

Record Number: 1270
Author, Monographic: Fortin, J. P.//Morin, G.//Dupont, L.//Lacroix, J.//Leblanc, D.//Plante, B.
Author Role:
Title, Monographic: Étude du réseau météorologique du Québec en vue de sa rationalisation.
Tome 3 : analyse du réseau de mesure des chutes de neige journalières et du
réseau nivométrique

Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1980
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: x, 124
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 126
Location/URL:
ISBN: 2-89146-123-1
Notes: Rapport annuel 1979-1980
Abstract: Rapport rédigé pour Environnement Québec
20.00\$
Call Number: R000126
Keywords: rapport/ ok/ dl

ETUDE DU RESEAU METEOROLOGIQUE
DU QUEBEC EN VUE DE SA RATIONALISATION.
Tome 3: Analyse du réseau de mesure des
chutes de neige journalières et
du réseau nivométrique

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 126
1980

Rapport rédigé pour
Environnement Québec

par

J.-P. Fortin, G. Morin, L. Dupont,
J. Lacroix, D. Leblanc et B. Plante

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

ETUDE DU RESEAU METEOROLOGIQUE
DU QUEBEC EN VUE DE SA RATIONALISATION.
Tome 3: Analyse du réseau de mesure des
chutes de neige journalières et
du réseau nivométrique

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 126
1980

Rapport rédigé pour
Environnement Québec

par

J.-P. Fortin, G. Morin, L. Dupont,
J. Lacroix, D. Leblanc et B. Plante

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

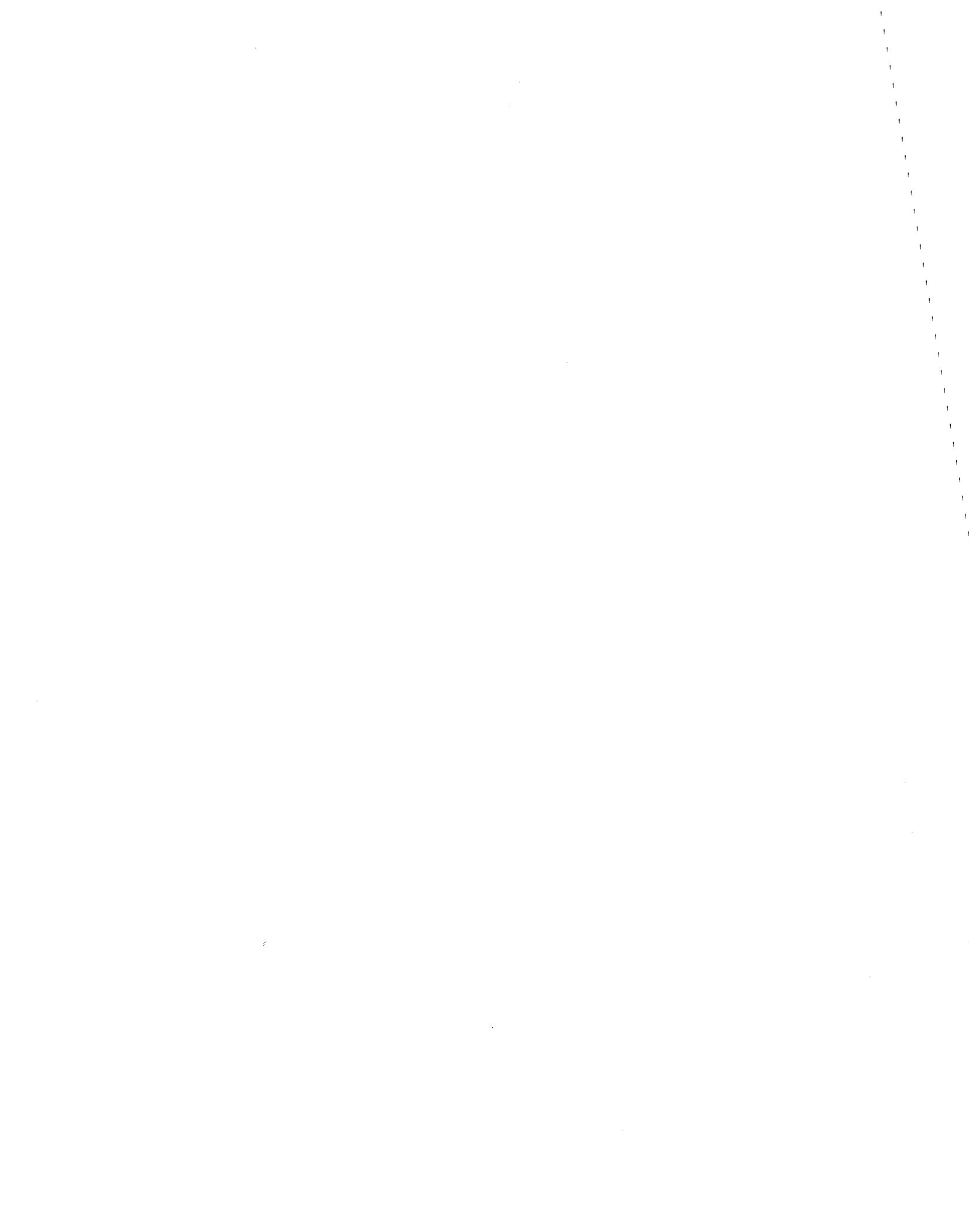


TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIERES	ii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	viii
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 - DONNEES ENTREES DANS L'ANALYSE	4
2.1 Chutes de neige	5
2.1.1 Description des rubans de base	5
2.1.2 Banque de travail	5
2.1.3 Sélection des données et des stations	11
2.2 Neige au sol	12
2.2.1 Fichier d'origine	12
2.2.2 Cote des stations nivométriques	12
2.2.3 Banque de travail	14
2.2.4 Problématique et méthodologie de la définition des événements	16
CHAPITRE 3 - ESTIMATION DES ECARTS TYPES PONCTUELS DES CHUTES DE NEIGE JOURNALIERES	23
3.1 Chutes de neige journalières	24
3.1.1 Définition des régions	24
3.1.2 Analyse du réseau région par région	28

	<u>PAGE</u>
3.2 Chutes de neige mensuelles	51
3.2.1 Définition par régions	51
3.2.2 Analyse du réseau région par région	54
 CHAPITRE 4 - ESTIMATION DES ECARTS TYPES SUR LA MOYENNE SPATIALE DES PRECIPITATIONS SOLIDES SUR DES SURFACES DE SUPERFICIES DONNEES	74
4.1 Précipitations solides journalières	75
4.1.1 Fonction de corrélation	75
4.1.2 Ecart types d'estimation	77
4.2 Précipitations solides mensuelles	78
4.2.1 Fonction de corrélation	78
4.2.2 Ecart types d'estimation	79
4.3 Conclusion	79
 CHAPITRE 5 - RECOMMANDATIONS GENERALES SUR LE RESEAU DE MESURE DES CHUTES DE NEIGE	92
5.1 La mesure des chutes de neige	93
5.2 Identification de zones d'écart types élevés ...	93
5.3 Rationalisation du réseau dans le nord du Québec	96
 CHAPITRE 6 - ESTIMATION DES ECARTS TYPES PONCTUELS D'INTERPOLA- TION DU RESEAU NIVOMETRIQUE	98
6.1 Définition des régions	99
6.2 Analyse du réseau région par région	102
 CHAPITRE 7 - RECOMMANDATIONS GENERALES SUR LE RESEAU NIVOMETRI- QUE	119
7.1 Mesure du couvert nival	120

	<u>PAGE</u>
7.2 Synchronisation des mesures	120
7.3 La fréquence des mesures	120
7.4 Faiblesses du réseau	121
7.5 Intégration de la télédétection aux mesures prises au sol	122
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	124

LISTE DES TABLEAUX

		<u>PAGE</u>
2.1	Banque de travail des chutes de neige journalières et mensuelles	6
2.2	Liste des stations homogènes pour la période 1962-1975	10
2.3	Signification des cotes de représentativité des stations nivométriques	13
2.4	Tableau du nombre de stations possédant des observations (au moins une observation) pour les années 1940 à 1977	15
2.5	Banque de travail (1958-1977) des relevés de neige au sol	15
2.6	Tableau du nombre d'observations quotidiennes disponibles dans la banque de travail des relevés de neige au sol (1958-1977) pour cinq années de la période étudiée	17
2.7	Liste des événements (périodes d'observation) par année	21
3.1	Type et valeur des paramètres des courbes ajustées aux fonctions de structure des chutes de neige journalières	30
3.2	Type et valeur des paramètres des courbes ajustées aux fonctions de structure des chutes de neige mensuelles	56
4.1	Caractéristiques des neiges journalières pour différentes régions	82

4.2	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides journalières en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Gaspésie - Lac St-Jean	83
4.3	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides journalières en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Estrie	84
4.4	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides journalières en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Outaouais - Mauricie	85
4.5	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides journalières en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Abitibi-Témiscamingue	86
4.6	Caractéristiques des neiges mensuelles pour différentes régions	87
4.7	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides mensuelles en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Gaspésie - Lac St-Jean	88
4.8	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides mensuelles en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Estrie	89
4.9	Écart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides mensuelles en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Outaouais - Mauricie	90

	<u>PAGE</u>
4.10	Ecart type d'estimation (cm) de la moyenne des précipitations solides mensuelles en hiver en fonction de la superficie attribuée à chaque station et du nombre de stations. Région: Abitibi - Lac Péribonca 91
6.1	Type et valeur des paramètres des courbes ajustées aux fonctions de structure des relevés nivométriques 104

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
3.1	Fonction de structure des neiges journalières en hiver, région: Basse Côte Nord 31
3.2	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges journalières en hiver, région: Basse Côte Nord 33
3.3	Fonction de structure des neiges journalières en hiver, région: Gaspésie - Lac St-Jean 35
3.4	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges journalières en hiver, région: Gaspésie - Lac St-Jean 37
3.5	Fonction de structure des neiges journalières en hiver, région: Estrie 40
3.6	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges journalières en hiver, région: Estrie 41
3.7	Fonction de structure des neiges journalières en hiver, région: Outaouais - Mauricie 44
3.8	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges journalières en hiver, région: Outaouais - Mauricie 45
3.9	Fonction de structure des neiges journalières en hiver, région: Abitibi-Témiscamingue 48
3.10	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges journalières en hiver, région: Abitibi-Témiscamingue 49

	<u>PAGE</u>
3.11	Fonction de structure des neiges mensuelles en hiver, région: Gaspésie - Lac St-Jean 57
3.12	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges mensuelles en hiver, région: Gaspésie - Lac St-Jean 59
3.13	Fonction de structure des neiges mensuelles en hiver, région: Estrie 62
3.14	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges mensuelles en hiver, région: Estrie 64
3.15	Fonction de structure des neiges mensuelles en hiver, région: Outaouais - Mauricie 66
3.16	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges mensuelles en hiver, région: Outaouais - Mauricie 67
3.17	Fonction de structure des neiges mensuelles en hiver, région: Abitibi - Lac Péribonca 70
3.18	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les neiges mensuelles en hiver, région: Abitibi - Lac Péribonca 71
4.1	Courbes exponentielles ajustées aux coefficients de corrélation en fonction de la distance pour les chutes de neige journalières. Seuls les points à gauche de la ligne verticale en pointillés ont été utilisés dans l'ajustement des courbes 76
4.2	Courbes exponentielles ajustées aux coefficients de corrélation en fonction de la distance pour les chutes de neige mensuelles. Seuls les points à gauche de la ligne verticale en pointillés ont été utilisés dans l'ajustement des courbes 80

	<u>PAGE</u>
6.1	Fonction de structure des relevés de neige au sol en hiver, région: Lac St-Jean - Gaspésie 105
6.2	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les relevés de neige au sol en hiver, région: Lac St-Jean - Gaspésie 107
6.3	Fonction de structure des relevés de neige au sol en hiver, région: Trois-Rivières - Estrie 110
6.4	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les relevés de neige au sol en hiver, région: Trois-Rivières - Estrie 112
6.5	Fonction de structure des relevés de neige au sol en hiver, région: Outaouais - Montréal 114
6.6	Ecart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations, pour les relevés de neige au sol en hiver, région: Outaouais - Montréal 116

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

L'objectif de ce tome est de présenter les résultats de l'analyse du réseau de mesure des chutes de neige journalières et du réseau nivométrique, par les composantes principales et l'interpolation optimale.

Quoique les chutes de neige importantes aient tendance à se produire au début ou à la fin de l'hiver, compte tenu de l'humidité disponible dans les masses d'air à ces périodes de l'année, elles sont toutes causées par des perturbations atmosphériques couvrant des superficies assez grandes. Les phénomènes météorologiques à l'origine des chutes de neige étant moins variables que dans le cas des chutes de pluie, nous avons choisi de ne pas faire de distinction entre les chutes de neige. On trouvera au chapitre 2 des précisions sur les périodes qui ont été choisies afin de déterminer avec suffisamment de représentativité, les caractéristiques statistiques voulues pour les chutes de neige.

Les chutes de neige n'affectant pas toujours tout le Québec en même temps, nous avons opté, comme dans le cas des pluies journalières, pour une analyse région par région. Pour chacune des régions déterminées par l'étude des données par les composantes principales, nous ferons donc ressortir la structure spatiale des chutes de neige et des relevés nivométriques. Nous en déduirons l'écart type d'interpolation en fonction de la distance entre les stations d'un réseau à mailles triangulaires régulières, puis nous analyserons la variation spatiale de l'écart type d'interpolation obtenu avec le réseau existant le 1er janvier 1978.

Dans le cas du réseau de mesure des chutes de neige journalières, l'analyse sera réalisée aux pas de temps journalier et mensuel, tandis que, dans le cas des relevés nivométriques, l'analyse sera basée sur les données recueillies périodiquement. Ces dernières données n'étant pas toutes obtenues le même jour, des précautions supplémentaires ont dû être prises lors de l'établissement de la banque de données utilisées dans l'étude. Des précisions seront apportées sur ces précautions au chapitre 2.

En outre, nous présenterons l'écart type encouru lorsque la moyenne spatiale des chutes de neige sur une surface de superficie donnée est déterminée.

Les aspects théoriques concernant les méthodes analytiques utilisées ayant été traités au chapitre 5 du tome I, nous ne reviendrons pas sur ces aspects ici, mais nous y référerons, lorsque le besoin s'en fera sentir.

Des renseignements complémentaires, pouvant aider à l'interprétation des résultats présentés dans ce tome, sont contenus dans les rapports des organismes impliqués dans l'étude et seront cités, lorsque nécessaire, en cours de rapport.

CHAPITRE 2

DONNEES ENTREES DANS L'ANALYSE

2.1 CHUTES DE NEIGE

2.1.1 Description des rubans de base

Les données de base sont les mêmes que dans le cas des précipitations liquides . Elles sont donc contenues sur bandes magnétiques, elles-mêmes copies de bandes originales fournies par le Service de météorologie du ministère de l'Environnement du Québec. Les précipitations quotidiennes de neige apparaissent à l'intérieur de vecteurs codés contenant aussi les paramètres servant à l'identification de la station météorologique concernée. Les vecteurs sont classés selon l'ordre croissant du numéro fédéral attribué à chaque station, puis par année à l'intérieur d'une station. Les observations couvrent des périodes de longueur variable, continue ou non, depuis l'ouverture d'une station jusqu'à l'année 1975 ou jusqu'à sa fermeture définitive, si celle-ci s'est produite avant 1975².

2.1.2 Banques de travail

Une première différenciation parmi les données de base contenues sur bandes magnétiques consiste en l'élaboration des banques de travail (ces fichiers contenant l'information de stations satisfaisant certains critères qualitatifs et quantitatifs). La banque de travail des chutes de neige journalières renferme les stations météorologiques ayant des observations dans au moins quatre des cinq années de la période 1971 - 1975 tout en respectant les conditions d'homogénéité définies dans l'étude de Jacques (1979) sur le traitement des séries chronologiques des chutes de neige. A l'aide de la méthode des doubles-masses et de celle du double-cumul des résidus, Jacques (1979) identifie des cassures dans les séries, date celles-ci, leur attribue une confiance (un niveau significatif) et calcule un coefficient de correction. Ce coefficient permet "d'homogénéiser" une série d'observations ayant une

¹ Voir tome 2.

² Pour diverses raisons, certaines stations présentent des interruptions dans les séries d'observation.

TABLEAU 2.1 Banque de travail des chutes de neige journalières et mensuelles.

Région	BANQUE DE TRAVAIL 1971-1975	BANQUE DE TRAVAIL 1962-1975		Nombre de stations communes aux deux banques
	Nombre de stations	Nombre de stations	Nombre moyen d'années d'observation	
701	26	25	13,68	18
702	62	62	13,71	45
703	27	32	13,59	24
704	18	13	13,69	10
705	37	36	13,47	26
706	17	20	13,50	15
707	5	5	13,80	5
708	6	6	14,00	5
709	11	10	13,70	8
710	1	2	14,00	1
711	3	2	14,00	2
TOTAL	213	213	13,64	159

cassure en multipliant les totaux mensuels des chutes de neige de la partie antérieure à la cassure par le coefficient correcteur. Comme une cassure ne peut être datée qu'au mois près, l'homogénéisation d'une série chronologique à l'aide du coefficient de correction ne peut s'appliquer au traitement des précipitations journalières; nous l'utilisons, toutefois, pour augmenter le nombre de stations dans la banque de travail des chutes de neige mensuelles, comme nous le verrons plus loin. Une cassure dont le niveau significatif égale ou dépasse le seuil arbitrairement fixé à 90% et qui, de ce fait, exclut deux ou trois années (ou plus) de la période considérée (1971-1975), entraîne donc le rejet de cette station de la banque de travail des chutes de neige journalières.

Ainsi, les stations Shawinigan (7018000) et Montréal-McGill (7025280) possédant une cassure en janvier 1973, dont le niveau significatif voisine 100%, sont rejetées. Les stations La Malbaie (7043960), avec une cassure au niveau de signification de 98% en janvier 1972, et Saint-Pamphile (7057600) qui a une cassure (confiance: 99%) en janvier 1975, sont cependant retenues. La période 1972-1975 sert pour la première station, tandis que les années 1971 à 1974 inclusivement sont utilisées pour la deuxième. Quant aux précipitations mensuelles, nous incluons dans cette banque de travail les stations possédant des données lors d'au moins douze des quatorze années de la période 1962-1975. Le choix de cette période s'appuie sur un besoin d'uniformité dans l'analyse - les précipitations de pluie mensuelles ont été traitées pour cette période¹ - et sur des considérations analogues à celles ayant motivé notre décision antérieure.

Dans une première étape, nous avons extrait, des fichiers originaux, les données des stations possédant au moins douze années d'observations entre 1962 et 1975. Cette première "version" de la banque des chutes de neige mensuelles, contenant 213 stations (tableau 2.1), a

¹ Voir tome 2, chapitre 2.

ensuite été homogénéisée à l'aide des coefficients de correction. Cette correction des séries chronologiques de chutes de neige a été appliquée à presque toutes les stations de la banque à l'exception d'une douzaine de stations. Ces dernières, ne possédant aucune cassure significative lors de la période d'observation retenue, apparaissent au tableau 2.2. Pour toutes les autres stations, nous avons procédé de la façon décrite précédemment de manière à homogénéiser les périodes antérieures aux diverses cassures significatives (généralement de deux à quatre entre 1962 et 1975) avec la fin de la période étudiée. Ainsi, pour la station Sainte-Edwidge (7027120), qui a une cassure au niveau 100% en janvier 1971, les totaux mensuels de chutes de neige des années précédentes ont été corrigés en les multipliant par 0,816, le facteur obtenu par Jacques (1979). Pour les stations possédant plus d'une cassure, certaines périodes sont successivement "corrigées" à l'aide d'une telle multiplication: les valeurs de l'année 1962 de la station Chute-Panet (7011600), par exemple, sont d'abord multipliées par 1,13 par suite d'une première cassure en janvier 1963 au niveau 100%, puis par 0,876 à cause d'une cassure de même niveau en janvier 1970 et, enfin, par 1,121 en raison, cette fois, d'une troisième cassure à 99,99% en janvier 1973. Evidemment, les valeurs de la période de 1963 à décembre 1969 sont, elles aussi, corrigées d'un facteur 0,876 puis, d'un facteur 1,121; enfin, les précipitations totales mensuelles de neige des années 1970, 1971 et 1972 à cette station sont multipliées par 1,121, le facteur de correction correspondant à la dernière cassure. Notons que cette méthode d'homogénéisation traite uniquement les cassures dont le niveau significatif dépasse ou égale 90%. Le traitement de la station Lennoxville (7024280) illustre bien ce fait: la période antérieure au mois d'avril 1963 a été corrigée (niveau de la cassure: 100%, facteur de correction: 1,099) mais les cassures non significatives de 1971 de niveau: 86,56% et de 1974 de niveau 48,97% ont été ignorées.

La banque de travail des chutes de neige journalières contient également 213 stations (tableau 2.1); cependant, il faut souligner, comme nous l'avons déjà fait dans le cas des précipitations liquides

au tome 2, que ce ne sont pas nécessairement les mêmes stations, même si une majorité d'entre elles appartiennent aux deux banques, comme l'indique la cinquième colonne du tableau 2.1 ci-dessous. Les années d'ouverture et (ou) de fermeture des stations, ainsi que l'existence ou l'absence de cassures lors des périodes considérées, soit 1962-1975 pour les précipitations mensuelles et 1971-1975 pour les valeurs journalières, expliquent qu'une certaine station puisse appartenir à une seule banque. C'est le cas notamment des stations Lac-aux-Sables (701LEEH), ouverte en 1965 et Bonsecours (7020828) ouverte en 1967, qui, à cause du nombre insuffisant d'années d'observation, n'apparaissent pas dans la banque 1962-1975¹. De même, la station Saint-Paulin (7017640), ayant une cassure significative en janvier 1973, est exclue de la banque journalière; cette cassure et les deux autres significatives relevées en 1966 et 1971 ont été traitées de la façon décrite au paragraphe précédent, ce qui nous permet d'inclure cette station dans la banque de travail des chutes de neige mensuelles.

Le tableau 2.1 nous indique donc un nombre assez constant de stations dans une banque ou dans l'autre pour la plupart des régions, les régions 703 et 704 semblant toutefois faire exception. Pour la région 703, on remarque un nombre inférieur de stations dans la banque de travail journalière (1971-1975): ce phénomène est attribuable à l'existence de cassures significatives, lors des années 1973 ou 1974, à des stations apparaissant dans l'autre banque. Tel est le cas notamment des stations Fort-Coulonge (7032440), Huberdeau (7033160), La Macaza (7033940) et Maniwaki-2 (7034481). Le plus grand nombre de stations de la région 704 présentes dans la banque de travail 1971-1975 s'explique par l'ouverture de plusieurs nouvelles stations en 1966, telles Baie-Comeau (7040MLR), Blanc Sablon (7040811) et Havre-St-Pierre (7043012), et en 1968, Blanc-Sablon-A (7040812) et Gagnon-A (7042590).

¹ De plus, une cassure significative en janvier 1972 à la station Lac-aux-Sables explique que nous ne retenons que la période 1972-1975 à cette station dans la banque journalière.

TABLEAU 2.2 Liste des stations homogènes pour la période 1962-1975.

<u>Numéro</u>	<u>Nom de la station</u>	Période d'observation début - fin
7012071	Donnacona-2	62 - 75
7013655	Lac Jacques-Cartier	63 - 74
7020860	Bromptonville	62 - 75
7033650	Lachute	63 - 75
7034635	Masson	63 - 75
7043740	Lac Eon-A	62 - 75
7058220	Squateck	63 - 75
7060474	Barrière-nord-Chibougamau	63 - 74
7065100	Mont Apica	63 - 75
7066685	Roberval-A	62 - 75
7067460	St-Léon-de-Labrecque	63 - 75
7092305	Eastmain	62 - 75

2.1.3 Sélection des données et des stations

L'étude des chutes de neige en hiver, aux pas de temps mensuel et journalier, a été réalisée en faisant appel à un plus grand nombre d'observations que dans le cas des pluies, en particulier, à cause du nombre plus élevé de données manquantes. Pour les précipitations journalières, nous considérons 60 épisodes consécutifs d'une journée (les mois de janvier et février); pour les précipitations mensuelles, nous considérons trois (3) épisodes consécutifs de 30 jours (les mois de janvier, février et mars): nous disposons donc, a priori, de 300 données journalières et de 42 données mensuelles.

Un maximum de 99 données manquantes pour les précipitations journalières et de 10 données manquantes pour les précipitations mensuelles a été alloué afin de conserver le plus d'informations possibles. De plus, parmi les stations météorologiques de la banque de travail 1971-1975 retenues pour le traitement, c'est-à-dire celles contenant moins de 100 données manquantes, nous avons vérifié si le seuil significatif d'une observation était atteint pour chacune des observations journalières. Ce seuil est fixé à 20%. Cela signifie que, pour une journée donnée, si au moins 20% des stations retenues, soit pour le calcul des fonctions de structure, soit pour l'analyse en composantes principales, enregistrent une précipitation de neige, nous considérons toutes les valeurs recueillies comme significatives et représentatives de la structure spatiale du phénomène étudié (précipitations neigeuses journalières). Sinon, la présence d'un grand nombre de valeurs nulles indique plutôt l'absence de précipitation. Ces valeurs s'avèrent dès lors non pertinentes aux fins de l'analyse et sont remplacées dans les étapes antérieures du calcul pour le code de données manquantes (-99,0).

La sélection des stations à partir des banques de travail respectives possédant le nombre minimal requis de données et le remplacement des zéros non significatifs dans le cas des précipitations journalières nous a néanmoins laissé 182 stations utiles pour les précipitations

mensuelles et 200 pour les précipitations journalières. Comme des restrictions techniques du système informatique de l'Université du Québec ne permettent pas le traitement de toutes ces stations en même temps, nous avons extrait de ces groupes des listes de 108 stations (limite permise) en tenant compte de la répartition géographique de celles-ci et du nombre de données manquantes. Les calculs de fonction de structure et l'analyse en composantes principales se sont effectués à partir de ces listes. Les chapitres qui suivent présentent et analysent les résultats de ces calculs.

2.2 NEIGE AU SOL

2.2.1 Fichier d'origine

Les données relatives au réseau nivométrique ont été fournies sur cartes perforées par le Service de météorologie. L'information est classée par ordre croissant de numéro de station et, à l'intérieur d'une station, par ordre chronologique des observations. Pour chacune des stations nivométriques contenues dans le fichier, la première carte contient, outre le numéro, le nom, la latitude et la longitude, l'altitude, le mois et l'année d'ouverture et le mois et l'année de fermeture, s'il y a lieu. Les cartes suivantes contiennent les résultats des mesures de la neige au sol ainsi que les dates auxquelles celles-ci eurent lieu: à une date déterminée, l'épaisseur du stock de neige et son équivalent en eau sont ainsi enregistrés en dixièmes de pouce, tandis que la densité du stock est enregistrée en pourcentage. La fin de l'information disponible pour une station est indiquée par une carte blanche (ou le saut d'enregistrement sur disque ou bande magnétique).

2.2.2 Cote des stations nivométriques

Les séries temporelles de relevés de neige au sol ne peuvent toutefois pas faire l'objet d'une étude statistique complète sur leur homogénéité, comme dans le cas des précipitations de pluie et de neige. Le Service de météorologie a donc substitué à cette étude une évaluation

subjective de la représentativité de chaque station. Les critères de cette évaluation sont la nature et les caractéristiques du site, l'exposition et l'orientation de la ligne de neige, ainsi que le déplacement du site des mesures. Le résultat de cette évaluation se présente sous la forme d'une cote numérique variant de + 2 à - 2 selon que la station est plus ou moins représentative (voir tableau 2.3). La cote - 3 indique une répétition de station, soit la prise de deux séries de mesures à une même station: généralement, dans ces cas, une première ligne de neige est définie en terrain découvert et une deuxième en forêt. La station Chelsea (0408005), où des mesures ont été prises en terrain découvert de 1937 à 1964 et en terrain boisé de 1937 à 1965, en est un exemple.

Pour les fins de notre étude, nous avons donc rejeté les stations dont la cote était inférieure à - 1, c'est-à-dire les stations hétérogènes et les répétitions de stations. Nous avons conservé les stations dont la représentativité semblait un peu faible ou dont la connaissance des caractéristiques physiographiques du site ou (et) de son historique était insuffisante à cause du nombre relativement petit de stations distinctes (284) dans le fichier d'origine et de la quantité restreinte d'observations disponibles. Néanmoins, la grande majorité des stations présente une cote convenable (+ 2 et + 1).

TABLEAU 2.3 Signification des cotes de représentativité des stations nivométriques

<u>COTE</u>	<u>SIGNIFICATION</u>
+ 2	fiable
+ 1	moyenne
0	médiocre
- 1	indéterminée
- 2	non homogène
- 3	répétition de station

2.2.3 Banque de travail

La constitution de la banque de travail des relevés de neige au sol en hiver n'a pas été une tâche facile. L'irrégularité dans la prise des mesures et la très grande variabilité de leurs fréquences nous ont contraints à un fastidieux labeur. Lors de l'étude des précipitations (de pluie ou de neige) et des températures minimales, nous pouvions nous attendre à disposer d'observations quotidiennes; la situation est cependant très différente pour la mesure du stock de neige au sol. Ainsi, pour l'année 1971, nous possédons 25 observations au Lac Eon (0747010), 17 à Chapais (0807020) et trois (3) seulement au Barrage Mattawin (0501025). De plus, il n'y a que la mesure du 8 mars à cette dernière station qui coïncide avec celles des deux autres stations. Ceci concerne toutefois la définition des événements dont nous reparlerons à la section suivante. La station Chapais (0807020), ouverte en 1966 et fermée depuis 1971, illustre une autre difficulté. Sur une courte période de temps, cette station possède beaucoup plus d'observations que plusieurs autres opérant durant dix ou même quinze années: en effet, nous avons 23 observations en 1966, 26 en 1967 et en 1968, 28 en 1969 et 17 en 1970. De fait, au cours de ces six (6) années, les stations Ste-Blandine (0220010), Sawyerville-2 (0302031), St-Gérard (0302070) et Barrage-Gouin (0501080), entre autres parmi les stations finalement retenues dans la banque de travail, ne présentent que 29 observations au total.

La première étape en vue de former la banque de travail a donc consisté en la compilation des observations aux diverses stations par mois et par année de 1940 à 1977. Leur nombre annuel moyen étant voisin de quatre (4) ou de cinq (5), le choix d'une longue période d'étude s'imposait. D'autres calculs nous ont permis ensuite de déterminer le nombre de stations possédant des observations pour les différentes années depuis 1940 (jusqu'à 1977). Les résultats de ces calculs, présentés au tableau 2.4 ci-dessous, ont guidé notre choix de la période 1958-1977 pour la formation de la banque de travail. Afin de conserver le plus

TABLEAU 2.4 Tableau du nombre de stations possédant des observations (au moins une observation) pour les années 1940 à 1977.

ANNEE	NOMBRE DE STATIONS	ANNEE	NOMBRE DE STATIONS	ANNEE	NOMBRE DE STATIONS
1940	37	1953	60	1966	142
1941	33	1954	63	1967	145
1942	32	1955	73	1968	151
1943	33	1956	85	1969	171
1944	40	1957	81	1970	190
1945	42	1958	108	1971	195
1946	31	1959	105	1972	185
1947	41	1960	109	1973	190
1948	41	1961	111	1974	193
1949	60	1962	111	1975	215
1950	61	1963	124	1976	199
1951	63	1964	127	1977	189
1952	68	1965			

TABLEAU 2.5 Banque de travail (1958-1977) des relevés de neige au sol

REGION	NOMBRE DE STATIONS	NOMBRE TOTAL D'ANNEES D'OBSERVATION (Moyenne)	
01	4	72	(18,00)
02	12	229	(19,08)
03	10	156	(15,60)
04	29	525	(18,10)
05	17	300	(17,65)
06	22	423	(19,23)
07	20	287	(14,35)
08	2	35	(17,50)
09	6	74	(12,33)
10	2	25	(12,50)
TOTAL	124	2126	(17,15)

grand nombre possible de stations, nous avons opté pour une tolérance de huit (8) années manquantes. Le tableau 2.5 décrit la répartition des 124 stations nivométriques retenues dans la banque de travail. Outre la sous-représentation des régions 08 et 10, le petit nombre de stations présentes (il ne faut pas oublier que le nombre de données manquantes est susceptible d'éliminer des calculs finals une part importante de ces stations) est un point important à souligner.

Notons, enfin, que seulement six (6) stations du fichier original ont été exclues pour cause d'hétérogénéité: soit Sainte-Rose-du-Déglis (0117010), Saint-Léon (0233010), Saint-Etienne (0234060), L'Avenir (0302020), Lambton (0302050) et Stanstead (0302080)¹.

2.2.4 Problématique et méthodologie de la définition des événements

Dans le cadre d'une étude de rationalisation d'un réseau météorologique, la définition des événements considérés ne pose généralement aucun problème. L'existence d'observations nombreuses à intervalles réguliers (nous disposons d'une observation par jour, parfois plus) permet une définition simple. Pour l'analyse du réseau nivométrique du Québec, nous ne possédons pas cette information systématique. Les mesures aux diverses stations sont effectuées par des techniciens du Service de météorologie lors d'une tournée des divers sites établis. Malheureusement, pour des raisons physiques évidentes, il est quasi impossible de visiter au cours de la même journée tous les emplacements (211 au 1er janvier 1978) et d'y prendre les mesures. Outre les distances à parcourir, les intempéries, les fins de semaine et autres congés et de multiples impondérables, échelonnent la tournée de sites d'une région pour une équipe de techniciens sur deux, trois ou même quatre jours. Le tableau 2.6 illustre ceci en faisant ressortir des périodes de quelques jours où un grand nombre de mesures s'effectuent suivies de périodes creuses de durée variable (environ une semaine). Un autre constat qui se dégage de l'étude de ce tableau est la non-simultanéité générali-

¹ Les trois (3) dernières stations appartiennent au bassin versant de la rivière Saint-François.

TABLEAU 2.6 Tableau du nombre d'observations quotidiennes disponibles dans la banque de travail des relevés de neige au sol (1958-1977) pour cinq années de la période étudiée (tableau partiel).

JOUR ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1965	4	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	1	11	10	24	11	3	1	12	7	3
1968	8	1	1	0	1	0	0	5	1	1	0	1	5	0	28	21	13	6	6	1	1
1971	11	0	0	0	1	0	0	7	0	2	25	12	8	7	15	0	0	4	8	0	0
1974	9	1	1	0	0	0	0	6	1	0	0	2	1	33	26	6	2	2	2	1	0
1977	10	1	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	9	1	1	0	0	0	0

JOUR ANNEE	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1965	2	1	0	4	5	4	0	2	1	0	10	1	1	0	1	0	0	1	1	0
1968	0	7	0	0	5	0	1	0	7	9	13	0	1	0	0	1	0	5	1	0
1971	1	6	0	4	3	4	1	4	0	2	13	4	3	3	6	0	2	6	1	40
1974	0	6	1	0	0	0	6	8	4	0	10	0	1	0	0	0	0	6	0	3
1977	0	5	1	4	1	4	7	7	9	9	28	10	12	6	0	0	0	6	0	1

JOUR ANNEE	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
1965	5	5	7	8	30	15	10	5	2	0	0	4	6	5	0	1	0	0	0	7
1968	3	23	19	12	20	16	1	4	0	2	4	0	6	0	0	4	8	4	1	12
1971	15	4	0	1	14	5	5	1	8	5	0	4	8	5	1	0	0	0	0	12
1974	40	14	3	1	10	2	1	0	0	0	1	1	4	1	11	4	3	1	0	10
1977	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	4	14	4	6	4	7	12	0	27

JOUR ANNEE	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
1965	0	2	7	0	0	0	0	4	5	17	27	7	10	5	3	1	0	1	1	0
1968	2	4	0	4	4	4	4	0	5	0	34	20	13	6	4	0	0	3	1	0
1971	0	7	0	1	2	0	0	12	20	34	23	3	0	0	0	0	0	6	0	0
1974	0	7	0	4	10	2	2	0	0	4	44	13	8	4	1	0	1	7	0	0
1977	0	7	0	0	0	10	28	12	8	9	11	0	0	0	0	0	0	5	3	0

sée des observations: ce n'est que rarement qu'il y a 30% des stations nivométriques de la banque de travail possédant une observation pour une certaine journée. La non-simultanéité signifie surtout qu'il y aura très peu d'observations communes à un nombre suffisant de stations, si nous nous restreignons à des événements journaliers, donc que l'analyse d'une structure spatiale du couvert de neige devient irréalisable sous ces conditions. De plus, en se limitant à définir des événements journaliers, ceci entraîne inévitablement un nombre très élevé de données manquantes, dû à la non-simultanéité des mesures. L'exemple de l'année 1971, cité à la section précédente, où seulement une observation à la station Barrage Mattawin (0501025) coïncide avec celles du Lac Eon (0747010) (à cette dernière station, il y a 19 observations de janvier à mai, donc 18 données manquantes à l'autre station pour cette seule année!) démontre bien la nécessité de définir les événements sur plus d'une journée.

La définition d'un événement pour les relevés de neige au sol sur plus d'une journée n'est toutefois pas la panacée à tous nos problèmes. Cela ne réduit guère les inconvénients causés par l'existence d'un grand nombre d'observations (au-delà de 20 par année parfois) à certaines stations fédérales ou utilisées à des fins expérimentales (hydrologie, agriculture, etc). La plupart de ces observations étant en dehors des campagnes générales de mesures (soit celles s'étendant à l'ensemble des stations), leur représentativité spatiale est très limitée et leur utilisation, faisant considérablement augmenter le nombre de données manquantes à la plupart des stations, doit s'accompagner d'une tolérance supérieure. De plus, définir l'événement météorologique sur plus d'une journée engendre de nouvelles et périlleuses difficultés. Les problèmes de chutes de neige, de précipitations de pluies, de vent et de fonte (au printemps) ainsi que celui de l'indépendance des événements entre eux ont été soulevés et analysés en vue d'élaborer une démarche satisfaisante et rigoureuse rejoignant dans la mesure des moyens actuels les objectifs originaux.

L'indépendance des événements est assurée par l'intervalle suffisamment grand entre les campagnes de mesure. En effet, même aux stations fédérales telles Natashquan (0749100), Val-d'Or (0801005) et Chibougamau (0807120), l'intervalle minimal est de sept (7) jours et l'étude de Desrochers, Torlaschi et Zawadzki (1979) sur les chutes de neige journalières au Québec tend à démontrer que la probabilité d'une telle période sans chute de neige est inférieure à 15%. Également, même si nous définissons certains événements sur des jours consécutifs, les observations enregistrées ne concernant pas les mêmes stations, ceux-ci sont indépendants; ils le sont d'autant plus que souvent la séparation de la période en deux ou plusieurs événements se justifie par la présence d'abondantes précipitations (pluies, neige etc.) ou par une fonte due à la température. Pour résoudre le problème causé par les précipitations ou par la possibilité d'une fonte, nous avons donc fait appel à la banque de travail des précipitations neigeuses mensuelles 1962-1975 (voir 2.1) et aux résumés mensuels d'Environnement Canada (données météorologiques). Pour la période couverte par cette banque de travail, nous en avons extrait les journées où un nombre suffisant de stations dans l'ensemble du Québec ou dans la région concernée (soit la région où se concentraient les stations nivométriques ayant une observation ce même jour où le jour précédent ou suivant) ont enregistré une chute de neige significative¹. Dans les six (6) autres années étudiées, nous avons utilisé les résumés d'Environnement Canada pour identifier ces journées. Ces résumés ont aussi permis de considérer le phénomène de la fonte en mars et en avril (jours 61 à 121) par le relevé des températures maximales observées aux stations des régions concernées.

Séquentiellement, nous avons procédé de la façon suivante. Premièrement, une liste exhaustive des informations disponibles pour les 121 premières journées² des vingt années de la banque de travail a été produite sous forme de tableaux; nous savions ainsi de combien de données nous disposions pour chacune de ces journées. En plus, nous étions en

¹ Le seuil a été fixé à trois (3) pouces.

² Soit janvier, février, mars et avril.

mesure d'identifier les stations impliquées, ce qui devient absolument indispensable lors des étapes ultérieures. Le tableau 2.6 présente des résultats partiels de cette compilation (elle compte 180 pages) qui a été le point de départ de notre définition des événements. La deuxième étape a été de choisir certaines périodes spécifiques où un nombre suffisant d'observations nous incitait à tenter d'y définir un événement. C'est le cas notamment pour les jours 12 à 16 et 44 à 49 de l'année 1965 et les jours 28 à 35 et 58 à 63 de l'année 1977; nous aurions respectivement 57, 75, 88 et 69 valeurs. La troisième étape consiste à vérifier la présence ou non de précipitations lors de ces périodes à l'aide des calculs effectués à la banque de travail des précipitations de neige mensuelles ou à l'aide des résumés mensuels et d'ajuster la longueur de la période en fonction de ces renseignements. Par exemple, le jour 12 de l'année 1965 est retranché de la première période à cause d'une abondante précipitation notée le 13 janvier de cette année. D'importantes précipitations lors des jours 48 et 49 de 1965 provoqueront leur élimination. Les périodes retenues sont donc du jour 13 au jour 16 (56 données) et du jour 44 au jour 47 (60 données). Les périodes de l'année 1977 citées en exemples seront également scindées pour les mêmes raisons. Enfin, il faut vérifier les températures dans les régions concernées lors des périodes retenues en mars et en avril. Conséquemment, celles-ci seront nettement plus courtes. Certaines périodes ont aussi été écourtées pour éviter la répétition exceptionnelle d'observations à une même station. Le résultat final de cette démarche est présenté au tableau 2.7 qui décrit les 224 événements définis.

Comme il avait été prévu, le nombre de données manquantes à chacune des stations de la banque de travail (1958-1977) a été très élevé. Les stations Nitchequon (0927010), Val-d'Or (0801005) et Ste-Agathe-des-Monts (0401020) ont le plus d'observations avec respectivement 123, 124 et 134 données manquantes. La majorité des stations se situent entre 145 et 180 données manquantes. Dans une première tentative d'analyse en composantes principales, nous avons éliminé les stations ayant plus de 189 manques, réduisant à 105 le nombre de stations utiles. Toutefois,

TABLEAU 2.7 Liste des événements (périodes d'observation) par année.

ANNEE	NOMBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1958	7	13-16	35-38	62-67	71-72	77-80	84-89	91-92								
1959	7	12-14	28-30	47-52	55-58	62-64	76-80	90-92								
1960	6	26-29	32-35	60-69	74-79	81-83	95-99									
1961	8	16-21	30-32	44-48	56-62	73-74	75-77	80-84	89-92							
1962	6	15-20	31-32	43-44	58-59	73-76	79-82									
1963	7	14-18	29-32	45-47	56-61	72	73-76	86-88								
1964	13	13-17	22-26	28-30	43-44	45-49	51-54	56-59	70-74	75-81	83-86	91-92	106	107		
1965	13	13-16	18-21	29-32	44-47	53-55	61-63	71-75	76-78	90-92	93-95	102-103	104-105	106		
1966	12	12-14	15-17	24-27	44-46	47	48-51	52-56	70-74	82-84	92-94	104-106	107			
1967	15	8-11	13-15	23-26	31-33	42-45	46	66-68	73	74-76	77-79	81-83	90-92	94-96	108-109	110
1968	14	15	16-18	30-32	42-46	47-49	57-60	61	68-71	72	74-76	85-88	92-94	106	107-108	
1969	13	13-17	31-33	38-42	43-48	52-55	58-64	71	73-78	88-91	92	93-95	105-106	107-109		
1970	12	1	12-15	23-27	41	53-55	56-63	70	71-73	74-77	90-92	104-105	106-107			
1971	13	1	11-13	15	31-35	41-42	46-50	61-63	69-70	71-73	89-91	92	104	105		
1972	14	1	10-15	31-33	45	46	47-49	73-76	91-92	95	96	106	108	116-117		
1973	12	1	15-18	24-26	32	42-44	70-75	80-82	92	93	106	107	108			
1974	11	12-15	42-43	44-46	55-61	70-75	85-87	92	93	106	107	108				
1975	12	1	10-15	27-28	29-32	46-47	48	58-61	75-79	91-92	105-106	107	119			
1976	14	1	8-12	15	46	47	54-57	61-62	74-75	76	88-90	92	103-104	105-106	117	
1977	15	15-17	23-27	28-30	32-35	46	53-55	57-63	74-79	87-88	91-92	102-103	105-107	109-111	114-115	116
TOTAL: 224																

ce critère ne fut pas suffisant, puisque bon nombre de couples de stations ne possédaient aucune observation commune ou une seule rendant tout calcul de corrélation impossible: treize autres stations ont été rayées pour cette raison. Ainsi, l'analyse en composantes principales s'est effectuée sur un ensemble de 92 stations assez bien distribuées de telle sorte que seule la région 08 et une partie de la Côte-Nord ne sont pas représentées. Les calculs de corrélation effectués sur l'équivalent en eau du stock de neige ont utilisé, généralement, de 20 à 60 observations communes; dans certains cas, toutefois, leur nombre a été inférieur à 10. Dans ces conditions, il n'est donc pas surprenant que le rang de la matrice soit faible (14) et que le déterminant de la matrice des corrélations voisine zéro. Le mauvais conditionnement de cette matrice, dû en partie au nombre insuffisant de données communes à des stations situées dans des régions différentes, doit nous inciter à une prudence extrême dans l'analyse des résultats et les conclusions que nous devons en dégager. La même règle de prudence est de rigueur lors des calculs de fonctions de structure qui ont soulevé les mêmes interrogations.

CHAPITRE 3

ESTIMATION DES ECARTS TYPES PONCTUELS DES CHUTES DE NEIGE JOURNALIERES

3.1 CHUTES DE NEIGE JOURNALIERES

3.1.1 Définition des régions

Tel que précisé dans le tome I, en 5.1.3.3, l'ensemble des données disponibles a été subdivisé afin de satisfaire aux contraintes liées aux programmes d'analyse disponibles, ainsi qu'à l'ordinateur.

La mesure des chutes de neige, grâce à une règle et une "table à neige", est loin d'être une méthode idéale pour connaître l'épaisseur d'une chute de neige. Une fois au sol, la neige peut être déplacée par le vent. Il en résulte qu'en un endroit donné, l'épaisseur de neige laissée au sol, après une chute de neige, dépendra, bien sûr, de l'importance de la chute, mais aussi de la topographie des lieux. Selon la direction du vent et la position relative de la planche à neige par rapport au relief et aux obstacles de toutes sortes, l'épaisseur de la couche de neige recueillie sur la planche variera. A la limite, nous pourrions dire qu'il se pourrait fort bien qu'une telle mesure ne soit absolument pas représentative et que les "tables à neige" devraient être remplacées le plus tôt possible par un autre type d'instrument, permettant, en plus, de mesurer l'équivalent en eau de la neige.

Il s'avère toutefois, en pratique, que, sans pour cela être un instrument des plus précis, la "table à neige" fournit des données qui sont assez représentatives pour déterminer facilement des régions homogènes statistiquement, ainsi qu'une fonction de structure relativement stable dans chacune de ces régions, comme nous le verrons plus loin.

Effectivement, les deux listes de stations que nous avons formées à partir d'un total de 213 stations conduisent à des résultats sensiblement identiques, en ce qui a trait à la définition des limites des régions. A peine quelques stations, dans chacune des listes, sont associées à des facteurs différents de celui de la région dans laquelle ils sont situés. Mais même là, le facteur prépondérant dans la région n'est

pas négligeable pour ces stations et souvent est presque aussi élevé que le facteur auquel ces stations sont associées. Il n'y a donc pas de véritable problème.

Notons, toutefois ici, la possibilité que le versant sud de la Gaspésie n'appartienne pas à la même région que le versant nord.

De même, la région de Chibougamau - Manicouagan pourrait être subdivisée. Il en est de même, comme il fallait s'y attendre, du Nouveau-Québec. L'analyse en composantes principales permet de détecter la présence possible de trois "régions" correspondant aux stations 7092305 Eastmain, 7103282 Inoudjouac et 7112400 Fort Chimo.

Compte tenu du nombre de stations trop restreint, les régions de Schefferville, de Chibougamau - Manicouagan et du Nouveau-Québec n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée.

Dans le cas des chutes de neige journalières, le Québec a, par conséquent, été divisé en huit (8) régions (dont cinq (5) ont été analysées en détail). Ces régions sont les suivantes (planche N-1):

A - Chibougamau - Manicouagan

La région s'étend suivant une orientation ouest-est, d'un peu à l'ouest de Chibougamau, jusqu'au réservoir Manicouagan. Partant à son extrémité sud-ouest du réservoir Gouin, la limite de la région remonte vers Matagami, mais bifurque vers le nord-est, après avoir franchi un peu plus de la moitié de la distance entre le réservoir Gouin et Matagami. Elle se rend ainsi jusqu'à la rivière Eastmain, d'où elle repart vers l'est, cette fois jusqu'à l'est du Petit Lac Manicouagan. De là, elle descend vers Port-Cartier, mais tourne vers l'ouest-sud-ouest à environ 40 km de la côte. Elle traverse le réservoir Pipmuacan, avant d'atteindre Mistassini, d'où elle se rend au réservoir Gouin, complétant ainsi la boucle. En plus des

lacs déjà cités, la région comprend donc les lacs Mistassini, Albanel, Manouane, Plétipi et Pérignon, pour ne nommer que ceux-là.

Le relief y est relativement accentué, surtout dans la moitié est de la région.

B - Schefferville

La région de Schefferville, située au nord-est de la région précédente, comprend aussi de nombreux lacs et rivières, en particulier les lacs Bienville et Caniapiscou. Partant du Petit Lac Manicouagan, la limite de la région, en direction ouest, passe juste au nord du lac Plétipi avant de croiser la rivière Eastmain, vers 73° ouest et remonter jusqu'au sud-est du lac à l'Eau Claire. De là, le tracé se dirige vers l'océan suivant une direction est-sud-est relativement arbitraire.

Dans cette région aussi, le relief est accentué. On y retrouve les lignes de partage des eaux en direction du Saint-Laurent, de la baie d'Hudson, de l'Ungava et de l'Atlantique.

C - Basse-Côte-Nord

En bref, la région de la Basse-Côte-Nord comprend toute la Côte-Nord à l'est de Sept-Iles, l'île d'Anticosti et les Iles-de-la-Madeleine. De Sept-Iles, le tracé de la limite se dirige vers l'ouest, mais tourne rapidement vers le nord, à une cinquantaine de kilomètres de Sept-Iles, pour remonter jusqu'au nord-est du Petit Lac Manicouagan, d'où il se dirige de façon arbitraire en direction est-nord-est vers le lac Melville. Au sud-est de Sept-Iles, le tracé passe entre la Gaspésie et l'île d'Anticosti.

La région possède un relief particulièrement accentué à l'ouest de Havre-St-Pierre.

D - Gaspésie - Lac St-Jean

La région de Gaspésie - Lac St-Jean couvre, elle aussi, un territoire relativement vaste de sorte que pour mieux la décrire, il aurait fallu l'appeler Beauce - Gaspésie - Lac St-Jean. Contournant la Gaspésie, le tracé de la limite atteint la Côte-Nord à Sept-Iles, d'où il continue vers le réservoir Pipmuacan qu'il traverse avant de se rendre jusqu'à Mistassini. Il descend alors vers le sud, en passant par le lac Edouard, Valcartier et Grondines pour atteindre Victoriaville. De là, il se dirige vers l'est en passant par Thetford-Mines et St-Martin de Beauce. La région comprend donc toute la rive sud du fleuve à l'est de 72° ouest. Sur la rive nord, nous notons, en particulier, le lac-St-Jean et le Saguenay, ainsi que le parc des Laurentides.

E - Estrie

Région beaucoup plus petite que les autres, comme dans le cas des pluies, la région de l'Estrie se situe au sud-est d'une ligne passant par Lacolle, Victoriaville, Thetford-Mines et St-Martin de Beauce. Elle comprend donc les bassins supérieurs des rivières St-François et Chaudière et se situe sur le versant nord-ouest des Apalaches.

F - Outaouais - Mauricie

La région de l'Outaouais - Mauricie, dans le sud-ouest du Québec, se situe à l'intérieur d'un tracé qui passe par Lacolle, Victoriaville, Grondines, Valcartier, le lac Edouard avant de rejoindre Mistassini, au nord du lac St-Jean. De là, le tracé se dirige vers le réservoir Gouin, puis le réservoir Cabonga pour finalement se continuer en direction de North Bay. La région comprend donc les basses terres du St-Laurent, ainsi que le bassin du St-Maurice et une bonne proportion de celui de l'Outaouais. Le relief y est donc plat près du fleuve et plus accentué à mesure que nous nous en éloignons.

G - Abitibi-Témiscamingue

Située dans l'ouest du Québec, la région de l'Abitibi-Témiscamingue est limitée par une ligne partant de North Bay, au sud-ouest et remontant jusqu'au réservoir Gouin, puis repartant en direction nord-ouest jusqu'au lac Késagami (situé en Ontario). Elle comprend donc en particulier les réservoirs Cabonga et Decelles, le Grand Lac Victoria et la rivière Bell, en amont de Matagami.

H - Nouveau-Québec

Tout le territoire québécois non décrit jusqu'ici fait partie de cette "région". Rappelons que nous prévoyons la division de cette "région" en trois, d'après l'analyse en composantes principales. Naturellement, beaucoup plus de stations seraient requises pour caractériser ces "régions" de façon adéquate.

3.1.2 Analyse du réseau région par région

A - B Régions de Chibougamau - Manicouagan et de Schefferville

- Remarques générales sur les caractéristiques de ces régions

Les régions de Chibougamau - Manicouagan, de Schefferville et du Nouveau-Québec ne comptant pas assez de stations prises séparément, nous avons voulu savoir ce que nous pourrions obtenir comme fonction de structure, en regroupant toutes les stations de ces trois régions. Nous avons effectivement obtenu une fonction de structure (non présentée ici), dont l'ordonnée à l'origine, ou effet de pépité, vaut 5 cm^2 . Cette fonction de structure augmente presque linéairement avec la distance et sa valeur à 1000 km est 9.6 cm^2 . Cette fonction de structure est donc plus élevée que celle de la région d'Abitibi-Témiscamingue (figure 3.9), mais moins élevée que celle de la région de l'Outaouais - Mauricie (figure 3.7). La dispersion des points originaux autour de cette

courbe, c'est-à-dire de chacun des points correspondant à la valeur de la fonction de structure prise par chaque couple de stations, est cependant trop grande pour que nous puissions considérer cette fonction de structure suffisamment précise pour en tirer des écarts types vraiment représentatifs de ces régions. Aussi, nous suggérons d'utiliser la variation de l'écart type en fonction de la distance dans la région de l'Outaouais - Mauricie (figure 3.8) pour obtenir une première approximation de la densité de stations requise dans ces régions.

C - Région de la Basse Côte Nord

- Fonction de structure

Visuellement, la dispersion des points de la fonction de structure, dans la région de la Basse-Côte-Nord, pourrait être beaucoup moins grande (figure 3.1). Si, toutefois, nous remarquons les poids qui sont associés à chacun de ces points, nous pouvons considérer qu'elle est au contraire relativement stable. Rappelons, au début de ce rapport sur la neige, que les points qui apparaissent sur les graphiques représentant le comportement de la fonction de structure dans les différentes régions, sont des points moyens obtenus en déterminant des classes de distances. Plus précisément, l'abscisse de chaque point est la moyenne des distances des points originaux contenus dans cette classe, déterminés à partir des divers couples de stations possibles dans la région.

Quant à l'ordonnée, elle est la moyenne des ordonnées (valeurs de la fonction de structure) de chacun de ces mêmes points originaux. Les poids apparaissant à la figure 3.1 ayant tous une valeur unitaire, cela veut dire que ce sont les points originaux qui sont présentés. Par conséquent, à l'exception d'un point, tous les autres points se situent relativement près de la courbe dont le type et les valeurs attribuées aux paramètres sont contenus au tableau 3.1.

Tableau 3.1 Type et valeur des paramètres des courbes ajustées aux fonctions de structure des chutes de neige journalières.

Région	Type *	Valeur des paramètres		
		A	B	C
C - Basse Côte Nord	4	0.212756	0.995998	21.9916
D - Gaspésie - Lac-St-Jean	4	0.451096	0.993728	12.2237
E - Estrie	2	0.195967	0.678398	3.53938
F - Outaouais - Mauricie	2	0.0909996	0.75779	3.57096
G - Abitibi-Témiscamingue	4	0.461321	0.98623	5.70226

* Les fonctions ajustées sont les suivantes:

1: $Y = A + BX$

3: $Y = A - Be^{-x/c}$

2: $Y = AX^B + C$

4: $Y = CA^X$

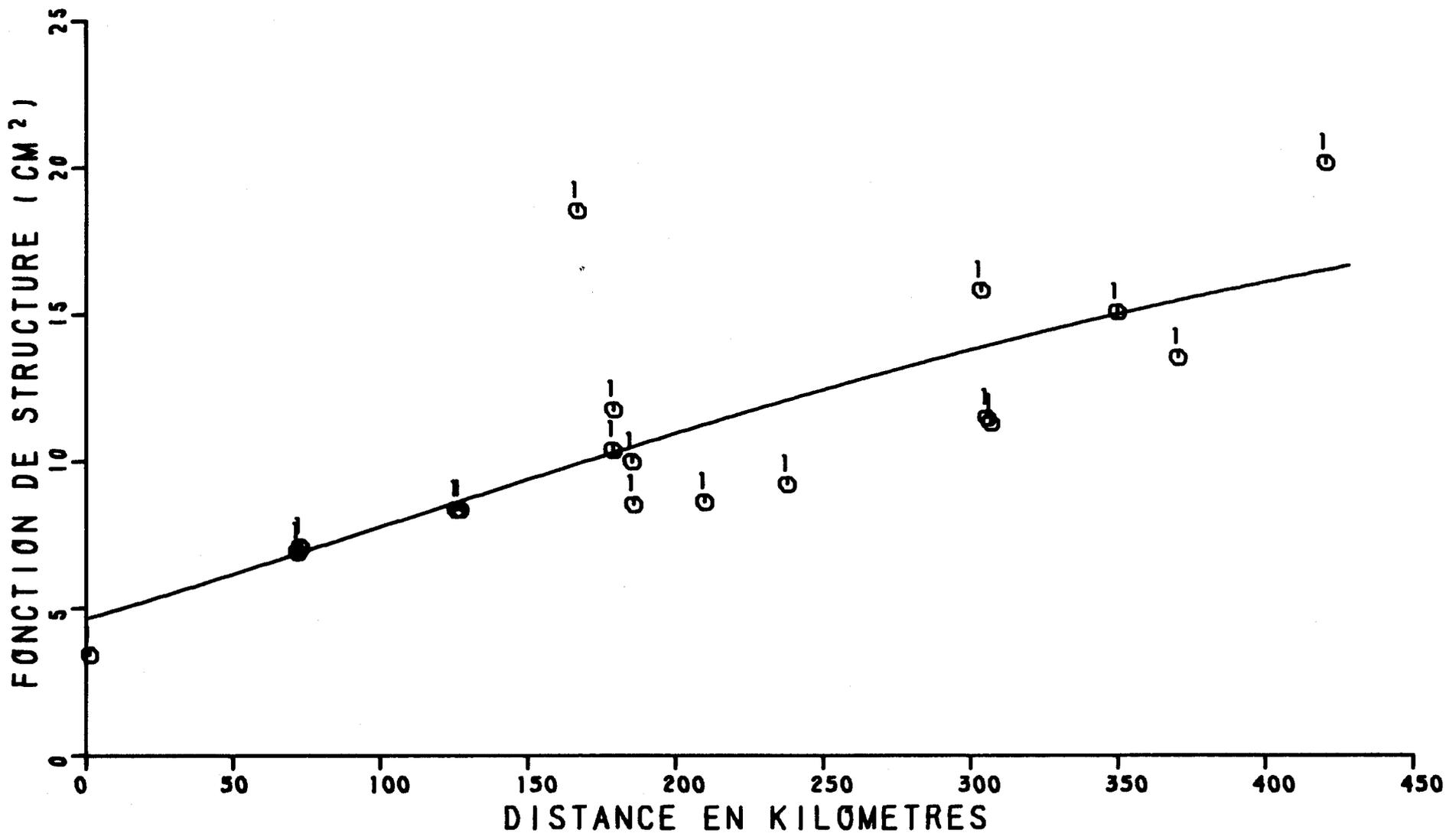


FIGURE 3.1 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION : BASSE COTE NORD

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

La figure 3.2 présente l'écart type d'interpolation au centre d'un réseau de six stations situées aux sommets de deux triangles équilatéraux emboîtés, de côté 1 et 2 l respectivement. Nous remarquons que l'écart type augmente lentement et régulièrement avec la distance entre les stations. En effet, à des distances de 0, 50, 100 et 180 km entre les stations, nous observons des écarts types de 0.9, 1.3, 1.6 et 2.0 cm. De tels écarts types d'interpolation ne paraissent pas tellement importants, compte tenu du type de mesure utilisé. Il est bon de remarquer que, ainsi que nous le verrons au chapitre 4, les chutes de neige moyennes régionales sont de l'ordre de 2 à 3 cm, de sorte que par rapport à ces valeurs moyennes, les écarts types ne sont pas négligeables.

Par ailleurs, toute diminution de la distance entre les stations est susceptible de contribuer à la diminution des écarts types. Ces derniers ne variant que de 1.1 cm sur 180 km, on comprendra que la diminution sera toutefois relativement lente.

Enfin, dans la zone d'influence de la région de la Gaspésie - Lac St-Jean, les écarts types seront essentiellement inchangés, comme nous pouvons le constater par la proximité des courbes des régions de la Basse Côte Nord et de Gaspésie - Lac St-Jean sur la figure 3.2.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

La carte C de la planche N-2 présente la distribution spatiale des écarts types d'interpolation dans la région de la Basse Côte Nord. Rappelons immédiatement que l'analyse porte essentiellement sur les écarts types déterminés à l'intérieur de la région. La carte C présente aussi les écarts types dans la zone d'influence de cette région. Tout en étant pas analysées à l'occasion de l'étude même de la région,

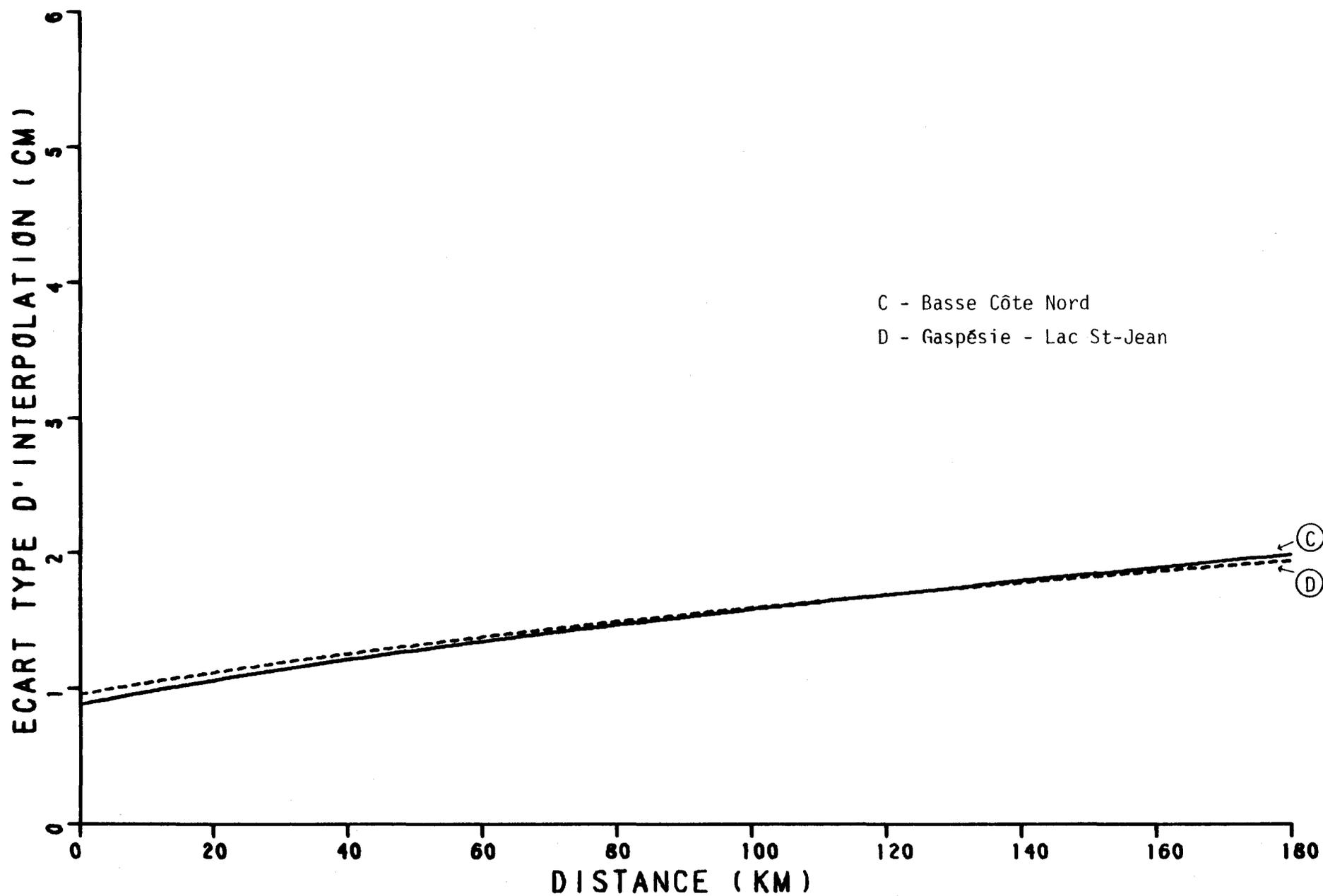


FIGURE 3.2 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION DE LA BASSE COTE NORD.

ces valeurs servent à interpréter l'augmentation ou la baisse d'écarts types, en divers points des régions contigües, situées dans cette zone d'influence.

Les valeurs minimales se situent à l'embouchure de la rivière Magpie. Elles valent 1.25 cm. Effectivement, les écarts types sont inférieurs à 1.75 cm, sur presque tout le littoral. Puisque, comme l'indique la planche N-1, il n'y a pas de stations, ou presque, à l'intérieur des terres, les écarts types augmentent progressivement à mesure que nous nous éloignons du littoral. Ils atteignent 2.75 cm, dans la partie supérieure des rivières de la Côte Nord.

La variation des écarts types avec la distance étant sensiblement la même dans la région de la Basse Côte Nord et dans celle de Gaspésie - Lac St-Jean, les modifications éventuelles aux valeurs des écarts types dans les parties de la région de la Basse Côte Nord, situées dans la zone d'influence de la région de Gaspésie - Lac St-Jean, sont négligeables. Quelques différences apparaissent entre les cartes C et D, mais elles sont dues davantage au fait que certaines stations situées près de la frontière commune aux deux régions soient utilisées ou pas.

- Modifications suggérées au réseau

Comme dans le cas des pluies, il est évident que la lacune majeure du réseau dans la région est l'absence quasi totale de stations à l'intérieur des terres. Cette lacune devrait être corrigée dès que possible.

D - Région de la Gaspésie - Lac St-Jean

- Fonction de structure

La région de la Gaspésie - Lac St-Jean présente une fonction de structure très satisfaisante, comme nous pouvons le constater sur la figure 3.3. Jusqu'à une distance de 500 km, les points moyens sont en effet

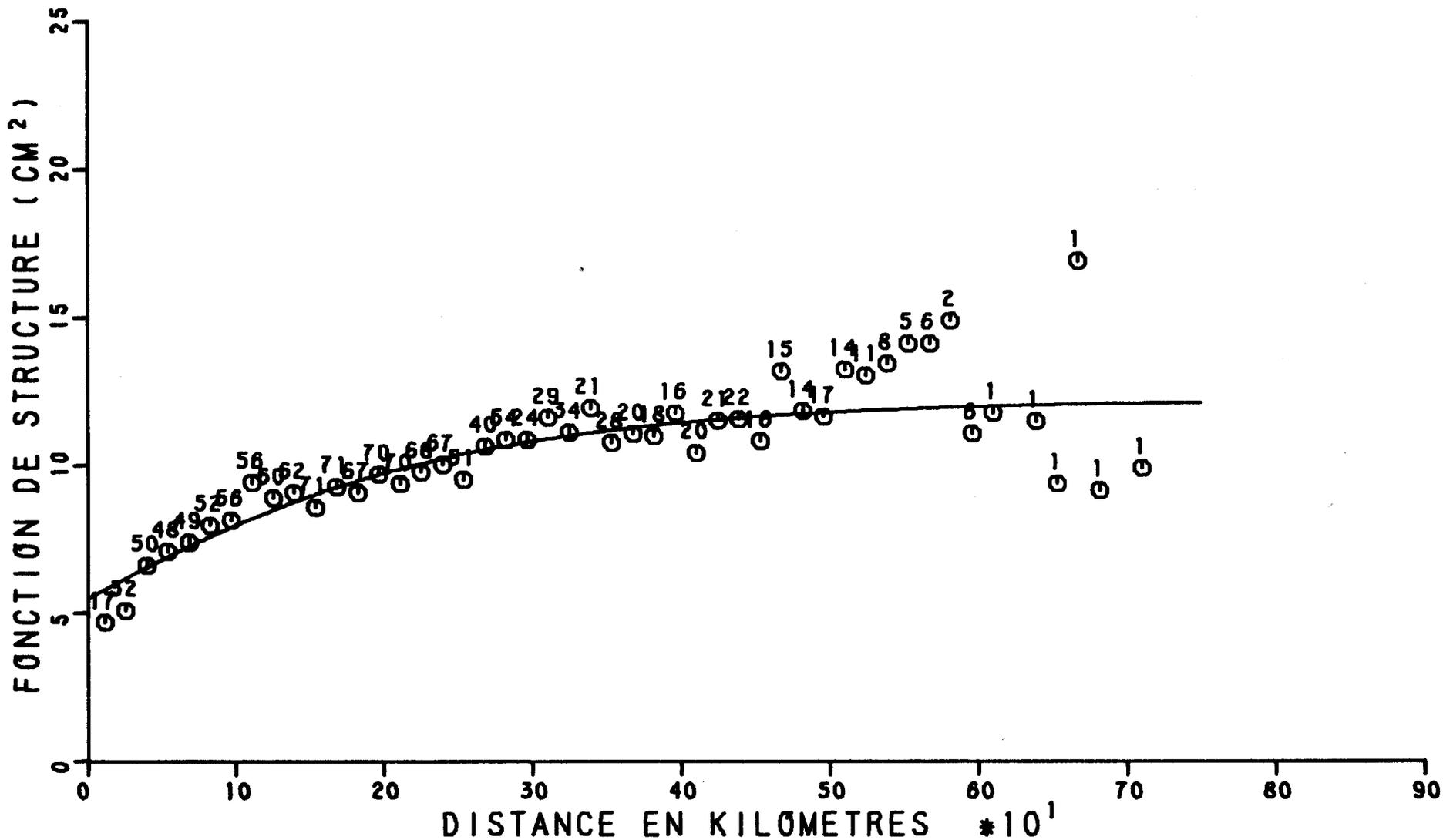


FIGURE 3.3 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION: GASPÉSIE - LAC ST-JEAN

très près de la courbe qui leur est ajustée et représentent un nombre de points originaux élevé, allant même jusqu'à 71 points. L'effet de pépité pourrait être éventuellement plus faible, mais n'oublions pas que la courbe, dont le type et les valeurs des paramètres apparaissent au tableau 3.1, est ajustée en tenant compte des poids associés à chacun des points; aussi, les deux premiers points, comptant respectivement 17 et 32 points originaux, se situent en dehors de la courbe, alors que nous aurions tendance à forcer la courbe à passer plus près de ces points, si cette dernière était dessinée à la main, ou sans tenir compte des poids relatifs des points.

L'augmentation de la fonction de structure s'effectue surtout dans les 300 à 400 premiers kilomètres, après quoi le taux d'augmentation fléchit, de sorte que la courbe atteint presque un palier à des distances supérieures à 600 km.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Comme celle de la région précédente, la courbe décrivant la variation des écarts types en fonction de la distance augmente lentement avec la distance. Ayant une ordonnée à l'origine de 0.95 cm, elle vaut 1.15 cm, lorsque la distance entre les stations est de 50 km. Elle augmente à 1.3, puis 1.96 cm, si la distance passe à 100, puis 180 km. Toute diminution de la distance entre les stations permet donc d'améliorer les écarts types mais de façon relativement faible, l'écart n'étant que d'un (1) cm sur 180 km.

En outre, comme la figure 3.4 nous l'indique, les écarts types dans les principales régions voisines, Basse Côte Nord et Outaouais - Mauricie, sont sensiblement identiques à ceux de la région. Dans la région de l'Estrie, par contre, ils sont plus élevés que dans la région de Gaspésie - Lac St-Jean, tout en conservant le même taux d'augmentation, sauf aux courtes distances.

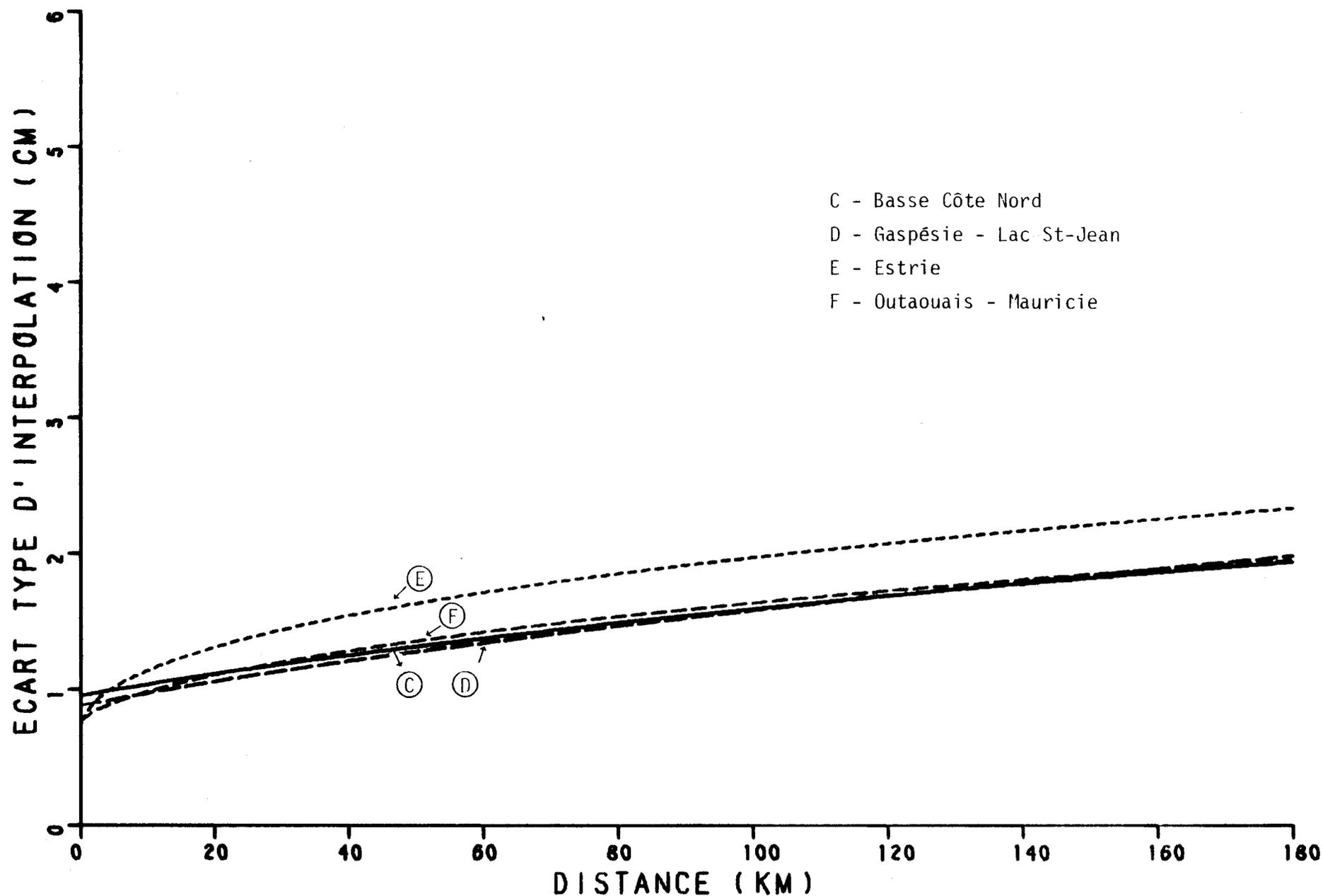


FIGURE 3.4 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION: GASPÉSIE - LAC ST-JEAN.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

La densité de stations aidant, comme nous pouvons le vérifier sur la planche N-1, les écarts types, dans la région de la Gaspésie - Lac St-Jean, sont plus faibles que ceux de la région précédente (carte D de la planche N-2). Des écarts types minimaux, inférieurs ou égaux à 1 cm, occupent, en effet, une bonne proportion de la région, de part et d'autre du Saint-Laurent, à l'ouest de Matane sur la rive sud et de Tadoussac sur la rive nord. Nous retrouvons aussi de tels écarts types le long du lac St-Jean et du Saguenay. Quant aux valeurs maximales, valant à peine 1.5 cm, elles se situent sur le bassin de la rivière aux Outardes. La variation spatiale des écarts types est donc réduite dans cette région.

Il ne faut naturellement pas tenir compte de l'augmentation des écarts types dans le sud-est de la carte D, puisque cette partie se situe soit au Nouveau-Brunswick, soit aux Etats-Unis.

Comme la figure 3.4 le prévoyait, enfin, les modifications éventuelles des écarts types dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions environnantes sont relativement faibles, étant de l'ordre de 2 à 3 mm. Au moins, dans les zones d'influence des régions de la Basse Côte Nord et de l'Outaouais - Mauricie, il faut y voir, selon nous, beaucoup plus un effet de la densité et de la géométrie du réseau près des limites des régions, caractéristiques qui se traduisent par la prise en compte de certaines stations sur une carte, mais pas sur l'autre.

- Modifications suggérées au réseau

Deux zones sont à signaler. Compte tenu de son importance au point de vue hydro-électrique, le bassin de la rivière aux Outardes pourrait être équipé d'un plus grand nombre de stations. D'autre part, le cen-

tre de la Gaspésie, si les besoins le nécessitent, pourrait aussi recevoir une certaine attention, d'autant plus que cette zone est montagneuse.

E - Région de l'Estrie

- Fonction de structure

La région de l'Estrie étant relativement petite, la fonction de structure n'est définie que jusqu'à 150 km (figure 3.5). Comme nous pouvons le constater, il est difficile de demander mieux comme dispersion des points autour de la courbe qui leur est ajustée. Tant aux faibles distances, qu'aux moyennes et aux grandes, les points demeurent très près de cette courbe, dont le type et les paramètres sont contenus au tableau 3.1. Enfin, tant au niveau de l'effet de pépité que de la pente générale, la fonction de structure de l'Estrie est relativement semblable à celles des autres régions. Elle est toutefois légèrement plus élevée que les autres, dénotant, à une distance donnée, une diminution plus grande de l'information acquise aux stations.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Quoique qu'ayant une pente sensiblement identique à celles des régions voisines, si la distance entre les stations est supérieure à 50 km, la courbe décrivant la variation de l'écart type en fonction de la distance entre les stations, dans la région de l'Estrie, a un taux de croissance nettement plus rapide aux courtes distances (figure 3.6). En effet, l'écart type passe de 0.8 cm à 1.6 cm, si la distance part de 0 pour atteindre 50 km. Par après, le taux d'augmentation est plus faible, les écarts types étant respectivement de 1.95 et 2.35 cm, pour des distances de 100 et 180 km. Toute diminution de la distance entre les stations est donc susceptible de diminuer l'écart type, mais de façon relativement faible.

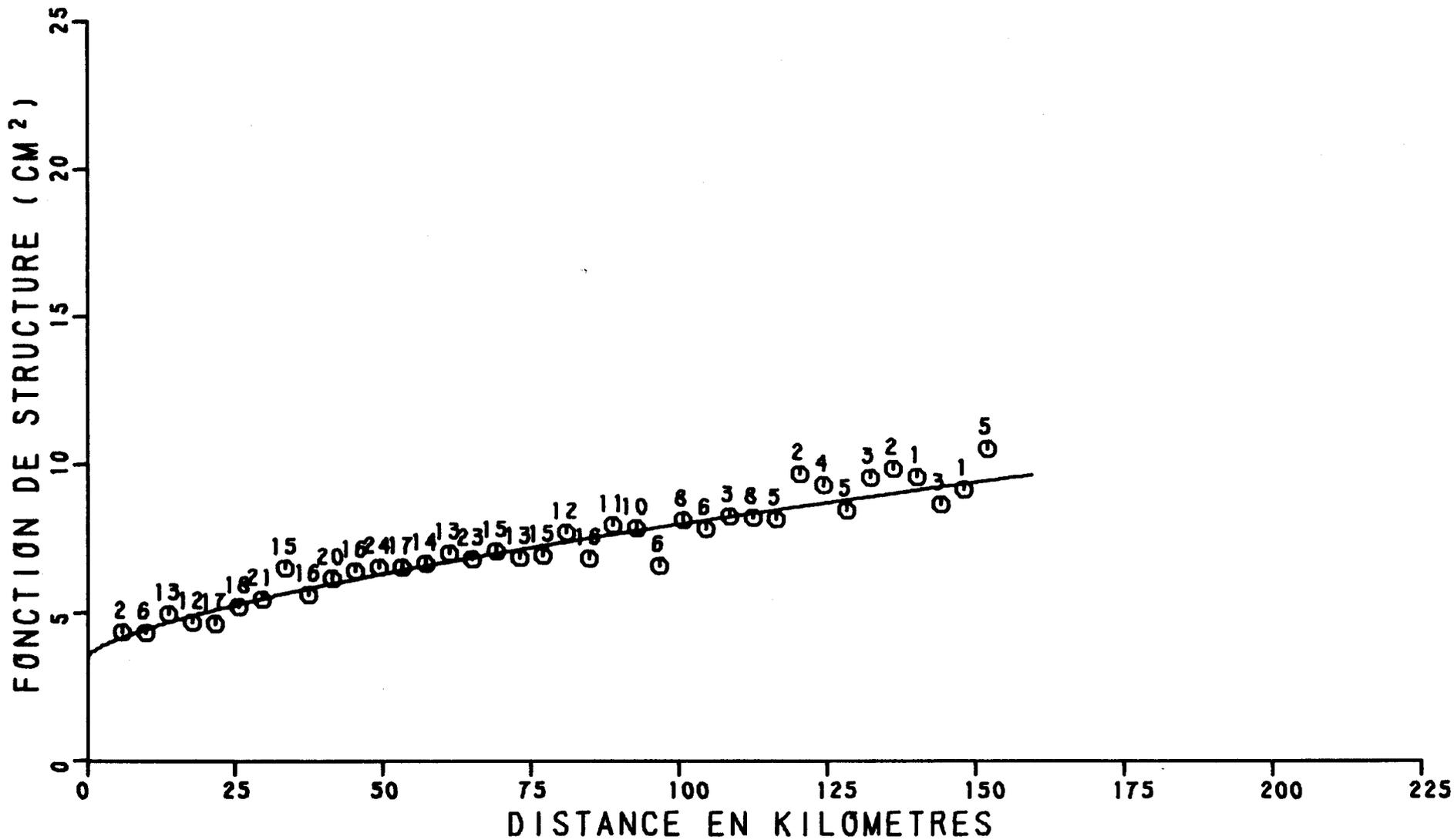


FIGURE 3.5 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION : ESTRIE

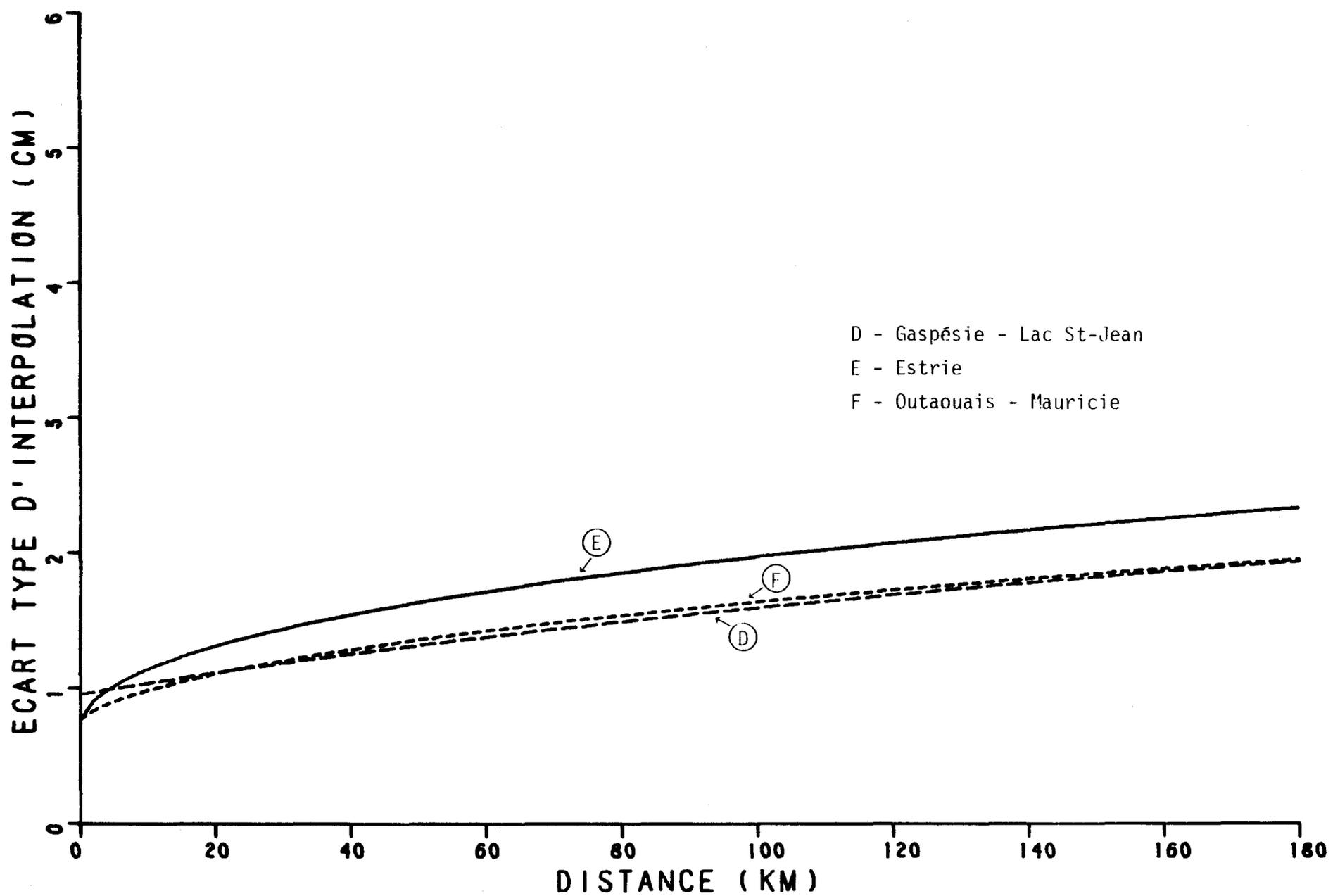


FIGURE 3.6 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION DE L ESTRIE.

La figure 3.6 indique, en outre, que dans les parties de la région de l'Estrie situées dans les zones d'influence des régions contigües, les écarts types auront tendance à diminuer.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

La distribution des écarts types dans la région de l'Estrie est relativement simple, la région étant petite et la densité de stations plus grande que dans les autres régions (carte E de la planche N-2). Cependant, comme, pour une distance donnée entre les stations, les écarts types sont plus élevés dans cette région que dans les régions environnantes, il n'est pas étonnant de constater que la valeur minimale atteinte, soit 1 cm, n'occupe qu'une petite superficie, par comparaison avec la carte D. Ce minimum se situe dans le bassin de la rivière Eaton. Dans presque tout le reste de la région, les écarts types sont compris entre 1 et 1.25 cm.

Comme dans le cas de la région précédente, il ne faut pas tenir compte des écarts types dans la partie sud-est de la carte, cette partie de la carte étant aux Etats-Unis.

Par ailleurs, dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions environnantes, les écarts types auront tendance à diminuer, quoique faiblement.

- Modifications suggérées au réseau

Nous ne croyons pas que le réseau soit à modifier dans cette région. Des besoins spécifiques, locaux ou régionaux, peuvent toutefois requérir l'augmentation du réseau, si la précision atteinte maintenant (1er janvier 1978) n'est pas suffisante.

F - Région de l'Outaouais - Mauricie

- Fonction de structure

Comme dans le cas des autres régions, la fonction de structure des chutes de neige journalières dans la région de l'Outaouais - Mauricie est très satisfaisante (figure 3.7). Aussi bien aux courtes distances qu'aux grandes distances, les points sont très près de la courbe qui leur est ajustée. La présence de stations relativement rapprochées permet une bonne définition de la courbe près de l'origine et donc de l'effet de pépité. Par ailleurs, jusqu'à 79 couples de stations ont été utilisés pour déterminer ces points moyens, ainsi que nous pouvons nous en rendre compte en observant les poids associés à ces points. De plus, ce comportement très satisfaisant est vrai tout au long de la fonction de structure qui a été déterminée jusqu'à des distances dépassant 400 km. Ajoutons, enfin, que le type et les valeurs prises par les paramètres de la courbe sont présentés au tableau 3.1.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Les fonctions de structure étant relativement semblables pour les régions de la Basse Côte Nord, de la Gaspésie - Lac St-Jean et de l'Outaouais - Mauricie, il en va de même des écarts types (figure 3.8). Ainsi, dans la région de l'Outaouais - Mauricie, les écarts types valent 0.8, 1.4, 1.65 et 1.95 cm pour des distances entre les stations égales à 0, 50, 100 et 180 km. Nous observons encore un écart d'environ 1 cm entre la valeur minimale et la valeur maximale prise par les écarts types dans la gamme de distance étudiée. Une diminution de la distance entre les stations est donc susceptible d'améliorer l'écart type d'interpolation, mais cette amélioration sera faible, compte tenu de la pente de la courbe.

La comparaison des diverses courbes apparaissant sur la figure 3.8 nous apprend, en outre, que dans les zones d'influence des régions

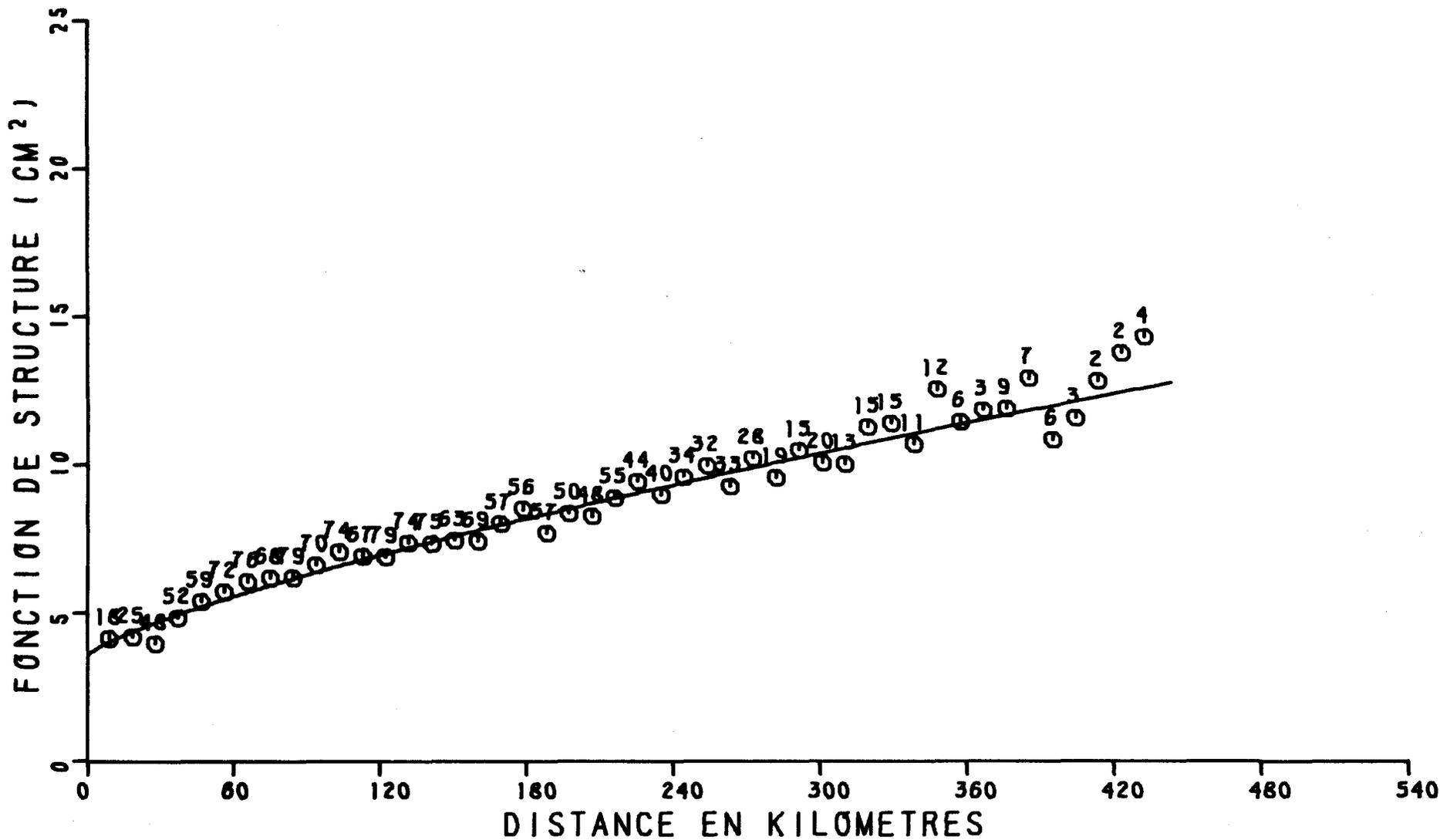


FIGURE 3.7 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION : OUTAOUAIS - MAURICIE

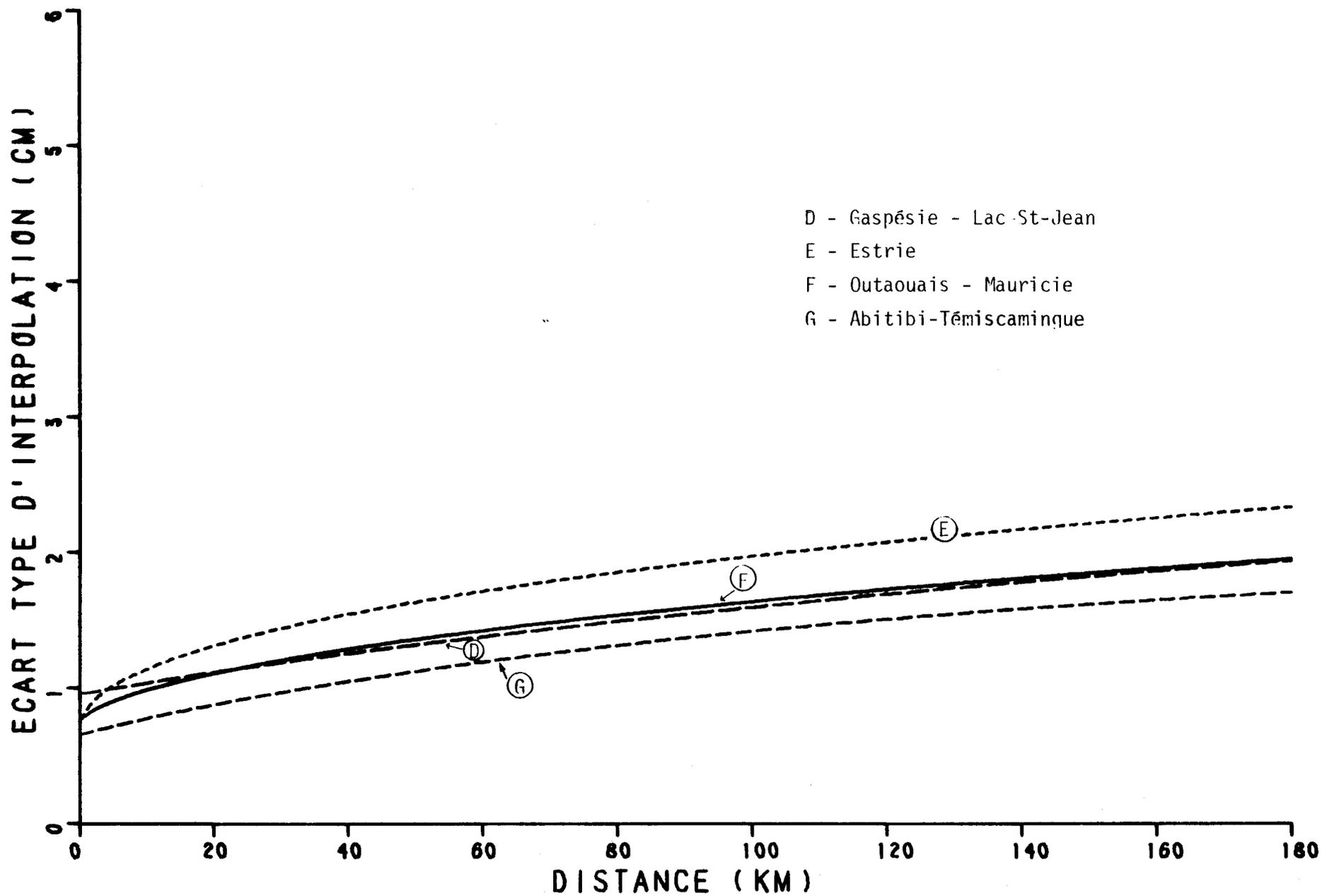


FIGURE 3.8 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION DE L'OUTAOUAIS - MAURICIE.

voisines, les écarts types devraient être plus élevés près de la région de l'Estrie, à peu près inchangés près de la Gaspésie - Lac St-Jean et plus faibles près de l'Abitibi-Témiscamingue. Les différences maximales seront cependant faibles, valant à peine 3 mm.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

Dans la région de l'Outaouais - Mauricie, des écarts types minimaux, valant 1 cm, se rencontrent le long du Saint-Laurent et de la vallée du Richelieu (carte F de la planche N-2). Nous remarquons, de plus, que les écarts types augmentent à mesure que nous nous éloignons du fleuve, vers le nord de la région. Cette augmentation n'est toutefois pas énorme, puisque les écarts types valent environ 1.5 cm à la limite nord de la région. La variation d'écart type d'un point à l'autre de la région est donc relativement lente.

Comme dans le cas des cartes précédentes, il n'y a pas lieu de faire de cas de l'augmentation des écarts types dans la partie sud-ouest de la carte F, puisque cette carte se situe en Ontario et que nous n'avons utilisé aucune station ontarienne dans l'étude.

Comme le prévoyait enfin la figure 3.8, les écarts types apparaissant sur la carte F pourront être ajustés à la hausse dans la zone d'influence de la région de l'Estrie, demeurer inchangés près de la région de la Gaspésie - Lac St-Jean et être diminués près de l'Abitibi-Témiscamingue.

- Modifications suggérées au réseau

La carte F ne permet pas de prévoir beaucoup de changements au réseau dans cette région. Nous pouvons toutefois remarquer que c'est sur le bassin de la rivière Coulonge, dans l'ouest de la région, que les écarts types sont les plus importants. Nous croyons, enfin, que les besoins devraient permettre de déterminer plus précisément où de nouvelles stations sont requises.

G - Région de l'Abitibi-Témiscamingue

- Fonction de structure

La fonction de structure de la région de l'Abitibi-Témiscamingue est la plus basse de toutes, en ce qui a trait aux chutes de neige journalières, comme nous pouvons le vérifier en comparant la figure 3.9 aux figures présentant les fonctions de structure des autres régions. Le nombre de stations, et donc le nombre de couples de stations utilisées pour déterminer la fonction de structure, n'est pas très élevé, ainsi que l'indiquent les poids associés aux points. Toutefois, ces derniers sont tous très près de la courbe qui leur est ajustée et dont le type et les paramètres apparaissent au tableau 3.1. Le taux d'augmentation de la fonction de structure est faible, ce qui signifie que l'information obtenue aux stations ne se détériore que lentement avec la distance, après une détérioration micro-climatique initiale exprimée par l'effet de pépité.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Encore une fois, la variation de l'écart type, lorsque nous passons de 0 à 180 km, est de 1 cm. Cependant, les écarts types sont plus faibles que dans les autres régions (figure 3.10). Ils valent, en effet, 0.7, 1.15, 1.4 et 1.7 cm pour des distances respectives de 0, 50, 100 et 180 km.

Toute diminution de la distance entre les stations est, par conséquent, susceptible de contribuer à l'amélioration de l'écart type. Cette amélioration sera toutefois relativement faible.

Nous constatons, de plus, que dans la zone d'influence de la région de l'Outaouais - Mauricie, les écarts types auront tendance à augmenter.

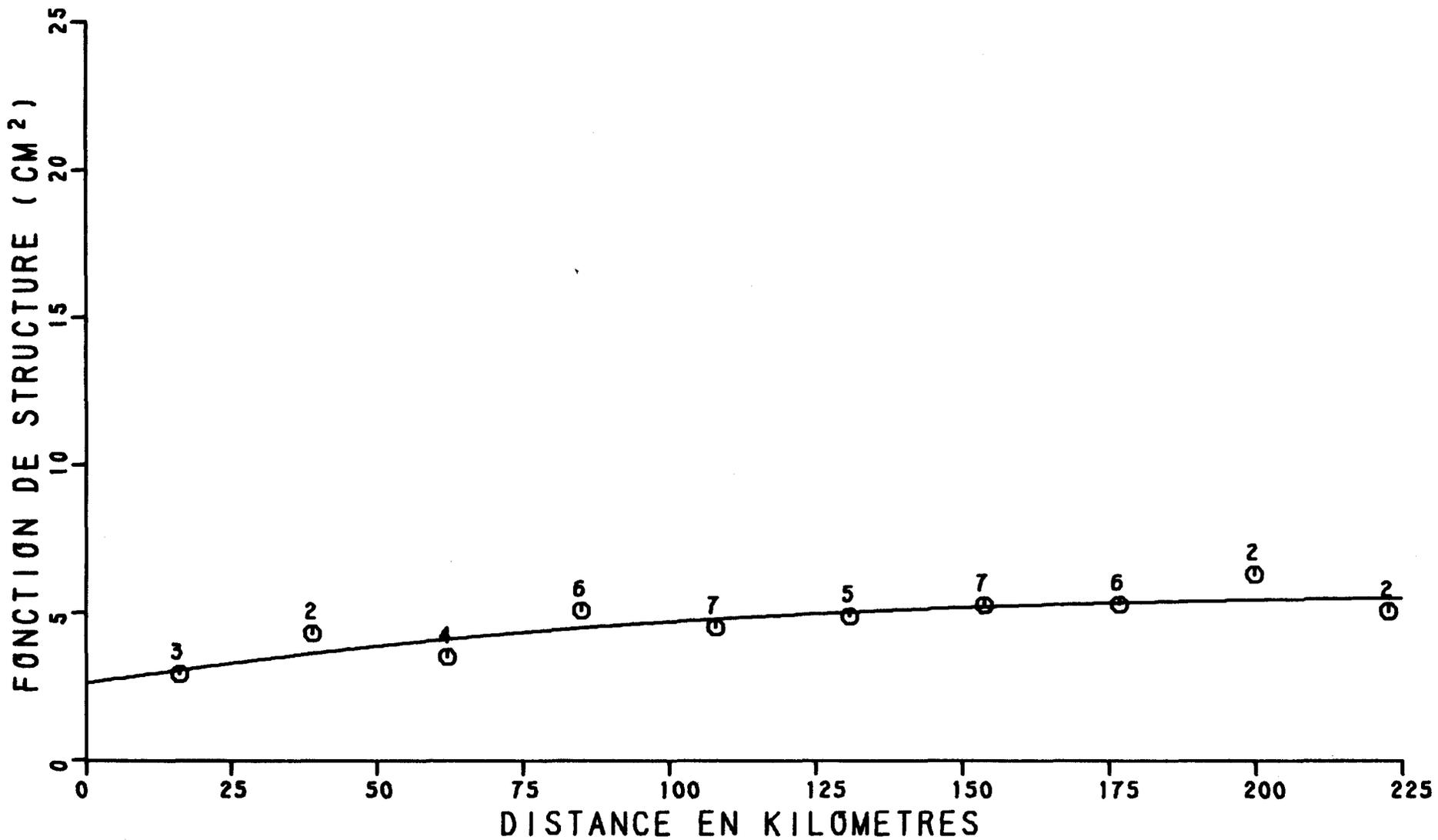


FIGURE 3.9 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION : ABITIBI-TEMISCAMINGUE

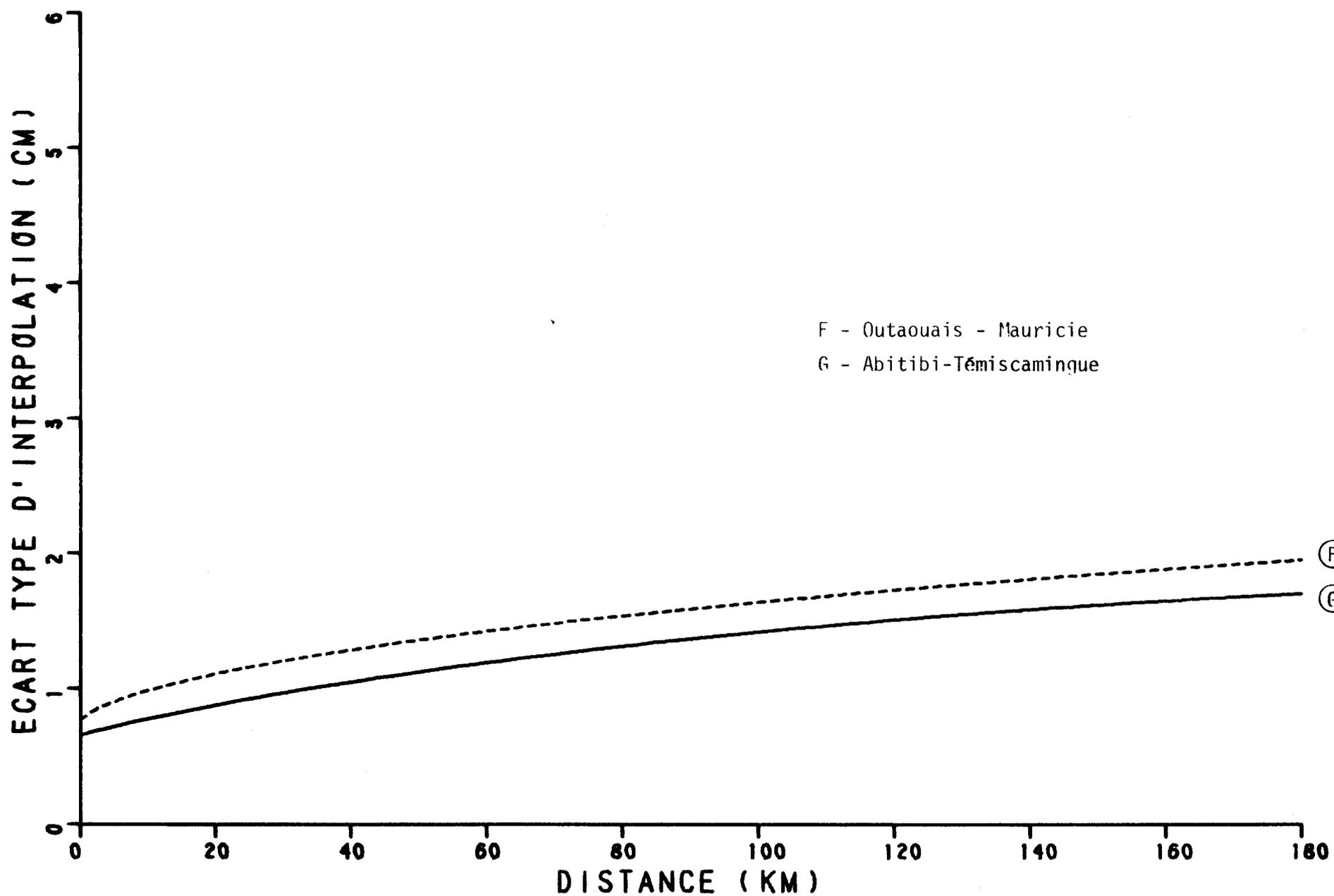


FIGURE 3.10 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES JOURNALIERES EN HIVER, REGION DE L'ABITIBI - TEMISCAMINGUE.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

La densité de stations dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue n'est pas aussi grande que dans les autres régions, comme nous pouvons le voir sur la carte N-1. Aussi, malgré que la figure 3.10 indique que, pour une distance donnée entre les stations, les écarts types d'interpolation sont plus faibles que dans les autres régions, les zones d'écarts types minima obtenues dans cette région sont aussi de 1 cm, comme dans les autres régions (carte G de la planche N-2). Elles sont situées dans le voisinage de Rouyn-Noranda et de Ville-Marie et leurs superficies respectives ne sont pas des plus grandes, par rapport, en particulier, à la superficie occupée par la partie où les écarts types sont inférieurs ou égaux à 1 cm sur la carte D. Presque tout le reste de la région est affecté d'écarts types oscillant entre 1 et 1.5 cm. Nous remarquons que les zones d'écarts types maxima se situent dans le nord de la région et dans l'est, tout près du réservoir Gouin, sans que les variations soient fortes, puisque la variation n'est que de 0.25 cm. Une zone sans stations comprenant le réservoir Decelles est aussi notée dans le sud de la région.

Nous pouvons enfin nous attendre à devoir augmenter légèrement les écarts types présentés sur la carte G, dans la zone d'influence de la région de l'Outaouais - Mauricie.

- Modifications suggérées au réseau

Les commentaires exprimés plus haut permettent de suggérer une augmentation du réseau surtout dans l'est de la région, mais aussi dans le sud et le nord, la partie centrale de la région étant mieux pourvue en stations.

H - Région du Nouveau-Québec

- Remarques générales sur les caractéristiques de cette région

Le Nouveau-Québec est encore moins bien doté en stations que les régions de Chibougamau - Manicouagan et Schefferville. Il est dès lors inutile de tenter de définir ses caractéristiques de façon satisfaisante présentement.

Nous considérons, toutefois, qu'une première évaluation de la densité de stations requises dans la région pourrait être basée sur la figure 3.8 qui présente les écarts types dans la région de l'Outaouais - Mauricie. Cette utilisation de la figure 3.8 ne saurait être que provisoire, toutefois. Dès que des données seront disponibles en nombre suffisant, il faudrait les utiliser pour analyser la région, tant par les composantes principales, afin de vérifier si la région ne devrait pas se subdiviser en sous-régions plus homogènes, que par l'interpolation optimale.

3.2 CHUTES DE NEIGE MENSUELLES

3.2.1 Définition des régions

Des six (6) régions apparaissant sur la planche N-3, quatre (4) peuvent être considérées comme vraiment homogènes, d'après l'analyse en composantes principales des deux listes de stations utilisées. Rappelons que, par suite de contraintes sur notre système informatique, nous ne pouvons traiter que 108 stations à la fois dans le programme d'analyse en composantes principales. Les stations disponibles ont, par conséquent, été réparties en deux listes de 108 stations, en conservant à chaque fois les stations situées dans le nord du Québec mais en remplaçant celles qui sont situées dans le sud. L'analyse de ces deux listes a effectivement conduit à la détermination des limites respectives des régions dans le sud du Québec avec une précision satisfaisante,

puisque les limites obtenues, selon les deux listes, ont été relativement identiques. Donc, à la suite de ces analyses, les régions de Gaspé - Lac St-Jean, Estrie, Outaouais - Mauricie et Abitibi - Lac Péribonca sont essentiellement identiques, quelle que soit la liste utilisée. A l'intérieur de ces régions, quelques stations appartiennent à des facteurs autres que celui qui caractérise ces régions, mais ce phénomène ne remet pas en cause l'homogénéité des régions de façon importante. Dans la plupart des cas, le facteur prépondérant dans la région demeure important pour ces stations, mais n'est pas le plus élevé, tout simplement. Il s'agit donc généralement d'influences très locales.

La région de la Côte Nord est formée de trois (3) sous-régions. Une première subdivision pourrait séparer le territoire situé sur la Côte Nord en deux parties, l'une à l'ouest de Havre-St-Pierre et l'autre à l'est. Une troisième partie comprendrait les Iles-de-la-Madeleine et éventuellement le versant sud de la Gaspésie.

Quant au Nouveau-Québec, nous y décelons au moins quatre (4) "sous-régions": Eastmain, Poste-de-la-Baleine - Inoudjouac, Fort-Chimo - Schefferville et Lac Mistassini - Nitchequon. Evidemment, ces régions ne possédant pas assez de stations et n'étant pas homogènes, il nous a semblé préférable de ne pas présenter de résultats.

Les régions présentées sur la planche N-3 peuvent donc être décrites de la façon suivante:

A - Côte Nord

Sur la Côte Nord même, la limite de la région part de Sept-Iles en direction nord-ouest jusqu'à la rivière Toulmoustouc, puis, remontant vers le nord-nord-est, passe à l'est du Petit-Lac-Manicouagan, en direction de Churchill Falls. S'incurvant de plus en plus vers l'est, elle atteint la latitude 54° N. La majeure partie de ce

tracé est relativement arbitraire, notamment à partir du Petit-Lac-Manicouagan, faute de données adéquates. Ajoutons, pour compléter, que l'île d'Anticosti et les Iles-de-la-Madeleine font également partie de la région.

B - Gaspé - Lac St-Jean

À l'est, le tracé de la limite de la région englobe toute la Gaspésie et atteint la rive nord du fleuve Saint-Laurent à Sept-Iles, d'où il se dirige vers le nord-est du lac Manouane. De ce point, il redescend vers le lac St-Jean qu'il atteint à l'embouchure de la rivière Pêribonca, contourne le lac par le nord et continue en direction sud-ouest jusqu'à (73° ouest - 48° nord). Le tracé bifurque alors vers le sud-est, passant par le lac Edouard et Saint-Tite-des-Caps avant d'atteindre Montmagny, puis Ste-Rose-de-Watford dans la Beauce. La région comprend donc un paysage très varié, surtout sur la rive nord, avec le parc des Laurentides et le massif montagneux à l'est du Saguenay.

C - Estrie

Comme toujours, la région de l'Estrie se distingue des régions voisines. Sa superficie varie peu, cependant, en fonction du type de précipitation, du pas de temps et de la saison. Ainsi, dans le cas des chutes de neige étudiées au pas de temps mensuel, la région se situe au sud-est d'une ligne passant par Cowansville, Asbestos, St-Joseph-de-Beauce et Ste-Rose-de-Watford. La région comprend les bassins supérieurs des rivières Chaudière et St-François et se situe sur le versant nord-ouest des Appalaches.

D - Outaouais - Mauricie

Autre région bien définie, la région de l'Outaouais - Mauricie se situe dans le sud-ouest du Québec. Sa limite part de Cowansville

vers Ste-Rose-de-Watford, selon, naturellement, le même tracé que la région de l'Estrie qui lui est contigüe. De là, elle remonte vers un point situé à 73° ouest et 54° nord, en passant par Saint-Tite-des-Caps. De ce point, elle se rend à North Bay en passant par les réservoirs Michinamécus et Cabonga. La région comprend donc les basses-terres du Saint-Laurent, mais aussi les Laurentides, sur la rive nord du fleuve.

E - Abitibi - Lac Péribonca

La région d'Abitibi - Lac Péribonca, comme son appellation le laisse supposer, possède une extension est-ouest importante. Partant de North Bay, la limite de la région remonte presque jusqu'au lac Plétipi, en passant par les réservoirs Cabonga et Michinamécus, puis en contournant le lac St-Jean par le nord avant de traverser le réservoir Pipmuacan et de longer l'extrémité est du lac Manouane. Du sud-est du lac Plétipi, la limite descend en direction sud-ouest jusqu'au lac Chibougamau, puis remonte un peu vers le nord, avant de continuer vers l'ouest à la latitude 50° 30' nord.

F - Nouveau-Québec

Tout le territoire québécois non décrit dans les régions précédentes fait partie de la région du Nouveau-Québec. Rappelons qu'il est certain que cette "région" devrait être subdivisée, en au moins quatre (4) régions, d'après notre analyse en composantes principales.

3.2.2 Analyse du réseau région par région

A - Côte Nord

- Remarques générales sur les caractéristiques de cette région

Tel que précisé plus haut, le nombre restreint de stations et leur appartenance à des facteurs différents, lors de l'analyse des données

par les composantes principales, nous empêche de déterminer des caractéristiques statistiques ayant un minimum de représentativité pour la région.

Comme les planches N-2 et N-4 sont toutes deux basées sur le réseau existant le 1er janvier 1978, nous croyons, toutefois, qu'il est possible d'obtenir une idée approximative des valeurs que pourraient prendre les écarts types dans cette région, pour les chutes de neige mensuelles. Pour ce faire, nous avons comparé les valeurs journalières et mensuelles des écarts types minima et maxima apparaissant sur les cartes des planches N-2 et N-4, pour les régions où la chose était possible, incluant la partie ouest de la Côte Nord. Compte tenu de ces comparaisons, il ressort que, si les écarts types journaliers de la carte C de la planche N-2 étaient multipliés par un facteur de l'ordre de six (6), nous aurions une première idée, approximative cependant, de ce que pourrait être le champ des écarts types des chutes de neige mensuelles sur la Côte Nord. Ceci veut dire qu'à l'embouchure de la rivière Magpie, les écarts types seraient de 7 cm et qu'ils s'élèveraient à 18 cm dans la partie supérieure des rivières de la Côte Nord. La carte B de la planche N-4 va d'ailleurs dans ce sens.

- Modifications suggérées au réseau

Il est évident, compte tenu des développements hydro-électriques projetés dans cette région, que des stations supplémentaires devraient être implantées sur les bassins moyens et supérieurs des rivières de la Côte Nord. Le nombre de ces stations sera, en particulier, fonction de la précision désirée, déterminée par les besoins.

B - Gaspésie - Lac St-Jean

- Fonction de structure

La région étant relativement étendue, la fonction de structure a été déterminée jusqu'à 450 km. La figure 3.11 nous apprend cependant qu'au

Tableau 3.2 Type et valeur des paramètres des courbes ajustées aux fonctions de structure des chutes de neige mensuelles.

Région	Type *	Valeur des paramètres		
		A	B	C
A - Gaspésie - Lac St-Jean	4	0.262858	0.996275	686.543
C - Estrie	2	39.3522	0.230082	45.4225
D - Outaouais - Mauricie	4	0.255038	0.990351	264.083
E - Abitibi - Lac Péribonca	2	2.05536	0.6413	114.586

* Les fonctions ajustées sont les suivantes:

$$1: Y = A + BX$$

$$2: Y = AX^{\frac{B}{X}} + C$$

$$3: Y = A - Be^{-x/c}$$

$$4: Y = CA^{\frac{X}{B}}$$

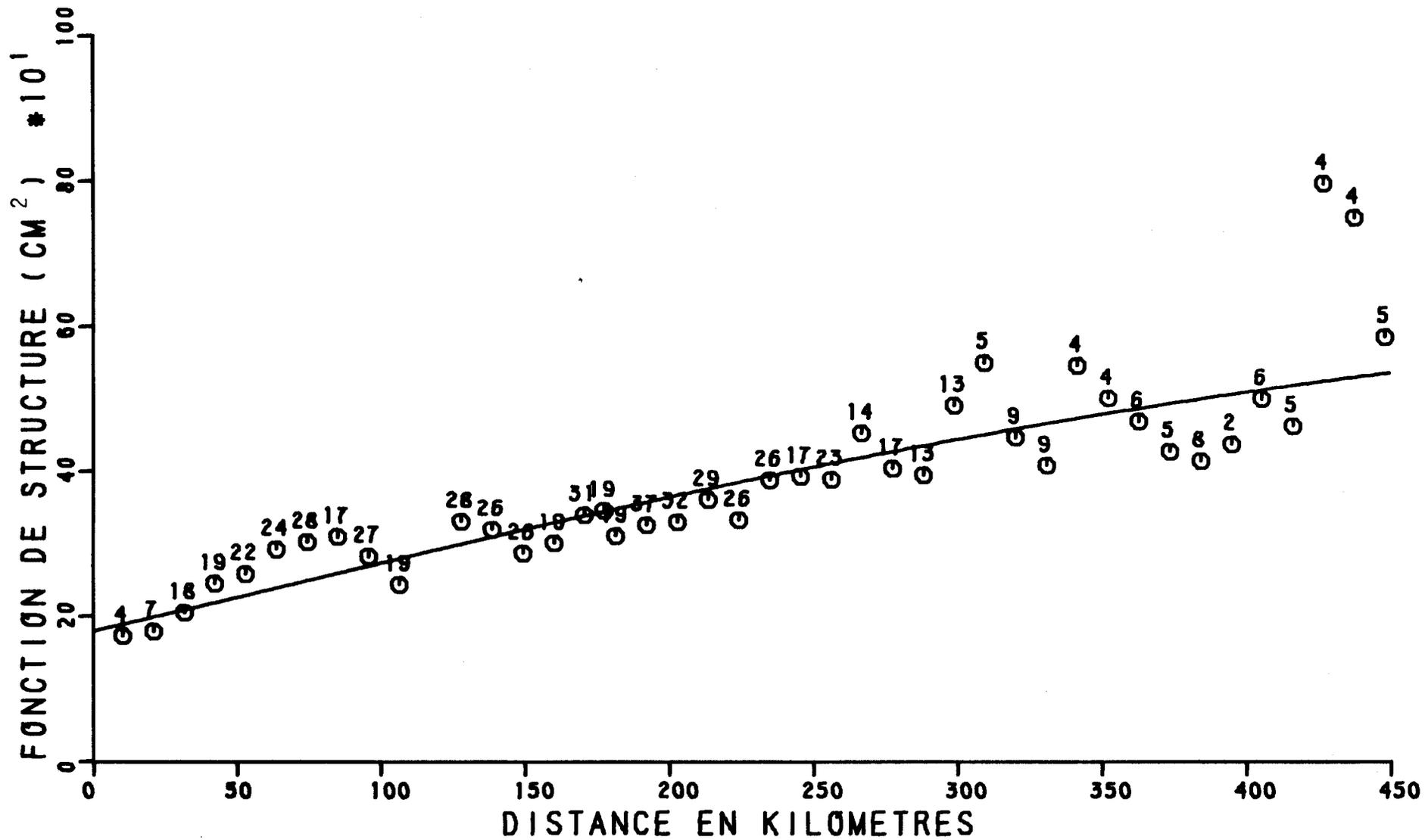


FIGURE 3.11 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION :GASPÉSIE- LAC ST-JEAN

delà de 300 km, par suite de la diminution du nombre de points initiaux et de la difficulté plus grande de respecter l'homogénéité spatiale sur des distances aussi grandes, la dispersion des points, par rapport à la courbe qui leur est ajustée, augmente. Nous notons aussi quelques oscillations aux distances plus courtes, mais d'amplitudes plus faibles.

D'autre part, en dépit d'une distance de définition relativement grande, la courbe, décrivant la fonction de structure et dont le type et les valeurs des paramètres apparaissent au tableau 3.2, ne semble pas devoir atteindre un palier rapidement. Tout en ayant un effet de pépite, environ deux (2) fois plus grand que celui des autres régions et prendre des valeurs plus élevées que celles des autres régions, pour une distance donnée entre les stations, la fonction de structure, de par sa forme, indique que l'information acquise aux stations éloignées n'est pas négligeable, ce qui explique que la variation de l'écart type, en fonction de la distance dans cette région, est du même ordre de grandeur que celui des autres régions.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Ainsi que la figure 3.12 nous le suggère, l'écart type, dans la région de Gaspésie - Lac St-Jean, augmente régulièrement avec la distance. Il vaut, en effet, 5.5, 7.6, 9.1 et 11.2 cm à des distances respectives de 0, 50, 100 et 180 km. Toute diminution de la distance entre les stations concourt donc à améliorer l'écart type.

La figure 3.12 nous indique, en outre, que dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions environnantes, les écarts types seront plus faibles près des régions d'Outaouais - Mauricie et d'Abitibi - Péribonca et plus élevés près de la région de Sherbrooke.

Rappelons que ces écarts types sont déterminés au centre d'un réseau de six (6) stations situées aux sommets de deux triangles équilatéraux

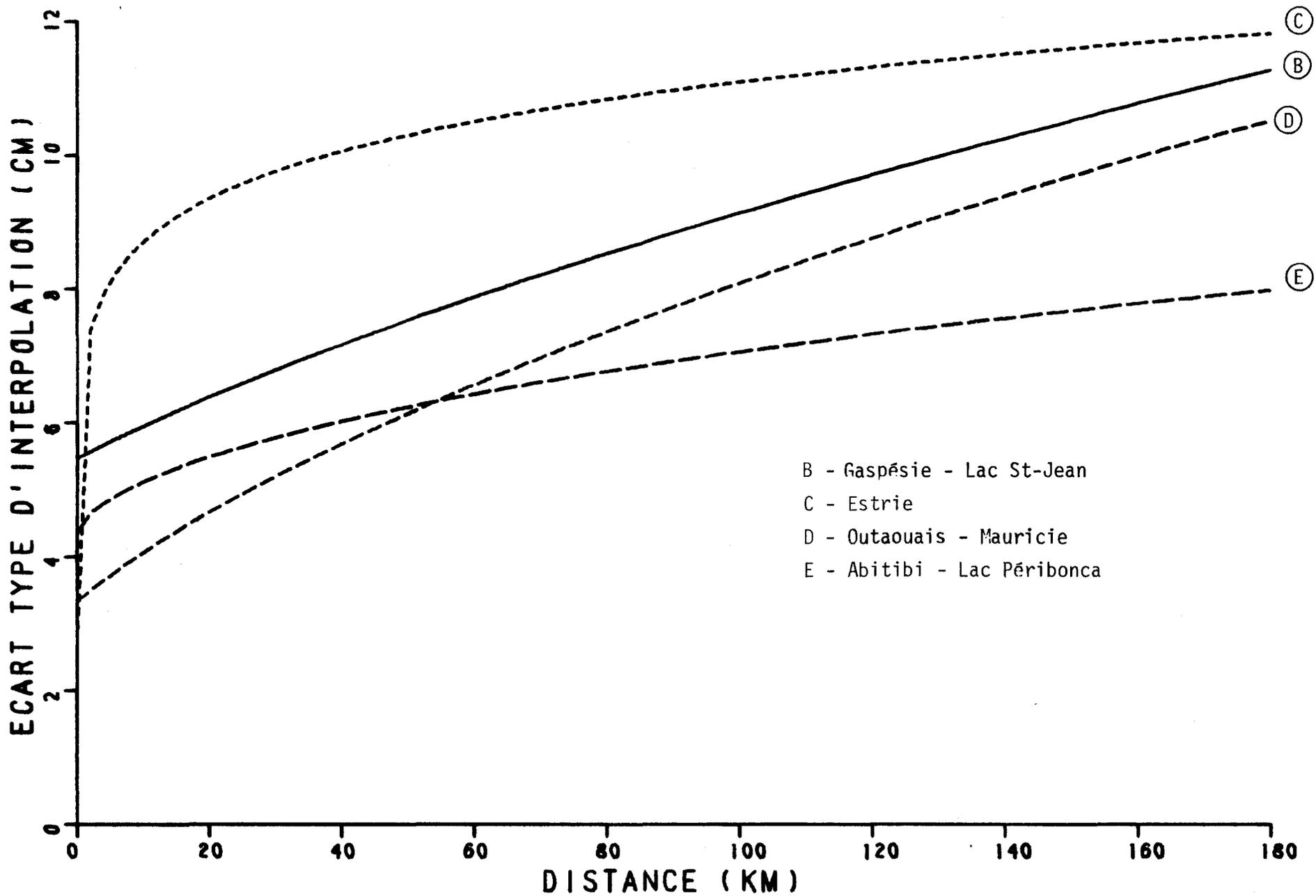


FIGURE 3.12 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION: GASPÉSIE - LAC ST-JEAN.

emboîtés de côtés 1 et 2 1, respectivement. Toute autre configuration de réseau donnerait lieu à des résultats différents.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

La carte B de la planche N-4 présente la distribution spatiale des écarts types dans la région de Gaspésie - Lac St-Jean, ainsi que dans la zone d'influence de cette région. Nous nous en tiendrons toutefois, comme dans les autres cas, à la description des écarts types à l'intérieur de la région.

Les écarts types minima, valant 5.0 cm, sont notés près de La Malbaie et de Chicoutimi. D'autres minima, un peu plus élevés, soit 6 cm, apparaissent autour de Baie-Comeau et de Gaspé. Le champ des écarts types varie en fonction de deux axes principaux perpendiculaires, l'un selon la direction du fleuve Saint-Laurent et l'autre selon le Saguenay. Les écarts types sont relativement faibles le long de ces deux axes, valant environ 6 cm. Ils augmentent toutefois lorsque nous nous éloignons de ces axes, pour atteindre 10 cm, dans le nord de la région, près du lac Manouane et du réservoir Manicouagan.

Un coup d'oeil sur les cartes des régions environnantes confirme les indications de la figure 3.12. En effet, dans la partie de la région située dans la zone d'influence de la région de l'Estrie, la carte C suggère que les écarts types de la carte B devraient être plus élevés. Le contraire se produit dans le cas des deux autres régions. Un point est toutefois à souligner ici. Sur la carte D, nous observons une augmentation rapide des écarts types à l'est du Saguenay, de sorte que les écarts types atteignent 10 cm à la limite de la zone d'influence. Sur la carte B, les écarts types ne valent qu'environ 7 cm aux mêmes points. L'explication est fournie par l'observation de la position des stations dans cette zone.

Le tracé de la limite de la zone d'influence de la région de l'Ou-taouais - Mauricie fait en sorte que quatre (4) à cinq (5) stations, situées relativement près, mais en dehors de la zone d'influence, ne sont pas utilisées sur la carte D, mais le sont sur la carte B.

- Modifications suggérées au réseau

Les parties de la région où des stations devraient être implantées, si les besoins le nécessitent, sont assez clairement indiquées sur la carte B. Il s'agit de la partie nord de la région, où se situent les bassins des rivières Manicouagan et des Outardes. Le centre de la Gaspésie requiererait aussi quelques stations, en fonction des besoins.

C - Région de l'Estrie

- Fonction de structure

Dans l'Estrie, le gros de la variation dans la fonction de structure se fait dans les premiers kilomètres (figure 3.13), de sorte que l'effet de micro-climat, qui se traduit par ce qui est appelé "effet de pépète" en krigeage, est relativement important. En d'autres termes, l'information acquise aux stations se détériore rapidement aux très courtes distances, puis beaucoup plus lentement après, tel qu'exprimé par la pente de la courbe.

Les points sont relativement près de la courbe qui leur est ajustée, et dont le type et les valeurs des paramètres apparaissent au tableau 3.2. Comme la région est de faible étendue, la fonction de structure n'est définie que jusqu'à un peu plus de 180 km. Enfin, le comportement de la courbe près de l'origine est basé sur l'ensemble de l'ajustement de la courbe aux points. Nous croyons qu'il ne faut pas nécessairement y voir la description exacte du comportement de la fonction de structure aux courtes distances. Aucun point ne permet, en effet, de confirmer ou d'infirmer ce comportement.

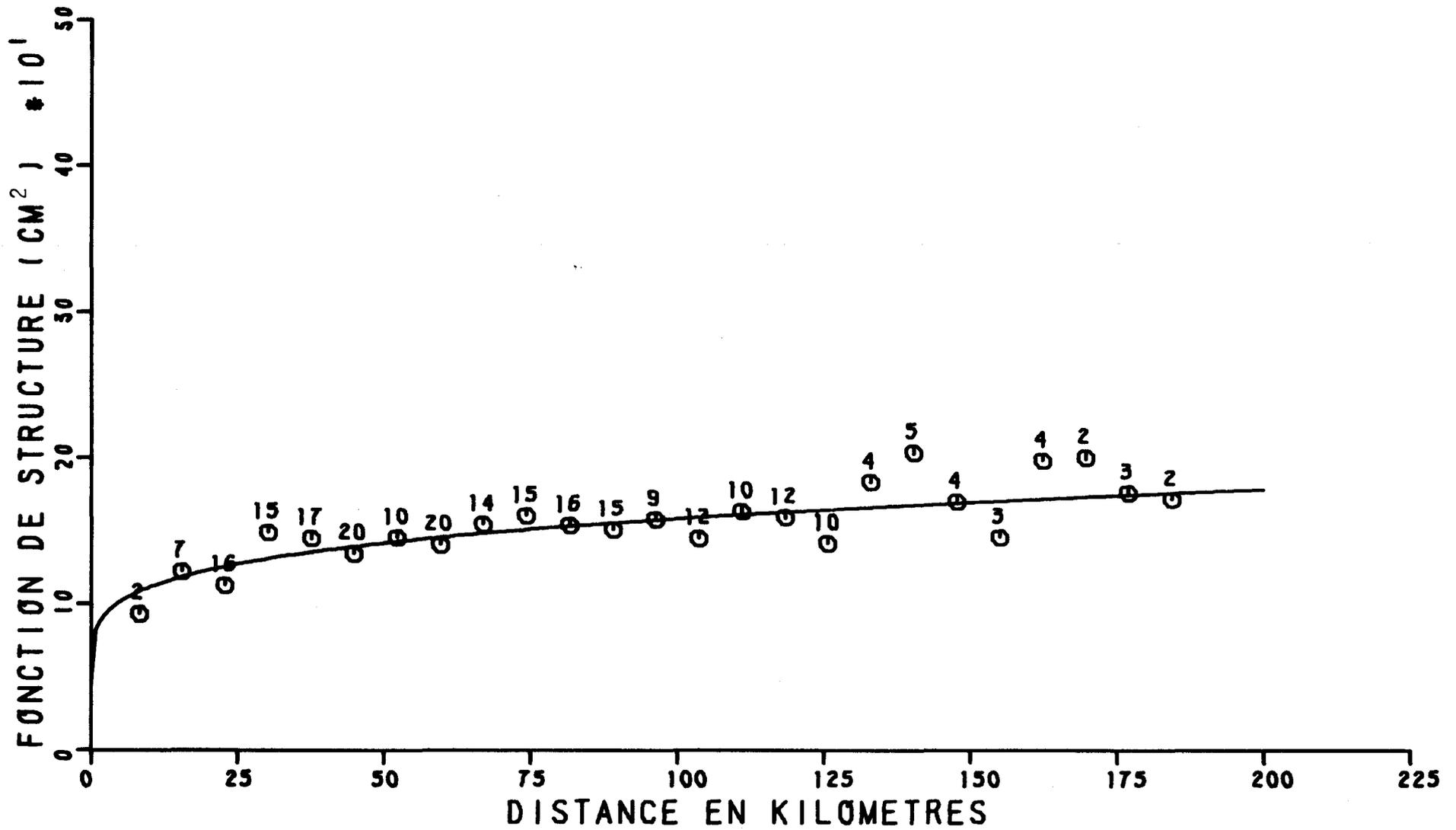


FIGURE 3.13 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION : ESTRIE

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Il ne faut pas nous étonner de voir l'allure de la courbe décrivant la variation des écarts types en fonction de la distance, présentée à la figure 3.14, après les explications fournies plus haut. Les écarts types valent, en effet, 2.8, 10.4, 11.2 et 11.8 cm pour des distances entre les stations égales à 0, 50, 100 et 180 km. Déjà, l'écart entre les valeurs d'écarts types à 0 et 50 km, indique que le gros de la variation s'effectue dans les premiers kilomètres, mais l'impression est renforcée, si l'on sait que pour une distance de 10 km seulement entre les stations, l'écart type atteint 8.6 cm. Dans cette région, diminuer la distance entre les stations ne produit un effet vraiment important sur les écarts types que si la distance tombe en bas de 10 ou 20 km, ce qui implique un réseau très dense.

La figure 3.14 nous indique enfin que les écarts types devraient être plus faibles, dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions voisines.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

Dans l'Estrie, la distribution spatiale des écarts types est simple, compte tenu de la densité de stations (planche N-3) et de la fonction de structure. Les écarts types minima se rencontrent sur le bassin de la rivière Eaton, avec des valeurs de 8 cm (carte C de la planche N-4). Ailleurs dans la région, ils oscillent entre 8 et un peu plus de 9 cm.

Par ailleurs, dans leurs zones d'influence respectives, les régions d'Outaouais - Mauricie et de Gaspésie - Lac St-Jean, présentent des écarts types nettement inférieurs à ceux de l'Estrie. Nous pouvons donc prévoir un gradient marqué dans les parties de l'Estrie situées dans ces zones d'influence.

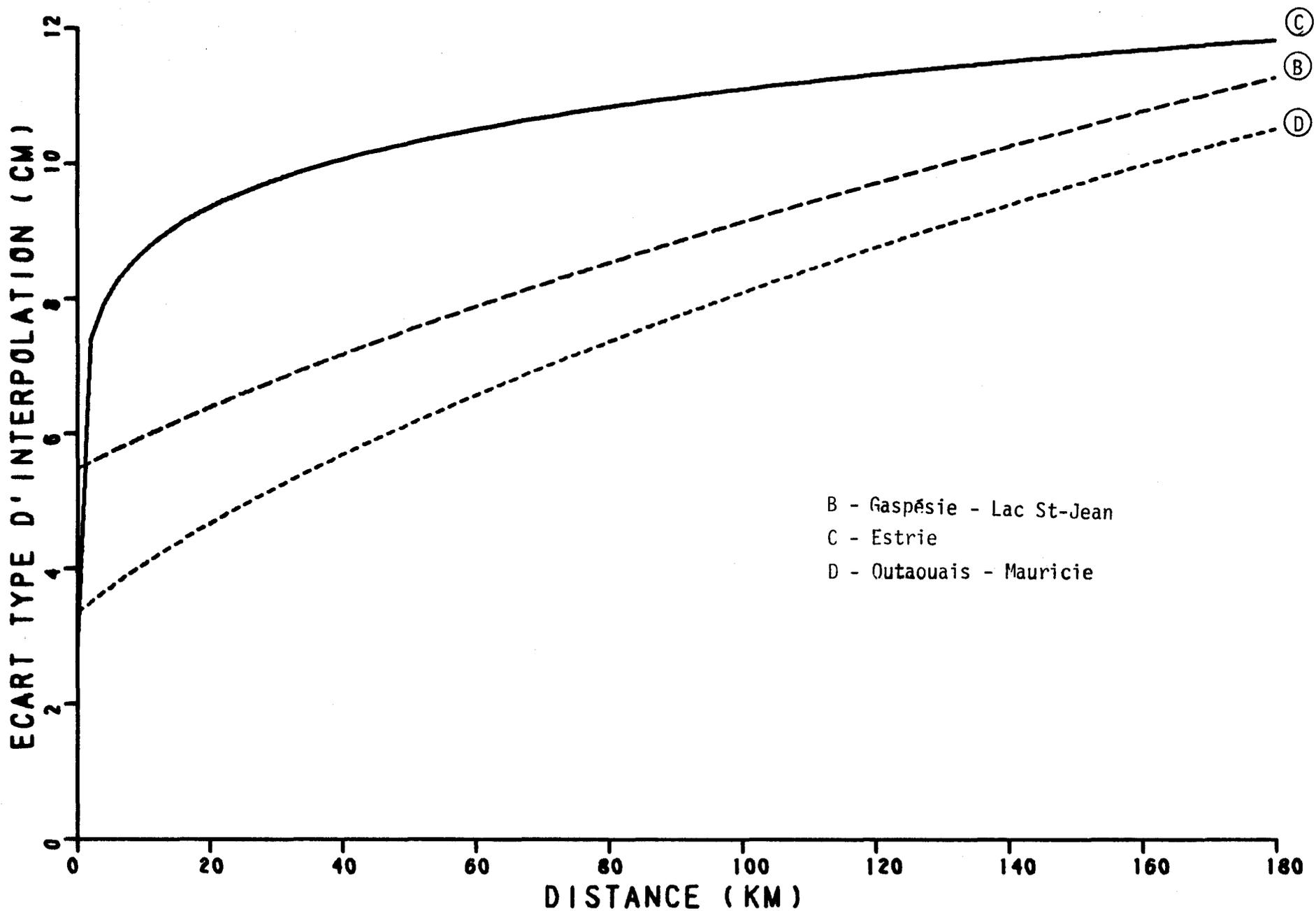


FIGURE 3.14 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION DE L'ESTRIE.

- Modifications suggérées au réseau

Nous ne prévoyons aucune modification au réseau dans cette région, à moins qu'elle ne soit requise par des besoins spécifiques, demandant une précision beaucoup plus grande.

D - Région de l'Outaouais - Mauricie

- Fonction de structure

La région est beaucoup plus grande que la précédente, aussi la fonction de structure est définie jusqu'à 450 km (figure 3.15). Les points sont tous très près de la courbe qui leur est ajustée, avec à peine plus de dispersion aux distances supérieures à 300 km. Nous pouvons donc considérer la fonction de structure comme bien définie à toutes les distances. Nous observons, de plus, une augmentation régulière de la fonction de structure jusqu'à environ 200 km entre les stations. Pour des distances plus grandes, le taux d'accroissement s'infléchit peu à peu, annonçant un palier au delà de 450 à 500 km.

Notons, enfin, que le type de courbe, de même que les valeurs attribuées aux paramètres apparaissent au tableau 3.2.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Tout comme les écarts types dans la région de Gaspésie - Lac St-Jean, ceux de la région de l'Outaouais - Mauricie augmentent régulièrement, mais avec un taux plus grand encore. Si la distance entre les stations est nulle (cas purement hypothétique), l'écart type est de 3.3 cm. Il augmente à 6.2, 8.1 et finalement 10.3 cm, si la distance vaut 50, 100 ou encore 180 km. Dans cette région, plus que dans les trois autres qui sont étudiées, toute diminution de la distance entre les stations conduit à une amélioration des écarts types, ainsi que la figure 3.16

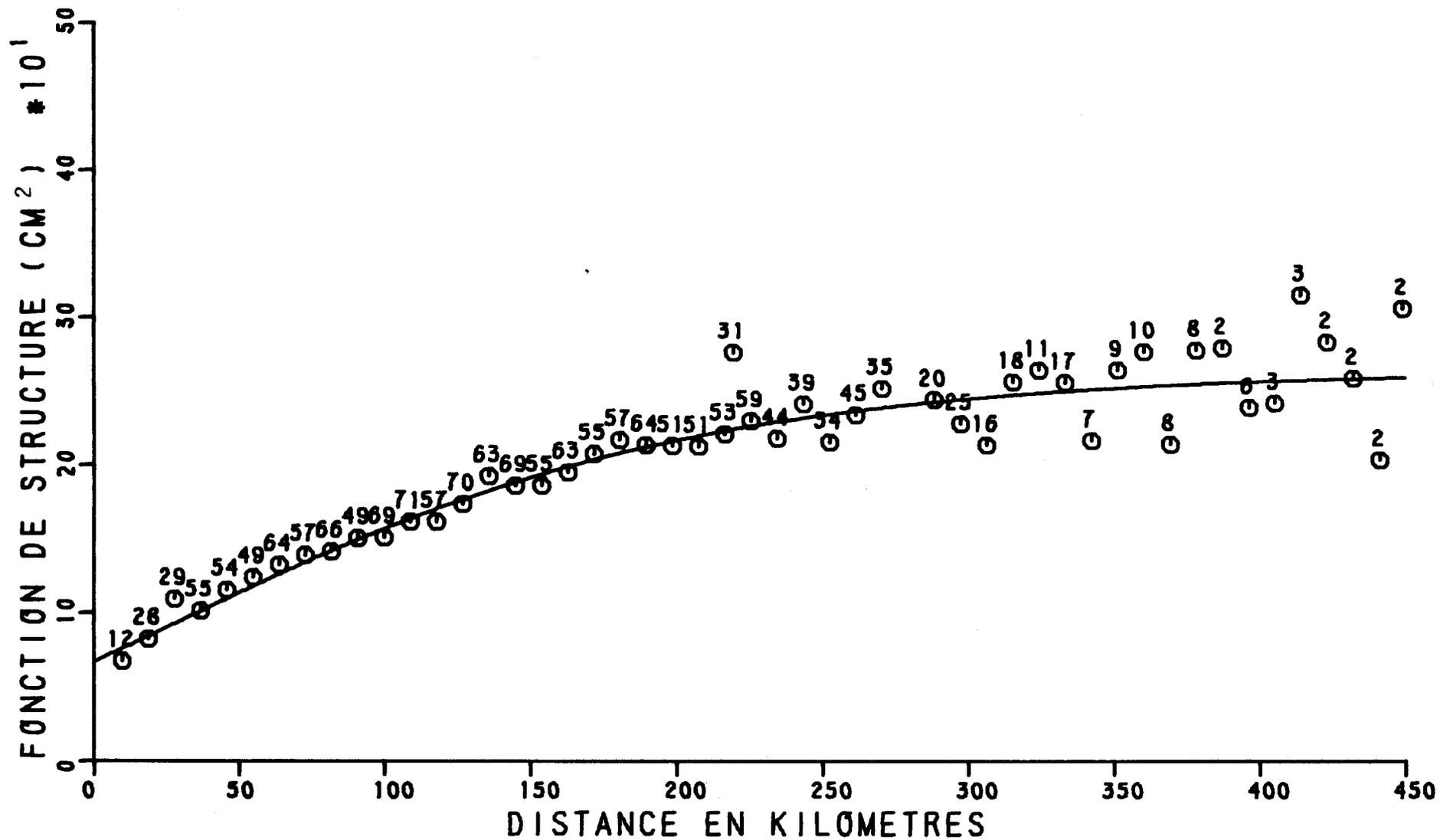


FIGURE 3.15 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION : OUTAOUAIS - MAURICIE

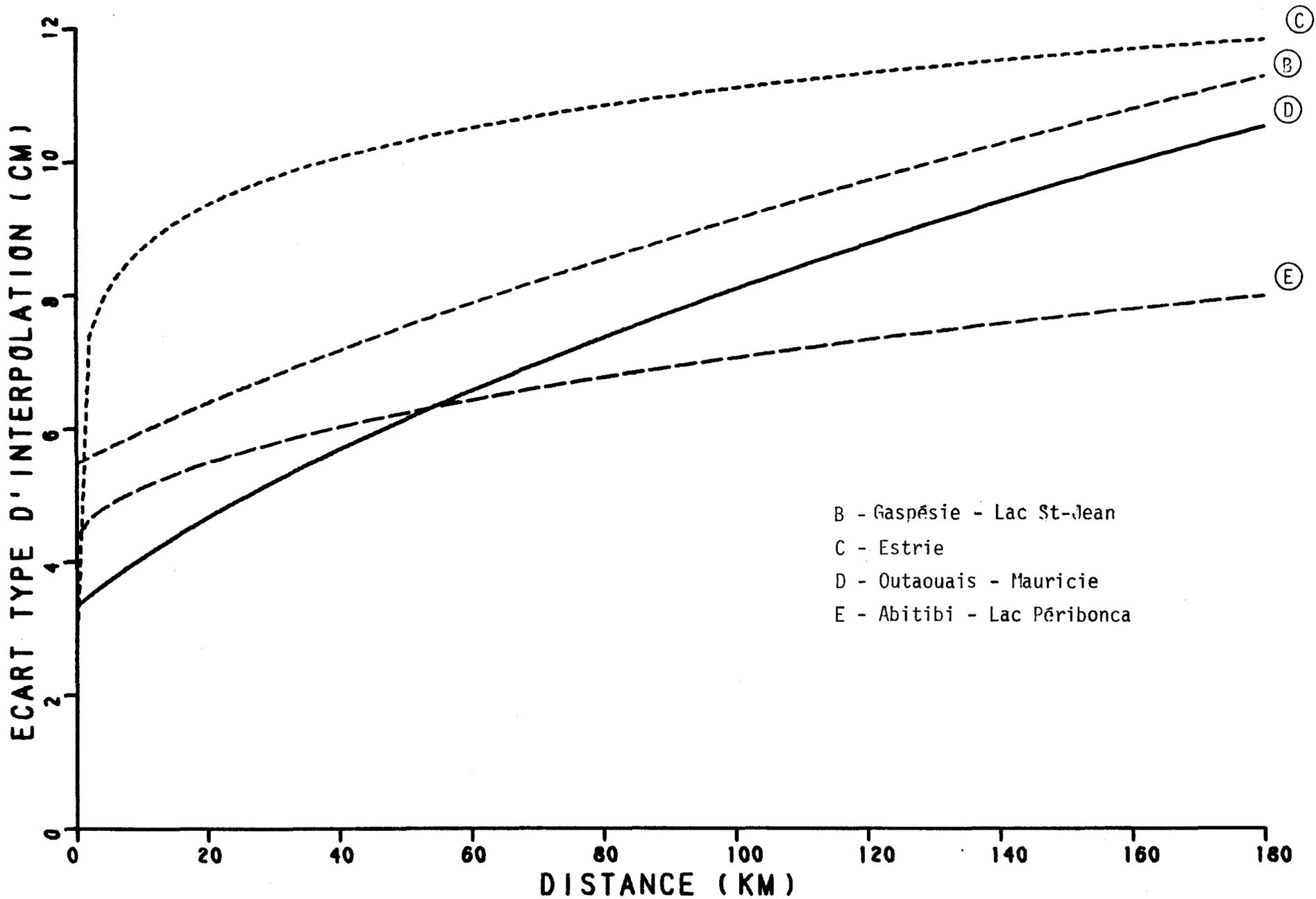


FIGURE 3.16 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION DE L'OUTAOUAIS - MAURICIE.

le suggère. Nous pouvons aussi constater, sur cette figure, que dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions environnantes, les écarts types auront tendance à être plus élevés au sud et à l'est, près des régions de l'Estrie et de Gaspé - Lac St-Jean. Au nord-ouest, cependant, les variations d'écarts types dépendront de la distance entre les stations. En d'autres termes, la courbe de la région d'Abitibi - Lac Péribonca indique que si de faibles distances sont obtenues entre les stations, les écarts types devront être réévalués à la hausse, alors que ce sera le contraire aux distances plus élevées.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

Comme dans la région de Gaspésie - Lac St-Jean, le fleuve Saint-Laurent, ou plutôt les basses-terres du Saint-Laurent, sont le lieu des écarts types les plus faibles (carte D de la planche N-4). Plus nous nous éloignons de cet axe, plus les écarts types sont élevés, sur la rive nord du fleuve. Plus précisément, les écarts types minima, valant 4 cm, se retrouvent près de Montréal, Québec, Granby et Plessisville. Quant aux écarts types maxima, ils se situent dans le nord et l'ouest de la région. Nous remarquons, en effet, une première zone d'écarts types légèrement supérieurs à 7 cm entre les réservoirs Taureau et Michinamécus, ainsi qu'une seconde, de même valeur, immédiatement à l'est de la première, entourant le lac Edouard. De même, à l'ouest de la rivière Gatineau, une absence presque totale de stations donne lieu à des écarts types atteignant plus de 8 cm.

Dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions environnantes, les écarts types pourraient être réévalués à la hausse près de l'Estrie et de la Gaspésie - Lac St-Jean. Concernant cette dernière région, rappelons que l'augmentation des écarts types à l'est du Saguenay, dans la zone d'influence de la région d'Outaouais - Mauricie est tout simplement dû au fait que le tracé de la zone d'influence a fait en sorte que des stations situées dans cette zone n'ont pu être utilisées sur la carte D alors qu'elles l'ont été sur la carte B.

- Modifications suggérées au réseau

Les lacunes les plus évidentes, correspondant aux zones où l'écart type est supérieur à 7 cm, devraient être corrigées en premier, suivant le seul critère de la précision. Cependant, compte tenu de l'importance de cette région, il se peut fort bien que les besoins fassent ressortir d'autres zones prioritaires.

E - Région de l'Abitibi - Lac Péribonca

- Fonction de structure

L'étendue relativement grande de la région de l'Abitibi - Lac Péribonca dans la direction est-ouest (planche N-3), implique que la fonction de structure puisse être déterminée jusqu'à des distances relativement grandes. C'est effectivement le cas, puisque nous trouvons des couples de stations dont la distance dépasse les 700 km. Les stations ne sont pas nombreuses dans cette région, comme en font foi les poids associés aux points qui apparaissent sur la figure 3.17. De plus, nous remarquons une certaine dispersion de ces points par rapport à la courbe qui leur est ajustée, aux faibles aussi bien qu'aux grandes distances. Nous considérons donc qu'il existe une certaine instabilité de la fonction de structure dans cette région. L'allure générale de la fonction de structure est cependant assez clairement définie par la courbe, dont le type et les valeurs des paramètres apparaissent au tableau 3.2.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

La courbe décrivant la variation de l'écart type en fonction de la distance entre les stations indique une augmentation rapide, quoique pas trop importante, de l'écart type aux distances inférieures à 30 km environ (figure 3.18). Par la suite, le taux d'augmentation est plus lent, tout en étant régulier. Ainsi, nous observons des écarts types de 4.4, 6.3, 7.1 et 8.0 pour des distances entre les stations égales à

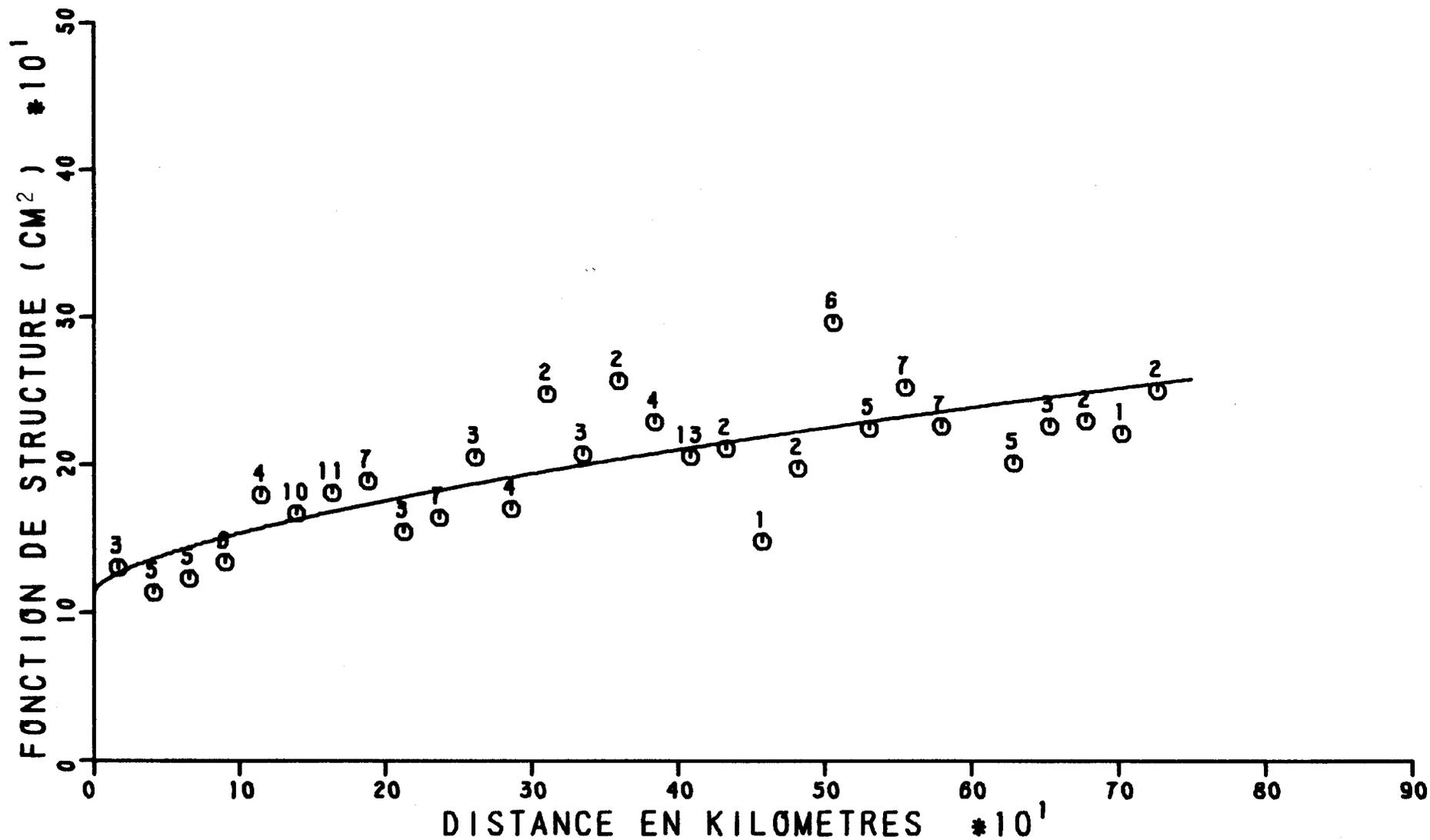


FIGURE 3.17 FONCTION DE STRUCTURE DES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION : ABITIBI-L.PERIBONCA

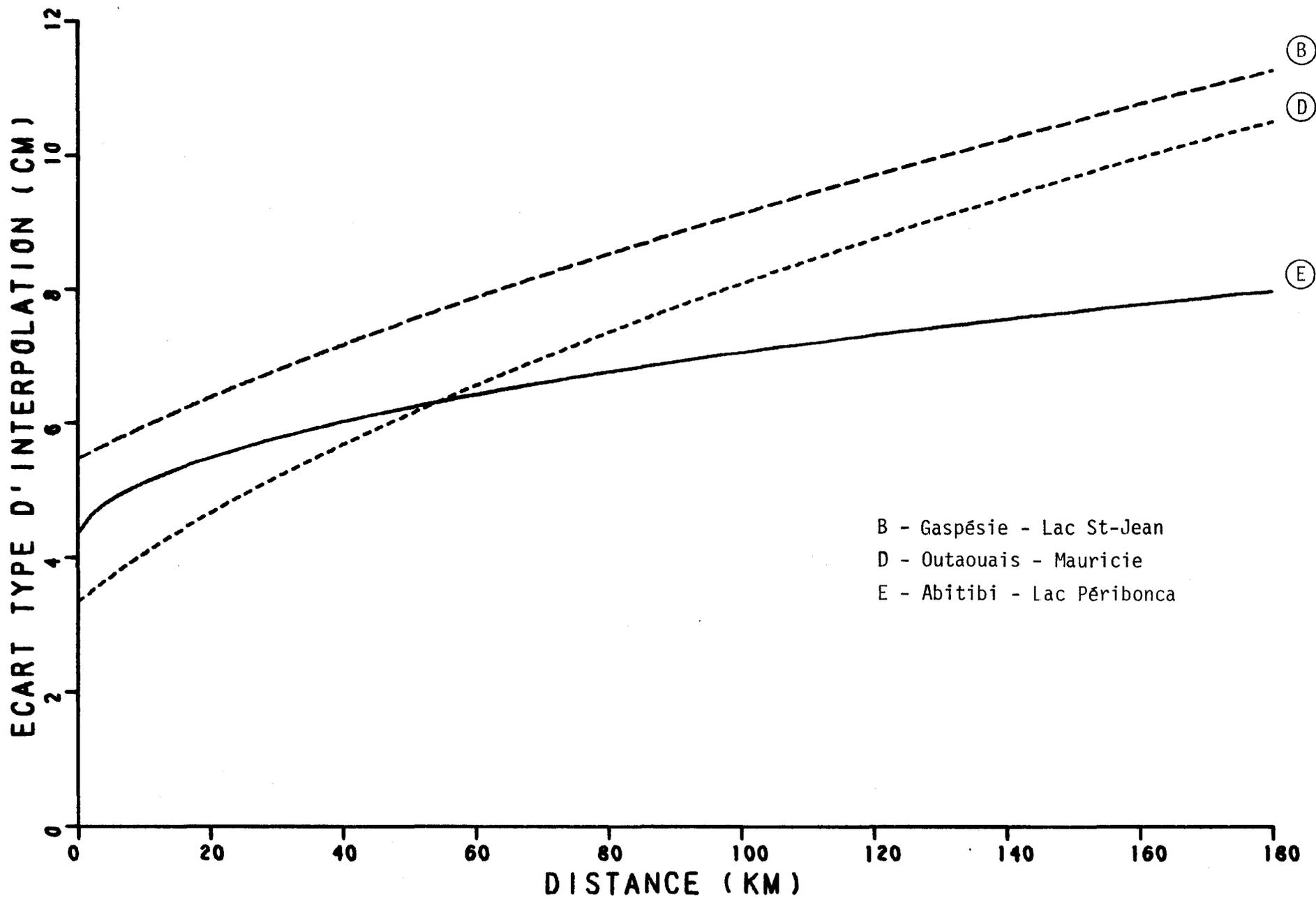


FIGURE 3.18 : ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES NEIGES MENSUELLES EN HIVER, REGION DE L'ABITIBI - L. PERIBONCA.

0, 50, 100 et 180 km. Toute diminution de la distance entre les stations concourt donc à améliorer l'écart type, mais de façon relativement faible, puisque l'écart type n'est réduit que de 1.7 cm, si la distance entre les stations passe de 180 à 50 km.

D'autre part, la figure 3.18 nous apprend aussi que dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions voisines, les écarts types auront tendance à augmenter près de la région de Gaspésie - Lac St-Jean et à augmenter ou diminuer, selon la distance entre les stations, près de la région de l'Outaouais - Mauricie.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

Tel que prévu par le taux d'augmentation des écarts types sur la figure 3.18, la distribution spatiale des écarts types dans la région d'Abitibi - Lac Péribonca ne présente pas de gradients marqués, mais plutôt des variations spatiales lentes (carte E de la planche N-4). Les écarts types minima, valant 5 cm, sont situés tout près du lac St-Jean. Quelques minima locaux apparaissent çà et là sur la carte, révélant la présence de stations isolées (planche N-3). Quant aux écarts types maxima, ils sont observés dans le nord-ouest et le nord-est de la région. Dans le nord-ouest, ils se situent au-dessus du bassin de la rivière Harricana, tandis que dans le nord-est, ils affectent les environs du lac Manouane.

Enfin, dans les parties de la région situées dans la zone d'influence de la région de Gaspé - Lac St-Jean, nous notons une augmentation possible des écarts types allant jusqu'à 1 cm de plus. Encore une fois, compte tenu de la faible densité du réseau dans cette zone, il peut y avoir augmentation injustifiée des écarts types dans les zones d'influence des régions. Ce fait avait été noté pour la carte D. Il se répète dans le nord-ouest de la carte B. Il faut donc bien remarquer la répartition des stations dans une zone frontalière quelconque, avant

d'interpréter les résultats. Près de la région de l'Outaouais - Mauricie, les écarts types sont sensiblement identiques.

- Modifications suggérées au réseau

Les écarts types variant lentement dans cette région, il est plus difficile de pointer une zone précise où le réseau devrait être renforcé. Il apparaît, toutefois, que les zones où les écarts types sont les plus élevés, c'est-à-dire le nord-est et le nord-ouest de la région, devraient recevoir une certaine attention. Ceci est particulièrement vrai pour la zone nord-est qui recouvre une bonne partie des bassins alimentant le lac St-Jean. Les besoins devraient beaucoup aider à établir des choix dans cette région.

F - Région du Nouveau-Québec

- Remarques générales sur les caractéristiques de cette région

Compte tenu du nombre trop restreint de stations et de l'impossibilité de déterminer une fonction de structure ayant un minimum de vraisemblance pour cette région, nous ne pouvons fournir de renseignements sur cette dernière. Tout au plus, pouvons-nous indiquer que la fonction de structure nous semble plus élevée que celle de l'Abitibi - Lac Péribonca, aux grandes distances. Il faudrait hâter la mise sur support informatique des données recueillies au cours des dernières années aux stations situées dans cette région, de manière à les analyser au plus tôt. Rappelons que cette "région" sera tout probablement séparée en trois ou quatre régions plus homogènes, par suite de l'analyse des données en composantes principales.

CHAPITRE 4

ESTIMATION DES ECARTS TYPES SUR LA
MOYENNE SPATIALE DES CHUTES DE NEIGE
SUR DES SURFACES DE SUPERFICIES DONNEES

De manière à faciliter l'analyse du réseau de mesure des chutes de neige au Québec, la présentation des écarts types encourus dans l'estimation de la moyenne spatiale des chutes de neige sur des surfaces de superficies données suit le même ordre que celle des écarts types ponctuels. Ainsi, les chutes de neige journalières sont d'abord étudiées. Les résultats sont alors présentés par région, ces régions étant celles déjà définies au chapitre 3. Une fois les chutes de neige journalières analysées, les chutes de neige mensuelles le sont à leur tour, pour chacune des régions également définies au chapitre 3.

4.1 CHUTES DE NEIGE JOURNALIERES

L'écart type de l'estimé de la moyenne spatiale des chutes de neige (précipitations solides) sur des surfaces de superficies données a été calculé en utilisant les mêmes régions que dans le cas de l'écart type ponctuel des chutes de neige journalières. Ces régions sont décrites en 3.1.1.

Les caractéristiques des chutes de neige journalières et de la corrélation spatiale pour les différentes régions sont présentées, quant à elles, au tableau 4.1.

Pour une région donnée, la précipitation moyenne régionale p_r est égale à la moyenne des précipitations moyennes ponctuelles p_i de toutes les stations faisant partie de la région. L'écart type moyen σ_h des précipitations ponctuelles moyennes p_i est obtenu en pondérant l'écart type déterminé à chacune des stations de la région, en fonction du nombre d'observations. Les valeurs attribuées aux paramètres $\rho(0)$ et d_0 résultent, pour leur part, de l'ajustement aux corrélations spatiales d'une fonction exponentielle décroissante. Sur le même tableau, nous présentons également les valeurs minimales et maximales des paramètres $\rho(0)$ et d_0 pour un intervalle de confiance de 95%.

4.1.1 Fonction de corrélation

Les courbes ajustées aux corrélations spatiales des chutes de neige de chacune des régions sont montrées sur les figures 4.1-A à D.

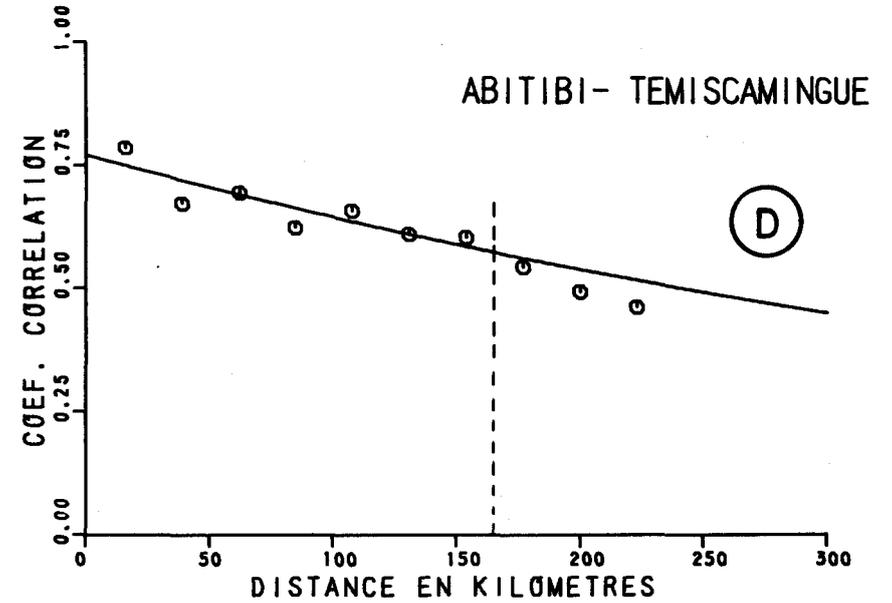
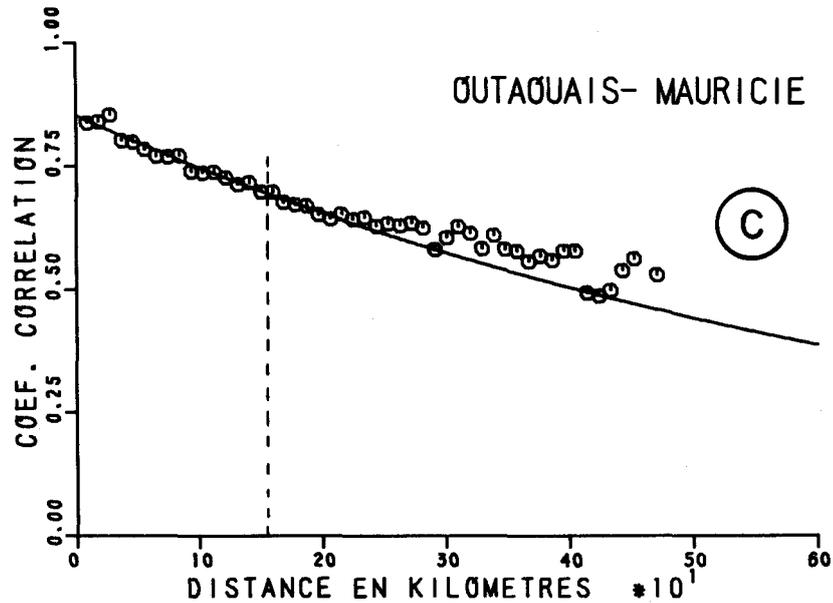
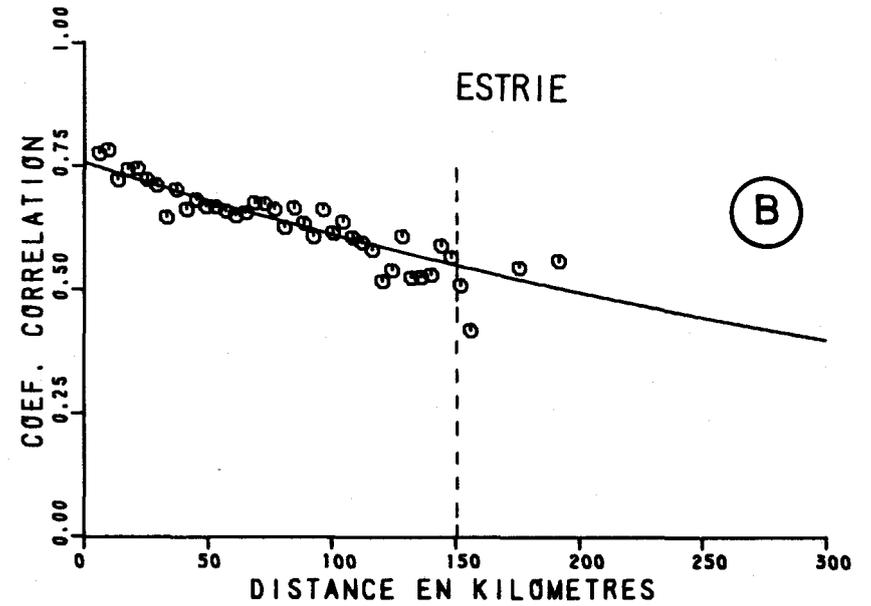
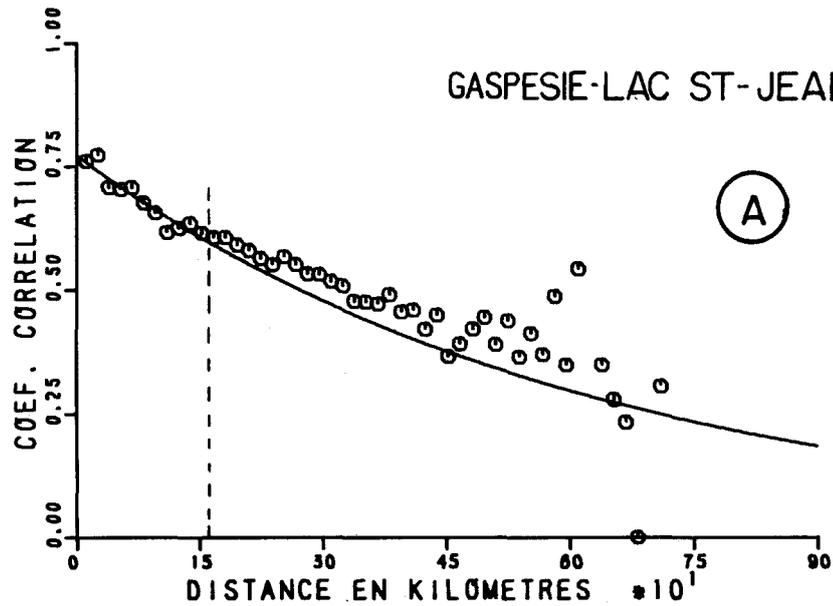


Figure 4.1 Courbes exponentielles ajustées aux coefficients de corrélation en fonction de la distance pour les chutes de neige journalières. Seuls les points à gauche de la ligne verticale en pointillés ont été utilisés dans l'ajustement des courbes.

Comme d'après Kagan (1966), la fonction exponentielle retenue est valable surtout pour des distances variant entre 10 et 150 km, seuls les points dont l'abscisse est inférieure à cette dernière distance ont généralement été utilisés pour l'ajustement. Les lignes verticales, en pointillées sur les figures 4.1-A à D, délimitent les points qui ont servi à l'ajustement. Aussi, par manque de points à des distances inférieures à 150 km, nous avons préféré ne pas ajuster de courbes aux corrélations spatiales des régions de la Basse Côte Nord et du Nouveau-Québec.

Les courbes s'ajustent très bien aux points dont les distances sont inférieures à 150 km. Pour les régions de la Gaspésie - Lac St-Jean et de l'Outaouais - Mauricie, les points, dont la distance est supérieure à 150 km, sont situés au-dessus de la courbe ajustée (voir figure 4.1-A et C).

La décroissance de la fonction de corrélation que nous pouvons caractériser à l'aide du paramètre d_0 , nous permet de constater que la décroissance est assez rapide pour la région de l'Estrie et lente pour la région de l'Outaouais - Mauricie. Pour ces deux régions, le paramètre d_0 est respectivement de 473 et 756 km (tableau 4.1). Le taux de décroissance dans les deux autres régions se situe entre ces extrêmes.

L'ordonnée à l'origine $\rho(0)$, qui dépend du micro-climat et des erreurs de mesure, varie de 0.757 pour la région de l'Estrie, à 0.853 pour la région d'Outaouais - Mauricie. La figure 4.1-B nous montre que la courbe ajustée passe sous les deux premiers points observés. Une courbe plus prononcée pour les premiers kilomètres nous permettrait un meilleur ajustement et le paramètre $\rho(0)$ serait un peu moins faible, ce qui diminuerait les écarts types d'estimation sur la moyenne spatiale des précipitations solides, présentés au tableau 4.3.

4.1.2 Ecarts types d'estimation

Les écarts types d'estimation de la moyenne spatiale des chutes de neige, déterminés à partir des valeurs prises par les paramètres $\rho(0)$

et d_0 de chacune des régions, sont présentés aux tableaux 4.2 à 4.5. La comparaison de ces tableaux nous montre que l'écart type d'estimation est minimum pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

Après étude de ces tableaux, nous observons également que les variations les plus importantes de l'écart type d'estimation ne se font pas surtout en fonction de la superficie attribuée à chaque station ou d'une région à l'autre, mais plutôt selon le nombre de stations prises en compte. Ainsi, dans la région de la Gaspésie - Lac St-Jean, si nous considérons une seule station, l'écart type passe de 1.63 cm, si cette station représente 100 km² à 1.81 cm, si cette station représente 20 000 km². De la même façon, si nous considérons une station représentative de 1 000 km², l'écart type d'estimation vaut 1.66 cm pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue (tableau 4.5) et 2.30 cm pour la région de la Gaspésie - Lac St-Jean (tableau 4.2). Par contre, si nous convertissons la même superficie par station, mais augmentons le nombre de stations, ce qui implique une augmentation proportionnelle de la superficie totale, l'écart type diminue de façon importante, passant, par exemple, pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue de 1.66 cm, pour une station représentant une superficie totale de 1 000 km², à 0.17 mm, pour 100 stations sur une superficie totale de 100 000 km². L'écart type diminue donc en fonction de la racine carrée du nombre de stations, pour une superficie donnée par station.

4.2 CHUTES DE NEIGE MENSUELLES

Les régions définies par les chutes de neige mensuelles sont décrites en 3.2.1. Quant aux caractéristiques des chutes de neige mensuelles et de la corrélation spatiale pour chacune des régions, elles sont présentées au tableau 4.6.

4.2.1 Fonction de corrélation

Les courbes exponentielles décroissantes ajustées aux corrélations spatiales pour les quatre (4) régions étudiées sont présentées aux

figures 4.2-A à D. Par manque de points, à des distances inférieures à 150 km, nous n'avons pas ajusté de courbe aux corrélations spatiales de la région du Nouveau-Québec.

La décroissance des courbes est très lente et le paramètre d_0 varie de 699 km pour la région de l'Outaouais - Mauricie, à 1 108 km pour la région de l'Estrie. Le paramètre $\rho(0)$, qui dépend du micro-climat et des erreurs de mesure, varie de 0.760 pour la région de la Gaspésie - Lac St-Jean, à 0.888 pour la région de l'Outaouais - Mauricie.

4.2.2 Ecart types d'estimation

Les écart types d'estimation de la moyenne spatiale des chutes de neige mensuelles pour les régions de la Gaspésie - Lac St-Jean, de l'Estrie, de l'Outaouais - Mauricie et de l'Abitibi - Lac Péribonca, sont donnés aux tableaux 4.7 à 4.10.

L'étude des tableaux 4.1 et 4.6 nous montre que la moyenne régionale des chutes de neige mensuelles est d'environ 20 fois plus élevée que la moyenne régionale des chutes de neige journalières. Par contre, la comparaison des tableaux 4.7 à 4.10 avec les tableaux 4.2 à 4.5 indique que le rapport des écart types d'estimation des précipitations mensuelles et journalières varie entre cinq (5) et huit (8). En d'autres termes, l'erreur relative obtenue au pas de temps mensuel est beaucoup plus faible que celle qui est encourue au pas de temps journalier.

Les tableaux 4.7 à 4.10 nous montrent, en outre, que les variations d'écart types sont relativement faibles de région en région, si nous les comparons à la diminution résultant de l'augmentation du nombre de station, pour une superficie donnée par station.

4.3 CONCLUSION

L'analyse complète de ces tableaux doit être faite en tenant compte des besoins et de la dimension des bassins versants de chaque région. Il

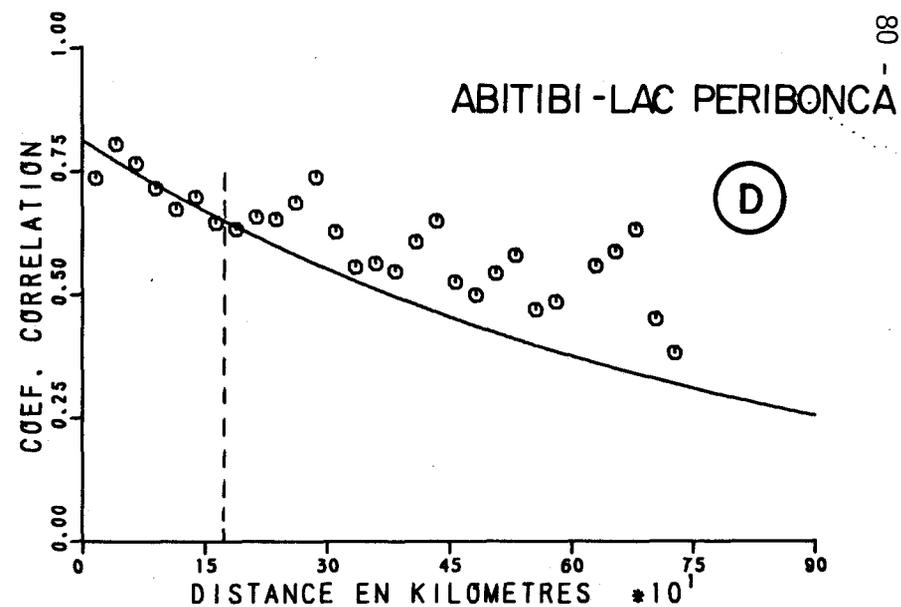
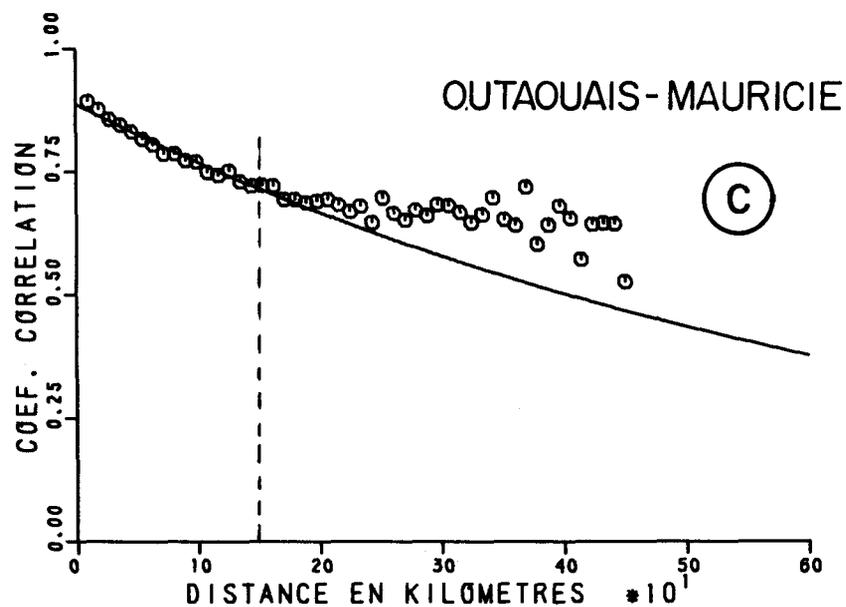
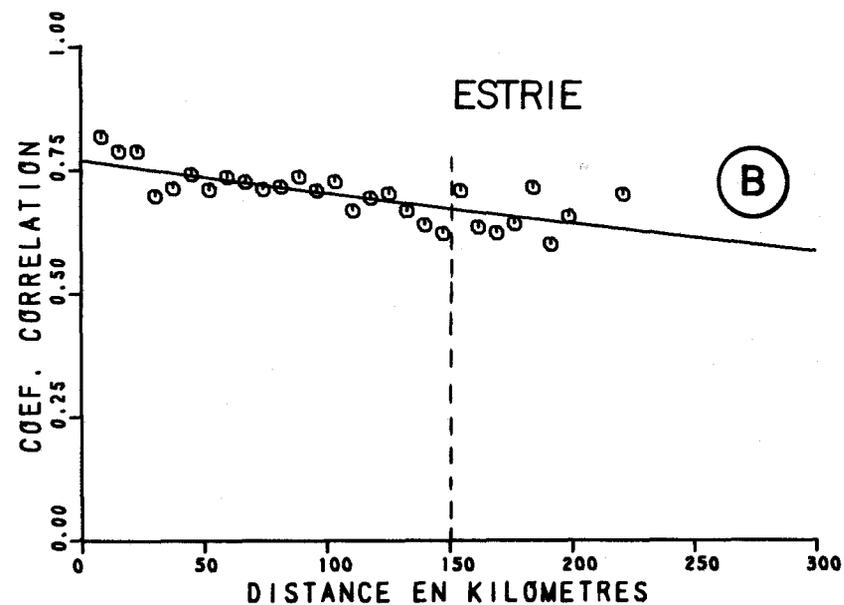
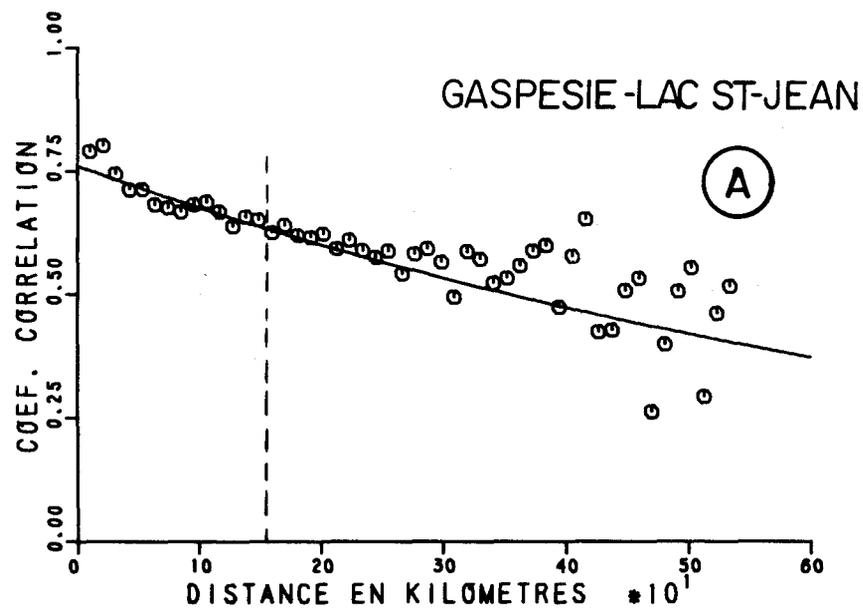


Figure 4.2 Courbes exponentielles ajustées aux coefficients de corrélation en fonction de la distance pour les chutes de neige mensuelles. Seuls les points à gauche de la ligne verticale en pointillés ont été utilisés dans l'ajustement des courbes.

faut également se rappeler que les paramètres $\rho(o)$ et d_0 sont déterminés à partir de l'ajustement d'une loi à une série de points plus ou moins nombreux. De ce fait, les valeurs attribuées à ces paramètres ont un intervalle de confiance plus ou moins grand. Nous pouvons, d'ailleurs, juger de la qualité de l'ajustement en vérifiant les intervalles de confiance de ces paramètres pour chacune des régions sur les tableaux 4.1 et 4.6.

Rappelons également que la décroissance de la corrélation est plus rapide pour les 10 ou 15 premiers kilomètres, ce qui implique que les valeurs exactes de $\rho(o)$ devraient en général être plus élevées que celles qui ont été utilisées. L'étude de la distribution des points par rapport aux courbes ajustées (figures 4.1 et 4.2) montre, en général, que les premiers points sont au-dessus de la courbe.

Notons encore une fois que ce n'est pas tant la superficie attribuée à chaque station qui est le facteur dominant, mais le nombre de stations disponibles. Pour une superficie par station donnée, l'écart type d'estimation diminue en fonction de la racine carrée du nombre de stations, ce qui implique que l'addition d'une station supplémentaire au réseau se fait d'autant plus sentir que le nombre de stations est faible initialement.

Tableau 4.1 Caractéristiques des neiges journalières pour différentes régions.

REGION	MOYENNE (cm)	σ_h (cm)	c_v	$\rho(o)$	INTERVALLE DE CONFIANCE A 95%		d_0 (km)	INTERVALLE DE CONFIANCE A 95%	
					minimum	maximum		minimum	maximum
Basse Côte Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaspésie - Lac Saint-Jean	2.44	4.71	1.93	0.773	0.741	0.806	627	457	796
Estrie	2.50	4.38	1.75	0.757	0.739	0.776	473	389	558
Outaouais - Mauricie	2.35	4.75	2.02	0.853	0.839	0.867	756	664	848
Abitibi-Témiscamingue	1.91	3.37	1.76	0.770	0.699	0.841	557	303	810
Nouveau-Québec	1.55	3.17	2.05	-	-	-	-	-	-

TABEAU 4.2 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES JOURNALIERES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= GASPELIE= LAC ST-JEAN

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	2.26	2.27	2.28	2.30	2.32	2.37	2.42	2.49
2	1.60	1.60	1.61	1.63	1.64	1.67	1.71	1.76
3	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.37	1.40	1.43
4	1.13	1.13	1.14	1.15	1.16	1.18	1.21	1.24
5	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.08	1.11
10	.71	.72	.72	.73	.73	.75	.76	.79
20	.51	.51	.51	.51	.52	.53	.54	.56
50	.32	.32	.32	.33	.33	.33	.34	.35
100	.23	.23	.23	.23	.23	.24	.24	.25

TABLEAU 4.3 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES JOURNALIERES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION ESTRIE

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	2.18	2.19	2.21	2.23	2.25	2.31	2.36	2.45
2	1.54	1.55	1.56	1.57	1.59	1.63	1.67	1.73
3	1.26	1.26	1.27	1.29	1.30	1.33	1.37	1.41
4	1.09	1.09	1.10	1.11	1.13	1.15	1.18	1.22
5	.97	.98	.99	1.00	1.01	1.03	1.06	1.09
10	.69	.69	.70	.70	.71	.73	.75	.77
20	.49	.49	.49	.50	.50	.52	.53	.55
50	.31	.31	.31	.31	.32	.33	.33	.35
100	.22	.22	.22	.22	.23	.23	.24	.24

TABLEAU 4.4 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES JOURNALIERES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= OUTAOUAIS= MAURICIE

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	1.84	1.85	1.86	1.88	1.91	1.95	2.00	2.07
2	1.30	1.31	1.32	1.33	1.35	1.38	1.42	1.47
3	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.13	1.16	1.20
4	.92	.92	.93	.94	.95	.98	1.00	1.04
5	.82	.83	.83	.84	.85	.87	.90	.93
10	.58	.58	.59	.60	.60	.62	.63	.66
20	.41	.41	.42	.42	.43	.44	.45	.46
50	.26	.26	.26	.27	.27	.28	.28	.29
100	.18	.18	.19	.19	.19	.20	.20	.21

TABLEAU 4.5 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES JOURNALIERES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= ABITIBI= TEMISCAMINGUE

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	1.63	1.64	1.65	1.66	1.68	1.72	1.76	1.81
2	1.15	1.16	1.17	1.17	1.19	1.21	1.24	1.28
3	.94	.94	.95	.96	.97	.99	1.01	1.04
4	.82	.82	.82	.83	.84	.86	.88	.90
5	.73	.73	.74	.74	.75	.77	.78	.81
10	.52	.52	.52	.53	.53	.54	.56	.57
20	.36	.37	.37	.37	.38	.38	.39	.40
50	.23	.23	.23	.23	.24	.24	.25	.26
100	.16	.16	.16	.17	.17	.17	.18	.18

Tableau 4.6 Caractéristiques des neiges mensuelles pour différentes régions.

REGION	MOYENNE (cm)	σ_h (cm)	c_v	$\rho(0)$	INTERVALLE DE CONFIANCE A 95%		d_0 (km)	INTERVALLE DE CONFIANCE A 95%	
					minimum	maximum		minimum	maximum
Gaspésie - Lac Saint-Jean	60.52	30.85	0.51	0.760	0.732	0.788	840	577	1100
Etrie	54.15	23.99	0.44	0.769	0.742	0.797	1108	537	1680
Outaouais - Mauricie	47.02	27.36	0.58	0.888	0.877	0.899	699	635	764
Abitibi - Lac Péribonca	46.85	23.60	0.50	0.812	0.737	1.888	775	279	1270
Nouveau-Québec	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABEAU 4.7 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES MENSUELLES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= GASPESIE= LAC ST-JEAN

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	15.20	15.23	15.30	15.38	15.49	15.71	15.95	16.28
2	10.75	10.77	10.82	10.88	10.95	11.11	11.28	11.52
3	8.77	8.79	8.84	8.88	8.94	9.07	9.21	9.40
4	7.60	7.62	7.65	7.69	7.75	7.85	7.98	8.14
5	6.80	6.81	6.84	6.88	6.93	7.03	7.13	7.28
10	4.81	4.82	4.84	4.86	4.90	4.97	5.04	5.15
20	3.40	3.41	3.42	3.44	3.46	3.51	3.57	3.64
50	2.15	2.15	2.16	2.18	2.19	2.22	2.26	2.30
100	1.52	1.52	1.53	1.54	1.55	1.57	1.60	1.63

TABLEAU 4.8 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES MENSUELLES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= ESTRIE

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	11,58	11,61	11,65	11,70	11,76	11,89	12,04	12,24
2	8,19	8,21	8,24	8,27	8,32	8,41	8,51	8,66
3	6,69	6,70	6,73	6,75	6,79	6,87	6,95	7,07
4	5,79	5,80	5,82	5,85	5,88	5,95	6,02	6,12
5	5,18	5,19	5,21	5,23	5,26	5,32	5,38	5,48
10	3,66	3,67	3,68	3,70	3,72	3,76	3,81	3,87
20	2,59	2,60	2,60	2,62	2,63	2,66	2,69	2,74
50	1,64	1,64	1,65	1,65	1,66	1,68	1,70	1,73
100	1,16	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22

TABEAU 4.9 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES MENSUELLES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= OUTAOUAIS=MAURICIE

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	9.29	9.35	9.45	9.57	9.74	10.06	10.42	10.89
2	6.57	6.61	6.68	6.77	6.89	7.12	7.37	7.70
3	5.36	5.40	5.46	5.53	5.62	5.81	6.01	6.29
4	4.65	4.67	4.73	4.79	4.87	5.03	5.21	5.45
5	4.16	4.18	4.23	4.28	4.36	4.50	4.66	4.87
10	2.94	2.96	2.99	3.03	3.08	3.18	3.29	3.45
20	2.08	2.09	2.11	2.14	2.18	2.25	2.33	2.44
50	1.31	1.32	1.34	1.35	1.38	1.42	1.47	1.54
100	.93	.93	.95	.96	.97	1.01	1.04	1.09

TABLEAU 4.10 ECART TYPE D ESTIMATION (CM) DE LA MOYENNE DES PRECIPITATIONS SOLIDES MENSUELLES EN HIVER EN FONCTION DE LA SUPERFICIE ATTRIBUEE A CHAQUE STATION ET DU NOMBRE DE STATIONS; REGION= ABITIBI= LAC PERIBONCA

NOMBRE DE STATIONS	SUPERFICIE (KM) PAR STATION							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000
1	10.31	10.34	10.41	10.48	10.59	10.79	11.01	11.32
2	7.29	7.31	7.36	7.41	7.49	7.63	7.78	8.00
3	5.95	5.97	6.01	6.05	6.11	6.23	6.36	6.53
4	5.16	5.17	5.20	5.24	5.29	5.39	5.50	5.66
5	4.61	4.63	4.66	4.69	4.73	4.82	4.92	5.06
10	3.26	3.27	3.29	3.32	3.35	3.41	3.48	3.58
20	2.31	2.31	2.33	2.34	2.37	2.41	2.46	2.53
50	1.46	1.46	1.47	1.48	1.50	1.53	1.56	1.60
100	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.08	1.10	1.13

CHAPITRE 5

RECOMMANDATIONS GENERALES SUR LE RESEAU DE MESURE DES CHUTES DE NEIGE

5.1 LA MESURE DES CHUTES DE NEIGE

Lors d'une chute de neige, il n'y a pas que l'épaisseur de la couche accumulée au cours de l'événement qui soit importante. L'équivalent en eau de cette chute de neige peut être une caractéristique encore plus importante, suivant les besoins.

D'autre part, en dépit de la simplicité de l'instrument et de la redistribution de la neige au sol par le vent au cours d'une tempête de neige, la mesure des chutes de neige, telle que réalisée au Québec, permet de définir une structure spatiale satisfaisante, comme nous avons pu le constater au chapitre 3. Nous considérons donc que ce type de mesure peut être conservé, tout en étant plus étroitement associé à des besoins spécifiques (par ex.: l'état des routes).

La mesure de l'équivalent en eau des chutes de neige devrait, par contre, être encouragée et développée le plus tôt possible, aux stations situées sur des bassins où ce type de renseignement peut s'avérer des plus utiles, pour fins de prévisions hydrologiques en particulier.

Le réseau de mesure des chutes de neige pourrait donc être constitué de stations où l'on mesure à la fois l'épaisseur et l'équivalent en eau de ces chutes de neige et de stations où seulement l'une des deux mesures est réalisée, tout probablement celle de l'épaisseur.

5.2 IDENTIFICATION DE ZONES D'ECARTS TYPES ELEVES

Notons immédiatement que les remarques présentées à la section 5.1 du tome II de ce rapport, tome portant sur les précipitations liquides, s'appliquent aussi dans le cas du réseau de mesure des chutes de neige. Nous ne ferons donc qu'en rappeler l'essentiel avant de passer à l'identification des zones proprement dite.

Comme nous l'avons écrit dans le tome II, les remarques qui suivent ont comme seul but d'attirer l'attention sur certaines zones ou régions où les écarts types nous paraissent relativement élevés, quel que soit le pas de temps. Par la suite, en fonction de précisions déterminées à partir des besoins, il faudra vérifier si le réseau permet de répondre adéquatement aux besoins.

En ce qui a trait aux stations, le réseau de mesure des chutes de neige est le même que celui qui permet de mesurer les chutes de pluie; aussi, les "trous" remarquables dans l'un, se retrouvent dans l'autre. Il se peut toutefois, compte tenu de la structure des précipitations, que les écarts types associés à ces "trous" ne soient pas aussi importants, relativement, dans le réseau de mesure de chute de neige que dans le réseau pluviométrique, ou, au contraire, le soient davantage.

Nous avons donc étudié l'ensemble des cartes des planches N-2 et N-4 afin d'en faire ressortir les zones où le réseau nous semblait déficient.

Au niveau des écarts types minima, nous remarquons qu'au pas de temps journalier, les valeurs varient peu d'une région à l'autre, valant 1 cm dans quatre (4) des cinq (5) régions et 1.25 cm dans la cinquième (planche N-2). Par ailleurs, au pas de temps mensuel, avec des écarts types minima de 8 cm, l'Estrée se situe nettement au-dessus des autres régions où les écarts types minima sont de 4 ou 5 cm.

Les écarts types maxima sont à peine plus variables. En effet, au pas de temps journalier, ils oscillent surtout entre 1.50 et 1.75 cm, mais atteignent 2.75 cm sur la Basse Côte Nord, alors qu'au pas de temps mensuel, les valeurs varient entre 8 et 10 cm. À part la Basse Côte Nord, au pas de temps journalier, et l'Estrée, au pas de temps mensuel, les autres régions possèdent des limites relativement identiques.

Nous avons tout d'abord identifié toutes les zones ayant des écarts types supérieurs à des seuils donnés, tant au pas de temps journalier qu'au

pas de temps mensuel. Nous avons alors choisi arbitrairement un seuil à chaque pas de temps afin de déterminer les zones affectées des écarts types les plus élevés. Ces seuils sont de 2 cm au pas de temps journalier et de 8 cm au pas de temps mensuel. Nous obtenons alors les zones suivantes:

- les bassins moyens et supérieurs des rivières de la Côte Nord (carte C de la planche N-2). Notons que selon les hypothèses émises au chapitre 3, nous retrouvons cette zone aussi au pas de temps mensuel;
- le territoire situé entre les lacs Pimpuacan et Manouane et le réservoir Manicouagan (carte B de la planche N-4);
- la région de l'Estrie, sauf le bassin de la rivière Eaton (carte C de la Planche N-4);
- l'extrême ouest de la région Outaouais - Mauricie (carte D de la planche N-4);
- le bassin inférieur de la rivière Harricana.

D'autres zones, d'écarts types un peu moins élevés, pourraient aussi être soulignées, comme le réservoir Gouin et ses environs, les bassins de la rivière Coulonge et le territoire compris entre les réservoirs Michinamécus, Baskatong et Taureau.

Nous avons voulu attirer l'attention sur les zones citées plus haut à cause de l'importance relative des écarts types dont elles sont affectées. Elles ne sont pas les seules, ni nécessairement toutes les premières où des efforts doivent être entrepris pour améliorer le réseau. Les besoins permettront, sans doute, d'établir des priorités reposant sur des critères plus adéquats que la seule précision.

5.3 RATIONALISATION DU RESEAU DANS LE NORD DU QUEBEC

La saison de chutes de neige étant plus longue dans le nord que dans le sud du Québec, il est souhaitable de porter une attention particulière au réseau de mesure des chutes de neige dans cette partie du Québec. Malheureusement, il nous est impossible présentement de produire le même type d'analyse pour cette région que pour les autres, compte tenu du manque de données. En effet, au 1er janvier 1978, le réseau en place dans le nord du Québec ne montait guère plus haut que 56° nord, à part quelques stations isolées. Nous croyons que des stations devraient être ouvertes dans l'extrême nord du Québec, tout au moins pour quelques années, afin de connaître, avec un minimum de précision, les caractéristiques climatologiques de cette région.

Entre la partie du Québec que nous avons pu étudier et 54° nord, un certain nombre de stations ont été implantées au cours des dix (10) dernières années. La distribution spatiale de ces stations est relativement bonne, mais la distance entre ces stations est, sauf pour quelques exceptions, trop grande pour que la structure des précipitations puisse être connue à de courtes distances. De plus, au moment de réaliser la présente étude, ces stations ne comptaient pas assez de données sur support informatique.

Nous suggérons, par conséquent, d'accélérer le traitement des données acquises depuis la création de ces stations, de manière à ce qu'une étude de ces données puisse être entreprise le plus tôt possible, afin de compléter l'étude actuelle, dans cette partie du Québec. De plus, dans le but de connaître avec un minimum de précision la structure des précipitations aux courtes distances, au moins au pas de temps journalier, nous suggérons l'établissement d'un réseau temporaire de stations visant à corriger cette lacune. Ce réseau pourrait comprendre une dizaine de stations dans chacune des "régions" potentielles de cette partie du Québec. Ces régions pourraient probablement être identifiées à l'aide des stations existantes, dès que suffisamment de données seront disponibles pour traitement sur ordinateur.

Nous considérons, en outre, que le fonctionnement de ce réseau temporaire sur une ou deux années pourrait être suffisant pour acquérir les données nécessaires à l'analyse projetée. Naturellement, ce réseau temporaire pourrait aussi être établi dans l'extrême nord du Québec, en fonction des besoins, de l'instrumentation et des fonds disponibles.

CHAPITRE 6

ESTIMATION DES ECARTS TYPES PONCTUELS
D'INTERPOLATION DU RESEAU NIVOMETRIQUE

6.1 DEFINITION DES REGIONS

Nous avons déjà expliqué au chapitre 2 les problèmes rencontrés pour la formation d'une banque de données sur les relevés nivométriques. En particulier, le fait que les observations considérées comme faisant partie d'une campagne de mesure ne soient pas toutes prises le même jour, ne facilite pas l'étude de la structure spatiale du couvert de neige et plus précisément de son équivalent en eau. Kopanev (1972) écrit, en effet, que l'erreur de mesure des caractéristiques du couvert nival aux stations est déterminée par une combinaison de conditions météorologiques et, en premier, par le régime de précipitations, la redistribution de la neige au sol par le vent et les périodes de temps doux. Il considère, cependant, qu'aux stations, l'erreur absolue ne dépasse pas 4 à 5 cm, en ce qui a trait à l'épaisseur de neige au sol. Quant à Kagan (1972), il note que le couvert nival varie énormément, en URSS, dans l'espace et dans le temps. Selon lui, la fréquence et le nombre de "lignes de neige" dans une zone donnée, ainsi que la longueur de la "ligne de neige" et le nombre de mesures qui sont effectuées le long de cette ligne peuvent, dans certaines zones, varier considérablement en fonction de la variation spatiale et temporelle du couvert de neige dans ces zones. Nous reviendrons sur ces remarques au chapitre 7.

Par conséquent, compte tenu de ces problèmes affectant l'homogénéité des données portant sur l'équivalent en eau de la neige au sol, leur analyse par les composantes principales n'a pas donné de résultats aussi satisfaisants que dans le cas des autres réseaux. En particulier, les coefficients de corrélation entre les stations ne sont pas toujours très élevés et un certain nombre d'entre eux sont même négatifs. Les résultats de l'analyse en composantes principales ne nous semblent pas suffisamment précis, nous ne leur avons accordé qu'une confiance mitigée.

Considérant donc la liste des stations attribuées à chaque région comme approximative et pouvant contenir des stations non représentatives de la région étudiée, nous avons procédé au calcul des fonctions de structure de chacune des régions, en réalisant plusieurs essais destinés à découvrir et rejeter les stations non désirées. Parmi les "régions" définies par l'analyse

en composantes principales, nous avons donc pu en étudier trois, plus en détail, celles de la Gaspésie - Lac St-Jean, de Trois-Rivières - Estrie et de l'Outaouais - Montréal. La planche N-4 présente les régions que nous avons retenues. Avant de les décrire, nous tenons cependant à préciser que nous les considérons comme approximatives. Le Nouveau-Québec, en particulier, devrait être subdivisé en plusieurs "régions". De même, une zone située entre les réservoirs Cabonga, Baskatong et Michinamécus semble se distinguer de la région dans laquelle elle a été placée actuellement, soit celle de l'Outaouais - Montréal. Enfin, dans la région de Trois-Rivières - Estrie, nous retrouvons des stations associées au même facteur que la région de l'Outaouais - Montréal. Quant à la région de la Gaspésie - Lac St-Jean, c'est celle qui nous apparaît la plus homogène. Les régions présentées sur la planche N-5 sont donc:

A - Région de la Côte Nord

La région de la Côte Nord est limitée, sur la Côte Nord même, par une ligne qui part de Havre St-Pierre vers l'ouest, longeant le littoral à environ 50 km jusqu'au nord de Sept-Iles, puis continue, toujours vers l'ouest, jusqu'à la rivière Manicouagan, à mi-chemin entre Manic-Trois et le barrage Daniel-Johnson. De ce point, elle remonte vers le nord puis le nord-ouest, traversant le réservoir Manicouagan pour s'arrêter un peu au nord-est du lac Plétipi, avant d'obliquer vers l'est, arbitrairement, à environ 52° 40' nord.

La région comprendrait aussi la moitié est de l'île d'Anticosti et les Iles-de-la-Madeleine.

B - Région de la Gaspésie - Lac St-Jean

De Havre St-Pierre à la rivière Manicouagan, la région de la Gaspésie - Lac St-Jean partage la même limite avec la région de la Côte Nord. A partir de la rivière Manicouagan, la limite de la région continue vers le sud-ouest, passant au nord du réservoir Pipmuacan,

puis du lac St-Jean jusqu'à la tête de la rivière Windigo. De là, elle redescend vers le réservoir Michinamécus en faisant un crochet par Sanmaur. Du réservoir, la limite continue vers le sud jusqu'à St-Donat, puis retourne vers l'est en oscillant, soit en passant par Shawinigan, Valcartier, East Broughton, St-George de Beauce et finalement St-Fabien-de-Panet.

Comme nous pouvons le constater, le relief de cette région est assez varié, les points les plus élevés étant situés dans le parc de Laurentides, à l'est du Saguenay et dans la Gaspésie.

C - Région de Trois-Rivières - Estrie

Comme pour les autres réseaux, il existe dans le sud du Québec une région relativement petite. Cette région se situe au sud-est d'une ligne qui part de la frontière américaine sur les bords du lac Memphrémagog et passe par Granby, Louiseville, Shawinigan, Valcartier, East-Broughton, St-George de Beauce et St-Fabien-de Panet.

La région renferme donc en particulier une partie des basses-terres du St-Laurent, le bassin de la rivière St-François et le bassin supérieur de la rivière Chaudière. De plus, la chaîne des Appalaches passe dans la partie sud-est de la région.

D - Région de l'Outaouais - Montréal

Cette région renferme en particulier presque tout le bassin de la rivière Outaouais, du côté québécois. La limite de la région est commune avec celle de la région de Trois-Rivières - Estrie, du lac Memphrémagog à Shawinigan, puis avec celle de la Gaspésie - Lac St-Jean, de Shawinigan au réservoir Michinamécus. De là, elle se dirige vers l'ouest-nord-ouest, en passant approximativement par Val d'Or et Rouyn-Noranda.

Nous pouvons y remarquer les basses-terres du St-Laurent, dans le sud-est, et les bassins des rivières Gatineau et Coulonge. Les réservoirs Baskatong, Cabonga et Decelles, de même que le Grand Lac Victoria, sont donc situés dans la région.

E - Région de Chibougamau - Lac Pléti

Située au nord des régions de l'Outaouais - Montréal et de la Gaspésie - Lac St-Jean et à l'ouest de la région de la Côte Nord, la région est limitée au nord par une ligne partant du nord-est du lac Pléti en direction ouest, en passant à l'ouest du lac Mistassini, jusqu'à Senneterre.

En plus des lacs Mistassini, Manouane, Pléti et Péribonca, nous y remarquons le réservoir Gouin et une fraction importante des bassins d'alimentation du lac St-Jean.

F - Région du Nouveau-Québec

Cette vaste "région" comprend tout le territoire du Québec non décrit dans les régions précédentes. Il est évident que des données adéquates conduiraient à la détermination de plusieurs régions dans cette partie du Québec. Pour le moment, compte tenu de l'imprécision de l'analyse en composantes principales, nous préférons ne pas suggérer de subdivisions possibles.

6.2 ANALYSE DU RESEAU REGION PAR REGION

A - **Région de la Côte Nord**

- Remarques générales sur les caractéristiques de cette région

Trois stations seulement ont permis d'identifier cette région. Il n'est donc pas question de tenter de déterminer la fonction de structure de la région. En l'absence de données plus adéquates, une analyse

des images obtenues par satellite en hiver, et tout particulièrement pendant la période de fonte, devrait permettre d'obtenir une première idée de l'évolution du couvert nival en hiver et de son retrait au printemps. Rappelons qu'il n'existe pas non plus de stations permettant de mesurer les chutes de neige, dans cette région, sauf sur le littoral. Il serait important, si les projets hydro-électriques d'Hydro-Québec semblent devoir se concrétiser, de voir à établir un réseau nivométrique dès que possible dans cette région.

B - Région de la Gaspésie - Lac St-Jean

- Fonction de structure

La région de la Gaspésie - Lac St-Jean est de dimensions relativement grandes, aussi sa fonction de structure a pu être calculée jusqu'à environ 480 km (figure 6.1).

Nous remarquons également que le nombre de stations, ou, plus précisément, de couple de stations, disponibles pour définir la fonction de structure est moindre que dans les réseaux de mesures des chutes de pluie et de neige. Cependant, compte tenu des remarques précédentes sur les résultats de l'analyse de données par les composantes principales, la fonction de structure peut être considérée comme relativement stable, quoiqu'une certaine dispersion des points soit observée. Le type et les valeurs attribuées aux paramètres de la courbe qui a été ajustée aux points sont, par ailleurs, présentés au tableau 6.1.

Enfin, nous notons que, des trois régions étudiées, la région de la Gaspésie - Lac St-Jean est affectée de l'effet de pépite le plus élevé. L'effet de micro-climat est donc plus important dans cette région que dans les deux autres.

Tableau 6.1 Type et valeur des paramètres des courbes ajustées aux fonctions de structure des relevés nivométriques.

Région	Type *	Valeur des paramètres		
		A	B	C
B - Lac St-Jean - Gaspésie	4	0.154419	0.995824	37.083990
C - Trois-Rivières - Estrie	4	0.0886191	0.992902	30.896906
D - Outaouais - Montréal	4	0.240117	0.9846221	9.588368

* Les fonctions ajustées sont les suivantes:

$$1: Y = A + BX$$

$$2: Y = AX^{\frac{B}{X}} + C$$

$$3: Y = A - Be^{-x/c}$$

$$4: Y = CA^{\frac{X}{B}}$$

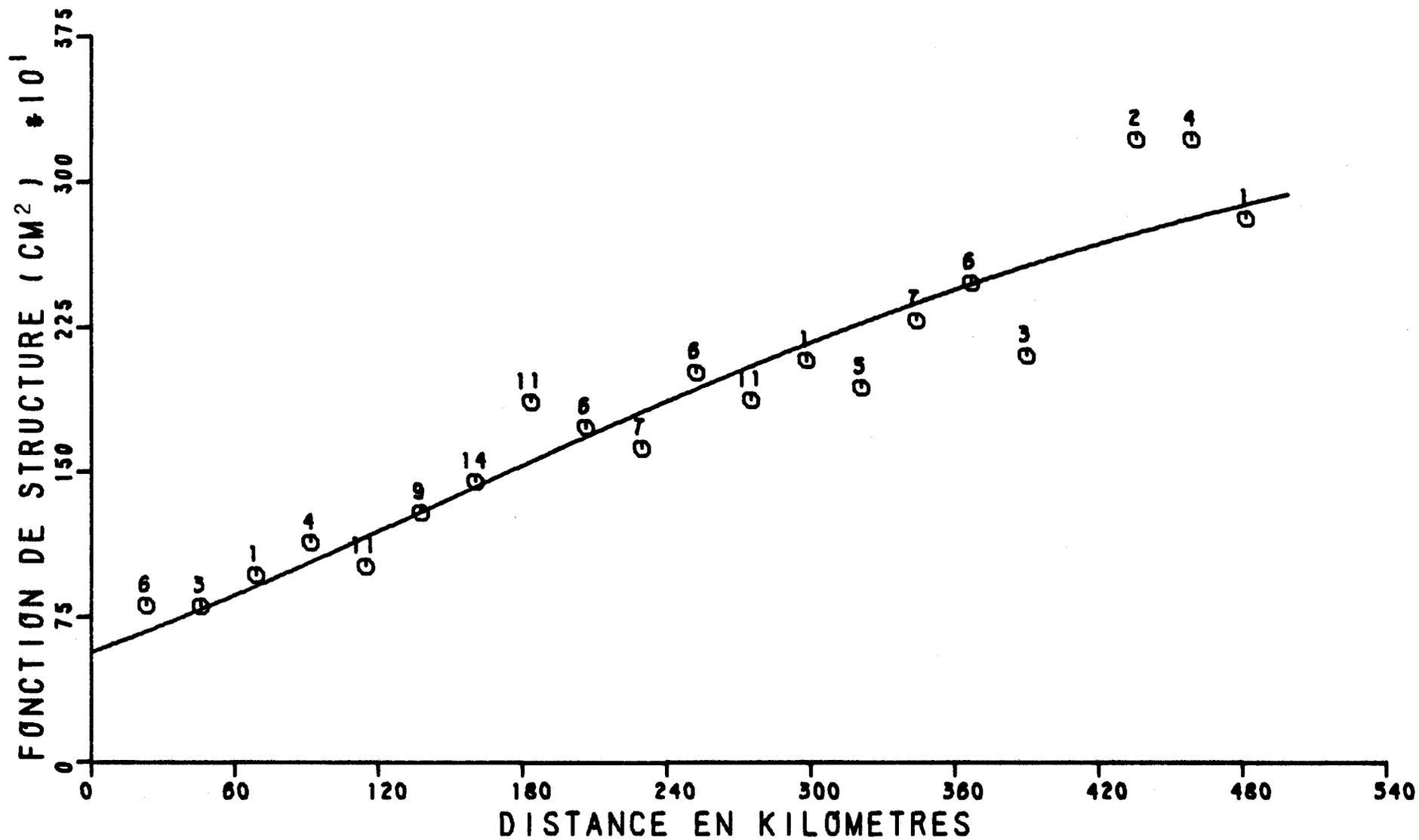


FIGURE 6.1 FONCTION DE STRUCTURE DES RELEVES DE NEIGE AU SOL EN HIVER, REGION : LAC ST-JEAN - GASPESIE

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Pour le réseau nivométrique, comme pour les autres réseaux, les écarts types d'interpolation de l'équivalent en eau du couvert de neige, apparaissant à la figure 6.2, sont ceux qui seraient obtenus au centre d'un "réseau" régulier de six (6) stations nivométriques situées aux sommets de deux triangles équilatéraux emboîtés, de côtés 1 et 2 l respectivement. Nous remarquons que les écarts types valent 0.98, 1.50, 1.90 et 2.42 cm, selon que la distance entre les stations est de 0, 50, 100 ou 180 km. L'écart type résultant pour cette dernière distance est donc 2.47 fois plus élevé qu'à l'origine. L'allure de la courbe, traduite en partie par les valeurs que nous venons de mentionner, indique donc que toute diminution de la distance entre les stations devrait conduire à une amélioration des écarts types.

Par ailleurs, malgré, encore une fois, les problèmes rencontrés pour l'étude de ce réseau, l'effet de micro-climat observé dans cette région et, a fortiori, dans les deux autres régions, est en accord avec les remarques de Kopanev (1972), à savoir que les erreurs aux stations ne dépassaient pas, en général, 4 à 5 cm en URSS. Sachant en effet que la densité de la neige au sol est approximativement 0.25, sauf à la fin de la saison lors du mûrissement du couvert de neige, une épaisseur de neige de 4 cm contient 1 cm d'équivalent en eau, soit une valeur comparable aux écarts types à l'origine.

La comparaison des courbes apparaissant à la figure 6.2 indique, en outre, que l'augmentation des écarts types en fonction de la distance entre les stations est relativement semblable dans les trois régions, de 0 à 180 km. Aux courtes distances, les écarts types auraient cependant tendance à être légèrement plus faibles dans les régions environnantes que dans la région de la Gaspésie - Lac St-Jean.

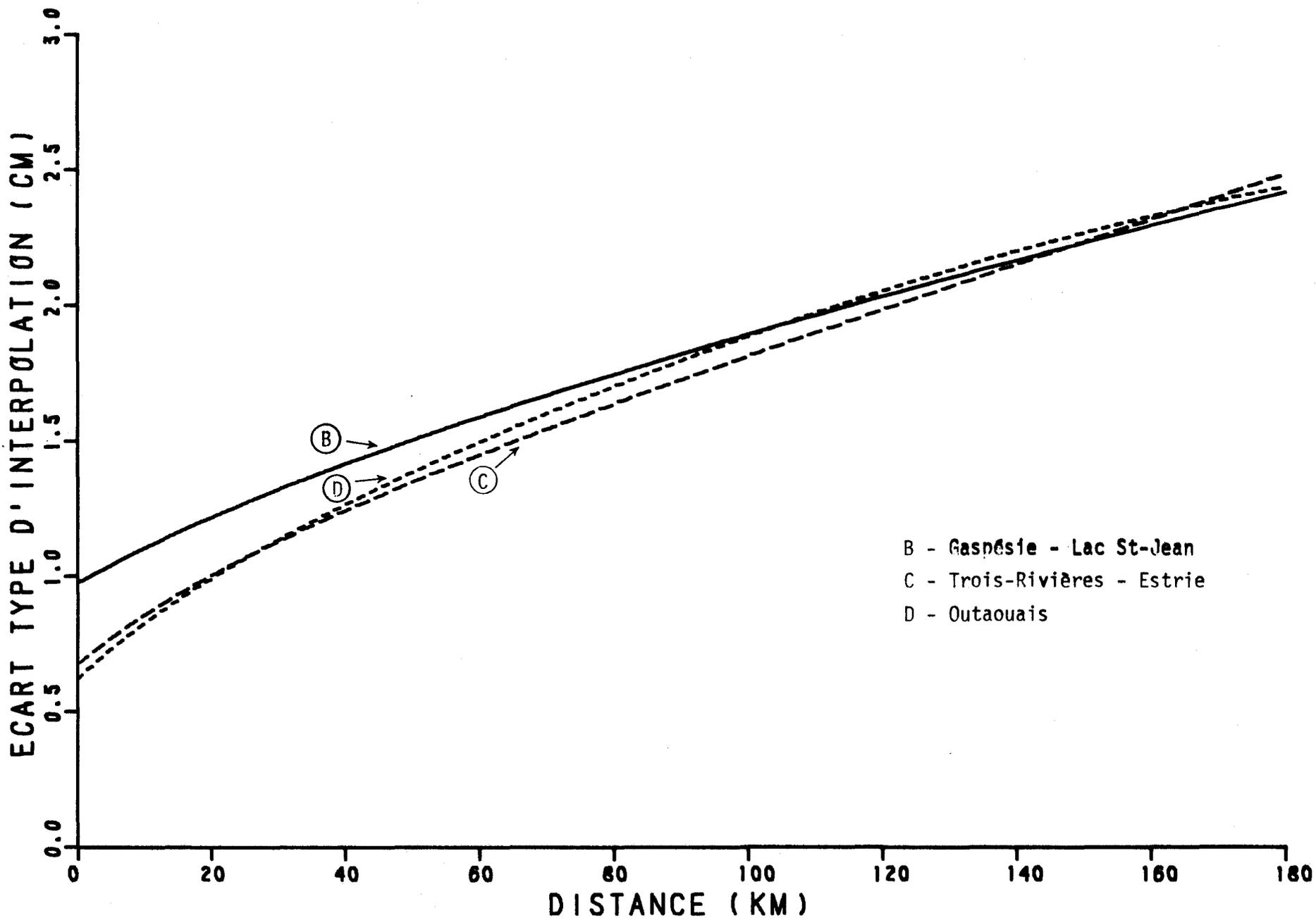


FIGURE 6.2

ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES RELEVÉS DE NEIGE AU SOL EN HIVER, RÉGION DU LAC ST-JEAN - GASPÉSIE.

- Distribution spatiale de l'écart type d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

Le réseau nivométrique québécois est passablement différent du réseau d'acquisition des précipitations journalières, pluie et neige. Une comparaison des planches N-1 et N-5 indique, en effet, que la densité de stations du réseau nivométrique est à la fois plus faible et plus régulière que celle du réseau d'acquisition des précipitations. Nous reviendrons sur les faiblesses du réseau au chapitre 7.

Rappelons que l'analyse des écarts types est effectuée pour la région étudiée uniquement et exclut donc la zone d'influence de la région. Les écarts types ont été calculés dans les zones d'influence pour indiquer les variations possibles d'écarts types, dans les parties des régions situées dans les zones d'influence des régions environnantes.

Dans le cas de la région du lac Saint-Jean - Gaspésie, les écarts types d'interpolation de l'équivalent en eau de la neige au sol varient entre 1.25 et 3.75 cm (carte A de la planche N-6). Pour plus de la moitié de la région, les écarts types fluctuent beaucoup moins, cependant, allant de 1.25 à 2.00 cm.

Contrairement au cas du réseau de précipitations, où la faible densité de stations donnait lieu à un maximum relatif dans le parc des Laurentides, le réseau nivométrique y présente, au contraire, des écarts types minima. Une autre zone d'écarts types minima peut aussi être notée autour de Beauceville, dans le sud de la région.

Les valeurs maximales, quant à elles, se situent sur la Côte Nord et en Gaspésie, là où il n'y a pas de stations.

Dans les parties de la région situées dans la zone d'influence de la région de Trois-Rivières - Estrie, les écarts types pourraient être

légèrement plus faibles, à en juger par la carte B. Dans la zone d'influence de la région de l'Outaouais - Montréal (carte C), aucune modification sensible des écarts types n'est perçue, en fonction de la densité actuelle de stations.

- Modifications suggérées au réseau

Il nous semble évident, d'après la distribution spatiale des écarts types d'interpolation de l'équivalent en eau de la neige au sol, que la Côte Nord et la Gaspésie devraient recevoir une attention particulière, si la densité du réseau nivométrique peut être augmentée dans la région.

De façon générale, la densité de stations pourrait augmenter partout dans la région, mais en fonction de la précision requise pour répondre aux besoins.

C - Région de Trois-Rivières - Estrie

- Fonction de structure

Comme la région de Trois-Rivières - Estrie est beaucoup plus petite que celle de la Gaspésie - Lac St-Jean, la fonction de structure n'est définie que jusqu'à 240 km environ (figure 6.3). De plus, contrairement aux réseaux de mesure des chutes de pluie et de neige, la densité du réseau nivométrique est relativement faible dans cette région. Il s'en suit que le nombre de couples de stations disponibles pour déterminer la fonction de structure est très réduit, comme nous pouvons le constater sur la figure 6.3. Néanmoins, les points obtenus se situent relativement près de la courbe qui leur est ajustée et dont le type et les valeurs attribuées aux paramètres apparaissent au tableau 6.1.

Quoiqu'ayant un effet de pépité plus faible que celui de la région de la Gaspésie - Lac St-Jean, la courbe décrivant la variation de la fonction de structure avec la distance possède un taux d'augmentation plus

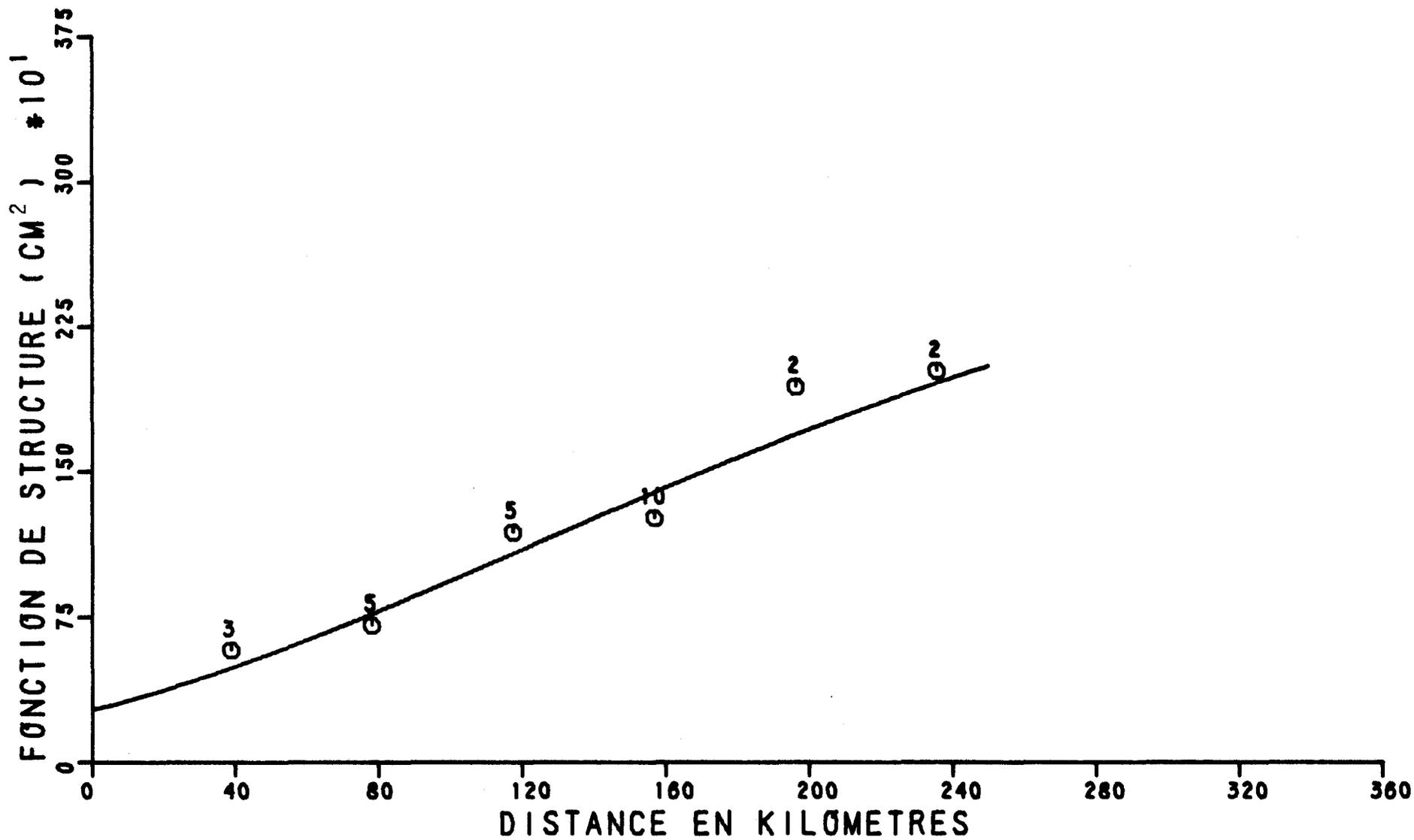


FIGURE 6.3 FONCTION DE STRUCTURE DES RELEVÉS DE NEIGE AU SOL EN HIVER, REGION : TROIS-RIVIERES - ESTRIE

élevé que la courbe de cette dernière région, ce qui fait que les valeurs prises par les deux fonctions de structure ne sont pas tellement différentes, dans la gamme de distances considérées.

- Ecart type en fonction de la distance

Ainsi que nous pouvons le remarquer sur la figure 6.4, la variation de l'écart type en fonction de la distance entre les stations, dans la région de Trois-Rivières - Estrie, indique un taux d'augmentation plus marqué que dans la région précédente, à mesure que la distance entre les stations augmente. Par conséquent, l'augmentation de la densité de stations nivométriques dans cette région se ferait plus ressentir sur les écarts types d'interpolation de l'équivalent en eau de la neige au sol. Ceux-ci valent, en effet, 0.67, 1.35, 1.82 et 2.49 cm, pour des distances de 0, 50, 100 et 180 km entre les stations.

Enfin, dans les parties de la région situées dans les zones d'influence des régions environnantes, les écarts types, aux distances inférieures à 160 km, seront sensiblement identiques, près de la région de l'Outaouais - Montréal, mais légèrement supérieurs près de celle de la Gaspésie - Lac St-Jean. Si, par ailleurs, la distance entre les stations devaient être plus grande que 160 km, les écarts types devraient être réajustés à la baisse dans ces zones d'influence.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

La distribution spatiale des écarts types d'interpolation des équivalents en eau du couvert nival, dans la région de Trois-Rivières - Estrie est relativement uniforme, ainsi que nous l'indique la carte B de la planche N-6. Les écarts types ne varient en effet qu'entre 1.00 cm, près du lac Saint-François et 1.50 cm, le long de la frontière américaine et près de Grand-Mère. Une autre zone d'écart type maximum se situe sur la rive sud du Saint-Laurent, entre Trois-Rivières et Victoriaville, par suite de l'absence de stations dans cette partie de la région.

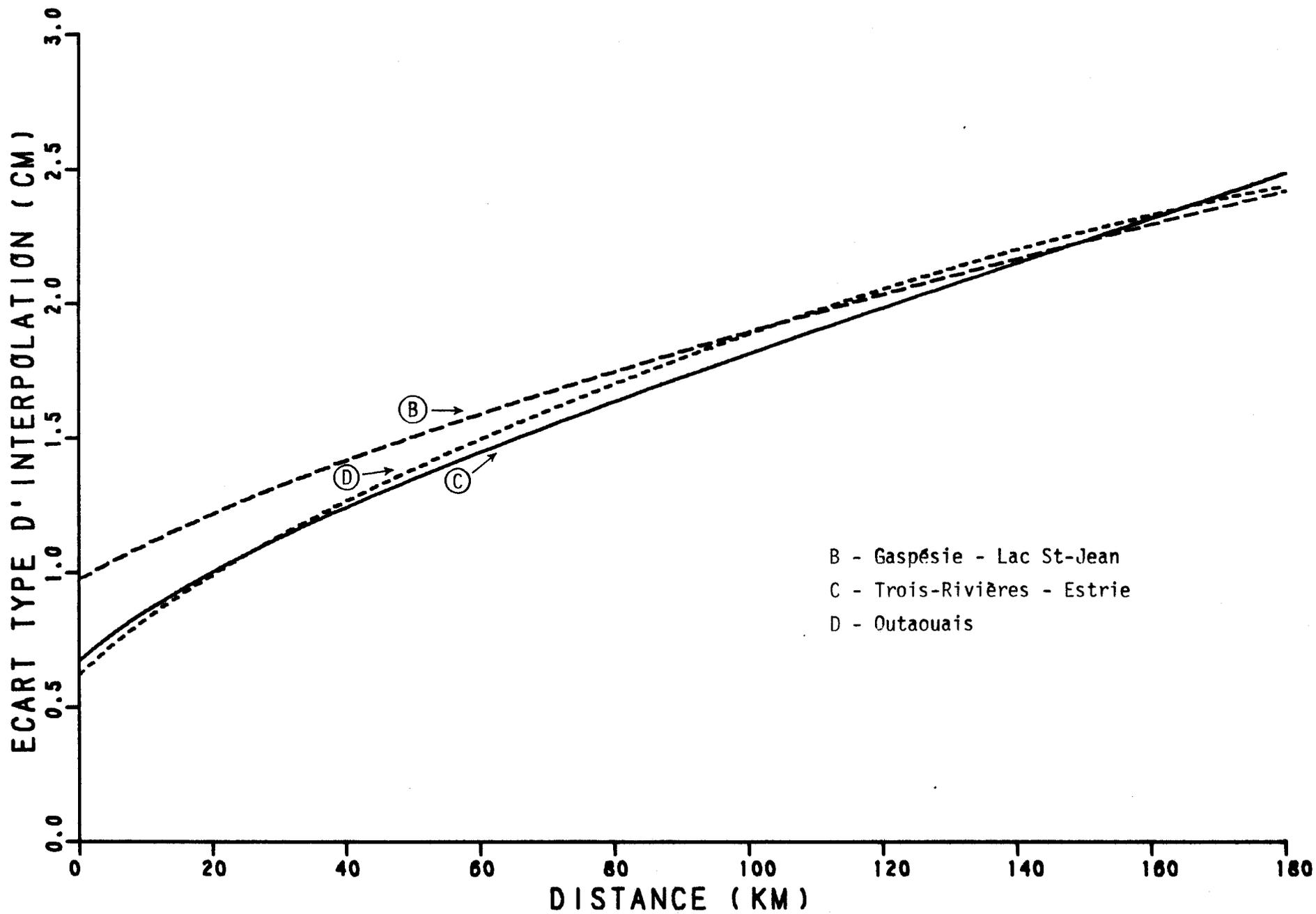


FIGURE 6.4

ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS,
POUR LES RELEVÉS DE NEIGE AU SOL EN HIVER, REGION DE TROIS-RIVIERES - ESTRIE.

D'autre part, comme nous pouvons le constater sur la carte N-5, la zone d'influence de la région de l'Outaouais - Montréal recouvre entièrement la région de Trois-Rivières - Estrie. Cependant, la carte D nous apprend que la distribution spatiale des écarts types dans la partie de la zone d'influence de la région de l'Outaouais - Montréal, qui recouvre celle de Trois-Rivières - Estrie, est essentiellement identique à celle de cette dernière région. Aucune variation d'écart type n'est donc à prévoir en ce qui a trait à l'influence de la région de l'Outaouais - Montréal. Les écarts types dans la zone d'influence de la région du lac St-Jean - Gaspésie laissent prévoir, pour leur part, la possibilité d'une très légère hausse des écarts types. Nous considérons, toutefois, que ces variations ne sont pas significatives.

- Modifications suggérées au réseau

Contrairement au réseau d'acquisition des précipitations journalières, le réseau nivométrique n'est pas tellement dense sur la rive sud du St-Laurent, à l'ouest de la Chaudière. Il y a donc lieu de se demander si les raisons qui ont motivé cette densité relativement faible tiennent toujours. Par ailleurs, dans l'hypothèse où les besoins nécessitent maintenant une meilleure connaissance de la distribution spatiale de l'équivalent en eau du couvert nival dans le sud du Québec, il faudrait se pencher sur les meilleurs moyens de rencontrer les exigences engendrées par ces besoins. En particulier, l'intégration des renseignements fournis par les satellites aux données acquises au sol serait souhaitable.

D - Région de l'Outaouais

- Fonction de structure

La fonction de structure de la région de l'Outaouais - Montréal est nettement plus faible que celle des deux régions précédentes (figure 6.5), avec un palier d'environ 10 cm². Effectivement, cette fonction

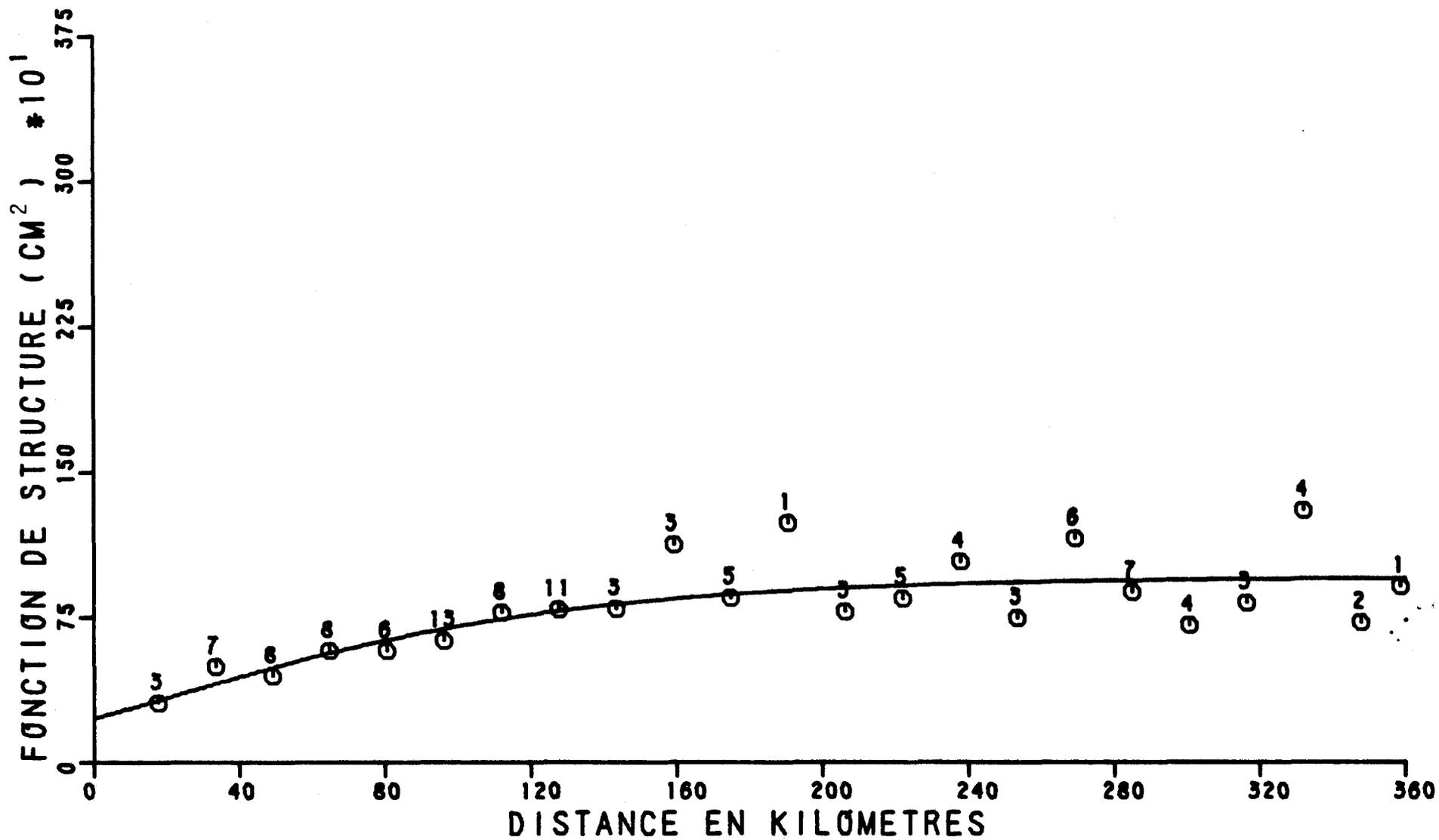


FIGURE 6.5 FONCTION DE STRUCTURE DES RELEVÉS DE NEIGE AU SOL EN HIVER, RÉGION : OUTAOUAIS - MONTREAL

de structure se différencie des deux précédentes par la présence d'un quasi-palier, à partir de 200 km. D'autre part, de 0 à 140 km, les points demeurent relativement près de la courbe qui leur est ajustée. Au delà de cette distance, la dispersion augmente, dénotant une stabilité plus faible de la fonction de structure.

Rappelons que la présence d'un palier indique que les couples de stations dont la distance est telle que la fonction de structure a atteint ce palier, n'apportent pas une information significative à l'écart type, comme nous le verrons sur la figure 6.6.

Enfin, le type et les valeurs des paramètres de la courbe ajustés aux points sont présentés au tableau 6.1.

- Ecart type d'interpolation en fonction de la distance

Comme nous avons pu le remarquer déjà sur les figures 6.2 et 6.4, la variation de l'écart type en fonction de la distance dans la région de l'Outaouais - Montréal (figure 6.6) a la même allure générale que celles des deux autres régions, alors que la fonction de structure de cette région est nettement plus faible que les deux autres. Cette anomalie apparente est causée par la présence d'un palier. Dans les deux cas précédents, les fonctions de structure continuent à croître, de sorte que les observations prises aux stations apportent une information supplémentaire au point où s'effectue l'interpolation, abaissant l'écart type. Ce n'est pas le cas avec un palier, de sorte que les stations, dans ce cas, ne peuvent contribuer à abaisser l'écart type.

Les écarts types valent donc 0.60, 1.40, 1.90 et 2.44 cm pour des distances entre les stations égales à 0, 50, 100 et 180 km. Toute diminution de la distance entre les stations contribue donc à améliorer ces écarts types.

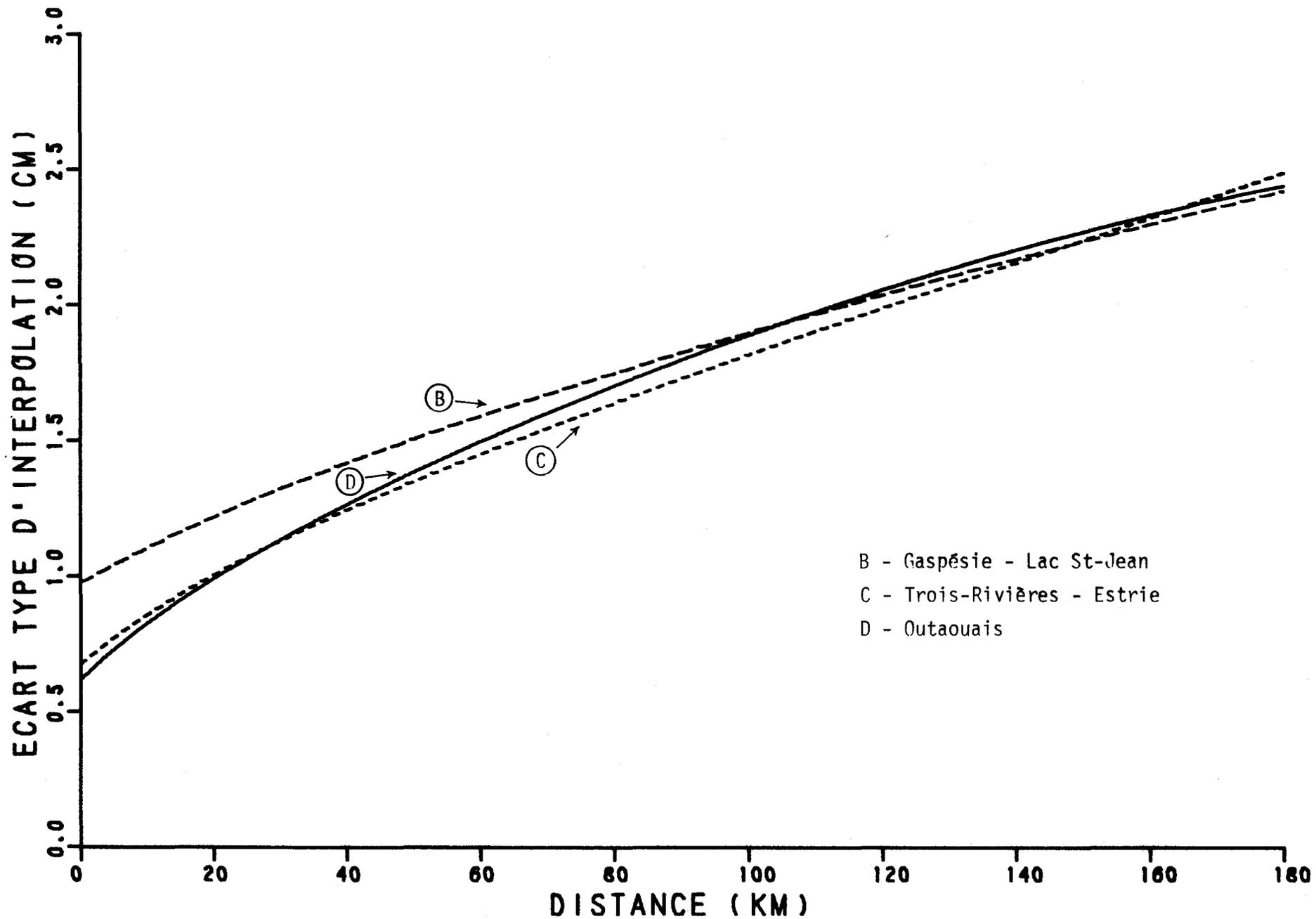


FIGURE 6.6

ECART TYPE D'INTERPOLATION EN FONCTION DE LA DISTANCE ENTRE LES STATIONS, POUR LES RELEVÉS DE NEIGE AU SOL EN HIVER, RÉGION DE L'OUTAOUAIS - MONTREAL.

Enfin, dans les parties de la région située dans les zones d'influence des régions environnantes, aux distances inférieures à 160 km, les écarts types demeurent sensiblement identiques près de la région de Trois-Rivières - Estrie, tandis qu'ils seront légèrement plus élevés près de celle de la Gaspésie - Lac St-Jean. Au delà de 160 à 180 km, les écarts types devraient être plus élevés près des régions voisines.

- Distribution spatiale des écarts types d'interpolation du réseau existant le 1er janvier 1978

Dans la région de l'Outaouais - Montréal, les écarts types minima valent 1.25 cm, comme nous pouvons le constater sur la carte D de la planche N-6. Ils sont surtout répartis selon un axe (sud-est - nord-ouest) allant approximativement de Ste-Agathe à Val d'Or. Nous pouvons noter aussi un axe secondaire transversal perpendiculaire au premier et le croisant au niveau de Mont-Laurier.

Quant aux valeurs maximales, elles valent 2.00 cm et se situent dans l'ouest de la région, entre Belleterre et Bissett (Ontario), ainsi que le long de la limite nord de la région. Ailleurs, les écarts types oscillent entre 1.25 et 2.00 cm, en fonction de la distribution spatiale des stations.

Enfin, la distance entre les stations dépassant en général 50 à 60 km, dans la région de l'Outaouais - Montréal, les cartes B et C n'indiquent pas de modifications sensibles des écarts types dans les parties de cette région situées dans les zones d'influence des deux régions voisines.

- Modifications suggérées au réseau

La distribution des écarts types suggère une partie de la région où le réseau nivométrique est relativement déficient. Il s'agit d'une zone située dans l'ouest de la région et dans laquelle les écarts types

sont supérieurs à 1.75 cm. Cette zone englobe en particulier le bassin de la rivière Coulonge, où déjà le réseau d'acquisition des précipitations conduisait à des écarts types plus élevés qu'ailleurs.

Une étude des besoins, particulièrement pour fins de production hydro-électrique et de protection contre les inondations, devrait permettre de déterminer la précision requise dans cette région.

E et F - Régions de Chibougamau - Lac Plétipi et du Nouveau-Québec

- Remarques générales sur les caractéristiques de ces régions

Les problèmes rencontrés dans l'analyse des données par les composantes principales, de même que la trop grande distance entre les stations disponibles au moment de l'étude, ne nous ont pas permis d'obtenir une idée même très approximative des caractéristiques spatiales du couvert de neige dans ces régions. Sachant toutefois que les couches de neige les plus importantes sont déposées par des tempêtes de grande étendue et que, dans les trois régions étudiées, les écarts types varient à peu près de la même façon en fonction de la distance, nous croyons acceptable de suggérer, en première approximation, d'utiliser les courbes de la figure 6.6 afin d'obtenir une idée initiale, quant à la distance requise entre les stations pour satisfaire à une précision donnée. Encore là, cette précision devra découler de besoins bien établis.

CHAPITRE 7

RECOMMANDATIONS GENERALES SUR LE RESEAU NIVOMETRIQUE

7.1 MESURE DU COUVERT NIVAL

Il n'entre pas dans notre intention de discuter longuement de la façon dont devraient être effectuées les mesures de l'épaisseur du stock de neige et de son équivalent en eau à une station donnée. Nous désirons simplement attirer l'attention sur une remarque de Kopanev (1972). Celui-ci écrit, en effet, qu'on ne peut utiliser des valeurs standards en ce qui a trait à la longueur de la "ligne de neige" et au nombre de points où le couvert nival y est échantillonné. Ces deux caractéristiques de la "ligne de neige", ainsi que le parcours choisi pour cette ligne, devraient être choisis en fonction de la physiographie du site, lui-même devant être représentatif d'une zone plus grande.

Nous suggérons donc de choisir un ou quelques sites variés et de vérifier dans quelle mesure ces remarques s'appliquent au Québec.

7.2 SYNCHRONISATION DES MESURES

L'un des problèmes que nous avons rencontrés au cours de notre analyse des relevés de neige au sol a été la disparité des dates de mesure entre les différentes stations. Nous comprenons les problèmes logistiques reliés à ces mesures, mais croyons qu'il faudrait tenter de les synchroniser davantage. La possibilité de chutes de neige ou de fonte entre la prise de données à deux stations d'une même région limite, en effet, la précision avec laquelle nous pouvons connaître la variation spatiale du couvert de neige à une date donnée, une partie de la variation étant éventuellement due à ces phénomènes.

7.3 FREQUENCE DES MESURES

Outre la synchronisation, la fréquence des mesures affecte aussi la précision avec laquelle nous pouvons connaître la variation spatiale du stock de neige au sol. Kopanev (1972) écrit, d'ailleurs, que l'erreur d'interpolation augmente de façon marquée, que ce soit à couvert ou à découvert,

à mesure que l'intervalle de temps entre les mesures augmente.

Nous considérons qu'il serait important que, dans le cadre de la suggestion proposée en 7.1, des mesures soient réalisées le plus fréquemment possible et à intervalle régulier. L'analyse de ces données, recueillies pendant un ou deux hivers au minimum, devrait permettre d'acquérir des renseignements très intéressants sur la structure temporelle du stock de neige et l'effet de l'intervalle entre les mesures sur la précision de l'interpolation des mesures obtenues aux stations.

7.4 FAIBLESSES DU RESEAU

La fraction du territoire québécois que nous avons pu analyser est relativement restreinte; par contre, la planche N-5 nous permet de constater l'état du réseau nivométrique au début de 1978. C'est à partir de ces deux types d'informations que nous soulignerons les faiblesses du réseau.

Dans les trois régions que nous avons pu analyser, certaines zones sont affectées d'écart types plus élevés qu'ailleurs. Si nous prenons comme critère un écart type au moins égal à 2 cm, nous pouvons noter trois de ces zones:

- la Gaspésie à l'est de Matane;
- la Côte Nord à l'est de Sept-Iles;
- une zone située entre Belleterre et Bissett (Ontario) dans l'ouest du Québec.

D'autres zones pourraient aussi être soulignées mais les écart types y sont plus faibles et leur importance relative dépend des besoins qui seront déterminés dans chacune des régions.

Ailleurs au Québec, la planche N-5 fournit des indications qualitatives sur les zones où le réseau pourrait être plus dense, si les besoins le nécessitent. Notons en particulier:

- le futur complexe hydro-électrique Nottaway-Broadback-Rupert;
- l'Ungava.

La planche N-5 indique, en outre, qu'entre 52° et 55° nord, il existe une distribution de stations qui, sans être très dense, est cependant uniforme. Comme première étape à l'amélioration du réseau dans les deux zones citées plus haut, nous considérons qu'un certain nombre de stations devraient être implantées de manière à obtenir une densité au moins équivalente à celle qui existe entre 52° et 55° nord. De plus, dans le but de connaître le comportement de la fonction de structure aux faibles distances, il serait utile d'opérer quelques groupes de stations plus rapprochées, pendant quelques années.

7.5 INTEGRATION DE LA TELEDETECTION AUX MESURES PRISES AU SOL

Déjà les satellites en orbite permettent de cartographier de façon opérationnelle le retrait du manteau nival au printemps. Les variations d'albédo et de température de la surface de la neige en période de fonte indiquent aussi les régions où la fonte est en cours. La mise sur orbite au cours des prochaines années de satellites encore plus précis fournissant encore plus de renseignement sur l'état du stock de neige, n'est pas à oublier non plus, dans le cadre de la rationalisation du réseau nivométrique.

Notre propos n'est pas de résumer ici les études réalisées à ce jour sur la surveillance du couvert nival, mais plutôt d'attirer l'attention du Service de météorologie sur les possibilités offertes par la télédétection dans ce domaine. Nous sommes en même temps conscients que la télédétection ne peut fournir toutes les réponses. Il arrive souvent que la période de fonte dans une région donnée coïncide avec un ciel particulièrement nuageux.

Si les micro-ondes peuvent alors fournir des renseignements sur les gouttelettes d'eau dans les nuages, les capteurs dans le visible et l'infrarouge ne pénètrent même pas ces nuages.

Nous considérons donc qu'il faut utiliser tout le potentiel de la télédétection dans le domaine du couvert de neige. Cette utilisation signifie l'intégration de la télédétection aux données acquises au sol, intégration permettant d'obtenir les résultats désirés avec un réseau moins dense que celui qui serait requis si uniquement des données au sol étaient disponibles. Il ne s'agit donc pas de remplacer le réseau au sol par la télédétection, mais d'intégrer les deux types de mesures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

KOPANEV, I.D. (1972).

Estimate of the accuracy of determination of snow cover characteristics and recommendations on the rationalization of the snow measurement network. Soviet Hydrology, 2: 122-128.

KAGAN, R.L. (1972).

Snow Cover - Statistical Principles. Casebook on Hydrological Network Design Practice, chapter 1, section 3.2, 9 p.