

Caractérisation des pluies du 7 au 10 novembre 1996 sur le  
sud du Québec

rapport rédigé par

la Direction des services scientifiques

du

Programme de l'Environnement Atmosphérique

services climatologiques

Avril 1998

257666

QC  
925.1  
.C3  
.Q4  
C3  
1998



**Environnement Canada - Région du Québec**  
**Environment Canada - Quebec Region**

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement  
© Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1998  
No de catalogue : En56-129/1998F  
ISBN 0-660-95994-1





## Table des matières

<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>2</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 1 - Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>CHAPITRE 2 - Description des systèmes météorologiques</b> .....	<b>9</b>
2.1 Progression des systèmes météorologiques .....	9
<b>CHAPITRE 3 - Mesures de précipitations</b> .....	<b>23</b>
3.1 Réseau d'observation .....	23
3.2 Précipitation quotidienne .....	25
3.3 Précipitation horaire .....	34
<b>CHAPITRE 4 - Analyse des mesures de précipitations</b> .....	<b>41</b>
4.1 Cartographie des accumulations de précipitation .....	41
4.2 Mesures quotidiennes, comparaison aux records et détermination de récurrences .....	50
4.3 Mesures d'intensité et détermination de récurrences .....	55
4.4 Analyse Hauteur-Surface-Durée .....	56
<b>CHAPITRE 5 - Conclusion</b> .....	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>69</b>

QC  
925.1  
.C3  
.Q4  
C3  
1998

## Liste des figures

Figure		Page
2-1	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 6 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	11
2-2	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 7 novembre 1996 01:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	12
2-3	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 7 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	13
2-4	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 8 novembre 1996 01:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	14
2-5	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 8 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	15
2-6	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 8 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	16
2-7	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 8 novembre 1996 19:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	17
2-8	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 01:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	18
2-9	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	19
2-10	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	20
2-11	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 19:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	21
2-12	Photographie satellite 11 $\mu$ m du 10 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. ....	22
3-1	Stations utilisées pour l'analyse des précipitations tombées entre le 7 et le 10 novembre 1996 .....	24

3-2	Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations de la grande région de Montréal. ....	36
3-3	Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations de la région de l'Abitibi, des Laurentides et de l'Est de l'Ontario.....	37
3-4	Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations des régions de Trois-Rivières, Mauricie, Parc des Laurentides et Québec. ....	38
3-5	Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 00:00 HNE le 10 novembre 1996 pour quelques stations des régions l'est du Québec, Saguenay, Lac St-Jean et Centre du Québec. ....	39
4-1	Accumulation de précipitation entre le 7 novembre 1996 07:00 HNE et le 8 novembre 1996 07:00 HNE.....	42
4-2	Accumulation de précipitation entre le 8 novembre 1996 07:00 HNE et le 9 novembre 1996 07:00 HNE.....	43
4-3	Agrandissement de l'accumulation de précipitation entre le 8 novembre 1996 07:00 HNE et le 9 novembre 1996 07:00 HNE tel que définit à la figure 4-2. ....	45
4-4	Accumulation de précipitation entre le 9 novembre 1996 07:00 HNE et le 10 novembre 1996 07:00 HNE. ....	46
4-5	Accumulation de précipitation entre le 10 novembre 1996 07:00 HNE et le 11 novembre 1996 07:00 HNE. ....	47
4-6	Accumulation totale de précipitation entre le 7 novembre 1996 07:00 HNE et le 11 novembre 1996 07:00 HNE.....	48
4-7	Agrandissement de l'accumulation totale de précipitation entre le 7 novembre 1996 07:00 HNE et le 11 novembre 1996 07:00 HNE tel que définit à la figure 4-6. ....	49
4-8	Carte des périodes de retour ponctuelles pour la pluie totale tombée au cours de la journée climatologique du 8 novembre 1996. ....	53
4-9	Carte des périodes de retour ponctuelles pour la pluie totale tombée au cours des journées climatologiques du 8 et du 9 novembre 1996.....	54
4-10	Évolution horaire interpolée des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations le long de la vallée du Richelieu.....	57

4-11	Évolution horaire interpolée des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations de la grande région de Montréal.....	58
4-12	Évolution horaire interpolée des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations entre la région de Trois-Rivières et la région du Nord du Lac St-Jean. ....	59
4-13	Courbes Hauteur-Surface maximales pour des Durées de 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48 et 72 heures.....	60
4-14	Quantité moyenne de pluie accumulée en 24 heures sur la surface de 10,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. ....	63
4-15	Quantité moyenne de pluie accumulée en 24 heures sur la surface de 10,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay. ....	63
4-16	Quantité moyenne de pluie accumulée en 48 heures sur la surface de 10,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. ....	64
4-17	Quantité moyenne de pluie accumulée en 48 heures sur la surface de 10,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay. ....	64
4-18	Quantité moyenne de pluie accumulée en 24 heures sur la surface de 100,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. ....	65
4-19	Quantité moyenne de pluie accumulée en 24 heures sur la surface de 100,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay. ....	65
4-20	Quantité moyenne de pluie accumulée en 48 heures sur la surface de 100,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. ....	66
4-21	Quantité moyenne de pluie accumulée en 48 heures sur la surface de 100,000 km <sup>2</sup> la plus affectée pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay. ....	66



## Liste des tableaux

Tableau	Page
3-1 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la grande région de Montréal.....	26
3-2 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Est de Trois-Rivières, Lanaudière, Mauricie et Parc des Laurentides.....	27
3-3 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région des Laurentides et de l'Outaouais .....	28
3-4 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Estrie et de la Beauce .....	29
3-5 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Est de l'Ontario .....	30
3-6 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la grande région de Québec .....	31
3-7 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région du Saguenay, Lac St-Jean, Centre et Nord du Québec.....	31
3-8 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Abitibi .....	32
3-9 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région d'Est du Québec: Rive Sud du fleuve St-Laurent.....	33
3-10 Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région d'Est du Québec: Rive Nord du fleuve St-Laurent.....	34
4-1 Accumulations maximales de précipitation en une et deux journées consécutives entre le 7 et 10 novembre 1996, records historiques et récurrences pour les durées correspondantes pour les stations de la région de Montréal. ....	51

4-2	Accumulations maximales de précipitation en une et deux journées consécutives entre le 7 et 10 novembre 1996, records historiques et récurrences pour les durées correspondantes pour les stations hors de la région de Montréal.....	52
4-3	Intensités maximales mesurées entre le 7 et 10 novembre 1996 et récurrences correspondantes pour deux stations du sud du Québec .....	55
4-4	Hauteur de pluie moyenne tombée sur des superficies ayant reçu une quantité maximale de précipitation en 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 et 48 heures consécutives.....	61

## **Chapitre 1 Introduction**

Au cours de la période allant du 7 au 10 novembre 1996, plusieurs régions du Québec ont reçu des quantités de précipitation sous forme de pluie qui ont approché et parfois dépassé les 100 millimètres et ce en moins de 36 heures. Ces chutes de pluie ont eu des impacts importants, surtout sur le sud du Québec, certains médias rapportant que plus de 5000 sous-sols de demeures situées sur la rive sud de Montréal avaient été inondés. Quelques mois après les événements, on parlait de plus de 60 millions de dommages causés par la pluie abondante. Suite à de nombreuses demandes et vu les impacts de ces précipitations, Environnement Canada a entrepris une étude climatologique complète de l'événement.

Le but de ce rapport est donc de présenter, d'expliquer et d'analyser les conditions climatiques qui furent observées au cours de la période allant du 7 au 10 novembre 1996. Plus spécifiquement, l'analyse des données pluviométriques permettra d'estimer l'anormalité des quantités de pluie tombées au cours de cette période pour l'ensemble des localités touchées.

Suivant cette introduction, le chapitre 2 s'attarde sur une description de l'évolution des systèmes météorologiques dans le temps et l'espace. La présentation des images satellitaires et des analyses de surface permet de faire cette description. Le chapitre 3 présente l'ensemble des données pluviométriques validées pour le Québec et l'est de l'Ontario. Le chapitre 4 constitue le noyau de ce rapport puisqu'il réunit l'ensemble des analyses permettant de caractériser cet événement de précipitation abondante. Ce chapitre inclut une cartographie des précipitations observées sur le nord-est de l'Amérique du Nord et des récurrences ponctuelles au Québec, et inclut aussi des comparaisons aux records historiques ainsi qu'une analyse globale de la tempête appelée analyse Hauteur-Surface-Durée. Le chapitre 5 offre un résumé et une conclusion à ce rapport.



## Chapitre 2 Description des systèmes météorologiques

Les pluies observées au Québec le 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 sont provoquées par un creux barométrique qui balaie lentement la province d'ouest en est. Le creux devient quasi stationnaire en plus d'atteindre son intensité maximale lors de son passage sur l'extrême sud du Québec. Les nuages associés à celui-ci génèrent des accumulations de pluie dépassant les 100 millimètres en moins de 36 heures sur certains secteurs du sud de la province.

Ce chapitre présente les images satellitaires et les analyses de surface qui permettent de bien suivre le déplacement des systèmes météorologiques et des nuages associés. Bien que des structures frontales (fronts froids et fronts chauds) étaient présentes pendant la période d'intérêt, elles ont été délibérément omises puisqu'elles ne s'avèrent pas particulièrement utiles dans l'explication du déroulement des événements.

### 2.1 Progression des systèmes météorologiques

La portion supérieure des figures 2-1 à 2-12 présentent le déroulement de l'événement tel que photographié par un satellite géostationnaire pour la période allant du 6 au 10 novembre 1996. La photographie satellitaire se fait à une longueur d'onde de 11  $\mu\text{m}$ , soit dans l'infra-rouge et non dans le visible, permettant ainsi au satellite d'obtenir une photographie à n'importe quel moment de la journée (jour ou nuit). La portion inférieure des figures représente la carte météorologique de surface correspondant à la photographie de la portion supérieure (à 15 minutes près). À noter que les échelles utilisées pour les photographies et les cartes de surface sont similaires mais non identiques.

La figure 2-1 présente la position des nuages et des systèmes météorologiques pour le 6 novembre 1996 à 07h15 HNE. Une dépression en développement est analysée près de la frontière Dakota du Nord-Minnesota et un creux s'étend de cette dépression vers le sud. Les nuages associés à ces deux systèmes sont désorganisés et s'étendent vers l'est jusqu'à l'est de l'Ontario. Les figures 2-2, 2-3 et 2-4 montrent qu'au cours du 7 novembre 1996, la dépression traverse le nord-ouest de l'Ontario pour atteindre la Baie d'Hudson en fin de journée alors que le creux s'y rattachant balaie rapidement la région des Grands Lacs, du nord-est de l'Ontario et de l'ouest du Québec (déplacement d'environ 800 kilomètres en 24 heures). Les nuages associés aux deux systèmes semblent s'unir pour former une masse nuageuse plus consistante et plus imposante. La pluie persistante débute sur l'est de l'Ontario et l'ouest du Québec.

C'est au cours de la journée du 8 novembre 1996 que le creux barométrique arrive sur le sud du Québec. Les figures 2-4 à 2-8 montrent clairement une importante décélération du creux alors qu'il atteint le sud de la province et qu'il devient quasi stationnaire. Tôt dans cette journée, le creux se situe sur le lac Ontario et s'étend vers le nord du Québec et vers la Virginie de l'Ouest alors qu'il est situé près de Montréal 24 heures plus tard tout en gardant la même orientation (déplacement de moins de 400 kilomètres en 24 heures). De plus, les conditions météorologiques en altitude et en surface rendent favorable la formation de précipitation abondante le long du creux: apport continu d'humidité provenant du sud-est des États-Unis, convergence des vents de

bas niveau le long du creux, gradient de température prononcé de part et d'autre du creux, forte libération de chaleur latente, support dynamique important permettant la formation de dépressions le long du creux... L'ensemble de ces facteurs expliquent la forte augmentation des quantités de précipitation lors du passage du creux sur le sud du Québec.

Lors de la soirée du 8 novembre 1996 (figure 2-7), on assiste à la formation d'une dépression sur l'est de la Pennsylvanie. Au cours des heures qui suivent, en particulier lors de la journée du 9 novembre 1996, ce système dépressionnaire s'intensifie (figure 2-8 à 2-12) en se déplaçant vers le nord du Québec le long du creux devenu quasi stationnaire. C'est le passage de cette dépression qui débarrassera le sud du Québec du creux barométrique. La dépression traverse l'état de New York dans la nuit du 8 au 9 novembre 1996 (figures 2-8 à 2-9), passe juste à l'ouest du Richelieu tôt le matin du 9 novembre (figure 2-9) et se retrouve sur la portion ouest du centre du Québec (figure 2-10 et 2-11). Ainsi, le sud du Québec observe de la pluie parfois forte avec l'arrivée du creux au cours de la journée du 8 novembre et les précipitations se poursuivent jusqu'au passage de cette dépression, le matin du 9 novembre. C'est suite au passage de la dépression que le creux et la zone de pluie associé reprennent un déplacement rapide vers l'est au cours de la journée du 9 novembre.

La figure 2-12 montre la dépression, qui a traversé le Québec du sud au nord, graduellement se dissiper sur l'extrême nord de la province. On observe aussi un creux résiduel qui s'est déplacé du sud du Québec vers la Gaspésie et la Côte Nord. Les quantités de précipitation laissées lors du passage de ce creux sont nettement inférieures à celles laissées alors que le creux couvrait le sud de la province. Le Québec est par la suite envahie par une masse d'air plus fraîche et plus sèche.

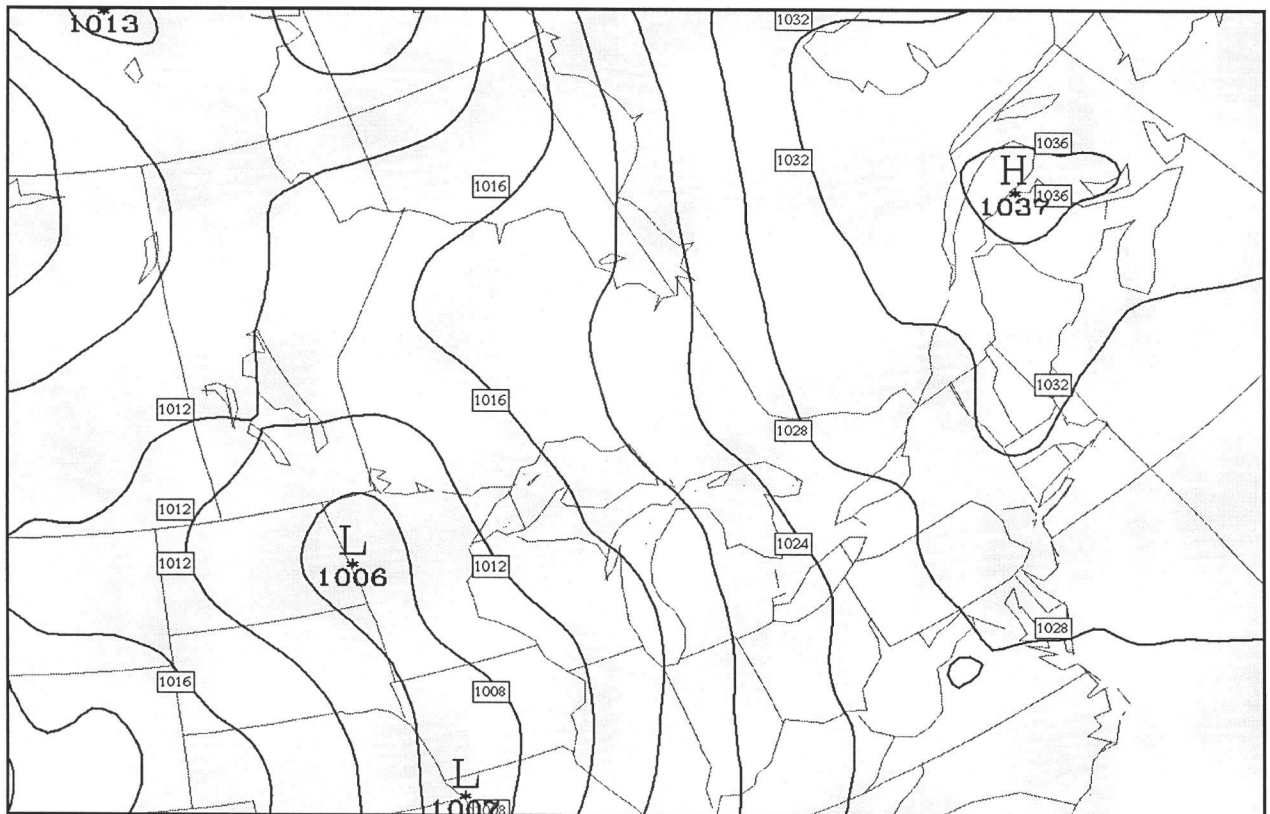
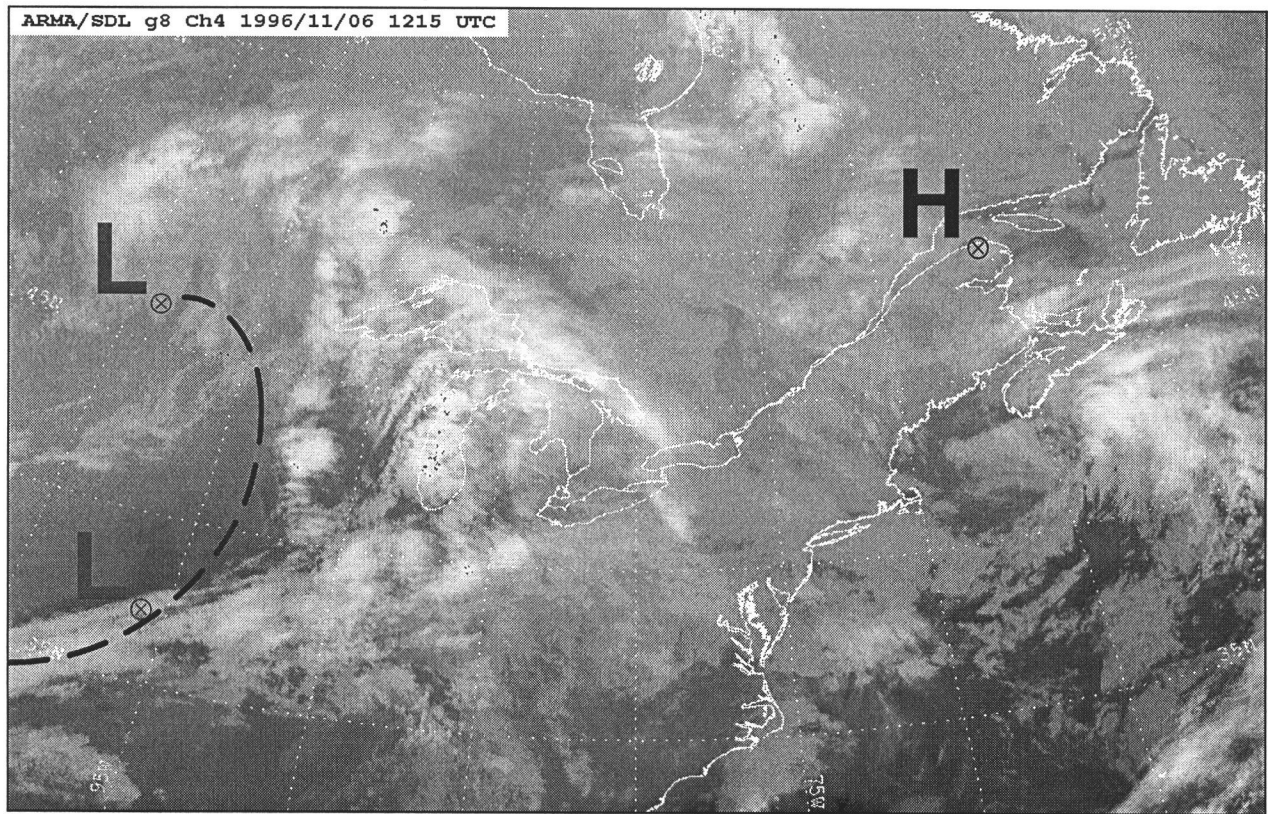


Figure 2-1: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 6 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

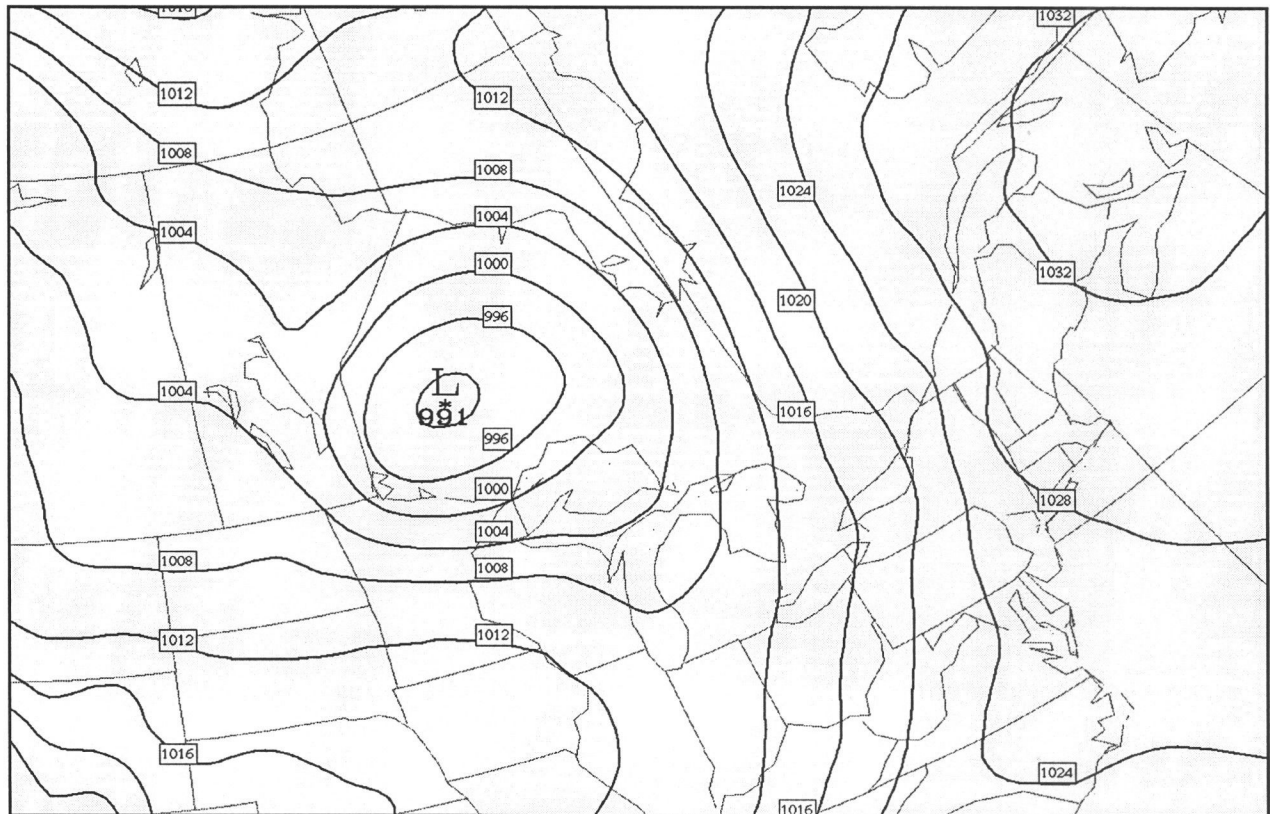
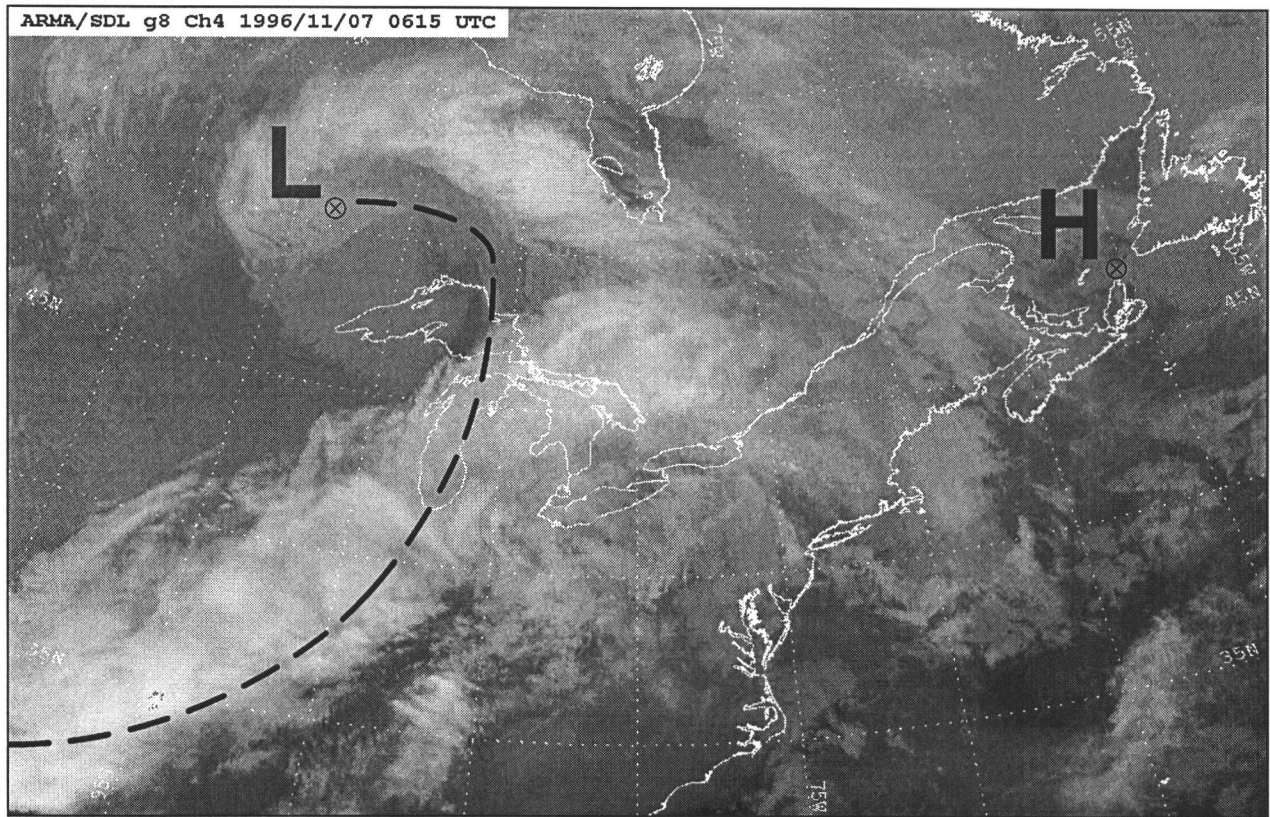


Figure 2-2: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 7 novembre 1996 01:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).



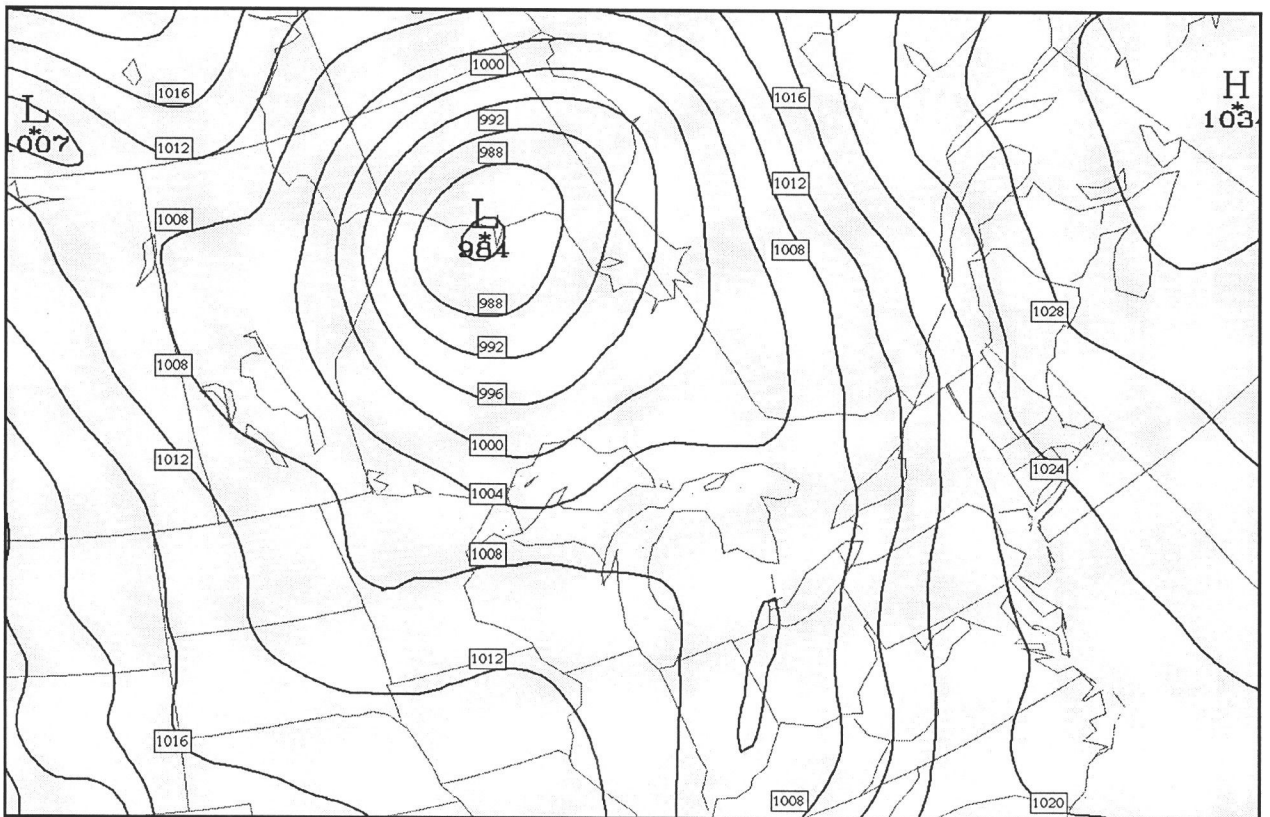
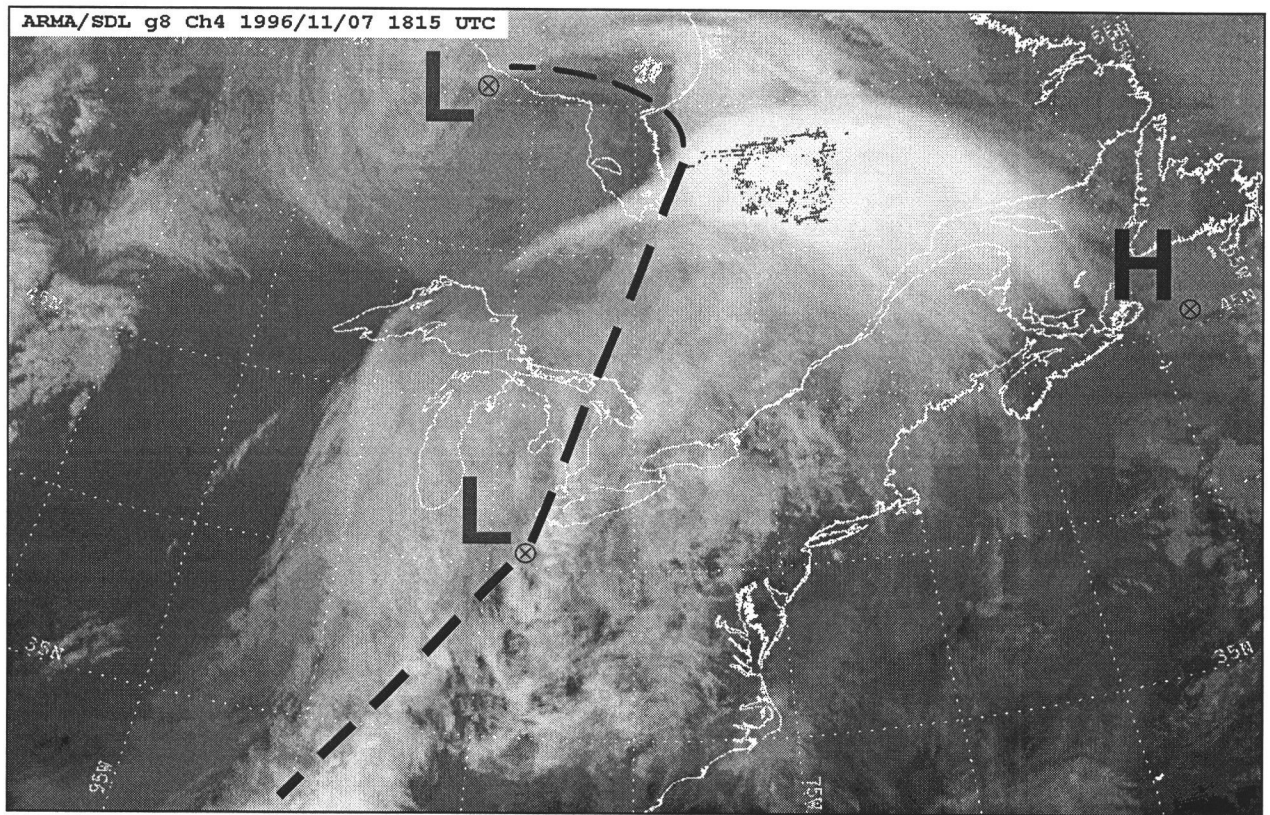


Figure 2-3: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 7 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

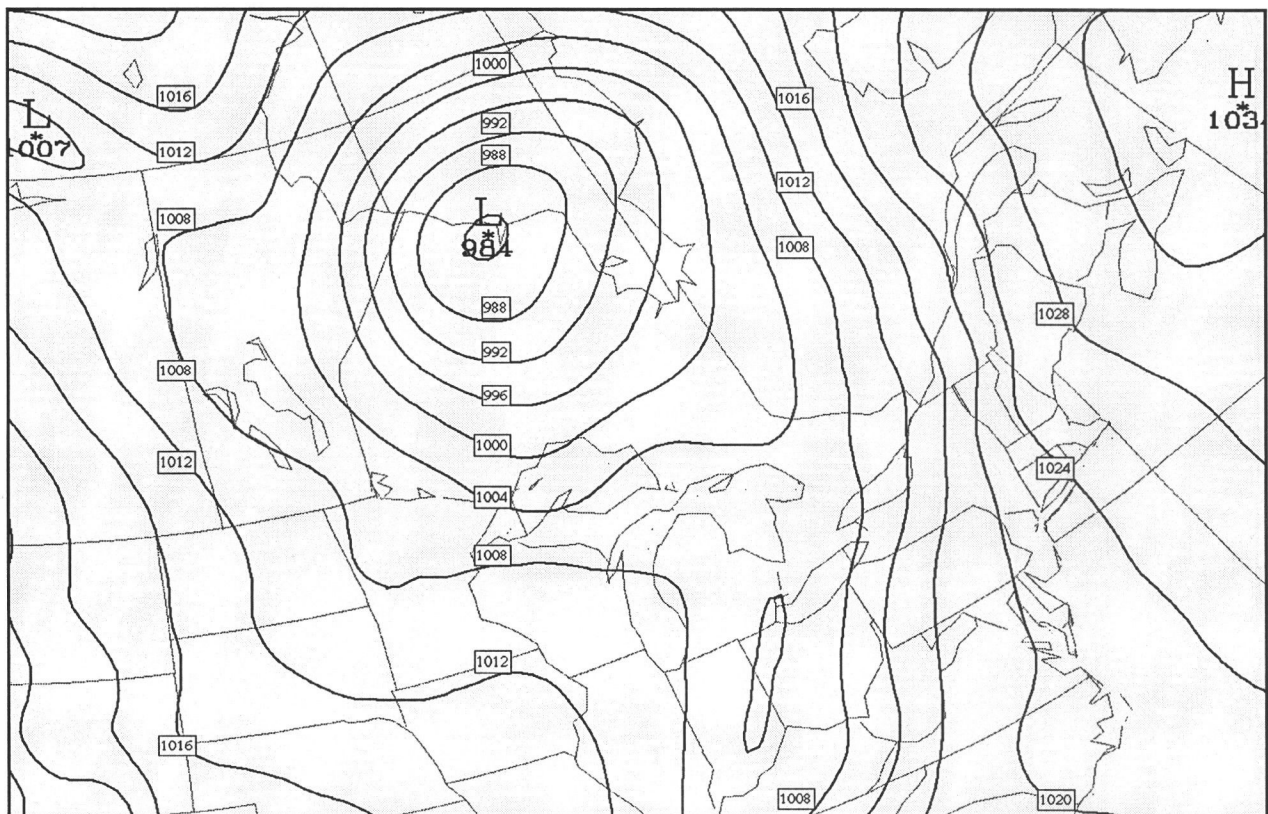
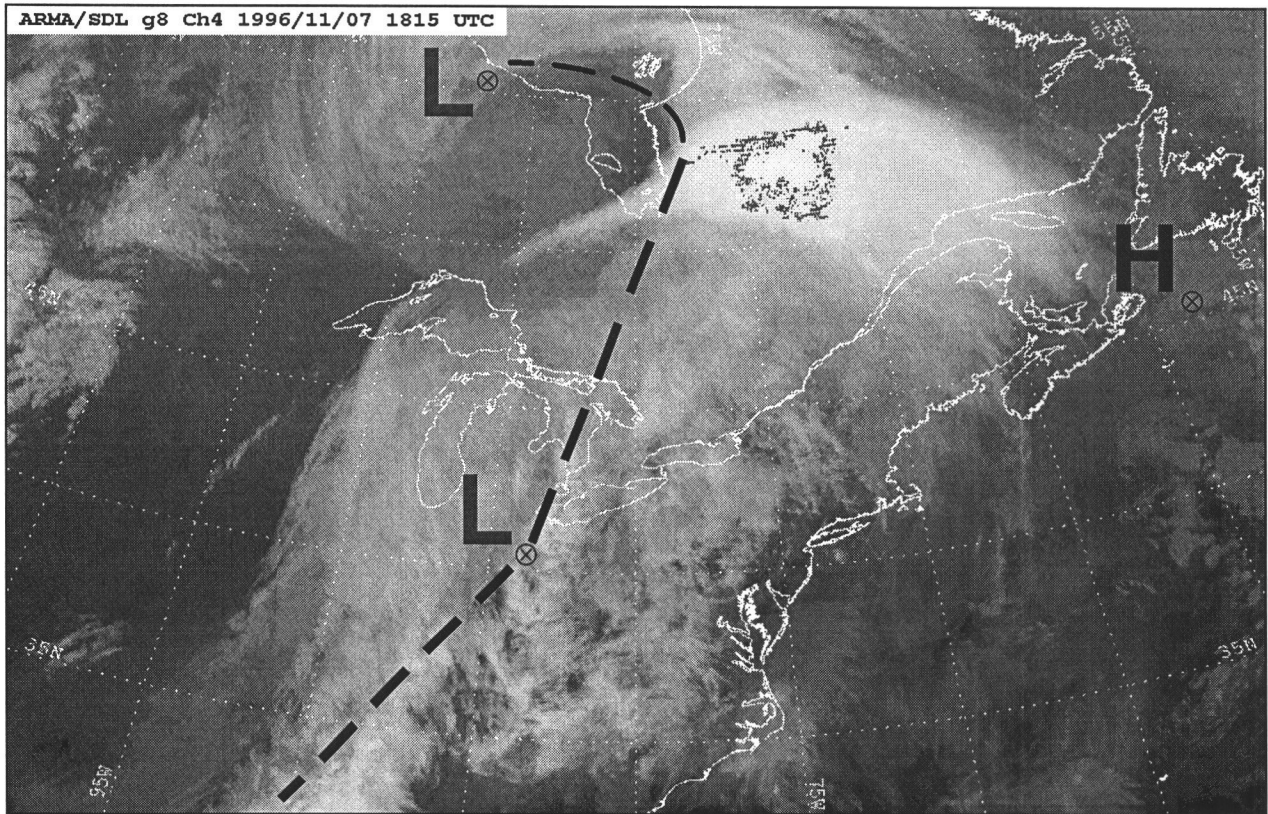


Figure 2-3: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 7 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

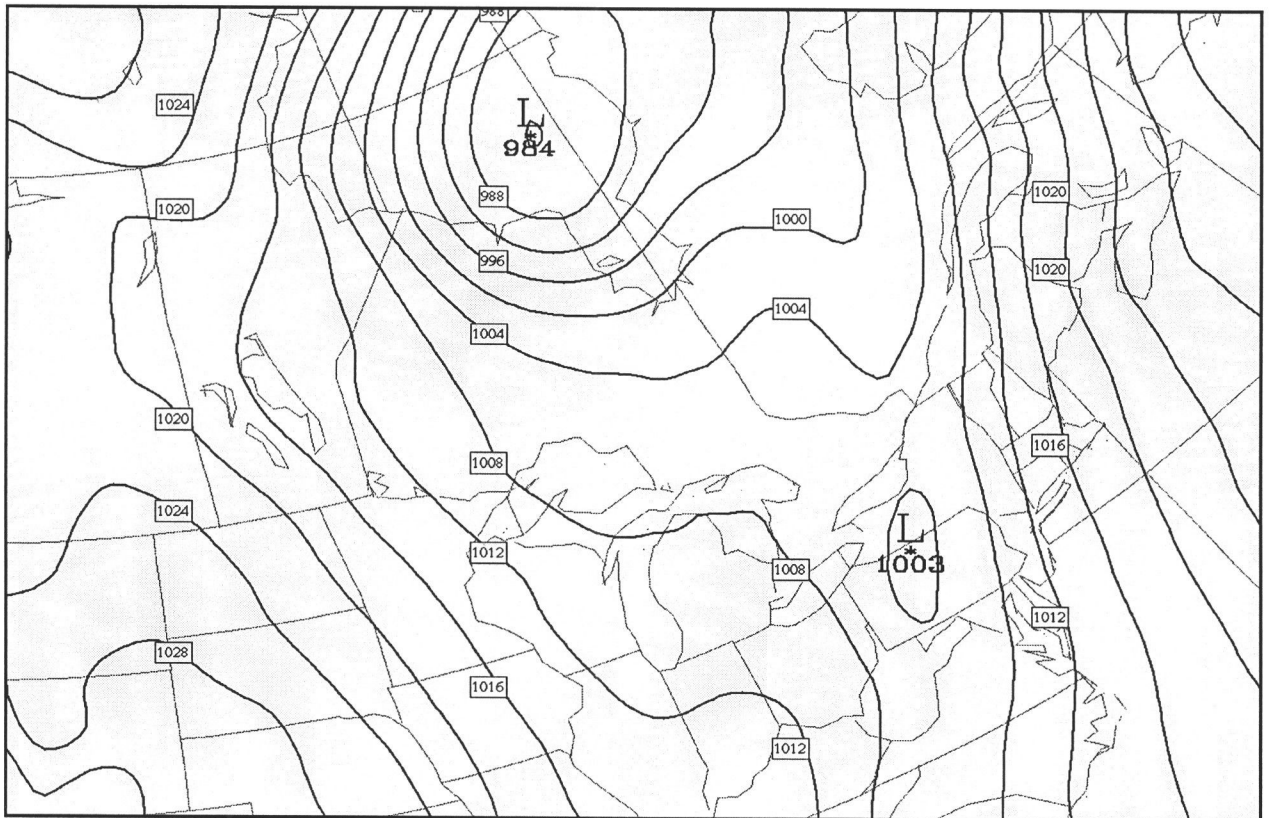
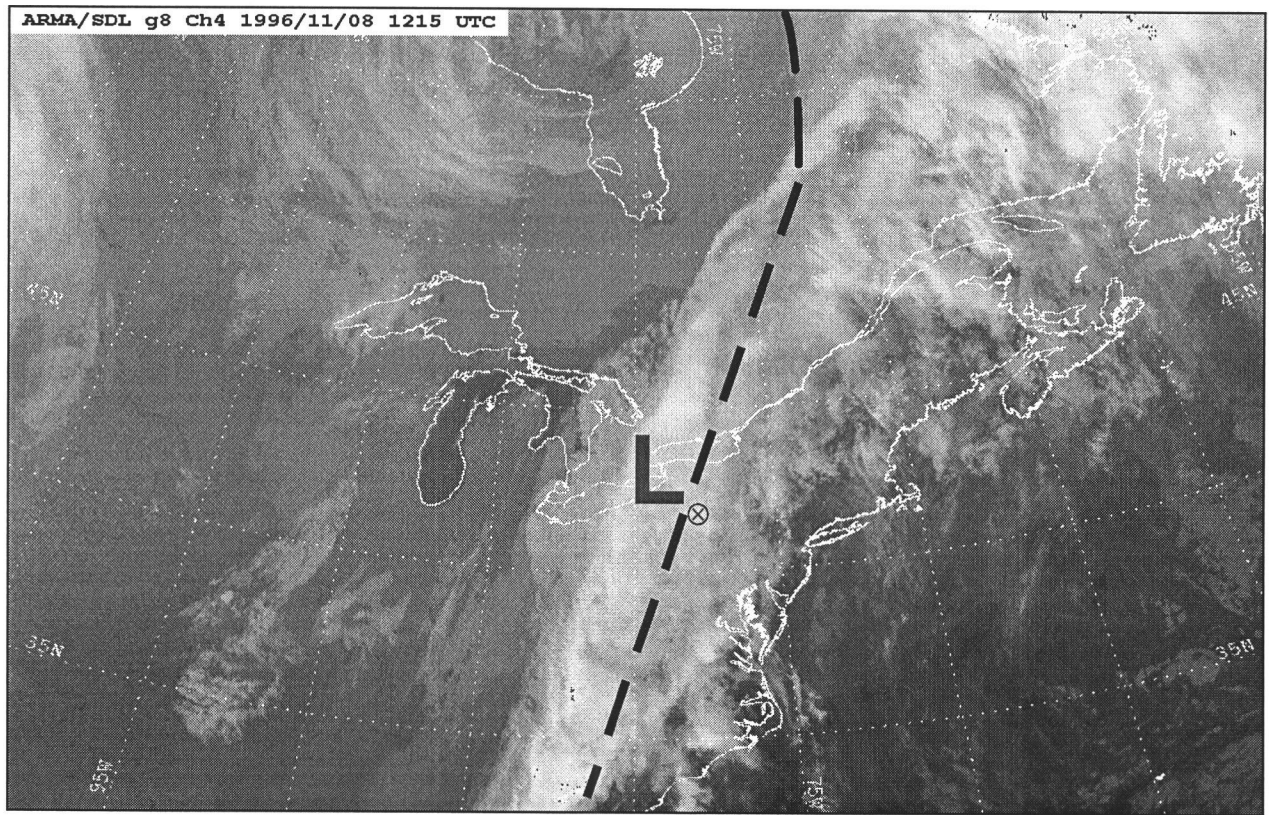


Figure 2-5: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 8 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

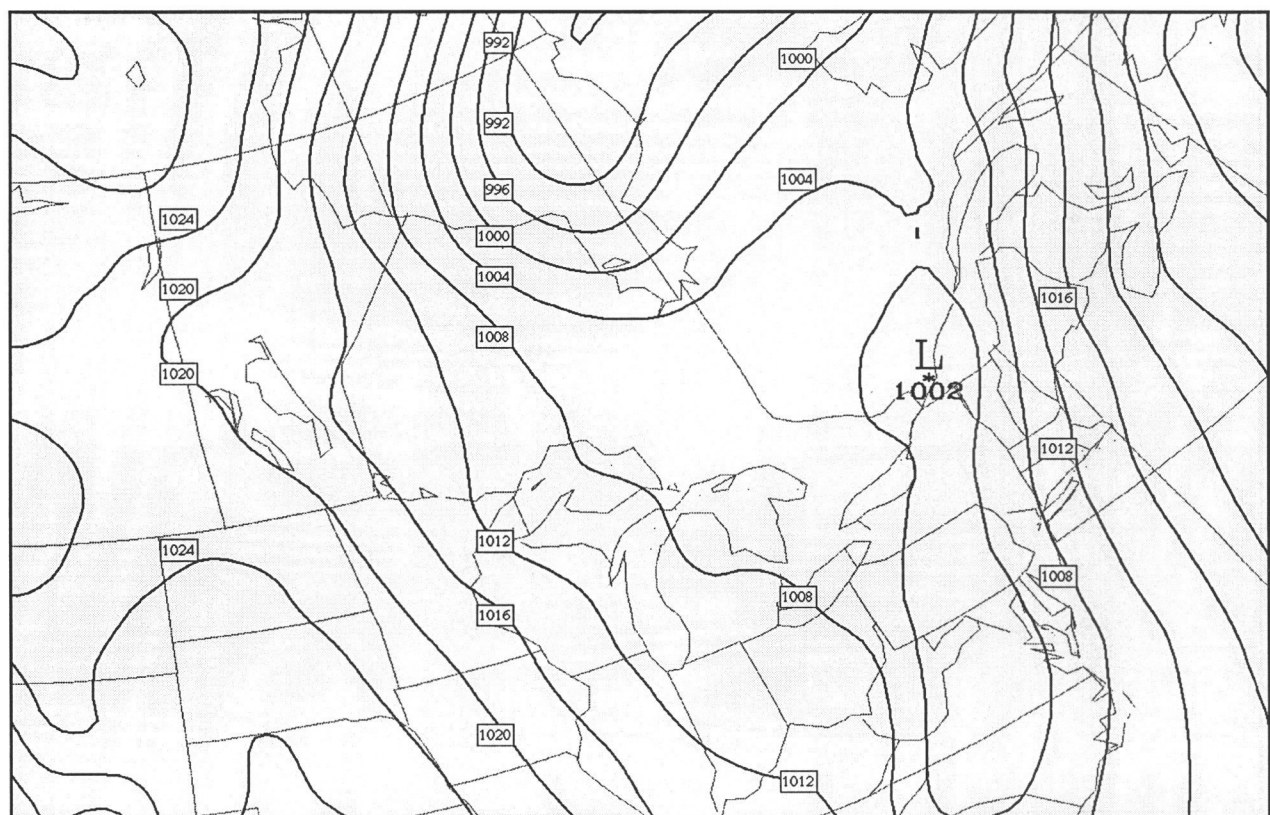
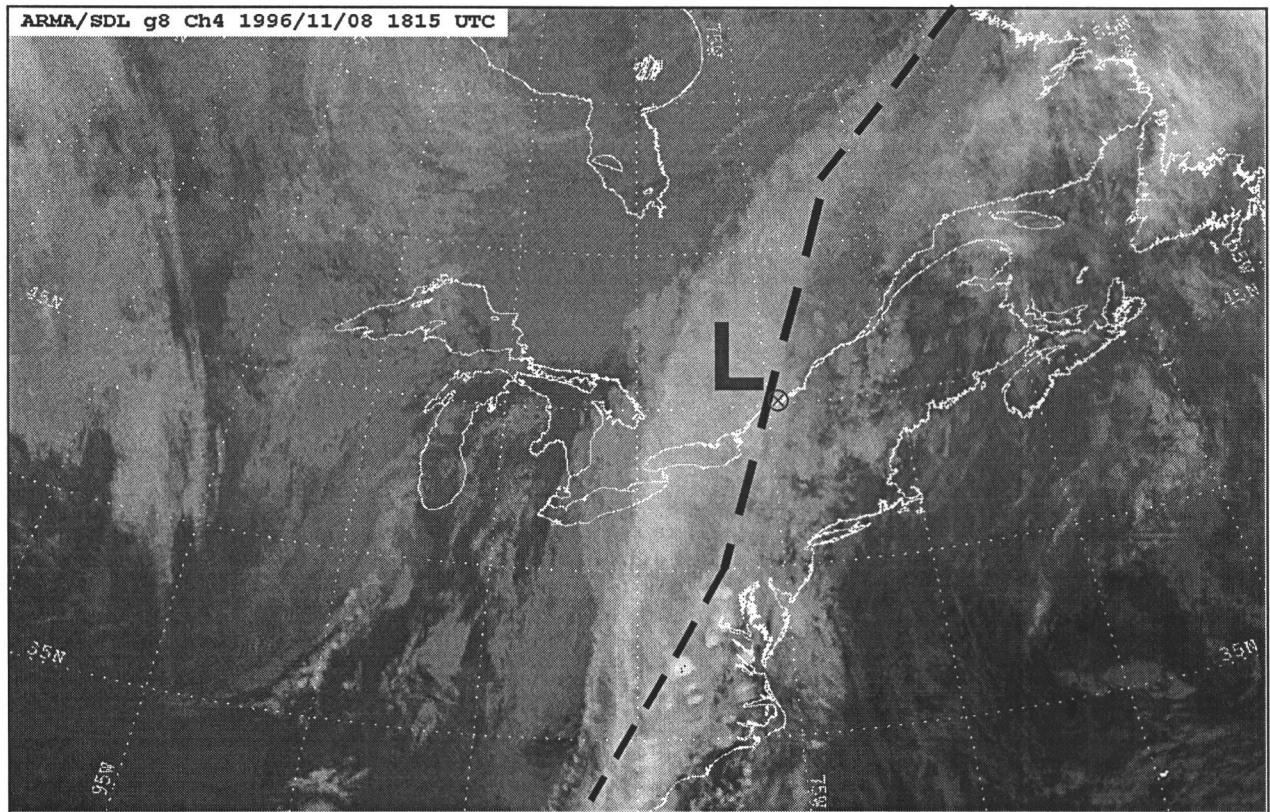


Figure 2-6: Photographie satellite 11µm du 8 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

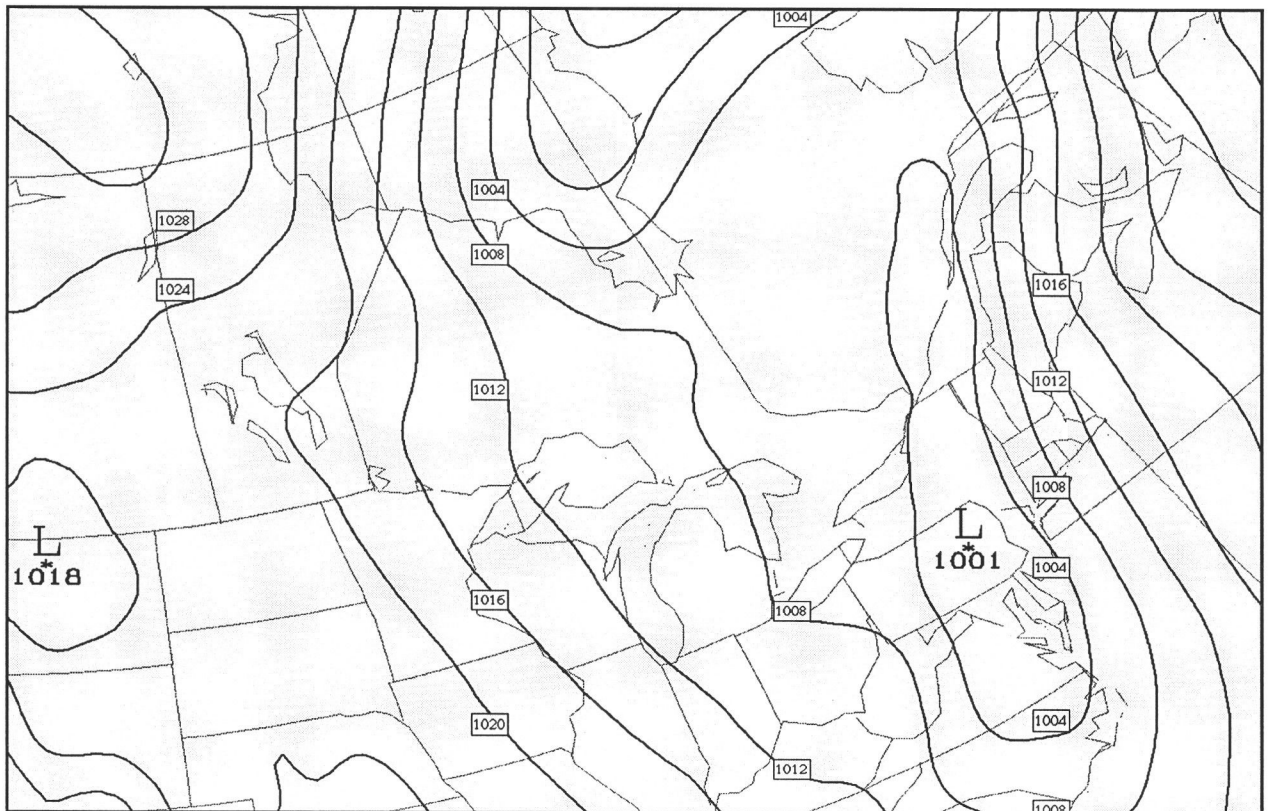
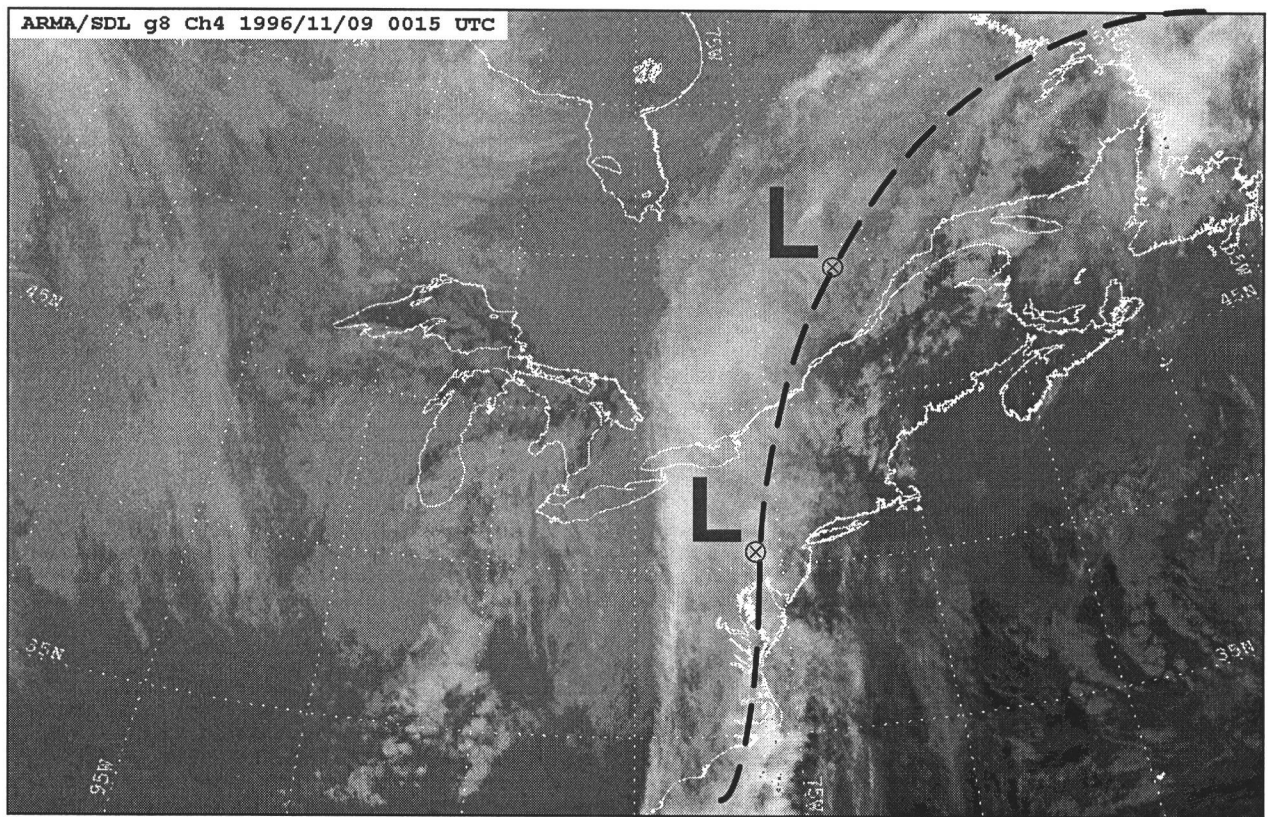


Figure 2-7: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 8 novembre 1996 19:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

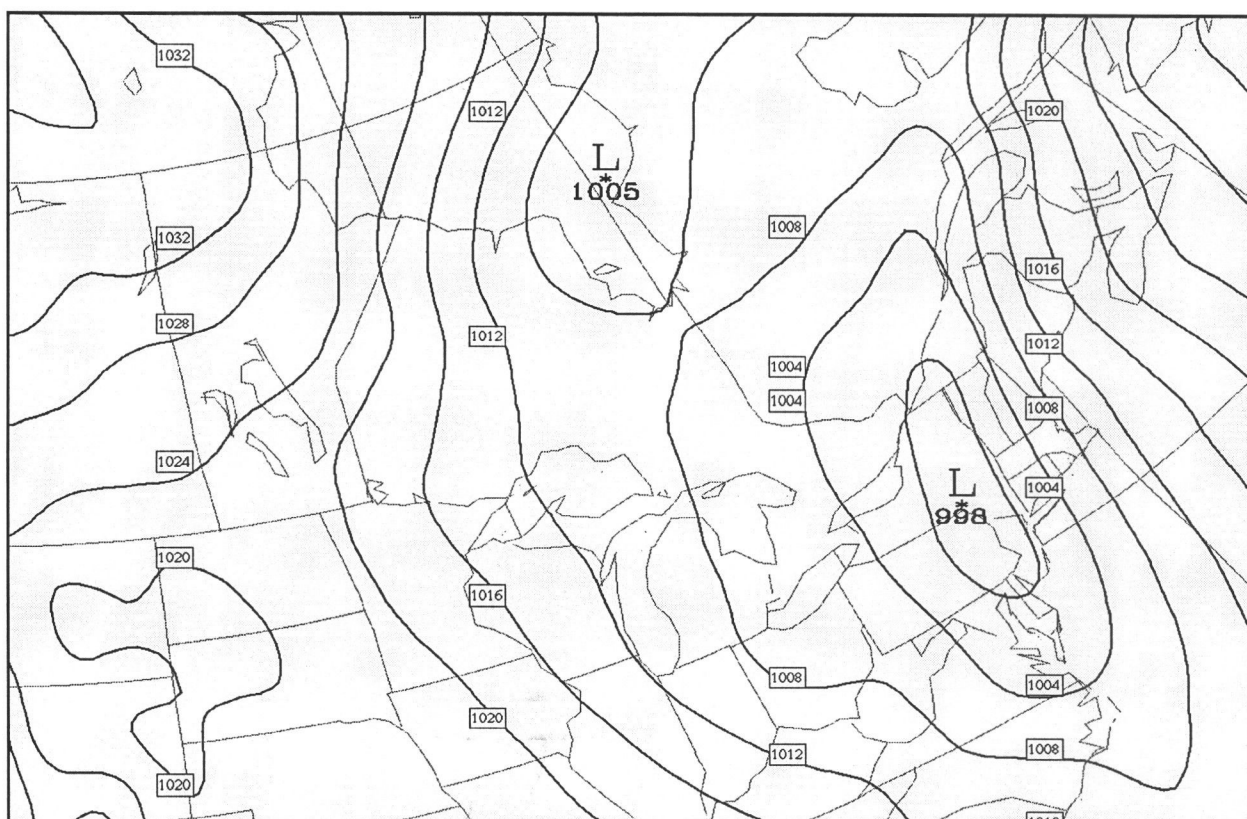
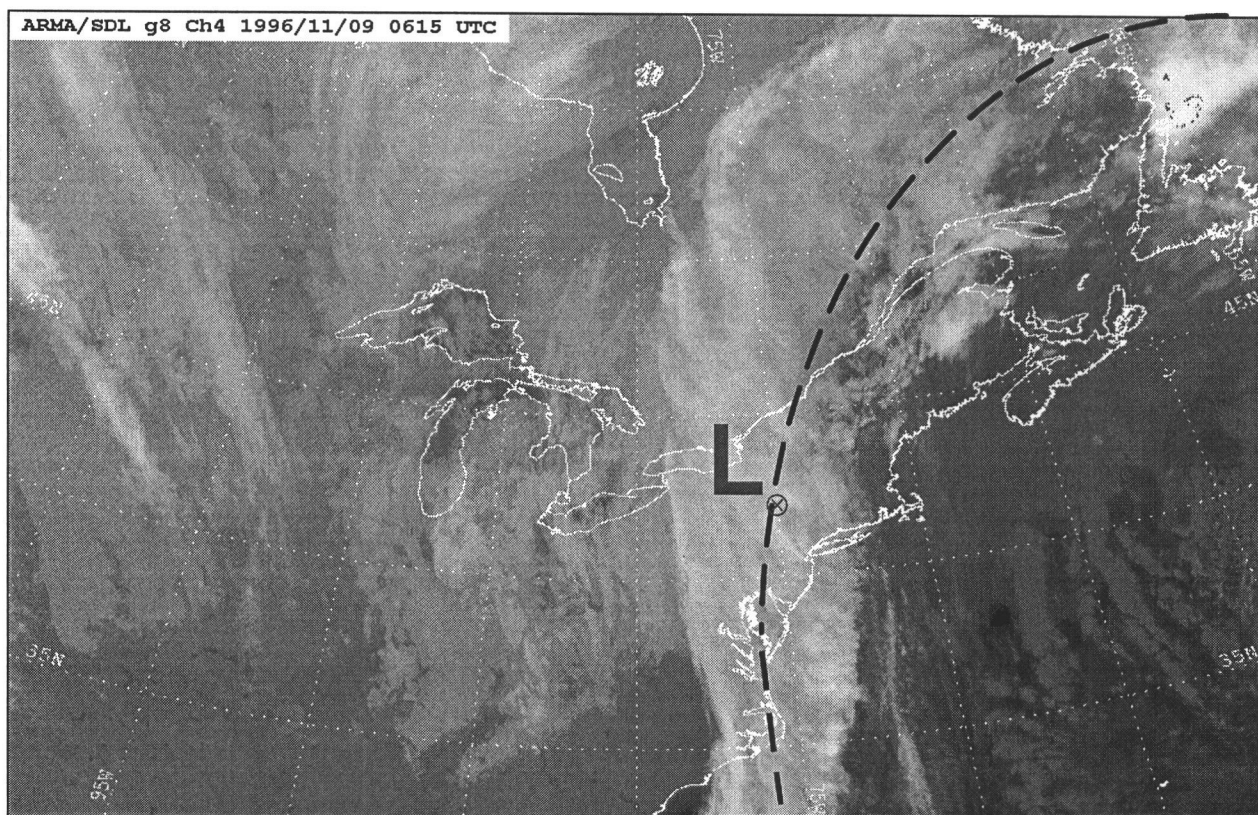


Figure 2-8: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 01:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

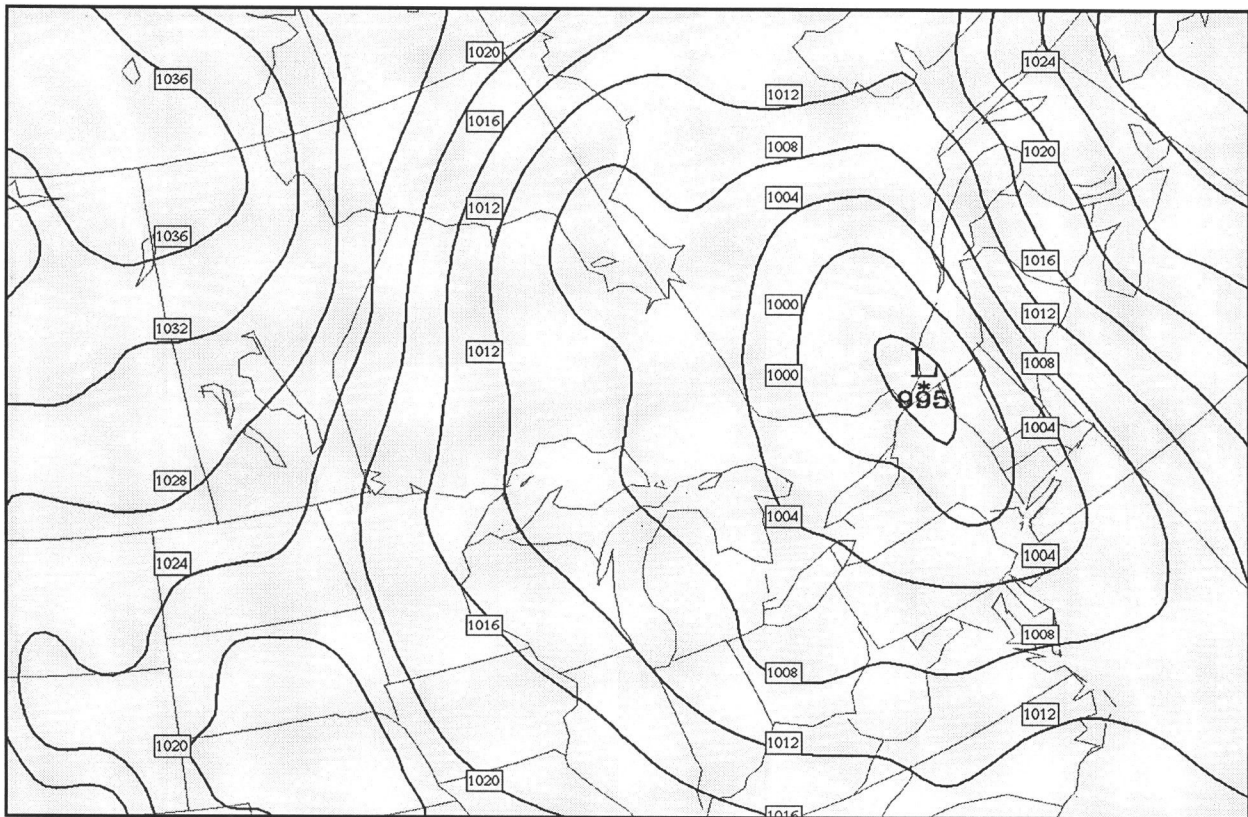
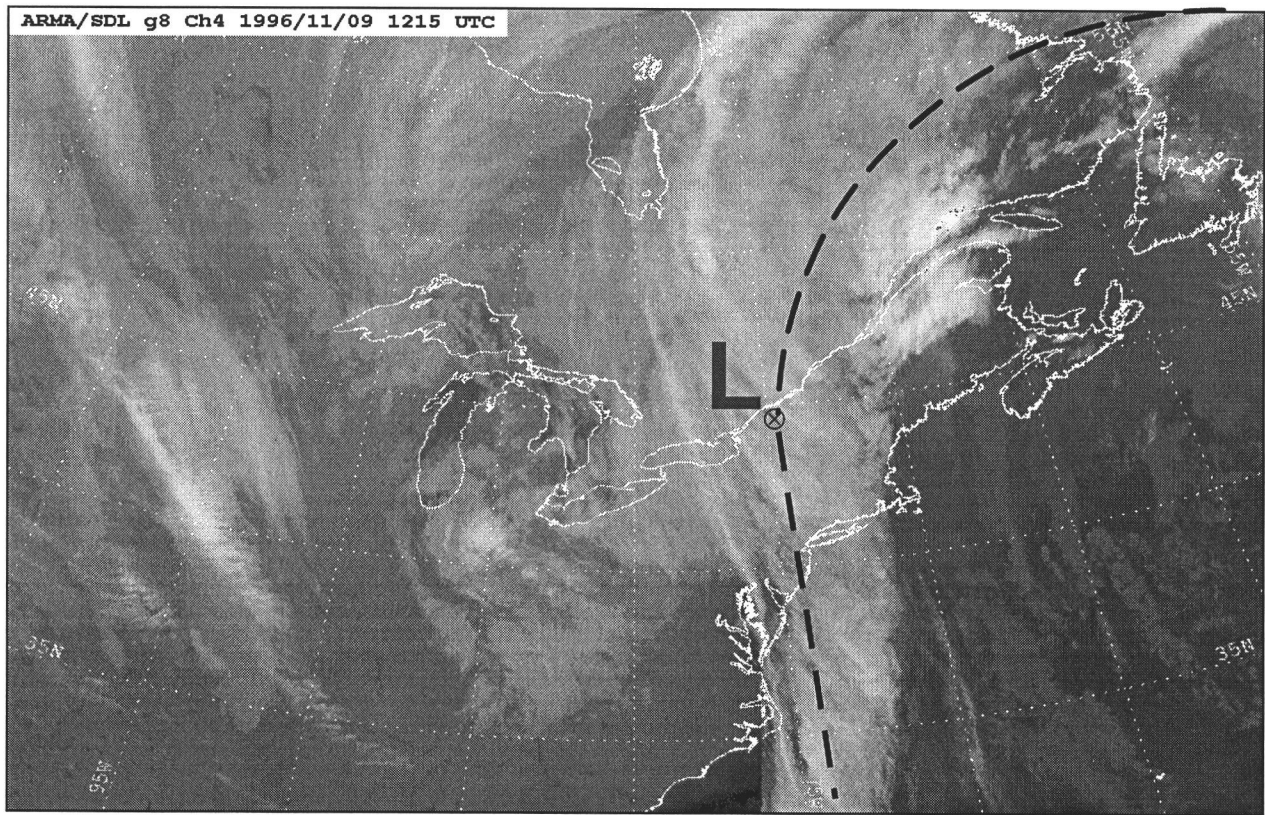


Figure 2-9: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

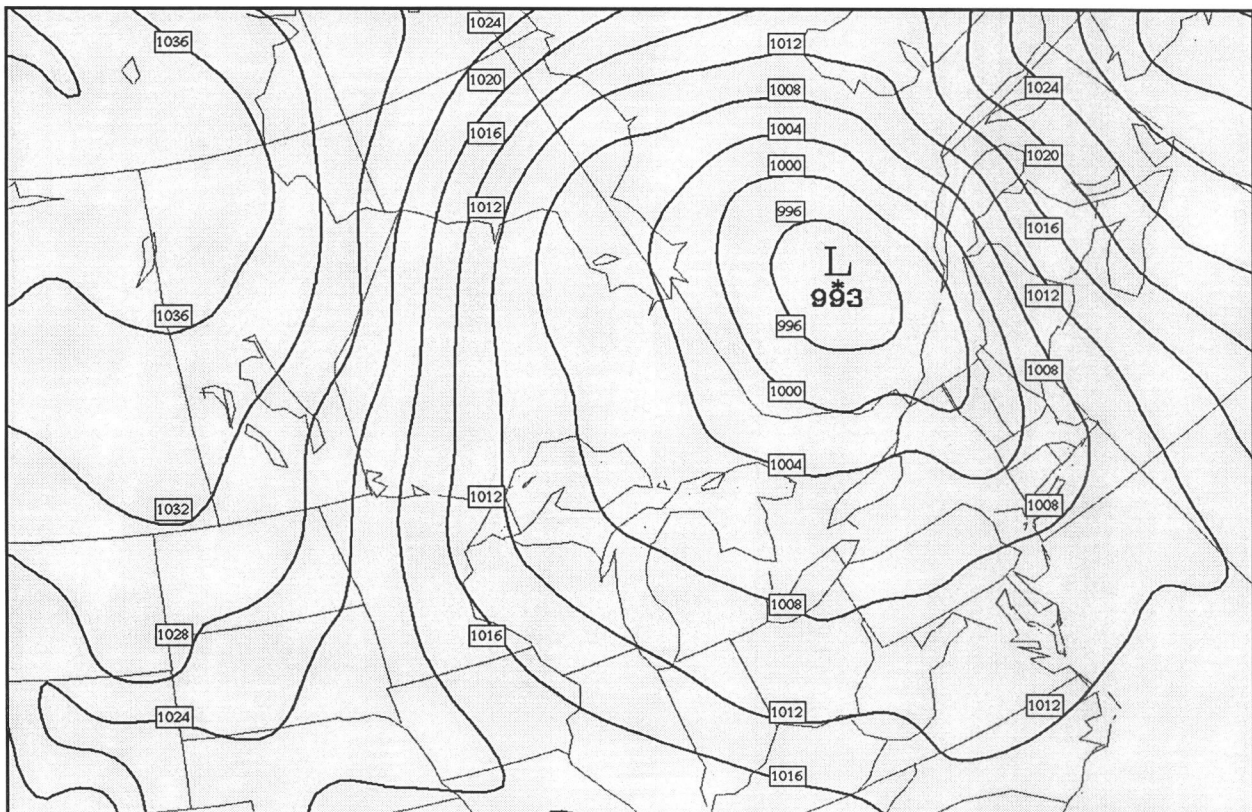
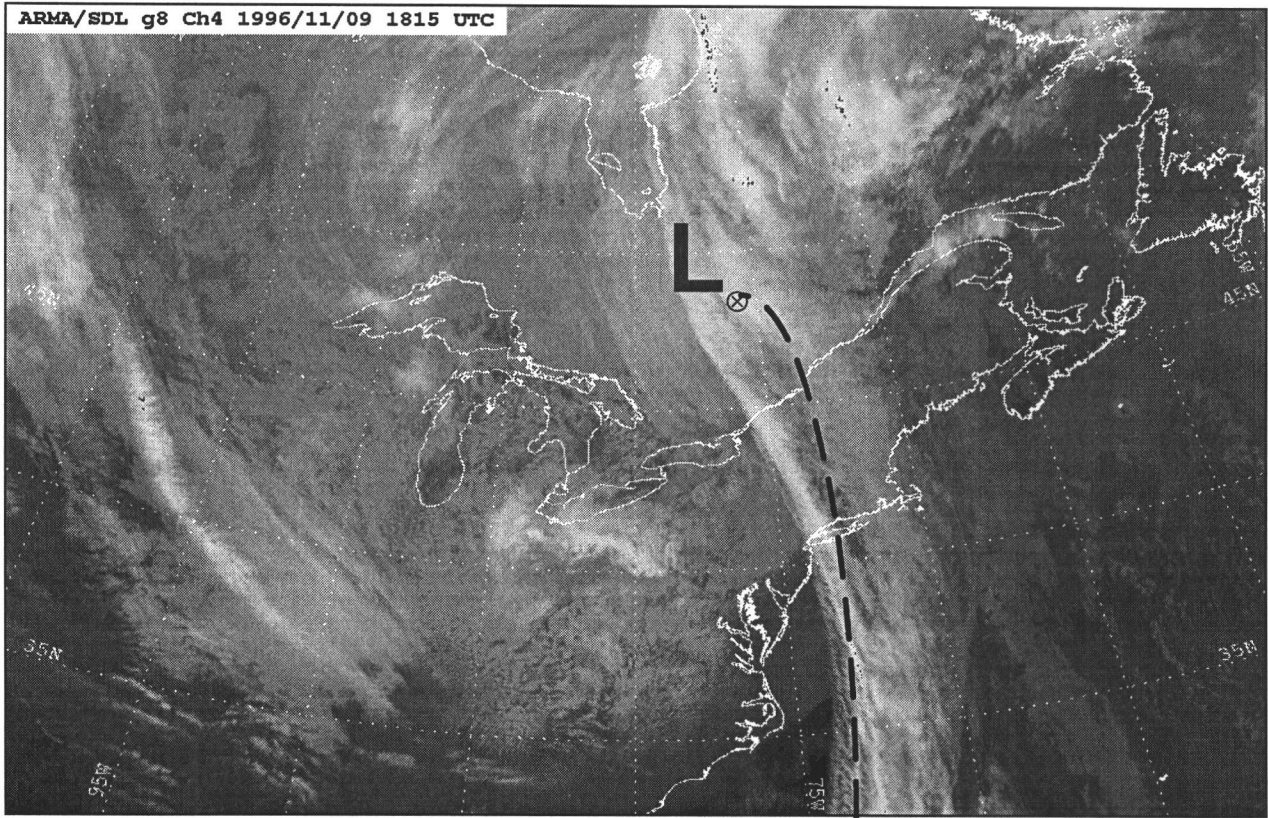


Figure 2-10: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 13:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).



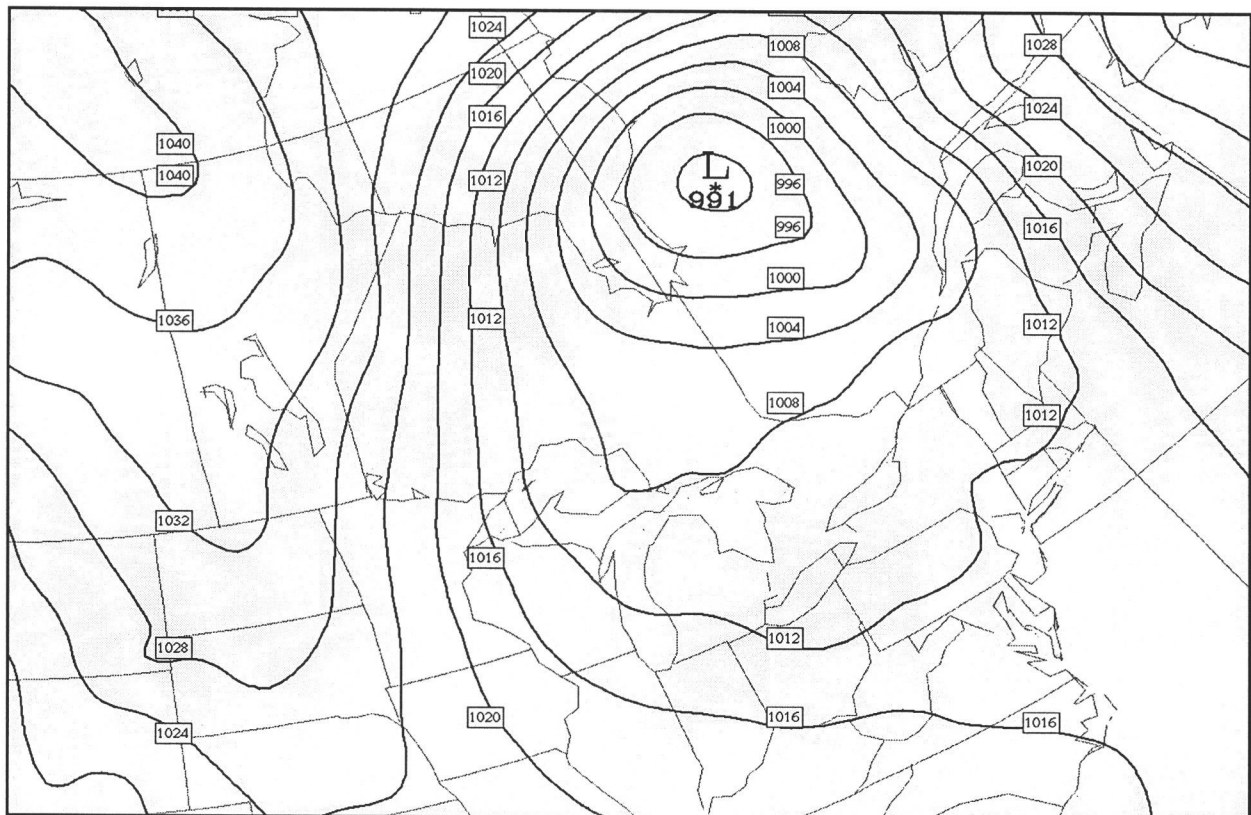
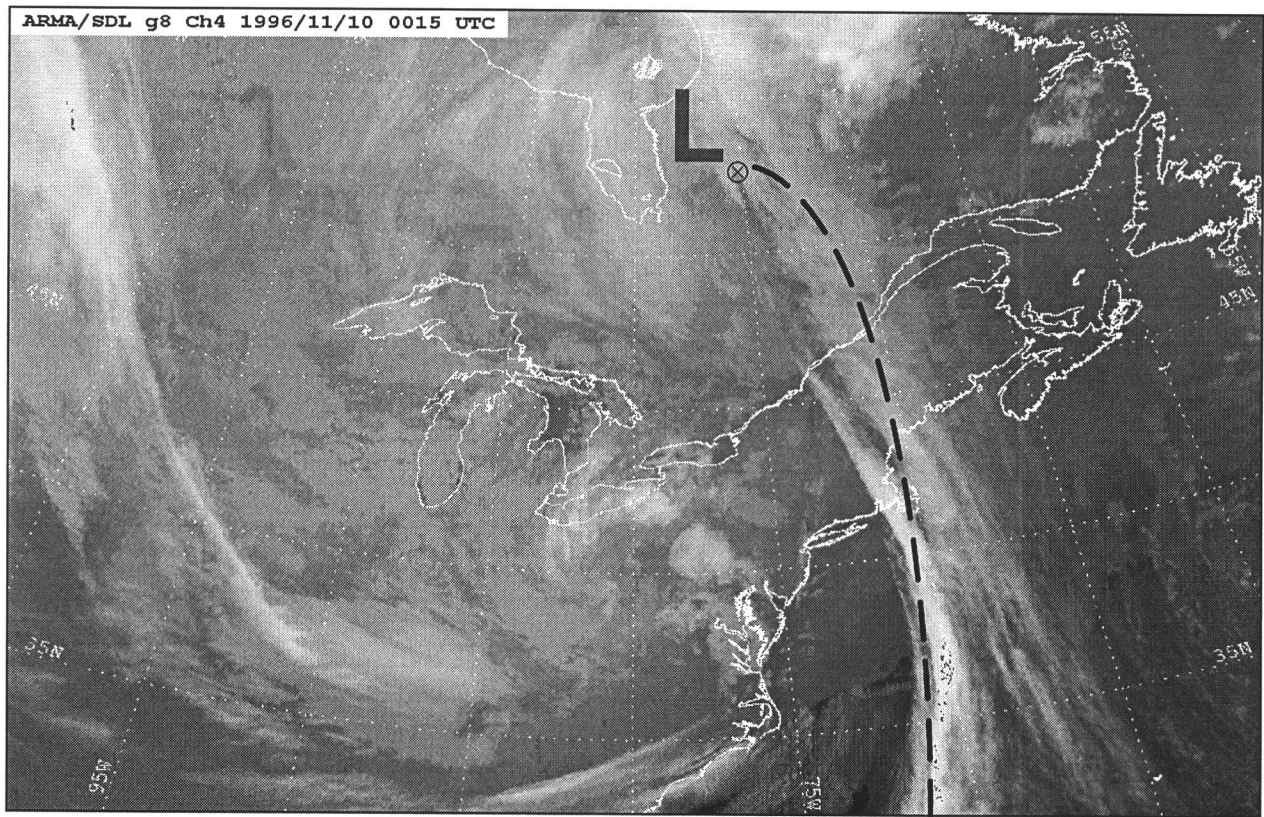


Figure 2-11: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 9 novembre 1996 19:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

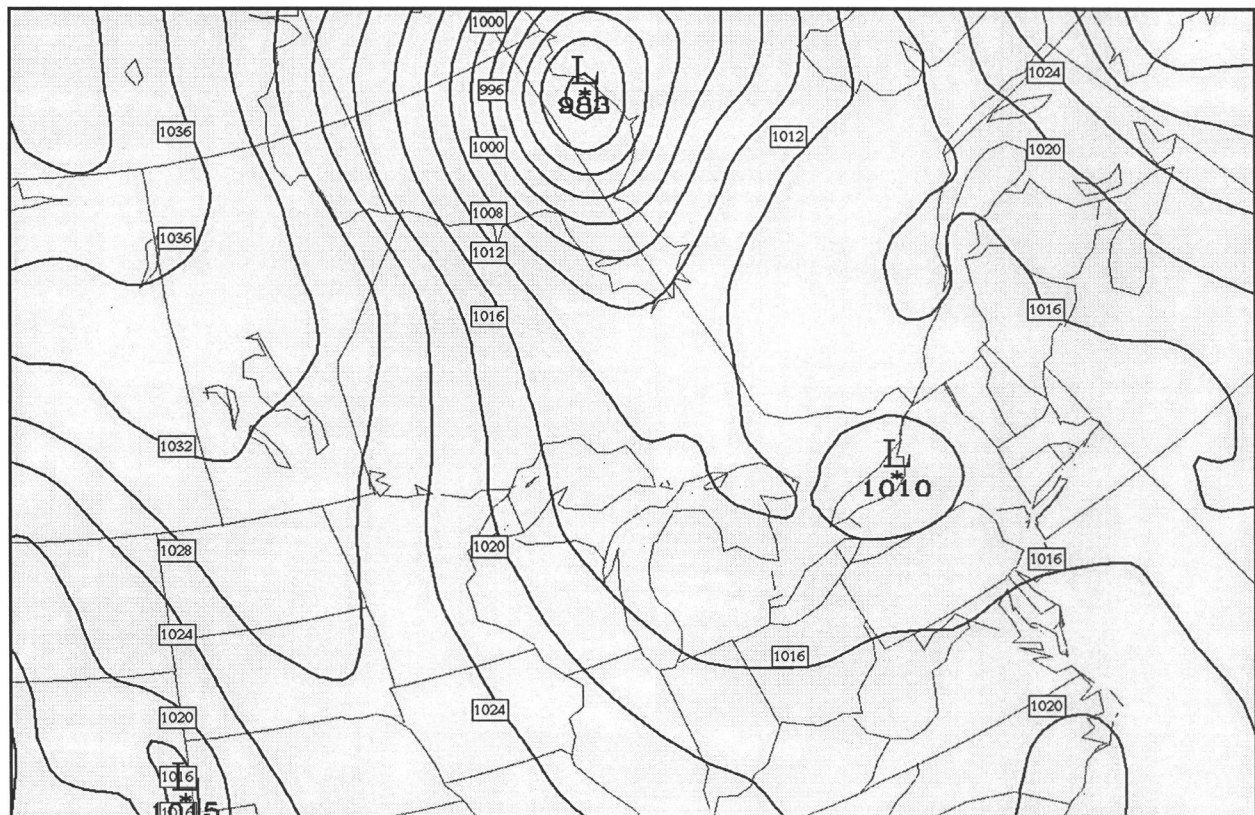
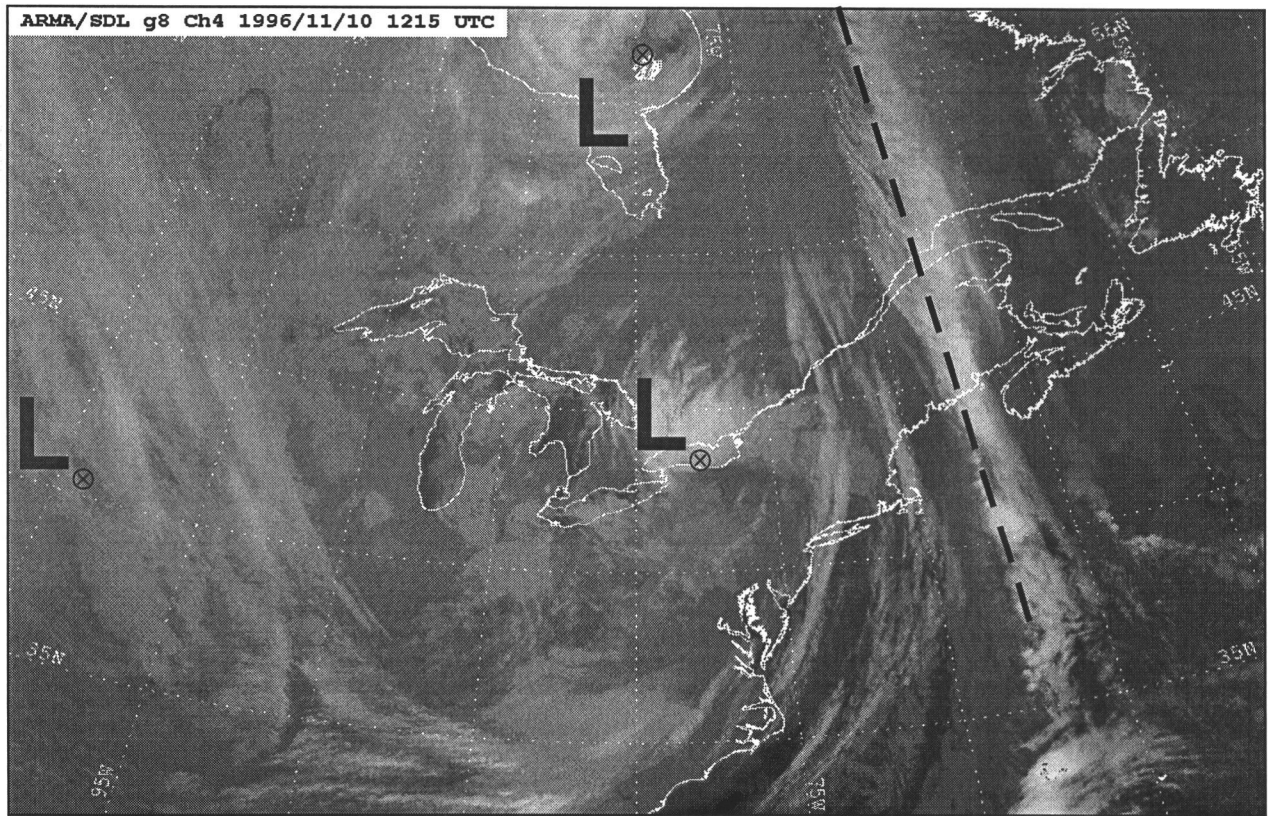


Figure 2-12: Photographie satellite 11 $\mu$ m du 10 novembre 1996 07:15 HNE et analyse objective correspondante. Les dépressions (L), anticyclones (H) et creux barométriques (traits tiretés) y sont aussi indiqués. La pression est exprimée en Hectopascals (millibars).

## Chapitre 3 Mesures de précipitations

### 3.1 Réseau d'observation

Cette étude utilise les mesures de précipitation provenant de sources variées. Le réseau climatologique conjoint d'Environnement Canada (EC) et du Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEFQ) ainsi que le réseau climatologique d'Environnement Canada en Ontario fournissent la majorité des données utilisées dans ce rapport. Les données horaires de stations couvrant le nord-est des États-Unis proviennent du National Climatic Data Center. Quelques stations supplémentaires appartenant à la Défense Nationale, à ALCAN, au Mont-Orford, aux Mines Noranda et à Agriculture Canada ajoutent de la précision aux analyses. De plus, tel que nous le verrons plus loin, nous avons aussi utilisé des données de stations dites « partielles » ainsi que des données de stations dites « RADAR ». Ceux désirent obtenir une liste complète des stations utilisées sont invités à communiquer avec les auteurs du présent document.

La figure 3-1 présente la répartition de l'ensemble des stations utilisées. On constate une distribution de stations permettant une description adéquate de la pluie laissée sur le sud du Québec par un système météorologique couvrant l'échelle synoptique (200-2000 kilomètres). Le système météorologique étudié est un système à l'échelle synoptique qui a généré d'importantes accumulations de pluie sur une des régions du Québec où la densité des stations de mesure est la plus élevée. Le niveau de confiance associé aux analyses de ce rapport est donc très élevé. Une densité plus élevée de stations sur la portion sud du Parc des Laurentides ainsi qu'entre La Tuque et Shawinigan aurait pu augmenter d'avantage ce niveau de confiance pour ces régions.

À la figure 3-1, on distingue deux gammes de stations : les stations fournissant des données horaires (climatologiques, ajet-basculaires, RADAR, partielles) et d'autres fournissant des données quotidiennes (climatologiques). Les mesures de stations climatologiques quotidiennes se font en suivant la journée climatologique allant de 08:00 HNE à 08:00 HNE le lendemain. Pour répondre à des besoins d'ordre technique, la journée climatologique de certaines de ces stations est plutôt de 07:00 HNE à 07:00 HNE le lendemain. Nous avons ramené ces observations à 8H00 HNE. La plupart des stations climatologiques quotidiennes utilisent un pluviomètre standard alors que les stations climatologiques horaires se servent généralement d'un pluviomètre de type « Fisher-Porter » ou de type ajet-basculaire. Naturellement, les stations climatologiques horaires servent aussi de stations climatologiques quotidiennes. Les stations « partielles » sont des stations automatiques du MEFQ pour lesquelles ces derniers nous ont fourni des données horaires préliminaires. Nous avons donc utilisé ces données seulement lorsqu'elles permettaient d'améliorer sensiblement la qualité des analyses. Dans ce même souci d'amélioration, nous avons aussi déduit des données horaires à certains points à l'aide du RADAR météorologique de Sainte-Anne-de-Bellevue en suivant les deux règles suivantes: Afin d'éviter une sous-estimation des précipitations, les points choisis sont généralement à moins de 120 kilomètres du RADAR et, afin d'obtenir des données réalistes, les valeurs horaires utilisées sont celles déduites après s'être assuré de l'équivalence entre les sites de mesures et les valeurs RADAR déduites aux points correspondants à ces sites. Ceux intéressés à en savoir d'avantage sur cette méthodologie n'ont qu'à s'adresser aux auteurs de ce rapport.

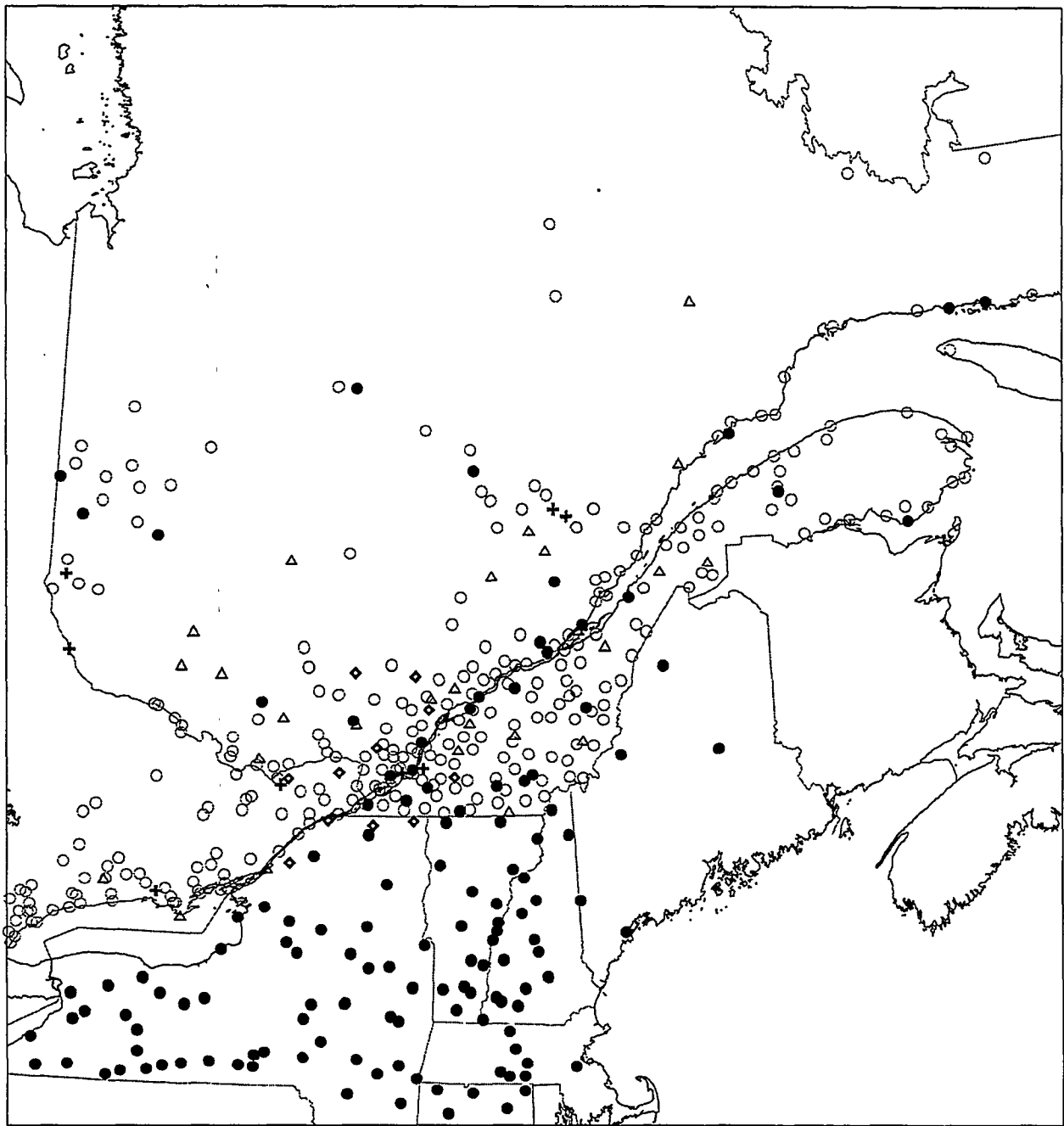


Figure 3-1: Stations utilisées pour l'analyse des précipitations tombées entre le 7 et le 10 novembre 1996. Les cercles représentent les stations climatologiques horaires (pleins) et quotidiennes (vides), les croix les stations équipées d'un pluviomètre à aujet-basculaire. Finalement, les losanges indiquent des endroits où des données horaires furent inférées par RADAR et les triangles identifient les stations aux données partielles qui ont été utilisées pour rehausser la qualité des analyses.

Tant pour les données « partielles » que « RADAR », des tests de sensibilité indiquent que ces données permettent de produire des analyses plus précises sans toutefois modifier les grandes conclusions du rapport. Ceux désirant en savoir d'avantage sur l'instrumentation, le contrôle de qualité des données et autres techniques utilisées peuvent communiquer avec les auteurs de l'étude.

### **3.2 Précipitation quotidienne**

Les tableaux 3-1 à 3-6 présentent les précipitations de pluie mesurées au cours des journées climatologiques d'intérêt pour la majorité des stations climatologique du Québec et de l'Ontario identifiées plus haut. Au tableau 3-1, on note que la majorité des stations de la grande région de Montréal ont reçu entre 70 et 155 millimètres de pluie. Cette pluie est principalement tombée au cours de la journée climatologique du 8 novembre 1996. Les stations ayant rapportées le plus de précipitation se situent tout juste au sud-est de Montréal. Puis, les quantités deviennent moins importantes à mesure que l'on s'éloigne de ce groupe de stations.

Globalement, le tableau 3-2 montre que les quantités de précipitation tombées dans la région de Trois-Rivières, de Lanaudière, de la Mauricie et du Parc des Laurentides sont moins importantes que celles tombées dans la grande région de Montréal. On observe tout de même 16 stations avec plus de 100 millimètres de pluie. On peut déceler un axe de précipitation maximale allant du Lac Saint-Pierre vers la portion sud du Parc des Laurentides. Puisque la précipitation a débuté et terminé plus tard dans ces régions, l'événement de précipitation abondante est réparti sur deux journées climatologiques, celles du 8 et du 9 novembre 1996.

Le tableau 3-3 montre que les Laurentides et l'Outaouais ont généralement reçu de 45 à 70 millimètres de pluie. Les précipitations ont débuté au cours de la journée climatologique du 7 novembre 1996 pour devenir intermittente au cours de la journée du 8.

Les tableaux 3-4, 3-5, 3-6 et 3-7 présentent respectivement les données de précipitation pour la région de l'Estrie-Beauce, la région de l'est ontarien, la grande région de Québec et les régions du Saguenay, Lac St-Jean, centre et nord du Québec. Ces régions ont généralement reçu moins de 70 millimètres de pluie sauf pour certaines stations rapprochées des régions les plus touchées, soient celles identifiées aux tableaux 3-1 et 3-2.

Finalement, les stations présentées aux tableaux 3-8 (Abitibi-Témiscamingue), 3-9 et 3-10 (est du Québec - rive sud et nord) ont généralement observé moins de 50 millimètres de pluie. Quelques stations, principalement autour de Baie des Chaleurs, de la Péninsule Gaspésienne ou entre Sept-Iles et Baie-Comeau ont mesuré plus de 50 millimètres.

**Tableau 3-1: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la grande région de Montréal**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Grande	FLEURY	11,0	137,7	3,2	3,2	155,1
région de	STE CLOTHILDE	2,0	149,9	3,0	0,0	154,9
Montréal.	STE MADELEINE	12,2	129,6	7,8	3,8	153,4
	ST HUBERT A	5,3	137,8	7,0	1,5	151,6
	MCTAVISH	5,2	141,1	5,2	0,0	151,5
	LAPRAIRIE	3,6	143,4	1,8	2,2	151,0
	STE MARTINE	13,6	126,8	2,4	0,6	143,4
	MONTREAL/DORVAL	4,3	127,0	3,3	0,2	134,8
	L'ACADIE	2,7	118,4	9,3	3,7	134,1
	HEMMINGFORD	9,8	120,5	0,0	0,0	130,3
	RIVIERE DES PRAIRIES	11,8	112,1	2,4	1,9	128,2
	L'ASSOMPTION CDA	5,1	113,2	5,9	2,1	126,3
	MARIEVILLE	1,8	108,8	9,2	5,2	125,0
	ST HYACINTHE 2	3,0	103,0	12,4	6,0	124,4
	SOREL	6,8	113,0	2,0	1,2	123,0
	ORMSTOWN	19,0	102,1	1,4	0,0	122,5
	STE DOROTHEE	11,2	107,2	1,6	1,8	121,8
	SABREVOIS	2,6	107,0	3,6	8,4	121,6
	MASCOUCHE	11,6	105,0	1,2	1,8	119,6
	ST BERNARD LACOLLE	1,8	107,4	1,6	6,0	116,8
	STE GENEVIEVE	14,0	97,0	1,8	1,4	114,2
	IBERVILLE	4,2	99,2	4,4	4,8	112,6
	AUTEUIL	1,4	106,0	0,0	2,8	110,2
	STE ANNE DE BELLEVUE	5,2	96,4	4,8	0,0	106,4
	JOLIETTE VILLE	8,8	91,2	1,0	2,0	103,0
	ST AMABLE	12,8	89,2	0,0	0,0	102,0
	STE THERESE OUEST	12,0	78,4	1,2	1,2	92,8
	ST JACQUES	10,0	78,0	4,0	0,0	92,0
	ST ANICET 1 (AUT)	8,8	81,9	1,1	0,0	91,8
	GRANBY	2,1	60,5	28,0	0,0	90,6
	VALLEYFIELD	13,8	75,2	1,0	0,5	90,5
	ST ANICET	12,3	74,6	1,8	1,0	89,7
	FARNHAM	3,4	69,6	15,2	0,4	88,6
	COTEAU DU LAC	10,8	72,8	2,0	2,2	87,8
	PHILIPSBURG	3,2	69,0	13,0	0,0	85,2
	ST JANVIER	11,6	68,8	2,4	2,0	84,8
	MONTREAL MIRABEL	8,8	67,6	3,4	1,0	80,8
	OKA	9,4	65,8	2,4	0,4	78,0
	LES CEDRES	1,5	70,0	2,0	1,3	74,8
	LACHUTE	10,8	57,0	2,7	0,0	70,5
	RIGAUD	11,4	55,0	3,0	0,0	69,4

**Tableau 3-2: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Est de Trois-Rivières, Lanaudière, Mauricie et Parc des Laurentides**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Trois-	SHAWINIGAN	8,8	94,6	30,0	3,0	136,4
Rivières,	NICOLET CS	0,0	95,0	33,8	1,0	129,8
Lanaudière,	FORET MONTMORENCY	15,9	58,7	52,6	0,0 <sup>1</sup>	127,2
Mauricie,	PIERREVILLE	7,2	110,6	4,6	2,0	124,4
Parc des	ST ALEXIS DES MONTS	15,0	89,0	11,0	2,4	117,4
Laurentides.	LOUISEVILLE	6,4	89,0	16,0	5,6	117,0
	ST WENCESLAS	15,0	65,0	29,0	4,2	113,2
	ST GUILLAUME	8,5	81,0	17,0	6,0	112,5
	HEROUXVILLE	9,0	76,2	24,2	2,2	111,6
	PARC DES LAURENTIDES	12,0	54,0	40,1	5,0	111,1
	LAC AUX SABLES	11,7	55,3	39,1	3,0	109,1
	CHAMPLAIN	11,4	60,2	31,2	2,0	104,8
	ST CHARLES DE MANDEVILLE	16,8	81,0	3,4	3,4	104,6
	TROIS RIVIERES AQUEDUC	6,6	79,4	12,1	3,4	101,5
	NICOLET	6,2	70,0	22,0	2,4	100,6
	GRANDE ANSE	6,0	75,2	16,0	3,2	100,4
	STE ANNE DE LA PERADE	11,4	37,0	45,2	3,0	96,6
	LA TUQUE	4,6	57,0	32,6	2,4	96,6
	TROIS RIVIERES	1,9	61,2	32,7	0,0	95,8
	ST NARCISSE	8,4	54,2	26,4	3,4	92,4
	ST NAZAIRE	3,2	64,1	20,7	2,3	90,3
	STE BEATRIX	10,4	66,0	4,2	3,0	83,6
	FORTIERVILLE	1,4	51,8	14,2	3,8	71,2
	ST COME	10,4	54,8	0,8	1,6	67,6
	VILLEROY	1,1	46,5	12,8	4,3	64,7
	ST DONAT	10,5	48,7	0,4	4,6	64,2
	ST MICHEL DES SAINTS	4,4	47,6	1,8	1,0	54,8
	ARTHABASKA	2,0	24,0	16,0	4,0	46,0
	NOTRE DAME DES BOIS	1,6	0,6	22,2	3,4	27,8

<sup>1</sup> Foret-Montmorency a observé 6,4 centimètres de neige le 10 novembre 1996. Cette précipitation n'a pas été incluse dans les analyses.

**Tableau 3-3: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région des Laurentides et de l'Outaouais**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Outaouais,	NOMININGUE	14,4	48,4	2,2	7,8	72,8
Laurentides.	MONTEBELLO	12,4	52,0	2,3	4,0	70,7
	ST HIPPOLYTE	11,4	53,5	2,9	0,5	68,3
	LA MACAZA	11,6	50,8	2,6	1,8	66,8
	CHENEVILLE	13,2	46,6	1,4	2,0	63,2
	ST JOVITE	7,0	52,0	1,0	3,0	63,0
	STE ANNE DU LAC	21,9	24,8	5,0	10,4	62,1
	ANGERS	10,6	41,0	2,4	5,4	59,4
	NOTRE DAME DE LA PAIX	9,0	47,2	0,2	3,0	59,4
	POINTE AU CHENE	8,0	49,8	1,2	0,4	59,4
	CHUTE ST PHILIPPE	12,0	40,0	4,0	3,0	59,0
	CHELSEA	11,6	37,0	2,8	5,2	56,6
	ST JEROME	8,9	43,8	1,8	0,4	54,9
	LUSKVILLE	11,6	29,6	5,2	5,6	52,0
	MANIWAKI AIRPORT	9,0	24,0	4,0	13,0	50,0
	OTTER LAKE	11,6	19,6	15,2	3,2	49,6
	WRIGHT	9,0	26,8	3,8	7,2	46,8
	CHARTERIS	9,8	21,8	4,6	8,0	44,2
	SHAWVILLE	9,4	19,4	4,4	11,0	44,2
	SHEENBORO	13,0	8,4	3,6	1,0	26,0



**Tableau 3-4: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Estrie et de la Beauce**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Estrie,	PHILIPSBURG	3,2	69,0	13,0	0,0	85,2
Beauce.	SUTTON	2,2	38,2	42,6	1,0	84,0
	FRELIGHSBURG	5,1	54,2	17,6	0,0	76,9
	BROME	2,0	24,2	34,0	1,2	61,4
	VALLEE JONCTION	23,6	0,0	17,8	3,4	44,8
	GEORGEVILLE	4,2	15,6	22,0	2,0	43,8
	BONSECOURS	0,9	27,6	9,8	1,2	39,5
	RICHMOND	0,8	21,2	12,6	2,0	36,6
	DANVILLE	1,6	18,3	12,2	2,8	34,9
	MONT-ORFORD	4,7	12,4	16,4	0,0	33,5
	MAGOG	2,0	14,2	10,4	2,0	28,6
	ST CAMILLE WOLFE	6,8	6,4	8,2	6,4	27,8
	NOTRE DAME DES BOIS	1,6	0,6	22,2	3,4	27,8
	ST SEVERIN	1,0	3,0	18,0	5,0	27,0
	ST SEBASTIEN	3,0	0,0	17,0	5,4	25,4
	BROMPTONVILLE	1,0	11,0	10,4	2,6	25,0
	WOBURN	5,4	1,0	14,4	2,6	23,4
	ST PROSPER	3,0	0,0	14,7	3,2	20,9
	THETFORD MINES	1,0	4,4	9,0	5,0	19,4
	ST CAMILLE	2,8	0,0	14,0	2,3	19,1
	ST COME DE LINIERE	4,0	0,0	10,0	5,0	19,0
	ST EPHREM	2,8	0,0	13,4	2,6	18,8
	COATICOOK	1,0	2,8	12,4	1,4	17,6
	MILAN	1,2	0,2	11,0	4,8	17,2
	ST MALO D AUCKLAND	1,0	2,6	11,6	1,0	16,2
	ST PIERRE DE BROUGHT	0,2	3,6	9,3	2,8	15,9
	ST FERDINAND	1,4	4,6	4,4	5,4	15,8
	SCOTT	3,0	2,6	6,8	2,6	15,0
	ST GEORGES	1,0	0,0	10,6	3,2	14,8
	ST LUDGER	1,0	0,0	8,4	4,2	13,6
	LINGWICK	1,6	0,0	7,2	3,2	12,0
	SAWYERVILLE NORD	0,0	0,0	8,8	2,0	10,8
	SHERBROOKE A	2,5	0,0	7,5	0,5	10,5
	LENNOXVILLE	2,4	0,0	7,0	1,0	10,4
	BEAUCEVILLE	0,0	2,0	8,0	0,0	10,0

**Tableau 3-5: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Est de l'Ontario**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Est de l'Ontario.	BROCKVILLE PCC	10,8	58,4	5,4	6,4	81,0
	MORRISBURG	11,0	59,4	1,0	5,2	76,6
	GLEN GORDON	20,0	50,8	3,0	1,5	75,3
	CHESTERVILLE 2	9,8	59,2	5,4	0,8	75,2
	CARDINAL	14,0	56,4	1,0	3,0	74,4
	DALHOUSIE MILLS	11,4	54,6	2,0	2,0	70,0
	LYNDHURST SHAWMERE	17,1	37,5	6,7	7,1	68,4
	RUSSELL	17,6	40,2	2,2	3,0	63,0
	GLENBURNIE	15,4	37,2	6,0	4,0	62,6
	ST. ALBERT	8,4	50,4	0,8	2,4	62,0
	AVONMORE	3,0	56,8	0,0	1,6	61,4
	WOLFE ISLAND	17,0	36,4	0,0	7,8	61,2
	OMPAH-SEITZ	11,8	25,8	5,8	16,8	60,2
	GODFREY	9,6	32,6	9,2	8,4	59,8
	KINGSTON PUMPING STATION	17,2	33,8	6,8	2,0	59,8
	CARLETON PLACE	8,4	41,2	1,8	6,2	57,6
	CENTREVILLE	13,4	33,6	5,4	4,4	56,8
	APPLETON	11,2	36,2	2,8	6,4	56,6
	OTTAWA CDA	7,8	41,2	1,6	5,2	55,8
	SANDHURST	11,8	33,4	8,6	1,4	55,2
	KEMPTVILLE	9,2	40,5	2,6	2,4	54,7
	DRUMMOND CENTRE	16,6	30,2	1,8	2,8	51,4
	WOOLER	13,8	24,8	5,0	7,5	51,1
	BLOOMFIELD WEST	15,2	28,0	7,0	0,5	50,7
	HARTINGTON IHD	13,0	32,8	4,5	0,0	50,3
	CRESSY	7,4	34,8	7,0	1,0	50,2
NAPANEE	4,6	29,6	10,4	4,4	49,0	
CORNWALL	2,2	39,5	0,8	1,0	43,5	
PETERBOROUGH TRENT UNIVERSITY	13,1	11,4	2,4	2,0	28,9	
CHALK RIVER AEC	14,1	6,8	6,2	1,3	28,4	
TORONTO	12,2	0,6	0,0	0,0	12,8	

**Tableau 3-6: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la grande région de Québec**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Grande région de Québec.	RIVIERE VERTE OUEST	21,4	36,6	48,4	10,2	116,6
	ST ALBAN	4,5	41,5	25,0	2,4	73,4
	VALCARTIER	8,0	40,0	12,0	10,0	70,0
	DESCHAMBAULT	4,2	34,0	19,0	4,0	61,2
	DONNACONA 2	3,0	40,6	8,0	6,7	58,3
	CHARLESBOURG	5,6	24,4	7,8	6,8	44,6
	QUEBEC A	3,8	28,0	4,1	5,0	40,9
	ST FLAVIEN	2,0	22,2	5,4	7,2	36,8
	CHATEAU RICHER	8,0	18,0	6,0	3,0	35,0
	BAIE ST PAUL	6,2	11,4	13,2	3,2	34,0
	LAURIERVILLE	3,2	16,4	6,2	6,0	31,8
	LAUZON	4,4	19,0	4,6	3,6	31,6
	BEAUSEJOUR	4,6	9,0	5,0	2,0	20,6
	CAP TOURMENTE	6,0	4,0	5,5	1,0	16,5

**Tableau 3-7: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région du Saguenay, Lac St-Jean, Centre et Nord du Québec**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Saguenay, Lac St-Jean	ST LEON DE LABRECQUE	17,2	35,6	28,2	7,0	88,0
Centre du Québec, Nord du Québec.	NORMANDIN	7,2	54,0	22,8	2,4	86,4
	LAC BENOIT	30,0	14,0	41,0	1,0	86,0
	BONNARD	18,8	23,6	29,2	10,0	81,6
	LAC BOUCHETTE	2,8	53,2	18,4	4,2	78,6
	ST PRIME	4,9	32,8	30,0	6,0	73,7
	LAC STE CROIX	3,8	42,0	22,0	5,0	72,8
	CHAMOUCOUANE	21,0	21,0	20,0	1,0	63,0
	ROBERVAL A	2,2	29,0	28,2	1,4	60,8
	HEMON	13,4	31,8	11,4	3,0	59,6
	ST AMBROISE	6,2	35,6	11,0	5,0	57,8
	CHIBOUGAMAU	39,2	4,4	5,7	0,5	49,8
	BAGOTVILLE A	2,6	31,2	6,4	2,5	42,7
	PARENT (AUT)	16,6	22,2	1,4	0,2	40,4
	CHAPAIS 2	28,0	4,0	1,6	3,0	36,6
	FERLAND	0,0	17,6	2,0	0,0	19,6
	LADRIERE	12,8	0,0	6,4	0,0	19,2
	PETIT SAGUENAY	6,4	34,8	0,0	2,0	43,2

**Tableau 3-8: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région de l'Abitibi**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Abitibi,	VAL D'OR A	24,0	0,5	11,0	0,5	36
Témiscamingue	RAPIDE DES JOACHIMS	25,6	4,6	1,2	2,5	33,9
	AMOS	20,0	1,0	12,4	0	33,4
	BELLETERRE	25,4	1,9	5,0	0,0	32,3
	LEBEL SUR QUEVILLON	22,4	0,8	7,0	0,8	31,0
	REMIGNY	23,6	1,0	3,0	3,0	30,6
	LATULIPE	24,6	0,6	4,0	0,0	29,2
	RIVIERE HEVA	18,4	2,0	8,0	0,0	28,4
	LA MORANDIERE	20,0	0,0	8,0	0,0	28,0
	BARRAGE TEMISCAMING	24,6	0,2	1,0	0,2	26,0
	LAC BERRY	14,5	1,0	10,0	0,0	25,5
	MONT BRUN	14,4	0,0	6,4	0,4	21,2
	TASCHEREAU	11,8	0,0	7,0	2,4	21,2
	VILLE MARIE	20,0	0,0	0,0	1,0	21,0
	JOUTEL	11,0	0,3	8,1	0,8	20,2
	ROUYN	15,9	0,0	3,4	0,0	19,3
	VAL ST GILLES	9,2	0,0	3,4	0,4	13,0
	LA SARRE	3,8	0,0	3,5	0,0	7,3
	BARRAGE ANGLIERS	6,2	0,0	0,4	0,0	6,6
	ROQUEMAURE	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0

**Tableau 3-9: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région d'Est du Québec: Rive Sud du fleuve St-Laurent**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Est du	L'ALVERNE	11,0	0,0	20,0	41,4	72,4
Québec:	ST OCTAVE DE L'AVENIR	14,0	0,0	13,4	33,0	60,4
Rive Sud	CAP DES ROSIERS	9,0	0,0	2,0	49,0	60,0
du fleuve	ST ELZEAR	15,8	0,4	18,0	24,2	58,4
St-Laurent	(BONAVENTURE)					
	ST ALEXIS DE MATAPEDIA	10,8	0,2	22,8	22,2	56,0
	STE ROSE DU NORD	12,0	31,0	7,0	5,0	55,0
	CAPLAN	16,8	0,0	19,8	16,8	53,4
	NEW CARLISLE 1	16,0	0,0	6,8	23,4	46,2
	PORT DANIEL	11,0	0,0	5,2	27,4	43,6
	STE ANNE DES MONTS	12,6	0,0	5,8	21,2	39,6
	ST JEAN DE CHERBOURG	10,8	0,4	19,2	8,2	38,6
	GASPE A	3,0	0,0	2,2	33,2	38,4
	NOUVELLE	10,6	0,0	1,9	21,2	33,7
	CAP D'ESPOIR (AUT)	3,8	0,0	2,0	25,8	31,6
	CAUSAPSCAL	4,2	0,4	19,2	7,0	30,8
	AMQUI (AUTO)	13,0	5,0	8,0	4,0	30,0
	MATANE	8,8	0,0	16,0	2,7	27,5
	ST GUY	17,4	0,0	10,0	0,0	27,4
	FONTENELLE	2,0	0,0	1,0	24	27,0
	LAC HUMQUI	8,6	0,6	13,8	2,8	25,8
	TROIS PISTOLES	12,0	5,0	8,5	0,0	25,5
	STE PERPETUE	5,8	0,6	19,0	0,0	25,4
	ST RENE DE MATANE	7,4	0,0	13,9	4,0	25,3
	ST PAMPHILE	8,0	0,0	15,8	0,8	24,6
	AMQUI	9,0	0,5	10,8	3,5	23,8
	GRANDE VALLEE	6,2	0,0	2,2	15,2	23,6
	BAIE DES SABLES	22,3	0,0	0,0	0,0	22,3
	MONTMAGNY	5,8	1,8	11,8	2,2	21,6
	STE LUCIE	4,2	0,4	15,4	1,0	21,0
	STE GERMAINE	1,6	0,0	16,6	2,4	20,6
	ST CLEMENT	4,2	1,0	14,0	0,2	19,4
	HONFLEUR	3,8	3,0	6,0	6,0	18,8
	STE ROSE DU DEGELIS	5,8	0,0	13,0	0,0	18,8
	NOTRE DAME DU LAC	4,8	0,0	12,8	0,4	18,0
	ST ARSENE	1,4	0,0	16,5	0,0	17,9
	SAINT MICHEL	4,8	4,8	6,2	1,8	17,6
	ST BRUNO KAMOURASKA	0,4	0,2	14,6	2,0	17,2
	MONT JOLI A	11,2	0,0	5,0	0,0	16,2
	POINTE AU PERE (AUTO)	10,8	0,0	4,6	0,0	15,4
	TRINITE DES MONTS	6,8	1,0	7,0	0,0	14,8
	RIVIERE BLEUE	4,0	0,0	8,6	0,0	12,6
	LA POCATIERE CS	1,0	0,0	11,2	0,0	12,2
	RIMOUSKI	6,0	0,0	4,4	0,0	10,4

**Tableau 3-10: Accumulation des chutes de pluie pour les 7, 8, 9 et 10 novembre 1996 et total pour les quatre jours pour la région d'Est du Québec: Rive Nord du fleuve St-Laurent**

Région	Stations	Journée de novembre 1996				Total (mm)
		7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	
Est du	SEPT-ILES A	15,4	0,4	15,2	29,8	60,8
Québec:	RIVIERE AU TONNERRE	11,4	1,3	7,0	31,3	51,0
Rive Nord	PORT MENIER	9,0	1,8	2,0	33,4	46,2
du fleuve	GRANDES	21,8	1,8	19,2	0,6	43,4
St-Laurent	BERGERONNES					
	BAIE COMEAU CS	18,6	2,6	20,6	0,2	42,0
	ST URBAIN	5,0	17,0	19,0	0,5	41,5
	ST HILARION	5,2	13,0	20,0	2,0	40,2
	LES BUISSONS	19,8	3,2	16,0	0,0	39,0
	LA MALBAIE	7,5	7,7	20,5	2,0	37,7
	BAIE JOHAN BEETZ	13,0	2,0	2,0	19,0	36,0
	LAC EON (AUT)	7,0	0,0	0,0	29,0	36,0
	PETITE RIVIERE ST-FRANCOIS	8,2	4,8	19,2	3,7	35,9
	PENTECOTE	12,0	2,0	8,0	13,0	35,0
	GODBOUT	18,8	0,0	15,0	1,0	34,8
	POSTE MONTAGNAIS	0,0	14,9	3,6	15,5	34,0
	ST SIMEON	2,5	1,0	25,8	0,8	30,1
	POINTE DES MONTS	15,0	2,0	11,0	2,0	30,0
	ILE AUX COUDRES	5,0	2,0	20,3	1,1	28,4
	TADOUSSAC	5,6	8,4	7,0	0,0	21,0
	SAINT MICHEL	4,8	4,8	6,2	1,8	17,6

### 3.3 Précipitation horaire

Les figures 3-2 à 3-5 présentent les accumulations horaires de précipitation pour plusieurs stations du Québec. Ces figures permettent de visualiser l'évolution de la précipitation générée par la perturbation, de noter les périodes de début et de fin de la pluie. Elles montrent aussi l'évolution du taux horaire de précipitation. Lorsque la courbe d'accumulation a une pente abrupte, c'est donc que l'intensité de la précipitation est plus importante. Lorsque la courbe d'accumulation est une droite horizontale, c'est donc que le taux d'accumulation est nul. Il est important de souligner que c'est le pluviomètre à ajet-basculaire, et non le pluviomètre "Fisher-Porter", qui est l'instrument généralement utilisé pour mesurer les intensités de précipitation sur une courte période de temps (taux à la minute jusqu'aux taux de 6 à 12 heures). Malheureusement, la grande majorité des pluviomètres à ajet-basculaire sont désactivés à la fin du mois d'octobre et réactivés au printemps pour éviter les dommages causés par l'accumulation de neige ou de glace au cours de l'hiver. Afin d'alléger ce document, les mesures de pluviomètres à ajet-basculaire disponibles sont présentées à la section d'analyse de ce type de données. Les quantités horaires de précipitation fournies par le pluviomètre "Fisher-Porter" offrent donc des estimés de qualité de l'intensité de précipitation pour des échelles temporelles supérieures à l'heure.

La figure 3-2 illustre l'accumulation de précipitation pour les stations horaires de la grande région de Montréal. On remarque que les accumulations débutent tôt le 8 novembre 1996 et se terminent au cours de la matinée du 9. Les accumulations se font donc sur environ 30 heures et le taux horaire est relativement constant et ne dépasse jamais 15 millimètres à l'heure.

La figure 3-3 présente l'accumulation pour des stations au nord et à l'ouest de la région de Montréal. On remarque que les stations les plus rapprochées du sud du Québec montrent des courbes d'accumulations ressemblant davantage à celles de la figure 3-2 alors que les courbes pour les stations plus à l'ouest montrent des accumulations beaucoup moins élevées, se produisant principalement au cours de la journée du 7 novembre 1996. Ceci reflète le déplacement vers l'est du système météorologique et de son intensification alors qu'il se déplace sur le sud du Québec au cours de la journée du 8.

La figure 3-4 montre des courbes d'accumulation pour des stations situées à l'est de Montréal. On constate que les stations en Estrie et en Beauce ont reçu très peu de précipitation. Celles de la région de Québec ont graduellement accumulé entre 35 à 60 millimètres alors que les stations de la région de Trois-Rivières et allant vers le Parc des Laurentides ont accumulé des précipitations à un rythme plus important, sans toutefois atteindre une accumulation horaire de 20 millimètres.

La figure 3-5 présente les accumulations pour des stations à l'est et au nord de Québec. On remarque que plusieurs de ces stations de l'est du Québec montrent des accumulations pour la journée du 7 novembre 1996. Ces accumulations proviennent, en réalité, surtout de masses nuageuses qui quittaient l'est de la province au cours de cette journée. Les stations de Normandin, Bagotville et Chibougamau sont celles qui ont reçu le plus de précipitation du système météorologique d'intérêt.

Le chapitre "Analyse des données de précipitation" qui suit fournira une caractérisation des accumulations de précipitation en utilisant l'ensemble des données qui étaient disponibles. De plus, nous verrons que des techniques d'interpolation peuvent nous permettre d'estimer l'évolution horaire probable de l'accumulation de précipitation pour des stations climatologiques quotidiennes.

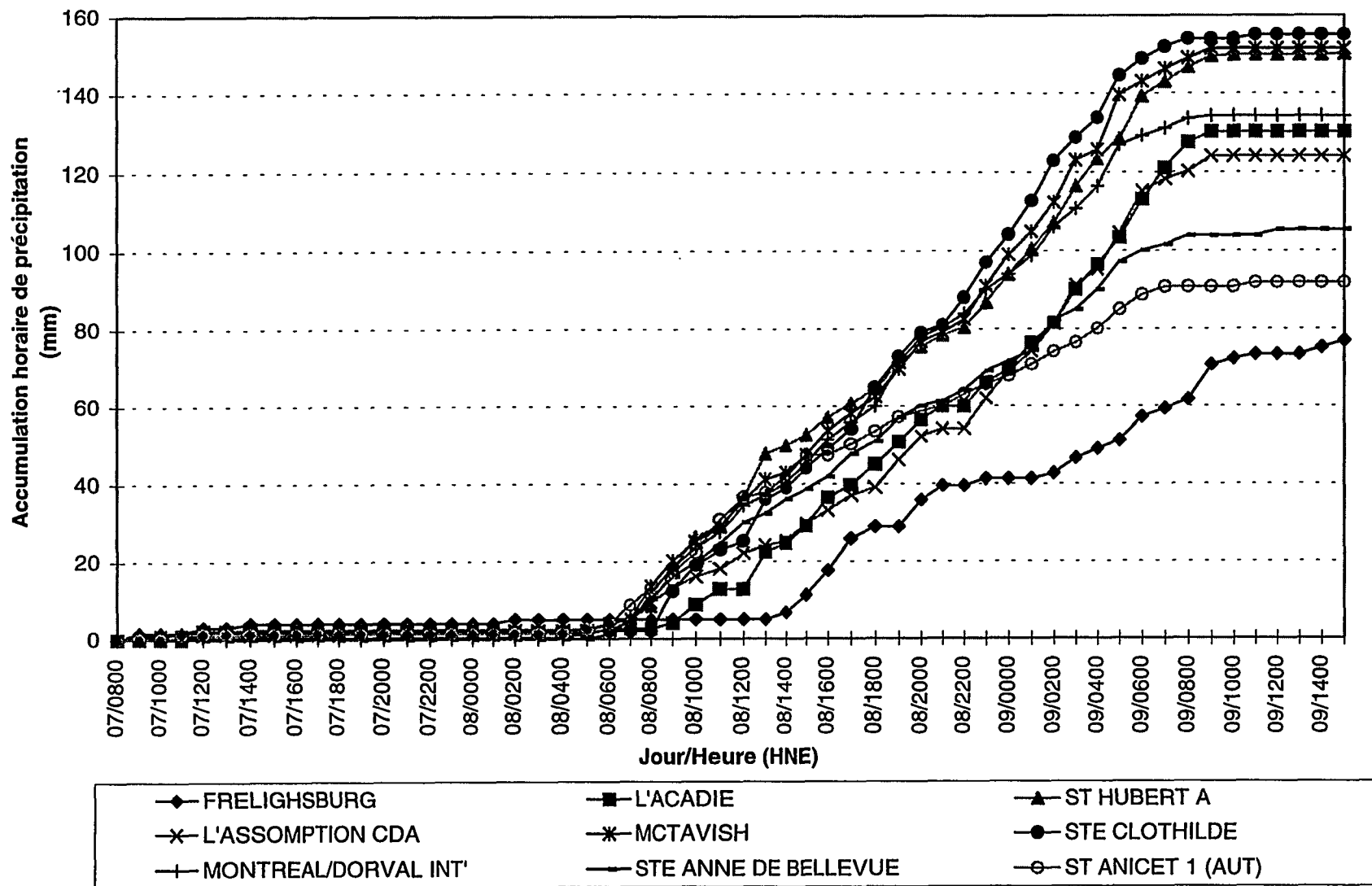


Figure 3-2: Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations de la grande région de Montréal.



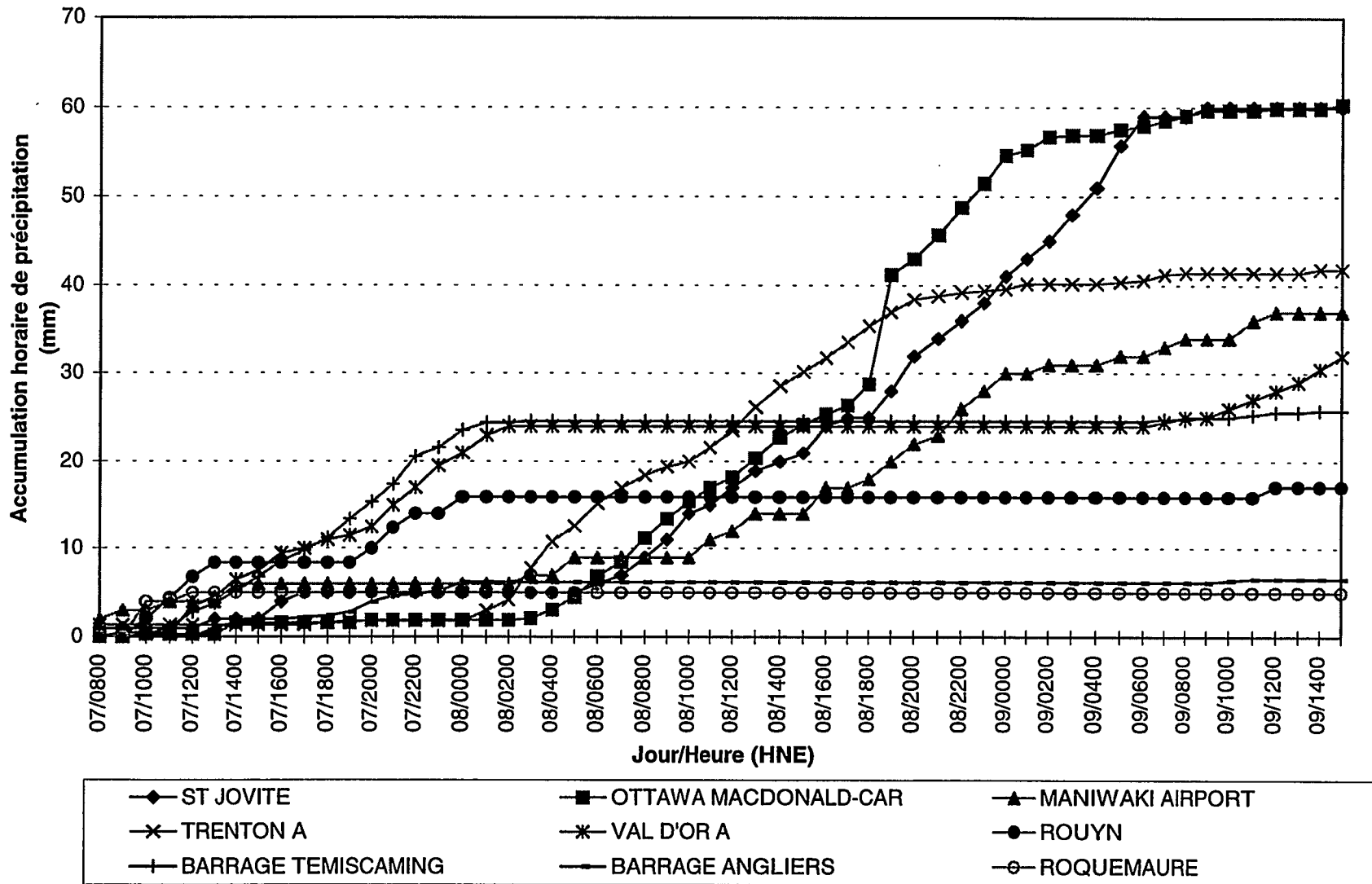


Figure 3-3: Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations de la région de l'Abitibi, des Laurentides et de l'Est de l'Ontario.

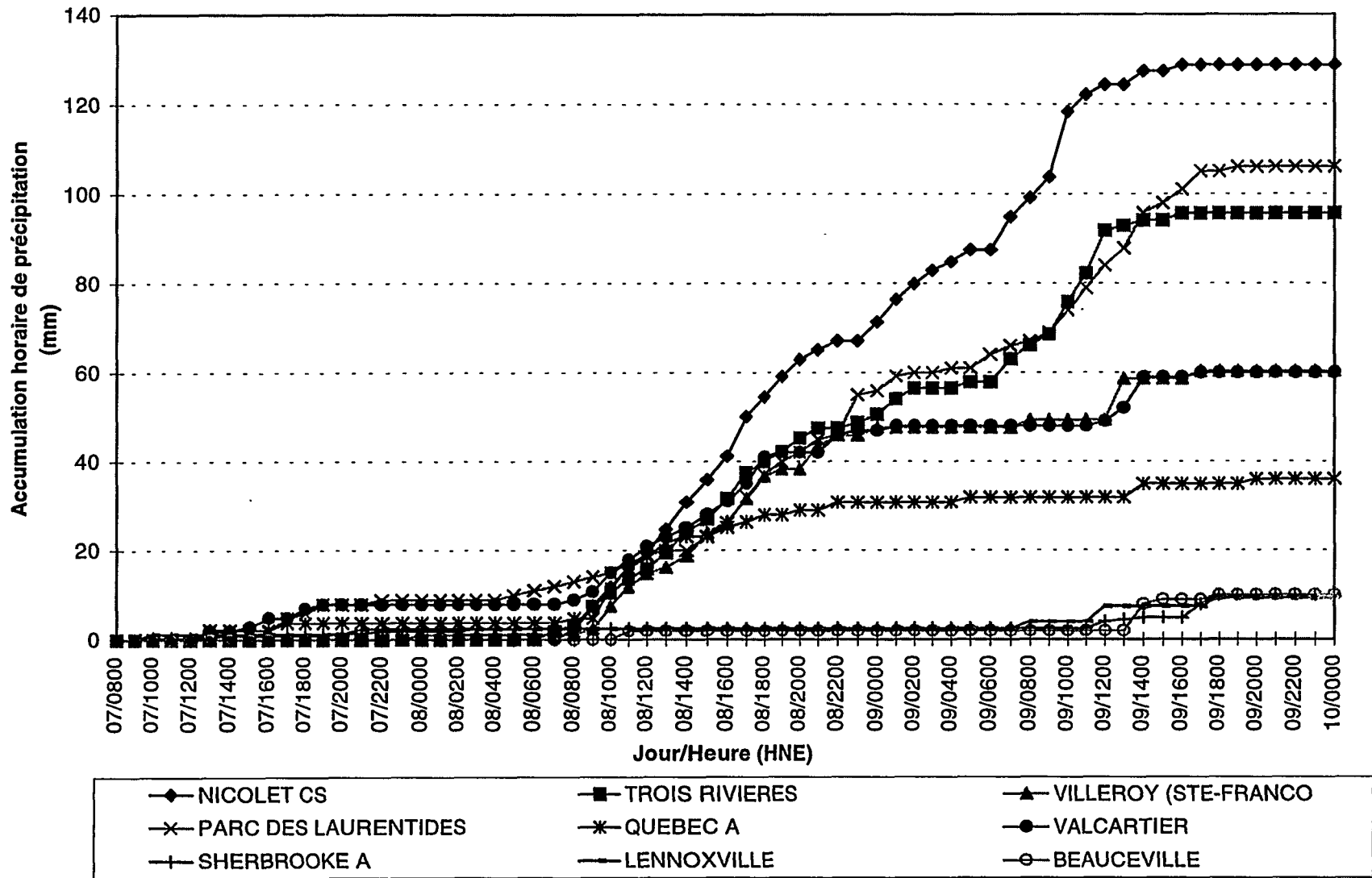


Figure 3-4: Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations des régions de Trois-Rivières, Mauricie, Parc des Laurentides et Québec.

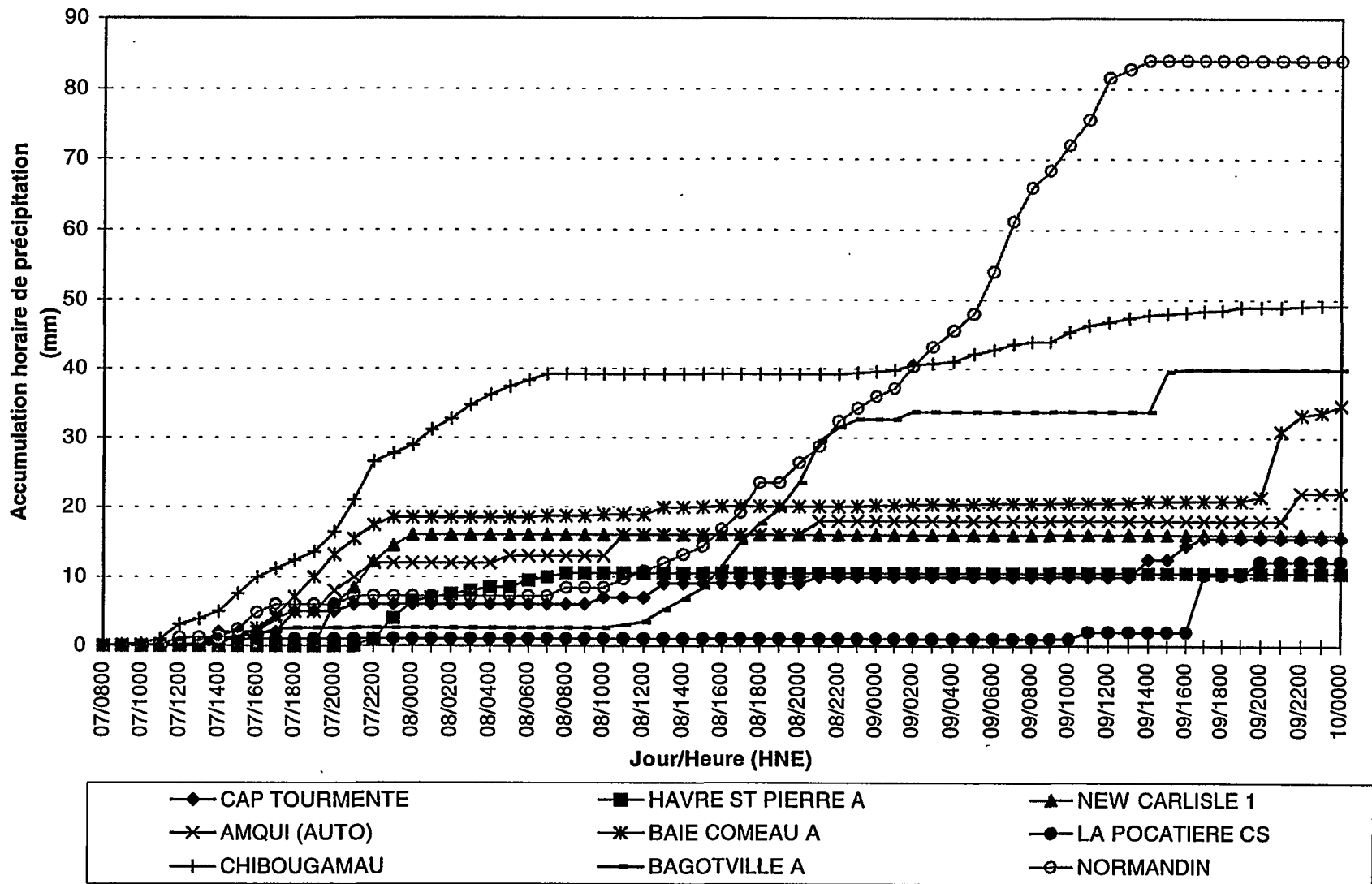


Figure 3-5: Évolution des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 00:00 HNE le 10 novembre 1996 pour quelques stations des régions l'est du Québec, Saguenay, Lac St-Jean et Centre du Québec.



## Chapitre 4 Analyse des mesures de précipitations

Il existe plusieurs façons de caractériser l'amplitude d'un événement de pluie. On peut vouloir caractériser les pluies tombées à une seule station ou sur l'ensemble d'un territoire. On peut désirer savoir si l'événement est un cas de crue subite (pluie tombée en peu de temps) ou un cas de pluie abondante (pluie tombée sur une période prolongée). Ce chapitre présente une combinaison d'analyses qui montrent clairement que l'événement d'intérêt est un cas de pluie abondante qui a pris des proportions exceptionnelles sur certaines régions de l'extrême sud du Québec pour une période de 24 à 36 heures. Les analyses présentées s'attardent principalement aux stations de la province de Québec sauf pour l'analyse Hauteur-Surface-Durée qui considère le volume de pluie tombée sur le Québec, l'est de Ontario et le nord-est des États-Unis.

### 4.1 Cartographie des accumulations de précipitation

En utilisant l'ensemble des mesures de précipitation pour les stations présentées à la figure 3-1, il est possible de cartographier la précipitation générée par le système météorologique d'intérêt. Le logiciel SURFER (version 6.04) a permis d'assimiler l'ensemble des données disponibles et de générer des isolignes de précipitation permettant une meilleure visualisation de la distribution spatiale des précipitations tombées. Par contre, ce logiciel a des limites non négligeables. Les deux principales sont que le logiciel n'a aucune connaissance en météorologie ou climatologie. De plus, il peut avoir des difficultés à interpoler dans les régions où il y a une grande variabilité dans les mesures ou dans les régions où il y a peu de mesures. Lorsque possible, les isolignes ont donc été ajustées afin d'obtenir une cartographie présentant une distribution de précipitation la plus réaliste possible. Ainsi, on peut tenir compte de la topographie, de la direction des vents, de l'imagerie satellitaire, de données radars et des connaissances d'un spécialiste. Naturellement, le but ultime est de permettre d'estimer la quantité de précipitation tombée sur un lieu sans station d'observation.

La figure 4-1 présente la carte des précipitations accumulées lors de la journée climatologique du 7 novembre 1996. Ces accumulations sont principalement causées par le déplacement du creux barométrique dont l'évolution est illustrée aux figures 2-1 à 2-3. On note quelques axes d'accumulations maximales, dont celui directement lié au déplacement du creux barométrique, qui s'étend du lac Huron au centre du Québec. Deux axes secondaires peuvent aussi être remarqués, un sur la rive Nord du Saguenay et un autre sur la rive nord du St-Laurent entre Montréal et Québec. La présence de ces axes secondaires s'expliquent essentiellement par la formation additionnelle de précipitation dans les régions avec ascendance orographique.

Alors que le creux barométrique ralentit sa course et devient stationnaire dans un axe allant du Lac Champlain au Lac St-Jean au cours de la journée du 8 novembre 1996, une dépression se développe aux États-Unis et se déplace le long du creux pour être située tout juste à l'est de Montréal lors de la matinée du 9 (figures 2-3 à 2-6). La carte d'accumulation pour la journée climatologique du 8 novembre 1996 présentée à la figure 4-2 indique clairement que l'intensification de cette dépression a mené à la formation accrue de précipitation. L'axe de

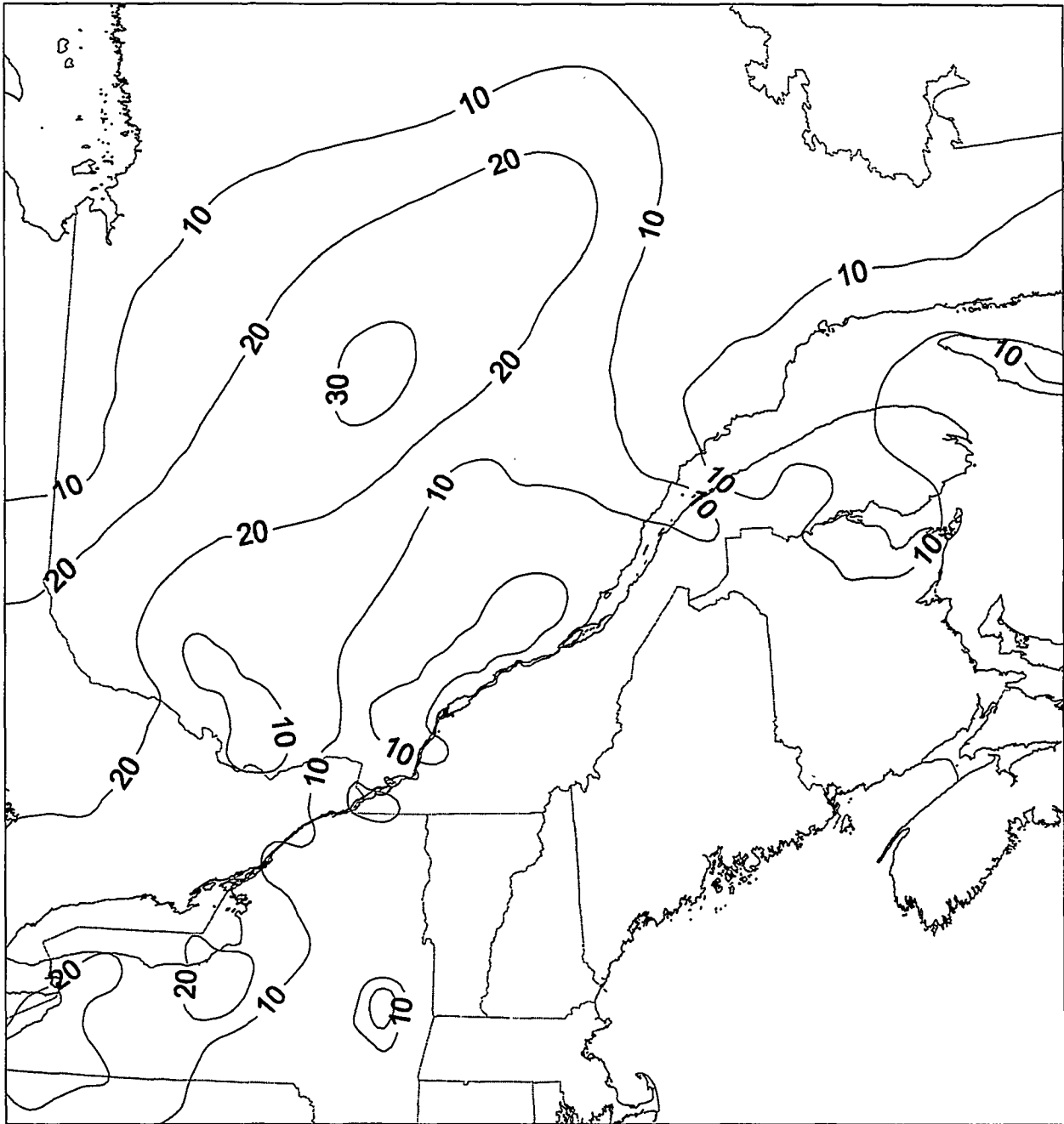


Figure 4-1: Accumulation de précipitation entre le 7 novembre 1996 07:00 HNE et le 8 novembre 1996 07:00 HNE. L'isohyète minimale est celle de 10 millimètres. Les valeurs maximales observées pour cette journée climatologique du 7 novembre sont situées sur le centre du Québec avec un peu plus de 30 millimètres.

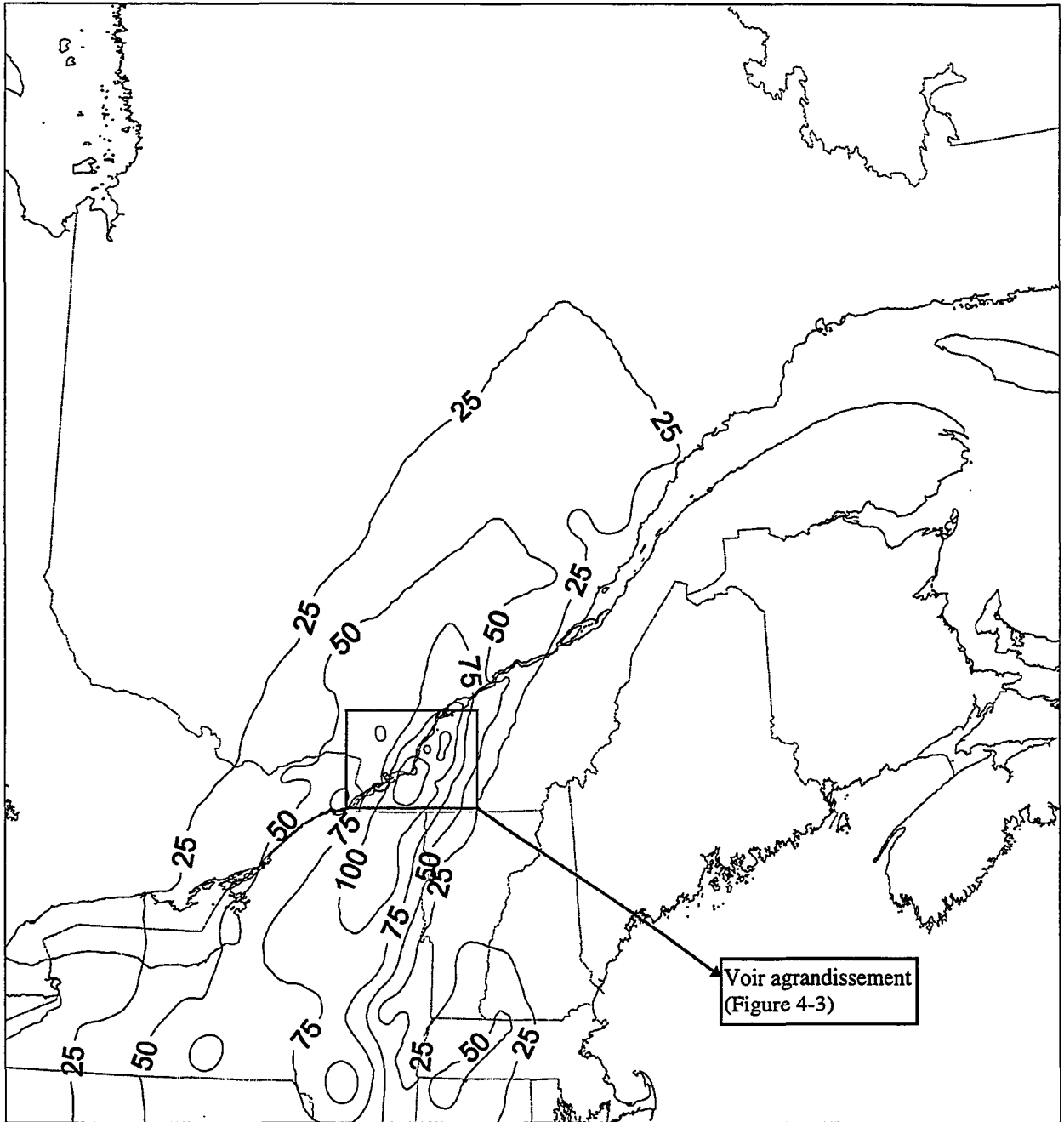


Figure 4-2: Accumulation de précipitation entre le 8 novembre 1996 07:00 HNE et le 9 novembre 1996 07:00 HNE. L'isohyète minimale est celle de 25 millimètres. Les valeurs maximales observées pour cette journée climatologique du 8 novembre sont de l'ordre de 145 millimètres près de L'Acadie. Le carré définit la région présentée à la figure 4-3.

précipitation maximale s'étend maintenant de l'état de New York vers le lac St-Jean avec des accumulations maximales tout juste au sud-est de Montréal. En une journée, les accumulations le long de cet axe maximal sont passées de 15-35 millimètres à 100-150 millimètres.

La figure 4-3 identifie deux régions où les accumulations du 8 dépassent 130 millimètres. La région ayant reçu le plus de précipitation se situe au sud de Montréal entre le fleuve Saint-Laurent et le Richelieu avec localement plus de 145 millimètres. Une deuxième région a reçu localement jusqu'à 135 millimètres juste à l'est du Richelieu, au nord-est du mont Saint-Hilaire.

Puis, tel que l'illustre la figure 4-4 (ainsi que les figures 2-6 à 2-9), la zone de précipitation se déplace vers le nord et quitte le sud du Québec au cours de la journée du 9 novembre 1996. L'axe de précipitation maximale va maintenant de l'état du Vermont vers le lac St-Jean et les quantités les plus importantes ont diminué à un peu plus de 50 millimètres. C'est la région au sud-ouest du Parc des Laurentides qui observe ces valeurs maximales. La dépression ayant traversé le Québec du sud vers le nord entre maintenant dans sa phase de dissipation sur le nord du Québec. Le support atmosphérique pour la formation de précipitation est en forte diminution au cours de la journée du 9. Tout de même, ce support maintient un creux résiduel qui balaie rapidement l'est du Québec au cours de la journée climatologique du 10 novembre 1996 et génère localement plus de 40 millimètres de précipitation au cours de cette journée (figure 4-5).

Finalement, la figure 4-6 permet de visualiser la quantité totale de précipitation tombée au cours des quatre journées d'intérêt. L'axe principal de précipitation maximale s'étend de l'état de New York vers la portion centre-est du Québec, ne passant par la rive sud de Montréal, la vallée de la rivière Saint-Maurice et le lac Saint-Jean. Le nord de l'état de New York, le sud de la grande région de Montréal, le sud de la Mauricie et le sud-ouest du Parc des Laurentides ont généralement reçu plus de 125 millimètres en 30 heures. Cette figure permet aussi de noter l'effet de certaines vallées étroites ou flanc de montagnes sur le patron des accumulations de précipitation. Par exemple, on note des axes de minimum de précipitation dans plusieurs vallées de l'état de New York et dans celle du Saguenay alors que certains flancs de montagnes observent des maximums locaux d'accumulation. La figure 4-7 présente les isohyètes de précipitation à chaque 10 millimètres pour la totalité de l'événement sur l'extrême sud du Québec. L'allure de cette figure est fortement modulée par les accumulations de la journée du 8 novembre 1996 (figure 4-3). Il est fort probable qu'au cours de la journée du 8 novembre 1996, le support atmosphérique favorable à la formation accrue de précipitation se soit déplacé de la région de L'Acadie-Laprairie-McTavish vers la seconde région la plus touchée (nord-est du mont Saint Hilaire), pour par la suite s'affaiblir en se déplaçant vers le Parc des Laurentides.



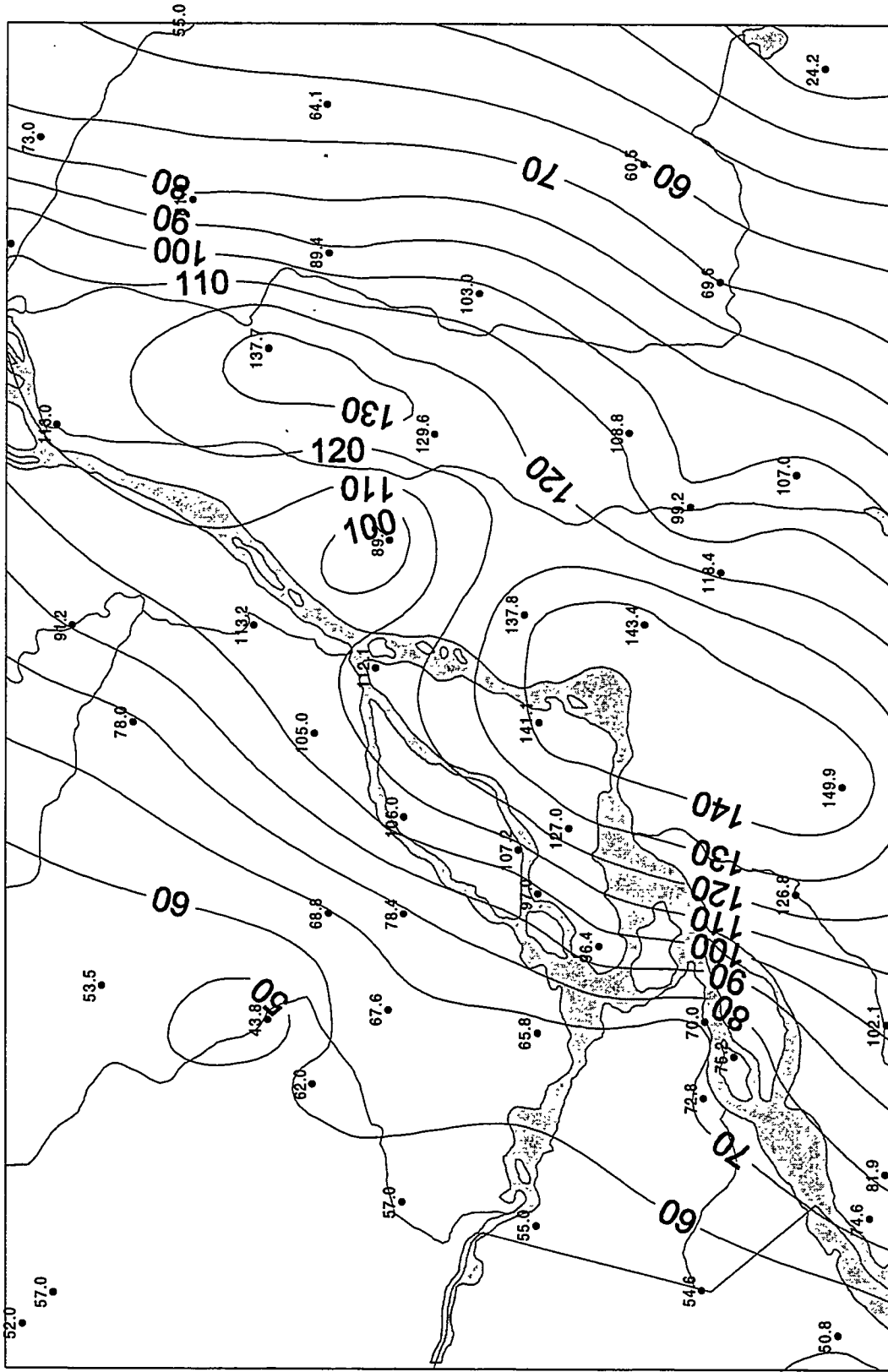


Figure 4-3: Agrandissement tel que défini à la figure 4-2. Les mesures des stations climatologiques ont été ajoutées à la cartographie.

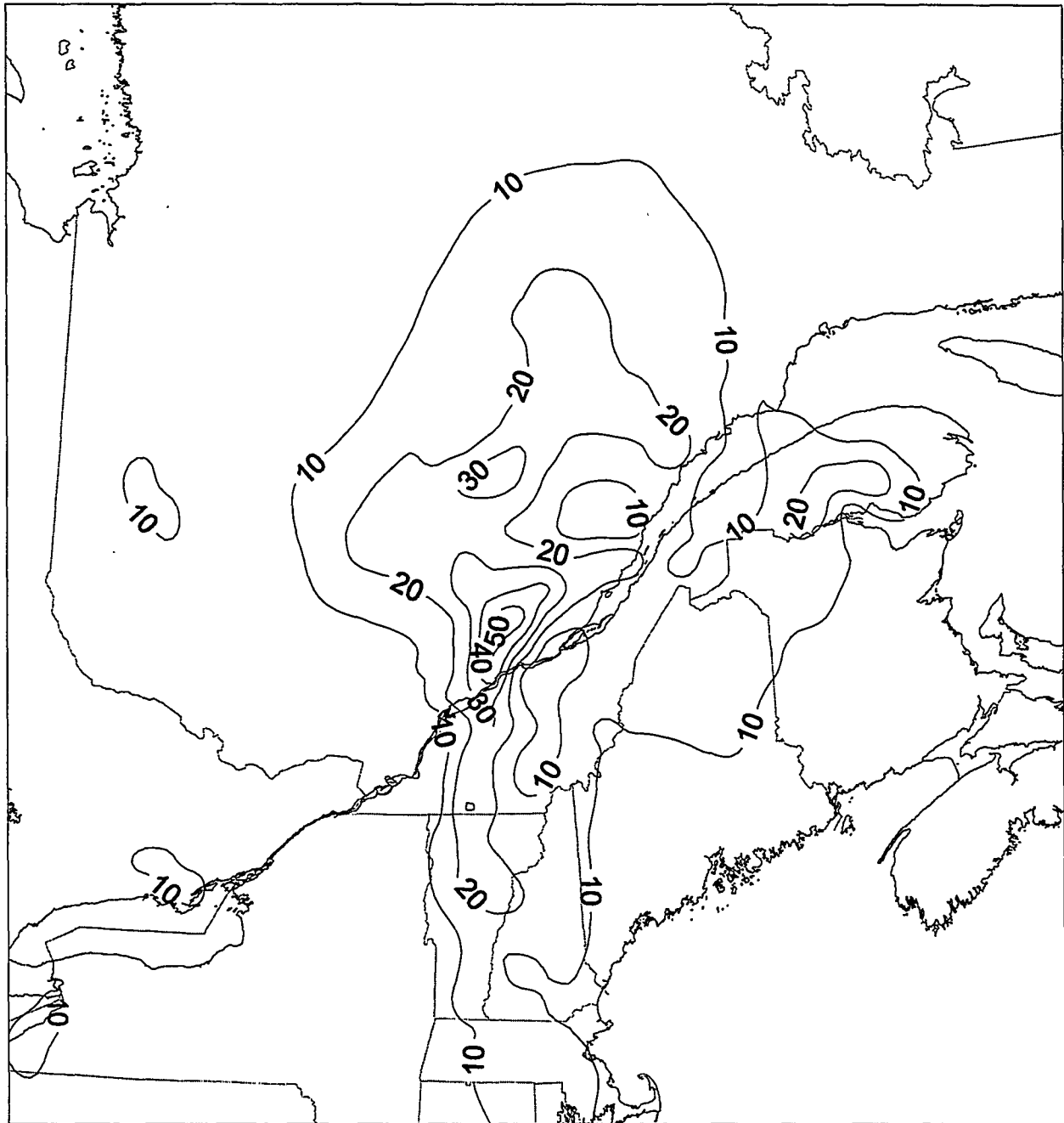


Figure 4-4: Accumulation de précipitation entre le 9 novembre 1996 07:00 HNE et le 10 novembre 1996 07:00 HNE. L'isohyète minimale est celle de 10 millimètres. La valeur maximale observée pour cette journée climatologique du 9 novembre est de 52,6 mm à Forêt-Montmorency.

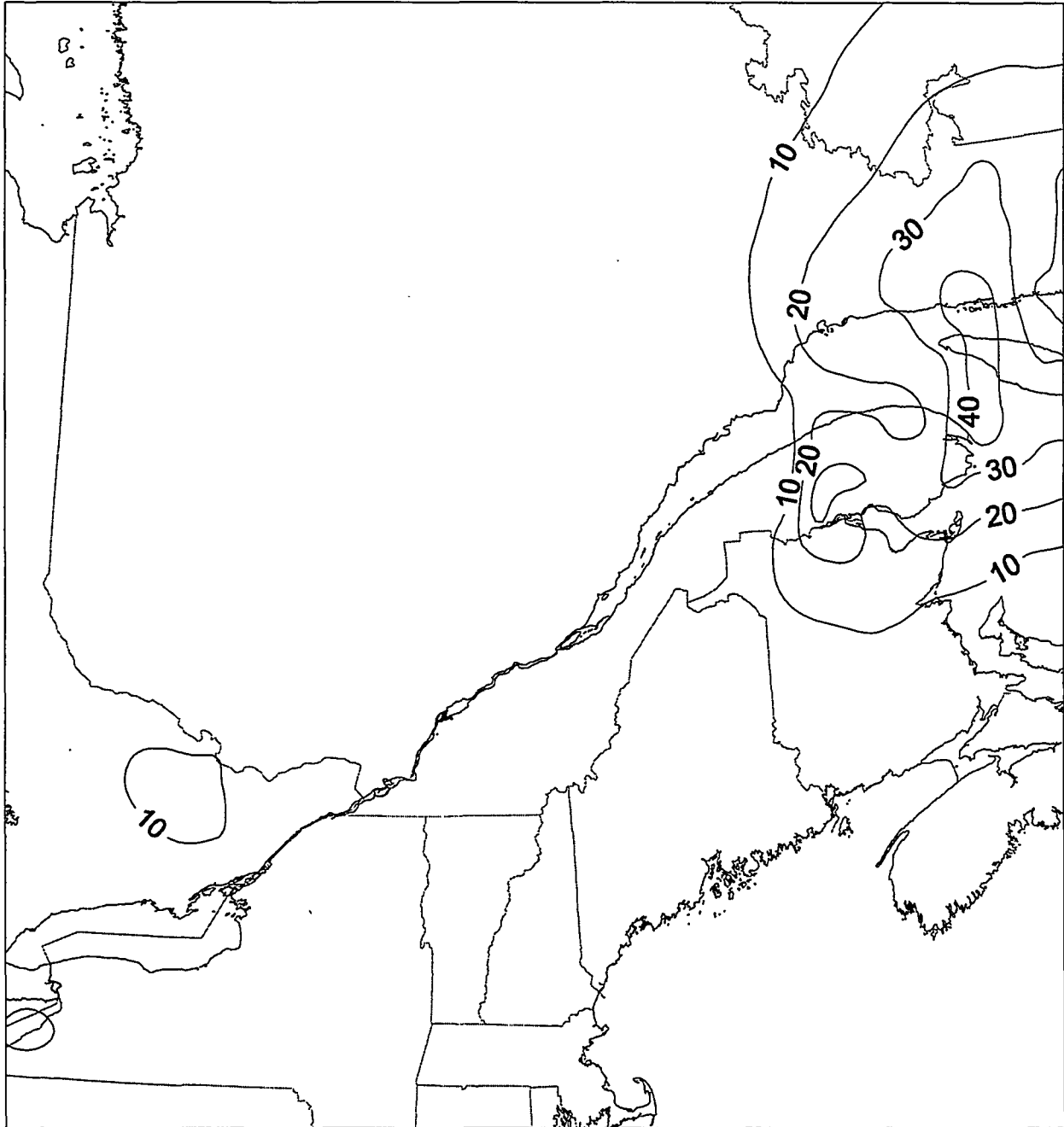


Figure 4-5: Accumulation de précipitation entre le 10 novembre 1996 07:00 HNE et le 11 novembre 1996 07:00 HNE. L'isohyète minimale est celle de 10 millimètres. Les valeurs maximales observées pour cette journée climatologique du 10 novembre excèdent 40 mm près de l'île Anticosti.

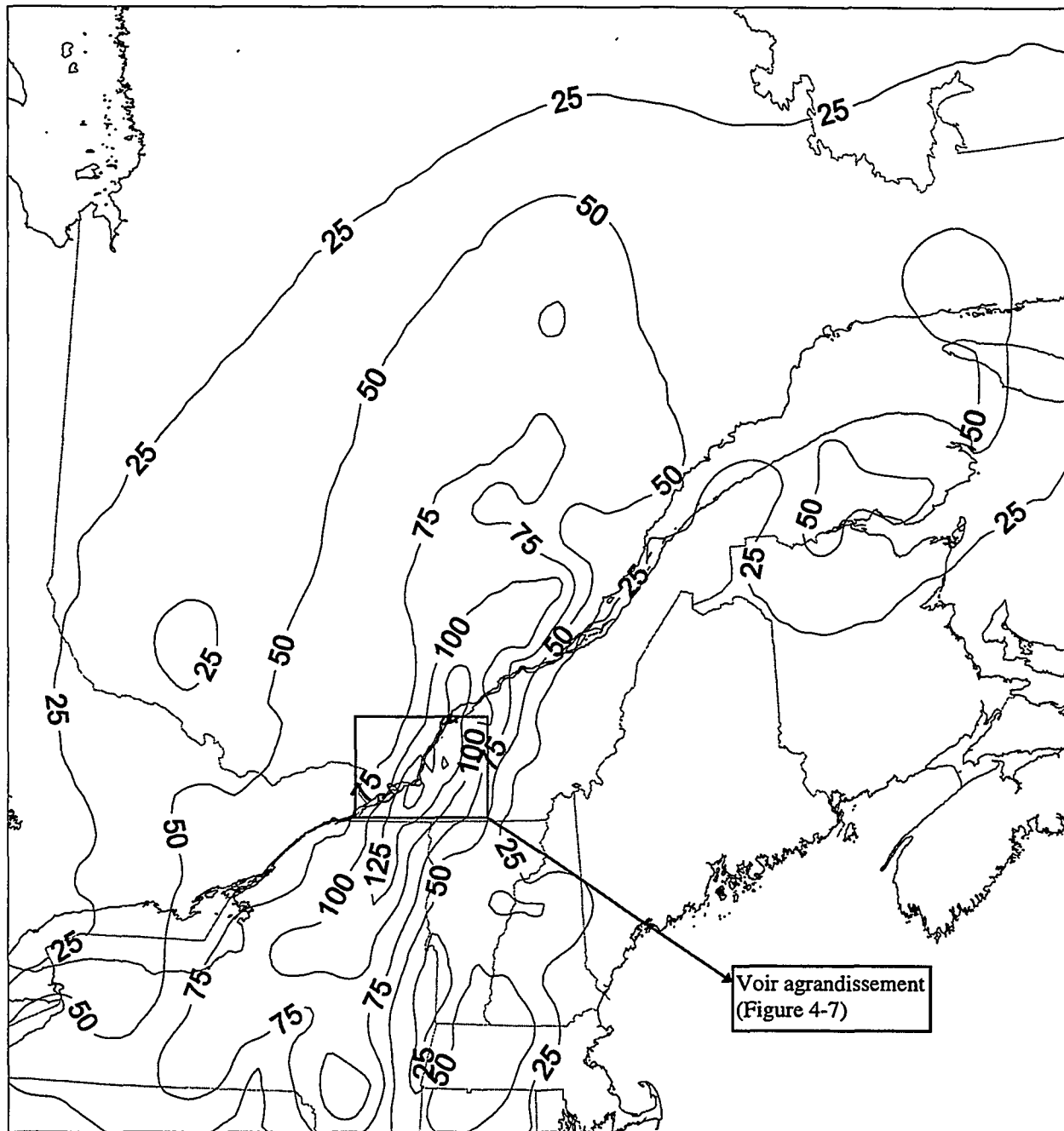


Figure 4-6: Accumulation totale de précipitation entre le 7 novembre 1996 07:00 HNE et le 11 novembre 1996 07:00 HNE. L'isohyète minimale est celle de 25 millimètres. Les précipitations maximales sont observées sur l'extrême sud du Québec, principalement entre le fleuve Saint-Laurent et la vallée du Richelieu.

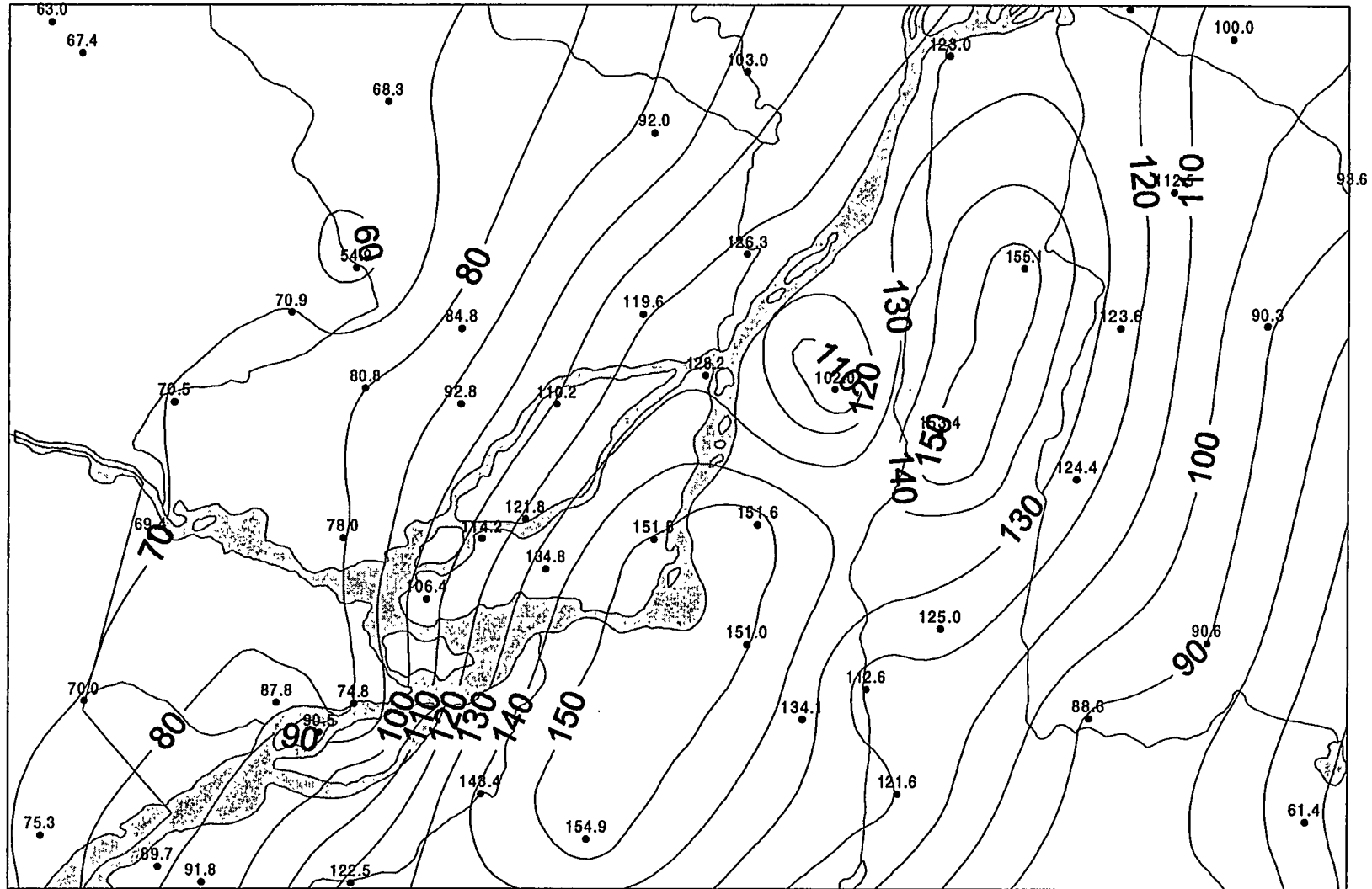


Figure 4-7: Agrandissement tel que définit à la figure 4-6. Les mesures des stations climatologiques ont été ajoutées à la cartographie.

## 4.2 Mesures quotidiennes, comparaison aux records et détermination de récurrences

La façon la plus rapide de caractériser une chute de pluie est de la comparer aux événements historiques extrêmes à s'être produits au même endroit. Cette section présente donc deux méthodes permettant de qualifier les chutes de pluie tombées aux stations d'observation en les comparant aux données historiques provenant des Archives Climatologiques Nationales d'Environnement Canada. La première méthode consiste à simplement comparer les accumulations maximales sur une et deux journées climatologiques consécutives entre le 7 et 10 novembre 1996 aux extrêmes observées dans le passé. La deuxième méthode consiste à utiliser les données historiques afin de déterminer statistiquement une récurrence de ces accumulations maximales mesurées. La première méthode n'offre que la possibilité de déterminer si l'événement d'intérêt s'est déjà produit par le passé tandis que la deuxième méthode permet d'assigner une valeur de "fréquence statistiquement attendue" d'un tel événement.

Pour les deux types d'analyse, seules les stations avec au moins vingt années de données ont été retenues. En général, on accorde d'ailleurs plus de fiabilité aux stations qui ont davantage d'années complètes de données. Les extrêmes pour une station sont déterminés en retraçant la quantité maximale de précipitation mesurée à cette station sur une ou deux journées consécutives entre la date d'ouverture de la station et le 6 novembre 1996. Quant à la détermination de la récurrence, la méthodologie utilisée en est une utilisée couramment à Environnement Canada (1997) et est détaillée dans Hogg et Carr (1985).

Les tableaux 4-1 et 4-2 permettent une caractérisation des événements d'intérêt pour plusieurs sites d'observation au Québec. Le tableau 4-1 compare les mesures de novembre 1996 aux données historiques pour les stations de la grande région de Montréal. En premier lieu, on constate que pour un grand nombre de ces stations, la pluie tombée au cours du 8 novembre 1996 constitue un nouveau record de pluie tombée au cours d'une journée climatologique. En général, ces mêmes stations enregistrent aussi un nouveau record de pluie tombée sur deux journées climatologiques consécutives. De plus, ces deux records sont généralement battus par plus de 30% et ce, même pour des stations avec plus de 40 années de données. Les records de précipitation en une journée, qui étaient en moyenne d'environ 89 millimètres pour les stations présentées au tableau 4-1, sont désormais d'environ 104 millimètres à cause de cet événement. Naturellement, les récurrences ponctuelles des stations ayant battu des records sont généralement supérieures à 100 ans. Les récurrences sont plus fréquentes à mesure qu'on s'éloigne de l'île et de la banlieue sud de Montréal. La cartographie de ces récurrences ponctuelles sera présentée plus loin et permet d'interpoler afin d'estimer la récurrence pour tout point voulu. La fiabilité de cette estimation sera fonction de la densité du réseau dans la région.

Le tableau 4-2 présente un tableau similaire au tableau précédant mais pour des stations à l'extérieur de la grande région de Montréal. On y constate que les nouveaux records ainsi que les récurrences centenaires sont moins fréquentes et ce pour deux raisons. Premièrement, les stations du tableau 4-2 ont généralement observé moins de précipitation que celles du tableau 4-1 lors de cet événement. Deuxièmement, les records des stations du tableau 4-2 étaient, en moyenne, déjà plus élevés que ceux du tableau 4-1.

**Tableau 4-1: Accumulations maximales de précipitation en une et deux journées consécutives entre le 7 et 10 novembre 1996, records historiques et récurrences pour les durées correspondantes pour les stations de la région de Montréal.**

Stations	Nombre d'années de données	Quantité maximale en une journée (mm)	Période de retour un jour (année)	Record un jour (mm)	Date du record un jour	Quantité maximale en deux journées (mm)	Période de retour deux jour (année)	Record deux jours (mm)	Date du record deux jour
FLEURY	28	<i>137,7</i>	>100	84,3	79-09-14	<i>148,7</i>	>100	100,3	79-09-13
ST-HUBERT A	60	<i>137,8</i>	>100	77,7	29-06-25	<i>144,8</i>	>100	101,1	58-07-05
LAPRAIRIE	32	<i>143,4</i>	>100	88,9	71-08-03	<i>147,0</i>	>100	106,8	85-09-27
STE MARTINE	32	<i>126,8</i>	>100	72,4	70-09-22	<i>140,4</i>	>100	78,0	75-09-25
MONTREAL DORVAL INT'	54	<i>127,0</i>	>100	81,9	79-09-14	<i>131,3</i>	>100	95,2	75-09-25
HEMMINGFORD FOUR WINDS	35	<i>120,5</i>	>100	67,0	95-10-21	<i>130,3</i>	>100	84,0	83-12-12
RIVIERE DES PRAIRIES	22	<i>112,1</i>	>100	88,6	79-09-14	<i>123,9</i>	>100	122,2	78-06-19
L'ASSOMPTION	64	<i>113,2</i>	>100	103,1	78-06-19	<i>119,1</i>	>100	111,7	78-06-19
MARIEVILLE	21	<i>108,8</i>	39,2	85,2	84-06-18	118,0	27,6	132,4	87-06-08
ST HYACINTHE	28	<i>103,0</i>	>100	80,6	95-07-23	<i>115,4</i>	>100	84,3	75-07-19
ORMSTOWN	33	<i>102,1</i>	44,0	101,1	69-08-18	<i>121,1</i>	>100	104,1	72-08-06
STE DOROTHEE	24	<i>107,2</i>	>100	72,4	87-07-14	<i>118,4</i>	>100	98,0	79-09-13
SABREVOIS	20	<i>107,0</i>	62,5	106,2	94-07-22	110,6	43,0	114,0	94-07-21
MASCOUCHE	22	<i>105,0</i>	>100	87,6	77-07-29	<i>116,6</i>	>100	98,6	79-09-13
ST BERNARD DE LACOLLE	22	107,4	39,0	126,4	88-08-14	109,2	28,2	141,4	88-08-13
STE GENEVIEVE	43	<i>97,0</i>	81,7	76,2	79-09-14	<i>111,0</i>	>100	104,6	79-09-13
IBERVILLE	32	<i>99,2</i>	>100	63,8	89-08-06	<i>103,6</i>	>100	73,0	81-08-15
JOLIETTE VILLE	28	91,2	20,1	112,0	81-06-22	100,0	31,0	112,2	81-06-21
STE THERESE OUEST	34	78,4	16,0	85,3	63-09-12	90,4	26,9	98,0	79-09-13
ST JACQUES	28	78,0	10,1	84,6	78-06-19	88,0	17,9	93,0	86-09-10
GRANBY	47	60,5	2,5	117,3	72-08-07	88,5	9,5	120,1	72-08-06
VALLEYFIELD	43	75,2	7,8	112,0	86-07-26	89,0	12,3	112,0	86-07-25
ST ANICET	35	74,6	11,4	84,0	82-08-25	86,9	15,3	109,5	79-09-13
FARNHAM	68	69,6	4,5	103,2	94-07-22	84,8	7,0	116,6	27-11-03
PHILIPSBURG	45	69,0	11,0	80,0	61-07-24	82,0	36,8	87,6	61-07-24
ST JANVIER	22	68,8	8,5	82,0	93-08-11	80,4	10,6	89,1	79-09-13
MONTREAL MIRABEL INT	20	67,6	2,9	102,0	79-09-14	76,4	3,4	111,0	95-08-03
OKA	56	65,8	6,7	78,2	54-08-31	75,2	7,8	100,6	79-09-13
LES CEDRES	82	70,0	9,4	85,6	25-09-20	72,0	5,4	115,5	32-10-05
LACHUTE	32	57,0	3,2	74,2	86-09-11	67,8	4,1	102,2	86-09-10
RIGAUD	32	55,0	4,2	62,6	95-10-21	66,4	3,9	100,3	79-09-13

Les valeurs en italique constituent un nouveau record

**Tableau 4-2: Accumulations maximales de précipitation en une et deux journées consécutives entre le 7 et 10 novembre 1996, records historiques et récurrences pour les durées correspondantes pour les stations hors de la région de Montréal.**

Stations	Nombre d'années de données	Quantité maximale en une journée (mm)	Période de retour un jour (année)	Record un jour (mm)	Date du record un jour	Quantité maximale en deux journées (mm)	Période de retour deux jour (année)	Record deux jours (mm)	Date du record deux jour
SHAWINIGAN	93	94,6	30,3	104,1	24-09-30	124,6	81,5	154,9	24-09-29
ST ALEXIS DES MONTS	32	89,0	11,7	131,2	91-08-04	104,0	24,3	135,0	91-08-04
LOUISEVILLE	28	<i>89,0</i>	27,0	82,0	81-06-22	<i>105,0</i>	>100	86,6	92-07-17
RIVIERE VERTE OUEST	29	48,4	1,1	90,7	79-09-06	85,0	7,1	98,8	87-06-26
ST GUILLAUME	31	<i>81,0</i>	18,1	78,0	79-09-14	<i>98,0</i>	57,9	89,9	79-09-13
HEROUXVILLE	27	76,2	10,9	91,0	81-06-22	<i>100,4</i>	>100	91,0	81-06-21
LAC AUX SABLES	31	55,3	2,3	92,0	92-07-17	94,4	40,5	94,4	92-07-16
ST CHARLES DE MANDEVILLE	74	81,0	7,8	148,3	24-09-30	97,8	26,8	148,3	24-09-29
TROIS RIVIERES AQUEDUC	21	79,4	12,4	83,1	75-09-11	<i>91,5</i>	17,7	88,8	92-07-17
NICOLET	82	70,0	3,6	139,7	60-06-14	92,0	9,7	145,8	60-06-14
STE ANNE DE LA PERADE	46	45,2	1,4	89,2	88-07-11	82,2	12,3	104,2	88-07-10
LA TUQUE	84	57,0	3,2	113,8	24-09-29	89,6	14,6	114,0	74-07-29
DRUMMOND-VILLE	82	55,0	2,0	161,3	17-07-21	90,3	6,1	166,4	17-07-20
ST NARCISSE	22	54,2	2,3	70,1	79-08-02	80,6	17,0	79,4	86-09-10
ST NAZAIRE	22	64,1	3,2	75,2	88-08-14	84,8	7,1	97,3	88-08-13
ST LEON DE LABRECQUE	32	35,6	1,3	109,6	80-07-11	63,8	2,9	117,7	80-07-10
STE BEATRIX	21	66,0	3,4	87,9	78-06-19	76,4	4,4	103,8	81-08-04
LAC BOUCHETTE	46	53,2	3,3	92,8	81-06-22	71,6	6,6	104,6	85-07-25
BONNARD	34	23,6	1,2	102,4	90-09-14	47,2	2,1	139,2	90-09-14
ST ALBAN	46	41,5	1,1	103,0	87-07-14	66,5	2,3	112,2	73-08-09
NOMINGUE	82	48,4	1,8	114,3	39-06-30	62,8	2,8	132,1	39-06-30
LAC STE CROIX	37	42,0	1,6	108,7	81-06-22	64,0	3,6	108,7	81-06-21
FORTIERVILLE	22	51,8	1,8	106,2	79-09-14	66,0	2,7	107,0	79-09-13
MONTEBELLO	37	52,0	1,8	107,2	71-09-05	64,4	2,8	120,3	86-09-10

Les valeurs en italique constituent un nouveau record

Les figures 4-8 et 4-9 présentent, respectivement, les cartographies de récurrences ponctuelles de la précipitation tombée au cours de la journée climatologique du 8 novembre et celle tombée au cours des journées du 8 et du 9 novembre. Ces figures permettent d'estimer la récurrence de l'événement de précipitation aux endroits où il n'y a pas de stations de mesure. En comparant la figure 4-8 à celles d'accumulations de précipitation correspondantes, on constate qu'en général, la récurrence pour les stations ayant reçu plus de 95 millimètres le 8 est supérieure à 50 ans et celle pour les stations ayant reçu plus de 100 millimètres est supérieure à 100 ans.



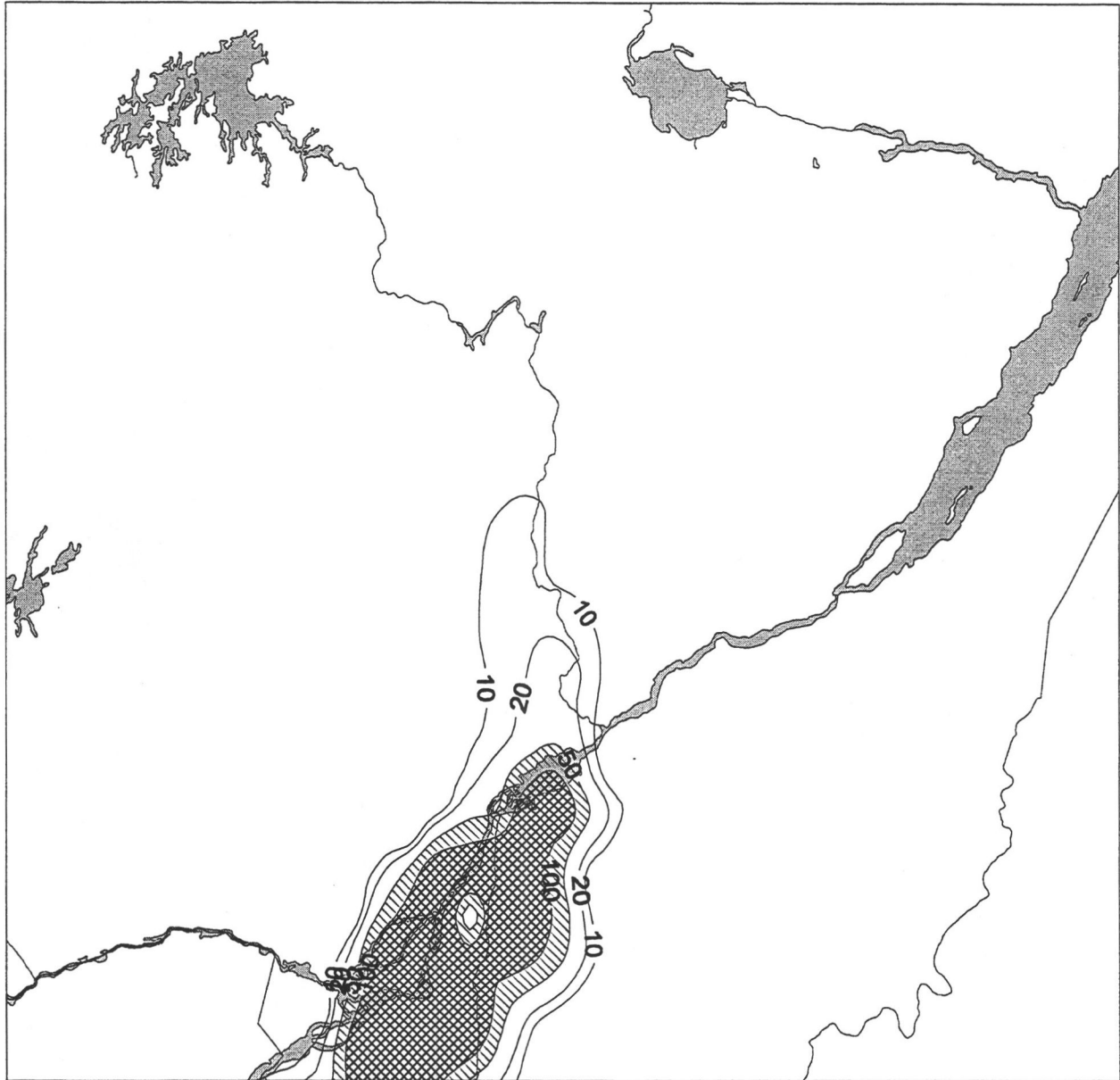


Figure 4-8: Carte des périodes de retour ponctuelles pour la pluie totale tombée au cours de la journée climatologique du 8 novembre 1996. La zone hachurée indiquent les régions où la récurrence ponctuelle excède 50 ans. La zone quadrillée indiquent les régions où la récurrence ponctuelle excède 100 ans. Des ajustements ont été apportés pour mieux refléter la carte d'accumulation (figure 4-2) dans les régions avec peu de données historiques.

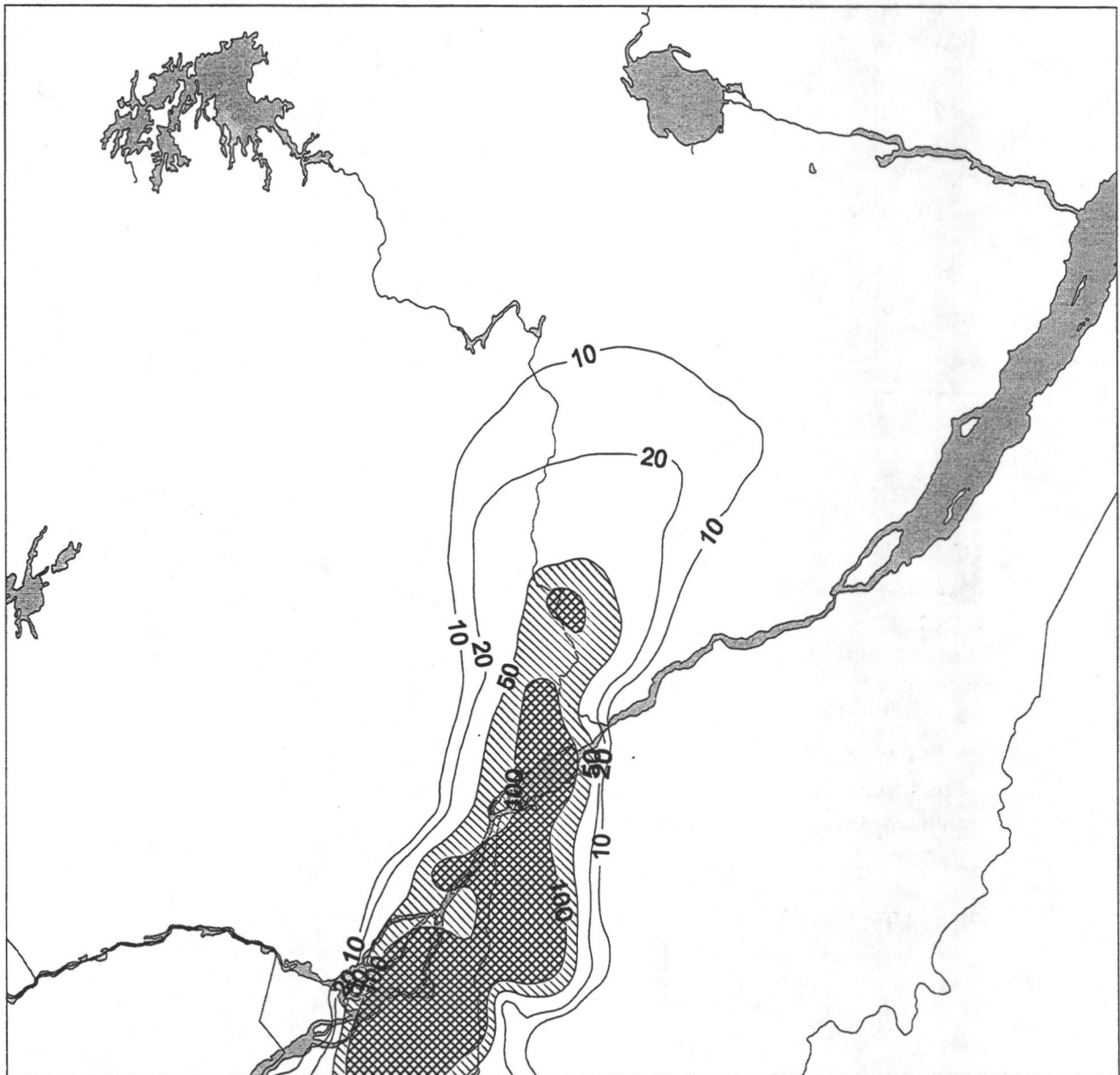


Figure 4-9: Carte des périodes de retour ponctuelles pour la pluie totale tombée au cours des journées climatologiques du 8 et du 9 novembre 1996. La zone hachurée indique les régions où la récurrence ponctuelle excède 50 ans. La zone quadrillée indique les régions où la récurrence ponctuelle excède 100 ans. Des ajustements ont été apportés pour mieux refléter la carte d'accumulation totale (figure 4-6) dans les régions avec peu de données historiques.

### 4.3 Mesures d'intensité et détermination de récurrences

Normalement, c'est le pluviomètre à auge-basculaire, ajusté afin de correspondre au total quotidien du pluviomètre standard officiel, qui fournit les données d'intensité de précipitation. Pour des raisons évoquées plus tôt, la quantité de données provenant de pluviomètres à auge-basculaire était limitée. Seules deux séries de données sont intéressantes à analyser. Heureusement, la comparaison des accumulations mesurées par ces deux pluviomètres à celles mesurées par l'ensemble des « Fisher-Porter » suggère que ces deux stations sont représentatives des intensités maximales générées par le système météorologique d'intérêt lors de son passage sur la province. En effet, ces deux pluviomètres à auge-basculaire sont situées sur l'extrême sud du Québec et un système météorologique du type de celui étudié dans ce travail montre généralement des taux de précipitation qui ne varient que graduellement dans le temps et l'espace.

Le tableau 4-3 présente les données mesurées et les récurrences correspondantes pour deux stations ayant reçu parmi les plus importantes quantités de précipitation associées à ce système. On constate rapidement que les quantités maximales tombées en 2 heures ou moins ne sont pas exceptionnelles (récurrences de moins de 2 ans). Pour les accumulations maximales sur 6 et 12 heures consécutives, l'événement devient plus rare avec des récurrences qui grimpent à une fois par 23,8 ans à Montréal/Dorval et à une fois par 41,7 ans à St-Hubert. Or, le tableau 4-1 indique que la récurrence pour la journée climatologique du 8 novembre 1996 pour ces deux stations était nettement plus rare qu'une fois par 100 ans. Ceci indique donc que ce sont les quantités de précipitation accumulées sur plus de 12 heures qui constituent le caractère exceptionnel de l'événement.

**Tableau 4-3: Intensités maximales mesurées entre le 7 et 10 novembre 1996 et récurrences correspondantes pour deux stations du sud du Québec**

Stations	Pluie maximale en 5 minutes et récurrence (mm et année)	Pluie maximale en 10 minutes et récurrence (mm et année)	Pluie maximale en 15 minutes et récurrence (mm et année)	Pluie maximale en 30 minutes et récurrence (mm et année)
Montréal/Dorval	1,9 et 1,0	3,2 et 1,0	4,1 et 1,0	6,7 et 1,0
St-Hubert A	6,0 et 1,4	6,4 et 1,0	7,3 et 1,0	8,7 et 1,0
	Pluie maximale en 60 minutes et récurrence (mm et année)	Pluie maximale en 2 heures et récurrence (mm et année)	Pluie maximale en 6 heures et récurrence (mm et année)	Pluie maximale en 12 heures et récurrence (mm et année)
Montréal/Dorval	11,8 et 1,0	19,0 et 1,2	37,5 et 3,0	68,3 et 23,8
St-Hubert A	11,8 et 1,1	18,6 et 1,3	54,3 et 13,3	74,8 et 41,7

#### 4.4 Analyse Hauteur-Surface-Durée

Contrairement aux analyses précédemment présentées, l'analyse Hauteur-Surface-Durée permet d'évaluer le caractère d'un événement de précipitation en calculant le volume maximal de pluie tombé sur l'ensemble des régions touchées. Le graphique HSD, résultant de plusieurs étapes de calculs et d'interpolations, peut être particulièrement utile aux hydrométéorologues, hydrologues et ingénieurs lors de la conception de structures telles que ponceaux, réseaux d'égouts, barrages, évacuateurs et autres car il peut fournir de l'information sur les pluies maximums probables pour la région touchée. De plus, ce type d'analyse permet de comparer le taux d'accumulation du volume de pluie généré par cette tempête aux taux analysés pour d'autres tempêtes ayant affectée le Canada ou le Québec.

La méthodologie utilisée pour effectuer ce type d'analyse est identique à celle utilisée pour la tempête de juillet 1996 (EC, 1997) et est expliquée dans « Storm Rainfall in Canada » (Department of Transport, 1961). Les principales étapes sont énumérées ci-dessous.

- 1- Traçage de la carte d'isohyètes présentée à la figure 4-6.
- 2- Détermination des poids attribués aux valeurs de chacune des stations à l'aide de la méthode des polygones de Thiessen.
- 3- Détermination de l'évolution horaire de l'accumulation pour la totalité des stations.
- 4- Détermination du volume de précipitation tombé sur les surfaces définies par les isohyètes de la figure 4-6.
- 5- Détermination des quantités maximales tombées au cours de différents intervalles de temps pour ces mêmes surfaces.
- 6- Construction du graphique HSD.

Cette méthode permet donc d'estimer une évolution horaire pour l'ensemble des stations quotidiennes de la figure 3-1 en distribuant la précipitation selon l'évolution de l'accumulation aux stations horaires avoisinantes. Ainsi, il nous a été possible de produire les figures 4-10 à 4-12 qui illustrent l'évolution horaire interpolée de l'accumulation pour des stations avec mesures quotidiennes. Ce type d'évolution interpolée est d'ailleurs disponible pour l'ensemble des stations. Si l'on compare ces figures à celles des accumulations horaires mesurées présentées au chapitre 3, on constate sans surprise que l'accumulation de pluie pour ces stations quotidiennes se fait aussi de façon généralement constante. On note que la majorité des précipitations tombe au cours de la journée climatologique du 8 novembre 1996 pour les stations du sud du Québec alors qu'elles sont plutôt réparties sur deux journées pour les stations plus au nord.

Les courbes de la figure 4-13 ainsi que les données du tableau 4-4 permettent de connaître le taux maximal d'accumulation de précipitation ayant touché les surfaces les plus affectées par le système météorologique étudié. Par exemple, on désire connaître la quantité de précipitation tombée en 24 heures sur la surface de 3000 kilomètres carrés ayant reçu le plus de précipitation, la figure 4-13 fournit la valeur d'environ 132 millimètres, soit un volume de 396 millions de mètres cubes d'eau. Ce type de tableau peut donc permettre, par exemple, à un gestionnaire de tout type d'ouvrage de gestion des eaux de surface d'évaluer l'efficacité de l'ouvrage.

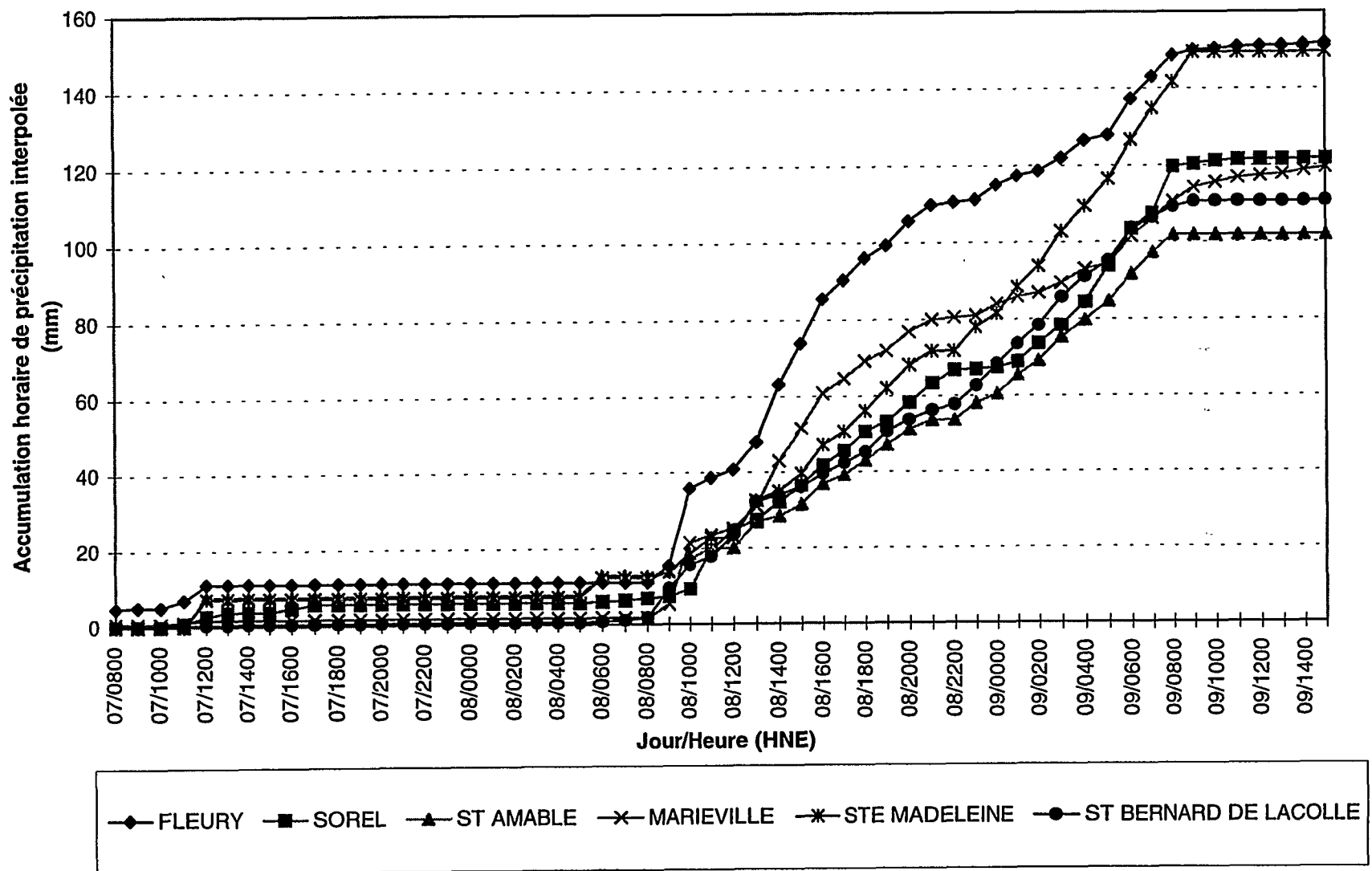


Figure 4-10: Évolution horaire interpolée des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations le long de la vallée du Richelieu.

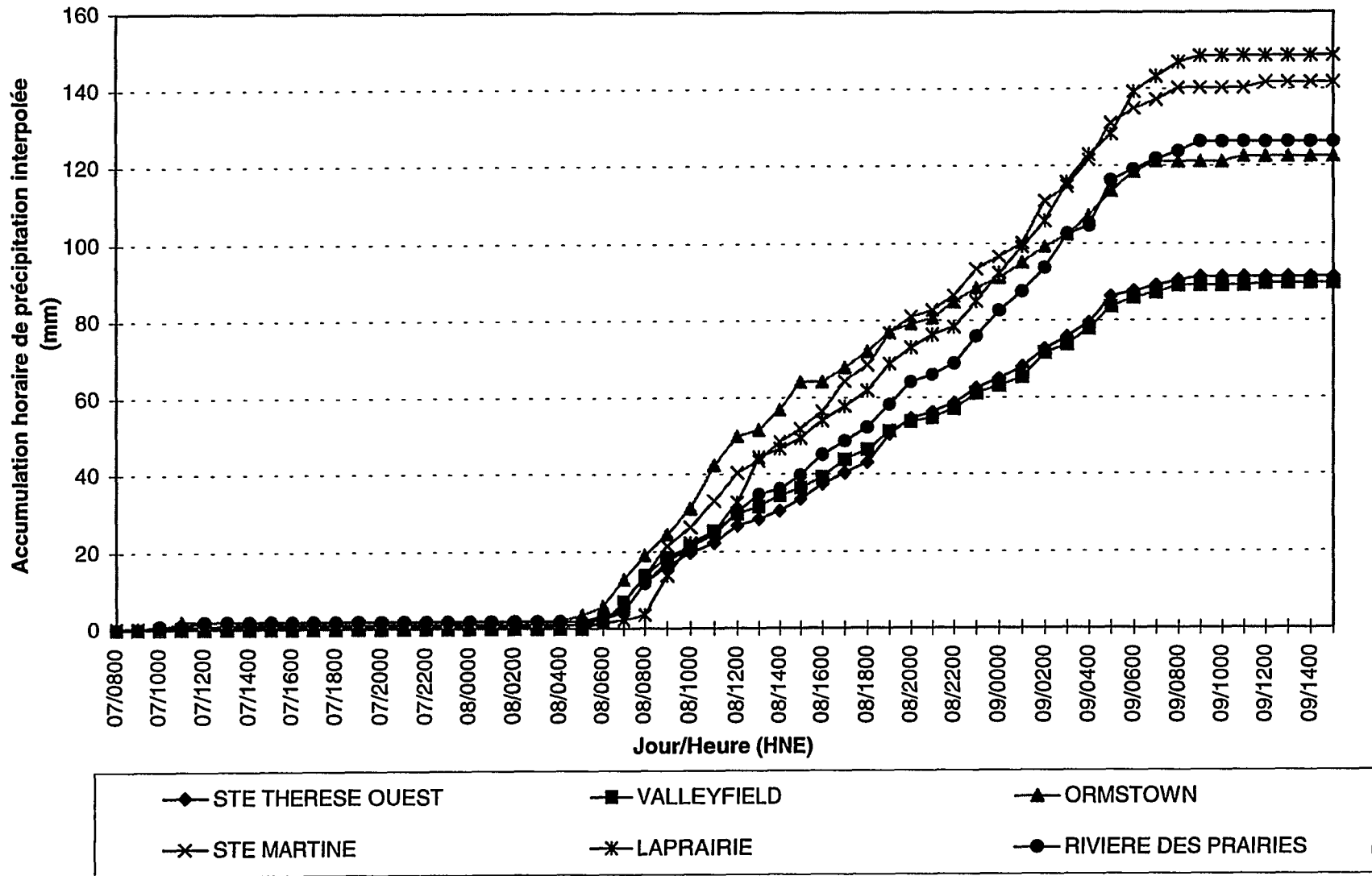


Figure 4-11: Évolution horaire interpolée des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations de la grande région de Montréal.

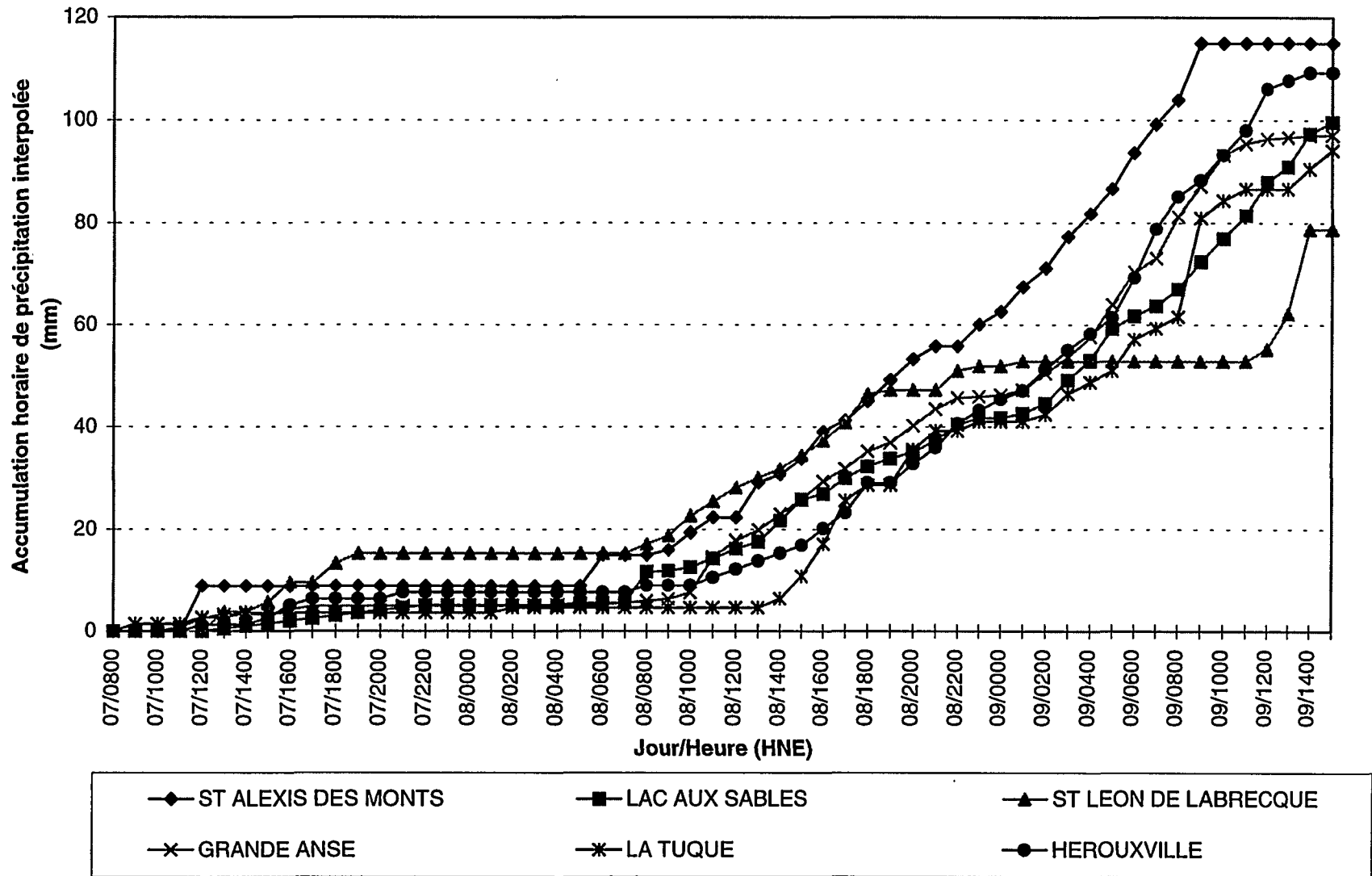


Figure 4-12: Évolution horaire interpolée des pluies entre 08:00 HNE le 7 novembre 1996 et 15:00 HNE le 9 novembre 1996 pour quelques stations entre la région de Trois-Rivières et la région du Nord du Lac St-Jean.

## Courbes Hauteur-Surface Maximales

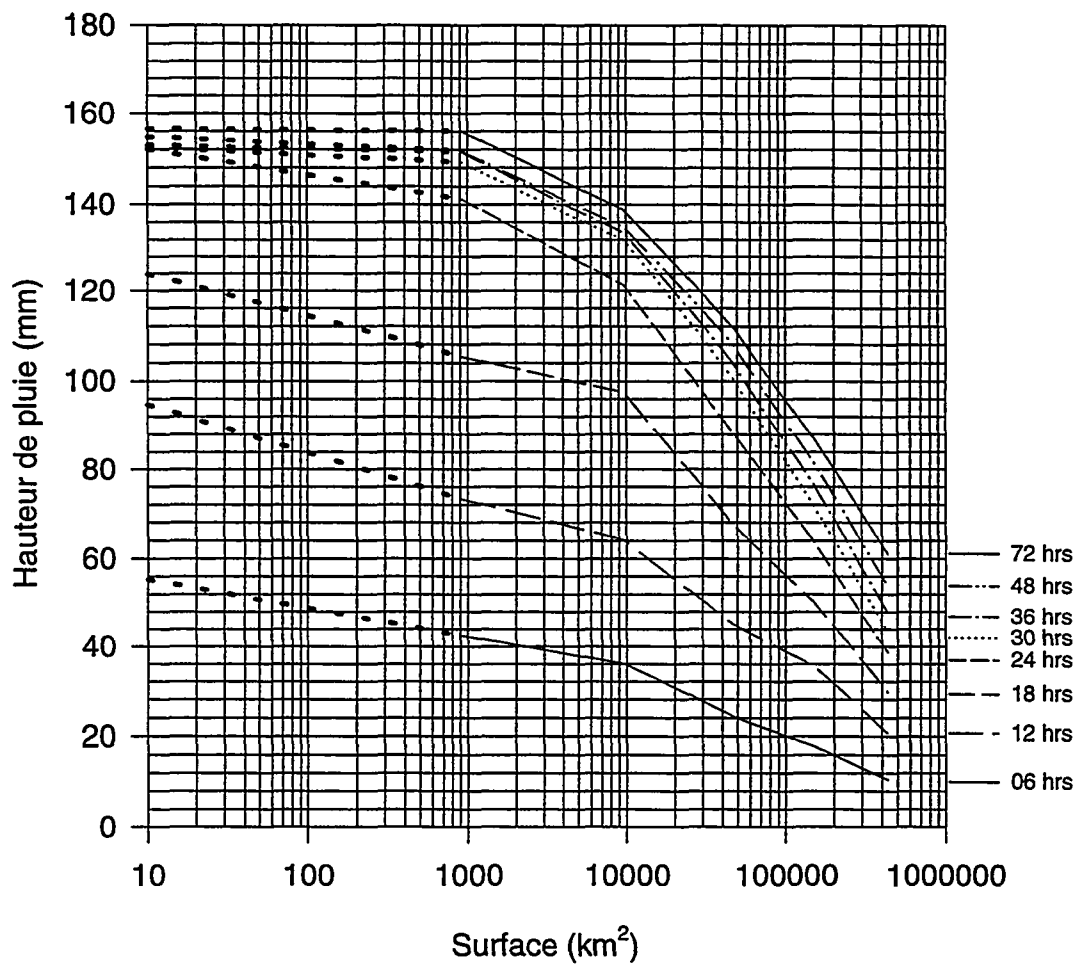


Figure 4-13: Courbes Hauteur-Surface maximales pour des durées de 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48 et 72 heures. La hauteur de pluie indiquée représente la quantité moyenne de pluie tombée sur la surface considérée. La portion pointillée des courbes représente des valeurs estimées. La résolution du réseau ne peut assurer la génération de valeurs fiables pour de petites superficies.



**Tableau 4-4: Hauteur de pluie moyenne tombée sur des superficies ayant reçu une quantité maximale de précipitation en 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 et 48 heures consécutives.**

Superficie avec accumulation maximale (km <sup>2</sup> )	Durée de l'accumulation maximale							
	(heures)							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1000	42,4	73,1	105,2	141,0	149,0	151,2	151,4	151,4
5000	39,5	68,9	101,6	131,9	141,1	143,0	143,5	143,8
10000	36,0	63,9	97,2	121,0	131,6	133,3	134,0	134,6
50000	24,1	44,8	67,0	87,6	99,7	103,1	105,7	107,2
100000	19,2	38,1	53,9	68,3	76,9	81,7	85,8	86,5

La détermination des valeurs du tableau 4-4 offre la possibilité d'évaluer le caractère des pluies générées par cette tempête en les comparant aux valeurs déterminées pour d'autres tempêtes ayant touché le Québec ou le Canada. Avant de débiter de telles comparaisons, il est important de tenir compte des points suivants:

- 1- Plus de 750 tempêtes ayant touché différentes régions du pays ont été analysées (Department of Transport, 1961). Autrefois, on tentait de documenter et analyser systématiquement les tempêtes importantes mais, depuis le début des années 1980, ce processus se fait seulement sur demande. Une analyse a récemment été produite pour la tempête du Saguenay. (EC, 1997)
- 2- La résolution temporelle et spatiale de l'ensembles des réseaux de mesure au Canada varie en fonction du temps. Par exemple, les données horaires au début de ce siècle étaient plutôt rares.
- 3- Ce type d'analyse s'applique difficilement aux régions particulièrement montagneuses comme les Rocheuses. Dans ces régions, les stations de mesure sont généralement situées dans le creux des vallées et ne représentent pas adéquatement le volume total d'eau laissé par une tempête.
- 4- Finalement, ce type d'analyse ne tient pas compte de l'apport possible de la fonte de neige.

Ces 4 points soulignent que les comparaisons entre différentes tempêtes sont valables mais que le niveau d'incertitude des valeurs analysées pour certaines tempêtes est plus important. Par exemple, l'analyse HSD d'une tempête touchant le centre et le nord du Québec aura un niveau d'incertitude beaucoup plus élevé qu'une analyse produite pour une tempête affectant le sud (point 2). On retient donc que c'est l'ordre de grandeur des valeurs obtenues qui est à considérer. De plus, certaines tempêtes ayant frappées des régions avec peu de stations de mesure ou les régions des Rocheuses peuvent ne pas avoir été documentées et analysées. Ce rapport ne tentera donc pas de déterminer la récurrence de la tempête d'intérêt. C'est aussi pour l'ensemble de ces raisons qu'il serait prématuré de conclure sur les tendances à long terme du volume de pluie laissé par les tempêtes importantes ou sur la fréquence de ces tempêtes. Quant à la tempête du 7 au 10 novembre 1996, les tests de sensibilité (retirer certaines stations, changer l'allure des isohyètes de précipitation, etc.) montrent de faibles fluctuations dans les données du tableau 4-4 qui sont généralement inférieures à 5%. L'analyse HSD pour cette analyse est donc très fiable.

Les figures 4-14 à 4-21 permettent de comparer visuellement l'ampleur de la précipitation générée par le système d'intérêt (carré) à celle laissée par d'autres systèmes météorologiques documentés (cercle). Parmi ces figures, celles qui sont paires et situées au haut d'une page incluent toutes les tempêtes canadiennes documentées. Les figures impaires et situées au bas d'une page incluent seulement les tempêtes québécoises. Par « québécoises » et « canadiennes », on inclut les tempêtes qui ont généré d'importantes quantités de précipitation sur le territoire désigné et ses environs. Prenons l'exemple de la tempête de septembre 1932 qui a frappé le Maine et le sud-est du Québec et qui a générée plus de 150 millimètres sur 10000 kilomètres carrés en 24 heures. Les précipitations abondantes associées à celle-ci sont surtout tombées sur l'état américains mais le cas fut tout de même documenté comme une tempête canadienne et québécoise. D'ailleurs, le cas de novembre 1996 inclut aussi les précipitations tombées sur le nord-est des Etats-Unis.

Chaque point de la figure 4-14 représente la quantité moyenne de pluie tombée sur la surface de 10000 kilomètres ayant reçue la plus grande quantité de précipitation lors du passage d'un système météorologique documenté et analysé au Canada. On constate qu'il y a eu, dans le passé, plusieurs tempêtes ayant généré des volumes d'eau comparables ou supérieurs au Canada à celle étudiée. Par contre, la figure 4-15 indique que le volume d'eau laissé par la tempête étudiée figure parmi les quatre plus importants volumes générés par une tempête ayant touchée le Québec (sur 100000 km<sup>2</sup> en 24 heures). Les accumulations maximales pour trois autres événements furent observées près de Maniwaki en septembre 1924, sur le nord du Maine en 1932 et au sud du Saguenay en juillet 1996.

Les figures 4-16 et 4-17 montrent que la tempête étudiée devient statistiquement plus fréquente lorsqu'on considère le volume d'eau tombé sur 10000 kilomètres carrés en 48 heures. Cette constatation n'est pas surprenante puisque le volume laissé par cette tempête n'augmente que de 13,6 millimètres, passant de 121,0 millimètres à 134,6 millimètres. Ainsi, tant au Canada qu'au Québec, des tempêtes laissant près ou plus de 134,6 millimètres sur cette superficie et cette période de temps se sont déjà assez fréquemment produites par le passé.

Puis, si on compare le volume d'eau laissé sur 100000 kilomètres carrés en 24 heures (figures 4-18 et 4-19), on constate que la tempête du Saguenay est celle ayant générée les plus grandes valeurs pour le territoire québécois. La tempête étudiée figure toujours parmi les extrêmes pour le territoire québécois (figure 4-19) mais semble clairement plus fréquente dans l'ensemble du pays (figure 4-18). Pour cette même surface, la considération d'une accumulation de précipitation répartit sur 48 heures (figure 4-20 et 4-21) confirme une fois de plus que la tempête étudiée en est une qui a globalement généré des quantités exceptionnelles sur une période de près de 24 heures pour s'atténuer par la suite.

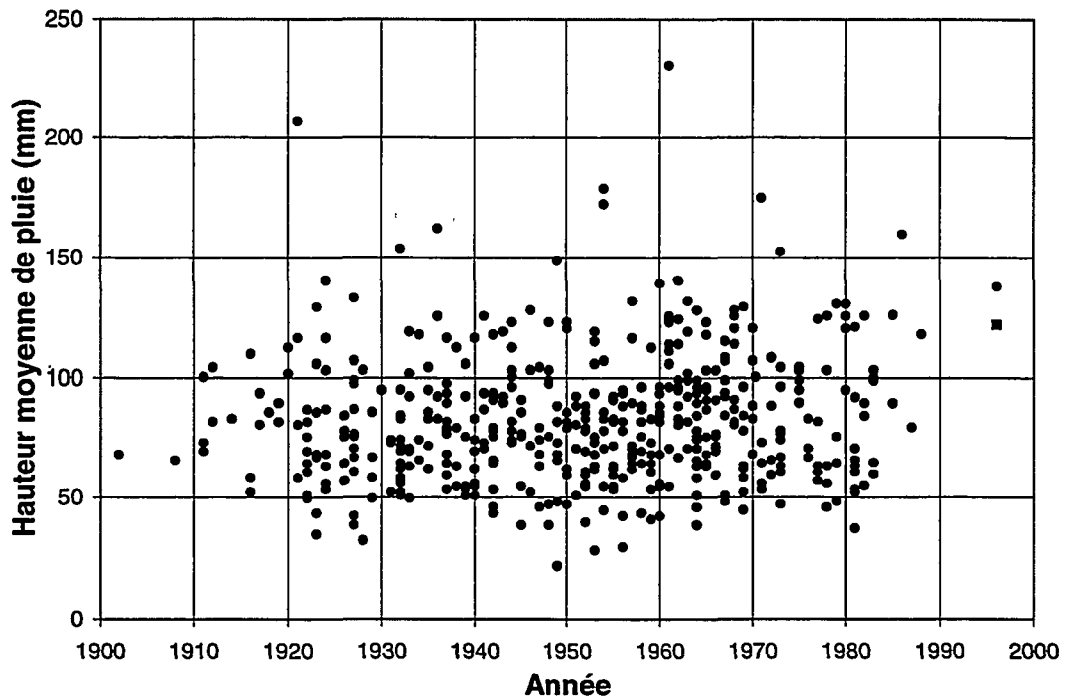


Figure 4-14: Quantité moyenne de pluie accumulée en 24 heures sur la surface de 10,000 km<sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. Pour le cas étudié (carré), on obtient une accumulation moyenne de 121,0 mm.

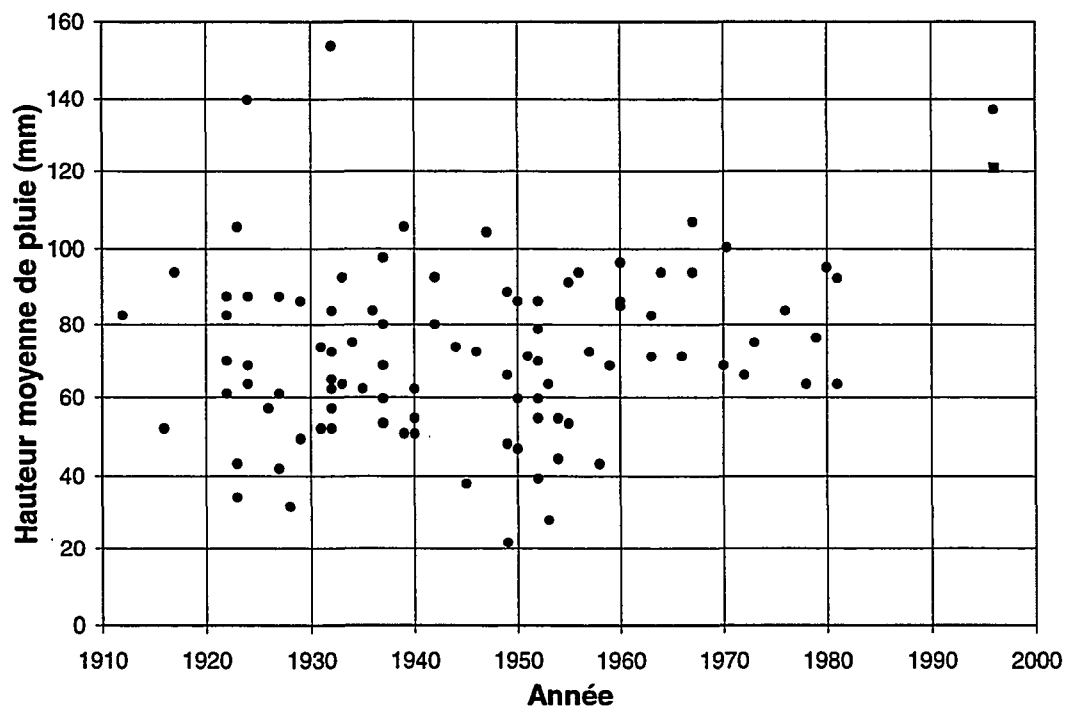


Figure 4-15: Comme à la figure 4-14 mais pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay.

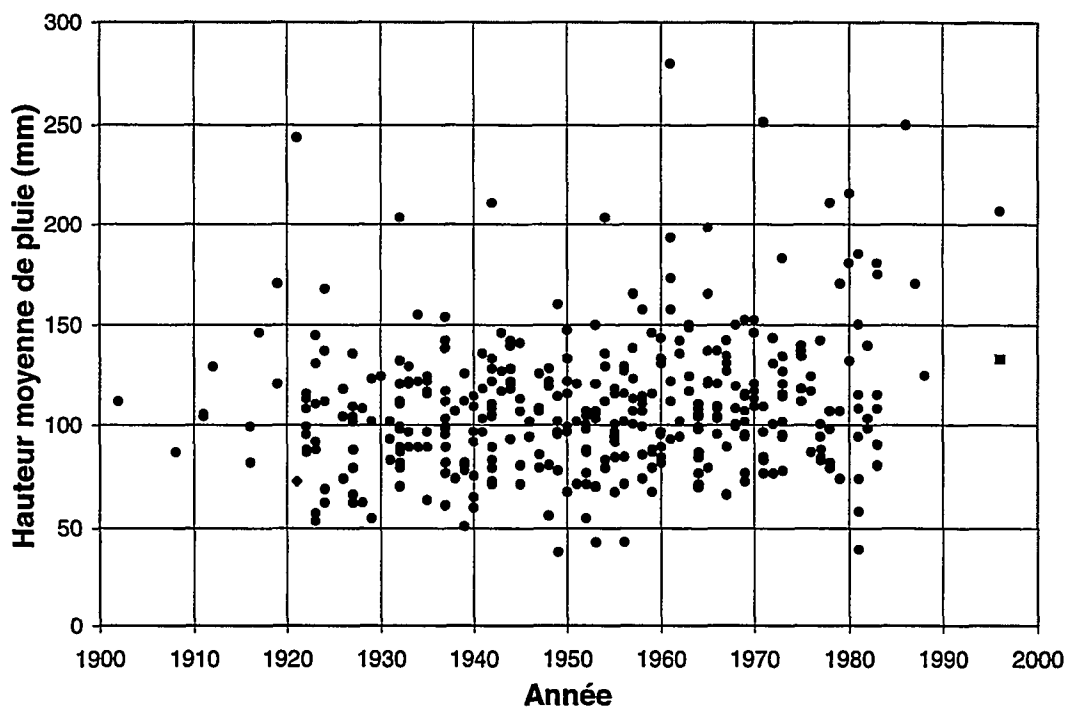


Figure 4-16: Quantité moyenne de pluie accumulée en 48 heures sur la surface de 10,000 km<sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. Pour le cas étudié (carré), on obtient une accumulation moyenne de 134,6 mm.

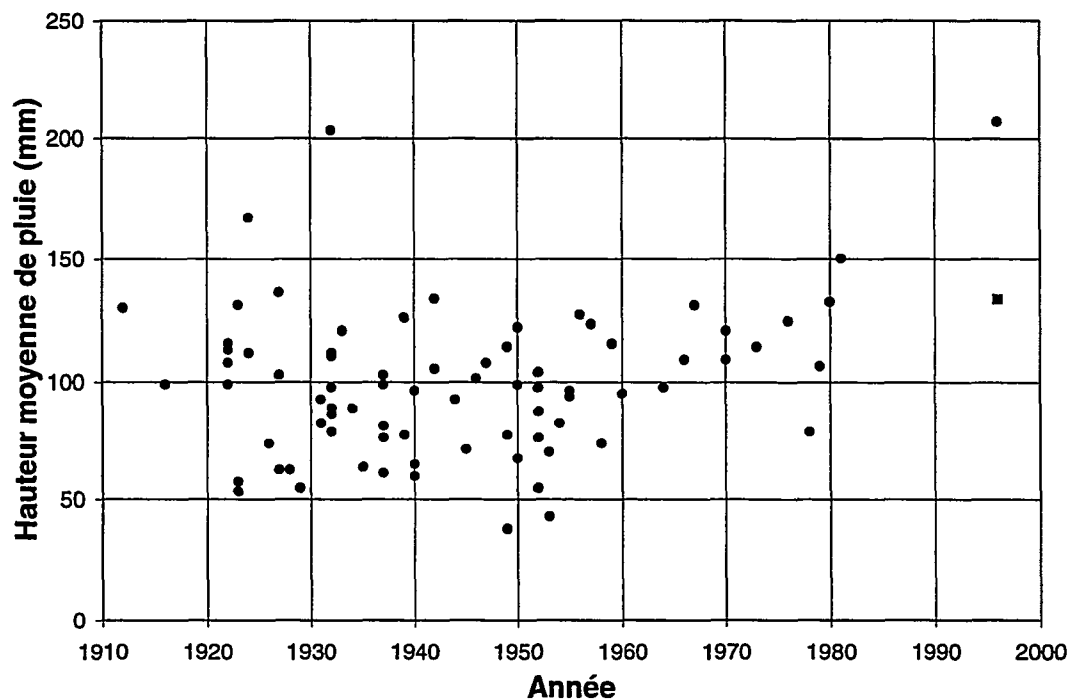


Figure 4-17: Comme à la figure 4-16 mais pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay.

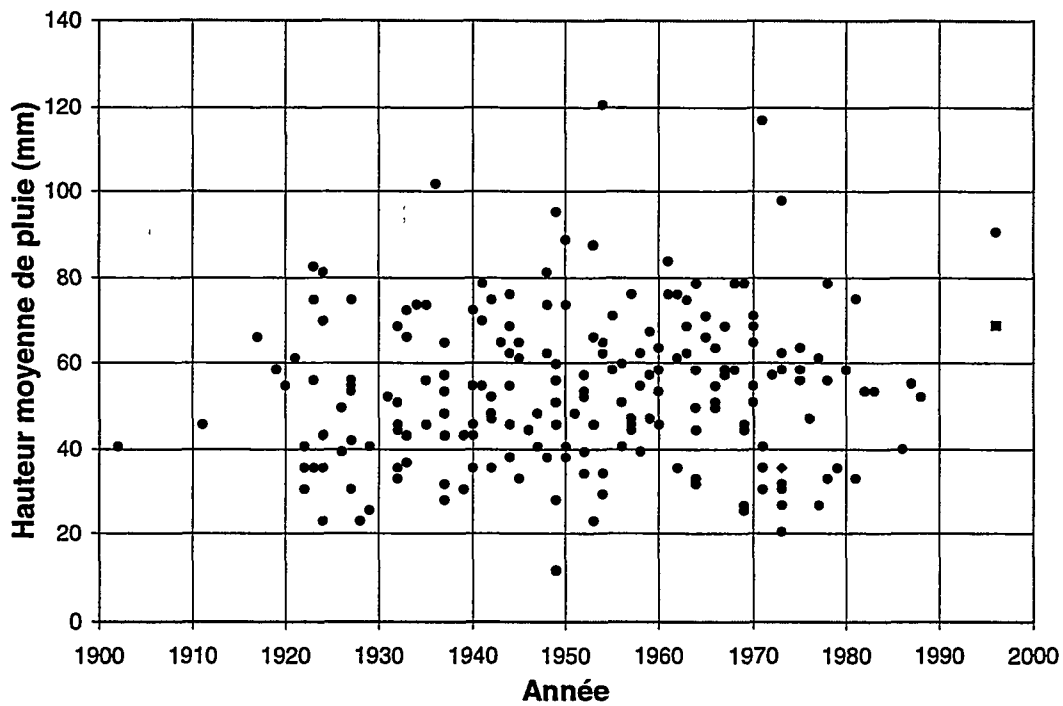


Figure 4-18: Quantité moyenne de pluie accumulée en 24 heures sur la surface de 100,000 km<sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. Pour le cas étudié (carré), on obtient une accumulation moyenne de 68,9 mm.

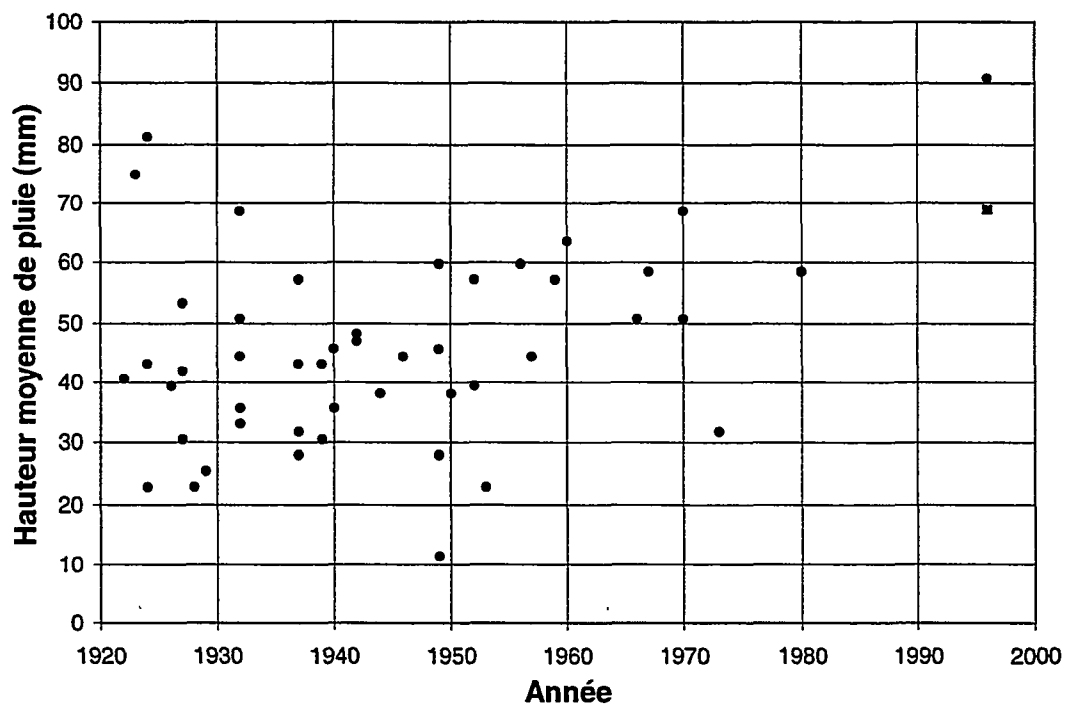


Figure 4-19: Comme à la figure 4-18 mais pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay.

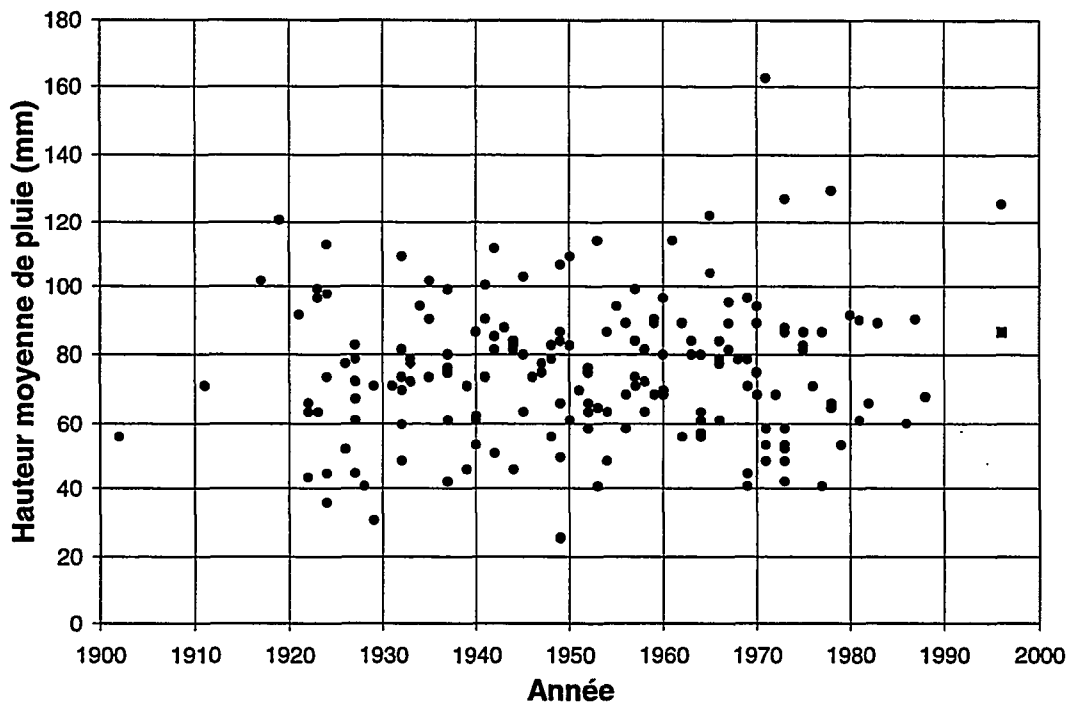


Figure 4-20: Quantité moyenne de pluie accumulée en 48 heures sur la surface de 100,000 km<sup>2</sup> la plus affectée pour la totalité des tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » ainsi que celle du Saguenay. Pour le cas étudié (carré), on obtient une accumulation moyenne de 86,5 mm.

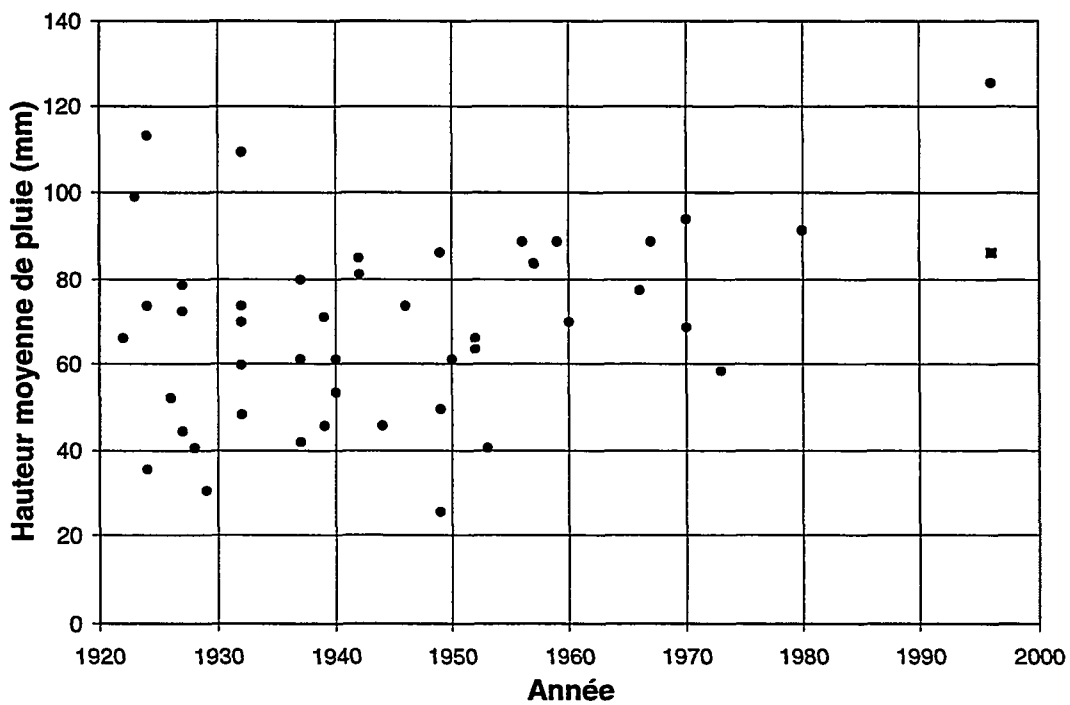


Figure 4-21: Comme à la figure 4-20 mais pour les tempêtes de « Storm Rainfall in Canada » qui ont principalement affecté le Québec ainsi que la tempête du Saguenay.

## Chapitre 5 Conclusion

Un creux barométrique en provenance de l'ouest atteint l'ouest du Québec le 7 novembre 1996 et laisse généralement près de 25 millimètres de pluie. Au cours de la journée du 8, ce creux décélère et rejoint l'extrême sud du Québec. Au même moment, une dépression, qui naît aux Etats-Unis, s'intensifie rapidement en longeant ce creux et atteint le sud du Québec au cours de la matinée du 9. Cette intensification culmine sur l'extrême sud du Québec qui reçoit plus de 100 millimètres de pluie, soit des quantités de précipitation rarement observées sur cette région au cours d'une seule journée climatologique. Puis, la dépression poursuit son chemin vers le nord du Québec au cours de la journée du 9 et les quantités de pluie générées par ce système sont rapidement à la baisse. La dépressions se dissipe sur le nord et l'est du Québec au cours des jours qui suivent.

Le but de ce travail était de présenter, d'expliquer et de cartographier les données de précipitation du 7 au 10 novembre 1996 ainsi que de déterminer, à l'aide de plusieurs types d'analyses, si les quantités de pluie laissées par la tempête était de nature exceptionnelle. La comparaison aux records historiques ainsi que la cartographie des quantités de précipitation tombées et des périodes de retour ponctuelles permettent de clairement identifier les localités pour lesquelles les accumulations de pluie sont d'une nature exceptionnelle. Ces localités se situent principalement dans la grande région de Montréal ainsi que tout juste au nord et à l'ouest de Trois-Rivières. Les taux d'accumulation ne sont pas de nature exceptionnelle pour des durées inférieures à 12 heures mais atteignent une récurrence centenaire pour des durées d'environ 24 heures. Plus globalement, l'analyse Hauteur-Surface-Durée, qui établit les taux d'accumulation du volume d'eau laissé par la tempête, indique que cette tempête fait partie des tempêtes ayant générées les plus importants volumes de précipitation sur 100000 kilomètres carrés en 24 heures au Québec. On peut même dire que, pour les durées allant jusqu'à 24 heures, la tempête de novembre 1996 est comparable à la tempête de juillet 1996 qui avait durement affecté la région du Saguenay. Par contre, l'accumulation de pluie s'est poursuivie pour une période supplémentaire de 24 heures lors de la tempête de juillet 1996 alors que celle étudiée dans ce rapport s'est rapidement atténuée après 24 heures.

En bref, l'événement de précipitation abondante du 7 au 10 novembre 1996 restera dans les annales météorologiques québécoises pour plusieurs années. Ironiquement, l'ampleur des accumulations auraient normalement dû permettre à cet événement de se classer premier dans le domaine des tempêtes extrêmes pour l'année 1996 au Québec, mais, celle-ci fût reléguée au deuxième rang car la tempête ayant générée les volumes les plus importants et les inondations les plus coûteuses de l'histoire du Québec s'est aussi produite en 1996...





## **Bibliographie**

Department of Transport, 1961. Storm rainfall in Canada : Volume 1-4. Meteorological Branch.

Hogg, W. D. et D. A. Carr, 1985. Atlas de la fréquence des pluies au Canada. Environnement Canada, Service de l'Environnement Atmosphérique, 16pp.

Environnement Canada, 1997. Pluies diluviennes du 18 au 21 juillet 1996, au Québec : Analyse et interprétation des données météorologiques et climatologiques, Direction de l'Environnement Atmosphérique, Région du Québec, 105pp.

Centre climatologique canadien, 1997. Archives météorologiques et climatologiques. Banque de données informatisées. Environnement Canada. Direction de l'Environnement Atmosphérique.

