi, une analyse géochimique par XRF des sédiments de la plaine lacustre de Bluefish, à Schaeffer Creek, a été effectuée. Le tableau 8.2 présente ces résultats.

Tableau 8.1 Résultats des analyses chimiques des grottes de Bluefish (%).

Site	Echantillon	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.a.f.
BF1	90 cm	64.06	0.777	10.67	4.69	0.061	1.33	3.94	1.40	1.385	0.462	10.6
	100 cm	62.08	0.750	10.48	4.77	0.069	1.36	4.87	1.30	1.424	0.582	12.0
	110 cm	61.39	0.741	10.51	4.77	0.061	1.31	5.33	1.33	1.505	0.622	12.1
	120 cm	62.57	0.753	10.61	4.77	0.064	1.45	4.59	1.35	1.553	0.737	11.4
	130 cm	65.40	0.776	11.06	5.19	0.100	1.68	3.59	1.50	1.743	0.729	7.6
BF2	105 cm	70.12	0.819	10.86	4.85	0.058	1.49	2.53	1.36	1.556	0.210	5.6
BF3	25 cm	47.84	0.563	8.00	3.38	0.051	1.11	15.84	1.03	1.012	0.323	20.7

Tableau 8.2 Résultats des analyses géochimiques du Mont Schaeffer (%).

Echantillon	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.a.f.
surface	68,86	0,96	15,05	4,39	0,031	1,2	0,48	0,51	3,11	0,171	5,1

Les analyses XRF du tableau 8.1 indiquent une nette distinction dans la concentration en oxyde de silice entre les coupes de Bluefish 1 (60 à 65%) et Bluefish 2 (70,12%), et celle de Bluefish 3 (47,84%). La silice contenue dans le loess provient d'un apport allochtone car le substrat environnant est calcaire. La concentration en silice, du dépôt de Bluefish 3, est beaucoup plus faible que celle retrouvée dans les deux autres sites et tient compte d'une plus forte proportion de l'apport autochtone (le calcaire des grottes) avec lequel elle est mélangée (15,84%). La teneur en silice retrouvée dans la plaine lacustre (tableau 8.2) est importante (68,86%). Ce qui pourrait constituer un autre appui à cette source.

Le tableau 8.1 révèle des concentrations en Fe₂O₃ semblables entre Bluefish 1 (4,69% à 5,19%) et Bluefish 2 (4,85%) mais légèrement plus faible pour Bluefish 3 (3,38%). La teneur en Al₂O₃ offrent des résultats similaires. Pour Bluefish 1 et 2, on a une concentration en aluminium d'environ 10% alors que pour Bluefish 3, la teneur est un peu plus faible (8%), suite aux processus de paléogénèse. Les oxydes de magnésium, de sodium et de potassium se retrouvent en quantité non négligeable dans le dépôt éolien. Les oxydes de manganèse, de titanium et de phosphore se retrouvent sous forme de trace. Lorsqu'on compare les

teneurs en Al_2O_3 et en Fe_2O_3 du dépôt éolien avec celles de la plaine lacustre (tableau 8.2), on remarque que les concentrations en fer sont semblables alors que celle en aluminium sont plus élevée dans le cas de la plaine lacustre (15,05%), ce qui en fait une source potentielle. De plus, on retrouve une quantité non négligeable de potassium (3,11%) et de magnésium (1,2%) tous deux présents dans les loess.

La combustion au four qui permet de connaître la teneur en matière organique, met en évidence, pour Bluefish 1 (figure 8.3), une faible augmentation, de 6,5 à 10% de la base au sommet du dépôt loessique. À Bluefish 2 (figure 8.7), elle demeure à 5% jusqu'à 65 cm où, elle augmente vers le sommet (30%). À Bluefish 3 (figure 8.10), la matière organique augmente de la base vers le sommet, passant de 3 à 18%.

L'examen des courbes de l'analyse chittik (figures 8.3, 8.7, 8.10) montre de façon générale, dans les trois dépôts, un taux en carbonates faible (environ 5%). Il indique également la présence de fluctuations dans la teneur en carbonates provenant des morceaux de calcaire gélifracés retrouvés dans le dépôt éolien ainsi que de la dissolution du calcaire provenant des parois des grottes. Ces résultats indiquent que les loess eux même ne sont pas carbonatés et que la teneur en carbonates retrouvée dans le dépôt dépend principalement du substrat calcaire. On peut donc diviser les coupes en deux parties. La partie inférieure des coupes est stable avec une teneur en carbonates d'environ 5%. La partie supérieure garde la même valeur pour Bluefish 1 puisque la coupe se trouve à l'extérieur du porche. Les coupes de Bluefish 2 et 3 offrent des tendances différentes puisque l'une se trouve à l'entrée d'un porche (Bluefish 2) et l'autre, à l'intérieur (Bluefish 3). Pour le dépôt éolien de Bluefish 2, on retrouve deux augmentations atteignant chacune 20%. L'une se trouve à 90 cm tandis que l'autre survient au sommet du dépôt loessique à partir du réchauffement climatique vers 13,5ka. Quant à Bluefish 3, on retrouve deux augmentations de 25% chacune avec un retour à une valeur plus basse de 15% vers le sommet. Les deux pics se présentent à 15 et 25 cm.

L'analyse de la susceptibilité magnétique de Bluefish 1 (figure 8.3) indique, de façon générale, une décroissance de la base au sommet du dépôt. Près du socle rocheux, les premiers niveaux présentent une forte susceptibilité magnétique avec une valeur de 81,52 cgs à 145 cm, qui décroît jusqu'à 29,09 cgs à 90 cm. À Bluefish 2 (figure 8.7), la susceptibilité magnétique est semblable à celle retrouvée à Bluefish 1, c'est-à-dire que l'on assiste à une sensibilité magnétique élevée avant 70 cm avec une valeur fluctuant de 70,4 cgs à 80 cgs, puis une décroissance à 23 cgs. La susceptibilité magnétique à Bluefish 3 (figure 8.10) diffère des deux autres profils. Le signal augmente de la base jusqu'à 40 cm (75 cgs) puis diminue jusqu'au sommet (39,7 cgs).

8.7 Interprétation et conclusion

Le début de la déposition des loess de Bluefish dans les porches calcaires des massifs de Bluefish date de la fin du Pléistocène supérieur. Ce sont des apports allochtones et non carbonatés, d'origine régionale. L'hypothèse a été émise qu'ils pourraient provenir des plaines lacustres de Bluefish et d'Old Crow. Il est peu probable que ce soit des sédiments glaciaires de la plaine du Mackenzie puisque ceux-ci sont carbonatés. On peut donc supposer le scénario suivant pour identifier l'origine de ces loess: vers 25 ka, la vidange du lac d'Old Crow commence et met, peu à peu, à nu les sédiments lacustres. À cette époque, le niveau du lac devient probablement très bas, favorisant ainsi une forte déflation éolienne. Celle-ci, sous l'influence des vents dominants du nord-est, a recouvert de loess les montagnes environnantes ainsi que les entrées de certaines cavernes (Tarnocai, 1987, Cinq-Mars, 1979). Ces dépôts éoliens trappés sont des indices d'un changement climatique régional relié à cette époque. En effet, ce loess est absent pendant l'Holocène, signe que la déposition a cessé à la fin du Pléistocène supérieur, quand la végétation s'est mise en place dans les bassins lacustres de Bluefish et d'Old Crow, suite au réchauffement climatique.

Les résultats de cette étude ont mis en évidence un réchauffement climatique vers 13,5 ka B.P. Le loess est peu à peu remplacé par la mise en place d'un loess à cailloutis mélangé à de la matière organique. 10ka accueille une période chaude et humide représentée par l'arrivée d'*Alnus* et de *Picea mariana* dans la région. Ceci est confirmé par l'humus à cailloutis sus-jacent au loess à Bluefish.

Un des objectifs de cette thèse était de mettre en évidence des changements climatiques et notamment des variations dans l'intensité des vents. Comme on a pu le voir, dans les loess, la granulométrie fine n'offre pas de différence significative d'un niveau à l'autre pour supposer qu'il y ait eu plusieurs phases éoliennes.

Pye (1987) définit le loess comme un dépôt silteux terrestre transporté par le vent, constitué de quartz, de feldspath, de mica, de minéraux argileux et grains de carbonates en proportions variables. Les minéraux lourds et les sels se retrouvent parfois en quantité importante. À l'état frais, le loess est typiquement homogène, non ou très peu stratifié et très poreux. Les loess contiennent jusqu'à 10% de sable fin ($>63\text{ }\mu\text{m}$). Dans le cas des loess de Bluefish, on a environ 10% de grains supérieurs à $63\text{ }\mu\text{m}$, ceci correspond majoritairement à des morceaux de calcaires provenant des porches mais, des grains de quartz allochtones éolisés de cette dimension sont également présents dans le loess, puisque les grains éoliens, analysés au microscope à balayage ont entre $375\text{ et }500\text{ }\mu\text{m}$ de diamètre. Pye (1987) mentionne également qu'un loess typique (non altéré) est composé principalement de particules entre $10\text{-}50\text{ }\mu\text{m}$ qui ont un mode proéminent entre $20\text{ et }30\text{ }\mu\text{m}$ ce qui correspond aux résultats granulométriques des loess de Bluefish.

Il indique qu'il est important de garder à l'esprit le continuum des sédiments éoliens entre les dunes de sable, le loess typique et le loess argileux. Le loess déposé sur une grande distance de la source est plus fin que le loess typique. La haute teneur en argile des loess sur une grande distance de la source peut être dû en partie au climat post-dépositionnel. La composition chimique d'un loess varie significativement entre

différentes régions. En majorité, les loess inaltérés contiennent : 50-75% de SiO_2 , 6-15% de Al_2O_3 , 2-7% de Fe_2O_3 , 0,5-15% de CaO , 1-4% de Na_2O , 1-6% de K_2O , 0,5-1% de TiO_2 , 0,02-0,2% de MnO , 0-5% de MgO et 0,1-1% de P_2O_5 . Ceci concorde avec les résultats géochimiques obtenus pour les loess de Bluefish.

C'est pourquoi une corrélation avec d'autres études est nécessaire. Lea (1990) mentionne l'accumulation, pendant la dernière glaciation, de dépôts éoliens dans le sud-ouest de l'Alaska qui correspondent à la période de déposition des loess de Bluefish, entre 25 et 12,5 ka B.P. De même, Thorson et Bender (1985) indiquent la présence de dépôts de loess dans la chaîne de l'Alaska. Ces loess se sont accumulés entre 25 et 12 ka B.P., pendant la dernière glaciation. Ils sont dérivés principalement des plaines d'épandage où la végétation est éparse (Smalley, 1966; Péwé, 1975). L'hypothèse des bassins lacustres comme source potentielle des loess semble applicable aux loess de Bluefish puisque ce sont, en effet, les principaux épandages de sédiments disponibles de l'époque.

D'autres dépôts sont mentionnés par Lea et Waythomas (1990) pour le centre et le sud-ouest de l'Alaska, pendant le *Duvanny Yar Interval* (entre 25 et 14 ka B.P.; Hopkins, 1982). Ils ont effectué des datations radio-carbones sur des sédiments éoliens organiques et des dépôts recouvrant des lacs thermokarstiques indiquant que l'accumulation de sables éoliens dans les basses terres du Nushagak du sud-ouest de l'Alaska est survenue entre 21,6 et 12,8 ka B.P. Hamilton et al. (1984) indiquent la présence d'un dépôt de sable éolien entre deux couches de sédiments alluviaux de plaine d'épandage, datées entre 24 et 15 ka B.P. impliquant que l'accumulation éolienne s'est formée pendant le *Duvanny Yar Interval*.

Chapitre 9

CONCLUSION

Un des points importants de cette étude était de déterminer si le contexte de région non englacée pendant la fin du Pléistocène avait contribué à offrir des conditions particulières à l'édification des dépôts éoliens. La réponse est oui. Les glaces laurentidiennes qui ont forcé les eaux du lac glaciaire Old Crow, à cette époque, à prendre un autre exutoire que le col McDougall ont permis une incision marquée de la vallée de la Rivière Porcupine. Les eaux, creusant les *Ramparts*, ont permis la mise au jour des parois schisteuses friables et par la même occasion la vidange du lac Old Crow. Les vents régionaux étaient du nord-est et les sédiments éoliens transportés à cette époque dépendaient des sources disponibles. Avec la vidange des bassins de Bluefish et d'Old Crow, régionalement, la source la plus substantielle présente était ces plaines (Cinq-Mars, 1982) alors que, dans les vallées, comme celle de la rivière Porcupine, se formaient, sous l'effet de canalisation des vents, des accumulations dépendantes de sources plus locales comme les paléoterrasses et la roche sous-jacente.

La source des loess de Bluefish était d'ailleurs un des points importants de l'étude. D'après les résultats géochimiques, l'orientation des porches, la reconstitution paléogéographique de l'époque et l'étude comparative avec d'autres travaux (Pye, 1987 ; Thorson et Bender, 1985 ; Lea et Whatomas, 1990, Péwé, 1975; Smalley, 1966), il se pourrait que ces loess proviennent des plaines de Bluefish et d'Old Crow, lors de la mise au jour des sédiments suite au retrait glaciaire. Ces sédiments sont, en soi, des marqueurs environnementaux (Cinq-Mars, 1990).

Les dépôts éoliens de sommet de falaise sont des accumulations restreintes et locales (Bégin et al., 1995). Peut-on dire que, comme les loess de Bluefish, elles fournissent des informations paléoenvironnementales et paléoclimatiques de niveau régional ? Pour répondre à cette question, il nous a semblé essentiel de mettre en évidence les caractères locaux et régionaux qu'indiquent ces profils éoliens. Ceci permet un complément d'informations à la reconstitution régionale de la sédimentation éolienne, dans le nord-ouest du Yukon. Dans la présente thèse, en effectuant une comparaison entre les trois accumulations éoliennes des *Ramparts*, on peut faire une discrimination entre les caractéristiques locales et régionales. Si un indicateur montre un changement brusque et semblable dans les trois coupes, on peut admettre une condition régionale alors que si le phénomène n'est visible que sur un site, on ne peut considérer ce facteur comme régional, mais plutôt comme étant local. C'est ce que montre par exemple la susceptibilité magnétique. Les pics obtenus par les feux montrent des phénomènes très locaux pour les trois sites de la rivière Porcupine. De façon générale, l'influence locale est très importante pour les trois coupes. Les indicateurs étudiés sont interreliés et ne peuvent eux même être considérés comme des facteurs locaux ou régionaux, que se soit le type de végétation en place, l'orientation du dépôt face aux vents dominants, le niveau de la rivière à cet endroit... etc. C'est la combinaison de ceux-ci qui révèle l'influence locale ou régionale que subit ce type d'accumulation éolienne.

La ressemblance stratigraphique des coupes de Jackson Rock Fall, de la Coupe 330 et de Caribou Bar laisse supposer que les accumulations éoliennes ont connu une histoire commune et que leur édification n'est pas seulement le fait de conditions locales particulières. Leur comparaison a fait ressortir les traits marquants de l'évolution climatique régionale pendant l'Holocène (figure 6.8). Il est clair que ces accumulations ont fourni des informations paléoenvironnementales et paléoclimatiques de niveau régional.

D'ailleurs, on peut résumer les principales étapes de l'activité éolienne depuis la fin du Pléistocène de la façon suivante :

- 1) Vers 22 ka, selon des datations TL dans les plaines d'Old Crow, le niveau du lac devient probablement très bas, et peut être même à sec, favorisant ainsi une forte déflation éolienne des sédiments exondés, sous l'influence des vents dominants du nord-est. Du loess recouvre les montagnes environnantes ainsi que les entrées de certaines cavernes (Tamocai 1990, Cinq-Mars, 1979).
- 2) La date de 15 ka obtenue par thermoluminescence et acquise dans le sable au sommet du gravier à Caribou Bar, suggère qu'entre cette date et 22 ka, la rivière Porcupine n'ait pratiquement pas creusé son lit. L'alimentation fluvio-glaciaire était terminée et le climat du pléniglaciaire présent, très froid et sec ne devait fournir qu'une faible quantité d'eau. La reprise de l'activité fluviale a été datée à 12 ka dans la plaine d'Old Crow (Ovenden, 1980), ce qui est un peu plus jeune que dans les *Ramparts*. La différence pourrait s'expliquer par le fait que pour qu'un drainage fluvial s'opère dans cette plaine il a fallu que la rivière ait déjà creusé ceux-ci pour créer un gradient permettant l'écoulement des eaux.
- 3) Vers 16 ka B.P., l'activité éolienne continue régionalement, à un rythme plus lent. La disponibilité des sédiments lacustres provenant des plaines de Bluefish et Old Crow se fait plus rare puisque la végétation commence à se mettre en place dans les plaines. Cependant, dans la vallée de la rivière Porcupine, un nouveau scénario se produit. Une accumulation éolienne s'édifie à partir d'une source locale : les schistes. De 15 à 11 ka, la rivière Porcupine va creuser rapidement les *Ramparts*. Ritchie et al. (1982) mentionne une transition abrupte entre le passage de la toundra herbacée et la toundra arbustive vers 13,5 ka indiquant un climat plus chaud et sec. Edwards et al. (1994) indique également une période de déglaciation de 14 ka à 11 ka pour le nord-est de l'Alaska.

- 4) L'activité éolienne au niveau régional, selon les résultats obtenus aux cavernes de Bluefish se serait terminée vers 12,5 ka, laissant la place aux accumulations plus locales comme celles se développant dans les Ramparts de la rivière Porcupine, à Caribou Bar et à 330.
- 5) 10 ka marque le début d'une période chaude et humide représentée par l'arrivée d'*Alnus* et de *Picea mariana* dans la région. Matthews et Telka (1997) mentionnent des faunes qui reflètent une période de chaleur intense qui s'est produite aux latitudes élevées, vers cette époque. L'humus à cailloutis sus-jacent le loess à Bluefish confirme ce réchauffement. De 9 à 5,5 ka, la végétation en place diminue la déflation entraînant un taux faible de sédimentation.
- 6) De 5,5 à aujourd'hui, le climat s'est refroidi. La cryoturbation, mentionnée par Zoltai et al. (1978), commence vers 4,5 ka et était très intense entre 3 et 3,5 ka. Tamocai (1987) mentionne également une augmentation de l'activité cryogénique et de la formation des hummocks vers 3,5 ka, résultat d'un refroidissement climatique. Ellis et Calkin (1984) évoquent une réactivation des glaciers de vallée dans les monts Brooks. Dans la vallée de la rivière Porcupine, les coins de glace s'édifient sur la basse terrasse alluviale (Lauriol et al. 1992). Les taux de sédimentation éolienne culminent, bien qu'ils peuvent avoir été exagérés par la présence de matière organique et un tassement moindre. C'est pendant cette période que se mettent en place les dépôts éoliens étudiés par Bégin et al. (1995), Pissart (1977) et Hétu (1992). Il se pourrait que l'activité cyclonique ait été beaucoup plus intense que pendant la période allant de 9 à 5,5 ka B.P.

Les dépôts éoliens de sommet de falaise sont des dépôts qui subissent l'influence locale du milieu

environnant. Autant certains facteurs, comme la disponibilité des sédiments, l'orientation de la coupe face aux vents, etc. différencient les coupes entre elles, autant la comparaison de ces coupes a permis de mieux cerner les facteurs d'évolution de l'activité éolienne dans cette région. L'hydrologie, comme on l'a vu, a joué un rôle essentiel dans l'histoire éolienne de ce secteur. Que se soient les loess de la fin du Pléistocène, les dépôts éoliens de sommets de falaise de la vallée de la Porcupine ou les sédiments éoliens de Twin Lake; les trois phénomènes éoliens se sont développés en relation avec l'activité hydrologique. Alors que le site de Twin Lake perçoit des informations locales, pendant les derniers 5 ka B.P., les sédiments éoliens de sommet de falaise de la rivière Porcupine et surtout, les loess de Bluefish permettent un complément d'informations sur les conditions paléoenvironnementales et paléoclimatiques de la fin du Pléistocène et de l'Holocène.

Finalement, cette étude ouvre de nouvelles voies dans l'interprétation des dépôts éoliens locaux. Comme il a été démontré, il est possible de dégager des informations d'ordre paléoenvironnemental et paléoclimatique révélant une tendance régionale. Les principales évolutions des accumulations éoliennes du Pléistocène supérieur et de l'Holocène dans le nord-ouest du Yukon ont pu être mieux cernées. La présence de discontinuités dans les dépôts se sont révélées des facteurs limitatifs mais significatifs. Les porches de Bluefish ont l'avantage de receler plusieurs ossements aptes à servir de matériel de datation. Cependant, lorsque ceux-ci sont absents et que la matière organique est faible, comme c'est le cas dans la base des dépôts éoliens de sommet de falaise, la datation par luminescence optique est plus indiquée. Des datations additionnelles, à la Coupe 330, entre autres, permettraient de compléter le tableau de la déposition éolienne de la région et l'application d'un modèle de sédimentation éolienne aiderait à mieux comprendre la dynamique éolienne survenue en sommet de falaise à cette époque.

Bibliographie

- Andrejko, M. J., F. Fiene et A. D. Cohen. 1983. Comparison of Ashing Techniques for Determining of the Inorganic Content of Peats. Testing of Peats and Organic Soils, ASTM STP 820, P.M. Jarrett, Ed. *American Society for Testing and Materials*, p.5-20.
- Ahlbrandt, T.S., J.B. Swinehart et D.G. Maroney. 1983. The dynamic Holocene dune fields of the Great Plains and Rocky Mountain Basins, USA. *Eolian Sediments and Processes*. M.E. Brookfield and T.S. Ahlbrandt, Eds. Elsevier, Amsterdam/New york. p.379-406.
- Bartlein, P. J., P.M. Anderson, M.E. Edwards et P.F. McDowell. 1991. A framework for interpreting paleoclimatic variations in eastern Beringia. *Quaternary International*, vol.10-12, p.73-83.
- Bégin, C., Y. Michaud et S. Boucher. 1992. Données préliminaires sur la morphologie et le dynamisme récent d'un système dunaire de haut de falaise dans la région de la rivière Mountain, District de Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest. *Geological Survey of Canada*, Paper 92-1b, p.13-21.
- Bégin, C., Y. Michaud et L. Filion. 1995. Dynamics of a Holocene Cliff-Top Dune along Mountain River, Northwest Territories, Canada. *Quaternary Research*, no.44, p.392-404.
- Bigelow, N., J. Begét et R. Powers. 1990. Latest Pleistocene Increase in Wind Intensity Recorded in Eolian Sediments from Central Alaska. *Quaternary Research*. no.34, p.160-168.
- Bowen, A. J. et D. Lindley. 1977. A wind-tunnel investigation of the wind speed and turbulence characteristics close to the ground over various escarpment shapes. *Boundary-Layer Meteorology*. no.12, p.259-271.
- Cinq-Mars, J. 1979. Bluefish Cave 1: A Late Pleistocene Eastern Beringian Cave Deposit in the Northern Yukon. *Canadian Journal of Archaeology*, no.3, p.1-32.
- Cinq-Mars J. 1982. Les grottes du poisson-bleu. *Geos*, vol.11, p.19-21.
- Cinq-Mars, J. 1990. La place des grottes du Poisson-Bleu dans la préhistoire béringienne. *Revista de Arqueologia Americana*, no. 1, p.9-32.
- Coude-Gaussen, G. Et P. Rognon. 1983. Les Poussières Sahariennes. *La Recherche*, Paris, no.147, p.1050-1061.
- Courty, M.-A., N. Fédoroff et P. Guilloiré. 1987. Observations Microscopiques: Micromorphologie des Sédiments Archéologiques, Géologie de la Préhistoire: Méthodes, Techniques, Applications, Association pour l'Étude de l'Environnement Géologique de la Préhistoire, Maison de la Géologie, Paris. p.1179-1207.
- Cwynar, L.C. 1982. A late-Quaternary vegetation history from Hanging Lake, northern Yukon. *Ecol.Monogr.*, vol.52, p.1-24.
- Cwynar, L.C. et R.W. Spear. 1991. Reversion of forest to tundra in the central Yukon. *Ecology*. vol.72, p.202-212.

- David, P.P. 1981. Stabilized dune ridges in northern Saskatchewan. *Canadian Journal of Earth Sciences*. Vol.18, p.286-310.
- Dreimanis, A. 1962. Quantitative Gasometric Determination of Calcite and Dolomite by using Chittick Apparatus. *Journal of Sedimentary Petrology*. vol.32, no.3, p.520-529.
- Duchesne, C. 1997. Influence du Naled de la rivière Firth sur les sols et la végétation, Yukon, Canada. Thèse de maîtrise ès arts en géographie. Université d'Ottawa. 83 pages.
- Dyke, A.S. et V.K. Prest. 1987. Late Wisconsinian and Holocene history of the Laurentide Ice Sheet. *Géographie et Quaternaire*. Vol.41, no.2, p.237-263.
- Dyke, A.S. Wetland and Eolian Features : Preliminary Paleogeographic maps of Glaciated North America. *Geological Survey of Canada*.
- Edwards, M.E. et E.D. Barker Jr. 1994. Climate and vegetation in the northeastern Alaska : 18,000 yr B.P. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. vol.109, p.127-135.
- Filion, L. 1984. A relationship between dunes, fire and climate in the Holocene deposits of Quebec. *Nature*. Vol.309, p.543-546.
- Folk, R.L. et W. Ward. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary Petrology*, vol.27, p.3-26.
- Fulton, R.J. et V.K. Prest. 1987. Introduction: The Laurentide Ice Sheet and its significance. *Géographie Physique et Quaternaire*. vol.41, p.181-186.
- Hamilton T.D., G.M. Ashley, K.M. Reed et D.P. Van Etten. 1984. Stratigraphy and sedimentology of Epiguruk Bluff: A preliminary account. *U.S. Geological Survey Circular* 939. p.12-15.
- Hamilton, T.D., J.P. Galloway et E.A. Koster. 1987. Late Wisconsin Eolian Activity and Related Alluviation, Central Kobuk River Valley. Geologic Studies in Alaska, U.S. Geological Survey during 1987, *U.S. Geological Survey Circular* 1016, p.39-43.
- Harrington, C.R. 1977. Pleistocene mammals of the Yukon Territory. PhD non-publié, Université d'Alberta, Edmonton, 1060 pages.
- Harnois, L. 1988. The CIW index: A new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*. vol.55, p.319-322.
- Hétu, B. 1992. Coarse Cliff Aeolian Sedimentation in Northern Gaspésie, Québec (Canada). *Earth surface processes and landforms*. vol.17, p.95-108.
- Hopkins, D.M. 1972. The paleogeography and climatic history of Beringia during late Cenozoic time. *Inter Nord*. vol.12, p.121-145.

- Hopkins, D.M. 1982. Aspects of the paleogeography of Beringia during the late Pleistocene. D.M. Hopkins, J.V. Matthews, C.E. Schweger et S.B. Young, *Paleoecology of Beringia*, Academic Press, New York, NY, p.3-28.
- Hughes, O.L. 1972. Surficial geology of northern Yukon Territory and northwestern District of Mackenzie, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada*. Paper 69-36.
- Janz, B. Et D. Storr. 1977. The climate of contiguous mountain parks Banff Jasper Yoho Kootenay, Parks Canada, Dept. Of Indian and Northern Affairs. *Environment Canada, AES, Meteorological Applications Branch*. Toronto. Project Report no.30, 324 p.
- Klovan, J. E. 1966 The use of factor analysis in determining depositional environments from grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*. vol.36, no.1, p.115-125.
- Lamothe, M. 1996. Datation par les méthodes de luminescence des feldspaths des milieux sédimentaires : le problème de la remise à zéro. *Géographie physique et Quaternaire*, vol.50, no.3, p.365-376.
- Lauriol, B. et L. Godbout. 1988. Les terrasses de cryoplanation dans le nord du Yukon: distribution, genèse et âge. *Géographie physique et Quaternaire*. vol.42, no.3, p.303-314.
- Lauriol, B., 1995, Systématique du Remplissage en Eau des fentes de Gel : les résultats d'une étude Oxygène-18 et Deutérium. *Permafrost and Periglacial Processes*. Vol.6, p.47-55.
- Lea, P.D.1990. Pleistocene periglacial eolian deposits in southwestern Alaska: sedimentary facies and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol.60. No.4. p582-591.
- Lea, P.D. et C.F. Wathomas.1990. Late-Pleistocene Eolian Sand Sheets in Alaska. *Quaternary Research*. no.34, p.269-281.
- Leborgne, E.1955. Susceptibilité magnétique anormale du sol superficiel. *Ann. Geophys*. Vol.11. p.399-419.
- Leger, M. 1992. La granulométrie dans l'étude des loess et des formations dérivées, Les Apports de la Granulométrie dans l'Étude Géodynamique des Milieux Physiques. *Travaux du laboratoire de géographie physique*. Université de Paris 7, no.19, p.37-59.
- Legigan, P. et L. Le Ribault. 1987. Exoscopie des quartz: Application à la reconstruction des environnements sédimentaires. *Géologie de la préhistoire*. Association pour l'Étude de l'Environnement Géologique de la Préhistoire, Paris, p.499-517.
- Locat, J. et M.-A. Bérubé. 1986. L'influence de la granulométrie sur la mesure des carbonates par la méthode du chittick. *Géographie physique et Quaternaire*. vol.11, no.3, p.331-336.
- Marsh, W. M. et B. D. Marsh. 1987. Wind erosion and sand dune formation on high lake Superior bluffs. *Geografiska Annaler*. vol. 69a, p.379-391.
- Martinson, D.G., N.G. Pisias, J.D. Hays, J. Imbrie, T.C. Jr. Moore et N.J. Shackelton. 1987. Age dating and orbital theory of the ice ages : Development of a high resolution 0 to 300,000 year chronostratigraphy. *Quaternary Research*. Vol.27, p.1-29.

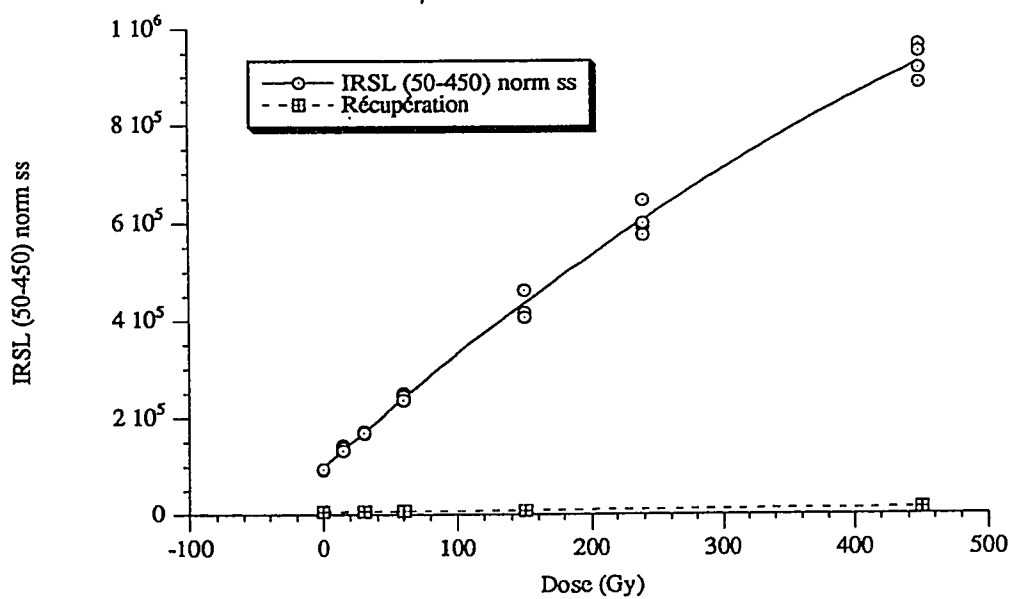
- Matthews, J.V. Jr., O.L. Hughes et C.E. Schweger. 1987. Twelvemile Bluff Exposure. *Quaternary research in Yukon: excursion guidebook A-20*, INQUA XII International Congress, Éditions S.R. Morison et C.A.S. Smith. National Research Council of Canada, p.95-99.
- Matthews, J.V. Jr. et A. Telka. 1997. Insect Fossils from the Yukon. Insects of the Yukon. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods). H.V. Danks et J.A. Downes Editions. Ottawa, p.911-962.
- Molina-Cruz, A. 1977. The relation of the Southern Trade winds to upwelling processes during the last 75 000 y. *Quaternary Research*. Vol. 8, p.324-338.
- Morlan, R.E. et J. Cinq-Mars. 1982. Ancient Beringians: Human Occupation in the Late Pleistocene of Alaska and the Yukon Territory. *Paleoecology of Beringia*. Édité par D.M. Hopkins et al. Academic Press. New York. p.353-381.
- Muhs, D.R. 1985. Age and paleoclimatic significance of Holocene sand dune in Northeastern Colorado. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol.75, p.566-582.
- Nesbitt, H.W. et G.M.Young. 1982. Early Protozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*. vol.299, p.715-717.
- Norris, D.K. 1981. Geology: Old Crow, Yukon Territory. *Geological Survey of Canada*. Map 1518A, 1:250 000.
- Péwé 1975. Quaternary geology of Alaska. *U.S. Geol. Sur. Prof. Paper* 835. 145 pages.
- Pissart, A., J.-S. Vincent et S.A. Edlund. 1977. Dépôts et phénomènes éoliens sur l'île de Banks, Territoires du Nord-Ouest, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*. vol.14, p.2462-2480.
- Pye, K., 1987. Aeolian Dust and Dust Deposits. Academic Press. London. 334 pages.
- Pye, K. et D.M. Paine. 1984. Nature and source of eolian deposits near the summit of Ben Arkle, Northwest Scotland. *Géologie en Mijnbouw*. Vol.63, p.13-18.
- Rampton, V.N. 1982. Quaternary geology of the Yukon Coastal Plain. Geological Survey of Canada. Bulletin 317. 49 pages.
- Riel, A. 1997. Histoire alluviale de la rivière Porcupine dans la plaine de Bluefish au Yukon. Thèse de maîtrise ès arts en géographie. Université d'Ottawa. 144 pages.
- Ritchie, J.C., J. Cinq-Mars et L.C. Cwynar. 1982. L'environnement tardiglaciaire du Yukon septentrional, Canada. *Géographie physique et Quaternaire*. nos.1-2, p.241-250.
- Ritchie, J.C. et L.C. Cwynar. 1982. The Late Quaternary Vegetation of the North Yukon. *Paleoecology of Beringia*. Édité par D.M. Hopkins et al. Academic Press. New York. p.113-126.
- Ritchie, J.C., L.C. Cwynar et R.W. Spear. 1983. Evidence from northwest Canada for an early Holocene Milankovitch thermal maximum. *Nature*. No.305, p.126-128.

- Ritchie, J.C. 1984. *Past and Present Vegetation of Northwest Canada*. Univ. Toronto, Toronto, Ontario.
- Rocheleau, M. 1997. Sédimentologie des paléoplages de la plaine d'Old Crow, Territoire du Yukon, Canada. Thèse de maîtrise ès arts en géographie. Université d'Ottawa. 168 p.
- Ross, M. 1997. Lithostratigraphie et géochronologie du pléistocène de la coupe Ch'ijee's (station 6) dans le bassin de Bluefish, Yukon septentrional : implications pour la paléogéographie régionale. Thèse de maîtrise ès sciences en géologie. Université du Québec à Montréal. 119 p.
- Smalley, J.J. 1966. The properties of glacial loess and the formation of loess deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol.36. p.669-676.
- Tarnocai, C.1987. Guidebook to Quaternary Research in Yukon. INQUA XII International Congress, National Research Council of Canada.Ottawa.
- Tarnocai, C. 1990. Paleosols of the interglacial climates in Canada. *Géographie Physique et Quaternaire*. no.3, p.363-374.
- Thibaudeau, P.G. 1988. Quelques aspects de la géomorphologie karstique du bassin de la Haute Porcupine, Nord du Yukon. Thèse de maîtrise ès Arts en géographie. Université d'Ottawa, 119p.
- Thorson, R.M. et G. Bender. 1985. Eolian deflation by katabatic winds: A late Quaternary example from the north Alaska Range. *Geological Society of America Bulletin*, no. 96, p.702-709.
- Thorson, R.M. et E.J. Dixon. 1983. Alluvial history of the Porcupine River, Alaska : Role of glacial-lake overflow from northwest Canada. *Geological Survey of America*. no. 94, p.576-589.
- Wahl, H.E., D.B. Fraser, R.C. Harvey et J.B. Maxwell. 1987. Climate of Yukon. *Environment Canada*. Atmospheric Environment Service, 323 p.
- Wilson, P. 1989. Nature, origin and age of Holocene aeolian sand on Muckish Mountain, Co. Donegal, Ireland. *Boreas*. Vol.18, p.159-168.
- Wintle, A.G. 1993. Recent developments in the optical dating of sediments. *Radiation Protection and Dosimetry*. no.47, p.627-635.
- Wintle, A.G. et D.J. Huntley. 1979. Thermoluminescence dating of deep-sea ocean core. *Nature*. no.279, p.710-712.
- Zoltai, S.C., C. Tarconai et W.W. Pettapiece. 1978. Age of cryoturbated organic materials in earth hummocks from Canadian arctic. *Proceedings of the Third International Conference on Permafrost*. Edmonton, Alberta, Canada, Conseil National de Recherche du Canada, Ottawa, p.325-331.

ANNEXE 1

DATATION DE LA BASE DE JACKSON ROCK FALL PAR LUMINESCENCE OPTIQUE

Résultats de luminescence optique
Jackson Rock Fall - Base du dépôt éolien
(Grains fins)

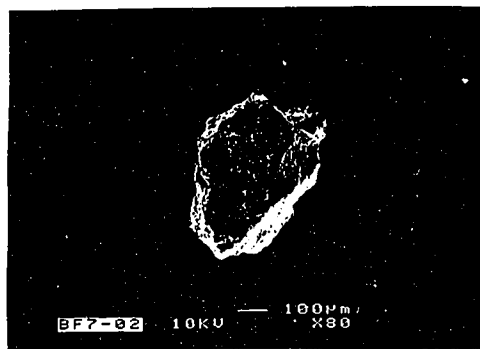


Paléodose = 41.2 Gy
Dose annuelle = 2.6 Gy/ka
Age = 15.9 ± 1.5 ka

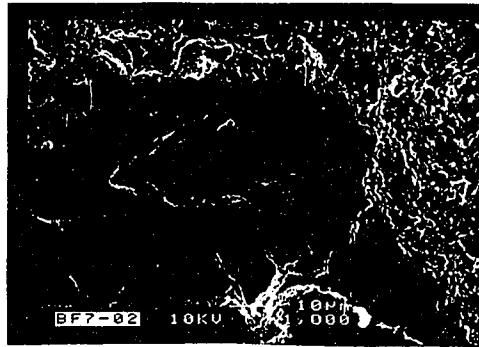
ANNEXE 2

EXOSCOPIE DES GRAINS DE QUARTZ

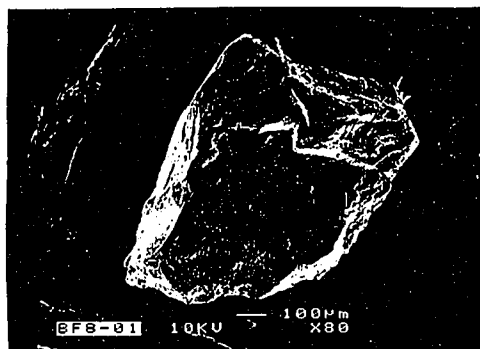
A.



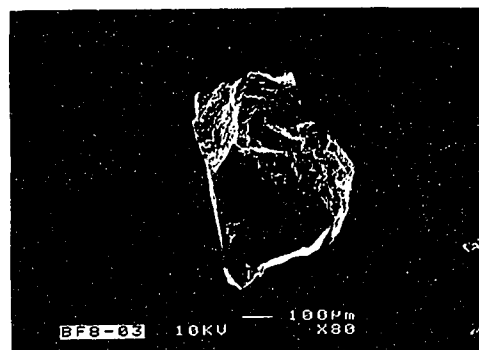
B.



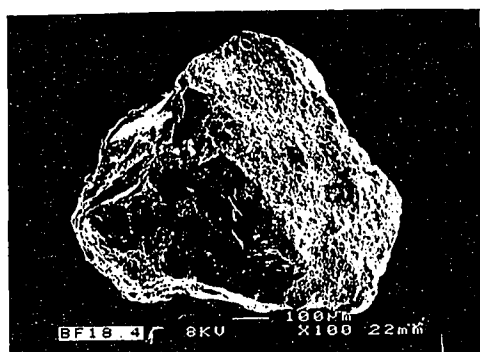
C.



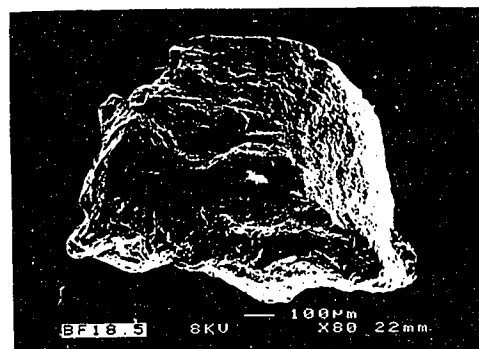
D.



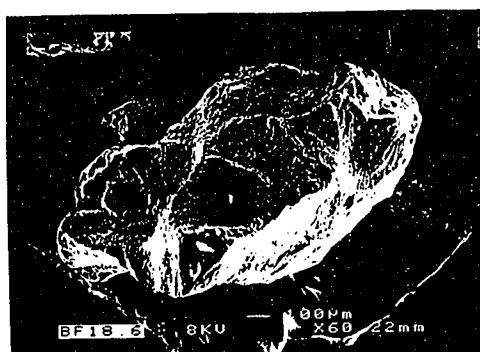
E.



F.



G.



H.

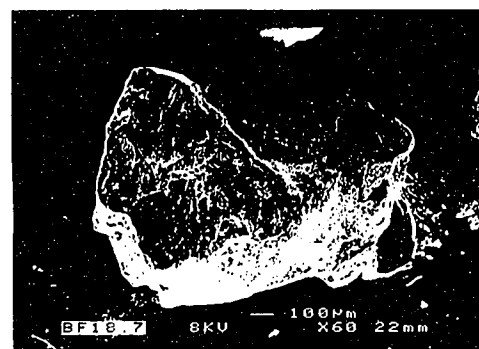


Photo 1. La coupe de Jackson Rock Fall.

A-B) Grains de quartz provenant de la base de la coupe (boîte 1).

C-D) Grains de quartz provenant du milieu de la coupe (boîte 5).

E-H) Grains de quartz provenant du sommet de la coupe (boîte 10).

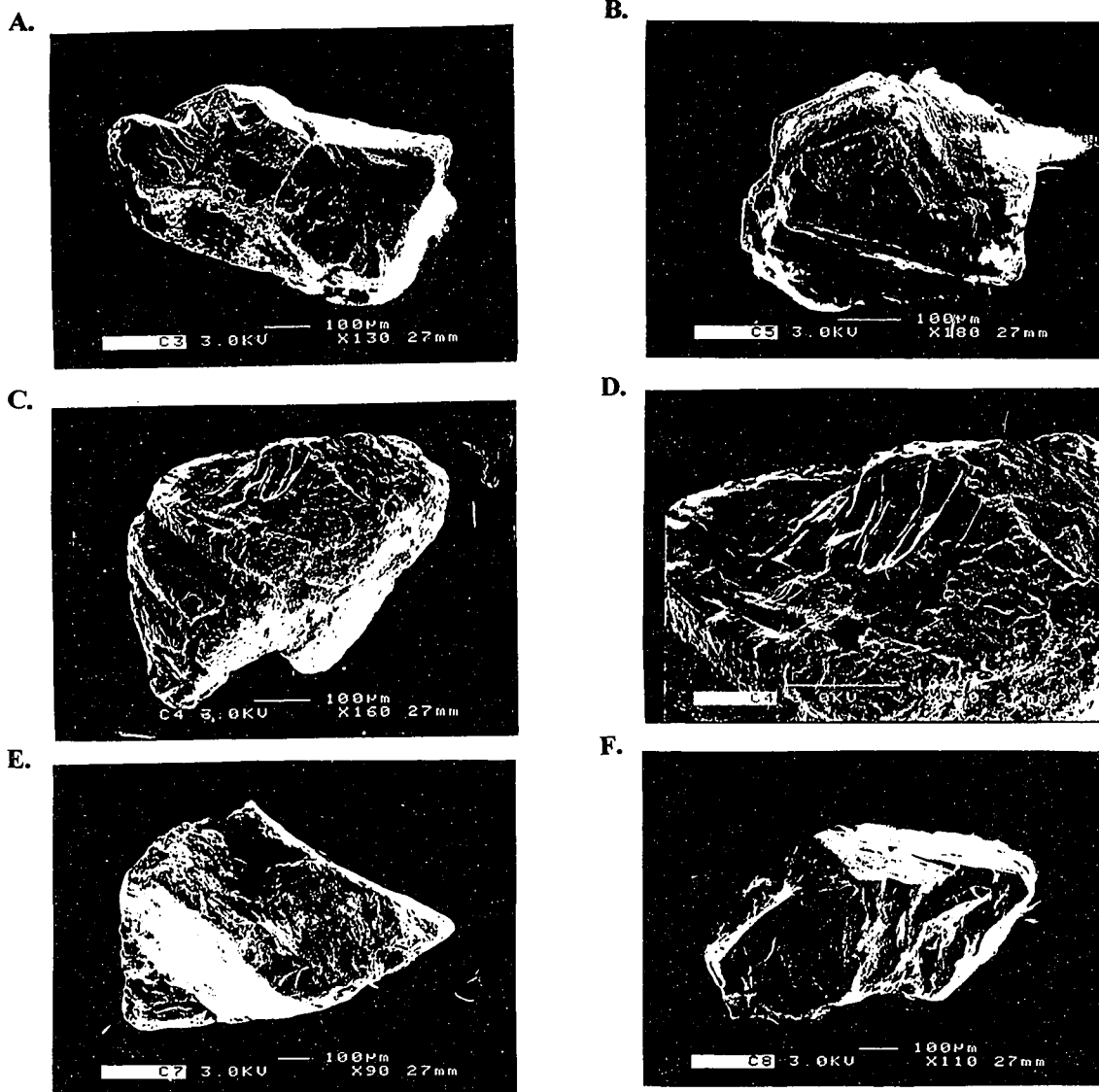


Photo 2. La coupe 330.

A-F) Grains de quartz provenant de la base de la coupe (boîte 1).

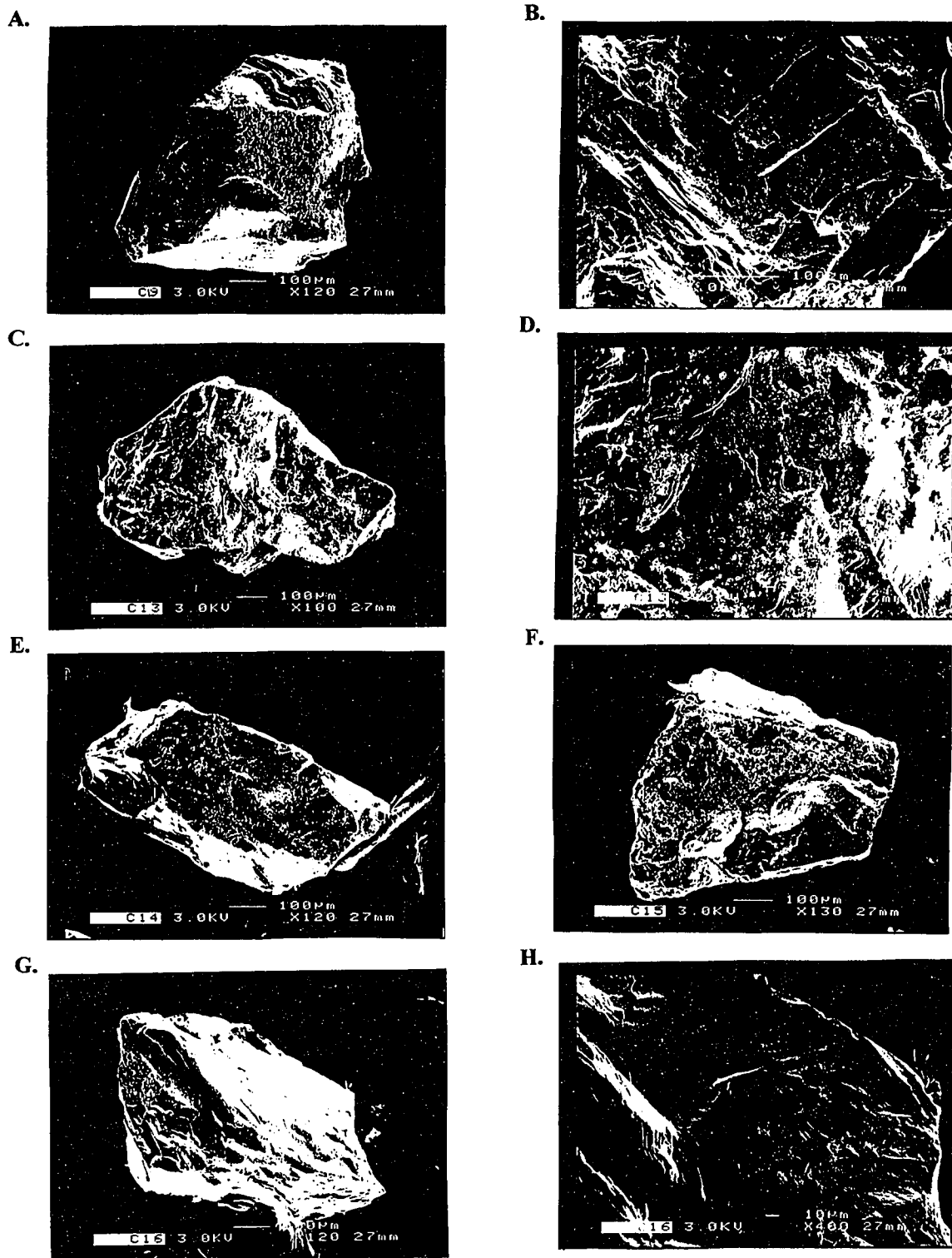


Photo 3. La coupe 330.

A-H) Grains de quartz provenant du milieu de la coupe (boîte 6).

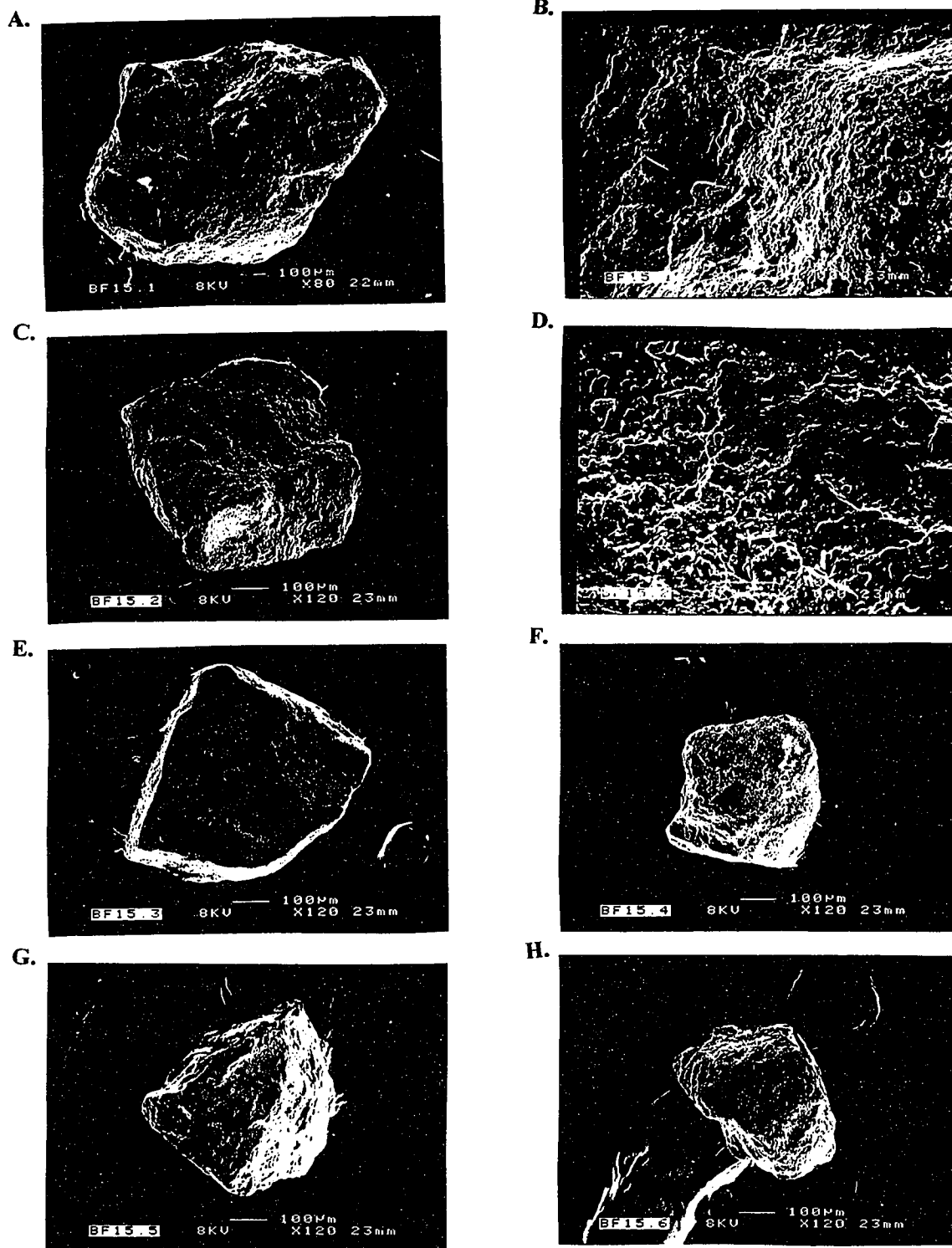


Photo 4. Le loess de Bluefish 1.
A-H) Grains de quartz situés entre 95 et 100 cm.

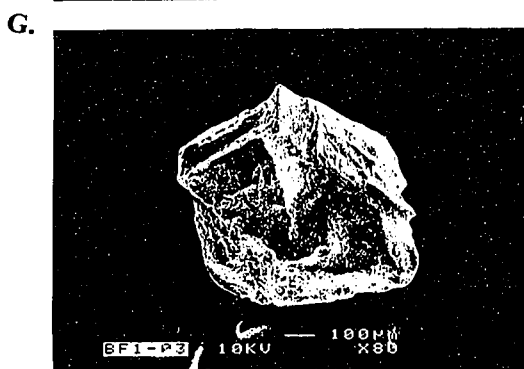
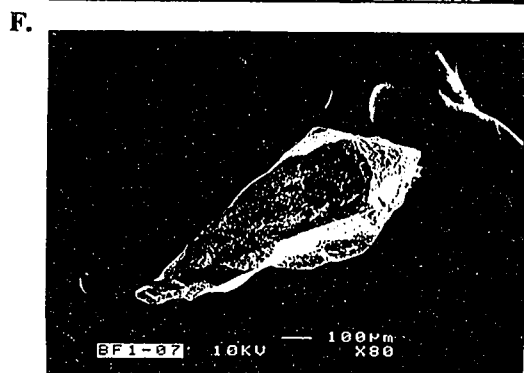
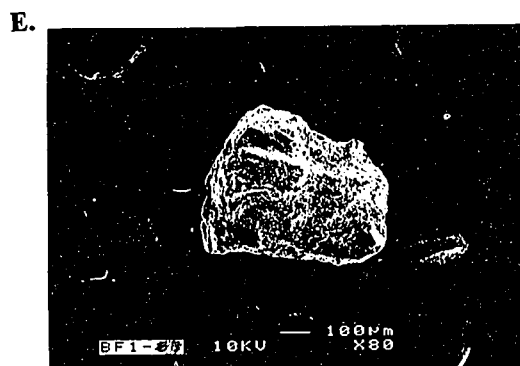
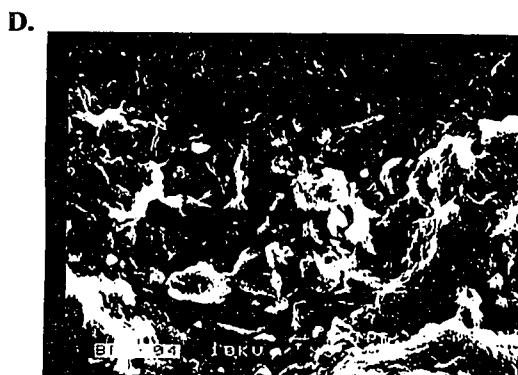
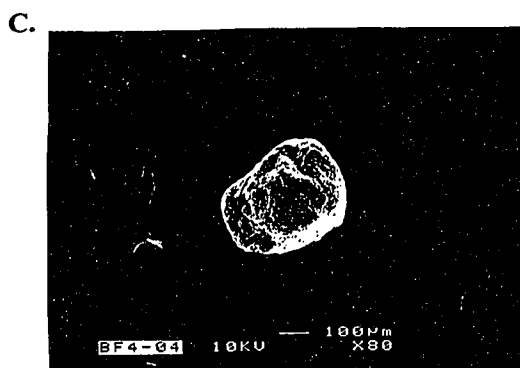
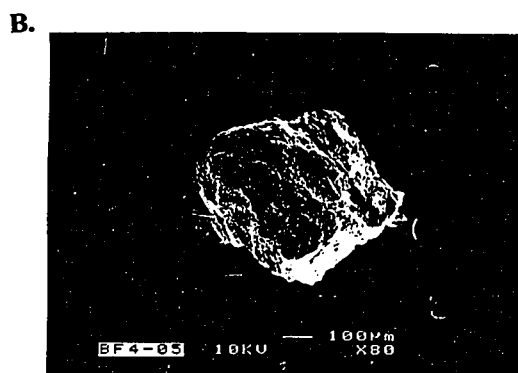


Photo 5. Le loess de Bluefish 1.

A-D) Grains de quartz situés entre 100 et 105 cm.

E-G) Grains de quartz situés entre 121 et 124 cm.

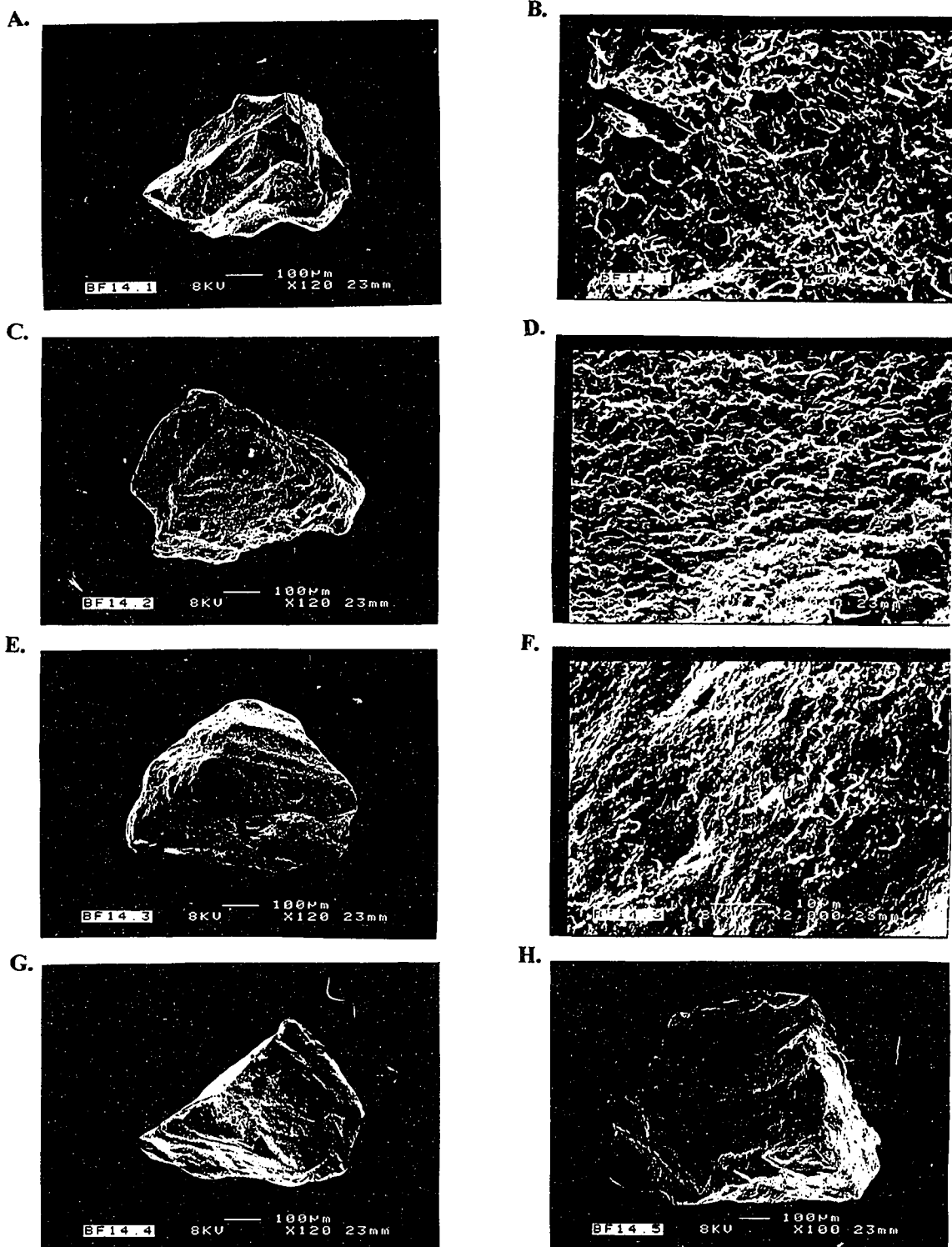


Photo 6. Le loess de Bluefish 1.

A-H) Grains de quartz situés entre 113 et 117 cm.

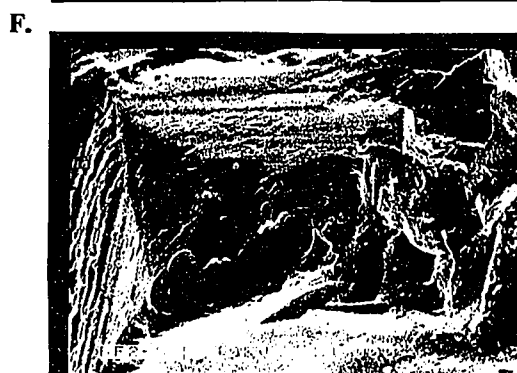
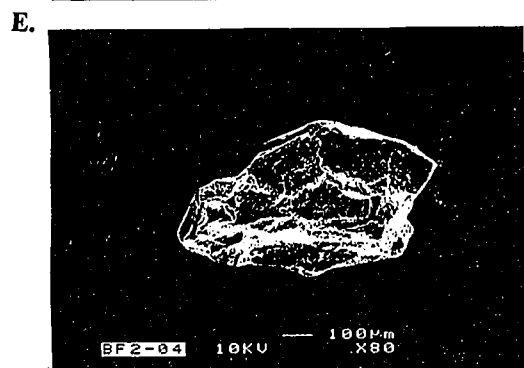
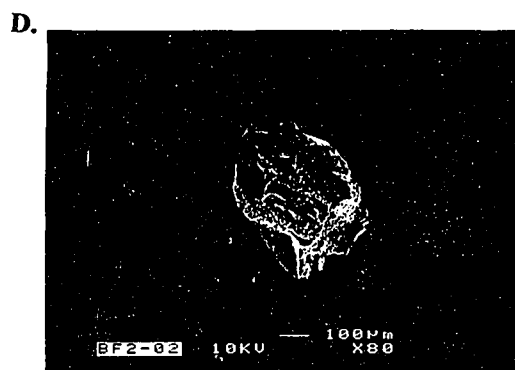
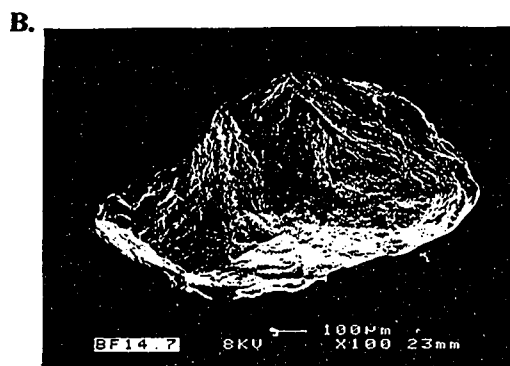
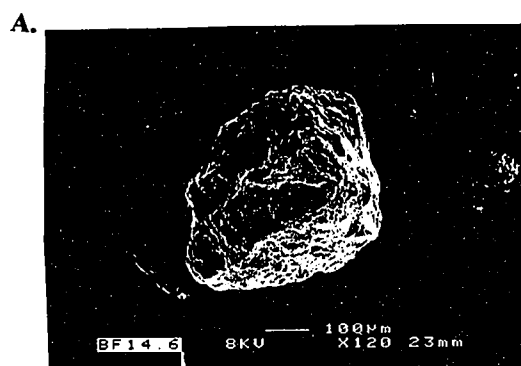


Photo 7. Le loess de Bluefish 1.

A-B) Grains de quartz situés entre 113 et 117 cm.

C-G) Grains de quartz situés entre 117 et 120 cm.

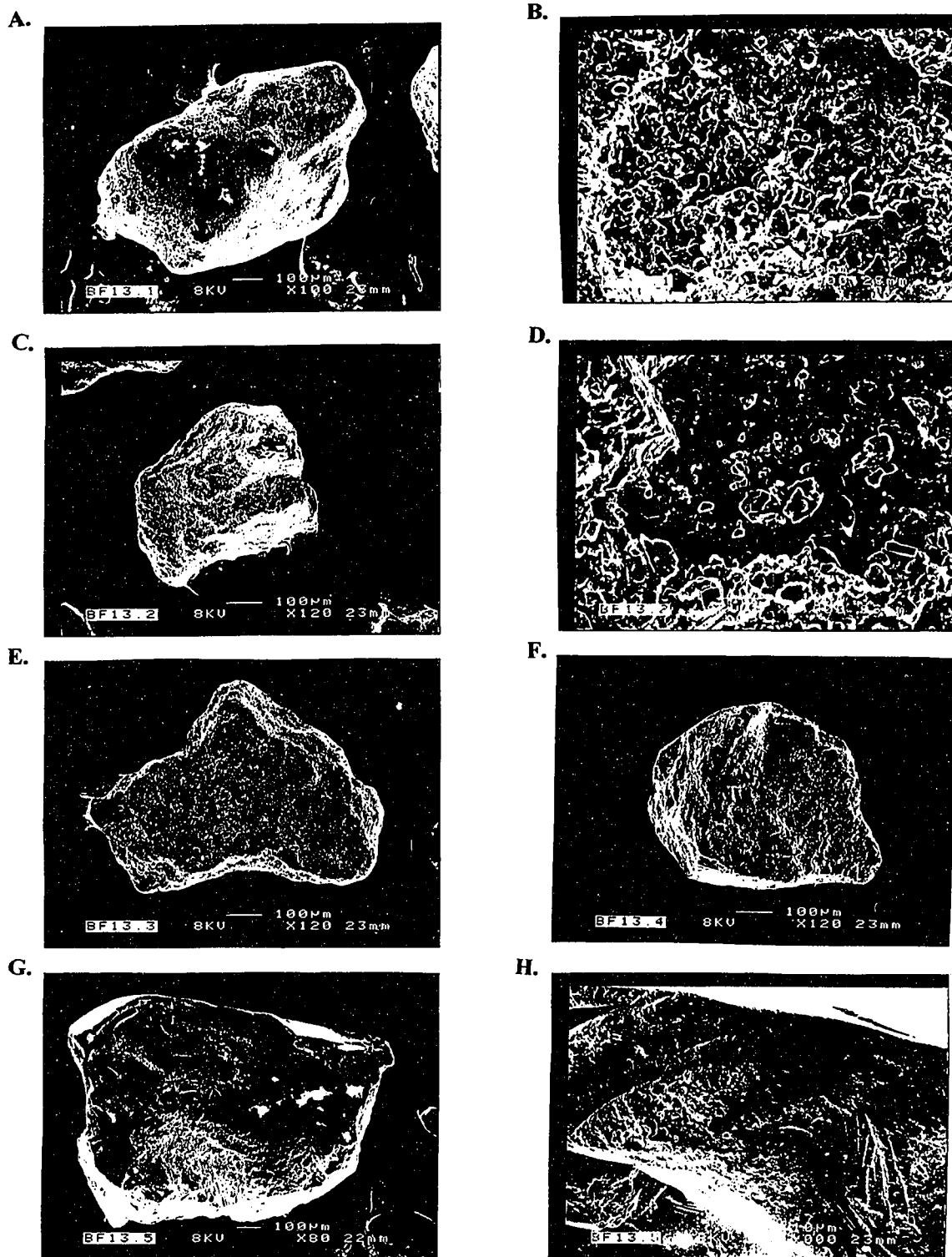


Photo 8. Le loess de Bluefish 1.

A-H) Grains de quartz situés entre 126 et 130 cm.

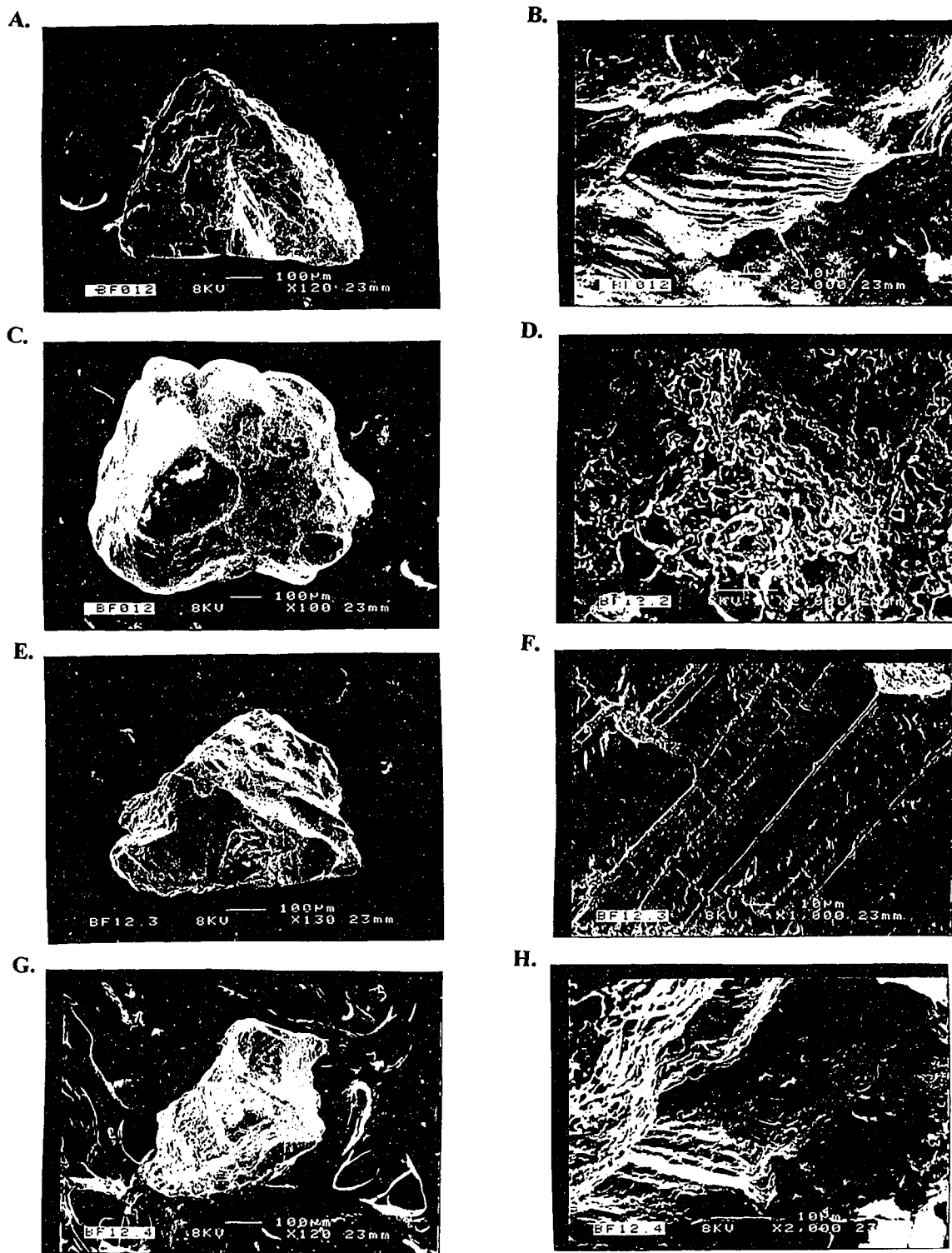


Photo 9. Le loess de Bluefish 1.

A-H) Grains de quartz situés entre 142 et 146 cm.

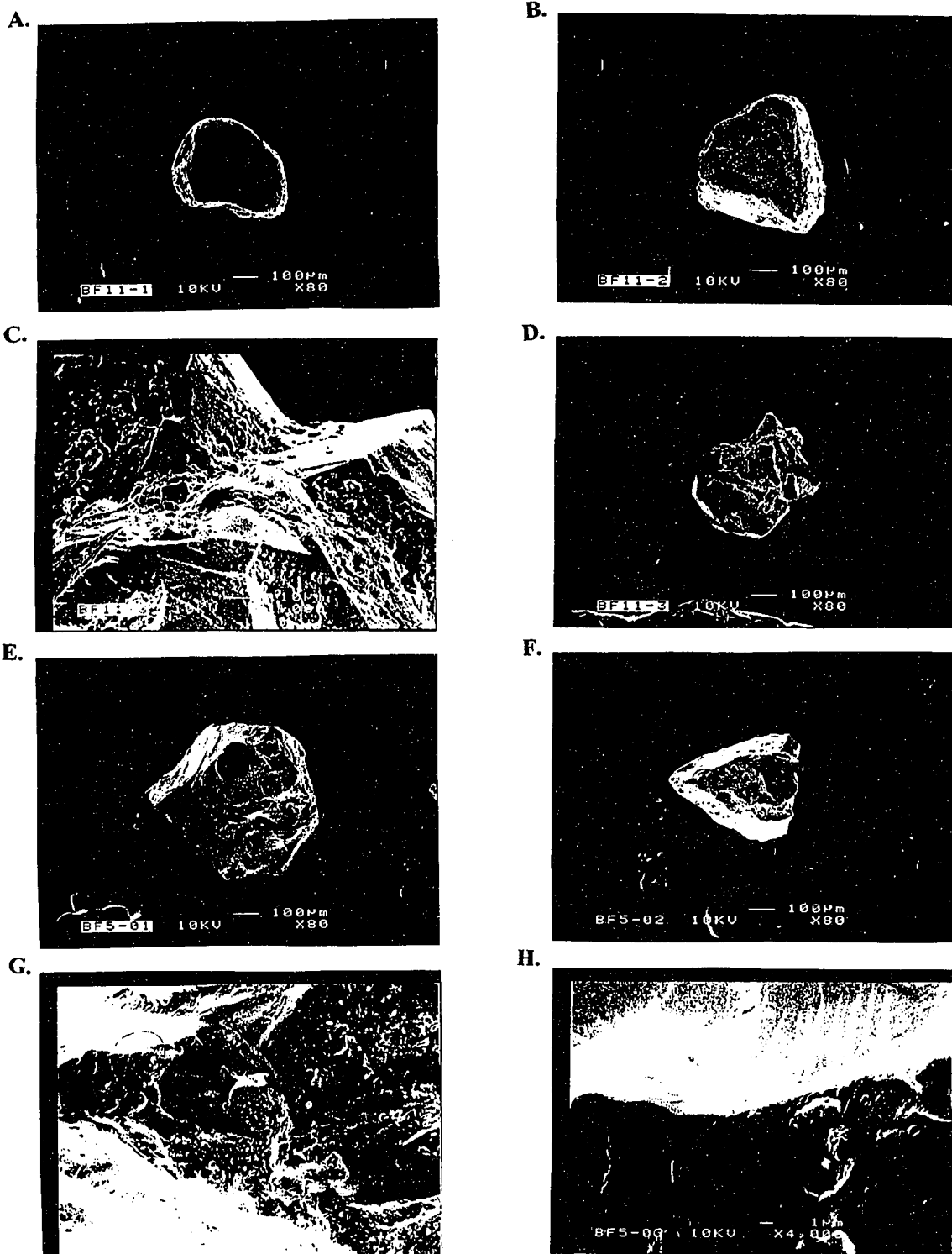


Photo 10. Le loess de Bluefish 3.

A-B) Grains de quartz situés à 5 cm de la surface du dépôt.

C-D) Grains de quartz situés à 15 cm.

E-G) Grains de quartz situés à 20 cm.

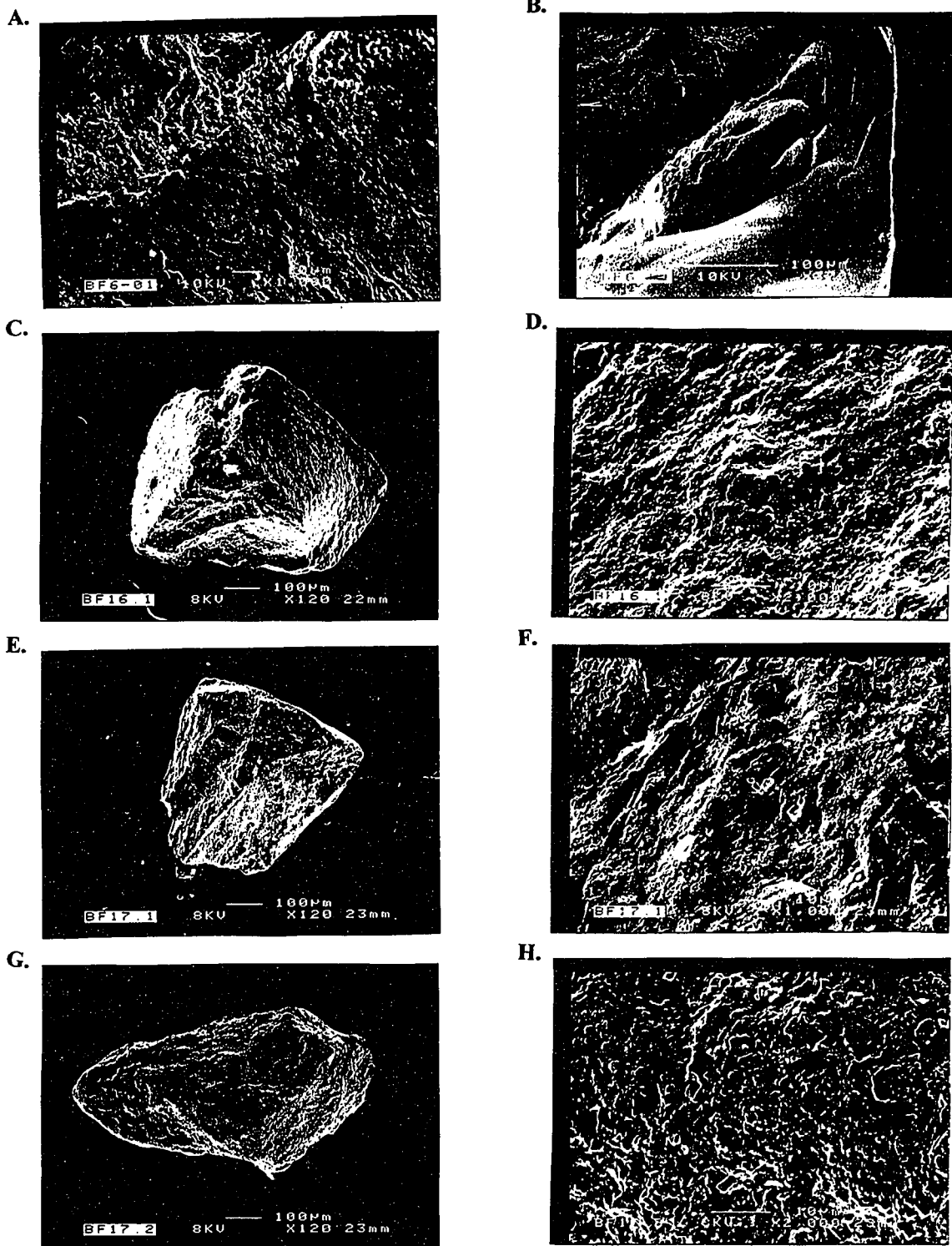


Photo 11. Le loess de Bluefish 3.

A-B) Grains de quartz situés à 25 cm de la surface du dépôt.

C-D) Grains de quartz situés à 30 cm.

E-G) Grains de quartz situés à 40 cm.

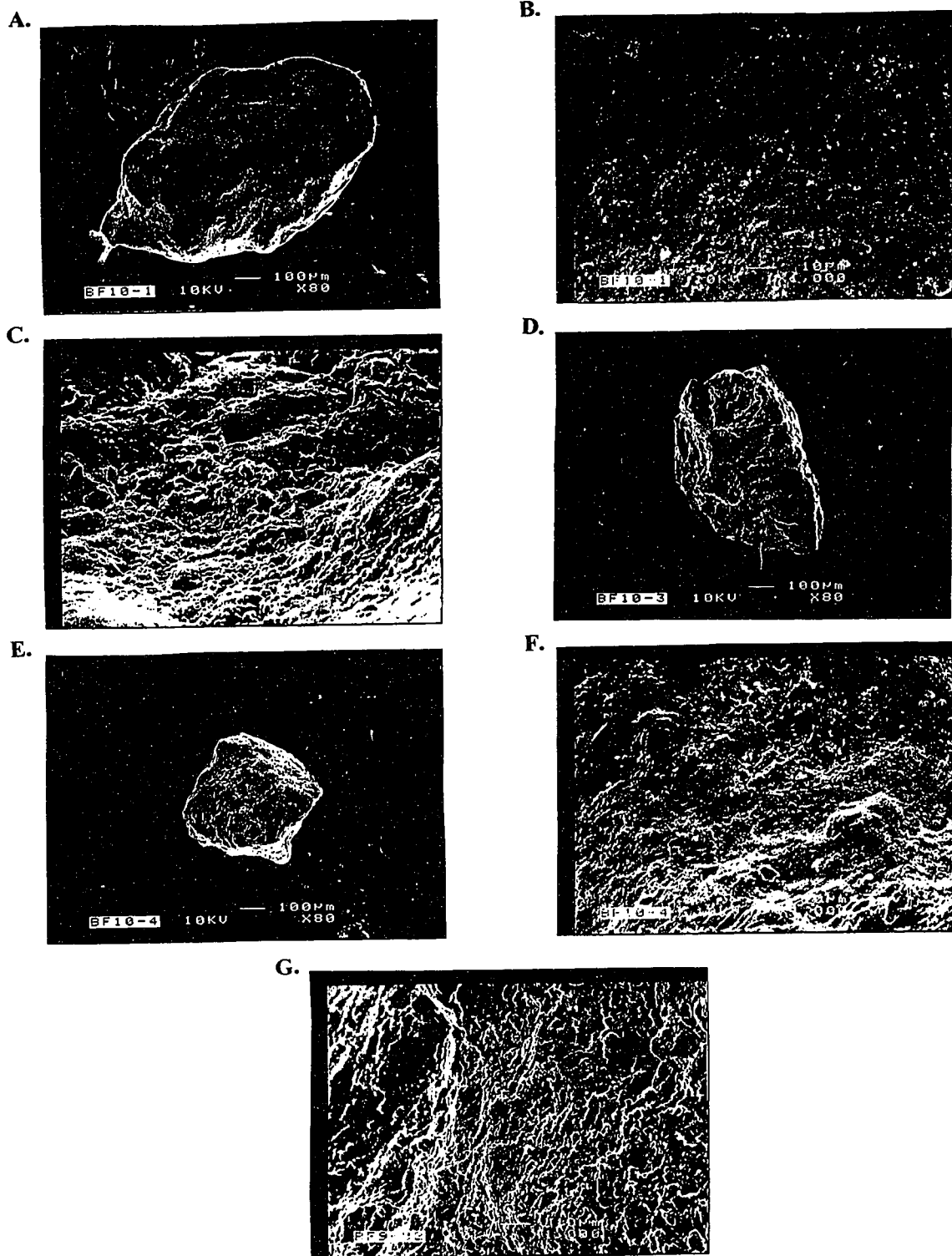
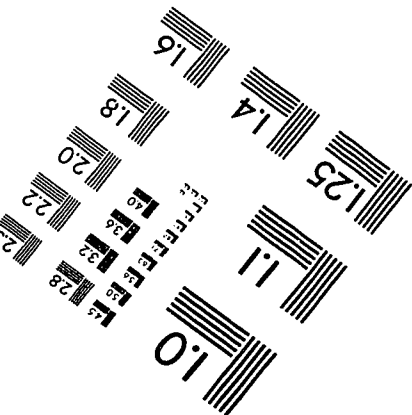
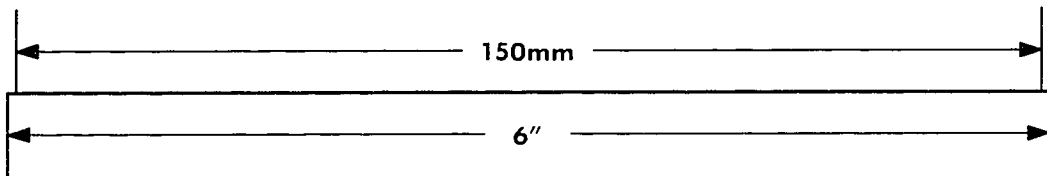
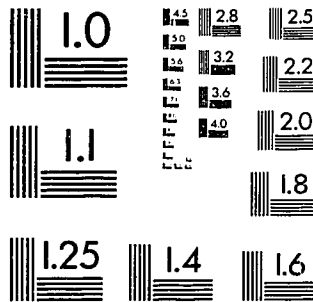
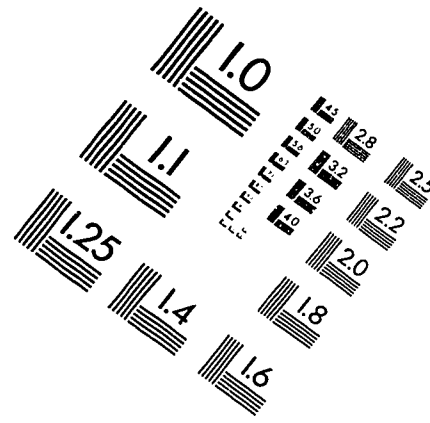
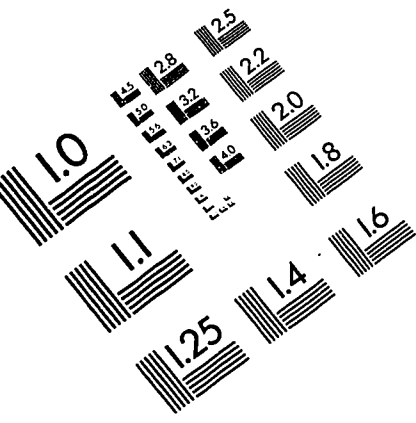


Photo 12. Le loess de Bluefish 3.

A-F) Grains de quartz situés à 50 cm de la surface du dépôt.

G) Grains de quartz situés à 55 cm.

IMAGE EVALUATION TEST TARGET (QA-3)



APPLIED IMAGE, Inc
1653 East Main Street
Rochester, NY 14609 USA
Phone: 716/482-0300
Fax: 716/288-5989

© 1993, Applied Image, Inc., All Rights Reserved

