

ANALYSE DE LA TORNADE DE DRUMMONDVILLE : 6 JUILLET 1999

Par Serge Mainville
Environnement Canada
BSME, Montréal

Note technique, Région du Québec, 99N-05

1- Introduction

Le 6 juillet 1999 vers 18h00, une tornade de force zéro se développe à partir d'une importante cellule orageuse sur Berthierville. La tornade traverse le St-Laurent et touche Yamaska avant de s'estomper. L'orage continue alors son parcours vers l'est-sud-est. En atteignant Drummondville, l'orage provoque une tornade F1 de forte intensité sur un quartier résidentiel en périphérie de la ville. La tornade s'estompe après avoir laissé des dommages considérables sur le secteur et l'orage continue son parcours vers l'est-sud-est. Vers 20h00, on aperçoit une nouvelle tornade, estimé de force zéro, sur les municipalités de Danville, Tingwick, puis Trois-Lacs. L'orage diminue finalement d'intensité en s'éloignant des Bois-Francs et se dissipe quelques temps plus tard.

Ce rapport décrit la situation synoptique et le degré d'instabilité prévalant le 6 juillet sur le sud du Québec. Une analyse des données radar de McGill, au moment où la tornade sévit sur Drummondville, précède une description des dommages causés par le passage de cette tornade sur le quartier touché.

2- Situation synoptique

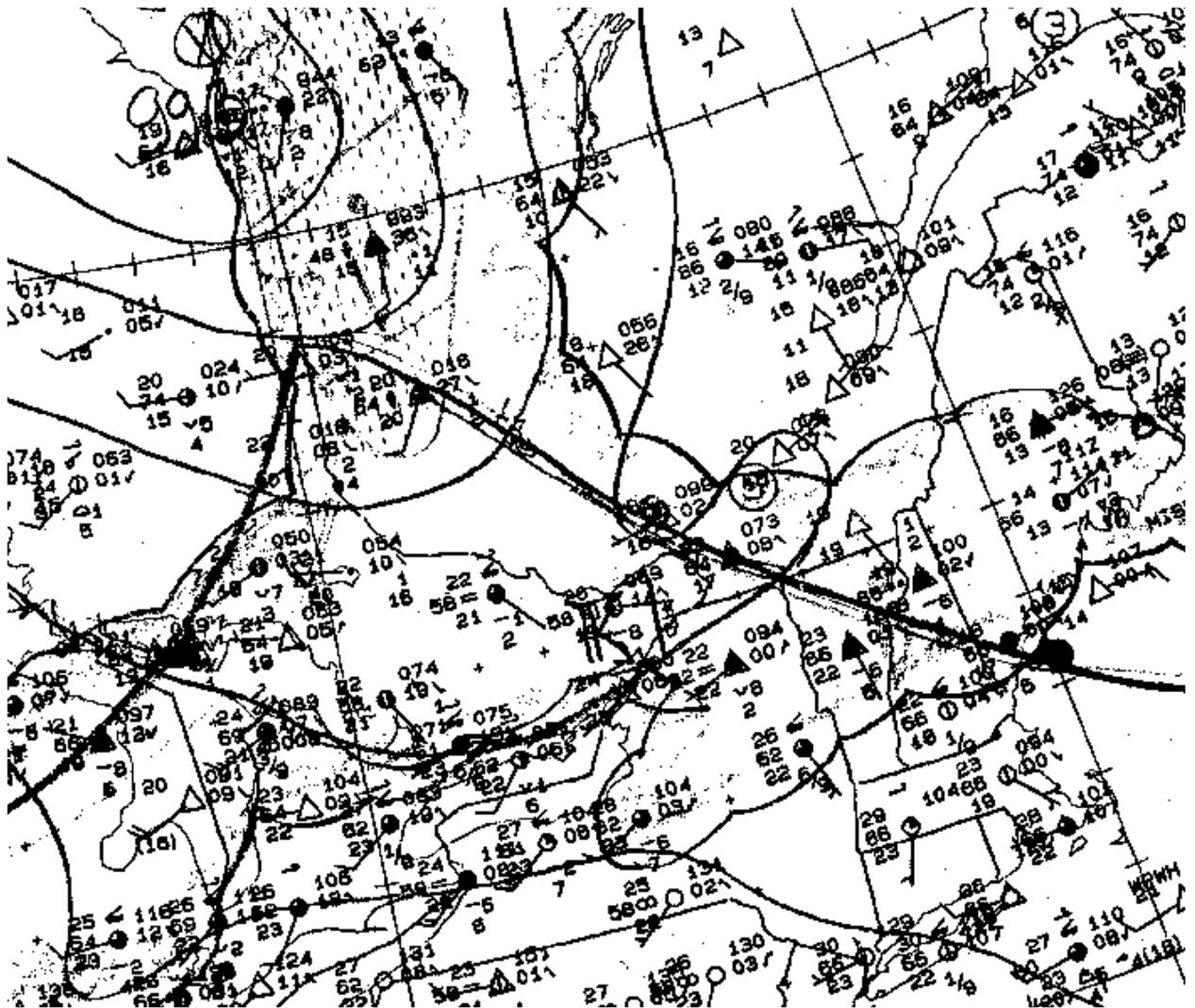


Figure 1 - Analyse de surface 12Z le 6 juillet 1999

Le 6 juillet 1999, une onde frontale polaire associée à une dépression quasi-stationnaire sur la baie de James traverse le Québec du nord de l'Abitibi vers le sud-est en passant par la région de Québec (Figure 1 et Figure 2). Un front chaud s'étire de l'onde vers le sud-est et traverse la région des Bois-Francs entre 1800Z et 2000Z. Dans le secteur chaud, le temps est nuageux avec quelques éclaircies, puis vers la fin d'après-midi le soleil finit par dominer. Les vents soufflent du sud-ouest de 10 à 20 noeuds. Les points de rosée oscillent entre 21 et 23°C mais atteignent 24°C en fin de journée sur les Bois-Francs. Dès 1600Z on observe du temps violent en Montérégie et en Estrie : quelques crues subites et deux tornades de force zéro. Le front froid polaire s'étire de l'onde vers le sud-ouest et traverse les Bois-Francs entre 0200Z et 0400Z. Les points de rosée chutent alors sous les 20 degrés et les vents deviennent graduellement faibles du secteur ouest.

par souffler à 00Z de l'ouest entre 40 et 50 noeuds de la baie georgienne jusqu'en Estrie. La position du courant jet de haut niveau contribue aussi à la formation de temps violent puisque les Bois-Francis se retrouvent peu à peu à son entrée droite. Le modèle GEM développe également à 00Z un axe de maximum d'eau précipitable (de 30 à 40 mm) s'étirant nord-sud sur les Bois-Francis après le passage d'un premier axe sur la province. Cependant les prévisions d'hélicité relative et d'indice SSI rapportent de fortes valeurs seulement avec les orages de la mi-journée.

En conclusion, la région des Bois-Francis se retrouve dans un contexte où les facteurs dynamiques s'établissent durant la journée et évoluent au même rythme que les facteurs thermodynamiques. Vers la fin de la journée, ces facteurs deviennent en phase au moment où ils atteignent leur intensité maximale et provoquent ainsi le développement de temps violent.

3- Sondage en altitude

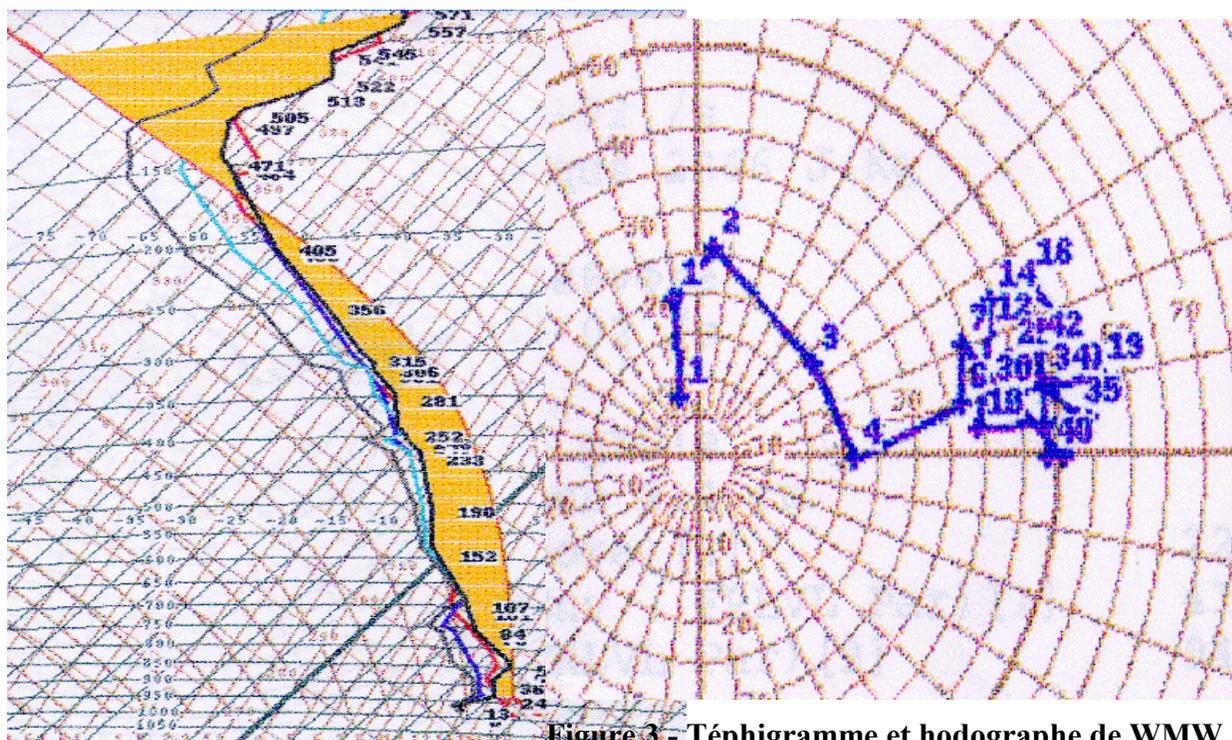


Figure 3 - Téphigramme et hodographe de WMW à 12Z le 6 juillet 1999

Le téphigramme de Maniwaki le 6 juillet à 12Z (Figure 3) reflète les conditions qui dominant dans le secteur chaud au début de la journée. Les conditions saturées des niveaux moyens correspondent à la couverture relativement nuageuse du secteur chaud. On dénote également la présence d'un faible couvercle à 850 mb, couvercle aisément surpassé avec une température de convection de 27°C. Cette température est plus basse que la température maximum extrapolée à partir de 850 mb (31°C). Cependant la couverture nuageuse ralentit le réchauffement diurne et prolonge dans le temps l'effet du couvercle sur la convection. L'énergie hydrostatique d'une parcelle soulevée une fois le couvercle surpassé atteint la forte valeur de 2866 J/kg. L'indice de soulèvement atteint -7 et l'eau précipitable environ 48 mm. L'analyse des

différences de température potentielle ($\Delta\Theta_e$) ne permet pas de prévoir de rafales d'orages en raison de l'air saturé dans les moyens niveaux.

L'hodographe de Maniwaki (Figure 3) montre un bon cisaillement directionnel dans les bas niveaux, les vents soufflant près du sol du sud-sud-est puis devenant graduellement d'ouest jusqu'à 4000 pieds. Le calcul du cisaillement sous les 12 000 pieds donne une valeur de $1,81 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$. L'indice SSI combinant cisaillement et énergie hydrostatique, évalué à 144, fait planer un risque de tornade puisque cette valeur dépasse le critère de 120 lorsqu'accompagné d'un fort cisaillement. L'analyse de l'hodographe suggère également un déplacement d'orages vers l'est à près de 30 noeuds. Les 4,65 d'indice énergie-hélicité (EHI), combinant énergie hydrostatique et hélicité relative sous 2 km, laisse présager le développement de tornade.

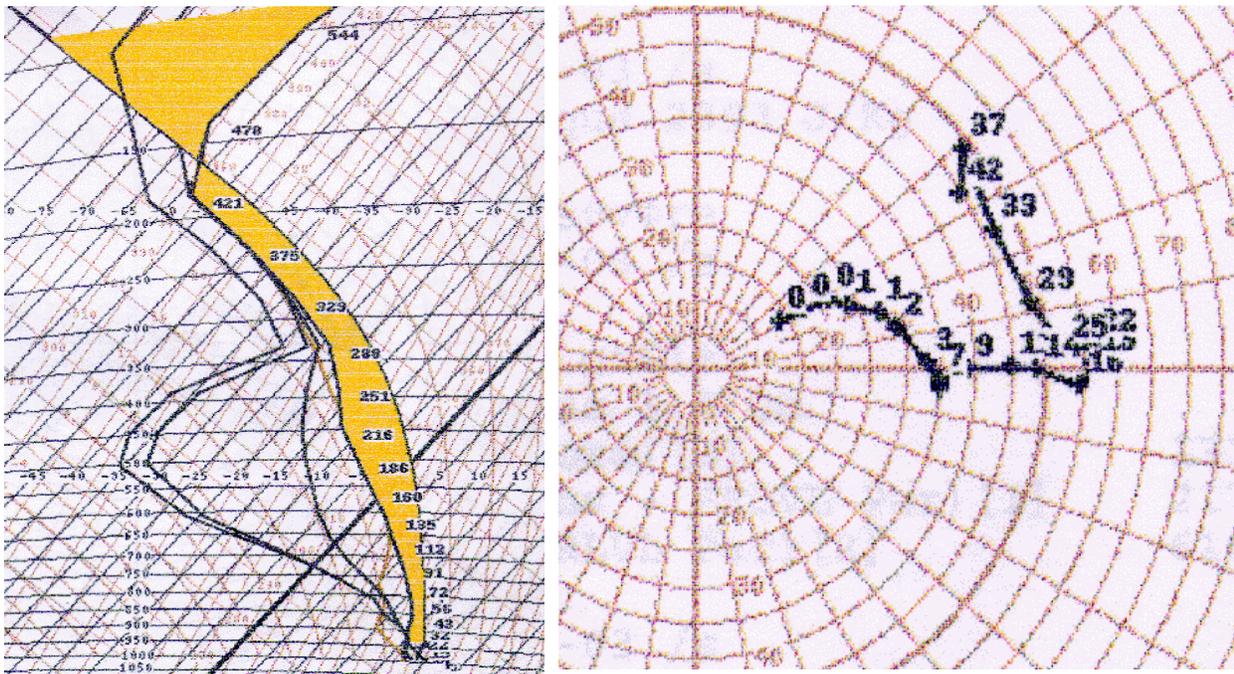


Figure 4 - Téphigramme et hodographe prévus à 21Z le 6 juillet 1999 pour Nicolet

Avec l'aide du modèle GEM de 12Z le 6 juillet 1999, on obtient un téphigramme prévu à 2100Z pour la station de Nicolet (Figure 4). Peu avant le moment où la tornade frappe Berthierville, la station rapporte une température de 27°C et un point de rosée de 24°C. Fait marquant de cette prévision, l'assèchement des moyens niveaux (indiquant un dégagement dans le secteur chaud) suggère la formation de rafales descendantes tel qu'évalué par un $\Delta\Theta_e$ de 22°C. Cette possibilité de rafales descendantes s'ajoute aux nombreux autres indices de temps violent du téphigramme de 12Z de Maniwaki. Les valeurs d'énergie hydrostatique demeurent élevées à 2393 J/kg autant que l'indice de soulèvement à -6,7 et l'eau précipitable à 37 mm.

L'hodographe prévu à la même heure pour la station de Nicolet (Figure 4) suggère le maintien du cisaillement à bas niveau avec des vents du sud-ouest près du sol devenant d'ouest jusqu'à 7000 pieds. L'indice SSI de 107 rencontre toujours les critères de temps violent, quoique

sans le risque de tornade. Selon l'analyse de l'hodographe, les orages se déplacent vers l'est-sud-est à près de 30 noeuds. Ce déplacement ajouté à l'hélicité relative sous 2 km donne un indice EHI de 2,39, ce qui conserve la suggestion initiale de développement tornadique.

Les données de Maniwaki suggèrent que des orages violents peuvent aisément se développer une fois la température de convection atteinte. Le cisaillement, l'énergie hydrostatique, ainsi que l'hélicité relative soutiennent que des tornades risquent de se développer. Vers la fin de la journée, les facteurs thermodynamiques établies sur les Bois-Francs se combinent aux facteurs dynamiques venant d'atteindre, à l'approche entre autres du deuxième creux d'onde courte, les critères favorables au temps violent.

4- Description de l'événement

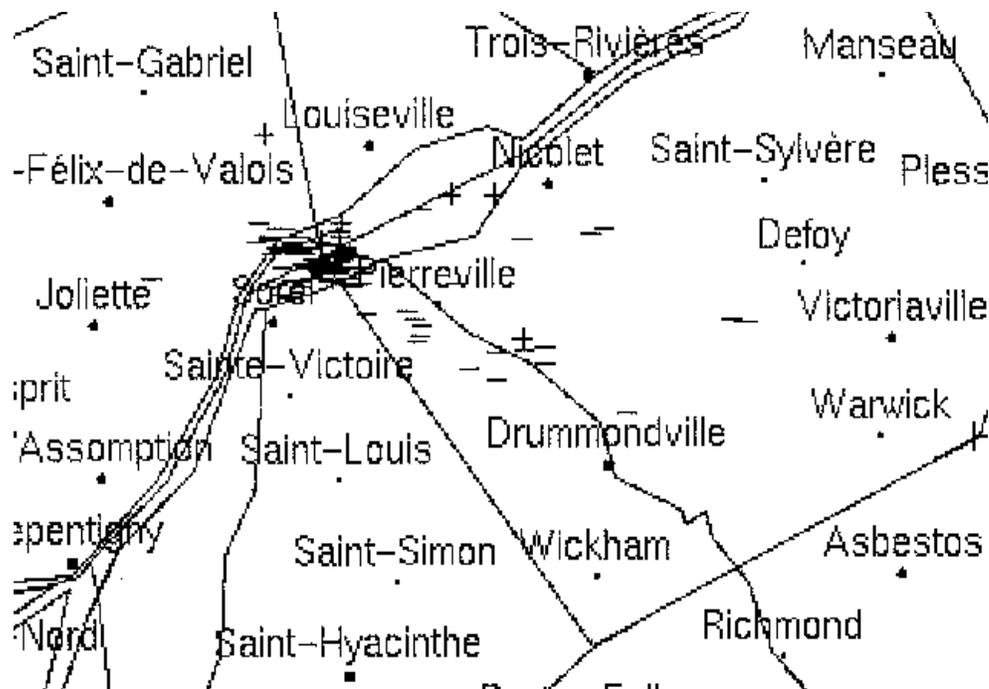
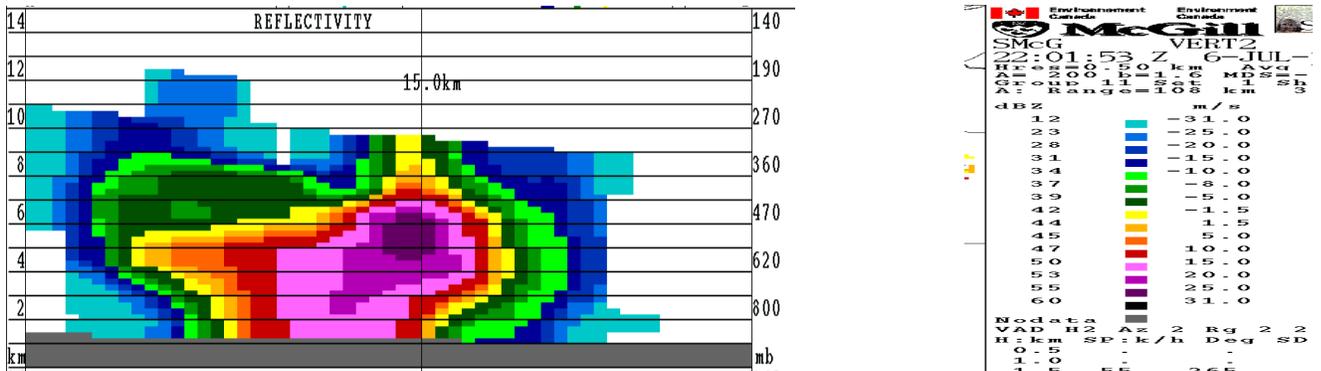
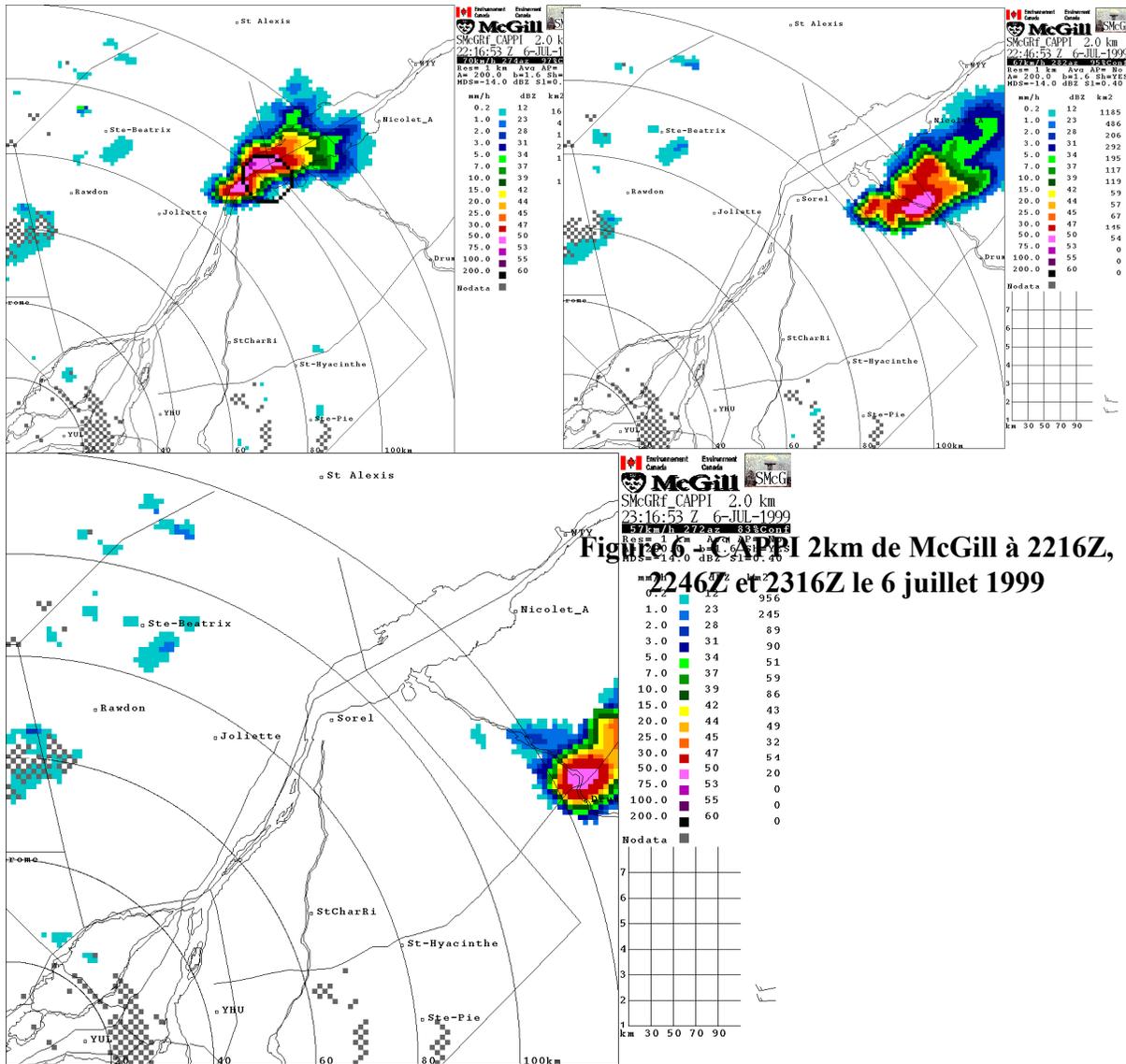


Figure 5 - Foudre entre 2230Z le 6 juillet et 0030Z le 7 juillet 1999



Le passage de l'orage sur Berthierville et Yamaska provoque une forte densité d'éclairs rapportée par le réseau de foudre (Figure 5). Par la suite ainsi qu'au moment où la tornade frappe Drummondville, le réseau de foudre ne rapporte cependant qu'une faible intensité d'éclairs. Ce réseau détecte surtout les éclairs nuages-sol, et par conséquent n'indique pas la présence d'un orage à forte densité d'éclairs nuages à nuages. On soupçonne que ce type d'orage est responsable de la tornade sur Drummondville.

Les données CAPPI du radar de McGill à 2 km (Figure 6) indiquent à 2216Z la situation des orages sur les secteurs de Berthierville et de Yamaska. On observe un arc dans la ligne de réflectivité ainsi que la détection d'un surplomb. Ce surplomb est déjà présent depuis quelques images radar. La coupe verticale effectuée à 2201Z perpendiculairement sur la ligne d'orages (Figure 7) permet d'observer le surplomb au sein de cet orage violent. On voit également que les fortes réflectivités atteignent une extension verticale d'à peine 8 km malgré la formation d'une tornade à ce moment. Une fois l'orage bien entré sur la rive sud, les réflectivités à 2 km (Figure 6) deviennent moins vigoureuses et la détection de surplomb n'apparaît plus. Les CAPPI à 7 km (Figure 8) montrent une diminution des réflectivités entre 2216Z et 2316Z : au moment du passage de l'orage sur Drummondville, les réflectivités à 7 km n'atteignent pas les 45 dbZ indicateurs de temps violent.

Les vents lagrangiens, ou vents relatifs à l'orage, provenant des données Doppler représentent la différence entre la vitesse radiale des particules et la composante radiale de la propagation du complexe orageux. On peut détecter par les vents lagrangiens sur les données PPI Doppler à 0,6 km du radar de McGill (Figure 9) la présence d'un doublet de mésocyclone associé à la cellule génératrice de tornade. Ce doublet, signature du vortex de la tornade, se maintient pendant presque une heure à ce niveau malgré l'apparent affaiblissement des orages indiqué par les données CAPPI et par le réseau de foudre.

La tornade de Drummondville provient d'un orage dont les éclairs circulent d'un nuage à un autre et dont le sommet atteint une altitude relativement basse. De ces facteurs provient une certaine difficulté à détecter ce type d'orage fort à l'aide des données radar et du réseau de détection de foudre. Cependant on remarque que le doublet de mésocyclone demeure présent dans le temps. Les facteurs favorables à la tornadogénèse dans les bas niveaux se maintiennent donc et provoquent la régénération de la tornade sur Drummondville puis sur la région de Danville.

Plusieurs témoins de Drummondville rapportent avoir observé la tornade s'approcher du sol. Cette tornade touche tout d'abord la toiture d'une maison puis poursuit sa course destructive à travers quelques pâtés de maison. Elle parcourt environ 750 mètres (voir la carte du quartier à la Figure 10) avant de perdre de son intensité une fois traversé le terrain d'une entreprise de fabrication d'autobus scolaires. Les débris continuent toutefois à tomber sur la ville sur une distance additionnelle de plus de 1 km. On ne dénote heureusement aucun blessé.

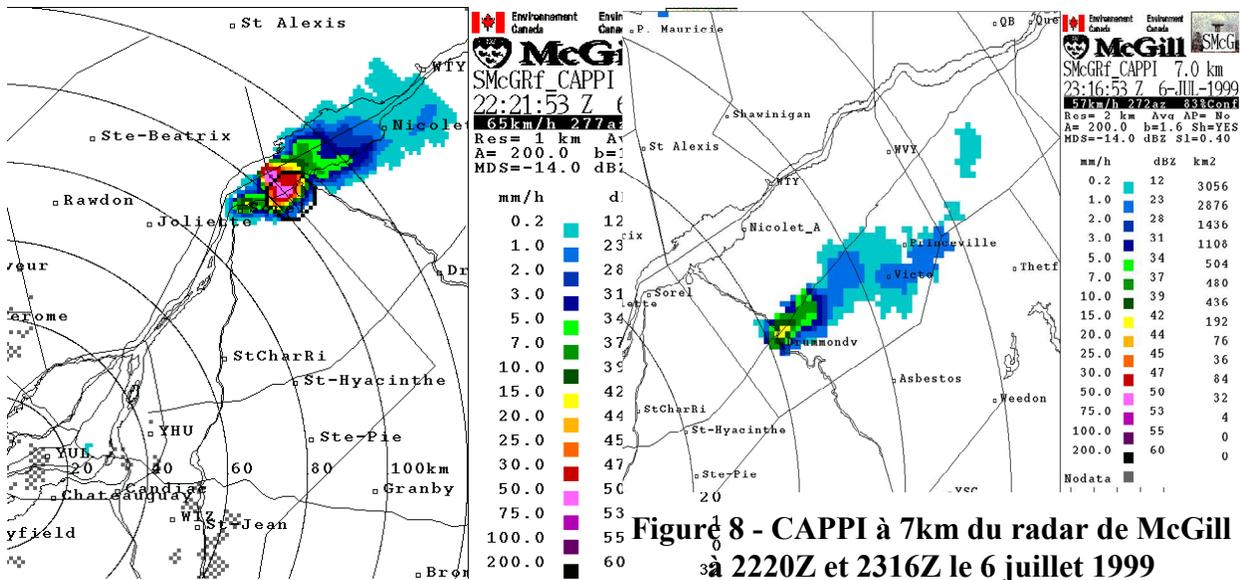


Figure 8 - CAPPI à 7km du radar de McGill à 2220Z et 2316Z le 6 juillet 1999

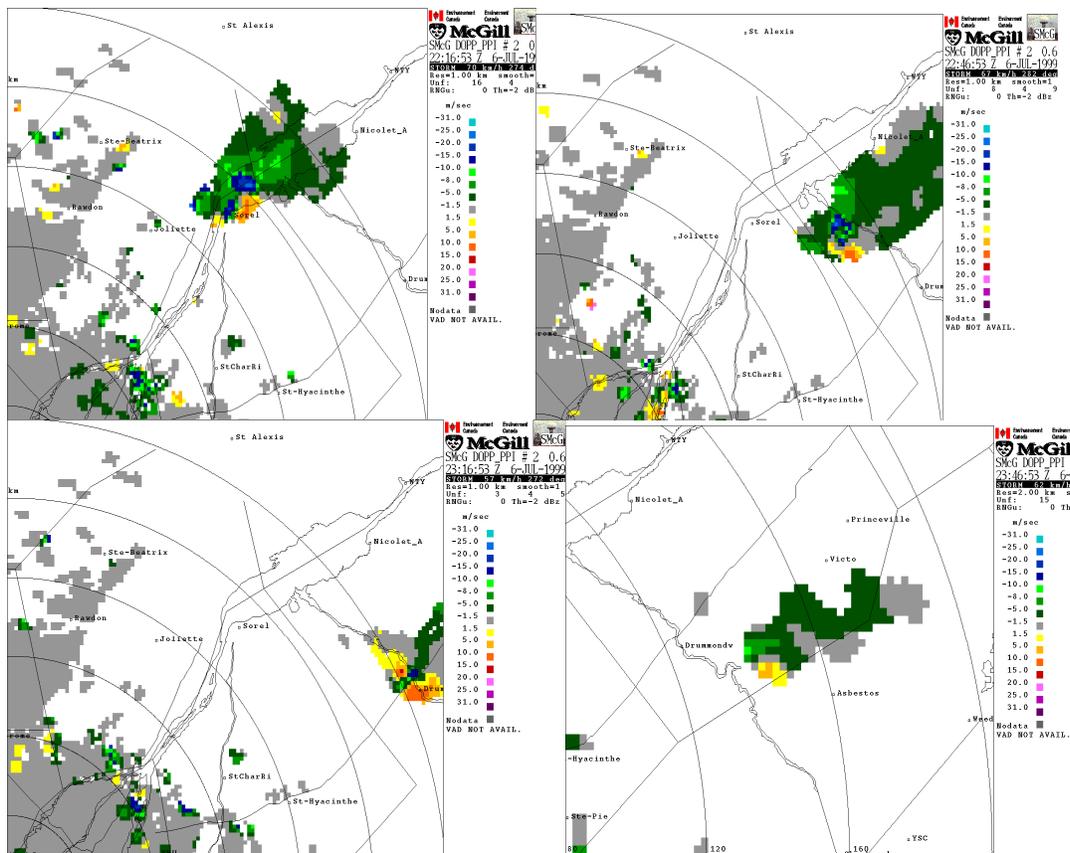


Figure 9 - Vents lagrangiens sur PPI Doppler à 0,6km à 2216Z, 2246Z, 2316Z et 2346Z le 6 juillet 1999

La tornade laisse derrière elle un corridor bien distinctif de dommages. Toutes les toitures des maisons situées sur son passage se retrouvent arrachées ou soufflées, et leurs murs endommagés. Des fenêtres volent en éclat en raison du différentiel de pression ou sous l'impact des débris. Le différentiel de pression souffle même le deuxième étage d'un quadruplex. On rapporte plusieurs voitures déplacées ou endommagées. Certaines clôtures et cabanons se retrouvent aussi à quelques mètres de leur point d'origine. La tornade jonche le quartier de débris de toute sorte dont certains proviennent de l'intérieur des maisons. De petits morceaux de gypse recouvrent toutes les surfaces (murs, voitures, chaussées), collés par les vents et la pluie. Du côté du fabricant d'autobus, une partie du bâtiment principal se retrouve fortement endommagée par le passage de la tornade. La force de la tornade provoque également d'importants dommages dans la flotte d'autobus scolaires : éclatement de nombreuses vitres et collisions entre certains autobus stationnés. En annexe, on trouve des photos correspondant aux numéros indiqués sur la carte de quartier de la Figure 10.

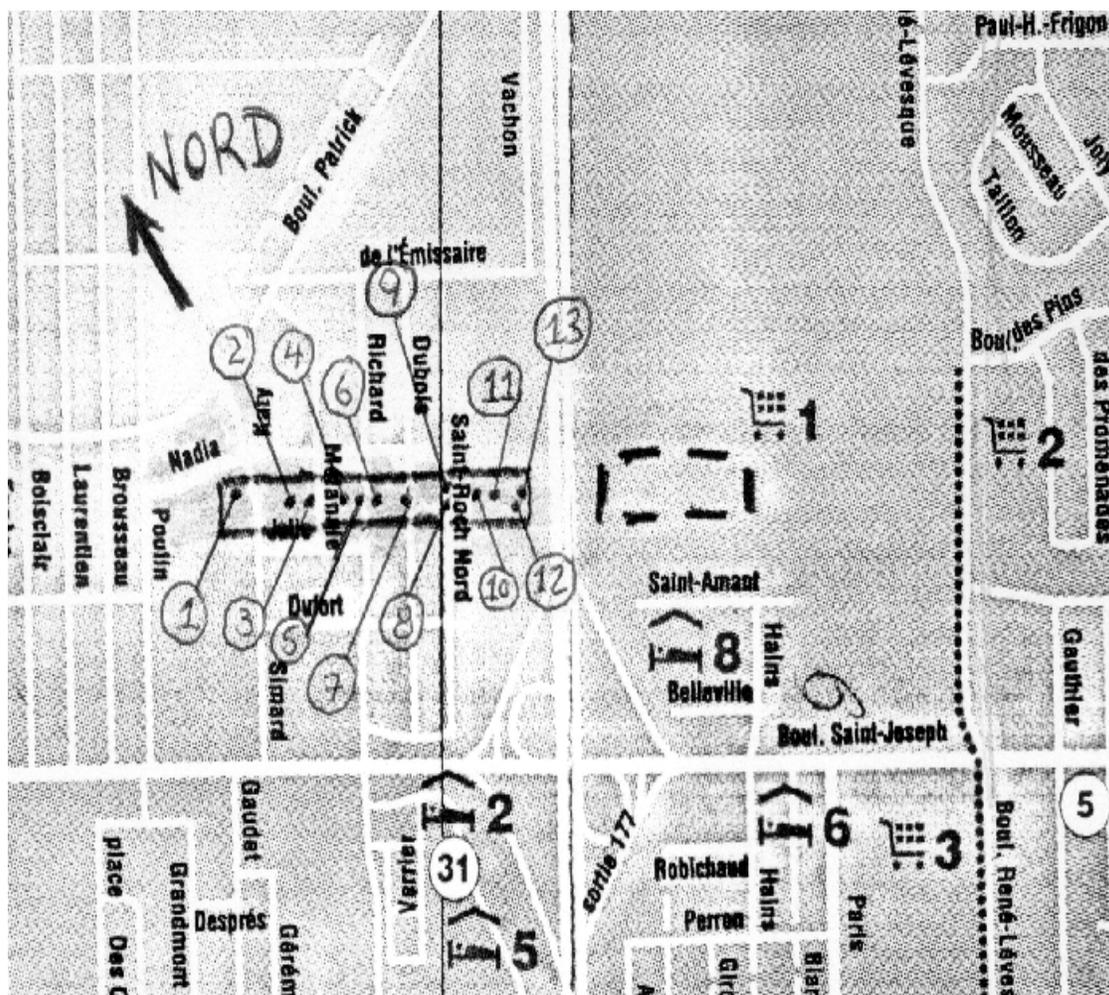


Figure 10 - Carte du quartier de Drummondville affecté par la tornade le 6 juillet 1999

5- Conclusion

La région des Bois-Francis se retrouve dans un contexte où les facteurs dynamiques évoluent au même rythme que les facteurs thermodynamiques, et ce favorablement pour la formation de temps violent. Durant la journée, l'assèchement des niveaux moyens s'enclenche et l'humidité à bas niveau augmente. Une deuxième onde courte s'approche alors que les courants jet de haut et de bas niveaux se positionnent pour soutenir la formation de temps violent. Les valeurs de cisaillement, d'énergie hydrostatique, et d'hélicité relative provenant du téphigramme de 12Z de Maniwaki et du téphigramme prévu pour Nicolet à 21Z indiquent un fort risque de développement de tornade. Une fois le complexe orageux développé sur la région, le doublet de mésocyclone se maintient dans le temps. Cette situation indique un fort potentiel de régénération tornadique sur la trajectoire de l'orage, et ce malgré l'absence d'indice de la part du radar conventionnel et des détecteurs de foudre. Un quartier en périphérie de Drummondville, et le secteur de Danville, Tingwick et Trois-Lacs sont les témoins de cette régénération.

ANNEXE



Photo 1 - face au nord-est



Photo 2 - face au sud-est



Photo 3 - face au nord-ouest (maison de droite la même qu'à la photo 2)



Photo 4 - face au sud-est



Photo 5 - face au nord-ouest (même bâtiment)



Photo 6 - face au nord-est



Photo 7 - face au sud-est



Photo 8 - face au sud (même maison que celle au centre de la photo 7)



Photo 9 - face au sud-est



Photo 10 - face au sud-est



Photo 11 - face au sud-est



Photo 12 - face au nord-est



Photo 13 - face au nord-est