

Analyse en composantes principales des situations synoptiques au Québec

Eigenvector Analyses of Large-Scale Synoptic Types in Québec

Eigenvektor-analyse der Hauptkomponenten Synoptischer Typen in Québec.

André Hufty

Volume 36, numéro 3, 1982

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032483ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032483ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Hufty, A. (1982). Analyse en composantes principales des situations synoptiques au Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 36(3), 307-314. <https://doi.org/10.7202/032483ar>

Résumé de l'article

Cinq composantes principales orthogonales ont été calculées par analyse multivariée, à partir des pressions relevées à 500 mb et au sol, pendant un an sur le Québec. La simulation cartographique de ces facteurs fait ressortir l'effet de taille, le régime de circulation à 500 mb et les déformations du flux d'altitude associées aux influences thermiques de la surface.

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DES SITUATIONS SYNOPTIQUES AU QUÉBEC

André HUFTY, Département de géographie, université Laval, Québec, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ Cinq composantes principales orthogonales ont été calculées par analyse multivariée, à partir des pressions relevées à 500 mb et au sol, pendant un an sur le Québec. La simulation cartographique de ces facteurs fait ressortir l'effet de taille, le régime de circulation à 500 mb et les déformations du flux d'altitude associées aux influences thermiques de la surface.

ABSTRACT *Eigenvector analyses of large-scale synoptic types in Québec.* Using multivariate analysis, five orthogonal principal components were calculated from two charts (surface pressure and 500 mb) over a one year period for Québec. Cartographic representation of these factors brings to light the effects of scale, 500 mb circulation patterns, and modifications of high-level flow associated with thermal influences of the surface.

ZUSAMMENFASSUNG *Eigenvektoranalyse der Hauptkomponenten Synoptischer Typen in Québec.* Die multivarierte Analyse benutzend, wurden fünf orthogonale Hauptkomponenten von zwei Karten (Oberfläche und 500mb) für ein Jahr errechnet. Die kartographische Simulation zeigt den Einfluss von Grösse, Zirkulationsverhältnissen bei 500 mb und die Veränderung des Höhenflusses in Verbindung mit dem thermalen Einfluss der Oberfläche.

INTRODUCTION

Le tracé des isobares sur les cartes météorologiques change d'un jour à l'autre, et il semble malaisé de retrouver des cas semblables, surtout si l'on tient compte simultanément de plusieurs niveaux d'altitude.

Cependant, même si le temps n'est jamais similaire, si chaque journée est unique, on note l'apparition de certaines régularités qui se répètent saison après saison; de plus, on constate l'existence de liaisons entre les ondulations du flux d'altitude et les situations synoptiques au sol (voir fig. 3(2)); on remarque enfin que l'épiderme de la surface terrestre influence constamment les champs isobariques (BARRY, 1959; ELLIOTT, 1949).

Ces observations, qui nous laissent croire que répertorié des groupes de types de temps n'est pas illusoire, vont nous servir d'hypothèses de départ. Pour ce faire, nous avons utilisé une méthode d'analyse multivariée pour décomposer, de la manière la plus objective possible, les champs de pression et pour obtenir des sous-ensembles indépendants qui seraient les principales combinaisons de phénomènes physiques qui forment le temps journalier.

Nous avons appliqué cette méthode d'analyse au Québec à partir des données qui nous étaient accessibles, c'est-à-dire les cartes journalières au sol et à 500 mb, pendant une année, de juin 1969 à mai 1970. De plus, pour lisser nos données et les rendre relativement comparables, nous les avons transformées en indices: composante d'ouest, composante de nord, composante circulaire et niveau absolu.

Nous avons utilisé une méthodologie employée par plusieurs auteurs (CRADDOCK, 1969; KUTZBACH, 1970; DICKSON et NAMIAS, 1976; BRINKMANN, 1981, etc.), mais leurs travaux étaient à des échelles spatiale (l'hémisphère nord ou l'Amérique du Nord) et temporelle (généralement le mois) différentes de nos besoins; nous nous sommes enfin inspiré de travaux plus anciens de climatologie dynamique sur le Québec (BARRY, 1959; HARE, 1950; PAUL, 1973; WILSON, 1973 et 1974), mais surtout pour interpréter les résultats de nos analyses.

LES VARIABLES DE DÉPART ET LEUR REGROUPEMENT EN INDICES

Nous avons utilisé les données de pression pendant un an des cartes journalières du *Bulletin quotidien d'Études*¹ au sol et à 500 mb de la manière suivante:

1. Publié par la Météorologie nationale à Paris. En regrettant qu'il n'existe pas de cartes semblables édités au Canada et que le Québec soit trop excentrique sur les cartes américaines. On pourrait également se servir directement des données de sondage, mais le réseau est très lâche et nous n'avons pas les ressources financières suffisantes pour les obtenir et les traiter.

- Grille de 15 points pour la carte à 500 mb et la carte de surface, entre les méridiens 60 et 80 ouest et les parallèles 40 et 50°N, avec un point central au-dessus de Québec.

- Pour chaque carte, calcul du flux zonal théorique (entre les pressions moyennes aux 40° et 55° parallèles), du flux méridien (entre les pressions moyennes le long des deux méridiens extrêmes) et d'une mesure du rotationnel, basée sur la différence entre la pression au centre de la carte et la moyenne des pressions périphériques. Un flux zonal qui vient de l'ouest est considéré comme positif, de même qu'un flux méridien de sud. Un indice de rotationnel positif indique une basse pression relative au centre de la carte.

- Les huit paramètres journaliers suivants ont donc servi de base à l'analyse en composantes principales (LITYNSKI, 1970):

PA: altitude de la surface de 500 mb au-dessus de Québec (en m)

RA: rotationnel à 500 mb (ou *vorticity*)

ZA: indice zonal à 500 mb (composante zonale du vent géostrophique)

MA: indice méridien à 500 mb (composante méridienne du vent géostrophique)

PS: pression de surface à Québec (en mb)

RS: rotationnel au sol

ZS: indice zonal au sol

MS: indice méridien au sol

- Les équations suivantes sont employées:

ZA, MA, ZS et MS en $m \cdot sec^{-1} = g/f \cdot \Delta z / \Delta n$

RA et RS en $rd^{-1} \cdot m^{-1} = 4g/f \cdot n^2 \cdot (Z - Z_0)$

où g = accélération de la pesanteur ($m^2 \cdot s^{-2}$)

f = paramètre de Coriolis ($rd \cdot s^{-1}$)

Δz = différence d'altitude ou de pression entre les bordures de la carte (m ou mb)

Δn = distances entre les bordures de la carte (m)

Z_0 = PS ou PA suivant le cas (m ou mb)

Z = moyenne des altitudes ou des pressions périphériques (m ou mb)

Pour compléter l'analyse de ces huit paramètres de base, nous ajouterons deux différences de température (en °C): ΔT_1 entre la station du Poste-de-la-Baleine (mer d'Hudson) et Shefferville (centre du Québec-Labrador) et ΔT_2 entre Québec (aéroport) et Hopedale (côte du Labrador), stations considérées comme représentatives des grands ensembles thermiques régionaux.

VARIATIONS SAISONNIÈRES DES PARAMÈTRES

Les saisons principales, de décembre à mars et de juin à septembre, sont séparées par des mois de transition: avril-mai et de septembre à novembre (voir tabl. I et II).

En été, en altitude, la pression est forte, le rotationnel moyen anticyclonique et les pressions au sol ont

TABLEAU I

Variation saisonnière des paramètres

	juin-août	sept.-nov.	déc.-mars	avril-mai	année
PA	5707	5597	5303	5549	5520
RA	-0,7	-0,8	1,1	-0,7	-0,1
ZA	14,9	16,6	14,2	15,3	15,1
MA	-0,2	2,8	2,6	-1,8	1,1
PS	1012,2	1016,3	1012,8	1014,9	1013,9
RS	0,1	-0,9	-0,7	1,0	-0,3
ZS	3,0	2,1	1,0	0,3	1,7
MS	0	0,1	-3,2	-0,7	-1,2

TABLEAU II

Différences régionales des températures

	juin-août	sept.-nov.	déc.-mars	avril-mai	année
ΔT_1	-1,6	2,5	0,1	1,6	0,5
ΔT_2	8,7	4,6	1,8	9,8	5,6

tendance à être faibles sur tout l'est du Québec, entre la Gaspésie et la baie d'Ungava.

À la fin de l'été et en automne, le régime change; des anticyclones avec un indice zonal élevé s'installent à tous les niveaux sur le centre du Québec, de Montréal à Shefferville, avec une pression faible au sol sur toute la bordure maritime, y compris une diminution relative de plus en plus marquée sur la mer d'Hudson. Cette dernière baisse se fait sentir jusqu'aux Grands Lacs en novembre accompagnée d'un flux méridien de sud; il est probable que l'effet thermique joue. La température est en effet plus élevée sur la mer d'Hudson, non encore gelée, que sur le Labrador déjà enneigé².

En hiver, en altitude, la pression est très faible et le rotationnel est cyclonique; au sol, le centre des basses pressions se déplace vers Terre-Neuve et la ligne des pressions les plus faibles se calque sur la côte des Maritimes et du Labrador; des hautes pressions thermiques ont tendance à se reformer continuellement sur le nord du Québec et le flux moyen a une forte composante nord, favorisée par la forte différence de température au sol entre le centre du Québec et la côte est.

Les pressions d'altitude s'accroissent en avril-mai; le rotationnel change de signe; au sol, les gradients moyens de pressions sont flous, car la côte du nord est froide et englacée et ne favorise plus l'instabilité de l'air.

En bref, les cartes moyennes de pression indiquent un tourbillon circumpolaire des vents; les pressions dé-

croissent du sud vers le nord et dessinent des arcs de cercles centrés autour de l'île de Baffin en altitude et sur la mer du Labrador en surface. Les pivots de basses pressions se déplacent avec les saisons; en hiver, les pressions d'altitude sont très basses, avec un creux centré sur le 85° méridien ouest; le gradient de pression du sol est rapide, avec des flux de nord-ouest qui convergent vers la côte américaine; en été, les pressions d'altitude sont élevées, le creux est décalé vers l'est du 70° méridien ouest; au sol, les gradients sont faibles avec des flux d'ouest qui convergent vers le centre du Québec.

ANALYSE FACTORIELLE

L'analyse en composantes principales des 365 valeurs journalières des huit variables a permis de dégager cinq facteurs ou composantes principales, mais les trois premiers rendent compte de 73% de la variance totale (voir tabl. III).

1. SIGNIFICATION DES FACTEURS

Les corrélations entre les facteurs et les variables (voir tabl. III) sont un premier guide qui aide à comprendre la signification des facteurs, mais il n'est pas suffisant et, pour en apprendre davantage sur leur réalité spatiale, nous sommes retourné aux variables originales, c'est-à-dire aux pressions des points des grilles cartographiques des cartes d'altitude et du sol, de la manière suivante: soit l'équation $P = a + bF_1 + cF_2 + dF_3 + eF_4...$ établie par régression entre les 365 valeurs journalières de la pression en un point et les 365 notes en facteurs correspondantes des composantes principales.

Cette équation a été calculée pour chaque point de la carte de surface et de la carte d'altitude; en donnant à une des composantes une valeur arbitraire de plus ou de moins 2 et en égalant les autres à zéro, on trouve, pour chaque point de carte, une valeur annuelle moyenne de la pression qui correspond à l'effet d'une seule composante. La cartographie des isobares calculées par cette équation nous a permis de simuler des situations synoptiques représentatives de chaque composante considérée individuellement. Ces simulations ont été complétées par une revue des journées dont les notes en facteur étaient à la fois les plus élevées en valeur absolue sur une des composantes et les plus basses sur les autres. Ces « navettes » entre la simulation et les observations réelles renforcent et concrétisent les relations partielles extraites des cartes simulées³.

3. La grille de 15 points choisie au départ est insuffisante pour rendre compte de la diversité des influences lointaines que subit le Québec et des nuances internes des temps sur la péninsule; dans une étude ultérieure, il faudra à la fois densifier cette grille et l'étendre géographiquement; dans notre étude, l'examen des cartes journalières a permis de pallier en partie cette lacune de départ.

2. Voir F.E. BURBIDGE, *Q.J. Roy. Met. Soc.*, vol. 77, 1951, p. 365 sq. et F.K. HARE and M.R. MONTGOMERY, *Arctic*, vol. 2 (2), 1949, p. 79 sq.

TABLEAU III
Composantes principales

facteurs	valeur propre	% variance	corrélations avec les variables							
			PA	RA	ZA	MA	PS	RS	ZS	MS
1	2,4	30,2	0,7	-0,8	0,5	-0,5	0,7	-0,5	0,4	0,3
2	2,0	25,5	0,5	-0,5	.	0,4	-0,5	0,7	.	0,8
3	1,3	17,3	-0,3	.	0,7	0,3	-0,3	.	0,8	.
4	0,8	10,9	.	0,2	.	0,6	0,4	-0,3	.	0,4
5	0,6	7,3	0,2	-0,2	-0,5	.	.	.	0,5	.

. corrélation non significative

a) Analyse de la première composante (voir cartes, fig. 1)

La première composante, généralement un effet global de « taille », oppose fortes et basses pressions à tous les niveaux ; comme les pressions d'altitude sont maximales de mai à septembre (voir tabl. I), elle oppose l'hiver à l'été ; comme les hautes pressions journalières sont souvent reliées à un rotationnel anticyclonique, elle oppose les crêtes et les vallées du tourbillon circumpolaire.

Une valeur élevée de cette composante donne une carte assez typique de l'été : en altitude, des hautes pressions et un rotationnel anticyclonique ; en surface, avec le décalage des centres d'action vers l'est, une crête se forme sur le sud-est du Québec. Remarquons que le nord du Québec reste sous l'influence du creux polaire et qu'on voit, sur les cartes typiques des journées à composante 1 élevée, défiler des dépressions très évasées, avec fronts chauds et froids, dont les prolongements se font sentir dans le sud du pays.

En hiver, les basses pressions en altitude s'accompagnent d'un rotationnel cyclonique et d'une descente vers le sud du creux polaire ; le décalage entre ces basses pressions d'altitude et les dépressions de surface est plus grand qu'en été à cause probablement d'effets thermiques de surface : des anticyclones superficiels se forment sur les champs de neige du Québec-Labrador et l'instabilité de l'air est plus grande sur les eaux océaniques ; sur les cartes journalières de surface caractéristiques d'une première composante très négative, on voit donc un creux important centré sur le golfe du Saint-Laurent, qui canalise, vers le centre du Québec, un flux faiblement perturbé de nord-est.

b) Analyse des deuxième et quatrième composantes

À cause de l'allure semblable des cartes, nous allons étudier ensemble ces deux composantes. Dans les deux cas, l'ondulation secondaire du flux d'altitude est décentrée par rapport au Québec.

Une valeur positive indique, en altitude, une vallée sur la mer d'Hudson et les Grands Lacs et une crête

sur l'est du Québec-Labrador et la mer du Labrador, ce qui donne un flux de sud-ouest sur le Québec. Les fortes pointes constatées en novembre pour ces deux composantes sur le graphique de leurs valeurs mensuelles correspondent à un moment de l'année où la température est encore chaude sur l'axe mer d'Hudson-Grands Lacs favorise les dépressions.

Une valeur négative des composantes correspond à une crête sur les Grands Lacs et l'ouest du Québec et à une vallée sur le détroit d'Hudson ou la mer du Labrador, soit un flux de nord-ouest vers Québec.

Il est nécessaire de détailler ces positions et leurs importances saisonnières (cf. fig. 1 et 2) :

(i) Une composante 2 positive est liée à l'été ; en altitude, les hautes pressions remontent loin vers le nord de Terre-Neuve et les creux se développent surtout sur la baie de James. En surface, une vaste dépression couvre l'ouest du Québec et canalise des fronts froids du sud ontarien au lac Saint-Jean et des fronts chauds qui se développent vers l'estuaire du Saint-Laurent et le déplacement général des systèmes s'effectue du sud-ouest au nord-est ;

(ii) Une composante 4 positive est liée au début et au centre de l'hiver ; la sinusoïde d'altitude est plus creusée par les basses pressions que dans le cas précédent, indiquant une arrivée d'air froid très importante. Les dépressions de surface sont repoussées vers l'Atlantique ; la haute pression superficielle, qui se développe sur l'est du Québec et le Labrador et va se souder à l'anticyclone atlantique, résulte des décharges d'air froid postérieures aux dépressions ;

(iii) Une composante 2 négative est reliée à la saison froide ; le minimum hivernal d'altitude est très intense et se double fréquemment d'un second minimum sur le nord ontarien. En surface, la crête installée sur les Grands Lacs dirige de l'air froid de nord-ouest, qui va rejoindre les dépressions développées sur la mer du Labrador.

(iv) Dans la composante 4 négative, le minimum d'altitude est moins marqué et situé plus au nord que

FACTEURS

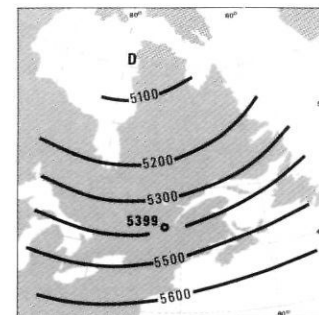
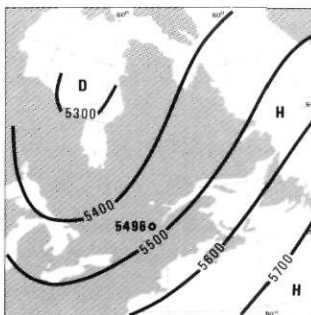
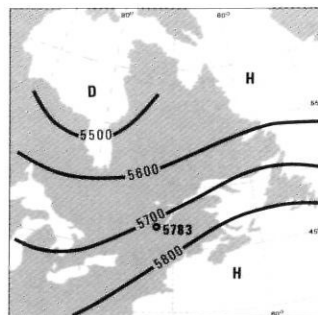
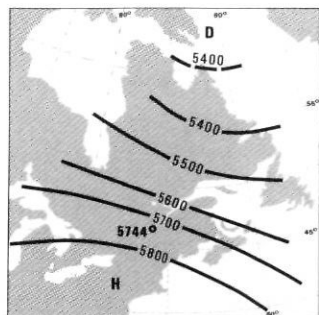
1

2

4

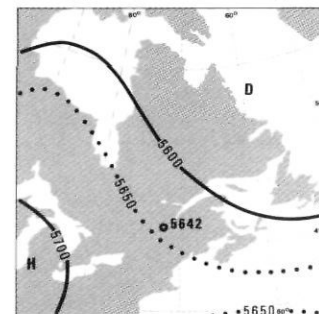
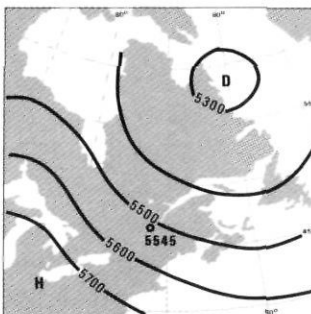
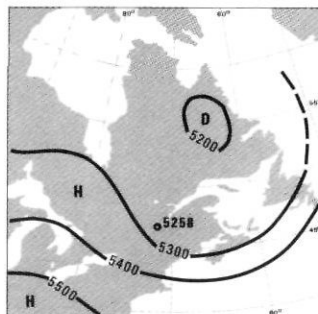
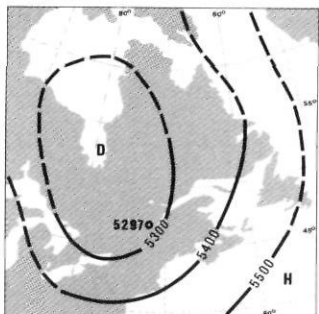
3

positifs



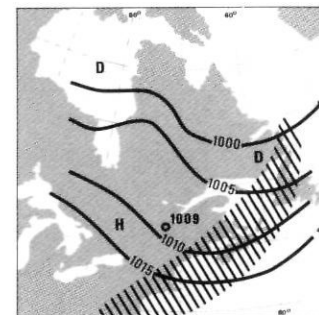
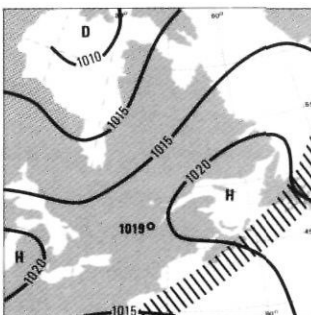
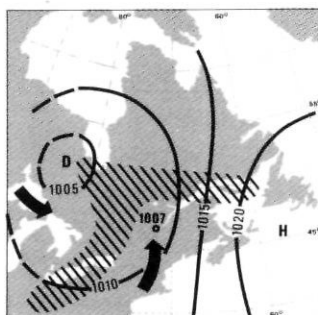
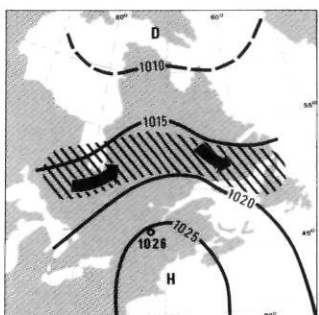
PRESSIONS EN ALTITUDE

negatifs

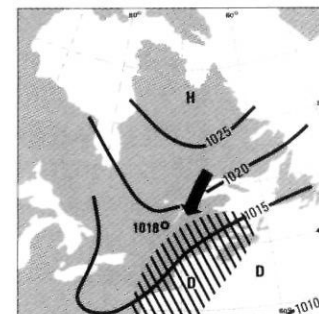
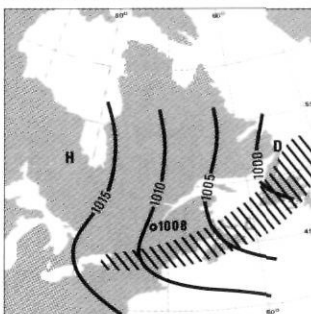
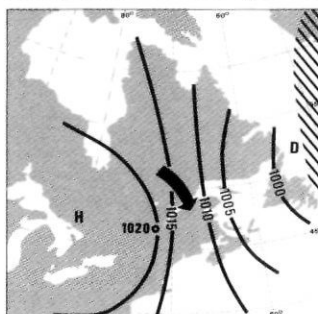
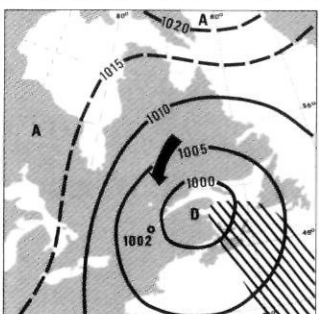


PRESSIONS EN SURFACE

positifs



negatifs



Zone dépressionnaire
 Flux de surface

○ 1018 Pression à Québec en mb (surface)
1015 Hauteur en mètres géopotentiels (500mb)

H Haute pression
D Basse pression

FIGURE 1. Composantes multivariées et situations synoptiques simulées au-dessus du Québec du 69-6-1 au 70-5-30. Multivariate factors and synoptic situations over Québec (from 69-6-1 to 70-5-30).

**MOYENNE MENSUELLE
DES NOTES EN FACTEURS**

DE JUIN 1969 A MAI 1970

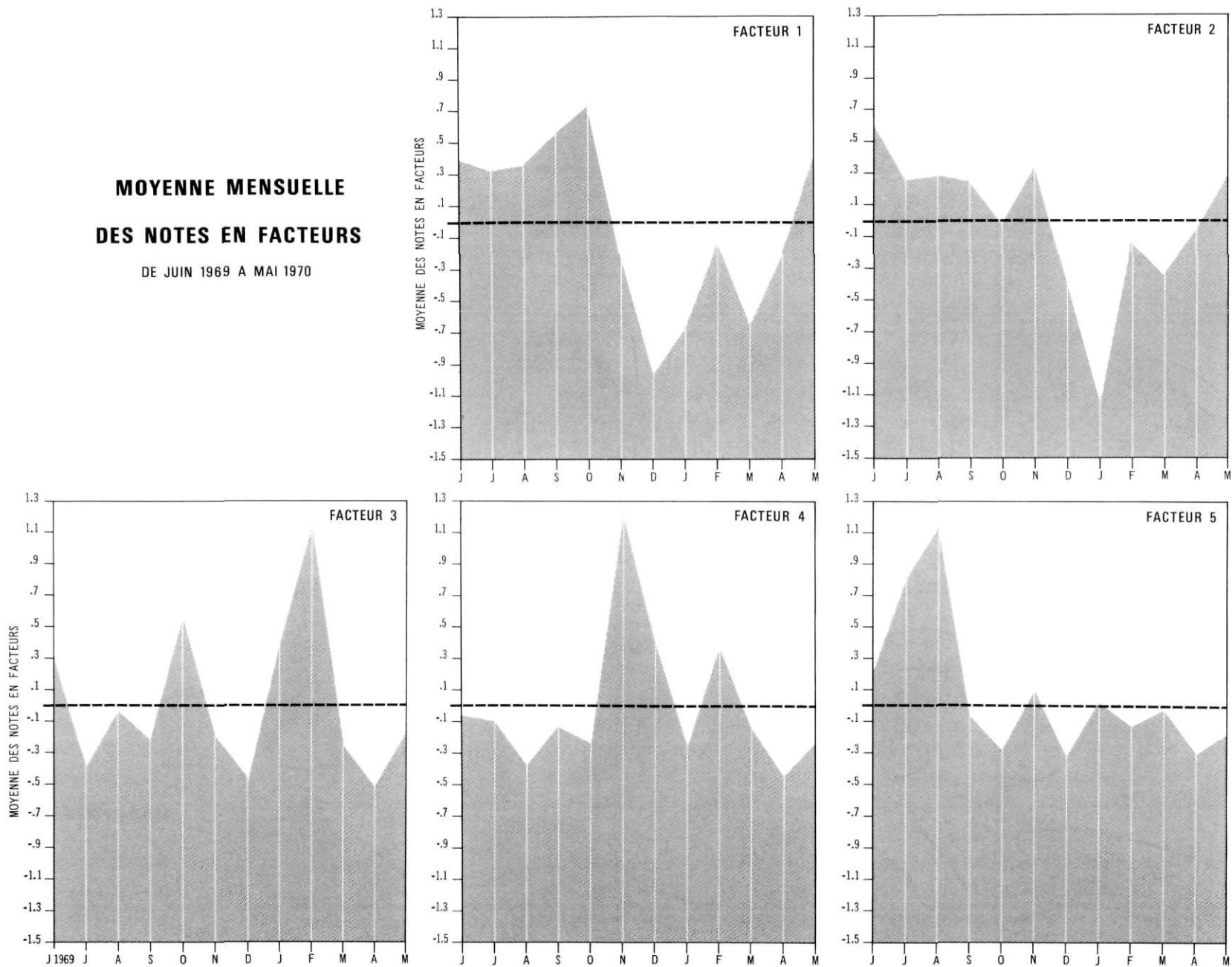


FIGURE 2. Moyenne mensuelle des notes en facteurs de juin 1969 à mai 1970. *Monthly mean of factor scores from June 1969 to May 1970.*

dans le cas précédent; en surface, les hautes pressions du nord-ouest sont moins dynamiques et les dépressions sont fréquentes sur le sud du Québec et l'est du Labrador ou la mer du Labrador.

c) Analyse de la troisième composante

Le flux circumpolaire peut se renforcer ou se détruire, ce qui a été très bien décrit par l'indice de Rossby. La troisième composante reflète très bien cette notion; une valeur positive indique un gradient de pression très resserrée en altitude, avec un axe de minima centré sur le Québec. Au sol, on obtient un flux zonal de nord-ouest, entre des hautes pressions à l'ouest et une zone dépressionnaire des Appalaches à Terre-Neuve, prolongées sur l'océan.

Le format de la carte se prête mal à la représentation des valeurs négatives de F_3 : une goutte d'air froid à basse pression stagne le long de la côte américaine; les gradients de pression sont très lâches, avec une faible crête vers l'ouest et une tendance à des basses pressions vers le nord-est du Labrador, suivie d'une crête sur l'Atlantique ouest, qui remonte loin vers le nord. Cette situation de blocage du flux d'ouest donne des résultats intéressants au sol: une zone de hautes pressions sur le nord du Québec et une zone dépressionnaire intense sur la côte américaine dirigent un flux d'est à nord-est sur le Québec.

d) Cinquième composante (non représentée sur une carte)

La cinquième composante n'est pas très importante; cependant, elle est utile à étudier, car elle a un maximum unique très prononcé en juillet et août et caractérise donc le centre de l'été. Les gradients d'altitude sont peu marqués, mais montrent la présence d'une goutte d'air froid du Labrador au centre du Québec. Au sol, on observe un anticyclone sur l'Atlantique, qui suit la côte, depuis les États-Unis jusqu'à Terre-Neuve et une crête anticyclonique sur l'ouest du Québec, séparés par une dépression qui s'étend des Appalaches à la côte orientale de Terre-Neuve et du Labrador; un autre centre dépressionnaire est installé entre les Grands Lacs et la baie de James. L'effet thermique estival doit jouer un rôle dans le parallélisme entre les isobares de surface et la côte, avec les hautes pressions sur l'océan.

2. REMARQUES SUR LES VARIATIONS SAISONNIÈRES DES FACTEURS

Les composantes principales ont une variation saisonnière nette (fig. 2); les deux premières ont un maximum estival et un minimum hivernal et les trois autres fluctuent plus irrégulièrement⁴. Les quatre premières ont des hausses et des baisses parallèles: un maximum

secondaire en octobre, une descente de novembre à décembre et un creux en décembre ou janvier; comme la relation annuelle est inverse ou décalée par rapport aux tendances mensuelles désaisonnalisées, la corrélation totale est nulle; l'effet absolu s'oppose à l'effet relatif, mais comme une situation synoptique relative semblable en été et en hiver n'a pas la même signification pour le temps, nous n'avons pas jugé bon de décomposer le phénomène en tendances annuelles et en écarts à ces tendances. À cet égard, il est intéressant de constater qu'il y a, par exemple, une bonne corrélation entre les valeurs journalières du premier facteur et celles du deuxième facteur décalées d'une journée. L'indépendance statistique entre les facteurs d'une analyse en composante ne signifie donc nullement qu'il n'y a pas de relations entre ces facteurs.

CONCLUSIONS

1) En résumé, l'analyse des données de base par la méthode des composantes principales permet de distinguer trois ensembles morphologiques indépendants les uns des autres, qui sont liés à la fois à l'intensité et à l'allure du flux d'altitude et aux conditions thermiques saisonnières de surface.

Le premier ensemble dit «effet de taille» est relié à la pression absolue et relative, qui dépendent elles-mêmes du bilan énergétique planétaire: les pressions d'altitude s'élèvent en été (maximum en juillet) et baissent en hiver (minimum en février), et le rotationnel relatif a tendance à suivre la même courbe.

Les autres ensembles sont liés aux régimes de la circulation (type lent ou type rapide de Rossby, figure 3(1), donnée à titre de rappel) et aux déformations ondulatoires du flux d'altitude, dont les crêtes et les creux ont tendance à se développer le long d'axes géographiques précis, notamment l'axe mer d'Hudson-Grands Lacs et la côte atlantique. Les cellules de surface, situées généralement à l'est des vagues d'altitude, reflètent davantage les bilans thermiques de surface et notamment l'instabilité relative de la côte est et partiellement du détroit et de la mer d'Hudson entre octobre et avril, ainsi que la stabilité des basses couches hivernales du Québec-Labrador en hiver.

2) À titre d'hypothèse de travail, on pourrait retenir, comme éléments de base d'une classification des situations synoptiques, les combinaisons suivantes d'indices qui tiennent compte, d'une part, des types saisonniers des régimes de circulation et, d'autre part, des distorsions causées à ces régimes par les conditions géographiques régionales:

a) pression absolue et rotationnel relatif en altitude;

4. De plus, à l'intérieur d'une saison, la variation journalière des notes en facteurs est assez forte; l'écart type mensuel tourne autour de 0,5; il est plus faible en été et plus élevé en hiver. Cependant, si l'on s'en tient aux successions de valeurs

positives ou négatives des notes en facteurs, on constate deux types de persistance: des séries de une à trois semaines de poids de même signe alternent avec des variations rapides sur quelques jours.

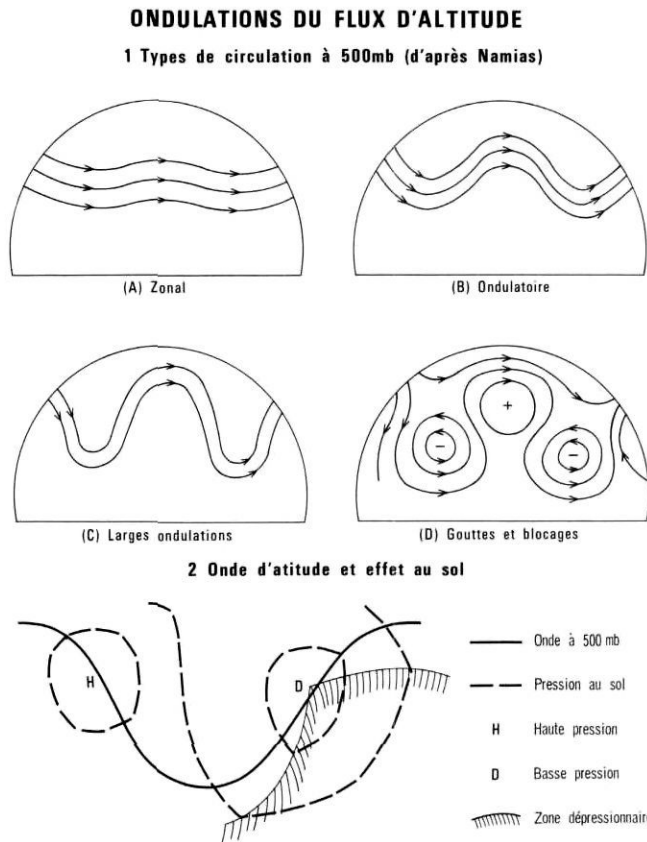


FIGURE 3. Ondulations du flux d'altitude.
Patterns of high level flow.

b) indice de régime de circulation (type rapide et type lent) en altitude, combiné à des gradients ouest-est de températures pour une certaine période antérieure à la situation analysée. Les différences de températures intéressantes à considérer sont celles qui existent entre les axes méridiens suivants: Hudsonie-Grands Lacs, Shéféville-Montréal et côte maritime atlantique.

3) Ces résultats sont intéressants parce qu'ils précisent les travaux poursuivis ailleurs en Amérique du Nord; de plus, ils montrent que les structures sous-

jacentes à une analyse multivariée reflètent des phénomènes physiques qui sont à des échelles spatiales emboîtées et qui font intervenir, à chaque stade, des facteurs explicatifs différents; en effet, la pression absolue est saisonnière et planétaire, les régimes de circulation reflètent des conditions continentales et les positions précises des axes sont davantage régionales.

BIBLIOGRAPHIE

- BARRY, R.G. (1959): *A Synoptic climatology for Labrador-Ungava*, Arctic Met. Res., Publ. Met. n° 17, McGill Univ. de Montréal.
- BARRY, R.G. et PERRY, A.H.: (1973) *Synoptic climatology: methods and applications*, Methuen, Londres.
- BRINKMANN, W.A.R. (1981): Sea level pressure patterns over eastern North America 1899-1976, *Mont. Weat. Rev.*, 109, p. 1305-1317.
- CRADDOCK, J.M. et FLOOD, C.R. (1969): Eigenvectors for representing the 500 mb geopotential surface over the Northern Hemisphere, *Quart. J.R. Met. Soc.*, 95, p. 576-593.
- DICKSON, R. et NAMIAS, J. (1976): North American influences on the circulation and climate of the North Atlantic sector, *Mont. Weat. Rev.*, 104, p. 1255-1265.
- ELLIOTT, R.D. (1949): The weather types of North America, *Weatherwise*, 2, p. 15-18, 40-43, 64-67, 86-88, 110-113, 136-138.
- HARE, F.K. (1950): *The climate of the eastern Canadian Arctic and Subarctic and its influence on accessibility*, thèse de doctorat inédite, Univ. de Montréal.
- KUTZBACH, J. (1970): Large-scale features of monthly mean northern hemisphere anomaly maps of sea level pressure, *Mont. Weat. Rev.*, 98, p. 708-716.
- LITYNSKI, J. (1970): Classification numérique des types de circulation et des types de temps en Pologne, *Cah. Géogr. Québec*, 14, p. 329-338.
- NAMIAS, J. (1970): The index cycle and its role in the general circulation, *J. Meteorol.*, 7, p. 130-139.
- PAUL, P. (1973): *Climatologie dynamique de la région de Montréal*, Thèse de 3^e cycle inédite, Univ. de Strasbourg.
- WILSON, C.V. (1973 et 1974): *The climate of Quebec, Canada*, Dept. of Environment, Climatological Studies n° 11 and n° 23.