

Analyse pollinique d'une palse au site archéologique de Vieux-Port-Burwell (Killiniq), Territoires du Nord-Ouest
Pollen analysis of a palsa at the archaeological site of Killiniq, N.W.T.
Pollenanalyse einer Palse auf dem archeologischen Ausgrabungssitz von Vieux-Port-Burwell (Killiniq, Nord-West Territorium)

Louise Savoie and Pierre Gangloff

Volume 34, Number 3, 1980

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1000414ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1000414ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Savoie, L. & Gangloff, P. (1980). Analyse pollinique d'une palse au site archéologique de Vieux-Port-Burwell (Killiniq), Territoires du Nord-Ouest. *Géographie physique et Quaternaire*, 34(3), 301-320. <https://doi.org/10.7202/1000414ar>

Article abstract

Two pollen diagrams, one located at the summit (A) and the other at the foot (B) of a palsa, 3 m from each other, reflect the geomorphological evolution of the site in a fen at Killiniq. Between 5000 and 580 BP, the same evolution is registered by the two diagrams, *i.e.*, the progressive development of the fen. The pollinic zonations which mark this period of time are imputed to paleoclimatic variations. The important low in local pollen representation which appears around 3700 BP shows that difficult conditions for plant growth prevailed at that time. Around 2430 BP a break in pollinic zonations IV and III correlates in diagram C, taken at 300 m from the studied site, to the outcome of minerotrophic peat, which probably points out to an aggradation of the permafrost. Temperatures begin to get warmer around 1430 BP. Starting from 580 BP, a divergent evolution is recorded by the two pollen diagrams. Peat grows faster in B. Peat ceases to grow, dries and packs in A. Gramineae pollen takes up high percentages in the assemblages. All these events are due to the growth of a palsa in the fen. This palsa dates back to 600 years. It is more the result of progressive thickening of the peat to a point permitting the formation of a palsa than a climatic oscillation.

ANALYSE POLLINIQUE D'UNE PALSE AU SITE ARCHÉOLOGIQUE DE VIEUX-PORT-BURWELL (KILLINIQ), TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Louise SAVOIE et Pierre GANGLOFF, Département de géographie, université de Montréal, c.p. 6128, Montréal, Québec H3C 3J7.

RÉSUMÉ Dans un fen de Vieux-Port-Burwell, deux diagrammes polliniques, à trois mètres de distance, l'un au sommet (A) et l'autre au pied (B) d'une palse, ont enregistré l'évolution géomorphologique du site. Entre 5000 et 580 BP, les deux diagrammes révèlent la même évolution: le développement progressif du fen. Les zones polliniques qui subdivisent cette période sont attribuées à des variations paléoclimatiques. Vers 3700 BP, une baisse importante de l'influx pollinique local indique des conditions plus difficiles pour la croissance des plantes. Vers 2430 BP, la césure des zones polliniques IV-III correspond dans le diagramme C, à 300 m du site, à l'apparition de tourbes minérotrophes, signe probable d'une aggradation du pergélisol. Une amélioration des conditions climatiques commence vers 1430 BP. À partir de 580 BP, les évolutions des diagrammes divergent. En B, la croissance de la tourbe s'accélère. En A, elle cesse de se former, se dessèche et se tasse. Le pollen de graminées envahit les spectres. Ces phénomènes sont une réaction à l'apparition, dans le fen, de la palse. Celle-ci date donc d'environ 600 ans. Elle résulte moins d'une oscillation climatique que du franchissement d'un seuil dans l'épaississement progressif de la tourbe.

ABSTRACT *Pollen analysis of a palsa at the archaeological site of Killiniq, N.W.T.* Two pollen diagrams, one located at the summit (A) and the other at the foot (B) of a palsa, 3 m from each other, reflect the geomorphological evolution of the site in a fen at Killiniq. Between 5000 and 580 BP, the same evolution is registered by the two diagrams, i.e., the progressive development of the fen. The pollinic zonations which mark this period of time are imputed to paleoclimatic variations. The important low in local pollen representation which appears around 3700 BP shows that difficult conditions for plant growth prevailed at that time. Around 2430 BP a break in pollinic zonations IV and III correlates in diagram C, taken at 300 m from the studied site, to the outcome of minerotrophic peat, which probably points out to an aggradation of the permafrost. Temperatures begin to get warmer around 1430 BP. Starting from 580 BP, a divergent evolution is recorded by the two pollen diagrams. Peat grows faster in B. Peat ceases to grow, dries and packs in A. Gramineae pollen takes up high percentages in the assemblages. All these events are due to the growth of a palsa in the fen. This palsa dates back to 600 years. It is more the result of progressive thickening of the peat to a point permitting the formation of a palsa than a climatic oscillation.

ZUSAMMENFASSUNG *Pollenanalyse einer Palse auf dem archeologischen Ausgrabungssitz von Vieux-Port-Burwell (Killiniq, Nord-West Territorium).* In einem Fehn von Vieux-Port-Burwell, haben zwei Pollendiagramme in drei Meter Abstand, eines am Scheitel (A) und das andere an der Sohle (B) einer Palse, die geomorphologische Entwicklung des Ortes verzeichnet. Zwischen 5000 und 580 BP, zeigen beide Diagramme die gleiche Entwicklung, das progressive Wachstum des Torfmooses. Die Pollenschichten dieser Periode sind den paleoklimatischen Schwankungen zu zuschreiben. Gegen 3700 BP stellt eine wichtige örtliche Abnahme des Pollens schwierige Bedingungen für das Wachstum der Pflanzen dar. Um 2430 PB entspricht die Zäsur der Pollenschichten IV-III des Diagrammes C, ca 300 m vom Forschungssitz entfernt, dem Beginn von minerotrophen Torfmoosen, wahrscheinlich Zeichen von einer Entwicklung des Dauerfrostbodens. Eine Besserung der klimatischen Verhältnisse beginnt um 1430 BP. Von 580 BP an, läuft die Entwicklung der beiden Diagramme auseinander. Im Diagramme B beschleunigt sich das Wachstum der Torfmoose. In A hören sie auf sich zu formen, vertrocknen und drücken sich zusammen. Das Spektrum wird von Gräserpollen übernommen. Diese Phänomene wurden durch das Erscheinen der Palse im Torfmoor verursacht. Diese ist also ca. 600 Jahre alt. Sie ergibt sich weniger aus einer klimatischen Schwankung, als aus dem Übertreten einer gewissen Grenze in der Verdickung des Torfes.

Outre la reconstitution des formations végétales du passé, plusieurs applications indirectes s'offrent à l'analyse pollinique des milieux de toundra.

L'une d'elles vient d'être proposée par NICHOLS *et al.* (1978). Dans des diagrammes de l'île de Baffin, ces auteurs, en reléguant au second plan l'étude du pollen régional, font ressortir des périodes d'apports polliniques lointains indicateurs de paléovents holocènes, eux-mêmes reflets de types de circulations atmosphériques récurrentes au-dessus du nord-est de l'Amérique.

La géomorphologie dynamique propose un champ d'application non moins fécond. Alors que la palynologie classique recherche une représentation moyenne de la pluie sporopollinique et que la démarche de NICHOLS *et al.* (1978) privilégie les apports lointains de l'ordre du millier de kilomètres, l'utilisation de l'analyse pollinique en géomorphologie s'intéresse, au contraire, au pollen local. En identifiant dans des diagrammes les spectres corrélatifs de l'apparition d'une forme

de relief, il est possible de dater celle-ci avec précision et, dans les cas les plus favorables, de reconstituer la courbe de son évolution.

Cette approche n'est pas nouvelle (KLEWE et LANGE, 1971). À notre connaissance, elle n'a pas été appliquée jusqu'ici dans la toundra du nord-est de l'Amérique. Nous en avons testé la valeur dans le cas d'un relief de paises de l'île de Killiniq.

I. LE CADRE DE L'ÉTUDE

A. LE CONTEXTE BIOCLIMATIQUE

L'île de Killiniq, à la pointe extrême de la péninsule de l'Ungava-Labrador (fig. 1) appartient au domaine du pergélisol continu (BROWN, 1978). Elle se situe à 200 km au nord de la limite des arbres, dans la zone floristique n° 4 de YOUNG (1971), soit dans la toundra la mieux pourvue en plantes vasculaires. La végétation de l'île est très clairsemée. Les surfaces de roches nues, polies par l'action glaciaire, composent l'essentiel du

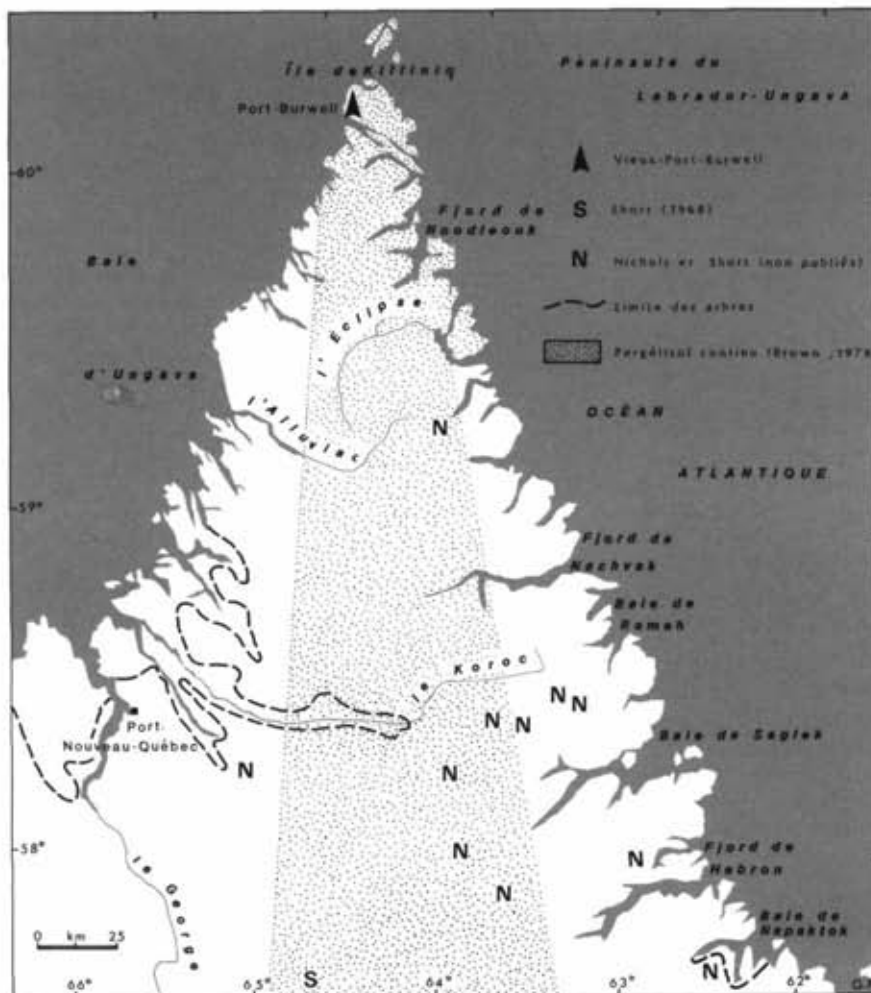


FIGURE 1. Localisation des sites étudiés et ceux des autres travaux entrepris dans la région.

Location of the studied sites and those of two other authors, located in the same area.

paysage. La couverture végétale colonise les placages de dépôts meubles et n'atteint une forte densité que dans les sites les plus humides: fonds de couloirs structuraux, bordures de mares et de lacs.

Aucune donnée climatique précise n'existe pour la région, la station météorologique de Port-Burwell ne fonctionnant que depuis 1976, et encore pendant la seule saison de navigation maritime. Néanmoins, par comparaison avec les stations de Frobisher Bay ou nord, de Quartaq à l'ouest et de Kuujuaq (Fort-Chimo) au sud-ouest, on peut retenir les approximations suivantes, consignées dans différentes cartes climatiques (HARE et THOMAS, 1979): température moyenne annuelle de l'air de l'ordre de -6°C ; températures journalières moyennes positives entre juin et la fin septembre avec, pendant cette période, une cinquantaine de jours sans gel; température moyenne de juillet, le mois le plus chaud, proche de $7,5^{\circ}\text{C}$.

De telles conditions exigeraient un réchauffement estival de $2,5$ à 3°C pour permettre la croissance d'arbres à Killiniq. Un tel réchauffement s'est-il produit au cours de l'Holocène? Aucune analyse pollinique n'a été faite jusqu'ici dans les confins de la péninsule. Les diagrammes les plus proches se situent à plusieurs centaines de kilomètres au sud, principalement dans la forêt boréale (WENNER, 1947; GRAYSON, 1957; MORRISON, 1966 et 1970; JORDAN, 1975) ou dans la toundra forestière (SHORT et NICHOLS, 1977; SHORT, 1978; McANDREWS et SAMSON, 1977). S'ils attestent l'existence d'un mégathermique, cette période plus chaude

s'exprime surtout par des variations de densité de la végétation. On est loin de ces migrations spectaculaires de la forêt, sur plus de 150 km vers le nord, qui se sont produites dans le Kéewatin (NICHOLS, 1976). Au lac de la Hutte Sauvage par exemple, à 500 km au sud de Port-Burwell, d'un mégathermique ne se traduit que par «des zones de taïga qui étaient peut-être trois fois plus abondantes que celles d'aujourd'hui et qui s'étendaient 150 m plus haut sur le plateau» (McANDREWS et SAMSON, 1977).

Dès lors, toute analyse pollinique sur l'île de Killiniq, à 200 km au nord de la limite des arbres, a toutes les chances de ne saisir que des nuances dans l'histoire de la toundra locale. Pour augmenter leur intérêt paléogéographique, nous avons établi les diagrammes dans des sites de morphogénèse active où l'évolution des formes du relief a dû perturber la végétation et influencer, de ce fait, la pluie sporopollinique.

B. LE CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE

L'ancien emplacement de Port-Burwell ($60^{\circ}24'55''$ N, $64^{\circ}49'20''$ O) à $1,5$ km au SE du poste actuel, présente un terrain favorable pour une telle étude (fig. 2). Le village, dont il ne reste que des débris, était installé dans un couloir structural NO-SE présentant une dissymétrie de versants fréquente dans la région (GODARD, 1979). Le fond du couloir, large de 30 à 40 m, est baigné à ses deux extrémités par la mer. Dans sa partie centrale, il s'élève à 25 m d'altitude et se compose d'un plancher sub-horizontale de gros blocs anguleux, en partie morai-

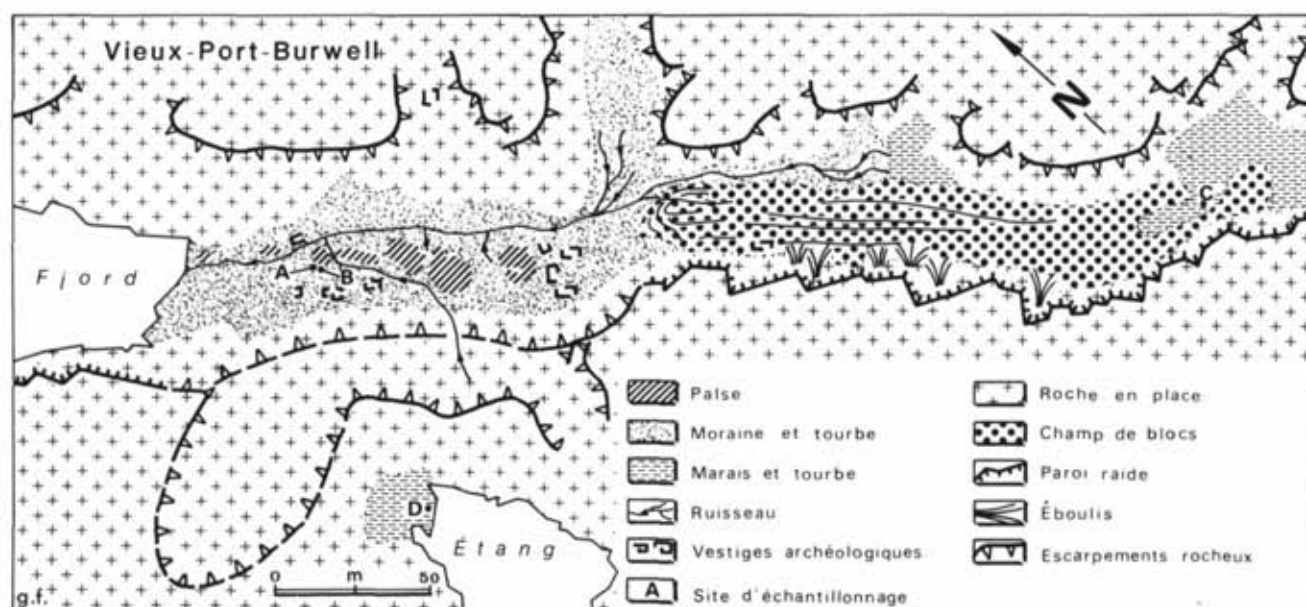


FIGURE 2. Croquis géomorphologique du fen et sites précis d'échantillonnage.

Geomorphological sketch of the fen and location of pollen diagrams.

niques, partiellement masqués par 20 à 30 cm de tourbe. Le diagramme C a été obtenu de cette tourbe (fig. 2).

En direction du nord-ouest, ce matériel grossier se transforme en une langue de blocs se terminant vers 10 m d'altitude par un front convexe. À part la zone frontale active, la langue de blocs ne semble plus évoluer. Nous sommes en présence d'un type particulier de glacier rocheux.

En contrebas, et jusqu'à la mer, s'étend un fond imperméable de moraine à matrice limono-argileuse recouverte par un tapis de tourbe minérotrophe. Dans ce fen, mal drainé par deux ruisseaux, se développe un modelé de paises à noyau minéral. Elles forment des dômes surbaissés, de 10 à 20 m de diamètre, s'élevant à moins de 2 m au-dessus des aires humides voisines. La tourbe qui les recouvre sur une trentaine de centimètres s'épaissit dans les dépressions voisines. À la différence des paises de l'Europe du Nord-Ouest (SEPPÄLÄ, 1979; ÅHMAN, 1977) celles de Killiniq ont toujours des pentes très faibles, excluant toute possibilité de glissement du manteau de tourbe. Celle-ci conserve donc sa stratigraphie initiale, sans remaniement d'où la possibilité d'établir des palynostratigraphies fiables.

C. LE SITE ÉCHANTILLONNÉ

L'étude porte sur l'une des paises les plus proches du littoral. Elle se situe à 6,70 m au-dessus de la ligne des hautes mers. Large d'une quinzaine de mètres, haute d'environ 1,50 m, elle présente un sommet plat et des pentes douces. L'épaisseur de la tourbe diminue du pied (64 cm) au sommet (29 cm) de la paise. Son noyau minéral est un diamicton : probablement la moraine wisconsinienne, à en juger par la granulométrie de sa matrice (fig. 3). La topographie de la paise, malgré sa faible expression, exerce une influence phytogéographique notable qui ressort nettement du tableau I. En effet, si 21 espèces différentes ont été dénombrées dans le fen autour de la paise et 19 dans une niche de nivation voisine, 13 espèces seulement colonisent le sommet de la butte. Parmi elles, trois espèces nitrophiles (*Phippisia algida* (Sol.) R.Br., *Ranunculus hyperboreus* Rottb. et *Chrisosplenium tetrandrum* (Lund Fries) sont probablement en rapport avec l'ancienne occupation humaine du site.

À travers la répartition des espèces, la topographie influe sur la pluie sporopollinique actuelle (tabl. II) : au sommet de la paise (site A du tabl. II) le couple Cypéracées-Graminées forme 90% du pollen et les Graminées dominant nettement (65% des grains). À 3 m de là, au pied de la paise (site B du tabl. II) le couple Cypéracées-Graminées ne constitue plus que 65% du total des grains, faisant place aux Polygonacées (11%),

Caryophyllacées (12%) et Renonculacées (5%). Par ailleurs, ce ne sont plus les Graminées, mais les Cypéracées (40%) qui dominent. Lié à la topographie, le contraste entre les spectres actuels du sommet et du pied de la butte ne peut être antérieur à la paise. Dater sa première manifestation, par la palynologie, dans la tourbe des sites A et B, c'est fixer, à peu de choses près, l'âge de la paise elle-même.

II. MÉTHODOLOGIE

Les diagrammes polliniques du sommet (A) et du pied (B) de la paise ont été établis à 3 m de distance par prélèvement à l'emporte-pièce de 1 cm³ de matériel à tous les 2 cm, dans les parois verticales des trous de sondage. La couche de tourbe a été échantillonnée sur l'ensemble de son épaisseur, soit sur 29 cm au sommet (A) et 64 cm au pied (B) de la paise. Dans le diagramme A, des spectres polliniques ont également été obtenus à partir du diamicton sous la tourbe. Des prélèvements complémentaires de monolithes ont permis la datation au radiocarbone des niveaux palynostratigraphiques les plus significatifs. Les différentes dates sont consignées dans le tableau III. Elles ont permis d'établir, outre les diagrammes en représentation proportionnelle (fig. 4), des diagrammes en influx polliniques (fig. 5). À titre de contrôle, le diagramme C (fig. 6) a été établi à l'écart du champ de paises, à 300 m au sud-est des diagrammes A et B, dans un milieu qui nous semblait stable. Seule sa base a été datée au radiocarbone.

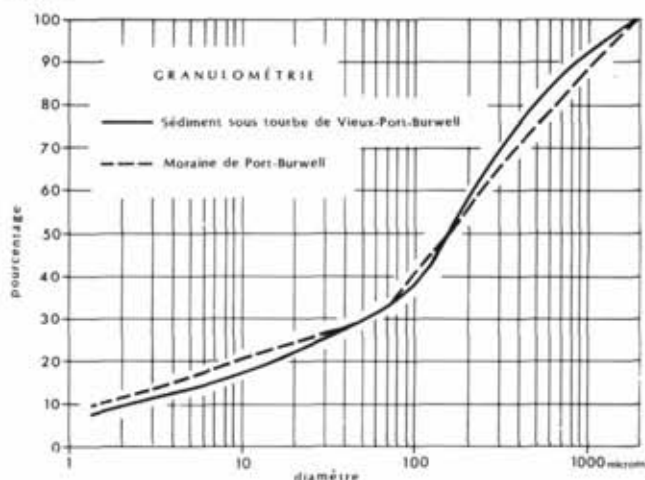


FIGURE 3. Courbes granulométriques cumulatives. Les sédiments recueillis sous la tourbe du site archéologique de Vieux-Port-Burwell présentent la même courbe que ceux prélevés dans la moraine typique du village actuel.

Cumulative granulometric curves. Deposits found under the peat of the archaeological site of old Port Burwell have the same curve than those found in the typical moraine of the present village.

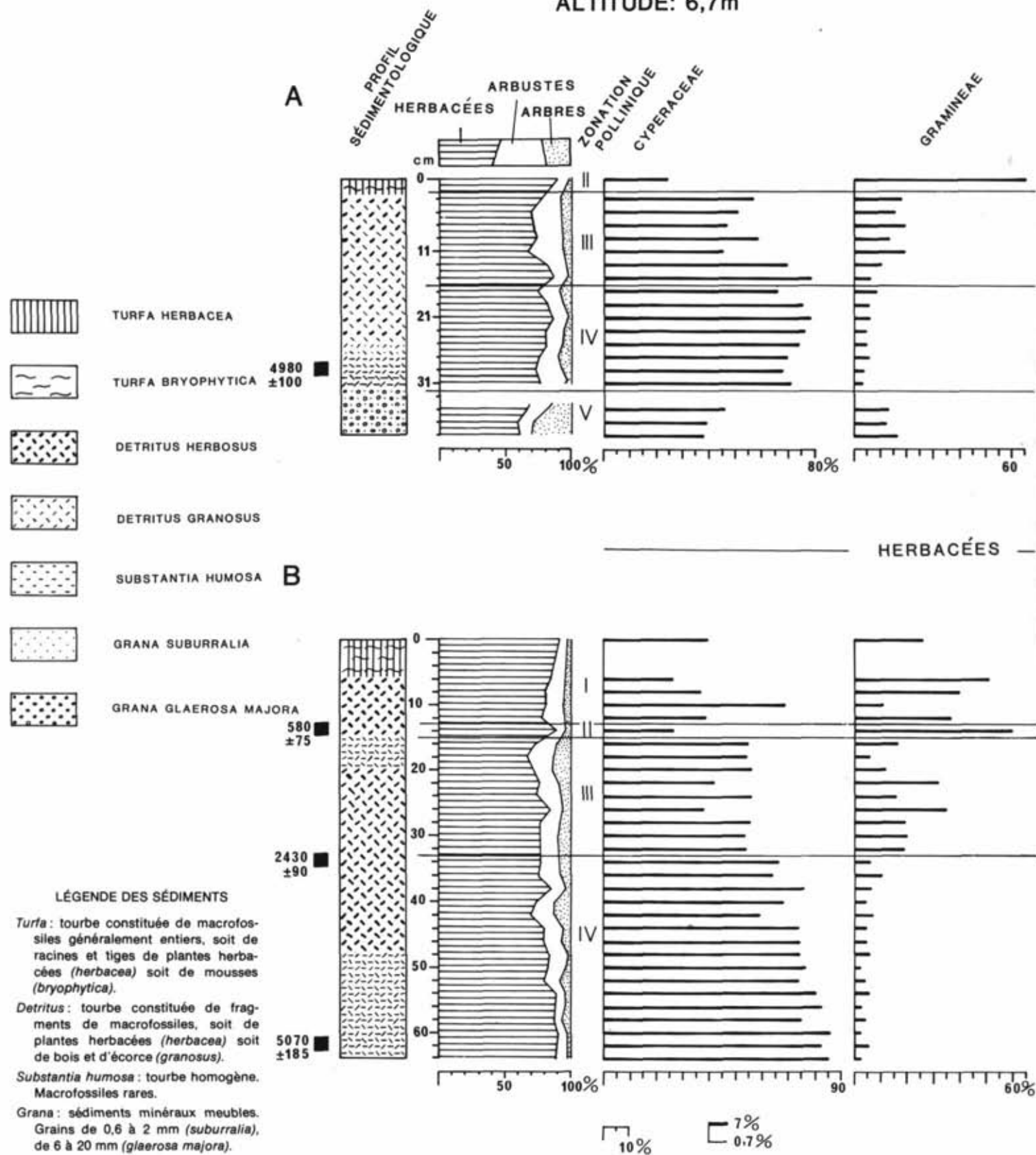
TABLEAU I

Liste des espèces recensées dans le fen de Vieux Port-Burwell

	(1) Sommet de la Palse	(2) Fen entre 1 et 3	(3) Niche de nivation
1. EUISETACEAE			
<i>Equisetum scirpoides</i> Michx.	x		
22. GRAMINEAE			
<i>Festuca brachyphylla</i> Schultes			x
<i>Deschampsia alpina</i> (L.) R. & S.	x		
<i>Phippsia algida</i> (Sol.) R.BR.	x		
<i>Poa alpina</i> L.	x	x	
<i>Festuca rubra</i> (L.) coll.		x	x
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) Richter		x	
<i>Calamagrostis (purpurescens ou stricta) ?</i>		x	x
23. CYPERACEAE			
<i>Eriophorum Scheuchzeri</i> Hoppe	x	x	x
<i>Carex Bigelowii</i> Torr.			x
<i>Carex Lachenalii</i> Schk.	x		x
<i>Carex membranacea</i> Hook.	x		
31. JUNCACEAE			
<i>Juncus castaneus</i> Sm.		x	
41. SALICACEAE			
<i>Salix herbacea</i> L.		x	x
<i>Salix reticulata</i> L.		x	x
<i>Salix glauca</i> L.		x	
54. POLYGONACEAE			
<i>Polygonum viviparum</i> L.		x	x
<i>Oxyria digyna</i> (L.) Hill		x	x
<i>Koenigia islandica</i> L.	x		
61. CARYOPHYLLACEAE			
<i>Cerastium cerastoides</i> (L.) Britt.	x	x	
<i>Sagina saginoides</i> (L.) Karst.		x	
64. RANUNCULACEAE			
<i>Ranunculus hyperboreus</i> Rottb.	x		
71. PAPAVERACEAE			
<i>Papaver radicum</i> Rottb.		x	
73. CRUCIFERAE			
<i>Cardamine pratensis</i> L.	x		
79. SAXIFRAGACEAE			
<i>Chrysosplenium tetrandrum</i> (Lund) Fries	x	x	
<i>Parnassia Kotzebei</i> Cham.		x	x
<i>Saxifraga cernua</i> L.			x
82. ROSACEAE			
<i>Sibbaldia procumbens</i> L. *			x
<i>Potentilla Crantzii</i> (Crantz.) G. Beck.		x	x
125. ONAGRACEAE			
<i>Epilobium anagallidifolium</i> Lam.	x		x
133. ERICACEAE			
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.		x	
153. SCROPHULARIACEAE			
<i>Veronica alpina</i> L.		x	x
<i>Pedicularis flammea</i> L.		x	
168. COMPOSITAE			
<i>Taraxacum lacerum</i> Greene			x
<i>Erigeron unalaschkensis</i> (DC.) Vierh.			x
<i>Gnaphalium supinum</i> L.		x	x

FIGURE 4 VIEUX - PORT - BURWELL 60° 24' 55" N 64° 49' 20" O

ALTITUDE: 6,7m



POURCENTAGES POLLINIQUES

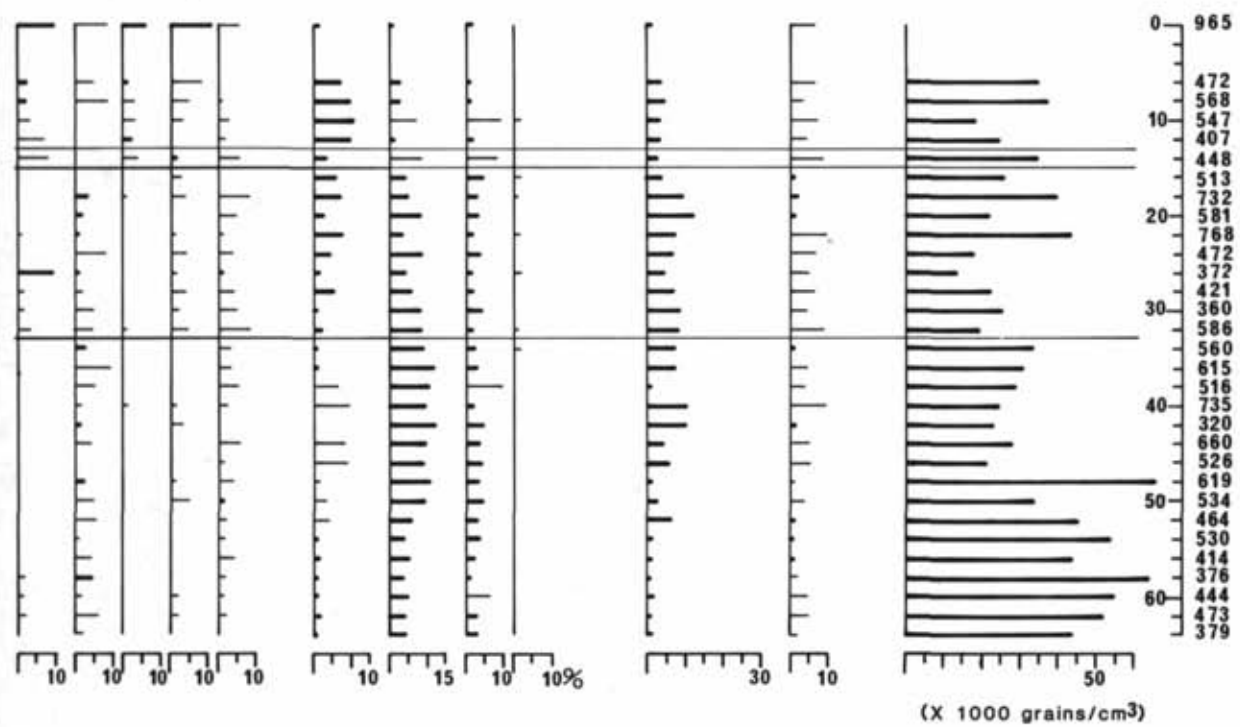
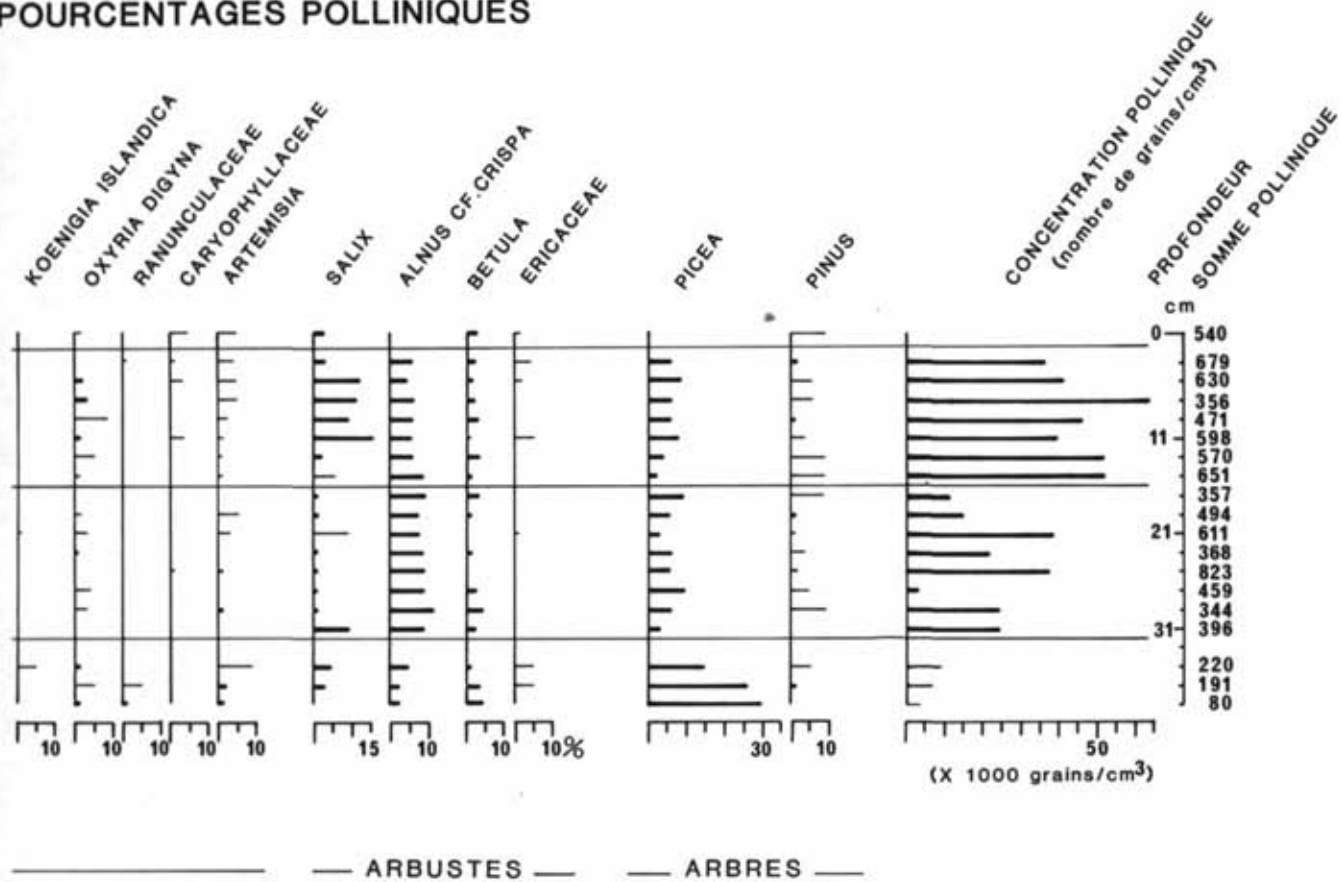


FIGURE 4. Diagrammes polliniques des sites A et B. Représentation proportionnelle.

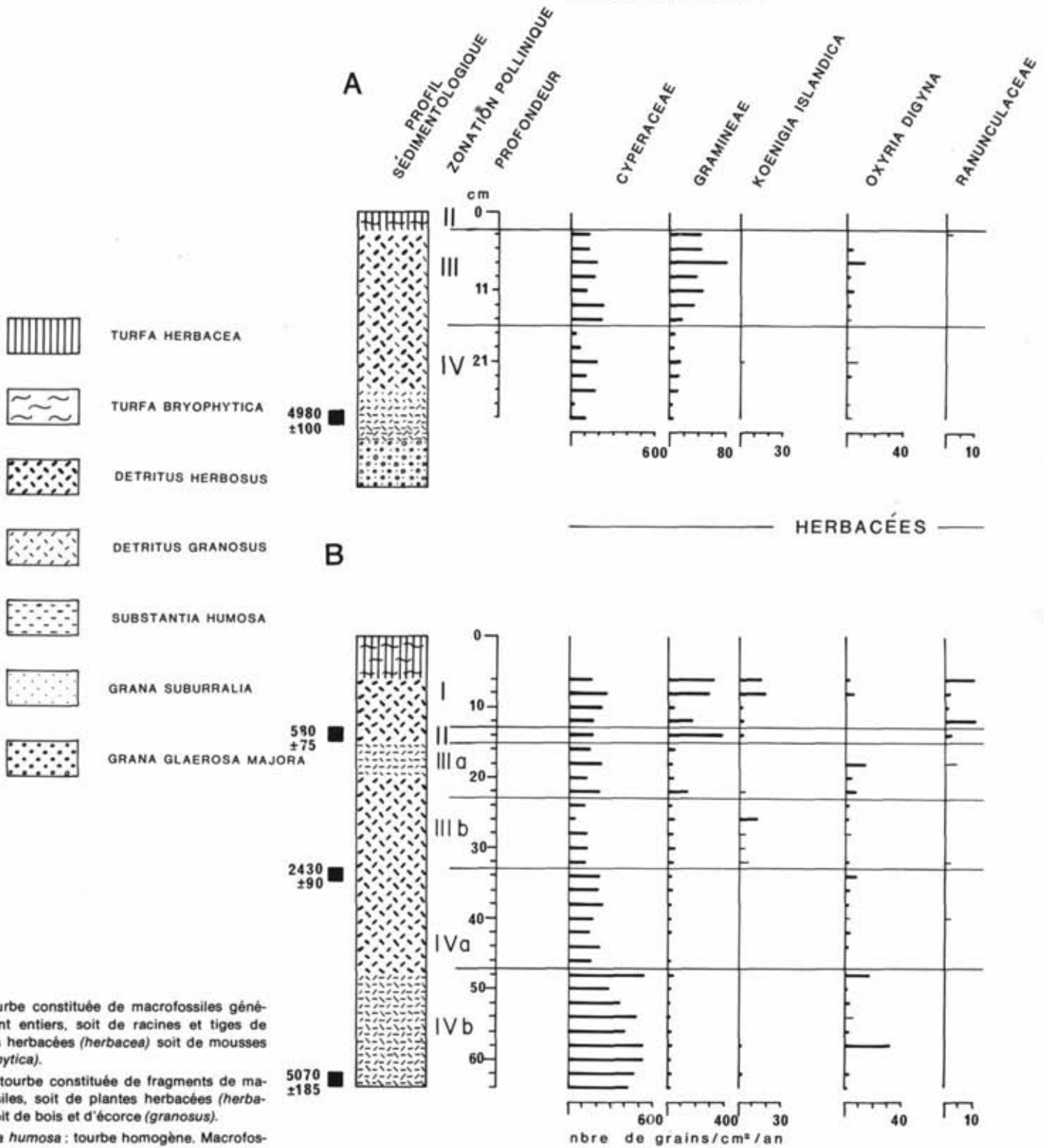
Pollen diagrams of sites A and B. Relative data.

FIGURE 5

VIEUX-PORT-BURWELL

60° 24' 55" N 64° 49' 20" O

ALTITUDE: 6,7m



Turfa: tourbe constituée de macrofossiles généralement entiers, soit de racines et tiges de plantes herbacées (*herbacea*) soit de mousses (*bryophytica*).

Detritus: tourbe constituée de fragments de macrofossiles, soit de plantes herbacées (*herbacea*) soit de bois et d'écorce (*granosus*).

Substantia humosa: tourbe homogène. Macrofossiles rares.

Grana: sédiments minéraux meubles. Grains de 0,6 à 2 mm (*suburralia*), de 6 à 20 mm (*glærosa majora*).

INFLUX POLLINIQUES

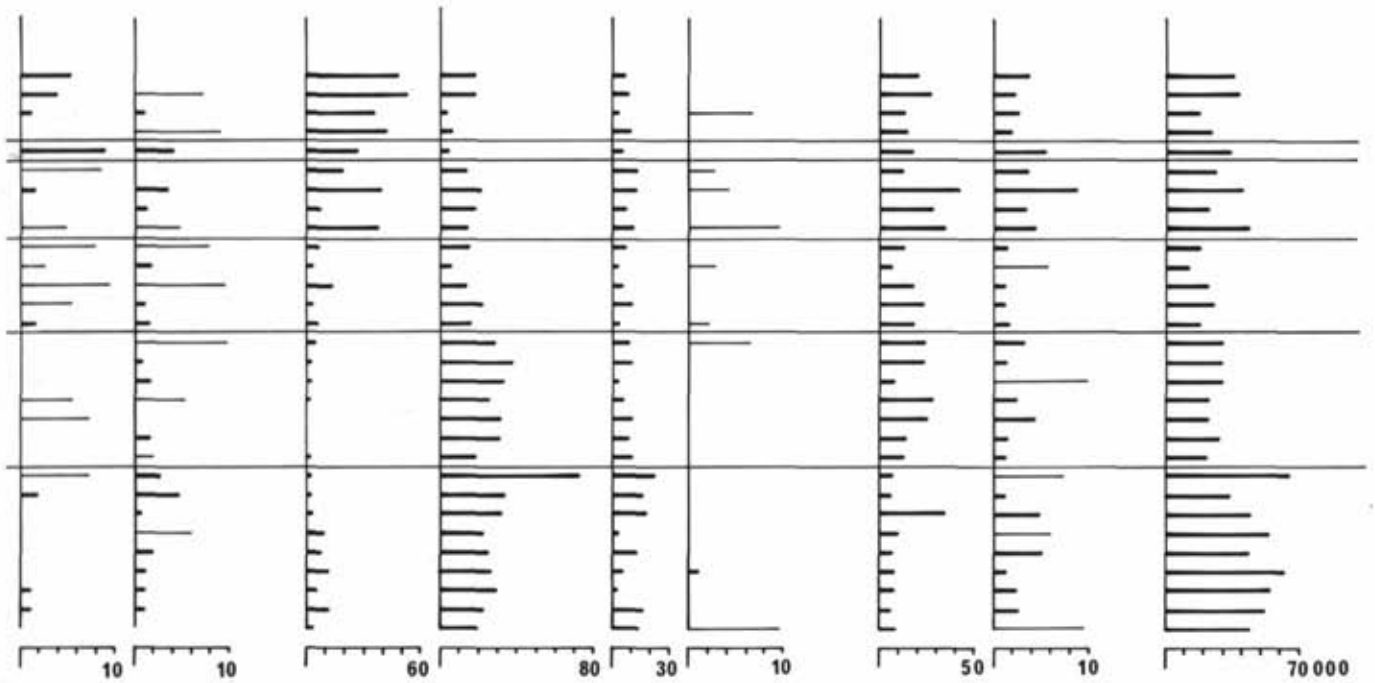
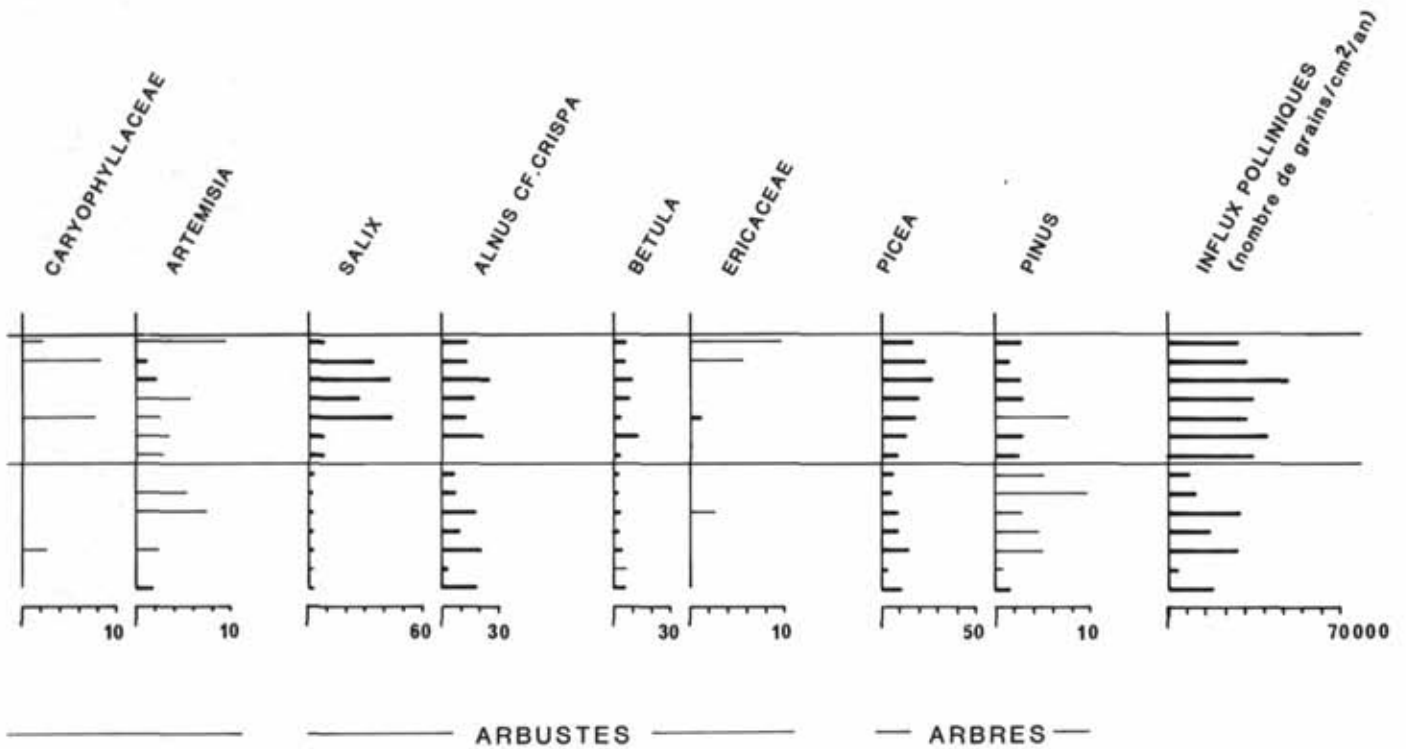


FIGURE 5. Diagrammes polliniques des sites A et B, en influx polliniques.

Pollen influx diagrams of sites A and B.

Pour décrire les types de tourbes au site de la palse (fig. 4), nous avons utilisé la classification de TROELS-SMITH (1955), en tenant compte des commentaires de LAROCHE et RICHARD (1980) et en adoptant les symboles graphiques proposés par BERGLUND (1979). Au laboratoire, les échantillons destinés à l'analyse pollinique ont été traités selon la méthode de FAEGRI et IVERSEN (1964). La concentration pollinique a été déterminée par pesée selon la méthode modifiée de JØRGENSEN (1967). Les spectres ont été établis à partir de lames d'environ 500 grains, comptées au complet, sous un grossissement de 400 (microscope Dialux). En cas de problèmes d'identification, nous avons eu recours à un objectif à immersion qui grossit 1000 fois.

La somme pollinique comprend toutes les espèces de plantes vasculaires terrestres, y compris les Cypéracées, les Éricacées et les sphaignes, contrairement à ce que préconisent ANDREWS *et al.* (1979). Certes, ces plantes constituent la plupart du temps la tourbe échantillonnée; mais comme nous cherchons à saisir les variations écologiques locales, il est nécessaire de les inclure dans les comptages (HEIM, 1970). Certains taxons, à cause de leur trop faible représentation, ne figurent pas dans les diagrammes. Ils sont tous cités en appendice.

TABLEAU II
Pluie sporopollinique actuelle

	site A	site B
Cypéracées	25%	40%
Graminées	65%	25%
Cyp. & Gram.	90%	65%

TABLEAU III
Datations au radiocarbone de la tourbe des diagrammes A, B et C, Vieux-Port-Burwell

Stratigraphie	N° de labo.	Âge ^{14}C , période de 5 568 ans ¹	$\delta^{13}\text{C}$
Zone pollinique II, prof. 15 cm, diagramme B	UQ 156	580 ± 75	-26,7 ‰ 0,2 ‰
Césure zone IV — zone III, prof. 33 cm, diagramme B	UQ 154	2430 ± 90	-26,7 ‰ 0,2 ‰
Base du diagramme B, prof. 62 cm	UQ 152	5070 ± 185	
Base du diagramme A prof. 29 cm	I-10,671	4980 ± 100	
Base du diagramme C prof. 24 cm	I-10,664	2440 ± 85	

1. Dates non corrigées.

III. LES RÉSULTATS PALYNOSTRATIGRAPHIQUES

La tourbe au pied de la palse (site B) renferme quatre zones polliniques principales. Trois d'entre elles, les zones IV, III et II ainsi que leurs subdivisions, se retrouvent dans la tourbe du sommet de la palse. Il y manque la zone I, la tourbe ayant cessé de se constituer à partir de la zone II datée, au radiocarbone, de 580 ± 75 ans BP. La corrélation entre les deux séries palynostratigraphiques est illustrée par la figure 7. En tout, cinq zones polliniques principales ont été mises en évidence.

1. *La zone V, antérieure à 5000 BP.* Échantillonnée au site A seulement, elle correspond aux spectres du diamicton sous la tourbe. Elle présente des concentrations polliniques très faibles, indice d'une végétation clairsemée. Il en résulte une sur-représentation des apports lointains. Le pollen d'arbre atteint 35% à la base de la zone, principalement à cause des apports de *Picea*. Les Cypéracées par contre sont moins bien représentées que dans le reste du diagramme. Les Graminées forment jusqu'à 20% des grains. Ces spectres rappellent la zone de «désert périglaciaire» identifiée à la base du Tardiglaciaire dans le sud du Québec (RICHARD, 1977).

2. *La zone IV, de 5000 à 2430 BP.* La base de la tourbe a été datée de 5070 ± 185 BP au site B et de 4980 ± 100 BP au site A. Le fen a donc commencé de se former il y a cinq millénaires. Sa partie inférieure renferme la zone IV. En représentation proportionnelle (fig. 4), elle se caractérise par l'invasion rapide des Cypéracées; leur pollen domine largement, dès le début, avec près de 80% des grains dans chaque spectre. Les Graminées régressent à 10% du total. L'aulne crispé atteint ses valeurs maximales. *Oxyria dygina*, bien qu'en proportion restreinte, est présente à presque tous les niveaux.

Figure 6 V. P. B. "C" 60° 24' 55"N x 64° 49' 20"O 24,4 m POURCENTAGES POLLINIQUES

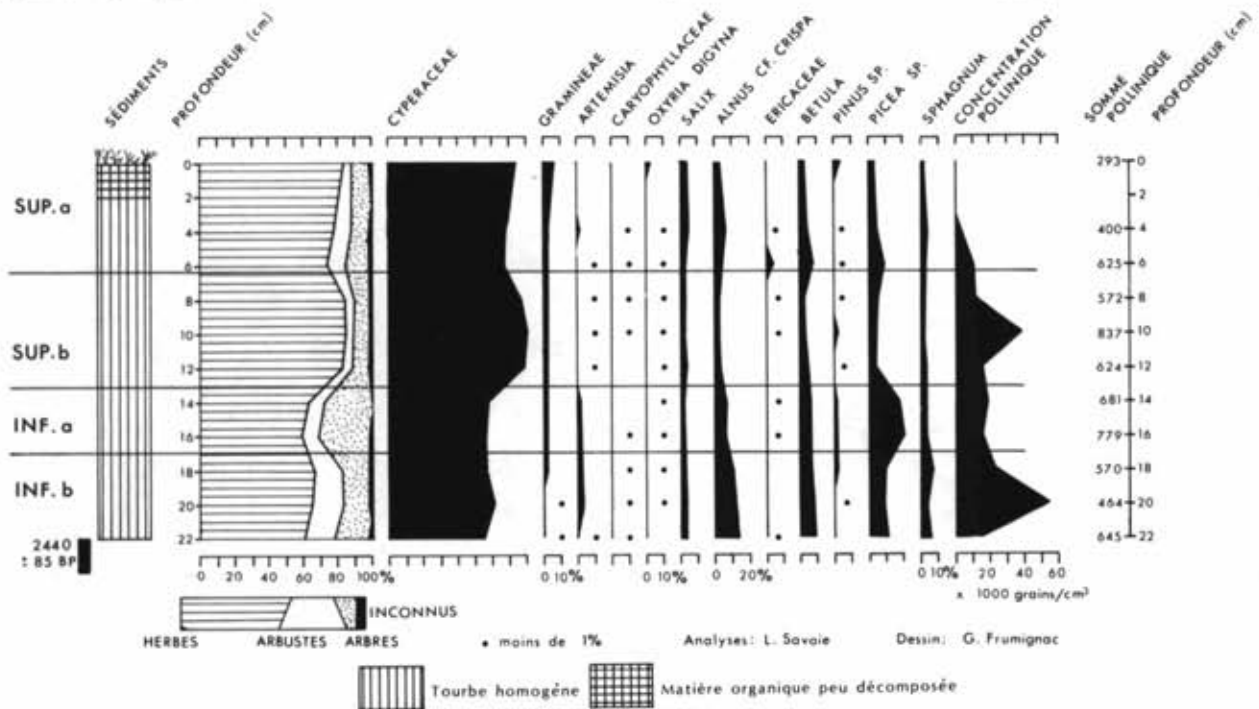
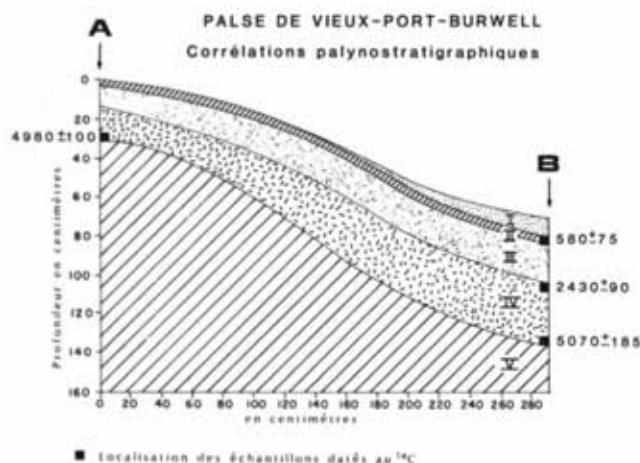
FIGURE 6. Diagramme pollinique du site C. Représentation proportionnelle. *Pollen diagram of site C. Relative data.*

FIGURE 7. Corrélations palynostratigraphiques entre les sites A et B.

Palynostratigraphic correlation of sites A and B.

Les diagrammes d'influx (fig. 5) révèlent deux périodes distinctes à l'intérieur de la zone IV. Dans un premier temps (IVb), la pluie sporopollinique est relativement abondante (50 000 à 70 000 grains/cm²/an). Elle tombe à 30 000 grains/cm²/an dans la partie supérieure

(IVa) de la zone. Cette chute est principalement liée à une baisse des Cypéracées dont les apports diminuent de moitié: *Pinus* ne semble pas affecté mais *Picea* augmente. Comme il ne s'agit pas de représentations proportionnelles mais d'influx, nous sommes en présence d'une chute réelle de la production du pollen local (Cypéracées) qui coïncide avec la venue en plus grand nombre de pollen exotique (*Picea*). La transition IVb/IVa n'a pas été datée au radioc carbone. D'après la courbe âge/profondeur de la tourbe (fig. 8) du diagramme B, elle se situerait vers 3700 BP. Au même moment, on constate une variation sédimentologique passant d'une tourbe homogène bien humifiée (IVb) à une tourbe beaucoup moins décomposée (IVa).

3. *La zone III, de 2440 à 580 BP.* Elle correspond à un développement des graminées, de *Salix* et du pollen exotique (*Picea* et *Pinus*). Les cypéracées, néanmoins, continuent de prédominer. *Oxyria dygina*, bien que présente dans les niveaux inférieurs, devient plus abondante. Les diagrammes d'influx permettent, ici encore, de distinguer deux sous-zones. En effet, dans la partie supérieure de la zone III, l'influx pollinique total augmente de manière significative, *Pinus*, *Picea* et *Betula* retrouvent de fortes valeurs, *Salix* atteint son premier maximum. Le changement se situe à 22 cm de profon-

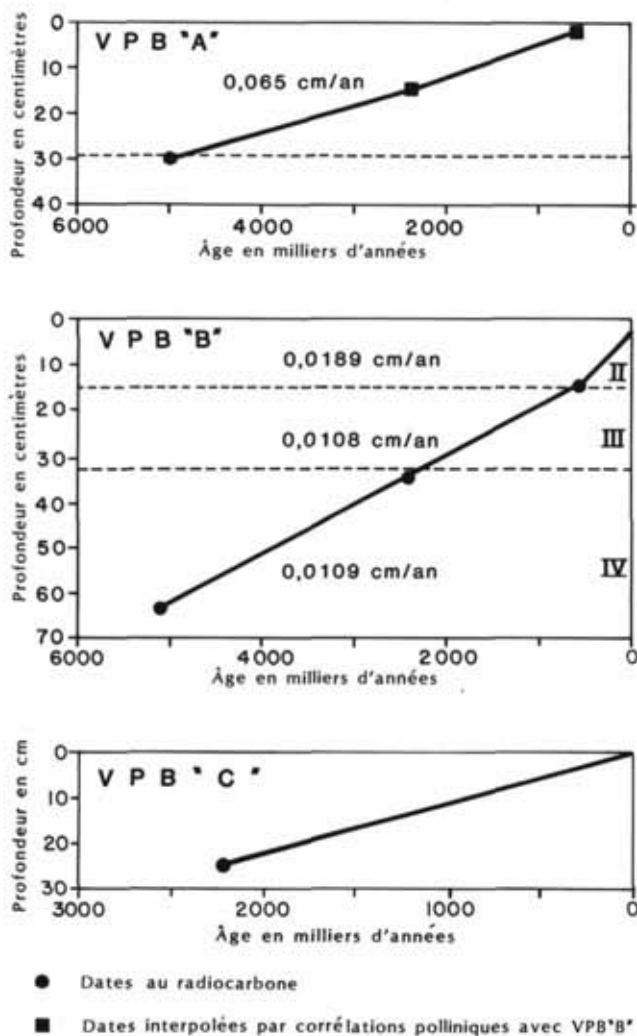


FIGURE 8. Courbes âge/profondeur.

The age curves versus depth.

deur soit d'après la courbe âge/profondeur de la tourbe, il y a environ 1430 ans.

4. *La zone II, vers 580 BP.* Elle est la dernière zone commune aux deux diagrammes. Une invasion massive de Graminées la caractérise: elles atteignent 57% dans le diagramme B et 65% dans le diagramme A. Les Cypéracées reculent de façon notable, de même que le pollen arboréen et arbustif. Certaines espèces, déjà enregistrées de façon sporadique dans les spectres précédents, atteignent des pourcentages élevés dans le diagramme B; il s'agit de Caryophyllacées, de Renonculacées et de *Koenigia islandica*.

5. *La zone I, de 580 BP à nos jours.* La tourbe n'a continué de se former après 580 BP qu'au pied de la palse. Alors que la zone II affleure au sommet de la

butte, elle est recouverte par une quinzaine de centimètres de tourbe au site B. En représentation proportionnelle, la zone I se marque par le retour des Cypéracées aux dépens des Graminées. Plus exactement, on a l'impression, à travers les différents spectres, d'une concurrence entre Cypéracées et Graminées. Tantôt les premières dominent, refoulant les secondes; tantôt c'est l'inverse qui se produit.

Que signifient ces zones polliniques? Peut-on en tirer une histoire paléoclimatique régionale? Reflètent-elles, au contraire, des changements locaux d'origine géomorphologique? Pour répondre à ces questions fondamentales, l'analyse d'un diagramme pollinique établi à l'écart du champ de palse, dans un milieu géomorphologiquement stable, s'impose.

COMPARAISONS AVEC LE DIAGRAMME C

Au site C, à 300 m au sud-est des paises, le fen ne dépasse pas 30 cm d'épaisseur. La tourbe pénètre en pointe entre les gros blocs anguleux qu'elle recouvre. Sa base, dans un échantillon prélevé sous le diagramme C, a été datée de 2440 ± 85 ans BP. Au site des paises, cette date correspond très exactement (à dix années radiocarbone près), à la césure zone IV — zone III (2430 ± 90).

Le diagramme C ne montre pas de contrastes bien marqués. Rien de notable n'a été enregistré depuis l'apparition de la tourbe. Les Cypéracées constituent de 60% à 80% des spectres. La colonne synthèse présentant la part respective du pollen d'arbre, d'arbuste et d'herbe permet néanmoins de faire ressortir quatre périodes. En l'absence de datations au radiocarbone, nous évaluons leur âge par la courbe du taux de sédimentation de la tourbe; nous supposons ce taux constant, une hypothèse acceptable qui, dans le cas du diagramme B, est vérifiée par trois dates au radiocarbone (fig. 8). On distingue:

- de 2440 BP à environ 1600 BP, une zone pollinique comprenant 60% d'herbe, 20% de pollen arboréen et 20% de pollen d'arbuste.
- entre 1600 et 1400 BP, un accroissement de pollen arboréen, surtout de *Picea*, qui augmente aux dépens des arbustes. Les herbes restent prédominantes.
- de 1400 à 450 BP, le pollen d'arbre régresse, les herbes atteignent leur maximum.
- Depuis 450 ans, on note une faible augmentation du pollen d'arbustes [*Salix*, *Alnus* et d'après le diamètre des grains (BIRKS, 1968), *Betula glandulosa*].

Plusieurs remarques s'imposent.

1) Aucune correspondance étroite n'existe entre les spectres des zones polliniques du site C et celles du relief de paises. Les deux stations, bien que distantes

de 300 m seulement, ont chacune leur histoire végétale propre. C'est souligner une fois de plus (DAVIS, 1980) l'importance des facteurs locaux, notamment le rôle prépondérant des conditions édaphiques sur les spectres des tourbes en milieu de toundra. Leurs diagrammes reflètent moins les variations des paléotempératures que des changements topographiques et hydriques aux sites d'échantillonnage. D'où leur intérêt pour la géomorphologie dynamique.

2) Le comportement des Graminées dans les diagrammes de Vieux-Port-Burwell illustre cette remarque. Négligeable (7%) au site C, leur pollen envahit brusquement les spectres (zone II) au site de la palse, il y a 580 ans BP. Aucun événement aussi rapide ni aussi intense ne se distingue dans les diagrammes, pour les millénaires qui précèdent. Si, malgré son intensité, l'invasion de Graminées n'apparaît pas le moins au site C, c'est qu'elle est commandée par des causes locales.

Or, la zone pollinique II correspond également à un changement dans la croissance de la tourbe. Jusque-là, elle s'accumulait au même rythme que dans le fen du site C: en gros, 10 mm par siècle. Après la zone II, le taux s'accroît de 175% au site B pour se situer, dans la zone I, autour de 18,9 mm par siècle. En même temps, trois mètres à côté, au site A, la tourbe cesse de se former.

Ce contraste, sur une aussi courte distance, ne s'explique que par l'apparition de la palse. Au fur et à mesure qu'elle s'exhausse, la tourbe minérotrophe est drainée, asséchée; elle se tasse: les zones IV, III et II n'ont que 29 cm d'épaisseur alors qu'elles se développent sur 50 cm au pied de la palse. Ces modifications microclimatiques favorisent l'implantation des Graminées. Alors qu'au pied de la palse, la désorganisation du drainage augmente l'humidité et accélère localement la croissance de la tourbe, celle-ci cesse de se former au sommet de la butte, aucune tourbe ombrotrophe n'y venant prendre le relai.

L'invasion des Graminées apparaît donc bien comme la réponse de la végétation à des modifications géomorphologiques. Mais celles-ci ne proviennent-elles pas, en dernière analyse, d'une oscillation paléoclimatique?

3) Bien qu'ils révèlent des histoires végétales distinctes, les diagrammes B et C présentent des événements synchrones (fig. 9). Ainsi, la césure zone IV — zone III (2430 ± 90 BP) correspond à l'apparition de la tourbe au site C (2440 ± 85 BP). La charnière IIIb-IIIa (site B), évaluée à 1430 BP, survient en même temps que le passage de la zone inférieure à la zone supérieure (vers 1420 BP) dans la tourbe du site C. En dehors de la région à l'étude, ces dates correspondent à des oscillations paléoclimatiques (HARVEY, 1980). Ce synchro-

nisme n'est pas fortuit. Une même cause a provoqué des effets différents à 300 m de distance. De fait, une oscillation froide peut très bien se traduire, au niveau du sol, dans tel secteur de la toundra, par une augmentation d'humidité liée à la remontée du pergélisol, alors qu'un site voisin enregistrera, au même moment, un assèchement relatif à la suite de la croissance d'une palse. En somme, les spectres des tourbes, dans la toundra, ne permettent pas de reconstituer des paléoclimats. Au contraire, la connaissance préalable des conditions paléoclimatiques régionales aide à distinguer, dans les diagrammes, les zones polliniques déterminées par des changements climatiques de celles suscitées par la morphogénèse locale. Ce n'est qu'en replaçant les résultats palynostratigraphiques de Vieux-Port-Burwell dans un cadre plus vaste, qu'il est possible de reconstituer les traits saillants de l'évolution paléogéographique locale.

IV. L'ÉVOLUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE DE VIEUX-PORT-BURWELL

A. DE LA DÉGLACIATION À LA FORMATION DE LA TOURBE

L'île de Killiniq a été recouverte par le dernier inlandsis laurentidien (IVES, 1978). Le moment précis de la déglaciation n'est pas encore connu. À en juger par les régions encadrantes (LØKEN 1962; FALCONNER *et al.*, 1965), la récession glaciaire dans les environs de Port-Burwell se place autour de 9000 BP. Que s'est-il passé au site des paises pendant les 4000 ans qui séparent la déglaciation de l'apparition de la tourbe?

La zone pollinique V, dans le diamicton, suggère l'existence d'un désert. Aurait-il duré quatre millénaires? Une telle hypothèse est d'autant moins soutenable que la toundra est attestée dès 6800 BP, sur la côte ouest de la baie d'Ungava, dans des régions plus froides et de déglaciation plus tardive que Port-Burwell (RICHARD, 1980).

Qu'est-ce qui retardait la colonisation végétale de Vieux-Port-Burwell? Sans doute la présence de la mer. Sur la côte atlantique, près d'Eclipse Channel et du fjord de Noodleook, les lignes de rivages marins postglaciaires plongent vers le NNE. Elles passent à la latitude de Port-Burwell sous le niveau actuel de la mer (LØKEN, 1962) pour réapparaître sur la côte orientale de l'île de Baffin (IVES, 1978). Si Port-Burwell n'a pas été submergé dès la déglaciation, une transgression marine s'est néanmoins produite au cours de l'Holocène (LØKEN, 1962). Selon la courbe des niveaux marins (fig. 10) proposée par HILLAIRE-MARCEL (1979), le site des paises, à 6 m d'altitude, a émergé vers 5000 BP. Or cette date correspond très exactement à celles obtenues sur la base de la tourbe (4980 ± 100 au site A et 5070 ± 185 au site B).

VIEUX - PORT - BURWELL

Synchronisme des zones polliniques

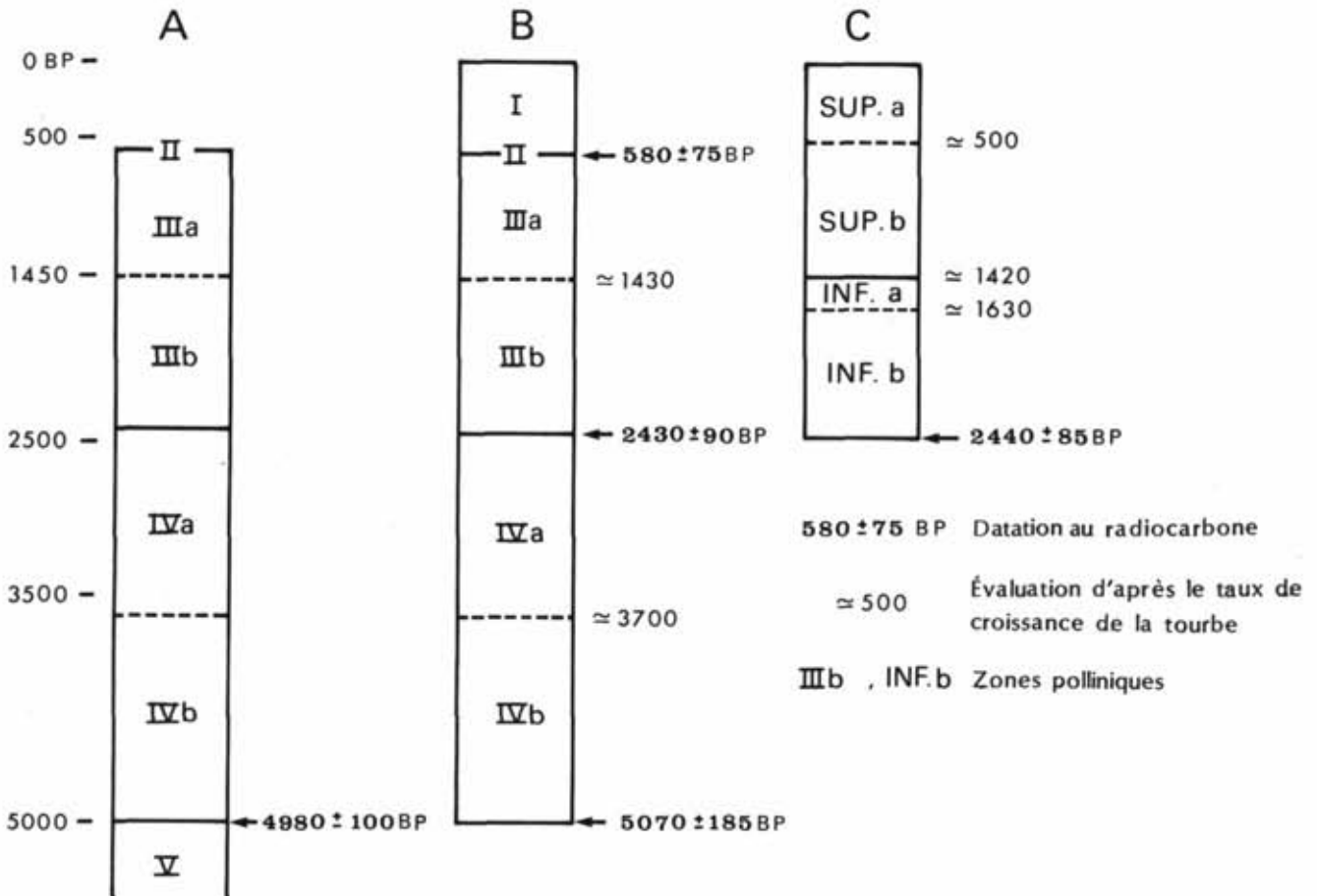


FIGURE 9. Comparaison chronopalynostratigraphique des trois sites A, B et C. *Chronopalynostratigraphic comparison of A, B and C profiles.*

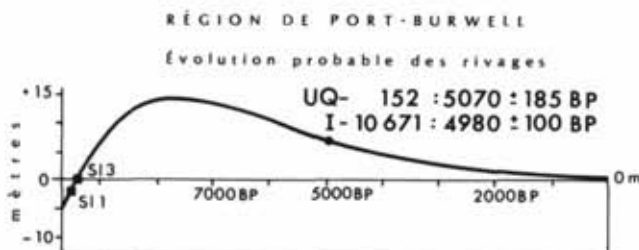


FIGURE 10. Courbe des niveaux marins proposée par HILLAI-MARCEL (1979).

Sea-level curves suggested by HILLAI-MARCEL (1979).

Dès lors, les conditions désertiques que traduit la zone V correspondent au court laps de temps qui sépare l'émergence du site de sa colonisation par la végétation. Le « désert » devait se cantonner au fond du couloir structural; il n'a aucune signification paléoclimatique ni aucune implication régionale.

B. LES INFLUENCES PALÉOCLIMATIQUES

La toundra existe dans l'île de Killiniq depuis au moins cinq millénaires. Les arbres n'ont pas atteint la région. On peut en déduire que les températures moyennes du mois le plus chaud sont constamment restées en-deçà de 10°C.

Des oscillations paléoclimatiques mises en évidence entre autres par BRYSON et WENDLAND (1967) ou par NICHOLS (1967) se sont fait sentir, de manière atténuée, dans les tourbes de Vieux-Port-Burwell.

● *Entre 5000 et 3700 BP (zone IVb)*: L'abondance de l'influx pollinique suggère de bonnes conditions pour la croissance des plantes de la toundra. Cette interprétation concorde avec l'évolution du couvert végétal plus au sud: la pessière ouverte monte en latitude. Elle atteint Kogaluk (56°04'N) vers 4500 BP, Ubluk Pond 57°23'N vers 4430 ± 85 BP, Track (55°46'N) vers 4280 ± 95 BP et Hopedale (55°28'N) vers 4200 BP (SHORT et NICHOLS, 1977).

● *De 3700 à 2430 BP (zone IVa)*: Une évolution paradoxale caractérise cette période. Au site des paises, l'influx pollinique total baisse brusquement. La production du pollen local, notamment des Cypéracées, diminue. Par contre, l'influx du pollen arboréen, apporté par les vents du sud ou du sud-ouest, augmente. Tout se passe comme si des conditions plus rigoureuses pour les plantes apparaissaient dans la toundra, alors qu'au sud les arbres prospèrent. Et de fait, sur le méridien de Killiniq, mais à 500 km au sud de l'île, au lac de la Hutte Sauvage, la période de 3700 à 2500 BP correspond bien à des conditions favorables pour les arbres suggérant, par rapport à la période précédente, non pas une détérioration comme à Killiniq, mais une amélioration du climat (McANDREWS et SAMSON, 1977). La même situation paradoxale caractérise la côte ouest de la baie d'Ungava (RICHARD, 1980). Là encore, le domaine actuel de la toundra connaît, à partir de 3500 BP, des conditions plus rigoureuses entraînant, sur l'île du Diana (61°N), la disparition des arbustes. La limite des arbres, par contre, enregistre au même moment des conditions particulièrement propices. À la rivière aux Feuilles, on passe d'une « toundra forestière arbustive dense » à une « toundra forestière très dense » avec une production de pollen arboréen vraiment étonnante (RICHARD, 1980). Les macrofossiles ligneux (GAGNON et PAYETTE, 1980) indiquent qu'entre 3500 et 2600 se place l'expansion maximale de la limite des arbres vers le Nord.

● *De 2430 à environ 1430 BP*: Vers 2430 BP, les sites de Vieux-Port-Burwell enregistrent deux événements d'importance paléogéographique inégale. Dans les diagrammes de la palse se produit le passage de la zone IV à la zone III. L'influx pollinique reste relativement faible; les Cypéracées continuent de dominer, mais pour la première fois dans l'histoire de la tourbe les Graminées se développent. En lui-même, ce phénomène est difficile à interpréter en termes climatiques. À des latitudes plus méridionales, au même moment, les diagrammes polliniques enregistrent un retrait de la forêt. Il date de 2400 BP à Kogaluk et de 2500 BP à Pyramid Hill, à Nain (SHORT et NICHOLS, 1978), ainsi qu'au lac de la Hutte Sauvage (McANDREWS et SAMSON, 1977).

Nous sommes donc en présence d'un refroidissement du climat. Bien marqué à la limite de la forêt, il ne s'exprime que faiblement dans les spectres de la toundra.

Au site C, à cette même période, apparaît la tourbe. Elle se développe sur un champ de blocs à 24 m d'altitude. Pourquoi ce retard de deux millénaires et demi sur la formation de la tourbe au site voisin des paises? NICHOLS (1969) et SHORT et ANDREWS (1980) montrent que le refroidissement climatique de 2500 BP a déterminé, en beaucoup d'endroits du Canada, la naissance de tourbières. Au site C, la cause immédiate est, nécessairement, une modification du drainage. Avant 2500 BP, le champ de blocs devait offrir une forte perméabilité. À partir de 2440 ± 85 BP, une imperméabilisation a dû se produire produisant, en été, des flaques d'eau stagnante entre les blocs et la possibilité du développement d'une tourbe minérotrophe. Compte tenu du contexte géomorphologique, un seul phénomène nous semble capable d'assurer une imperméabilisation du champ de blocs: l'installation du pergélisol, ou le relèvement de son toit, à la suite de la péjoration du climat.

● *Depuis 1430 ans BP*: Plusieurs événements se sont produits à Vieux-Port-Burwell. Le début de cette période, au site des paises, correspond à une remontée de la courbe des influx polliniques, ce qui traduit de meilleures conditions pour la croissance des plantes locales. Au site C, l'augmentation des Cypéracées plaide dans le même sens. Sans doute s'agit-il de l'effet du réchauffement climatique décelé par NICHOLS (1976) entre 1500 et 750 BP, dans le Keewatin. Le refroidissement de 750 BP, pourtant si net dans beaucoup de régions de l'hémisphère nord (BRYSON et WENDLAND, 1967; SCHLEDERMANN, 1976; ANDREWS et MILLER, 1979) n'a pas été enregistré à Vieux-Port-Burwell. En revanche, celui de 450 BP (ANDREWS et MILLER, 1979), décelé entre autres par PAYETTE et SÉGUIN (1979) et PAYETTE et LAJEUNESSE (1980) sur la côte ouest de la baie d'Ungava, transparaît dans le diagramme du site C par une baisse des Cypéracées et corrélativement une plus forte proportion des apports lointains. Dans les diagrammes A et B, les spectres sont, depuis 580 BP, influencés par la croissance de la palse.

C. L'HISTOIRE DE LA PALSE

La palse de Vieux-Port-Burwell existe depuis près de six cents ans. Un seul diagramme pollinique n'aurait pas suffi pour la dater. C'est la comparaison entre deux diagrammes proches, l'un au sommet et l'autre au pied de la butte, qui souligne, dans l'histoire du fen, la rupture introduite par son apparition. Avant 580 BP, les deux diagrammes présentent la même évolution; ils attestent par là l'absence de toute différence topographique entre les deux sites. Après cette date, la tourbe cesse de se former au site A, soulevé, alors qu'elle se développe à

un rythme accéléré, trois mètres plus loin, au site B (fig. 8). Le relief palsique date donc bien d'environ 580 ans BP.

A-t-il été causé par un refroidissement climatique? Probablement pas. Au Québec (DIONNE, 1978; HAMELIN et CAILLEUX, 1969; LAGAREC, 1973) comme en Scandinavie (ÅHMAN, 1977; SEPPÄLÄ, 1979) les palses se développent généralement dans des milieux climatiques beaucoup moins froids que celui de Port-Burwell. Elles exigent, pour se former, un pergélisol et de la tourbe. Si notre explication de la présence d'un fen au site C est bonne, le pergélisol existe dans la région depuis au moins deux millénaires et demi. Quant à la tourbe, elle est apparue à l'emplacement même de la palse, il y a 5000 ans. Dès lors, pourquoi la palse n'a-t-elle que 600 ans? Probablement parce qu'un seuil venait d'être franchi dans l'épaisseur de la tourbe. Celle-ci joue un rôle d'écran thermique considérable. Dans l'Ungava (GANGLOFF *et al.*, 1976; GRAY *et al.*, 1979) en août, le mollisol descend jusqu'à 6 m dans la roche en place, à environ 1,50 m dans les formations sablo-limoneuses et seulement à 40 ou 50 cm dans la tourbe. Au cours des cinq derniers millénaires, celle-ci n'a cessé de s'épaissir (fig. 8). Son rôle d'écran thermique, d'abord négligeable, n'a cessé de s'accroître. Vers 600 BP, elle venait de dépasser d'une dizaine de centimètres l'épaisseur critique de 40 cm. Le régime thermique du diamicton, sous la couche de tourbe, en a été modifié. En réagissant sur l'eau phréatique, ces nouvelles conditions auraient pu suffire à déclencher la formation de la palse. Certes, ce raisonnement est spéculatif; il l'est moins toutefois que le recours quasi automatique de certains chercheurs à des oscillations paléoclimatiques.

La palse a réagi sur l'épaisseur de la tourbe qui la recouvre. Dans le diagramme A, les zones IV, III et II sont compressées sur 29 cm, alors qu'au site B voisin elles s'étagent sur 49 cm. Ce tassement d'environ 40%, probablement dû au drainage de la tourbe exhaussée, n'a pas été compensé par la formation de tourbe ombrotrophe. Il s'agit là d'une différence essentielle avec ce qui se produit plus au sud, au golfe de Richmond (HEIM, 1976) par exemple, où l'écran thermique de la tourbe continue de s'accroître après l'apparition d'une palse. Celle-ci pourra s'élever de plusieurs mètres au-dessus de la tourbière. À Vieux-Port-Burwell, les conditions climatiques ne permettent que le développement de tourbe minérotrophe. Lorsque celle-ci dépasse une quarantaine de centimètres d'épaisseur, des palses peuvent se former. Dès qu'elles apparaissent, elles assèchent la tourbe exhaussée; celle-ci se tasse; son rôle d'écran thermique diminue et la croissance de la palse est bloquée. Cette boucle de rétroaction négative pourrait bien expliquer la forme en dômes surbaissés, peu élevés au-dessus des fens, que présentent les palses vers 60° de latitude nord.

CONCLUSIONS

Les diagrammes A, B et C, sur l'île de Killiniq, présentent une double signification. Sur le plan local, ils éclairent l'évolution géomorphologique au site archéologique de Vieux-Port-Burwell. À l'échelle du Québec-Labrador, ils comblent une importante lacune dans le réseau des analyses polliniques. Sous ces deux points de vues, ils ouvrent des perspectives de recherches nouvelles.

Depuis son exondation, trois périodes morphogénétiques se sont succédées à Vieux-Port-Burwell, à la cote d'altitude actuelle de 6 m.

1) *Une période charnière* entre l'épisode marin et l'équilibre périglaciaire est mise en évidence par la zone pollinique V. Dans le sud du Québec, les périodes charnières entre la régression champplainienne et la colonisation végétale des terres exondées correspondent à des phases de morphogénèse extrêmement originales (GANGLOFF, 1979). Le cadre rocheux et l'exiguïté des fonds meubles exondés expliquent probablement l'absence de traces d'une telle morphogénèse intense à Vieux-Port-Burwell. La brièveté de la période joue dans le même sens. Sa durée est probablement de l'ordre de la décennie, au maximum de l'ordre du siècle.

2) *Le développement du fen* occupe l'essentiel de l'histoire locale des cinq derniers millénaires. Pendant près de 4500 ans, la tourbe minérotrophe s'accumule au taux de 10,8 ou 10,9 mm par siècle. Les oscillations climatiques, notamment vers 3700 BP, 2500 BP et 1400 BP, se font sentir de manière atténuée dans les diagrammes. Elles n'entraînent pas de modification dans l'évolution du site. Ce qui ne veut pas dire qu'elles n'ont pas eu d'importance géomorphologique dans des régions voisines. Ainsi, au site C par exemple, l'oscillation froide de 2500 BP a vraisemblablement déterminé l'aggradation du pergélisol entraînant, par l'imperméabilisation superficielle du champ de blocs, l'apparition d'un nouveau fen.

3) *La formation de la palse*, il y a près de six cents ans, introduit un équilibre nouveau. Les quatre millénaires et demi de stabilité qui caractérisaient jusque-là le fen apparaissent, d'un point de vue géomorphologique, comme une lente phase de préparation à l'apparition de la palse. La couche de tourbe ne cesse de s'épaissir; son pouvoir isolant vis-à-vis des températures d'été ne cesse de s'accroître. Vers 600 BP, un seuil est franchi. La tourbe atteint une cinquantaine de centimètres d'épaisseur; le mollisol qui, auparavant pouvait se diffuser dans les dépôts meubles sous-jacents, n'atteint plus la base de la tourbe. La palse peut apparaître. Plutôt qu'une lente croissance linéaire au cours des six derniers siècles, la palynologie suggère une formation rapide suivie d'une phase de stabilité. C'est là la courbe d'évolution la plus commune pour les formes métriques

et décimétriques holocènes de l'Ungava; elle explique que la plupart des cercles de pierres, des ostioles, des talus d'éboulis, des cônes d'avalanches soient couverts de lichens ou de mousses et semblent donc reliques bien qu'ils se localisent dans un milieu périglaciaire autorisant largement leur développement. Plutôt que le froid, c'est très souvent la disponibilité en eau qui représente le facteur limitatif. À Vieux-Port-Burwell, une rétroaction de la palse sur la tourbe qui a autorisé sa formation est également intervenue. Dès que la butte se développe, les portions de tourbe exhausées se tassent; leur croissance est bloquée. Leur épaisseur et donc leur rôle d'écran thermique diminuent, ce qui inhibe l'évolution morphologique. Les surfaces de tourbe exhausées constituent, dans le fen, un milieu édaphique nouveau qui favorise les Graminées aux dépens des Cypéracées.

À l'échelle du Québec-Labrador, les diagrammes de Killiniq étaient des observations antérieures.

Les arbres, dans leur migration vers le nord, n'ont pas atteint l'île. Au cours des cinq derniers millénaires, les températures moyennes du mois le plus chaud n'y ont pas atteint 10°C, seuil à partir duquel les arbres auraient pu croître. Comme les moyennes de juillet s'élèvent actuellement à 7,5°C, l'amélioration des températures estivales au cours des réchauffements climatiques, notamment entre 5000 et 3700 BP, devait être inférieure à 2,5°C.

La période de 3700 à 2500 BP se caractérise par une évolution paradoxale de la végétation du Québec-Labrador. À Killiniq, la baisse brusque des influx polliniques indique, à partir de 3700 BP, des conditions moins favorables pour la croissance des plantes locales. Parallèlement, sur le côté ouest de la baie d'Ungava, dans la toundra, se produit un recul des arbustes. Or, au même moment, plus au sud, la limite des arbres progresse en latitude (rivière aux Feuilles) ou en altitude (lac de la Hutte Sauvage). Il y a donc eu, au cours de l'Holocène supérieur, des régions paléoclimatiques ayant connu des évolutions dissemblables. Leur étude exige une densification des diagrammes polliniques.

REMERCIEMENTS

Les recherches en analyse pollinique n'auraient pu être réalisées sans l'aide des membres du Laboratoire de palynologie et de paléophytogéographie de l'Université de Montréal. Nous voudrions particulièrement remercier Pierre Richard pour ses conseils et commentaires et Alayn Larouche pour la caractérisation des tourbes.

Anne Godmaire de l'université Laval a échantillonné et identifié la végétation du site. Les figures ont été mises au propre par Guy Frumignac. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre gratitude.

Ces travaux ont été financés par les fonds de l'université de Montréal, le C.R.S.N.G. et le ministère des Affaires indiennes et du Nord.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ÅHMAN, R. (1977): Palsar i Nordnorge (Résumé: Palsas in northern Norway), *Meddelanden fran Lunds Univ. Geogr. Inst.*, Avhand. 78, 165 p.
- ANDREWS, J. T. et MILLER, G. H. (1979): Climatic change over the last 1000 years, Baffin Island, N.W.T., in McCARTNEY, A. P., *Thule Eskimo Culture: An Anthropological Retrospective*, Comm. archéol. Can., p. 541-554.
- ANDREWS, J. T., WEBER, P. J. et NICHOLS, H. (1979): A late Holocene pollen diagram from Pangnirtung Pass, Baffin Island, N.W.T., Canada, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, n° 27, p. 1-28.
- BERGLUND, B. E. (édit.) (1979): *Paleohydrological changes in the temperate zone in the last 15000 years. Subproject B: Lake and mire environments*, Vol. 1, General project description, IGCP 158, 123 p.
- BIRKS, J. H. B. (1968): The identification of *Betula nana* pollen, *New Phytol.*, n° 67, p. 309-314.
- BROWN, R. J. E. (1978): Pergélisol, pl. 32 de l'Atlas hydrologique du Canada, Ottawa, Pêches et Environnement Canada.
- BRYSON, R. A. et WENDLAND, W. M. (1967): Tentative climatic patterns for some late-glacial and post-glacial episodes in central North America in MAYER-OAKES, W. (édit.), *Life, Land and Water*, Univ. Manitoba Press, Winnipeg, p. 271-298.
- DAVIS, A. M. (1980): Modern pollen spectra from the tundra-boreal forest transition in northern Newfoundland, Canada, *Boreas*, vol. 9, n° 2, p. 89-100.
- DIONNE, J.-C. (1978): Formes et phénomènes périglaciaires en Jamésie, Québec subarctique, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 32, n° 3, p. 187-247.
- FAEGRI, K. et IVERSEN, J. (1964): *Textbook of pollen analysis*, Munksgaard, Copenhagen, 237 p.
- FALCONNER, G., IVES, J. D., LØKEN, O. H. et ANDERSON, J. T. (1965): Major end moraines in Eastern and Central Arctic Canada, *Geogr. Bull.*, vol. 7, n° 2, p. 137-153.
- GAGNON, R. et PAYETTE, S. (1980): Fluctuations holocènes de la limite des arbres au Nouveau-Québec, Résumé, 4^e Colloque sur le Quaternaire du Québec, Univ. Laval.
- GANGLOFF, P. (1979): Signification paléoclimatique des géli-formes reliques du Québec méridional, *Biul. peryglacjalny*, Lodz, vol. 29, p. 185-195.
- GANGLOFF, P., GRAY, J. T. et HILLAIRES-MARCEL, C. (1976): Reconnaissance géomorphologique de l'ouest de la baie d'Ungava, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 30, n° 4, p. 367-373.
- GODARD, A. (1979): Reconnaissance dans l'extrémité nord du Labrador et du Nouveau-Québec, contribution à l'étude géomorphologique des socles des milieux froids, *Rev. Géomorphol. dynam.*, vol. 38, n° 4, p. 125-142.

- GRAY, J. T., PILON, J. A. et POITEVIN, J. (1979): Le pergélisol et la couche active dans la toundra forestière au sud de la baie aux Feuilles, Nouveau-Québec, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 33, nos 3-4, p. 253-264.
- GRAYSON, J. F. (1957): *The postglacial history of vegetation and climate in the Labrador-Quebec region as determined by palynology*, thèse de Ph.D., Univ. Michigan, Ann Arbor, 252 p.
- HAMELIN, L.-E. et CAILLEUX, A. (1969): Les paises dans le bassin de la grande-rivière de la Baleine, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 23, n° 3, p. 329-337.
- HARE, K. F. et THOMAS, M. K. (1979): *Climate Canada*, 2^e éd., John Wiley, 230 p.
- HARVEY, L. D. (1980): Solar variability as a contributing factor to Holocene climatic change, *Progress in Phys. Geogr.*, vol. 4, n° 4, p. 487-530.
- HEIM, J. (1970): *Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale*, Univ. de Louvain, Lab. de palynologie et phytosociologie, 181 p.
- (1976): Étude palynologique d'une paise de la région du Golfe de Richmond (Nouveau-Québec, Canada), *Cah. Géogr. Qué.*, vol. 20, n° 50, p. 221-238.
- HILLAIRE-MARCEL, C. (1979): *Les mers postglaciaires du Québec: quelques aspects*, thèse de doctorat, t. I, 283 p., t. II, 26 pl. 241 fig.
- IVES, J. D. (1978): The maximum extent of the Laurentide ice sheet along the east coast of North America during the last glaciation, *Arctic*, vol. 31, n° 1, p. 24-53.
- JORDAN, R. (1975): Pollen diagrams from Hamilton Inlet, Central Labrador, and their environmental implications for the northern maritime Archaic, *Arct. Anthro.*, vol. XII, n° 2, p. 92-116.
- JØRGENSEN, S. (1967): A method of absolute pollen counting, *New Phytol.*, n° 66, p. 489-493.
- KLIEWE, H. et LANGE, E. (1971): Korrelationen zwischen pollenanalytischen und morphogenetisch-stratigraphischen Untersuchungen, dargestellt an Holozänablagerungen an Rügen, *Peterman's Geogr. Mitteilungen*, n° 1, p. 4-8, 5 fig., 4 tabl.
- LAGAREC, D. (1973): Éléments de la morphologie cryogène du golfe de Richmond, Nouveau-Québec, *Cah. Géogr. Qué.*, vol. 17, n° 2, p. 465-482.
- LAROUCHE, A. et RICHARD, P. (1980): *Étude des macrofossiles de la tourbière de la région de Farnham: identification, collection de référence, rapport d'étape*, Dép. de géographie, Univ. de Montréal, inédit, 43 p., 15 pl.
- LØKEN, O. H. (1962): The late-glacial and post-glacial emergence and the deglaciation of northernmost Labrador, *Geogr. Bull.*, vol. 17, p. 23-56.
- McANDREWS, J. H. et SAMSON, G. (1977): Analyse pollinique et implications archéologiques et géomorphologiques, lac de la Hutte Sauvage (Mushuau Nipi), Nouveau-Québec, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 31, nos 1-2, p. 177-183.
- MORRISON, A. (1966): *Glacial geomorphology of the Churchill Falls area, Labrador*, thèse de Ph.D., McGill Univ., Montréal.
- (1970): Pollen diagrams from interior Labrador, *Can. J. Bot.*, vol. 48, n° 11, p. 1957-1975.
- NICHOLS, H. (1967): The post-glacial history of vegetation and climate at Ennadaï Lake, Keewatin, and Lynn Lake, Manitoba, Canada, *Eiszeitalter und Gegenwart*, n° 18, p. 176-197.
- (1969): Chronology of peat growth in Canada, *Pal. Pal.*, vol. 6, p. 61-65.
- (1976): Historical aspects of the northern Canadian treeline, *Arctic*, vol. 29, n° 1, p. 38-47.
- NICHOLS, H., KELLY, P. M. et ANDREWS, J. T. (1978): Holocene palaeo-wind evidence from palynology in Baffin Island, *Nature*, vol. 273, n° 5658, p. 140-142.
- PAYETTE, S. et SÉGUIN, M. K. (1979): Les buttes minérales cryogènes dans les basses terres de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 33, nos 3-4, p. 339-358.
- PAYETTE, S. et LAJEUNESSE, R. (1980): Les combes à neige de la rivière aux Feuilles (Nouveau-Québec): indications paléoclimatiques holocènes, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 34, n° 2, p. 209-220.
- RICHARD, P. (1977): Végétation tardiglaciaire au Québec méridional et implications paléoclimatiques, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 31, nos 1-2, p. 161-176.
- (1980): Paléophytogéographie postglaciaire en Ungava, par l'analyse pollinique, *Paléo-Québec*, n° 13, 115 p. (sous presse).
- SCHLEDERMANN, P. (1976): The effect of climatic, ecological changes on the style of Thule culture winter dwellings, *Arctic and Alpine Res.*, vol. 8, n° 1, p. 37-47.
- SEPPÄLÄ, M. (1979): Recent palsa studies in Finland, in VASARI, Y., SAARNISTO, M. et SEPPÄLÄ, M., *Palaeohydrology of the temperate zone, Acta Universitatis Ouluensis*, Geologica n° 3, p. 81-87.
- SHORT, S. K. (1978): Palynology: a Holocene environmental perspective for archaeology in Labrador-Ungava, *Arct. Anthro.*, vol. 15, n° 2, p. 9-35.
- SHORT, S. K. et NICHOLS, H. (1977): Holocene pollen diagrams from subarctic Labrador-Ungava: vegetational history and climatic change, *Arctic and Alpine Res.*, vol. 9, n° 3, p. 265-290.
- SHORT, S. K. et ANDREWS, J. T. (1980): Palynology of six middle and late Holocene peat sections, Baffin Island, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 34, n° 1, p. 61-75.
- TROELS-SMITH, J. (1955): Characterisation of unconsolidated sediments, *Geol. Surv. Denmark, Serv. IV*, vol. 3, n° 10, p. 41-73.
- WENNER, C. G. (1947): Pollen diagrams from Labrador, *Geogr. Ann.*, vol. 29, p. 137-374.
- YOUNG, S. B. (1971): *The vascular flora of St. Lawrence Island with special reference to the floristic zonation of the arctic regions*, Contrib. Gray Herb., Harvard Univ., n° 20, 115 p.

APPENDICE

Liste des taxons qui n'apparaissent pas dans les diagrammes en raison de leur rareté.

VPB «A»

Populus cf. tremuloïdes : 0,1% à 3 cm ; 0,5% à 37 cm
Fraxinus cf. nigra : 0,1% à 3 cm
Quercus : 0,5% à 35 cm
Abies : 0,2% à 27 cm
Larix : 0,2% à 0 cm
Juglans : 0,3% à 29 cm
Ty. Thuya : 0,1% à 3 cm ; 0,1% à 5 cm
Alnus cf. rugosa : 0,5% à 0 cm ; 0,8% à 3 cm ; 0,3% à 7 cm ; 0,2% à 9 cm ; 0,1% à 11 cm ; 0,1% à 13 cm ; 0,2% à 17 cm ; 0,2% à 19 cm ; 0,3% à 23 cm ; 0,6% à 25 cm ; 0,6% à 29 cm
Myrica gale : 0,3% à 15 cm
Ambrosia : 0,2% à 27 cm ; 1,8% à 35 cm ; 0,5% à 37 cm ; 1,2% à 39 cm
Tubuliflorae : 0,2% à 0 cm ; 0,1% à 5 cm ; 0,4% à 9 cm ; 0,1% à 11 cm ; 0,1% à 13 cm ; 0,3% à 25 cm ; 0,3% à 29 cm ; 0,5% à 35 cm ; 1,5% à 37 cm
Chenopodiaceae : 0,1% à 5 cm ; 0,3% à 7 cm ; 0,1% à 25 cm ; 1% à 37 cm ; 1,2% à 39 cm
Rosaceae : 0,1% à 3 cm ; 0,1% à 11 cm ; 0,1% à 21 cm ; 0,2% à 25 cm ; 0,2% à 27 cm ; 1,3% à 35 cm ; 2,6% à 37 cm ; 1,2% à 39 cm
Saxifragaceae : 0,1% à 3 cm ; 0,1% à 5 cm ; 0,3% à 15 cm ; 0,1% à 25 cm ; 0,9% à 35 cm
Leguminosae : 0,1% à 21 cm ; 0,2% à 31 cm
Polygonaceae : 0,3% à 11 cm ; 0,1% à 15 cm
Cruciferae : 0,1% à 3 cm ; 0,3% à 7 cm
Liguliflorae : 0,1% à 13 cm ; 0,1% à 15 cm ; 0,1% à 25 cm ; 0,5% à 31 cm
Lycopodium ty. annotinum : 0,7% à 3 cm ; 0,1% à 5 cm ; 0,3% à 7 cm ; 0,1% à 15 cm ; 0,2% à 17 cm ; 0,3% à 23 cm ; 0,2% à 25 cm ; 0,2% à 27 cm ; 0,6% à 29 cm ; 0,9% à 35 cm ; 1,2% à 39 cm
Lycopodium ty. clavatum : 0,2% à 0 cm ; 0,1% à 3 cm ; 0,1% à 5 cm ; 0,2% à 9 cm ; 0,1% à 13 cm ; 0,1% à 15 cm ; 0,2% à 17 cm ; 0,1% à 25 cm ; 0,2% à 27 cm
Lycopodium ty. selago : 0,1% à 3 cm ; 0,2% à 9 cm ; 0,1% à 11 cm ; 0,3% à 29 cm ; 0,5% à 37 cm
Sphagnum : 0,7% à 0 cm ; 0,1% à 3 cm ; 0,1% à 5 cm ; 0,8% à 7 cm ; 0,1% à 9 cm ; 0,8% à 11 cm ; 0,2% à 17 cm ; 0,8% à 19 cm ; 0,5% à 21 cm ; 0,2% à 25 cm ; 0,9% à 35 cm ; 0,5% à 37 cm
Osmunda cinnamomea : 0,3% à 13 cm
Selaginella : 0,3% à 29 cm ; 0,5% à 37 cm ; 1,2% à 39 cm
Pediastrum : 1,5% à 37 cm
Spores monolètes : 0,2% à 19 cm ; 0,1% à 21 cm ; 0,1% à 25 cm
Spores trilètes : 0,4% à 5 cm ; 0,3% à 7 cm ; 2,1% à 9 cm ; 1,3% à 11 cm ; 0,3% à 13 cm ; 0,4% à 19 cm ; 0,3% à 21 cm ; 0,3% à 23 cm ; 0,2% à 25 cm ; 0,8% à 27 cm ; 0,3% à 29 cm ; 0,9% à 35 cm ; 5,7% à 37 cm ; 2,5% à 39 cm

VPB «B»

Populus cf. tremuloïdes : 0,9% à 12 cm ; 0,1% à 18 cm ; 0,2% à 30 cm ; 0,1% à 32 cm ; 0,4% à 40 cm ; 0,3% à 48 cm
Fraxinus cf. nigra : 0,3% à 10 cm
Fagus : 0,1% à 18 cm
Quercus : 0,2% à 28 cm
Ty. Thuya : 0,1% à 16 cm
Ulmus : 0,2% à 26 cm ; 0,1% à 34 cm
Acer saccharum : 0,5% à 18 cm ; 0,2% à 28 cm
Acer pennsylvanicum : 0,1% à 16 cm
Juglans : 0,1% à 18 cm
Tsuga : 0,1% à 16 cm
Alnus cf. rugosa : 0,1% à 0 cm ; 0,3% à 10 cm ; 0,4% à 12 cm ; 0,2% à 14 cm ; 0,3% à 16 cm ; 1,6% à 18 cm ; 0,3% à 22 cm ; 0,2% à 24 cm ; 0,4% à 28 cm ; 0,1% à 34 cm ; 0,4% à 48 cm
Corylus cornuta : 0,4% à 12 cm ; 0,1% à 18 cm ; 0,1% à 22 cm ; 0,7% à 34 cm
Viburnum : 0,1% à 18 cm
Myrica gale : 0,2% à 30 cm
Ambrosia : 0,1% à 10 cm ; 0,4% à 12 cm ; 0,1% à 20 cm ; 0,1% à 22 cm ; 0,4% à 24 cm ; 0,2% à 26 cm ; 0,2% à 30 cm ; 0,2% à 40 cm ; 0,1% à 44 cm
Tubuliflorae : 0,1% à 10 cm ; 0,2% à 12 cm ; 0,1% à 22 cm ; 0,2% à 24 cm ; 0,1% à 32 cm ; 0,4% à 40 cm ; 0,1% à 44 cm
Chenopodiaceae : 0,5% à 20 cm ; 0,1% à 22 cm ; 0,3% à 42 cm ; 0,1% à 44 cm
Rosaceae : 0,1% à 10 cm ; 0,4% à 12 cm ; 0,1% à 18 cm ; 0,1% à 20 cm ; 0,1% à 22 cm ; 0,5% à 30 cm ; 0,5% à 32 cm ; 0,3% à 34 cm ; 0,1% à 38 cm ; 0,5% à 40 cm ; 0,9% à 42 cm ; 0,1% à 48 cm
Saxifragaceae : 0,2% à 18 cm ; 0,2% à 28 cm ; 0,1% à 34 cm ; 0,1% à 44 cm
Saxifraga ty. cernua : 0,2% à 24 cm
Leguminosae : 0,1% à 10 cm ; 0,2% à 14 cm ; 0,5% à 16 cm ; 1% à 18 cm ; 0,1% à 22 cm
Polygonum viviparum : 0,1% à 18 cm ; 0,1% à 34 cm
Cruciferae : 0,1% à 22 cm ; 0,2% à 24 cm ; 0,3% à 32 cm ; 0,1% à 36 cm
Liguliflorae : 0,1% à 0 cm
Epilobium angustifolium : 0,1% à 32 cm
Onagraceae : 0,3% à 0 cm
Nemopanthus : 0,1% à 0 cm
Sparganium : 0,1% à 16 cm
Typha ty. angustifolia : 0,1% à 16 cm ; 0,1% à 18 cm
Selaginella : 0,1% à 18 cm ; 0,3% à 42 cm
Sphagnum : 0,1% à 0 cm ; 0,7% à 10 cm ; 1,4% à 12 cm ; 0,2% à 14 cm ; 1,5% à 16 cm ; 1% à 18 cm ; 0,6% à 20 cm ; 0,9% à 22 cm ; 0,6% à 24 cm ; 0,5% à 26 cm ; 2,3% à 28 cm ; 1,6% à 30 cm ; 2,5% à 32 cm ; 0,5% à 34 cm ; 1,4% à 36 cm ; 0,1% à 38 cm ; 0,2% à 40 cm ; 1,5% à 42 cm ; 1% à 44 cm ; 1,1% à 46 cm ; 0,1% à 48 cm
Equisetum arvense : 0,2% à 24 cm
Dryopteris : 0,2% à 24 cm

- Sagittaria* : 0,1% à 10 cm ; 0,7% à 12 cm ; 0,1% à 20 cm ; 0,1% à 22 cm
- Spores monolètes : 0,3% à 16 cm ; 0,1% à 18 cm ; 0,1% à 20 cm ; 0,2% à 30 cm ; 0,8% à 32 cm ; 0,3% à 34 cm ; 0,1% à 36 cm ; 0,2% à 40 cm ; 0,1% à 44 cm ; 0,1% à 46 cm
- Spores trilètes : 0,1% à 10 cm ; 0,2% à 14 cm ; 0,9% à 16 cm ; 1,2% à 18 cm ; 1% à 22 cm ; 0,6% à 24 cm ; 0,2% à 26 cm ; 2,6% à 28 cm ; 0,8% à 32 cm ; 0,1% à 34 cm ; 0,1% à 44 cm ; 0,1% à 46 cm
- Lycopodium ty. annotinum* : 0,2% à 14 cm ; 0,1% à 18 cm ; 0,1% à 20 cm ; 0,1% à 22 cm ; 0,2% à 24 cm ; 0,4% à 28 cm ; 0,2% à 30 cm ; 0,4% à 40 cm ; 0,3% à 42 cm ; 0,1% à 48 cm
- Lycopodium ty. clavatum* : 0,2% à 28 cm ; 0,1% à 36 cm ; 0,3% à 42 cm
- Lycopodium ty. selago* : 0,2% à 12 cm ; 0,2% à 14 cm ; 0,2% à 22 cm ; 0,2% à 26 cm ; 0,1% à 46 cm ; 0,1% à 48 cm
- VPB « C »
- Abies* : 0,1% à 10 cm ; 0,1% à 14 cm ; 0,1% à 16 cm
- Ty. Thuja* : 0,2% à 4 cm
- Populus cf. tremuloïdes* : 0,1% à 6 cm ; 0,5% à 8 cm ; 0,6% à 10 cm ; 0,3% à 12 cm ; 0,4% à 14 cm ; 0,6% à 16 cm ; 0,2% à 20 cm
- Quercus* : 0,1% à 8 cm ; 0,2% à 16 cm
- Tsuga* : 0,1% à 10 cm
- Fraxinus ty. nigra* : 0,1% à 8 cm ; 0,1% à 18 cm
- Alnus cf. rugosa* : 0,2% à 4 cm ; 0,1% à 10 cm ; 0,4% à 14 cm ; 0,1% à 16 cm ; 0,3% à 18 cm ; 0,2% à 20 cm ; 0,6% à 22 cm
- Corylus cornuta* : 0,1% à 6 cm ; 0,1% à 18 cm
- Ambrosia* : 0,3% à 0 cm ; 0,1% à 10 cm ; 0,1% à 14 cm ; 0,1% à 16 cm ; 0,5% à 18 cm ; 0,4% à 20 cm
- Tubuliflorae : 0,5% à 4 cm ; 0,2% à 6 cm ; 0,3% à 8 cm ; 0,1% à 10 cm ; 0,4% à 14 cm ; 0,3% à 18 cm ; 0,2% à 20 cm ; 0,4% à 22 cm
- Chenopodiaceae : 0,2% à 4 cm ; 0,3% à 6 cm ; 0,1% à 8 cm ; 0,3% à 18 cm ; 0,1% à 22 cm
- Cruciferae : 0,5% à 4 cm ; 0,1% à 6 cm ; 0,5% à 8 cm ; 0,4% à 12 cm ; 0,3% à 18 cm ; 0,4% à 20 cm
- Rosaceae : 0,1% à 6 cm ; 0,2% à 10 cm ; 0,1% à 14 cm ; 0,3% à 16 cm ; 0,5% à 18 cm ; 0,2% à 20 cm
- Koenigia islandica* : 0,1% à 6 cm
- Leguminosae : 0,1% à 10 cm ; 0,1% à 14 cm
- Saxifragaceae : 0,1% à 10 cm ; 0,1% à 12 cm ; 0,1% à 14 cm ; 0,3% à 18 cm ; 0,1% à 22 cm
- Polygonum viviparum* : 0,1% à 22 cm
- Lycopodium ty. annotinum* : 1% à 0 cm ; 0,5% à 4 cm ; 0,1% à 6 cm ; 0,1% à 12 cm ; 0,2% à 14 cm ; 0,1% à 16 cm ; 1,2% à 18 cm ; 0,7% à 22 cm
- Lycopodium ty. clavatum* : 0,5% à 8 cm ; 0,1% à 12 cm ; 0,7% à 18 cm ; 0,1% à 22 cm
- Lycopodium ty. selago* : 2,2% à 4 cm ; 0,9% à 6 cm ; 0,3% à 8 cm ; 0,4% à 12 cm ; 0,4% à 14 cm ; 0,1% à 16 cm ; 0,8% à 18 cm ; 0,2% à 20 cm ; 0,4% à 22 cm
- Spores monolètes : 0,1% à 6 cm ; 0,1% à 10 cm ; 0,1% à 12 cm ; 0,2% à 16 cm ; 0,7% à 18 cm ; 0,1% à 22 cm
- Spores trilètes : 1,7% à 4 cm ; 0,8% à 6 cm ; 1,3% à 8 cm ; 0,6% à 10 cm ; 4,9% à 12 cm ; 2,2% à 14 cm ; 2,6% à 16 cm ; 7% à 18 cm ; 1,9% à 20 cm ; 5,8% à 22 cm