

Article

« Fluctuations récentes de l'insolation au Québec »

André Hufty

Géographie physique et Quaternaire, vol. 38, n° 3, 1984, p. 275-285.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/032568ar>

DOI: 10.7202/032568ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

FLUCTUATIONS RÉCENTES DE L'INSOLATION AU QUÉBEC

André HUFTY, Département de géographie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ Les fluctuations mensuelles et annuelles des fractions d'insolation au Québec entre 1945 et 1978 montrent des différences nettes entre le nord (représenté par la station d'Inukjuak) et le sud (Lennoxville). La décennie 1947-1956 est relativement plus ensoleillée dans le nord, particulièrement pendant la saison froide; la décennie 1957-1966 reçoit plus de soleil dans le sud; la décennie 1967-1976 est la plus contrastée. Ces allures différentes des mois, des années et des décennies sont mises en relation avec les relations de la pression en altitude. Les corrélations statistiques entre l'insolation et les pressions mensuelles sont le plus souvent faibles; cependant, la comparaison avec les cartes synoptiques permet de montrer comment les fluctuations de la circulation atmosphériques influencent les insolutions régionales.

ABSTRACT *Recent sunshine fluctuations in Québec.* Monthly and annual fluctuations of the percentage of possible sunshine for Québec between 1945 and 1978 reveal clear differences between the north as represented by Inukjuak and the south represented by Lennoxville. From 1947-1956, sunshine levels are greater in the north, particularly during the cold season; the opposite is true for the period 1947-1966. Contrasts are most apparent for the decade 1967-1976. These monthly, annual and decennial variations are correlated with variations in atmospheric pressure. The statistical correlations between sunshine and monthly pressure are sometimes clear cut, but more often quite weak. However, comparison with synoptic maps makes it possible to illustrate the influence of atmospheric fluctuations upon regional sunshine.

ZUSAMMENFASSUNG *Neuere Schwankungen der Sonneneinstrahlung in Québec.* Die monatlichen und jährlichen Schwankungen des Anteils der Sonneneinstrahlung in Québec zwischen 1945 und 1978 weisen klare Unterschiede zwischen dem Norden (durch die Station von Inukjuak repräsentiert) und dem Süden (Lennoxville) auf. Die Dekade von 1947 bis 1956 hat relativ mehr Sonneneinstrahlung im Norden, insbesondere während der kalten Jahreszeit; die Dekade von 1957 bis 1966 hat mehr Sonnenschein im Süden; in der Dekade von 1967 bis 1976 sind die Kontraste am größten. Diese Variationen innerhalb von Monaten, Jahren und Dekaden werden in Beziehung zu den Variationen des Luftdrucks gesetzt. Die statistischen Wechselbeziehungen zwischen Sonneneinstrahlung und dem monatlichen atmosphärischen Druck sind meist schwach; indessen erlaubt der Vergleich mit synoptischen Karten zu zeigen, wie die Variationen der atmosphärischen Bewegung die regionalen Sonneneinstrahlungen beeinflussen.

INTRODUCTION

Nous avons analysé l'ensoleillement au Québec, de 1947 à 1977, pour deux stations : Lennoxville, située dans les Appalaches à 45°22 de latitude nord et Inukjuak, sur la côte de la mer d'Hudson, à 58°27 de latitude nord; ces deux stations sont intéressantes car elles sont bien représentatives de deux zones climatiques différentes, étendues de part et d'autre de l'axe Abitibi — Lac Saint-Jean (PÉRIARD, 1983); de plus la période d'observation disponible est assez longue et assez homogène, cas malheureusement rare au Québec.

Préalablement à cette analyse, nous avons dû compléter les observations manquantes et corriger les données disponibles, entachées d'erreurs accidentelles et d'erreurs systématiques causées par des masques saisonniers (HUFTY et THÉRIAULT, 1983). Ce travail préliminaire nous a permis de calculer les rapports mensuels d'insolation, c'est-à-dire les rapports entre l'ensoleillement journalier moyen mesuré et l'ensoleillement théoriquement possible. Nous conservons le mot insolation, dont le sens est précis en français, tout en signalant qu'il ne faut pas le traduire par «insolation» en anglais qui, dans cette langue, signifie rayonnement solaire.

OBSERVATIONS DES RAPPORTS D'INSOLATION À LENNOXVILLE ET INUKJUAK

A) FLUCTUATIONS ANNUELLES ENTRE 1945 ET 1978 (PÉRIARD, 1983)

Le premier graphique (fig. 1) dessiné à partir du cumul des écarts à la moyenne annuelle, montre des fluctuations très différentes entre le nord et le sud; à titre de référence, nous avons ajouté une station supplémentaire, Albanel, situé à une latitude intermédiaire. On peut distinguer les périodes suivantes sur ce graphique :

- de 1945 à 1954 : les variations sont assez semblables dans les trois stations;
- de 1953 à 1960 : il y a opposition entre le nord et le sud et stabilité dans le centre du Québec, avec des années constamment sous la moyenne de 1955 à 1960 dans le nord;
- de 1961 à 1968 : l'opposition subsiste entre le nord et le sud, et toutes ces années sont supérieures à la moyenne dans le sud, le centre se rattachant tantôt au nord, tantôt au sud;
- entre 1971 et 1978 : l'opposition se maintient mais la tendance s'inverse : le nord est favorisé et le sud sous la moyenne.

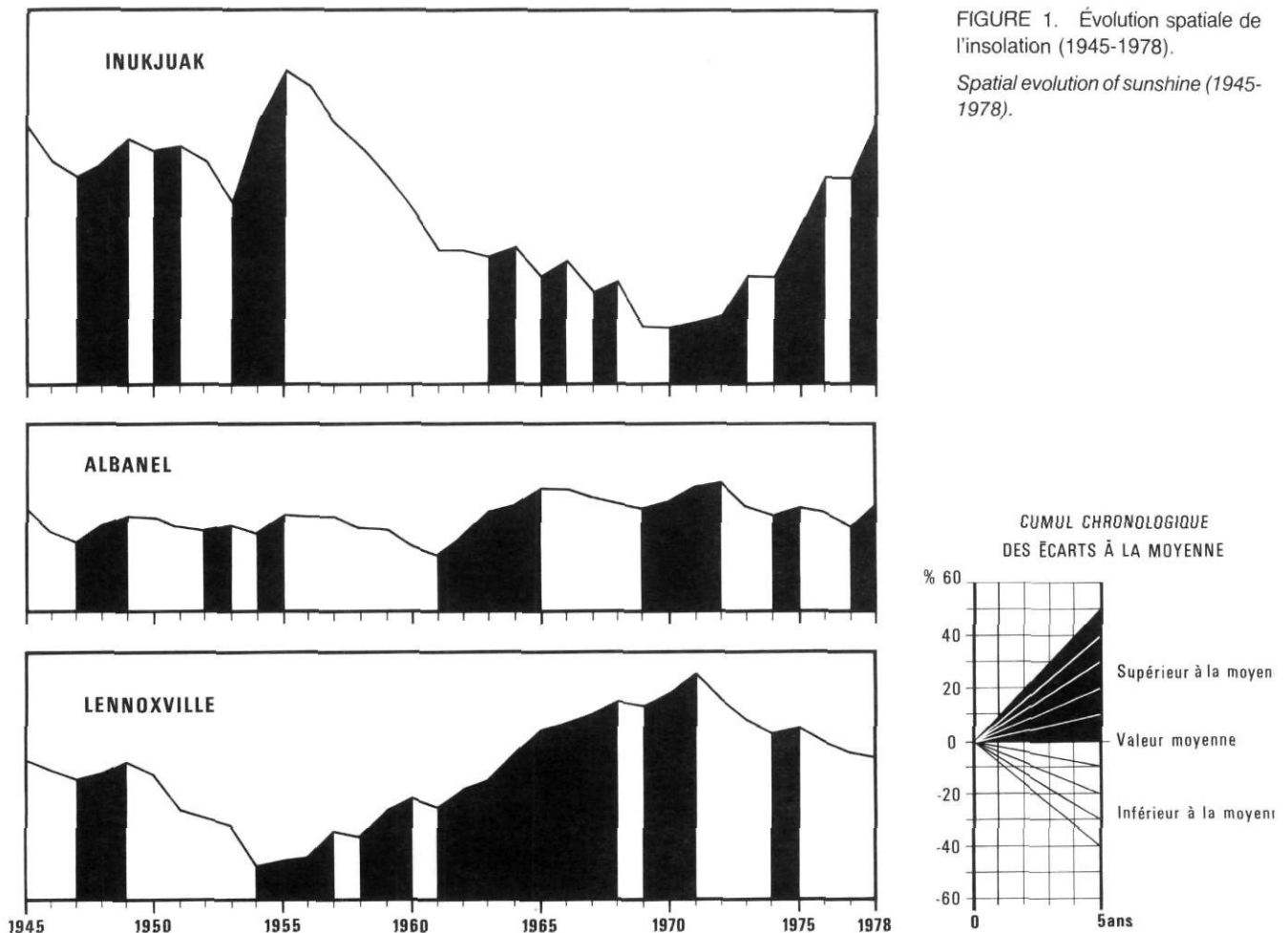


FIGURE 1. Évolution spatiale de l'insolation (1945-1978).

Spatial evolution of sunshine (1945-1978).

B) CES DIFFÉRENCES SE MAINTIENNENT À L'ÉCHELLE DU MOIS (GIROUX, 1983)

En examinant les mêmes graphiques pour chacun des mois ou pour la suite continue des mois, il est très difficile d'effectuer des groupements cohérents en périodes de comportements identiques: les mois de mai et juin sont les plus proches de l'évolution annuelle, les mois de juillet-août ne montrent que très peu de fluctuations interannuelles et les allures des mois sont tantôt semblables, tantôt opposées à la courbe annuelle. On observe donc des alternances de mois dont l'insolation varie tantôt dans le même sens au nord et au sud du Québec et tantôt dans des sens opposés. C'est seulement une fréquence plus ou moins grande d'un même type de mois qui va déterminer la catégorie d'une année, et il est possible, par exemple pendant une année beaucoup plus ensoleillée au sud qu'au nord, de trouver quelques mois qui montrent une situation inverse. Le phénomène est donc beaucoup plus du type fluctuation aléatoire que du type variations cycliques régulières, ce qui est d'ailleurs le cas le plus habituel en climatologie.

Il y a cependant moyen d'observer des tendances, d'une manière simple, en découpant la période en trois décennies: 1947-1956, 1957-1966, 1967-1976, opération qui aura au moins l'intérêt de faire voir que des cartes d'insolation moyenne, calculées sur une période de dix ans, présentent des erreurs systématiques régionales qui peuvent dépasser 20% certains mois.

Dans l'ensemble, le tableau I montre que la deuxième décennie est plus ensoleillée dans le sud, à l'inverse des deux autres; nous allons préciser ces données en comparant les fréquences des mois pendant lesquels l'insolation a été soit forte dans le nord ou faible dans le sud, soit l'inverse (tabl. II):

- Les trois décennies ont des allures différentes: entre 1947 et 1956, de décembre à juin, il a été très rare de rencontrer un mois bien ensoleillé dans le sud; il s'agit d'ailleurs de la période la plus remarquable et la plus constante au cours de 30 années de mesures.

- De 1957 à 1966, la majorité des mois, quelle que soit la saison, ont été bien ensoleillés à Lennoxville, mais la persistance d'une année à l'autre a été moins nette que pendant la décennie antérieure.

- De 1967 à 1976, la persistance diminue encore et les périodes continues favorables au sud ou au nord ne durent guère plus de deux mois consécutifs, alors que les périodes de 5-6 mois ont été nombreuses de 1945 à 1955. Les hivers sont relativement plus ensoleillés au sud et le début de l'automne (septembre et octobre), plus ensoleillé au nord.

C) LES FLUCTUATIONS ANNUELLES OBÉISSENT À UN GRADIENT DU NORD-OUEST AU SUD-EST

Pour la période 1958 à 1977, nous avons pu disposer d'un plus grand nombre de stations (tabl. III). On voit que les mouvements de hausse et de baisse entre les deux dernières décennies ne sont pas limités aux seules stations extrêmes de Lennoxville et Inukjuak, mais qu'il s'agit d'un phénomène d'ensemble sur tout le Québec: à titre indicatif, pour comparer

TABLEAU I

Rapports entre l'insolation décennale et l'insolation moyenne de 1945 à 1978 (I: Inukjuak et L: Lennoxville)

	Hiver		Été		Saisons	
	décembre à mars		juillet à septembre		intermédiaires	
	I	L	I	L	I	L
1947-56	106	88	100	101	100	96
1957-66	92	109	91	101	90	105
1967-76	101	104	108	99	106	98

Notes: 1) décennie la plus contrastée: janvier 47-56 I: 124 L: 85
 2) années les plus contrastées: novembre 1962 I: 41 L: 155
 septembre 1977 I: 243 L: 69

TABLEAU II

Nombre de mois avec une forte opposition nord-sud, par décennies

		Hiver	Été	Saisons	Année
		décembre à mars	juillet à septembre	intermédiaires	
1947-56	a)	15	6	17	38
	b)	4	8	10	22
1957-66	a)	6	7	8	21
	b)	19	11	19	49
1967-76	a)	6	11	16	33
	b)	10	7	9	26

a) Inukjuak est très ensoleillé; Lennoxville a une insolation faible à moyenne.
 b) Lennoxville est très ensoleillé; Inukjuak, faiblement à moyennement.

TABLEAU III

Rapports entre les insolutions de deux décennies (PÉRIARD, 1983) 1968-1977 / 1958-1967

	Latitudes	Longitudes	Rapports	Insolutions
	nord	ouest	en %	absolues en heures (1968-1977)
Sainte-Clothilde	45°10	73°41	96	1954
Lennoxville	45°22	71°50	94	1877
Montréal	45°30	75°35	97	2161
L'Assomption	45°49	73°26	98	2076
La Pocatière	47°21	70°02	99	2119
Grandes-Bergeronnes	48°15	69°32	97	1962
Manneville	48°33	78°26	102	1940
Amos	48°34	78°08	104	1862
Normandin	48°51	72°32	97	1870
Albanel	48°53	72°27	98	1875
Shefferville	54°48	66°49	101	1618
Inukjuak	58°27	78°07	114	1576

les deux périodes et pour corriger les cartes dessinées pour une des décennies, l'équation suivante peut être utilisée :

$$100 \frac{R_1}{R_2} = 100 \pm 1,5 \left\{ \pm (L - 49)^2 \pm \left(\frac{1-73}{2} \right)^2 \right\}^{0,5}$$

où R_1 et R_2 sont les rapports d'insolation pour les périodes 68-77 et 58-67

- L et 1 sont les latitude et longitude de la station
- Les signes sont positifs pour une station au nord de 49° N et à l'ouest de 73° W.

TENTATIVES D'EXPLICATION DES FLUCTUATIONS

Les fluctuations de l'insolation sont probablement reliées à des variations de la circulation atmosphérique, dont les effets seraient le plus souvent de signes opposés au nord et au sud du Québec.

Ces relations ne sont pas faciles à cerner. Il faudrait une longue étude pour cerner les paramètres qui à la fois caractérisent la circulation atmosphérique et font varier l'insolation. C'est ainsi qu'une étude récente (BARBER, 1984) vient de montrer, à partir d'une analyse des pressions aux stations orientales des États-Unis, sur une trentaine d'hivers, qu'il n'y avait pas de relations nettes entre les changements d'activité cyclonique basée sur les compilations de trajectoires des dépressions et l'analyse spectrale des pressions. De plus, il aurait fallu disposer des données journalières des sondages sur une longue période, ce qui supposait une acquisition trop coûteuse et un traitement informatique trop long pour nos capacités. Nous avons donc décidé d'esquisser une première réponse au problème posé, à partir des documents suivants: 1) les données mensuelles de pression à 900, 700 et 500 mb pour les stations aérologiques de l'est du Canada (période 1961 à 1978); 2) la collection des cartes de pressions mensuelles à 700 mb au-dessus de l'Amérique du Nord, publiées dans le *Monthly Weather Review* (1950 à 1978); 3) les cartes synoptiques journalières pendant une année (de juin 1966 à mai 1967).

Nous allons, dans les pages qui suivent, essayer de cerner de plus en plus près les relations entre l'insolation et la pression atmosphérique, d'abord avec des statistiques ponctuelles et mensuelles et ensuite avec des cartes mensuelles; des analyses journalières aideront enfin à préciser ce qui se cache sous les moyennes.

A) RELATIONS ENTRE LES RAPPORTS D'INSOLATION MENSUELS ET LES DONNÉES MENSUELLES DE PRESSION (PÉRIODE DE 18 ANS, 1961 À 1978)

Les stations aérologiques suivantes seront utilisées: Inukjuak et Kuujuaq (Fort Chimo), situées au nord du Québec; Moosonee, Nitchequon et Goose Bay, à des latitudes moyennes entre la mer d'Hudson et la côte du Labrador; Maniwaki, dans le sud-ouest québécois, et Sept-Îles, sur la côte nord du Saint-Laurent.

Nous utiliserons évidemment les altitudes des différents niveaux de pressions, mais pour simplifier le texte, nous parlerons de «pression» à tel ou tel niveau.

D'après le tableau IV, on voit immédiatement que les relations mensuelles sont faibles; elles sont négatives en hiver et positives en août, parfois de signes opposés pour une même station d'insolation entre les stations aérologiques du nord et du sud ou entre celles de l'est et de l'ouest et, enfin, parfois de signes opposés entre les deux stations d'insolation pour une même station aérologique. Ajoutons que, le plus souvent, les insolutions mensuelles varient de manière indépendante entre le nord et le sud, sauf en septembre (coefficient de corrélation de $-0,71$ entre Inukjuak et Lennoxville).

B) RELATIONS ENTRE LES INSOLATIONS ET LES PRESSIONS SAISONNIÈRES

Pour obtenir des relations statistiques plus significatives, nous avons regroupé toutes nos données de la manière suivante:

l'hiver: décembre-janvier et février-mars;

l'été: juillet-août-septembre;

une saison intermédiaire proche de l'hiver: avril-novembre;

une saison intermédiaire proche de l'été: mai-juin-octobre.

Les relations entre les données de pressions et d'insolation ont été calculées à partir des écarts aux moyennes mensuelles pour les cinq ensembles de mois désignés plus haut, et non à partir des valeurs absolues.

Le nombre de combinaisons est très grand et nous allons seulement présenter les résultats les plus intéressants, sous la forme de corrélations et de régressions basées sur des séries de 36 ou de 54 mois, pour les variables relatives suivantes:

- insolutions: SOM: somme Inukjuak et Lennoxville;
DIF: différence Inukjuak et Lennoxville.
- pression: soit la pression relative à une station, pour un niveau standard (par exemple, Goose Bay 700: pression à 700 mb à Goose Bay), soit la somme relative des pressions de deux stations à un même niveau (par exemple, Inukjuak et Goose Bay 900), soit la différence relative des pressions entre deux stations (par exemple, Moosonee-Maniwaki 500).

1. Saison hivernale

Les principales corrélations «significatives» sont les suivantes:

- en décembre et janvier:
SOM et Goose Bay 700: $-0,39$
DIF et Kuujuaq-Maniwaki 900: $+0,39$
- en février et mars:
SOM et Goose Bay 700: $-0,30$
SOM et Goose Bay - Maniwaki 900: $+0,36$
DIF et Kuujuaq - Maniwaki 500: $+0,45$

On voit de suite que ces corrélations sont très faibles. Dans l'ensemble, l'insolation (SOM) est reliée négativement à la pression à tous les niveaux et surtout sur une dorsale de Kuujuaq à Goose Bay; cela doit correspondre à des dé-

1. Nous remercions le Service de météorologie du Québec et en particulier monsieur Richard Leduc de nous avoir fourni ces données.

TABLEAU IV

Corrélations entre les rapports d'insolation et les pressions à 700 mb

(les coefficients sont multipliés par 100 et seuls ceux qui dépassent 40 sont indiqués et les valeurs entre parenthèses sont données à titre indicatif)

		Goose Bay 53,4 60,3	Inukjuak 58,3 78,1	Kuujuuaq 58,1 68,4	Nitchequon 53,4 71,0	Maniwaki 46,4 76,0	Moosonee 51,3 80,6	Sept-Îles 50,3 66,3
janvier	I	—	—	—	—	—	—	—
	L	-45	—	—	-46	—	-41	-45
février	I	—	-48	-43	-41	—	—	—
	L	—	—	—	—	—	—	—
mars	I	-46	—	(-40)	—	—	—	—
	L	—	—	—	—	—	—	—
avril	I	—	(40)	—	—	—	(40)	-47
	L	—	—	—	—	64	—	—
mai	I	—	71	53	—	—	—	—
	L	-43	—	—	—	65	64	—
juin	I	—	74	66	59	—	52	—
	L	-42	—	—	—	42	—	—
juillet	I	—	59	40	—	—	46	—
	L	(-40)	-48	-53	-45	—	(-40)	—
août	I	47	52	55	65	40	(40)	47
	L	46	—	—	43	55	—	49
septembre	I	—	48	41	—	(-40)	—	—
	L	—	(-40)	—	—	—	—	—
octobre	I	—	41	(40)	(40)	—	—	—
	L	—	—	—	—	59	46	—
novembre	I	-43	—	—	—	—	—	—
	L	—	-42	—	—	45	(40)	—
décembre	I	—	—	—	—	—	—	—
	L	—	-53	-55	-42	—	—	—

Les coordonnées des stations sont les latitudes (nord) et les longitudes (ouest)

placements vers le nord, de l'air polaire doux et perturbé à pressions plus élevées en altitude et vers le sud de l'air arctique froid et à basses pressions d'altitude. En regardant les huit mois qui ont la plus forte insolation généralisée (10% des cas), on a pu voir que les pressions les plus basses se rencontraient à Goose Bay et que le dessin moyen des isobares donnait une vallée d'altitude centrée sur l'est du Québec avec un flux relatif venant de l'ouest ou du nord-ouest. La même analyse sur les huit mois avec la plus faible insolation a montré que cette dernière était reliée à de hautes pressions à 500 mb dans le nord et des pressions faibles à 900 mb dans le sud, situation qui crée un flux relatif d'est à tous les niveaux.

Les différences d'ensoleillement entre le nord et le sud n'ont pas tout à fait les mêmes liens avec les pressions au cours de l'hiver: une différence positive (Inukjuak, plus ensoleillé) est surtout liée à une forte pression à l'est et au sud-est et à une faible pression au sud-ouest en décembre-janvier et au nord-ouest en février-mars, ce qui correspond à des flux relatifs méridionaux à 900 mb. Une différence négative (Lennoxville, plus ensoleillé), toujours à partir de l'analyse des huit mois les plus nets, est liée à une faible pression d'altitude dans le sud, avec un courant relatif à composante nord à Lennoxville et est à Inukjuak.

2. Saison estivale, juillet à septembre

Les corrélations les meilleures sont les suivantes:
 SOM et Maniwaki 700: + 0,29
 DIF et Inukjuak - Maniwaki 900: + 0,62

Les cas avec partout la même insolation forte ou faible seront mal «expliqués» par les pressions, mais les différences vont montrer des liaisons plus évidentes.

Les insulations (SOM) sont reliées positivement aux pressions, à l'inverse de l'hiver; mais il n'y a pas d'influence nette de la part des gradients de pressions. Il faut probablement aller chercher des explications à une échelle spatiale plus étendue. Les différences d'insolation sont corrélées avec les gradients de pression du nord-ouest au sud-est.

Les mois où Inukjuak dépasse Lennoxville montrent des fortes pressions au nord-ouest et des basses pressions au sud-ouest avec un flux convergent d'est-nord-est.

À l'inverse, quand Lennoxville domine, les plus basses pressions à 900 mb sont centrées sur Nitchequon avec un flux d'ouest (au nord) et de sud-ouest (au sud). Il faut signaler que cet effet peut être représenté par une régression assez simple (valeurs relatives):

$$DIF = 0,95 (Inukjuak - Maniwaki 900) \quad r = 0,62$$

3. Saison intermédiaire, proche de l'hiver: avril et novembre

Quelques corrélations simples d'abord:

SOM et Goose Bay – Maniwaki 700: - 0,43;
 SOM et Inukjuak 500 : - 0,36;
 DIF et Maniwaki 700 : - 0,52.

De nouveau les relations sont meilleures avec les différences qu'avec les sommes.

Les fluctuations mensuelles de l'insolation dépendent du gradient de pression ouest-est; l'analyse des mois très ensoleillés confirme qu'ils sont favorisés par une crête à l'ouest, le long de la mer d'Hudson, avec des courants de nord à ouest. À l'inverse, les fortes couvertures nuageuses sont associées à un creux sur le Québec méridional et des pressions élevées sur les régions nordiques, situation qui correspond à des courants sud-est.

Les écarts d'ensoleillement montrent une dépendance envers les gradients de pressions nord-est et sud-est, surtout à 900 mb. Un creux sur le sud-est et une crête au nord-ouest amènent des ciels clairs sur ce dernier; une crête au sud-ouest et des basses pressions nordiques favorisent Lennoxville; l'équation de régression suivante résume cette constatation:

$DIF = 0,917$ (Inukjuak et Kuujjuaq) – (Goose Bay et Sept-Îles) 900 $r = 0,59$

À première vue, il suffit d'un déplacement des crêtes de l'ouest au nord-ouest ou au sud-ouest pour donner du soleil tantôt généralisé, tantôt limité au nord ou au sud.

4. Saison intermédiaire proche de l'été: mai, juin et octobre

Quelques corrélations d'abord:

SOM et Moosonee 700 + 0,52

SOM et (Inukjuak et Moosonee) – (Goose Bay et Sept-Îles) 500: + 0,55

DIF et Inukjuak – Maniwaki 900 + 0,74

Dans l'ensemble, les coefficients sont plus forts que précédemment, surtout en ce qui a trait aux différences.

Les sommes sont reliées aux gradients nord-ouest à sud-est en altitude. Une crête de hautes pressions sur le Labrador signifie des ciels clairs sur tout le Québec et des forts gradients ouest-est, avec basses pressions à l'ouest et hautes pressions au sud-est, amènent parfois des fortes couvertures nuageuses et des courants de sud.

Les différences d'ensoleillement dépendent des gradients nord-sud, donc de courants en provenance de l'ouest ou de l'est: une crête au nord avec des basses pressions au sud profite à Inukjuak et un creux au nord a le résultat inverse.

Deux régressions simples résument ces faits:

$SOM = 0,70$ (Inukjuak et Moosonee) – (Goose-Bay et Sept-Îles) 500 $r = 0,55$

$DIF = 1,14$ (Inukjuak – Maniwaki) 900 $r = 0,74$

5. Conclusions (tabl. V)

Remarquons d'abord que les relations sont plus évidentes pendant les saisons intermédiaires. Généralement, des hautes pressions sur la côte orientale de la mer d'Hudson favorisent tout le Québec méridional. Elles donnent des temps plus ensoleillés au nord quand elles se prolongent ou se déplacent vers Inukjuak et Kuujjuaq (avec des minimums sur le sud du Québec) et plus ensoleillés au sud quand elles descendent vers l'Abitibi (avec des minimums sur le nord du Québec). À l'inverse, des hautes pressions sur le nord-est du Labrador, associées à de basses pressions sur le sud-ouest, s'accompagnent de nuages abondants sur tout le Québec continental.

TABLEAU V

Insolation et pressions aux stations aérologiques

		Hiver	Saison intermédiaires	Été
forte insolation	1	—	Inukjuak	Goose Bay et Nitchequon
aux deux stations	2	Goose Bay	Goose Bay et Sept-Îles	—
	3	NW cycl.	N et NE anticycl.	Anticycl.
faible insolation	1	Inukjuak	Goose Bay et Kuujjuaq	—
aux deux stations	2	Sept-Îles	Maniwaki et Moosonee	Maniwaki et Moosonee
	3	E	S à SE cycl.	—
Inukjuak >	1	Sept-Îles (fév.-mars)	Inukjuak et Kuujjuaq	Inukjuak et Kuujjuaq
Lennoxville	2	Inukjuak et Kuujjuaq (id)	Maniwaki, Sept-Îles, Goose Bay	Maniwaki
	3	S	E à NE	NE
Lennoxville >	1	—	Maniwaki	Maniwaki
Inukjuak	2	Goose Bay et Nitchequon	Inukjuak et Kuujjuaq	Nitchequon
	3	—	W anticycl.	SW cycl.

- 1) station(s) aérologique(s) avec la pression la plus forte
- 2) station(s) aérologique(s) avec la pression la plus basse
- 3) allure des courants relatifs, en fonction des pressions

Note: les pressions les plus significatives sont à 500 et 700 mb pour des insolutions semblables et à 900 mb pour des insolutions différentes.

Pendant l'été et l'hiver, les relations sont moins nettes. Nous en proposons deux causes; il faudrait d'abord séparer, dans la pression en altitude, les effets thermiques, qui s'inversent d'une saison à l'autre, des effets dynamiques plus constants; ensuite, il faudrait utiliser un réseau aérologique plus étendu pour comprendre des fluctuations à une échelle semi-continentale. Faut de données suffisantes, nous avons dû renoncer à modéliser physiquement le phénomène; de toute manière, l'augmentation de précision sur l'effet de la circulation serait probablement illusoire, compte tenu du manque de connaissances sur les effets purement locaux.

Rappelons d'abord qu'il n'y a pas de relation automatique entre une carte et les insulations d'un mois précis; la carte intègre des situations journalières très différentes et nous ne connaissons pas l'influence des facteurs géographiques locaux, notamment les effets des glaces, les courants littoraux, les écarts thermiques terre-mer pour Inukjuak, les effets du relief régional à Lennoxville, ni les conséquences de la persistance des résultats sur les jours suivants, par exemple les rapports entre le bilan d'eau d'une semaine et la convection de l'air la semaine suivante. On observe cependant des tendances; nous avons essayé de les mettre en évidence en cartographiant (fig. 2) les fréquences dominantes des pressions relatives, pour une catégorie d'insolation donnée et pour neuf zones uniformes. Le dépouillement a été lent et qualitatif; le résultat est assez sommaire, mais les tendances qui se dégagent sont intéressantes.

C) RELATIONS ENTRE LES RAPPORTS D'INSOLATION ET LES CARTES DE NIVEAUX DE PRESSIONS

1. Moyennes saisonnières à 700 mb

Il s'agit encore de comparer, d'une part, les écarts entre l'insolation d'un mois donné et l'insolation moyenne sur une longue période pour les deux stations de Lennoxville et d'Inukjuak et, d'autre part, les déviations à la normale des cartes mensuelles des pressions à 700 mb.

Les fortes insulations sont reliées à des configurations «isobariques» particulières: en hiver, à des basses pressions d'altitude sur le centre du Québec; pendant les autres saisons, à des hautes pressions sur l'ouest (été) ou le nord-ouest (printemps et automne).

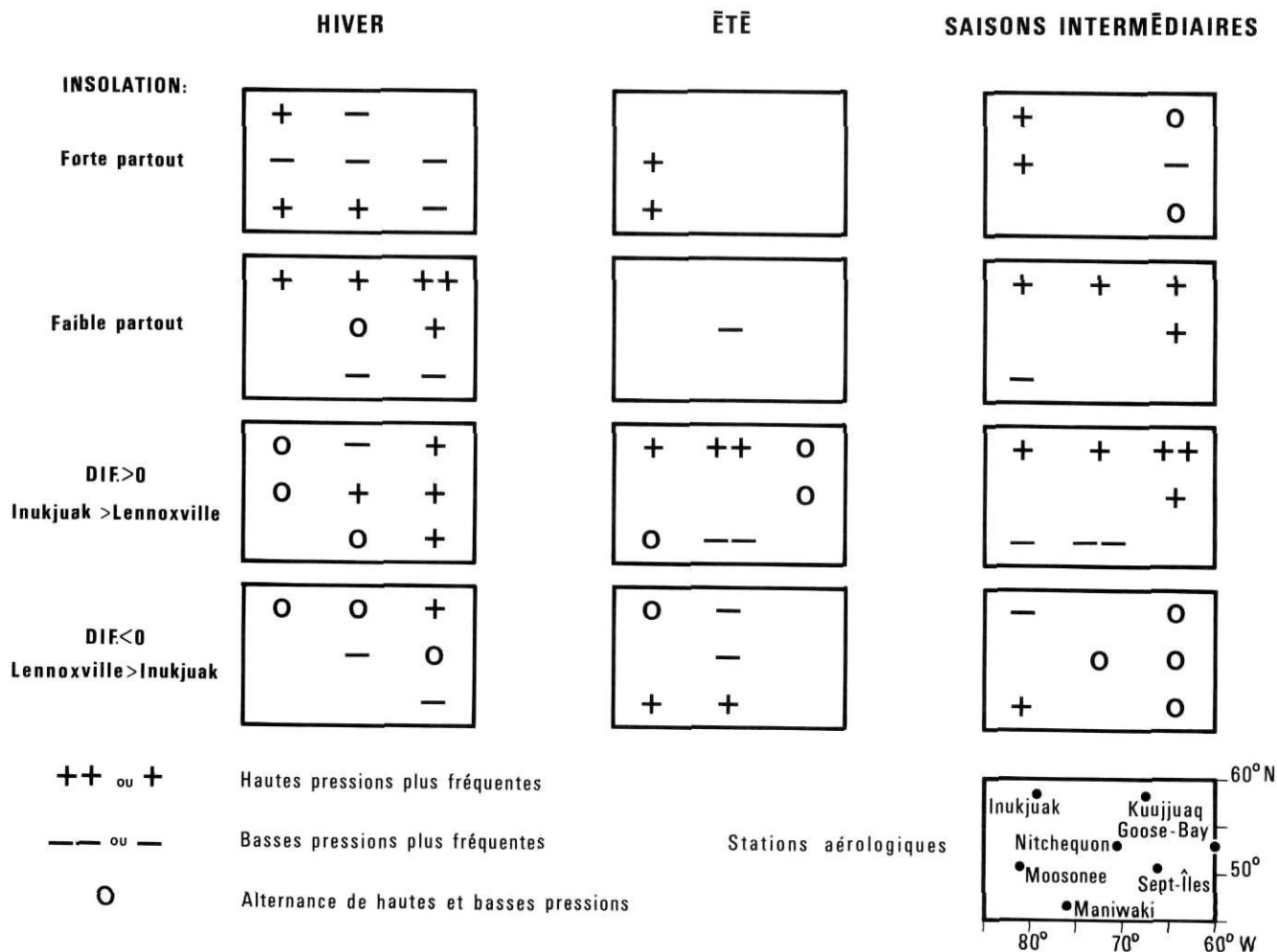


FIGURE 2. Pressions à 700 mb et insulations. Comparaison entre les fréquences des déviations mensuelles des pressions et les insulations à Lennoxville et à Inukjuak (1950-1978).

Pressures at 700 mb and sunshine. Comparison between monthly pressure deviate frequencies and sunshine at Lennoxville and Inukjuak (1950-1978).

Les faibles insulations correspondent généralement à des hautes pressions dans le nord-est du Labrador qui favorisent l'arrivée de courants maritimes d'est; en été, cependant, les situations correspondent plutôt à des vastes dépressions aux contours mal définis.

Enfin, le sud est relativement plus ensoleillé que le nord quand la pression est supérieure à la normale dans le sud-ouest, sauf en hiver où l'on observe plutôt des baisses de pressions dans le centre et le sud-est.

2. Étude de cas et analyses synoptiques (fig. 3)

Pour tenter de préciser ce qui se cache sous les moyennes mensuelles, nous avons analysé les situations journalières d'une vingtaine de mois considérés comme représentatifs d'un type d'insolation; nous en avons sélectionné quatre pour dessiner la figure 3.

a) En juin 1965, les pressions à 700 mb sont supérieures à la normale sur le nord-est du continent, avec des maximums de la mer d'Hudson aux Grands Lacs. Au sol, les hautes pressions sont fréquentes au-dessus de la mer d'Hudson, donnant des crêtes anticycloniques et des fronts froids du nord-ouest qui balayent tout le Québec. L'insolation est partout supérieure à la normale.

b) En novembre 1973, la circulation en altitude est très lente, avec un vaste creux sur les Maritimes et une crête du nord de Québec au Groenland. Au sol, deux situations principales se succèdent: soit la stagnation de dépressions sur les Maritimes, avec des courants de nord-est sur tout le Québec, soit la persistance d'une dépression sur le nord de la mer d'Hudson, avec de l'air du nord-est et le passage de perturbations des Grands Lacs aux Maritimes. Tout le Québec est couvert de nuages.

c) En septembre 1977, un dôme de fortes pressions d'altitude est centré sur le nord de la mer d'Hudson, entouré de basses pressions le long du 45° parallèle sur le continent, puis le long de la côte du Labrador sur l'océan. Les dépressions se succèdent le long de la voie du Saint-Laurent ou viennent du sud-ouest vers les Maritimes; le sud du Québec est ennuagé et le nord a des ciels clairs.

d) En mars 1965, la pression s'abaisse le long du 45° parallèle et monte le long du 65°, avec un creux nord-sud sur le Manitoba et une crête nord-sud sur le centre du Québec. Au sol, les crêtes anticycloniques sont fréquentes sur le centre du Québec et des dépressions venues du sud-ouest vers la mer d'Hudson se déplacent le long du 60° parallèle donnant de fortes couvertures nuageuses dans le nord pendant que le sud est dégagé.

e) Conclusions: Les premières conclusions décrites ci-dessous sont loin d'être exhaustives, mais décrivent les cas les plus typiques et peuvent orienter de futures hypothèses de travail.

En été, il semble que la position en latitude du front «polaire» et son dédoublement éventuel soient la cause principale des variations; quand les dépressions circulent des Grands Lacs aux Maritimes, l'insolation est meilleure dans le nord; quand elles suivent le couloir nord, de la mer d'Hudson à l'île de

Baffin, le sud du Québec est bien ensoleillé. Certains étés, les deux systèmes tendent à coexister et à se joindre: on observe la persistance d'une basse pression sur la mer d'Hudson, à laquelle se rattache un vaste front, qui balaye le Labrador et qui se soude à une famille de perturbations qui suivent la voie méridionale. Le temps est alors couvert partout.

En hiver, une circulation d'ouest rapide fait alterner des hautes pressions et des fronts peu actifs, ce qui favorise une bonne insolation généralisée. Par contre, le blocage de basses pressions sur les Maritimes et de hautes pressions sur le nord de l'Atlantique amène un flux maritime de surface sur tout le Québec, qui se couvre entièrement de nuages. Ces blocages ont un effet généralisé, mais frappent davantage le Québec méridional à la fin de l'automne et au début de l'hiver. Au creux de l'hiver et au début du printemps, ce creux est repoussé sur l'océan et alimente la côte orientale de la mer d'Hudson avec de l'air maritime perturbé de nord pendant que le sud du Québec, soumis à un flux nordique plus stabilisé, est plus ensoleillé.

Le maintien de hautes pressions de surface à l'ouest du Québec au printemps, avec l'arrivée d'air arctique du nord-ouest canadien, donne des ciels très clairs; cependant, à la fin du printemps, cette situation favorise des cyclogenèses sur le centre des États-Unis et l'arrivée de dépressions qui passent par les Grands Lacs et le Saint-Laurent. À l'inverse, la poussée des crêtes anticycloniques sur les Grands Lacs et le nord-est américain repousse les trajectoires des perturbations vers le nord et donne des temps clairs dans le sud-ouest; on retrouve la même situation en automne, décalée vers le sud-est (HUFTY, 1982).

3. Relations entre les insulations journalières et les pressions à 500 mb

Pour essayer de mieux préciser encore l'importance des temps journaliers, nous avons également étudié les relations journalières mais pendant une seule année. À partir des cartes journalières (*Bulletin quotidien d'études*) à 500 mb de la Météorologie nationale à Paris, nous avons extrait la pression en 15 points sur une grille qui s'étend entre les parallèles 40 et 55 W et les méridiens 60 et 80 W. Les journées ont été regroupées suivant les quatre catégories d'insolation définies plus haut et, pour chacune de ces dernières, nous avons calculé l'écart journalier moyen des pressions, par rapport à la normale saisonnière (fig. 4).

Remarquons que, cette fois, les chiffres d'insolation sont bruts, non corrigés de la moyenne à une station, que les cartes s'étendent seulement jusqu'au 55° parallèle et qu'il s'agit du niveau de 500 mb; il faudra donc rester prudent dans les comparaisons.

On retrouve néanmoins des figures très semblables aux précédentes, ce qui tiendrait à prouver que les moyennes mensuelles sont bien le reflet de fréquences journalières plus ou moins fortes de tel ou tel type de situation synoptique.

Très brièvement, parce que nous reprendrons cette analyse dans un travail ultérieur:

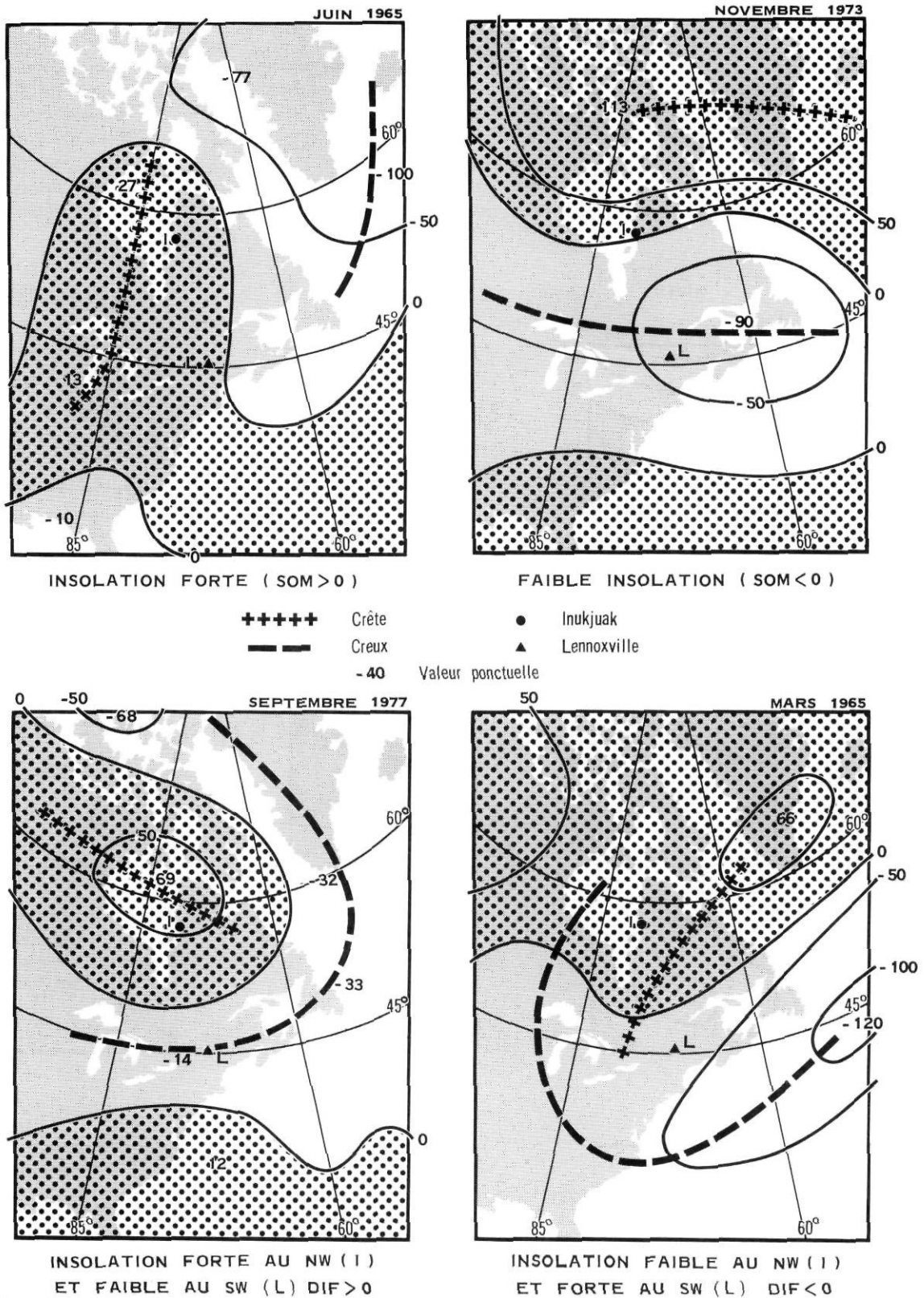


FIGURE 3. Pression mensuelle à 700 mb et insulations: écarts à la normale (en mètres).
 Monthly pressure at 700 mb and sunshine: deviation to normal (in metres).

- Les couvertures nuageuses les plus persistantes, surtout dans le sud, correspondent en altitude à un creux sur le sud-ouest du Québec et à une crête sur le nord-est et en surface à des dépressions entre la baie James et la Nouvelle-Écosse, alimentant un flux d'air maritime d'est sur toute la province.
- Les temps les plus clairs, surtout dans le sud, sont dus en altitude aux passages de crêtes sur tout le Québec ou à leur stagnation sur l'ouest, associée à des creux sur la bordure maritime; en hiver cependant, le creusement des pressions est maximal entre l'île de Baffin et le détroit de Davis. En surface, on observe principalement de l'air continental qui vient de l'ouest.

- Le nord a tendance à être favorisé en toute saison quand les dépressions de surface suivent la voie sud, notamment au printemps, avec des cyclogenèses sur l'ouest américain.
- Le nord a tendance à être défavorisé, et c'est un cas plus fréquent que le précédent, soit par le passage de dépressions sur le centre ou le nord du Québec, soit par temps de nord à nord-ouest; en altitude, on note la présence d'un creux ou d'une goutte froide sur le nord (en été) ou généralisé à tout le Québec (en hiver); au sol, on observe un anticyclone superficiel sur le sud-ouest et des courants instables de nord le long du littoral de la mer d'Hudson.

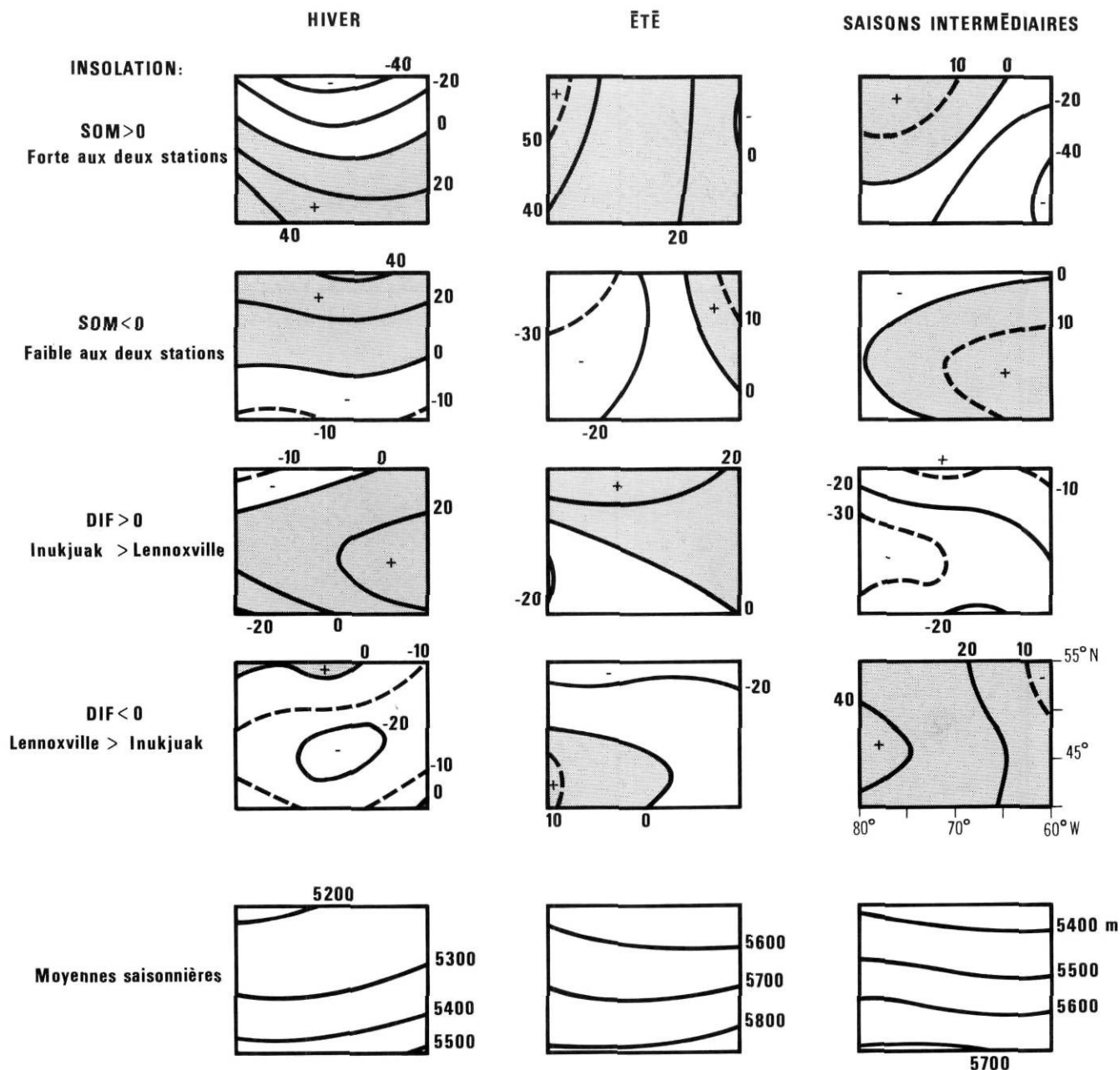


FIGURE 4. Pressions relatives à 500 mb et insolation. Écart journalier moyen à la normale saisonnière (en mètres), 1969-1970.

Relative pressures at 500 mb and sunshine. Daily mean deviation to seasonal normal (in metres), 1969-1970.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

a) Les corrélations entre les insolation et les pressions moyennes sont généralement assez faibles, quoique meilleures pendant les saisons intermédiaires. Une étude plus fine des relations entre les pressions et les insolation, qui tiendrait compte et de l'ensemble du système atmosphérique et des effets locaux, devrait permettre de mieux circonscrire les causes des temps très clairs et très couverts. Des relations pourraient alors être calculées entre les fréquences relatives des ouvertures nuageuses, fortes ou faibles, et des groupes de pression atmosphérique. Il est probable que l'utilisation des probabilités conditionnelles serait meilleure que celle des corrélations simples ou multiples.

b) Le nord et le sud du Québec sont des régions qui réagissent différemment aux fluctuations climatiques. Nous n'avons pas observé de cycles réguliers mais seulement une «turbulence» climatique, qui donne des périodes plus ou moins longues pendant lesquelles certaines circulations sont plus fréquentes. En particulier, la fréquence des fluctuations mensuelles de sens inverse est suffisamment grande pour influencer les valeurs saisonnières calculées sur des périodes de 10 ans.

c) Ces fluctuations climatiques s'étendent sur une région beaucoup plus vaste que le Québec et les différences entre les décades délimitées se retrouvent ailleurs; de plus, ces fluctuations ont des effets sur d'autres éléments du climat, notamment sur les précipitations et les températures (DICKSON et NAMIAS, 1976). À cet égard, nous attirons l'attention sur le fait que les études paléoclimatiques, dans les régions de latitudes moyennes, semblent avoir attribué beaucoup d'importance aux facteurs thermique et hydrique pour expliquer,

par exemple, des périodes de croissance plus rapide des arbres; il ne faudrait pas pour autant négliger le facteur solaire, qui n'est pas relié directement aux précédents.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBER, D.A., DAVIS, J.M. et RIORDANA, J. (1984): Spectral analysis of station pressure as an indicator of climatological variations in synoptic-scale activity in the Eastern United States, *Monthly Weather Review*, vol. 112, n° 2, p. 333-339.
- DICKSON, R. et NAMIAS, J. (1976): North American influences on the circulation and climate of the North Atlantic sector, *Monthly Weather Review*, p. 1255-65.
- GIROUX, I. (1983): *Fluctuations de l'insolation pour deux stations météorologiques du Québec*, Mémoire de recherche inédit, Département de géographie, Université Laval.
- HUFTY, A. (1982): Analyse en composantes principales des situations synoptiques au Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 36, n° 3, p. 307-314.
- HUFTY, A. et THÉRIAULT, M. (1983): Des erreurs systématiques dans les données canadiennes de la durée d'ensoleillement?, *Climatological Bulletin*, vol. 17, n° 1, avril 1983, p. 29-35.
- MONTHLY WEATHER REVIEW, et en particulier les numéros suivants: vol. 93, n° 6 (R.A. Green, March 1965), vol. 93, n° 9 (J.W. Posey, June 1965), vol. 102 (R. Dickson, November 1973) et vol. 105, n° 12 (R.E. Taubensee, September 1977).
- PÉRIARD, G. (1983): *L'analyse et la répartition de l'insolation au Québec*, thèse de maîtrise inédite, Département de géographie, Université Laval.
- THÉRIAULT, M. (1983): *Une typologie des régimes climatiques du Québec*, thèse de doctorat inédite, Département de géographie, Université Laval.