

CANADIAN THESES ON MICROFICHE

I.S.B.N.

THESES CANADIENNES SUR MICROFICHE



National Library of Canada
Collections Development Branch

Canadian Theses on
Microfiche Service

Ottawa, Canada
K1A 0N4

Bibliothèque nationale du Canada
Direction du développement des collections

Service des thèses canadiennes
sur microfiche

NOTICE

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

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

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

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

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

THIS DISSERTATION
HAS BEEN MICROFILMED
EXACTLY AS RECEIVED

AVIS

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

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

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

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

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

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

Université d'Ottawa

Etude palynologique dans la vallée du
Grizzly Creek (Yukon)

par

Jocelyne Bourgeois

Thèse présentée à l'Ecole des Etudes
Supérieures de l'Université d'Ottawa
en vue de l'obtention de la Maîtrise
es Arts en Géographie.

Novembre 1981

J. Bourgeois, Ottawa, Canada, 1982

Liste de certaines plantes utilisées dans le texte.

NOM LATIN	NOM FRANCAIS	NOM ANGLAIS
<u>Picea glauca</u>	Epinette blanche	White Spruce
<u>Pinus contorta</u>	Pin Lodgepole	Lodgepole Pine
<u>Populus balsamifera</u>	Peuplier baumier	Balsam Poplar
<u>Alnus crispa</u>	Aulne crispé	Green Alder
<u>Salix sp.</u>	Saule	Willow
<u>Betula glandulosa</u>	Bouleau glanduleux	Resin Birch
<u>Shepherdia canadensis</u>	Shepherdia du Canada	Buffaloberry
<u>Juniperus communis</u>	Génévrier commun	Common Juniper
<u>Ericaceae</u>	Ericacées	Heath Family
<u>Artemisia</u>	Armoise	Wormwood or Sage
<u>Epilobium</u>	Epilobe	Dwarf Firewood
<u>Valeriana capitata</u>	Valeriane	Valerian
<u>Anemone</u>	Anémone	Anemone
<u>Ranunculus</u>	Renoncule	Buttercup
<u>Saxifraga</u>	Saxifrage	Saxifrage
<u>Potentilla</u>	Potentille	Cinquefoil
<u>Dryas octopétala</u>	Dryas	Mountain Avens
<u>Pedicularis</u>	Pédiculaire	Lousewort
<u>Rosa acicularis</u>	Rosier aciculaire (Eglantier)	Prickly Wild Rose

REMERCIEMENTS

J'aimerais en premier lieu, remercier mon directeur de thèse, le professeur M.-A. Geurts, qui, par ses nombreux conseils et son enthousiasme, m'a permis de mener à terme cette recherche.

Je suis également reconnaissante aux professeurs D. Lagarec et P. Johnson de l'Université d'Ottawa et à M. J.V. Matthews Jr., de la Commission Géologique du Canada, pour leurs suggestions et leurs commentaires critiques sur le sujet. De plus, je tiens à remercier M. W. Blake Jr., de la Commission Géologique, pour les datations au radio-carbone et les professeurs J. Westgate, de l'Université de Toronto et G. Seret, de l'Université de Louvain, pour leurs analyses minéralogiques des cendres volcaniques.

La Royal Canadian Geographical Society a financé le voyage et la subsistance sur le terrain, tandis que les travaux en laboratoire ont été couverts par les subventions du C.R.S.N.G., attribuées au professeur M.-A. Geurts.

Mes remerciements s'adressent enfin à M. D. Paré pour le dessin des diagrammes polliniques et à Mme. R. Piché pour la dactylographie.

RESUME

Une étude palynostratigraphique a été effectuée dans le bassin du Grizzly Creek, dans la région des monts St-Elie au Yukon, dans le but de reconstituer l'évolution du paysage végétal pour les deux derniers millénaires. Trois sites ont été échantillonnés et des coussinets de mousses ont été prélevés sur l'ensemble du bassin afin de déterminer les relations entre la végétation et les spectres polliniques actuels.

Les analyses de surface indiquent que les assemblages polliniques de la forêt boréale, de la forêt de la plaine alluviale et de la toundra de haute montagne sont distincts alors que ceux de la toundra herbeuse de plus basse altitude et de la toundra arbustive sont plus difficilement identifiables.

Les diagrammes stratigraphiques établis pour les trois sites présentent trois zones polliniques bien définies et dont les limites sont basées essentiellement sur des fluctuations de *Picea* et *Betula*. La zone I, la plus ancienne, semble correspondre sur les sites, à une végétation comparable à l'actuelle avec un climat similaire ou peut-être un peu plus rigoureux. A la zone II, une forte régression de *Picea* est interprétée comme un arrêt de la pollinisation de ce taxon suite à un assèchement et à un faible réchauffement climatique. La forêt se serait maintenue, durant quelques siècles, dans un état dégradé qui aurait favorisé le développement de la strate arbustive et des plantes herbacées. La toundra y

aurait été plus diversifiée à cette époque. La zone III marque un retour à une végétation et à des conditions climatiques similaires à celles de la zone I.

La position dans les profils échantillonnés, de deux couches de cendres volcaniques, associées à la White River Ash et datées approximativement à 1250 et 1890 années B.P., indique un rythme de sédimentation très variable au cours des deux derniers millénaires. La présence de loess dans les sédiments peut expliquer la forte accumulation avant 1250 années B.P. et renforce l'idée d'un assèchement climatique durant cette période. Cependant, dans son ensemble, le bassin du Grizzly Creek a subi peu de modifications majeures durant cette courte période de l'Holocène.

ABSTRACT

Pollen analysis of three sections from the Grizzly Creek Basin in the St. Elias Mountains, Yukon Territories, was undertaken in order to reconstruct the paleoecology of the region over the last two millennium. Surface moss polsters were sampled throughout the basin to determine the relationship between vegetation and modern pollen assemblages.

The surface analyses show that the pollen assemblages of the boreal forest, alluvial plain forest and high mountain tundra are distinct from one another. Those from the low altitude herbaceous tundra and from the shrub tundra are not as easily recognized.

The stratigraphic pollen diagrams for the three sites show three well defined pollen zones, whose boundaries are based essentially on fluctuations of *Picea* and *Betula*. Zone I, the oldest, seems to correspond to a vegetation comparable to that of the present with a climate which is similar or possible a little less favourable. In zone II, the strong decline of *Picea* is interpreted as a break in the pollen production of this specie following a decrease in precipitation as well as a warming of the climate. The forest survived this change for several centuries in a state of degeneration which favoured the development of a stratus of shrubs and herbaceous plants. During this period the tundra was more diversified. Zone III reflects a return to a vegetation and climatic conditions similar to those of zone I.

The position, in the profiles sampled, of layers of volcanic ash, dated at approximately 1250 and 1890 B.P., and corresponding to the White River Ash, indicate a high degree of variability in the rhythm of sedimentation over the last two millennium. The presence of loess in the sediments helps explain the great accumulation of sediment before 1250 B.P. and supports an increase in aridity during this period. Notwithstanding, the Grizzly Creek Basin underwent few major climatological or geomorphological changes during this short part of the Holocene.

TABLE DES MATIERES

	Page
REMERCIEMENTS.....	i
RESUME.....	ii
ABSTRACT.....	iv
TABLE DES MATIERES.....	vi
LISTE DES FIGURES ET TABLEAU.....	ix
1. INTRODUCTION.....	1
2. REVUE DES TRAVAUX D'ANALYSE POLLINIQUE AU YUKON ET DANS LES REGIONS ENVIRONNANTES....	2
3. LA REGION.....	8
3.1. Localisation générale.....	8
3.2. Topographie.....	8
3.3. Géologie.....	11
3.4. Climat.....	12
3.5. Végétation.....	13
4. METHODOLOGIE.....	15
4.1. Techniques de terrain.....	15
4.1.1. Choix des sites d'échantillonnage.....	15
4.1.2. Méthode d'échantillonnage.....	15
4.2. Méthodes de laboratoire.....	16
4.3. L'analyse.....	17
4.4. Présentation des résultats.....	18
5. PALYNOLOGIE DE SURFACE.....	19
5.1. La toundra herbeuse.....	19
5.1.1. Végétation.....	19
5.1.2. Spectres polliniques de la toundra herbeuse	21
5.2. La toundra arbustive.....	23
5.2.1. Végétation.....	23

	Page
5.2.2. Spectres polliniques de la toundra arbustive	24
5.3 La forêt boréale.....	26
5.3.1. Végétation.....	26
5.3.2. Spectres polliniques de la forêt boréale....	27
5.4. La forêt de la plaine alluviale.....	28
5.4.1. La végétation.....	28
5.4.2. Spectre pollinique de la plaine alluviale...	29
5.5. Discussion.....	30
6. STRATIGRAPHIE	36
6.1. Diagramme pollinique de la tourbière Volcano	36
6.1.1. Localisation et description du site.....	36
6.1.2. Description des sédiments et datations au radiocarbone.....	39
6.1.3. Zones polliniques.....	40
6.1.4. Interprétations palynologiques.....	43
6.2. Diagramme pollinique Volcano-Grizzly.....	46
6.2.1. Localisation et description du site.....	46
6.2.2. Description des sédiments.....	47
6.2.3. Zones polliniques.....	48
6.2.4. Interprétations palynologiques.....	51
6.3. Diagramme pollinique Grizzly-Duke.....	54
6.3.1. Localisation et description du site.....	54
6.3.2. Description des sédiments.....	55
6.3.3. Zones polliniques.....	55
6.3.4. Interprétations palynologiques.....	59
6.4. Interprétation des sédiments minéraux.....	62
6.4.1. Les cendres volcaniques.....	62

	Page
6.4.2. Genèse des dépôts.....	64
6.5. Interprétations palynostratigraphiques et paléoclimatiques.....	67
7. PALEOGÉOGRAPHIE ET EVOLUTION DU MILIEU DANS LE BASSIN DU GRIZZLY CREEK.....	71
8. CONCLUSIONS.....	75
 Annexe I - Méthode de l'acétolyse d'Erdtman modifiée.....	 77
 Annexe II - Méthode de Frenzel simplifiée par Bastin.....	 78
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	 80

LISTE DES FIGURES ET TABLEAU

	Page
Figure	
1. Carte de localisation générale.....	9
2. Carte du bassin du Grizzly Creek.....	10
3. Photo. Méthode de prélèvement d'échantillons sur parois.....	16
4. Carte de localisation des échantillons de surface.....	20
5. Carte de localisation des sites étudiés pour la palynostratigraphie.....	37
6. Photo. Tourbière Volcano.....	38
7. Photo. Terrasse alluviale au confluent Volcano-Grizzly.....	47
8. Photo. La forêt boréale, en amont du site Grizzly-Duke.:	54
Grizzly Creek. Palynologie de surface (Hors texte)	
Légende stratigraphique (hors texte)	
Diagrammes palynostratigraphiques (hors texte)	
Tableau	
1. Sommaire des pourcentages de certains taxons et des groupes de plantes, pour les quatre grands types de végétation reconnus dans le bassin du Grizzly Creek.....	31

I. INTRODUCTION

Le parc national de Kluane est particulièrement riche en dépôts glaciaires d'origine récente. Ces dépôts sont situés en amont des moraines wisconsiniennes et ont donc été mis en place durant le Tardiglaciaire et l'Holocène, ce qui suggère que des variations climatiques ont été sensibles dans le parc de Kluane. Des changements climatiques ont aussi nécessairement affecté la végétation de la région.

Ce travail se propose donc de reconstituer par l'analyse pollinique, l'évolution du paysage végétal dans une petite section du parc, le bassin du Grizzly. Les implications climatiques et sédimentologiques seront aussi discutées.

Afin de permettre une bonne interprétation des assemblages polliniques anciens, nous établirons premièrement les relations entre la végétation et les spectres polliniques actuels dans le bassin. Les séquences polliniques seront ensuite interprétées pour trois sites localisés dans les vallées du Grizzly et du Volcano.¹ Les résultats de cette étude mettront en évidence l'évolution du paysage en trois phases durant les deux derniers millénaires. Ces modifications, causées par des variations climatiques mineures durant cette brève période de l'Holocène, n'ont été jusqu'à présent identifiées dans aucune autre étude palynostratigraphique effectuée dans la région.

(1) Toponyme officieux

2. REVUE DES TRAVAUX D'ANALYSE POLLINIQUE AU YUKON
ET DANS LES REGIONS ENVIRONNANTES

Dans le sud-ouest du Yukon, la reconstitution de l'histoire post-glaciaire de la végétation se limite essentiellement aux travaux de Rampton et de Birks dans les environs du glacier Klutlan. Le diagramme pollinique de Rampton (1971a) à Antifreeze Pond couvre une séquence de 30 000 ans, depuis le Wisconsin jusqu'à la période actuelle. Rampton constate qu'après le réchauffement initial du début de l'Holocène et l'implantation de la forêt sur le site, la pluie pollinique est restée quasi inchangée au cours des derniers 5 700 ans. Cependant, son sondage a été réalisé dans un lac à 610 mètres sous la limite altitudinale des arbres. Des fluctuations de faible amplitude de la forêt ne sauraient modifier l'apport pollinique à cet endroit.

Birks (1980) a réussi, par la palynologie, à mettre en évidence une succession végétale depuis 1 220 ans autour d'un petit lac et sur une des moraines du glacier Klutlan. Ce développement n'est pas associé à un changement climatique mais bien aux stades de colonisation qui ont suivi le dépôt assez épais dans cette région, des cendres volcaniques "White River Ash". Birks (1977) (1980) a aussi apporté de nombreuses informations sur la palynologie de surface dans cette même région.

Hansen (1953) a publié une série de diagrammes polliniques le long de la grande route de l'Alaska, au sud du Yukon et au centre de l'Alaska. Son étude contribue peu à la reconstitution du paléoenvironnement car il n'a considéré que les variations des pollen d'arbres. Borns et Goldthwait (1966) ont publié un diagramme montrant les variations des pollen d'arbres (AP) et de plantes herbacées (NAP), dans une tourbière située en aval de la moraine néoglaciale du glacier Kaskawulsh, à environ 35 km au sud de Grizzly Creek. Cependant ils ne discutent que très sommairement ces variations.

Dans la vallée de la Tanana en Alaska, Ager (1975) décrit un profil prélevé au sein de la forêt. Cette séquence couvre le tardiglaciaire et l'Holocène. Après l'implantation de la forêt, on y constate une diminution des pollen de *Picea*, tant en pourcentages qu'en influx pollinique⁽¹⁾, entre 8 400 et 6 500 B.P. Cette période correspond aussi à l'invasion d'*Alnus* dans la région. Depuis cette fluctuation, associée à un probable assèchement climatique et à une augmentation des feux de forêt, aucune modification importante n'est visible dans les diagrammes polliniques de cette région. Anderson (1975) dans une étude sur la dernière moitié de l'Holocène, arrive à la même conclusion.

(1) L'influx pollinique correspond au nombre total de grains de pollen déposés en un an sur une surface de 1 cm².

Dans cette partie centrale de l'Alaska, Matthews (1970, 1974a) a obtenu des spectres polliniques anciens, dont celui de Isabella Bassin qui couvre une période depuis un interstade du Wisconsin moyen jusqu'à 4 500 B.P. D'après cette étude, les conditions climatiques n'auraient pas été favorables à l'établissement de la forêt avant 7 800 B.P. et mis à part deux extensions d'*Alnus* durant la période de l'Holocène étudiée, la végétation sur le site aurait peu changé. Il ne voit donc pas de diminution de *Picea* durant le début de l'Holocène.

Au nord-ouest des montagnes St-Elie, dans la région de Tangle Lakes en Alaska, Ager et Sims (1981), mettent en évidence une chute importante de *Picea* pendant une courte période située entre 9 100 et 3 500 B.P. Cette régression a été suivie d'une nouvelle extension de *Picea* au début de la période néoglaciale. Les auteurs pensent que la diminution de *Picea* correspond peut-être à celle reconnue dans la vallée de la Tanana (Ager, 1975). Cependant, ils interprètent difficilement l'invasion de *Picea* vers 3 500 B.P. car cette date correspond plus ou moins au début d'une période climatique plus froide et humide que la précédente, ce qui aurait dû défavoriser le développement de la forêt. Cette fluctuation n'a pas été retrouvée ailleurs dans le centre de l'Alaska. Il se peut donc qu'elle puisse être détectée seulement à la limite de l'étage forestier.

Plus à l'ouest, dans la péninsule de Seward, Colinvaux (1964a), Colbaugh (1968) et Matthews (1974b) ont dressé quelques diagrammes polliniques. Ils ne font aucune étude détaillée de l'Holocène car ils s'intéressent surtout à des périodes plus anciennes du Quaternaire.

Livingstone (1955), dans la chaîne de Brooks au nord de l'Alaska, a été le premier à mettre en évidence, par la palynologie, une migration progressive des arbres et des arbustes à partir de leurs refuges glaciaires, suite au réchauffement climatique du début de l'Holocène. Il a pu reconnaître trois zones polliniques dans son diagramme de Chandler Lake. La zonation de Livingstone a aussi été retrouvée par Heusser (1963) sur la côte, à l'ouest de la chaîne de Brooks et par Terasmae et Hughes (1966) dans les montagnes Ogilvie au Yukon. Ces auteurs ont cependant attribué la zone I non pas à l'Holocène mais plutôt à la fin de la période wisconsinienne et la zone II à la période post-glaciaire.

Dans les vallées des rivières Old Crow et Porcupine au nord-ouest du Yukon, les diagrammes polliniques de Lichti-Federovich (1973, 1974) présentent un spectre de toundra arbustive pour les derniers 6 500 ans. Sur les sites de la rivière Old Crow, la zone plus ancienne que 6 500 est dominée par un spectre de toundra herbeuse, correspondant à la période wisconsinienne. Un interstade et une avancée glaciaire début Wisconsin ont précédé cet épisode.

Des études palynostratigraphiques ont été effectuées dans le delta du Mackenzie par Ritchie et Hare (1971) et par Mackay et Terasmae (1963). Dans une séquence longue de 13 000 ans, Ritchie et Hare ont constaté une avancée de la forêt entre 8 500 et 5 500 B.P. Le site est ensuite retourné à la toundra arbustive lorsque les conditions climatiques se sont détériorées. Ce climat, plus rigoureux qu'à l'Hypsithermal, s'est maintenu jusqu'à présent. Le diagramme pollinique de Mackay et Terasmae ne présente pas de fluctuations aussi nettes mais les conclusions apportées par les auteurs sont similaires. Plus récemment, Cwynar et Ritchie (1980) présentent un diagramme à Hanging Lake et à Lateral Pond dans le nord du Yukon. Ils y discutent essentiellement le paysage de la période wisconsinienne et ils constatent que les formations végétales y ont été à cette époque du type arctique alpin. Ensuite, avec le réchauffement postglaciaire, l'influx pollinique augmente considérablement et la couverture végétale devient une toundra herbeuse sur les sites xériques ou arbustive sur les sites mésiques.

Au sud, à la frontière de la Colombie Britannique-Alaska, dans les chaînons Frontaliers (Boundary Ranges), Miller et Anderson (1974) ont établi à l'aide de la palynologie et des dépôts glaciaires, une séquence climatique pour les

derniers 10 000 ans. Les auteurs ont effectué une étude comparative entre leurs données, obtenues dans le secteur continental de la chaîne, et ceux de Heusser (1952) provenant du secteur maritime. De fortes variations sont enregistrées entre les deux versants durant l'Holocène et celles-ci sont attribuées aux fluctuations de position du front arctique le long de la côte du Pacifique nord.

Durant la période néoglaciale, le front arctique était situé à l'intérieur du continent, ce qui a engendré un climat froid et sec dans le secteur continental avec un couvert forestier dominé à basse altitude par l'épinette blanche et le pin. Le secteur maritime connaissait alors un climat froid et humide et la pruche était dominante.

Par contre, durant l'Hypsithermal, le front arctique était plus près de la côte et le secteur continental possédait alors un climat chaud et humide, ce qui a favorisé l'expansion de l'épinette et de l'aulne. Dans le secteur maritime, le réchauffement climatique a été accompagné d'une diminution des précipitations. Durant cette période chaude et sèche, la pruche et les éricales étaient les composantes majeures de la végétation.

3. LA REGION

3.1. Localisation générale (figure n°s 1 et 2)

La vallée du Grizzly Creek se situe dans la chaîne du Donjek, à l'extrémité est des monts St-Elie, dans le parc national de Klùane, au sud-ouest du Yukon. La vallée, d'une longueur de 16 kilomètres, rejoint la vallée de la rivière Duke, formée dans l'axe d'une grande faille qui traverse la région du nord-ouest au sud-est (Bostock, 1948).

Le ruisseau Grizzly est essentiellement alimenté par l'eau de fonte du glacier situé à la tête de la vallée et il se jette dans la rivière Duke. Le ruisseau possède plusieurs affluents dont le principal, le Volcano, s'écoule dans une vaste vallée possédant un glacier de dimension comparable à celui du Grizzly Creek. Cette vallée est incorporée dans notre projet de recherche.

Dans la partie supérieure de ces deux vallées, de petits cirques glaciaires sont orientés vers le nord. Ceux-ci ne sont pas considérés dans cette étude.

3.2. Topographie

L'altitude du thalweg varie entre 1 830 m au front glaciaire et 1 250 m au confluent du Grizzly-Duke, ce qui représente une dénivellation de 580 m sur une distance de 12 kilomètres et une pente moyenne de 4,8%. A Volcano Creek, l'altitude est de 1 675 m au niveau de la moraine frontale et elle s'abaisse jusqu'à 1 370 m au confluent du Grizzly-Volcano,

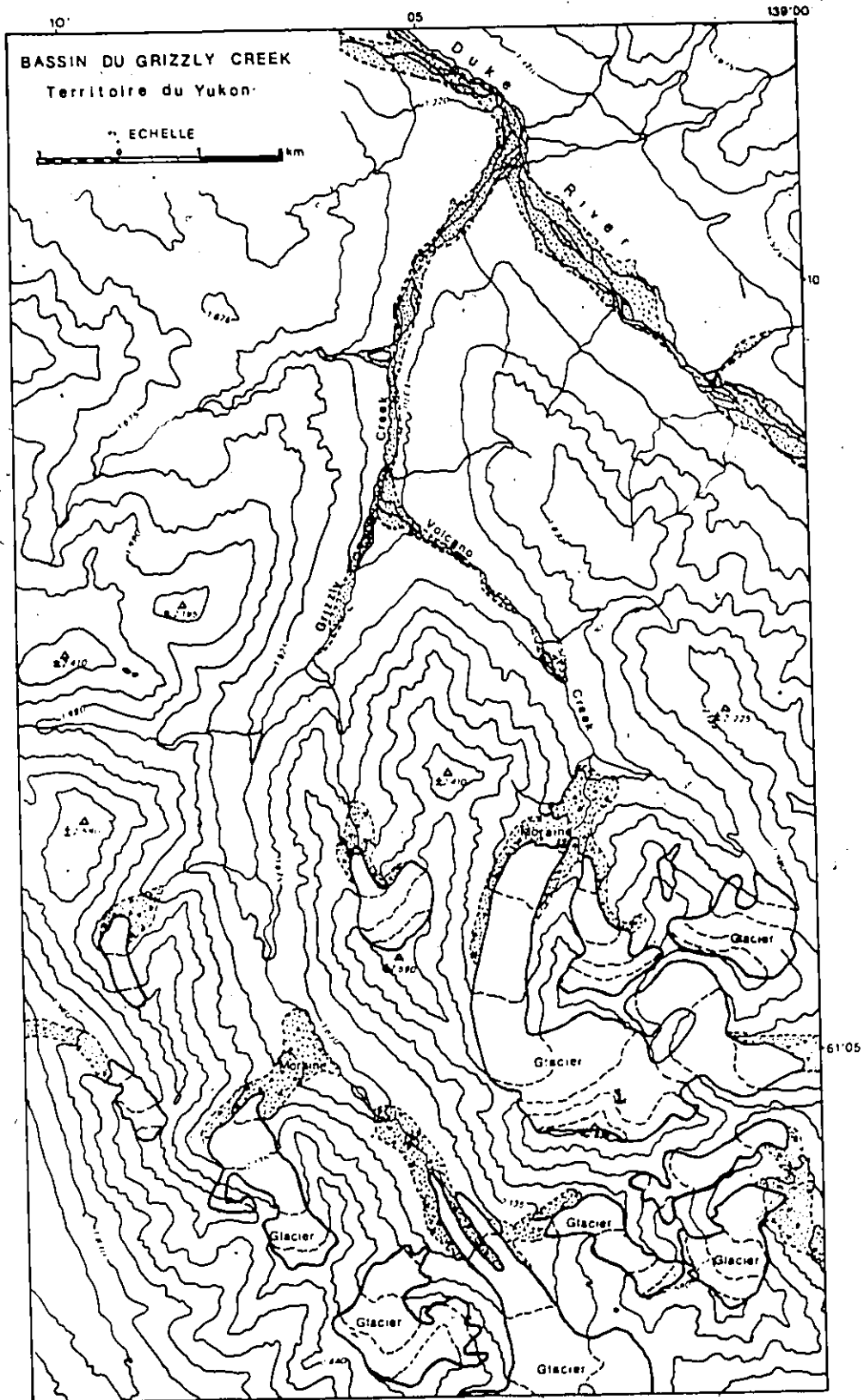


Figure 2. Bassin du Grizzly Creek. Carte topographique. L'altitude est exprimée en mètres.

ce qui constitue une dénivellation de 305 m sur 4 kilomètres et une pente de 7,6%.

Les sommets culminent à 2 830 m au-dessus des cirques glaciaires du Grizzly. Vers l'aval de la vallée, l'altitude des montagnes varie entre 1 803 m et 1 995 m.

3.3 Géologie

La vallée se subdivise en deux zones géologiques. La partie amont est taillée dans des formations dévoniennes où affleurent des roches vertes, des greywackes, des quartzites et des phyllades. L'aval se constitue de roches volcaniques tertiaires, basalte, andésite, conglomérats, brèches et tufs volcaniques. Ces formations sont entrecoupées de marbres et de schistes dévoniens (Muller, 1967).

Une fine couche de cendres volcaniques s'observe souvent dans la vallée à quelques centimètres sous la surface topographique. Elle correspond à la couche de cendres désignée sous le nom de White River Ash et reconnue sur l'ensemble du territoire. Fernald (1962), Stuiver et coll. (1964), Lerbekmo et Campbell (1969) et Lerbekmo et coll. (1975) ont étudié la distribution spatiale et les propriétés de ce repère stratigraphique. Pour Fernald (1962) les cendres proviendraient de la vallée de la rivière Tanana en Alaska, tandis que Lerbekmo et Campbell (1969) ont d'abord situé le centre volcanique près du glacier Klütlan, ensuite Lerbekmo

et coll. (1975) le place au mont Bona, sur le flanc nord des montagnes St-Elie en Alaska.

On reconnaît deux aires de distribution associées à deux éruptions volcaniques différentes. Le lobe le plus ancien possède un axe sud-nord et un âge moyen de 1 890 années ^{14}C B.P.; le plus récent, axé vers l'est, est daté en moyenne de 1 230 années ^{14}C B.P. (Denton et Karlén, 1977). La vallée du Grizzly Creek se situe dans l'aire d'extension du lobe le plus récent, et à l'extérieur de la zone de répartition des cendres du lobe nord.

3.4 Climat

D'après Weber (1974), la presque totalité du parc Kluane possède un climat continental froid et sec. L'influence maritime du Pacifique, situé à moins de 100 kilomètres à l'ouest, est pratiquement nulle dans le sud-est des monts St-Elie car la chaîne constitue une barrière naturelle qui rend difficile la pénétration des masses d'air humide vers l'intérieur de la région. Il en résulte que les températures moyennes annuelles sont basses et les amplitudes thermiques, élevées. A ce modèle s'ajoute l'influence de la topographie locale dans les différentes vallées (Weber 1974).

Les cartes isothermiques de Weber (1974), placent la vallée du Grizzly Creek dans une zone où la température de janvier est en moyenne de -15°C et celle de juillet est de

5°C. L'altitude influence considérablement les températures qui baissent de 0,65°/100 m dans les vallées et exerce un contrôle direct sur la répartition altitudinale de la végétation.

Les précipitations annuelles dans cette région sont d'après Weber de 800 mm, dont 200 mm en été. Ces données ne correspondent pas avec celles obtenues par Johnson (1976) à Grizzly Creek pour les saisons 1974 et 1975 où 158,4 mm et 160,8 mm ont été enregistrés sur une période approximative d'un mois.

3.5. Végétation

Dans son étude sur la végétation du parc de Kluane, Douglas (1974) a reconnu trois grands types de communautés végétales. Premièrement, la pessière blanche se voit dans les fonds de vallées et sur les pentes jusqu'à une altitude variant entre 750 et 1 080 m. Le sous-bois est composé de fougères, de plantes herbacées et d'arbustes. Aux altitudes plus élevées, la forêt boréale fait place à la zone subalpine, où dominent de grands arbustes (de 3 à 4 m) composés essentiellement de saules avec des épinettes blanches clairsemées. La limite de cette zone varie entre 1 080 et 1 370 m. Au-dessus, c'est la zone alpine proprement dite

avec à la base une dominance d'arbustes (jusqu'à 1 m de hauteur) tels que des saules, des bouleaux et des éricales. Cette zone de toundra arbustive est graduellement remplacée en altitude par la toundra herbacée où *Dryas integrifolia* est souvent l'espèce dominante.

Cette zonation de Douglas semble correspondre assez bien à celle retrouvée dans le bassin du Grizzly Creek.

4. METHODOLOGIE

4.1. Techniques de terrain

Le travail de terrain s'est effectué l'été 1979, durant six semaines passées à Grizzly Creek du début juin à la mi-juillet.

4.1.1. Choix des sites d'échantillonnage

Le bassin du Grizzly Creek offre peu de sites favorables à l'échantillonnage palynologique. Il n'existe aucun lac dans les deux vallées principales et seulement une tourbière a été identifiée. Les échantillons proviennent donc principalement de sols situés dans le bas de la vallée car ceux du haut sont de trop faible épaisseur pour donner des résultats satisfaisants. La présence de pergélisol s'est avéré un autre facteur limitant puisque nous ne possédions pas les outils nécessaires à son prélèvement. Néanmoins, plusieurs profils de moins d'un mètre de profondeur ont été échantillonnés dont trois furent sélectionnés pour l'analyse pollinique.

4.1.2. Méthode d'échantillonnage

Les profils de sol ont été prélevés sur parois, dans des boîtes en plastique de trente-huit centimètres de longueur (fig. 3) ou dans des sachets en plastiques. Des informations stratigraphiques et sédimentologiques ont été notées sur chaque site.

Des coussinets de mousse ont été récoltés à divers endroits dans la vallée, et les composantes majeures de la végétation environnante ont été brièvement décrites pour étudier ses relations avec la palynologie de surface. Il était néces-

saire d'avoir une bonne connaissance des spectres polliniques actuels dans la vallée pour pouvoir ensuite interpréter les spectres anciens.



Figure 3

Méthode de prélèvement
d'échantillons sur parois.

4.2. Méthodes de laboratoire

Tous les échantillons de mousses, de tourbes et de sols doivent être traités en laboratoire pour en extraire les grains de pollen. Le traitement et la quantité de matière nécessaire varient selon la nature de l'échantillon.

Pour les tourbes nous avons traité 1 cm³ de matière alors que pour les sols, de 15 à 20 g de sédiments furent nécessaires. L'analyse a été faite tous les cinq cm.

Pour les mousses et les tourbes, nous avons utilisé la méthode classique de l'acétolyse d'Erdtman mais avec certaines modifications (Annexe I). Les sols ont demandé une préparation beaucoup plus longue, la méthode de Frenzel simplifiée par Bastin (Annexe II). A l'étape finale de la préparation, le culot de centrifugation est dilué dans un mélange d'eau glycérinée et conservé dans un petit tube en verre jusqu'à son analyse au microscope.

4.3. L'analyse

Une goutte du mélange est déposée sur un porte-objet et recouverte d'un couvre-objet de 18x18 mm. La lame est analysée en lumière naturelle transmise au microscope biologique Olympus CH ou BH, en utilisant les oculaires (10x) et les objectifs (20x ou 40x).

Nous avons compté pour la majorité des échantillons un minimum de 300 grains de pollen répartis sur une ou deux lames. Pour certains échantillons minéraux très pauvres, jusqu'à dix lames ont dû être comptées et dans certains cas, nous n'avons pas pu obtenir plus de 100 grains.

L'identification des grains de pollen s'est faite sur base de la collection de lames de référence montée dans notre laboratoire ainsi que des ouvrages de Faegri et Iversen (1975), de McAndrews et al. (1973) et de Kapp (1969).

4.4. Présentation des résultats

Les résultats de l'analyse pollinique apparaissent sous forme de diagrammes représentant les pourcentages des différents taxons par rapport au total des grains comptés. D'autres informations portant sur la stratigraphie, les zones polliniques, la profondeur ou l'altitude des échantillons et leur somme pollinique sont incluses dans ces diagrammes.

Les taxons sont classifiés en quatre groupes, les arbres, les arbustes, les plantes herbacées et les ptéridophytes. Les grains de pollen non identifiés sont divisés en deux classes, les indéterminés ou inconnus et les indéterminables, c'est-à-dire les grains trop abîmés pour être identifiables. Les sphaignes et les plantes aquatiques sont exclues du total.

5. PALYNOLOGIE DE SURFACE

Vingt et un échantillons de coussinets de mousse ont été prélevés dans le but de définir la représentation pollinique de la végétation actuelle, dans le bassin du Grizzly Creek (Fig. 4). Les résultats de ces analyses sont présentés dans le diagramme des spectres polliniques de surface (en Annexe). Les échantillons ont été regroupés en quatre unités correspondant aux grands types de végétation reconnus sur le territoire, soit la toundra herbeuse, la toundra arbustive, la forêt boréale et la forêt de la plaine alluviale. Une description sommaire de la végétation et une analyse du spectre pollinique sont présentées pour chaque grande zone.

Par opposition aux sédiments lacustres, les coussinets de mousse favorisent généralement la représentation pollinique locale. Cet apport local plus important peut expliquer certaines variations présentes à l'intérieur des grandes unités de végétation.

5.1. La toundra herbeuse

5.1.1. Végétation

La toundra herbeuse recouvre la partie supérieure du bassin, entre le cordon morainique situé à l'aval du glacier et le début de la toundra arbustive à une altitude de 1615 m. Cette unité regroupe plusieurs types de communautés végétales influencés par l'altitude, la pente, l'exposition, le sol et l'humidité.

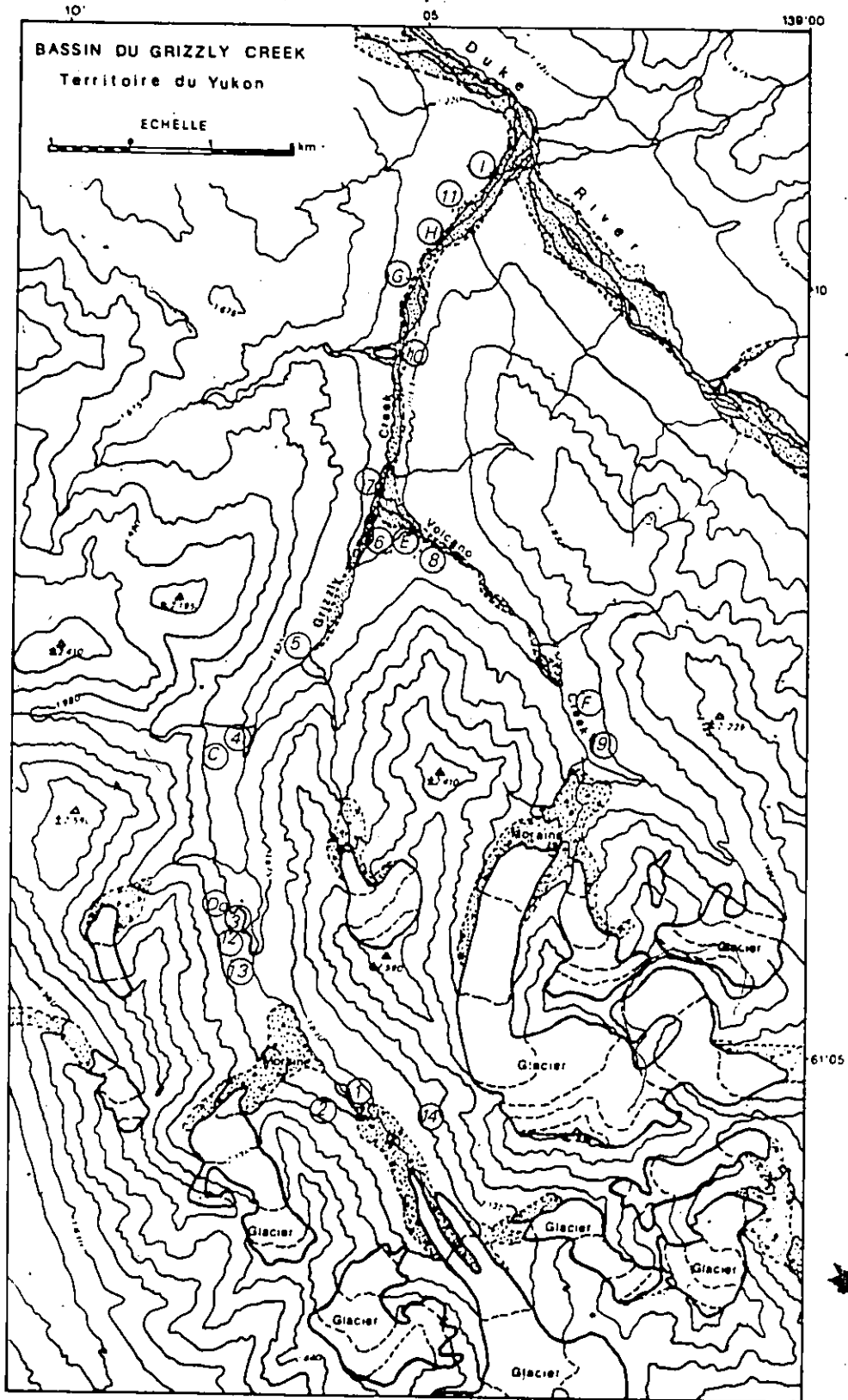


Figure 4. Localisation des échantillons de mousses prélevés dans le bassin du Grizzly Creek.

La complexité de l'environnement et le manque de relevés de végétation adéquats nous limitent dans la description de cette zone. Cependant, à haute altitude, la pelouse alpine est courte et surtout dominée par *Dryas* et des saules de type herbacé. *Myosotis alpestris*, *Silene Acaulis*, *Epilobium latifolium*, *Sedum rosea* et différentes espèces d'*Anemone*, de *Potentilla*, de *Saxifraga* et de *Pedicularis* sont présentes également. A plus basse altitude, la toundra devient haute, dense et variée, avec une plus grande proportion de cypéracées et de graminées. Les éricacées colonisent les zones basses et de petits saules arbustifs apparaissent sporadiquement dans les fonds de vallée.

5.1.2. Spectres polliniques de la toundra herbeuse

Les assemblages polliniques dans cette zone présentent des valeurs généralement supérieures à 50% de plantes herbacées. Les pollen d'arbres constituent en moyenne 47,3% du total, dont 8-29% de *Picea*, 7-14% d'*Alnus*, 5-11% de *Betula* et 1-33% de *Salix*.

A l'exception de *Salix*, qui peut être de type herbacé, ces espèces ne poussent pas dans la toundra herbeuse actuelle. Leur présence dans les spectres doit nécessairement provenir d'apports régionaux ou lointains.⁽¹⁾ Une forte représenta-

(1) Heim, (1970) définit l'apport pollinique régional comme provenant de 500 m à 10 km, et l'apport lointain comme provenant de plus de 10 km.

tion de ces pollen d'arbres dans des zones de toundra alpine ou arctique a été reconnue également par Birks (1977, 1980) et Rampton (1971a) au glacier Klutlan, et par Ritchie (1974) dans le delta du Mackenzie. Ceci s'explique par une faible production locale de pollen dans la toundra, ce qui favorise une sur-représentation des apports externes ordinairement masqués dans un milieu plus productif.

A Grizzly Creek, les échantillons prélevés sur les sites de prairie alpine courte et peu diversifiée possèdent des valeurs de *Picea* plus élevées que celles obtenues dans la toundra des plus basses altitudes. L'échantillon numéro 12 constitue cependant une exception car même s'il provient d'un milieu recouvert par une prairie dense et variée, son pourcentage de *Picea* est le plus élevé de toute la toundra et généralement supérieur aux valeurs obtenues par les auteurs cités précédemment. Nous ne savons pas expliquer cette anomalie.

Dans l'ensemble, *Betula* et *Alnus* sont assez constants alors que *Salix* varie selon sa présence ou absence sur le site. *Pinus*, avec des valeurs inférieures à 3%, constitue l'unique apport extra régional facilement contrôlable car, selon Hultén (1968), le seul type de pin identifié au Yukon, *Pinus contorta*, se situe à plus de 150 km à l'est des monts St-Elie. Les pourcentages obtenus à Grizzly Creek sont

conformes avec ceux de Birks (1977) au glacier Klutlan.

Les assemblages polliniques de la toundra de haute et de basse altitude se différencient par la représentation de certains pollen de plantes herbacées. A l'amont de la vallée, les spectres sont caractérisés par une dominance d'*Artemisia* (jusqu'à 30%) et de rosacées représentant probablement *Dryas* (jusqu'à 15%). Les cypéracées ont aussi des valeurs élevées alors que les pourcentages de graminées sont inférieurs à 2%. D'autres espèces, telles les composées, les crucifères, les caryophyllacées, les renonculacées, les saxifragacées et les légumineuses, ont une représentation constante (0,5-4,0%) dans tous les échantillons de la toundra herbéuse.

Les spectres de la toundra de plus basses altitudes montrent une régression d'*Artemisia* et une augmentation très nette des graminées. Les cypéracées ont dans l'ensemble, des valeurs légèrement plus élevées que celles obtenues dans le haut de la vallée.

5.2. La toundra arbustive

5.2.1. Végétation

La toundra arbustive constitue une zone de transition entre la toundra herbeuse et la forêt boréale. A Grizzly Creek, elle se limite aux altitudes entre 1615 m et 1370 m, ce qui correspond aussi à la confluence Volcano-Grizzly.

Betula glandulosa y colonise les versants tandis que le saule occupe les fonds de vallée. Celui-ci peut atteindre une taille de trois mètres et forme à certains endroits des fourrés denses. D' autres petits arbustes tels que *Potentilla fruticosa* et des éricales ainsi que plusieurs taxons de plantes herbacées sont fréquents. Quelques *Picea glauca* poussent sur le versant ouest à la limite inférieure de la toundra arbustive.

Alnus crispa est vraisemblablement présent dans les environs mais il n'a pas été observé. Selon Birks (1977), Viereck et Little (1972), l'aulne est toujours associé à ce type de végétation et il se retrouve généralement dans les milieux les plus humides. *Juniperus communis* et *Shepherdia canadensis* sont aussi deux autres espèces arbustives fréquemment associées à cette zone.

5.2.2. Spectres polliniques de la toundra arbustive

La représentation des pollen arboréens (AP) dans la toundra arbustive est en moyenne légèrement plus élevée que dans la toundra herbeuse. *Picea* varie de 6,0 à 20,6%, *Alnus* de 5,4 à 8,1%, *Betula* de 3,1 à 33,1% et *Salix* de 4,0 à 14,1%. La contribution de *Pinus* est faible ($\pm 2\%$) dans tous les échantillons de cette zone.

Les valeurs obtenues pour *Alnus* sont relativement élevées si l'on considère que l'arbuste n'a pas été observé sur le terrain. Sa présence est probable dans la zone arbustive mais elle doit être limitée. Une sur-représentation d'*Alnus* a d'abord été mise en évidence par Livingstone (1955) dans le nord de l'Alaska et a ensuite été identifiée dans tous les spectres polliniques de surface du nord-ouest du continent (Birks, 1977, Ritchie, 1974). Cette sur-représentation est comparable à celle de *Pinus* dans les régions nordiques, à l'est du delta du Mackenzie.

Le bouleau (*Betula glandulosa*) constitue l'élément majeur de ce type de végétation mais sa représentation pollinique est relativement faible. Néanmoins, les pourcentages de *Betula* sont souvent plus élevés dans la toundra arbustive que dans la toundra herbeuse.

Les plantes herbacées et les ptéridophytes forment près de 50% du total, les cypéracées, les graminées et les rosacées étant les composantes majeures de ce spectre. L'échantillon numéro 5 s'avère une exception car il est dominé à 40% par les spores de fougères du type *Dryopteris* dont la signification n'est que strictement locale. Un aussi fort pourcentage a pour conséquence d'abaisser les fréquences de toutes les autres espèces.

Les éricacées, bien que présentes dans le paysage, sont soit absentes ou très faiblement représentées dans les échan-

tillons de mousses. Les pourcentages d'*Artemisia* sont plus faibles dans la toundra arbustive que dans la toundra herbeuse. Ils s'abaissent en moyenne de 6,3% à 2,4%.

5.3. La forêt boréale

5.3.1. Végétation

En altitude, la limite de la forêt se situe approximativement à 1 370 m dans le bassin du Grizzly Creek. Cette limite est plus élevée que celle reconnue par Douglas (1974) dans la chaîne de Kluane.

Au niveau de la confluence Volcano-Grizzly, la forêt est très ouverte. Elle se compose d'épinettes blanches assez espacées et d'un couvert arbustif important (*Salix et Betula glandulosa*). La proportion de *Picea glauca* augmente graduellement avec la diminution d'altitude. L'exposition s'avère aussi un facteur important dans la répartition des arbres. En effet, la forêt est plus dense sur le versant est de la vallée du Grizzly Creek. De plus, à l'aval de la vallée du Volcano Creek, les épinettes poussent uniquement sur le versant nord, tandis que le versant sud supporte une végétation arbustive.

Sur l'ensemble de cette zone forestière, les arbustes représentent une partie importante de la forêt. Les éricacées dominent la strate inférieure et sont accompagnées de quelques *Potentilla fruticosa*, *Rosa acicularis*, de fougères et de plantes

herbacées.

Sur les versants, au-dessus de la lisière forestière on retrouve l'étage arbustif composé essentiellement de *Betula glandulosa*.

5.3.2. Spectres polliniques de la forêt boréale

Les échantillons de la forêt boréale sont dominés par les pollen d'arbres et d'arbustes. Les pourcentages de *Picea* sont plus élevés (21,4% - 45,3%) que dans les zones précédentes. *Betula*, avec une valeur approximative de 10%, est dans l'ensemble plus faiblement représenté que dans la toundra arbustive. Mais, l'échantillon numéro 6, prélevé dans un champs de bouleaux arbustifs, près de la limite altitudinale de la forêt, atteint un pourcentage de 36,4% de *Betula*. Ceci augmente la représentation moyenne de cette espèce. *Alnus* varie très peu (6,6 - 10,7%) alors que *Salix* obtient ses pourcentages les plus élevés (8,9 - 22,3%). Cette légère augmentation de *Salix* s'explique par son importance à l'intérieur de la forêt. *Populus* apparaît dans les spectres mais avec des valeurs très faibles (<1%)

Les plantes herbacées sont faiblement représentées dans les assemblages polliniques de la forêt. Leurs pollen n'atteignent jamais 50% du total et le spectre se constitue surtout de cypéracées et de graminées. Les rosacées, les composées, les renonculacées, les crucifères, les valériana-

cées, les caryophyllacées et *Artemisia* ont une représentation faible dans la majorité des échantillons. *Artemisia* obtient des valeurs plus basses que dans la toundra arbus-tive avec 0 à 1.1% du total, ce qui suggère une diminution progressive de l'espèce vers le bas de la vallée.

5.4. La forêt de la plaine alluviale

5.4.1. Végétation.

La forêt de la plaine alluviale occupe une surface très limitée et elle est entourée par la forêt boréale. Elle se différencie par la présence de peuplements de *Populus balsamifera* sur les dépôts graveleux laissés par les cours d'eau. Cette espèce colonisatrice est ensuite remplacée par *Picea glauca* (Viereck et Little, 1974).

Cette description s'applique au confluent Grizzly-Duke. Plusieurs sites sur la plaine alluviale sont actuellement recouverts par les épinettes blanches mais d'autres sites en sont complètement dépourvus. Ces endroits sont dominés par des peupliers baumiers et de grands saules arbus-tifs. *Shepherdia canadensis* est aussi représenté localement. Selon d'autres études effectuées dans des milieux similaires (Viereck et Little, 1972), ce type de peuplement comprend aussi *Alnus crispa*, *Rosa acicularis*, *Viburnum edule* et *Potentilla fruticosa*.

5.4.2. Spectre pollinique de la plaine alluviale

La description du spectre pollinique de la plaine alluviale n'est pas nécessairement représentative de ce type de végétation car un seul échantillon a été analysé.

Le spectre est dominé par *Shepherdia canadensis* avec une valeur de 36%. Un pourcentage aussi élevé est surprenant car *Shepherdia* ne domine pas le site et de plus, il est ordinairement fortement sous-représenté dans les spectres polliniques actuels (Ritchie et Hare, 1971). *Salix*, avec une valeur de 18,1% reflète son abondance sur le terrain. *Betula et Alnus* sont absents de ce type de végétation et présentent aussi des valeurs très faibles de 4,5% et 2,7%. *Populus balsamifera* atteint son pourcentage le plus élevé (1,6%) dans la vallée. Il reste néanmoins très fortement sous-représenté dans le spectre pollinique. Ce phénomène est courant dans le cas de *Populus* (David et Goodlett, 1960, Janssen, 1966) et est associé à une mauvaise dispersion du pollen. *Picea* est élevé (24,5%), ce qui dénote son abondance sur les sites environnants.

Les plantes herbacées ne représentent que 10,9% du total, avec 3,2% de saxifragacées, 2,7% de graminées, 1,9% de composées et 0,8% de cypéracées.

5.5. Discussion

Dans le bassin du Grizzly Creek, les cortèges polliniques de la forêt boréale se distinguent nettement de celui de la plaine alluviale ainsi que des spectres de la toundra herbeuse. Par contre les spectres de la toundra herbeuse et de la toundra arbustive se différencient plus difficilement, si ce n'est par des fréquences généralement plus élevées de *Betula* et plus basses d'*Artemisia* dans la toundra arbustive.

Dans le haut de la vallée, la toundra herbeuse s'exprime par des valeurs plus élevées de *Picea*, d'*Artemisia* et de rosacées alors que plus bas, les spectres polliniques ressemblent à certaines analyses de la toundra arbustive, et sont plus riches en pollen de bouleau.

Les assemblages polliniques de la toundra arbustive varient considérablement et sont tantôt comparables aux spectres de la toundra herbeuse de basse altitude, tantôt aux cortèges de la forêt boréale. Cette variabilité traduit nettement l'étage de transition que constitue la toundra arbustive de montagne.

La moyenne des pourcentages, de même que les extrêmes obtenus pour les principales espèces dans les quatre grands types de végétation sont présentés dans le tableau 1. La représentation moyenne des arbres, des arbustes et des plantes herbacées, plus celle des ptéridophytes a été ajoutée à ce tableau

Tableau 1. Sommaire des pourcentages de certains taxons et des groupes de plantes, pour les quatre grands types de végétation reconnus dans le bassin du Grizzly Creek. Les "extrêmes" et la moyenne sont présentés pour chaque taxon et pour chaque groupe.

	TOUNDR HERBEUSE	TOUNDR ARBUSTIVE	FORET BOREALE	FORET DE LA PLAINE ALLUVIALE
<i>Picea</i>	8,0-29,0 15,9	6,0-20,6 14,0	21,4-45,3 35,0	24,5
<i>Populus</i>	-	-	0-0,8 0,5	1,6
<i>Alnus</i>	7,3-14,1 11,0	5,5-18,1 11,7	6,6-10,7 8,7	2,7
<i>Betula</i>	4,8-11,7 7,5	3,1-33,1 15,8	8,8-36,4 15,4	4,5
<i>Salix</i>	1,2-33,3 9,5	4,0-14,1 9,4	8,9-22,3 14,4	18,1
<i>Cyperaceae</i>	6,8-41,3 17,5	3,7-22,3 14,3	2,6-30,3 10,8	0,8
<i>Gramin_eae</i>	0,6-49,6 12,4	2,4-24,7 11,5	0,8-7,6 3,8	2,7
<i>Artemisia</i>	0-29,5 6,3	0-4,9 2,4	0-1,1 0,5	-
Arbres	8,2-31,1 17,0	6,5-22,3 14,7	22,6-47,5 36,8	26,6
Arbustes	17,8-50,1 28,2	14,5-51,0 36,9	31,1-56,3 38,6	61,3 (1)
Herbacées				
Pteridophytes	31,6-72,9 52,7	27,0-71,1 47,1	16,3-44,1 23,7	10,9
Nombre d'Echantillons	9	6	5	1

(1) *Shepherdia canadensis* représente 36% de ce total.

afin de déterminer l'importance relative de chaque groupe dans les spectres.

On remarque que dans les deux types de toundra, les plantes herbacées représentent plus ou moins 50% du total alors qu'en forêt, ce pourcentage s'abaisse à moins de 25%. Les arbustes ont des valeurs élevées sur tous les sites mais présentent dans l'ensemble peu de variations, quelle que soit leur présence ou absence dans le paysage. Les arbres, surtout représentés par *Picea glauca*, ont des valeurs relativement élevées dans la toundra ($\pm 15\%$) mais leurs pourcentages augmentent considérablement en forêt (35,0 et 24,5%).

Pour *Picea*, nos résultats en forêt sont similaires à ceux obtenus par Matthews (1970) dans la zone forestière de l'intérieur de l'Alaska. Il remarque que les valeurs de *Picea* constituent la seule différence majeure entre les spectres de la forêt et ceux de la toundra. Il constate aussi que ses spectres de la toundra herbeuse et ceux de la toundra arbustive décrits par Livingstone (1955) dans la chaîne de Brooks et par Colinvaux (1964) dans l'ouest de l'Alaska ne peuvent se différencier.

Ritchie (1974) distingue aussi les spectres de la forêt ainsi que ceux de la toundra, dans des sédiments lacustres prélevés à l'est du delta du Mackenzie. Cependant, il souligne que les échantillons prélevés dans la toundra

forestière offrent des résultats très variables et cette variabilité est encore plus grande pour les échantillons de mousses.

L'assemblage pollinique de la zone forestière à Grizzly Creek peut être comparé à celui de la moraine KV, tel que décrit par Birks (1980) au glacier Klutlan. Cette moraine est colonisée par une forêt dense à *Picea glauca* avec une strate arbustive et herbacée peu développée.

Dans une étude antérieure effectuée dans la même région, Birks (1977) conclut qu'il est impossible, d'après les résultats d'analyse, de différencier les spectres de la forêt à *Picea glauca* de ceux de la toundra arbustive. Les analyses palynologiques d'Ager et Sims (1981) dans l'intérieur de l'Alaska, de Rampton (1971a) au glacier Klutlan et de Ritchie et Lichti-Federovich (1967) dans les zones arctiques-subarctiques, indiquent aussi que les spectres de la forêt s'identifient difficilement aux spectres des zones de transition entre la forêt et la toundra. Par contre, la toundra à *Dryas* et la toundra à cypéracées possèdent des spectres polliniques différents des autres types de végétation (Birks, 1977, Ritchie, 1974). Nos observations sont comparables puisqu'une différence apparaît entre les assemblages polliniques de la toundra herbeuse des plus hautes altitudes et ceux des zones plus basses. De plus, il est intéressant de noter que les pourcentages d'*Artemisia* obtenus dans le haut de la vallée du Grizzly Creek sont plus élevés que ceux

retrouvés ailleurs dans le nord-ouest du continent.

L'échantillon de la forêt de la plaine alluviale diffère considérablement, par son contenu pollinique, des autres types de végétation reconnus à Grizzly Creek. Il est cependant très similaire au spectre de la moraine KIII du glacier Klutlan décrit par Birks (1980) et caractérisé par des valeurs élevées de *Shepherdia canadensis* (jusqu'à 26%) de *Salix* (moyenne de 23,5%) et une représentation relativement plus importante de *Populus balsamifera* (moyenne de 1,7%). Comme à Grizzly Creek, ces espèces dominent sur la moraine et représentent un stade de colonisation. La représentation de *Betula* (21,1% au glacier Klutlan et 4,5% à Grizzly Creek) constitue la seule différence majeure entre ces deux assemblages. Celle-ci peut s'expliquer par une présence plus faible de *Betula glandulosa* à basse altitude dans la vallée car ceux-ci poussent surtout dans la toundra arbustive à la limite altitudinale de la forêt. Puisqu'à Grizzly Creek la formation alluviale est entourée par la forêt boréale, celle-ci constitue un filtre, voire même une barrière à l'apport de pollen en provenance de la toundra arbustive.

La ressemblance entre les deux spectres semble indiquer que les associations végétales constituées essentiellement de *Salix*, *Shepherdia canadensis* et *Populus* sont identifiables par l'analyse pollinique. Les assemblages de la forêt à *Picea glauca* sont aussi bien distincts des autres

types de végétation à Grizzly Creek mais certaines études (Ritchie et Lichti-Federovich, 1967, Birks, 1977) produites ailleurs dans le nord-ouest du continent n'ont pas pu identifier cette différence. Cependant, l'ensemble des recherches effectuées dans ce territoire soulignent l'impossibilité de différencier les spectres de la zone de transition entre la forêt et la toundra arbustive des hautes altitudes ou latitudes. Cette difficulté limite donc l'interprétation des spectres polliniques anciens.

6. STRATIGRAPHIE

Trois profils de sol établissent la palynostratigraphie dans le bassin du Grizzly Creek (fig. 5), le premier à la tourbière Volcano localisée dans la vallée du ruisseau Volcano, le deuxième au confluent Volcano-Grizzly et le troisième en amont du confluent Grizzly-Duke. (Légende stratigraphique et figure des trois diagrammes polliniques hors texte).

6.1. Diagramme pollinique de la tourbière Volcano

6.1.1. Localisation et description du site

La tourbière Volcano s'est formée dans une petite dépression sur un replat à 30 m au-dessus du fond de la vallée (fig. 6). La position et la forme arquée de ce replat suggèrent une moraine terminale. Celle-ci serait plus ancienne que l'important complexe morainique néoglaciale édifié en aval du glacier actuel.

A une altitude de 1 600 m, la végétation, près de la tourbière, est une toundra herbeuse avec une dominance locale de cypéracées. La transition entre la toundra herbeuse et la toundra arbustive se trouve actuellement à 500 m du site.

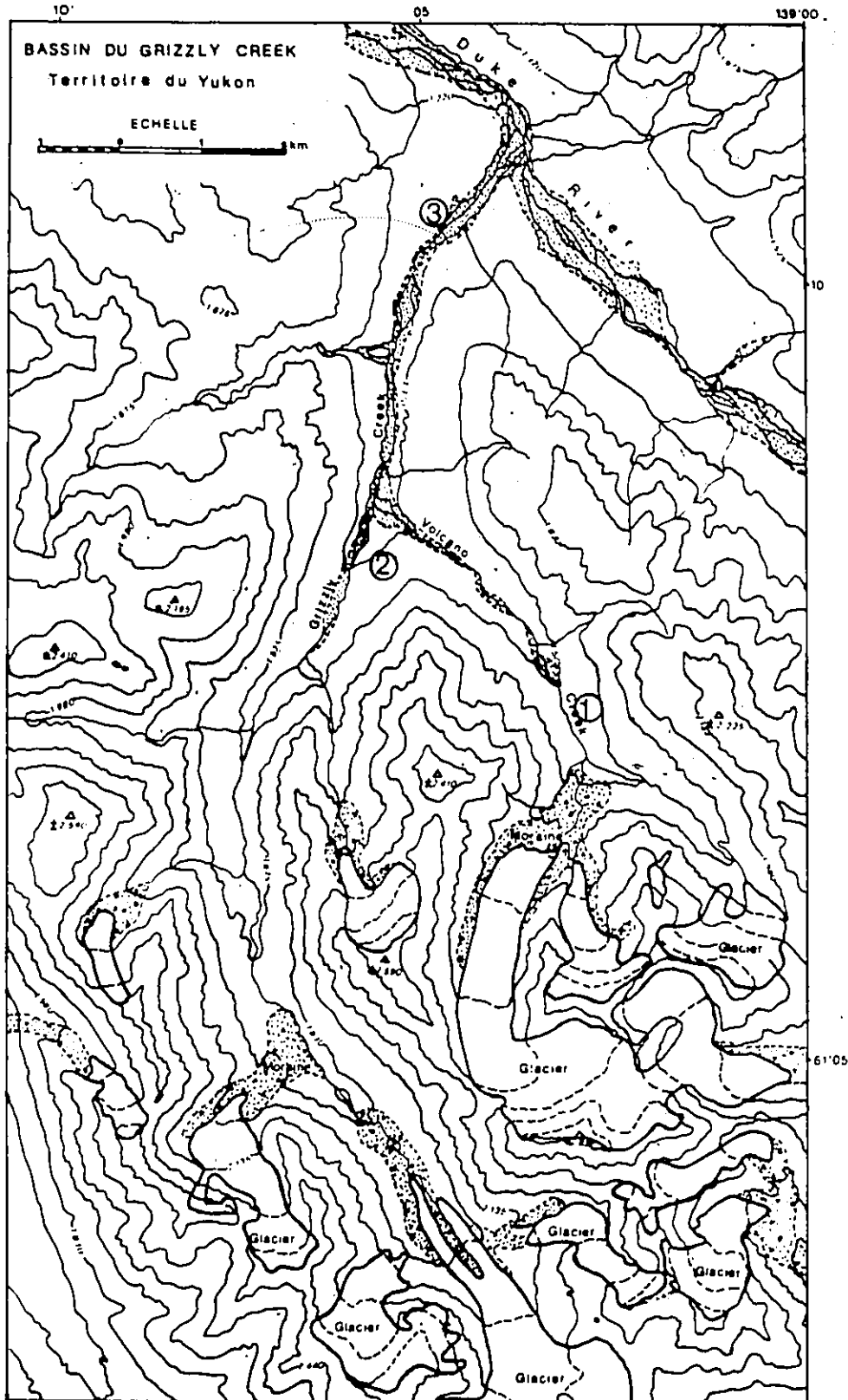


Figure 5. Localisation des sites étudiés pour la palynostratigraphie. Le numéro 1 correspond à la tourbière Volcano, numéro 2, à la confluence Volcano-Grizzly, et le numéro 3, à la confluence Grizzly-Duke.



Figure 6. Tourbière Volcano formée dans une faible dépression avec, au centre, une zone d'effondrements thermokarstiques.

6.1.2. Description des sédiments et datations au radio-carbone

Le prélèvement du profil de tourbe s'est fait sur la paroi, rafraîchie sur 20 cm d'épaisseur, d'un effondrement thermokarstique. Cette coupe, de près d'un mètre de hauteur, est limitée à la base par le pergélisol, qui nous a empêchés de prélever les sédiments minéraux plus profonds.

Dans son ensemble, la tourbière est formée de couches de tourbe limoneuse alternant avec des couches uniquement limoneuses. Une zone plus organique se situe entre 25 et 62 cm de profondeur. A ce niveau, de minces couches de tourbe très fibreuse se retrouvent entre des couches généralement plus épaisses de tourbe minérale. Des cendres volcaniques ont été observées entre 12 et 14 cm et entre 90 et 91 cm de profondeur. Ces horizons sont plus ou moins bien définies car elles sont incorporées à d'autres sédiments.

Deux échantillons de ce profil ont été soumis au laboratoire du radiocarbone de la Commission Géologique du Canada pour y effectuer des datations au ^{14}C . Un âge de 400 ± 60 B.P. (GSC 3230) est obtenu pour le centre du profil entre 54,5-56,5 cm. Dans le contexte de cette étude, la validité de la date doit être mise en doute. La raison en sera discutée plus loin dans ce chapitre. Nous pensons qu'il y a eu contamination de l'échantillon par du carbone plus récent.

Une deuxième date obtenue à la base du profil révèle un âge de 1850 ± 70 B.P. (GSC 3225). Cette date cadre bien

avec nos interprétations et indique que toute la séquence palynostratigraphique décrite ci-dessous ne couvre qu'une très courte période de l'Holocène.

6.1.3 Zones polliniques

Le diagramme pollinique de la tourbière Volcano est divisé en trois zones discrètes. Les limites entre ces zones sont discutables car le changement dans les spectres se fait graduellement. Nous justifions donc le choix de ces limites dans la description des différentes zones.

Zone I

La zone I, à la base du diagramme, est dominée par les cypéracées (30-50%) et par *Picea* (\pm 15%). Chez les arbustes, *Alnus* est dominant avec des valeurs d'environ 10%. *Betula* varie entre 8 et 12% à la base et diminue ensuite jusqu'à 4%, à la limite supérieure de la zone. *Salix* est faiblement représenté sur l'ensemble de cette zone (\leq 5%).

Mis à part les cypéracées, les plantes herbacées dominantes sont les graminées (jusqu'à 12%), suivies d'*Artemisia*, des rosacées, des crucifères et des autres composées (valeurs $<$ à 5%). Les caryophyllacées, les renonculacées, *Valeriana capitata*, *Polemonium* et les saxifragacées sont fréquemment représentées, mais toujours en faibles proportions. Des spores monolètes non différenciées détiennent un taux de représentation de 2% à 5%.

La limite entre la zone I et la zone II correspond à une régression de *Picea* et à une faible augmentation de *Pinus*, *Betula* et *Salix*.

Zone II

Les spectres polliniques de la zone II se différencient des spectres de la zone précédente par leurs valeurs plus basses de *Picea*. Celles-ci passent de 17,5% à la limite supérieure de la zone I à 8% à la base de la zone II. *Picea* n'atteint plus que 2,6% à 57 cm de profondeur. Ce creux est suivi d'une augmentation graduelle jusqu'à plus ou moins 10% vers le haut de la zone. *Pinus* et *Populus* sont faiblement représentés dans ces spectres. On remarque de légères extensions de *Pinus* aux limites de cette zone.

Les pollen d'*Alnus* et de *Betula* présentent des valeurs similaires à celles de la zone précédente. Leurs pourcentages moyens sont respectivement de 10,1% et 6,4%. *Salix* augmente quelque peu vers le centre de la zone. Il varie entre 4% et 8%.

Les plantes herbacées sont plus fortement représentées et plus diversifiées que dans la zone I. On constate une faible diminution des cypéracées mais celles-ci dominent tout de même avec des pourcentages de 27% à 37%. Elles sont accompagnées entre autres, des graminées (0,5-8,0%), d'*Artemisia* (0,3-5,0%), des rosacées (0,8-2,5%), des composées (0,5-2,0%) et des crucifères (1,8-14,6%). Les crucifères atteignent leur valeur la plus élevée vers le haut de la zone II. Les

éricacées, bien que faiblement représentées, se limitent aux spectres de la zone II. Plusieurs autres taxons sont aussi présents sporadiquement avec des pourcentages de 0,2 à 2%. La fréquence d'*Anemone* est exceptionnellement élevée à 57 cm et pourrait résulter d'une étamine incorporée au sédiment. Chez les ptéridophytes, les spores monolètes augmentent par rapport à la zone I.

La limite entre la zone II et la zone III est placée au niveau de la régression des arbustes (*Alnus-Betula-Salix*) qui précède leur nouvelle extension dans la zone III. Elle correspond aussi à la diminution des spores monolètes.

Zone III

Cette zone est caractérisée par une extension de *Picea*. Celle-ci est graduelle, et au sommet du diagramme le pollen de *Picea* représente 24% du spectre. *Pinus* possède des valeurs similaires à la zone précédente (0,6-3,2%) alors que *Populus* devient plus sporadique.

Les pourcentages d'*Alnus*, *Betula* et *Salix* ressemblent à ceux de la zone II. On remarque une faible régression de ces taxons à la base et au sommet de la zone.

La zone III est aussi dominée par les cypéracées (32-43%). Les espèces herbacées diminuent par rapport à la zone II. Les graminées, les crucifères, les rosacées et les composées sont toujours présentes dans les spectres. *Artemisia* diminue considérablement et est même absente dans les trois échantillons du sommet. *Valeriana capitata* est plus fortement représentée (0,5-9,0%) dans cette zone que dans le reste du diagramme. Les spores monolètes possèdent des valeurs inférieures à celles de la zone II, alors que les spores de *Lycopodium* augmentent légèrement. Dans l'ensemble, la zone III ressemble considérablement à la zone I.

6.1.4. Interprétation palynologique

Depuis les deux derniers millénaires, la couverture végétale à la tourbière Volcano a subi peu de modifications. Sur le site même, les cypéracées ont toujours dominé la végétation. Toutefois, les spectres polliniques indiquent que certains changements se sont produits dans les environs de la tourbière et probablement sur une surface beaucoup plus vaste.

La toundra herbeuse s'est de toute évidence maintenue autour de la tourbière durant la période étudiée. En effet, la représentation des arbustes, *Betula et Salix*, est trop faible dans l'ensemble du diagramme pour suggérer que la zone arbustive se soit, pendant un certain temps, étendue jusqu'au site. Les pourcentages de ces taxons sont similaires

à ceux obtenus en surface dans les environs de la tourbière, alors qu'elle se situe à moins d'un km de la limite actuelle de la zone arbustive.

Près de la tourbière Volcano, la végétation semble avoir évolué d'une toundra herbeuse relativement pauvre vers une toundra plus diversifiée suivie d'un retour à la toundra herbeuse.

Les spectres polliniques de la zone I sont dans l'ensemble moins diversifiés que le spectre de surface de la tourbière Volcano (Ech. n° F. diagramme de surface). Les fréquences polliniques de *Picea* et *Alnus* sont aussi plus élevées. Les pourcentages de ces taxons se comparent à ceux obtenus dans la toundra de haute altitude (Ech. de surface n°s 1, 2, 13, 14), où la faible production pollinique des plantes locales accentue la représentation régionale de *Picea* et *Alnus*.

Les cypéracées poussaient sur la tourbière accompagnées de graminées et de plantes favorisées par cet environnement, telles que *Valeriana capitata* et probablement *Polemonium*. Sur les sites mieux drainés poussaient en outre *Artemisia* et d'autres composées, des crucifères et des rosacées.

Cette toundra peut être associée à un climat un peu plus froid que le climat actuel. Un refroidissement aurait pu abaisser les limites altitudinales de la zone arbustive et de la forêt, mais sans que ces fluctuations ne soient détectées dans les spectres de la tourbière.

Dans la zone II, les spectres polliniques sont très similaires aux spectres actuels, ce qui suggère la présence d'une prairie alpine plus diversifiée qu'à la zone précédente. Les cypéracées sont toujours dominantes sur le site, mais le milieu devient plus favorable à l'implantation des crucifères, des caryophyllacées et des ptéridophytes. Malgré une faible représentation pollinique, les éricacées doivent aussi être plus abondantes qu'à la zone I. Les graminées, les composées, *Artemisia* et les rosacées sont aussi présentes près de la tourbière.

Il ne semble pas y avoir eu de fluctuations de la limite altitudinale de la zone arbustive à cette époque. On constate pourtant une baisse importante de *Picea*. Celle-ci ne peut s'expliquer uniquement par une plus grande contribution pollinique locale car le pollen d'*Alnus*, apporté aussi du bas de la vallée, ne montre aucune régression dans cette zone. Il semble donc y avoir eu une diminution considérable de l'influx pollinique chez *Picea* durant cette période.

Les ressemblances entre les spectres polliniques de la zone III et ceux de la zone I nous permettent de croire

que la végétation y était du même type, c'est-à-dire une toundra dominée par les cypéracées et accompagnées par un nombre limité de taxons herbacés, tels que les graminées, les composées, les rosacées, les crucifères et *Valeriana capitata*. L'extension de *Valeriana* peut indiquer une plus grande humidité dans cette zone. La position des arbustes devait être approximativement la même qu'aux zones I et II. L'apport pollinique de *Picea* augmente graduellement vers le haut de cette zone, ce qui peut correspondre à une nouvelle période de détérioration climatique défavorable au développement de la toundra ou encore, à une augmentation de l'influx pollinique chez *Picea*.

6.2. Diagramme pollinique Volcano-Grizzly

6.2.1. Localisation et description du site

Le deuxième profil a été prélevé à proximité du confluent Volcano-Grizzly, au pied du versant sud, et sur une terrasse alluviale (fig. n° 7). La surface est orientée vers le nord, à l'altitude de 1380 m. La végétation est essentiellement arbustive. *Betula glandulosa* est dominant sur la terrasse mais est remplacé par *Salix* près des cours d'eau. *Picea glauca* pousse sur les versants opposés où il atteint sa limite altitudinale.



Figure 7. Terrasse alluviale au confluent Volcano-Grizzly. Le site de prélèvement de l'échantillon se voit vers le centre de la photo.

6.2.2. Description des sédiments

Le profil de 41 cm a été prélevé près du confluent Volcano-Grizzly dans du matériel limoneux. De haut en bas, on distingue une couche humifère de 8 cm d'épaisseur surmontant un limon bioturbé et oxydé de façon diffuse. Des cailloux subanguleux de un à deux cm sont présents dans ce limon. Vers 30 cm, l'horizon oxydé est remplacé par un horizon réduit composé de limon légèrement bioturbé, avec une plus grande proportion de cailloux subanguleux.

L'analyse pollinique à été réalisée dans ce profil jusqu'à 32 cm de profondeur. Les sédiments plus profonds se sont avérés trop pauvres en pollen pour permettre un comptage adéquat. De plus, nous n'avons obtenu que 109 et 148 grains de pollen dans les deux derniers échantillons retenus pour l'étude.

6.2.3. Zones polliniques

Malgré le petit nombre d'échantillons figurés dans ce diagramme, nous pouvons tout de même reconnaître trois zones polliniques bien distinctes. Ces zones correspondent suffisamment à celles de la tourbière Volcano pour conclure qu'elles couvrent plus ou moins la même période de temps. Les limites entre les zones sont basées sur des fluctuations majeures de *Picea* et de *Betula*.

Zone I

Les spectres polliniques de cette unité enregistrent des valeurs élevées de *Picea* (11-23%) et de ptéridophytes (29-36%). Par contre, la représentation des arbustes est faible. *Betula* atteint 12,8% et *Alnus* 4,7%. *Salix* est absent dans les deux échantillons de cette zone alors que *Shepherdia canadensis* est présent à 32,5 cm, où il obtient une valeur de 1,4%.

Les cypéracées sont dominantes chez les plantes herbacées. Elles représentent approximativement 20,5% du total du spectre. Elles sont suivies de loin par les graminées (3,4-5,5%) et par *Artemisia* (0,7-1,8%). Les rosacées, les composées et *Valeriana capitata* sont sporadiques.

Zone II

Cet assemblage pollinique se distingue des zones I et III par ses pourcentages très faibles de *Picea* et par ses pourcentages élevés de *Betula*. *Picea* n'atteint même pas 2% ce qui constitue la valeur la plus basse obtenue pour ce taxon dans les spectres polliniques anciens et de surface du bassin du Grizzly Creek. Cette régression correspond aussi à la plus forte extension de *Betula* trouvée dans cette étude. Ses pourcentages varient entre 44,3% et 53,7%.

Les arbustes autres que *Betula glandulosa* sont aussi dans l'ensemble mieux représentés qu'à la zone précédente. *Alnus* et *Shepherdia* possèdent des pourcentages plus ou moins similaires à ceux de la zone I, soit 5% et 1,3% respectivement. *Salix* (3,2-5,4%) et *Juniperus* (0,3-0,6%) font leur apparition dans cette zone.

Les cypéracées diminuent par rapport à la zone I alors que les graminées connaissent une augmentation. On constate aussi une plus grande diversité chez les plantes

herbacées, soit des éricacées, des rosacées, des composées, *Artemisia*, des renonculacées, des saxifragacées, des légumineuses, des portulacées, des crucifères, des caryophyllacées et *Valeriana capitata*. Les spores de ptéridophytes sont présentes dans les spectres mais avec des pourcentages beaucoup plus faibles qu'à la zone I. Les spores monolètes n'atteignent plus que 6,5% et *Lycopodium*, de 0,6% à 1,3%.

Zone III

La zone III correspond à une diminution de *Betula* et à une augmentation de *Picea* et des cypéracées. L'extension de *Picea* (jusqu'à 17,4%) est comparable à celle de la zone I, même si elle n'atteint pas des valeurs aussi élevées. La présence de *Pinus*, en faible proportion, se limite à cette unité.

La régression de *Betula* est importante car sa représentation pollinique baisse d'un maximum de 53,7% à la zone II à 13,8% au sommet de la zone III. *Alnus* atteint 7%, sa valeur maximale dans le diagramme. *Salix*, *Shepherdia* et *Juniperus* diminuent légèrement par rapport à la zone précédente,


Mis à part les cypéracées, qui détiennent de 25,5% à 43,5% du total, et les graminées qui en possèdent de 5,1 à 8,2%, la représentation des plantes herbacées est faible. Les familles ou espèces identifiées sont plus ou moins les

mêmes que celles de la zone II, à l'exception d'*Artemisia*, des saxifragacées et des caryophyllacées qui sont absentes dans la zone III. Les ptéridophytes sont moins abondantes que dans les zones I et II.

6.2.4. Interprétation palynologique

Le site étudié est localisé dans la toundra arbustive, près de la limite altitudinale de la forêt. Il est vraisemblable que ce type de végétation s'y soit maintenu depuis un certain temps car une invasion de la forêt sur ce versant se serait traduite par une représentation pollinique plus élevée de *Picea*. Par contre, le pollen de *Picea* n'atteint que durant ses deux périodes d'extension maximale des valeurs comparables à celles obtenues dans des échantillons de surface (numéro 6,8,E) prélevés près du site. Ceci suggère que dans le passé, l'arbre a été moins abondant qu'actuellement près de la confluence Volcano-Grizzly.

Dans la zone I, la végétation sur le site devait être composée de *Betula glandulosa* clairsemés et d'une couverture herbacée importante dominée par les cypéracées et les ptéridophytes. Les autres plantes herbacées sont mal représentées dans ces spectres, mais ceci peut être relié au nombre réduit de pollen identifiés et non à la faible diversité du milieu. Il semble qu'à l'exception du bouleau, peu d'arbustes étaient présents dans le paysage à cette époque. *Shepherdia canadensis* devait pousser à proximité. Le faible



pourcentage d'*Alnus* est particulièrement surprenant car même lorsque l'arbuste est absent de la région, sa représentation pollinique est généralement supérieure à celle obtenue dans ces spectres. *Picea* devait pousser sur les versants opposés au site.

Les assemblages polliniques de la zone III, au sommet du diagramme, sont très similaires à ceux de la zone I. La végétation durant ces deux périodes de temps devait donc être semblable. Il existe néanmoins quelques différences entre ces deux zones. Entre autres, durant la période la plus récente, les cypéracées devaient être plus importantes alors que les ptéridophytes étaient beaucoup moins fréquentes sur ce versant. Les arbustes représentaient probablement un plus grand pourcentage du couvert végétal qu'à la zone I.

Les spectres de la zone II sont différents des deux autres zones polliniques. Cette différence est associée à des changements de la végétation. Ainsi, le bouleau arbustif a probablement connu une certaine extension à cette époque. Il aurait formé une couverture plus dense qu'à l'époque actuelle sur le versant, alors que *Salix* et *Shepherdia canadensis* colonisaient le bord des cours d'eau. *Juniperus* devait pousser sur des sites bien drainés. Le milieu devait être plus favorable qu'à l'époque antérieure au développement des graminées et de certaines plantes herbacées. Ceci s'est fait au détriment des cypéracées et des ptéridophytes, dont la représentation baisse considérablement dans cette zone.

Les pourcentages de *Picea* diminuent fortement dans la zone II. Des valeurs aussi faibles de *Picea* n'ont été obtenues dans aucun des échantillons de surface du bassin du Grizzly Creek. Cette régression peut être liée à une baisse considérable de la limite des arbres, à une invasion massive de *Betula* sur le site, ce qui aurait augmenté sa production pollinique par rapport à celle de *Picea*, soit encore à une association de ces deux tendances.

La dernière hypothèse semble la plus probable. En effet, on imagine difficilement un retrait de la bordure forestière suffisamment important pour réduire le pourcentage de *Picea* à moins de 2%. Ceci nécessiterait sa disparition sur une longue distance en l'espace de quelques siècles. Il est aussi peu probable que la régression des pourcentages de *Picea* soit uniquement causée par une augmentation de *Betula* près du site, car le même phénomène se produit à la zone II de la toubière Volcano sans qu'il y ait une extension des pourcentages du bouleau. Nous pensons donc qu'une légère régression ou une simple dégradation de la forêt, accompagnée d'une extension du bouleau arbustif en bordure de la forêt et sur le site justifie suffisamment la chute des pourcentages de *Picea*. Cet épisode aurait été suivi dans la zone III par un retour à des conditions plus ou moins similaires à celles de la première zone.

6.3. Diagramme pollinique Grizzly-Duke

6.3.1. Localisation et description du site

Le troisième profil a été prélevé sur le versant ouest qui domine le confluent Grizzly-Duke. Il est localisé dans la forêt boréale (fig. no 8) à 1310 m d'altitude, un peu plus bas qu'un petit replat situé à 38m environ au-dessus du thalweg. Ce replat est composé de matériel d'origine glaciaire et fluvioglaciaire datant probablement du Wisconsin.



Figure 8. Vue sur la forêt boréale, composée essentiellement de *Picea glauca* et de *Salix* de type arbustif.

6.3.2. Description des sédiments.

La coupe de 70 cm d'épaisseur est composée de limon et est limitée à la base par le permafrost. De haut en bas, on distingue une couche humifère de 9 cm d'épaisseur recouvrant une mince couche de limon et de cendres volcaniques. Ensuite le matériel est essentiellement limoneux jusqu'à 65 cm avec un peu de matière organique et quelques zones contenant des petits cailloux subanguleux. Un contact net sépare cet horizon de la couche organique qui constitue la base du profil. Ce contact correspond à une surface d'érosion et devrait engendrer une rupture nette dans le diagramme pollinique.

La partie supérieure de la couche organique, assez compacte, contient des cendres volcaniques. Nous retrouvons donc dans ce profil les deux couches de cendres observées dans la tourbière Volcano. Elles constituent d'excellents repères lithostratigraphiques et permettent de considérer de prime abord que les deux dépôts sont contemporains.

6.3.3. Zones polliniques

Le diagramme Grizzly-Duke possède trois zones polliniques comme dans les deux diagrammes précédents. Celle-ci sont déterminées par les fluctuations de *Picea* et *Betula*. La première zone ne contient qu'un échantillon mais il est

suffisamment distinct pour le considérer comme une zone pollinique.

Zône I

Cette première zone est caractérisée par des valeurs élevées de *Picea* (40%) et de cypéracées (30%). *Populus* est présent à moins de 1% dans ce spectre. La représentation des arbustes est relativement faible dans la zone I. Leurs pourcentages sont les suivants: *Alnus*, 7,0%, *Betula*, 11,5%, *Salix*, 4,0% et *Shepherdia canadensis*, 0,2%.

Mis à part les cypéracées, la représentation des plantes herbacées n'est que de 5,0%, dont 1,9% d'éricacées. Ce pourcentage d'éricacées est plus élevé que ceux obtenus dans les diagrammes précédents. Les autres plantes herbacées, telles que les rosacées, les graminées, *Artemisia*, les légumineuses, les caryophyllacées, les saxifragacées, *Valeriana capitata* et les autres composées obtiennent des valeurs très basses et les ptéridophytes sont pratiquement absentes du spectre.

Zone II

Les assemblages polliniques de la zone II diffèrent considérablement de la première zone. *Betula*, *Alnus* et les graminées sont en extension par rapport à la zone I alors que *Picea* et les cypéracées montrent une forte régression.

La régression de *Picea* est à son maximum à la base de la zone, où le taxon n'atteint que 8,7%. En moyenne, sa représentation est de 17,3%, ce qui est inférieur aux valeurs obtenues en surface dans les spectres de la forêt. *Populus* est aussi faiblement représenté dans cette zone et *Pinus* apparaît sporadiquement.

Betula augmente de 11,5% à la zone I à 30,0% à la base de la zone II. Cette représentation se maintient dans tous les assemblages polliniques de la zone. Les pourcentages d'*Alnus* sont aussi plus élevés que dans les autres zones. Ils varient entre 10,75 et 18,6%. *Salix* et *Sherpherdia canadensis* obtiennent des valeurs généralement inférieures à 5%. *Sherpherdia* connaît cependant une légère extension dans cette zone. *Juniperus* est présent à moins de 1% entre 40 cm et 50 cm.

Les plantes herbacées et les ptéridophytes montrent une plus grande diversité qu'à la zone inférieure. Les cypéracées ne représentent plus que 2,0 à 9,7% du total mais les graminées, les composées, *Artemisia*, les rosacées et les caryophyllacées augmentent en pourcentage. Les spores monolètes connaissent une extension progressive vers le haut, où leur pourcentage est de 8,6%. *Lycopodium*, *Dryopteris* et les spores trilètes sont aussi présentes dans cette zone pollinique.

Zone III

La troisième zone pollinique est fortement dominée par le pollen de *Picea* qui s'étend brutalement bien qu'aucune surface d'érosion n'apparaissent dans les sédiments. Ses pourcentages varient dans l'ensemble entre 60% et 72%. *Populus* présente des valeurs similaires aux zones précédentes, c'est-à-dire inférieures à 2%.

La fréquence des arbustes s'abaisse considérablement et elle peut être comparée à celle de la zone I. Pour *Betula* et *Alnus*, le contact entre les deux zones est abrupt. Les pourcentages baissent de 29% et 11,8% respectivement dans la zone II, à 11,0% et 4,0% dans la zone III. La régression de *Betula* s'accentue jusqu'à 1,7% au sommet du diagramme. *Salix* ne représente jamais plus de 3% et est même absent à 20 cm. *Shepherdia*, lorsqu'il est présent, n'atteint pas 1%.

A 10 cm, le spectre pollinique ne suit pas la même tendance que dans l'ensemble de la zone. A ce niveau, on constate une régression de *Picea* jusqu'à 35,5% et une extension de *Betula* et des cypéracées.

L'augmentation des cypéracées se retrouve dans toute la zone mais elle est plus prononcée à 10 cm de profondeur. Les graminées diminuent par rapport à la zone II. Les autres plantes herbacées sont sporadiques et possèdent de faibles pourcentages. Les ptéridophytes diminuent par rapport

à la zone II. Ce retrait est plus marqué au niveau des spores monolètes non différenciées.

6.3.4. Interprétations palynologiques

Le diagramme Grizzly-Duke présente dans son ensemble les mêmes fluctuations que celles déjà reconnues dans les diagrammes précédents. Cependant, les sites de la tourbière Volcano et du confluent Volcano-Grizzly n'enregistrent pas de changements majeurs de la végétation mais plutôt des variations dans l'apport pollinique régional de *Picea*. Au confluent Grizzly-Duke, les fluctuations de *Picea* doivent être interprétées comme des modifications de la végétation à l'intérieur de la forêt boréale.

Le spectre pollinique de la zone I, à la base du diagramme, est très similaire au spectre de surface du site (Ech. H). Cette zone est associée à une végétation forestière comparable à l'actuelle, c'est-à-dire qui est dominée par l'épinette avec une strate arbustive relativement importante. Le saule est plus rare dans la zone I que dans les spectres de surface, mais sa représentation peut être affectée par une sur-représentation locale des cypéracées.

Le passage brutal de la zone I à la zone II correspond à une surface d'érosion. Elle accentue l'impression d'une rapide régression de la forêt et de son remplacement par une toundra arbustive. En effet, les pourcentages de *Picea* dans

la zone II correspondent aux valeurs obtenues pour ce taxon dans les spectres de surface de la toundra arbustive. De plus, la fréquence de *Betula* est même plus élevée que celle retrouvée en surface dans l'étage arbustif. D'après ces pourcentages, on pourrait déduire que la forêt était probablement inexistante dans la vallée du Grizzly Creek durant cette période. Les pollen de *Picea* provenaient d'apports régionaux ou lointains.

Cette interprétation classique nous apparaît peu probable car elle demande l'élimination de la forêt dans la vallée du Grizzly Creek en l'espace de quelques siècles. Une telle catastrophe pourrait être causée par un feu de forêt mais aucune évidence n'a été observée sur le terrain, ce qui nous fait douter de l'hypothèse. Nous pensons plutôt que durant cette période, l'épinette n'a pas disparu complètement de la région mais qu'elle a cessé de polliniser à cause de certaines conditions climatiques défavorables.

Cette interprétation s'appuie sur l'augmentation brutale de la fréquence de *Picea* à 25 cm, malgré l'absence d'une surface d'érosion dans les sédiments. Ceci suggère une reprise de la pollinisation plutôt qu'un retour progressif de la forêt qui se serait traduit par une augmentation également progressive des pourcentages de *Picea*. Les raisons de cet arrêt de la pollinisation ne sont cependant pas déterminées. On sait que dans certaines circonstances, l'épinette peut se reproduire par marcottage. Il est donc possible que la forêt

se soit maintenue dans la vallée mais dans un état très dégradé. La limite altitudinale des arbres pouvait être plus basse que dans les zones polliniques I et III. Cette diminution des arbres aurait favorisé l'extension des arbustes et même des plantes herbacées et des ptéridophytes. L'augmentation des graminées et d'*Artemisia*, accompagnée d'une baisse importante des cypéracées, peut être indicative d'un climat plus sec qu'à la zone précédente. Pour des raisons qui nous sont obscures, ce climat aurait été défavorable à l'épinette.

Un retour à des conditions similaires à celles de la zone I doit avoir favorisé la reprise de la pollinisation et une nouvelle extension de *Picea* à la zone III. Ce contact abrupt entre les deux zones se fait au sein de la couche limoneuse et semblerait plutôt être associé à un facteur d'ordre climatique. Les pourcentages très élevés de *Picea* dans cette zone sont comparables à ceux obtenus par Ager (1975) dans la Tanana, pour le début de l'Holocène.

Dans la zone III, la forêt d'épinettes en plus d'atteindre un taux élevé de pollinisation, semble devenir plus dense et produit la détérioration de la strate arbustive et herbacée. Une sur-représentation de *Picea* peut aussi avoir simplement réduit la fréquence pollinique des autres taxons.

On remarque dans cette zone une faible régression de *Picea* et une augmentation de *Betula* et des cypéracées à 10 cm de profondeur. Ce niveau correspond à la couche supérieure des cendres volcaniques. En apportant les nucléus dans les masses d'air, l'éruption responsable du dépôt de ces cendres a probablement augmenté temporairement les précipitations sur la région. Ce bref épisode peut néanmoins avoir accru le ruissellement sur le versant et l'apport de sédiments chargés des pollen de l'étage arbustif.

6.4. Interprétation des sédiments minéraux

6.4.1. Les cendres volcaniques

Deux fines couches de cendres volcaniques ont été observées à divers endroits dans le bassin du Grizzly Creek. A la tourbière Volcano et au confluent Grizzly-Duke, ces cendres ont constitué de bons repères stratigraphiques et ont permis la corrélation entre les zones polliniques. Les cendres ne forment pas toujours des unités bien définies mais sont souvent concentrées sous forme de poches ou encore mélangées à d'autres sédiments.

Des échantillons ont été soumis au professeur Seret de l'Université de Louvain et au professeur Westgate de l'Université de Toronto, dans le but de déterminer la composition et l'origine de ces cendres. La mauvaise qualité des échantillons a réduit l'apport escompté de ces analyses. Cependant, la présence de verres volcaniques et d'une grande

quantité de hornblende, dans la couche supérieure, semble indiquer, selon Westgate, qu'il peut s'agir du White River Ash. A Grizzly Creek, cette cendre devrait correspondre à l'éruption datée à 1230 années ^{14}C (Denton et Karlen, 1977) car la vallée se situe à l'intérieur du lobe axé vers l'est du White River Ash. Cette cendre apparaît généralement à quelques centimètres sous la surface.

La présence d'une deuxième couche de cendres volcaniques dans la vallée s'avère particulièrement intéressante car selon la carte de Lerbekmo et coll. (1975), Grizzly Creek se situe juste à l'extérieur des limites de la zone de recouvrement entre les deux couches du White River Ash. Malgré l'absence de preuves minéralogiques nous pensons que la cendre inférieure peut être associée au lobe le plus ancien du White River Ash qui est dirigé vers le nord. Une datation ^{14}C effectuée sur du matériel tourbeux, prélevé au-dessus de cette cendre, à la tourbière Volcano, révèle un âge de 1850 ± 70 B.P. Cette date est conforme à l'âge généralement associé aux cendres du lobe axé vers le nord, datées en moyenne à 1890 années ^{14}C B.P. (Denton et Karlén, 1977).

La date ^{14}C de 400 B.P., obtenue au centre du profil de la tourbière Volcano, doit être rejetée car elle provient de matériel prélevé entre les deux couches de cendres volcaniques.

6.4.2. Genèse des dépôts

La présence des deux couches de cendres volcaniques dans le bassin du Grizzly Creek a permis de dater deux des séquences palynostratigraphiques étudiées. On constate cependant que la position de ces cendres dans les séquences constitue une certaine anomalie. Ainsi, à la tourbière Volcano, la couche de cendres, datée à 1 230 B.P., se situe entre 12 et 14 cm de profondeur alors que la couche inférieure, datée à 1 890 B.P. est présente entre 90 et 91 cm de profondeur. Au confluent Grizzly-Duke, la première couche est à 10 cm alors que la deuxième est approximativement à 65 cm de profondeur. La position et l'âge de ces cendres indiquent que le rythme de sédimentation a été très variable au cours des derniers 2 000 ans. Une première phase de sédimentation extrêmement rapide a duré environ 600 ans. Elle a été suivie d'une phase beaucoup plus lente qui est amorcée depuis 1 230 ans.

Nous expliquons difficilement la forte variation entre les deux unités car aucune étude sédimentologique approfondie n'a été réalisée dans ce travail essentiellement palynologique. Une analyse préliminaire a tout de même été effectuée dans le but de connaître l'origine des sédiments fins qui constituent la majeure partie des dépôts. Le diamètre de 500 grains a été déterminé au microscope pour les échantillons de la tourbière Volcano et de la confluence Grizzly-Duke ainsi que dans un petit profil,

prélevé près de la moraine néoglaciale du glacier du Grizzly Creek. Le comptage s'est fait sur du matériel provenant du centre de la zone de forte accumulation. Les résultats de ces analyses montrent que plus de 90% des grains comptés ont un diamètre égal ou inférieur à 10μ . Peu de grains de dimensions supérieures à 50μ ont été identifiés dans ce matériel, ce qui indique que le sédiment est composé d'une matrice très fine et extrêmement bien triée. Il s'agit donc fort probablement d'un loess.

La formation de dépôts éoliens dans le bassin du Grizzly Creek est très probable. En effet, depuis les derniers 10 000 ans, la région du lac Kluane a connu deux épisodes de sédimentation éolienne. La première a fait suite au retrait glaciaire de Kluane, à la fin de la période wisconsinienne et au début de l'Holocène et la deuxième a été amorcée par les avancées néoglaciales et leurs retraits consécutifs. Ces deux unités sont séparées par un paléosol ("Slims Soil") formé lors du retrait maximal des glaciers durant l'Hypsithermal. Une couche de cendres volcaniques est généralement présente juste au-dessus du paléosol (Denton et Stuiver, 1966). Borns et Goldthwait (1966) indiquent que près du glacier Kaskawulsh, la cendre (probablement la plus récente car elle est à quelques cm de la surface) se retrouve à plus de 60 cm au-dessus du paléosol, ce qui implique que la sédimentation entre l'époque de la forma-

tion du paléosol et le dépôt volcanique a été très rapide et a ensuite diminué considérablement. Cette séquence est similaire à celle retrouvée à Grizzly Creek.

Il semble que la sédimentation n'a pas toujours été constante durant la période étudiée car dans la tourbière Volcano, des couches limoneuses d'épaisseurs variables sont interstratifiées à de minces lits de tourbe fibreuse. Le développement de cette tourbe a nécessité un arrêt temporaire ou un ralentissement des apports de loess. Ces lits de tourbe sont présents uniquement au centre du profil, le reste de la coupe étant composé de limons à charge variable en matière organique.

Dans le profil Grizzly-Duke, de petits cailloux anguleux et sub-anguleux sont incorporés au limon. Leur mise en place ne peut être éolienne. Ils ont probablement été transportés par ruissellement en même temps que du loess. Ce loess se serait déposé par saupoudrage sur les versants de la vallée et sur le site même. A la fonte des neiges ou après une averse, le limon déposé à plus haute altitude et les petits cailloux provenant des dépôts de till ont été transportés et abandonnés sur les versants. Ce schéma pourrait expliquer la forte accumulation de loess durant cette courte période ainsi que les cailloux incorporés aux sédiments. Ces sédiments limoneux tronquent un matériel organique très compact qui pourrait être associé au "Slims Soil".

De petits cailloux ont aussi été retrouvés dans le profil limoneux du confluent Volcano-Grizzly, mais leur origine est probablement fluviatile. Aucune cendre volcanique n'a été identifiée dans ce profil car ces matériaux de la taille des sables ont probablement été dispersés dans les eaux courantes. Néanmoins l'interprétation palynologique identifie trois zones polliniques qui justifient le synchronisme de ce dépôt avec les deux autres profils. Par conséquent, la terrasse recouverte de ce dépôt est contemporaine ou plus probablement antérieure à 1890 B.P.

6.5. Interprétations palynostratigraphiques et paléoclimatiques

Les trois diagrammes polliniques du bassin du Grizzly Creek présentent dans l'ensemble les mêmes fluctuations depuis 1900 années B.P. La zone I, la plus ancienne, indique une végétation moins diversifiée ou similaire à celle qui couvre actuellement les sites d'échantillonnages. Les limites altitudinales des grandes unités de végétation devaient se situer près des limites actuelles. La transition de la zone I à la zone II n'est pas datée mais est plus récente que 1890 années B.P.

Les assemblages de la zone II sont caractérisés par une forte diminution de *Picea*. Selon la localisation des sites, le retrait correspond à une extension de *Betula* et,

ou, des plantes herbacées, à l'exception des cypéracées qui diminuent dans cette zone. Cette importante modification dans les spectres polliniques n'est pas interprétée comme une disparition de la forêt dans la vallée, mais plutôt comme un arrêt temporaire de la pollinisation de l'épinette, causé par un environnement défavorable à sa reproduction sexuée. Durant ces quelques siècles, la forêt aurait pu se maintenir dans un état de dégradation considérable qui aurait favorisé l'extension du bouleau arbustif et des plantes herbacées. Dans la toundra, la diversité des spectres peut être associée à une plus grande richesse floristique créée par des conditions du milieu moins rigoureuses et probablement plus sèches.

La transition de la zone II à la zone III n'est pas datée mais est antérieure à 1230 B.P., époque du dépôt de la deuxième couche du White River Ash. Par conséquent, la zone II est probablement plus brève que 600 ans.

La zone III couvre la période de temps de plus ou moins 1400 ans (date obtenue par extrapolation) jusqu'au présent. Les spectres polliniques sont très similaires à ceux de la zone I. Ils indiquent un rétablissement de la forêt dans le bas de la vallée et une moins grande importance du bouleau arbustif. On constate aussi une diminution des plantes herbacées, à l'exception des cypéracées qui augmentent considérablement dans les spectres les plus récents. Il semble y avoir un retour à des conditions plus humides qu'à

la zone précédente.

Les fluctuations reconnues à Grizzly Creek n'ont pas été mises en évidence dans les études antérieures effectuées dans la région. Cette brève période de l'Holocène a été jusqu'à présent peu considérée dans les recherches palynostratigraphiques entreprises au Yukon et dans les territoires adjacents. L'ensemble des diagrammes polliniques n'indiquent aucune modification majeure de la végétation depuis les derniers 5 000 ans (Ager, 1975, Lichti-Federovich, 1973, Rampton, 1971a, Ritchie et Hare, 1971, Mackay et Terasmae, 1963). Rampton (1971a) note pourtant que dans la vallée du glacier Klutlan, la limite altitudinale des arbres a été à au moins trois reprises plus élevée qu'actuellement. Ses constatations sont basées sur la présence de vieilles souches au-dessus de la limite forestière. Des dates de 5 250 B.P., 3 280 B.P. et une autre antérieure au dépôt de la couche de cendres volcaniques de 1 230 B.P. sont associées à des extensions altitudinales des arbres. Celles-ci sont liées à de légers réchauffements climatiques qui n'ont pas été détectés par ces analyses polliniques.

Denton et Karlén (1977) dans une étude sur les fluctuations de la limite des arbres dans la vallée de White River et de Skolai Pass, à l'ouest du glacier Klutlan, obtiennent des résultats similaires à ceux de Rampton. Ils reconnaissent une période d'extension de la forêt entre 2 100 et 1 230 B.P. qui est associée à un retrait glaciaire. Après

1 230 B.P., la limite altitudinale de la forêt baisse suite à une réavancée glaciaire.

Nos résultats s'opposent à ceux de Rampton et Denton et Karlén pour la même période. Dans le bassin du Grizzly Creek, la régression de la forêt se fait à l'époque où cette dernière est en extension dans la région du glacier Klutlan et de la vallée de White River. Par contre, l'avancée glaciaire, vers 1 230 B.P., est associée à un retour de la forêt alors que plus au nord il y a régression.

Le modèle observé à Grizzly Creek est très similaire à ce que Ager et Sims (1981) ont retrouvé dans la région de Tangle Lakes en Alaska, mais pour une période antérieure. Ceux-ci constatent la disparition de la forêt de la région durant l'Hypsithermal. Elle y retourne seulement au début des avancées néoglaciales alors que le climat devient plus froid et humide.

Johnson et Raup (1964) soutiennent aussi que dans le sud-ouest du Yukon, le climat chaud et sec de l'Hypsithermal aurait empêché l'implantation de la forêt. La région aurait été colonisée par la prairie jusqu'au début des avancées néoglaciales. Ensuite le climat devenant plus humide aurait favorisé l'épinette. Il est possible que le réchauffement et surtout l'assèchement du climat, tel que mis en évidence par Porter et Denton (1967), Denton et Porter (1970) et Terasmae (1972), (d'après une synthèse de Workman, 1978), pour la période comprise entre 2 000 et 1 000 B.P., ait

produit un effet similaire dans le bassin du Grizzly. Ce changement climatique aurait affecté la végétation et par conséquent son spectre pollinique. Mais dans nos diagrammes, il semble que la transformation végétale n'apparaît qu'après un certain temps puisque la zone II qui traduit cette modification est postérieure à 1890 B.P.

La présence de loess dans nos profils renforce l'idée d'un assèchement climatique. Celui-ci peut avoir intensifié l'ablation éolienne des matériaux fins sur les épandages proglaciaires de la première avancée néoglaciale, et leur saupoudrage sur les versants.

7. PALEOGEOGRAPHIE ET EVOLUTION DU MILIEU DANS LE BASSIN DU GRIZZLY CREEK

Suite au retrait maximal des glaciers durant l'Hypsi-thermal, la région des monts St-Elie a connu une nouvelle période d'extensions glaciaires, désignée sous le nom d'avancées néoglaciales (tel que défini par Sharp, 1960). Durant cette période, les glaciers ont avancé à au moins deux reprises, soit entre 3 300 - 2 400 années B.P. et durant le petit âge glaciaire. Une autre avancée, de plus faible amplitude et de courte durée, est datée entre 1 200 - 1 500 années B.P. Ces extensions glaciaires sont séparées par des retraits associés à de légers réchauffements climatiques (Denton et Karlén, 1973).

Des évidences morphologiques indiquent aussi deux avancées glaciaires relativement importantes durant cette période, dans le bassin du Grizzly Creek (Kristjansson, 1980). Nos séquences stratigraphiques sont postérieures à la première extension glaciaire et la base des profils correspond à une période de récession.

La palynostratigraphie soutenue par des observations sédimentologiques et géomorphologique indique une évolution relativement calme du paysage durant les deux derniers millénaires. Les variations climatiques ont sans doute été insuffisantes pour engendrer une morphogénèse puissante dans le bassin, et pour transformer profondément la couverture végétale. Toutefois, les modifications ne sont pas négligeables et notre travail apporte en ce sens une réelle contribution à l'étude de l'Holocène récent dans le sud-ouest du Yukon, qui jusqu'à présent avait peu suscité l'intérêt des palynologues.

Les zones polliniques I et III indiquent une distribution de la végétation comparable à l'actuelle. Les étages forestiers, arbustifs et de prairies alpines devaient avoir sensiblement les

mêmes limites qu'aujourd'hui. Le climat de ces époques était comparable à l'actuel ou peut-être même un peu plus froid et humide. Bien que la zone III soit contemporaine de la deuxième avancée néoglaciale et du petit âge glaciaire (1 850 après J.C.) qui ont édifiés des cordons morainiques en aval des glaciers Grizzly et Volcano, la morphogenèse sur les versants a été peu active puisque les cendres volcaniques de 1 230 B.P. ne sont enfouies qu'à 10 et 14 cm de profondeur. Ce faible taux d'accumulation n'a pas enregistré l'éventuelle modification végétale qui aurait pu survenir durant le petit âge glaciaire. Nous pensons toutefois que la fluctuation climatique du petit âge glaciaire a été insuffisante pour modifier le paysage végétal et la morphogenèse des versants. Par contre, la deuxième éruption du mont Bona peut avoir engendré de fortes précipitations et exacerbé le ruissellement sur les versants, comme semble l'indiquer le diagramme Grizzly-Duke. La zone pollinique II montre une transformation discrète de la prairie alpine, une couverture arbustive plus dense au confluent Volcano-Grizzly et un éclaircissement de la forêt boréale favorisant les strates arbustives et herbacées. La diversification de la prairie alpine et la dominance des arbustes réduisent l'influence des apports polliniques en provenance de la forêt et traduisent un réchauffement climatique. La forêt semble conserver ses limites actuelles mais atténue sa pollinisation. Le retrait des cypéracées et l'extension d'*Artemisia* suggère un assèchement climatique. Il est probable que l'assèchement se soit essentiellement marqué par une diminution des chutes de neige hivernales. Le manteau neigeux étant moins épais, ce climat favorisait les arbustes et les herbes au détriment des arbres.

Les saupoudrages de loess durant cette période renforcent l'idée d'un assèchement. Les loess facilement remaniés par les eaux de ruissellement sont ensuite redéposés et contribuent à augmenter l'épaisseur des sols entre les deux couches de cendres volcaniques. En effet, dans le bassin du Grizzly, les cendres volcaniques sont séparées d'une plus grande épaisseur de sédiments que dans les sites décrits par Lerbekmo et coll. (1973) et par Rampton (1981). Le bassin du Grizzly étant relativement proche des épandages proglaciaires du Duke, du Donjek et du Kaskawulsh et possédant aussi ses propres épandages semblerait avoir subi intensément cette activité éolienne. L'épaisseur de loess sur les versants est plus forte que celle émise par Nickling (1972)..

Toutefois, si les saupoudrages de loess ont été importants dans la vallée, ils n'ont pas été suffisamment intenses et continus pour arrêter la croissance de la végétation. En effet des lits de tourbe fibreuse apparaissent dans la zone II de la tourbière Volcano. De plus, une empreinte de feuille de *Dryas* a été observée dans le loess près de la moraine de 1850 du glacier Grizzly. Or ce site fait actuellement partie d'une prairie à *Dryas* de haute montagne. Par conséquent, les saupoudrages de loess n'ont certes pas affecté grandement la végétation.

Cette analyse ne couvre que les deux derniers millénaires et montre une pédogenèse et une morphogenèse relativement faibles. Toutefois, la morphogenèse holocène n'a pas toujours été aussi peu active. Un cordon morainique barre la vallée du Grizzly à environ 1,5 km en amont du confluent Volcano-Grizzly. Bien que son âge ne soit pas établi, il est probable que ce dépôt se soit mis en place au tardiglaciaire ou au début de l'Holocène (communication orale de P.G. Johnson). Entre ce cordon morainique et la moraine du petit âge glaciaire, située à 1,25 km du front glaciaire actuel, plusieurs glaciers rocheux et plusieurs cônes d'éboulis entravent la vallée tant sur le versant ouest que sur le versant est.

D'après Johnson (1980) ces glaciers rocheux et ces cônes ont pris naissance durant l'Hypsithermal et ont ensuite connu une période d'inactivité qui a favorisé la formation de sols et la colonisation par la végétation. Celle-ci s'est faite avant le dépôt des cendres volcaniques. La détérioration climatique, qui a engendré les avancées néoglaciales, a réactivé certaines sections des glaciers rocheux, encore actifs aujourd'hui.

8. CONCLUSIONS

Pour interpréter la palynostratigraphie sur des bases réelles, nous avons procédé par la palynologie de surface, telle qu'effectuée par Birks (1977, 1980) au glacier Klutlan. Les analyses de surface indiquent qu'il est possible par la palynologie de différencier les spectres de la toundra de haute montagne, de la forêt boréale et de la forêt de la plaine alluviale. Par contre, les spectres de la toundra herbeuse de plus basses altitudes et ceux de la toundra arbustive sont plus difficilement identifiables. A ceci s'ajoute quelques détails dans certains spectres, les pourcentages de *Shepherdia canadensis* et *Artemisia* sont plus élevés que ceux obtenus jusqu'à présent dans cette partie du territoire alors que nos pourcentages d'*Alnus*, bien que sur-représentés, sont néanmoins plus faibles que dans les autres recherches. Ce travail apporte donc une meilleure compréhension des relations entre les spectres polliniques et la végétation dans les montagnes St-Elie.

Par l'étude stratigraphique, nous étendons la zone connue de la cendre la plus ancienne de la White River Ash. Nous mettons aussi en évidence trois zones polliniques dans nos diagrammes. La première et la troisième indiquent un paysage comparable à l'actuel et un climat sans doute comparable également. La deuxième zone, de courte durée (\pm 600 ans ou moins), révèle une végétation légèrement

différente mais dont les limites d'étages semblent avoir été similaires aux limites des deux autres zones. Le climat y était sans doute plus clément et plus sec que l'actuel, ce qui aurait favorisé la prairie et l'étage arbustif au détriment de la forêt qui semble avoir atténué sa pollinisation. Les déductions paléogéographiques que nous en tirons semblent indiquer une morphogénèse lente durant ces deux derniers millénaires et paradoxalement plus active pendant la période plus chaude. Les fréquents glaciers rocheux sont antérieurs à cette époque.

Puisque des études stratigraphiques et palynologiques sont entreprises dans la vallée du Gladstone, dans la région du lac Kluane, nous suggérons d'y adopter une méthodologie comparable à la notre mais en l'améliorant par de meilleurs relevés de végétation et par un prélèvement d'échantillons de surface mieux distribué dans l'ensemble de la vallée. Il serait aussi nécessaire de sonder le pergélisol pour obtenir des séquences stratigraphiques datant de la période plus ancienne que 1 890 B.P. Nous suggérons enfin de rechercher sur le terrain et par des analyses sédimentologiques plus fines, d'autres critères biostratigraphiques tels que des macrorestes végétaux et animaux. Parmi ceux-ci la présence éventuelle de vieilles souches au-dessus de l'étage forestier actuel seraient la preuve d'une extension forestière que nous n'avons pu observer pour les deux derniers millénaires.

ANNEXE I - Méthode de l'acétolyse d'Erdtman

1. Mettre 1 cm³ de tourbe dans le tube du centrifugeur
2. Ajouter 5 cc KOH 10%, bouillir durant 10 minutes au bain-marie; centrifuger - laver
3. Mettre l'échantillon dans un godet en nickel, ajouter 6 cc HF à 20%
4. Faire bouillir durant 3 minutes sous la hotte bien ventilée
5. Transverser dans un tube de centrifugeur, centrifuger
6. Ajouter 5 cc HCL 10%, agiter; centrifuger - laver
7. Ajouter 5 cc KOH 10%, bouillir durant 10 minutes au bain-marie. Centrifuger - laver
8. Ajouter 5 cc acide acétique glacial pour déshydrater; centrifuger
9. Ajouter 5 cc mélange acétolytique (9 parties d'anhydride acétique, 1 partie d'acide sulfurique concentré)
10. Faire chauffer au bain-marie jusqu'à 100°C; laisser refroidir pendant 30', centrifuger
11. Ajouter 5 cc acide acétique glacial; centrifuger - laver
12. Diluer le culot de centrifugation final dans un mélange glycérine-eau.

ANNEXE II - Méthode de Frenzel simplifiée par Bastin

1. Faire macérer 25 gr d'échantillon pendant une nuit dans un excès de HCL concentré, à froid
2. Centrifuger et décanner, laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner
3. Faire bouillir au bain-marie pendant 5' dans un NaOH (ou KOH) 10%, centrifuger et décanner
4. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner
5. Traiter par HCL 10% à froid, centrifuger et décanner
6. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner
7. Ajouter 10-15 gouttes de HI 10%, homogénéiser en ajoutant de l'eau distillée, centrifuger et décanner
8. Diluer dans environ 75 cc de solution de Thoulet, introduire dans un flacon que l'on munit d'un bouchon puis que l'on soumet à une vive agitation (par mixer Waring Commercial Blendor MC-3 pendant 10")
9. Centrifuger pendant 15' et décanner en faisant passer la couche surnageante sur un filtre Schleicher et Schüll no. 604 (4)
10. Répéter une fois (mixer) ou deux fois (agitateur) l'ensemble des opérations 8. et 9. en n'utilisant qu'un seul filtre par échantillon
11. Introduire le filtre dans un godet de nickel, faire bouillir dans HF 40% pendant 5', laisser refroidir pendant 30', centrifuger et décanner
12. Traiter par HCl 10% à froid, centrifuger et décanner
13. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanner

14. Faire bouillir au bain-marie pendant 5' dans NaOH (ou KOH) 10%, centrifuger et décanter
15. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanter
16. Déshydrater pendant 10' dans l'acide acétique glacial, centrifuger et décanter
17. Faire chauffer au bain-marie jusqu'à 100°C dans le mélange acétolytique (9 parties d'anhydride acétique, une partie d'acide sulfurique concentré), laisser refroidir pendant 30', centrifuger et décanter. Au besoin, répéter l'opération si tout le filtre n'est pas détruit
18. Laver à l'acide acétique glacial, centrifuger et décanter
19. Laver à l'eau distillée, centrifuger et décanter
20. Diluer le culot de centrifugation final dans le milieu de montage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ager, T.A. 1975. Late Quarternary environmental history of the Tanana Valley, Alaska. Institute of Polar Studies, Report no 54, The Ohio State University, Columbus, 117 p.
- Ager, T.A., Sims, J.D. 1981. Holocene pollen and sediment record from the Tangle Lakes Area, Central Alaska. *Palynology*, 5, pp. 85-98.
- Anderson, J.H. 1975. A palynological study of late Holocene vegetation and climate in the Healy Lake Area, Alaska. *Arctic*, 5, pp. 62-69.
- Birks, H.J.B. 1977. Modern pollen rain of the St-Elias Mountains, Yukon Territory. *Canadian Journal of Botany*, 55, pp. 2367-2382.
- Birks, H.J.B. 1980. Modern pollen assemblages and vegetational history of the moraines of the Klutlan Glacier and its surroundings, Yukon Territory, Canada. *Quarternary Research*, 14, pp 101-129.
- Borns, H.W., Goldthwait, R.P. 1966. Late Pleistocene fluctuations of Kaskawulsh Glacier, southwestern Yukon Territory, Canada. *American Journal of Science*, 264, pp 600-619.
- Bostock, H.S. 1948. Physiography of the Canadian Cordillera, with special reference to the area north of the 55 parallel. Geological Survey of Canada, Memoir 247. 106 p.
- Colbaugh, P.R. 1968. The environment of the Imuruk Lake area, Seward Peninsula, during Wisconsin time. M.S. thesis. Ohio State University. 118 p.
- Colinvaux, P.A. 1964. The environment of the Bering Land Bridge. *Ecological Monographs*, 34, pp. 297-329.
- Cwynar, L.C., Ritchie, J.C. 1980. Arctic Steppe Tundra; A Yukon perspective. *Science*, 208 (4430), pp. 1375-1377.
- Davis, M.B., Goodlett, J.C. 1960. Comparison of the present vegetation with pollen spectra in surface samples from Brownington Pond, Vermont. *Ecology*, 41, pp. 346-357.

- Denton, G.H., Karlén, W. 1973. Holocene climatic variations their pattern and possible cause. *Quaternary Research*, 3, pp. 155-205.
1977. Holocene glacial and tree-line variations in the White River Valley and Skolai Pass, Alaska and Yukon Territory. *Quaternary Research*, 7, pp. 63-111.
- Denton, G.H., Porter, S.C. 1970. Neoglaciations. *Scientific American*, 222, pp. 101-110.
- Denton, G.H., Stuiver, M. 1966. Neoglacial chronology, northeastern St-Elias Mountains, Canada. *American Journal of Science*, 261, pp. 577-599.
- Douglas, G.W. 1974. A reconnaissance survey of the vegetation of Kluane National Park. Canadian Wildlife Service, Department of the Environment, 219 p.
- Fægri, K., Iversen, J. 1975. Textbook of pollen analysis. 3rd ed., Munksgaard, Copenhagen. 295 p.
- Fernald, A.T. 1962. Radiocarbon dates relating to a wide-spread volcanic ash deposit, eastern Alaska. U.S. Geological Survey, Professional Paper, 450B:B29-30.
- Hansen, H.P. 1953. Postglacial forests in the Yukon Territory and Alaska. *American Journal of Science*, 251, pp. 505-542.
- Heim, J. 1970. Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Université de Louvain. 187 p.
- Heusser, C.J. 1952. Pollen profiles from southeastern Alaska. *Ecological Monographs*, 22, pp. 331-352.
1963. Pollen diagrams from Ogotoruk Creek, Cape Thompson, Alaska. *Grana Palynologica*, 4, pp. 149-159.
- Hultén, E. 1968. Flora of Alaska and neighbouring territories: a manual of vascular plants. Stanford University Press, Stanford. 1008 p.
- Janssen, C.R. 1966. Recent pollen spectra from the deciduous and coniferous deciduous forest of northeastern Minnesota - a study in pollen dispersal. *Ecology*, 47, pp. 804-825.

- Johnson, F., Raup, H.M. 1964. Investigations in southwest Yukon: geobotanical and archaeological reconnaissance. Papers of the Robert S. Peabody Foundation for Archaeology, Andover, Phillips Academy, 6(1), pp. 1-198.
- Johnson, P.G. 1976. Environmental controls on geomorphic processes, Grizzly Creek, Southwest Yukon Territory. Research notes, Department of Geography and Regional Planning, University of Ottawa, Ottawa. 108 p.
1980. Grizzly Creek glacier ice-cored moraine system. *Quaestiones Geographicae*, 6, pp. 69-78.
- Kapp, R.O. 1969. How to know pollen and spores. W.M.C. Brown, Dubuque, Iowa. 249 p.
- Kristjansson, F.J. 1980. Cirque multiple glaciation, Grizzly Creek, Yukon Territory, and paleoclimatic implications. M.A. thesis, University of Ottawa, 55 p.
- Lerbekmo, J.F., Campbell, F.A. 1969. Distribution, composition, and source of the White River Ash, Yukon Territory. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6, pp. 109-116.
- Lerbekmo, J.F., Westgate, J.A., Smith, D.G.W., Denton, G.H. 1975. New data on the character and history of the White River Volcanic eruption, Alaska. *Quaternary Studies*, IX INQUA Congress, New Zealand, pp. 203-209.
- Lichti-Federovich, S. 1973. Palynology of six sections of late Quaternary sediments from the Old Crow River, Yukon Territory. *Canadian Journal of Botany*, 51, pp. 553-564.
1974. Palynology of two sections of late Quaternary sediments from the Porcupine River, Yukon Territory. *Geological Survey of Canada, Paper 74-23*. 6 p.
- Livingstone, D.A. 1955. Some pollen profiles from arctic Alaska. *Ecology*, 36, pp. 587-600.
- Mackay, J.R., Terasmae, J. 1963. Pollen diagrams in the Mackenzie Delta area, N.W.T. *Arctic*, 16, pp. 228-238.

- Matthews, J.V.Jr. 1970. Quaternary environmental history of interior Alaska: pollen samples from organic colluvium and peats. *Arctic and Alpine Research*, 2(4), pp. 241-251.
- 1974a. Wisconsin environment of interior Alaska: pollen and macrofossil analysis of a 27m core from Isabella Basin (Fairbanks, Alaska). *Canadian Journal of Earth Science*, 11, pp. 828-841.
- 1974b. Quaternary environments at Cape Deceit (Seward Peninsula, Alaska). *Geological Society of American Bulletin*, 85, pp. 1353-1384.
- McAndrews, J.H., Berti, A.A., Norris, G. 1973. Key to the Quaternary pollen and spores of the Great Lakes region. Royal Ontario Museum, Miscellaneous Publication, University of Toronto Press, Toronto. 61 p.
- Miller, M.M., Anderson, J.H. 1974. Out-of-phase Holocene climatic trends in the maritime and continental sectors of the Alaska-Canada Boundary Range. *Dans Quaternary Environments: Proceedings of a Symposium*. Editor W.C. Mahaney. Geographical Monographs, no 5, York University, Toronto. pp. 35-58.
- Muller, J.E. 1967. Kluane Lake Map-Area, Yukon Territory (115G, 115F, E₁). Geological Survey of Canada, Memoir 340. 137 p.
- Nickling, W.G. 1972. Recent loess deposits southwestern Yukon Territory: a systematic investigation of related sources areas. M.A. thesis, Carleton University, Ottawa, 103 p.
- Porter, S.C., Denton, G.H. 1967. Chronology of neoglaciation in the North American Cordillera. *American Journal of Science*, 265, pp. 177-210.
- Rampton, V.N. 1971a. Late Quaternary vegetational and climatic history of the Snag-Klutlan area, southwestern Yukon Territory, Canada. *Geological Society of American Bulletin*, 82, pp. 959-978.
1981. Surficial materials and landforms of Kluane National Park, Yukon Territory. Geological Survey of Canada, Paper 79-24. 37 p.

- Ritchie, J.C. 1974. Modern pollen assemblages near the arctic treeline, Mackenzie Delta Region, Northwest Territories. *Canadian Journal of Botany*, 52, pp. 381-396.
- Ritchie, J.C., Hare, F.K. 1971. Late-Quaternary vegetation and climate near the arctic tree line of northwestern North America. *Quaternary Research*, 1, pp. 331-342.
- Ritchie, J.C., Lichti-Frederovich, S. 1967. Pollen phenomena in arctic-subarctic Canada. *Review of Paleobotany and Palynology*, 3, pp. 255-266.
- Sharp, R.P. 1960. Pleistocene glaciation in the Trinity Alps of northern California. *American Journal of Science*, 258, pp. 305-340.
- Stuiver, M., Borns, H.W.Jr., Denton, G.H. 1964. Age of a widespread layer of volcanic ash in the southwestern Yukon Territory. *Arctic*, 17, pp. 259-261.
- Terasmae, J. 1972. Late Quaternary geochronology and deglaciation in northwestern Canada. *Dans Aboriginal Man and Environments on the Plateau of Northwest America*. Editors. A.H. Stryd and R.A. Smith. Calgary Student Press, pp. 243-252.
- Terasmae, J., Hughes, O.L. 1966. Late Wisconsin chronology and history of vegetation in the Ogilvie Mountains, Yukon Territory, Canada. *The Palaeobotanist*, 5(1-2), pp. 235-242.
- Viereck, L.A., Little, E.L.Jr. 1972. Alaska trees and shrubs. U.S. Department of Agriculture Forest Service Handbook, no 410, Washington, D.C., 265 p.
- Weber, B.L. 1974. The climate of Kluane National Park, Yukon Territory. Atmospheric Environment Service, Meteorological Applications Branch, Toronto: 319 p.
- Workman, W.B. 1978. Prehistory of the Aishik-Kluane area, southwest Yukon Territory. *Archaeological Survey of Canada, Paper no. 74, National Museum of Man, Mercury Series, Ottawa.*

LEGENDE



Tourbè et matériel humifère



Limon



Sable fin



Cendres volcaniques



Racine



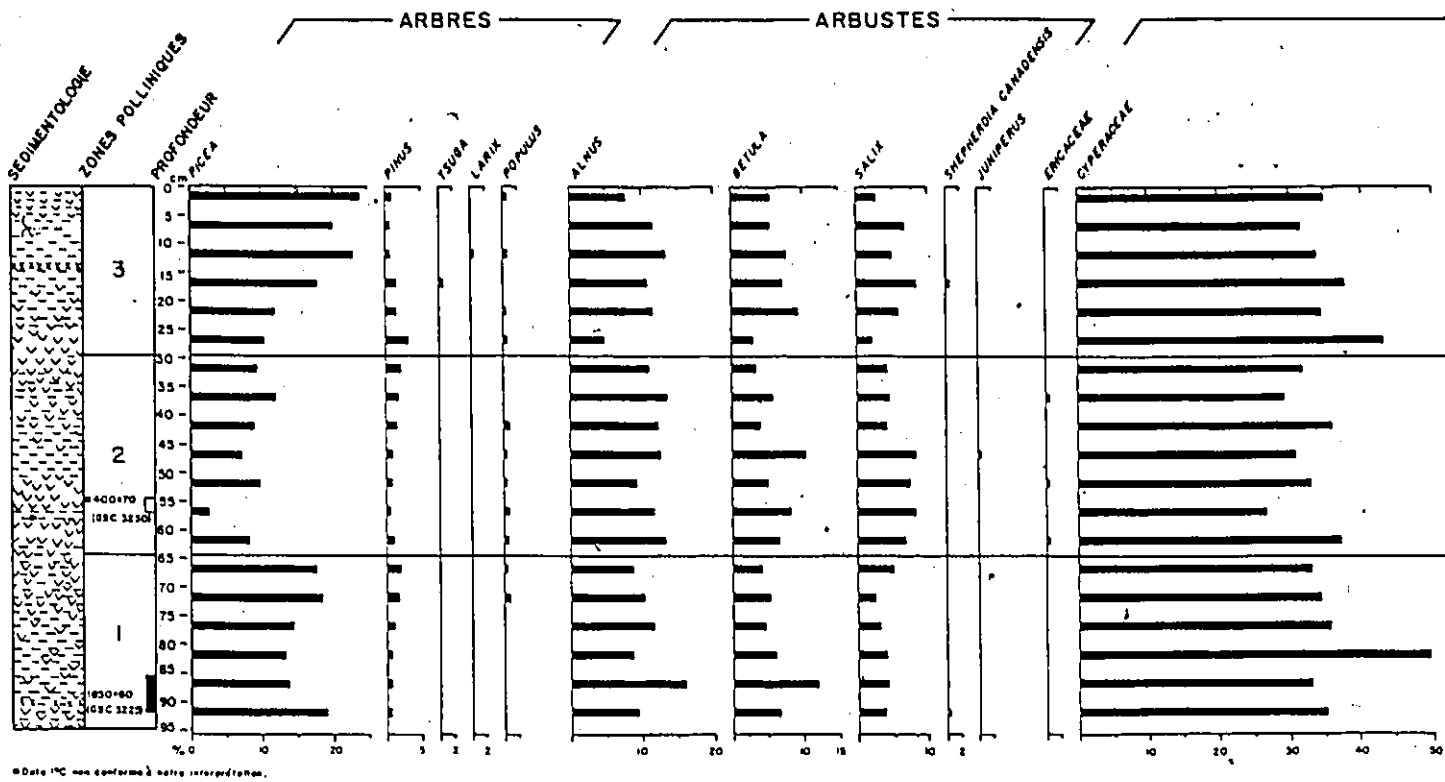
Cailloux

TOURBIERE VOLCANO

61°07'15"N, 139°02'10"W ; ALT: 1600m

ANALYSE: J. BOURGEOIS, 1980

19

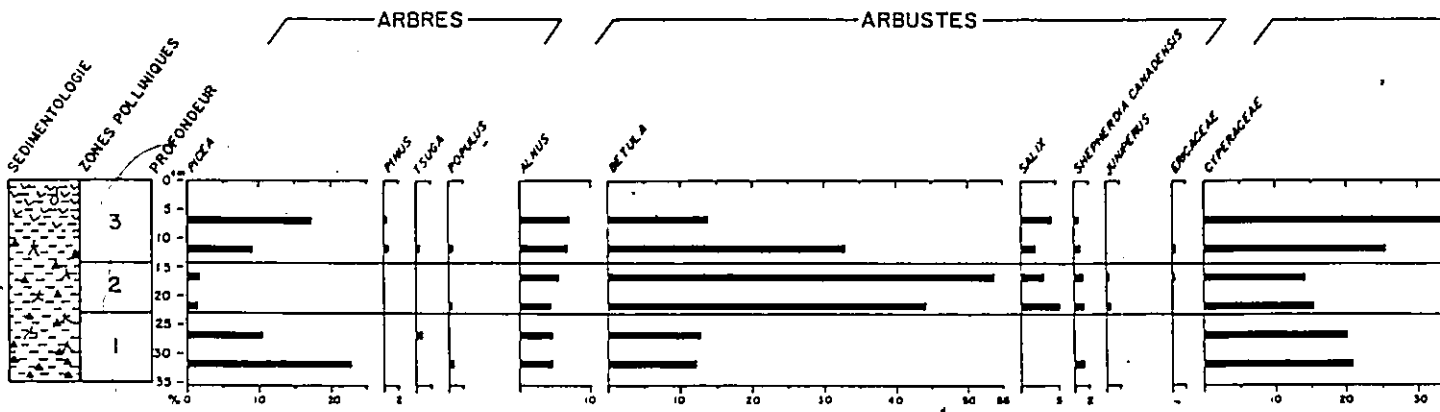


• Date 1°C non conforme à notre interprétation.

VOLCANO - GRIZZLY

61°08'15"N, 139°05'30"W ; ALT: 1380m

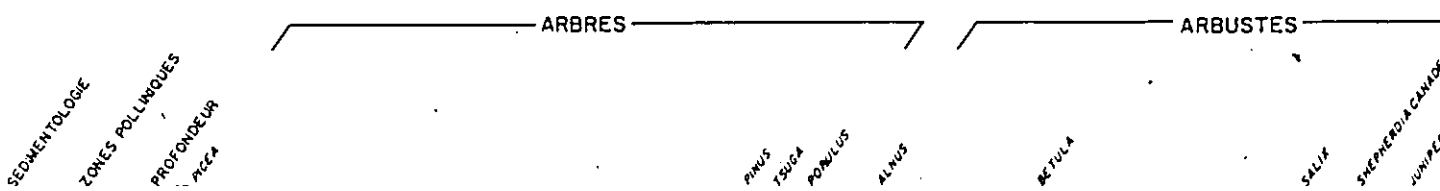
ANALYSE: J. BOURGEOIS, 1981

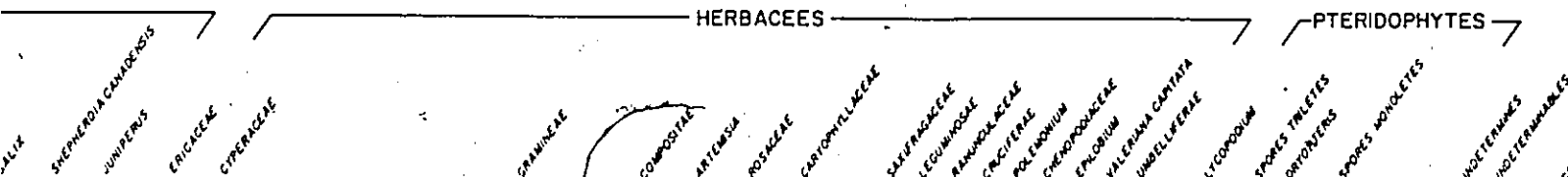
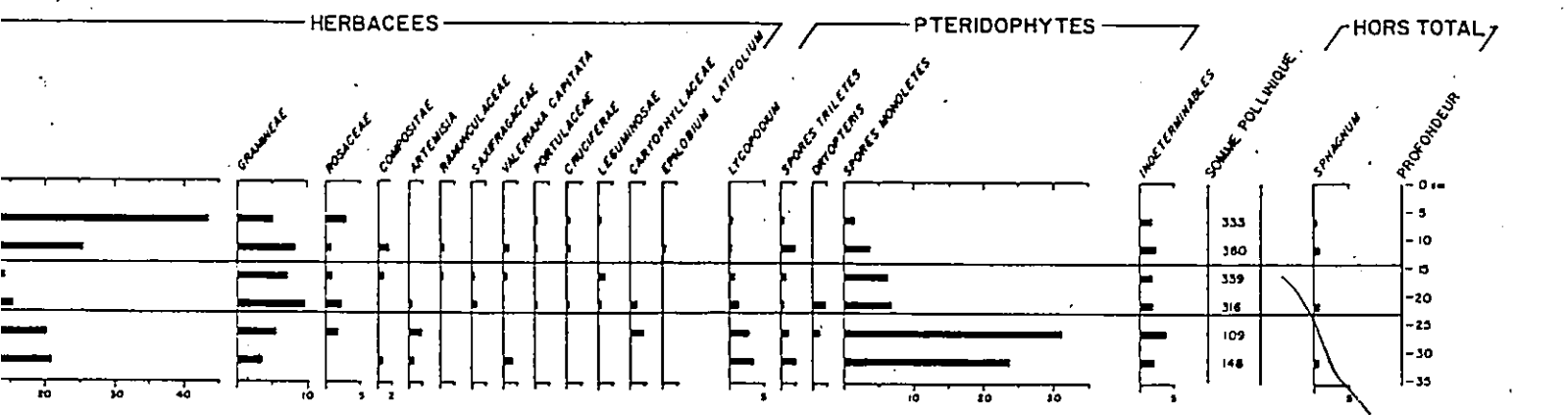
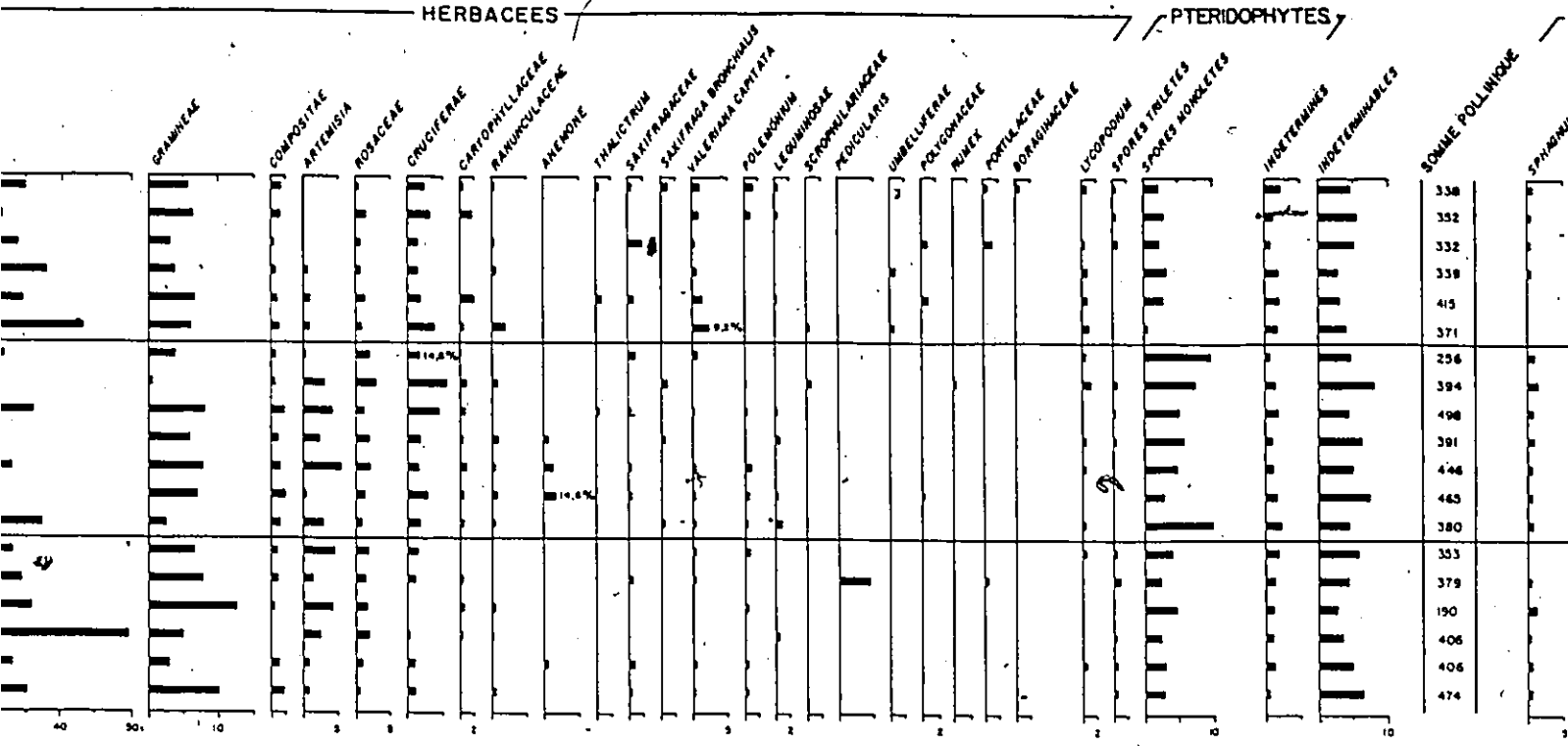


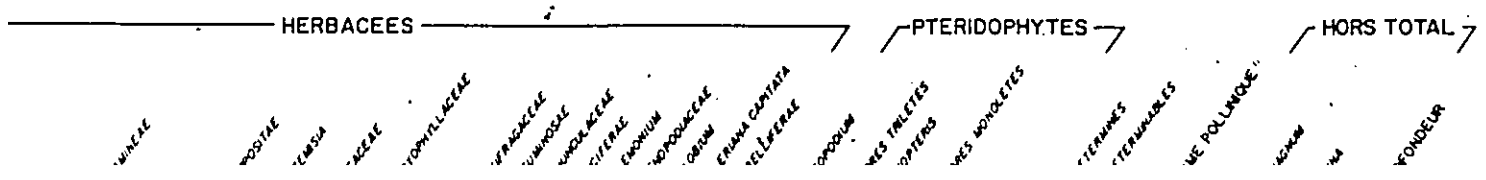
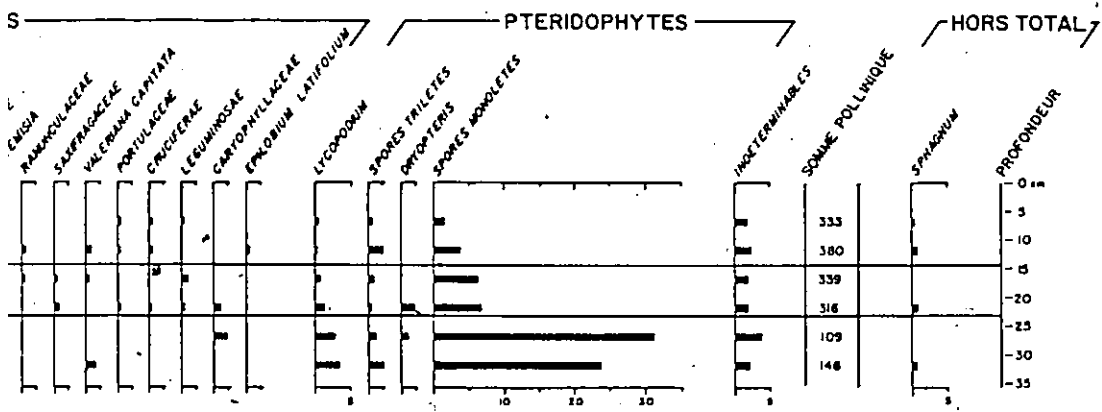
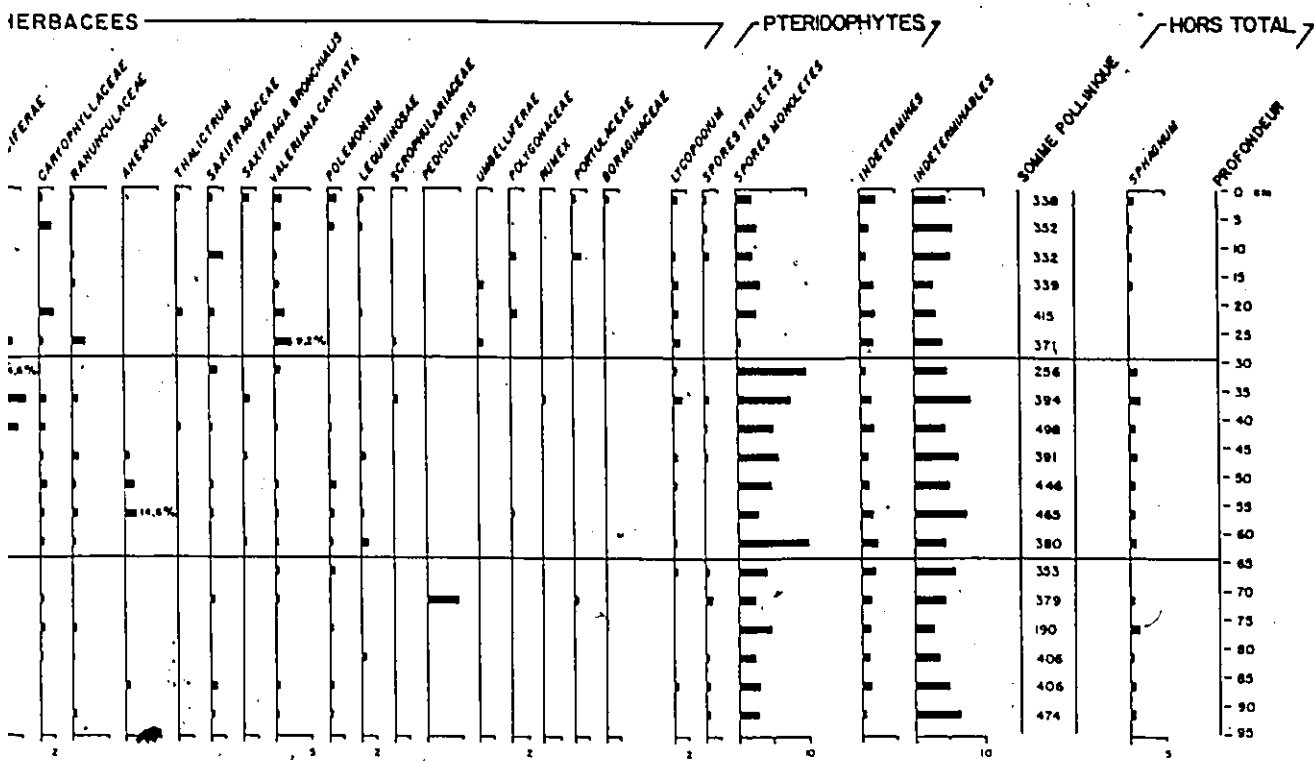
GRIZZLY - DUKE

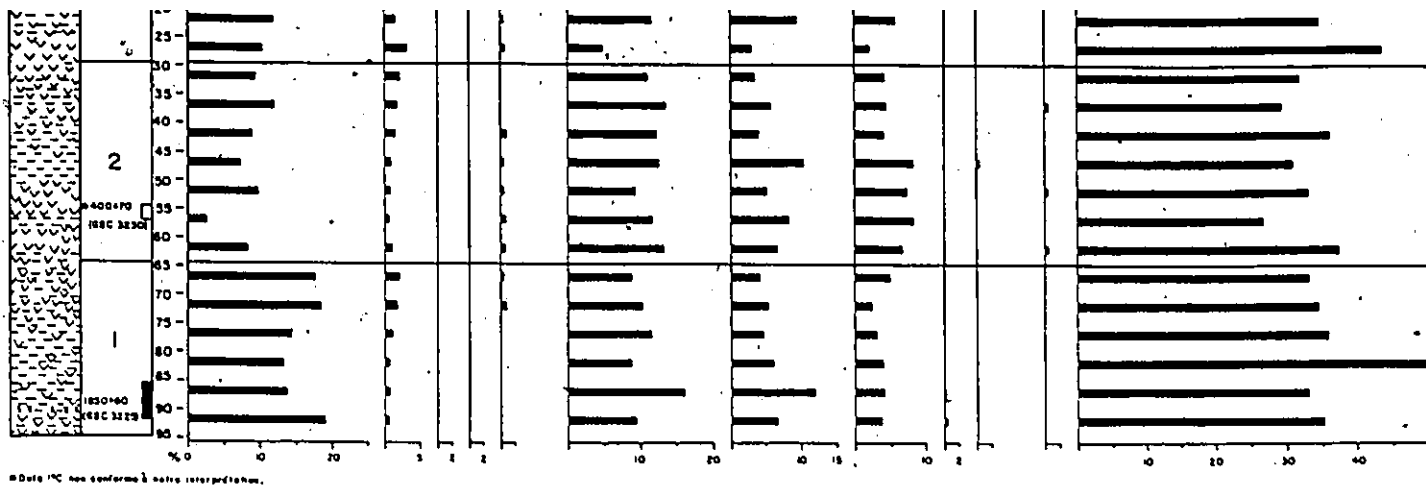
61°10'20"N, 139°04'50"W ; ALT: 1310m

ANALYSE: J. BOURGEOIS, 1981





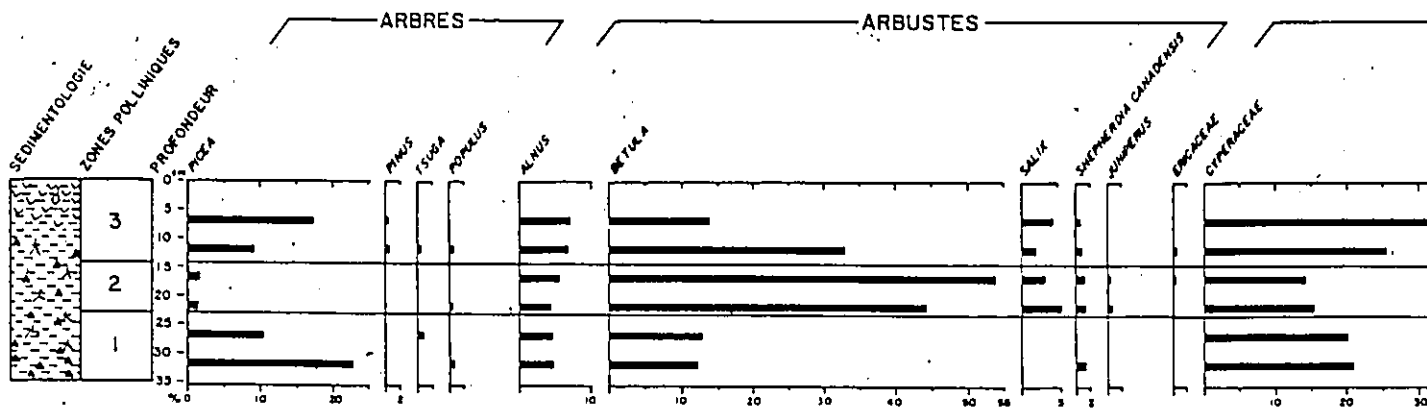




VOLCANO - GRIZZLY

61°08'15"N, 139°05'30"W ; ALT: 1380m

ANALYSE: J. BOURGEOIS, 1981

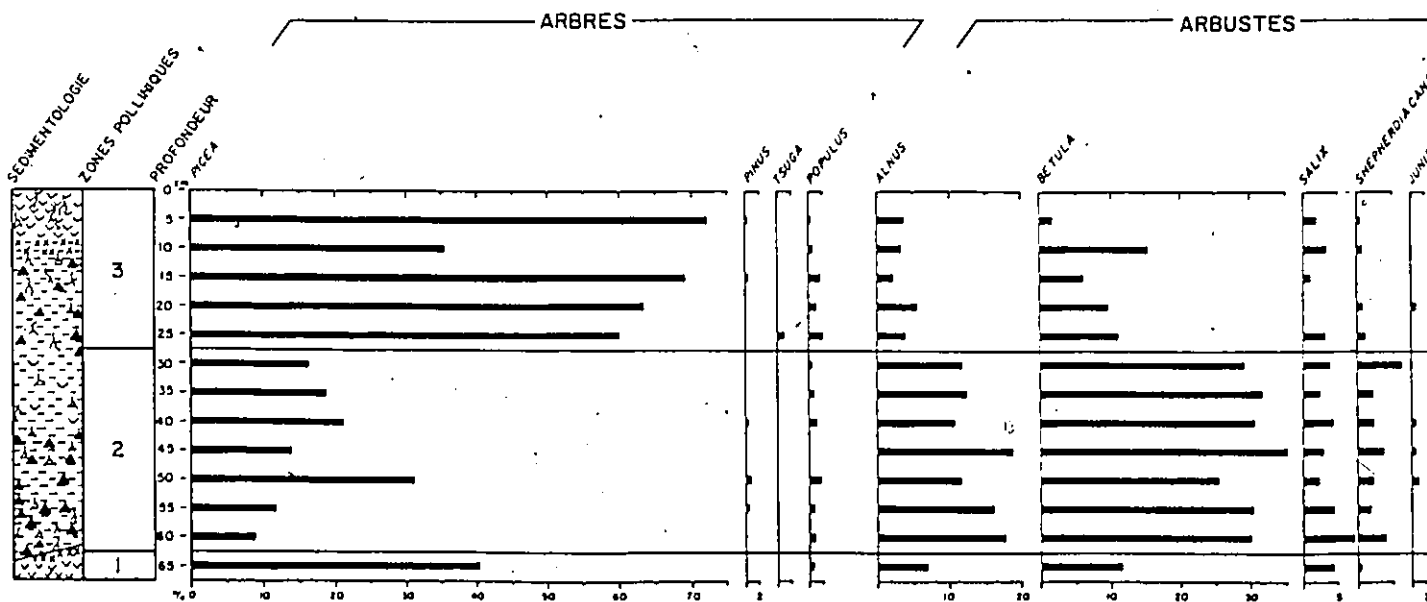


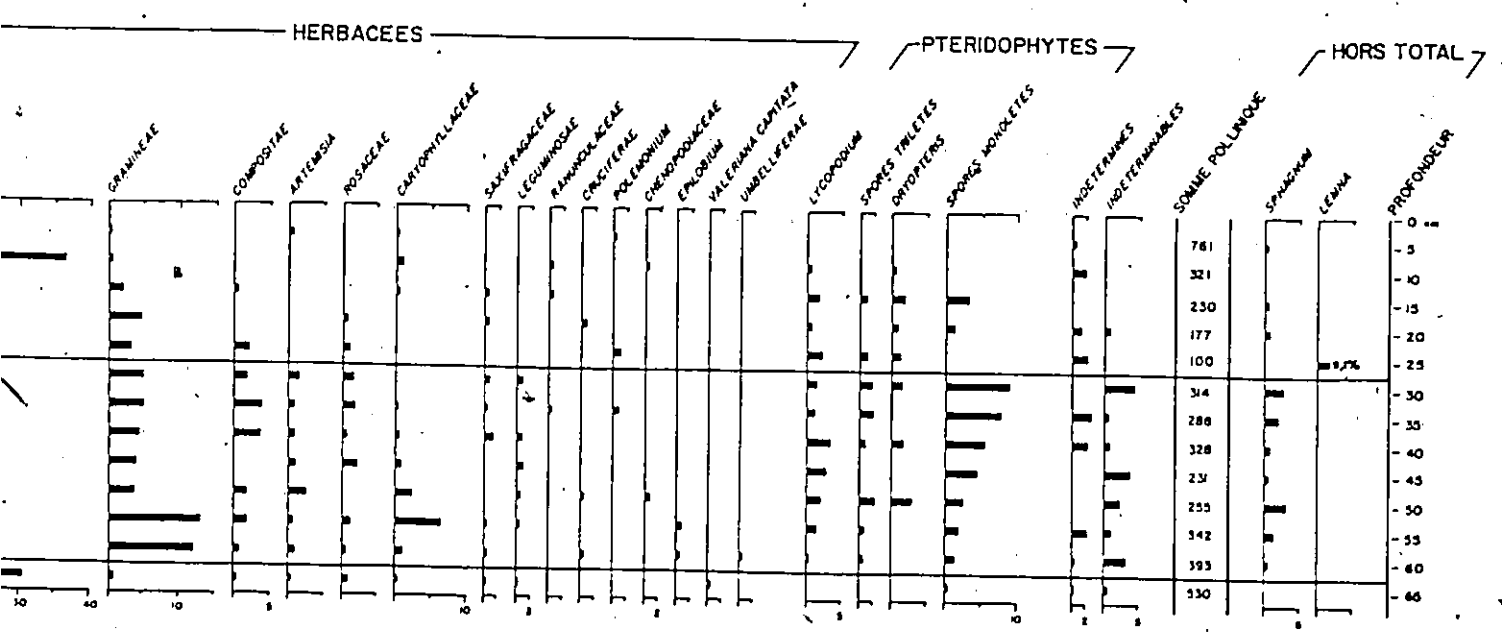
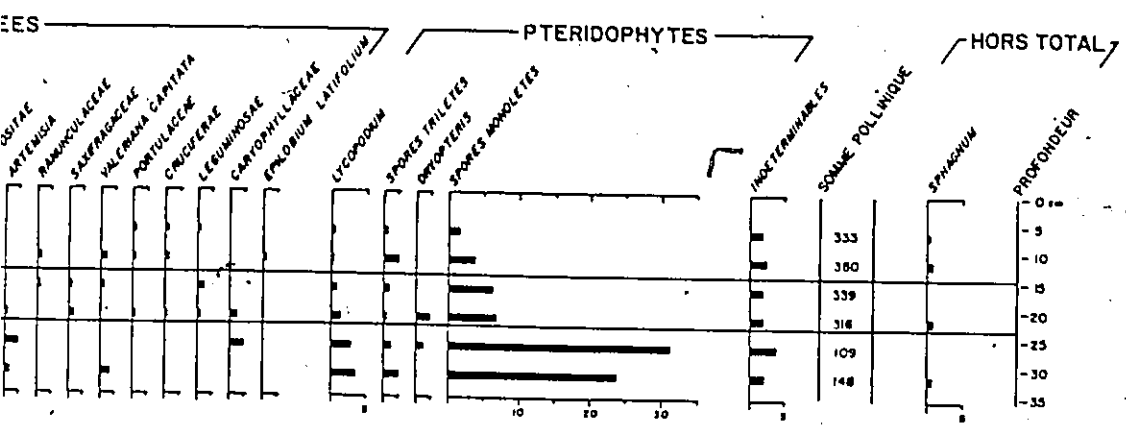
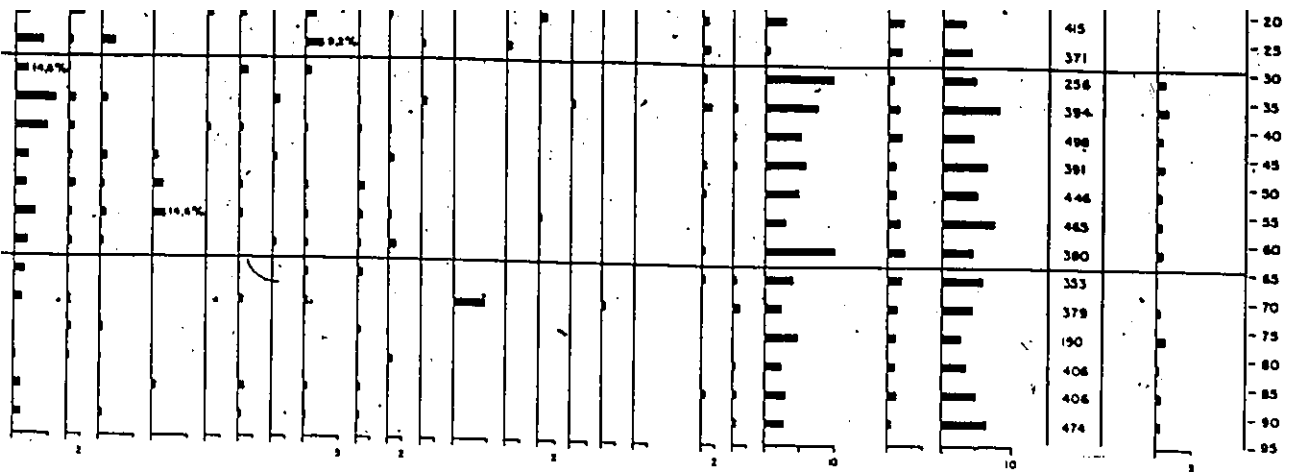
GRIZZLY - DUKE

61°10'20"N, 139°04'50"W ; ALT: 1310m

ANALYSE: J. BOURGEOIS, 1981

POOR COPY
COPIE DE QUALITEE INFERIEURE

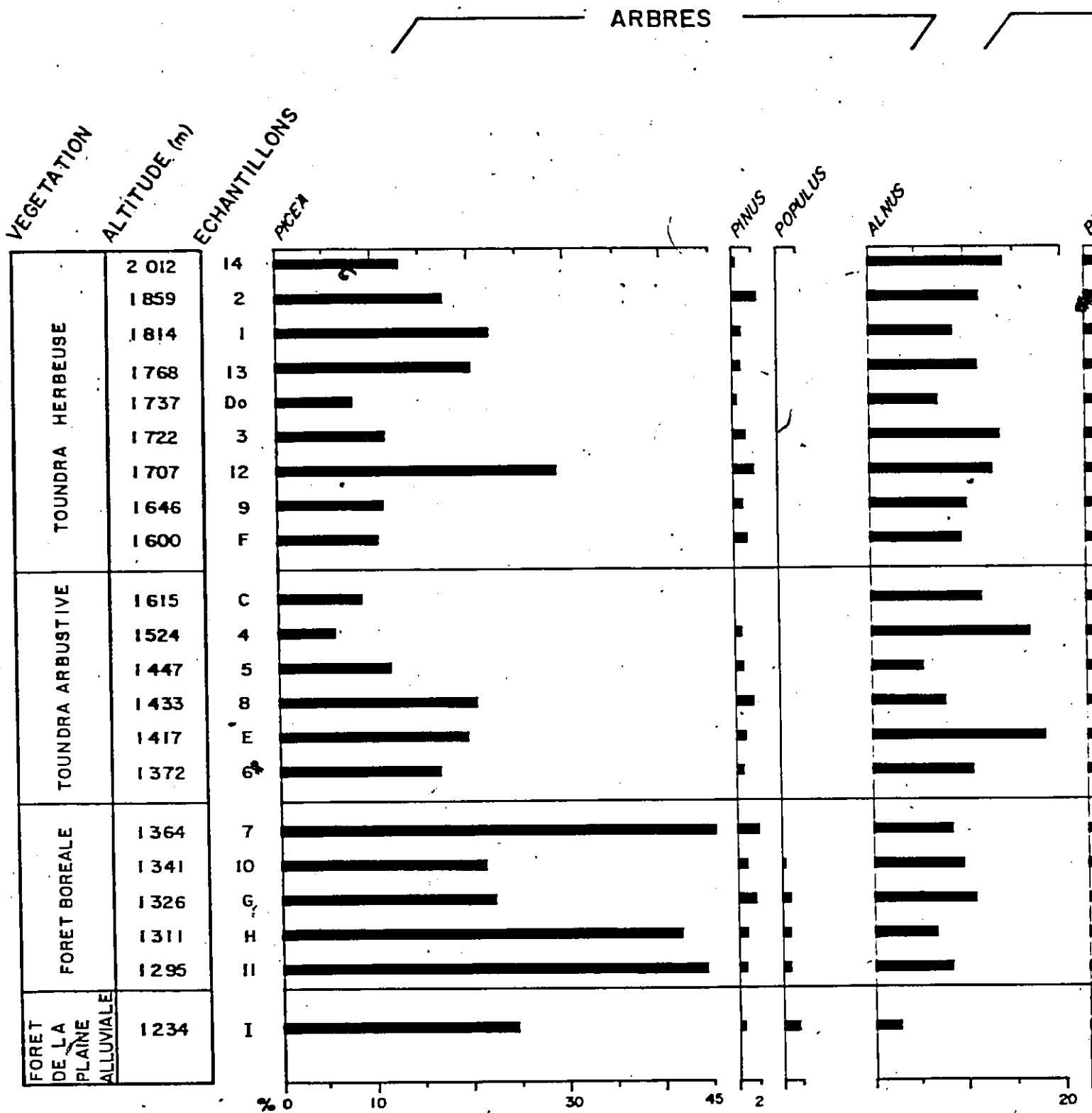




10/1

GRIZZLY CREEK, YUKON - PALY

ANALYSE: J. BOURGEOIS, 1979

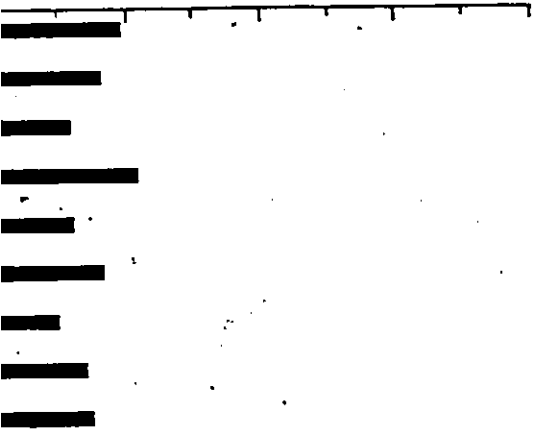


102

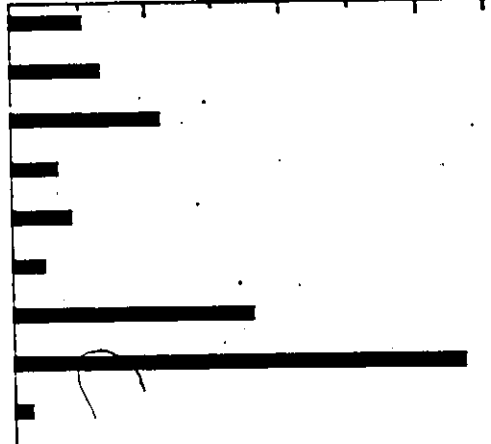
NOLOGIE DE SURFACE

ARBUSTES

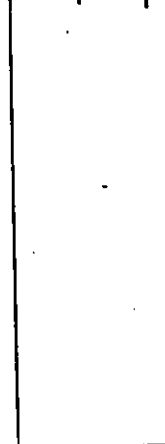
ALNUS



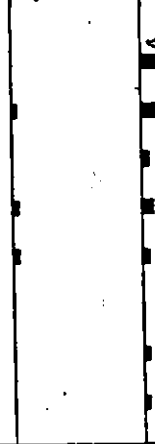
SALIX



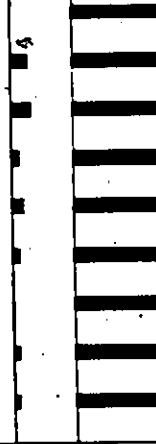
SHEPHERDIA CANADENSIS



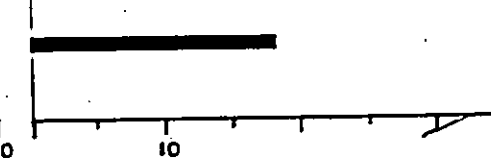
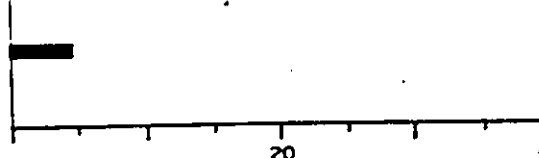
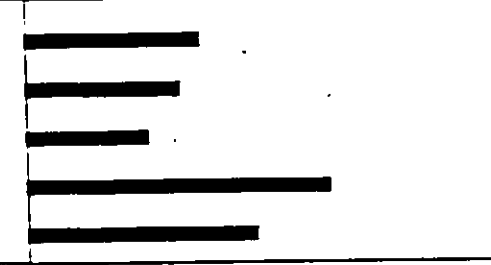
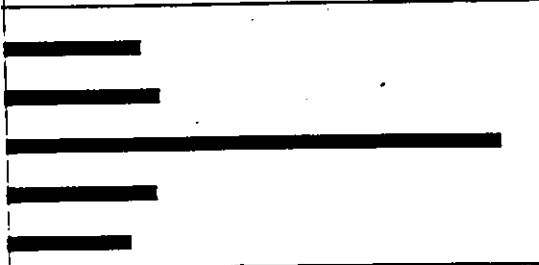
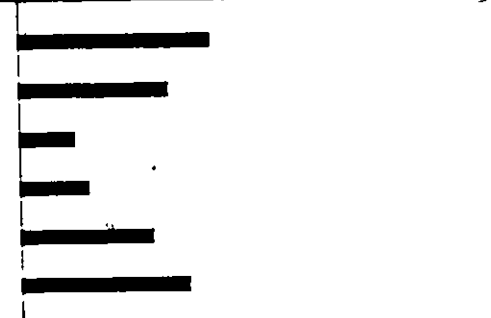
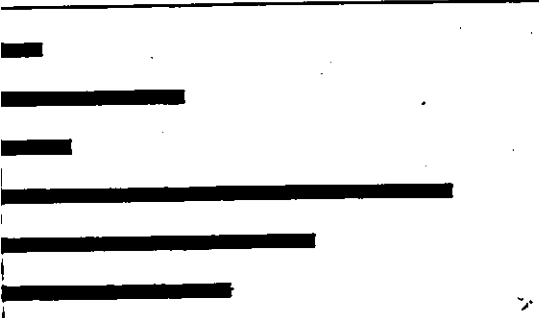
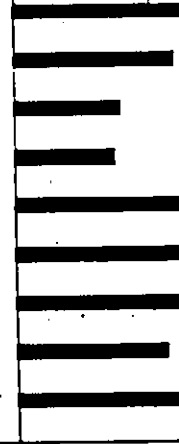
JUNIPERUS



ERICACEAE



CYPERACEAE



36.0%

20 40 10 35 10 2

HERBACEI

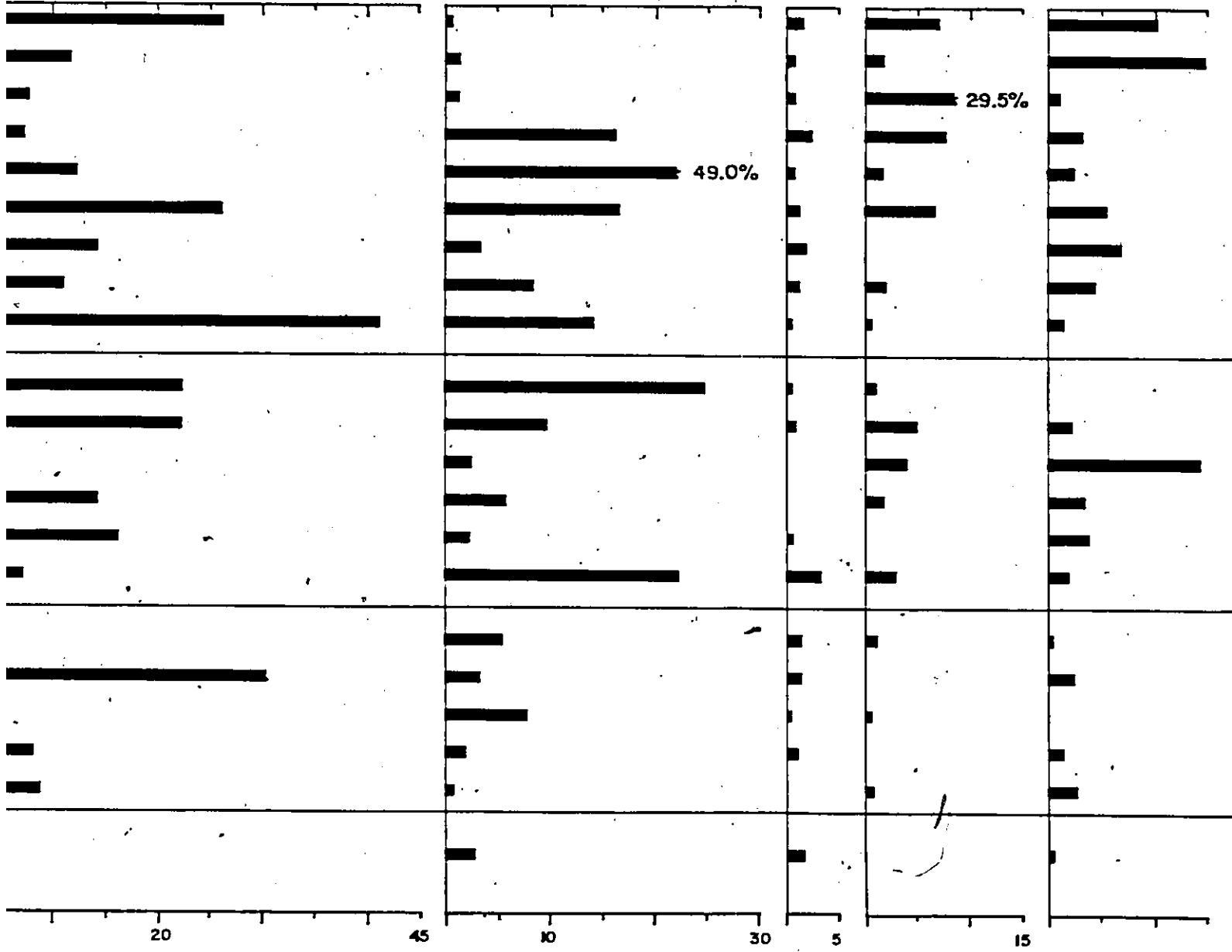
AE

GRAMINEAE

COMPOSITAE

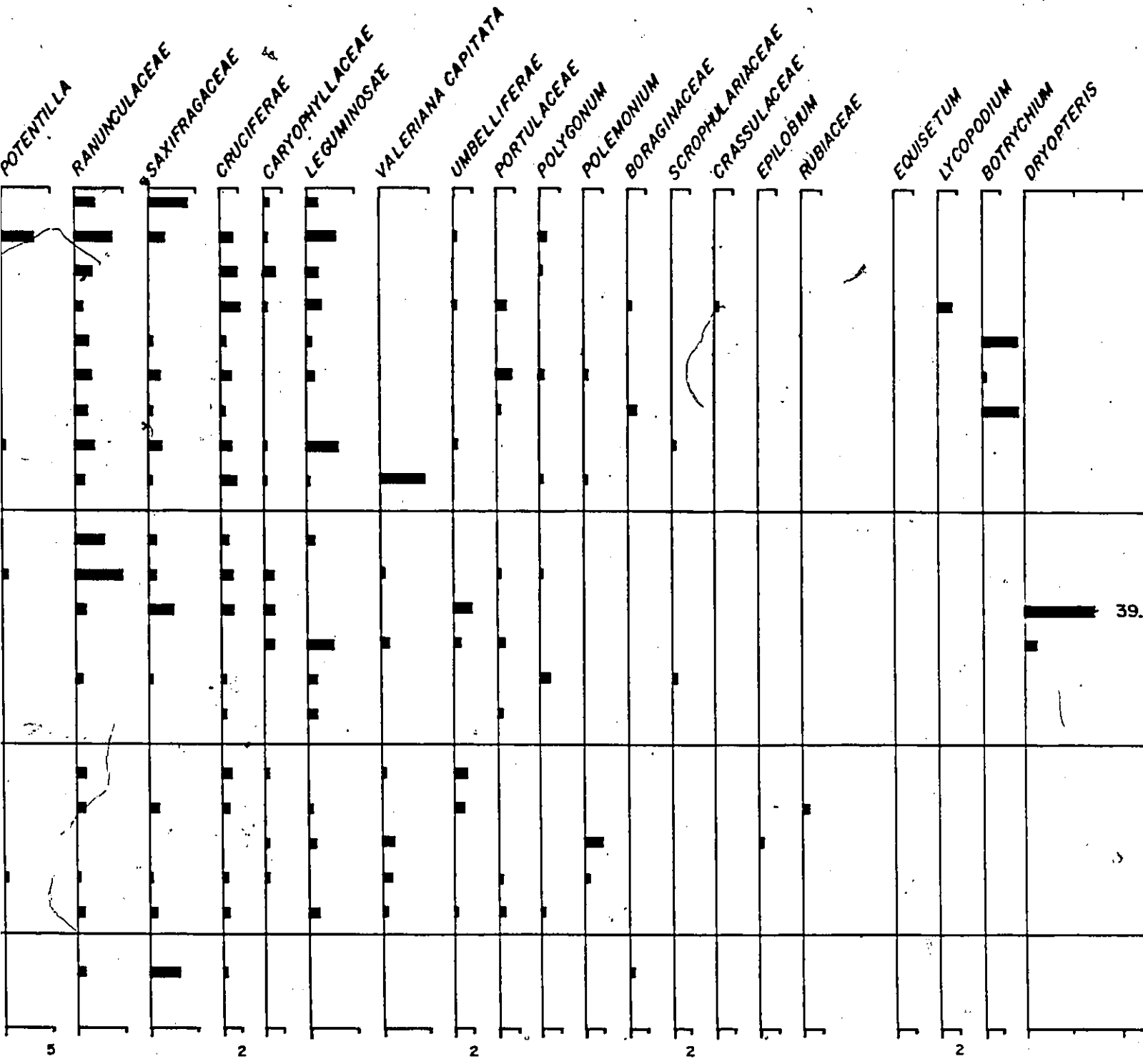
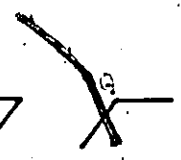
ARTEMISIA

ROSACEAE



ES

PT



39.

4 of

PTERIDOPHYTES

HORS TOTAL

RYCHIUM
DRYOPTERIS

SPORES TRILETES

SPORES MONOLETES

INDETERMINEES

SOMME POLLINIQUE

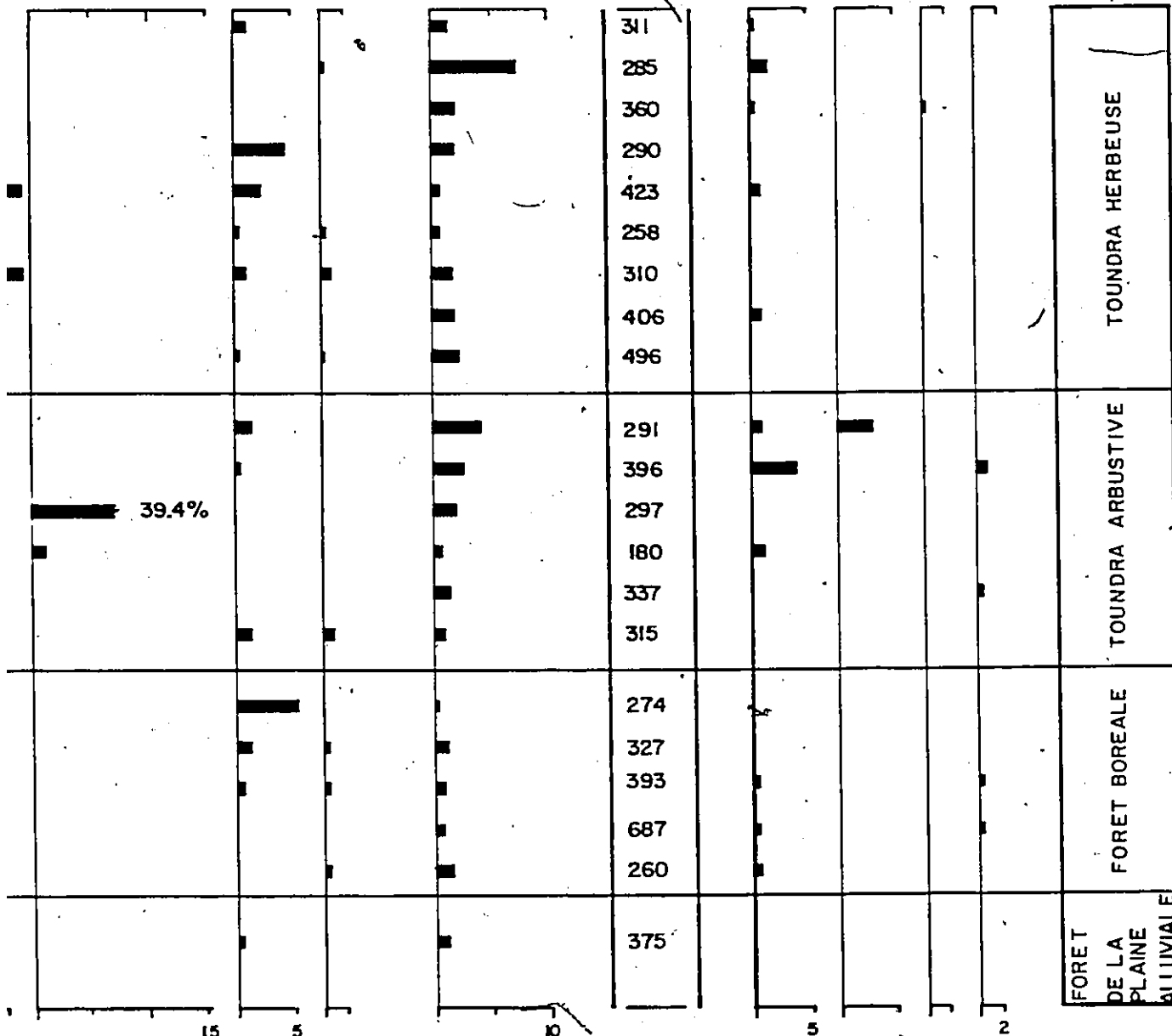
POTAMOGETON

LEMNA

MENYANTHES

SPHAGNUM

VEGETATION



39.4%