Tornado Outbreak
du mois d'août 2014 en Belgique

Dossier réalisé par :

Jean-Yves Frique
Cofondateur de Belgorage

Robert Vilmos
Membre responsable de Belgorage

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

En ce mois d'août 2014, pas moins de sept tornades vont tour à tour se succéder sur notre pays en provoquant d'importants dégâts.

Ajoutons à cela la survenue d'une trombe marine à Zeebrugge ce qui fait de ce mois d'août 2014 l'un des mois les plus « tornadiques » que notre pays ait connu, du moins durant cette dernière décennie.

Il faut en effet remonter à août 2006 pour voir autant de cas de tornades ou de trombes marines recensées.

Dans ce dossier nous allons nous atteler à tenter de décrire le plus précisément possible les conditions météorologiques qui ont permis à ces tornades de se développer.

En outre, nous allons aborder un chapitre sur les tornades d'origine mésocyclonique en tentant de décrire les dernières théories sur le sujet ce qui implique d'utiliser des termes parfois assez techniques.

Mais en abordant ce sujet, nous nous sommes rendu compte de l'extrême complexité inhérente à un domaine aussi pointu. De ce fait, nous tenterons de survoler ces théories sans vouloir aller trop loin dans les explications. Pour ceux qui veulent en savoir plus, nous proposons des liens à la fin du présent document.

Nous allons ensuite nous pencher sur les méthodes de recensement de l'intensité d'une tornade et les problèmes qui peuvent en découler.

Enfin, nous terminerons ce dossier par l'analyse des dégâts et le parcours des tornades recensées durant ce mois d'août 2014.

De ce fait, nous vous souhaitons une agréable lecture.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Table des matières

CHAPITRE 1 5

Étude générale de la situation atmosphérique 5

1. Introduction et remarques préliminaires 5

1.1. Un premier mot sur le contexte climatique du mois d'août 2014 5

1.2. L'influence de la Mer du Nord sur les intempéries de l'été 2014 6

1.2.1. Les affirmations de la presse 6
1.2.2. Les caractéristiques générales de la Mer du Nord 7
1.2.3. L'influence du réchauffement climatique sur la Mer du Nord 8
1.2.4. Les variations interannuelles 9
1.2.5. La température de l'air au-dessus de l'eau 11
1.2.6. L'instabilité en mer et sur les terres avoisinantes 13
1.2.7. La convergence côtière 15
1.2.8. La situation en 2014 17

2. Analyse générale du mois d'août 19

3. Analyse détaillée du contexte météorologique des différentes intempéries 22

3.1. Le 8 août 2014 22

3.2. Le 10 août 2014 31

3.3. Le 15 août 2014 35

3.4. Le 22 août 2014 39

3.5. Conclusion sur la climatologie des tornades en Belgique 43

CHAPITRE 2 44

Les tornades d'origine mésocyclonique 44

1. Description 44

2. Formation 45

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 3 54

Estimations de l'intensité d'une tornade 54

Débats sur la méthode et sur les échelles utilisées pour estimer l'intensité d'une tornade 54

CHAPITRE 4 60

Analyses détaillées et parcours des tornades 60

Remerciements 87

Sources (sites internet, publications numérisées et littérature) 90

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 1

Étude générale de la situation atmosphérique

1. Introduction et remarques préliminaires

1.1. Un premier mot sur le contexte climatique du mois d'août 2014

Le mois d'août 2014, en dépit de sa fraîcheur, a été particulièrement orageux. Dans le pays, le nombre de jours d'orage, au nombre de 20, entre dans la catégorie « très anormal » selon l'IRM, la norme étant de 14,3 jours d'orage au mois d'août.

À cet égard, ce mois ressemble fort au mois d'août 2006, trop frais dans les mêmes proportions mais encore plus orageux. Ce mois-là comptabilisait même 25 jours d'orage dans le pays, record inégalé depuis qu'on possède des instruments précis pour détecter la foudre (1992).

Il existe cependant une différence fondamentale entre août 2006 et août 2014. Dans le premier cas, le mois faisait suite à un mois de juillet caniculaire, alors que dans le second, il fait suite à un mois de juillet à peine plus chaud que la moyenne. Cela change tout au niveau des effets de retour, notamment liés à la température de la Mer du Nord.

La presse, pourtant, affirmait de façon récurrente que les intempéries de l'été 2014, et même le nombre élevé de tornades observées, étaient liées à une Mer du Nord trop chaude. Avant de continuer l'analyse climatique de la période qui nous intéresse, nous allons justement nous attarder un peu sur ce sujet car la Mer du Nord, dans bien des situations, joue un rôle fondamental dans le développement ou l'inhibition des phénomènes orageux en Belgique.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2. L'influence de la Mer du Nord sur les intempéries de l'été 2014

1.2.1. Les affirmations de la presse

Comme mentionné ci-dessus, la presse ne cessait de mettre en avant la température élevée des eaux de la Mer du Nord. En voici quelques extraits :

« Selon des météorologistes néerlandais, les tornades et les fortes pluies récentes sont dues à la température trop élevée de la Mer du Nord. » (Le Soir)

Source : **Le Soir**

« La Mer du Nord est trop chaude. Selon l'Institut de Météorologie des Pays-Bas, c'est ce qui provoque l'été instable que nous connaissons cette année. » (RTL)

Plus élaborée, l'intervention de David Dehenauw dans le journal « Het Nieuwsblad » dont un extrait, écrit en néerlandais, a été traduit ci-dessous :

« Cet été est plus humide que les autres étés. La cause réside dans le réchauffement de la Mer du Nord. »
« Il ne pleut pas nécessairement plus souvent, mais quand il pleut, les précipitations sont plus importantes. Principalement, le littoral connaît des pluies plus intenses qu'au cours des années précédentes. »
« C'est dû au réchauffement de la température de l'eau, lui-même lié au réchauffement climatique. Si l'eau de la mer est plus chaude, elle s'évapore plus vite et forme de gros nuages chargés de précipitations qu'on retrouve par la suite sur l'intérieur des terres. Cet effet est également perceptible aux Pays-Bas et en Grande Bretagne. »

Il serait donc intéressant, dans un premier temps, de faire le point de ce qu'il en est vraiment du réchauffement de la Mer du Nord. Et nous allons tout de suite voir que la réponse n'est pas simple. La Mer du Nord, comme toute autre mer d'ailleurs, constitue en fait un ensemble complexe, qui ne réagit pas de façon uniforme aux variations du climat, qu'elles soient naturelles ou non.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2.2. Les caractéristiques générales de la Mer du Nord

Avant d'aborder la question du réchauffement, nous allons d'abord analyser le comportement de la Mer du Nord en général.

Dans une première approche, nous pouvons dire que la Mer du Nord réagit à la fois comme une mer intérieure et une mer ouverte. Il s'agit d'une mer intérieure dans le sens où les terres avoisinantes ont une énorme influence sur elle. C'est ainsi qu'il y a une différence d'environ 11°C entre l'hiver et l'été au niveau des eaux de surface du centre de la Mer du Nord, tandis que cette différence avoisine les 15°C dans la plupart des eaux côtières. À titre de comparaison, les eaux de surface de l'Atlantique ont une variation saisonnière de 7 à 8°C au large de l'Irlande, et de 5 à 6°C dans la partie centrale de l'océan, entre Europe et Amérique (à nos latitudes).

En même temps, la Mer du Nord est une mer ouverte puisqu'elle est constamment alimentée par les eaux de l'Atlantique, d'une part par son ouverture sur le « canal » de la Manche et d'autre part par son ouverture au nord. Au niveau de la Manche, nous avons au départ un courant qui se faufile entre Calais et Douvres, mais qui se subdivise en deux branches au large de la côte belge. Cet apport d'eau de l'Atlantique est d'intensité variable, en fonction de la situation atmosphérique générale, et peut même s'inverser dans certains cas, avec l'eau de la Mer du Nord qui reflue vers l'Atlantique.

Du côté nord, nous avons deux, voire trois courants marins bien distincts, qui se subdivisent eux-mêmes en de multiples branches. Dans une première approche, nous pouvons identifier un courant qui longe les côtes orientales de l'Écosse et dont une partie des eaux alimente la partie centrale de la Mer du Nord, et un autre courant qui longe à quelques distances les côtes norvégiennes, au large d'un courant inverse de sud qui, lui, s'écoule dans l'environnement immédiat de ces mêmes côtes norvégiennes.

Source : **R. van Hal, O.G. Bos, R. G. Jak**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Comme vous pouvez le deviner, ceci n'est pas sans conséquences sur la température des eaux. Ainsi, près de la Manche, les eaux de surface sont plus fraîches en été que dans le restant de la Mer du Nord, mais plus tièdes en hiver. Et c'est tout aussi vrai dans les zones affectées par les courants en provenance du nord. Ainsi en hiver, malgré la latitude, les eaux sont bien plus chaudes au large de l'Écosse qu'au large des Pays-Bas. Nous verrons plus loin que ces disparités de température ont une influence directe sur la stabilité ou l'instabilité de l'air.

Au mois d'août, de nos jours, la température de l'eau est de 18°C en moyenne à quelques dizaines de kilomètres au large de la côte belge, tandis qu'elle est de 20°C au niveau des eaux côtières (sur une bande de quelques kilomètres). Ajoutons à cela que l'eau est légèrement plus fraîche au large de La Panne (influence plus directe du courant en provenance de la Manche) qu'au large de Knokke.

1.2.3. L'influence du réchauffement climatique sur la Mer du Nord

En termes de réchauffement climatique, nous pouvons affirmer que la température de surface de la Mer du Nord a augmenté d'un peu moins de 1°C par rapport à 1950. Le principal saut climatique, qui s'est produit vers 1987-1988 à l'intérieur des terres, s'est manifesté avec un retard d'un an environ au niveau des eaux, c'est-à-dire vers 1988-1989. Ce réchauffement, par ailleurs, est quelque peu dissymétrique, avec une hausse plus marquée au large de Knokke qu'au large de La Panne.

L'explication en est assez simple : la Mer du Nord, comme précisé plus haut, suit assez bien le continent qui l'entoure et dont le réchauffement est plus marqué que celui de l'océan. Ce dernier, en fait, réagit très lentement même aux changements climatiques planétaires.
Il est donc évident que les eaux au large de La Panne, plus proches de la Manche et de l'alimentation en eaux atlantiques, subissent (un peu) moins le réchauffement climatique que les eaux au large de Knokke. En chiffres, la hausse peut être estimée à 0,6°C pour l'ouest de la côte belge et à 0,9°C pour l'est.

Ceci pourrait avoir une influence sur les trombes marines, qui semblent plus fréquentes du côté de Zeebruges-Knokke que du côté de La Panne-Coxyde, mais ceci reste encore à démontrer.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2.4. Les variations interannuelles

Les variations interannuelles, c'est-à-dire les différences qu'on peut observer d'une année à l'autre, sont restées les mêmes, sauf qu'elles se calculent désormais autour d'une moyenne plus élevée. Un été extrêmement chaud donnera une température de l'eau, à quelques dizaines de kilomètres au large des côtes belges, qui sera supérieure de 2°C à celle d'un été normal. Dans les eaux côtières par contre, cette différence est bien plus importante. C'est ainsi que pendant l'été caniculaire de 2003, la température est montée jusqu'à 20°C pour les eaux de surface situées au large, et jusqu'à 24°C pour les eaux de surface côtières.

Des écarts similaires par rapport à la moyenne (de l'époque) ont été observés lors des grands étés de 1911 et de 1947, où la majeure partie de la canicule a été observée en août et en septembre. En 1976 par contre, où le centre de gravité de la canicule s'est situé dans la première moitié de l'été, l'écart a été moindre. En 2006 par contre, le mois de juillet a été tellement chaud que les eaux côtières, tout comme en 2003, sont montées jusqu'à 24°C à la fin du mois, mais en 2006, elles ont rapidement rebaissé par la suite, dans le cadre d'un mois d'août frais et pluvieux. Nous reviendrons d'ailleurs sur le mois d'août de cette année-là, qui est intéressant à plus d'un égard.

Retenons pour le moment que les eaux côtières réagissent rapidement à un coup de chaleur continentale, avec un retard de quelques jours seulement. Cette hausse peut d'ailleurs être significative aussi, avec 4°C ou plus si la canicule dure plus d'une semaine. Au large par contre, la hausse de température sera moindre et se produira avec un retard de plusieurs semaines.

Nous retrouvons ce phénomène à plus grande échelle dans l'évolution saisonnière. Les eaux côtières sont les plus chaudes, en moyenne, en début août, tandis qu'au large, il faudra attendre la fin août, voire le début septembre pour que la température atteigne son point culminant.

Vous trouverez à la page suivante une carte de l'été 2001, qui est assez représentative pour un été normal.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Source : **NOAA + KNMI**

Il apparaît clairement, ici, que l'eau atlantique plus fraîche tente de pénétrer via la Manche dans la Mer du Nord. Mais cette fois-ci, le réchauffement combiné des eaux côtières belgo-françaises et des eaux anglaises a permis de former une jonction qui empêche ces eaux fraîches d'aller plus loin. Il s'agit là d''une des vicissitudes qui forme la complexité du climat de la Mer du Nord. Les côtes orientales de l'Écosse, par contre, sont bien alimentées en eaux froides.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2.5. La température de l'air au-dessus de l'eau

Il est temps, à présent, d'étudier la température de l'air qui passe au-dessus de l'eau.

En raison de la grande capacité thermique de l'eau, l'air au-dessus de celle-ci aura une température assez voisine de cette dernière (ce qui est loin d'être le cas de l'air au-dessus des terres, qui sont certes surchauffées certains étés, mais qui ont une capacité thermique moindre). Cependant, l'influence continentale de l'air au-dessus de la Mer du Nord ne sera pas tout à fait annulée pour autant. De ce fait, au printemps et en été (d'avril à juillet-août), l'air sera en moyenne légèrement plus chaud que l'eau, tandis qu'il sera en moyenne plus froid aux autres saisons. La plus grande différence est généralement notée aux mois de novembre et décembre, avec un écart moyen de 2°C entre l'eau (plus chaude) et l'air (plus frais). En moyenne sur toute l'année, l'air demeure de 0,7°C plus froid que l'eau.

Toutefois, en cas d'arrivée massive d'air chaud, l'air sera plus chaud que l'eau en toute saison, et l'inverse est vrai en cas d'arrivée massive d'air froid. Ceci n'est évidemment pas sans conséquences pour la stabilité ou l'instabilité de l'air.

Ci-dessous, une illustration de l'été 2006, qui a été caractérisé en juillet par une quasi-constance de masses d'air chaud, et en août, par une quasi-constance de masses d'air frais.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

All times are UTC/GMT, adjusted by one hour ahead during the summer to British Summer Time (BST).

Source : **Channel Swimming & Piloting Federation**

Courbe orange : température de l'air
Courbe verte : température de l'eau
Courbe bleue : amplitude des marées (n'est pas prise en compte dans le cadre du présent ouvrage)

Ces graphiques issus de la bouée 62 304 (Sandettie Buoy), située à 15 kilomètres au large de Calais et à autant de kilomètres de la côte anglaise, montrent comment la température de l'air, cette année-là, est presque constamment supérieure ou égale à celle de l'eau en juillet, et comment elle est presque constamment inférieure à la celle de l'eau en août. Cependant l'écart entre l'air et l'eau, sauf rares exceptions (comme le 19 juillet), ne dépasse jamais 4 à 5°C. Ceci a toute son importance quand il s'agit d'analyser les situations d'extrême instabilité que l'on rencontre parfois au-dessus de la Mer du Nord.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2.6. L'instabilité en mer et sur les terres avoisinantes

En vertu de ce qui précède, nous pouvons imaginer que, lorsque de l'air polaire circule sur une eau encore chaude, par exemple à 19°C, la température des basses couches de l'air monte « obligatoirement » jusqu'à 14-15°C. Cela signifie donc que ce réchauffement « forcé » va produire des décroissances thermiques considérables entre l'air directement en contact avec l'eau et celui qui est situé à quelques centaines de mètres au-dessus.

Après analyse de différents sondages atmosphériques effectués au-dessus de la haute mer (plate-forme Ekofisk) ou au-dessus d'une île de Frise (Norderney), nous pouvons constater qu'en cas d'air polaire direct, le gradient devient super-adiabatique jusqu'à 200-300 mètres d'altitude, puis conditionnellement instable jusqu'à de grandes altitudes, tant qu'une influence anticyclonique ne contrecarre pas cette instabilité par de la subsidence. Il s'agit donc de conditions idéales pour la formation de puissantes averses, d'autant plus que l'humidité est forte en milieu maritime et que par conséquent, le niveau LCL est très bas.

Notamment en août 2006, nous avons connu à plusieurs reprises des conditions extrêmes. Le 2 août par exemple, les eaux côtières étaient encore à 22-23°C (et à 19-20°C au large) pendant que de l'air froid et humide circulait déjà sur notre pays depuis la veille. Il en a résulté une instabilité monstre, notamment du côté de Knokke, avec des orages qui se succédaient les uns aux autres, accompagnés à chaque fois de fortes rafales. Pour finir, on a recueilli 36 millimètres d'eau à cette station, mais c'est surtout l'activité orageuse qui a été très présente ce jour-là.

Dans le courant de ce même mois d'août, la température des eaux côtières baissera rapidement des suites de la constance du temps frais, mais au large, les effets de la canicule de juillet feront encore longtemps ressentir leurs effets, avec une température qui, à quelques dixièmes de degrés près, restera la même jusqu'à la fin du mois. De très nombreuses averses pourront donc continuer à se former en mer et, au vu de la fréquence des vents de nord-ouest en ce mois d'août 2006, la Belgique en subira pleinement les conséquences, avec des totaux pluviométriques oscillant souvent autour des 200 mm !

Il arrive cependant que les conditions d'instabilité, dans de telles situations, soient « trop » bonnes en mer, avec des averses qui se forment partout et à tout moment et… qui s'affaiblissent les unes les autres par effet de proximité !

Le cas le plus célèbre est celui de novembre 1973. Nous avons une masse d'air arctique exceptionnellement froide pour la saison qui déboule sur une Mer du Nord automnale, qui n'a pas encore eu le temps de se refroidir. Les 27 et 28 du mois, l'eau de surface est encore à 10°C tandis que l'air en altitude se situe vers –8 à –9°C à 1500 mètres, et descend temporairement jusqu'à –40°C à 5300 mètres.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Dans les basses couches, l'air est brutalement réchauffé jusqu'à 5°C, ce qui crée des gradients extraordinairement élevés, de 1°C par 100 mètres jusqu'à 1000 mètres, et de 0,8°C par 100 mètres jusqu'au-dessus de 5000 mètres. Avec une forte humidité en prime, des averses monstres auraient dû se produire, pourtant il n'en a rien été !

Les véritables averses n'ont pu se mettre en place qu'à quelques dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres, où l'instabilité a été certes un peu moins bonne (fort refroidissement par le bas sur les terres froides), mais où les conditions de cisaillement on été bien meilleures en raison du frottement de l'air des basses couches au-dessus du continent (diminution de la force de Coriolis). Il en a résulté les chutes de neige parmi les pires que notre pays n'ait jamais connues, avec 30 à 40 centimètres tombés en 48 heures !

En été, ce genre de situation peut provoquer des orages particulièrement violents et inattendus (il ne fait même pas chaud) en région gantoise et anversoise, d'autant plus qu'à l'intérieur des terres, en raison du cycle diurne plus marqué, il fait légèrement moins frais l'après-midi qu'à la mer même en cas de masse d'air froide.

Cependant, les explications qui précèdent ne sauraient être complètes si nous ne nous penchions pas sur un autre phénomène récurrent en région côtière.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2.7. La convergence côtière

Ici, nous allons étudier les conséquences du frottement plus important de l'air sur le continent (rugosité forte) que sur la mer (rugosité faible). En effet, lorsque le vent est à peine ralenti par la rugosité, la force de Coriolis agit pleinement et le vent est presque parallèle aux isobares. Ainsi, lorsque le vent géostrophique souffle de l'ouest, le vent au-dessus de la mer soufflera pratiquement de l'ouest aussi. Sur le continent par contre, le vent est (en moyenne) fortement ralenti, ce qui diminue la force de Coriolis aussi. Le vent tend à nouveau à se diriger des hautes vers les basses pressions. Cela signifie en d'autres termes que lorsque le vent géostrophique souffle de l'ouest, le vent sur le continent souffle d'ouest-sud-ouest, de sud-ouest, voire même de sud-sud-ouest en cas de circulation très lente. Ceci provoque d'une part un cisaillement plus ou moins fort avec les vents soufflant plus haut en altitude, et d'autre part une convergence ou une divergence par rapport à l'air circulant au-dessus de la mer.

Lorsque le vent vient de gauche en regardant vers la mer, nous aurons une convergence, lorsque le vent vient de droite, nous aurons une divergence. Pour la côte belge, cela signifie que si le vent souffle d'ouest-sud-ouest en mer, il y aura convergence avec le vent de sud-ouest ou de sud-sud-ouest qui souffle sur les terres. Au contraire, si le vent souffle d'est-nord-est en mer, il se mettra à souffler de nord-est, puis de nord-nord-est au gré de l'éloignement de la mer, ce qui forme alors une divergence côtière.

Les illustrations ci-dessous expliquent comment se forme la convergence côtière.

Ici, nous avons la situation « idéale », où la convergence côtière se forme très près de la côte.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Ici nous avons un vent général plus méridional, qui repousse la convergence vers le large.

Ici par contre, nous avons un vent général plus occidental, qui repousse la convergence vers l'intérieur des terres. Ce dernier cas est très fréquent dans les traînes actives.

Attention ! Il ne faut pas confondre ce phénomène avec la brise de mer ou la brise de terre. Il s'agit ici d'un phénomène purement dynamique. Aucune différence de température n'est nécessaire pour que ce phénomène se mette en place.

Il en résulte que la zone située à une trentaine de kilomètres à l'intérieur des terres est très sensible aux orages, non seulement pendant les journées chaudes de l'été, où elle se situe justement près du front de brise de mer, mais aussi lors des traînes actives, où la convergence côtière vient se placer là aussi.

Même si l'existence d'une « tornado alley » belge n'a pas encore pu être démontrée, il est certain que cette zone concentre pas mal de phénomènes orageux violents qui se produisent en Belgique. En août 2006, la récurrence a été telle que c'est là que les précipitations mensuelles ont été les plus fortes, avec 230 à 240 mm (pour environ 200 mm ailleurs). Seuls les hauts plateaux fagnards ont fait encore mieux (plus de 300 mm), mais là c'était pour des raisons orographiques évidentes.
Et en 2014 ?

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

1.2.8. La situation en 2014

En début d'année, des suites d'un hiver particulièrement doux, les eaux de surface de la Mer du Nord ont connu des températures très élevées aussi. Des records ont même été frôlés en janvier et en février, mais l'année exceptionnelle de 2007 n'a pas pu être battue.

Le début du printemps a été tout à fait hors normes et, en début avril, les eaux ont connu par moment les températures les plus élevées jamais enregistrées en pareille saison. Mais le temps est devenu plus normal par la suite et la Mer du Nord a peu à peu reperdu son avance sur la saison.

Le mois de juillet a de nouveau été assez chaud, et vers le début août, les eaux sont redevenues chaudes aussi, tout en restant loin derrière les extrêmes de 2003 et de 2006. Ensuite, le mauvais temps a rapidement fait rebaisser les températures marines, et comme l'excès du début du mois n'a pas été fort important, les eaux ont repris une température normale dès le milieu du mois, pour même passer légèrement en dessous des normes à la fin. Ce sera d'ailleurs le seul moment de 2014 avec des eaux trop fraîches, mais il fait justement partie de la période qui nous intéresse.

Le graphique ci-dessous montre la baisse rapide de la température de l'eau au cours de ce mois d'août.

La courbe en vert donne la température des eaux de surface au large
Les autres courbes reprennent les valeurs de différents points de mesure non loin des plages

Source : **Weerwoord**

Cela signifie donc que même les eaux au large, qui réagissent avec retard par rapport aux eaux côtières, n'ont pas une rétroaction suffisamment longue pour pouvoir répercuter les effets du printemps encore quatre mois après.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

C'est très vrai en 2013 aussi, où l'hiver et le printemps très froids ont maintenu les eaux froides jusqu'à la mi-juillet, mais la chaleur de juillet et de début août ont rapidement permis de rattraper ce retard thermique, avec des eaux qui sont mêmes devenues plus chaudes que la normale à la fin de l'été.

En 2014, comme nous l'avons vu, c'est un peu l'inverse qui s'est produit. On ne peut donc parler d'une éventuelle influence d'une Mer du Nord trop chaude qu'au début du mois d'août, mais plus au milieu, et certainement plus à la fin. À cela, il faut ajouter que lors des tornades des 8 et 10 août, les vents étaient orientés dans le cadran sud-est – sud-ouest (avec un flux directeur de sud-ouest en altitude), ce qui exclut toute influence directe de la Mer du Nord sur ces tornades. Lors de la trombe marine du 15, les eaux avaient déjà une température presque normale (ce qui est toutefois amplement suffisant, à cette saison, pour former des trombes marines). Quant au 22, jour des dernières tornades de ce mois d'août, le vent venait effectivement de la mer, mais la température de cette dernière était déjà en passe de descendre en dessous des normes saisonnières.

L'argument de la Mer du Nord trop chaude pour expliquer les intempéries d'août 2014 ne tient donc pas la route.

À présent, nous pouvons donc passer à l'analyse d'abord générale du mois d'août 2014, puis à l'analyse détaillée des 8, 10, 15 et 22 août pour tenter de trouver l'explication réelle des phénomènes violents que nous avons subis.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

2. Analyse générale du mois d'août

Très schématiquement, on pourrait résumer l'évolution météorologique au cours de ce mois d'août par le lent déplacement vers l'est de la position moyenne d'un creux d'altitude, nous plaçant d'abord dans une circulation à tendance ouest-sud-ouest, puis dans une circulation à tendance ouest-nord-ouest (basculement vers le 13 août). Ce n'est qu'à la fin du mois qu'une crête tente de se développer au-dessus de nos régions, avec cependant un effet plutôt limité sur le temps de nos régions.

Source : **Météociel**

En surface, il en résulte une succession de perturbations frontales, préfrontales et post-frontales. Dans un premier temps, c'est-à-dire dans le cadre de la circulation d'ouest-sud-ouest, des perturbations très ouvertes ondulaient sur notre pays ou à proximité de celui-ci, avec de larges secteurs chauds et d'importantes remontées d'air méridional, dont l'Allemagne et l'est de la France ont toutefois mieux bénéficié que la Belgique. Par la suite, les fronts ont de plus en plus évolué vers des fronts occlus et des fronts froids, souvent suivis de fronts froids secondaires au sein de traînes actives.

Source : **KNMI**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les températures, dès lors, ont fortement baissé et de nombreuses régions du pays ont connu de longues périodes où celles-ci n'atteignaient même plus les 20°C. Cependant, en raison du froid qui s'est manifesté en altitude aussi, l'instabilité et la tendance orageuse se sont maintenues.

Cela montre une fois de plus que les tornades – qui se sont produites les 8, 10 et 22 août – ne répondent souvent pas aux conditions de la journée d'été étouffante qui dégénère en orages violents, pouvant éventuellement être accompagnés d'une tornade.

Bien que de telles tornades existent bel et bien en Belgique, ce ne sont de loin pas les cas les plus fréquents. Il n'est même pas rare que des tornades se forment dans des conditions de prime abord quelconques, avec un temps gris et à peine tiède, voire froid quand il s'agit d'une traîne active (qui en Belgique peut également s'accompagner de temps gris si de nombreux stratocumulus se forment entre les nuages d'averse).

Même les cinq épisodes tornadiques les plus puissants (F3-F4) des 120 dernières années n'ont pas toujours été le fruit d'un temps estival chaud. En fait, parmi ces cinq cas, seul celui de 1904 (Virton) a été franchement estival, avec des températures de 28-29°C dans une atmosphère fort humide. En 1967 (Oostmalle), les températures tournaient autour des 25°C tandis que dans les trois autres cas (Rixensart en 1895, Kortemarkt en 1902 et Léglise en 1982), on pouvait plus parler de tiédeur que de chaleur (22-24°C), avec un ciel parfois fort nuageux, voire gris.

Beaucoup plus récemment, c'est en plein hiver que ce se sont formées des tornades significatives, faisant partie d'un véritable « tornado outbreak » et affectant l'ouest de la Belgique en date du 25 janvier 2014. Et là, pour l'observateur au sol, rien mais vraiment rien ne laissait présager un tel événement, tant le temps était gris, brumeux et quelconque avec une nappe de stratocumulus on ne peut plus monotone.

À la page suivante, une image prise d'une webcam illustre à merveille les conditions climatiques qui régnaient le 25 janvier avant l'arrivée de ce « derecho », engendrant de nombreuses rafales descendantes virulentes ainsi que plusieurs tornades dont deux en Belgique, trois en France et deux au Royaume-Uni.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Webcam de Moerzeke – Source : **Wunderground**

Durant l'été 2014, nous avons, à plusieurs reprises, vécu le même genre de situation, soit un ciel qui ne laissait en rien prévoir l'apparition de tornades. En ce sens, nos tornades sont traîtresses et peuvent donc, malgré leur degré généralement plus faible qu'aux États-Unis, s'avérer particulièrement dangereuses.

Analysons à présent les conditions météorologiques qui ont prévalu les 8, 10, 15 et 22 août 2014.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

3. Analyse détaillée du contexte météorologique des différentes intempéries

3.1. Le 8 août 2014

Le 8 août, le flux perturbé est ralenti très temporairement par une faible crête anticyclonique qui s'est formée la veille sur le sud de la Mer du Nord et qui s'est ensuite développée vers l'Allemagne avant de se retirer vers le nord.

Source : **KNMI**

Cette crête, loin de nous apporter le beau temps, a bloqué au-dessus de nos têtes une occlusion, se traduisant par un mix de stratocumulus et de nuages d'averses, avec des précipitations non négligeables. Cette occlusion a été bousculée ensuite par l'arrivée d'une nouvelle perturbation, un système frontal ouvert où une convergence préfrontale s'est rapidement développée à l'intérieur du secteur chaud, à l'avant du front froid.

Il serait cependant intéressant de revenir à cette crête anticyclonique, car c'est un phénomène récurrent dans les situations orageuses sévères. Ce phénomène a déjà été présent lors des graves tornades de juin 1967, mais aussi beaucoup plus récemment, dans le cadre des orages dévastateurs du « Pukkelpop » en août 2011 et dans bien d'autres situations extrêmes encore.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Source : **KNMI**

Ces cartes illustrent respectivement :

Le 25 mai 2009 – MCS avec grêlons jusqu'à 9 cm et macrorafales T3 sur l'échelle de Torro
Le 18 août 2011 – Échos en arc avec macrorafales T3 ravageant le festival « Pukkelpop »
Les 22-23 août 2011 – Cinq offensives orageuses (MCS en série) avec d'intenses précipitations
Le 8 juin 2014 – 2e jour du « supercell outbreak » de juin 2014, avec de très gros grêlons

Nous y voyons que l'anticyclone a tendance à venir se loger sur la partie méridionale de la Mer du Nord, et juste à l'avant du front chaud qu'il ralentit. Il s'agit en fait d'un anticyclone très pelliculaire, d'origine purement thermique, qui se forme au-dessus des eaux fraîches de la Mer du Nord alors que le courant général advecte de l'air chaud et humide en provenance du sud-ouest. Il arrive souvent, d'ailleurs, que le front n'est pas tout à fait imperméable à cet air frais et que celui-ci se glisse à l'intérieur du secteur chaud où il se mélange à l'air moite qui s'y trouve.

S'il est évident que ce n'est pas l'anticyclone qui crée les orages, celui-ci parvient cependant, dans ce cas très particulier, à les renforcer après les avoir temporairement inhibés. En effet, le vent de sud-ouest va prendre une direction est à sud-est dans les basses couches, et même temporairement une direction nord-est. C'est à moment-là que l'air plus frais s'infiltre dans les basses couches et crée une inversion qui ralentit pendant un temps la convection. En plus, la déviation du vent crée d'importants cisaillements par rapport aux couches supérieures, ce qui favorise la formation de supercellules une fois que l'inversion est vaincue. Lorsque le contexte atmosphérique général est très dynamique, on peut tout simplement dire que ce petit anticyclone peut constituer la « goutte qui fait déborder le vase », ou plutôt la goutte qui fait tout exploser !

Une fois de plus, on voit bien ici combien la Mer du Nord influence parfois nos situations orageuses.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le 8 août, comme expliqué ci-dessus, a également vu la formation d'un anticyclone thermique sur le sud de la Mer du Nord, qui a été responsable de très importants cisaillements directionnels du vent. Bien que la forme de l'anticyclone, cette fois-ci, ait limité les infiltrations fraîches, le vent a été fort affecté par cette crête. Il en a résulté une combinaison entre un flux d'est à sud-est quelque peu continentalisé dans les basses couches et l'arrivée du secteur chaud dans les couches plus élevées, ce qui a donné un temps particulièrement doux au vu de l'importante couche nuageuse, avec des températures de 21 à 22°C, voire plus par endroit.

Cependant, le plus remarquable a été le très fort taux d'humidité, avec des points de rosée de 18 à 19°C. Il est rare, en Belgique, d'avoir des taux d'humidité aussi élevés en journée par configuration instable. Il faut d'ailleurs dire que l'instabilité, dans pareil contexte, ne doit même pas être très marquée pour déclencher de violentes averses. En fait, le niveau LCL se situe à quelques petites centaines de mètres à peine au-dessus du sol, ce qui fait que les courants ascendants se retrouvent déjà saturés alors qu'ils sont encore à 18°C ou plus.

Si nous avons l'habitude, dans nos contrées, de dire que le gradient adiabatique humide est de 0,5 à 0,6°C par 100 mètres, c'est parce qu'il s'agit de la valeur moyenne à nos latitudes (plutôt 0,5°C en été et plutôt 0,6°C en hiver). Dans des situations extrêmes comme celle-ci, le gradient adiabatique humide peut se rapprocher à ce que l'on rencontre dans les climats tropicaux océaniques, c'est-à-dire 0,4°C seulement par 100 mètres.

Le tableau ci-après montre comment l'adiabatique saturée est à la fois influencée par la température et par la pression.

	P [hPa]		
T [°C]	1000	700	500
-30	9,2	9	8,7
-20	8,6	8,2	7,8
-10	7,7	7,1	6,4
0	6,5	5,8	5,1
10	5,3	4,6	4
20	4,3	3,7	3,3

Source : **Everard Couturier sur slideplayer.fr**

Nous pouvons voir ici que par une température de près de 20°C (et un point de rosée équivalent si l'air est saturé), la décroissance avec l'altitude n'est que de 4,3°C par 100 mètres.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Avec si peu de décroissance, la température sera encore aisément proche des 10°C au niveau 700 hPa, ce qui fait que la décroissance reste toujours faible à ce niveau-là, de l'ordre de 4,6°C seulement.

Un rapide coup d'œil sur les sondages atmosphériques nous montre que les gradients verticaux, sans être terribles, restent néanmoins nettement supérieurs à ce qui se passe à l'intérieur de la colonne ascendante, ce qui fait que la convection demeure fortement favorisée en dépit des conditions qui, à prime abord, pourraient sembler médiocres.

Si nous ajoutons à cela la belle rotation du vent, qui passe de l'est-sud-est dans les basses couches au sud-sud-est dans les couches moyennes inférieures, et au sud-ouest dans les couches moyennes supérieures, nous obtenons même de belles conditions pour former des supercellules.

Complétons encore par du vent fort d'ouest-sud-ouest dans les hautes couches, et nous comprenons que tous les ingrédients pour de possibles tornades étaient bien présents.

Plus loin dans le texte, nous verrons en détail ce qu'est un cisaillement dit « tournant ».

En attendant, pour l'observateur au sol, les tornades du 8 août 2014 ont été particulièrement traîtresses. Même si des températures de 21 à 22°C sont élevées pour une journée perturbée, elles ne donnent pas du tout la sensation de chaleur étouffante à laquelle on s'attend habituellement avant que n'éclatent des orages violents. En outre, le soleil, plutôt absent, n'a rien fait pour donner l'ambiance pré-orageuse si typique, avec les nuages qu'on dit en « choux-fleurs ». Que du contraire…

Si on regarde le déroulement météorologique de la journée à Mélin, localité située à 5 kilomètres seulement du parcours de la tornade de Jauchelette, force est de constater que le temps observé est tout à fait quelconque et typique d'une journée belge où il ne fait pas beau.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Dès le matin, le ciel est très nuageux avec un mix d'altocumulus et de stratocumulus, les seconds devenant rapidement prépondérants.

Ensuite, ce sont les nuages typiques des perturbations frontales qui ont envahi le ciel, altostratus, stratocumulus et fractus accompagnés de pluie, le tout formant un nimbostratus avec cumulonimbus enclavés. De temps en temps, un peu de convection reste reconnaissable depuis le sol.

Source des images : **Météo Mélin**

Pendant ce temps à Mélin, la température oscille le plus souvent entre 20 et 21°C avec des humidités proches de 90% (ce qui correspond à des points de rosée de 19°C). Les précipitations, en journée, sont généralement faibles, mais elles s'intensifient rapidement en début de soirée, notamment à partir de 18h40. C'est 10 minutes environ après le passage de la tornade.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le ciel s'obscurcit alors, signe du passage d'un cumulonimbus, mais rien de particulier n'est visible à 5 kilomètres de la tornade, si ce n'est la pluie qui tombe à seaux. À la station toute proche de Jodoigne, il tombe 31,7 mm en 1 heure, dont 8,2 mm en seulement 5 minutes. Le total de la journée est de 35,3 mm. À Mélin, seul ce total est disponible et il est de 35,0 mm, donc une valeur très proche. La station officielle de Beauvechain (à une dizaine de kilomètres de la tornade) donne quant à elle un total de 35,0 mm aussi.

Dans aucune de ces stations, on n'a noté de rafales de vent particulières.

Nous ne disposons d'aucune photo de cette tornade de Jauchelette, si ce ne sont celles des dégâts que ladite tornade a occasionnés (voir plus loin dans le présent dossier). Mais il ne s'agit pas de la seule tornade observée en ce 8 août 2014. Deux autres se sont également produites, l'une à Manhay et l'autre à Sart-Lez-Spa.

Sur la photo suivante, prise à Sart-Lez-Spa, nous voyons bien combien le ciel est généralement chargé de nuages « parasites » autour de la tornade, mais grâce à une bonne visibilité horizontale dans les basses couches dans cette région, le mésocyclone est bien visible malgré tout.

Source : **Info Météo**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Et voici la tornade en formation, vue depuis Jalhay.

Extrait d'une vidéo

Crédit photo : **Laurent Le Millin** (Source : **MétéoBelgique**)

Enfin pour la tornade de Manhay, dans le nord de la Province du Luxembourg, il existe un document photographique plus clair, laissant deviner ce qui pourrait être une tornade derrière des bâtiments et un arbre. Il faut dire que dans la région, le ciel était un peu moins couvert qu'ailleurs, avec cirrostratus/altostratus suivis de la formation de cumulus et de cumulonimbus au milieu de pas mal de stratocumulus, mais avec une instabilité bien plus visible qu'ailleurs, d'où de meilleures conditions photographiques à la survenue des phénomènes violents.

Source : **RTL-TVI**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Il est intéressant de noter que tous ces phénomènes n'ont pas impliqué, après leur passage, de véritable changement du type de temps. La température n'a pas baissé et le vent n'a pas changé de direction, sauf évidemment à proximité immédiate des cellules. Quant aux nuages, ils ont certes présenté quelques trouées après le passage des averses, mais les stratocumulus demeuraient présents dans une large mesure, parfois en coexistence avec des altostratus et l'un ou l'autre fractus laissé par les précipitations.

Webcam de Roncq (Roubaix, FR) – Source : **Infoclimat**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Un coup d'œil sur les cartes d'analyse du KNMI permet de comprendre le pourquoi. Il n'y a aucune véritable ligne de convergence organisée, juste un vague front chaud.

Tout se joue dans le cisaillement général du vent, dans l'air devenant facilement instable en raison de la très forte humidité (cf. explications plus haut) et dans la dynamique d'altitude, marquée entre autres par un courant jet particulièrement puissant par moment en soirée (185 km/h au-dessus de Beauvechain vers 12 500 mètres, c'est-à-dire à la tropopause).

Source : **KNMI**

Enfin, pour clore cette analyse du 8 août 2014, voici encore une photo de l'impressionnant rabaissement nuageux qui a été observé à Tilff, au sud de Liège.

Crédit photo : **Raphaël Sanchez**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

3.2. Le 10 août 2014

Encore une journée que rien, en apparence, ne prédisposait aux tornades. En fait, vu du sol, nous avons une journée d'été belge des plus quelconques, même dans la région où les tornades seront observées. La matinée commence avec quelques éclaircies entre d'importantes nappes d'altocumulus, tandis que des cumulus humilis et fractus se forment assez rapidement, vite accompagnés de stratocumulus.

Temps à Lobbes à 11h55 – Source : **Météo Lobbes**

Le temps est assez venteux, avec une petite fraîcheur estivale humide. La température monte assez péniblement vers 20-21°C, mais rechute un peu sous les averses qui se forment dès midi. À ce moment-là, notre pays se retrouve coincé entre deux perturbations frontales, l'une au sud qui forme une ondulation et l'autre au nord avec la formation d'un petit secteur chaud qui fera remonter les températures dans un second temps.

Source : **KNMI**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les sondages confirment la nature un peu hybride des masses d'air en présence, qui oscillent entre stabilité et instabilité. Il n'est donc pas étonnant d'avoir un mix de stratocumulus et de nuages convectifs, dont certains arrivent au stade de pouvoir produire des averses.

Tout se joue une fois encore sur la dynamique d'altitude, qui activera de façon extrême le front froid appartenant à la perturbation septentrionale, tandis que l'ondulation de la perturbation méridionale aura pour effet de dévier quelque peu les vents dans les basses couches, les maintenant en moyenne dans le secteur plein sud. Avec des vents soufflant déjà fortement de sud-ouest dans les moyennes couches et avec un puissant jet-stream d'ouest-sud-ouest peu en dessous de la tropopause (176 km/h au-dessus de Trappes), on comprendra aisément que les cisaillements sont importants.

Ajoutons à cela que la dépression responsable du temps perturbé est l'ex-cyclone tropical Bertha, et nous ne nous étonnerons plus de la violence de la dégradation orageuse qui affectera notre pays en début de soirée. Voici un extrait de l'analyse de nos partenaires d'Info Météo :

« Le 10 août 2014, l'ancien cyclone tropical Bertha arrive sur les Îles Britanniques après avoir erré dans l'Atlantique. Il transporte avec lui une bouffée d'air chaud et humide qui va autoriser la mise en place d'une dégradation orageuse inhabituelle et tornadique sur le nord de la France et la Belgique. Cette offensive orageuse vient s'intercaler parmi d'autres, au cœur d'un été humide et aux situations synoptiques assez bizarroïdes.

15h30 heure belge – Source : **NOAA**

« L'image ci-dessus montre Bertha vers 15h30 ce 10 août. À ce moment-là, le centre de la dépression se trouve sur l'est des Îles Britanniques.
L'ex-cyclone est suffisamment creux pour déclencher un coup de vent hors saison en Manche et sur les côtes du nord de la France où les plus fortes rafales atteignent 100 km/h (notamment au Cap Gris-Nez). »

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

« Du sud de la Mer du Nord jusqu'à la Vendée en passant par le nord de la France court le front froid de la dépression, très actif. Une fois n'est pas coutume, c'est sur ce front que la majeure partie de l'activité orageuse prend place. Habituellement, en été, les orages se positionnent à l'avant du front, le long d'un creux ou d'une ligne de convergence. Ce n'est pas le cas ici. Plus au nord, le front chaud de la dépression s'évacue en direction de l'Allemagne et des Pays-Bas, après avoir donné en Belgique des pluies en matinée et en début d'après-midi. Entre les deux, une brutale invasion d'air doux, mais surtout très humide, envahit le pays. Le front froid vient s'écraser contre cet air instable, et déclenche l'apparition de nombreuses cellules orageuses qui adoptent très vite un caractère très intense. »

« Une très forte dynamique d'altitude engendre de puissants cisaillements de vent au niveau du front, celui-ci étant de plus poussé par le jet-stream. L'ensemble des éléments entrant en phasage est propice au développement de très fortes rafales et de tornades. Ainsi, c'est un QLCS particulièrement bien formé qui se développe. Une fracture au sein de ce système se forme sur l'est du département du Nord. Au sein de cette fracture, l'accentuation des cisaillements augmente le risque tornadique. »

Toute cette évolution se traduit, dans notre ciel, par la poursuite en après-midi du temps mitigé entre stabilité et instabilité, avec toujours des stratocumulus coexistant avec des cumulus. Quelques éclaircies temporaires mais assez larges donnent un petit coup pouce supplémentaire à la température dans l'air doux qui nous arrive.

Temps à Lobbes à 15h55 – Source : **Météo Lobbes**

Grâce à cela, les températures maximales finissent par atteindre des valeurs très raisonnables pour un été belge, de l'ordre de 23-24°C et ce, en dépit du caractère très maritime de la masse d'air. Et c'est ainsi qu'à partir d'une situation atmosphérique assez quelconque en matinée, on arrive à une situation particulièrement explosive en fin d'après-midi, lorsque le tout sera bousculé par le passage d'un front froid.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Dans ce contexte, certains orages prendront un caractère supercellulaire, parfois très rapidement, et vont jusqu'à former des tornades.
Quatre ont été recensées dans le Nord-Pas-de-Calais en France, et deux en Belgique, l'une à Ligny et Tongrinne, à quelques 15 kilomètres au nord-est de Charleroi et l'autre à Gozée, à quelques 10 kilomètres au sud-ouest de Charleroi. À noter que l'aéroport de Charleroi connaît aussi de fortes rafales, de l'ordre de 80-85 km/h.

La tornade de Ligny-Tongrinne – Source : **Sudpresse**

Une étude complète de la trajectoire de toutes les tornades de ce mois d'août 2014, ainsi que de leur intensité, suit au chapitre 4 : Analyses détaillées et parcours des tornades.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

3.3. Le 15 août 2014

Le 15 août vers 13h30, une trombe marine a été observée à Zeebruges.

Crédit photo: **Ward Bruggeman**

Une vidéo amateur, reprise par Euronews, montre le tourbillon en train de traverser la plage de nord-ouest à sud-est, soulevant du sable avant de détruire une cabine de plage et de provoquer d'autres dégâts plus mineurs. Arrivé sur la digue, le tourbillon en question fait tomber une personne, sans doute heurtée par un débris volant, qui pourra fort heureusement se relever sans peine.

Source : **RTL info**

Pour expliquer le phénomène, nous allons à nouveau nous pencher sur la Mer du Nord.
Le jour du phénomène, la température de ses eaux oscillait autour de 18,5°C au large et autour de 19,5°C près de la côte belge autour de Zeebruges. Il s'agissait là de températures tout à fait normales pour la saison.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

On peut même dire que la température de l'eau près du littoral était très légèrement inférieure à la normale de la mi-août, alors qu'elle était très légèrement supérieure à la normale au large.

Ceci s'explique facilement : les eaux côtières subissent déjà les effets du mois d'août 2014 « pourri », alors que les eaux au large, qui réagissent plus lentement, bénéficient encore quelque peu de l'excès thermique généré par le mois de juillet trop chaud. Cela ne signifie pas pour autant que les eaux côtières sont plus fraîches qu'au large, mais simplement que l'écart de température entre la haute mer et le littoral est plus faible que d'habitude.

Normalement à la mi-août, les eaux au large, avec près de 18°C, sont de 2°C plus froides que les eaux côtières avec près de 20°C. Ici, l'écart entre 18,5°C et 19,5°C n'est que de 1°C. Malgré cela, on peut tranquillement affirmer que la situation maritime est très proche de la normale.

La trombe marine du 15 août 2014 n'a donc pas été provoquée par une eau inhabituellement chaude. S'il est vrai qu'une eau trop chaude, comme en août 2006, favorise la formation de trombes marines, ce n'est pas une condition sine qua non. Nos eaux belges, même par temps normal, sont suffisamment chaudes vers la fin de l'été pour pouvoir engendrer des trombes marines.

Des études canadiennes, menées par Wade Szilagyi, ont montré que l'une des conditions idéales pour générer des trombes marines est une différence de 15 à 18°C entre la température de l'eau et la température de l'air au niveau 850 hPa. Ceci est vrai pour les trombes d'air froid, c'est-à-dire non mésocycloniques. Pour les trombes mésocycloniques, dites de type « tornadique », les conditions de formation sont les mêmes que pour les tornades terrestres. Les trombes du type « tornadique », d'ailleurs, ne meurent pas en pénétrant l'intérieur des terres, alors que les trombes d'air froid, du type « classique », perdent vite leur énergie dès qu'elles ont quitté la mer.

Dans le cas qui nous intéresse, les nombreuses photos de l'événement et des conditions météorologiques qui l'entourent montrent bien qu'il ne s'agissait pas d'une trombe mésocyclonique. Les nuages à la côte belge étaient typiquement ceux d'un ciel de traîne avec, vers 13h30, des cumulus au stade de congestus et une formation modeste de cumulonimbus donnant de petites averses. Pour une trombe marine, un cumulus congestus peut largement suffire car ici, c'est surtout la grande instabilité des très basses couches qui en est le moteur de formation.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le ciel à Zeebruges à 13h30 – Source : **MeteoCams Belgium**

Nous avons dit que les conditions d'instabilité idéales sont une différence de 15 à 18°C entre la température de l'eau et celle de l'air au niveau 850hPa. Cette différence, en ce 15 août, a été tout juste atteinte au-dessus des eaux côtières, avec une eau à 19,5°C et des températures au niveau 850hPa de 4 à 5°C sur de larges parts de l'Europe Occidentale. Au-dessus de la côte belge, ce niveau était situé vers 1480 mètres environ. Le profil vertical de l'atmosphère était à peu près le suivant (reconstitution basée sur une combinaison entre le modèle GFS et les sondages réels disponibles) :

PRES hPa	HGHT m	TEMP C	DWPT C	DRCT deg	SKNT knot
1013	10	17	14	320	15
950	560	11	9	340	15
925	780	10	8	340	15
900	1000	8	6	330	15
850	1480	5	3	330	15
700	3030	-6	-7	320	15
500	5620	-21	-26	320	20

La première chose qui frappe, c'est l'écoulement très régulier de l'air à toutes les altitudes. Il n'y a pratiquement pas de cisaillement du vent. En dehors de cela, nous constatons une instabilité certes assez forte dans les basses couches, mais plus modérée dans les couches moyennes, le tout au sein d'un air humide et assez froid pour la saison en altitude. Les conditions sont plutôt bonnes pour les trombes marines, mais on reste un peu à la limite quand même. Il manque peut-être un petit quelque chose pour pouvoir donner une véritable explication.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Et ce petit quelque chose, nous allons le retrouver sur la carte d'analyse ci-après : une ligne de convergence.

Source : **KNMI**

Cette ligne de convergence se trouve très près de la côte belge. Bien qu'elle ne représente pas vraiment grand-chose au niveau des vents de surface, c'est malgré tout le petit coup de pouce qui a sans doute aidé à la formation de la trombe marine.

Attention ! Il ne s'agit pas ici d'une convergence côtière telle qu'elle a été expliquée plus haut, mais bien d'une ligne post-frontale, liée à la dynamique générale de l'atmosphère. Ce n'est donc pas un phénomène d'ordre local.

La Belgique n'a d'ailleurs pas été le seul pays à être frappé par des trombes marines. En France, une trombe marine a été observée près du Mont-Saint-Michel et une autre, non loin de Saint-Brieuc. Aux Pays-Bas, une trombe a même été observée sur une étendue d'eau d'assez petite taille, en l'occurrence le lac de Sneek, situé au sud-sud-ouest de Leeuwarden.

Ajoutons pour finir que les trombes mésocycloniques, de type « tornadique », sont rares mais pas impossibles en Mer du Nord. Elles sont généralement le fruit de supercellules LT qui se développent dans l'air polaire maritime des traînes actives, à l'occasion de discontinuités telles que des convergences post-frontales ou des fronts froids secondaires. Dans certains cas, elles peuvent se former aussi sur le front froid principal.

La tornade F3 de Dunkerque du 8 novembre 2001 a été très probablement à l'origine une trombe marine de type tornadique qui s'est ensuite dirigée vers l'intérieur des terres, dans le cadre d'un air extrêmement froid pour la saison en altitude (–37°C au niveau 500 hPa), circulant sur une eau à près de 14-15°C !

Les tornades mésocycloniques dans l'ensemble seront expliquées en détail au chapitre suivant.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

3.4. Le 22 août 2014

Les tornades du 22 août s'inscrivent dans une période particulièrement froide pour l'été. En effet, à Uccle, la température n'atteint même pas 20°C pendant 13 jours consécutifs, du 14 au 26 août, ce qui est assez rare en plein été. Il faut en effet remonter à 1987 pour trouver pire. On se souviendra notamment des 16°C du 19 août 2014, mesurés comme maximum au centre du pays. Et ce 22 août ne fait guère mieux, avec pas plus de 17-18°C dans la plupart des régions de Basse et Moyenne Belgique.

Il faut savoir que la Belgique, à ce moment-là, se retrouve en plein du côté froid des courants en altitude, avec un jet-stream qui passe juste au-dessus de nos têtes. En surface, cela se traduit par des courants perturbés de nord-ouest, où l'air froid alterne avec de l'air un brin moins froid au sein des secteurs « chauds » des perturbations. En cette journée du 22, un de ces faibles secteurs chauds détermine le temps dans nos régions en matinée, avant que n'arrive un front froid, aussitôt suivi d'une ligne post-frontale.

Source : **KNMI**

Pour l'observateur au sol, cela se traduit par quelques éclaircies temporaires le matin, rapidement suivis de nappes étendues de stratocumulus, qui se doublent par la suite de cumulus, avant que des averses ne se développent dans un mix de nuages de stabilité et d'instabilité. Un temps désagréable et frais donc, avec des températures qui redescendent jusqu'à 13°C sous les averses. Un temps qui inspire la mauvaise humeur certes, mais pas la méfiance. Rien de plus quelconque et de bien « belge » que le ciel du 22 août 2014 !

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Source : **Deûlé-climat**

Cette webcam, située à la frontière belgo-française, pas trop loin de Thieulain où s'est formée l'une des tornades, est assez représentative du temps qu'il a fait ce jour-là.

L'après-midi, après le passage du front froid, on note même quelques très belles éclaircies avec un ciel d'un bleu très profond, en alternance avec les premiers cieux vraiment menaçants. Puis tout se déchaîne en fin d'après-midi, avec la formation de deux tornades à l'ouest de la Belgique, l'une entre Thieulain et Clivemont, juste au nord de Leuze-en-Hainaut, et l'autre à Lichtervelde, à l'est de Dixmude. Le parcours, l'intensité et les dégâts de ces tornades seront détaillés au chapitre 4 du présent ouvrage.

Ci-dessous, la tornade de Thieulain/Clivemont vue depuis Ath.

Source : **MétéoBelgique**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

À noter que les environs de Lille (Wambrechie) ont également subi une tornade de faible intensité. Plus tard dans la soirée, un arcus particulièrement développé et persistant sera visible en de nombreuses régions du pays, notamment en région bruxelloise de 19h45 à 20h30 et en Campine entre 20h30 et 21h00.

C'est le front froid qui est le principal responsable des intempéries. La carte ci-dessous montre la position de ce front froid sur la Belgique, au moment où l'arcus décrit ci-dessus est en train de traverser le pays.

Source : KNMI

Cependant, le fait que les phénomènes les plus violents se soient produits à quelques bonnes dizaines de kilomètres du littoral (Lille, Leuze, Dixmude) n'est pas lié au hasard. Nous avons vu que les courants maritimes, en abordant la côte belge, créent une convergence côtière en raison de la différence entre les forces de frottement sur mer et celles sur terre. Cette ligne de convergence se trouve près de la côte si les vents soufflent plus ou moins d'ouest-sud-ouest, mais elle est repoussée vers l'intérieur des terres si le vent souffle d'ouest et, a fortiori, s'il vient d'ouest-nord-ouest.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Nous allons voir qu'en ce 22 août, cette ligne de convergence côtière, bien que poussée fort loin vers l'intérieur des terres, a continué d'exister même si cela s'est fait sous une forme diffuse.

Source des cartes : **Infoclimat**

Ces cartes, qui reprennent la situation à 18h, 19h et 20h L.T., montrent que la ligne de convergence ne continue pas son avancée vers l'intérieur des terres, malgré l'avancée du front froid et de son successeur, le front froid secondaire. Les vents généraux d'ouest-nord-ouest à nord-ouest subissent un fort frottement à l'intérieur des terres, et continuent à souffler de sud-ouest dans les toutes basses couches. La rencontre des vents d'ouest-nord-ouest avec les vents de sud-ouest forme une convergence dans les basses couches (ligne blanche discontinue), avec des cisaillements de vent dans le « bon sens » au sud de la ligne (vent de sud-ouest en surface et d'ouest en altitude).
Cela signifie que les cellules formées par la ligne de convergence et poussées par le vent directeur d'ouest sont arrivées à maturité un peu au-delà de la ligne de convergence en question et qu'à ce moment-là, elles ont pu bénéficier des bons cisaillements « tournants » pour générer des tornades. Les cisaillements « tournants » seront expliqués en détail au chapitre suivant.

Enfin, un très léger effet de brise de mer d'ordre thermique a pu se surimposer aux phénomènes décrits ci-dessus, vu que très localement dans les éclaircies, les températures sont montées jusqu'à 19°C (comme par exemple à Passendaele). La direction du vent à Boulogne et au Touquet, d'ailleurs, plaide en faveur de cette influence thermique.

En d'autres termes, rien n'est jamais simple en météorologie : des phénomènes d'origines très diverses interagissent sans cesse entre eux. Ajoutons à cela la présence d'un jet-streak au-dessus de nos têtes, et les interactions deviennent encore plus complexes… mais peuvent aussi déterminer un très bon phasage entre ces différents éléments déclencheurs. En tous cas, on peut en retenir que, bien plus que l'instabilité, ce sont des moteurs dynamiques qui sont souvent la principale cause de nos tornades en Belgique.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

3.5. Conclusion sur la climatologie des tornades en Belgique

Une étude, réalisée par nos soins, permet d'estimer que 15 à 20% seulement de nos tornades ont eu lieu par temps chaud, humide et instable avec fortes valeurs de CAPE. Et trois cas seulement nous sont connus où la tornade s'est formée plus ou moins selon le mode américain (de la Tornado Alley), mettant en scène d'une part un front froid et d'autre part deux masses d'air chaudes, l'une humide et l'autre sèche, séparées entre elles par une « dry line » (front de point de rosée) qui aide au déclenchement du phénomène. Il s'agit en l'occurrence de la tornade du 11 juillet 1984 dans la région de Virton, de la tornade du 25 juin 1967 à Oostmalle et… de la tornade du 17 juin 1904, également à Virton.

Sinon, nos tornades tendent généralement à se former dans des masses d'air tempérées voire froides. Un certain nombre d'entre elles sont le fruit de supercellules LT (« low topped ») formées au sein de traînes actives à l'arrière de perturbations atlantiques. C'est pour cette raison que nous ne pouvons pas véritablement parler d'une saison des tornades chez nous, même si d'autres phénomènes violents sont, quant à eux, bel et bien d'ordre saisonnier. Mais les tornades, dans nos contrées, peuvent se produire à n'importe quel mois, même en plein hiver.

En outre, nos tornades sont plus fréquentes qu'on le croit habituellement, toutefois en atteignant très rarement la puissance des tornades américaines. D'ailleurs, l'instabilité de l'air n'est souvent pas le moteur principal des tornades de chez nous, mais bien la dynamique de l'altitude, c'est-à-dire le jet-stream (de préférence l'entrée droite ou la sortie gauche d'un jet-streak), associé à de bons cisaillements de type « tournant » par rapport aux vents soufflants aux altitudes inférieures. C'est ainsi qu'on peut arriver à des phénomènes très violents avec des CAPE bien modestes.

À présent, nous allons aborder un chapitre assez complexe, traitant de ce qui se passe à l'intérieur du nuage producteur de la tornade ou, plus exactement, ce qui se passe au niveau du mésocyclone.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 2

Les tornades d'origine mésocyclonique

Les recherches effectuées via des images radars Doppler ont pu mettre en évidence que parmi les tornades qui avaient affecté notre pays les 8 et 10 août, la majorité d'entre elles avaient une origine mésocyclonique, c'est-à-dire qu'elles s'étaient développées à partir d'un mésocyclone.

Il est rare que nous ayons l'occasion de nous pencher sur les tornades d'origine mésocyclonique et c'est donc une opportunité pour nous de tenter de comprendre quelles sont les étapes qui permettent aux orages producteurs de ce type de tornades de se développer et d'évoluer.

Nous allons donc laisser de côté les traditionnelles approches que l'on a sur les tornades (c'est-à-dire les descriptions et les formations de ces phénomènes en sachant qu'il existe une multitude d'informations sur l'Internet) et d'aborder dans ce dossier les dernières théories qui permettent de mieux comprendre comment se forment les tornades d'origine mésocyclonique et surtout, quelles sont les étapes et les conditions qui amènent la formation des orages producteurs de ces tornades.

Commençons donc par quelques informations de base.

1. Description

Les tornades d'origine mésocyclonique se développent sous la base de la colonne convective d'alimentation de l'orage (plus communément appelée le courant ascendant). Cette colonne a la particularité d'être en rotation.

Le fait que le courant ascendant soit en rotation, et ce de façon durable et persistante, permet de diagnostiquer une évolution supercellulaire de l'orage.

Ces tornades sont les plus aptes à provoquer d'importants dégâts et à parcourir parfois de très longues distances. Cela s'explique par l'origine même des orages producteurs de ce type de tornades, à savoir les orages supercellulaires.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

2. Formation

Théorie généraliste sur la formation et le basculement du tourbillon d'axe horizontal

Dans de nombreuses publications parues sur le sujet, nous pouvons lire que lorsqu'une cellule orageuse se développe dans un contexte cisaillé, ce qui était à l'origine un axe horizontal pourra être redressé par le courant ascendant du nuage convectif. Il s'ensuit que le tourbillon horizontal va s'en retrouver déformé et que celui-ci finira par se redresser à la verticale.

Bien que cela ne soit pas faux, loin de là, il faut cependant se dire que la réalité s'avère bien plus complexe que cela.

Il est en effet important de souligner que les études menées aux États-Unis mettent en avant l'hypothèse selon laquelle les orages supercellulaires producteurs de tornades d'origine mésocyclonique se développeraient dans un contexte cisaillé à la fois en vitesse mais également en direction, c'est ce que l'on nomme le cisaillement tournant.

Cela ne veut pas dire qu'il ne peut pas y avoir d'orages supercellulaires producteurs de tornades mésocycloniques en cas de cisaillement unidirectionnel. Du moins, les recherches menées n'interdisent pas cette éventualité.

Attention, ce n'est pas sur base de l'orientation du vent proprement dit avec l'altitude que l'on peut qualifier si l'on a un cisaillement tournant ou unidirectionnel mais c'est avant tout sur base de la variation avec l'altitude du vecteur cisaillement.

À ce propos, les hodographes sont les outils les plus fiables pour visualiser de façon optimale les variations du vecteur cisaillement et de savoir si l'on a affaire à un cisaillement unidirectionnel ou un cisaillement tournant. Nous n'allons pas entrer davantage dans les détails liés aux hodographes, cependant, pour celles et ceux qui désirent en savoir plus, le lien suivant permet de mieux comprendre leur fonctionnement :

https://www.meted.ucar.edu/mesoprim/tephigram_fr/navmenu.php?tab=1&page=3.3.0&type=flash

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Développement de tourbillons d'axes horizontaux initiaux

La présence d'un cisaillement des vents verticaux va engendrer le développement de tourbillons à axe horizontal et ce, même en dehors de tout contexte orageux.

Si le vent souffle plus fort à une certaine altitude par rapport à une autre, des tourbillons à axe horizontal vont se former. Ces tourbillons à axe horizontal sont donc assez communs sous nos latitudes, pour peu que les conditions atmosphériques y soient favorables.

Bien entendu, ces tourbillons peuvent rapidement se former ou se déformer selon les conditions locales de cisaillements.

Redressement à la verticale des tourbillons présents dans un contexte dominé par des cisaillements tournants

Comme les recherches menées aux États-Unis mettent en avant une probabilité plus importante d'évolution des cellules en structures supercellulaires en cas de cisaillements tournants, nous allons de ce fait laisser de côté l'évolution des cellules orageuses dans un contexte dominé par des cisaillements unidirectionnels. Prenons donc le cas d'un nuage convectif se développant dans un contexte dominé par des cisaillements de vents tournants.

Le basculement à la verticale de l'un des tourbillons originels dépend bien entendu de la vigueur du courant ascendant du nuage convectif mais surtout de la direction du flux entrant dans le nuage par rapport au vecteur cisaillement.

Le vecteur cisaillement est la différence de vitesse entre deux altitudes bien précises divisée par l'épaisseur qui sépare ces deux points. Le flux entrant désigne quand à lui les mouvements des particules d'air par rapport au déplacement du nuage et ce à des altitudes inférieures à 3 km.

En résumé, si le flux entrant est perpendiculaire au vecteur cisaillement, le basculement à la verticale d'un des tourbillons (celui qui se situe généralement au plus proche de la périphérie du courant ascendant, là où la vitesse verticale varie rapidement) en sera facilité.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Développement de deux zones de tourbillons au sein d'une cellule convective

La présence de cisaillements tournants va engendrer des anomalies de pression qui vont jouer un rôle considérable dans la formation d'un dipôle de tourbillons sur les flancs de la cellule orageuse, l'un cyclonique et l'autre anticyclonique, ces tourbillons étant associés à des zones de basses pressions. Chaque minimum de pression va à son tour renforcer les ascendances. De ce fait, nous avons un dipôle de tourbillons situés de part et d'autre du courant ascendant initial au sein de la cellule convective.

Cependant, sous nos latitudes et en cas de cisaillement tournant, les ascendances sont le plus souvent favorisées à droite du cisaillement moyen. En effet, elles subissent une force de pression dirigée vers le haut et s'en retrouvent dès lors renforcées tandis que les ascendances qui subissent une force dirigée vers le bas s'en retrouvent affaiblies. Ainsi, il se peut que les ascendances situées à gauche du cisaillement moyen finissent par se dissiper totalement et qu'il ne subsiste, au final, plus qu'un seul courant ascendant.

Le schéma ci-dessous permet de mieux visualiser les forces en présence.

Source : **Comet Program**

Les flèches orange indiquent le tourbillon horizontal originel redressé à la verticale par le courant ascendant, les flèches vertes représentent les forces de pression négatives et positives engendrées par les cisaillements des vents et les flèches blanches montrent l'orientation du vecteur cisaillement.

Les flèches bleues à l'arrière du schéma indiquent l'orientation du vent avec l'altitude. Les lettres « H » représentent les zones à plus haute pression et les lettres « L » les zones à plus basse pression. Ainsi, sur ce schéma, nous avons une cellule orageuse composée de deux tourbillons distincts baignant dans un contexte dominé par des cisaillements tournants mais, comme nous l'avons vu, les ascendances situées à droite du cisaillement moyen vont, le plus souvent sous nos latitudes, s'avérer plus vigoureuses que les ascendances situées à gauche.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Storm splitting

Dans le cas où les deux courants ascendants restent opérationnels, des mouvements descendants qui se développent entre les deux zones d'ascendance (liés à la subsidence) vont pouvoir, dans certains cas, amener une séparation des deux courants ascendants.

Nous avons ainsi deux cellules qui se séparent, l'une prenant une trajectoire déviant vers la gauche par rapport au flux directeur et l'autre prenant une trajectoire déviant vers la droite par rapport au flux directeur.

En règle générale, et principalement dans le cas d'un cisaillement tournant, la cellule partant vers la droite (ou moteur droit) est généralement la plus à même de se renforcer et d'évoluer en supercellule sous nos latitudes mais ce n'est pas toujours le cas. En outre, les cellules issues du split n'évoluent pas forcément en orages supercellulaires.

Les images ci-dessous montrent un parfait exemple d'une division de cellule en deux parties distinctes observé en Espagne. Les photographies ont été prises à environ cinq minutes d'intervalle, ce qui dénote une évolution extrêmement rapide.

Source : http://www.tiemposevero.es/

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Apparition d'un nouveau courant descendant

Si nous prenons comme exemple une cellule moteur droit baignant dans un contexte qui lui permet de poursuivre son développement, nous retrouvons au sein de celle-ci un axe vertical à rotation cyclonique bien formé que l'on nomme « mésocyclone ». En outre, un nouveau courant descendant va faire son apparition à l'arrière du courant ascendant, le RFD ou courant descendant de flanc arrière (Rear Flank Downdraft en anglais).

Le RFD est un courant qui sévit à l'arrière du courant ascendant. Celui-ci n'apparaît que lorsque certaines conditions sont réunies. Notons qu'il existe plusieurs théories sur l'origine de la survenue d'un RFD mais il se peut que la réalité se trouve dans un mix de ces différentes théories.

Le courant ascendant d'un orage supercellulaire peut être très puissant. Si puissant qu'il est capable de percer la tropopause, c'est-à-dire la limite entre la troposphère et la stratosphère. On nomme la partie du courant ascendant qui perce la tropopause l'Overshooting Top (appelé Sommet Pénétrant en français), cette partie se trouvant généralement à des altitudes de 10 km, voire plus.

Lorsque des vents puissants soufflent à haute altitude (présence d'un courant jet), ils vont se heurter à l'arrière du nuage convectif, et le plus souvent à l'arrière de l'enclume. L'air froid et sec qui y circule se voit ainsi non seulement obligé de contourner cet « obstacle » qu'est la puissante colonne ascendante, mais également de se diriger vers le bas ce qui induit le développement d'un courant descendant à haute altitude.

Lorsque le courant descendant atteint un niveau d'altitude compris entre 3 et 4 km, il voit sa vitesse de chute s'accélérer. En effet, un nouveau courant rapide mais très sec qui circule à de telles altitudes amène les quelques particules de glace ou de gouttelettes d'eau à s'évaporer. L'évaporation des précipitations amène un refroidissement des particules d'air et donc, l'air va s'alourdir et accélérer la chute du courant descendant. En outre, ces courants rapides se voient à leur tour obliger de contourner le courant ascendant mais également de se diriger vers le bas.

Source : http://www.stormtrack.org/archive/0815.htm

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Notons qu'en redescendant, l'air va se réchauffer par détente adiabatique. En effet, la pression augmente alors que l'altitude diminue ce qui a pour effet de réchauffer les particules d'air.

De ce fait, au final, nous devrions trouver un air très sec et relativement « chaud » lorsque ce dernier atteint le sol. Or, ce n'est pas forcément le cas.

En effet, si certains RFD sont effectivement assez « chauds et secs » (le terme chaud est bien entendu à relativiser et à considérer par rapport à l'environnement immédiat), d'autres sont bien plus froids et humides. Cela peut s'expliquer assez logiquement de par la nature même des couches d'air que traverse notre courant descendant avant d'arriver au sol.

Si les particules d'air gardent une certaine humidité en redescendant (en traversant des couches plus humides par exemple), la présence de celle-ci soustrait de la chaleur ce qui limite le réchauffement du courant descendant. En effet, l'air humide se réchauffe moins vite que l'air sec. Le RFD qui survient est dès lors plus froid et plus humide.

À ce propos, l'influence directe du FFD ou courant descendant de flanc avant (Front Flank Downdraft en anglais) peut s'avérer très importante sur le taux d'humidité présent dans l'air. En effet, dans certains cas, un FFD vigoureux et bien établi pourrait amener des précipitations supplémentaires dans les basses couches en contournant le courant ascendant et se mêler ainsi au RFD. Dans le cas d'orages supercellulaires de type HP, le FFD et le RFD sont particulièrement actifs et très pluvieux et il devient même compliqué de distinguer les deux.

Mais pour continuer nos explications via le point suivant, prenons une supercellule dite « classique », opérationnelle avec un courant descendant situé à l'avant de l'orage (nommé FFD), un courant ascendant rotatif situé à l'arrière de l'orage et un nouveau courant descendant situé à l'arrière du courant ascendant (nommé RFD).

Crédit illustration : **Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Développement d'une nouvelle zone de rotation à basse altitude

La présence d'un mésocyclone dans les couches moyennes ne semble pas s'avérer suffisante pour autoriser le développement d'une tornade.

Selon les recherches menées par les scientifiques américains, pour pouvoir produire une tornade, le mésocyclone présent dans les couches moyennes doit être couplé avec une autre zone de rotation présente cette fois-ci dans les basses couches (à une altitude comprise généralement entre 1 et 2 km).

Pour pouvoir amener cette zone de rotation à basse altitude, le RFD et le FFD joueraient un rôle très important.

Au moment du contact du RFD avec le sol, celui-ci va s'étaler et accentuer la vorticité présente au plus proche du contact entre le courant ascendant et le RFD.

En outre, si le FFD s'avère particulièrement intense, celui-ci va à son tour accentuer l'effet barocline (différence de températures sur un plan horizontal) tant le contraste thermique sera important avec les courants chauds aspirés par le courant ascendant. Dès lors, une importante vorticité va concerner les régions situées sous le courant ascendant.

Cette vorticité horizontale va à nouveau s'incliner à la verticale par les mouvements ascendants et une zone de rotation pourra se mettre en place

La zone de contact entre l'air froid issu du RFD et l'air chaud aspiré par le courant ascendant va se réduire en un point concentré caractérisé donc par la présence d'une vorticité très importante. La tornade pourra naître dans cette zone spatialement réduite.

Ainsi, comme nous pouvons le constater, l'importance du RFD semble être de premier ordre sur la formation et l'intensification d'une tornade.

À l'avenir, il est probable que de nouvelles théories pourront apporter des explications plus concrètes sur le rôle exact du RFD dans la formation d'une tornade.

Courtesy of the American Meteorological Society

Source : **American Meteorological Society**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les dernières recherches menées par les scientifiques américains ont permis de découvrir qu'au sein du RFD, voire aux extrémités, là où l'on situe le fameux écho en crochet sur les radars, et au plus proche du courant ascendant, se développeraient des RFDIS ou accélérations subites internes au courant descendant de flanc arrière (Rear Flank Downdraft Internal Surges en anglais).

Ces RFDIS sont un peu semblables finalement aux fameux couloirs d'accélérations que l'on peut observer au sein de certaines micro-rafales (Microbursts en anglais), une des catégories des rafales descendantes, même si ici, les conditions favorables à leur survenue sont différentes et les effets ne sont pas du tout comparable.

La survenue des RFDIS s'accompagnerait avant tout d'un changement dans la direction du vent ainsi qu'une accentuation de celui-ci. Le bord d'attaque situé à l'avant de ces accélérations (nommé RFDISB) pourrait être une zone particulièrement propice à une accentuation de la vorticité favorable soit à la survenue d'une tornade, soit à un renforcement de celle-ci.

Cependant, les découvertes liées aux RFDIS étant encore relativement récentes, et vu l'importante complexité de celles-ci, nous n'irons pas plus loin dans ce document d'autant que les conditions qui permettent à ces RFDIS de se produire sont encore assez mal connus.

Source : **American Meteorological Society**

De manière plus générale, il apparaît que, pour qu'une tornade se forme, il est nécessaire d'avoir une parfaite interaction entre le mésocyclone présent dans les couches moyennes et l'axe de rotation présent dans les basses couches. En outre, ce dernier doit comporter une rotation franche qui permettra au tourbillon de s'étirer en direction du sol. Cet étirement serait également favorisé par la présence d'un niveau LCL (hauteur de la base du nuage orageux) bas et donc, d'un air relativement humide (d'où l'importance de la teneur en humidité des courants descendants).

Ainsi, on comprend mieux pourquoi la majorité des supercellules ne donnent pas de tornades.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Enfin, il apparaît que certaines tornades se développeraient, ou se renforceraient lorsque la supercellule atteindrait son apogée, voire entamerait son déclin.

C'est en effet à ce moment-là que le flux sortant issu du RFD commence à entourer le courant ascendant. Celui-ci va finir par se mêler au flux sortant du courant descendant de flanc avant (le FFD).

La vigueur du RFD étant à son paroxysme, l'apport de vorticité va s'avérer très important et ce au plus proche du courant ascendant et du FFD, ce qui va accentuer la rotation de l'axe de rotation présent dans les basses couches et favoriser ainsi la survenue d'une tornade ou le renforcement de celle-ci.

Les analyses effectuées par l'Observatoire français des tornades et des orages violents KERAUNOS sur la cellule responsable de la tornade F4 du 3 août 2008 à Hautmont indiquaient que la tornade avait entamé son parcours destructeur au moment où la supercellule HP atteignit son stade d'évolution optimale, voire au moment où celle-ci entamait son déclin ce qui conforte l'hypothèse que nous venons de décrire.

Par après, le RFD entourant le courant ascendant va finir par couper l'alimentation de l'orage en air chaud. À ce stade, nous assistons à une occlusion du mésocyclone et généralement à la dissipation de la tornade. Notons qu'une occlusion du mésocylone ne veut pas dire systématiquement la mort de l'orage.

En effet, il est avéré que de nouveaux courants ascendants (et de nouveaux mésocyclones) peuvent se former et faire évoluer notre supercellule. Un cas d'exemple parfait a pu être observé le 31 mai 2013 aux Etats-Unis dans la région d'Oklahoma - El Reno où plusieurs mésocyclones se sont développé les uns à la suite des autres.

Le schéma ci-dessous représente l'évolution théorique de mésocyclones occlus en permettant par la suite le développement de nouveaux mésocylones.

Source : http://www.crh.noaa.gov/

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 3

Estimations de l'intensité d'une tornade

Débats sur la méthode et sur les échelles utilisées pour estimer l'intensité d'une tornade

Contrairement à d'autres phénomènes météorologiques tels que les cyclones ou encore les tempêtes, les tornades ne sont pas des phénomènes directement mesurables par des instruments de mesure traditionnels tel que l'anémomètre dans ce cas-ci. Dès lors, tous les moyens de mesure utilisés aujourd'hui comportent des lacunes. Partant de là, on comprend mieux l'énorme difficulté qu'ont aujourd'hui les spécialistes pour estimer le plus précisément possible l'intensité d'une tornade.

À l'heure actuelle, le moyen le plus répandu et le plus fiable pour mesurer l'intensité d'une tornade est sans conteste, l'analyse des dégâts provoqués par le passage du tourbillon, soit sur des constructions humaines, soit sur la végétation. Ce procédé comporte néanmoins des imperfections, celles-ci étant justement liées à la méthode utilisée.

Imaginons deux tornades dont l'intensité « théorique » serait identique, c'est-à-dire la même vitesse du vent au sein des deux tourbillons.
L'une passerait sur des habitations, l'autre passerait sur des champs ou des prairies.
Dans le premier cas, les enquêtes de terrain effectuées permettraient d'estimer l'intensité supposée de la tornade suite aux dégâts perpétrés par le tourbillon.
Dans le second cas, il serait très difficile, voire impossible de diagnostiquer l'intensité du tourbillon tant les dégâts aux végétaux seraient très difficiles à estimer.
Dès lors, l'utilisation de ce procédé comporte et comportera toujours des lacunes.

Une autre technique, plus moderne mais encore à l'état embryonnaire, serait d'utiliser les radars Doppler pour estimer la vitesse du vent au sein du vortex et de les appliquer par la suite en complément des enquêtes de terrain.

Aux États-Unis, des radars Doppler ont permis d'estimer certaines valeurs de vent, notamment le 31 mai 2013 lors de la tornade d'El Reno ou encore le 28 mai 2013 à Bennington.

Ainsi, le 31 mai, un radar Doppler mobile a pu mesurer une valeur de 436 km/h au passage d'un des nombreux vortex secondaires « gravitant » autour du vortex principal. Précisons que le radar Doppler n'a pas mesuré la vitesse du vent en surface mais à environ 30 mètres de hauteur.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le 28 mai, un autre radar Doppler a pu mesurer une valeur de 424 km/h lors du passage de la tornade de Bennington.

Ces mesures ont déclenchées des débats parfois houleux au sein de la communauté scientifique.

En effet, lors du passage de la tornade d'El Reno le 31 mai 2013, les spécialistes américains ont effectués des enquêtes de terrain qui ont permis la classification au niveau EF3 sur la nouvelle échelle de Fujita.
Or, comme nous l'avons décrit précédemment, le radar Doppler mobile avait quant à lui enregistré la valeur de 436 km/h.
Ainsi, si on décide de reporter la vitesse du vent sur la nouvelle échelle de Fujita, 436 km/h correspondrait au niveau EF5.
De même, les enquêtes de terrain effectuées par les spécialistes ont amené le classement au niveau EF3 sur la nouvelle échelle de Fujita de la tornade du 28 mai 2013 à Bennington. Là encore, le relevé de 424 km/h effectué par un radar Doppler signifierait une intensité au niveau EF5 si on se réfère à la vitesse du vent.

Nous pouvons donc constater qu'il y a là une importante différence dans l'estimation de l'intensité d'une tornade selon que l'on tient compte uniquement de la vitesse du vent ou que l'on tient compte uniquement des dégâts observés.

Ainsi, la polémique fait rage outre Atlantique entre les partisans de ceux qui pensent qu'il faudrait dorénavant tenir compte des valeurs enregistrées par les Doppler et de ceux qui pensent qu'il ne faut uniquement se baser sur les enquêtes de terrain pour estimer l'intensité d'une tornade.

Exemple de radar Doppler mobile pouvant mesurer
la vitesse du vent au sein d'une tornade
Source : **Wtvr.com**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les échelles d'intensité des dégâts

Mais un autre problème concerne, et ce depuis plusieurs années déjà, les différentes échelles utilisées pour mesurer l'intensité des dégâts provoqués par le passage d'une tornade.

Ci-dessous un tour d'horizon des différentes échelles utilisées par les pays (et parfois au sein d'un même pays) tant en Europe qu'en Amérique, qui montre parfaitement l'importante anarchie qui règne à l'heure actuelle :

- Les États-Unis utilisent la nouvelle échelle de Fujita depuis 2007. Précisons que les cas antérieurs à 2007 ne sont pas reclassés sur la nouvelle échelle. La nouvelle échelle de Fujita comprend 28 indicateurs de dégâts ce qui permet une classification plus précise selon les dégâts observés sur telle ou telle structure. Précisons que cette échelle a été établie aux États-Unis. Elle ne tient donc compte que des structures que l'on retrouve sur le territoire américain.
- Le Canada utilise la nouvelle échelle de Fujita depuis 2013. Précisons là encore que les cas antérieurs ne sont pas reclassés sur la nouvelle échelle. Environnement Canada a apporté des modifications par rapport à l'échelle utilisée aux États Unis. Ainsi, ce sont 31 indicateurs de dégâts qui sont repris actuellement pour effectuer les classifications.

  Précisons que l'indicateur de dommages « C-3 églises patrimoniales » dans la liste émise par Environnement Canada proviendrait des données élaborées pour la France par Emmanuel Wesolek de l'Observatoire Keraunos[1].
- La France, et plus spécifiquement l'Observatoire français des tornades et des orages violents Keraunos, utilise la nouvelle échelle de Fujita depuis 2008. À l'inverse des américains et des canadiens, l'observatoire Keraunos a reclassé les cas antérieurs à 2008 sur la nouvelle échelle.
- L'Allemagne, l'Autriche et la Pologne utilisent conjointement l'ancienne échelle de Fujita et l'échelle de Torro.
- Le Royaume-Uni utilise l'échelle de Torro.
- Le Portugal, la Belgique, les Pays-Bas et l'Espagne utilisent l'ancienne échelle de Fujita.

Ainsi, toutes ces échelles utilisées dans les différents pays soulèvent d'énormes problèmes, tant dans l'élaboration de statistiques que dans des comparaisons entre les différents pays. Attention, ce tour d'horizon des différentes échelles utilisées ne sont « valables » qu'au moment de rédiger ce dossier. Il est probable qu'à l'avenir certaines institutions utiliseront d'autres échelles.

[1] https://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=1F0BCA63-1&offset=34&toc=show

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Bien sûr, aucune échelle n'est parfaite et la mise en place d'une échelle unique « standard » permettant une homogénéisation des données, quels que soient les pays nous semble bien compliquée.

Dès lors, chaque pays, voire chaque institution se chargeant de l'étude des dégâts des tornades, n'a aucune contrainte vis-à-vis des autres pays ou institutions. En résumé, on pourrait dire que chacun fait ce qu'il veut dans son propre jardin et utilise comme bon lui semble l'échelle qu'il estime la plus pertinente pour classifier les cas de tornades.

Cela nous amène donc à se poser la question suivante : Existe-t-il à l'heure actuelle une échelle qui convienne parfaitement à notre pays ?

La réponse semble être malheureusement non ! Car à l'inverse des États-Unis, les institutions officielles chargées de l'étude des dégâts des tornades ne semblent avoir effectué de recherches spécifiques, tenant compte des structures que l'on retrouve chez nous. Nous utilisons le conditionnel car bien entendu, nous ne pouvons prétendre connaître avec exactitude les recherches menées au sein de l'Institut Royal Météorologique de Belgique mais selon les publications émises sur Internet, aucune information explicite n'indique de telles recherches.

À l'échelon européen, et dans un communiqué émis le 20 septembre 2013, l'European Severe Storm Laboratory (ESSL) préconisait qu'elle n'utiliserait toujours pas la nouvelle échelle de Fujita tant que des modifications ne seraient pas apportées à celle-ci, modifications portant essentiellement sur l'utilisation de critères tenant compte des structures propres aux régions étudiées[2].

Dans une publication élaborée en 2008 et parue en 2009, Doswell estimait quant à lui qu'il était prématuré d'utiliser la nouvelle échelle de Fujita en tant que telle en dehors du territoire américain et qu'il était nécessaire d'effectuer des « recalibrages » si cette échelle devrait malgré tout être utilisée[3].

Pour être plus complet, une publication émise par l'Observatoire français Keraunos en 2011 proposait d'élargir à l'avenir la palette d'indicateurs de dégâts qui tiendraient compte des structures que l'on retrouve en Europe et d'ajouter ces indicateurs à la nouvelle échelle de Fujita[4].

On le voit, si la nouvelle échelle de Fujita apporte un plus indéniable dans la faculté des organismes à pouvoir classer plus précisément l'intensité des dégâts provoqués par une tornade, il reste que l'utilisation de cette échelle en Europe ne peut se faire qu'après la validation de nouveaux indicateurs propres à l'habitat européen.

Pour être plus complet, un autre document élaboré cette fois-ci par certaines éminences du milieu scientifique américain paraissait en 2013[5].

[2] http://essl.org/media/publications/20130920_EFposition.pdf

[3] http://elib.dlr.de/59709/1/dos.pdf

[4] http://www.keraunos.org/recherche-contribution-to-an-european-adaptation-of-the-enhanced-fujita-scale.pdf

[5] http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/BAMS-D-11-00006.1

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Ce papier mettait en avant les complexités de l'utilisation sur le terrain de la nouvelle échelle de Fujita qui a la particularité de se vouloir très précise, mais au bout du compte, cette précision entraînait de nouveaux problèmes. Nous n'allons pas détailler ici les différents points émis dans ce rapport mais retenons que plusieurs scientifiques estiment qu'à l'avenir, de nouveaux indicateurs devront être insérés afin d'améliorer la pertinence de la nouvelle échelle de Fujita, et ce même sur le territoire américain.

En attendant les améliorations prévues et surtout la mise en place de nouveaux indicateurs tenant compte du type d'habitat et de végétation propres à nos contrées, notre collectif a pris la décision de continuer à utiliser l'ancienne échelle de Fujita pour estimer l'intensité d'une tornade.

Cependant, nous nous sommes rendu compte qu'utiliser uniquement l'ancienne échelle de Fujita à l'heure actuelle posait d'importantes interrogations sur la réelle fiabilité de la classification propre à cette échelle s'avérant bien trop « large ».

Mais comme nous l'avons vu, l'idée d'utiliser en l'état la nouvelle échelle de Fujita ne semblait pas non plus la meilleure solution.

Dès lors, nous avons réfléchi à ce problème et nous avons tenté de trouver l'échelle de classification qui nous semblait, à l'heure actuelle, la plus pertinente.

C'est ainsi que nous avons décidé d'inclure dorénavant l'échelle de Torro dans nos classifications, et ce pour tous les cas de tornades recensées depuis le 1er janvier 2013.

Précisons que cette échelle ne sera utilisée que si une enquête de terrain approfondie a pu avoir lieu, soit par notre équipe, soit par des observateurs de terrain qui auront pu apporter suffisamment d'informations que pour d'une part, confirmer l'origine du phénomène et d'autre part, amener suffisamment d'informations sur les dégâts perpétrés.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Pourquoi l'utilisation de l'échelle de Torro et non la nouvelle échelle de Fujita ?

Cette échelle a la particularité d'avoir été établie au Royaume-Uni en 1972 par **Terence Meaden**.

À l'origine, l'échelle de Torro était conçue en fonction des valeurs de vent estimées et non de l'intensité des dégâts observés ce qui posait énormément de problèmes.

Dans le courant des années 2000, certains chercheurs allemands dont M. **Nikolaï Dotzek** et M. **Martin Hubrig** ont apportés des modifications à l'échelle originale en apportant cette fois-ci des indications tenant compte des dommages observés[6]. Précisons que ces chercheurs avaient un solide bagage scientifique, leur réputation et leur crédibilité n'étant plus à démontrer, M. **Dotzek** ayant collaboré étroitement avec les spécialistes américains.

Les modifications apportées, un peu à l'image de celles établies pour l'élaboration de la nouvelle échelle de Fujita, tiennent compte du type d'habitations et de la végétation. Mais à l'inverse de la nouvelle échelle de Fujita, les chercheurs allemands ont pris en compte les structures propres aux pays d'Europe Centrale.

Par la suite, des indices complémentaires sont venus s'ajouter ce qui a permis de mettre à jour dès l'année 2009 une échelle précise et fiable, du moins aussi fiable que pouvait le permettre la complexité propre au type de phénomène[7].

Bien entendu, comme pour la nouvelle échelle de Fujita, il reste des imperfections. Mais les indicateurs de dommages ajoutés à l'échelle de Torro ont volontairement été moins précis que ceux ajoutés à la nouvelle échelle de Fujita.

Toujours est-il qu'à l'heure actuelle, les allemands, mais également les autrichiens et les polonais utilisent cette échelle.

De ce fait, et en ayant effectué nous-mêmes des comparaisons entre la Belgique et l'Allemagne, nous avons pu constater une franche similitude entre les deux pays tant au niveau des différents types de végétaux que des habitats que l'on rencontre des deux côtés.

Bien sûr, il subsistera toujours des différences entre les deux pays mais celles-ci nous semblent bien moindres que celles qui peuvent exister entre la Belgique et les Etats-Unis.

Au lien ci-après, nous avons résumé les critères qui composent l'échelle de Torro.

http://www.belgorage.com/dossier-pedagogie-generalites-tornades-14.php

Si à l'avenir, une échelle plus pertinente que celles utilisées actuellement par nos soins devait être élaborée, nous l'utiliserons comme il se doit mais afin de pouvoir effectuer des études climatologiques pertinentes, nous utiliserons toujours en annexe l'ancienne échelle de Fujita.

[6] http://www.tordach.org/pdf/FT_scales.pdf

[7] http://forum.skywarn.de/viewtopic.php?f=31&t=7094

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 4

Analyses détaillées et parcours des tornades

La tornade du 8 août 2014 à Glimes – Jauchelette (province du Brabant Wallon)

Enquêteurs de terrain : François Riguelle, André Etienne

Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F1

Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T3

Distance totale parcourue par la tornade: environ 6 kilomètres

Largeur maximale du couloir des dégâts : environ 100 mètres

Particularités : il semblerait que la tornade ait pu se rétracter à certains endroits ce qui pourrait expliquer l'absence de dégâts au sein même du couloir.

Crédit photo : **François Riguelle**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général

La tornade touche le sol entre la Chaussée de Namur et la rue du Commandant Michaux. Celle-ci provoque quelques dommages aux arbres (1).

Celle-ci prend ensuite une direction nord-est pour traverser un bois. Arrivée sur une ferme agricole située entre les rues de Thorembais, rue du Fort et rue des Meuniers à Glimes, la tornade provoque des dégâts assez importants sur une grange (2).

Une maison toute proche de la ferme voit une partie de sa toiture envolée. La tornade poursuit sa route et touche successivement des habitations situées aux rues de Huppaye et des Vallées (3).

Le tourbillon traverse ensuite des champs avant d'aborder la rue de la Dîme. Certaines toitures sont sévèrement touchées (4).

La tornade passe sur un cimetière avant de se diriger vers la rue des Buissons (5).

Passé ce point, les dégâts deviennent de plus en plus épars ce qui laisse supposer que le tourbillon ne touche plus le sol qu'à certains endroits, notamment dans le bois du Haut Saint Pierre situé au nord-est du village de Jauchelette où beaucoup d'arbres ont été soit étêtés, soit cassés nets (6) ainsi que sur un autre bois dit du Bombard situé à l'entrée de l'entité de Jodoigne (7).

Sur ce dernier bois, les analyses effectuées par M. François Riguelle montrent la présence de deux couloirs de dégâts distincts ce qui pourrait laisser supposer la survenue d'un second tourbillon mais si tel est le cas, ce dernier n'aurait parcouru qu'une très faible distance.

Enfin, les derniers dégâts visibles le sont à la hauteur du chemin Pavé (8).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours détaillé du passage de la tornade à la limite entre les communes de Glimes et de Jauchelette.

La tornade aborde la zone boisée proche de la rue des Vallées. Les dégâts à la végétation dénotent une tornade d'intensité F1–T3. En effet, la plupart des arbres sont soit abattus, soit sectionnés. Certains d'entre eux sont même étêtés. La largeur du couloir est estimée à environ 30 mètres (1).

La tornade entame ensuite un parcours à travers des champs où certains ballots de pailles pesant plus de 200 kilos ont été déplacés. L'un d'entre eux l'a même été sur plus de 100 mètres alors que la pente est quelque peu ascendante (2). Ce ballot de paille va venir buter contre la façade d'une maison située à la rue de la Dîme (3).

À la rue de la Dîme justement, les dégâts infligés aux toitures sont importants. L'une d'entre elle sera très endommagée ce qui dénote une tornade dont l'intensité est estimée au niveau F1–T3 (4).

Passée la rue de la Dîme, la tornade perd peu à peu de son intensité, semble s'être rétractée avant de provoquer à nouveau des dégâts sur des bois.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

La toiture d'une grange imposante est littéralement éventrée par la tornade. Le fait que la charpente soit encore présente ne permet pas le classement de la tornade à cet endroit-là au niveau F2 sur l'échelle de Fujita d'autant que selon M. François Riguelle, enquêteur de terrain, la charpente n'avait pas l'air en très bon état. L'intensité est dès lors estimée au niveau F1–T3.

Crédit photo : **François Riguelle**

Voici sans aucun doute l'une des maisons les plus touchées par cette tornade située à la jonction entre la rue de Dîme et la rue de la Ramée. La toiture a été sévèrement endommagée ce qui nous permet d'estimer l'intensité de la tornade à cet endroit-là au niveau F1–T3. Notons que cette maison se situait sur le flanc gauche du tourbillon dans le sens de déplacement de celui-ci. Les toitures sont souvent les parties les plus endommagées après le passage d'une tornade. La projection des tuiles ou ardoises s'avère particulièrement dangereux.

Crédit photo : **André Etienne**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les dégâts à la végétation sont également importants comme le montrent les photos suivantes. Une tornade peut abattre ou sectionner les arbres mais une rafale descendante peut faire les mêmes dégâts. C'est donc avant tout la présence de dégâts convergents qui permet de distinguer le passage d'une tornade par rapport à une rafale descendante. Le fait d'avoir des arbres par endroits totalement étêtés pourrait envisager une intensité proche du niveau F2. Ainsi, le niveau F1/T3 a été retenu.

Crédit photos : **François Riguelle**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La tornade du 8 août 2014 à Manhay (province de Luxembourg)

Enquêteurs de terrain : collectif Belgorage

Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F1

Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T3

Distance totale parcourue par la tornade: 3600 mètres

Largeur maximale du couloir des dégâts : 130 mètres

Particularités : l'hypothèse de la survenue d'une rafale descendante entre le hameau de Fosse et Manhay est envisagée, et ce à une distance très proche du passage de la tornade.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général

La tornade prend naissance sur le hameau de La Fosse et provoque quelques dommages (1).

Elle prend ensuite une direction nord-nord-est pour traverser essentiellement des prairies mais également des bosquets d'arbres. Un abri pour bestiaux est littéralement pulvérisé et l'on retrouve des morceaux de tôles autant en amont qu'en aval du trajet pris par le tourbillon (2).

Arrivé au hameau de Grandménil, la tornade provoque d'importants dégâts (3). Plus d'une vingtaine d'habitations sont touchées dont certaines assez sévèrement (toitures fortement endommagées).

Passée le hameau, la tornade continue sa route et traverse des prairies et des champs pour atteindre les abords du hameau de Vaux Chavanne (4). C'est là que l'on perd définitivement sa trace.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours détaillé du passage de la tornade sur le hameau de Grandménil.

La tornade arrive sur le hameau via la Grand Rue et le chemin du Béguinet (1). Les dégâts sont limités (quelques arbres couchés au sol, les toitures sont faiblement endommagées). L'intensité du tourbillon est estimée au niveau F0–T1.

Ensuite, la tornade s'intensifie rapidement en arrivant au croisement de la rue Alphonse Poncelet et du chemin de la Male Mélée.

Les dégâts infligés aux habitations dénotent une tornade d'intensité F1–T2 (2). Ensuite, le vortex continue sa route vers le nord-nord-est et touche successivement des habitations situées à la rue d'Eghezée, rue Alphonse Poncelet, Chainrue et route de Bomal (3). Les dégâts sont par endroits assez impressionnants et dénotent toujours une tornade d'intensité F1–T3. Arrivé à la rue Sous la Ville et rue du Thier, le tourbillon garde le stade F1–T3 (4).

Notons qu'aux premières heures de l'enquête, nous avions envisagé le niveau F2–T4 sur une habitation située justement à la rue Sous la Ville. Le fait que l'entièreté de la toiture (charpente comprise) avait été détruite amenait un tel classement. Cependant, l'analyse des dégâts nous aura permis de constater la vétusté de l'habitation ce qui nous a incité à envisager un niveau inférieur.

Passée les habitations, la tornade entreprend la remontée des prairies et des champs, s'élargit quelque peu pour atteindre sa largeur maximale, proche des 130 mètres et quitte définitivement la commune pour atteindre le hameau de Vaux Chavanne.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

Sur la photo suivante, un morceau de plaque ondulée est planté dans le sol. Les débris lancés à vive allure par la tornade peuvent devenir de véritables projectiles, capables de blesser des personnes ou de traverser des fenêtres. Cela reste sans aucun doute l'un des aspects les plus dangereux du passage d'une tornade, et ce même au passage d'un tourbillon dit de « faible intensité » comme dans ce cas-ci. Inutile donc d'avoir des tornades F3 ou F4 pour blesser des personnes.

Crédit photo : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

Une tornade a la particularité de projeter des débris dans tous les sens. Ici, des tôles se sont envolées dans le sens opposé du déplacement du phénomène. Le sens de déplacement de la tornade est représenté par une flèche blanche et l'endroit où se situait l'abri pour bestiaux est représenté par un cercle jaune.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Un abri a littéralement été projeté à plusieurs mètres du lieu d'origine. On notera que certaines structures toutes proches sont totalement intactes.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

La toiture d'une habitation aura à son tour été projetée par la tornade, pourtant estimée au niveau F1 (haut de l'échelle). Cela démontre la force d'un tel phénomène, pourtant bien loin de l'intensité d'une tornade comme celle qui est survenu le 20 septembre 1982 à Léglise où l'on atteignait le niveau F3.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Au sein même du couloir, les dégâts peuvent fortement varier d'un point à un autre comme le montre la photo ci-dessous d'une ancienne scierie. Certaines parties sont assez sévèrement abîmées tandis que d'autres le sont beaucoup moins.

Crédit photo : **Eric Dargent – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Tornade du 8 août 2014 à Sart-Lez-Spa (province de Liège)

Enquêteurs de terrain : collectif Belgorage
Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F1
Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T3
Distance totale parcourue par la tornade: environ 5 km
Largeur maximale du couloir des dégâts : environ 50 mètres
Particularités : la tornade aura traversé des zones essentiellement forestières.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général

Les premiers dégâts observés le sont dans un bois proche de la route de Malchamps au sommet d'une colline (1). Les dégâts, assez légers, dénotent une tornade dont l'intensité est estimée au niveau F0–T1.

Plusieurs arbres sont abattus mais leurs enracinements superficiels indiquent probablement une faible résistance au vent. La tornade traverse ensuite des bois compacts sur le versant descendant de la colline. Les recherches effectuées dans cette zone ont été particulièrement complexes.

Le tourbillon quitte la zone forestière au hameau Wayai (2). C'est juste avant d'arriver sur ce hameau que la tornade fait les plus gros dégâts. De nombreux arbres sont abattus par le vortex, certains sont dépouillés ou cassés. L'intensité est estimée au niveau F1–T3.

Au hameau proprement dit, les dégâts semblent au contraire très légers.

La tornade débarque ensuite sur la commune de Sart-Lez-Spa où elle provoque des dégâts assez importants (toitures fortement endommagées). C'est à la hauteur de l'autoroute E42 que l'on perd définitivement trace du tourbillon (3).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

Les recherches ont été délicates dans cette région tant la masse compacte des zones forestières traversées ne facilitait pas les investigations. Il était ainsi très difficile d'avoir une vue d'ensemble. De ce fait, aux premières heures des recherches, la thèse de la rafale descendante était privilégiée car sur le terrain, il semblait que de nombreux arbres étaient au sol dans des sens parallèles.

Ce n'est qu'en effectuant des panoramiques (assemblages de plusieurs photographies) sur des zones plus dégagées que nous pouvions enfin y voir plus clair. En effet, l'une d'entre elles composée de 16 photographies mettait en évidence des dégâts convergents vers un axe central.

La photo ci-après est prise sur le côté droit par rapport au déplacement de la tornade. Prises individuellement, les photos ne permettent pas d'avoir une vision précise de la situation.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Ainsi, cette enquête de terrain nous aura permis d'acquérir des connaissances supplémentaires sur les dégâts que peut engendrer une tornade dite « de faible intensité » dans des zones de relief et boisées.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Tornade du 10 août 2014 à Gozée (province de Hainaut)

Enquêteurs de terrain : Hubert Maldague (collectif Info Météo), David Gustin

Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F1

Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T2

Distance totale parcourue par la tornade: 2.3 km

Largeur maximale du couloir des dégâts : Environ 25 mètres.

Particularités : D'autres couloirs sont également visibles ce qui dénote la possibilité d'avoir eu une tornade multi vortex, voire peut être la présence de deux tourbillons très proches l'un de l'autre. De même, il est fort probable que cette tornade ait pu se rétracter à certains endroits.

Crédit photo : **David Gustin**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général

Le premier contact du tourbillon avec le sol semble avoir été fait aux abords de la rue Baudribut (1). Un champ de maïs a été littéralement couché par le tourbillon. Toutefois, des traces de couloirs ont été observées dans les environs immédiats. L'intensité de la tornade est estimée à cet endroit au niveau F0–T1.

La tornade peine à maintenir le contact avec le sol ce qui explique la présence de zones intactes au sein du couloir.

Un peu avant d'atteindre le chemin de la Taillette, le tourbillon rétablit un contact franc avec le sol sur un champ de maïs (2). Mais là encore, un autre couloir semble se dessiner tout près de là.

À nouveau, le vortex semble perdre contact avec le sol avant d'arriver sur des habitations situées à la rue Bury où elle endommage des toitures (3). Les dégâts observés font état d'une tornade d'intensité F1–T2. Elle poursuit sa route à travers la rue Bierque et le hameau du Bout-là-Haut où elle endommage également des habitations.

Enfin, la tornade perd définitivement contact avec le sol du côté de la rue de Zone (4).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

Une tornade de faible intensité peut connaître des difficultés à maintenir le contact avec le sol. Ainsi, on peut constater sur la photographie suivante que celle-ci s'est contentée de survoler le champ de maïs et de toucher le haut des arbres.

Crédit photo : **Hubert Maldague – Info Météo**

Un champ de maïs est parfait pour observer le comportement d'une tornade au sol et surtout, de pouvoir distinguer l'effet rotatif que celle-ci induit aux végétaux.

Crédit photo : **David Gustin**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Tornade du 10 août à Ligny – Tongrinnes (provinces de Hainaut et de Brabant Wallon)

Enquêteurs de terrain : collectif Belgorage, Bastien Lombeau (collectif Info Météo)

Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F1

Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T3

Distance totale parcourue par la tornade: Environ 9 km

Largeur maximale du couloir des dégâts : estimée à 100 mètres

Particularités : la tornade aura été filmée et photographiée par de nombreux témoins.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général :

Les premiers francs dégâts sont observées rue du Tienne (1). Ceux-ci sont estimés au niveau F1–T3. La tornade passe près d'une station météo amateur où une rafale de vent de 134 km/h est enregistrée (2).

La tornade poursuit sa route vers l'est-nord-est et aborde les rues de la Tombe et rue Lucien Ponlot (3). C'est à cet endroit-là qu'une personne a pris une photo de la tornade s'éloignant alors que celle-ci venait de faire des dégâts sur les rues précitées. Un Snack va être fortement endommagé par le passage du tourbillon (4). Ce sont surtout les fenêtres qui ont été touchées. L'intensité est toujours estimée au niveau F1–T3

La tornade touche plusieurs habitations de la rue Pichelin avant de probablement perdre le contact avec le sol (5). À nouveau, l'intensité F1–T3 est retenue. En arrivant à la place de Tongrinnes, on retrouve de nouveaux dégâts (6).

Le vortex poursuit sa route tout en provoquant des dégâts sur le hameau de Bothey, plus particulièrement à la chaussée de Namur (7). Une ferme va subir le passage de la tornade et les dégâts aux toitures sont relativement importants. L'intensité est toujours estimée au niveau F1–T3.

Le tourbillon traverse des champs avant de se dissiper définitivement du côté de la rue Tombale (8).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

Dans l'histoire récente, c'est la première fois qu'une station météo amateur ait pu enregistrer la force du vent dans les environs immédiats du passage d'une tornade, du moins en Belgique. En effet, selon nos investigations, le tourbillon est passé tout près de la station météo sans pour autant la toucher directement. Une rafale de vent de 134 km/h est ainsi relevée.

S	4.02	27.4	SE	20.4
S	2.82	19.3	S	21.5
S	4.02	133.6	SSW	18.7
SW	2.41	24.1	SSW	19.9
SSW	3.22	29.0	S	19.5
---	0.00	0.0	---	---
---	0.00	0.0	---	---
SW	4.02	29.0	SSW	18.4
SW	3.62	25.7	WSW	18.5
SW	3.22	27.4	WSW	18.7

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

La tornade de Ligny aura également été photographiée à de nombreuses reprises. Ici, le tourbillon vient de faire des dégâts aux environs de la Chaussée de Charleroi à Ligny.

Source : **J. Passin**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Des projectiles lancés par la tornade démontrent une fois de plus le caractère dangereux d'un tel phénomène. Ici, une chaise est encastrée sous un grillage tandis qu'une tôle ondulée est plantée dans le sol.

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Une tornade a la particularité de faire des dégâts très localisés. Ainsi, dans ce cas présent, une toiture a été assez sévèrement touchée tandis que sa voisine est totalement intacte. Notons qu'un abri de jardin a été démantibulé et projeté à 50 mètres du lieu d'origine.

Crédit photo : **Bastien Lombeau**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Tornade du 22 août à Thieulain – Ligne (province de Hainaut)

Enquêteurs de terrain : collectif Belgorage

Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F0- F1

Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T1-T2

Distance totale parcourue par la tornade: 8.3 km[8]

Largeur maximale du couloir des dégâts : 20 mètres

Particularités : cette tornade aura été un exemple parfait d'un phénomène parcourant une distance assez importante tout en ne touchant le sol qu'à certains endroits.

Crédit photo : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

8 De nombreuses zones au sein même du couloir sont totalement intactes ce qui laisse suggérer le passage d'une tornade « sauteuse »

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général :

La tornade touche le sol sur une exploitation agricole située à la rue des Mûres (1). Les dégâts sont assez légers (tuiles envolées). L'intensité de la tornade est estimée au niveau F0–T1. La tornade peine ensuite à maintenir le contact avec le sol.

En arrivant à la rue Humont et à la Chaussée de Renaix, le tourbillon provoque à nouveau quelques dégâts aux toitures et ceux-ci dénotent une intensité toujours estimée au niveau F0–T1(2). On retrouve ensuite trace du passage du phénomène sur de nombreux champs de maïs.

Arrivé à Grandmetz, le tourbillon reste de très faible intensité (F0–T0) et provoque quelques dommages à des arbres ainsi qu'à des toitures (3). À nouveau, le tourbillon peine à garder le contact avec le sol. On retrouve ainsi quelques dommages très localisés sur des habitations.

Enfin, arrivé sur le hameau de Clivemont, le tourbillon endommagera un peu plus une maison, là où il atteindra une intensité estimée au niveau F0–F1.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

La tornade aura eu beaucoup de difficultés à maintenir un contact avec le sol tout au long de son parcours ce qui aura compliqué les recherches effectuées.

En outre, le tourbillon aura survolé essentiellement des champs agricoles dont plusieurs champs de maïs. Ces derniers étant parfaits pour étudier avec minutie non seulement la largeur du couloir des dégâts mais également le comportement d'un faible vortex au sol. Sur les photographies ci-après, prises à Chapelle à Wattines (à la limite d'Houtaing), nous pouvons constater que le tourbillon aura effectué un « touch and go » pile sur le champ de maïs. La tornade aura parcouru environ 25 mètres en plein cœur du champ de maïs et sur une largeur d'environ 5 mètres. Cela dénote l'aspect très localisé d'une tornade de faible intensité.

Crédit photos : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Tornade du 22 août à Lichtervelde (province de Flandre Occidentale)

Enquêteurs de terrain : collectif Belgorage

Intensité maximale sur l'échelle de Fujita : F1

Intensité maximale sur l'échelle de Torro : T2

Distance totale parcourue par la tornade: estimée à 1200 mètres

Largeur maximale du couloir des dégâts : 20 mètres

Particularités : cette tornade aurait parcouru une distance très courte

Crédit photo : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours général :

Les premiers dégâts sont directement visibles sur une serre horticole (1). Les dégâts sont relativement importants et dénotent une tornade dont l'intensité est estimée au niveau F1–T2.

Le tourbillon prend ensuite une trajectoire ouest>est et traverse des champs avant d'arriver sur une exploitation agricole. La porcherie est fortement endommagée par la tornade. On retrouve une partie de la toiture de celle-ci à plus de 60 mètres de là. L'intensité est dès lors estimée au niveau F1–T3.

Le tourbillon traverse à nouveau des champs avant de faire quelques dégâts à une toiture d'habitation (3). C'est là que l'on perd trace des dégâts.

Notons qu'il n'est pas impossible que la tornade s'est rétractée avant de réapparaître plus loin, dans la commune de Zwevezele faisant des dégâts à des toitures d'habitations mais nous ne pouvons le certifier à l'heure de rédiger ce dossier.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Quelques précisions complémentaires et photographies des dégâts

La tornade aura dès son contact avec le sol provoqué des dégâts assez importants. Ces dégâts ne concerneront cependant que quelques constructions et la tornade se dissipera très rapidement.

À l'image de la tornade de Thieulain – Ligne, le parcours du tourbillon est bien visible sur des champs de maïs. La largeur du couloir des dégâts ne dépasse pas les quelques mètres à cet endroit-ci.

C'est principalement une porcherie qui fera les frais du passage de la tornade à son intensité maximale. Une partie de la toiture se sera envolée à plus de 60 mètres de là. Cependant, même si les dégâts sont assez importants sur cette porcherie, une toiture en tôles ondulées n'offre par exemple pas la même résistance qu'une toiture d'habitation traditionnelle.

Sur base des dégâts infligés à cette porcherie, le niveau F1–T3 est retenu par notre collectif.

Source : **Het Nieuwsblad**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Remerciements

Dans les jours qui suivirent les événements, de nombreuses personnes sont venues nous apporter leur aide afin de déterminer le parcours des tornades et nous faire part d'informations sur les dégâts et de rapports de témoignages.

Certes, notre collectif s'est rendu sur plusieurs zones touchées mais il était évident que nous n'aurions pas pu nous rendre partout.

Nous en profitons pour remercier ces personnes car c'est grâce à elles que nous avons pu établir pour chaque cas des analyses détaillées. Dans les fiches analytiques qui suivent, nous avons bien sûr nommé ces personnes et nous espérons qu'à l'avenir, nous pourrons encore compter sur ces aides très précieuses.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Sources (sites internet, publications numérisées et littérature)

- Institut Royal Météorologique
- American Meteorological Society
- Comet- Met Ed
- Storm Prediction Center- Formal Publications and Conference Papers
- National Weather Service- NOAA
- Météo France- Concepts et méthodes pour le météorologiste
- European Severe Storm Laboratory
- American Weather
- Skywarn
- Tordach
- Environnement Canada
- Skywarn Allemagne
- Vlaams Instituut voor de Zee
- Keraunos
- Meetnet Vlaamse Banken
- KNMI
- Wunderground
- Stormstalker
- The Iowa Environmental Mesonet
- Infoclimat
- Météociel
- Info Météo
- MétéoBelgique
- MeteoCams Belgium
- Météo Mélin
- Météo Lobbes
- Deûlé-climat
- Fastowarn
- Weerwoord
- Channel Swimming & Piloting Federation
- University of Wyoming

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

- Stormtrack
- Het Nieuwsblad
- Slideplayer.fr (Everard Couturier)
- Noordzee: systeemdynamiek, klimaatverandering, natuurtypen en benthos : Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011 (R. van Hal, O.G. Bos, R. G. Jak)
- L'océan et la machine climatique (Julien Le Sommer)
- Helmholz-Zentrum Geesthacht (Meyer, Pohlmann, Weisse)
- Les orages - Météorologie des grains, de la grêle et des éclairs (Frank Roux)

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com