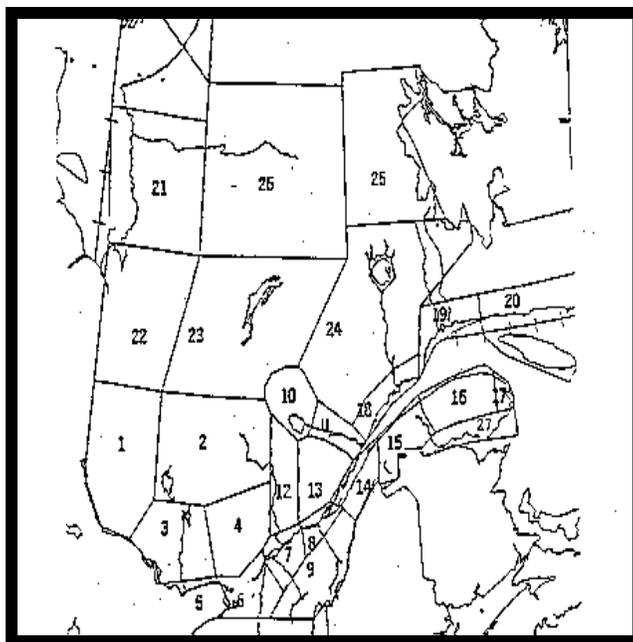


RAPPORT DE TEMPS VIOLENT ESTIVAL POUR LES SAISONS 1996 ET 1997

NOTE TECHNIQUE
RÉGION DU QUÉBEC
98N-002



AUTEUR : PIERRE VAILLANCOURT

OCTOBRE 1998

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les autres membres de l'équipe du temps violents estival: M. Gaudette, J. Morissette, D. Chrétien, R. Michaud et D. Gosselin pour leur travail quotidien à la sécurité du public et pour avoir rendu possible la prise des données de ce rapport.

Remerciements également à Stan Siok, Gaétan Deaudelin et Luc Mercier et leurs équipes au BSME d'Ottawa, Québec et Rimouski pour leur aide dans la détection et les enquêtes de temps violents.

Enfin, nous ne saurions passer sous silence l'appui toujours renouvelé de la direction du Bureau des services météorologique et environnementaux de Montréal (BSME - Montréal) pour le programme de prévision du temps violent estival.

TABLES DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	3
2. TYPES DE PHÉNOMÈNES VIOLENTS ET LEURS CAUSES	4
3. LA PRÉVISION DE PHÉNOMÈNES VIOLENTS	6
3.1 Bulletins de prévisions	6
3.2 Phase de veille: Évaluation du potentiel de développement	6
3.3 Phase de veille: Délimitation de la zone menacée	7
3.4 Limites de l'approche de la région du Québec	8
3.4.1 Cas de rafales violentes descendantes (microbursts humides)	8
3.4.2 Les environnements tornadiques	8
3.4.3 Cas de pluie soudaine	9
3.5 La phase d'alerte: Les données radars	9
3.6 Données de foudre	11
3.7 Importance des études de cas	12
4. PRODUCTION ET DISSÉMINATION	13
4.1 Production des messages	13
4.2 Dissémination et MÉTÉOCOPIE	13
5. ACTIVITÉS CONNEXES ET RÉSEAU D'OBSERVATEURS VOLONTAIRES	15
5.1 Ateliers SAM	15
5.2 Enquêtes de phénomènes violents	15
5.3 Réseau d'observateurs volontaires	16
5.4 Intervenants privilégiés	17
6. SOMMAIRE DU TEMPS VIOLENT	18
6.1 TEMPS VIOLENT DE 1988 À 1997	18
6.2 SAISON 1996	19
6.2.1 Pluie torrentielles soudaine:	21
6.2.3 Événements tornadiques non classiques	22
6.2.4 Vents violents	23
6.2.5 Événements de grêle	24
6.2.6 Événements de nombreux éclairs	25
6.3 SAISON 1997	25
6.3.1 Pluie torrentielles soudaine:	27
6.3.2 Pluie abondante	27
6.3.3 Événements tornadiques	28
6.3.4 Vents violents	29
6.3.5 Événements de grêle	30
6.3.6 Événements de nombreux éclairs	30

7. VÉRIFICATION	32
7.1 Discrimination des événements	32
7.2 Événements confirmés	32
7.3 Événements probables	32
7.4 Indices de vérification POD et crédibilité	36
7.4.1 Vérification globale	36
Vérification comparative 1984-1997	36
7.4.2 Vérification par type de message	40
7.6 Vérification horaire	45
7.7 Vérification régionale	47

ANNEXES

<i>CAS CONFIRMÉS DE 1996</i>	<i>I</i>
<i>CAS CONFIRMÉS DE 1997</i>	<i>X</i>
<i>PLUIES DILUVIENNES LE LONG DU FLEUVE ST-LAURENT</i>	<i>XX</i>
1. Préambule	XX
2. Description de l'événement : les pluies diluviennes	XXI
2.1. Situation météorologique	XXI
2.2. Services météorologiques fournis	XXIV
Chronologie des événements	XXIV
2.3. Perspective climatologique	XXVII
2.4. Radars météorologiques	XX
2.5. Télédétection satellitaire	XXI
2.6. Modèles numériques	XXII
3. Résultats et leçons à en tirer	XXIII

1. INTRODUCTION

L'année 1995 a donné lieu à une restructuration majeure à l'intérieur du service météorologique québécois. Le Centre Météorologique du Québec (CMQ) a été divisé en trois composantes, soient les Bureaux de Services Météorologiques et Environnementaux de Rimouski, de Québec et de Montréal. Néanmoins, Montréal reste en charge du programme de surveillance du temps violent en coordination avec les autres bureaux.

Dans ce rapport, vous trouverez une revue détaillée des différents aspects du temps violent au Québec: définitions, méthodes de prévision, émissions des messages d'avertissement, détection et résultats. De plus, une section décrira certaines activités externes et connexes du BSME de Montréal tels le réseau d'observateurs volontaires et la coopération avec des organismes externes.

La dernière décennie a vu des investissements considérables dans le support technologique en ce qui concerne les systèmes de télédétection, et l'utilisation accrue de la puissance informatique dans le calcul et l'affichage de différents types de données. L'amélioration du logiciel des radars sur le sud du Québec a permis d'améliorer la détection et le suivi des phénomènes violents.

L'utilisation de **Stratus**, qui a permis de regrouper plusieurs indices de temps violents dans un seul programme, s'est avéré être un puissant outil de pronostique. Le réseau de détection de foudre d'Hydro-Québec continu d'être un outil de détection d'orages très utile pour l'ensemble de nos secteurs et même indispensable dans les régions sans couverture radar. La prochaine venue du réseau national de détection de foudre sera un autre pas dans la même direction.

Les systèmes de communication se sont aussi grandement améliorés. L'utilisation de **MÉTÉOCOPIE**, qui permet de rejoindre simultanément plusieurs usagers, a permis d'améliorer la livraison des différents bulletins d'alertes et de veilles météorologiques. Plusieurs autres technologies (METSYS, RCIS...) de communication ont été développées au fil des ans et l'utilisation de l'internet est probablement la voie à explorer dans un futur immédiat.

Afin que ces investissements soient rentables, des travaux de recherche opérationnelle et des études de cas sont requis, et l'éducation du public aux mesures à prendre en cas de temps violent est très importante. Nous espérons l'organisation d'ateliers/rencontres en 1998 à cet effet et pour recruter des observateurs volontaires, toujours très utiles pour notre programme.

2. TYPES DE PHÉNOMÈNES VIOLENTS ET LEURS CAUSES

Des critères nationaux de temps violent ont été établis pour la vitesse des vents, la grosseur des grêlons, le taux de pluie et bien entendu les tornades (voir tableau 1). Malgré des variations régionales dans le taux de pluie, ces critères sont consistants à travers le pays et sont appliqués dans le schème de vérification (voir section 7).

Une grande partie de la recherche et des connaissances du temps violent obtenue depuis plus d'une décennie était en termes de super-cellules orageuses. La raison pour une telle préoccupation est qu'on a démontré "qu'une partie disproportionnée de dommages matériels et blessures attribuables aux orages est reliée aux super-cellules" (voir Moller et Doswell).

Même si c'est le cas avec des épisodes de grêle de grande étendue et des événements tornadiques majeurs de force F2 et plus, ce ne sont pas toutes les tornades qui sont le fruit d'orages super-cellulaires. En effet, des tornades non-super-cellulaires ont été observées aux États-Unis (voir Wakimoto et Wilson), et quelques unes ont été notées au Québec (voir Biron et Siok, ainsi que Gaudette).

Des rafales descendantes violentes (downbursts) et des microrafales (microbursts, voir Roux), accompagnent souvent des super-cellules, surtout quand il s'agit de dommages de grande étendue. Néanmoins, des micro-rafales isolées peuvent être également associées à un orage qui paraît anodin, qu'on appelle un orage en pulsation (pulse storm, voir Siok et Biron).

Des vents violents à l'échelle synoptique sont rares en été au Québec. Cependant, un ou deux événements de ce genre peuvent se produire chaque année, particulièrement sur la péninsule Gaspésienne.

Des cas de forte pluie soudaine peuvent être le résultat de cellules super-cellulaires ou multicellulaires violentes. Cependant les cas les plus destructeurs sont le résultat des "échos en train", ou plusieurs cellules de suite, qui sans être nécessairement intenses, suivent le même corridor.

PHÉNOMÈNES VIOLENTS CONFIRMÉS ET LEURS CAUSES

Grêle ≥ 20 mm	-	Associée aux super-cellules ou aux orages multicellulaires violents.
Vents ≥ 90 km/h	-	Vents synoptiques (rares en été, surtout sur la péninsule gaspésienne).
	-	"Downburst" et "microburst" (micro-rafale) associés aux orages super-cellulaires et multicellulaires violents ou aux orages en pulsation.
Tornades F0 à F5	-	Super-cellulaires ou non-super-cellulaires.
Fortes pluie soudaine ≥ 25 mm/h ou ≥ 40 mm/3h (crue subite)	-	Super-cellulaires, multicellulaires violents ou orages en train.
Pluie abondante synoptique ≥ 50 mm/24h	-	Dépression synoptique

TABLEAU 1

3. LA PRÉVISION DE PHÉNOMÈNES VIOLENTS

3.1 *Bulletins de prévisions*

À cause de l'importance des phénomènes concernés, des bulletins spéciaux sous formes d'**avertissements**, de **veilles** et d'**alertes** météorologiques ont été élaborés afin de prévenir la population en général, de même que les usagers particuliers.

Pour les épisodes de forte pluie à grande échelle, de même que les vents violents reliés aux systèmes synoptiques, des **avertissements** sont émis avec un préavis visé d'au moins trois (3) heures. Cependant, en pratique, des préavis allant de six (6) à douze (12) heures ne sont pas rares pour de tels événements.

En ce qui concerne les phénomènes violents purement convectifs, le souci principal en été, un système de **veilles** et d'**alertes** a été élaboré et les préavis sont beaucoup plus courts que pour les phénomènes violents non-convectifs. Ainsi, pour des situations de temps violent synoptiquement évidentes et caractérisées par une grande instabilité de même qu'une forte dynamique, des **veilles** sont émises avec des préavis variant de 2 à 6 heures pour une superficie couvrant une ou plusieurs régions publiques.

Une fois le phénomène confirmé par un appel d'observateur volontaire, ou est jugé probable basé sur la télédétection, une **alerte** est émise avec un préavis qui est souvent inférieur à une heure et idéalement pour des secteurs plus petits qu'une région publique. Dans les cas de situations marginales, (i.e. les cas où le forçage dynamique est faible), la phase de **veille** ne s'applique pas. Dans de telles situations, il est difficile d'émettre des bulletins avec un préavis dépassant une heure et **l'alerte** sera le message de choix.

3.2 *Phase de veille: Évaluation du potentiel de développement*

Durant la phase de veille, on utilise les données à l'échelle synoptique dans un processus à deux volets: évaluation du potentiel de développement et délimitation de la zone menacée. Malgré le fait que cette approche soit demeurée essentiellement intacte depuis son développement à Kansas City dans les années cinquante (voir Miller 1972), le type de données utilisées et la manière dont ces données sont affichées ont subi une profonde évolution au fur et à mesure que de nouvelles connaissances et de nouvelles technologies sont devenues disponibles.

L'évaluation du potentiel de développement consiste à estimer la force du courant ascendant convectif que l'atmosphère peut générer en une journée particulière. En calculant l'énergie hydrostatique disponible (EHD), qui dépend de la distribution verticale de la température (T) et du point de rosée (Td), on obtient un tel estimé. Dans les années quatre-vingt, les chercheurs ont montré que le cisaillement dans les premiers quatre (4) km jouait un rôle aussi important que l'EHD dans la force du courant ascendant, de même que dans son maintien. Suite à une étude publiée par Rasmussen et Wilhemlson (1983), on a combiné l'EHD et le cisaillement du vent à bas niveau dans le développement du Storm Severity Index (SSI) c.à.d indice de sévérité (Turcotte et al, 1985). Cet indice est calculé à l'aide du logiciel SWAT développé au CMQ.

3.3 Phase de veille: Délimitation de la zone menacée

Suivant l'approche de Miller (1972), une fois qu'on établit que le potentiel de temps violent existe, la prochaine étape est de délimiter le secteur où la forte convection devrait se matérialiser (délimitation de la zone menacée) en considérant les **termes de forçage**. Ainsi, les zones de convergence et de divergence reliées aux jets de bas et de haut niveaux, les zones d'APT, les creux de surface, etc. sont identifiés en employant une combinaison d'analyses de surface et d'altitude de même que divers champs provenant des modèles numériques. Des changements de stabilité associés aux advections différentielles de température ou d'humidité doivent également être considérés. Ce forçage dynamique est essentiel afin d'éliminer une inversion qui pourrait supprimer la convection et pour maintenir la forte convection une fois qu'elle a éclaté. Dans des situations où il n'y a pas de forçage à l'échelle synoptique, une frontière nuageuse peut favoriser le développement d'une circulation de type brise de mer, la convergence qui en résulte peut dans certaines circonstances favoriser le déclenchement d'orages forts (voir Vigneux et al).

Le forçage calculé à partir de données de surface devrait permettre un meilleur raffinement de la zone menacée, en raison de la meilleure résolution (dans l'espace et dans le temps) de ces données. La région du Québec a déjà fait des expériences avec la convergence d'humidité de surface, de même qu'avec les champs de Laplacien de pression et de tendance de pression (voir Zwack) qui ont été assez intéressantes.

Ces champs ne sont malheureusement plus disponibles mais nous espérons que la future interface universelle d'affichage, que la section DOMAF est en train de développer, nous permettra de les avoir à nouveau.

3.4 Limites de l'approche de la région du Québec

3.4.1 Cas de rafales violentes descendantes (microbursts humides)

Comme on l'a vu à la section deux (2), une grande partie des connaissances du temps violent obtenue dans les dernières années était en terme d'orages super-cellulaires ou multicellulaires violents. De telles orages se produisent dans des environnements caractérisés par de la forte EHD et un fort cisaillement vertical (voir Moller et Doswell). Quand de telles conditions sont atteintes, ce qui se produit dans des situations qu'on appelle synoptiquement évidentes, les valeurs du SSI sont relativement élevées.

Par contre, des orages en pulsation (voir Doswell) se produisent souvent dans des conditions de faible cisaillement mais d'EHD au moins modérée, et ainsi avec des valeurs de SSI relativement faibles. Ces derniers orages peuvent quand même provoquer des micro-rafales destructrices. Aitkins et Wakimoto (1991) ont trouvé que l'environnement favorable aux "microbursts" humides est caractérisé par la présence d'air très sec aux niveaux moyens.

Ces chercheurs ont montré qu'on peut identifier de tels environnements par la variation verticale de Θ_e (température potentielle équivalente) i.e. $\Delta\Theta_e$. Des cas vérifiés récemment au CMQ (Siok-Biron, 1992) indiquent que ce paramètre semble être utile dans la discrimination des conditions propices aux microrafales. Ainsi, $\Delta\Theta_e$ est incorporé dans le logiciel STRATUS depuis 1994.

3.4.2 Les environnements tornadiques

La connaissance des tornades a progressée de façon considérable au cours de la dernière décennie. En plus d'un orage super-cellulaire persistant, les tornades importantes sont caractérisées par la présence d'un mésocyclone aux niveaux moyens.

Davies-Jones (1991) et Doswell (1992) ont montré qu'un important paramètre relié à la génération des méso-cyclones est **l'hélicité relative**. Ce paramètre peut être calculé à partir du profil des vents troposphériques de bas niveaux.

Le logiciel SHARP, développé par Hart et Korotky, calcule l'hélicité relative de même que l'indice combiné d'**énergie-hélicité** qui évalue à la fois l'EHD et l'hélicité relative. Au BSME, nous avons inclus ces indices dans le logiciel d'analyse et de pronostic de T/φ de **STRATUS** pour le cisaillement sous les 3 km.

Comme on l'a mentionné à la section 2, des tornades non-supercellulaires se produisent également au Québec. Ce type d'épisode tornadique, qui n'a pas été étudié aussi profondément que le type super-cellulaire, pose un défi aux techniques prévisionnelles existantes.

3.4.3 Cas de pluie soudaine

Des cas de fortes ondées ne peuvent pas également être expliqués uniquement en termes de super-cellules ou de cellules multicellulaires violentes. En effet, les plus importants cas de pluie forte en été sont associés aux "échos en train", ou plusieurs cellules de suite, qui sans être nécessairement très intenses aux niveaux moyens, suivent le même corridor.

Maddox et al. (1979) ont identifié un système de classification synoptique où ces situations sont aptes à se produire. Moore (1992) et Doswell et Brooks (NSSL) se penchent davantage sur ce phénomène. Malgré ces efforts, les vérifications montrent que ces cas continuent de poser des problèmes prévisionnels.

3.5 La phase d'alerte: Les données radars

Comme on l'a mentionné à la section 3.1, une alerte est émise quand un phénomène est confirmé par un appel d'observateur volontaire, ou est jugé probable basé sur la télédétection: radars, données de foudre et images satellitaires. De ces trois sources de télédétection utilisées au stade d'alerte, le radar est le plus fiable et le plus précis.

Basé sur des études d'observations de cellules orageuses violentes, un modèle conceptuel de la structure tri-dimensionnelle des super-cellules et des multi-cellules violentes a été établi (voir Chisholm et al, Browning). Ceci a mené aux techniques d'identification et de détection basées sur de fortes réflectivités radar aux niveaux moyens et supérieurs de la troposphère qui, selon les études de Lemon (1977), étaient fortement corrélées à l'occurrence de temps violent.

L'utilisation de CAPPI plutôt que de PPI a grandement amélioré et facilité l'application de ces techniques, en particulier pour la détection du surplomb, structure caractéristique d'un orage violent. L'arrivée du prototype RDP (Radar Data Processor) à la fin des années quatre-vingt a permis aux prévisionnistes de visualiser la structure verticale des complexes orageux. La détection des orages violents s'est encore

améliorée par le développement des algorithmes **SURPLOMB** et **GUST**. Le premier détecte automatiquement la présence d'échos intenses (47 dBZ ou plus) à 7km au-dessus d'échos plus faibles en basse altitude ce qui est indicatif d'un fort courant ascendant dans l'orage.

GUST, quant à lui, est un produit dérivé de VIZ (Vertically Integrated Reflectivity) qui est égal à la quantité d'eau disponible dans le nuage et aux sommets des échos (ET) (Stewart, 1991) selon la formule suivante :

$$\text{GUST(m/s)} = [(20.6 \times \text{VIZ}) - (3.1 \times \text{ET}^2)]^{1/2}$$

Il s'agit d'un algorithme qui estime donc l'intensité et la hauteur du coeur de précipitation. Les études ont démontré que cet algorithme donne un estimé très significatif des rafales maximales possibles sous l'orage si ce coeur se met à descendre.

Ces deux algorithmes sont donc de très bons identificateurs de temps violent et GUST est un meilleur discriminant que les réflectivités seules pour distinguer les cellules pouvant donner de fortes rafales. Nous les utilisons opérationnellement et ils sont rarement en erreur.

Bien que les radars et leurs systèmes d'exploitation s'améliorent constamment et que les algorithmes produisent un analyse primaire des données, il est toujours essentiel de bien connaître l'interprétation de ces données (réflectivité et doppler). ***L'oeil exercé d'un météorologue est encore essentiel.***

Chronologie des améliorations aux radars :

En 1993, avec l'installation du système RDP à Villeroy, et la dopplérisation du radar de McGill, nos capacités de détection des phénomènes violents convectifs sur le sud-ouest québécois ont connu un essor important.

En 1994, la transformation en CAPPI des échos radars de Britt, près de North Bay, et du mont Castor, au Saguenay a amélioré grandement la couverture radar du CMQ.

Un algorithme a été développé à l'université McGill en 1994 à partir des travaux de D.S. Zrnich et al. (1985) pour détecter les méso-cyclones sur la partie Doppler de leur radar. M. Biron a raffiné cet algorithme lors de son introduction et j'ai moi-même fait une étude exhaustive des cas de détections de 1993 à 1996 pour en ajuster les paramètres (Vaillancourt 1997). Il donne maintenant d'excellents résultats s'il est utilisé en conjonction avec les autres algorithmes.

Un algorithme sur le cisaillement dans les bas niveaux a été introduit en 1997 au radar de McGill et la polarisation prochaine

de ce radar promet encore des informations supplémentaires sur la structure des orages et de leur environnement.

Depuis 1995, les données du radar de McGill sont traitées par le logiciel RAPID sur serveur UNIX (Radar data Analysis, Processing and Interactive Display) et qui intègre tous ces algorithmes. À l'automne 1997, un nouveau serveur plus puissant a été installé, permettant depuis avril 1998 de traiter les données (réflectivité seulement) des radars de BRITT, de CARP et de VILLEROY. Ainsi, le météorologiste peut passer d'un radar à l'autre rapidement, bénéficie de l'analyse des algorithmes et peut faire des coupes verticales sur tous ces radars.

Ce programme nous permet donc d'utiliser les données de plusieurs radars sans avoir à avoir recours à plusieurs RDP et possède, en même temps, plusieurs améliorations sur RDP.

Finalement, le plan national radar projette la dopplérisation des radars conventionnels existants et l'ajout de deux nouveaux radars (Abitibi et Sept-Iles) au cours des prochaines années. Le premier radar affecté sera celui du Lac Castor, au nord-est de Chicoutimi, qui sera remis à neuf dès novembre 1998. Ce radar a été mis en avant de la liste en très grande partie à cause du déluge de juillet 1996 qui s'est abattu sur le Saguenay et qui démontré les failles du radar actuel du Lac Castor (voir Annexe C).

Le plan national va étendre notre couverture radar à presque 80% de la population québécoise, ce qui est très important pour une protection efficace du temps violent.

3.6 Données de foudre

Récemment, des études faites aux États-Unis ont montré une corrélation entre la fluctuation du haut taux de foudre et du temps violent (Kane 1991).

En 1993, pour la première fois, des détecteurs utilisant le système LPATS (Lightning Position and Tracking System) ont été installés sur le sol québécois. Cinq (5) détecteurs ont installés et des études menées par Hydro-Québec ont estimé que l'efficacité de détection du réseau n'a été alors que vingt-deux (22) pour cent.

Par une entente avec Hydro-Québec, nous recevons les données de LPATS directement au BSME de Montréal et Mario Gaudette a analysé quelques cas de temps violent accompagnés de fréquents éclairs de la saison 1993. Son étude a effectivement montré qu'une surveillance attentive du taux de foudre aurait mené à une meilleure prévision dans plusieurs cas, surtout lorsque le temps violent se produit en-dehors de la portée des radars.

En 1994, Hydro-Québec a installé un sixième détecteur sur le Québec tout en modifiant son logiciel de détection. Ceci a augmenté l'efficacité globale du taux de détection de l'activité orageuse à l'échelle de la province, qui est passée de 22% à 58% entre 1993 et 1994. L'expérience depuis ce temps confirme les analyses de M. Gaudette.

Au cours de 1998, un réseau national de détection de foudre sera mis sur pied, remplaçant pour nos besoins le réseau d'Hydro-Québec. Il améliorera le taux de détection et la précision de la localisation des éclairs.

3.7 Importance des études de cas

Historiquement, l'approche d'étude de cas constituait la pierre angulaire sur laquelle les techniques de prévisions des phénomènes violents, en été comme en hiver, ont été développées. Elles forment la base sur laquelle de nouveaux modèles conceptuels, des approches prévisionnelles et des logiciels de détection peuvent être vérifiés avant d'être implantés opérationnellement. Ainsi, l'indice SSI, le concept de $\Delta\Theta_e$ dans des situations de microrafales, les logiciels SURPLOMB et GUST ont été vérifiés avant d'être implantés. L'application du radar Doppler et les données de foudre devraient suivre la même route.

Des événements majeurs qui n'ont pas été traités convenablement par le système prévisionnel devraient être étudiés à fond. Un répertoire de cas bien documentés constitue une source importante de connaissances qui peuvent être transmises aux générations successives de prévisionnistes.

Idéalement, ces études de cas devraient être faites aussitôt que possible après l'événement. Un effort est fait pour au moins ramasser le matériel pertinent aussitôt après l'événement et pour conclure l'étude quand les ressources le permettent.

En 1997, une étude du cas du 4 août 1994, où 5 tornades ont été signalés, a été publiée par le BSME de Montréal. Dans cette note technique (97N-001), nos techniques et outils de prévision et de détection sont décrits en détails. Il s'agit de la dernière en date de nos études de cas qui malheureusement sont de moins en moins nombreuses à cause des contraintes opérationnelles nouvelles.

4. PRODUCTION ET DISSÉMINATION

4.1 Production des messages

La production des messages de veille, d'alerte et d'avertissement devient particulièrement cruciaux durant les épisodes de temps violent généralisé. Comme on vient de le mentionner, l'outil indispensable pour l'émission d'alertes sur le sud québécois est le radar. Le météorologue doit observer l'évolution des échos, identifier les phénomènes cohérents (tels que les lignes de grain) s'il y a lieu, et anticiper l'évolution de ces échos avant de rédiger le texte sur un autre écran. Ceci peut prendre plusieurs minutes et peut amener des erreurs de rédaction ce qui nuit à l'utilité du message.

Nous avons déjà cherché à solutionner ce problème de deux façons. Premièrement, en utilisant des messages standards où seules la position des orages et les régions affectées sont ajoutées. Deuxièmement, en 1994, en ayant recours à deux personnes en cas de temps violent, l'une spécialiste-radar et l'autre comme analyste et émetteur des messages. Cette approche a donné d'excellents résultats.

Avec les contraintes de personnel depuis 1995, il n'a été possible d'avoir qu'un spécialiste assigné au poste de temps violent et ceci sera la norme dans le futur. Ce dernier a un quart de travail plus long de façon à couvrir le plus la période diurne de temps violent.

Avec la multiplication des régions publiques depuis deux ans, il a parfois peine à suivre le temps et à émettre les messages d'alertes. Un affichage où les données radar, de foudre et satellitaires pourraient être vus en superposition avec les régions publiques seraient d'une grande aide, surtout si elle permettait de choisir graphiquement les régions à mettre en alerte. Un tel système, appelé **SWAMP**, avait été développé par la région centrale mais n'a pu être implanté au Québec faute de moyens. Notre unité DOMAF travaille à un poste d'affichage universel et il est à souhaité que cette idée y soit adjointe.

4.2 Dissémination et MÉTÉOCOPIE

Pour accélérer la dissémination des veilles ou alertes météo, nous utilisons depuis plusieurs années MÉTÉOCOPIE, une technologie développée par DATA-RADIO, qui permet de transmettre des bulletins (sous forme de texte ou graphique) à un grand nombre d'usagers ciblés, via les ondes de RADIO-MÉTÉO.

Notre programme de communication a été modifié de façon à choisir automatiquement les antennes de RADIO-MÉTÉO des régions mises en alerte sans manipulation humaine. Le temps de retransmission du texte des veilles et alertes par les antennes RADIO-MÉTÉO s'est révélé en général acceptable malgré certains problèmes.

Par ailleurs, nous avons une entente avec la CUM (Communauté Urbaine de Montréal) et la ville de Laval pour leur envoyer des messages d'alertes graphiques lorsque le temps violent devient imminent. Cette méthode s'est avérée assez lente à cause du trafic texte sur Météocopie. Cependant, la situation devrait s'améliorer cette année avec l'ajout d'une fréquence dédiée pour les données graphiques.

Il est temps de penser à utiliser l'autoroute électronique pour disséminer nos avertissements. Les moyens décrit ci-dessus devenant périmés ou lents.

5. ACTIVITÉS CONNEXES ET RÉSEAU D'OBSERVATEURS VOLONTAIRES

5.1 Ateliers SAM

Une des faiblesses du programme de temps violent, qu'on a commencé à redresser ces dernières années, concerne l'éducation publique. Il est crucial que des groupes d'intervenants majeurs soient bien informés à propos du programme de veilles et d'alertes, et qu'ils aient les moyens de recevoir ces informations en temps opportun. Tels sont les objectifs principaux des ateliers SAM qui ont été suspendus depuis 1995 mais qu'il serait temps de reprendre.

5.2 Enquêtes de phénomènes violents

Le but principal des enquêtes de temps violent est l'amélioration des techniques de prévisions et de détection radar. Afin d'atteindre cet objectif, il est essentiel non seulement d'évaluer l'étendue des dommages associés à une tempête particulière, mais aussi de constater s'il s'agit de dommages de vent associés à une tornade ou à un "downburst".

Durant les saisons 1996 et 1997, les cas suivants ont fait l'objet d'enquêtes sur le terrain ou post-mortem par un ou des membres d'un BSME au Québec:

EN 1996

- Tornade F0 à F1 de Ormstown (sud-ouest de Montréal), 21 avril.
- Tornade F1 à Saint-Stanislas (Trois-Rivières), 11 juillet.
- Tornade F2 Elgin (sud-ouest de Montréal), 15 juillet.
- Une commission d'enquête du gouvernement du Québec a été tenue sur le déluge du Saguenay. Les 20 et 21 juillet, de 74 à 129 mm en 24 heures et de 250 mm (ou plus) en 36 à 48 heures sont tombés sur le centre et l'est du Québec causant le débordement des barrages au Saguenay et de lourds dommages par inondations surtout au Saguenay mais localement ailleurs au Lac Saint-Jean, à la Réserve fauniques des Laurentides, à Rivière-du-Loup, à Charlevoix, à Rimouski, à Baie-Comeau et Sept-Îles.

Gaétan Deaudelin et André Sévigny ont produit un rapport pour cette occasion.

- Tornade F0 à Saint-Jacques (Laurentides), 8 août.
- Tornade F1 à Saint-Bernard (Estrie), 25 août.

EN 1997

Tous des cas de tornade non-supercellulaire.

- Tornade F1 à Pointe-Fortune (région de Montréal), 25 juin.
- Tornade F1 à L'Ascension-de-Patapédia (région de Matapédia), le 4 juillet
- Tornade F0 à Mercier (région de Montréal).

Un des aspects de ces enquêtes est la visibilité qu'elles offrent à Environnement Canada. Dans certains cas, la présence du personnel professionnel se déplaçant dans un véhicule ministériel sur les lieux d'un important sinistre météorologique a eu l'effet d'attirer l'attention des médias pour des entrevues.

La diffusion de ces entrevues est primordiale pour établir l'expertise en temps violent d'Environnement Canada dans l'opinion publique. Ainsi, on propose que ces enquêtes soient fortement supportées. Afin qu'elles soient efficaces tant du point de vue médiatique que scientifique, ces enquêtes devraient être menées dans les plus brefs délais après l'événement, au plus tard le lendemain matin, afin de statuer le plus rapidement possible sur la nature des événements.

Afin qu'elles soient menées de façon professionnelle, une trousse d'enquête incluant des caméras vidéo et 35 mm est déjà disponible mais devrait être complétée par des cartes topographiques détaillées, une boussole, un mètre-ruban, etc...

Il a été suggéré qu'il peut y avoir un marché pour les rapports détaillés des dommages parmi les compagnies d'assurance, les médias et possiblement certaines firmes d'ingénieurs. Afin d'être efficaces, ces rapports devraient être complétés en dedans de quelques jours de l'événement et la portion scientifique, traitant des aspects synoptiques et méso et des données de télédétection (i.e. radar, foudre, photos satellitaires), devrait idéalement suivre l'épisode par quelques semaines à un mois tout au plus. Il serait intéressant d'évaluer le potentiel commercial de tels rapports et de mettre l'infrastructure en place si le potentiel s'avérait intéressant.

5.3 Réseau d'observateurs volontaires

La détection de phénomènes à l'échelle méso, tels que le temps violent estival, requiert un réseau d'observation de forte densité. Ainsi, en plus des réseaux du SEA, Forêt et Agro-Météo, le CMQ a recruté environ 900 observateurs volontaires, surtout parmi des organisations telles que le SMQ (Société de météorologie du Québec), la SQ (Sûreté du Québec) et la RAQI (Radio-amateurs du

Québec Inc.).

Depuis quelques années, un minimum de ressources a été consacré au maintien et le recrutement de ce réseau volontaire. De plus, la publicité pour ce réseau est presque inexistante de telle sorte, que c'est plus souvent le CMQ qui appelle les volontaires pour demander s'ils sont témoins de temps violent plutôt que l'inverse.

Plus d'efforts devraient être mis dans la revitalisation du réseau d'observateurs volontaires avec l'assistance des autres BSME. De plus, de la publicité dans les médias, de façon régulière en été, permettrait aux volontaires de se souvenir de nous lors d'un événement.

5.4 Intervenants privilégiés

Nous avons un contact régulier avec la Sécurité civile du Québec, organisme du gouvernement provincial, qui reçoit tous nos messages d'avertissement et qui nous appelle régulièrement lors d'émission d'alerte. Ceci permet de mieux les renseigner lors de dégâts potentiels.

La Sûreté du Québec est sur la liste de nos observateurs volontaires et nous donne de précieux renseignements sur les lieux sinistrés.

Enfin, Hydro-Québec nous aide grandement avec son réseau de détecteurs de foudre. Nous gardons le contact avec eux et échangeons à l'occasion des renseignements.

6. SOMMAIRE DU TEMPS VIOLENT

6.1 TEMPS VIOLENT DE 1988 À 1997

Le tableau ci-dessous (Tableau 1) montre une grande variation dans le nombre d'événements violents entre 1988 et 1997. La moyenne est près de 100 cas. Les années 1996 et 1997 montrent un retour vers la normale après trois années particulièrement actives (1993 à 1995).

PHÉNOMÈNES VIOLENTS CONFIRMÉS 1988-1997

Période: 1^{er} mai au 30 septembre

ANNÉE	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88
TORNADE (PROBABLES)	3 (0)	4 (1)	2 (3)	19 (9)	6 (5)	2 (2)	5 (13)	0 (3)	0 (2)	2 (7)
VENTS VIOLENTS	21	15	23	52	29	30	79	26	46	75
GRÊLE	13	12	8	26	23	8	42	27	21	26
PLUIE TORRENTIELLE SOUS ORAGE	39	30	69	105	52	22	54	40	25	39
PLUIE ABONDANTE SYNOPTIQUE	27	22	21	27	16	31	23	53	35	19
NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS VIOLENTS CONFIRMÉS *	95	77	115	202	112	80	94	93	78	103

Tableau 1

* Ceci n'est pas un total de la colonne au-dessus, mais un total des événements confirmés. Chaque événement confirmé peut être formé de deux ou plus des phénomènes individuels.

Du point de vue de la distribution mensuelle par type, on voit dans la Figure 1 que le nombre de cas suit une forme de cloche dont le maximum se situe en juillet.

Les types varient également avec le mois. Vents violents et pluies abondantes, ainsi que certains événements de grêle prédominent en mai et en septembre montrant l'effet des systèmes synoptiques.

En juin, les systèmes convectifs commencent à prendre la vedette. La grêle, les vents violents et la pluie torrentielles prennent alors le dessus. Enfin en juillet et août, les événements

de pluie torrentielles sous orages dominent accompagnés surtout de vents violents.

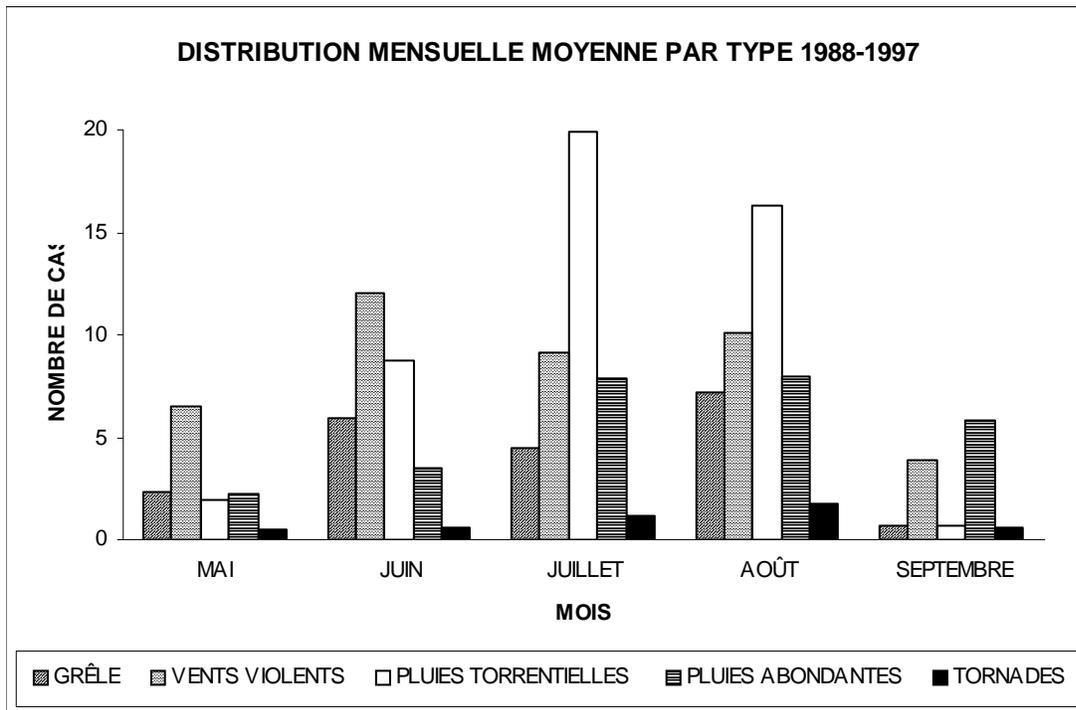


Figure 1

6.2 SAISON 1996

La saison estivale 1996 a été marquée par du temps frais et pluvieux jusqu'à la fin de juillet. Peu de cas de temps violent dû à des orages ont donc été signalés sauf quelques pluies torrentielles en juin et quatre tornades venant de très petites cellules qui ont cependant réussi à causer des dommages (Figure 2).

La saison a surtout été marquée par des pluies abondantes synoptiques généralement causées par des dépressions froides ou des restes d'ouragans. Le cas qui a retenu l'attention est celui du 19 au 21 juillet qui a littéralement dévasté les régions limitrophes au Saguenay.

DISTRIBUTION MENSUELLE PAR TYPE EN 1996

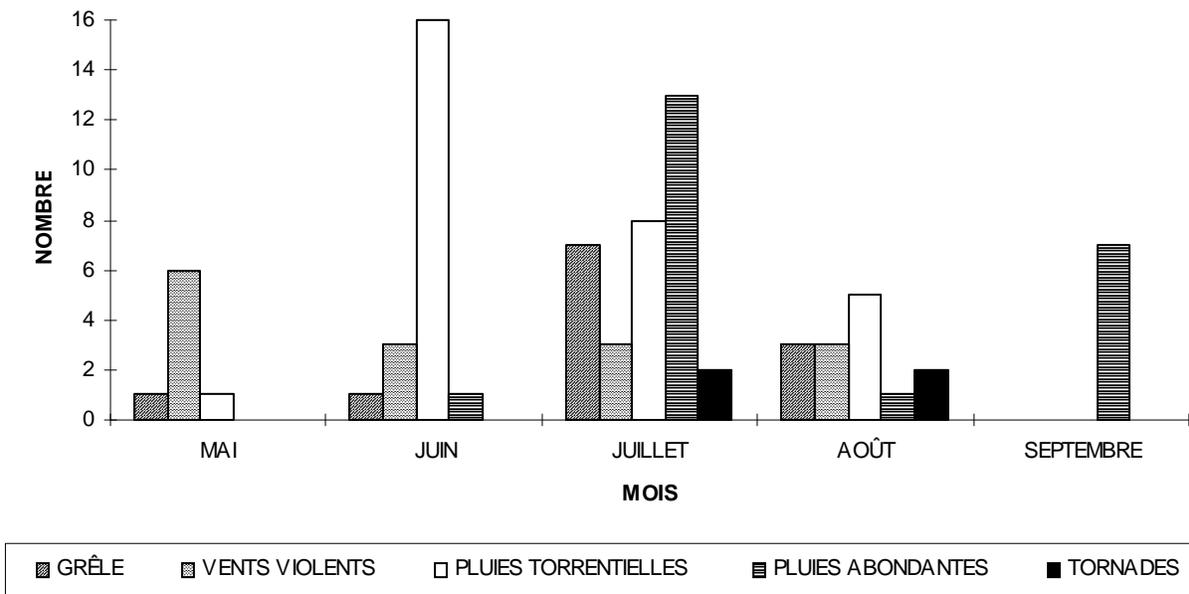


Figure 2

MOIS	ÉVÉNEMENTS CONFIRMÉS	PLUIE ABONDANTE OU SUBITE (Sans autre événement convectif)	AUTRES ÉVÉNEMENTS (Grêle, rafales ou tornades mais pouvant être accompagnés de pluie)	NOMBRE DE JOURS AVEC ÉVÉNEMENTS CONFIRMÉS OU PROBABLES	ÉVÉNEMENTS PROBABLES (voir définition section 7.3)
mai	8	1	7		21
juin	21	17	4		35
juillet	30	20	10		37
août	11	4	7		19
septembre	7	7	0		4
TOTAL	77	49	28		116
MOYENNE 84-96	95	51	44		111

Tableau 2

Ci-dessous vous trouverez les événements marquants de l'été 1996 par type de phénomène violents.

6.2.1 Pluie torrentielles soudaine:

CAS PRINCIPAUX			
DATE	RÉGION	ENDROITS	DESCRIPTION
20 mai	Laurentides	Saint-Jovite	41 mm en 2 heures sous une ligne d'orages nocturne
4 juin	Montréal	Franklin	30 à 50.8 mm sous un orage
11 juin	Laurentides	Saint-Zénon	118 mm en 4 heure sous un seul orage
11 juin	Montréal	Franklin	129 mm sous deux orages consécutifs
13 juin	Beauce	Saint-Elzéar	50 mm de pluie donnant des inondation de 30 maisons et trois ponceaux emportés sous un orage.
13 juin	Témiscouata	Cabano	Inondations de sous-sols
3 juillet	Estrie	Sherbrooke	40 mm en moins d'une heure inondant le centre-ville et Rock-Forest
4 juillet	Beauce	Saint-Elzéar	40 à 50 mm en 2 heures
15 juillet	Laurentides	Arundel	54 mm de pluie
2 août	Drummondville	Nicolet	60 mm de pluie sous un orage nocturne

Tableau 3

Comme à toutes les années, les pluies torrentielles soudaines (crues) sous des orages ont donné le plus grands nombre de signalement en 1996. Avec seulement 30 cas confirmés, l'été fût bien sous la moyenne normale de 50.

La majorité des cas se sont produits en juin (16) et juillet (8). Cela n'a laissé que des miettes pour les autres mois.

6.2.2 Pluie abondante

Il y a eu vingt-deux (22) régions affectées par des pluies abondante de type synoptique où 50 mm de pluie ou plus sont tombés en 24 heures. Ces cas se retrouvent presque exclusivement en juillet avec le déluge du Saguenay, et en septembre avec un autre épisode sur le centre du Québec.

PRINCIPALES PLUIES ABONDANTES

DATE	RÉGION	DESCRIPTION
14 juillet	Abitibi	55 mm de pluie à Rouyn
15 juillet	Montréal	50 à 73 mm de pluie près de Farnham
19 juillet	Gatineau Laurentides Québec	50 à 82 mm de pluie avec la dépression froide qui atteindra le Saguenay le jour suivant
20 et 21 juillet	Lac Saint-Jean Saguenay Réserve fauniques des Laurentides Rivière-du-Loup Charlevoix Rimouski Baie-Comeau Sept-Îles	Déluge de 74 à 129 mm en 24 heures et de 250 mm (ou plus) en 36 à 48 heures. Il a causé le débordement des barrages au Saguenay. Lourds dommages par inondations, surtout au Saguenay, et 10 pertes de vies. (Voir annexe C)
9 août	Sud-est de l'Estrie	149 mm de pluie signalé à La Patrie
12 septembre	Abitibi-Témiscamingue Gatineau	50 mm et plus
14 septembre	Montmagny Lac Saint-Jean Saguenay Réserve fauniques des Laurentides Rivière-du-Loup	50 à 116 mm de pluie en 24 heures

Tableau 4

6.2.3 Événements tornadiques non classiques

Cinq (5) tornades ont été confirmées en 1997, soit une année moyenne. Dans tous ces cas cependant, les cellules orageuses ne correspondaient pas à la description classiques des super-cellules donnant des tornades. Ceci concorde avec les températures fraîches que nous avons connues.

Ces orages n'avaient qu'une faible extension verticale mais un cisaillement des vents dans les bas niveaux très important et les dégâts n'en furent pas moins importants. Voici un tableau de ces événements:

DATE	RÉGION	ENDROIT	DESCRIPTION
21 avril	Montréal	Ouest de l'île de Montréal Saint-Hubert Sainte-Christine	Arbres cassés, toits arrachés et avions endommagés sous orages
12 mai	Québec Rimouski Cap-Chat Sept-Îles	Le long du fleuve de l'île d'Orléans à Pointe-des-Monts	Vents synoptiques de 90 à 110 km/h toute la journée
15 mai	Basse-Côte-Nord	Blanc Sablon	Rafales à 104 km/h avec une dépression
30 mai	Matagami	Joutel Matagami	Arbres déracinés avec des vents de 55 noeuds ou plus sous un orage
9 juillet	Québec	Sainte-Foy Québec Sainte-Brigitte de Laval	Orage donnant des rafales destructives
20 juillet	Laurentides	Mont-Tremblant	Arbres cassés par les vents derrière la dépression du déluge
23 juillet	Montréal	Saint-Constant	Orage donnant des rafales destructives
15 août	Gatineau	N-D-de-la-Paix	Grange projetée au sol
25 août	Estrie	Saint-Anne-du-Portage	Arbres déracinés

Tableau 6

6.2.5 Événements de grêle

L'été 1996 a connu 12 cas de grêle de 2 cm ou plus. La majorité en juillet où ils ont accompagné les cas de vents violents orageux.

CAS DE GRÊLE			
DATE	RÉGION	ENDROIT	DESCRIPTION

21 avril	Montréal	Huntingdon	Grêle de 2 cm de diamètre pendant 10 minutes
18 mai	Abitibi	Cadillac	Grêle grosseur de billes pendant 5 à 10 minutes
5 juin	Estrie	Abénakis	Grêle de 2 cm de diamètre avec panes électriques
8 juillet	Estrie	Sainte-Malachie	Grêlons de 2.5 cm de diamètre
9 juillet	Québec	Saint-Foy Québec Saint-Brigitte-de-Laval	Grêlons de 1.5 à 2 cm
11 juillet	Trois-Rivières	Saint-Propre	Grêlons de 2.5 cm
23 juillet	Montréal	Saint-Constant	Grosseur de balle de golf
24 juillet	Beauce	Saint-Elzéar	Grêlons de 2.5 cm
25 juillet	Saguenay	Bagotville	Grosseur de balle de golf
31 juillet	Gatineau	Près d'Ottawa	Grosseur de balle de golf
16 août	Gatineau	Saint-Pierre-de-Wakefield	Grêle de grosseur d'une bille recouvrant le sol de 1 cm d'épaisseur
25 août	Abitibi Charlevoix	Val d'Or La Malbaie	Grêle de 2 cm

Tableau 7

6.2.6 Événements de nombreux éclairs

L'été 1996 n'ayant eu que peu d'orages, le nombre d'éclairs a été limité.

6.3 SAISON 1997

La saison estivale 1997 (Figure 3) a débuté par des cas synoptiques en mai, donnant des pluies abondantes sur l'extrême est du Québec accompagnés de vents violents. Il y a également eu un événement de grêle à Montréal en fin de mois.

Juin a été marqué par quelques cas de grêle, de pluie torrentielle, de vents violents et une première tornade. Juillet et août ont suivi avec plusieurs cas de pluie torrentielle et deux tornades. Septembre a terminé la saison avec 4 cas de pluie

abondante synoptique.

Il y a eu 95 cas de temps violent durant l'été 97 dont 3 tornades, soit une année exemplairement moyenne (Figure 3)!

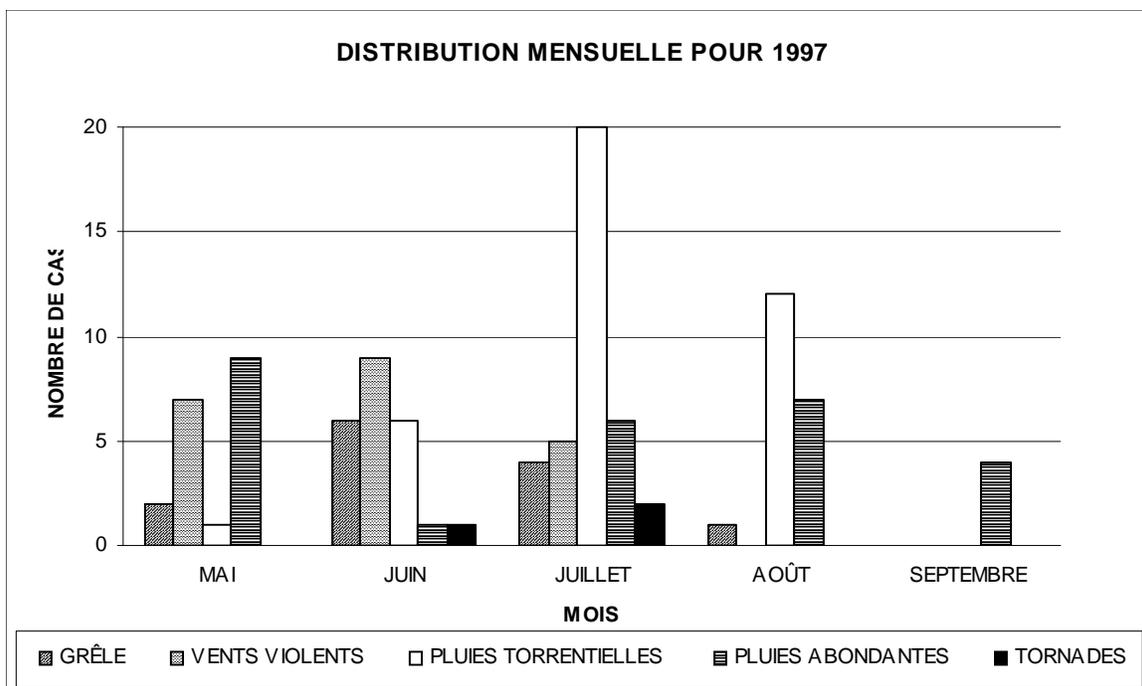


Figure 3

MOIS	ÉVÉNEMENTS CONFIRMÉS	PLUIE ABONDANTE OU SUBITE (Sans autre événement convectif)	AUTRES ÉVÉNEMENTS (Grêle, rafales ou tornades mais pouvant être accompagnés de pluie)	NOMBRE DE JOURS AVEC ÉVÉNEMENTS CONFIRMÉS OU PROBABLES	ÉVÉNEMENTS PROBABLES (voir définition section 7.3)
mai	19	10	9		16
juin	17	3	14		62
juillet	35	24	11		56
août	20	19	1		24
septembre	4	4	0		4
TOTAL	95	60	35		162
MOYENNE 84-97	95	52	43		115

Tableau 8

6.3.1 Pluie torrentielles soudaine:

Comme à toutes les années, les pluies torrentielles soudaines (crues) sous des orages ont donné le plus grands nombre de signalement en 1997. Avec 39 cas confirmés, l'été fût un peu sous la moyenne normale de 50 dans cette catégorie.

La majorité des cas ont donné de 30 à 40 mm de pluie en moins d'une heure et se sont produits en juillet (19) et août (12). Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, les cas les plus juteux se sont surtout produits à la fin juillet et début d'août.

CAS PRINCIPAUX			
DATE	RÉGION	ENDROITS	DESCRIPTION
21/06/97	Montréal	Saint-Télesphore	Inondations de sous-sols
15/07/97	Estrie-Beauce	Abercorn Sutton Frelighsburg	130 mm 77.4 mm 62.6 mm Routes ravinées et sous-sols inondés entre 08 et 11 GMT
26/07/97	Abitibi-Témiscamingue	Géant-Dormant	58 mm entre 19 et 20 GMT
27/07/97	La Malbaie-Rivière-du-Loup	Notre-Dame du Lac	70 mm entre 18 et 19 GMT
31/07/97	Trois-Rivières-Drummondville	Trois-Rivières	Inondation au Grand-Prix de formule Indy et dans certains tunnels de la ville
02/08/97	Estrie-Beauce	Dunham	68.4 mm sous un orage vers 23 GMT
10/08/97	Chibougamau	Linne	103 mm sous orages se déplaçant lentement vers 21 GMT
27/08/97	Abitibi-Témiscamingue	Matchi-Manitou	67.1 mm entre 19 et 20 GMT

Tableau 9

6.3.2 Pluie abondante

Il y a eu vingt-sept (27) cas de pluies abondantes de type synoptique où 50 mm de pluie ou plus sont tombés en 24 heures.

PRINCIPALES PLUIES ABONDANTES (SUR 24 HEURES)

DATE	RÉGION	DESCRIPTION
14/05/97	Basse Côte-Nord Minganie	Mingan : 54 mm Natashquan : 57 mm
15/05/97	La Malbaie- Rivière-du-Loup	La Pocatière : 51 mm
	Gaspé-Parc Forillon	Gaspé : 74.4 mm donnant des inondations à Rivière-au-Renard
03/07/97	Montréal Côteau-du-lac Sainte-Anne-de-Bellevue	Respectivement : 65, 45 et 67.9 mm
	Trois-Rivières- Drummonville	Villeroy : 58.8 mm
	Québec	Île d'Orléans : 65 mm
13/07/97	Abitibi-Témiscamingue	Matchi-Manitou : 87.6 mm Val-d'Or : 53 mm
	Laurentides	Arundel : 101.3 mm Saint-Jovite : 83 mm
15/07/97	Montréal	Lachute : 64.5 mm Marieville : 93 mm Saint-Hubert : 94 mm Le tout en 8 heures
15/08/97	Abitibi-Témiscamingue	Angliers : 52.8 mm Val-d'Or : 46 mm Rapide-Sept : 59.3 mm
21/08/97	Trois-Rivières- Drummonville	Lyster : 75.8 mm
	Québec	Valcartier : 52 mm Sainte-Foy : 67 mm Saint-Flavien : 73.2 mm Île d'Orléans : 82 mm Saint-Michel : 98 mm
	Estrie-Beauce	Lennoxville : 76 mm Thetford-Mines : 87 mm Coaticook : 64 mm
	La Malbaie-Rivière- du-Loup	Baie Saint-Paul : 85.6 mm Montmagny : 89 mm
22/08/97	Baie-Comeau	Les Étangs : 60.6 mm
12/09/97	Abitibi-Témiscamingue	Barrage Angliers : 50.6 mm Barrage Témiscamingue : 58 mm (en 24heures) Dumoine : 70.6 mm en (48 heures)

Tableau 10

6.3.3 Événements tornadiques

Trois(3) tornades ont été confirmées en 1997, soit une année un peu sous la normale. Dans tous ces cas cependant, les cellules orageuses ne correspondaient pas à la description classiques des

super-cellules donnant des tornades.

Ces orages n'avaient qu'une faible extension verticale mais un cisaillement des vents dans les bas niveaux très important. Les dégâts furent moyens, sans perte de vie.

Voici un tableau de ces événements:

TORNADES SUR LE QUÉBEC EN 1997		
DATE	ENDROIT	FORCE
25/06/97	Pointe-Fortune (région de Montréal)	F1
04/07/97	L'Ascension-de-Patapédia (région de Matapédia)	F1
28/07/97	Mercier (région de Montréal)	F0

Tableau 11

FORCE selon l'échelle de Fujita: 0 - vents de moins de 120 km/h
 1 - vents de 120 à 180 km/h
 2 - vents de 180 à 250 km/h
 3 - vents de 250 à 330 km/h

6.3.4 Vents violents

Vingt et un (21) cas de vents violents ont été répertoriés durant l'été et de façon à peu près égale de mai à juillet mais aucun par la suite.

CAS PRINCIPAUX DE VENTS VIOLENTS			
DATE	RÉGION	ENDROIT	DESCRIPTION
11/05/97	Basse Côte-Nord	Blanc-Sablon	100 km/h de 05 a 08 UTC
16/05/97	Rimouski-Matapédia	Ile Biquette	90 à 100 km/h
	Parc de la Gaspésie	Cap madeleine	90 à 100 km/h
	Sept-Iles	Sept-Iles	90 à 104 km/h, toits envolés et \$100,000 de dégâts à L'aluminerie Alouette
17/05/97	Basse Cote-nord	Natasquan	95 km/h
13/06/97	Montréal	Ormstown Napierville	Bris d'arbres sous orages
21/06/97	Montréal	St-Télesphore St-Rémi-de-Napierville	Arbres, poteaux téléphoniques et toiture arrachés.
28/07/97	Abitibi-	Rouyn	Downburst dans un

	Témiscamingue		parc de la ville
	Québec	Pont-Rouge	Arbres décapités
31/07/97	Trois-Rivières	Trois-Rivières	Arbres déracinés, lampadaires renversés en ville

Tableau 12

6.3.5 Événements de grêle

En 1997, il y a eu 13 cas de grêle dont la majorité se sont produits à la fin mai et en juin. Cependant, les cas les plus importants, causant des dommages, ce sont répartis également de juin à août.

CAS PRINCIPAUX DE GRÊLE			
DATE	RÉGION	ENDROIT	DESCRIPTION
12/06/97	Montréal	Sainte-Béatrix	Grêle de diamètre de 2.6 cm le long d'un corridor de 1 km de large et plusieurs kilomètres de long
	Trois-Rivières	Maskinongé	Champs couverts de grêle
26/06/97	Trois-Rivières	Sainte-Sophie	Grêle grosseur de balles de ping-pong
17/07/97	La Tuque	Au nord de la Tuque	Bris de pare-brise d'autos
28/07/97	Québec	Saint-Nicolas St-Gervais	Grêle de grosseur jusqu'à balles de golf
22/08/97	Estrie-Beauce	Richmond Melbourne	Accumulation de grêle de 15 à 30 cm dans les fossés

Tableau 13

6.3.6 Événements de nombreux éclairs

L'été 1997 a été assez normal quant au nombre d'éclairs. Il n'y a pas eu de rapport de perte de vie. Cependant, lors d'un événement orageux, des enfants, sous un abris extérieur, ont été incommodés par un choc électrique venant des éclairs et courant dans le sol rocheux.

Dans un autre ordre d'idée, un pilote de petit avion et sa

famille ont perdu la vie en essayant de passer à travers une ligne bien organisée d'orages, dont certains violents, le 28 juillet.

7. VÉRIFICATION

7.1 Discrimination des événements

La définition des événements a subi peu d'évolution dans la dernière décennie. En pratique, tous les événements qui se sont produits à l'intérieur d'une région publique, mais qu'on peut relier à un complexe orageux, sont considérés comme un événement.

Le critère utilisé pour différencier les événements est celui de trente (30) minutes et de trente (30) kilomètres (c.à.d. tous les phénomènes qui se produisent en dedans de ces limites sont considérés comme un (1) événement).

7.2 Événements confirmés

Le **Tableau 14** indique les critères objectifs pour les événements confirmés, en termes de grosseur de grêlons, vitesse des vents et quantité de pluie. À l'exception du dernier, les critères sont similaires pour l'ensemble du pays. Les différences dans les critères pour les quantités de pluie peuvent être expliquées par le fait que les variations de types de topographie ont un impact sur le ruissellement et ainsi le potentiel d'inondation. Ainsi, un tel critère pour les Prairies devrait être plus élevé que pour les régions où la topographie est accidentée comme le Québec, et c'est en effet le cas.

7.3 Événements probables

Même si les critères confirmés ne sont pas atteints, un événement peut quand même être significatif pour la population en général et par ce fait justifierait l'émission de veilles ou d'alertes.

Ainsi, on a également défini des critères légèrement inférieurs à ceux des événements confirmés, en termes de grosseur de grêlons, vitesse de vent et quantité de pluie, comme étant événements probables (voir **Tableau 14**).

On a également inclus dans cette même définition les critères radar qui sont fortement reliés aux phénomènes violents confirmés, sachant qu'il est toujours facile pour un événement d'échapper à la détection même dans des endroits où la densité de population est assez forte.

On pourra éventuellement songer à inclure à ces critères un certain taux de coups de foudre repéré à l'aide du réseau de détection d'Hydro-Québec. Historiquement, la raison pour laquelle on a noté les événements probables dans la région du Québec, c'est pour avoir une mesure plus juste de la crédibilité de nos veilles et alertes.

CRITÈRES DE TEMPS VIOLENT

a) **Événements confirmés**

Critères objectifs

Grêle ≥ 20 mm
 Vents ≥ 90 km/h
 Tornade
 Forte pluie ≥ 25 mm/h
 ≥ 40 mm/3h
 ≥ 50 mm/24h

Critères subjectifs

Rapport de dommages matériels ou de blessures directement reliées.

b) **Événements probables**

Critères radar: Réflectivité > 47 dBZ à 7 km et surplomb vertical des échos.

Vents ≈ 80-90 km/h
 Grêle ≈ 10 à 20 mm
 Pluie ≈ 40 mm/6h

c) **Indices de vérification**

$$RÉSOLUTION(POD) = \frac{\Sigma SUCCES}{\Sigma(SUCCES + MANQUÉS)}$$

$$CRÉDIBILITÉ(CRED) = \frac{\Sigma SUCCES}{\Sigma(SUCCES + FAUSSES ALARMES)}$$

- **SUCCES:** événements confirmés précédés d'au moins 30 minutes par une VEILLE, une ALERTE ou un AVERTISSEMENT.
- **MANQUÉS:** événements imprévus mais confirmés.
- **FAUSSES ALARMES:** VEILLE, ALERTE ou AVERTISSEMENT qui n'est pas suivi par le rapport d'un événement confirmé ou probable.

		OBSERVÉ	
		OUI	NON
PRÉVU	OUI	SUCCES	FAUSSE ALERTE
	NON	MANQUÉ	S/O

Tableau 14

7.4 Indices de vérification POD et crédibilité

Le **POD** (i.e. "Probability of Detection") est une mesure de l'habilité à prévoir les phénomènes confirmés. Ce n'est en effet rien d'autre que le pourcentage de phénomènes précédés par un message de veille ou d'alerte.

L'approche traditionnelle de la région du Québec pour calculer le POD consiste à évaluer conjointement les veilles et les alertes. Ainsi, un événement confirmé et précédé soit par une veille ou une alerte émise au moins une demi-heure à l'avance, constitue un **succès** (voir **Tableau 14**). De cette façon, on obtient une mesure du succès à avertir la population des phénomènes violents (à la section 7.6 on calcule le POD pour chaque type de message séparément).

D'autre part, la crédibilité mesure le pourcentage de bonnes prévisions par rapport au nombre total de bulletins envoyés. Dans le **Tableau 14**, on voit que selon l'approche historique de la région du Québec, une fausse alarme est enregistrée quand une veille ou alerte n'est pas suivie d'un événement confirmé **ou** probable. La raison pour laquelle on considère les phénomènes probables dans ce calcul en est une d'accommodement à la difficulté de confirmer un phénomène violent à l'échelle méso. En effet, notre principe de base est qu'il est déraisonnable de postuler qu'on peut confirmer tous les phénomènes violents avec les observateurs volontaires.

7.4.1 Vérification globale

Vérification comparative 1984-1997

Au **Tableau 15**, on trouve le nombre d'événements de même que les statistiques de **POD** et de **CRED** depuis 1984.

SOMMAIRE DE VÉRIFICATION DU TEMPS VIOLENT
PAR LA METHODE DU CMQ
POUR TOUTES LES RÉGIONS DU QUÉBEC

Période vérifiée: du 1^{er} mai au 30 septembre.

ANNÉE	CONFIRMÉS						CONFIRMÉS ET PROBABLES	CRÉDIBILITÉ
	Nombre total d'événements	POD	Nombre d'événements convectifs	POD	Nombre d'événements de pluie abondante ou pluie torrentielle	POD	Nombre d'événements	
1984	73	0,52	23	0,52	50	0,52	197	0,62
1985	50	0,54	29	0,69	21	0,33	110	0,68
1986	88	0,67	31	0,79	48	0,56	125	0,64
1987	61	0,78	39	0,89	22	0,59	149	0,67
1988	103	0,68	72	0,72	32	0,56	194	0,75
1989	78	0,62	46	0,72	32	0,47	128	0,64
1990	93	0,77	36	0,67	63	0,84	138	0,73
1991	94	0,57	56	0,71	38	0,37	196	0,68
1992	80	0,66	32	0,75	48	0,60	159	0,50
1993	112	0,59	50	0,68	62	0,52	290	N/D
1994	202	0,73	87	0,83	115	0,66	517	0,57
1995	115	0,56	31	0,71	84	0,50	265	0,52
1996	77	0,61	28	0,50	49	0,67	193	0,23
1997	95	0,48	35	0,60	60	0,42	257	0,32
MOYEN 84-97	94	0,61	43	0,70	52	0,54	208	0,41

Tableau 15

N/D: non-disponible

PROBABILITÉ DE DÉTECTION (POD) EN 96 ET 97

Le **Tableau 16** montre une probabilité de détection de l'ordre de 60% en 1996 ce qui est assez dans la normale. Le préavis moyen

est très bon à 10,5 heures surtout à cause de la fréquence élevée des événements synoptiques et le POD monte même à 67% pour ces cas-là.

Cependant, le POD n'est que de 50% pour les événements plus convectifs, ce qui montre leur caractère plus isolés en 1996. Ils ont donc été plus dispersés et plus difficiles à localiser à temps.

Enfin, le POD pour le sud-ouest du Québec et le reste de la province est similaire dû à la prédominance des événements synoptiques.

**SOMMAIRE DE VÉRIFICATION DU TEMPS VIOLENT PAR LA MÉTHODE DU CMQ
POUR TOUTES LES RÉGIONS DU QUÉBEC ET TOUS LES TYPES DE BULLETINS RÉUNIS**

Période vérifiée: du 1^{er} mai au 30 septembre 1996

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	47	30	161	0,61	0,23	10,48
Événements convectifs	14	14	132	0,50	0,10	2,00
Pluies torrentielles/ Pluies abondantes	33	16	29	0,67	0,53	21,19
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	28	19	65	0,60	0,30	4,71
2) ailleurs	19	11	96	0,63	0,17	18,98

<u>NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS</u>	<u>PRÉVUS</u>	<u>MANQUÉS</u>	<u>TOTAL</u>
Confirmés	47	30	77
Probables	72	44	116
TOTAL	119	74	193

Tableau 16

PRÉAVIS MINIMUM DE 30 MINUTES

En 1997, le POD est très faible à 48% pour tous les

événements mais est acceptable pour les événements convectifs avec 60%. Le préavis moyen est de 3,36 heures contre un été où les événements convectifs ont dominé.

Le POD pour le sud-ouest du Québec est meilleur à 55% que pour le reste de la province mais encore assez faible par rapport aux années antérieures.

Période vérifiée: du 1^{er} mai au 30 septembre 1997

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	46	49	96	0,48	0,32	3,36
Événements convectifs	21	14	79	0,60	0,21	3,31
Pluies torrentielles/ Pluies abondantes	25	35	19	0,42	0,60	3,58
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	27	22	40	0,55	0,40	2,76
2) ailleurs	19	27	56	0,41	0,25	4,21

<u>NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS</u>	<u>PRÉVUS</u>	<u>MANQUÉS</u>	<u>TOTAL</u>
Confirmés	23	36	59
Probables	33	51	84
TOTAL	56	87	143

PRÉAVIS MINIMUM DE 30 MINUTES

Tableau 17

CRÉDIBILITÉ

La crédibilité pour 1996 (23%) et 1997 (32%) s'avère faible. Il y a donc surprévision d'événements violents. La **Figure 11** montre une répartition régionale de la crédibilité qui est analysée dans la section suivante (7.7 Vérification régionale).

7.4.2 Vérification par type de message

Dans les **Tableau 18** et **Tableau 19** , on peut voir les statistiques pour les différents types de messages émis pour le temps violent.

- Les AVERTISSEMENTS: 1996 nous donne d'excellent POD (72%) pour les avertissements avec un préavis de près de 24 heures. Par contraste, 1997, nous donne un POD total de 48% et le sud-ouest du Québec a particulièrement été manqué avec aucun succès.
- Les VEILLES: les statistiques totales montrent 54% (96) et 48%(97). Cependant, les statistiques montent à 64% en 1996 pour les événements convectifs.
- Les ALERTES: donnent un POD de 15 à 20% avec un préavis de 30 minutes. Si on diminue le préavis à 0 minutes () le POD remonte à 27% en 1996 et 39% en 1997 et la crédibilité devient de 65 à 80%. Ceci montre que les alertes ont eu souvent un préavis entre 0 et 30 minutes et que les cellules orageuses ont donc souvent atteint les critères violents très rapidement ne laissant que peu de temps pour réagir.

SOMMAIRE DE VÉRIFICATION DU TEMPS VIOLENT PAR LA MÉTHODE DU CMQ
POUR TOUTES LES RÉGIONS DU QUÉBEC
AVEC PRÉAVIS MINIMUM DE 30 MINUTES

Période vérifiée: du 1^{er} mai au 30 septembre 1996.

Vérification des AVERTISSEMENTS

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	18	7	20	0,72	0,47	23,94
Crues subites/ Pluies abondantes	16	3	15	0,84	0,52	26,71
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	5	4	4	0,56	0,56	20,76
2) ailleurs	13	3	16	0,81	0,45	25,16

Vérification des VEILLES

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	28	24	119	0,54	0,19	3,36
Événements convectifs	11	11	106	0,50	0,09	3,87
Crues subites/ Pluies abondantes	17	13	13	0,57	0,57	3,03
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	22	16	49	0,58	0,31	3,56
2) ailleurs	6	8	70	0,43	0,08	2,63

Vérification des ALERTES

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	7	45	22	0,13	0,24	2,08
Événements convectifs	4	18	21	0,18	0,16	1,98
Crues subites/ Pluies abondantes	3	27	1	0,10	0,75	2,21
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	6	32	12	0,16	0,33	2,08
2) ailleurs	1	13	10	0,07	0,09	2,20

AVEC PRÉAVIS MINIMUM DE 0 MINUTES

Vérification des ALERTES

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	14	38	22	0,27	0,39	1,14
Événements convectifs	7	15	21	0,32	0,25	1,19
Crues subites/ Pluies abondantes	7	23	1	0,23	0,88	1,09
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	10	28	12	0,26	0,45	1,33
2) ailleurs	4	10	10	0,29	0,29	0,66

Tableau 18

SOMMAIRE DE VÉRIFICATION DU TEMPS VIOLENT PAR LA MÉTHODE DU CMQ
POUR TOUTES LES RÉGIONS DU QUÉBEC
AVEC PRÉAVIS MINIMUM DE 30 MINUTES

Période vérifiée: du 1^{er} mai au 30 septembre 1997.

Vérification des AVERTISSEMENTS

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	12	15	21	0,44	0,38	8,14
Crues subites/ Pluies abondantes	9	11	15	0,45	0,36	8,04
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	0	5	4	0,00	0,00	0,00
2) ailleurs	12	10	17	0,55	0,41	8,14

Vérification des VEILLES

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	30	33	64	0,48	0,32	4,21
Événements convectifs	16	9	64	0,64	0,20	4,86
Crues subites/ Pluies abondantes	14	24	0	0,37	1,00	3,46
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	24	16	29	0,60	0,45	4,28
2) ailleurs	6	17	35	0,26	0,15	3,93

Vérification des ALERTES

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	12	49	11	0,20	0,52	1,09
Événements convectifs	9	19	9	0,32	0,50	1,14
Crues subites/ Pluies abondantes	3	30	2	0,09	0,60	0,95
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	11	32	7	0,26	0,61	1,12
2) ailleurs	1	17	4	0,06	0,20	0,76

AVEC PRÉAVIS MINIMUM DE 0 MINUTES

Vérification des ALERTES

CONDITION	SUCCÈS	MANQUÉS	FAUSSES ALERTES	POD	CRÉDIBILITÉ	PRÉAVIS MOYENS (HR)
Tous les événements	24	37	11	0,39	0,69	0,65
Événements convectifs	16	12	9	0,57	0,64	0,72
Crues subites/ Pluies abondantes	8	25	2	0,24	0,80	0,51
Tous les événements						
1) sud-ouest du Québec	23	20	7	0,53	0,77	0,65
2) ailleurs	1	17	4	0,06	0,20	0,65

Tableau 19

7.6 Vérification horaire

La vérification horaire de 1988 à 1997 montre que le maximum d'événements se produits entre 13 et 20 heures locales. Le POD est également excellent durant cette période comme le montre le rapport entre les succès et les manqués. C'est la période de la journée où un spécialiste du temps violent est en fonction.

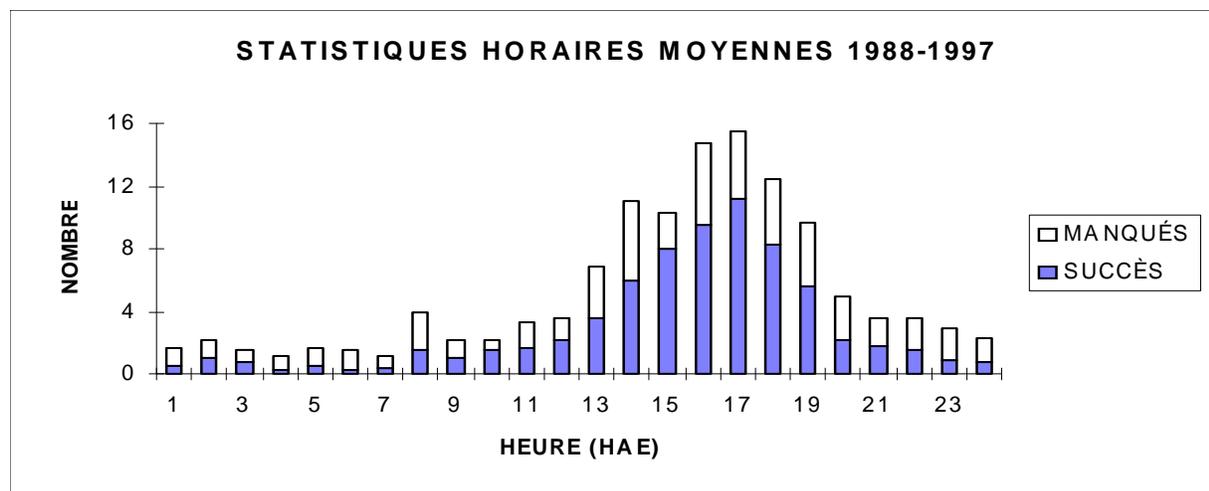


Figure 6

En 1996, à cause du grand nombre d'événements synoptique, la répartition des cas de temps violent est un peu plus étalée au cours de la journée. Le POD varie grandement également, il est encore très bon durant la période diurne.

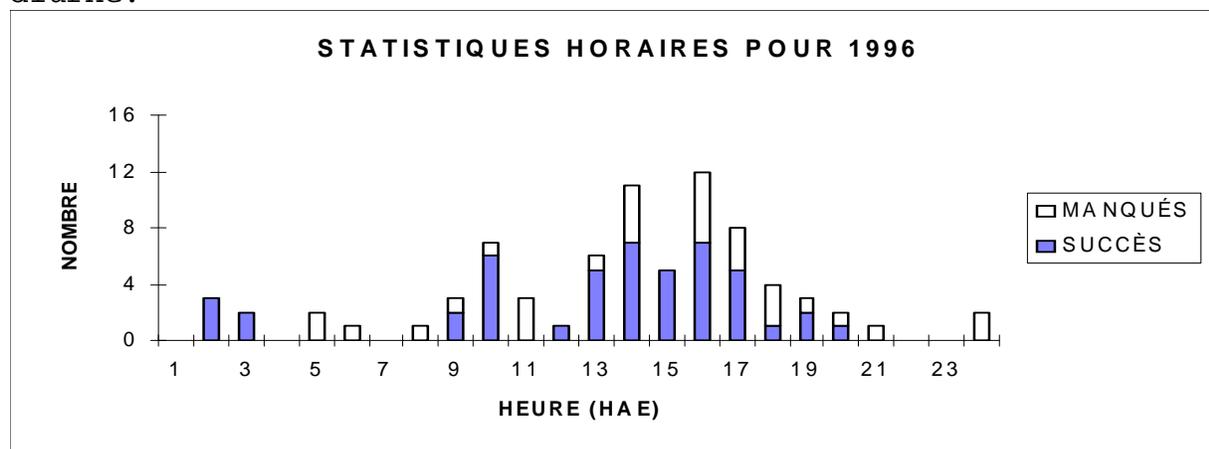


Figure 7

En 1997, la courbe redevient semblable à la courbe moyenne mais le POD est nettement faible même durant la période de 13 à 20

heures locales (environ 50%).

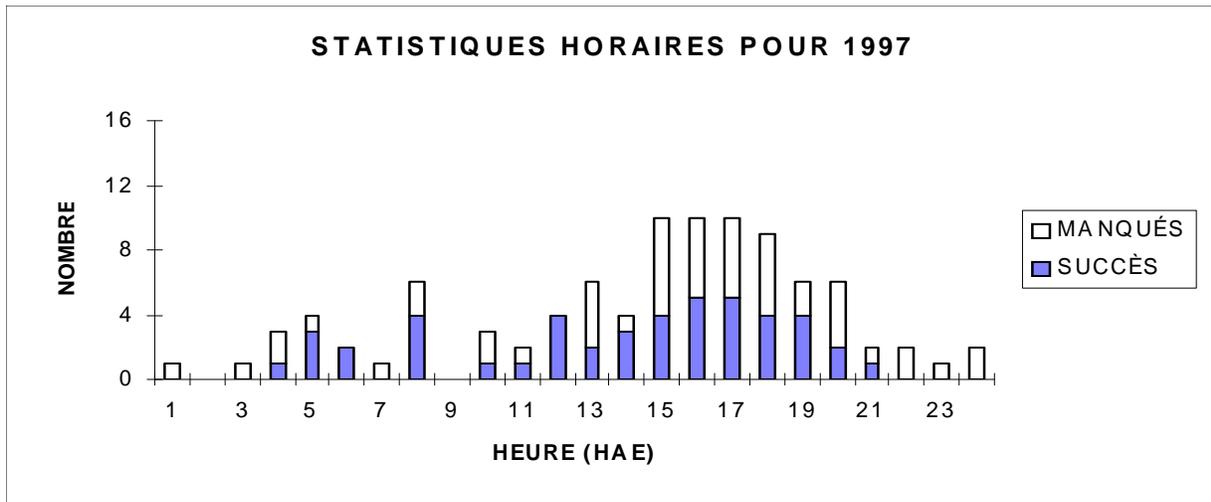


Figure 8

7.7 Vérification régionale

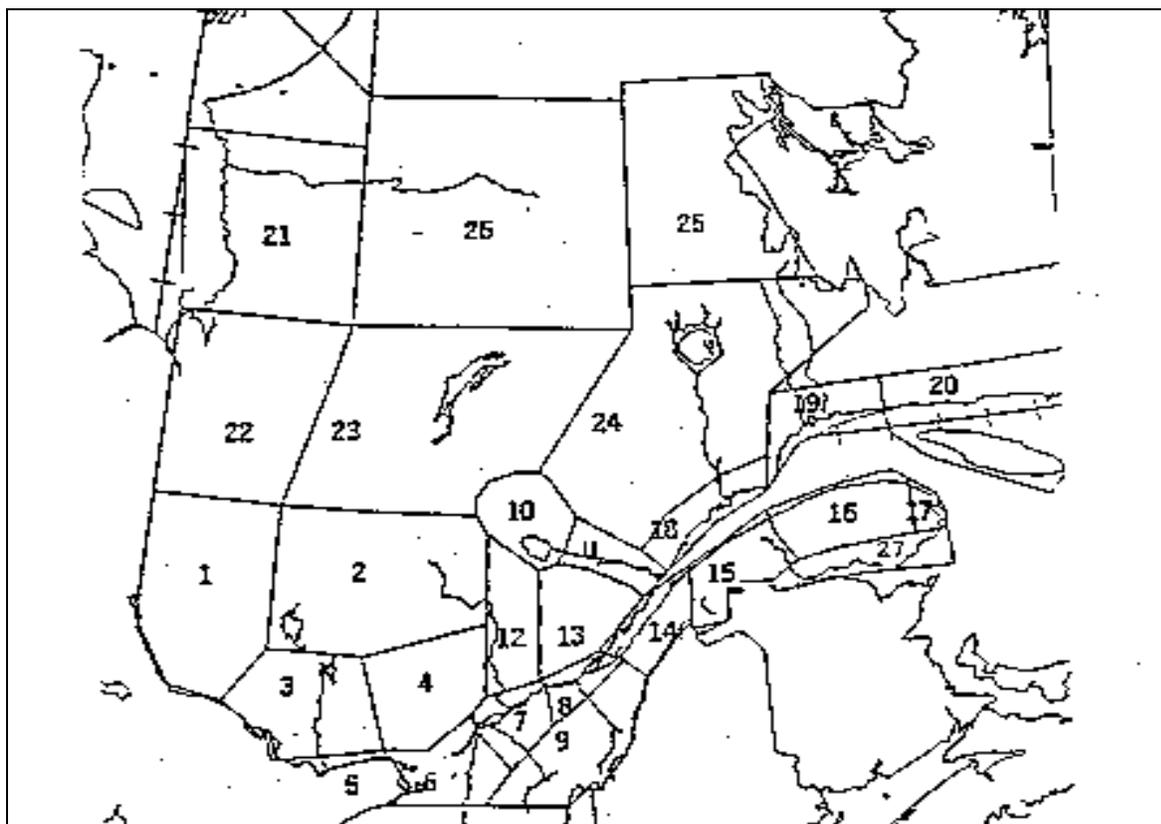


Figure 9

Les régions publiques du Québec sont indiquées sur la **Figure 9**. À noter que la région numéro 27, Baie-des-Chaleurs, est une nouvelle zone de responsabilité pour la région du Québec depuis 1994.

La région 5, Ottawa-Hull-Cornwall, est passée sous le contrôle de la région de l'Ontario en novembre 1994. Elle n'est donc plus vérifiée dans ce rapport et la partie québécoise de l'Outaouais est passée à la région 3.

Le nombre d'événements qui ont eu lieu sur chaque région publique entre les années 1988-1997 est indiqué sur la **Figure 10**. On n'est pas surpris de constater que la grande majorité des événements ont eu lieu sur le sud-ouest québécois (c.a.d. régions 3 à 9 inclusivement).

Ce qui est surprenant, c'est le grand nombre d'événements sur la région d'Abitibi-Témiscamingue (région 1), qui a eu autant d'événements que Ottawa-Hull-Cornwall (région 5), et la région de Québec (région 8).

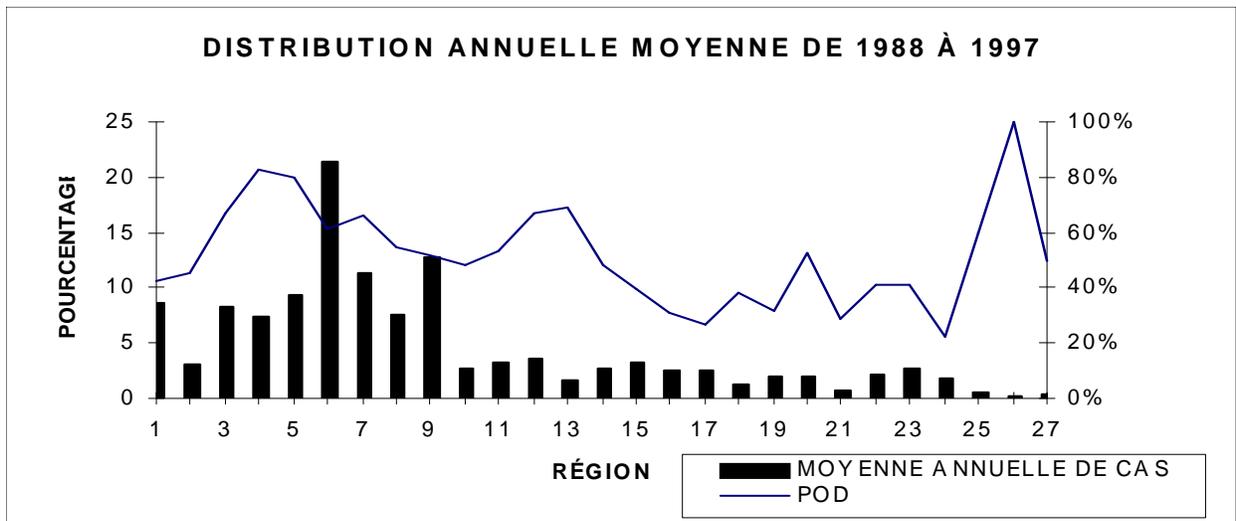


Figure 10

Comme on devrait s'y attendre, le POD indique la plus grande fiabilité sur le sud-ouest (régions 3 à 9) et le centre (10 à 13) québécois, avec une valeur variant entre 60 et 80% au cours des dix dernières années. Sur l'Abitibi-Témiscamingue où statistiquement un nombre significatif d'événements se produisent, mais qui n'a pas de couverture radar, le POD est de 40 %.

Finalement, les régions 14 à 27, le reste la province, ont un nombre minime d'événements signalés et un POD de 40 à 60%. Il se passe en effet, de 0 à 4 événements par saison dans ces régions qui sont sans couverture radar et peu peuplées.

48

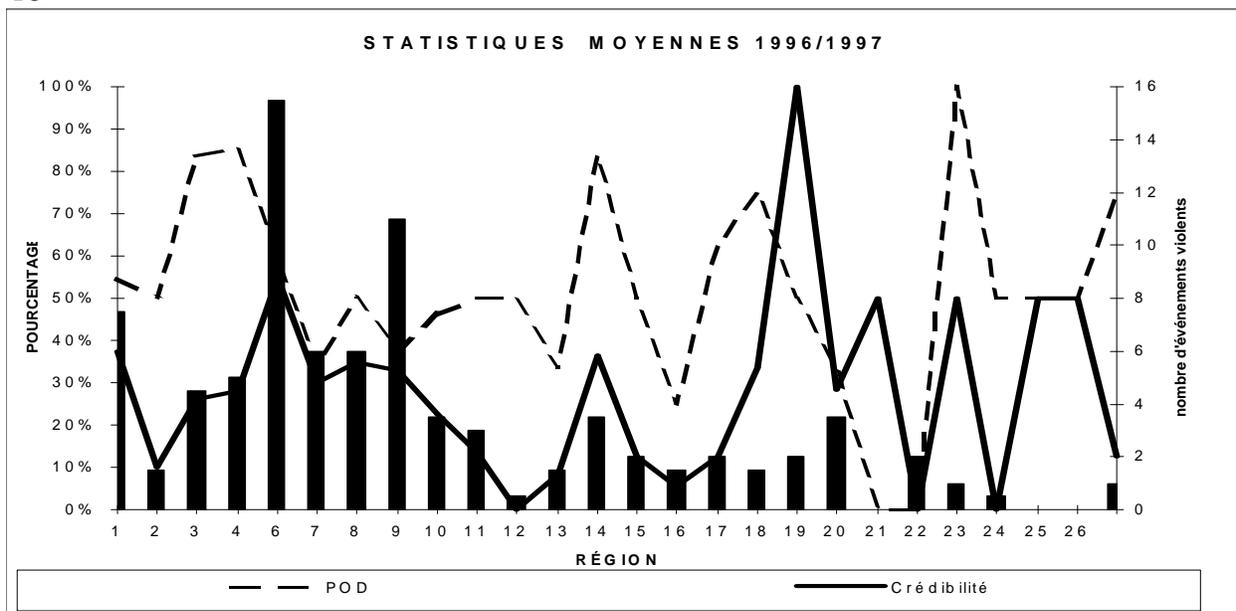


Figure 11

48

En 1996 et 1997 (**Figure 11**), la courbe combiné du nombre d'événements suit la forme générale des années antérieures avec un pic autour de la région 6 et un nombre non négligeable de cas dans la région 1 (Abitibi-Témiscamingue). Le POD combiné est d'environ 50% avec un pic de 85% dans l'ouest québécois (régions 3 et 4) et une grande variation dans les régions avec peu d'événements (régions 21 à 27).

Comme discuté antérieurement, la crédibilité est assez faible pour ces deux années. Cependant, on remarque que la courbe suit assez bien la variation dans le nombre de cas de temps violent.

Ainsi, les régions les plus peuplées et qui donnent donc le plus de signalements d'événements violents ont la meilleurs cote de crédibilité. **Ceci semble pointer vers un sous signalement des événements violents ce qui augmente artificiellement le nombre d'avertissements jugés fausse alerte.**

8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats des deux dernières années montrent que le temps violent estival varie beaucoup d'année en année au Québec. Alors que l'été 1996 fût surtout marqué par des cas synoptiques dont le fameux « déluge » du Saguenay/Lac Saint-Jean, l'été 1997 fût plus marqué par des orages violents dont trois cas de tornades.

Les POD sont assez moyens pour ces deux années mais le taux de crédibilité doit être amélioré de beaucoup. Il semble qu'il y ait tendance à envoyer des messages d'avertissements et de veille qui couvrent un trop grand nombre de régions. Cependant, le problème des fausses alertes semble également relié au faible taux de signalement de temps violents dans les régions moins habitées. Il faudrait peut-être donner une pondération du nombre de fausses alertes qui dépend de la population.

D'un autre point de vue, le programme de temps violent ne dépend pas seulement de la prévision du temps mais également de beaucoup de facteurs extérieurs qui influencent l'utilité des message d'avertissement.

Voici quelques points qui sont sujets à un examen :

i) Dissémination:

a) Le futur poste de travail universel qui est en ce moment développer par l'unité DOMAF devrait être d'une très grande aide en permettant de superposer plusieurs champs météorologiques dont les échos radars. Il faudrait penser pouvoir se servir de ce poste de travail pour choisir les régions qui seront mises dans un message d'alerte.

Ceci permettrait de perdre moins de temps à trouver le nom de ces régions et accélérer l'envoi, augmentant ainsi notre préavis.

b) Penser à développer un lien INTERNET vers nos usagers spéciaux.

c) Il y a actuellement une expérience pilote de dissémination par bande de défilement des messages d'alerte à la télévision sur câble. Il est fortement espéré que ce projet sera généralisé.

ii) Études de cas:

a) Malgré les contraintes, supporter les études de cas surtout en ce qui concerne la vérification de nouvelles techniques de prévisions, logiciels, où systèmes de

détection (i.e. radar DOPPLER, données de foudre).

- b) Afin de faire ces études dans les plus brefs délais, s'assurer que tout le matériel pertinent (i.e. données radar, de foudre, aérologiques, cartes, etc.) soit rassembler de façon systématique.
- c) Se renseigner sur le marché potentiel pour la vente des résultats de ces études qui aiderait à leur auto-financement.

iii) Horaires des spécialistes:

- a) Garder les heures couvertes par un spécialiste de façon régulière de 08h00 jusqu'à 20h00, durant la période où la probabilité climatologique de phénomènes violents est très élevée.
- b) Augmenter à 6 le nombre de personnes aptes à assurer la couverture du poste journalier de spécialiste. Ceci s'explique par le fait qu'on doit couvrir les vacances et assurer la relève pour les années futures.
- c) Garder le poste de temps violent centralisé de façon à garder et développer l'expertise.

v) Radars:

- a) S'assurer du bon calibrage des radars et de maintenir un contrôle au cours de l'année.
- b) S'assurer du bon fonctionnement du système d'archivage des données et d'un accès complet à ces archives.
- c) Donner une formation adéquate au personnel opérationnel afin qu'il soit en mesure de bien manipuler le système et interpréter tous les données, incluant les vitesses DOPPLER.
- d) S'assurer de continuer d'obtenir les données brutes des radar de Carp, Britt et Villeroy dans le logiciel RAPID de McGill. Il faut également être sûr d'obtenir les données du radar de lac Castor après sa dopplérisation à l'automne 1998.
- e) Le plan national radar permettra d'ici 2000 de transformer tous les radars existants aux Québec ainsi que la mise en fonction de deux nouveaux radars (La

Morendière et Sept-îles). Il faut être sûr que le traitement de leurs données ainsi que son affichage soit conforme à une utilisation en temps réel et avec toutes les fonctionnalités déjà disponibles sur RAPID.

- f) Essayer de promouvoir la mise en place d'un radar dans le nord-est du Nouveau-Brunswick. Ce dernier couvrirait bien la Baie des Chaleurs où du temps violents est très probable en été et qui serait mal vu par le radar de Sept-Îles.

vi) Techniques de prévision:

- a) Incorporer un logiciel d'analyse correspondant à "GUST" dans STRATUS car il a prouvé son utilité sur RAPID.
- b) Afin d'exploiter le réseau grandissant de stations automatiques, implanter des analyses pour la convergence d'humidité, T et Td dans le futur poste de travail universel.

vii) Visibilité du Service:

Afin que l'expertise d'Environnement Canada soit visible à l'oeil du public, continuer à supporter les ateliers SAM, et encourager les enquêtes d'événements violents importants sur le site.

BIBLIOGRAPHIE

- AITKINS, N.T., R.M. WAKIMOTO 1991: Wet microburst activity over the southeastern United States: implications for forecasting. *Weather and Forecasting*, Vol, 6, 470-482.
- BROOKS H.E., DOSWELL C.A., WICKER L.J., 1992: Stormtip: a forecasting experiment using a three-dimensional cloud model. 4e Atelier SEA/SCMO de Météorologie Opérationnelle, Whistler, C.B.
- BROOKS H.E., C.A. DOSWELL, WILHELMSSEN R.B., 1993: The role of the mid-level mesocyclones in supercell thunderstorms. A être publié.
- BROWNING, K.A., 1968: The organization of severe local storms. *Weather*, 23, (Roy. Met. Soc) 429-434.
- CHISHOLM, A.J. and J.H. RENICK, 1972: The kinematics of multicell and supercell Alberta hailstorms, *Alberta Hail Studies*, Research Council of Alberta Hail Studies Rep. No. 72-2)
- DAVIES-JONES R. P., D. W. Burgess, M. Foster, 1990: Test of helicity as a tornado forecast parameter. 16th Conf. Severe Local Storms (Kananaskis Park, Alberta) AMS.
- DOSWELL C.A., Splitt, M.E., Kay, M., 1992: On storm motion and operational assessment of supercell storm potential using hodographs. 4e Atelier SEA/SCMO de Météorologie Opérationnelle, Whistler, C.B.
- DOSWELL C.A. III, 1985: the operational meteorology of convective weather, Vol II: storm scale analysis, NOAA Technical Memorandum ERL ESG 15.
- HART, J.A. and W.D. KOROTKY, 1991: The SHARP workstation - vl.50. A skew T/ hodograph analysis and research program for the IBM and compatible PC. User's manual. NOAA/NWS Forecast Office, Charleston, WV., 62pp.
- KANE, R.J., 1991: Correlating lightning to severe local storms in the northeastern United States. *Weather and Forecasting*, Vol 6, No.1, 3-12.
- LEMON, L.R., 1977: Severe thunderstorm evolution: its use in a new technique for radar warnings. 10th Conf. on Severe Local Storms, AMS.
- MADDOX, CHAPPEL, HOXIT, 1979: synoptic and meso scale aspects of flash flood events, *Bull. AMS*, Vol. 60, No 2 (February).

- MAROIS, B.P., 1977: Évaluation du programme SHARP dans l'exploitation d'un Bureau de prévisions météorologique, rapport interne, CMQ.
- MILLER, R.C., 1972: Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the air force global weather central, air weather service, Technical Report 200 (Rev.)
- MOLLER, A.R., and C.A. DOSWELL III, 1988: A proposed advanced storm spotters training program. Preprints, 15th conf. severe local storms. A.M.S. 173-177.
- MOORE J.T. and F.H. Glass, 1992: Mesoscale convective systems: initiation and propagation. 4e Atelier SEA/SCMO de Météorologie Operationnelle, Whistler, C.B.
- RASMUSSEN, E.N. and R.B. WILHELMSON, 1983: Relationship between storm characteristics and 1200 GMT hodographs, low level shear and stability. 13th Conf. on Severe Local Storms, AMS.
- ROUX, FRANK, 1991: Les orages: météorologie des grains, de la grêle et des éclairs. Les éditions Payot, 106, bd Saint-Germain, Paris VI^e.
- SIOK, S. et H.P. BIRON, 1992: Wet microbursts. 4e Atelier SCMO/SCMO de Météorologie opérationnelle, Whistler, C.B.
- SIOK, S., H.P. BIRON et A. Bellon, 1994: Miniature supercellular and non-supercellular tornadoes seen on the McGill DOPPLER radar. Soumis comme présentation au 28ième Congrès de la Société Canadienne Météorologique et Oceanographique.
- STEWART, S.R., 1991: The prediction of pulse-type thunderstorm gusts using vertically integrated liquid water content and cloud top penetrative downdraft mechanism. NOAA Tech. Memo. NWS SR-136.
- TURCOTTE, V., S. SIOK et G. DEAUDELIN, 1985: Relationship between between wind shear and hydrostatic energy in summer severe weather. Note technique 85N-002, Région du Québec.
- VICKERS, G.: 1992 Alberta Weather Centre summer severe weather program.
- VAILLANCOURT, P. : 1997 An Operational Analysis of the Severe Thunderstorms of August 4th, 1994. Note technique/Technical Note 97N-001, Région du Québec.
- VIGNEUX, D. et S. SIOK, 1985: Effets d'une circulation directe sur le déclenchement d'orages violents. Note technique Région de

Québec, 85N-001.

WAKIMOTO, R.M. AND J.W. WILSON, 1989: Non supercellular tornadoes. Mon. Wea. Rev. 112, 2479-2489.

ZWACK, P., and B. Okossi, 1986: A new method for solving the quasi-geostrophic omega equation by incorporating surface pressure tendency data. Mon. Wea. Rev., 114, 655-666.

**CAS
CONFIMÉS
DE 1996**

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R A F A L E S	G Ê L E	T R E N D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
21/4/96	MONTREAL	0240	ORMSTOWN HUNTINGDON D-D-O	X	X	X	X	-	Tornade F0-1(Ormstown) 33mm de pluie en 10 minutes, grêle 2cm, vents 83 km/h(Huntingdon)
	MONTREAL	0330	AÉROPORTS DE RICHELIEU ET ST- HUBERT	X	-	-	-	-	Avions reversés par le vent, 26.2 mm de R+ à l'Acadie en 2 heures
	MONTREAL	0330	STE- CHRISTINE FARNHAM	X	-	-	-	-	Toit de maison et hangar arrachés à Ste-Christine
30/4/96	MONTREAL	2000	SAINT- ANICET	X	-	-	-	-	3 gros arbres arrachés, patio 16x12 soulevés, roulottes déplacées, toit endommagé
12/5/96	QUEBEC	1500	ILE D'ORLEANS ILE AUX GRUES	X	-	-	-	-	90 km/h en rafales de 11 à 13 HAE
	RIMOUSKI- MATAPEDIA	1900	ILE BIQUETTE	X	-	-	-	-	90-95 km/h en rafales entre 15 et 18 HAE
	PARC DE LA GASPESIE	1700	CAP-CHAT	X	-	-	-	-	90-110 km/h en rafales entre 13 et 23 HAE
	SEPT-ILES	1700	POINTE DES MONTS	X	-	-	-	-	90-95 km/h entre 13 et 20 HAE
15/5/96	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	0900	BLANC- SABLON	X	-	-	-	-	Rafales synoptiques à 104 km/h.
18/5/96	ABITIBI-	1730	CADILLAC	-	X	-	-	-	Grêle comme grosses billes de 2-3 cm

DATE	RÉGION	HEUR E (TU)	LOCALITÉ	R A F A L E S	G Ê L E S	T R E N D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
	TEMISCAMINGUE		ENTRE ROUIN VAL D'OR						de diamètre, durée 5 à 10 minutes, auto bosselées
20/5/96	LAURENTIDES	0700	SAINT- JOVITE	-	-	-	X	-	41 mm de 06z à 08z sous ligne d'orages intenses.
	MONTREAL	0730	LONGUEUIL FRELIGHSBUR G	X	-	-	-	-	Rafales 36 noeuds à Frelighsburg/Ste- Clothilde(0753z). arbres déracinés rive-sud
04/6/96	MONTREAL	2110	FRANKLIN	-	-	-	X	-	Surplomb, "gusts" à 100 km/h, 30 à 50.8 mm sous cellule selon agro-météo.
05/6/96	QUEBEC	1750	NOTRE-DAME DU ROSAIRE	-	-	-	X	-	28.7 mm selon agro-météo, surplomb, 55 dBZ jusqu'à 7 km.
	ESTRIE- BEAUCE	1800	ABENAKIS PRES DE STE- MALACHIE	-	X	-	-	-	Grêle de 2 cm, arbres pliés, panne électrique, heure approximative
	ESTRIE- BEAUCE	1810	SHERBROOKE LENNOXVILLE	-	-	-	X	-	Grêle de 1 cm de diamètre, 15-20 mm de pluie (radar), accumulation d'eau dans les pentes.
09/6/96	MONTREAL	0400	SAINTE- ANNE-DE- BELLEVUE	-	-	-	X	-	30 mm de 04z à 05z.
11/6/96	RESERVOIR S CABONGA- GOUIN	2100	PARENT	-	-	-	X	-	39 mm selon forêt-météo quelque part de 21z à 23z.
	RESERVOIR S CABONGA- GOUIN	2100	LU-NIC	-	-	-	X	-	25.4 mm sous orages de 21z à 22z.
	PONTIAC-	2000	LA PECHE	-	-	-	X	-	38.9 mm vers 20z sous ligne d'orages.

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R	G	T	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
				A	Ê	O			
				F	L	R			
				A	L	R			
				L	E	E			
				S					
	GATINEAU ET LIEVRE								
	LAURENTIDES	2220	PRES DE SAINT-ZENON	-	-	-	X	-	118 mm selon forêt-météo sous orage se déplaçant lentement (22z à 02z).
	MONTREAL	1845	FRANKLIN	-	-	-	X	-	129 mm(agro-météo) sous deux orages avec surplomb et méso (1845z et 21z)
	PARC DES LAURENTIDES	2300	PIKAUBA	-	-	-	X	-	Ligne d'orages descendant lentement du nord: 25.2 mm.
12/6/96	ESTRIE-BEAUCE	2000	BROMPTONVILLE LESHERBROOKE	-	-	-	X	-	30 mm(Lennoxville), 50 à 75 mm et sous-sols inondés(ouest ville Sherbrooke)
13/6/96	ABITIBI-TEMISCAMINGUE	2000	VILLE-MARIE	-	-	-	X	-	25 mm vers 20-21z.
	ESTRIE-BEAUCE	1530	SAINT-ELZEAR-DE-BEAUCE	-	-	-	X	-	Inondations de 30 maisons et rues, 3 ponceaux emportés sous orage. (50 mm)
13/6/96	ESTRIE-BEAUCE	1700	THETFORD-MINES	-	-	-	X	-	25 mm.
	LA MALBAIE-RIVIERE DU LOUP	1900	CABANO	-	-	-	X	-	Inondations de sous-sols, grêle de 1 à 2 cm de diamètre.
30/6/96	MONTREAL	1300	L'EPIPHANIE	-	-	-	X	-	49.7 mm en quelques heures
	MONTREAL	1600	L'ASSOMPTION	-	-	-	-	X	Observateur rapporte 40mm en 2 heures avec une série de TCU sur radar
	PARC DE LA GASPESIE	2100	MONT ALBERT	X	-	-	-	-	Arbres déracinés et dommages aux résidents d'un camping - WSG rapporte rafels de 46 noeuds

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R A F A L E S	G Ê L E S	T O R N E D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
	WASKAGANI SH-MATAGAMI	2045	MATAGAMI (AÉROPORT)	X	-	-	-	-	Rafales à 55 noeuds enregistrées par la station AWOS
	WASKAGANI SH-MATAGAMI	2045	JOUDEL	X	-	-	-	-	Vents de plus de 80kmh rapportés, arbres déracinés et bardeaux de couvertures arrachés
03/7/96	ESTRIE-BEAUCE	1900	SHERBROOKE	-	-	-	X	-	40mm en 45 à 60 minutes, le centre-ville est inondé.
	ESTRIE-BEAUCE	1845	MAGOG	-	-	-	X	-	35 mm entre 1845 et 1930z
	ESTRIE-BEAUCE	2100	ST-ELZEAR DE BEAUCE	-	-	-	X	-	40 à 50 mm entre 21 et 23z
08/7/96	ESTRIE-BEAUCE	1320	ST-MALACHI	-	X	-	-	-	Grêlons de 2,5 cm
	LAC ST-JEAN	1800	LAC BOUCHETTE	-	-	-	X	-	40 à 50mm en 1 heure
09/7/96	QUEBEC	1809	STE-FOY QUEBEC STE-BRIGITTE	X	X	-	-	-	Grêlons de 1.5 à 2.0cm, rafales +90km/h(Ste-Brigitte-de-Laval), micro-rafale humide.
11/7/96	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	1845	ST-STANISLAS	-	-	X	-	-	Tornade F1 de St-Stanislas
	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	2000	ST-PROSPER	-	X	-	-	-	Grêlons de 2.5 cm
14/7/96	ABITIBI-TEMISCAMI	2250	ROUYN	-	-	-	-	X	55 mm

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R	G	T	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
	NGUE								
15/7/96	LAURENTIDES	2100	ARUNDEL	-	-	-	X	-	54 mm
	MONTREAL	1730	ELGIN	-	-	X	-	-	Tornade F2
	MONTREAL	2000	SAINTE-PIE FARHAM	-	-	-	-	X	Entre 50 mm (Farham) et 73 mm (Sainte-Pie) en quelques heures.
19/7/96	PONTIAC-GATINEAU ET LIEVRE	1300	GATINEAU	-	-	-	-	X	2 pouces en 2 heures (50 mm)
	LAURENTIDES	1809	ST-JOVITE	-	-	-	-	X	57.5 mm jusqu'à 1800z
	LAURENTIDES	2100	ARUNDEL	-	-	-	-	X	80 mm jusqu'à 2100z
	QUEBEC	1800	QUEBEC (STE-FOY)	-	-	-	-	X	82 mm
20/7/96	LAURENTIDES	0000	MONT-TREMBLANT	X	-	-	-	-	Arbres cassés par vents violents (derrière forte circulation du nord-ouest)
	LAC ST-JEAN	1400	ROBERVAL	-	-	-	-	X	74 mm
	SAGUENAY	1400	BAGOTVILLE	-	-	-	-	X	129 mm en 24 heures et plus de 250 mm en 48 heures
	PARC DES LAURENTIDES	1400	L'ÉTAPE	-	-	-	-	X	110 mm
	LA MALBAIE-RIVIERE DU LOUP	1400	RIVIERE-DU-LOUP	-	-	-	-	X	93 mm
	RIMOUSKI-	1400	MONT-JOLI	-	-	-	-	X	74 mm

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R	G	T	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
	MATAPEDIA								
	BAIE COMEAU	1400	BAIE-COMEAU	-	-	-	-	X	92 mm
	SEPT-ILES	1400	SEPT-ILES PTE-DES-MONTS	-	-	-	-	X	56 mm(Pointe-des-Monts) à 91 mm(Sept-Îles).
23/7/96	MONTREAL	1826	HEMMINGFORD	-	-	-	X	-	40 mm en 1 heure
	MONTREAL	1910	ST-CONSTANT LONGUEUIL	X	X	-	-	-	Grêlons de grosseur de 2 cm(Longueuil) à balle de golf et downburst(St-Constant)
24/7/96	ESTRIE-BEAUCE	0130	ST-ELZEAR-DE-BEAUCE	-	X	-	-	-	Grêlons de 2,5 cm
25/7/96	MONTREAL	2000	EST DE MONTREAL	-	-	-	X	-	25 mm en 1 heure; accumulation d'eau dans le tunnel Papineau selon Roger Laroche
	SAGUENAY	2145	10 KM à L'OUEST DE BAGOTVILLE	-	X	-	-	-	Grêlons la grosseur de balle de golf et vents forts. Petits grêlons à Chicoutimi
31/7/96	PONTIAC-GATINEAU ET LIEVRE	2000	10KM W à 10 KM AU SUD-EST D'OTTAWA	-	X	-	X	-	Grêle de grosseur de balle de golf, 50mm de pluie, surplomb, mesocyclone, 1/4TRW+A+F G18
01/8/96	MONTREAL	1500	STE-CLOTHILDE HEMMINGFORD	-	-	-	X	-	41mm à Ste-Clothilde(14-16z) et 60mm à Hemmingford(15 à 17z)
02/8/96	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	0900	NICOLET	-	-	-	X	-	Entre 07 et 10z 60 mm
05/8/96	QUEBEC	1800	COTE DE	-	-	-	X	-	17-19z:30-40 mm à Chateau-Richer,

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R A F A L E S	G Ê L E	T R E N D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
			BEAUPRE LAC BEAUPORT						Charlesbourg, Ste-Brigitte-de-Laval, Lac Beauport
08/8/96	LAURENTIDES	2050	SAINT- JACQUES	-	-	X	-	-	Tornade observée dans un champs de maïs (F0)
09/8/96	ESTRIE- BEAUCE	0400	LA PATRIE	-	-	-	-	X	Rapport de pluviomètre de 149 mm, routes emportées
15/8/96	PONTIAC- GATINEAU ET LIEVRE	1900	NOTRE-DAME- DE-LA-PAIX	X	-	-	-	-	Grange projetée au sol
16/8/96	PONTIAC- GATINEAU ET LIEVRE	0030	ST-PIERRE DE WAKEFIELD	-	X	-	-	-	Grêle de grosseur de billes, 1cm de grêle recouvre le sol, arbres déracinés
25/8/96	ABITIBI- TEMISCAMI NGUE	1251	VAL D'OR	-	X	-	-	-	
	ESTRIE- BEAUCE	2200	SAINT-ANNE- DU-PORTAGE	X	-	-	X	-	Arbres deracinés, maison endommagé, fils électrique tombées, 30 à 40 mm d'eau/h
	ESTRIE- BEAUCE	2355	SAINT BERNARD	X	-	X	X	-	Tornade F1, station service et grange démolies, arbres coupés le long d'un corridor
	LA MALBAIE- RIVIERE DU LOUP	2025	LA MALBAIE	-	X	-	-	-	Grêle de diamètre de 2.5 cm (1 pouce)
12/9/96	ABITIBI- TEMISCAMI NGUE	0600	RAPIDE-SEPT	-	-	-	-	X	51,2 mm d'eau en 24 heures
	PONTIAC-	0600	NOTRE-DAME-	-	-	-	-	X	Respectivement: 53,4 mm et 58,0 mm

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITÉ	R A F A L E S	G Ê L E S	T R E N D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABOND.	COMMENTAIRES
	GATINEAU ET LIEVRE		DE-LA-PAIX ANGERS						d'eau en 24 heures
14/9/96	QUEBEC	1000	MONTMAGNY	-	-	-	-	X	69,2 mm d'eau en 24 heures
	LAC ST- JEAN	2200	NORMANDIN ROBERVAL	-	-	-	-	X	Respectivement: 51,6 et 70,2 mm d'eau en 24 heures
	SAGUENAY	2300	TOUTE LA REGION	-	-	-	-	X	24hres: 48,9 mm(Bagotville), 72(Jonquière), 60,8 mm(les Escoumins), 75(Sacré-Coeur)
	PARC DES LAURENTID ES	2000	PIKAUBA (STATION FORESTIERE)	-	-	-	-	X	50,4 mm d'eau en 24 heures
	LA MALBAIE- RIVIERE DU LOUP	0600	TOUTE LA REGION	-	-	-	-	X	24hres: 50mm(Rivière-du-Loup), 102,4(La Pocatière), 116(Ste-Perpétue), 90,8mm(Notre-Dame-des-Monts)
03/10/9 6	PONTIAC- GATINEAU ET LIEVRE	0020	GRAND- REMOUS	X	-	-	-	-	2 arbres tombes, fils électrique cassés, vents estimés 100 km/h, visibilité zéro
03/10/9 6	LAURENTID ES	0215	VAL-DAVID	X	-	-	-	-	Arbres tombés, panne électrique

**CAS
CONFIRMÉS
DE 1997**

DATE	RÉGION	HEUR E (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUI E ABON - DANT E	COMMENTAIRES
01/5/ 97	TROIS- RIVIERES- DRUMMONDVILLE	2100	HEROUXVILLE CHARETTE	-	-	-	X	-	Deux séries d'orages ont donné respectivement 35.6mm et 26.8 mm entre 21Z et 00Z
03/5/ 97	PONTIAC- GATINEAU ET LIEVRE	1500	MANIWAKI MONT-LAURIER	-	-	-	-	X	24 mm en période de dégel à Maniwaki. Inondation à Mont-Laurier/Ferme-Neuve.
11/5/ 97	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	0500	BLANC-SABLON	X	-	-	-	-	Situation synoptique: vents du nord-est jusqu'à 100 km/h de 05Z à 08Z
14/5/ 97	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	0900	MINGANIE ET NATASHQUAN	-	-	-	-	X	Respectivement: 54 mm et 57 mm de 09Z/14 à 09Z/15.
16/5/ 97	LA MALBAIE- RIVIERE DU LOUP	1000	LA POCATIERE	-	-	-	-	X	Synoptique: 51.1 mm de 10Z le 16 à 06Z le 17.
	RIMOUSKI- MATAPEDIA	2000	ILE BIQUETTE	X	-	-	-	-	Vents synoptiques de 90 à 100 km/h de 20Z à 22Z
	PARC DE LA GASPESIE	2100	CAP MADELEINE	X	-	-	-	-	Vents synoptiques de 90 km/h à 21Z
	GASPE-PARC FORILLON	1400	GASPE	-	-	-	-	X	Synoptique: 74.4 mm donnant des inondations de sous- sols(Rivière-au-Renard)
	BAIE COMEAU	1000	BAIE COMEAU	-	-	-	-	X	Synoptique: en période de dégel, 33.4 mm de 10Z le 16 à 06Z le 17.
	SEPT-ILES	2300	SEPT-ILES, POINTE-DES- MONTS	X	-	-	-	-	Vents synoptiques de 90 à 104 km/h, toits envolés,\$100,000 de dommages à l'aluminerie
	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	1700	LONGUE POINTE DE MINGAN	-	-	-	-	X	Synoptique: 33.6 mm de 17Z le 16 à 06Z le 17 en période de dégel.
	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	2100	ANTICOSTI	X	-	-	-	-	Vents synoptiques de 90 à 98 km/h de 21Z à 00Z

DATE	RÉGION	HEUR E (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUI E ABON - DANT E	COMMENTAIRES
	BAIE DES CHALEURS	1200	NEW-CARLISLE	-	-	-	-	X	Synoptique en période de dégel: 31.3 mm de 12Z le 16 à 00Z le 17.
17/5/ 97	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	0043	NATASHQUAN	X	-	-	-	-	Vents synoptiques de 95 km/h de 0043Z à 01Z
22/5/ 97	BASSE COTE- NORD- ANTICOSTI	1400	BLANC SABLON	X	-	-	-	-	Rafales à 95 km/h à 14Z, vents de 80 à 89 km/h de 12Z à 16Z.
25/5/ 97	GASPE-PARC FORILLON	2000	GASPE	-	-	-	-	X	Système synoptique: 42 mm de 20Z/25 à 12Z/26, total de 50 mm à 18Z/26
	BAIE DES CHALEURS	1200	NEW CARLISLE	-	-	-	-	X	Système synoptique: 44.1 mm de 12Z/25 à 12Z/26 et 50.2 mm total à 18Z/26
26/5/ 97	MONTREAL	0015	SECTEUR EST VILLE DE MONTREAL	-	X	-	-	-	Grêle de grosseur de 1 à 2 cm de diamètre
	MONTREAL	0044	CANDIAC	-	X	-	-	-	Grêle de grosseur de 1 à 2 cm, contenu liquide de 14 kg/m2, petit CB intense
12/6/ 97	PONTIAC- GATINEAU ET LIEVRE	2100	NOTAWISSI	-	-	-	X	-	42 mm de 21Z à 22Z.
	LAURENTIDES	2200	BREBEUF	-	X	-	-	-	Grêle de grosseur de billes.
	MONTREAL	0830	SAINTE- BEATRIX	-	X	-	X	-	Grêle de diametre=2.6cm, corridor=1km large x plusieurs long, 30-50 mm de pluie.
	TROIS- RIVIERES- DRUMMONDVILLE	0930	MASKINONGE	-	X	-	X	-	Champs couverts de grêle (sortie 160, autoroute 40), champs inondés.
13/6/ 97	MONTREAL	1930	ORMSTOWN	X	-	-	-	-	Surplomb de 1830Z à 1935Z de St-anicet à l'acadie, bris d'arbres à orstown.

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUI E ABON - DANT E	COMMENTAIRES
	MONTREAL	2000	NAPIERVILLE	X	-	-	-	-	Surplomb de 1830 à 1935Z, arbres brisés.
21/6/97	MONTREAL	2000	SAINT-TELESPHORE	X	-	-	X	-	Arbres cassés, pertes d'électricité, inondation de sous-sols, tornade(Cumberland, Ont.)
	MONTREAL	2110	SAINT-REMI DE NAPIERVILLE	X	-	-	-	-	50 arbres arrachés, 4 poteaux téléphoniques, toiture plate emportée aux 3/4.
22/6/97	LAURENTIDES	2000	MONT-TREMBLANT	X	-	-	-	-	Grosseur de grêle inconnue
	MONTREAL	0000	DORVAL	-	-	-	-	X	56 mm de 00Z à 06Z.
22/6/97	ESTRIE-BEAUCE	1955	SAINT-MALACHI	X	-	-	-	-	Selon observateur volontaire: visibilité nulle, pluie forte, arbres endommagés.
25/6/97	MONTREAL	2025	POINTE-FORTUNE à CARILLON	-	-	X	-	-	F1 au Parc Voyageur(Ont.), F0 au Québec, toit pelé, entonnoir vu, +100 arbres cassés
26/6/97	MONTREAL	2325	LAVAL MONTREAL STE-MARTINE	-	X	-	-	-	Grêle de diamètre de 0.5 à 2.0 cm, vents de 80-85 km/h déplaçant objets lourds
	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	2210	STE-SOPHIE-LEVRARD ST-NARCISSE	X	X	-	X	-	27mm de pluie(St-Narcisse),grêle grosseur ping-pong(Ste-Sophie), 90km/h (Nicolet)
26/6/97	ESTRIE-BEAUCE	2230	BERNIERVILLE ST-DANIEL	X	-	-	-	-	1 arbres arrachés à Bernierville, 5 arbres cassés à Saint-Daniel
	ESTRIE-BEAUCE	2300	ST-FREDERIC ST-LUDGER	X	X	-	-	-	23Z-01Z:23 mm de pluie(St-ludger),ponceaux emportés(St-frederic) par pluie.
29/6/	LAC ST-JEAN	2340	MISTASSINI	-	-	-	X	-	cellule venant de

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABONDANTE	COMMENTAIRES
97			(FORET-MÉTÉO)						Chibougamau donnant 47.8 mm
02/7/97	GASPE-PARC FORILLON	1715	AÉROPORT DE GASPE	-	-	-	X	-	27 mm de pluie en une heure, grêle de 7 mm de diamètre
03/7/97	MONTREAL	1230	UNIVERSITE McGill, MONTREAL	-	-	-	X	-	32.4mm de 1230Z à 14Z
	MONTREAL	1230	MONTREAL CÔTEAU-DU-LAC	-	-	-	-	X	pluie 12Z à 12Z/4:65mm(Montréal), 45 mm(Côteau-du-Lac), 67.9 mm(Ste-Anne-Bellevue)
	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	1600	VILLEROY	-	-	-	X	-	36 mm entre 16Z et 18Z sous orage
	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	1600	LAC-AUX-SABLES à ST-WINCESLAS	-	-	-	-	X	Entre 06Z et 06Z/4 (avec max après 16Z): 41.2 mm(Lac-au-Sable) à 58.8 mm(Villeroiy)
	QUEBEC	1700	QUEBEC ILE D'ORLEANS RIVE SUD	-	-	-	-	X	Lignes d'orages (08Z/3 à 06Z/4 avec max. après 17Z):40mm (Québec) à 65 mm(Île d'Orléans)
04/7/97	RIMOUSKI-MATAPEDIA	1700	L'ASCENSION-DE-PATAPEDIA	-	-	X	-	-	F1:1 grange soulevé, 1 grange endommagée, vortex multiples, rapport B.Beaulieu
13/7/97	PONTIAC-GATINEAU ET LIEVRE	0900	MONT-LAURIER	-	-	-	X	-	38 mm de pluie sous orage
	TROIS-RIVIERES-DRUMMONDVILLE	1100	VILLEROY	-	-	-	X	-	30 mm de 11 à 13Z et 41.7 mm de 10Z à 13Z
	ABITIBI-TEMISCAMINGUE	1200	VAL D'OR MATCHI-MANITOU	-	-	-	-	X	12Z à 22Z : 53 mm à val d'or et 87.6 mm à Matchi-Manitou
	LAURENTIDES	2200	ST-JOVITE	-	-	-	-	X	De 22Z à 06Z:

DATE	RÉGION	HEURE (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUIE ABONDANTE	COMMENTAIRES
			ARUNDEL						respectivement 83 et 101.8 mm
	SEPT-ILES	0230	CLARK (OUEST DE SEPT-ILES)	-	X	-	-	-	
15/7/97	ABITIBI-TEMISCAMINGUE	2000	ROQUEMAURE	-	-	-	X	-	42 mm de 20Z à 2030Z
	MONTREAL	0000	LACHUTE MARIEVILLE ST-HUBERT	-	-	-	-	X	00Z à 08Z: 64.5mm(Lachute),93mm(Marieville),94mm(St-hubert)
	ESTRIE-BEAUCE	0300	ABERCORN SUTTON FRELIGHSBURG	-	-	-	-	X	130,77.4 et 62.6 mm de 08Z à 11Z, chemins lavés, sous-sols inondés.
16/7/97	ABITIBI-TEMISCAMINGUE	1900	BARRAGE ANGLIERS	-	-	-	X	-	42.6 mm de 19Z à 23Z
17/7/97	LAC ST-JEAN	1930	ROBERVAL	-	-	-	X	-	36 mm en 1 heure, grêle de 1 cm de diamètre, rafales à 45 noeuds
	LAC ST-JEAN	2100	ST-GEDEON ST-HENRI-DE- TAILLON	X	-	-	-	-	Respectivement: rafales à 56 noeuds et 75 noeuds
	LA TUQUE	1830	AU NORD DE LA TUQUE	-	X	-	-	-	Bris de pare-brises de voitures par la grêle entre 1830-2130Z
18/7/97	LAC ST-JEAN	1400	SAINT-GEDEON	X	-	-	-	-	Rafale à 91 km/h
26/7/97	ABITIBI-TEMISCAMINGUE	1900	GEANT-DORMANT	-	-	-	X	-	58mm de 19 à 20Z
27/7/97	LA MALBAIE-RIVIERE DU LOUP	1800	N-D-DU-LAC VILLE DEGELIS	-	-	-	X	-	Respectivement: 70mm et 30.2 mm de 18Z à 19Z. quelques sous-sols inondés.
	WASKAGANISH-MATAGAMI	0830	DESMARAVISVILLE	-	-	-	X	-	33mm de 0830 à 0930Z
	WASKAGANISH-MATAGAMI	2200	MAICASAGI	-	-	-	X	-	29.4 mm (22-23Z), fort taux de coups de foudre, sommets très froid et circulaires
28/7/	ABITIBI-	0141	ROUYN	X	-	-	-	-	Rafales à 83 km/h à

DATE	RÉGION	HEUR E (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUI E ABON - DANT E	COMMENTAIRES
97	TEMISCAMINGUE								l'aéroport, arbres renversés dans un parc(downburst)
28/7/ 97	MONTREAL	1845	MERCIER	-	-	X	-	-	Entonnoir vu touchant le sol dans un champs puis se dissipant (F0), méso-radar.
	TROIS- RIVIERES- DRUMMONDVILLE	1530	CHAMPLAIN	-	-	-	X	-	29mm de pluie entre 1530-1630Z
	QUEBEC	1620	ST-NICOLAS	-	X	-	X	-	Grêle (grosseur de raisins à balles de golf) et 25.2mm de pluie
	QUEBEC	1620	ST-REDEMPTEUR	-	-	-	X	-	24mm entre 1620 et 1700Z
	QUEBEC	1700	ST-GERVAIS	-	X	-	-	-	Diamètre de la grêle 3/4 po.
	QUEBEC	1900	PONT-ROUGE	X	-	-	-	-	Arbres décapités
	SAGUENAY	0440	ONATCHIWAY	-	-	-	X	-	26.4mm
CHIBOUGAMAU	0100	LINNE	-	-	-	X	-	29.4 mm de 01Z à 02Z	
29/7/ 97	SAGUENAY	1930	SAGARD	-	-	-	X	-	28.4 mm de 1930Z à 2030Z
31/7/ 97	TROIS- RIVIERES- DRUMMONDVILLE	1957	TROIS- RIVIERES	X	-	-	X	-	Arbres déracinés, lampadaires renversés, inondations de tunnels et au Grand-Prix
02/8/ 97	MONTREAL	2200	FRANKLIN	-	-	-	X	-	39.6 mm (22Z à 23Z) sous un orage qui s'est déplacé de Rigaud à Franklin
02/8/ 97	ESTRIE-BEAUCE	2300	DUNHAM	-	-	-	X	-	68.4 mm sous un orage passant de l'île Perrot à Dunham
	GASPE-PARC FORILLON	1730	FONTENELLE	-	-	-	X	-	35 mm de 1730Z à 19Z et 40 mm de 1730Z à 21Z, averse dans fond de la baie de Gaspé
10/8/ 97	RESERVOIRS CABONGA-GOUIN	2100	NOTAWISSI	-	-	-	X	-	41mm de 21Z à 23Z

DATE	RÉGION	HEUR E (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUI E ABON - DANT E	COMMENTAIRES
	CHIBOUGAMAU	2100	LINNE	-	-	-	X	-	103 mm sous orages à déplacement lent vers 21Z
	MANICOUAGAN- SECTEUR DE GAGNON	2200	MANOUANE	-	-	-	X	-	43 mm sous orage 22Z à 00Z
15/8/ 97	ABITIBI- TEMISCAMINGUE	1900	ANGLIERS VAL D'OR RAPIDE-SEPT	-	-	-	-	X	Respectivement: 52.8, 46 et 59.3 mm de 19Z à 06Z
16/8/ 97	MONTREAL	0700	STE-ANNE-DE BELLEVUE ST-HUBERT	-	-	-	X	-	De 07 à 08Z: 25.2 et 28 mm donnant un total de 40 à 47 mm de 01Z à 12Z.
16/8/ 97	MONTREAL	0800	ACTON VALE	-	-	-	X	-	40 mm de pluie de 06Z à 12Z dont 30 mm sous orage de 08Z à 09Z.
	ESTRIE-BEAUCE	0900	DISRAELI THETFORD- MINES	-	-	-	X	-	43.2 et 30 mm pluie surtout sous un orage de 09Z à 10Z
21/8/ 97	TROIS- RIVIERES- DRUMMONDVILLE	2000	LYSTER FORTIERVILLE	-	-	-	-	X	20Z/21 à 10Z/22: 75.8 et 47.2 mm. Pluie abondante sur l'est de la région.
	QUEBEC	2000	QUEBEC RIVE-SUD ILE D'ORLEANS	-	-	-	-	X	20Z/21-15Z/22: 52mm(Valcartier), 67mm (Ste-foy), 73.2(St-Flavien), 82(île d'Orléans), 98mm(St-Michel)
	ESTRIE-BEAUCE	2000	TOUTE LA REGION	-	-	-	-	X	20Z/21 a12Z/22: Lennoxville(76mm), Thetford-Mines(87mm), Coaticook(64mm), Danville(47mm)
	LA MALBAIE- RIVIERE DU LOUP	2200	BAIE ST-PAUL N-D DES MONTS	-	-	-	-	X	22Z/21-22Z/22:85.6 et 53 mm. 47mm(Rivière-du-Loup), 89mm(Montmagny)
22/8/ 97	ESTRIE-BEAUCE	2245	RICHMOND MELBOURNE	-	X	-	-	-	Accumulation de grêle: 15-30 cm, ligne d'orages balayant la

DATE	RÉGION	HEUR E (TU)	LOCALITE	R A F A L E	G R E L E	T O R N A D E	PLUIE SOUDAIN E	PLUI E ABON - DANT E	COMMENTAIRES
									région(surplomb, «gust» >90km/h)
22/8/ 97	SAGUENAY	0200	SAGUARD	-	-	-	-	X	56 mm de 02Z à 18Z
	BAIE COMEAU	0400	ESCOUMINS LES ETANGS RAGUENAU	-	-	-	-	X	Respectivement de 04Z/22 à 04Z/23: 41mm,60.6mm et 40.2mm. Forestville(41.4mm), Baie- Comeau(35mm)
25/8/ 97	MONTREAL	2150	SAINT-COME STE-BEATRIX	-	-	-	X	-	30.6 mm de 2150Z à 2250Z(St-come), grêle de 1/4 po. de diamètre (Ste- Béatrix)
27/8/ 97	ABITIBI- TEMISCAMINGUE	1900	MATCHI- MANITOU	-	-	-	X	-	67,1 mm de pluie sous orages 19Z à 20Z
29/8/ 97	ESTRIE-BEAUCE	2100	SAINT-LUDGER	-	-	-	X	-	34.4 mm de 21Z à 23Z sous orages
12/9/ 97	ABITIBI- TEMISCAMINGUE	0000	BARRAGE ANGLIER WRC	-	-	-	-	X	Entre 00Z le 11 et 00Z le 12 50.6 mm
	ABITIBI- TEMISCAMINGUE	1200	DUMOINE (FORET-METEO 211)	-	-	-	-	X	Données de forêt-météo 24.2mm du 10 au 11 (12-12Z) et 46.4mm 11 au 12 (12-12Z)
	ABITIBI- TEMISCAMINGUE	1800	BARRAGE TEMISCAMINGUE WBA	-	-	-	-	X	Le 12 entre 06Z et 18Z 58.0 mm
29/9/ 97	MONTREAL	2300	STE-ANNE-DE- BELLEVUE	-	-	-	-	X	Ste-Anne-de-Bellevue : 51.7 mm entre 10Z le 29 et 01Z le 30

***PLUIES DILUVIENNES LE LONG
DU FLEUVE ST-LAURENT***

DU 18 AU 21 JUILLET 1996

**EXTRAITS DE L'ÉTUDE
POST MORTEM**

JUIN 1997



*Environnement
Canada*

*Environment
Canada*

1. **Préambule**

La période du 18 au 21 juillet 1996 restera gravée longtemps dans la mémoire des gens au Québec et même partout dans le monde. Les régions du Saguenay, de Charlevoix et de la Haute Côte-Nord ont été sévèrement touchées par des inondations majeures causées par des pluies diluviennes. Le bilan de cette tempête fut très lourd pour le pays puisque dix (10) personnes ont perdu la vie. De plus, l'estimation des pertes matérielles s'élève à près de 700 M\$ sans compter les pertes économiques reliées à la fermeture temporaire des usines, aux pertes d'emploi et aux impacts d'un tel sinistre sur l'économie et le tourisme dans ces régions.

Une tragédie comme celle survenue au Québec nécessite une analyse exhaustive et approfondie de la situation météorologique tant du point de vue scientifique, opérationnel, technique que sur la livraison des services. Ainsi la Direction de l'environnement atmosphérique (DEA) a procédé à l'examen des principales composantes des services météorologiques, soit la performance des réseaux d'acquisition de données, la perspective climatologique de l'événement, les services météorologiques rendus, la performance des modèles atmosphériques, les outils de télédétection et enfin à des tournées d'information et de consultation des médias et des principaux intervenants. Cette analyse nous a permis de dégager des constats qui serviront à formuler des recommandations visant à améliorer l'ensemble du service.

Nous tenons à signaler que le présent rapport traite strictement de l'aspect météorologique de l'événement. Une étude traitant des impacts environnementaux associés aux inondations du Saguenay a été rendue publique le 12 décembre 1996 à La Baie (*Appréciation sommaire des effets environnementaux des inondations de juillet 1996 au Saguenay*, Pigamon pour Environnement Canada, 73 p.).

Les informations contenues dans le présent rapport ont été obtenues par le biais de rencontres, de consultations et d'échanges lors d'un atelier qui réunissait les experts scientifiques des principales composantes du Programme de l'environnement atmosphérique. Les discussions, les échanges et les nombreux documents déposés ont grandement contribué à l'élaboration de ce rapport.

2. Description de l'événement : les pluies diluviennes

2.1. Situation météorologique

La situation météorologique synoptique observée du 18 au 21 juillet 1996 est peu commune en pleine période estivale sur l'est du Canada. L'intensification explosive du système sur le sud du Québec puis sur l'État du Maine est typique du développement d'une tempête hivernale. Les principales caractéristiques et les traits thermodynamiques de cette dépression étaient :

- la trajectoire de la dépression a balayé le sud du Québec;
- l'intensification marquée de la tempête sur nos régions de prévisions;
- la décélération importante de la dépression sur l'État du Maine;
- la stagnation des zones de précipitations sur le centre et l'est du Québec;
- le contraste thermique qui n'était pas particulièrement intense au départ s'intensifie sur le Québec;
- l'humidité disponible importante;
- la libération de chaleur latente a été le principal moteur au développement;
- l'activité orageuse imbriquée et l'orographie ont été les composantes principales de la variabilité spatiale des hauteurs de pluie enregistrées.

Tous ces facteurs démontrent la complexité du système météorologique en présence qui est fort inhabituel en été et les difficultés prévisionnelles qui peuvent en découler. La tempête a laissé sur une période de 48 heures des hauteurs de pluie records en maints endroits. Un premier axe de précipitations s'étend des Laurentides vers la Basse Côte-Nord. C'est ce secteur très montagneux qui a été le plus sévèrement touché avec ses trois coeurs de précipitations de plus de 150 mm: deux de chaque côté du Saguenay et un au nord de Baie Comeau. Des axes secondaires de précipitations de moindre intensité sont également observables en Abitibi et dans l'Estrie.

Afin d'illustrer plus concrètement l'ampleur de ce système et de ses conséquences météorologiques, les cartes suivantes ont été incluses :

- la trajectoire de la dépression (figure 1),
- l'étendue de l'enveloppe nuageuse le 20 juillet 1996 (figure 2),
- distribution spatiale des hauteurs de pluie observées du 18 au 21 juillet 1996 (figure 3).

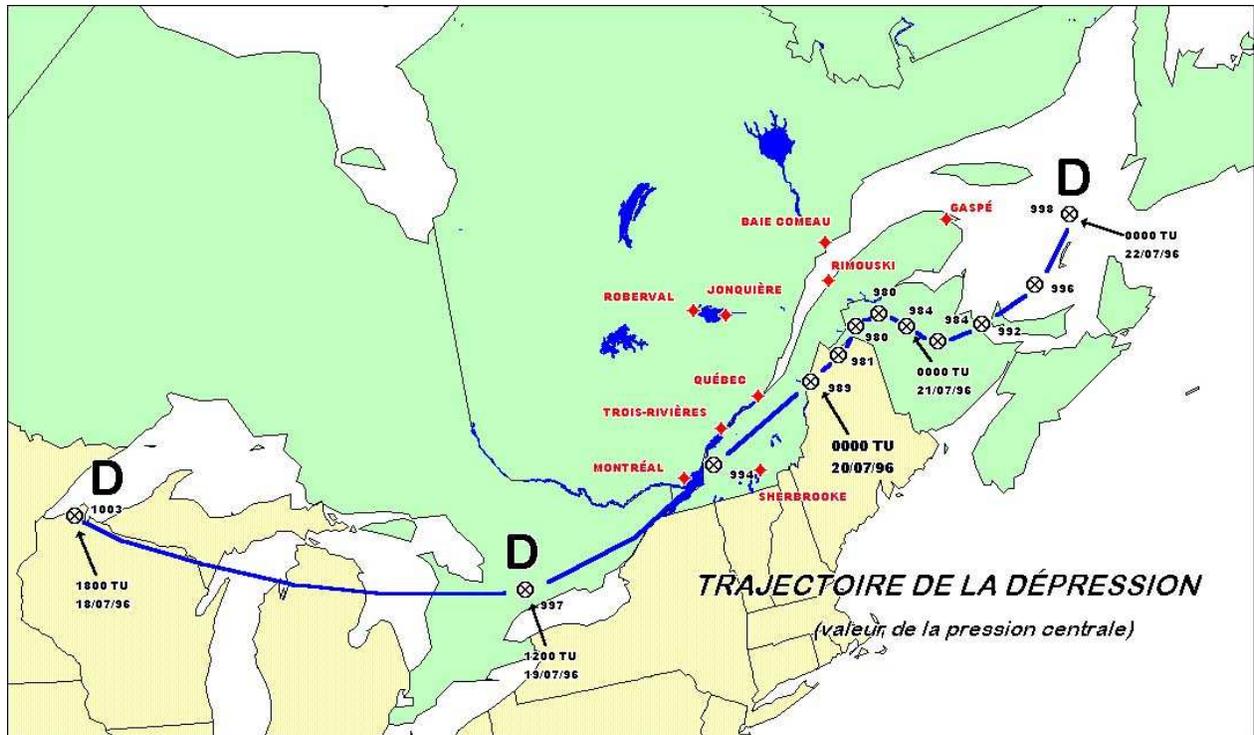


Figure no 1 - Trajectoire de la dépression

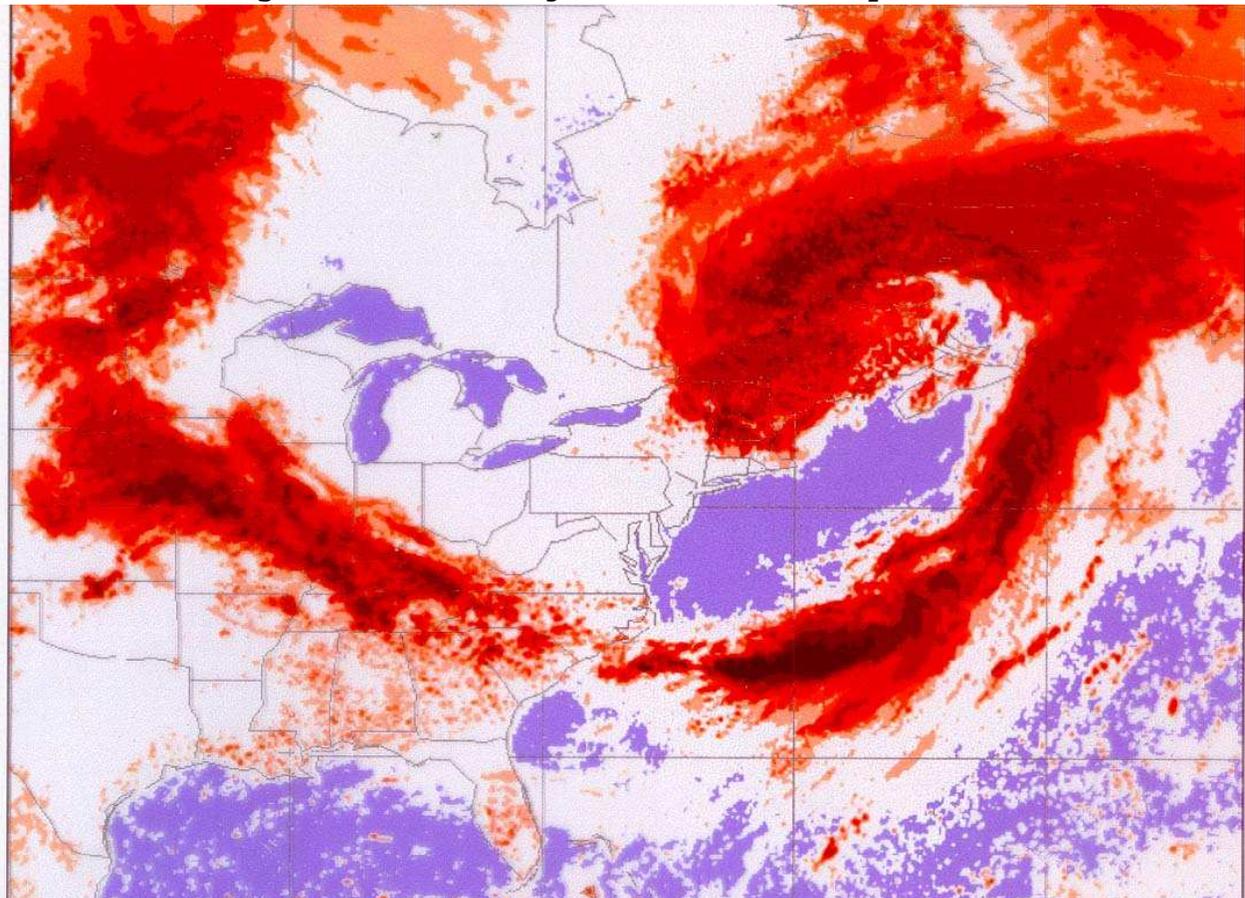


Figure no 2 - Étendue de l'enveloppe nuageuse le 20 juillet 1996

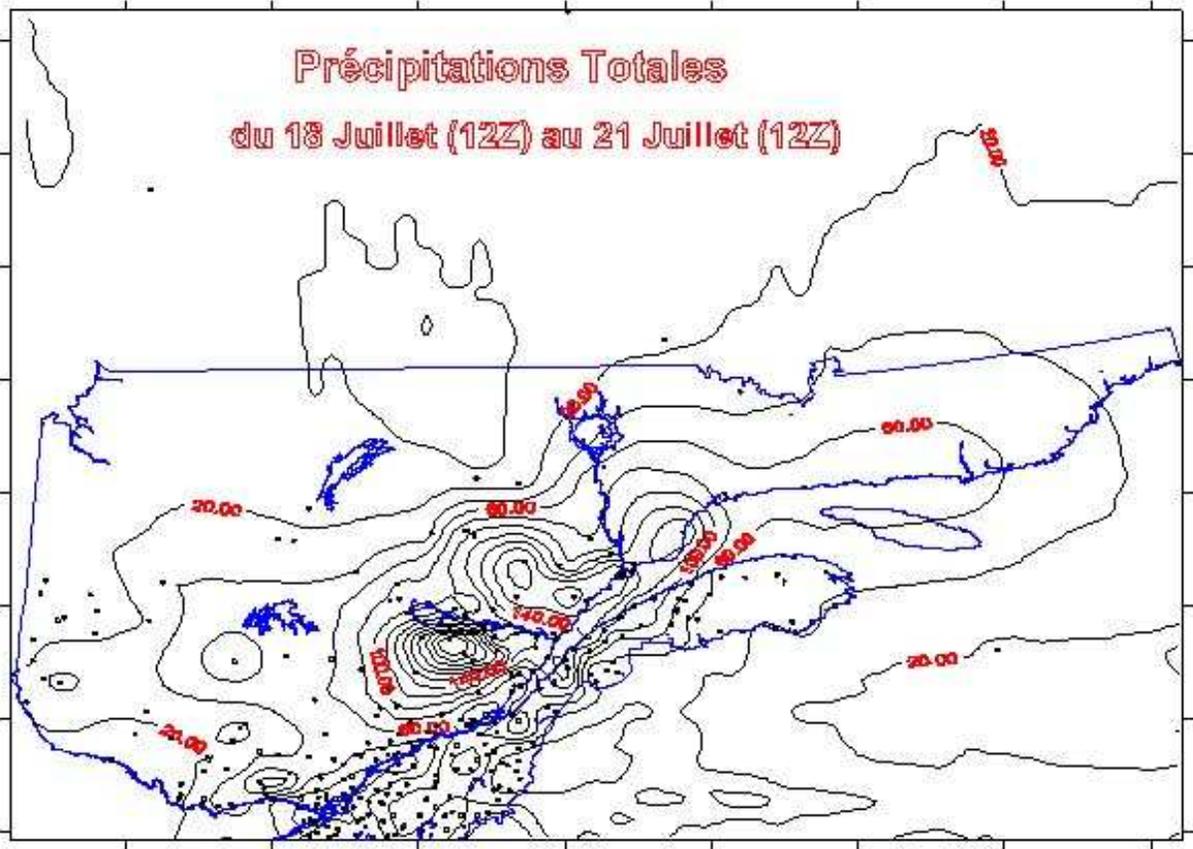


Figure no 3 - Distribution spatiale des hauteurs de pluie observées du 18 au 21 juillet 1996
Source: EC, MEFQ, Alcan, SOPFEU

2.2. Services météorologiques fournis

Chronologie des événements

- Les services météorologiques ont été fournis respectivement par les trois Bureaux de services météorologiques et environnementaux (BSME) responsables des différentes régions de prévisions du Québec (Montréal, Québec et Rimouski). Ces centres de services régionaux qui maintiennent une veille météorologique 24 heures sur 24 sur le temps ont émis un premier avertissement de pluie abondante pour tout le secteur du sud-ouest du Québec jusqu'à Baie Comeau **jeudi le 18 juillet 1996 à 14 h 10 HAE**. L'avertissement fournissait un préavis de 15 à 18 heures avant le début des précipitations. On prévoyait, pour les 24 prochaines heures, des hauteurs de pluie pouvant atteindre 70 mm sur cette portion sud-ouest du Québec tel qu'illustré à la figure 4. Cette valeur s'approchait des records pour une chute de pluie quotidienne en plusieurs endroits.

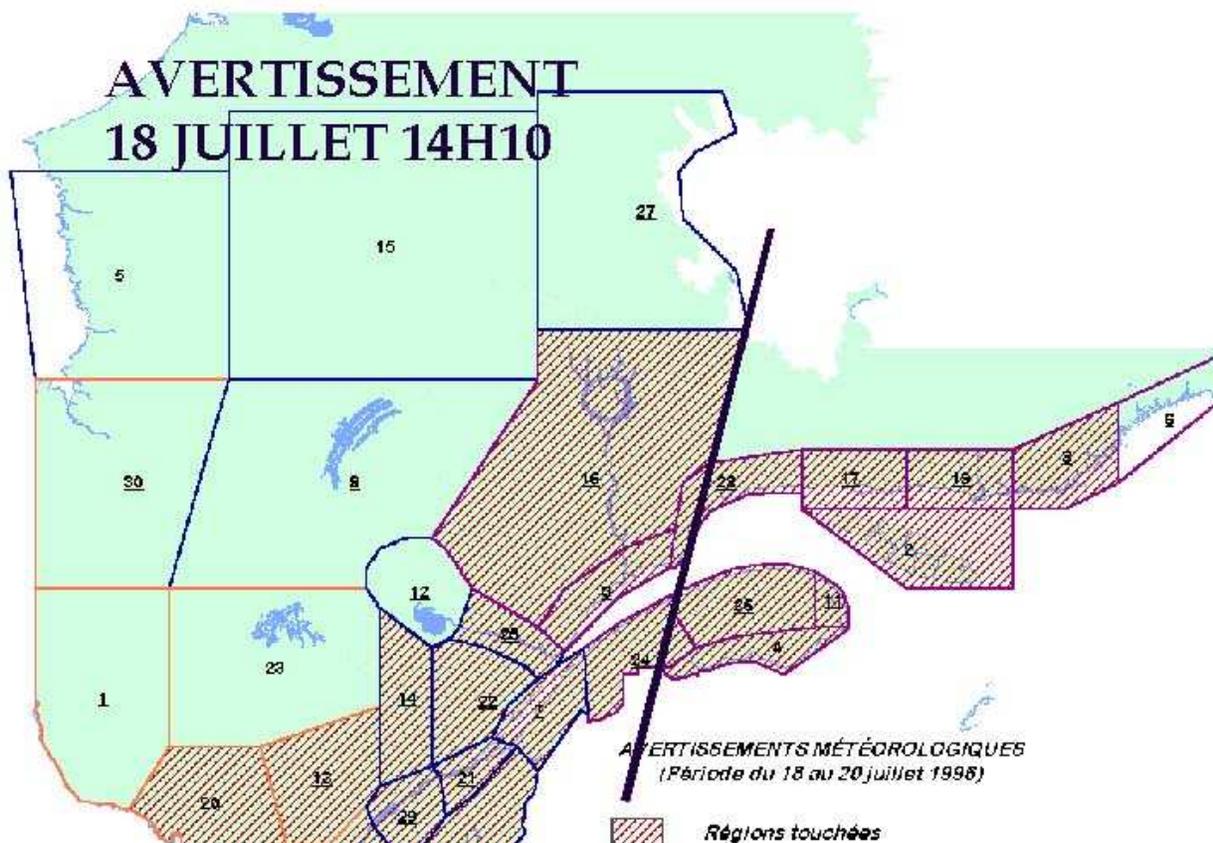


Figure no 4 - Carte des régions en avertissement

- Les avertissements météorologiques ont été mis à jour à intervalles de six heures. Le vendredi 19 juillet 1996 à 04 h 32 l'avertissement était étendu aux régions de la Basse Côte-Nord ainsi que de la Gaspésie. Les avertissements ont été mis à jour et renouvelés jusqu'au samedi **20 juillet 1996 14 h 47 HAE**. Les critères d'émission des avertissements de pluie abondante sont de 50 mm et plus en 24 heures ou moins. Environnement Canada a prévu des hauteurs totales de pluie de l'ordre de 90 à 120 mm pour cette tempête. D'après la climatologie, cette prévision correspondait à des chutes de pluie maximales records pour une période de trois jours consécutifs et dépassait les totaux mensuels de juillet en maints endroits. Sur les régions du Saguenay et de la Côte-Nord, les hauteurs de pluie observées ont été nettement supérieures aux valeurs prévues. Cette tempête est un exemple concret des limites actuelles de la météorologie à prévoir des conditions extrêmes. Elle incite la communauté scientifique à se pencher sur de tels événements pour repousser les limites de la science.
- L'émission des bulletins d'avertissement d'Environnement Canada a permis à la Direction générale de la sécurité et de la prévention du Québec (DGSP) d'être en mode **pré-alerte**. Dès la confirmation des premiers dommages causés par les pluies abondantes, la DGSP demanda à la DEA le 20 juillet au matin des précisions sur la situation météorologique et de mettre en place des prévisions spéciales pour les zones affectées. Ces prévisions ont été fournies à la DGSP jusqu'au vendredi 2 août 1996 inclusivement. Durant cette période, de fréquentes consultations ont eu lieu entre le Centre de coordination provincial de la DGSP et les BSME. À deux reprises, une équipe de météorologues s'est rendue au Centre de coordination provincial pour appuyer les décisions visant à assurer la sécurité de la population touchée.
- D'autre part, le ministère de l'Environnement et Faune du Québec (MEFQ) a reçu les avertissements météorologiques en temps réel par le biais du service Météocopie d'Environnement Canada. À leur demande, nous avons fourni des prévisions spéciales de hauteurs de pluie pour les secteurs affectés les 22 et 23 juillet 1996.
- Suite aux événements, Environnement Canada a été appelé à réaliser une trentaine d'entrevues médiatiques sans compter les nombreux articles dans les journaux auxquels nous avons participé.
- Les moyens utilisés par Environnement Canada pour rejoindre les intervenants et le grand public ont été :

MODES	INTERVENANTS	GRANDS PUBLIC
File de presse		X
RM - Météocopie	X	X
Répondeurs publics		X
Liens directs privilégiés	X	
1-800	X	X
Média (Radio, Télé, Journeaux)		X
BBS (Babillards électroniques)		X
INTERNET	X	X
1-900 (Services spécialisés)		X

- Environnement Canada a témoigné, à la demande de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages présidée par monsieur Roger Nicolet, pour exposer la situation météorologique à l'origine des événements. Lors de son témoignage, l'utilité des services d'Environnement Canada notamment au chapitre des préavis pour la sécurité de même que la capacité du Ministère à fournir des services à valeur ajoutée pour les gestionnaires des barrages ont été démontrées. Les services spécialisés fournis par Environnement Canada à la Compagnie Alcan ont été cités à titre d'exemple. Lors des événements, au-delà des services réguliers contractés, l'Alcan a eu recours à des consultations directes avec les météorologues afin de supporter leur processus décisionnel de gestion des bassins versants.

2.3. Perspective climatologique

Les pluies diluviennes du 18 au 21 juillet sur les secteurs du centre et de l'est de la province ont eu des impacts considérables sur la vie de plusieurs personnes. Une perspective climatologique d'un tel événement permet de déterminer l'ampleur historique de cet événement météorologique.

Tout événement météorologique, tel que celui-ci, doit être considéré dans un contexte bien défini. Les impacts des intempéries du temps sont en relation directe avec les conditions qui ont eu lieu, sur un territoire précis, avant leur arrivée. De plus, l'évaluation historique de catastrophes météorologiques doit être faite relative à une climatologie existante pour un site, ou une région définie, tout en tenant compte des effets de topographie et du développement des conditions météorologiques.

Les principales observations soutirées de l'analyse sont les suivantes :

- aux endroits de mesure dans les régions du Saguenay, du Lac Saint-Jean, de la Réserve faunique des Laurentides, des secteurs ouest de la Côte-Nord et plus localement dans la région de Charlevoix et du Bas Saint-Laurent, les chutes de pluie du 18 au 21 juillet ont régulièrement abattu les records de chute de pluie établis sur un jour, deux jours consécutifs et même, dans certains cas, pour trois jours consécutifs (tableau 1);
- les chutes de pluies survenues dans un laps de temps plus court, tel que sur une période de moins de 12 heures n'ont pas été, en général, d'intensité record. D'après les analyses d'intensité de précipitation et de progression horaire des chutes de pluie, la persistance des précipitations continues (et parfois d'intensité plus importante) sur une période de 36 heures ou plus est le facteur premier des accumulations importantes de pluie sur plusieurs des secteurs les plus fortement touchés;
- nonobstant le développement du système météorologique, l'orographie semble aussi être un facteur important dans la distribution spatiale de la pluie; ainsi parmi les zones les plus touchées (Saguenay et Côte-Nord), l'ascendance orographique associée ou non avec la formation de cellules convectives a fait accroître localement les quantités de précipitations;
- le résultat d'une telle chute de pluie fut aussi d'établir de nouveaux records de total mensuel de chute de pluie pour certaines stations de mesure, dont celles de Roberval, de Bagotville et de Québec (tableau 2). Il est à

noter que les conditions climatiques du début du mois de juillet furent, pour une grande partie du Québec, peu saisonnières : les températures moyennes étaient sous les normales saisonnières et, pour plusieurs sites dans le centre et l'est de la province, on dénombrait déjà près de dix (10) jours avec précipitations mesurables sur les quinze (15) premiers jours du mois.

Les analyses de récurrence de précipitations maximales, pour cet événement, démontrent des périodes de retour locales de plus de 100 ans pour plusieurs sites pour lesquels le total de précipitations dépassait 120 mm en 48 heures (tableau 3). Il est important de noter, par contre, que cette statistique est dépendante de l'historique d'une station (nombre d'années de mesures pluviométriques) ainsi que du nombre d'événement de pluies importantes encourues à ce lieu et ne peut être généralisée sur un territoire plus important.

D'un point de vue historique canadien, les pluies diluviennes du 18 au 21 juillet 1996 se retrouvent parmi les plus importants événements de pluies abondantes mesurées.

Un rapport climatologique détaillé est en vente à la division des Services scientifiques au (514) 283-1112 ou à l'adresse Internet suivante : climat.quebec@ec.gc.ca.

Station	Accumulation maximale de pluie en 1 jour (mm)	Ancien record de pluie en 1 jour (mm)	Date du record de pluie en 1 jour	Accumulation maximale de pluie en 2 jours (mm)	Ancien record de pluie en 2 jours (mm)	Date du record de pluie en 2 jours
Bagotville A	128,6	84,3	juillet 72	164,1	97	sept. 66
Roberval A	74,2	102,6	sept. 70	115,2	111,2	sept. 70
Baie Comeau A	93,7	73,2	sept. 66	138,9	115,9	avril 50
Sept-Iles A	61,7	114,6	nov. 66	66,4	123,2	avril 73
Mont-Joli A	74,8	74,4	oct. 52	100,4	106,4	août 49
Québec A (auto)	60	81,2	sept. 79	61	92,2	sept. 86

Tableau 1 - Records de chutes de pluie pour 1 et 2 jours et accumulation maximale de pluie pour des périodes de 08 h 00 à 08 h 00 entre le 18 et le 21 juillet 1996 pour quelques sites de

mesure d'Environnement Canada.

Station	Cumul de chutes de pluie du 18 au 21 juillet 1996 de 08 h 00 à 08 h 00 (mm)	Normale mensuelle (1961- 90) du total des chutes de pluie pour juillet (mm)
Bagotville A	168,4	114,4
Roberval A	123,4	111,9
Normandin (auto)	88,7	109,8
Baie-Comeau A	146,8	74,5
Sept-Iles A	66,4	90,8
Mont-Joli A	101	75,2
La Pocatière (auto)	109,9	83,6
Québec A (auto)	61	118,5

Tableau 2 - Cumul des chutes de pluie survenues du 18 au 21 juillet 1996 et normales climatiques mensuelles de juillet pour quelques sites de mesure d'Environnement Canada. Les cumuls sont obtenus pour la période de 08 h 00 à 08 h 00, du 18 au 21 juillet 1996. Les normales climatiques mensuelles sont basées sur les valeurs des années 1961 à 1990 en utilisant un minimum de vingt années de données consécutives. Les normales indiquées pour les stations automatisées correspondent aux valeurs des stations auparavant situées au même site.

Station	Accumulation maximale de pluie en 1 jour (mm)	Période de retour pour 1 jour (année)	Accumulation maximale de pluie en 2 jours (mm)	Période de retour cumul de 2 jours (année)
Bagotville A	128,6	> 100	164,1	> 100
Roberval A	74,2	13,1	115,2	> 100
Baie Comeau A	93,7	83,9	138,9	> 100
Sept-Iles A	61,7	2,2	66,4	2
Mont-Joli A	74,8	20	100,4	39,6
Québec A (auto)	60	2	61	2,2

Tableau 3 - Période de retour calculée en fonction des valeurs maximales de chutes de pluie survenues pour des périodes de 08 h 00 à 08 h 00, du 18 au 21 juillet 1996. Les périodes de retour sont calculées par la méthode d'ajustement de Gumbel. Il est important de noter que ces valeurs sont des périodes de retour pour les sites identifiés.

2.4. Radars météorologiques

La plupart des régions les plus densément peuplées du Québec bénéficient d'une couverture radar. Le radar météorologique est un outil de détection des zones de précipitations. Le réseau radar (voir figure 5) complète les réseaux d'observation conventionnelle qu'ils soient dotés de stations manuelles ou automatiques. Un produit spécifique comme la carte horaire ou quotidienne des hauteurs de pluie détectées nous permet de visualiser l'étendue spatiale et temporelle ainsi que les hauteurs de précipitations sur une région donnée. Ce produit a été d'une grande utilité lors des événements de juillet tout comme les autres produits provenant du réseau radar.

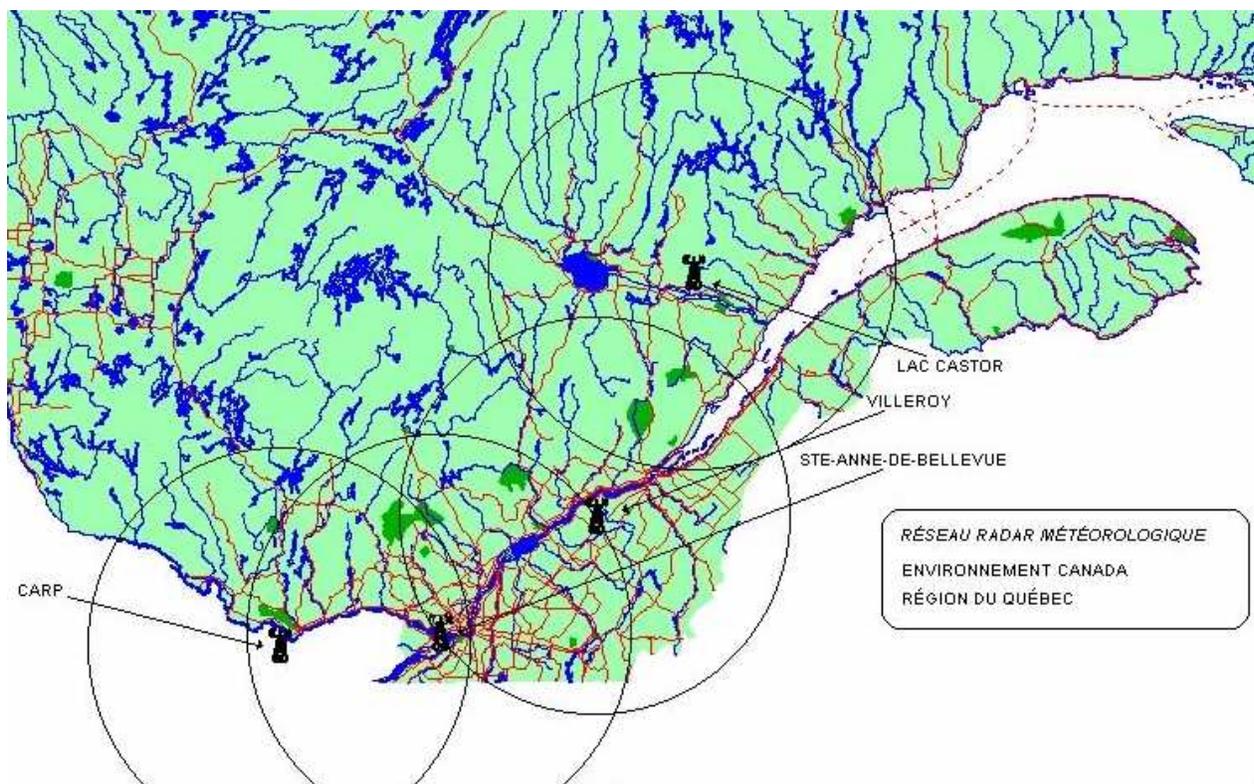


Figure no5 - Réseau radar météorologique

Toutefois, le radar du Lac Castor couvrant le Saguenay n'a pas la capacité de fournir des cartes d'accumulation de pluie sur une région donnée tel que mentionné ci-haut. Ceci limite grandement son utilité notamment dans un cas extrême comme les inondations de juillet 96. Dans le plan de modernisation du réseau radar météorologique au pays, il devient prioritaire de moderniser, dans les plus bref délais, les équipements d'une installation comme celle du Lac Castor afin de les doter d'une capacité accrue de traitement des données volumétriques générées.

En comparaison, les radars et les produits dérivés fournis par les radars de McGill et de Villerooy ont nettement été d'une plus

grande utilité par rapport à ceux disponibles en provenance du radar du Lac Castor. On doit envisager une harmonisation des systèmes de traitement et d'affichage de données radars météorologiques, du moins au Québec, et voire même à travers le pays. Le plan national de modernisation des radars météorologiques doit se pencher sur cet enjeu.

Dans les régions montagneuses comme le secteur du Saguenay et de la Réserve faunique des Laurentides, il est avantageux d'utiliser le radar Doppler pour éliminer les réflexivités du sol causées par les montagnes. Le radar du Lac Castor n'a pas cette capacité.

Du côté technique, l'estimation des hauteurs de pluie serait plus précise en utilisant de nouveaux algorithmes qui tiendraient compte de la structure de l'atmosphère (reconnaissance de la bande brillante par exemple). Un autre constat est celui de la fiabilité des liens téléphoniques qui assurent la transmission des données du site du radar vers le centre de traitement (BSME). Ce problème a été observé particulièrement au site du radar de Villeroy. Les radars météorologiques sont normalement pourvus de génératrices d'urgence suffisamment puissantes pour garantir l'alimentation en électricité dans les situations de temps violent. Cette exigence est fondamentale à une utilisation optimale des radars météorologiques. C'est dans les situations de temps violent que les radars sont les plus utiles pour les météorologistes.

Enfin, il ne fait nul doute que les informations produites par les différents radars seraient très utiles dans un programme de gestion de bassin hydrologique. L'utilisation de cette technologie permettrait aux gestionnaires d'obtenir une image d'ensemble des hauteurs de pluie sur un territoire donné (apports) plutôt qu'une donnée ponctuelle fournie par un pluviomètre. Cette dernière observation est mentionnée dans le rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages afin de permettre aux gestionnaires de barrages de disposer d'outils et de technologies plus performantes pour la gestion des bassins. De plus, les modèles hydrologiques alimentés par les données des stations et du réseau radar permettraient de mieux évaluer l'ampleur d'une crue à venir.

2.5. Télédétection satellitaire

L'utilisation de l'imagerie satellitaire constitue un élément important dans le diagnostic de l'évolution d'une tempête. Ainsi l'imagerie satellitaire accessible aux BSME a permis aux météorologistes de reconnaître le développement et l'évolution de cette tempête. Il ne fait nul doute que la tempête du 18 au 21 juillet 1996 prenait la forme d'un véritable cyclone hivernal. Par un accès direct aux données brutes des imageries satellitaires (GOES-7), les BSME peuvent extraire tout le

potentiel de télédétection qui s'offre à eux. Certaines courbes de rehaussement peuvent être développées et appliquées pour identifier des précipitations abondantes ou des cellules orageuses particulièrement intenses. Ce fut le cas en juillet 1996. De plus, certains algorithmes peuvent être appliqués aux images satellitaires pour en estimer les hauteurs de pluie. C'est là le seul moyen dont on dispose pour connaître l'étendue spatiale des accumulations de pluie en dehors du domaine de couverture radar. Cet algorithme (RAINSAT) qui était utilisé dans les BSME autrefois avait été abandonné avec la nouvelle génération de satellites météorologiques. Des développements sont actuellement en cours pour mettre à jour les algorithmes et faire renaître le système RAINSAT du moins dans les BSME du Québec. Il est même possible que les résultats de ces développements puissent trouver des applications concrètes pour les gestionnaires des barrages. Il serait souhaitable de contacter les organismes en télédétection afin de voir si d'autres applications ne peuvent pas être utilisées pour améliorer notre capacité de détection satellitaire dans les BSME.

2.6. Modèles numériques

Une étude systématique des modèles numériques canadiens utilisés lors des événements du 18 au 21 juillet 1996 a été réalisée par le Centre météorologique canadien. Les modèles à moyens termes n'ont pas permis de bien prévoir les quantités ni l'emplacement exactes des précipitations selon le rapport du CMC :

« Le modèle global de prévisions à moyennes échéances (jusqu'à 10 jours), ni le système de prévisions d'ensemble, n'ont permis de prévoir de façon adéquate, avec des préavis de 72 heures ou plus, que des précipitations intenses allaient survenir sur l'Est du Québec. Bien qu'il soit difficile d'identifier les causes exactes de ce manque de performance, il est raisonnable de penser que plusieurs facteurs y ont contribué : 1) la résolution spatiale du modèle, qui ne peut être augmentée qu'avec une performance accrue des superordinateurs ; 2) les déficiences en données au temps initial, à l'échelle globale, et particulièrement au-dessus des océans, où l'impulsion peut être retracée 72 heures avant les événements survenus sur l'Est du Québec ; 3) les déficiences des systèmes d'assimilation de ces données, qui demandent un effort soutenu en recherche et une performance informatique accrue et 4) les déficiences dans les paramétrages physiques utilisés dans le modèle, dont les erreurs croissent avec le temps de projection.

Dans les prévisions à court terme (de 0 à 48 heures), les modèles canadiens et américains ont raisonnablement bien prévu l'événement. Les modèles ont guidé les météorologistes des BSME dans l'émission des bulletins d'avertissement. Bien que l'information fournie par les modèles soit très utile,

l'intervention du météorologue dans les situations extrêmes demeure essentielle pour apporter une valeur ajoutée qui tient compte des conditions actuelles, des modèles et des particularités régionales. Cette intervention fait le lien entre les produits et les services.

Ceci marque l'importance d'une bonne analyse de la situation par les météorologistes opérationnels et de la valeur ajoutée qui peut être apportée par les BSME dans les situations des événements météorologiques exceptionnels. Dans le cas qui nous concerne, l'utilisation d'une version automatisée des prévisions aurait eu comme effet d'avoir un préavis beaucoup plus court avant le déclenchement de l'alerte. De même, la zone de précipitations abondantes aurait été prévue beaucoup trop à l'est au départ. Toutefois, les prévisions à long terme (de 48 à 120 heures) ont été d'une utilité moindre pour prévoir des quantités de pluie si importantes.

Bien entendu, les modèles ne peuvent résoudre toutes les situations et notamment les cas extrêmes comme celui de juillet 1996. Il a été clairement établi que les données initiales et l'analyse objective jouent un rôle extrêmement important sur la qualité des prévisions. Aucune analyse objective ne peut être faite sans un réseau adéquat d'observation de tous les paramètres de l'atmosphère. La solution réside dans le développement d'un réseau de référence de qualité à partir de tous les réseaux d'observation disponibles. De même, les efforts de recherche en simulation de l'atmosphère doivent se poursuivre pour mieux résoudre la problématique des cas extrêmes.

L'amélioration des analyses, de l'assimilation des données et des modèles numériques exigeront nécessairement une plus grande capacité informatique centrale. Cette capacité informatique et les moyens de communication nécessaires pour partager et accéder aux informations doivent être accessibles par les Bureaux de services météorologiques et environnementaux (BSME).

Dans les situations de cas extrêmes, les météorologistes opérationnels des BSME souhaitent une amélioration des échanges sur l'évaluation de la performance des modèles numériques pour en tirer des avantages pour l'avenir. Les météorologistes qui travaillent au Centre météorologique canadien peuvent fournir cette expertise de l'analyse des passes opérationnelles et fournir aux BSME des renseignements très pertinents sur la performance des modèles. Des efforts concertés doivent prévaloir entre les centres régionaux et le CMC lorsque des événements d'une si grande ampleur se produisent au pays.

3. Résultats et leçons à en tirer

- Malgré le préavis fourni sur l'arrivée des précipitations

importantes, il demeure que les hauteurs totales prévues (120 mm) furent sous-estimées par rapport aux valeurs maximales observées. Néanmoins ces valeurs prévues s'approchaient des valeurs records en maints endroits.

- Suite aux consultations faites dans les régions sinistrées, l'étude permet de dire que les critères utilisés pour l'émission d'avertissements ne sont pas suffisamment compris par les utilisateurs. Les avertissements météorologiques estivaux devraient contenir les hauteurs de pluie prévue au même titre que les avertissements hivernaux (hauteurs de neige). De plus, l'appellation même de ces messages (VEILLE, ALERTE, AVERTISSEMENT) porte à confusion chez les utilisateurs. Les gestionnaires de barrages requièrent des services spécifiques beaucoup plus précis sur les hauteurs de pluie prévues sur un bassin versant durant un intervalle de temps défini. Ces services particuliers dépassent les services réguliers fournis par Environnement Canada, mais nous avons le niveau de capacité et la compétence pour produire ce genre de services à ceux qui en feraient la demande.
- Il ressort également que les formats des bulletins utilisés requièrent des modifications pour mieux répondre aux attentes d'utilisateurs particuliers comme les gestionnaires de bassins hydrologiques et les organismes d'urgence. Afin de répondre aux besoins de groupes spécifiques, des bulletins spécialisés et hors du programme d'avertissement devront être développés à la suite de consultations ultérieures.
- De même, on constate que la portée du message livré par l'avertissement est beaucoup trop général. Actuellement, c'est la prévision publique qui est le message porteur de détails et précisions pour une région donnée en situation d'avertissement.
- Les trois BSME ont été très impliqués dans la livraison des services et avertissements météorologiques du 18 au 21 juillet 1996. Les météorologistes réalisaient pleinement l'importance de ce système météorologique mais avaient peu d'information sur les conséquences des précipitations sur les bassins versants. C'est par des contacts privilégiés avec un de leurs clients (ALCAN) qu'ils ont réalisé l'ampleur de l'inondation. En apprenant samedi matin que certaines portions de la région avaient déjà reçu des accumulations de 60 mm de pluie le vendredi, les météorologistes avaient une bonne idée des hauteurs de pluie à venir et ont pu en aviser la population et les intervenants. Ceci démontre l'importance des communications et des échanges entre les intervenants et les gestionnaires de barrages dans les situations de crise. Chacun possède des informations clefs pour la suite des événements : les gestionnaires connaissent les niveaux et l'état des bassins et ouvrages, les intervenants connaissent les risques pour la sécurité de la population et les météorologistes connaissent l'état de la situation météorologique présente et son

développement potentiel pour les prochaines heures. Trois sources d'information complémentaires et indispensables pour la gestion de crise.

- Le partage de l'information entre les BSME est également un élément très important dans l'harmonisation des décisions. Plusieurs mécanismes sont en place dans les BSME tel les conférences téléphoniques à l'horaire et les communications électroniques pour harmoniser les décisions météorologiques. Chaque BSME a toutes les autorités prévisionnelles et de services sur le territoire dont il a la responsabilité. Les bulletins et les avertissements doivent cependant être coordonnés et toute nouvelle information doit être rapidement partagée entre les trois bureaux. Les mécanismes en place lors des événements de juillet étaient suffisants.
- Le spécialiste du temps significatif (temps violent) doit jouer un rôle plus actif lors de situations de crise. Ces situations commandent une plus grande coordination et un meilleur suivi sur la situation météorologique. Ces derniers devraient agir comme point de contact auprès des météorologistes du Centre météorologique canadien (CMC) et assurer la coordination des décisions opérationnelles qui seront prises par la suite.
- Des moyens simples doivent être mis en place pour accroître le partage de la connaissance en météorologie et en modélisation entre les météorologistes des BSME. Parmi ces moyens, on peut penser à des contacts quotidiens plus fréquents ou encore l'organisation des stages de formation et d'échanges scientifiques au CMC pour les spécialistes de temps violent et les responsables des urgences dans les BSME.
- Dans toutes les situations de crise, les BSME responsables des services devront nommer un **coordonnateur d'urgence** pour tous les BSME et mettre sur pied un **Centre de gestion de crise**. Ce centre assurerait la coordination entre les BSME et travaillerait en étroite collaboration avec la Direction générale de la sécurité et de la prévention (DGSP). Le coordonnateur ferait profiter les intervenants de notre force opérationnelle par des exposés fréquents et assurerait, au besoin, notre présence au Centre de coordination de la sécurité civile et auprès des médias.
- Lors des événements de juillet ces mécanismes n'étaient pas en place pour assurer un tel niveau de service. Lors de nos rencontres avec les responsables la Direction de la sécurité et de la prévention (DGSP), ce niveau de service nous a été demandé et le concept de gestion de **crise** devra être défini avec ces intervenants d'urgence tant provincial (DGSP) que fédéral (Protection civile Canada [PCC]).
- Durant les événements du 18 au 21 juillet 1996, les services

spécialisés aux usagers et intervenants ont été assez limités. Seule l'Alcan a pu profiter véritablement des services d'Environnement Canada. Comme il est mentionné dans le rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages, les gestionnaires des barrages auraient intérêt à se prévaloir des services météorologiques afin de mieux se préparer à réagir aux situations d'urgence plutôt que de réagir lorsque les inondations surviennent. Au-delà des services spécialisés qui peuvent être développés pour les gestionnaires de barrages, des mécanismes de consultation doivent être mis en place pour assurer un suivi météorologique des événements.

- Pendant les événements de juillet 1996, les systèmes opérationnels de production de prévisions ont tous bien fonctionné. La performance des équipes opérationnelles aurait été augmentée si ces derniers avaient eu à leur disposition des outils performants d'analyse, de diagnostic et de synthèse des différentes sources de données météorologiques. Ces outils assureraient une meilleure cohérence des avertissements météorologiques et de meilleurs préavis. Plusieurs initiatives de développement d'outils intégrateurs (workstation) ont été faites à travers le pays depuis plus d'une décennie. Cependant, les efforts pour partager et mettre en commun ces applications et en assurer un entretien opérationnel national sont vains depuis la réorganisation nationale d'Environnement Canada. Devant l'ampleur de ces catastrophes météorologiques naturelles et la charge de travail grandissante dans les BSME, ces interfaces homme-machine ont une incidence directe sur l'efficacité des équipes opérationnelles et sont un gage de succès pour livrer les services météorologiques aujourd'hui.