

André Cailleux*

Québec-Paris

ÉOLISATIONS PÉRIGLACIAIRES QUATÉRNAIRES AU CANADA

Abstract

In Canada and (or) the northern United States (Table I), rounded and smoothened dull quartz sand grains (RM), 0,5 to 1 mm in length, due to wind-wearing, are very numerous (60 to 95%) in the Precambrian, Cambrian and Ordovician loose sandstones studied, less numerous (0 to 30%, mean: 6%) in the Cretaceous sands.

In Canada, in the Quaternary and Recent deposits (Table II, about 300 samples studied), such RM grains are more abundant in dunes, eolian covers, loesses and sands with ventifacts (median value: 19%) than in the drift, fluvial, lacustrine or marine deposits (5%), which is not surprising. In Southern Canada, as almost anywhere else in the World, they are very scarce (average: 2 to 6%) in the mountains (Appalachians, Cordilleras) and on the Precambrian Shield, both regions where non-worn grains NU are highly prevailing (average: 78 to 94%). In full contrast, in the Prairies, the non-worn grains are minimal (average: 47%) and clean wind-worn ones attain their maximal averages: 22% in Manitoba, 35% in Saskatchewan, 47% in Alberta.

Since elsewhere rehandling of older, prequaternary wind-worn grains (RS) is recognizable, and furnishes, outside the Prairies, only small percentages (average: 4 to 12%) the strong wind-wearing detected in the Prairies must be of Quaternary age. The classical Quaternary of Medicine Hat confirms it clearly (Table V): at the bottom, resting on Cretaceous sands, only 7% of wind-worn RM, against 70% at the top.

Certainly, the wind-action has been enhanced, in the Prairies, since at least the Eocene and until now by the well-known continentality and relative aridity. But its renewed outbreak in the Quaternary requires other favouring factors: most probably, during the cold phases, the low temperature and frost, which thwarted the vegetal cover and let the ground freely exposed to the strong winds. This periglacial explanation is supported by the association, in the Quaternary of Edmonton, of high percentages of wind-worn grains, to unequivocal signs of cold climate, such as involutions, pseudomorphoses of typical ice-wedges, sand-wedges... etc., testifying of mean annual temperatures of at least -2° to -6°C , against $+2$ to $+4^{\circ}\text{C}$ presently.

The criterion (shape and aspect of sand grains) on which this paper is principally based has been more fully exposed and discussed in English in Cailleux (1969).

POSITION DE LA QUESTION

Les actions du vent sur le sol, les roches et le relief dans les régions froides ou très froides – qu'on a convenu d'appeler *actions éoliennes périglaciaires* – ont fait l'objet, pour l'actuel, d'études assez nombreuses dans l'Arctique et l'Antarctique, et pour le Quaternaire, d'études nombreuses en Europe, plus rares en Asie et dans les Amériques.

Le présent travail a pour but de contribuer à leur connaissance au Canada.

* Centre d'Etudes Nordiques et Institut de Géographie, Université Laval, Québec 10, Canada.

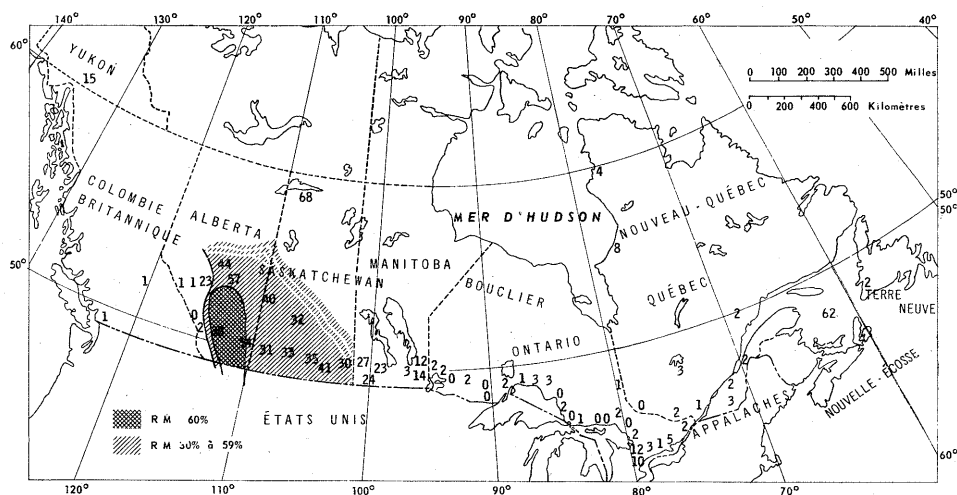


Fig. 1. Pourcentage des grains ronds-mats et émoussés-mats propres, façonnés par le vent, dans les sédiments quaternaires et actuels du Canada. Quartz de 0,7 mm long net maximum dans les Prairies (Alberta, Saskatchewan, Manitoba)

Dans les régions périglaciaires, l'action géologique ou géomorphologique du vent est conditionnée ou favorisée, suivant les lieux, par l'absence de végétation ou sa rareté, la fréquence des vents violents, la faiblesse des précipitations et enfin l'étendue des terrains occupés par des débris fins (sables, limons), débris pouvant résulter, entre autres, de la gélifraction et de leur transport par les eaux de fonte des neiges et des glaces.

Mais d'une part, telles ou telles de ces conditions peuvent manquer dans certaines régions froides. D'autre part, l'action du vent peut évidemment être conditionnée par d'autres facteurs bien connus: l'aridité dans les déserts chauds, la contiguïté à des plages marines ou lacustres, les défrichements et autres interventions de l'homme... etc. De sorte qu'en présence de signes d'action du vent, en un lieu, il faut toujours se demander s'ils relèvent bien de conditions périglaciaires, ou d'autres: la question se pose, par exemple, entre Novosibirsk et la Caspienne et d'une manière aigüe au Canada, comme nous allons le voir plus loin.

D'autre part, en chaque cas, et notamment au Canada, il y a lieu de se demander si l'action du vent, dont on observe les signes, est actuelle, ou quaternaire, ou plus ancienne. Par exemple, en Islande (Cailleux, 1942), les admirables blocs façonnés (éologlyptolithes) géants de Gunnarsholt ne sont peut-être pas dus au vent actuel, mais à un vent quaternaire plus fort; puis ils ont pu être ensevelis sous des limons et sables éoliens dont on voit encore des témoins au voisinage; enfin le vent actuel se serait borné à les

exhumer. On peut se poser la même question pour les très beaux éologlyptolithes signalés par T. H. Clark et J. A. Elson (1961) à Charette, au Nord de Trois-Rivières, entre Montréal et Québec.

Les principaux signes d'action du vent utilisés par les auteurs sont le façonnement du substrat rocheux (cas rarissimes) celui de cailloux ou blocs en éologlyptolithes (bien plus fréquents), celui des grains de sable (répandus partout), les dunes (rares et basses en milieu périglaciaire sévère) et enfin les placages et manteaux (beaucoup plus fréquents dans ce milieu) faits de sables éoliens, ou nivéo-éoliens (neige ÷ sable) ou encore de loess.

VARIATION DE L'INTENSITÉ DES ACTIONS ÉOLIENNES PÉRIGLACIAIRES DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

Les résultats essentiels, acquis à ce jour, peuvent se résumer comme suit.

En montagne, presque toujours l'action géomorphologique du vent est faible, les grains de sable sont non-usés et les formes d'accumulation sont rares et peu étendues faute d'espace suffisant et aussi parce que le sable est évacué très vite par les torrents. On connaît pourtant quelques exceptions, qui n'en sont que plus méritoires, par exemple dans la nature actuelle en Asie centrale Soviétique et dans la vallée de Victoria (Antarctique), et au Quaternaire dans le Velay (Massif central français).

En pays de plaine ou de collines, de nos jours, dans l'Arctique, les actions éoliennes périglaciaires existent, mais sont le plus souvent modestes, comme l'ont bien montré, au Canada, les travaux de Bird (1967), de Pissart (1966) et de Saint-Onge (1965) et des auteurs qu'ils citent en bibliographie. Il en va de même, semble-t-il, dans l'Arctique soviétique et au Groenland, sauf les petites exceptions signalées par Hobbs (1931) et Boyé (1950). C'est seulement sous le climat sévère de la bordure Antarctique qu'on trouve, dans les rares endroits sans glace ni roche nue, et malgré la proximité défavorable des monts, des actions éoliennes intenses: dunes, manteaux de sables éoliens et nivéo-éoliens, éologlyptolithes, pourcentage de grains ronds-mats ou émoussés-mats très fort, en moyenne 70% (Michel, 1964).

Au Quaternaire, en Europe, dans les plaines de la bordure périglaciaire qui va de France (et même du Portugal) à la Belgique, la Hollande, l'Allemagne, le Danemark, la Pologne, Moscou et jusqu'au Timan, à la Petchora et à l'Océan Glacial Arctique, à en juger par les grains de sable et les éologlyptolithes, les actions éoliennes périglaciaires, associées à des signes certains de froid (fentes en coin, mares de pingo... etc.) ont été très fortes (Cailleux, 1942), aussi fortes qu'au Sahara de nos jours, bien plus étendues et plus intenses que dans l'Arctique actuel. Puis, après —8000 BC, quand l'inlandsis nord-européen Wurm (= Wisconsin) s'est retiré pour la dernière

fois, sur le Bouclier Baltique elles sont devenues beaucoup plus faibles, et la végétation a pris pied rapidement derrière le front glaciaire en retrait. On constate ainsi ce fait paradoxal que c'est la bordure quaternaire nord-européenne qui nous offre les signes de l'action éolienne périglaciaire la plus intense, plus même que l'Arctique de nos jours. Elle le doit probablement à son climat alors très froid, au caractère continental, donc sec, des vents d'est hivernaux, enfin aux vastes plaines sédimentaires, où les sables séjournaient longtemps, proie offerte au vent. Par contre sur le Bouclier Baltique (et aussi dans les autres massifs anciens, comme la Bretagne) la roche dure et la topographie en moyenne plus accidentée offraient au vent des conditions moins favorables: ce qui contribue à expliquer la rareté des signes d'action éolienne en ces lieux, sauf exceptions comme celles du Velay et de l'Antarctique. Sur le Bouclier Baltique, du fait du retard de la fonte sur le réchauffement climatique, la végétation forestière reprenait très vite possession des espaces que venait de libérer l'inlandsis, contribuant ainsi à réduire l'action du vent sur le sol (Cailleux, 1942), ce que confirme très bien l'analyse pollinique.

En Sibérie, on a signalé (Cailleux, 1969 et 1971) des traces de fortes actions éoliennes quaternaires dans les bassins de l'Ob et de la Lena, en Transbaïkalie et jusque dans la dépression centrale du Kamtchatka: jalons possibles prolongeant vers l'Est, au-delà de l'Oural, la bordure nord-européenne. Comme toutes ces régions sibériennes sont aujourd'hui forestées, ces actions ne sont pas dues au vent actuel (sauf reprises locales), mais quaternaire, et donc à un climat plus froid que l'actuel ou plus aride, ou les deux: la question a été posée ailleurs (Cailleux, 1971).

En Amérique du Nord, des signes d'action éolienne ont été signalés de longue date. Les dépôts éoliens quaternaires et actuels des USA et du Sud Canada ont fait l'objet d'une bonne carte par (H. T. U. Smith, 1952). Les loess ont été interprétés à juste raison comme formés principalement sous climat froid. Mais l'influence périglaciaire possible sur les autres dépôts et signes d'éolisation n'a été envisagée que rarement (1 travail sur 144 dans la bonne bibliographie du périglaciaire du Québec publiée par Dionne en 1968) et a reçu peu d'audience. C'est surtout Péwé (1951 et 1965) qui a souligné son importance en Alaska, tant au Quaternaire que de nos jours. Plus au Sud, l'auteur du présent travail a montré en 1937 qu'elle est sensible au coeur du continent, en Saskatchewan, et qu'elle diminue quand on se dirige vers les régions plus maritimes de l'Est, en Nouvelle-Angleterre. Mais ses observations personnelles n'avaient porté alors que sur 31 échantillons de sables ou tills aimablement communiqués par MM. Allan, T. H. Clark, Cockfield, Douglas, Edmunds, Hobbs, Johnston, Powers et Rothrock. Une étude plus étoffée s'impose donc.

CHOIX DES CRITÈRES UTILISÉS

Pour aboutir rapidement à une vue d'ensemble, on ne peut pas s'adresser aux loess, qui exigeraient d'abord des études de détail longues et donc coûteuses. Il en va de même de la morphologie et de la stratigraphie des dunes, qui font d'ailleurs l'objet de la thèse, en cours, de notre confrère P. David.

En revanche, nous avons utilisé les éologlyptolithes, l'état fixé ou vif des dunes, dont nous avons observé une quinzaine de champs, cités dans le Tableau V; enfin et surtout les formes et aspects de grains de sable de 0,5 à 1 mm de long, principalement des quartz. Rappelons que ces grains s'étudient sur échantillons lavés à HCL s'il y a lieu, puis à l'eau, puis séchés. On observe au binoculaire, sur fond noir, par réflexion, avec une source lumineuse ponctuelle, sans verre dépoli. On distingue ainsi trois sortes principales de grains:

NU – Non-usés, généralement anguleux. A faces soit brillantes, soit ternes.

EL – Émoussés-luisants, à sommets et arêtes émoussés lisses, réfléchissant bien la lumière. Résultat de l'usure par l'eau. Subanguleux si l'usure a été faible ou courte, subarrondis si elle a été forte et longue (plages de la mer ou de très grands lacs).

RM et RS – Ronds-mats ou émoussés mats dits propres (RM) ou sales (RS), à surface constellée de marques de chocs mutuels. Résultat de l'usure dans l'air, par le vent. Les grains RS sont remaniés de grès anciens (au Canada, surtout Précambriens ou Paléozoïques) et ils se distinguent des grains ronds-mats plus récents, avec plus ou moins de facilité, par les traces de ciment quartzueux ou ferrugineux, la présence de grains doubles ou de grains cassés, l'absence de transition entre eux et les grains non-usés récents, enfin la dimension souvent plus grande de ces derniers. Les deux derniers signes permettent aussi de discerner si des grains EL (émoussés-luisants) ont été usés par l'eau récemment, ou sont au contraire remaniés d'une formation antérieure, ce qui arrive parfois dans les Prairies canadiennes.

L'interprétation des grains ronds-mats RM (et RS) comme façonnés par le vent, avait été un moment contestée par Kuenen et ses collaborateurs, à la suite d'expériences infructueuses, mais elle a été ensuite amplement confirmée par les expériences, réussies, de Schneider (1970) et de Pachur (1966) et par les photographies au microscope électronique à balayage (Cailleux et Schneider, 1968).

Dans le présent travail, on a compté le plus souvent 50 grains, et ensuite multiplié par 2 pour avoir les pourcentages. Observer plus de grains n'offre pas d'avantage réel, du fait de la fatigue de l'oeil et de l'esprit et de l'existence de cas douteux ou de transitions. Aussi les petites différences de pourcentages,

d'un échantillon à l'autre, sont-elles non significatives, et seules sont interprétables les grandes différences, ou les moyennes (ou médianes) de plusieurs échantillons.

PROVENANCE DES ÉCHANTILLONS

Nous avons examiné plus de 300 échantillons, dont 240 récoltés par nous sur le terrain au cours d'une traversée du Canada méridional d'Est en Ouest, de Québec aux Rocheuses et retour en trente jours et en outre dans le Nord, au Yukon et sur les rivages Est de la Mer d'Hudson. On y a ajouté les 31 échantillons de 1937 et une quarantaine d'autres aimablement offerts par MM. GW. Argus, G. Brodeur, J. A. Donaldson, D. Lagarec, J. Lengellé, Marcotte, G. Ritchot et J. A. Westgate, à qui nous adressons nos plus vifs remerciements. Nous remercions aussi vivement nos confrères J. C. Dionne, P. Lasalle, C. Laverdière, Slaymaker et G. Tremblay, qui nous ont guidés sur le terrain.

Quand plusieurs échantillons d'une même localité ont fourni des résultats assez semblables, nous les avons groupés sur une seule ligne dans le Tableau V, et comptés pour un seul dans les totaux et moyennes.

Suivant l'usage, tous les échantillons ont été examinés, et les comptages opérés, sans que l'opérateur (A. Cailleux) ait connaissance de l'étiquette (localité, âge, genre de dépôt), ce qui a réduit au minimum l'influence d'éventuelles idées préconçues.

RÉSULTATS

SABLES ET GRÈS PRÉQUATERNAIRES

(Tableaux I et II)

Conformément à la règle, leur étude préalable est nécessaire, afin d'évaluer dans quelle mesure ils ont pu fournir au Quaternaire des grains ronds-mats sales RS, susceptibles d'être confondus en certains cas avec les grains ronds-mats propres RM façonnés par le vent au Quaternaire.

De fait, les grès friables du Protérozoïque, du Cambrien et de l'Ordovicien étudiés contiennent comme presque toujours ailleurs dans le Monde, une forte proportion (60 à 100 %) de ces grains éolisés. Dans le Crétacé supérieur, principal substrat du Quaternaire dans le Sud des Prairies, à en juger par les échantillons étudiés, les grains non-usés NU prédominent (moyenne provisoire: 87 %), quelques grains usés par l'eau EL sont présents (3 %); quant aux grains façonnés par le vent, la moyenne atteint 10 % (dont 6 % pour les propres, RM, et 4 % pour les sales, RS); un échantillon (d'âge Eastend) en montre même 44 % en tout. Le Paléocène d'eau douce étudié, en revanche, en est très pauvre: 2 %, contre 94 % de grains non-usés NU et 4 % usés par l'eau EL. Pour le Crétacé et le Paléocène, un plus grand nombre d'échantillons serait évidemment souhaitable, pour avoir des moyennes mieux établies.

Tableau I

Sables et grès friables antéquaternaires

Quartz de 0,5 à 1 mm

NU Non-usés

EL: Emoussés-luisants, usés par l'eau

RM: Ronds-mats propres

RS: Ronds-mats sales

Lat. Nord	Long. Ouest		Non usé NU %	Usé par eau EL %	Usé par vent		Nota Bene
					Réc. RM %	Act. RS %	
1	2	3	4	5	6	7	8
		PALÉOCÈNE D'EAU DOUCE					
49°29'	106°04'	Twelve Mile Lake, Saskatchewan	95	4	1	0	
50°17'	107°50'	Swift Current, Saskatchewan	91	8	1	0	
49°23'	106°23'	Wood Mountain, Sa- skatchewan. Lower Ravenscrag	94	0	2	4	
		CRÉTACÉ SUPÉRIEUR					
49°23'	106°23'	Wood Mountain, Sa- skatchewan. Eastend	40	16	30	14	
51°37'	106°27'	Hanley, Saskatchewan. Belly River	98	0	2	0	
"	"	Sine loco, Saskatche- wan. Bearpaw	88	6	3	3	
"	"	Sine loco, Saskatchewan. Whitemud beds	99	0	0	1	
53°30'	112°03'	Vègreville, Alberta. Sous du grès	89	1	3	7	RHW
53°33'	113°28'	Edmonton, Alberta. Continental	97	0	2	1	F
54°11'	113°50'	Westlock, Alberta	92	1	1	6	
51°10'	114°40'	Bow Valley, Alberta, Belly River	97	0	0	3	
53°06'	116°49'	Sterco, Alberta, Saunders	98	0	0	2	
"	"	Sterco, Alberta, Lower Alberta shale	72	8	16	4	
49°13'	123°06'	Vancouver, cité, British Columbia, Marin	99	0	0	1	N

Tab. I cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
		ORDOVICIEN					
		Michigan, Illinois, Wisconsin (USA), Saint Peter sandstone. Pour comparaison	0	1	99	0	
		CAMBRIEN					
		Michigan et Wisconsin (USA). Pour compa- raison	1	2	97	0	
		PRÉCAMBRIEN					
		PROTÉROZOÏQUE					
		HÉLIKIEN					
59°	110°	Lac Athabaska, Grès, 1500 m.a.	0	0	100	0	
55°23'	77°45'	Ile Bill of Portland, Keewatin. Grès 1400 millions d'années?	40	0	60	0	

Nota bene. Principales abréviations des Tableaux I à V

1° Dans la colonne principale:

A., Act. – Actuel

Cret. – Crétacé

Drift – Glaciaire ou glacio-aquatique indifférenciés

Ep. – Epaisseur

Hol. – Holocène

Matrice (de cailloux)

m. a. – Millions d'années

mi – Mille

n. – Nombre d'échantillons étudiés

Pr., Prof. – Profondeur

Tert. – Tertiaire

Q., Qu., Quat. – Quaternaire

Till – Sédiment glaciaire

2° Dans les colonnes de pourcentages

NU – Non-usés

EL – Emoussés-luisants, usés par l'eau

RM – Ronds-mats propres, usés par le vent, récents

RS – Ronds-mats sales, usés par le vent, anciens remaniés

3° Dans la colonne *Nota Bene*

- A - Beaucoup de NU (non-usés) sont mats
- B - Des minéraux ou roches de 0,5 à 1 mm sont ronds-mats ou émoussés-mats
présomption en faveur d'une action du vent, probablement récente
- C - Les gros >1 mm sont presque tous émoussés-mats, présomption en faveur
d'une action de vent récente
- D - Les RM (ronds-mats propres, quaternaires ou actuels) sont probables
- E - Les RM sont possibles
- F - Les RM ne sont pas sûrs
- G - Les RM sont-ils vrais ou RS (ronds-mats sales, façonnés antérieurement,
repris dans le Quaternaire)?
- H - RM et RS peu différents, difficiles à distinguer
- I - Les RS sont sûrs
- J - Il y a des RS cassés, sûrs
- K - Les RS sont petits
- L - Les RS sont un mélange
- M - Les RS sont remaniés
- N - Les RS ne sont pas sûrs
- n - Nombre d'échantillons étudiés
- O - Les EL (émoussés-luisants, façonnés par l'eau) sont sûrs
- P - Les EL sont subanguleux, peu usés
- Q - Il y a des EL subarrondis, très usés
- R - Les EL sont remaniés
- S - Les EL ne sont pas sûrs
- T - Sur certains grains, des mouches de $\text{MnO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
- U - En outre quelques grès
- V - 20 à 60% de granites et roches apparentées
- W - Nombreuses roches
- X - Les gros sont NU (non usés)
- Y - Les RM sont plutôt émoussés que ronds
- Z - Les RM sont sûrs

Tableau II

Tableau général résumé
Pourcentage des différentes formes de grains

quartz de 0,5 à 1 mm

n: Nombre d'échantillons

Explication des abréviations:

Voir Tableau I

Age	Grande région ¹	Non usé NU %	Usé par eau EL %	Usé par vent		n
				Réc. RM %	Anc. RS %	
Actuel et Quaternaire	Bouclier	90	1	3	6	68
	Basses-terres et couverture paléozoïque	85	1	5	9	84
	Appalaches	78	4	6	12	17
	Prairies. Sur Crétacé ou Tertiaire ²	47	6	38	9	68
	Cordillères méridionales et leur piémont	95	0	2	3	19
Paléocène	Saskatchewan	94	4	1	1	3
Crétacé supérieur	Prairies	87	3	6	4	10
Ordovicien	Grands Lacs. USA, pour comparaison	0	1	99	0	4
Cambrien	Grands Lacs. USA, pour comparaison	1	2	97	0	5
Protérozoïque	Lac Athabasca. Est de Baie d'Hudson	20	0	80	0	2
	Total général					280

¹ On a exclu les deux cas particuliers du Yukon et du Nouveau-Québec (53 à 63°N) pour les raisons qui sont indiquées dans le texte.

² Les dépôts cordillérains (Empress Group) de Medicine Hat ont été inclus, comme il se devait, dans les Cordillères.

SABLES, LIMONS ET TILLS QUATERNAIRES OU ACTUELS

COMPARAISON DES DÉPÔTS FINAUX DUS AU VENT, ET DES AUTRES

(Tableau III)

Nous avons rangé d'un côté (1ère colonne de valeurs numériques) les échantillons, au nombre de 42, provenant de dunes, limons éoliens, manteaux sableux éoliens et sable emballant des éologlyptolithes (ventifacts). De l'autre côté (2ème colonne) tous les autres échantillons, finalement déposés d'une autre manière: glaciaires, fluvio-glaciaires, glacio-lacustres, glacio-marins, fluviatiles, lacustres, marins ... etc.

Le résultat est clair (Tableau III). Sans aucune exception, la moyenne des pourcentages de grains ronds-mats et émoussés-mats propres RM est plus forte dans les dépôts finaux éoliens (moyenne: 19 %) que dans les autres (moyenne: 5 %). Nouvelle confirmation (s'il en était besoin) de l'interprétation de ces grains comme dus au façonnement par le vent.

Dans les autres dépôts, leur proportion est en moyenne plus petite, mais non pas nulle. Ce fait, bien connu aussi ailleurs, tient aux remaniements. En montagne et sur le Bouclier, la disproportion entre les pourcentages des RM des formations éoliennes et des autres (rapport E: A, colonne de droite) est forte, allant de 2 à 20 environ, indiquant que les remaniements ont été là plutôt modestes. Cette disproportion s'atténue – autour de 1,4 – dans les vastes étendues subhorizontales des Prairies, favorables aux remaniements réitérés des dépôts quaternaires par les rivières, lacs, vents, glaciers... etc

Tableau III

Pourcentages moyens des grains ronds-mats
et émoussés-mats propres (RM)

Comparativement dans les dépôts quaternaires ou actuels éoliens (dunes, loess, sable à éolypololithes) et dans les autres (glaciaires, glacio-aquatiques, fluviales, lacustres, marins... etc.). Quartz de 0,5 à 1 mm de long.

(1) Régions à éolisations fortes et réitérées, pour une grande part quaternaires périglaciaires (Prairies)

Manitoba. Sur Crétacé supérieur
Saskatchewan. Sur Crétacé supérieur
Alberta. Sur Crétacé supérieur ou Paléocène

(2) Région à éolisation périglaciaire modérée pléistocène ou holocène

Yukon

(3) Régions à traces d'usure éolienne très rares ou clairsemées

Québec: Bouclier 61 à 55° N
Basses-Terres
Appalaches

Ontario: Bouclier
Basses-Terres

Colombie Britannique: Cordillères

Moyenne générale

	Dépôt final		Rapport Eol./Aut.
	Éolien %	Autre %	
Manitoba. Sur Crétacé supérieur	36	25	1,4
Saskatchewan. Sur Crétacé supérieur	39	35	1,1
Alberta. Sur Crétacé supérieur ou Paléocène	74	38	1,9
(2) Région à éolisation périglaciaire modérée pléistocène ou holocène Yukon	17	12	1,4
(3) Régions à traces d'usure éolienne très rares ou clairsemées Québec: Bouclier 61 à 55° N	12	4	3,0
Basses-Terres	11	1	11,0
Appalaches	21	3	7,0
Ontario: Bouclier	23	1	23,0
Basses-Terres	13	7	1,9
Colombie Britannique: Cordillères	5	1	5,0
Moyenne générale	19	5	3,8

LES GRANDS ENSEMBLES RÉGIONAUX NATURELS
(Tableau II)

En pays de montagne au Canada, comme partout ailleurs dans le Monde, les grains non-usés NU prédominent, aussi bien à l'Ouest dans les Cordillères (94 %) qu'à l'Est dans les Appalaches (78 %). Les grains usés par l'eau EL sont rares (0 à 4 %) et par le vent quaternaire aussi (2 à 6 %). Un peu partout, on trouve des grains éoliens anciens RS remaniés (4 à 12%) et leur proportion atteint son maximum (moyennes de 9 à 12%) justement là où l'Antéquaternaire renferme des grains éoliens, à savoir sur la Couverture paléozoïque, dans les Appalaches et dans les Prairies.

Sur le Bouclier Canadien, comme sur la plupart des autres massifs anciens du Globe (Bouclier Baltique, Angarien, Guyanais, coeur du Hoggar ... etc.) ce sont encore les grains non-usés qui prédominent largement (90 %); les grains usés par le vent quaternaire ou actuel (RM) sont rares (3 %).

Mais le fait extrêmement frappant et fondamental est, en pleine opposition avec les quatre ensembles précédents, la grande abondance de ces grains éoliens récents RM dans les Prairies: en moyenne 38 %. Sur ces vastes étendues plates et monotones, le vent a pu exercer librement son action.

Qu'il s'agisse là du vent Quaternaire, et non pas seulement d'une reprise de grains éoliens plus anciens, est attesté par de nombreux faits. Certes, il existe vers le Nord-Est, sur le Bouclier précambrien, qui est une source immédiate ou médiate importante du matériel quaternaire, beaucoup de métasédiments; mais la plupart de ceux-ci sont très métamorphisés, consolidés. Rares sont ceux qui sont restés assez friables pour avoir pu fournir des grains encore identifiables comme ronds-mats anciens: la moyenne générale, sur le Bouclier, n'en est que de 6 % (Tableau II). Elle est de 4 % dans les Cordillères. Dans les Prairies, nous l'avons évaluée à 9 %, par prudence, peut-être généreusement au détriment des ronds-mats récents RM, la distinction entre les deux sortes de grains n'étant pas toujours facile. En tout cas, toutes ces valeurs (de 4 à 9 %) sont loin des 38 % de grains RM trouvés en moyenne dans les dépôts quaternaires et actuels des Prairies.

En faveur de l'âge quaternaire du vent qui a façonné ceux-ci, plaident encore d'autres faits: le pourcentage de ces grains augmente quand on passe des petits grains (0,3 mm) aux gros (1 mm). La forme émoussée et l'aspect mat affectent aussi des minéraux autres que le quartz et des grains de roche, les uns et les autres absents du Protérozoïque et du Paléozoïque, ou du moins très rares. Dans la coupe classique de Medicine Hat (Alberta), les couches de base, préglaciaires, de l'Empress Group, à matériel de la Cordillère et local, sans cailloux du Bouclier, renferment seulement 6 à 9 % de grains ronds-mats présumés jeunes (RM) contre 62 % dans le till supérieur d'âge Battleford, contenant des apports du Bouclier. Si ces grains RM étaient repris

du Crétacé supérieur sous-jacent, la variation serait évidemment en sens inverse.

Enfin, nous avons trouvé des éologlyptolithes, dans des recouvrements sableux superficiels, déjà sur le Bouciler, dans l'Ontario, à Footes Bay; puis dans les Prairies à Delmas (Saskatchewan) et à Rabbit Hill, près d'Edmonton (Alberta). Comme leur aspect caractéristique est très labile, vite effacé lors des remaniements, leur façonnement date ici évidemment du Quaternaire, au plus. Nous en avons aussi trouvé franchement plus au Nord, dans le Yukon, à Aishihik ($61^{\circ}38'N$, $137^{\circ}32'W$) au bout de la piste de l'aéroport, et à l'Est de la Mer d'Hudson, à Poste-de-la-Baleine ($55^{\circ}17'N$, $77^{\circ}45'W$), dans les aires de déflation au Nord de la Base; dans ce dernier cas, le façonnement est actuel.

Mais dans le Canada méridional, l'action du vent a été plus forte au Quaternaire, et encore vers 7000 ou 6000 BC, que de nos jours: presque toutes les dunes étudiées (Tableau V) sont fixées par la végétation, enherbées dans les Prairies, forestées ailleurs, et les rares parties à vif le sont presque toujours à la suite d'une intervention plus ou moins récente de l'homme.

CAUSES DE LA RECRUESCENCE ÉOLIENNE QUATÉNAIRE

On peut en envisager trois: la proximité de plages, l'aridité ou le froid.

(a) *Proximité des plages*

Elle joue très nettement à Poste-de-la-Baleine (Nouveau-Québec) et aux îles de la Madeleine, dans le Golfe du Saint-Laurent où le pourcentage des grains éoliens présumés récents, dans une dune, atteint 60 à 65%, qui le record actuel pour l'Est du Canada. Dès 1959, sur quatre autres échantillons de ces mêmes îles, L. — E. Hamelin avait noté, comme nous, la rareté des grains non-usés, la présence de grains luisants, usés par la mer, et la grosse prédominance des grains émoussés-mats, usés par le vent. Les longs tombolos sableux qui relient plusieurs de ces îles offrent une proie facile au vent. Là et à Poste-de-la-Baleine il s'agit d'un effet local, par définition même. Loin à l'intérieur des terres, il n'a pas joué.

(b) *L'aridité*

Les Prairies, où l'action éolienne quaternaire a été très forte (RM 38 %) sont aussi la partie du Canada méridional la plus aride: précipitations de 300 à 400 millimètres (12 à 16 pouces) par an, contre 1200 à 1000 dans l'Est, près de Québec et 1400 à 500 à l'Ouest, près de Vancouver, régions où le

pourcentage moyen des mêmes grains ronds-mats récents RM est très faible: respectivement 3 et 1%.

Précisément dans ces deux dernières régions, où les précipitations sont fortes, l'édification de dunes, aux environs de l'an —7000 BC ou après (Tableau V) ne témoigne peut-être pas, ou pas seulement, d'une aridité plus grande, mais peut-être aussi d'une récurrence climatique froide. La même question se pose pour les éolisations quaternaires des Prairies.

(c) *Le froid*

Le climat des Prairies canadiennes, de nos jours, est froid, la moyenne annuelle des températures est comprise entre 3,9°C (Calgary, Swift Current) et 1,9°C (Saskatoon). A certaines époques du Quaternaire, il a été beaucoup plus froid encore. A Calgary, dans les dépôts cordillérains antérieurs au premier till, A. V. Morgan (1969) a décrit des involutions, des cailloux dressés ou éclatés par le gel et, qui plus est, des fentes en coin à remplissage de sable. A Edmonton, J. A. Westgate (1964) a signalé en collaboration avec L. A. Bayrock, dans les sables et graviers dits de Saskatchewan, à matériel cordillérain et local, antérieurs au premier till, des dérangements, des involutions et des fentes en coin à remplissage originel les unes de sable, les autres probablement de glace, dont j'ai pu constater de visu l'authenticité, et que j'ai échantillonnées (Tableau V). Le regretté Thomas Berg, disparu depuis tragiquement en Antarctique dans un accident d'hélicoptère, a trouvé aussi des fentes en coin dans le Postglaciaire, près d'Edmonton. Il m'en a montré les photos en 1969. Il y a donc eu ainsi plusieurs coups de froid, et la température moyenne annuelle de l'air est descendue alors à au moins —2°C (à en juger d'après les observations de R. F. Black en Alaska, communication verbale) et même, s'il y a eu remplissage de glace, à —5°C (d'après T. L. Péwé et A. V. Morgan). Il est extrêmement probable que ces refroidissements, dans les Prairies comme ailleurs, ont gêné la végétation et favorisé l'action du vent. Et de fait, les deux fentes d'Edmonton à remplissage originel de sable, que nous avons étudiés, nous ont fourni les pourcentages énormes de 72 % et 82 % de grains éoliens RM (Tableau V) contre une moyenne de 43 % dans les dépôts encaissants et sus-jacents.

Ainsi, au moins dans les Prairies, la recrudescence éolienne Quaternaire a été, au moins en partie, due au froid, et donc périglaciaire.

VARIATIONS SUIVANT LES PROVINCES
(Tableau IV)

Elles sont indiquées dans le Tableau IV. Le pourcentage des grains ronds-mats propres RM, façonnés par le vent quaternaire ou actuel, est faible au Québec (3 %) et plus à l'Est en Ontario (4 %). Dans les Prairies, il croît d'Est en Ouest: 22 % au Manitoba, 35 % dans la Saskatchewan, enfin 47 % – le record actuel des moyennes – en Alberta.

On remarque encore, sur le même Tableau IV, le pourcentage non négligeable (15 %) atteint dans le Yukon, le territoire canadien, le plus Nordique que nous ayons étudié (entre 60 et 62°N).

Tableau IV

Récapitulation par province des dépôts quaternaires et actuels

Explication des abréviations: Voir Tableau I

		NU %	EL %	RM %	RS %	n
QUÉBEC	Bouclier 61 à 55° Nord (Littoral)	91	0	6	3	11
	Bouclier 50 à 45° Nord	97	0	1	2	10
	Collines Montérégiennes	99	0	0	1	3
	Basses-Terres (sur Paléozoïque)	90	1	3	6	45
	Appalaches	78	5	6	11	14
ONTARIO	Bouclier	89	1	2	8	56
	Basses-Terres (sur Paléozoïque)	78	2	8	12	34
MANITOBA	Bouclier	85	2	12	1	2
	Couverture Paléozoïque	66	1	11	22	5
	Prairie (sur Crétacé supérieur)	54	7	22	17	9
SASKATCHEWAN	Prairies (sur Crét. ou Tert.)	48	9	35	8	32
ALBERTA	Prairies	44	2	47	7	27
	Cordillères méridionales 51 à 54° N	92	1	2	5	10
COLOMBIE BRITANNIQUE	Cordillères méridionales 49 à 53° N	98	0	1	1	9
YUKON	Cordillères septentrionales 60 à 62° N	81	0	15	4	8

Tableau V

Pourcentage des différents types de grains

Explication des Abréviations: Voir Tableau I

Lat. Nord	Long. Ouest		Non usé NU %	Usé par eau EL %	Usé par vent		Nota Bene
					Réc. RM %	Anc. RS %	
48°24'	58°53'	TERRE-NEUVE Baie St Georges. Mer. Actuel	90	1	0	9	
"	"	Fluvio-glaciaire. Qua- ternaire	78	0	4	18	
45°37'	62°00'	NOUVELLE-ÉCOSSE Antigonish. Fluvio-gla- ciaire. Quaternaire	80	4	0	16	
60°02'	77°10'	QUÉBEC 1. Laurentides, 61 à 55° Nord Puvirnituk. Fleuve Nal- luak. Actuel	97	0	3	0	
"	"	Puvirnituk. 300 m N. Cordon littoral ma- rin peut-être éolisé. Holocène	94	0	6	0	DK
"	"	Puvirnituk. Rapides. Marin. Quaternaire	98	0	0	2	K
"	"	Puvirnituk. Sable jaune. Quaternaire	96	0	3	1	IK
55°17'	77°45'	Poste-de-la-Baleine. Car- ré Dune. Actuel	82	0	16	2	YV
"	"	Poste-de-la-Baleine. Dé- potoir. Eolien. Ré- cent	85	0	11	4	YV
"	"	Poste-de-la-Baleine. S de la rivière. Éolien. Récent	85	0	8	7	Y
"	"	Poste-de-la-Baleine. Flè- che littorale. Actuel	94	0	3	3	YV
"	"	Poste-de-la-Baleine. 3 km NNE. Plage marine. Actuel	83	1	12	4	Y
"	"	Poste-de-la-Baleine. 8 km SE. Till sous palse. Holocène	88	0	4	8	Y

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
,	„	Poste-de-la-Baleine. Carré Roc, dans flaque d'eau. Actuel	99	0	1	0	YV
		2. Laurentides, 50 à 45° Nord ¹					
50°00'	68°40'	Manicouagan 3. Fleuve. Actuel. Prof. 15 m.	96	0	2	2	GH
47°35'	72°21'	Lac Edouard	99	0	0	1	K
47°07'	70°51'	St-Féréol. Sable fluvio-glaciaire? Quaternaire	95	0	2	3	E
46°49'	71°14'	Nord de Québec. Lac de Kettle. Quaternaire	98	0	0	2	
48°10'	71°35'	N.-D. d'Hébertville, Glacio-lacustre. Quaternaire	99	0	0	1	N
46°54'	71°50'	St-Raymond Portneuf. Fluvio-glaciaire. Quaternaire	100	0	0	0	
46°02'	74°04'	Ste-Marguerite. Piémont. Fluvio-glaciaire. Quaternaire	99	0	1	0	
46°09'	74°42'	La Conception. Proglaciaire. Quaternaire	95	0	1	4	
45°32'	75°29'	L'Ange Gardien. Rivière. Actuel	98	0	1	1	G
„	„	L'Ange Gardien. Sable quaternaire sur argile marine	92	0	5	3	WDM
45°29'	75°36'	Templeton Est. Fluv. Actuel	98	0	1	1	W
		3. Colline montérégienne (intrusion crétacé)					
45°30'	73°36'	Montréal, Mont-Royal. Arène de désagrég.	98	0	0	2	
„	„	Montréal, Mont-Royal. Remplissage de diacase	100	0	0	0	
„	„	Montréal, Mont-Royal. Sol sur schiste métamorphique	98	0	1	1	W

¹ Les données de ce paragraphe et des trois suivants, relatifs au Québec, sont reprises de *R i c h o t et C a i l l e u x (1971)*

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
		4. Basses-terres (sur Paléozoïque)					
47°22'	70°02'	La Pocatière. Plage ma- rine. Quaternaire	60	0	0	40	I
"	"	La Pocatière. Tombolo. Holocène	70	0	0	30	I
"	"	La Pocatière. Delta fluvio-glaciaire. Qua- ternaire	75	0	2	23	FI
"	"	La Pocatière. Gorge sous-glaciaire. Qua- ternaire	90	0	0	10	I
47°03'	70°54'	Beaupré. Fluvio-glaci- aire. Quaternaire	100	0	0	0	W
46°53'	71°04'	St-Pierre-d'Orléans. Quaternaire	100	0	0	0	
48°25'	71°04'	Chicoutimi. Riv. Sa- guenay. Prof. 22 m. Actuel	90	1	4	5	DIP
48°25'	71°15'	Kénogami. Dunes du lac. Holocène	76	0	20	4	Y
46°45'	71°19'	Rivière St-Charles. Prof. 3 à 4 m. Ac- tuel	92	0	3	5	EI
48°40'	71°32'	St-Léon. Dune parabo- lique. Quaternaire	72	0	24	4	BY
48°24'	71°41'	Hébertville. Dune. Ho- locène	84	0	8	8	IY
"	"	Hébertville. Fluvio-gla- ciaire. 8000 BC	93	1	3	3	
48°30'	71°46'	St-Gédéon. Eolien. Qua- ternaire	86	1	10	3	AZ
48°26'	72°04'	Chambord. Plage du Lac St-Jean. Actuel	90	0	2	8	U
48°19'	72°08'	St-François-de-Sales. Crêtes morainiques basses parallèles. Prof. 1,20 m. Qua- ternaire	92	1	3	4	V
45°42'	73°33'	Lachenaie. Estuarien. Postglaciaire	88	11	0	1	OPW
45°45'	73°36'	Mascouche. Estuarien. Postglaciaire	94	6	0	0	V
45°30'	73°36'	Montréal. Sable fluvio- glaciaire. Quaternai- re	92	0	0	8	

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
45°42'	73°38'	Terrebonne. Esker. Quaternaire	87	0	1	12	IJ
"	"	Terrebonne. Delta flu- vio-glaciaire en bord de mer. Quaternaire	93	5	0	2	IOPVW
45°35'	73°41'	Normont. Farine gla- ciaire. Quaternaire	90	0	0	10	W
"	"	Normont. Proglaciaire remanié au postgla- ciaire	98	1	0	1	FS
45°41'	73°42'	Argenson. Epandage fluvio-glaciaire. Qua- ternaire	95	0	0	5	VW
45°35'	73°43'	St-Martin Station. Pro- glaciaire. Quaternaire	90	1	1	8	
45°39'	73°44'	Côte-des-Perron. Kame. Quaternaire	90	0	0	10	IW
45°40'	73°45'	Bois-des-Filions. Estu- arien probable. Quat- ernaire	96	0	2	2	W
"	"	Bois-des-Filions. Estu- arien. Postglaciaire. Quaternaire	96	2	0	2	
45°40'	73°45'	Pont-David. Farine gla- ciaire. Quaternaire	90	0	0	10	IW
45°32'	73°49'	Ste-Dorothée. Progl- ciaire ou Estuarien. Quaternaire	94	4	1	1	OP
45°40'	73°51'	Ste-Thérèse-en-haut. Dune. Postglaciaire. Quaternaire	82	0	14	4	
"	"	Ste-Thérèse-en-haut. Estuarien. Postgla- ciaire. Quaternaire	93	0	3	4	A
"	"	Ste-Thérèse-en-haut. Esker. Quaternaire	90	0	0	10	IW
45°34'	73°53'	St-Eustache. Progl- ciaire. Quaternaire	97	0	1	2	FN
45°42'	73°56'	St-Janvier. Dune, ho- rizon A2. Quater- naire	95	0	3	2	IY
"	"	St-Janvier. Dune. Prof. 1,5 m. Quaternaire	95	0	5	0	Y

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
45°39'	73°56'	Glendale. Estuarien. Quaternaire postgl.	96	0	2	2	A
45°36'	73°56'	Grand-Chicot. Delta fluvio-glaciaire. Qua- ternaire	90	0	0	10	I
"	"	Grand-Chicot. Proglaciaire. Quaternaire	94	1	0	5	W
45°32'	73°57'	Ste-Marthe. Estuarien. Quaternaire postglaciaire	91	8	0	1	OPW
45°30'	73°58'	Pointe-Calumet. Estuarien. Quaternaire postglaciaire	91	9	0	0	OPW
45°38'	73°59'	St-Augustin-des-deux- montagnes. Marin ou proglaciaire. Quaternaire. Ech. L.	96	3	0	1	
"	"	<i>Idem</i> , Ech. V.	98	0	0	2	
45°32'	74°00'	St-Joseph-du-Lac. Estuarien. Quaternaire postglaciaire	90	3	6	1	A
"	"	St-Joseph-du-Lac. Delta fluviogl. Quat.	88	0	0	12	I
45°38'	74°20'	Le Chute. Dunes. Quaternaire postglaciaire	95	1	2	2	
5. Appalaches							
47°30'	61°45'	Iles de la Madeleine. Dune actuelle remaniant une plage marine quaternaire	0	28	62	10	OGH
47°44'	69°38'	Saint-André-de-Kamou- raska. Tombolo. Holocène	78	2	8	12	I
46°46'	71°13'	St-Télesphore. Sol St- André post-champ- plain	87	0	5	8	GI
46°45'	71°19'	Québec, colline. Par Lagarec. Estuarien. Actuel	80	20	0	0	P
"	"	Québec, colline. Glacio- marin. Quaternaire. Moy. de 3 éch.	83	16	0	1	P
45°25'	71°54'	Sherbrooke. Dune. Quaternaire. postglac.	96	0	1	3	

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
46°02'	71°55'	Haute Nicolet. Glacis d'érosion	86	0	2	12	W
46°02'	71°55'	Athabasca. Épandage fluvio-glaciaire.					
		Quaternaire	85	0	14	1	
"	"	Athabasca. Dépôt de versant	75	0	5	20	F
"	"	Athabasca. Altération de Cambrien	80	3	0	17	
45°34'	72°00'	Windsor. Epandage proglaciaire. Quaternaire	80	0	0	20	I
45°40'	72°09'	Richmond. Epandage proglaciaire. Quaternaire	77	1	0	22	I
45°12'	72°21'	Bolton. Limon glaciaire soufflé. Quaternaire	97	0	0	3	
45°09'	72°22'	Bolton Sud. Limon. Quaternaire	80	2	2	16	
ONTARIO							
1. Bouclier							
46°18'	78°17'	Deux-Rivières. Sable lité horizont. Quaternaire	98	0	0	2	
46°19'	78°43'	Mattawa. Berge du fleuve. Quaternaire	99	0	0	1	V
47°25'	79°39'	North Cobalt. Gravel- lon gris. Actuel	80	0	2	18	
"	"	North Cobalt. Sable crème. Actuel	90	0	0	10	X
45°08'	79°45'	Bootes Bay. Recouvrement à éologlyptolites. Quaternaire	92	0	4	4	
45°21'	80°02'	Parry Sound. Sable et gravier. Prof. 8 m. Quaternaire	98	2	0	0	W
45°59'	80°34'	Pickrel Bridge 7 mi Sud. Lité. Prof. 10 m. Quaternaire	99	0	0	1	
46°30'	81°00'	Sudbury 9 mi S. Matrice du gravier sup. Quaternaire	99	0	0	1	N

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
"	"	Sudbury 9 mi S. Sable inférieur lité. Qua- ternaire	94	0	0	6	
46°23'	81°19'	Whitefish 4 mi W. Fluvio-glaciaire. Quaternaire	91	0	5	4	HW
46°20'	81°38'	Nairn 3 mi W. Ter- rasse de riv. Spa- nish. Quaternaire	84	0	0	16	W
46°13'	82°05'	Massey. Terrasse de 15-20 m. Quater- naire	99	0	0	1	
"	"	Massey. 5 mi E. Ter- rasse. Quaternaire	98	0	0	2	IL
46°12'	82°21'	Spanish 2 mi E. Sable. Quaternaire	98	0	0	2	
46°12'	82°38'	Cutler 1 mi. W. Qua- ternaire	88	0	0	12	W
46°17'	83°14'	Iron Bridge. Plage du Lac près Paléozoï- que. Actuel	78	0	0	22	W
46°18'	83°24'	Sowerby Est. Fluvio-glaciaire ou esker. Quaternaire	97	0	1	2	H
46°20'	83°36'	Desbarats 3 mi W. Sa- ble lité. Quaternaire	99	0	0	1	
46°31'	84°40'	Sault-Sainte-Marie 6 mi N. Fluvio-glaciai- re. Quaternaire	98	0	1	1	W
47°20'	84°34'	Frater 14 mi N. Plage du Lac Supérieur. Actuel	96	0	1	3	
"	"	Frater 1 mi N. Plage du Lac Supérieur. Actuel	84	4	0	12	GJ
47°12'	84°40'	Montreal River. Ma- trice de gravier flu- vio-glaciaire. Quater- naire	99	0	0	1	I
46°57'	84°41'	Pancake Bay. Plage du Lac Supérieur. Actuel	44	24	0	32	
47°59'	84°47'	Wawa 14 mi S. Plage du Lac Supérieur. Actuel	92	0	2	6	I
"	"	Wawa 31 mi NW. Terrasse, matrice. Quaternaire	99	0	0	1	WN

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
48°35'	85°17'	White River 14 mi. Till à blocs. Quaternaire	96	0	2	2	
"	"	White River 13 mi SE. Fluvio-glaciaire. Prof. 7 m. Quaternaire	98	0	0	2	
"	"	White River 11 mi NW. Terrasse? Quaternaire	72	2	12	14	H
48°41'	85°59'	Hemlo 1 mi E. Drift. Prof. 3 m. Quaternaire	91	1	0	8	ORKM
48°40'	86°17'	Heron Bay 6 mi E. Sable. Alt. rel. 30 m. Quaternaire	82	0	6	12	
48°47'	86°41'	Middleton. Terrasse fluviale. Quaternaire	88	1	5	6	G
48°47'	87°09'	Terrace Bay 10 mi E. Matrice. Quaternaire	91	0	1	8	EIW
48°50'	87°31'	Rosspoint 7 mi E. Terrasse de 20 m. Quaternaire	100	0	0	0	
48°54'	87°41'	Cavers 10 mi W. Plage du Lac Supérieur. Actuel	84	0	8	8	W
48°59'	88°21'	Nipigon 3 mi W. Sable lité horiz. Quaternaire	84	1	6	9	AIG
48°47'	88°39'	Dorion 2 mi NE. Sable. Prof. 5 m. Quaternaire	78	1	0	21	W
"	"	Dorion 2 mi NE. Sable rouille. Quaternaire	90	2	0	8	
48°40'	88°40'	Pearl. Matrice. Terrasse? Quaternaire	67	0	0	33	WX
48°38'	88°46'	Loon 11 mi S. Sable, lits inclinés à 20°. Quaternaire	78	0	0	22	WXX
48°32'	89°36'	Kaministiquia. Sable horizontal. Quaternaire	94	0	0	6	O
48°24'	89°37'	Kakabéka Falls 3 mi SE. Terrasse. Quaternaire	85	0	0	15	W
48°35'	89°55'	Shabaqua. Sable stratifié horiz. Quaternaire	92	0	0	8	J

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
"	"	Shabaqua. 1 mi N. Sable stratifié horiz. Quaternaire	97	0	0	3	IK
49°13'	90°58'	English River 3 mi W. Éolien. Prof. 0,6 m. Quaternaire	60	1	28	11	W
"	"	English River 3 mi W. Fluvio-glaciaire. Prof. 2 m. Quaternaire	93	0	0	7	IL
49°25'	91°40'	Ignace 14 mi W. Flu- vio-glaciaire. Prof. 20 m. Quaternaire	92	0	2	6	F
49° 37'	92°19'	Borups Corners 10 mi E. Sable près dune. Quaternaire	55	1	36	8	CW
49°47'	92°50'	Dryden Sortie Est. Ma- trice fluvio-glaciaire à blocs. Quaternaire	98	0	0	2	IV
49°51'	93°24'	Vermilion Bay. Sable à galets. Quaternaire	98	0	0	2	I
"	"	Vermilion Bay. 5 mi E. Avec blocs. Qua- ternaire	80	0	8	12	FI
"	"	Vermilion Bay. 13 mi W. Drift à blocs. Quaternaire	98	0	0	1	I
49°48'	94°00'	Hawk Lake. Matrice avec rares cailloux. Quaternaire	92	0	0	8	VX
49°43'	94°20'	Longbow Lake 2 mi W. Sable horiz. Quatern.	94	0	0	6	
49°47'	94°29'	Kenora 6 mi E. Till sur gravier. Quaternaire	94	0	2	4	
"	"	Kenora 6 mi E. Mat- rice du gravier. Qua- ternaire	99	0	0	1	
49°46'	94°34'	Keewatin 14 mi W. Matrice. Quaternaire	88	1	4	7	N
		2. Basses-terres (sur Paléozoïque)					
45°27'	75°40'	Ottawa. Lac McKay. Quaternaire	92	2	2	4	
44°50'	76°32'	Maberley 3 mi W. Drift à blocs. Qua- ternaire	91	0	1	8	I

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
44°29'	77°18'	Tweed 8 mi S. Fluvio-glaciaire. Prof. 20 cm.	98	0	0	2	
"	"	Fluvio-glaciaire. Prof. 6 m. Quaternaire	99	0	0	1	
44°06'	77°35'	Trenton 2 mi W. Couverture éolienne. Prof. 1,5 m. Quaternaire	64	0	20	16	
"	"	Trenton 2 mi W. Fluvio-glaciaire probable. Quaternaire	94	1	0	5	I
44°00'	77°53'	Colborne 1 mi W. Matrice. Fluvio-glaciaire probable. Quaternaire	74	1	5	20	IER
43°54'	78°41'	Newcastle 3 mi E. Horizontal. Lacustre? Quaternaire	82	0	1	17	FIW
43°54'	78°51'	Oshawa. Plage du Lac Ontario. Actuel	74	1	1	24	S
"	"	" Flèche du Lac. Milieu. Actuel	78	1	0	21	L
"	"	" Till probable. Prof. 2 m. Quaternaire	84	0	0	16	KL
43°52'	79°02'	Pickering. Loess éolien. Quaternaire	76	2	14	8	
"	"	Pickering. Dune. Quaternaire	66	0	18	16	
"	"	Pickering. Lac Iroquois. Quaternaire	66	3	12	19	
44°06'	79°07'	Uxbridge. Loess éolien. Quaternaire	70	0	10	20	
43°47'	79°12'	West Hill Sud. Lac Iroquois. Quaternaire	86	0	12	2	
43°45'	79°12'	Scarborough. Épandage fluv. Quaternaire	64	0	24	12	
43°52'	79°16'	Markham. Fluviale. Quaternaire	66	4	22	8	
"	"	Markham. Kame Quaternaire	93	2	1	4	
43°47'	79°17'	Agincourt. Till. Quaternaire	82	2	14	2	
44°00'	79°22'	Whitchurch. Fluvio-glaciaire. Quaternaire	72	2	10	16	

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
„	„	Whitchurch. Kame. Quaternaire	81	1	6	12	
44°00'	79°28'	Aurora (King). Loess éolien. Quaternaire	86	0	4	10	
„	„	Aurora (King). Kame. Quaternaire	66	2	20	12	
42°50'	79°32'	Rock Point. Dune sur bord du Lac Érié. Quaternaire	64	6	10	20	
„	„	Rock Point. Plage du Lac Érié, 3 éch. Actuel	75	7	6	11	
„	„	Rock Point. Till à blocs striés. Quaternaire	88	0	0	12	U
43°02'	79°33'	Vaughan. Kame. Qua- ternaire	74	1	15	10	
44°40'	79°40'	Mont-St-Louis. Terras- se. Quaternaire	68	0	12	20	H
44°20'	79°43'	Holly. Matrice de flu- vio-glaciaire probable. Quaternaire	70	0	10	20	G
44°35'	79°45'	Hillsdale 6 mi E. Ma- trice de drift. Qua- ternaire	84	0	2	14	
45°29'	80°46'	Wanapitei 6 mi E. Sa- ble. Quaternaire	90	0	0	10	
44°11'	81°38'	Kincardine. Dune. Actuel (Par. H. Schneider)	67	15	18	0	
46°56'	84°37'	Batchawana. Plage du Lac Supérieur. Actuel	84	2	3	11	
MANITOBA							
1. Bouclier							
49°41'	95°20'	Falcon Lake. Sable rouille. Prof. 50 cm. Quaternaire	72	4	24	0	EY
„	„	Falcon Lake. Sable. Prof. 3 m. Quater- naire	99	0	0	1	
2. Bordure paléozoïque							
49°39'	96°27'	Richer 4 mi W. Sable. Prof. 60 cm. Quatern.	58	0	29	13	BC

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
„	„	Richer 9 mi E. Till. Quaternaire	58	2	13	27	GI
„	„	Richer 10 mi E. Sable grossier. Quaternaire	69	1	4	26	
„	„	Richer 10 mi E. Sable fin sous le grossier. Quaternaire	71	2	8	19	EI
49°53'	97°09'	Winnipeg. Oakbank. Matrice. Quaternaire	70	1	3	26	L
		3. Sur Crétacé supérieur					
49°54'	99°04'	Sidney 5 mi W. Dune fixée. Quaternaire	70	6	18	6	Z
49°52'	99°12'	Melbourne. Picnic site. Dune fixée. Quater- naire	58	10	28	4	OR
49°53'	99°42'	Douglas Campsite. Pla- tage éolien. Quater- naire	29	6	61	4	BZ
„	„	Douglas Campsite. 2 mi S. Matrice. Quater- naire	69	6	3	22	H
49°51'	100°08'	Kemnay. Sable du sol. Prof. 80 cm. Quater- naire	56	4	26	14	BIOT
„	„	Kemnay. Matrice. Prof. 80 cm. Quaternaire	49	7	20	24	ORBI
49°47'	100°00'	Routledge. Till, mo- raine (?). Quaternaire	58	8	11	23	
49°51'	100°56'	Virden 4 mi NE. Till supérieur. Quaternaire	44	8	14	34	OB
50°02'	101°22'	Kirkella 3 mi E. Ma- trice de till. Quater- naire	57	4	13	26	OR
		SASKATCHEWAN					
		1. Sur Crétacé supérieur					
50°12'	101°48'	Red Jacket. Esker pro- bable. Sable. Qua- ternaire	36	16	40	8	R
50°24'	102°45'	Oakshela, collines. Ma- trice. Quaternaire	64	12	20	4	T

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
50°25'	104°17'	Jameson. Lacustre. Quaternaire	40	4	48	8	
50°28'	104°25'	Pilot Butte. Sable en lits inclinés. Quater- naire	61	7	28	4	ORCT
50°25'	104°39'	Regina Beach. Flèche du lac. Actuel	40	16	36	8	OR
50°34'	105°53'	Lumsden. Matrice de gravier. Quaternaire	28	10	58	4	BT
"	"	Lumsden. Till. Quater- naire	48	12	36	4	
50°27'	105°27'	Simpson. Fluvio-Gla- ciaire. Quaternaire	48	8	21	23	H
"	"	Simpson. Glaciaire. Quaternaire	54	10	15	21	H
50°47'	105°28'	Findlater. Matrice. Prof. 1,5 m. Quaternaire	46	12	36	6	ORHT
"	"	Findlater. Till. Quatern.	52	4	32	12	
50°23'	105°32'	Moose Jaw. Sable. Quaternaire. 2 éch.	26	8	58	8	Q
"	"	Moose Jaw. Matrice. Quaternaire	36	12	48	4	T
"	"	Moose Jaw. Till. Qua- ternaire 3 éch.	48	7	36	9	HQR
50°36'	106°29'	Secrétan, collines. Ma- trice de gravier. Quaternaire	44	20	32	4	BOR
52°07'	106°38'	Saskatoon. Dune fo- restée. Quaternaire	40	8	48	4	Z
"	"	Saskatoon. Couverture. Ep. 1 m. Éolien? Quaternaire	48	8	36	8	R
"	"	Saskatoon. Fluvio-gla- ciaire. Quaternaire 2 éch.	64	5	23	8	WR
"	"	Saskatoon. Till. Qua- ternaire	56	7	23	14	H
52°25'	107°13'	Borden 3 mi E. Sable probable éolien. Qua- ternaire	36	12	44	8	C
"	"	Borden 3 mi E. Rivière Saskatchewan. Actuel. 2 éch.	46	16	30	8	BP
53°50'	107°41'	Lac à l'Eau claire. Fluvio-glaciaire. Qua- ternaire	54	6	18	22	H

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
50°17'	107°50'	Swift Current. Fluvial ou fluvio-glaciaire. Quaternaire. 3 éch.	58	6	29	7	IRT
"	"	Swift Current Creek. Drif sup. à gypse. Quatern.	50	8	40	2	
"	"	Swift Creek. Sable dit intergl. Quater- naire	66	6	24	4	ORWZ
"	"	Swift Current Creek Flora till sous le sable. Qua- ternaire	52	4	40	4	R
52°55'	108°36'	Delmas 2 mi W. Sable sous éologlypto. Qua- ternaire	56	12	24	8	H
50°43'	108°45'	Abbey 3 mi N. Mo- raine de poussée. Quaternaire	65	5	25	5	OR
50°?	109°?	Sud-Ouest de la Saska- tchewan. Till. Qua- ternaire	42	9	38	11	
53°06'	109°18'	Maidstone. Dune fixée. Quaternaire postgla- ciaire	20	4	72	4	
"	"	Maidstone. Till. Qua- ternaire	71	1	16	12	
53°17'	110°00'	Lloydminster. Quater- naire	39	3	48	10	
2. Autres cas							
49°40'	109°30'	Cypress Hill. Till. Quaternaire	50	2	20	28	
59°10'	109°30'	Lac Athabasca. Dune. Actuelle	18	4	68	10	EIR
ALBERTA							
1. En plaine, sur Crétacé supérieur ou Paléocène							
50°02'	110°41'	Medicine Hat 7 mi N. Dune fixée. Quater- naire. 2 éch.	20	1	78	1	BORYZ
"	"	Medicine Till sup.: Battleford. Quater- naire	32	2	62	4	BZ

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
"	"	Medicine Proglac. avec apports du Bouclier et de la Cordillère. Quaternaire 2 éch.	65	1	22	12	DI
"	"	Medicine Empress group. Préglaç. Cor- dilléraïn. Quater- naire 3 éch.	87	2	6	5	OR
"	"	Medicine Empress group. Préglaç. Base. 2 éch.	79	2	9	10	H
51°03'	113°23'	Strathmore. Dune fixée. Quaternaire	8	4	88	0	Z
53°33'	113°29'	Edmonton. Fente en coin à remplissage de sable probablement éolien. Quaternaire	16	1	82	1	B
"	"	Edmonton. Fente en coin à remplissage de glace puis, après fonte, de sable. Qua- ternaire	44	1	49	6	B
"	"	Edmonton. Clover Bar. Sable encaissant fente en coin. Quaternaire	62	1	34	3	G
"	"	Edmonton. Turn Bridge. Till. sup.? Quater- naire	52	0	44	4	
"	"	Edmonton. Turn Bridge. Till inférieur. Qua- ternaire	34	3	57	6	BORIZ
"	"	Edmonton. Turn Bridge. Lacustre sous le till. Quaternaire	56	2	38	4	
"	"	Edmonton. Turn Bridge. Fente en coin à rem- plissage de sable pro- bablement éolien. Quaternaire	20	0	72	8	BZ
"	"	Edmonton. Rabbit Hill. Avec éologlyptolithes. Prof. 15 cm. Quater- naire	36	1	57	6	O
"	"	Edmonton. Rabbit Hill. Fluvio-glaciaire. Prof. 6 m. Quaternaire	20	3	66	11	BO

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
53°16'	113°33'	Leduc. Fluvio-glaciaire. Quaternaire	36	9	35	20	H
54°11'	113°50'	Westlock. Trou 14. Till brun. Quaternaire	58	2	22	18	HIO
"	"	Westlock. Till noir sous le brun. Quaternaire	37	2	57	4	BCOZ
"	"	Westlock. Limon sa- bleux sous le till. Quaternaire	80	1	17	2	
"	"	Westlock. Argile à sa- ble sous le limon. Quaternaire	56	0	24	20	H
"	"	Westlock. Trou 20. Till (?) gris-vert. Quater- naire	28	2	70	0	BOR
"	"	Westlock. Trou 20. Till noir sous le gris-vert. Quaternaire	57	1	42	0	Z
"	"	Westlock. Trou 20. La- custré entre 2 Tills. Quaternaire	45	1	54	0	OQR
"	"	Westlock. Trou 20. Till noir sous le lacustré. Quaternaire	52	2	46	0	ORZ
"	"	Westlock. Trou 20. Au contact du Crétacé	40	0	60	0	
53°21'	114°20'	Genesee. Dune. Prof. 4 m. Quaternaire postglaciaire	80	1	15	4	
53°32'	114°21'	Duffield. Dune. Quater- naire	63	5	21	11	
"	"	Duffield. Limon. Qua- ternaire	46	2	25	27	
53°35'	115°00'	Entwistle. Rivière Pem- bina. Quaternaire	59	4	33	4	BCOQR
		2. Cordillères et piémont					
51°04'	114°04'	Calgary. Sable terreux sur alluv. Quater- naire	90	1	2	7	IJ
51°10'	114°40'	Bow Valley. Till cor- dilléraire. Quaternaire	86	0	2	12	
51°25'	116°14'	Lac Louise 13 mi SE. Matrice de fluvio- glaciaire. Quaternaire	98	0	0	2	I

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
53°32'	116°53'	Galloway. Rivière McLeod, sable de crue. Actuel	95	1	1	3	GMW
52°04'	116°59'	Mt Amery. Rivière. Actuelle	95	0	2	3	W
52°14'	117°14'	Sunwapta River head. Fluvio-glaciaire. Ac- tuel	98	0	0	2	W
53°25'	117°31'	Drinnan. Terrasse de la riv. Athabasca. Quaternaire	95	0	0	5	MIW
52°53'	118°05'	Jasper 11 mi N. Dune près de la rivière. Quaternaire	96	0	1	3	W
COLOMBIE BRITANNIQUE							
52°00'	121°00'	Little River, Cariboo district. Till. Quater- naire	99	0	1	0	
"	"	Rollie Creek, Cariboo district. Glac. Qua- ternaire	100	0	0	0	
49°00'	122°16'	Huntingdon. Dune Quaternaire. Vers 7000 BC	94	0	5	1	BY
"	"	Huntingdon. Fluvio- -glaciaire. Quaternaire	97	0	2	1	Y
"	"	Lefevre. Fluvio-glaci- aire de contact. Qua- ternaire	97	0	1	2	HY
49°14'	122°22'	Stave Falls. Fluvio-gla- ciaire. Vers 8000 BC. Quaternaire	99	0	0	1	N
"	"	Stave Falls. Fluvio-gla- ciaire. Vers 8000 BC. Quaternaire	99	0	1	0	FY
49°13'	122°37'	Haney 5 mi N. Fluvio- -glaciaire. Quater.	99	0	1	0	FY
49°13'	123°06'	Vancouver. Till. Qua- ternaire	98	0	0	2	N
YUKON							
60°07'	128°48'	Watson Lake. Terrasse de l'aéroport. Qua- ternaire	88	0	8	4	HF

Lat. Nord	Long. Ouest		NU %	EL %	RM %	RS %	
60°43'	135°03'	Whitehorse, amont. Dune. Récente	74	0	26	0	
"	"	Whitehorse, Sud-Est. Dune. Prof. 4 m. Quaternaire + Ré- cente	60	0	36	4	
"	"	Whitehorse, Ville. Bas- se terrasse fluv. Qua- ternaire	88	0	6	6	
"	"	Whitehorse, Aéroport. Dune. Quaternaire ou Récente	91	0	6	3	DW
"	"	Whitehorse, Aéroport. Terrasse. Prof. 50 cm. Quaternaire	69	0	22	9	W
60°47'	136°29'	Champagne. Dune fo- restée. Quaternaire ou Récente	84	0	12	4	I
61°35'	137°30'	Aishihik. Sable superf. à éologlyptolithes. Quaternaire	94	0	5	1	
DISTRICT DE FRANKLIN							
76°00'	110°00'	Ile Prince Patrick. Par Pissart. Superf. Actuel			25		
"	"	Ile Prince Patrick. Par Pissart. Quaternaire?			45		

CONCLUSION

En montrant qu'au Quaternaire et de nos jours, dans une même région les grains de quartz ronds-mats propres RM sont en moyenne nettement plus abondants (19 %) dans les formations éoliennes que dans les autres (5 %), cette étude de plus de 300 échantillons canadiens nous apporte une nouvelle confirmation de la valeur de ce critère d'action du vent. Elle nous montre aussi, une fois de plus, qu'il faut soigneusement tenir compte de la reprise possible de grains éoliens anciens RS; en fait, les pourcentages de ces grains RS, comme aussi celle des grains EL, usés par l'eau, est ici en moyenne faible, sauf exceptions locales. Dans le Quaternaire et l'Actuel du Canada méri-

dional, comme presque partout ailleurs dans le Monde, au moins depuis le jurassique, les grains non-usés NU prédominent en montagne (78 à 95 %) et sur le Bouclier (90 %).

Enfin, on voit que des actions éoliennes, liées à d'autres signes de climat froid, et donc pour une bonne part au moins périglaciaires, se sont exercées en Amérique du Nord, comme en Eurasie, au Quaternaire. Elles y ont été en moyenne plus faibles qu'en Europe, peut-être pour une part du fait que les vents de direction anticyclonique, de l'Est, étaient océaniques, donc plus humides en Amérique, et continentaux, donc plus secs en Europe. Dans le Canada méridional, les signes de ces actions éoliennes sont de plus en plus forts quand on va des régions maritimes de l'Est (en moyenne, 3 à 5% de grains ronds-mats éoliens RM) à la région continentale des Prairies, pour atteindre leur maximum actuellement connu au Alberta: moyenne 47%. Ce maximum s'explique par la conjonction de deux facteurs: l'aridité d'une part et les conditions périglaciaires de l'autre.

Ouvrages consultés

- Bird, J. B., 1967 – Aeolian processes in Arctic Canada. *In*: The physiography of Canada, p. 237–241. Johns Hopkins Press. Reproduit dans Nelson (J. G.) et Chambers (M. J.) (1969), *Geomorphology*, Methuen, Toronto.
- Boyé, Marc, 1950 – Glaciaire et périglaciaire de l'Ata-Sund nord-oriental (Groenland). *Actual. Scient. et Ind.*, no. 1111; 176 p., 157 fig., 37 pl., Hermann, Paris.
- Cailleux, André, 1937 – Traces d'actions éoliennes périglaciaires quaternaires dans l'Amérique du Nord. *C.-R. Somm. Soc. Géol. Fr.*; p. 28–29.
- Cailleux, André, 1942 – Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. *Mém. Soc. Géol. Fr.*; t. 46; 176 p., 27 fig., 5 pl.
- Cailleux, André, 1967 – Actions du vent et du froid entre le Yukon et Anchorage, Alaska. *Geogr. Annaler*, t. 49 A, f. 2–4; p. 145–154, 7 fig.
- Cailleux, André, 1969 – Quaternary periglacial wind-worn sand grains in USSR. *In*: The periglacial environment, past and present, p. 285–301, 1 fig., McGill Univ. Press. Montréal.
- Cailleux, André, 1971 – Contribution de la morphoscopie des sables à la géomorphologie de l'URSS et du Nord-Ouest de la Chine. *Festschrift Hans Poser. Göttingen Geogr. Abhandl.*, H. 60; p. 39–63.
- Cailleux, André, et Schneider, Horst, 1968 – L'usure des sables vue au microscope électronique à balayage. *Science-Progrès-La Nature*, no. 3395; p. 92–94, 7 fig.
- Cailleux, André, et Tricart, J., 1963 – Initiation à l'étude des sables et galets. 1 vol., 369 p., 72 fig.; CDU, 5 pl. de la Sorbonne, Paris 5.
- Clark, T. H. and Elson, J. A., 1961 – Ventifacts and eolian sand at Charette, P. Q. *Trans Royal Soc. Canada*, vol. 55, s. 3, section 4; 11 p., 6 fig.

- Dionne, Jean-Claude, 1968 – Bibliographie du périglaciaire du Québec. *Rev. Géogr. Montréal*, vol. 22, no. 2; p. 175–180.
- Dumont, B. et Hamelin, L.-E., 1959 – Etude granulométrique des sables des îles de la Madeleine (P. Q.). *Cahiers Géogr. de Québec*, t. 3; p. 73–76.
- Hobbs, W. H., 1931 – Loess, pebble bands and boulders from glacial outwash plains of the Greenland continental glacier. *Jour. Geol.*, vol. 39, no. 4; p. 381–385, 3 fig.
- Michel, Jean-Pierre, 1964 – Contribution à l'étude sédimentologique de l'Antarctique. *CNFR*, 91, p., 46 fig., Inst. Géogr. National, 16 Av. Pasteur, 94 St-Mandé, France.
- Morgan, Alan V., 1969 – Intraformational periglacial structures in the Nose hill gravels and sands, Calgary, Alberta, Canada. *Jour. Geol.*, vol. 77; p. 358–364, 4 fig., 2 pl.
- Pachur, Hans-Joachim, 1966 – Untersuchungen zur morphoskopischen Sandanalyse. *Berliner Geogr. Abh.*, H. 4; 35 p., nb. fig., carte.
- Péwé, Troy L., 1951 – An observation on wind-blown silt. *Jour. Geol.*, vol. 59; p. 399–401.
- Péwé, Troy L., 1959 – Sand-wedge polygons (tessellations) in the McMurdo Sound region, Antarctica – progress report. *Am. Jour. Sci.*, vol. 257; p. 545–552, 3 fig.
- Péwé, Troy L., 1966 – Ice-wedges in Alaska – classification, distribution and climatic significance. *Proc. Intern. Permafrost Conf.*, Natl. Research Council Pub. No. 1287; p. 76–81, 6 fig.
- Péwé, Troy L., and coauthors 1965 – Guidebook Field Conference F, Alaska. *VII Intern. Congress INQUA*, 141 p.
- Péwé, Troy L., Church, Richard E. and Andresen, Marvin J., 1969 – Origin and paleoclimatic significance of large-scale patterned ground in the Donnelly Dome area, Alaska. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, No. 103; 87 p., 25 fig., 9 pl.
- Pissart, A., 1966 – Le rôle géomorphologique du vent dans la région de Mould Bay (Île Prince Patrick, N. W. T., Canada). *Zeit. f. Geom.*, N. F., Bd. 10, H. 3; p. 226–236, 3 fig. English translation in Nelson (J. G.) et Chambers (M. J.) (1969), *Geomorphology*, Toronto.
- Ritchot, G. et Cailleux, A., 1971 – Taxonomie géomorphologique et morphoscopie de sables au Québec méridional. *Cahiers Géogr. de Québec*, t. 15; p. 423–438.
- Rochette, Jean-Claude, et Cailleux, André, 1971 – Dépôts nivéo-éoliens annuels à Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec. *Rev. Géogr. Montréal*, vol. 25, no. 1; p. 35–41, 13 fig.
- Saint-Onge, Denis, 1965 – La géomorphologie de l'île Ellef Ringness, Territoire du Nord-Ouest, Canada. *Etude géogr.*, No. 38; 58 p., 20 fig., 28 photos, 3 cartes. Ottawa.
- Schneider, Horst, 1970 – Problems of quartz grain morphoscopy. *Sedimentology*, vol. 14, n. 3–4; p. 325–335, 6 fig., Amsterdam.
- Smith, H. T. U., 1952 – Map of the Pleistocene eolian deposits of the United States, Alaska and parts of Canada. 1 : 2500000. Geol. Soc. America.
- Stalker, A. MacS. 1969 – Quaternary stratigraphy in southern Alberta, II, Sections near Medicine Hat. *Geol. Survey Canada, Paper* 69–26.
- Westgate, J. A. and Bayrock, L. A., 1964 – Periglacial structures in the Saskatchewan gravels and sands of central Alberta, Canada. *Jour. Geol.*, vol. 72, n. 5; p. 641–648, 4 fig., 1 pl.
- Anonyme, 1960 – Le climat du Canada, 77 p., 1 pl. Also in english version. *Météorologie*, Ministère des Transports, Toronto.