Document généré le 12 oct. 2024 03:26

Cahiers de géographie du Québec

Situations synoptiques et analyse multivariée des temps à Québec

André Hufty

Volume 20, numéro 49, 1976

URI : https://id.erudit.org/iderudit/021310ar
DOI : https://doi.org/10.7202/021310ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Département de géographie de l'Université Laval

ISSN

0007-9766 (imprimé)
1708-8968 (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Hufty, A. (1976). Situations synoptiques et analyse multivariée des temps à Québec. *Cahiers de géographie du Québec*, *20*(49), 69–92. https://doi.org/10.7202/021310ar

Résumé de l'article

Les situations synoptiques et les gradients de température dans les basses couches de l'atmosphère ont été étudiés pendant une année à Québec, et les conditions du temps qui en dépendent ont été soumises à une analyse multivariée. Cette dernière montre que les éléments journaliers du temps se regroupent sous deux composantes principales: le rayonnement solaire absorbé au sol et le « potentiel hydrique », une fonction directe de l'humidité absolue et inverse du déficit de saturation.

Les relations entre les situations synoptiques et les deux composantes principales qui résument les conditions du temps sont présentées sous forme graphique et dans un tableau de probabilité, qui permettent de faire la synthèse entre les deux types de classements des temps journaliers.

Tous droits réservés © Cahiers de géographie du Québec, 1976

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 en ligne.

https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/

Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

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.

https://www.erudit.org/fr/

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC,
Vol. 20, No 49, avril 1976, 69-92

SITUATIONS SYNOPTIQUES ET ANALYSE MULTIVARIÉE DES TEMPS À QUÉBEC

par

André HUFTY

Département de géographie, université Laval, Québec

Les conditions journalières du temps sont très variables car elles dépendent de l'interaction de nombreux facteurs dont les uns, par exemple l'albédo du sol, sont locaux et les autres, par exemple la vitesse du vent, sont extérieurs à la région. Chaque endroit reçoit de l'énergie scolaire qui va être dépensée pour échauffer l'air ou le sol et évaporer son eau mais la manière dont ces échanges thermiques sont effectués est influencée par le nébulosité, l'humidité et la turbulence de l'air, qui dépendent le plus souvent du passage de masses d'air en provenance de l'extérieur. Ces dernières sont elles-mêmes soumises au jeu de la circulation atmosphérique qui détermine leur succession et leurs caractéristiques.

Dans cet article, nous allons essayer de classer et de comparer les types de temps journaliers en tenant compte d'une part des situations synoptiques et, d'autre part, des conditions du temps au sol, schématisées par l'analyse multivariée.

I. LES SITUATIONS SYNOPTIQUES ET LES CONDITIONS MOYENNES DU TEMPS

1. *Description des principales situations synoptiques*

a) *Anticycloniques (A)*

Une zone de haute pression stable est centrée sur le Québec méridional.

b) *Anticycloniques atténuées ou marges anticycloniques (AA)*

Divers cas sont rassemblés dans cette catégorie. D'abord la zone de haute pression peut traverser le Québec en moins d'une journée (anticyclone mobile) ou être peu marquée, comme dans un col de haute pression ; ensuite le centre de l'anticyclone peut être situé en dehors du Québec tout en y influençant le temps ; donnons-en deux exemples : un anticyclone sur l'est des États-Unis nous envoie de l'air chaud du sud-ouest ; un anticyclone sur l'Ontario ou la mer d'Hudson nous fait parvenir de l'air polaire ou arctique du nord-ouest ; comme ces derniers sont fréquents en hiver, ils méritent une classe à part (AN).

c) *Cycloniques d'ouest*

Les dépressions qui traversent le Québec seront indiquées par la direction d'où elles viennent : de l'ouest (W), du nord-ouest (NW) et du sud-ouest (SW). L'intensité des dépressions cycloniques est très variable. Elle peut être faible dans le cas d'un centre dépressionnaire situé loin vers le nord ; elle peut être forte quand le centre frappe de plein fouet la vallée du Saint-Laurent ou dans le cas d'une occlusion stagnante pendant plusieurs jours. Nous avons rattaché à cette catégorie de temps synoptiques les circulations perturbées internes à une masse d'air, qui circulent à l'arrière des dépressions d'ouest.

Les situations synoptiques sont souvent fort complexes et les météorologistes canadiens ont développé un modèle à trois fronts à cause de la convergence sur l'est du Canada du front arctique situé entre l'air polaire et l'air arctique, avec le front polaire au contact de l'air polaire et de l'air tropical maritime. Ce dernier se présente le plus souvent sous forme d'une occlusion d'altitude qui se superpose au front arctique et occasionne des chutes de neige abondantes.

d) *Perturbées d'est*

Quand le déplacement des dépressions cycloniques d'ouest est lent, l'air maritime en provenance de l'Atlantique, tiède et humide, converge vers le centre dépressionnaire et arrive à Québec avec des vents de nord-est, d'est ou de sud-est. Le temps est alors très couvert, avec des précipitations de pluie ou de neige (E, SE).

Le même résultat au sol peut être provoqué par la présence d'un anticyclone en altitude sur la péninsule du Labrador, qui canalise vers Québec de l'air maritime d'est et de nord-est au sol, donnant des stratus bas et un temps humide (E, NE), moins pluvieux cependant que le cas précédent.

2. *Fréquences des temps synoptiques à Québec et à Montréal*

Nous ne nous attarderons pas à analyser en détail les temps synoptiques puisqu'il existe sur le sujet un travail assez complet, la thèse de P. Paul (1973). Cet auteur a étudié les types de temps à Montréal et il y a évidemment des différences entre cette ville et Québec, ainsi que le montre le tableau 1. Mais ces différences sont faibles et, compte tenu de quelques corrections, nous pourrons utiliser le calendrier dressé par P. Paul (tableau 2).

D'après le tableau 1, on voit que les anticyclones atténués sont plus fréquents à Québec qui est donc plus souvent que Montréal en bordure d'une zone de haute pression. C'est particulièrement vrai en été pour l'air tropical du sud-ouest, qui tourne autour d'un anticyclone centré sur l'est des États-Unis, et en hiver pour l'air polaire ou arctique du nord-ouest qui est canalisé par l'anticyclone qui se prolonge sur la mer d'Hudson.

Tableau 1

Occurrences simultanées des temps synoptiques à Montréal et à Québec (année 1969-1970)

		Québec				
		A	*AA et AN*	*W, SW, NW*	*E, NE, SE*	*Total*
Montréal	A [1]	43	34	4	2	83
	AA, AN	9	26	15	2	52
	SW, W, NW	5	16	92	16	129
	E, NE, SE	2	4	0	46	52
	Total	59	80	111	66	316 [2]

[1] Voir le texte pour la signification des lettres.
[2] Les jours avec deux temps synoptiques sont exclus.

Beaucoup de correspondances entre temps anticycloniques dans une ville et temps cycloniques dans l'autre sont dues au décalage horaire, qui varie de quelques heures à deux jours, entre le passage du même type de temps dans les deux villes. Cependant les temps d'est, nord-est et sud-est, apportant de l'air humide, modifié en surface par les eaux de l'Atlantique, sont plus nombreux à Québec, près de 20% de plus et, en contrepartie, les temps plus continentaux, d'ouest, sud-ouest et nord-ouest, y sont moins fréquents, d'environ 10%. Toutes ces nuances reflètent la position légèrement plus maritime de Québec et la différence de longitude entre les deux villes.

Tableau 2

Calendrier des temps synoptiques à Montréal [1]
(fréquences en pourcentage)

temps synoptiques	*moyenne annuelle*	*février à mai*	*juin à août*	*septembre et octobre*	*novembre à janvier*
A	24	24	26	24	21
AA	16	18	20	21	8
W	20	14	24	19	23
SW	9	7	10	11	7
NW, N	16	21	13	14	17
E, NE	15	16	7	11	24
Total	100	100	100	100	100

[1] Pourcentage en 10 ans d'après P. Paul. Les chiffres ont été modifiés, car la moitié des NWS (temps stables de NW) ont été considérés comme temps anticycloniques atténués, dont ils ont toutes les caractéristiques.

Le tableau 2 montre que l'année peut se partager en quatre périodes : le milieu de l'été est dominé par un flux zonal d'ouest et de sud-ouest, qui est formé de dépressions cycloniques et des anticyclones intermédiaires. L'été se prolonge en septembre et en octobre, mois pendant lesquels on trouve le maximum de bordures anticycloniques avec de l'air méridional. Le pré-hiver débute brutalement au mois de novembre, avec l'arrivée de temps d'est et nord-est et une quasi disparition des marges anticycloniques du sud-ouest. L'hiver enfin s'étire en longueur à cause d'un flux méridien du nord et du nord-ouest encore important pendant le mois de mai.

3. *Conditions moyennes du temps au sol et situations synoptiques*

Les conditions du temps au sol sont influencées par des facteurs locaux, notamment l'albédo de la surface, et les saisons thermiques et pluviométriques ne coïncident pas avec les saisons définies par des fréquences différentes de temps synoptiques. Pour simplifier les analyses, nous partagerons l'année en deux parties : « l'hiver » entre le 15 octobre 1969 et le 15 mars 1970 et « l'été » depuis le 16 mars jusqu'au 31 mai 1970 et du 1er juin au 14 octobre 1969.

a) *En hiver*

Les anticyclones continentaux et les marges anticycloniques du nord ou du nord-ouest occasionnent des temps fort semblables. Ils sont froids (5 à 10°C sous la normale). La sensation de froid est d'autant plus vive qu'ils sont souvent venteux (moyenne de 7m/sec). Tous ces temps sont ensoleillés (80% de soleil possible), secs (humidité relative minimale de 50% et humidité absolue de 1,2 mb), sans précipitation, avec une amplitude de 9°C.

On peut mettre ensemble tous les temps cycloniques, mais des nuances les distinguent les uns des autres. D'abord les caractéristiques communes : ils sont relativement doux (2°C au-dessus de la normale), humides (humidité relative 75%, absolue 5 mb), accompagnés de précipitations, très nuageux (insolation relative entre 0 et 50%), venteux (7 à 8m/sec), avec des amplitudes journalières faibles (6°C). Deux temps se détachent des autres : d'une part les dépressions de SE et E qui sont plus chaudes (+5°C), plus humides (80%), accompagnées souvent de fortes précipitations partiellement sous forme de pluie et qui ont des amplitudes journalières inférieures à 6°C. D'autre part, les temps de nord-ouest qui sont plus frais, plus secs (humidité relative de 65% et humidité absolue de 2,8 mb) et plus ensoleillés.

En été

Les anticyclones ont une forte amplitude de température, une faible humidité et une forte insolation ; ceux du nord ou du nord-ouest sont plus venteux et plus frais ; les anticyclones atténués et maritimes du sud-ouest sont plus chauds, plus humides et moins ensoleillés. Les temps cycloniques d'ouest et de sud-ouest sont indiscernables et ceux de nord-ouest leur sont

Tableau 3

Moyennes des éléments du temps en « hiver » [1] ***à Québec***

Temps synoptiques	*température relative en °C* [2]	*amplitude en °C*	*humidité relative à 13 h, en %*	*humidité absolue en mb*	*insolation en %*	*vent en m/s*	*précipitations journalières en cm*
A	−10,0	9	50	1,0	90	6	0
AN	− 5,6	9	50	1,5	75	8	0
W, SW	+ 2,2	7	75	5,0	10	7	0,25
E, NE	+ 1,1	6	75	5,5	5	8	0,25
E, SE	+ 5,0	6	80	7,0	5	8	1,00
NW	− 0,5	7	65	3,0	35	7	0,25
écarts-types moyens	2 à 4	2 à 4	4 à 8	0,5 à 2,5	10 à 20	2 à 4	0 à 1,00

très semblables, avec une humidité absolue moins forte et une température plus faible. Enfin, les temps d'est se distinguent par leur faible amplitude, une faible humidité absolue et une basse température.

c) *Conclusion*

À première vue, les différences entre certains groupes sont faibles et seule la distinction entre temps cycloniques et anticycloniques est nette. De plus, aucun des éléments du temps, employé isolément, ne permet de distinguer les situations synoptiques les unes des autres. D'ailleurs, les

Tableau 4

Moyennes des éléments du temps en « été » [1] ***à Québec***

Temps synoptiques	*température relative en °C* [2]	*amplitude en °C*	*humidité relative à 13 h, en %*	*humidité absolue en mb*	*insolation en %*	*vent en m/s*	*précipitations journalières en cm*
A	− 1,5	14	45	8,0	75	4	0
AN	− 3,0	13	40	9,5	80	6	0
AA	+ 1,0	13	55	15,5	65	5	0
SW	+ 2,5	11	70	21,0	30	6	1,00
W	+ 1,5	9	65	15,0	30	6	0,50
E, NE	− 2,2	6	70	9,0	20	6	0,25
E, SE	− 2,5	5	80	11,5	10	7	0,75
NW	− 0,6	8	60	9,5	35	6	0,25
écarts-types moyens	1 à 3	5 à 6	10 à 15	4 à 9	5 à 10	1 à 3	0 à 0,75

[1] voir texte pour la définition de l' « hiver » et de l' « été »
[2] différence de température par rapport à la normale en 30 ans pour la même date.

chiffres indiqués sont des moyennes et, même si ces dernières sont significativement différentes pour deux groupes, il n'est pas possible de savoir avec quelle probabilité une journée appartient à l'un de ces groupes. Cependant, si l'on utilise simultanément toutes les caractéristiques du temps journalier, il devient possible de distinguer presque chaque classe de situation car on rencontre au moins un élément du temps qui différencie un groupe du voisin. De plus, si l'on travaille avec des fréquences à la place des moyennes, on obtient un moyen de relier les individus aux groupes.

Dans les pages qui suivent, nous allons user d'un procédé qui permet de tenir compte de l'ensemble des éléments du temps de chaque journée, à savoir l'analyse multivariée.

II. ANALYSE MULTIVARIÉE DES CONDITIONS JOURNALIÈRES DU TEMPS À QUÉBEC [1]

Cette analyse est basée sur les relations statistiques qui existent entre les paramètres météorologiques relevés chaque jour à l'aéroport de Québec (Sainte-Foy – Ancienne-Lorette).

1. *Introduction à la méthode* [2]

Nous allons employer les composantes principales calculées à partir des observations journalières des variables météorologiques dans un double but : déceler les regroupements les plus intéressants de ces variables en un petit nombre de composantes indépendantes et former des ensembles homogènes de journées pendant lesquelles les conditions du temps se ressemblent.

Reprenons en quelques mots les principales étapes de l'analyse mathématique qui sous-tend la recherche des composantes principales (voir Rummel, 1970). Nous partons d'un tableau de données où les lignes représentent les journées et les colonnes les valeurs des variables journalières (température, vent, etc.). Ces dernières sont nombreuses et sont corrélées entre elles et nous voulons obtenir de nouvelles variables (composantes) peu nombreuses, indépendantes les unes des autres.

Le programme employé calcule d'abord la matrice des coefficients de corrélation entre les variables deux à deux. Puis il calcule tous les vecteurs en nombre égal à celui des variables, qui diagonalisent cette matrice. Ces vecteurs sont indépendants les uns des autres ; celui qui a la plus grande valeur correspond à la droite de régression la plus caractéristique du nuage de points formé par les intensités des variables dans un espace de n dimen-

---

[1] Nous remercions Marius Thériault, étudiant gradué en géographie (climatologie) pour l'aide qu'il nous a apportée dans la programmation des analyses.

[2] Nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de Rummel car il est impossible de décrire succinctement cette méthode d'analyse statistique. Nous avons employé le programme, BMD08M disponible au Centre de Traitement de l'Information de l'université Laval.

sions, une pour chaque variable ; le programme classe les vecteurs en commençant par celui qui a la valeur la plus élevée, puis il calcule les coefficients entre les variables initiales et les nouveaux vecteurs indépendants les uns des autres. Un des principaux intérêts de cette méthode d'analyse mathématique est de regrouper de nombreuses variables en quelques composantes indépendantes, qui ont chacune une signification propre. Généralement, seules les premières composantes, qui ont une « valeur propre » élevée, sont intéressantes à considérer.

2. *Analyse multivariée mensuelle des données de Québec* (9 ans, 3286 journées)

Nous disposions de certaines données journalières du temps à l'aéroport de Québec pour une période de 9 ans. Nous avions donc suffisamment d'information pour analyser ces variables mois par mois pour savoir dans quelle mesure les relations varient au cours de l'année.

a) *Les corrélations entre les variables (tableau 5)*

En analysant le tableau des corrélations mensuelles, on remarque un premier ensemble formé du rapport d'insolation, de l'humidité et des pré-

Tableau 5

Corrélations mensuelles entre les éléments journaliers du temps à Québec [1]

mois \ *éléments*	*1-2*	*1-3*	*1-4*	*1-5*	*1-6*	*2-3*	*2-4*	*2-5*	*2-6*	*3-4*	*3-5*	*3-6*	*4-5*	*4-6*	*5-6*
janvier	–	–53	31	54	–	–	–	–24	–	–28	–62	–	24	38	–
février	–23	–46	32	47	–	–	–	–	–	–33	–66	–	30	20	–
mars	–44	–39	–	37	–	51	–32	–48	–33	–35	–64	–	42	40	–
avril	25	–	–	–	–31	69	–34	–74	–31	–45	–74	–	46	–	–
mai	39	–	–	–	–	72	–33	–72	–	–38	–79	–	45	–	–
juin	40	24	–	–21	–	70	–30	–65	–	–28	–72	–	33		–
juillet	–	–	–	–	–	67	–	–70	–	–23	–78	–	30	–	–
août	–	–	–	–	–	74	–39	–74	–	–40	–80	–	41	–	–
septembre	–	–	–	–	–	65	–37	–57	–34	–37	–77	–	45	27	–
octobre	33	–	–	–	–	62	–31	–48	–25	–30	–73	–	37	–	–
novembre	–	–29	24	29	–	46	–	–48	–	–31	–71	–	39	27	–
décembre	–32	–44	41	57	–	–	–	–29	–	–29	–63	–	38	–	–

1 : différence de température à la normale ; 2 : amplitude de température ; 3 : rapport d'insolation ; 4 : précipitations ; 5 : humidité relative ; 6 : vent.

[1] Corrélations entre les 270 paires mensuelles (9 ans × 30 jours) de variables météorologiques journalières ; un cœfficient de 0,19 est significatif à 95%.

cipitations ; ces éléments conservent toute l'année des relations stables et de même sens, très nettes pour l'humidité et l'insolation et moins fortes pour les autres. L'amplitude journalière de température se joint à ce premier groupe, sauf en hiver.

La température et le vent montrent, avec les autres éléments, des corrélations saisonnières ou mensuelles qui peuvent changer de sens au cours de l'année ; on peut notamment opposer décembre et juin où une température respectivement basse et élevée est associé à une forte insolation et une faible humidité : il est à remarquer que le vent joue un rôle en dehors de la saison chaude ; il est corrélé avec les précipitations en hiver, faiblement avec la température en avril et l'amplitude aux saisons intermédiaires.

Ces variations des relations entre les paramètres météorologiques au cours de l'année pourraient aider à découper cette dernière en saisons. C'est ainsi que le mois d'avril forme une transition entre l'hiver et l'été, que l'hiver reprend en novembre, etc. Sur une période d'observation plus longue que 9 ans, il serait probablement possible d'étudier les corrélations par dizaines ou quinzaines de jours pour fixer plus précisément les limites saisonnières moyennes, voire leur variabilité annuelle et déceler les singularités éventuelles.

b) *Analyse des composantes mensuelles en 9 ans* [3]

Les tableaux de corrélation entre les variables et les composantes mensuelles seraient trop nombreux pour figurer dans le texte et nous les avons remplacés par des figures où sont reportées les projections des variables mensuelles (leurs saturations ou leurs corrélations) sur les axes des quatre composantes retenues.

Ces dernières ont une importance relative, décelée par leur valeur propre ou par le pourcentage de variance qu'elles expliquent, qui varie au cours de l'année (voir figure 3). En tenant compte des structures statistiques des groupes, il est possible de distinguer deux saisons principales : novembre à mars et avril à octobre.

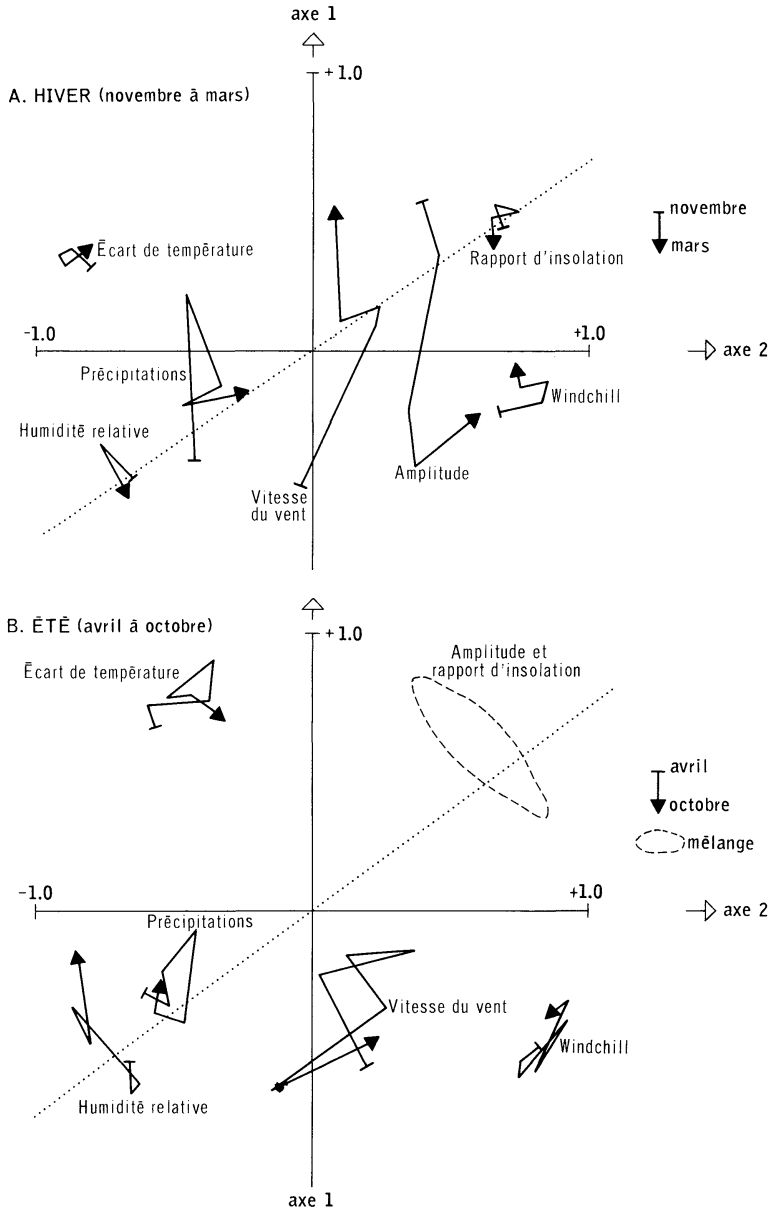
Les deux composantes les plus importantes montrent pendant toute l'année une opposition très nette entre le rapport d'insolation (R) et l'ensemble formé par l'humidité relative (HR) et les précipitations (P). Les températures (T) permettent de séparer les deux composantes car, sur l'axe 1, les temps chauds correspondent aux temps ensoleillés et sur l'axe 2, ce sont les temps froids qui sont clairs et secs. Le « windchill » (W) ou refroidissement éolien ne fait que renforcer cet effet. Enfin le vent et l'amplitude jouent des rôles plus accessoires.

---

[3] L'analyse est faite à partir des 6 variables du tableau 5 et du « windchill » ou taux de refroidissement d'un cylindre exposé à l'air et au vent, exprimé en kilocalories perdues par heure et par mètre carré.

Figure 1

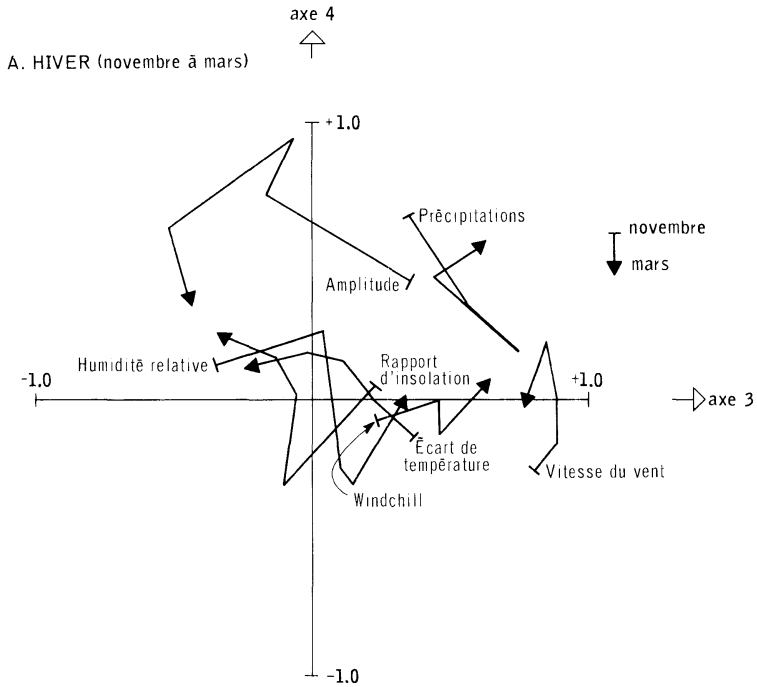
COMPOSANTES MENSUELLES 1 ET 2
(QUÉBEC, 9 ANS)

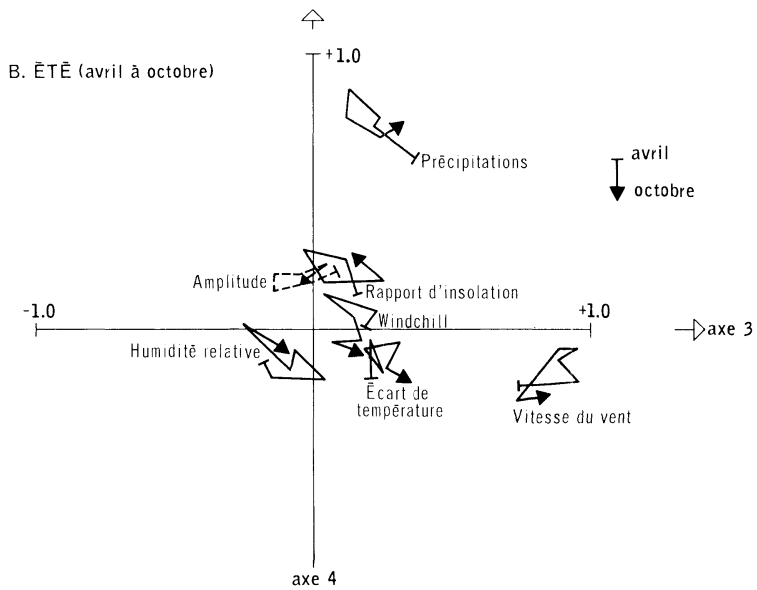


Les coordonnées des variables météorologiques représentent leurs corrélations mensuelles avec les axes.

Figure 2

COMPOSANTES MENSUELLES 3 ET 4
(QUÉBEC, 9 ANS)





Les coordonnées des variables météorologiques représentent leurs correlations mensuelles avec les axes.

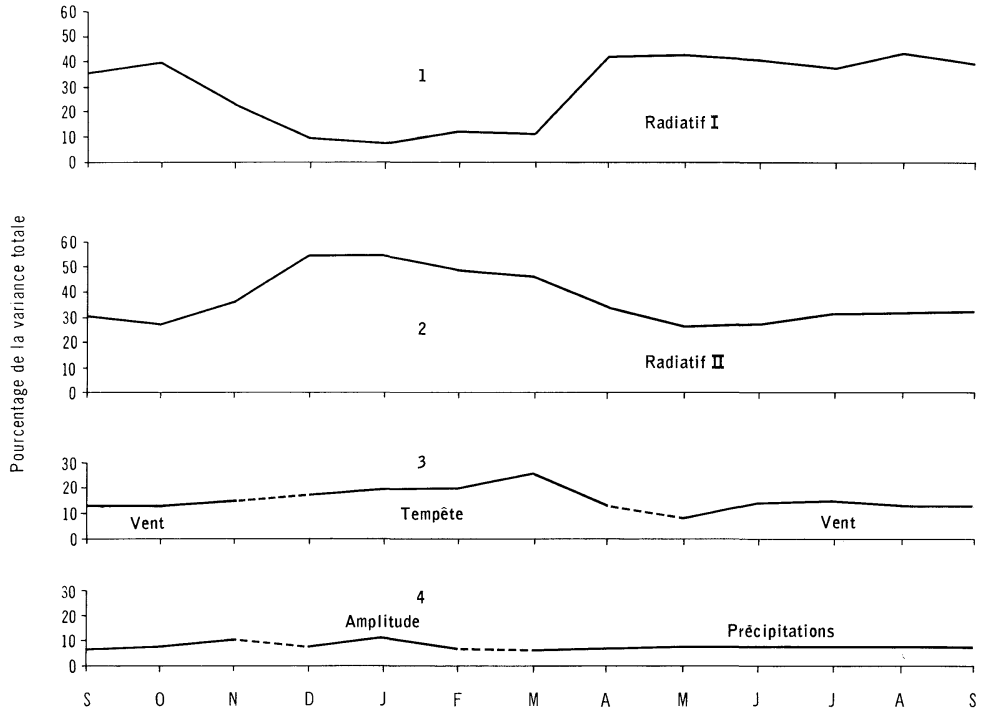
Sur la figure 1, on peut suivre mois par mois les positions des variables météorologiques par rapport aux deux axes. La conclusion la plus importante qui s'en dégage est la quasi-permanence des structures mensuelles au cours de l'année. Signalons quelques nuances saisonnières : la température est davantage reliée à l'axe 2 en hiver et à l'axe 1 en été; le vent et l'amplitude de température ont un comportement opposé : de janvier à mars les vents sont reliés positivement à l'axe 1 et les amplitudes négativement ; ces liaisons s'inversent le reste de l'année.

Les composantes secondaires (figure 2, axes 3 et 4) sont plus difficiles à analyser. Les vents sont en forte corrélation avec l'axe 3 pendant toute l'année ; en été les précipitations sont indépendantes des vents et forment l'axe 4 ; en hiver les précipitations sont liées aux deux axes et la proximité des vents avec ces dernières sur l'axe 3 est probablement reliée aux tempêtes de neige. Cet axe subit d'ailleurs toute une évolution au cours de l'hiver puisqu'en novembre une valeur positive indique un temps venteux, assez doux, plutôt sec et ensoleillé, avec une amplitude assez grande, alors qu'en mars, le temps venteux est devenu humide, frais, couvert, avec une amplitude faible.

Figure 3

VARIATION MENSUELLE DES 4 COMPOSANTES PRINCIPALES

(QUÉBEC, 9 ANS)



L'importance des composantes (figure 3) varie, nous l'avons déjà dit, au cours de l'année. La première composante annuelle, domine d'avril à octobre mais (axe 1) devient presque négligeable en hiver. La deuxième composante se conserve toute l'année et l'emporte nettement en hiver. Les composantes secondaires sont moins nettes et leur contribution à la variance totale ne dépasse pas 20%. De toute manière, le découpage en deux saisons principales ressort très bien : les mois d'avril à octobre diffèrent des mois de novembre à mars, qui correspondent à la présence de neige au sol. Les passages d'une saison à l'autre sont rapides et arrivent probablement fin mars, début avril et au début de novembre. Il serait d'ailleurs intéressant de vérifier plus précisément ces dates année après année. Ce découpage en périodes nous a incité à introduire un indicateur saisonnier dans les analyses multivariées qui suivent et qui portent sur une seule année.

3. *Analyse en composantes des résultats d'une année*

Pour mieux comprendre la signification météorologique des axes que nous avons rencontré dans l'analyse précédente, nous avons concentré nos efforts sur une seule année (du 1er juin 1969 au 31 mai 1970) pour laquelle nous disposions de données supplémentaires, notamment des types de temps synoptiques journaliers.

a) *En employant les mêmes paramètres que l'étude portant sur 9 ans*

Il s'agit d'abord de vérifier si l'année 1969-1970 est comparable à l'ensemble des neuf années déjà étudiées (tableau 6).

Tableau 6

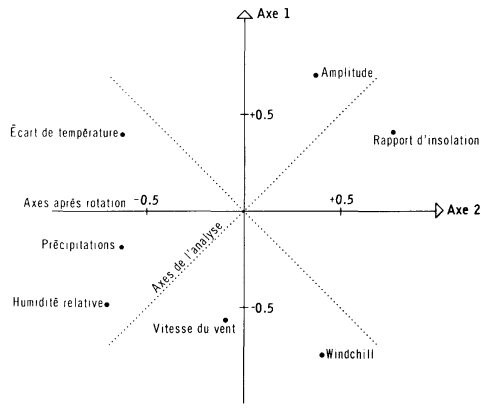
Année 1969-1970. Corrélations entre 7 variables et 4 composantes principales

variables	*composantes principales*			
	F1	*F2*	*F3*	*F4*
T : température relative	–0,29	0,71	0,39	–0,37
A : amplitude	0,75	0,32	0,22	0,19
HR : humidité relative	–0,88	0,06	–0,24	–0,05
W : refroidissement éolien (Windchill)	–0,16	–0,86	0,05	–0,02
P : précipitations	–0,61	0,24	0.17	0,71
R : rapport d'insolation	0,86	–0,16	0,20	0,11
V : vitesse du vent	–0,43	–0,40	0,76	–0,06
valeurs propres	2,7	1,6	0,9	0,7
pourcentage de variance	0,39	0,23	0,13	0,11

Les deux premières composantes du tableau 6 sont semblables à celles de l'étude précédente mais, pour le voir graphiquement, il faut effectuer une rotation des axes (figure 4). Nous retrouvons en effet la même position des variables météorologiques sur les deux axes, en particulier les couples opposés insolation — amplitude et humidité — précipitations.

Figure 4

COMPOSANTES 1 ET 2, 1 ANNÉE (1969-1970)



Les deux composantes suivantes, même si elles ont des valeurs propres faibles, font surtout ressortir le couple précipitations — vents.

b) *En employant deux paramètres supplémentaires*

Compte tenu des variables météorologiques disponibles et des indications tirées de l'étude portant sur 9 années, nous avons introduit l'humidité absolue (E), qui tient compte des tableaux 4 et 5 et le rayonnement énergétique à la limite de l'atmosphère (Q_s) pour marquer les composantes saisonnières. De plus, nous avons remplacé le refroidissement éolien, qui était

Tableau 7

Année 1969-1970. Corrélations entre 9 variables et 3 composantes principales

variables	*composantes principales*		
	F1	*F2*	*F3*
TR : température relative	–0,04	0,60	0,14
A : amplitude	0,77	–0,10	0,01
HR : humidité relative	–0,77	0,45	–0,23
E : humidité absolue	0,37	0,85	–0,02
TA : température réelle	0,53	0,80	0,07
P : précipitations	–0,48	0,55	0,00
Q_s : rayonnement théorique	0,67	0,55	0,03
R : rapport d'insolation	0,72	–0,50	0,19
V : vitesse du vent	–0,42	0,06	0,89
valeurs propres	2,98	2,79	0,91
pourcentage de variance	0,33	0,31	0,10

une variable composée de deux autres, par la température réelle de l'air (TA). Les résultats nous donnent le tableau 7.

Les valeurs propres des deux premières composantes sont plus élevées dans le tableau 7 que dans le tableau 6 et la différence avec les composantes suivantes devient plus nette. Nous allons donc concentrer nos efforts sur l'étude des deux premières composantes et abandonner la troisième et les suivantes.

La première composante F1 est caractérisée par une association étroite avec le couple amplitude — rapport d'insolation, auquel se joint le rayonnement à la limite de l'atmosphère, et l'humidité relative qui est en opposition avec les variables précédentes. De plus, il faut remarquer que l'humidité relative et l'humidité absolue ont des signes opposés.

Pour la deuxième composante F2, à la fois l'humidité absolue, l'humidité relative, la température et les précipitations ont des signes semblables, qui s'opposent au rapport d'insolation.

c) *Autres analyses effectuées sur le même échantillon* (voir annexe 2)

Pour vérifier la permanence de ces structures, nous avons analysé les données à l'aide de plusieurs programmes supplémentaires. Nous avons d'abord éliminé les effets de covariances qui pouvaient résulter de la variation parallèle des variables météorologiques journalières au cours de l'année : à partir des équations de régression entre le rayonnement théorique et les 8 autres variables, nous avons généré des nouvelles variables dont les valeurs moyennes restent les mêmes toute l'année. Le programme d'analyse multivariée appliqué à ces nouvelles variables va nous permettre de déceler les structures qui reflètent les variations journalières des éléments du temps, indépendamment des covariations annuelles. Les résultats montrent que la deuxième composante F2 devient la plus importante avec une valeur propre de 3,3 devant F1 dont la valeur propre diminue jusqu'à 1,7.

Toutes les relations observées précédemment avec F2 se retrouvent avec des ordres de grandeur un peu modifiés : par exemple la corrélation avec Q_s devient nulle, la corrélation avec l'humidité relative et les précipitations augmente mais celle qui existait avec l'humidité absolue et la température réelle diminue, ce qui est normal puisqu'on a éliminé la variation annuelle de ces deux paramètres. En ce qui concerne F1, tous les signes des corrélations avec les variables météorologiques sont conservés, notamment la relation inverse humidité relative et humidité absolue ; la grandeur des corrélations diminue à l'exception de la température et la relation avec Q_s disparaît évidemment.

Nous avons ensuite calculé les coefficients de corrélation entre les poids locaux journaliers des composantes, obtenus par l'analyse annuelle, et les variables météorologiques pour deux périodes : décembre à mars et juin à septembre. Là également nous retrouvons une permanence des structures même si les deux composantes ne sont plus indépendantes.

La composante F1 a une forte corrélation avec l'amplitude, l'humidité relative (signe inverse) et le rapport d'insolation et une faible corrélation avec le rayonnement solaire pendant les deux saisons. En hiver, il faut ajouter la température qui a le signe de l'humidité. La composante F2 reste toujours très liée avec l'humidité relative, l'humidité absolue, les précipitations, la température et, de signe inverse, le rapport d'insolation.

d) *Conclusion*

La conclusion de toutes ces analyses nous semble claire : la première composante F1 a une variation annuelle très nette et n'a une grande importance qu'en dehors de la période nivale. Elle traduit les relations qui existent pendant les journées ensoleillées, avec une faible humidité relative, une radiation abondante, une forte amplitude de température, une absence de précipitation, des vents faibles et une température douce en été mais froide en hiver . . . et, par opposition, la combinaison inverse de ces variables météorologiques.

La deuxième composante F2 a une variation annuelle faible et des variations journalières plus grandes que celles de la précédente. Elle dépend de la combinaison de variables liée à l'eau : forte humidité relative et absolue, couverture nuageuse abondante, précipitations fréquentes qui occasionnent des faibles amplitudes de température et qui accompagnent, surtout en hiver, des masses d'air chaudes. Par opposition, elle relie les journées sèches, froides, etc.

On peut poursuivre plus loin la recherche de la signification physique de ces composantes en les mettant en liaison avec des indices climatologiques précis.

4. *Étude de la signification climatologique des deux composantes principales (année 1969-1970)*

Nous allons calculer différentes corrélations entre les poids locaux journaliers des deux composantes principales et des indices climatologiques caractérisant ces journées (tableau 8). On voit que la première composante F1 est en liaison étroite avec l'énergie solaire reçue au sol, qui est en effet proportionnelle à l'énergie reçue à la limite de l'atmosphère et à l'insolation journalière, et qui influence la température et son amplitude journalière. Il est évidemment normal de constater qu'en été, il est possible d'évaluer de façon assez précise l'évapotranspiration potentielle à partir de cette première composante. L'équation obtenue avec trois stations très différentes (Québec, Moscou et Bruxelles) est la suivante :

$$\text{ETP (mm/jour)} \simeq 1{,}1 + 1{,}95\ F1 \quad (\text{erreur type} \pm 0{,}7\ \text{mm})$$

La recherche d'une formule climatologique simple pour caractériser la deuxième composante semble plus difficile. Elle devrait décrire le comportement de l'eau dans l'atmosphère et les équivalences proposées le sont à titre expérimental. Le premier indice de potentiel hydrique est le logarithme

Tableau 8

Coefficients de corrélation (valeurs absolues) des indices climatologiques et des composantes principales

Valeurs propres des composantes	Q + q	(Q+q) (1−a)	Rn	Ph1	Ph2	ETP (été)
F1	.89	.89	.81	.25	.12	.91
F2	.00	.16	.37	.89	.89	.30
Nombre d'observations	365	365	365	365	365	122

Indices climatologiques (voir annexe pour les calculs) :

Q + q : rayonnement solaire global

(Q + q) (1 − a) : rayonnement solaire global absolu

Rn : rayonnement net

Ph1 : potentiel hydrique 1 : $\log_e \left[E \times \frac{HR}{100-HR} \right]$

Ph2 : potentiel hydrique 2 : $\log_e P + \log_e E$

ETP : évapotranspiration potentielle.

népérien de la tension de vapeur d'eau (E) multipliée par une fonction de l'humidité relative. Cette équation, qui pourrait varier très fortement, prend en pratique des valeurs situées entre +1 et +5 ; elle est directement proportionnelle à l'eau précipitable et inversement proportionnelle au déficit de saturation.

Le deuxième indice PH2 combine les précipitations et l'eau précipitable, pour tenir compte à la fois des précipitations et de leur caractère très aléatoire à une seule station, et de la variation annuelle de la composante F2 qui est plus forte en été.

De toute manière, on peut penser que cette composante est reliée à l'eau atmosphérique précipitable, dont dépendent partiellement les précipitations (très grossièrement, les précipitations journalières en mm valent, pour l'année, 0,3E exprimé en mb), et à l'instabilité verticale des masses d'air. Il est peut-être illusoire de vouloir trouver des relations simples à partir des mesures faites au sol qui, surtout en hiver, caractérisent mal une masse d'air.

Ajoutons que la corrélation annuelle entre les composantes F1 et F2 est nulle par définition et que les relations entre Q+q, Rn, etc., et PH1 ou PH2 sont très faibles, de l'ordre de 0,05 à 0,10. La méthode de l'analyse multivariée permet donc de remplacer un grand nombre de variables météorologiques corrélées entre elles par deux indices climatologiques indépendants exprimant une énergie de rayonnement et un potentiel hydrique.

5. *Équations de régression pour estimer les variables et les composantes*

Ces calculs permettent de calculer le poids local d'une composante pour une journée dont on connaît les variables météorologiques et d'estimer la proportion d'une variable qui est prise en charge par les deux composantes principales. On peut d'ailleurs, grâce à ce dernier calcul, tracer sur un seul graphique à deux axes, la valeur approximative de tous les paramètres météorologiques pour une journée.

Les principales équations de régression sont les suivantes :

F1 : $0{,}01\ (-27-0{,}4TR+6A-1{,}5HR+1{,}9E+1{,}5TA-16P+0{,}08Q_s+0{,}7R-5V)$

F2 : $0{,}01\ (137+4{,}9TR-0{,}8A+0{,}9HR+4{,}7E+2{,}4TA+19P+0{,}07Q_s-0{,}5R+0{,}8V)$

A: $9{,}7+3{,}2F1-0{,}4F2\pm2{,}6\ (r=0{,}77)$

HR: $61{,}1-12{,}9F1+7{,}4F2\pm7{,}5\ (r=0{,}89)$

E: $8{,}8+2{,}4F1+5{,}5F2\pm2{,}9\ (r=0{,}92)$

TA: $4{,}1+6{,}3F1+9{,}6F2\pm3{,}5\ (r=0{,}96)$

P: $0{,}67-0{,}49F1+0{,}56F2\pm0{,}7\ (r=0{,}73)$

R: $42{,}6+24F1-17F2\pm16\ (r=0{,}88)$

Les signes et unités employés sont les suivants :

F1: première composante (sans dimension)

F2: deuxième composante (sans dimension)

r: coefficient de corrélation partiel entre la valeur estimée et la valeur calculée

A: amplitude de température journalière en °C

TR: différence de température moyenne, par rapport à la normale en 30 ans, en °C

HR: humidité relative en %

E: humidité absolue en mb

TA: température moyenne en °C

P: logarithme népérien des précipitations en mm

R: rapport d'insolation en %

V: vitesse du vent en m/sec

Q_s: énergie reçue à la limite de l'atmosphère en l_y/jour

On voit que la prévision est bonne, de l'ordre de 80% des cas, pour la température, l'humidité relative et le rapport d'insolation. La prévision est plus faible pour l'amplitude et la précipitation.

III. COMPARAISON ENTRE LES SITUATIONS SYNOPTIQUES ET L'ANALYSE MULTIVARIÉE

1. *Comparaison graphique*

Pour mieux comprendre les relations entre les deux ensembles étudiés, nous avons tracé la figure 5. Les deux axes représentent les deux composantes principales, F1 en abscisse et F2 en ordonnée. Toutes les journées ont d'abord été placées sur ce graphique en fonction de leurs poids locaux ; ensuite, celles qui avaient la même situation synoptique ont été réunies. Des ensembles disjoints indiquent les situations qu'il est possible de différencier par l'analyse multivariée, par exemple les temps d'est et les temps anticycloniques. La figure 5 montre que beaucoup de plages se recoupent et que, dans ces cas, l'analyse multivariée employée est incapable de différencier certaines situations synoptiques, par exemple est et ouest en hiver. D'autres études, basées sur des combinaisons de paramètres différents, nous ont fait voir qu'il serait très difficile d'améliorer les concordances présentées sur la figure et que deux types de temps synoptiques différents peuvent donner naissance à des conditions de temps au sol semblables.

Si l'on regarde les positions synoptiques sur le graphique, on voit que les anticyclones occupent la partie inférieure, avec un potentiel hydrique minimum et qu'ils s'alignent en suivant F1 depuis des valeurs faibles en hiver, à cause de la réduction de l'énergie disponible, due à l'albedo de la neige, jusqu'aux valeurs élevées de l'été.

Les temps cycloniques d'est en hiver s'allongent dans une direction perpendiculaire à la précédente dans le coin supérieur gauche de la figure. Les extrêmes correspondent à des temps chauds, très humides, couverts avec de fortes précipitations. À mesure qu'on se rapproche du centre de la figure, les conditions du temps deviennent moins caractéristiques. Enfin, les temps cycloniques d'est des autres saisons se dispersent davantage.

Les temps de nord-ouest ont une position parallèle à celle des temps anticycloniques ; malgré leur humidité absolue très basse, ils ont des valeurs de potentiel hydrique supérieures à ces derniers à cause de leur instabilité verticale plus forte.

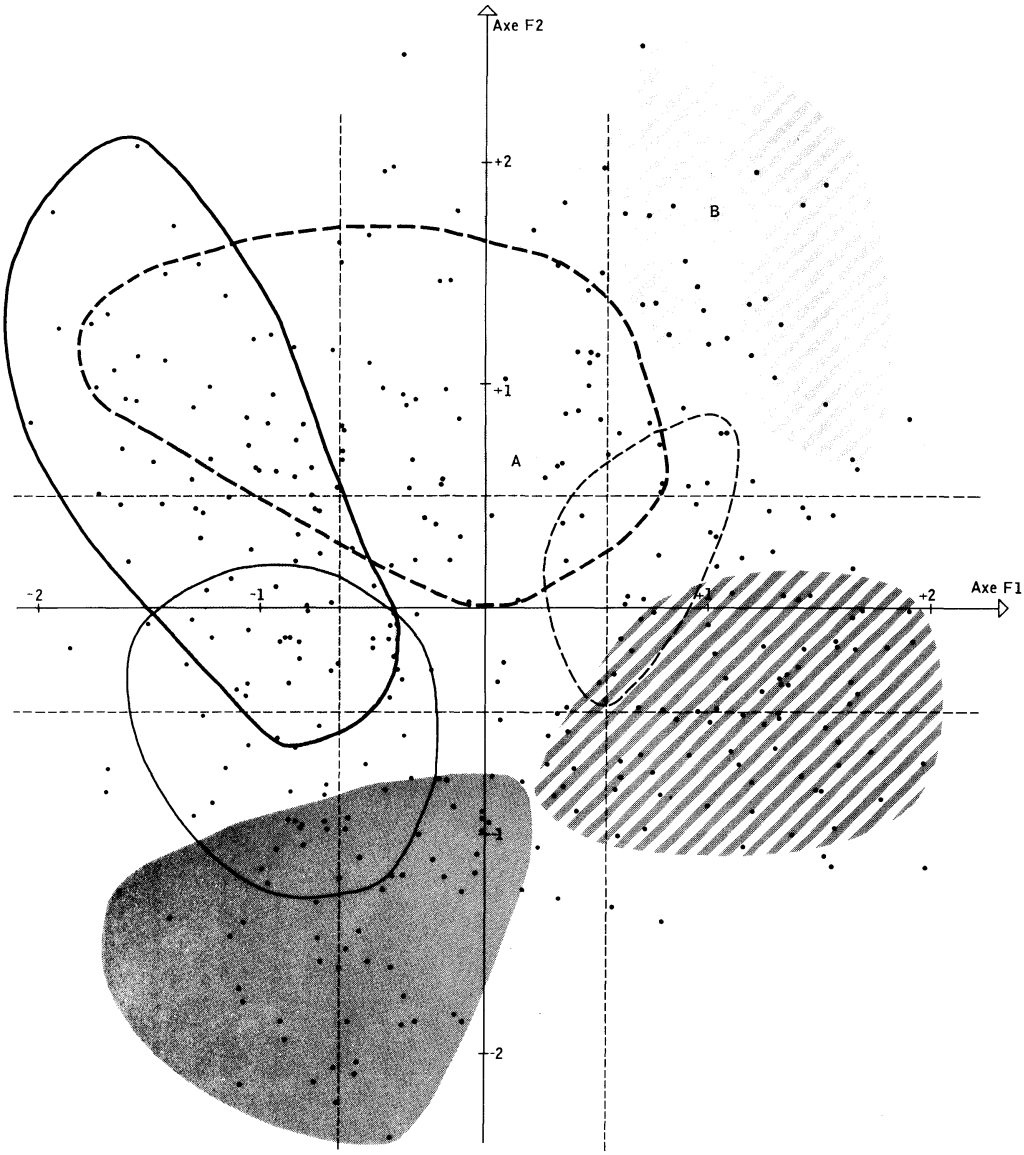
Les temps de sud-ouest d'été, auxquels se joignent quelques anticyclones maritimes et quelques temps d'ouest, se retrouvent dans le coin supérieur droit, qui correspond au potentiel énergétique le plus fort : ils sont chauds, avec une forte humidité absolue et reçoivent beaucoup d'énergie solaire au sol. Les autres temps d'ouest enfin n'ont pas de caractéristiques propres, et ils se confondent avec les temps cycloniques d'est atténués.

2. *Comparaison statistique*

Il est intéressant de savoir avec quelle probabilité on peut attribuer une situation synoptique à une journée, connaissant son poids local sur les deux composantes, ou l'inverse, c'est-à-dire quelles conditions du temps a-t-on

Figure 5

ANALYSE MULTIVARIÉE ET SITUATIONS SYNOPTIQUES



journées

partage des journées en tierciles

Axe F1 énergie disponible

Axe F2 eau atmosphérique

GROUPES:

anticyclones en hiver

anticyclones en été

dépressions d'est en hiver

dépressions d'est en été

dépressions d'ouest en hiver

A dépressions d'ouest en été

B dépressions d'ouest et sud-ouest en été

temps de nord-ouest en hiver

temps de nord-ouest en été

des chances de rencontrer compte tenu de la situation synoptique. Une première approche, qui ne préjuge pas des allures des distributions statistiques, consiste à calculer les fréquences des apparitions simultanées, dans un tableau de contingence, des temps synoptiques et de combinaisons simples des composantes principales.

Nous avons supposé au départ que ces dernières avaient la même importance. Ne connaissant pas les seuils qui permettraient éventuellement de séparer des groupes de journées, nous avons choisi de partager les deux composantes en trois classes d'égale probabilité, en découpant en tierciles les courbes de fréquence des poids locaux. Nous avons alors obtenu neuf combinaisons possibles où ranger tous les jours de l'année à partir de leurs poids locaux sur les deux composantes principales.

Dans les tableaux 9 et 10 un chiffre 1 se rapporte aux journées mises dans le tiercile inférieur des courbes de fréquence, 2 au centre et 3 au tiercile supérieur.

Tableau 9

Analyse multivariée et situations synoptiques, fréquence en 1 an

	composantes		*temps cycloniques*			*temps anticycloniques*				*deux temps le même jour*
						en hiver		*hors de l'hiver*		
	1	*2*	*E*	*W,SW*	*NW*	*NA*	*A,AA*	*NA et A*	*AA*	
	1	1	1	3	12	10	10			4
	1	2	11	10	12					
combinaisons	1	3	33	10	2					4
de tierciles	2	1	1	1	4	8	20	5	3	4
des	2	2	8	7	10			2	2	6
composantes	2	3	9	15	6			1		7
	3	1	1	2			1	27	2	2
	3	2	1	5	3			23	16	4
	3	3	2	17	6			1	7	3

Simplifions ce tableau, pour obtenir des valeurs en pourcentages ou des probabilités conditionnelles assez sommaires (tableau 10).

Un exemple de lecture du tableau 10 donne, dans la partie b : la probabilité de rencontrer un temps d'est, si la première composante est faible et la deuxième forte (combinaison : 1-3), est de 0,73. Ces tableaux, qui sont un complément chiffré de la figure 5, permettent de passer d'un système de classement des temps journaliers à un autre. La relation entre les deux est probabiliste et non pas déterminée, nous avons déjà vu pourquoi dans le chapitre précédent.

Tableau 10

Composantes et situations synoptiques (probabilités × 100)

		a) Probabilité d'une composante pour un temps donné.				b) Probabilité d'un temps pour une composante donnée.				
		Temps				*Temps*				
		E	*W et SE*	*NW*	*A*	*E*	*W et SW*	*NW*	*A*	*Total*
	1-1, 2-2	3	6	29	41	1	3	22	73	100
groupes de	1-2, 2-2	28	24	40	3	31	27	35	6	100
combinaisons	1-3	49	14	4	0	73	22	4	0	100
des	3-1, 3-2	3	10	5	50	2	9	4	85	100
composantes	2-3, 3-3	16	46	22	6	17	50	19	14	100
	total :	100	100	100	100					

IV. CONCLUSION

1. Cette étude nous a montré qu'il est possible de distinguer des types de temps suivant des approches très différentes : situation synoptique, effets sur le gradient des basses couches de l'atmosphère et combinaison des éléments du temps au sol. À condition de ne conserver qu'un nombre restreint de classes, les méthodes convergent vers des résultats semblables pour plus de la moitié des cas. La coïncidence n'est pas parfaite, car à une situation synoptique donnée peuvent correspondre des conditions du temps différentes suivant la saison, l'état du sol, la persistance des conditions des journées précédentes, etc. et, à l'inverse, le même temps au sol peut provenir de situations synoptiques variables. On pourrait convenir de définir comme types purs ceux qui sont ensemble dans toutes les classifications, environ la moitié du total, et rattacher progressivement à ces premiers groupes les cas qui s'en écartent, mais une seule année d'analyse est une période un peu trop brève pour faire utilement ce travail.

2. Ce travail permet également de préciser les coupures saisonnières par regroupement des diverses méthodes :

L'hiver commence avec le mois de novembre avec l'apparition progressive de la neige au sol, une diminution brusque des temps anticycloniques, qui deviennent froids, une hausse aussi brutale des temps cycloniques couverts d'est, doux et humides, car la température de l'océan Atlantique dépasse désormais celle du continent.

L'hiver s'intensifie en février et se poursuit en mars ; les temps clairs sont très froids et plus nombreux qu'au début de l'hiver et la circulation cyclonique d'ouest diminue.

À partir de la fin de mars, les temps clairs ont des températures moyennes très variables d'une fois à l'autre, mais les courbes diurnes-nocturnes deviennent plus régulières à mesure que le rayonnement solaire augmente. La saison reste froide à cause de la persistance de la circulation de nord. Enfin l'albédo du sol change progressivement à cause de la disparition de la neige et de la feuillaison des arbres au cours du mois de mai.

Le continent est maintenant plus chaud que l'océan, les temps ensoleillés succèdent aux temps couverts, mais les différences sont moins nettes qu'en hiver. La circulation zonale est maximale en été et les anticyclones sont fréquents. Ils le restent en septembre et en octobre, mois qui se rattachent à l'été. Mais le continent se refroidit, le rayonnement solaire diminue, les feuilles tombent et l'albédo du sol change . . .

3. L'utilisation de l'analyse multivariée s'est révélée très intéressante car elle a permis de regrouper tous les éléments du temps en deux ensembles principaux, qui correspondent à deux facteurs physiques indépendants : la quantité d'énergie solaire disponible journellement au sol et le potentiel hydrique, dépendant des masses d'air et de leur stabilité. Il est ainsi devenu possible d'indicer de manière simple un type de temps journalier à partir de critères physiques simples. Il serait important de vérifier dans quelle mesure des études faites dans d'autres stations confirment et généralisent cette hypothèse.

De plus, les équations de régression partielle permettent de calculer le poids local sur les deux composantes principales d'une journée quelconque à Québec, même en dehors de la période étudiée, et donc de savoir avec quelle probabilité cette journée va appartenir à une situation synoptique donnée. Si les deux critères physiques peuvent se généraliser à d'autres stations, on obtiendra un moyen simple et universel de faire la jonction entre les conditions au sol dans une station et les situations synoptiques régionales.

Annexe 1

Dans les programmes, nous avons utilisé les formules suivantes, parfois inédites, en valeurs journalières :

a (albédo) $= 0{,}4 + \dfrac{(32-TA)^{0{,}2}}{10}$ où TA est la température en °F

$Q + q = [0{,}11+0{,}2a+0{,}56R] \times Qs$ où R est le rapport d'insolation et Qs l'énergie au sommet de l'atmosphère

$Rn = Q + q - [(\varepsilon.\sigma.T^4-\varepsilon'.\sigma'.T^6)\ (1 - c.n.)]$

en été : $\varepsilon = 0{,}98 \quad \varepsilon' = 0{,}95 \quad c = 0{,}8$

en hiver : $\varepsilon = 0{,}94 \quad \varepsilon' = 0{,}99 \quad c = 0{,}9$

Pour la station de Moscou, ces équations donnent les corrélations suivantes avec les valeurs journalières mesurées :

entre $Q + q$ mesuré et calculé, $r = 0{,}98$, erreur : $\cong$ 34 ly/jour

entre Rn mesuré et calculé, $r = 0{,}97$, erreur : $\cong$ 30 ly/jour

$$ETP\ mm/jour = 0{,}09 \times [-55{,}6 - 0{,}687TM - 0{,}284A - 9{,}13.10^{-3}\ Qs - 6{,}85.10^{-2}\ (Q + q)]$$

où TM : température maximum en °F

A : amplitude en °F

Annexe 2

Corrélations entre les composantes et les variables météorologiques

	analyse 1		*analyse 2 : hiver*		*analyse 3 : été*	
	F1	*F2*	*F1*	*F2*	*F1*	*F2*
TR	0,52	0,57	–0,58	0,88	0,11	0,57
A	0,56	–0,54	0,58	–0,29	0,86	–0,47
HR	–0,30	0,83	–0,78	0,81	–0,86	0,73
E	0,53	0,69	–0,59	0,89	–0,15	0,86
TA	0,68	0,61	–0,55	0,88	0,27	0,59
P	–0,29	0,66	–0,60	0,70	–0,64	0,64
Qs	0,01	0,00	0,27	0,03	0,36	0,19
R	0,31	–0,80	0,78	–0,81	0,86	–0,67
V	–0,29	0,26	–0,40	0,22	0,44	0,19

analyse 1 : 365 cas, analyse multivariée avec variables simulées sans variation annuelle.
analyses 2 et 3 : 133 cas, les poids locaux des journées sont extraits de l'analyse annuelle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARRY, R. et PERRY, A. (1973) *Synoptic Climatology.* London, Methuen, 555 pages.

CANADA (1974) *Selected tables and Conversions,* Canada, Ottawa, Dept. of Agric., Publ. 1522. 275 pages.

DIXON, W. J. (1973) BMD *Biomedical Computer Programs.* Los Angeles, University of California Press. 773 pages.

HUFTY, A. (1975) Gradients verticaux de température et combinaisons des éléments du temps. *Annales de géographie,* 84 (465) : 526-542.

PAUL, P. (1973) *Climatologie dynamique de la région de Montréal.* Thèse de 3e cycle inédite, Université de Strasbourg.

PÉDELABORDE, P. (1957) *Le climat du Bassin Parisien.* Paris, Ed. Th. Génin. 539 pages.

RUMMEL, R.J. (1970) *Applied Factor Analysis.* Evanston, Ill., Northwestern University Press. 617 pages.

RÉSUMÉ

HUFTY, André : Situations synoptiques et analyse multivariée des temps à Québec.

Les situations synoptiques et les gradients de température dans les basses couches de l'atmosphère ont été étudiés pendant une année à Québec, et les conditions du temps qui en dépendent ont été soumises à une analyse multivariée. Cette dernière montre que les éléments journaliers du temps se regroupent sous deux composantes principales: le rayonnement solaire absorbé au sol et le « potentiel hydrique », une fonction directe de l'humidité absolue et inverse du déficit de saturation.

Les relations entre les situations synoptiques et les deux composantes principales qui résument les conditions du temps sont présentées sous forme graphique et dans un tableau de probabilité, qui permettent de faire la synthèse entre les deux types de classements des temps journaliers.

MOTS-CLÉS : Climatologie, types de temps, analyse multivariée, situations synoptiques, région de Québec, Canada.

ABSTRACT

HUFTY, André : Synoptic situations and factor analysis of weather conditions at Quebec City.

Synoptic situations and temperature gradients in the lower layers of the atmosphere were studied in Quebec City over a one year period. Data on climatic conditions resulting therefrom were subjected to multi-variate analysis which revealed that daily climatic elements could be reduced to two principal components : solar radiation absorbed at the earth's surface and « humidity potential » a direct function of absolute humidity and an inverse function of the saturation deficit.

Relationships between synoptic situations and the two principal components which summarize weather conditions are presented as graphs and probability tables which allow for the synthesizing of the two types of daily weather classifications.

KEY WORDS : Climatology, weather types, synoptic classification, Quebec City, Canada.