Supercell outbreak
des 7, 8 et 9 juin 2014
« Les orages de la Pentecôte »

Dossier réalisé par :

Jean-Yves Frique
Cofondateur de Belgorage

Robert Vilmos
Membre responsable de Belgorage

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Durant trois jours, plusieurs offensives orageuses virulentes traversèrent notre pays.

Au total, sept supercellules avérées ont ainsi été recensées par notre collectif[1].

Au passage de ces supercellules, d'importantes chutes de grêle ont provoqué de nombreux dégâts.

Les assurances ont d'ailleurs effectué une première estimation de ces dégâts.

Ainsi, à l'heure de boucler ce dossier, un montant total de 340 millions d'euros aurait été chiffré pour un nombre de sinistrés supérieur à 140.000, ce qui est considérable pour un pays comme la Belgique !

Sur ces 340 millions d'euros, pratiquement six millions d'euros de dégâts concernèrent la ville de Saint Hubert à elle seule.

Dans ce dossier, nous allons revenir sur cet épisode que l'on peut qualifier de mémorable tant il est rare de voir dans nos régions un nombre aussi grand d'orages violents et ce, durant trois jours consécutifs.

De ce fait, un tel épisode méritait un dossier consistant (plus de 100 pages), balayant de nombreux domaines tant sur le plan météorologique que sur le plan didactique. Ainsi, cette publication s'avère être la plus volumineuse depuis la création du collectif Belgorage en avril 2010. Nous vous souhaitons une bonne lecture !

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

1. Il est possible que d'autres orages supercellulaires aient été recensés par d'autres organismes que le nôtre durant cette période.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Belgorage
A l'écoute des orages

Sommaire

CHAPITRE 1 :
LE CONTEXTE METEOROLOGIQUE 5

Contexte météorologique général 6

Analyses des modèles numériques 7

Prévisions émises sur le site Belgorage 9

Analyse du contexte météorologique 10
Analyse du contexte météorologique du 7 juin 10
Analyse du contexte météorologique du 8 juin 13
Analyse du contexte météorologique du 9 juin 16

Analyse détaillée des conditions météorologiques locales ayant favorisé le développement d'orages supercellulaires et suivi de la situation 19

Le 7 juin 19
Le 8 juin 26
Le 9 juin 36

CHAPITRE 2 :
COMPARAISON AVEC LE TORNADO OUTBREAK DE 1967 51

CHAPITRE 3 :
THEORIES SUR LES PHENOMENES METEOROLOGIQUES TELS QUE LA BRISE DE MER ET LA « DRY LINE » 59

La brise de mer, un phénomène simple qui n'est pas si simple que ça 60
La « dry line », un phénomène avant tout américain 65

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 4 :
THEORIES ET CONNAISSANCES SUR LES ORAGES SUPERCELLULAIRES ET LA GRELE 67

Les orages supercellulaires 68
Description 68
Formation 69

La grêle 71
Les nuages producteurs de grêle 72
Formation de la grêle 73
Parcours des grêlons au sein des orages supercellulaires 74

CHAPITRE 5 :
ANALYSES DU PARCOURS DES SEPT SUPERCELLULES AVEREES 77

Parcours et durée de vie des orages supercellulaires avérés 78
Parcours des sept orages supercellulaires précédemment cités 86

CHAPITRE 6 :
MCC ET DERECHO DU 9 JUIN 89

Définition d'un Complexe convectif de méso-échelle (MCC) 91
Définition d'un derecho 93
Naissance et évolution du MCC 94
Les relevés des dégâts 101

Principales références 102

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 1 :

LE CONTEXTE METEOROLOGIQUE

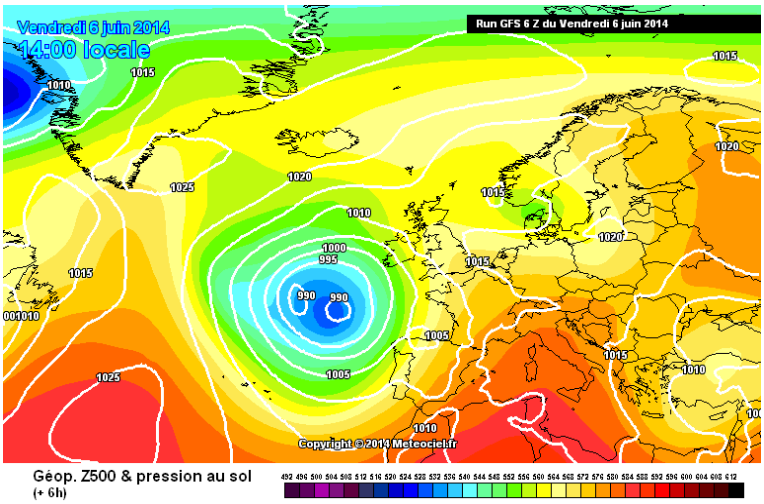
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Contexte météorologique général

L'épisode orageux du 7 au 10 juin, qu'on peut aisément qualifier de « supercell outbreak », restera certainement l'un des plus remarquables que notre pays ait connu au cours des dernières années. Pourtant, lors des premiers jours de ce mois de juin, rien ne laissait encore présager la survenue de telles intempéries.

En effet, le mois a débuté dans la fraîcheur, d'abord sous influence anticyclonique (beau temps avec cumulus et parfois étalement en stratocumulus), ensuite sous l'influence de courants perturbés puis instables d'origine atlantique. Le 4 juin notamment, les précipitations ont été particulièrement intenses en raison du passage de plusieurs occlusions, suivies d'une traîne active. Les cotes pluviométriques sur 24 heures ont dépassé les 20 mm en plusieurs endroits, avec notamment 34,4 mm à Sint-Katelijne-Waver, 33,8 mm à Uccle, 27,3 mm à Sivry ou encore 24,3 mm à Buzenol.

À partir du 5 juin, la formation progressive d'une circulation fermée en altitude (goutte froide) au nord-ouest de l'Espagne, suivi du développement d'une crête vers l'Europe centrale, a placé notre pays dès le 6 juin sous un important afflux d'air chaud et humide d'origine tropicale.



Source : **Météociel**

Ensuite, du 7 au 10 juin, la présence conjointe de l'humidité et d'une forte instabilité, résultant de températures élevées en surface mais à peine supérieures aux normes saisonnières en altitude (niveau 500 hPa), a fourni tous les ingrédients d'un cocktail orageux particulièrement explosif.

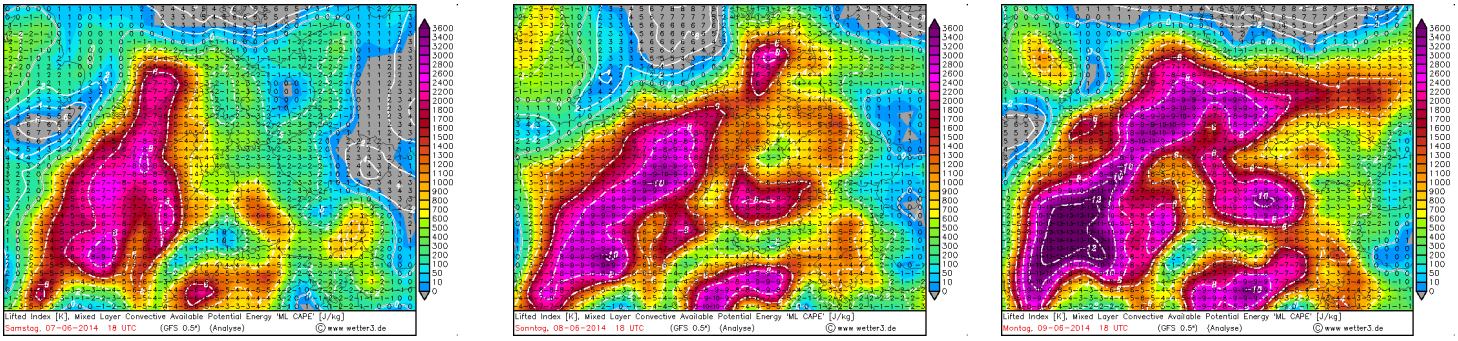
En outre, les différents triggers – mais aussi parfois l'inhibition convective – ont à chaque fois redessiné la configuration atmosphérique pour faire de l'offensive du week-end de la Pentecôte 2014 un événement si spécifique.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Analyses des modèles numériques

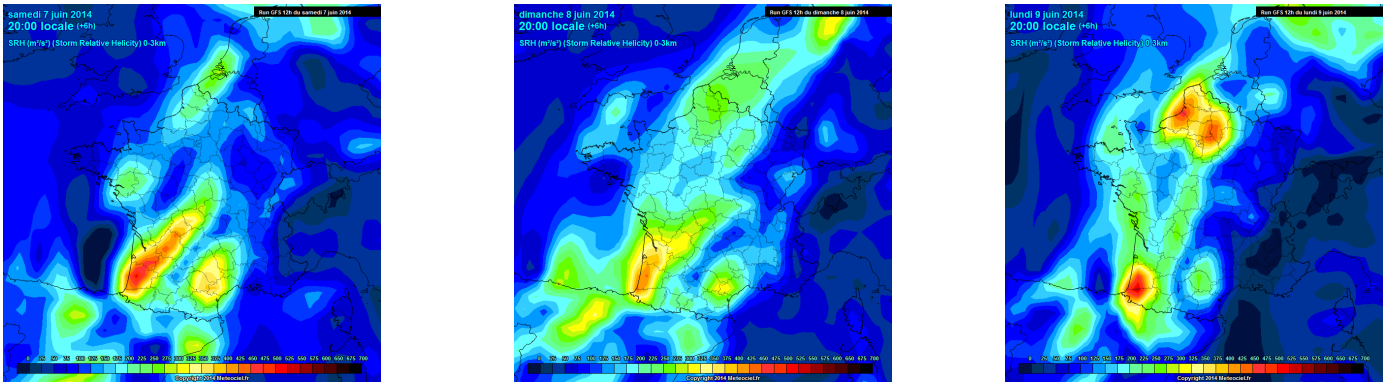
Durant les journées des 7, 8 et 9 juin 2014, une masse d'air chaud recouvre nos régions. Ainsi, les températures dépassent en de nombreux endroits les 25°C.

La température à 850 hPa atteint également de hautes valeurs (de 14 à 16°C). De ce fait, avec la circulation d'air relativement froid en altitude (de l'ordre de -15°C à 500 hPa et de -40°C à 300 hPa), l'instabilité va atteindre durant ces trois jours des valeurs très importantes avec des valeurs de CAPE supérieures à 2000, voire 3000 J/kg. De telles valeurs ne sont en règle générale rencontrée qu'une fois ou deux par an en Belgique ce qui dénote une situation tout à fait remarquable.



Valeurs de la CAPE pour les 7, 8 et 9 juin 2014 à 18 h UTC – Source : **Wetter3.de**

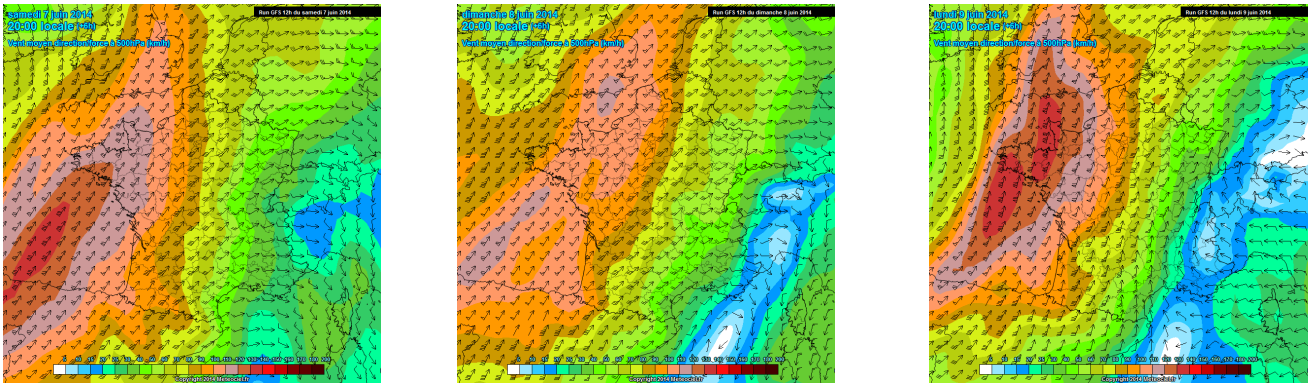
La présence régulière d'un flux de basses couches orienté au secteur sud à sud-est et d'un flux de secteur sud à sud-ouest en altitude amène un important cisaillement directionnel. De ce fait, le contexte devient nettement favorable au développement d'orages rotatifs, voire de supercellules. Ainsi, la SRH 0-3 km atteint des valeurs importantes avec des valeurs supérieures à 200 m²/s².



Valeurs de la SRH 0-3 km pour les 7, 8 et 9 juin à 20 h locale – Source : **Météociel**

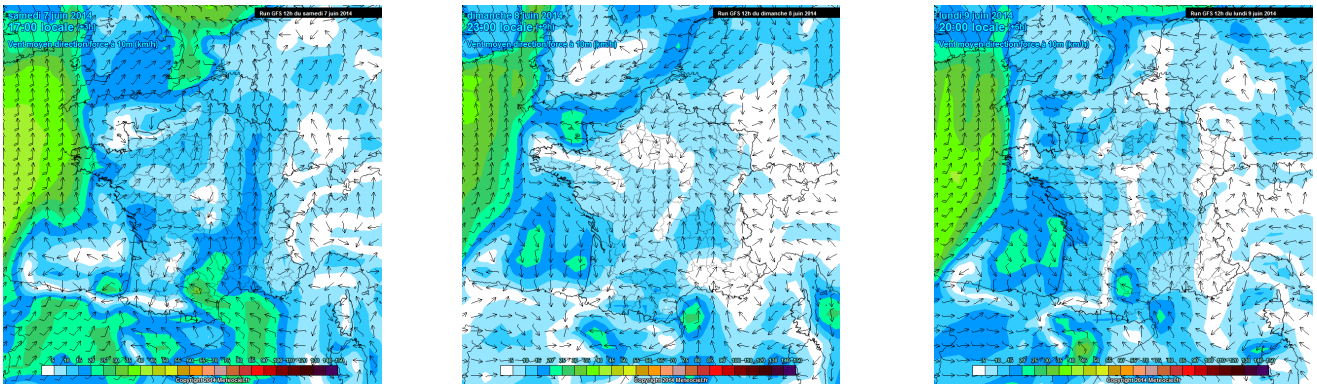
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Ajoutons à cela la présence d'un vent soutenu en altitude mais sans atteindre de très hautes valeurs. Cela étant favorable à une certaine organisation des structures convectives sans pour autant leur permettre d'évoluer systématiquement en systèmes multicellulaires.



Vitesse du vent à 500 hPa pour les 7, 8 et 9 juin à 20h locale – Source : **Météociel**

Avec cela, les forçages de basses couches semblaient suffisants que pour autoriser le déclenchement de la convection. En effet, plusieurs lignes de convergence allaient concerner notre pays permettant le développement de cellules orageuses.



Vitesse et direction du vent à 10 mètres pour le 7 juin à 17h, le 8 juin à 23h et le 9 juin à 20h locale

Source : **Météociel**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Prévisions émises sur le site Belgorage

Ainsi, durant ces trois jours, le collectif Belgorage présentait des prévisions faisant état principalement de risques de très fortes chutes de grêle.

Le risque de survenue de tels phénomènes allait d'ailleurs s'accroître au fil des jours pour atteindre « l'apothéose » le 9 juin.
Ce jour-là, le risque d'évolution en structures arquées était également bien présent.

Dès lors, l'estimation du risque de phénomènes sévères augmentait chaque jour :

- Le 7 juin, niveau un avec risque estimé entre 10 et 30%
- Le 8 juin, niveau deux avec risque estimé entre 30 et 40%
- Le 9 juin, niveau deux (proche du trois) avec risque estimé entre 60 et 70%

Voici comme exemple les « craintes » émises lors des prévisions du 9 juin, journée où le potentiel était le plus important :

« …les orages qui seront parvenus à se développer pourraient s'avérer violents et évoluer en structures supercellulaires. D'intenses chutes de grêle et des puissantes rafales de vent pourront se produire au passage des cellules les plus vigoureuses. Ces phénomènes pourraient provoquer des dégâts parfois importants ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Analyse du contexte météorologique

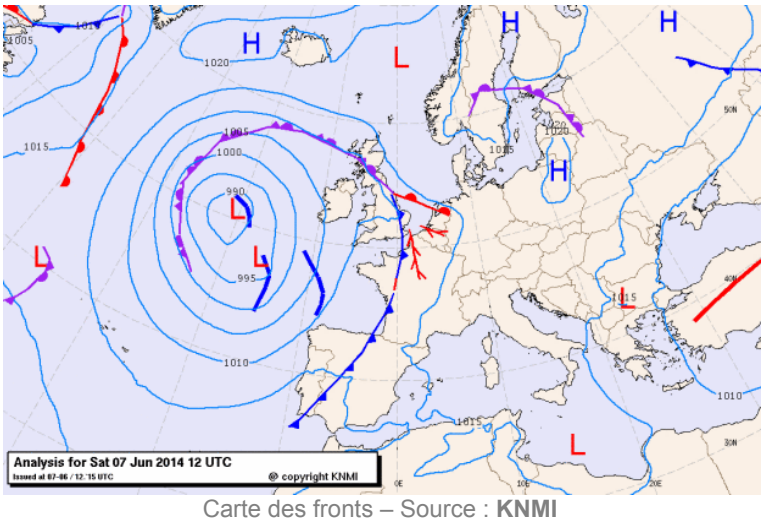
Analyse du contexte météorologique du 7 juin

Notre pays se trouve à l'intérieur d'un secteur chaud, avec un ciel voilé de cirrus et de cirrostratus, en dessous desquels se développent des stratocumulus et des altocumulus, ces derniers prenant parfois des formes lenticulaires au nord-est du pays, et des formes plus instables (floccus et castellanus) ailleurs dans le pays.

Cependant, malgré ces présences nuageuses, denses par moment, les températures s'envolent avec 27°C au centre du pays et 28 ou 29°C en Campine en fin de matinée déjà, le tout par petit vent de sud-est.

Webcam de Lobbes – 07/06/2014 à 11h37 – Source : **Wunderground**

Mais la zone de convergence préfrontale arrive trop vite avec de nombreux altocumulus et stratocumulus, localement doublés de cumulus, tandis que persistent les cirrostratus et les altocumulus castellanus. Dès ce moment, le vent se met à souffler d'ouest à sud-ouest et la température baisse un peu, ce qui inhibe la convection.



Carte des fronts – Source : **KNMI**

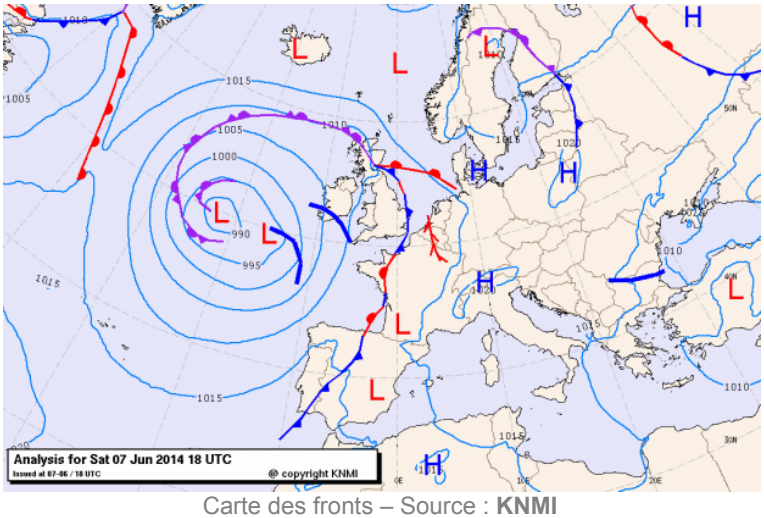
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Ce basculement du vent favorise également la mise en place de la brise de mer, qui affecte d'abord la Côte d'Opale en France, de Calais à Dieppe dès le début d'après-midi, avant de se propager vers Dunkerque puis vers le littoral belge.

Les températures chutent du coup dans ces régions côtières, parfois en dessous de 20°C, pendant que les stratocumulus se font abondants vers midi et en début d'après-midi. Mais après, les éclaircies reviennent en force dans tout le pays, accompagnés de cirrus et de bancs d'altocumulus, toujours avec une tendance aux lenticularis et aux castellanus.

Webcam de Traimont – 07/06/2014 à 18h04
Source : **Wunderground**

Pendant ce temps, une nouvelle zone de convergence se dessine sur la France et s'étend progressivement jusqu'à l'ouest de notre pays. Ainsi, le vent revient au sud-est et nous ramène la chaleur avec des valeurs à nouveau proches des 27 ou 28°C en soirée.



Carte des fronts – Source : **KNMI**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Cet air chaud, à l'ouest du pays, va directement buter sur la brise de mer, à quelques dizaines de kilomètres du littoral, en générant un véritable pseudo-front séparant (dans les basses couches) l'air frais de la mer de l'air chaud de l'intérieur. Sur ce front naîtra, près de Bethune, une supercellule qui se développera jusqu'à provoquer des grêlons de 6 à 7 cm à Wingene, en Flandre Occidentale.

Les interactions entre cette supercellule et le pseudo-front créé par la brise de mer seront étudiées en profondeur sous la rubrique « Analyse détaillée des conditions météorologiques locales ayant favorisé le développement d'orages supercellulaires et suivi de la situation » du présent chapitre.

Un peu plus au sud, sur la ligne de convergence proprement dite, une autre supercellule se formera dans les environs d'Ath, au Hainaut, pour ensuite se diriger droit sur Bruxelles et y déverser des grêlons de 5 à 6 cm en plein sur un match de football. Cette supercellule fera également l'objet d'une étude approfondie.

Évolution de la supercellule bruxelloise. Crédit photo : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

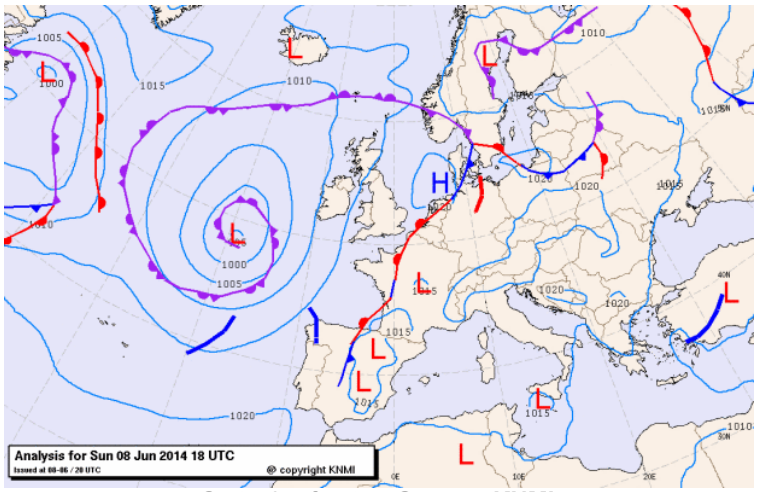
La supercellule photographiée à 20h57 depuis la province de Hainaut
Crédit photo : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

Plus tard dans la nuit, le temps fraîchira quelque peu sur l'ensemble du pays avec une brève accalmie nocturne avant l'arrivée, dès le matin, de nouveaux orages.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Analyse du contexte météorologique du 8 juin

Le 8 juin, notre pays se retrouve dans un air plus maritime mais toujours du côté chaud du front.



Carte des fronts – Source : **KNMI**

Cette journée sera caractérisée par deux offensives orageuses marquées, l'une qui se manifestera (tôt) en matinée et l'autre en fin de soirée.

La première se présente dès 7 heures du matin sous la forme d'un système convectif de méso-échelle remontant depuis la France et s'atténuant rapidement. Mais il nous réserve des surprises malgré tout en se réactivant localement en province de Namur et en prenant même des allures supercellulaires.

Plus tard en matinée, une des branches du système se transforme en écho en arc affectant la région de Liège, puis le Limbourg avant d'atteindre les Pays-Bas et l'Allemagne. Ailleurs dans le pays, la perturbation est bien plus modeste avec des bancs de stratocumulus étendus et des cumulonimbus enclavés avec de petites averses.

Webcam d'Overijse – 08/06/2014 à 8h59
Source : **Wunderground**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

L'après-midi, à l'arrière de la première offensive orageuse, des infiltrations maritimes ont lieu dans les basses couches, avec une très faible circulation de nord à nord-est qui se glisse en dessous du courant général lié au secteur chaud, de sud à sud-ouest dans les couches moyennes. Il se forme alors une inversion assez basse, se situant à un petit millier de mètres d'altitude, en dessous de laquelle se forment des cumulus humilis.

Région de Rochefort – 08/06/2014 à 14h03
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

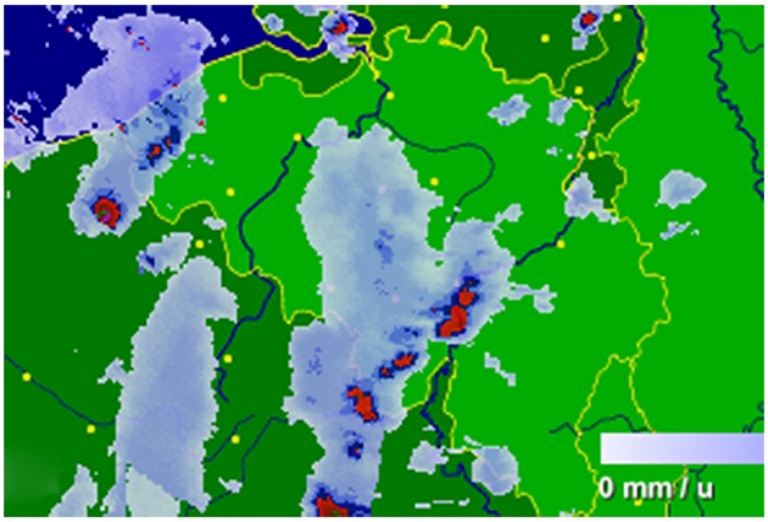
Au littoral, le ciel devient même quasiment serein, sous une brise de mer soufflant de nord-ouest, puis de nord. À l'intérieur des terres, le vent est faible de nord-ouest dans les plaines flamandes, et de nord à nord-est dans les parties centrales, méridionales et orientales du pays.

Les températures, quant à elles, atteignent 21 à 22°C dans la zone côtière, et 26 à 27°C au centre de la Belgique. Le sud du pays, à l'abri des influences maritimes, connaît une journée très chaude avec près de 31°C.
Le retour des altocumulus à tendance instable le soir présage déjà de ce qui nous attend quelques heures plus tard.

Webcam de Lobbes – 08/06/2014 à 18h00
Source : **Wunderground**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

En effet, des orages intenses se préparent déjà depuis un bon bout de temps en France avec à nouveau des développements supercellulaires. Ces orages frapperont à nouveau durement le pays durant la nuit, tant à l'ouest qu'au centre-est.



Situation du 08/06/2014 à 23h30
Source : **Buienradar**

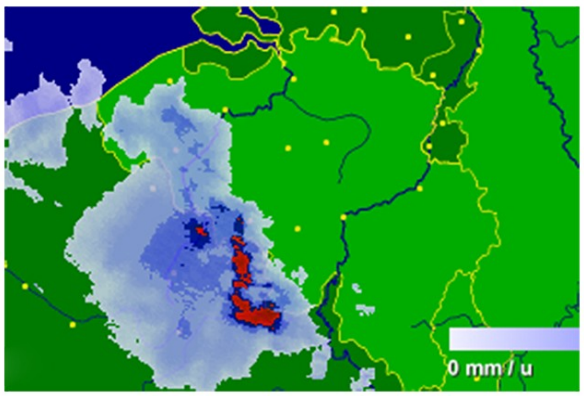
Ci-dessous, la supercellule observée un quart d'heure plus tôt (par rapport à la carte du Buienradar). Elle est encore en France mais déjà bien visible depuis la Belgique.

Orage supercellulaire sévissant dans le département des Ardennes en France
et observé à 23h14 depuis la région de Bertrix en province du Luxembourg
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Analyse du contexte météorologique du 9 juin

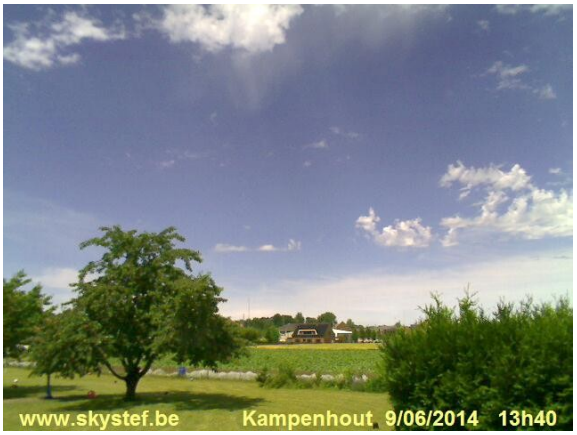
Le 9 juin commence par du beau temps, avec quelques cirrus et quelques altocumulus castellanus mais le ciel se voile par la suite avec l'arrivée d'une nouvelle zone orageuse dès la matinée. Celle-ci aborde notre pays vers 10h15 sous la forme d'un MCS remontant de la France.



Situation du 09/06/2014 à 10h15
Source : **Buienradar**

La première région touchée est la botte du Hainaut, soit les environs de Chimay, Couvin, Charleroi et Gerpinnes. Et comme la veille, les orages se sont activés au moment où le système convectif a passé les frontières belges. Par la suite, les orages se dirigent vers l'est du Brabant Wallon et du Brabant Flamand où ils provoquent vent, pluie et inondations voire même un peu de grêle en fin de matinée.

Ensuite le système s'évacue en passant par la province d'Anvers et en gardant toute sa puissance. Une accalmie suit. Après les mammatus à l'arrière du système et encore pas mal de castellanus, les éclaircies nous reviennent et se révèlent très belles par endroit. Les températures, du coup, remontent en flèche. À l'aéroport de Bruxelles-National, par exemple, la température passe de 20°C à 13h00 à 27°C à 14h20. En Campine, à Kleine Brogel, on passe de 19°C à 30°C entre 13 et 16 heures.



Webcam de Kampenhout – 09/06/2014 à 13h40
Source : **Skystef / Wunderground**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

D'une façon générale, l'après-midi, il fait entre 27 et 28°C au centre du pays mais aussi en Haute Ardenne tandis que les 30°C sont atteints ou dépassés en de très nombreux endroits en Campine dans les vallées ardennaises et en Gaume. C'est dans cette dernière région qu'il fait le plus chaud en allant jusqu'à 33°C dans la région de Virton.

Inutile de dire qu'avec l'humidité laissée par les orages de la matinée, l'instabilité devient particulièrement forte avec des MLCAPE rarement atteintes en Belgique, celles-ci étant de l'ordre de 3000 J/kg. Cependant, malgré cette explosion des températures, ces dernières restent un peu en retard par rapport à ce qu'elles auraient pu être s'il n'y avait pas eu les orages en question. Ce sont donc les couches moyennes inférieures qui bénéficient le plus de l'afflux d'air chaud tandis qu'une inversion couvercle se met en place sans doute autour des 500-600 mètres d'altitude (ce qui explique les températures sur les plateaux ardennais qui sont aussi élevées qu'en plaine).

Il n'y a donc pas de convection au départ du sol, et donc pas de cumulus (sauf en Haute Belgique, située au-dessus de l'inversion) mais ça bouillonne fort dans les couches moyennes. Outre les altocumulus castellanus précités, nous voyons apparaître dans nos cieux, en fin d'après-midi, des nuages extrêmement rares en Belgique, des altostratus asperatus undulatus, bien plus fréquents dans les Grandes Plaines américaines que dans notre petit pays.

Bruxelles-Forest – 09/06/2014 à 17h53
Crédit photo : **Robert Vilmos – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Au même moment, une offensive orageuse majeure est en train de se développer rapidement sur le sud du pays. Il faut savoir que là, c'est carrément tout le profil atmosphérique qui est digne des Grandes Plaines américaines. Nous avons en effet une mince couche d'air particulièrement humide (à Humain, entre Rochefort et Marche-en-Famenne, on observe des points de rosée de 20 à 21°C pour des températures de 27 à 28°C), surmontée d'une masse d'air nettement plus sèche, dont la limite au sol effleure l'extrême sud de la Belgique sous la forme d'une « dry line » (à Buzenol, non loin de Virton, les points de rosée sont déjà bien plus bas, de 12 à 13°C pour des températures de 31 à 32°C).

En plus de cela, les gradients thermiques des couches moyennes sont parmi les plus élevés connus en Belgique. En recalculant les valeurs d'après les modèles et d'après les sondages réels d'Idar-Oberstein, nous constatons qu'au-dessus de la province du Luxembourg, la décroissance thermique atteint 0,8°C par 100 mètres entre le niveau 850 hPa et le niveau 500 hPa, soit entre 1550 et 5840 mètres d'altitude environ.

Une seule image résume à merveille ce que cela peut donner.

Région de Journal près de Laroche-en-Ardenne à 18h44
Enclume du système orageux parsemée de mammatus
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Ces orages, tout comme ceux des 7 et 8 juin, seront étudiés minutieusement sous la rubrique ci-après, concernant l'analyse détaillée des conditions météorologiques. Vous trouverez également, au chapitre 3, une petite partie didactique consacrée à deux phénomènes qui ont fortement influencé l'activité de cet épisode orageux, en l'occurrence la brise de mer (le 7 juin) et la « dry line » (le 9 juin).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Analyse détaillée des conditions météorologiques locales ayant favorisé le développement d'orages supercellulaires et suivi de la situation

Le 7 juin

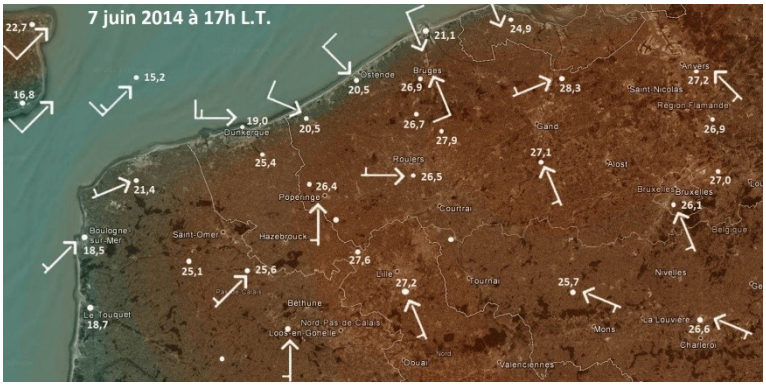
La supercellule de « Wingene »

Ici, nous allons revenir sur le phénomène de brise de mer ayant directement influencé la formation de la supercellule née près de Béthune en France et qui a déversé de gros grêlons sur la région de Wingene, en Flandre Occidentale.

Les schémas ci-dessous reprennent l'évolution particulière de la brise de mer en ce jour du 7 juin 2014.

Sur la première carte, nous pouvons voir que le vent général souffle de sud à l'intérieur des terres françaises et avec une tendance sud-est sur l'intérieur des terres belges. Nous avons donc une brise de mer d'ouest à sud-ouest sur la Côte d'Opale qui s'enclenche facilement et qui est typique des circulations générales de sud ou de sud-sud-ouest.

Du côté de Dunkerque, la brise marine vient d'ouest, ce qui est tout aussi typique dans ce cas-là. Plus vers la côte belge cependant, la brise est davantage contrariée par un vent général de sud-sud-est mais finit par s'imposer quand même en soufflant de nord-nord-ouest.

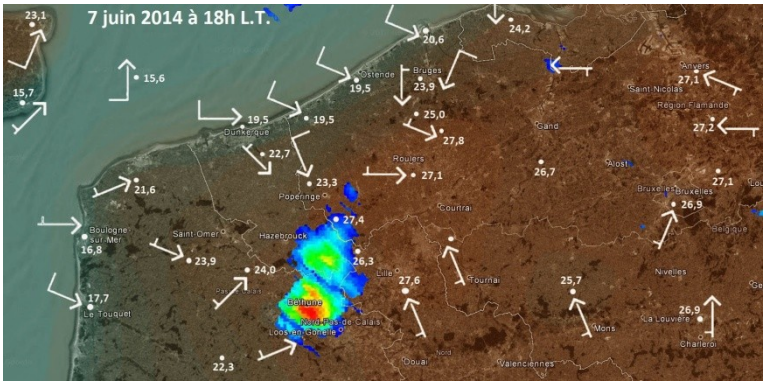


Source : **Infoclimat, Wunderground, KNMI, Google Earth**

Le premier schéma montre déjà bien comment une zone de convergence se met en place à une trentaine de kilomètres du littoral, quelque part près de la frontière belgo-française. Mais un basculement vers l'ouest (voire l'ouest-nord-ouest) de la brise de mer près de Boulogne et une meilleure pénétration de la brise de mer belge vont fortement repousser le point de rencontre des vents vers le sud, cela allant jusqu'à 60 kilomètres environ des côtes, tant de celles de Boulogne et du Touquet que de celles de Dunkerque et de La Panne.

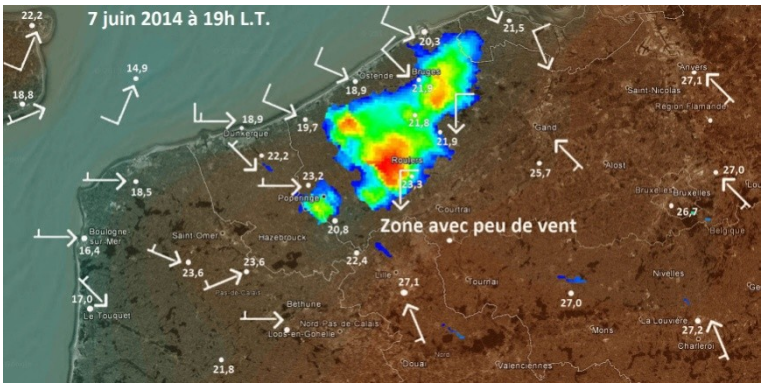
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La convergence est donc maximale près de Béthune, au Nord-Pas-de-Calais et c'est là que l'inversion sera percée, avec comme conséquence, le développement explosif d'un orage. Les cisaillements directionnels du vent, quant à eux, donneront rapidement un caractère supercellulaire à l'orage en question.



Source: **Infoclimat, Wunderground, KNMI, Google Earth**

Une demi-heure plus tard (18h30), l'orage fera son entrée en Belgique en déversant d'importantes précipitations sur Nieuwekerke en Flandre Occidentale. À 19 heures, nous assisterons à une division de la cellule orageuse, avec un « moteur droit » qui arrivera à l'apogée de son développement, soit un stade supercellulaire prolongé.



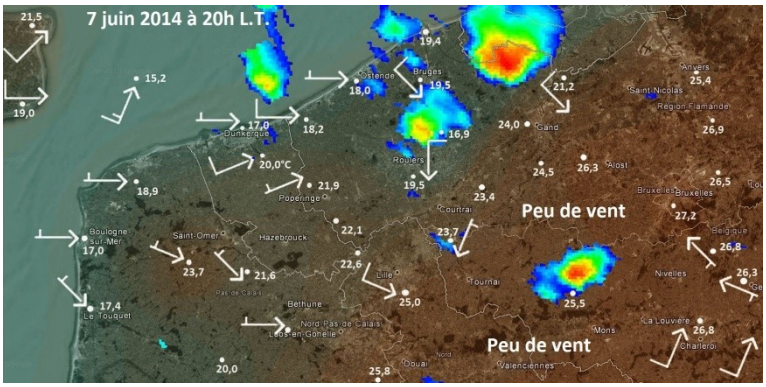
Source: **Infoclimat, Wunderground, KNMI, Google Earth**

Comme le montre le schéma ci-dessus, l'orage se trouve à présent au-dessus de Roulers, et il y a désormais interdépendance des causes et conséquences, c'est-à-dire que d'une part, le front de brise de mer détermine le parcours de la supercellule et que d'autre part, la supercellule, en attirant le vent de mer, détermine la position du front de brise de mer lui-même.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

À 20 heures, l'orage arrive déjà à la frontière belgo-néerlandaise après avoir laissé dans son sillage d'importants dégâts liés à la grêle, notamment à Wingene où la supercellule a fait son passage remarqué vers 19h15, avec des grêlons d'un diamètre de 6 à 7 centimètres !

Le schéma suivant montre la position de cet orage à 20 heures mais aussi déjà la naissance de la future supercellule bruxelloise dans la région d'Ath.



Source : **Infoclimat, Wunderground, KNMI, Google Earth**

Légende des cartes

Couleurs tirant sur le bleu-vert = zone fraîches
Couleurs tirant sur le brun-orange = zones chaudes
Chiffres = températures
Flèches = direction du vent (vitesse : 1 barbule = 10 nœuds ; ½ barbule = 5 nœuds)
Taches (aux couleurs de l'arc-en-ciel) = averses (zones avec précipitations) détectées au radar

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

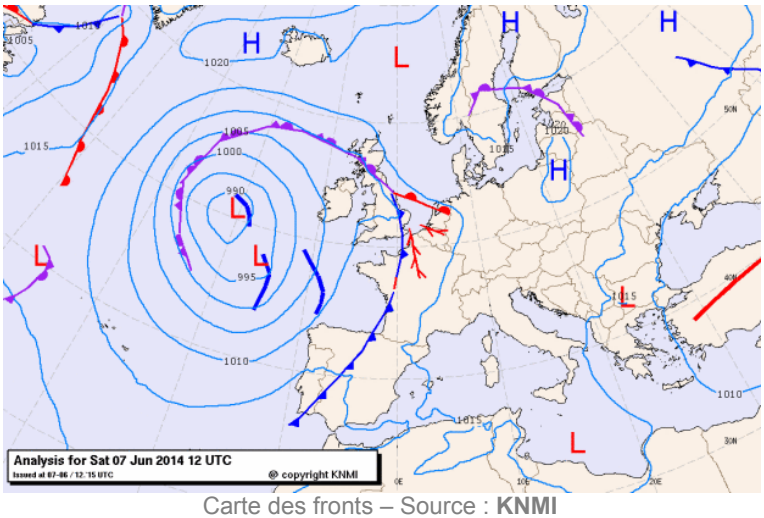
La supercellule de Bruxelles

La supercellule de Bruxelles a eu un mode de formation moins évident à cerner. On aurait pu croire, a priori, que cette cellule ait été liée à celle de Wingene mais une analyse minutieuse des données de nombreuses stations, y compris celles de particuliers, permet d'exclure cette hypothèse.

Nous allons donc nous pencher sur les conditions climatiques précises qui ont régné dans les régions d'Ath et de Bruxelles, ainsi que dans les alentours, pour chercher à comprendre ce qui s'est passé. Commençons par une simple description du temps, centrée sur la région qui nous intéresse.

Dans et autour de Bruxelles, nous observons d'abord une rapide montée des températures en matinée avec une pointe de 27°C vers midi. Le vent souffle de sud-est et le ciel est quelque peu voilé avec des cirrus spissatus qui n'empêchent guère le soleil de briller. Nous avons donc une instabilité de basses couches jusqu'à 700-800 mètres environ. Au-dessus, sans qu'on puisse véritablement parler d'inversion, nous avons une couche de stabilité quand même, une sorte de couvercle donc, qui empêche tout cumulus de se former.

Vers midi et en début d'après-midi, le ciel devient nettement plus nuageux, avec un voile d'altitude tendant vers le cirrostratus, quelque stratocumulus et surtout des altocumulus qui bourgeonnent en castellanus. Une forte instabilité est présente dans les couches moyennes, mais en surface, le vent tourne à l'ouest-sud-ouest avec quelques petites rafales et la température baisse de plusieurs degrés. Une zone de convergence préfrontale vient donc de passer, beaucoup trop tôt.



Carte des fronts – Source : **KNMI**

Une inversion se met donc en place et, avec le manque de soleil, elle semble très difficile à percer. En outre, la nouvelle direction du vent fait disparaître tout cisaillement important avec les vents d'altitude, orientés au sud-ouest dès le départ, ce qui rend la situation encore moins favorable aux orages.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Mais une deuxième ligne de convergence suit. Le vent, progressivement, revient au secteur sud-est, le ciel s'éclaircit à nouveau avec cirrus et altocumulus et les températures remontent à nouveau pour se maintenir ensuite à 27°C jusque passé 20 heures.

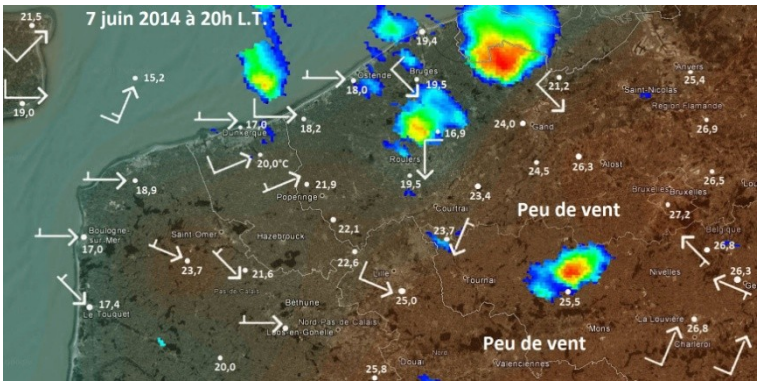
Essayons maintenant de reconstituer (en extrapolant à partir des modèles, comparés aux sondages réels) le profil atmosphérique à 20 heures au-dessus du centre du pays.

Pression	Altitude	Température	Vent	
1005 hPa	0100 m	27°C	SSE	04 km/h
0950 hPa	0580 m	22°C	SSE	15 km/h
0925 hPa	0790 m	20°C	S	20 km/h
0850 hPa	1510 m	14°C	S	30 km/h
0840 hPa	1610 m	14°C	S	30 km/h
0700 hPa	3120 m	04°C	SSW	50 km/h
0500 hPa	5760 m	–15°C	SW	70 km/h

Nous voyons que d'une part, les cisaillements du vent sont à nouveau présents et que d'autre part, l'instabilité est rétablie dans les basses couches. Dans les couches moyennes, l'instabilité reste présente aussi, avec là, une décroissance de 0,7°C par 100 mètres environ.

En outre, l'inversion a été bien rognée par ce retour d'air chaud en surface en fin d'après-midi et en soirée mais il est probable qu'il en reste un petit quelque chose. La thermique à elle seule n'aura pas réussi à venir à bout de cette inversion. Il faudra donc un élément en plus, d'ordre dynamique.

Étudions à présent la situation des vents. Reprenons pour cela la carte de 20 heures, déjà analysée dans le cadre de la cellule de Wingene.



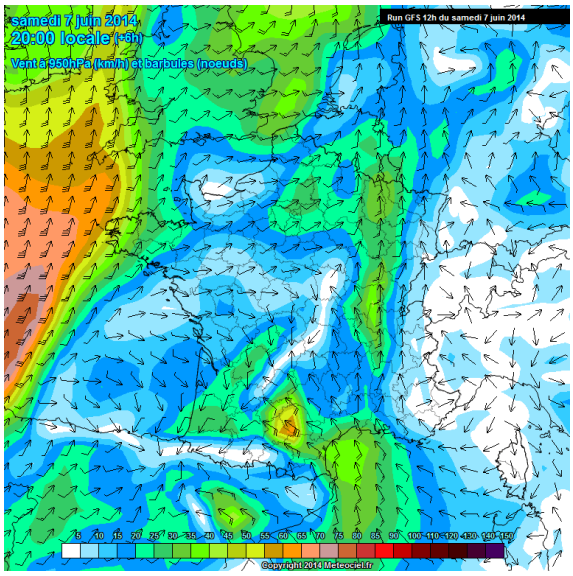
Source : **Infoclimat, Wunderground, KNMI, Google Earth**

Pour la supercellule de Bruxelles, née près d'Ath, nous ne voyons malheureusement rien de particulier ici.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

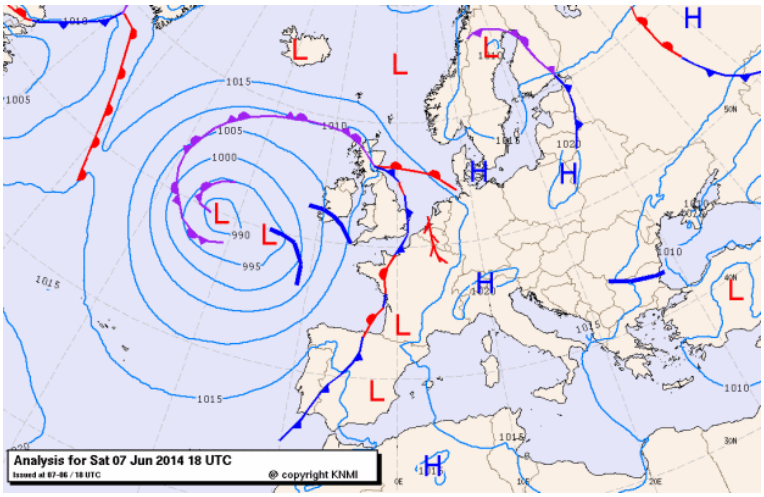
Près des lieux de sa formation, il y a une sorte de doldrum de vents très faibles, avec d'une part un flux méridional bien à l'est de la zone, et d'autre part un flux occidental bien à l'ouest, délimité par un front de brise de mer qui est trop éloigné pour avoir une influence sur la cellule étudiée ici.

Un coup d'œil sur la circulation à quelques centaines de mètres d'altitude nous éclaire cependant la lanterne.



Source: **Météociel**

Il s'agit ici des prévisions à très court terme du modèle GFS pour un niveau situé vers les 550-600 mètres d'altitude. En regardant les flèches sur la Belgique, nous voyons très bien la rencontre, au-dessus du centre du pays, d'un flux de sud et d'un flux de sud-ouest. C'est en effet la deuxième zone de convergence préfrontale. On peut cette fois affirmer, sans grand risque de se tromper, que le modèle a très bien calculé la situation. En outre, la carte d'analyse du KNMI confirme la situation.



Carte des fronts – Source : **KNMI**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

On peut donc en conclure que deux éléments ont permis l'explosion de cette cellule :

Un apport thermique dans les basses couches, quelque peu inhabituel pour l'heure tardive du jour, qui a (re)déstabilisé l'atmosphère et qui a rogné l'inversion de telle manière qu'elle n'était plus infranchissable.

Une deuxième ligne de convergence préfrontale, peu visible en surface mais active dès les premières centaines de mètres d'altitude, qui a mis en place les forçages nécessaires à la naissance de la cellule.

Vue panoramique de l'orage supercellulaire sévissant sur la région bruxelloise
Crédit photo : **Jean-Yves Frique – Belgorage**

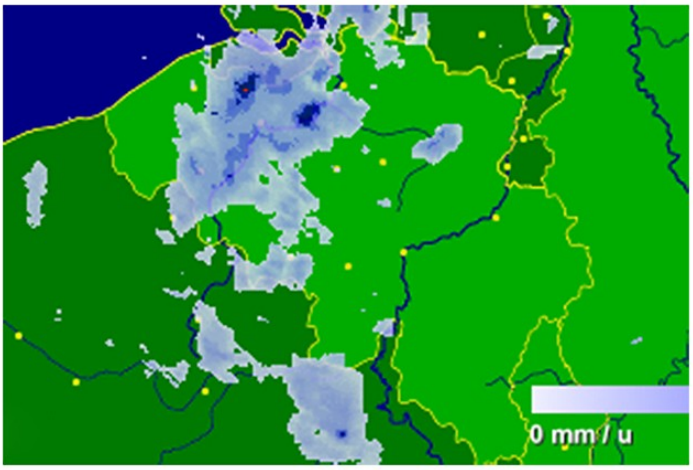
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le 8 juin

Après les deux supercellules avérées de la veille (et une probable ayant sévi sur le nord du pays), la journée du 8 juin s'avère tout aussi intéressante. Cela dit, à la différence de la veille, les orages se produiront en deux épisodes distincts, séparés par une journée presque entière. De fait, le premier se réalisera en début de matinée et l'autre, à la nuit tombée.

Lever de soleil dans la région de Lavaux-St-Anne en province de Namur.
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Ainsi, tout commence vers 7 heures du matin avec la remontée d'un système convectif de méso-échelle depuis la France qui nous arrive sous une forme très atténuée. Cependant, celui-ci nous réserve quelques surprises avec la réactivation localisée de certains noyaux convectifs, notamment du côté de Revin dans le département des Ardennes en France. Là, une cellule en phase de maturation se divise en deux orages intenses dont l'un se constitue en supercellule avérée.



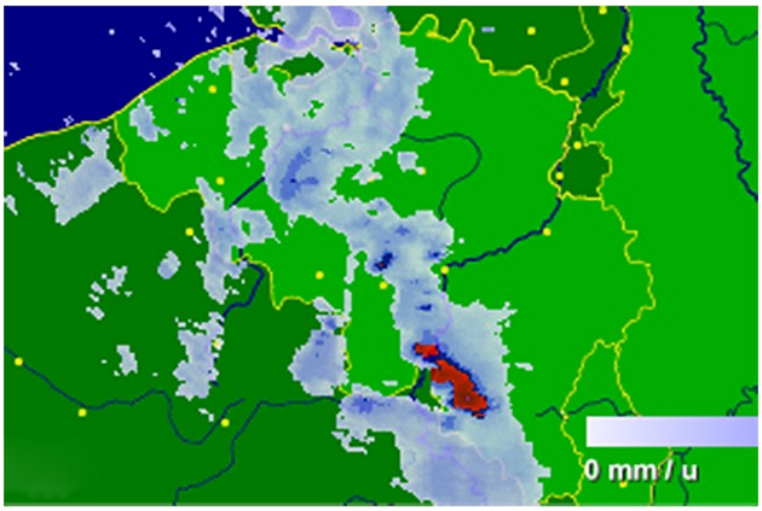
Radar de précipitations vers 7h00
Source : **Buienradar**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Alors que l'une des deux cellules se dirige vers Philippeville en province de Namur, la seconde prend la route de Gedinne, située dans la même province. Notre équipe de traqueurs se trouve sur place, plus précisément dans la région de Lavaux-St-Anne, où elle peut constater des grondements de tonnerre continus sous des nuages à base élevée qui se présentent comme la bordure nord du courant descendant se terminant par une enclume.

Malheureusement, notre équipe ne pourra pas s'en rapprocher davantage car la cellule orageuse passe sur une bande forestière, ce qui rend toute interception impossible.

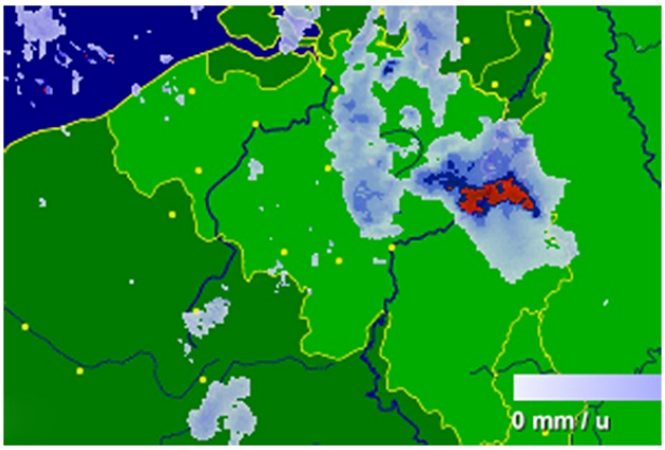
Flanc boréal d'une supercellule transitant en milieu forestier
et observée depuis la région de Lavaux-St-Anne.
Crédit photo : **Samina Verhoeven**



Radar de précipitations vers 08h15
Source : **Buienradar**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Plus tard, la supercellule effectuera une nouvelle division, dont l'une des parties rencontrera celle s'étant précédemment dirigée vers Philippeville, tandis que l'autre évoluera en un système plus étendu en formant un écho en arc sur la province de Liège vers 9h45.



Radar de précipitations vers 10h00
Source : **Buienradar**

Celui-ci remontera par la suite vers la province du Limbourg avant de gagner le sud-est des Pays-Bas et l'Allemagne un peu plus tard.

Après une analyse des images radar, ainsi que du comportement de la cellule ayant évolué en écho en arc, il n'y a plus de doute sur son caractère supercellulaire. Après le passage de ce système, le soleil se remettra à briller de mille feux sur tout le pays, réchauffant dès lors très efficacement les basses couches de l'atmosphère.

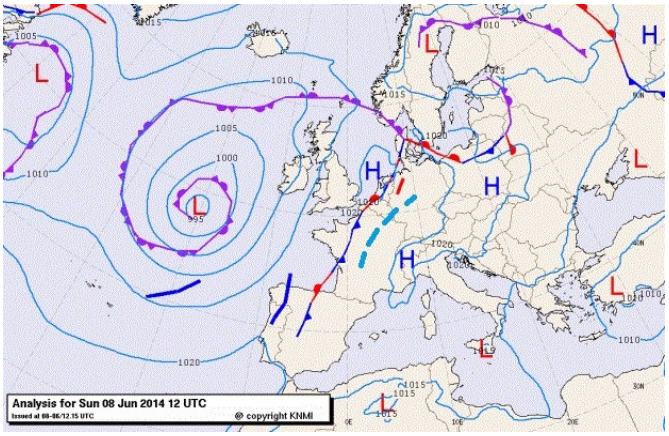
Cependant, cela ne rendra pas la situation atmosphérique moins compliquée car les cellules, même après avoir quitté notre pays, continueront à avoir leur effet sur les basses couches de l'atmosphère. En effet, la zone orageuse, même dans ses parties les moins actives, va fortement entraver le réchauffement diurne en matinée.

C'est ainsi que vers midi, la température ne dépasse pas les 20-22°C en de nombreuses régions avec un taux d'humidité relativement élevé. Par la suite, les basses couches se réchaufferont et se dessècheront quelque peu grâce à de larges éclaircies mais l'inversion qui s'était formée vers 1000 mètres ne parviendra pas à se résorber.

En outre, le vent tend à souffler de nord à nord-est, un effet combiné de l'outflow[2] des orages, toujours présents le long de la frontière germano-néerlandaise et plus tard sur le nord de l'Allemagne, et d'une hausse de pression locale sur les eaux encore froides de la Mer du Nord.

2 L'outflow désigne le courant descendant de l'orage qui, atteignant le sol, se propage à l'avant de celui-ci

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com



Carte des fronts – Source : **KMNI**

N.B. : la ligne bleue discontinue a été ajoutée par nos soins

Ce petit anticyclone fait sentir ses effets même au-delà du front quasi-stationnaire situé près des côtes de la Mer du Nord. Ce qui signifie que ce front n'est pas tout à fait imperméable, l'air frais parvenant à s'infiltrer dans les basses couches et à former un pseudo-front quelques 200 kilomètres plus au sud (marqué par une ligne bleue discontinue sur la carte).

Cette situation, avant de devenir un trigger pour orages, nous vaut d'abord une accalmie en journée, avec un temps agréable, modérément chaud (avec la petite brise rafraîchissante de nord à nord-est) et une convection arrêtée vers 1000 mètres d'altitude par une inversion coriace. Ce pseudo-front préfigure déjà la « dry line » qui affectera le lendemain la France, le Luxembourg et l'Allemagne, ainsi que l'extrême sud de notre pays.

Mais pour le moment, les différences d'humidité ne sont pas encore assez marquées pour qu'on puisse parler de « dry line ». Par contre, une différence de température se fait déjà sentir de part et d'autre de la ligne, avec près de 30°C en Gaume et « seulement » 26 à 27°C au nord du massif ardennais, c'est-à-dire en Basse et Moyenne Belgique. La photo qui suit nous montre les cumulus bloqués par l'inversion dans le ciel de Louvain.

Webcam de Louvain – 08/06/2014 à 15h07
Source : **Wundergound**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Essayons à présent de reconstituer les profils atmosphériques au sud, au centre et au nord de notre pays.

SUD DE LA BELGIQUE

Pression	Altitude	Température	Vent	
0980 hPa	0250 m	29°C	SSW	04 km/h
0950 hPa	0570 m	25°C	SSW	10 km/h
0925 hPa	0810 m	22°C	SSW	10 km/h
0850 hPa	1550 m	16°C	SSW	20 km/h
0700 hPa	3170 m	05°C	SW	45 km/h
0500 hPa	5810 m	–14°C	SW	70 km/h

CENTRE DE LA BELGIQUE

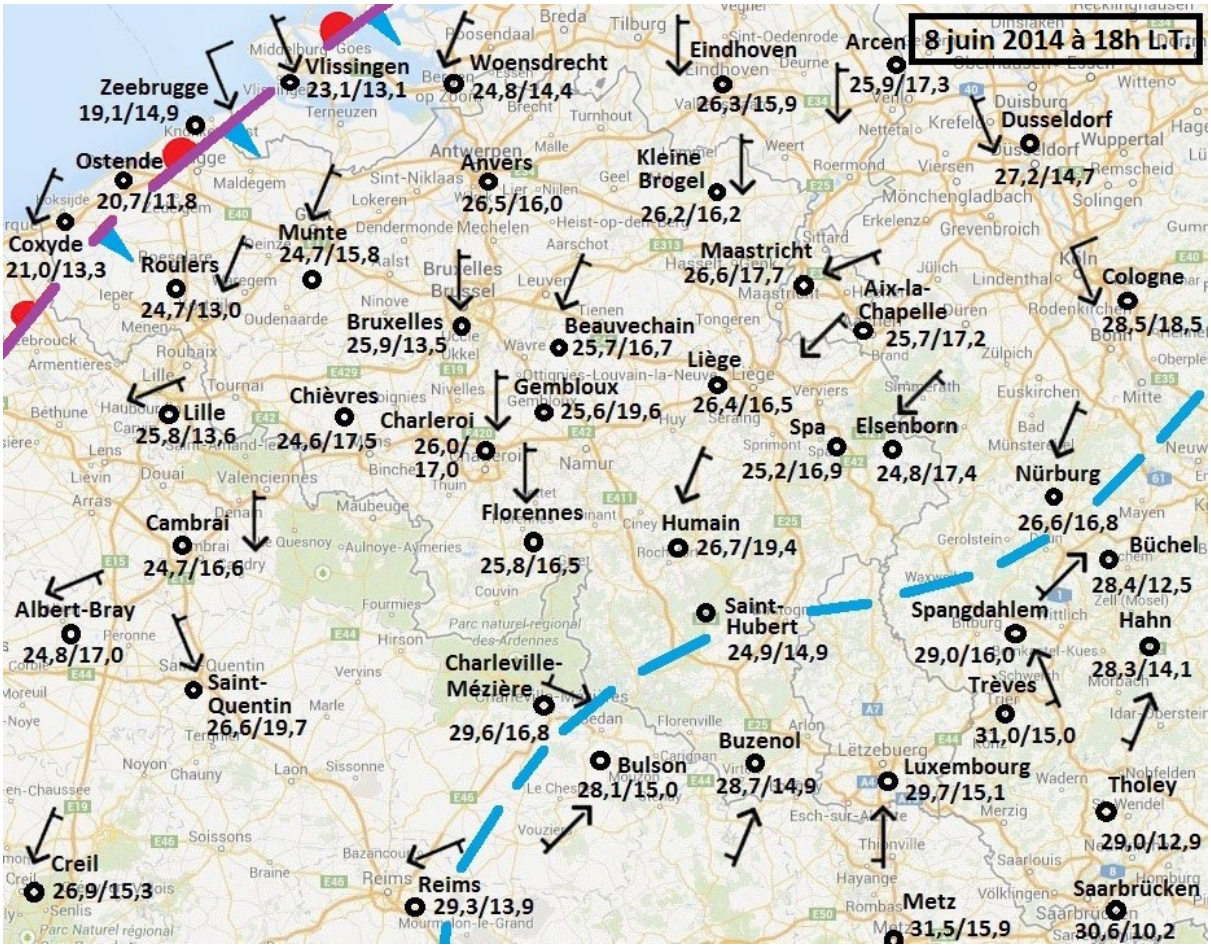
Pression	Altitude	Température	Vent	
1000 hPa	0100 m	26°C	NE	06 km/h
0950 hPa	0570 m	21°C	ENE	15 km/h
0925 hPa	0810 m	18°C	E	15 km/h
0903 hPa	1000 m	16°C	ESE	10 km/h
0884 hPa	1200 m	18°C	SSE	10 km/h
0850 hPa	1550 m	15°C	SSW	15 km/h
0700 hPa	3160 m	04°C	SW	55 km/h
0500 hPa	5790 m	–14°C	SW	80 km/h

BELGIQUE – RÉGION CÔTIÈRE

Pression	Altitude	Température	Vent	
1020 hPa	0010 m	20°C	NNW	07 km/h
0950 hPa	0560 m	18°C	NNE	20 km/h
0925 hPa	0830 m	16°C	NNE	20 km/h
0907 hPa	1000 m	16°C	VAR	05 km/h
0850 hPa	1550 m	12°C	SSW	20 km/h
0700 hPa	3140 m	02°C	SSW	55 km/h
0500 hPa	5770 m	–14°C	SW	100 km/h

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La carte ci-après reprend les observations réelles effectuées à 18 heures. Nous y retrouvons clairement ces trois zones d'influence que nous venons d'identifier.



Source **: Infoclimat, Wunderground, Ogimet, Google Earth**

Nous constatons que le pseudo-front serpente entre Reims et Saint-Hubert pour continuer ensuite sur le nord du Luxembourg et sur l'Allemagne. Le front lui-même ne représente plus grand chose et a été plus ou moins absorbé par le front de brise de mer (d'où le comportement quelque peu atypique de la brise de mer).

Dans les heures à venir, ce patron atmosphérique à méso-échelle ne bougera guère. Cependant dans les très basses couches, les différences s'amenuiseront rapidement dès le coucher du soleil. Vers 23 heures, il fera 20-21°C un peu partout (un peu plus sur les plateaux, un peu moins dans les vallées et les basses plaines). Mais à 200-300 mètres au-dessus du sol, les trois zones resteront parfaitement reconnaissables.

À la page suivante, nous allons voir ce que cela pourrait donner à présent comme profils atmosphériques :

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

SUD DE LA BELGIQUE

Pression	Altitude	Température	Vent	
0990 hPa	0250 m	20°C	ESE	05 km/h
0955 hPa	0550 m	25°C	SE	25 km/h
0925 hPa	0830 m	24°C	SSE	20 km/h
0850 hPa	1550 m	18°C	S	30 km/h
0700 hPa	3170 m	05°C	SW	40 km/h
0500 hPa	5830 m	–14°C	SW	70 km/h

CENTRE DE LA BELGIQUE

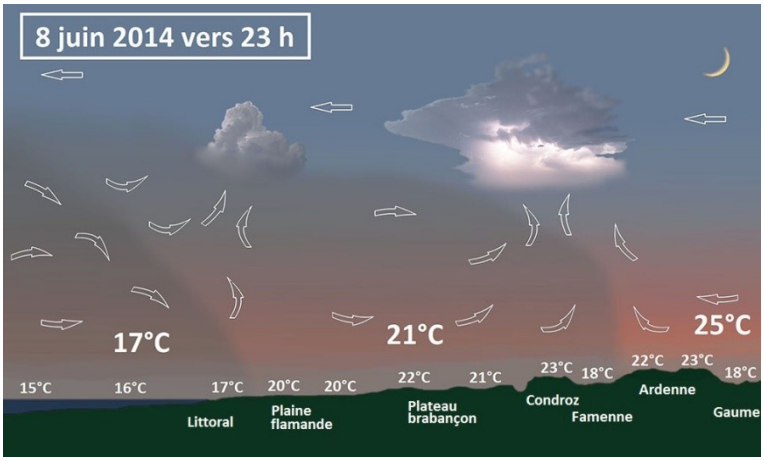
Pression	Altitude	Température	Vent	
1000 hPa	0100 m	20°C	ENE	15 km/h
0972 hPa	0400 m	21°C	E	30 km/h
0950 hPa	0580 m	21°C	E	35 km/h
0925 hPa	0820 m	19°C	ESE	35 km/h
0884 hPa	1200 m	17°C	S	15 km/h
0850 hPa	1540 m	15°C	SW	25 km/h
0834 hPa	1700 m	15°C	SW	25 km/h
0700 hPa	3150 m	03°C	SW	60 km/h
0500 hPa	5780 m	–14°C	SW	60 km/h

BELGIQUE – RÉGION CÔTIÈRE

Pression	Altitude	Température	Vent	
1020 hPa	0010 m	17°C	NNE	10 km/h
0984 hPa	0310 m	17°C	NE	25 km/h
0950 hPa	0590 m	16°C	E	20 km/h
0925 hPa	0820 m	16°C	VAR	05 km/h
0906 hPa	1000 m	16°C	SSW	05 km/h
0850 hPa	1540 m	12°C	SSW	20 km/h
0700 hPa	3130 m	02°C	WSW	70 km/h
0500 hPa	5780 m	–15°C	WSW	80 km/h

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

En coupe transversale, cela ressemblerait à ceci :



À la limite de chacune de ces zones d'influence, des zones d'ascendance / convergence se sont mises en place, ou plutôt, ont survécu après la tombée de la nuit, en partie en raison des maxima de vent nocturnes qui se sont formés au sommet de l'inversion de basses couches.

D'ailleurs, c'est là que les conditions vont être réunies pour des orages, parfois supercellulaires, d'une violence inouïe. C'est ainsi que notre équipe de traqueurs d'orages, présente près du pseudo-front, s'est ramassée des grêlons de 3 à 4 centimètres, accompagnant de très fortes précipitations de pluie et une activité électrique intense, principalement caractérisée par des éclairs intra nuageux.

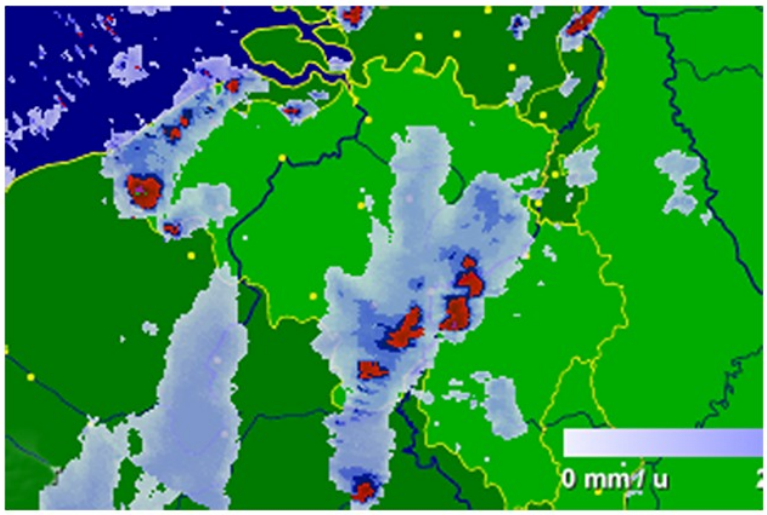
Des photos, une fois de plus, résument le mieux ce qui s'est passé.

Orage supercellulaire ayant provoqué la chute de grêlons de 3-4 cm de diamètre dans la région de Tohogne en province de Luxembourg.
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Grêlons ramassés après le passage de
l'orage supercellulaire de Tohogne.
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Et maintenant, l'image du radar de précipitations :

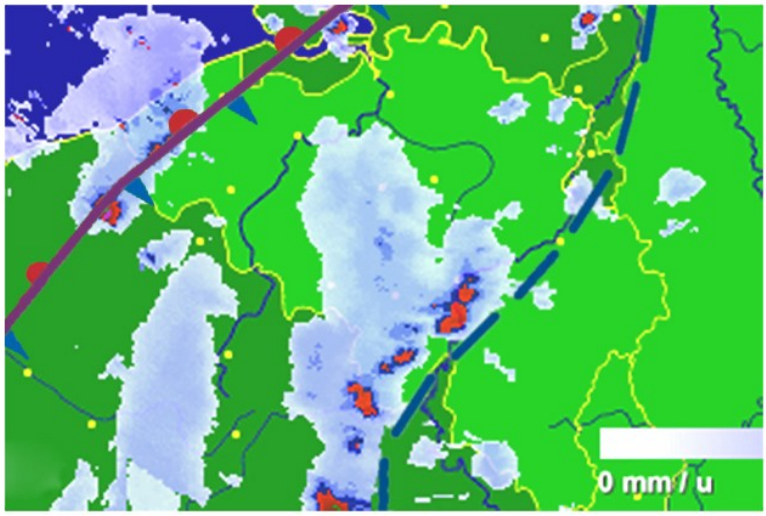


Radar de précipitations vers 23h30
Source : **Buienradar**

Nous voyons que les orages suivent des trajectoires très proches du pseudo-front (sur l'est du pays) et de l'ancien front stationnaire / front de brise de mer (sur l'ouest du pays.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Sur la carte ci-dessous, la position probable de ces (pseudo-)fronts.



Source : **Buienradar**

Le petit décalage vers l'ouest des cellules du pseudo-front (sur l'est du pays) est lié au fait qu'il fait plus humide de ce côté-là du pseudo-front, que les cisaillements y sont meilleurs et qu'il existe une inversion ou isothermie (outre celle près du sol) qui retient un temps le développement des cellules pour mieux les faire éclater ensuite.

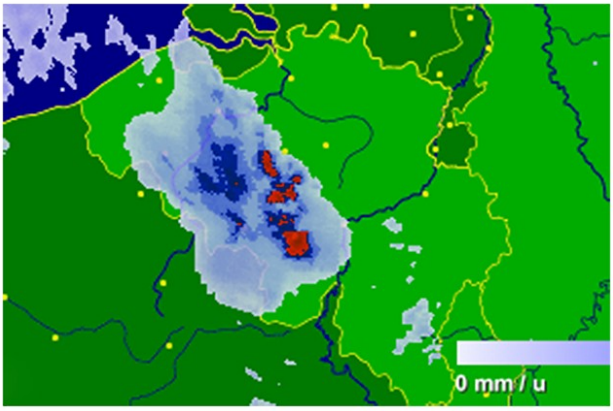
Pendant ce temps, une supercellule s'est formée aussi sur l'ouest du pays, en provoquant notamment d'intenses chutes de grêle dans la région de Lokeren. Vers 2h30 – 3h00 du matin, notre équipe pourra même observer l'intense activité électrique de cet orage depuis Tohogne, au moment où il déverse son lot de grêle dans la région anversoise (c'est-à-dire à quelques 120 km de là).

Enfin, un autre orage se formera dans la région de Philippeville, en prenant le même chemin que ses prédécesseurs du Condroz. Il s'agit d'une nouvelle probable supercellule mais sa durée de vie est très courte. C'est ainsi que s'achève cette seconde journée exceptionnelle, celle du 8 juin, même si au vu des heures, ces derniers événements font déjà partie du 9 juin.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le 9 juin

Après les orages localement très violents de la nuit précédente, une nouvelle zone orageuse se profile dans la Botte du Hainaut dès le milieu de la matinée. À Gerpinnes notamment, la « Marche Sainte Rolende » a dû être interrompue pendant près d'une heure en raison de la violence des intempéries.



Radar de précipitations vers 23h30
Source : **Buienradar**

Il est curieux de constater que ces orages se sont activés une fois de plus en arrivant aux frontières belges, comme ce sera le cas quatre fois en tout. En cette matinée du 9, les orages font parler d'eux surtout sur l'est des provinces du Brabant Wallon et du Brabant Flamand, où ils sont responsables d'inondations.

Notre équipe de traqueurs, positionnée près de Bertem (entre Bruxelles et Louvain), intercepte une vigoureuse cellule vers 11h30, soit seulement une demi-heure après son passage sur Gerpinnes.

Passage d'un orage dans la région de Bertem
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

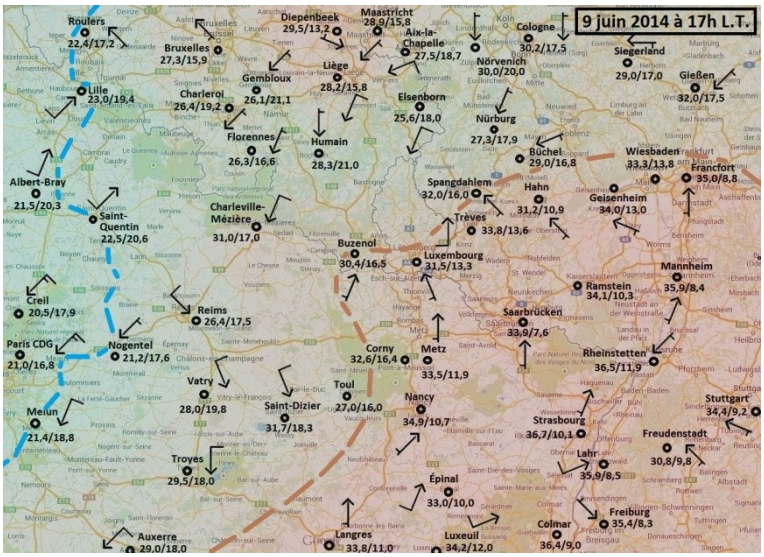
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Sous cet orage, ce sont donc surtout la pluie mais aussi le vent qui sont importants, sans oublier la présence d'une petite grêle qui se mêle à ces précipitations et d'une activité électrique notoire, voire même impressionnante lorsque les coups de foudre frappent à proximité de l'équipe.

En remontant vers le nord-est, le système garde son activité en atteignant la région de Mol en province d'Anvers, où une personne est portée disparue après le passage du système. Par la suite, une accalmie s'installe, sous le soleil mais avec la présence d'une instabilité grimpant progressivement aux alentours de 3000J/kg de MLCAPE voire davantage, ce qui est extrême pour nos régions.

Le nombre important de castellanus dans le ciel laisse d'ailleurs présager le pire. En plus de cela, les modèles météorologiques voient une dynamique atmosphérique structurée se mettre en place en cours d'après-midi et en soirée. Mais pour bien comprendre cette journée, il faut aller beaucoup plus loin que les modèles. En effet, nos contrées sont affectées par un phénomène certes fréquent aux États-Unis, mais assez rare chez nous : une « dry line » qui effleure le sud de notre pays.

Une « dry line », comme nous le verrons expliqué en détail au chapitre 3, est un front de point de rosée. Dans le cas présent, elle sépare une masse d'air humide et chaude, stagnant sur la plus grande partie de la Belgique, d'une masse d'air beaucoup plus sèche et plus chaude encore, se trouvant sur l'est de la France, le Luxembourg, le centre-sud de l'Allemagne et… l'extrême sud de notre pays. On se croirait en pleine Tornado Alley, aux États-Unis…



Source**: Infoclimat, Wunderground, Ogimet, Google Earth**

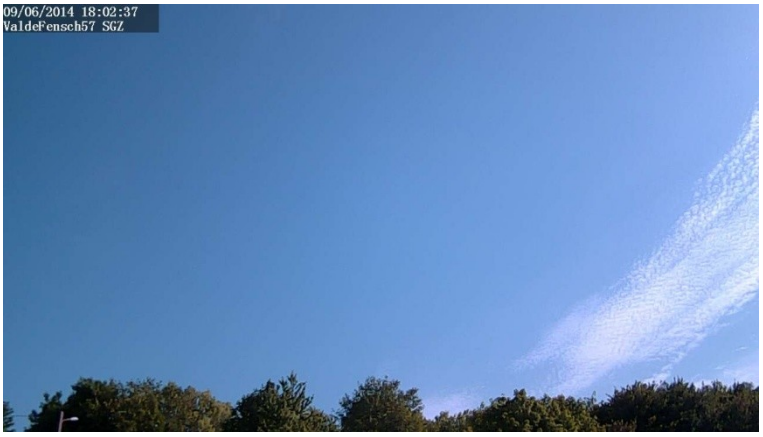
Légende de la carte
Couleurs tirant sur le vert = zone humide
Couleurs tirant sur le rose-orange = zone sèche
1er chiffre = température ; 2e chiffre = point de rosée
Flèches = direction du vent (vitesse : 1 barbule = 10 nœuds ; ½ barbule = 5 nœuds)
Ligne brune discontinue : la « dry line »
Ligne bleue discontinue : limite des précipitations d'une nouvelle perturbation orageuse

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Comme aux États-Unis, la « dry line » ondule, présente des renflements ou excroissances. Comme aux États-Unis, la rencontre de l'air sec avec l'air humide est tantôt abrupte, tantôt plus progressive, avec une large zone de mélange entre les deux masses d'air. C'est le cas au sud de notre pays, où l'air vraiment sec ne touche pas la Belgique, mais bien l'air mélangé qui arrive jusqu'à Buzenol.

Du côté d'Auxerre par contre, et plus exactement à Chatillon-sur-Seine, le passage de l'un à l'autre est très net, avec une chute très brutale du point de rosée quand la « dry line » avance un peu (vers 16h30), et une remontée tout aussi soudaine du point de rosée quand la « dry line » recule à nouveau (vers 18h00).

La limite est tout aussi nette à l'autre bout de la « dry line », juste au nord de Wiesbaden et de Francfort, mais là, c'est le relief qui retient l'air humide au nord, et l'air sec au sud.

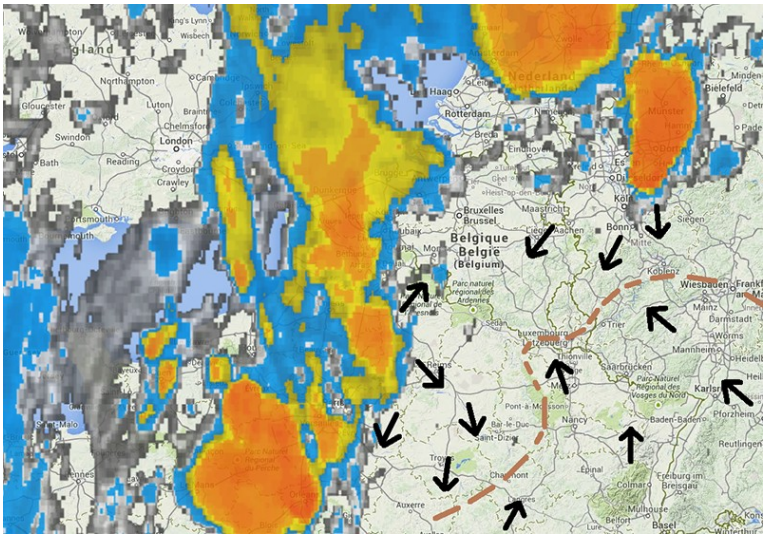


Ciel presque sans nuages du côté sec de la « dry line »,
ici près de Thionville (France)
Source: **Wunderground**

Ce qui est par contre tout à fait différent de l'Amérique, c'est la cause du phénomène. Ici, nous n'avons pas affaire à une rencontre entre l'air tropical maritime et l'air tropical continental, mais à un ancien front de rafales qui a propagé dans les basses couches un air humide issu d'orages qui ont sévi précédemment dans la région et qui sévissent encore dans d'autres régions, plus éloignées.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La carte suivante reprend la même « dry line » (qui est aussi un pseudo-front), mais dans le contexte des orages.



Source de la carte : **Wunderground**

Nous pouvons constater aussi sur cette carte, qu'au nord de la « dry line », l'« outflow » des anciens orages tend à rejoindre l'« outflow » des nouveaux orages en provenance de France. Ceci va créer une nouvelle zone de convergence près de la frontière belgo-française et réactiver les orages sur la Belgique.

Pour rappel, les orages qu'on voit au nord-est sont ceux qui ont sévi en Belgique en fin de matinée tandis que ceux qu'on voit au sud-ouest formeront l'offensive de la fin de journée.

N'oublions pas non plus que l'air sec et chaud passe au-dessus de l'air humide. Nous le retrouverons en altitude, dans les sondages, même au-dessus de Beauvechain (à partir de 400 m d'altitude) et de De Bilt (à partir de 700 m d'altitude).

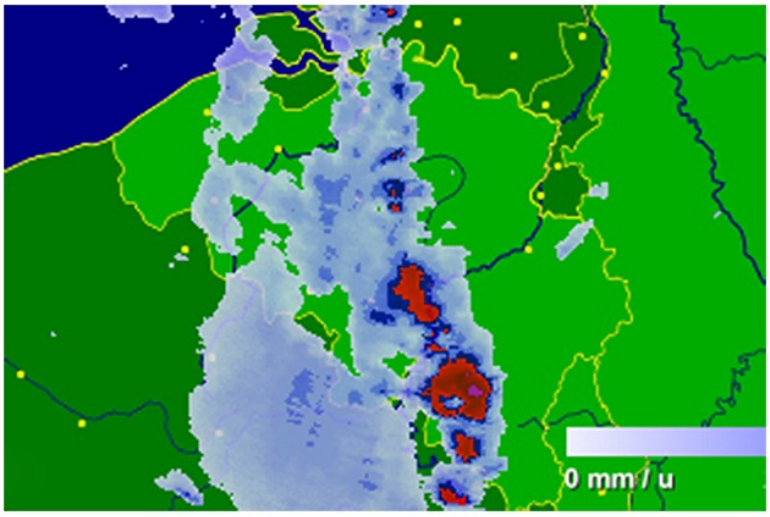
Mais dans la Province du Luxembourg, cet air sec, avec des vents de sud à sud-est, est déjà présent à faible altitude au-dessus du sol. Ce flux va se heurter à la zone de convergence précitée (issue des deux outflows orageux), qui est en train de se créer, et former une sorte de « triple point », à l'Américaine aussi, non loin de Saint-Hubert.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Et voilà le résultat !

Arcus d'un orage supercellulaire sévissant à St-Hubert
en province de Luxembourg.
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Une bonne demi-heure plus tard, soit vers 18h30, c'est le déluge de grêlons, ceux-ci atteignant parfois 6 cm et étant accompagnés par de puissantes rafales de vents et d'une activité électrique importante.



Radar de précipitations vers 18h30
Source : **Buienradar**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

À ce moment, notre équipe de traqueurs d'orages est positionnée dans la région de Journal, située à tout juste 15 km au nord-est de St-Hubert, d'où ils peuvent suivre l'évolution de l'arcus.

Arrivée du système orageux près de Journal en province de Luxembourg
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Peu de temps après, c'est sur eux que le déluge s'abat mais, fort heureusement, la taille des grêlons se limite à 3-4 cm, comme ce fut le cas la veille à Tohogne. Par contre, le vent et la pluie sont tels que le paysage si lointain qu'offre la région se transforme véritablement en « no man's land » car l'ensemble de l'environnement devient méconnaissable et les délimitations du paysage disparaissent littéralement derrière le rideau de pluie et de grêle ! Tout cela sans oublier la présence d'un ciel verdâtre et d'une activité électrique incessante qui couronnent le tout ! En outre, des parcs éoliens de la région sont durement foudroyés.

Arrivée brutale des précipitations et de coups de vent générés par l'orage
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Chute de grêlons d'un diamètre allant de 3 à 4 cm
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Une fois l'orage passé, notre équipe pourra observer les dégâts provoqués à la végétation par les grêlons mais aussi remarquer d'importants mammatus présents à l'arrière du système. Celui-ci adoptera d'ailleurs plusieurs configurations en un temps particulièrement rapide.

Enclume du système orageux parsemée de mammatus, ceux-ci démontrant la puissante ascendance qui règne au sein des orages
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La végétation herbacée subit d'importants dommages
durant les chutes de grêle
Crédit photo: **Samina Verhoeven – Belgorage**

Exemple de dégâts engendrés par le passage du système orageux
dans la région de Journal, en Province de Luxembourg
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

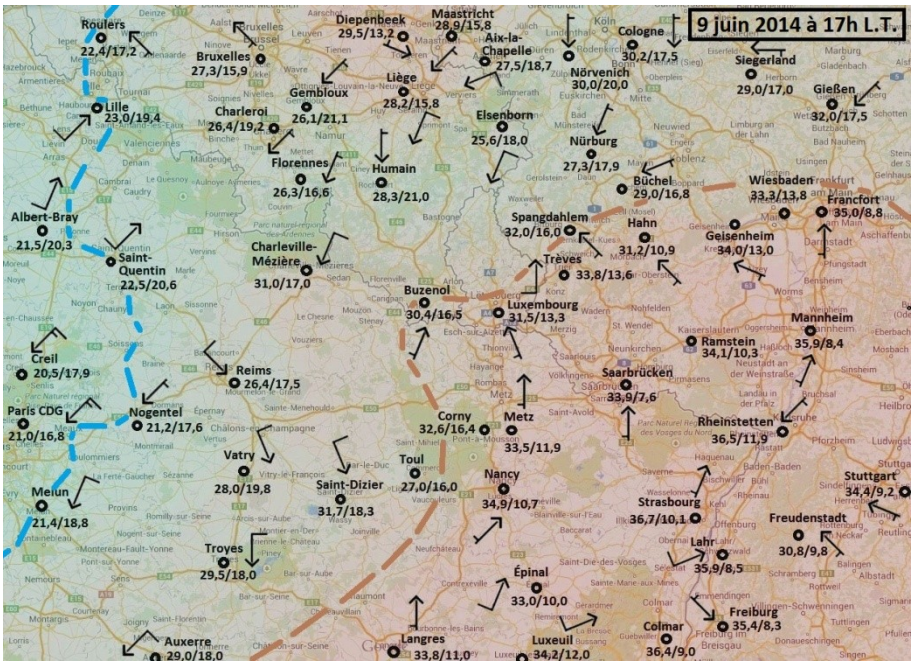
Il s'agit d'un système convectif de méso-échelle (MCS). Pendant que notre équipe est encore en train d'observer les mammatus du système, vers 19h30, celui-ci est déjà en train de se transformer en MCC sur le nord-est de la Belgique, les Pays-Bas et l'ouest de l'Allemagne. En son sein, un écho en arc deviendra un derecho.

Plus tard encore, en Allemagne, une évolution probable du système convectif en MCV (mesoscale convective vortex) se produira avec la survenue d'une zone de basse pression au sein du système... Ces notions seront expliquées en détail au chapitre 6 : « MCC et derecho du 9 juin ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Comme le montre la carte ci-après, l'activité orageuse reste entièrement au nord de la « dry line ». Celle-ci bougera peu au cours des heures qui suivent. Elle se fera juste un peu rogner les bords, tandis que l'excroissance, qui a d'ailleurs été temporaire vers Buzenol, disparaîtra. Plus tard en soirée, à la suite du refroidissement nocturne et de l'humidification des basses couches, la « dry line » finira par s'estomper.

Revenons à présent à la carte de la « dry line » telle qu'elle s'est présentée à 17 heures.



Source: **Infoclimat, Wunderground, Ogimet, Google Earth**

En observant bien, vous verrez que sur une bande à quelques distances de la « dry line », les points de rosée sont particulièrement élevés, parfois supérieurs à 20°C. En Belgique, c'est le cas à Humain et à Gembloux avec respectivement 21,1°C et 21,0°C. En France, on relève 19,8°C à Vatry et en Allemagne, 20,0°C à Nörvenich. D'une façon générale, les points de rosée sont supérieurs à 18°C sur pratiquement toute la bande en question.

C'est normal. Il s'agit d'une zone où l'inversion est particulièrement basse et où l'humidité est retenue prisonnière dans une mince couche où elle peut atteindre de fortes concentrations. Du point de vue des orages, c'est une zone particulièrement explosive si l'inversion cède, d'autant plus que l'air sec qui est au-dessus est exceptionnellement instable.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Nous allons à présent essayer de reconstituer le profil atmosphérique tel qu'il aurait pu se présenter à Journal, près de La-Roche-en-Ardenne (c.-à-d. là où se trouvait notre équipe), vers 17 heures, un peu avant les orages.

Pression	Altitude	Température	Pt de rosée	Vent	
0970 hPa	0400 m	28°C	21°C	ENE	10 km/h
0950 hPa	0590 m	26°C	19°C	ESE	15 km/h
0940 hPa	0680 m	25°C	18°C	SE	20 km/h
0925 hPa	0820 m	26°C	06°C	SE	20 km/h
0905 hPa	1000 m	24°C	06°C	SSE	15 km/h
0850 hPa	1550 m	19°C	05°C	S	20 km/h
0808 hPa	2000 m	15°C	04°C	SSW	25 km/h
0718 hPa	3000 m	08°C	–05°C	SW	40 km/h
0700 hPa	3180 m	06°C	–05°C	SW	40 km/h
0634 hPa	4000 m	00°C	–08°C	SW	40 km/h
0557 hPa	5000 m	–08°C	–16°C	SW	90 km/h
0500 hPa	5840 m	–15°C	–34°C	SW	80 km/h
0489 hPa	6000 m	–16°C	–38°C	SW	70 km/h

Les niveaux 1000 m, 2000 m, 3000 m, 4000 m, 5000 m et 6000 m sont indiqués en bleu.

Il s'agit bien sûr d'une reconstitution théorique, alliant modèles et sondages réels, mais cela donne une idée de ce à quoi aurait pu ressembler le profil atmosphérique au-dessus de la tête de nos traqueurs d'orages, peu avant l'arrivée de ces orages.

L'air humide est resté très probablement emprisonné sous une faible inversion, tandis qu'au-dessus, dans l'air sec, le gradient thermique aura été proche de 0,8°C par 100 mètres, le tout sous des cisaillements importants du vent, tant au niveau de la direction que de la vitesse. 0,8°C par 100 mètres, c'est vraiment beaucoup pour les couches moyennes. Il s'agit là de profils qui rappellent presque ceux de la Tornado Alley aux États-Unis.

En matière de nuages, la région est restée en bordure sud de la première offensive orageuse (fin de matinée), avec beaucoup de castellanus, ainsi que des cumulonimbus à base élevée visibles au nord. Ensuite, le ciel s'est rapidement dégagé, avec juste des cirrus et encore quelque castellanus isolés. Puis en milieu d'après-midi, grâce au relief ardennais, l'inversion commençait déjà à céder par endroit, avec formation rapide de congestus, avant que tout n'explose en début de soirée. En quelques heures seulement, il se forme un MCS évoluant en MCC.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

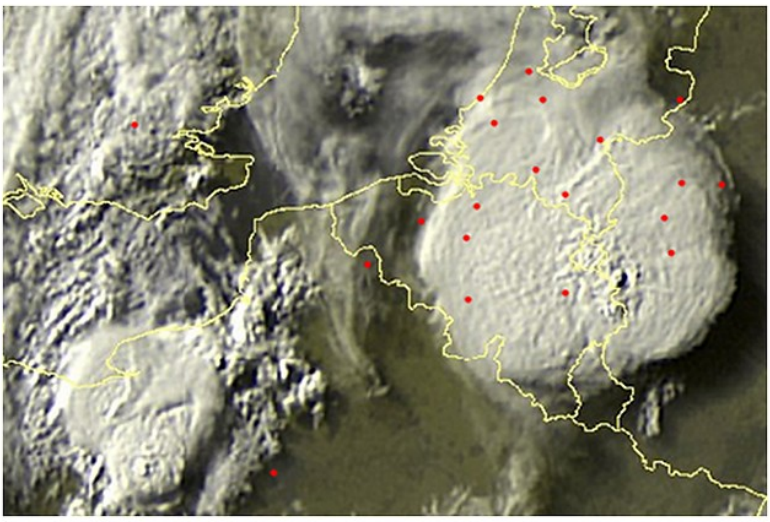


Image satellite du complexe convectif de méso-échelle situé
la région orientale de la Belgique vers 20h00.
Source: **Sat24**

Une bonne heure plus tard (par rapport à l'image satellite), le vent se met à souffler à 142 km/h à Düsseldorf, en Allemagne. On y déplorera 3 morts et 11 blessés, tandis que quelques 22 500 des 69 000 arbres de la ville subiront d'importants dégâts. D'autres villes comme Cologne, Essen et Krefeld seront durement touchées aussi.

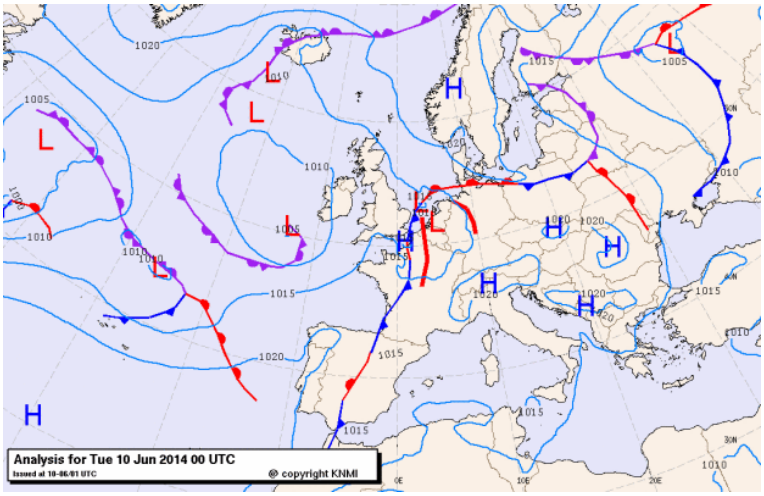
En Belgique pendant ce temps, les éléments se calment à nouveau, mais très temporairement. Une nouvelle offensive orageuse nous attend encore, et elle abordera le pays vers trois heures du matin.

Bien que plus habituelle d'un point de vue orageux, la nuit du 9 au 10 juin 2014 apportera encore un lot d'orages faisant suite à l'extraordinaire période que nous avons connue durant les trois jours précédents. En fait, à l'instar du 8 juin, le 10 juin se caractérisera par des orages en deux phases très espacées l'une de l'autre, la première au milieu de la nuit du 9 au 10 et la seconde, durant la soirée suivante.

Pour l'occasion, notre équipe de traqueurs d'orages se positionne directement dans la région d'Estinnes, située en province de Hainaut. Mais avant de raconter la suite des événements, faisons d'abord un petit point de la situation météorologique au cours de la nuit dont il est question ici.

Le front stationnaire, qui depuis plusieurs jours déjà ondule à l'ouest ou sur l'ouest de notre pays, reforme un système ouvert, avec front chaud et front froid, et replace notre pays dans un véritable secteur chaud, dans lequel apparaît une nouvelle ligne de convergence préfrontale.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com



Carte des fronts- Source : **KMNI**

Le refroidissement nocturne, de ce fait, reste très limité. Par endroit, on observe même une franche remontée des températures juste avant l'arrivée de la nouvelle perturbation orageuse. À Bierset par exemple, la température repasse de 15,5°C à 2 heures du matin à 18,8°C à 4 heures du matin, lorsque les orages sont déjà bien présents. Ce phénomène, avec 1 ou 2 heures de décalage selon les endroits, est perceptible dans pratiquement tout le pays.

À la station météorologique privée de Soumagne, qui émet de 5 minutes en 5 minutes, cette évolution est plus visible encore. Entre 2h31 et 3h36, la température augmente graduellement de 16,3°C à 19,5°C. En même temps, le vent passe du calme plat à des rafales de 38,9 km/h. Nous avons donc affaire à un brassage progressif de l'air, qui ne donne cependant qu'une très faible idée de la chaleur de l'air qui se trouve au-dessus.

Le sondage atmosphérique de Beauvechain (2h. L.T.) est très éclairant à ce propos :

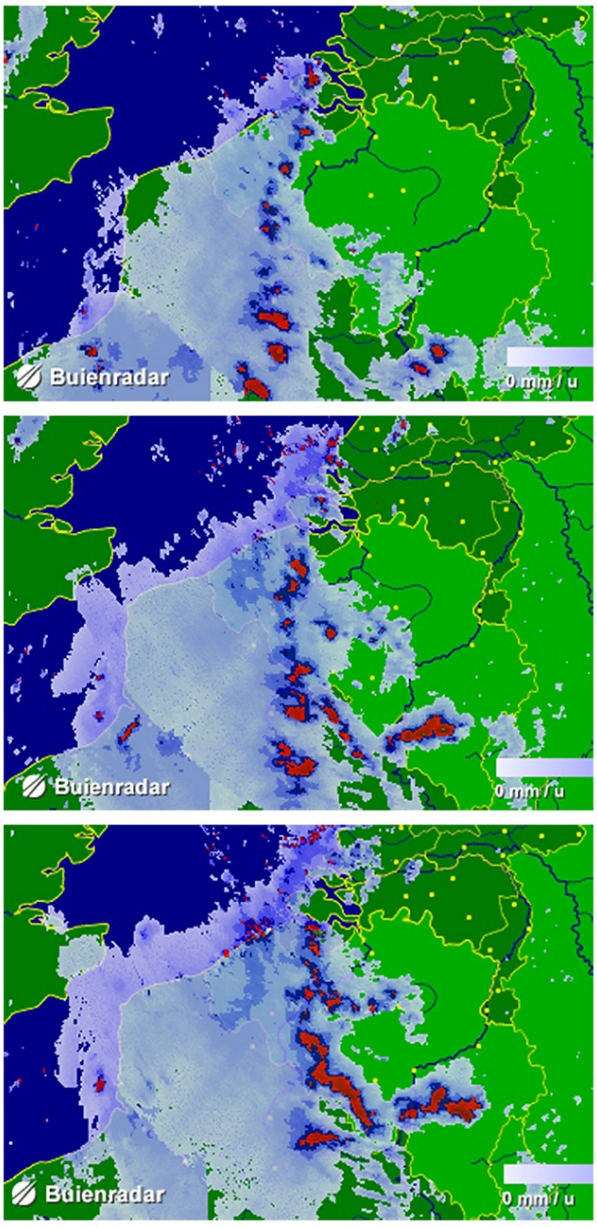
Pression	Altitude	Température	Pt de rosée	Vent	
1004 hPa	127 m	17.2°C	13.9°C	0	4 km/h
990 hPa	225 m	19.8°C	11.8°C	NE	4 km/h
974 hPa	366 m	24.8°C	10.8°C	SE	6 km/h
966 hPa	438 m	25.2°C	8.2°C	S	6 km/h
907 hPa	983 m	21.2°C	5.4°C	WNW	9 km/h
850 hPa	1539 m	16.6°C	4.6°C	WSW	13 km/h
700 hPa	3148 m	4.4°C	–0.5°C	S	44 km/h
500 hPa	5780 m	–14.5°C	–20.5°C	SSW	91 km/h

Nous avons toujours une couche chaude à quelques centaines de mètres de hauteur, et les points de rosée nous indiquent bien qu'il s'agit encore des restants de l'air sec qui, en journée, se trouvait derrière la « dry line ». Ce qui signifie en d'autres termes que tous les ingrédients d'un épisode orageux violent sont à nouveau présents : des cisaillements de vent importants, une couche d'air sec (un peu) en altitude et l'arrivée imminente d'une nouvelle zone de convergence.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Dans un premier temps toutefois, on ne peut déceler que quelques foyers orageux vraiment actifs. Mais à l'instar des précédentes offensives, le front orageux arrive près de nos frontières avec une soudaine régénération, de sorte que l'on observe une multitude de cellules se former le long de celui-ci. De même, des orages se forment également en marge du système, dans la région de la province de Luxembourg plus exactement.

Voici l'évolution, en un peu moins d'une heure de temps, des orages arrivant de la France, soit entre 2h00 et 2h50 du matin.



Radar de précipitations entre 2h et 2h50.
Source : **Buienradar**

Un véritable écho en arc est en train de se former et se prépare à balayer la Belgique du sud-ouest au nord-est en engendrant beaucoup de vent et de pluie.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Notre équipe, située à Estinnes, aura l'occasion d'immortaliser la venue du front orageux, fraîchement revigoré vers 3h00 du matin, un front dont l'arcus est particulièrement bien structuré, voire même impressionnant avec la mise en place de plusieurs étages nuageux.

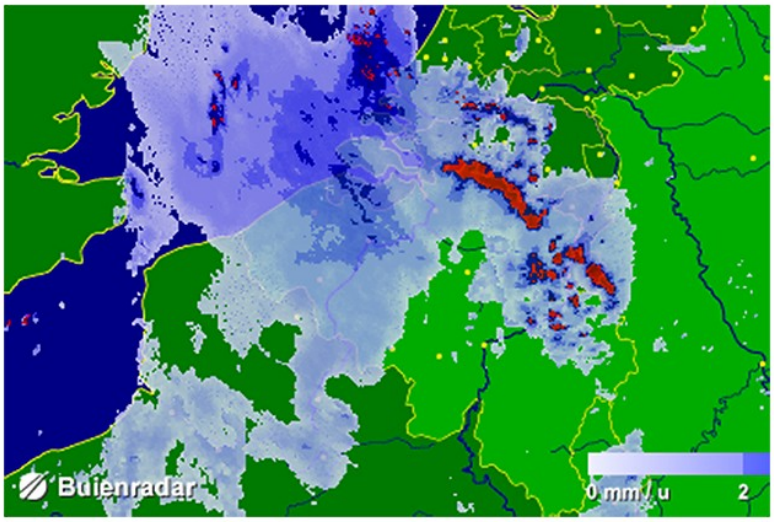
Double coup de foudre frappant la région d'Estinnes
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

À la manière des échos en arc habituels, l'activité électrique est surtout intra-nuageuse et partiellement inter-nuageuse. La cadence est soutenue puisqu'on ne dénombre pas loin de 3 à 5 éclairs par seconde dans la région d'Estinnes.

Le front orageux est caractérisé par de nombreux éclairs intranuageux
Crédit photo : **Samina Verhoeven**

Ces orages, une fois de plus, provoqueront des dégâts divers durant leur transit sur notre pays, ceux-ci étant surtout de nature éolienne et pluvieuse, de telle sorte que des arbres arrachés et des inondations seront régulièrement signalés.
Finalement, le front orageux achèvera la traversée de notre pays vers 4 heures du matin et clôturera ainsi un week-end mémorable en matière d'orages.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com



Radar de précipitations vers 4h10
Source : **Buienradar**

Cependant, on ne saurait être tout à fait complet sans signaler une dernière offensive orageuse, qui concernera les provinces de Luxembourg et de Liège durant la nuit du 10 au 11, avec la destruction d'un bâtiment des suites de la foudre.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 2 :

COMPARAISON AVEC LE TORNADO OUTBREAK DE 1967

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La situation que nous avons vécue en juin de cette année n'est pas sans rappeler celle de 1967, le célèbre « tornado outbreak » qui a touché le nord de la France, la Belgique et les Pays-Bas. Et d'aucuns se demandent peut-être déjà : « Pourquoi des tornades en 1967, et pas maintenant ? »

Même s'il n'existe pas d'explication définitive, nous essaierons d'y répondre le mieux possible.

Analysons d'abord brièvement ce qui s'est passé en 1967.

D'abord les faits :

Le 23 juin, des tornades de faible intensité sévissent déjà entre le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie.

Le 24 juin, une tornade F4 s'abat sur Pommereuil et une tornade F5 s'abat sur Palluel, deux localités situées dans la région du Nord-Pas-de-Calais.

Le 25 juin, une tornade F3 touche Oostmalle, en Belgique, tandis qu'une autre tornade F3 touche Chaam et Tricht, aux Pays-Bas.

Décrivons à présent la situation atmosphérique telle qu'elle s'est présentée en Belgique et dans les régions avoisinantes au cours de ces trois journées :

Le 23 juin, le ciel est très nuageux en matinée, avec des stratocumulus doublés de cumulus, puis le ciel s'éclaircit tandis que les cumulus bourgeonnent jusqu'à former l'un ou l'autre orage isolé. Il fait lourd avec près de 25°C et le vent, l'après-midi, se met à souffler d'est à nord-est en provoquant d'importants cisaillements avec les courants d'altitude de sud-est à sud dans les couches moyennes et de sud à sud-ouest dans les couches supérieures.

L'Ardenne et la Gaume connaissent un temps plus ensoleillé (avec cumulus de beau temps et altocumulus lenticularis), assez sec sur les plateaux mais fort humide dans l'extrême sud, avec jusqu'à 29°C à Virton.

La nuit suivante, de violents orages éclatent avec de la grêle à Bruxelles et de forts coups de vent en Ardenne allant jusqu'à 130 km/h à Werbomont.

Le 24 juin, il fait encore fort sombre en matinée, avec fraîcheur, humidité et petites pluies. En début d'après-midi, le ciel se dégage brusquement et les températures remontent en flèche mais l'humidité persiste et, avec à nouveau près de 25°C, la lourdeur du temps est bien présente. Malgré cela, le ciel est temporairement peu nuageux, avec juste quelques cirrus et altocumulus mais l'inversion ne résistera pas et, avec des cisaillements de vent à peu près similaires à ceux de la veille, des orages parfois violents éclatent le soir.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Le nord de la France, à ce moment, subit deux tornades de très forte intensité, classées respectivement F4 et F5. On observe là une véritable « spanish plume », avec dans les couches moyennes de l'atmosphère un air très chaud et très sec, originaire des plateaux surchauffés d'Espagne, qui se glisse au-dessus d'un air maritime un peu moins chaud à l'origine, mais également fortement réchauffé sur les terres françaises. À plus haute altitude, l'air est froid par détente adiabatique des suites de baisses de pression.

Il s'agit donc de la superposition de deux masses d'air très instables, séparées par une inversion qui ne demande qu'à céder. Les Américains parleraient dans ce cas d'une situation de « loaded gun », et c'est ce qui va provoquer les tornades en question.

Dans le sud de la Belgique, nous avons à nouveau un temps plus ensoleillé, sec sur les hauts plateaux mais particulièrement humide en Gaume, où il fait légèrement brumeux sous une inversion assez basse.

Pendant ce temps, une véritable « dry line »[3] est en train de se mettre en place au sud et au sud-est de nos frontières, avec des points de rosée de 11-12°C (pour des températures de 32-33°C) en Allemagne, alors qu'en Gaume, les points de rosée sont de 20-21°C (pour des températures de 29-30°C).

Si, dans un premier temps, la transition entre l'air humide et l'air sec s'opère encore sur une bande assez large, cette dernière va se resserrer et créer à son tour une situation assez explosive pour la Belgique le lendemain.

Le 25 juin, en Basse et Moyenne Belgique, il fait tout aussi humide que les deux jours précédents, mais la grisaille matinale se lève plus vite. Les stratocumulus évoluent en cumulus, mais ceux-ci ne se développent pas, bloqués nets par une inversion coriace. La « spanish plume » vient d'arriver chez nous.

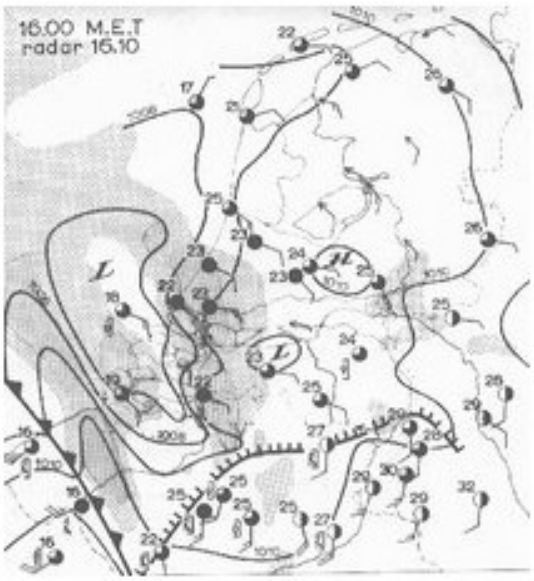
En Ardenne, nous connaîtrons une forte intrusion d'air sec tandis que la Gaume, à nouveau, subira une forte humidité en dessous d'une inversion couvercle. De nombreux castellanus dénotent, là, la présence d'air tropical direct. À Virton, la température atteindra 29°C tandis qu'elle dépassera souvent les 30°C en Allemagne avec des points de rosée fort bas.

Cette fois-ci, la limite entre l'air sec et l'air humide est très abrupte. À Aix-La-Chapelle par exemple, le passage de la « dry line » fait chuter le point de rosée de 21°C à 10°C en deux heures (pendant que la température de l'air gagne deux petits degrés, en passant de 26 à 28°C). Cet air sec, transporté par vents de sud assez forts, va déborder sur la Belgique mais rapidement buter sur l'air humide poussé par des vents de nord-est à est.

[3] Cette « dry line » européenne sera mise en évidence pour la première fois par H.R.A Wessels dans « De zware windhozen van 25 juni 1967 ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Il se formera une ligne de convergence en travers de la Belgique, orientée ouest-sud-ouest – est-nord-est, qui se trouvera sur le chemin d'un front froid, orientée nord-nord-ouest – sud-sud-est qui s'avancera très rapidement (80 à 100 km/h) depuis la France.



Source : **H.R.A. Wessels**

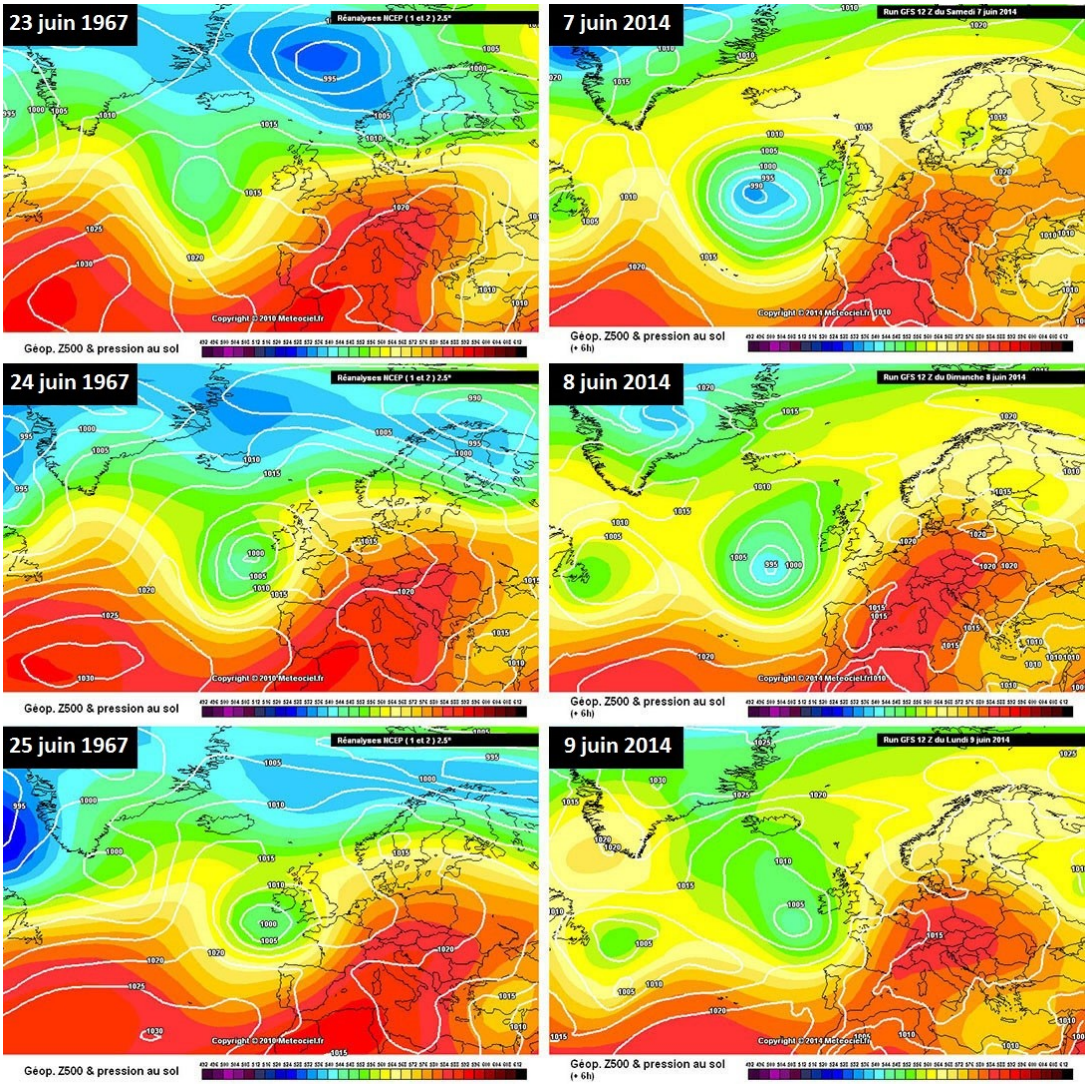
Un « triple point » à l'Américaine donc dans les parages immédiats duquel vont se former les tornades F3 d'Oostmalle puis de Chaam et Tricht.

Comme vous aurez pu le constater, de grandes similitudes existent donc par rapport à la situation de 2014. C'est d'autant plus troublant lorsqu'on sait en outre que les températures aux niveaux 850 hPa, 700 hPa et 500 hPa ont été du même ordre de grandeur que celles de 2014. Alors une question qui vient sur toutes les lèvres :

Pourquoi des tornades en 1967 et pas en 2014 ?

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Voyons à présent les cartes d'analyse (pression au niveau 500 hPa et en surface).

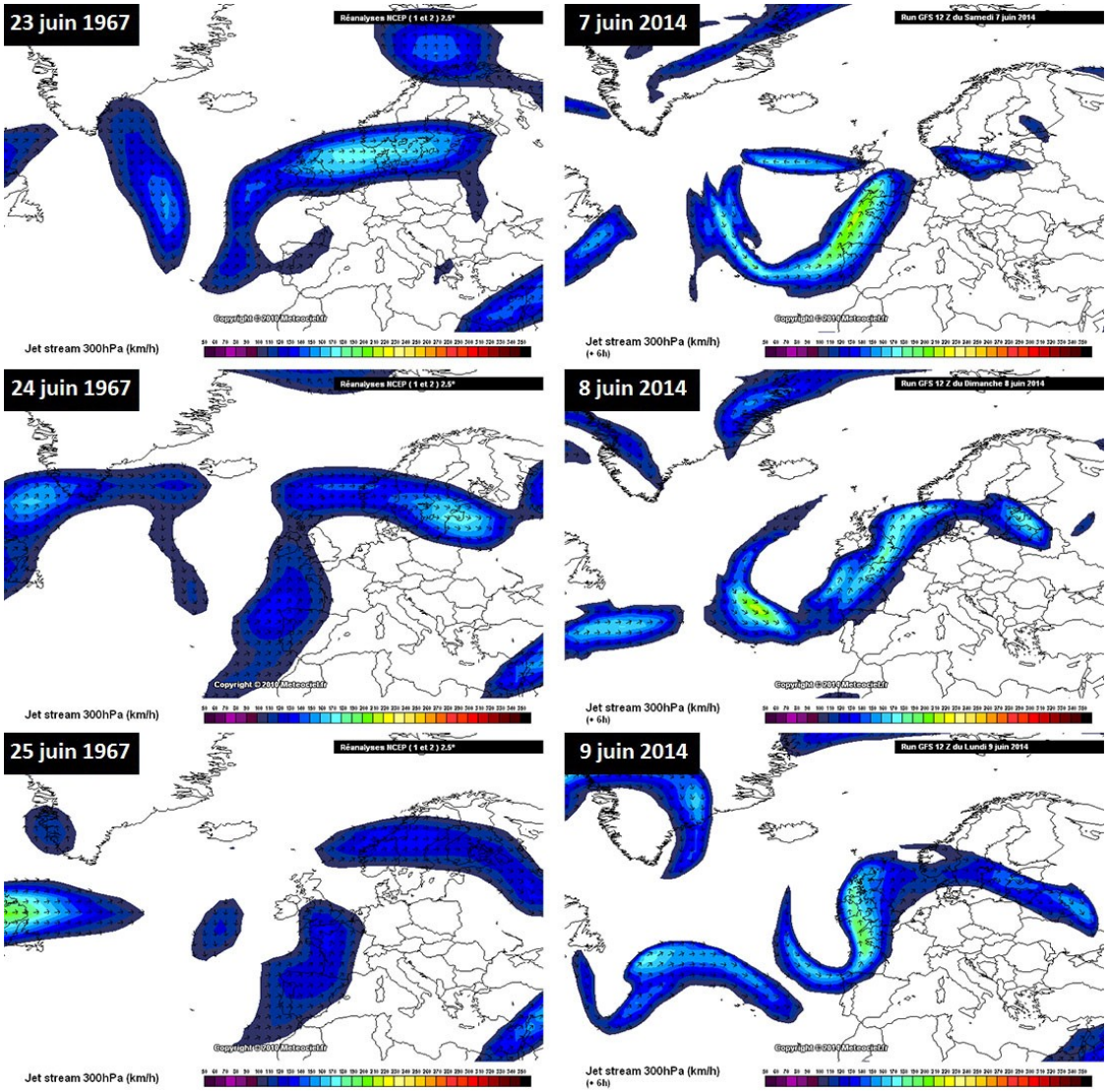


Réanalyses du NCEP – Source : **Météociel**

Ici aussi, la ressemblance est troublante…

À la page suivante, la situation au niveau des jets streams (niveau 300 hPa).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com



Réanalyses du NCEP – Source : **Météociel**

Ici, il n'y a certes pas de ressemblance a priori, mais deux points communs importants sont à noter :

1° La Belgique ne se trouve jamais spécifiquement sous un point d'aspiration maximale du jet-stream (sortie gauche ou entrée droite d'un jet-streak), ni durant l'épisode de 1967, ni durant celui de 2014.

2° La Belgique se trouve toujours du côté « chaud », où la tropopause est élevée.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Enfin, un extrait comparatif des sondages atmosphériques. Là, malheureusement, une véritable comparaison n'est possible qu'avec les sondages de minuit (UTC), qui sont moins parlants que ceux de midi (UTC).

24 juin 1967 à Uccle à 00h UTC

Pression	Alt.	T°	Rosée	Vent
1002 hPa	0100m	17°C	15°C	S 11 km/h
0985 hPa	0230m	17°C	14°C	
0955 hPa	0500m	19°C	14°C	
0930 hPa	0721m	19°C	12°C	
0850 hPa	1507m	14°C	11°C	S 44 km/h
0817 hPa	1837m	11°C	10°C	
0700 hPa	3113m	01°C	01°C	S 43 km/h
0500 hPa	5575m	-13°C	-14°C	S 44 km/h

8 juin 2014 à Beauvechain à 00h UTC

Pression	Alt.	T°	Rosée	Vent
1004 hPa	0127m	19°C	18°C	NW 13 km/h
0974 hPa	0362m	22°C	17°C	NW 09 km/h
0970 hPa	0397m	21°C	17°C	NW 09 km/h
0925 hPa	0806m	20°C	12°C	SW 15 km/h
0850 hPa	1522m	14°C	09°C	SSW 28 km/h
0806 hPa	1967m	12°C	04°C	SW 31 km/h
0700 hPa	3126m	03°C	-02°C	SSW 56 km/h
0500 hPa	5750m	-14°C	-28°C	SW 69 km/h

25 juin 1967 à Uccle à 00h UTC

Pression	Alt.	T°	Rosée	Vent
1001 hPa	0100m	19°C	17°C	ENE 07 km/h
0970 hPa	0340m	18°C	17°C	
0952 hPa	0510m	20°C	12°C	
0892 hPa	1112m	17°C	14°C	
0850 hPa	1505m	15°C	10°C	SE 39 km/h
0825 hPa	1755m	14°C	07°C	
0700 hPa	3125m	05°C	00°C	SSW 61 km/h
0500 hPa	5577m	-15°C	-19°C	SSW 89 km/h

9 juin 2014 à Beauvechain à 00h UTC

Pression	Alt.	T°	Rosée	Vent
1006 hPa	0127m	20°C	16°C	ENE 17 km/h
1000 hPa	0154m	22°C	19°C	NE 24 km/h
0958 hPa	0522m	20°C	16°C	E 37 km/h
0914 hPa	0925m	19°C	13°C	SE 28 km/h
0850 hPa	1542m	15°C	09°C	SW 24 km/h
0815 hPa	1893m	14°C	05°C	SW 19 km/h
0700 hPa	3148m	03°C	-03°C	SW 63 km/h
0500 hPa	5780m	-14°C	-17°C	SW 61 km/h

Ici aussi, des différences apparaissent. Si on y regarde de plus près, il est vrai que les situations atmosphériques ne se répètent jamais tout à fait. Mais rien, dans ces sondages de 1967, ne permet d'expliquer la présence de tornades d'une telle violence.

Au contraire, les profils de 2014 semblent même plus instables et parfois, plus cisaillés. Seule l'altitude nettement plus basse du niveau 500 hPa en 1967, et la vitesse du vent plus prononcée à ce niveau la nuit du 24 au 25 plaident pour une plus grande violence des phénomènes en 1967.

Il faudrait, pour y voir plus clair, utiliser des paramètres spécifiques comme on les utilise de nos jours, telles les valeurs de l'hélicité par exemple. Mais il s'agit là de grandeurs théoriques, calculées à partir de modèles. Il serait matériellement impossible de procéder à un sondage atmosphérique tous les km^2.

Avec les données dont on dispose, on peut certes s'approcher de la réalité, mais on n'éliminera jamais tout à fait les incertitudes, surtout en Europe où, contrairement à la Tornado Alley aux États-Unis, les valeurs ne sont jamais assez nettes pour pouvoir se dire : « aujourd'hui à coup sûr, il y aura des tornades dans telle et telle région ».

Mais le périple de notre équipe en Amérique, durant l'année 2013, a révélé que même là-bas, on n'est jamais tout à fait l'abri de surprises, tant dans un sens que dans l'autre.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

L'expérience montre que les couches moyennes et élevées de l'atmosphère sont généralement très bien modélisées mais que les couches plus basses posent parfois problème.

Il semblerait que certains patrons de vent spécifiques se mettent en place, à micro/méso-échelle, plusieurs heures avant la formation d'une tornade majeure mais cela reste à prouver.

À notre avis, une étude précise des vents de surface aiderait beaucoup pour l'acquisition de connaissances en matière de tornades. Une installation massive d'anémomètres fiables, tant dans les stations officielles que dans les stations privées, serait peut-être une piste à prendre en considération.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 3 :

THEORIES SUR LES PHENOMENES METEOROLOGIQUES TELS QUE LA BRISE DE MER ET LA « DRY LINE »

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La brise de mer, un phénomène simple qui n'est pas si simple que ça

La brise de mer, au départ, est un simple appel d'air en provenance de la mer qui, à la belle saison, est plus fraîche que les terres fortement réchauffées par le soleil.

Cette brise va donc se lever en fin de matinée, quelques heures après que la température de l'air, à l'intérieur des terres, ait dépassé celle régnant au-dessus de la mer.

Par temps calme, la brise de mer s'enclenchera donc vers onze heures ou midi, en étant faible et quasiment perpendiculaire à la ligne côtière, puis elle se renforcera l'après-midi en déviant vers la droite (force de Coriolis) et finira par souffler presque parallèlement au littoral en début de soirée.

Pour la côte belge, cela signifie donc que la brise de mer vient d'abord de nord-nord-ouest ou de nord, puis qu'elle bascule progressivement vers le nord-nord-est, puis vers le nord-est.

Les profils verticaux, du point de vue thermique, peuvent être décrits comme suit :

Au large des côtes, nous retrouvons donc un air certes chaud à l'origine mais refroidi par le bas au-dessus d'une eau plus froide. Il se forme alors le plus souvent une isothermie ou une quasi isothermie jusqu'au niveau, en altitude, où la température au-dessus de la mer rejoint celle régnant au-dessus des terres.

Exemples de profils atmosphériques

Altitude	*Mer*	*Terre*
000m	20°C	25°C
100m	20°C	24°C
200m	20°C	23°C
300m	20°C	22°C
400m	20°C	21°C
500m	20°C	20°C
600m	19°C	19°C
700m	18°C	18°C

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Si la différence de température est très grande, il se formera une inversion, présente généralement dans les toutes basses couches.

Altitude	*Mer*	*Terre*
000m	15°C	25°C
100m	18°C	24°C
200m	20°C	23°C
300m	20°C	22°C
400m	20°C	21°C
500m	20°C	20°C
600m	19°C	19°C
700m	18°C	18°C

Si le vent, au-dessus de la mer, dépasse un certain seuil, de la turbulence se formera et l'air soulevé au sein des tourbillons se refroidira de 1°C par 100 mètres sauf s'il est saturé (présence de brouillard ou de stratus maritimes). Dans ce cas, une couche d'air très froid pourra se constituer à quelques centaines de mètres au-dessus de l'eau et cette couche sera toujours surmontée d'une inversion, parfois très marquée, surtout si la différence terre / mer est déjà grande au départ.

Altitude	*Mer*	*Terre*
000m	15°C	25°C
100m	14°C	24°C
200m	13°C	23°C
300m	12°C	22°C
400m	18°C	21°C
500m	20°C	20°C
600m	19°C	19°C
700m	18°C	18°C

En réalité, tous ces profils ne sont pas aussi parfaits que dans les exemples théoriques précités mais ils demeurent parfaitement reconnaissables dans bien des sondages.

Il faut encore ajouter que l'épaisseur de la brise de mer, dans nos régions, tourne souvent autour des 500 mètres.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Que se passe-t-il une fois que la brise de mer pénètre à l'intérieur des terres ?

1er cas

Altitude	*Au large des côtes*	*Sur la côte*	*À 20 km de la côte*	*À 30 km de la côte*	*À 40 km de la côte*
000 m	20°C	21°C	22°C	23°C	25°C
100 m	20°C	20°C	21°C	22°C	24°C
200 m	20°C	20°C	20°C	23°C	23°C
300 m	20°C	20°C	20°C	22°C	22°C
400 m	20°C	20°C	21°C	21°C	21°C
500 m	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
600 m	19°C	19°C	19°C	19°C	19°C
700 m	18°C	18°C	18°C	18°C	18°C

2e cas

Altitude	*Au large des côtes*	*Sur la côte*	*À 20 km de la côte*	*À 30 km de la côte*	*À 40 km de la côte*
000 m	15°C	17°C	19°C	21°C	25°C
100 m	18°C	18°C	18°C	20°C	24°C
200 m	20°C	20°C	20°C	19°C	23°C
300 m	20°C	20°C	20°C	22°C	22°C
400 m	20°C	20°C	21°C	21°C	21°C
500 m	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
600 m	19°C	19°C	19°C	19°C	19°C
700 m	18°C	18°C	18°C	18°C	18°C

3e cas

Altitude	*Au large des côtes*	*Sur la côte*	*À 20 km de la côte*	*À 30 km de la côte*	*À 40 km de la côte*
000 m	15°C	17°C	19°C	21°C	25°C
100 m	14°C	15°C	17°C	19°C	24°C
200 m	13°C	14°C	16°C	18°C	23°C
300 m	12°C	13°C	17°C	22°C	22°C
400 m	18°C	18°C	21°C	21°C	21°C
500 m	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
600 m	19°C	19°C	19°C	19°C	19°C
700 m	18°C	18°C	18°C	18°C	18°C

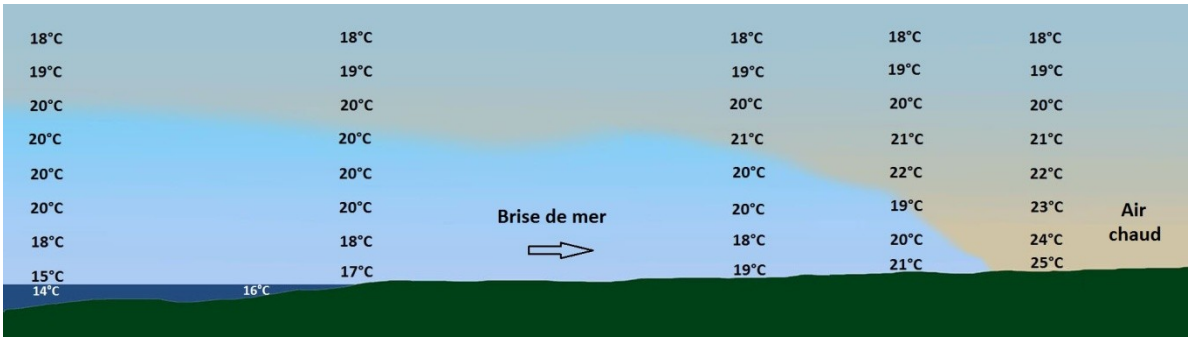
Nous pouvons voir dans les trois exemples que l'air de la brise de mer se réchauffe déjà avant d'atteindre le littoral, vu que les eaux côtières sont moins froides que celles au large.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Puis, une fois que la brise de mer pénètre à l'intérieur des terres, l'air frais est pris en tenaille entre d'une part le réchauffement lié au sol chaud et d'autre part par l'air plus chaud de la masse d'air en général en dessous de laquelle l'air frais de la mer s'enfonce en coin.

Comme le montrent les exemples chiffrés, il se forme progressivement une inversion au sommet de la zone d'influence de la brise de mer. Celle-ci s'abaisse de plus en plus au fur et à mesure que la brise de mer s'enfonce dans l'intérieur des terres jusqu'à toucher le sol là où la brise de mer rencontre l'air chaud de l'intérieur des terres.

En représentation graphique, cela donne ceci (illustration du 2e exemple).



Étudions à présent la dynamique du phénomène.

La force et l'amplitude d'une brise de mer dépendent de trois facteurs :

1. la différence de température entre la mer et l'intérieur des terres.
2. le degré d'instabilité de la masse d'air.
3. la direction et la force du vent général.

À la base, on peut donc dire que plus la différence de température est grande, plus la brise de mer sera intense. Cependant, si l'air est stable (hautes pressions), la brise de mer aura quelque mal à se frayer un passage en dessous d'un air trop « lourd » à cause de la subsidence. Dans ce cas, le phénomène ne sera que peu développé, même si les différences thermiques sont grandes.

À l'inverse, si l'air est très instable, une différence de température même modeste peut enclencher une brise de mer forte et pénétrante.

Le vent général, lui, n'est pas moins important. En effet, s'il souffle (plus ou moins) dans la même direction que la brise de mer, il renforce cette dernière, s'il souffle (plus ou moins) dans le sens contraire, il l'affaiblit voire l'annule complètement.

Si le vent général souffle dans une autre direction, la brise de mer va prendre une direction qui sera la résultante du vecteur « vent général » et du vecteur « brise de mer par temps calme ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

À la côte belge, par vent général de nord-est, le vent côtier soufflera dans la même direction nord-est dès le matin mais se renforcera l'après-midi en raison de l'addition du vent général à la brise de mer. En plus, le vent prendra temporairement une direction tendant vers le nord-nord-est l'après-midi.

Par vent général de sud-ouest, le vent côtier soufflera dans la même direction sud-ouest en matinée mais tendra l'après-midi à tourner vers l'ouest voire au nord-ouest en faiblissant quelque peu.

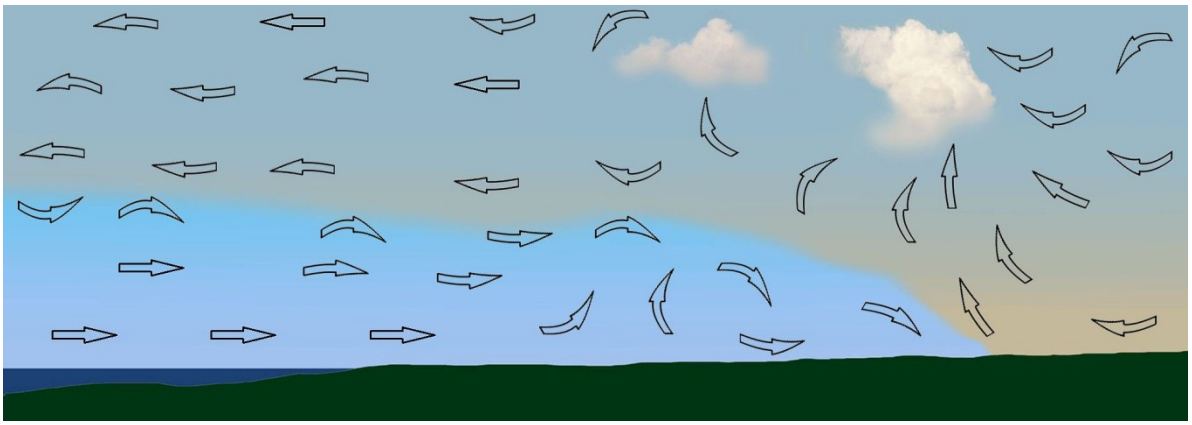
La résultante des forces, cette fois-ci, est plus soustractive qu'additive. En cas de vent de sud-est, la brise de mer sera contrariée et ne s'imposera pas ou alors tard, en début de soirée, avec une direction et une force assez imprévisibles dans ce cas.

Par vent de sud ou de sud-sud-ouest, la brise de mer sera contrariée aussi mais dans une mesure moindre. En général, elle parviendra à se développer en milieu d'après-midi et prendra une direction ouest à nord-ouest.

C'est une situation qui, si toutes les autres conditions sont également réunies, pourra s'avérer propice à la formation de supercellules à quelques dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres. En effet, pendant que la brise de mer souffle d'ouest ou de nord-ouest le long de la côte belge (ainsi qu'à Dunkerque en France), elle souffle plutôt de sud-ouest à ouest sur la Côte d'Opale dans sa partie orientée nord-sud, c'est-à-dire entre le Cap Gris Nez et la Baie de la Somme.

Ces deux brises de mer, en pénétrant à l'intérieur des terres, vont se rencontrer et rencontrer en même temps le vent général de sud, formant ainsi une sorte de « triple point » quelque part entre Hazebrouck et Béthune avec des cisaillements de vents favorisant fortement les supercellules.

Le schéma ci-dessous reprend une coupe verticale de la pénétration de la brise de mer et de la convection qui s'enclenche sur le front de brise de mer.



Convection près du front de brise de mer

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La « dry line », un phénomène avant tout américain

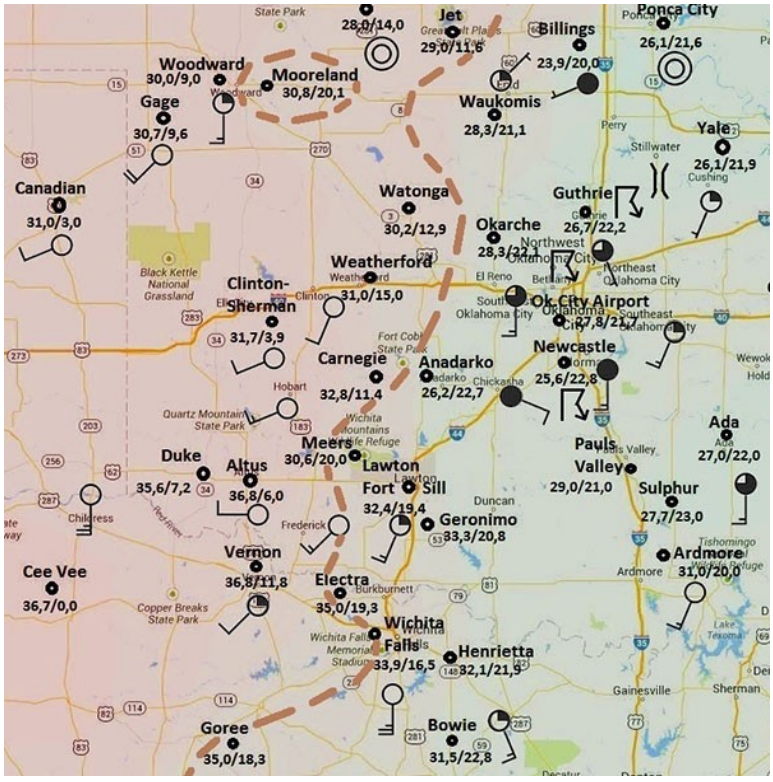
La « dry line », également appelée « front de point de rosée », est un phénomène qui se rencontre habituellement dans les Grandes Plaines américaines au printemps et au début de l'été.

Elle est régie par une dépression semi-permanente, à la fois thermique et orographique (sous le vent des Montagnes Rocheuses), qui se forme habituellement sur le Colorado ou l'extrême nord du Texas. Elle attire d'une part l'air chaud, humide et instable du Golfe du Mexique et d'autre part, l'air très sec et encore un peu plus chaud en provenance des déserts américains ou alors l'air réchauffé et desséché par effet de foehn lors du passage au-dessus des Montagnes Rocheuses.

Cet air est instable aussi mais, au vu de sa sécheresse, aucun nuage significatif ne s'y forme. Par contre les « dust devils », tourbillons de sable et de poussières, y sont très fréquents.

Ces deux masses d'air vont se rencontrer et former un front, dont la principale caractéristique est le changement très brutal du taux d'humidité de part et d'autre de ce front d'où le nom de « dry line ».

Ci-dessous, un exemple de « dry line » américaine.



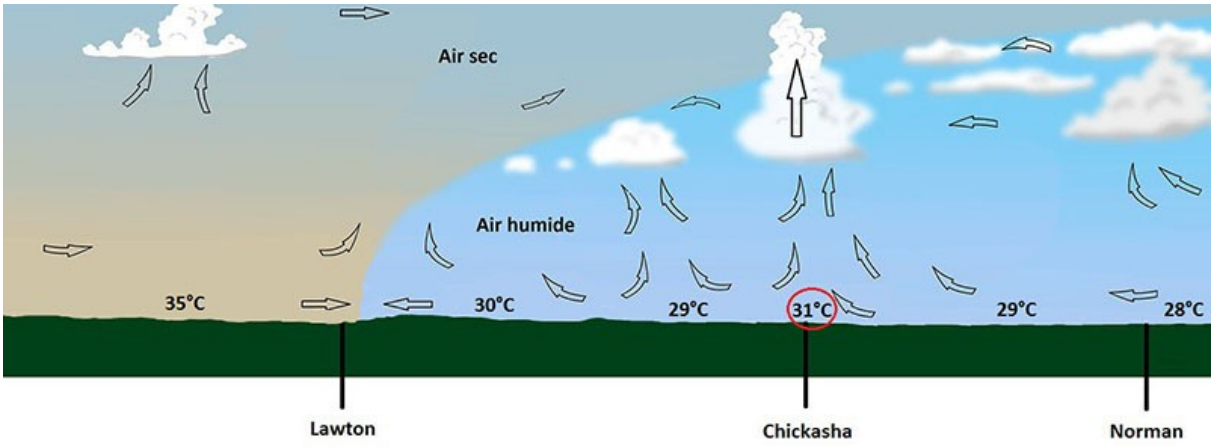
Oklahoma / Texas – 30 mai 2013 à 15h

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Si la « dry line » avance, c'est-à-dire que l'air sec gagne du terrain sur l'air humide, le front va se comporter comme un front chaud car l'air sec, en étant moins dense que l'air humide, va passer au-dessus de l'air humide. De plus, comme à cette saison l'air sec est généralement plus chaud que l'air humide, la structure de front chaud s'en trouve encore renforcée.

Cette couche d'air très sec et très chaud va former une véritable « inversion couvercle » qui va inhiber une grande partie de la convection dans l'air humide situé en dessous. Mais les quelques cellules qui parviendront à vaincre ce couvercle vont accumuler toute l'énergie disponible et se développer de façon explosive, d'autant plus que l'air sec au-dessus de l'inversion est instable aussi. Ce sont alors des orages particulièrement violents et grêligènes parfois même accompagnés de tornades.

Le schéma ci-dessous reprend une situation américaine aussi. Il montre comme une petite hausse locale de la température peut entraîner la percée de l'inversion. Il s'agit ici de la situation en Oklahoma le 20 mai 2013 à 13h15. Exactement deux heures plus tard, la tornade issue de la cellule née à cet endroit sera devenue une F5 et ravagera l'école primaire de Briarwood, au sud d'Oklahoma City.



Situation au sud-ouest d'Oklahoma City, le 20 mai 2013 à 13h15

En Europe, la structure géographique est tout autre et une « dry line » est un phénomène particulièrement rare, surtout en Europe de l'Ouest. Cependant, si toute une série de conditions se remplissent en même temps, une « dry line » est possible en Europe aussi.

Ce fut le cas les 23, 24 et 25 juin 1967, où nos régions (Nord de la France, Belgique et Pays-Bas) ont assisté à un véritable « tornado outbreak » (voir plus haut).

Et le 9 juin 2014, quoique sous une forme plus atténuée, le phénomène a été présent aussi, notamment sur l'est de la France et sur le Luxembourg, avec une influence certaine sur les orages du sud de la Belgique.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 4 :

THEORIES ET CONNAISSANCES SUR LES ORAGES SUPERCELLULAIRES ET LA GRELE

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les orages supercellulaires

Description

Un orage supercellulaire est avant tout un orage unicellulaire, c'est-à-dire une cellule composée d'un courant ascendant et d'un courant descendant.

Mais à l'inverse d'un orage unicellulaire classique, un orage supercellulaire aura une durée de vie beaucoup plus longue et pourra parcourir une plus grande distance.

Enfin, on définit comme orage supercellulaire une cellule orageuse contenant un mésocyclone (courant ascendant rotatif) et qui conserve son stade de maturité durant au moins trente minutes.

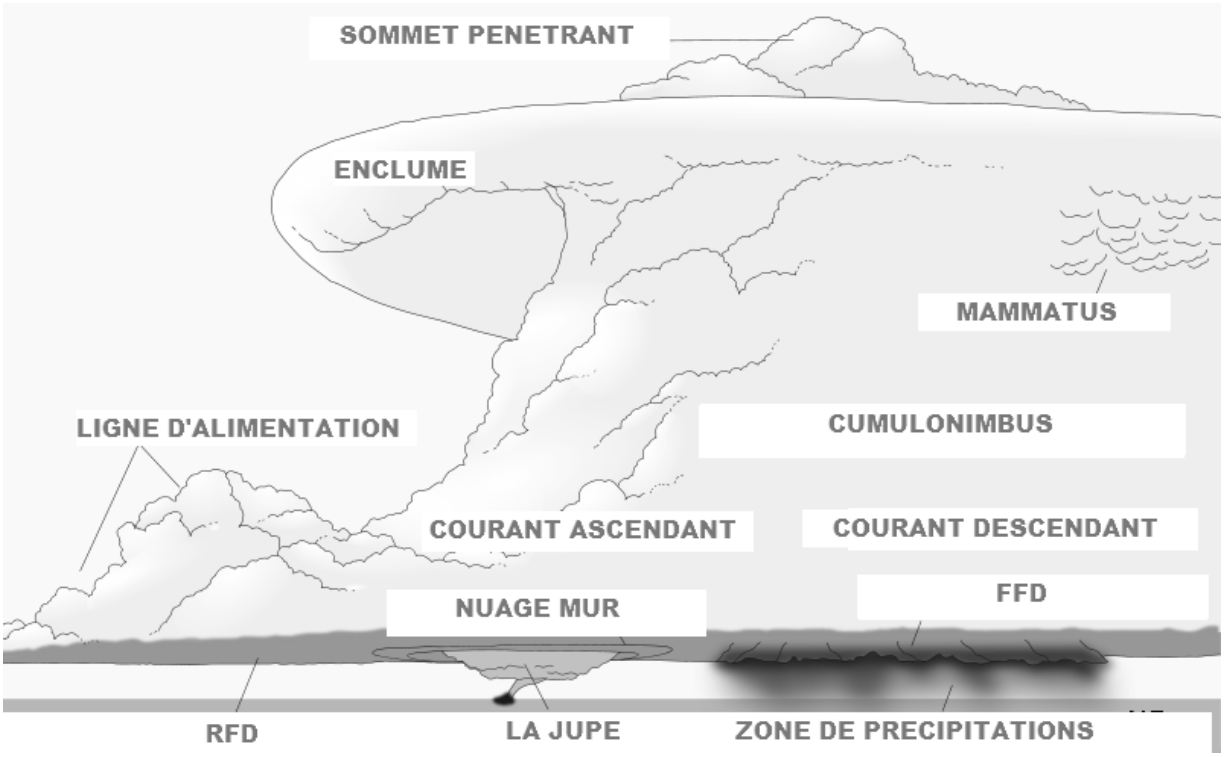


Schéma d'un orage supercellulaire
Source : **Vanessa Ezekowitz**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Formation

Les orages supercellulaires peuvent se former lorsque plusieurs facteurs météorologiques sont réunis au même endroit au même moment.

Voici ces facteurs :

L'instabilité

L'instabilité est indispensable à toute formation cumuliforme. Les orages, et plus particulièrement les orages supercellulaires, naissent et se développent lorsque celle-ci atteint des valeurs généralement élevées. Ainsi, lors des épisodes supercellulaires des 7, 8 et 9 juin 2014, les valeurs d'instabilité atteignirent chaque jour des seuils très élevés. L'indice d'instabilité tel que la CAPE dépassait ainsi allègrement les seuils des 2000 à 3000 J/kg.

L'inversion de températures

L'inversion de températures a un rôle important dans la rapidité de formation d'un orage et dans la vigueur que va prendre celui-ci. Une inversion de températures est une zone de l'atmosphère où la température ne décroît plus avec l'altitude mais au contraire, où celle-ci augmente.

Généralement peu épaisse, l'inversion va pouvoir jouer un rôle de couvercle. Au fil de la journée, le réchauffement diurne va augmenter la température de l'air situé sous cette inversion. Lorsque cette dernière s'affaiblit ou lorsque de forts courants ascendants parviennent à la percer, une importante quantité d'énergie se libère à un endroit donné et peut rapidement créer de puissants courants ascendants permettant le développement rapide d'un orage.

Comme cette énergie se libère à un seul endroit, la cellule orageuse peut rapidement prendre de la vigueur et, si d'autres conditions sont réunies, évoluer en orage supercellulaire.

Les cisaillements des vents de vitesses

Les cisaillements des vents de vitesses indiquent un changement dans la vitesse du vent avec l'altitude. Ce changement va permettre à la colonne ascendante de l'orage de s'incliner ce qui va séparer les courants ascendants et descendants de l'orage et lui permettre de perdurer dans le temps. Ainsi, dans un orage supercellulaire, le courant ascendant se retrouve généralement à l'arrière de la cellule orageuse.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les cisaillements des vents de direction

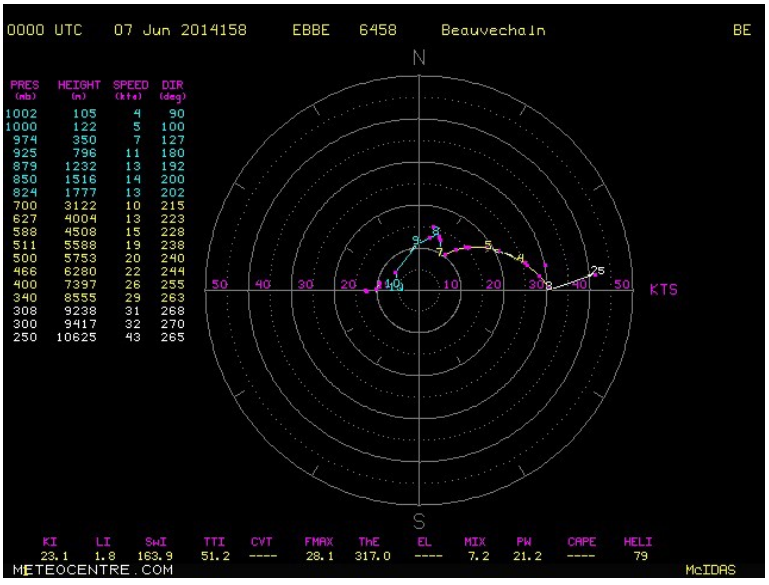
La présence d'un vent tournant avec l'altitude est favorable à une évolution supercellulaire de l'orage car celui-ci peut dans certains cas induire une rotation du courant ascendant. Cette rotation peut, dans certains cas, favoriser le développement d'une tornade sous la base du courant ascendant.

Généralement, le vent tournant avec l'altitude prend la composante suivante sur nos régions : le flux passe du secteur est à sud-est en surface au secteur ouest à sud-ouest en altitude.

Nous allons maintenant reprendre l'hodographe du 7 juin à minuit, heure UTC qui va nous permettre de visualiser la présence conjointe des cisaillements des vents de direction et de vitesses.

En surface, le vent était orienté au secteur est. Celui-ci pris une orientation au secteur sud-est vers 400 mètres d'altitude, une orientation au secteur sud vers 1500 mètres d'altitude, une orientation au secteur sud-ouest vers 4000 mètres d'altitude et une orientation au secteur ouest à très haute altitude (aux environs de 10.000 mètres). Notons par ailleurs une accentuation de la vitesse du vent avec l'altitude également (présence de cisaillements des vents de vitesses).

Sur l'hodographe ci-dessous, la courbure bien visible indique clairement une situation favorable à la survenue de supercellules avec la présence de forts cisaillements des vents directionnels et de vitesses.



Source : **Météo Centre**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La grêle

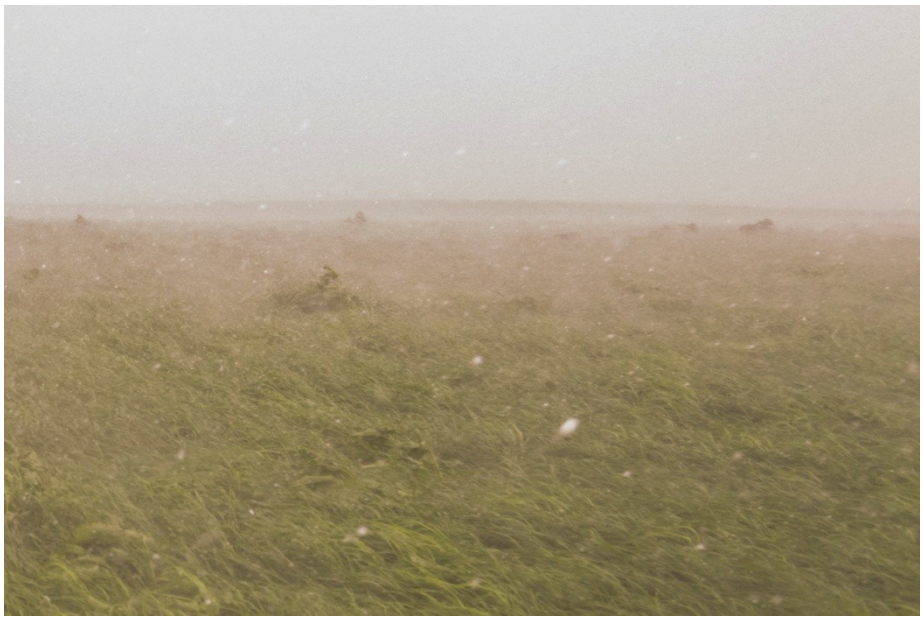
La grêle aura sans aucun doute été l'événement majeur durant ces trois jours. Non seulement les grêlons ont atteint des diamètres impressionnants (jusqu'à 7 cm par endroits) mais, en outre, le nombre de communes grêlées fut très élevé.

Dans cette partie, nous allons tenter d'expliquer les raisons pour lesquelles de telles chutes de grêle sont possibles.

Avant d'aborder la partie consacrée à la formation de la grêle, précisons que celle-ci ne concerne en règle générale qu'une superficie limitée. Ainsi, à l'instar des tornades, les plus gros grêlons peuvent survenir sur des zones peu peuplées. De ce fait, le recensement des plus fortes chutes de grêle est à prendre avec précautions et les « records » ne sont pas à prendre à la lettre.

Les grêlons observés en ces 7, 8 et 9 juin 2014 atteignirent parfois les 7 cm de diamètre et provoquèrent d'importants dégâts sur de nombreuses communes. Parmi les plus touchées, notons Wingene, Saint Hubert ou encore Lokeren.

Toutefois, dans un passé récent, des chutes de grêlons encore plus gros ont été observés sur le territoire belge. En effet, lors de l'épisode du 26 mai 2009, des grêlons supérieurs à 9 cm étaient observés à Verrebroek, en province de Flandre Orientale. Précisons que, par le passé, il n'est pas impossible que des grêlons encore plus gros aient pu se produire mais les 9.2 cm du 26 mai 2009 constituent le record « mesuré ».



Forte chute de grêle dans la région de Journal en province du Luxembourg
Source : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les nuages producteurs de grêle

La grêle est produite par des nuages cumuliformes bien développés (cumulus congestus, cumulonimbus).

Selon Météo France, celle-ci pourrait même parfois survenir sous des altocumulus castellanus. Il s'agirait dès lors avant tout de grêlons de petit diamètre, voire du grésil. Précisons toutefois que ce sont sous les cumulonimbus que les plus gros grêlons sont observés.

Toujours selon Météo France, moins de 10% des cumulonimbus donneraient de la grêle au sol. Ce pourcentage augmente bien évidemment si on tient compte de la grêle qui n'atteint pas le sol.

Selon l'ANELFA[4], les grêlons sont avant tout définis comme des particules de glace dont la taille est généralement comprise entre 5 mm et 5 cm.

Paysage hivernal après le passage des orages grêligènes
du 7 juin dans la région de Knesselare
Source **: Nancy Van Parys – Het Nieuwsblad**

4 L'ANELFA est l'Association Nationale (France) d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Formation de la grêle

Avant d'aller plus loin, quelques explications sont nécessaires. Dans l'atmosphère, de nombreuses particules sont présentes, que soit des particules d'origine volcanique, des particules issues de la pollution ou d'autres types de particules.

Ces particules (appelées noyaux de condensation) vont avoir un rôle important dans la formation des hydrométéores car ce sera sur celles-ci que vont se déposer de la vapeur d'eau. Ainsi, des gouttelettes d'eau infimes pourront se développer au sein du nuage. Mais ce n'est qu'une première étape.

Lorsque ces gouttelettes d'eau se sont formées, celles-ci pourront geler et former des cristaux de glace si le courant ascendant du nuage orageux leur permet d'atteindre le niveau de congélation, c'est-à-dire au-delà du niveau isotherme 0°C. Mais toutes les gouttelettes d'eau ne gèlent pas à 0°C.

En effet, certaines d'entre elles, dites surfondues[5], peuvent rester en l'état liquide jusqu'à des températures proches des -30 à -40°C. Ainsi, nous avons à la fois la présence des cristaux de glace et de gouttelettes d'eau au sein du nuage convectif. Les cristaux de glace vont s'accroître par coalescence avec d'autres cristaux ou avec des particules présentes dans le nuage. Les gouttelettes d'eau surfondues vont, quand à elles, se congeler au contact de ces cristaux de glace.

Ainsi, nous avons des hydrométéores dont la taille va s'accentuer au fur et à mesure des contacts avec d'autres particules. Ces hydrométéores vont continuer à croître tant que ceux-ci restent au sein du nuage convectif et atteindre le stade de grêlon.

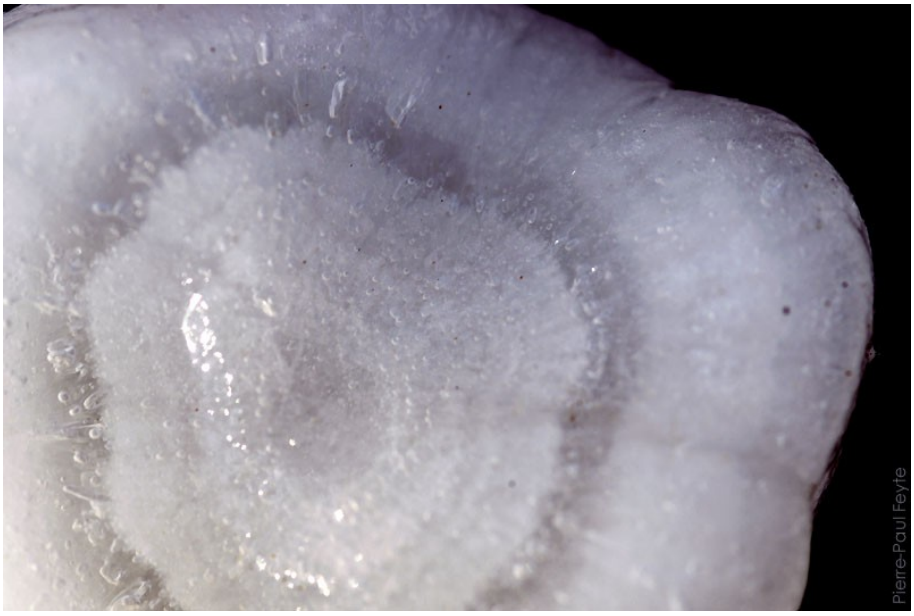
Selon les dernières théories, les conditions d'humidité présentes au sein même du nuage auraient une importance capitale dans l'accumulation des différentes couches qui composent le grêlon.

Ainsi, si l'humidité est élevée et qu'une quantité importante de gouttelettes d'eau surfondues est présente, une couche translucide se formera autour du grêlon tandis que si l'humidité est médiocre, nous aurons une couche plus opaque. Or, au sein du nuage convectif, l'humidité peut varier énormément d'une zone à l'autre. Ainsi, le parcours du grêlon rencontrant successivement des couches plus humides ou plus sèches sera responsable de sa forme et des différentes couches qui le composent.

5 Les gouttelettes d'eau surfondues sont des gouttelettes qui peuvent rester à l'état liquide malgré les très basses températures. Moins la gouttelette d'eau contiendra des « impuretés », plus celle-ci pourra rester longtemps en l'état liquide.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

L'image ci-dessous montre parfaitement les différentes couches successives autour d'un noyau central.



Source : **Pierre Paul Feyte**

Bien entendu, plus un grêlon restera longtemps au sein du nuage et plus celui-ci pourra grossir. La vigueur du courant ascendant (d'un orage supercellulaire par exemple) aura donc un rôle primordial sur la taille du grêlon car il lui permettra d'effectuer des circulations diverses au sein du nuage et ce durant un laps de temps suffisant.

Parcours des grêlons au sein des orages supercellulaires

Le courant ascendant d'un orage supercellulaire est tellement puissant qu'il va influencer considérablement le cycle « habituel » des hydrométéores au sein du cumulonimbus. En effet, les particules de glace qui sont directement soumises au plus fort du courant ascendant vont être transportées rapidement vers l'enclume. Elles n'auront donc pas le temps de grossir.

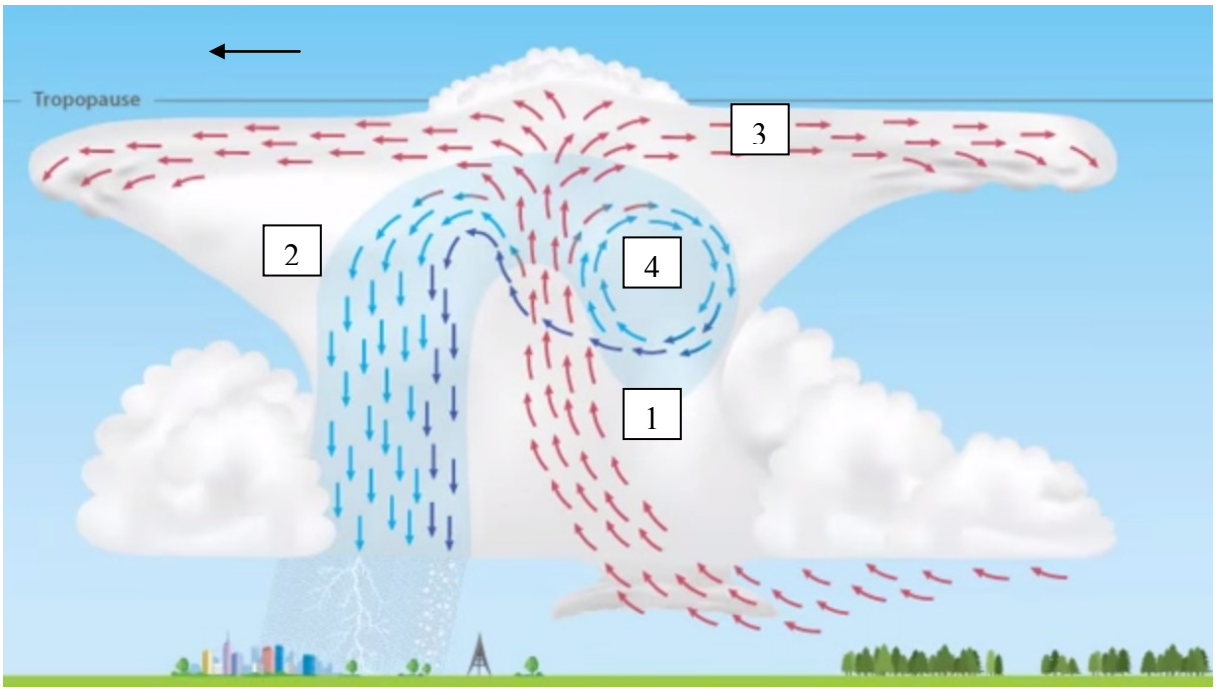
Si les particules de glace ne sont pas directement soumises au plus fort du courant ascendant (par exemple à la périphérie de celui-ci), celles-ci pourront s'agglomérer et former des particules plus grosses (voir point précédent).

Ensuite, celles qui seront déjà trop lourdes vont directement retomber hors du courant ascendant sans avoir pu effectuer un recyclage nécessaire qui leur aurait permis une croissance plus importante. Les autres particules vont être acheminées à l'arrière du courant ascendant principal, c'est-à-dire dans une zone qui surplombe la base du courant ascendant.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Ensuite, ces particules vont se retrouver à nouveau dans le courant ascendant ce qui va leur permettre d'accroître leur croissance avec la présence d'autres particules de glace ou des gouttelettes d'eau surfondues qui s'y trouvent. Ce ne sera qu'après avoir atteint un poids trop important pour être maintenu en altitude par le courant ascendant que ceux-ci vont retomber vers le sol.

Le schéma ci-après résume parfaitement cela



Source : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Au sein d'un orage supercellulaire, le courant ascendant amène l'air chaud et humide en altitude (1). En s'élevant, cet air se condense et se transforme en gouttelettes d'eau et ensuite en cristaux de glace.

Une partie de ces hydrométéores retombe ensuite vers le bas et un courant descendant se forme (2).

Une seconde partie est acheminée vers l'enclume (3).

Enfin, une troisième partie (infime) va être rejetée à l'arrière du courant ascendant (4) et revenir par la suite dans le courant ascendant.

Sur ce schéma, l'orage se déplace de droite à gauche (flèche noire).

Ainsi au final, ce n'est qu'une infime partie des hydrométéores qui parvient à rester suffisamment longtemps au sein du nuage orageux et atteindre ainsi une très grande taille avant de retomber finalement au sol en y faisant parfois d'importants dégâts mais sur une superficie limitée.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

De ce fait, les orages supercellulaires sont les plus à mêmes de produire des grêlons de très grande taille.

Les photographies ci-dessous montrent des exemples de grêlons observés durant ces offensives.

Grêle du 7 juin à Wingene
Source : **Kim Degryse**

Grêle durant la nuit du 8 au 9 juin à Lokeren
Source : **De Redactie**

Grêle du 9 juin à Bertrix
Source : **De Morgen**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 5 :

ANALYSES DU PARCOURS DES SEPT SUPERCELLULES AVEREES

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours et durée de vie des orages supercellulaires avérés

Nous allons maintenant nous pencher sur les sept supercellules avérées par notre collectif qui ont sévi les 7, 8 et 9 juin 2014.

Précisons d'emblée que les communes citées sont celles qui s'avèrent être les plus proches des cellules orageuses visibles sur les images radars, et ce tant dans leur stade de développement que dans leur stade de dissipation. Une erreur ou une approximation dans les précisions géographiques n'est ainsi pas à exclure.

De même, la distance parcourue et la durée des cellules sont basées sur les images radars. Là encore, des erreurs de timing ou de distances ne sont pas impossibles.

Précisons enfin que pour pouvoir classer un cas en tant que supercellule « avérée », certaines conditions sont nécessaires.

Les voici :

- L'accès à des images radars Doppler à vitesses radiales permettant de distinguer un net dipôle de vitesses positives et négatives. Ces images sont parfois accessibles via des sites spécialisés.

- Si nous ne disposons pas de ces images, nous nous tournons vers des images radars de réflectivité plus traditionnelles. Celles-ci peuvent, dans certains cas, suffire à pronostiquer une évolution supercellulaire en mettant bien en avant la présence de ce que l'on nomme « un écho en crochet » ou « pendant » sur le flanc sud ou sud-est de la cellule. Ces échos doivent être nets et persistants.

- Si les images radars ne sont pas suffisamment explicites, l'accès à des vidéos mettant bien en évidence la rotation du courant ascendant de la cellule et ce, de manière nette et durable est indispensable pour pouvoir classer le cas comme certain.

- Enfin, d'autres éléments peuvent étayer la thèse de la supercellule en associant l'une ou l'autre condition ci-dessus avec d'autres éléments tels que la prise de photographies mettant en avant la présence d'un nuage mur, d'une bande d'afflux ou d'autres caractéristiques propres aux supercellules, le comportement de la cellule (déviation du flux, durée) etc.

Si certaines conditions sont remplies mais qu'aucune certitude ne peut être apportée, le cas est considéré comme « probable ». Actuellement, 6 orages sont considérés comme « probables orages supercellulaires ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Orage supercellulaire du 7 juin entre Bethune (France) et Terneuzen (Pays-Bas)

Durée totale : environ 3 h

Distance totale parcourue : 140 à 150 km

Description : après s'être développé dans la région de Bethune en France, la supercellule se divisera en deux parties dans la région de Poperinge. Le moteur gauche s'estompera assez rapidement tandis que le moteur droit, plus puissant, provoquera d'importantes chutes de grêle, notamment dans la région de Wingene et continuera sa route au-delà de la frontière néerlandaise. Notons que cette supercellule sera précédée sur son trajet par un autre orage rotatif, classé actuellement comme probable orage supercellulaire.

Phénomènes associés : de très fortes chutes de grêle s'abattent sur plusieurs communes dont Wingene, Lichtervelde, Zwevezele, Aalter, Knesselaere ou encore Maldegem.

Nuage mur de la supercellule depuis Zwevezele
Crédit photo : **Jean Yves Frique – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Orage supercellulaire du 7 juin entre Ath et Mol (Belgique)

Durée totale : environ 2h45

Distance totale parcourue : 140 à 160 km

Description : la supercellule se développe dans la région d'Ath. Elle se divisera ensuite à deux reprises, une première fois sur la région de Ninove. Le moteur gauche s'essoufflera dans la région d'Anvers tandis que le moteur droit continuera sa route vers Bruxelles où il produira d'intenses chutes de grêle.

Mais avant d'arriver dans la région bruxelloise, une nouvelle division de la supercellule s'effectuera dans la région d'Asse et le moteur gauche s'essoufflera à son tour dans la région anversoise tandis que le moteur droit poursuivra sa route jusque dans la région de Mol.

Phénomènes associés : de très fortes chutes de grêle s'abattent sur plusieurs communes dont Jette, Laeken, Strombeek Bever, Vilvoorde ou encore Lennik.

Nuage mur de la supercellule vu depuis Kortenberg
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

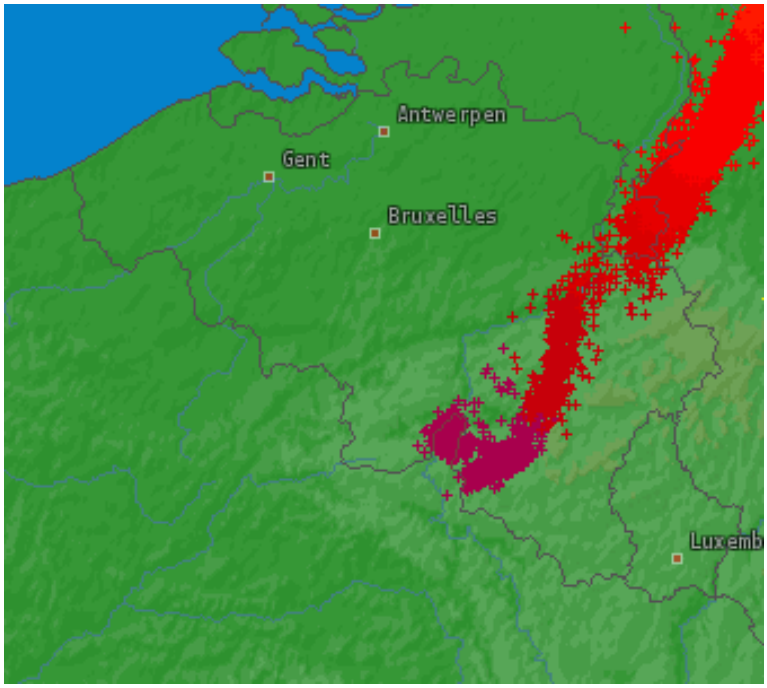
Orage supercellulaire du 8 juin entre Thin-le-Moutier (France) et Hamoir (Belgique)

Durée totale : environ 2h15 (sans compter l'évolution par la suite en écho en arc)

Distance parcourue : 150 à 160 km (sans compter l'évolution par la suite en écho en arc)

Description : en matinée, un système convectif aborde le sud de notre pays. Sur le flanc est du système, un orage supercellulaire se développe. Une séparation de cellules se produit à la frontière belge. Le moteur droit poursuit sa route vers l'est puis le nord-nord-est. En arrivant sur la province de Liège, la supercellule évolue progressivement en écho en arc.

Phénomènes associés : la supercellule ayant traversé des régions forestières, peu de phénomènes ont été observés.



Carte des impacts de foudre entre 0 et 6 h UTC en matinée du 8 montrant parfaitement le parcours de l'orage supercellulaire
Source : **LightningMaps.org**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Orage supercellulaire des 8 et 9 juin entre Therouanne (France) et Hoogstraten (Belgique – Pays-Bas)

Durée totale : environ 4h

Distance totale parcourue : 160 à 180 km

Description : un premier orage se développe dans la région de Thérouanne en France. Celui-ci s'intensifie rapidement et traverse la frontière belge. Quelques dizaines de minutes plus tard, une autre cellule se développe dans la région d'Armentières. Ces deux cellules ne vont former plus qu'une seule en arrivant sur la région de Roulers.

La supercellule va alors prendre la direction du nord-est tout en se divisant (splitting storm) dans la région d'Aalter. Le moteur droit dévie vers l'est et touche la région de Lokeren où elle produit de violentes chutes de grêle. La supercellule va s'effondrer dans la région d'Hoogstraten à la frontière des Pays-Bas après avoir déversé d'importantes quantités de grêle dans la région d'Anvers.

Phénomènes associés : la supercellule s'est accompagnée de violentes chutes de grêle sur les communes d'Aalter, de Lokeren, d'Anvers et d'Hoogstraten ainsi qu'une puissante rafale descendante au nord-ouest de la région gantoise.

Grêlons de 7 cm à Lokeren
Source : **Frédéric Schroyens**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Orage supercellulaire des 8 et 9 juin entre Aalter (Belgique) et Aalburg (Pays Bas)

Durée totale : environ 2h30 (depuis le splitting storm et en comptant l'effondrement temporaire puis la réorganisation de la cellule)

Distance totale parcourue : 130 à 150 km (depuis le splitting storm et en comptant l'effondrement temporaire puis la réorganisation de la cellule)

Description : alors qu'une supercellule évolue déjà depuis un certain temps sur l'ouest de la Belgique (voir point précédent), celle-ci se divise dans la région d'Aalter. Le moteur droit file vers la région de Lokeren tandis que le moteur gauche prend la direction plein nord avant de bifurquer à son tour vers le nord-est.

La supercellule moteur gauche va rapidement passer par différents stades d'évolution avec un effondrement temporaire puis une réorganisation dans la région de Berg-op-Zoom. La supercellule va ensuite définitivement s'effondrer dans la région d'Aalburg aux Pays-Bas.

Notons que cette supercellule a été très difficile à analyser tant les différents stades d'évolution de celle-ci sur les images radars se sont avérés complexes. Ainsi, seules les analyses radars doppler à vitesses radiales pourraient confirmer les réelles évolutions qu'a prises cette cellule.

Phénomènes associés : la supercellule s'est accompagné de fortes pluies ainsi que de la grêle.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Orage supercellulaire des 8 et 9 juin entre Mariembourg (Belgique) et Hürtengwald (Allemagne)

Durée totale : environ 3h15

Distance parcourue : 150 à 160 km

Description : en toute fin de soirée, une nouvelle supercellule se développe cette fois-ci dans la région de Mariembourg. Cet orage remonte progressivement vers la vallée de la Meuse et tout en arrivant sur la province de Liège, celui-ci s'intensifie brutalement. Ce n'est qu'après avoir franchi la frontière allemande que la supercellule déclinera.

Phénomènes associés : de très fortes chutes de grêle sont observées au passage de la supercellule. Fort heureusement, celle-ci traversera essentiellement des régions boisées et peu habitées.

Colonne d'alimentation de l'orage supercellulaire dans la région de Tohogne
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Orage supercellulaire du 9 juin entre Les Hautes Rivières (France) et Tenneville (Belgique)

Durée totale : environ 1h (sans compter l'évolution par la suite en probable derecho)

Distance totale parcourue : 60 à 80 km (sans compter par la suite l'évolution en probable derecho)

Description : une cellule orageuse « explose » véritablement sur les Ardennes françaises. Passée la frontière belge, celle-ci évolue très rapidement en un puissant orage supercellulaire. Cet orage, de très grande taille, va brusquement s'orienter plein est et toucher la région de Daverdisse. Un déluge de grêle s'abat provoquant d'importants dégâts.

Très peu de temps après, une séparation de cellules (splitting storm) s'effectue. Le moteur gauche remonte vers la région de Rochefort tandis que le moteur droit, très puissant, touche la région de Saint-Hubert où à nouveau, de violentes chutes de grêle provoquent d'importants dégâts.

Passées Saint-Hubert et Rochefort, les deux cellules s'affaiblissent et évoluent en système multicellulaire, lequel très rapidement va se renforcer et évoluer en derecho.

Phénomènes associés : de violentes chutes de grêle provoquent d'importants dégâts.

Orage supercellulaire sévissant dans la région de Saint-Hubert
Crédit photo: **Samina Verhoeven – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Parcours des sept orages supercellulaires précédemment cités

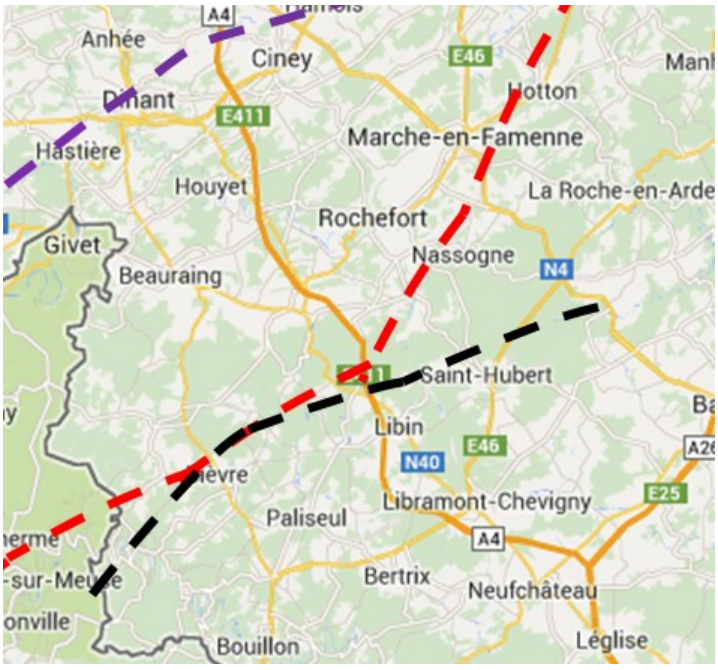
Voici le parcours sur le territoire belge des sept supercellules.

Source de la carte : **Open Street**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

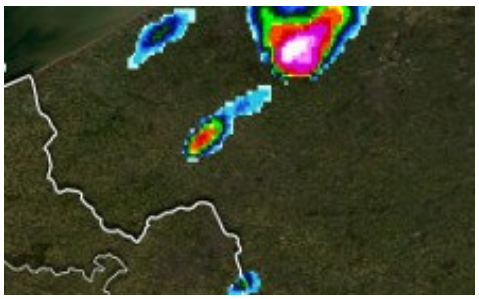
La région de Roulers-Wingene-Aalter aura connu le passage de deux supercellules voire trois pour cette dernière localité (en comptant la séparation des moteurs gauche et droit)

Ainsi que la région de Bièvre-Libin

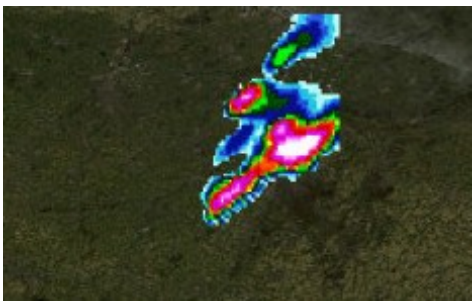


Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

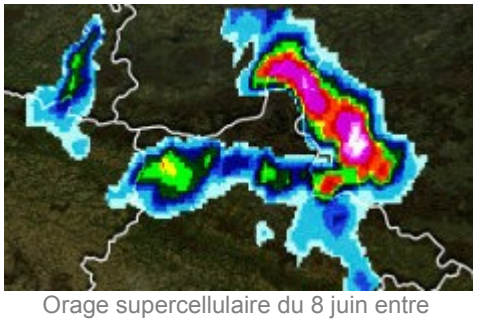
Voici pour terminer ce chapitre des images radars de cinq des sept supercellules au moment où celles-ci sont à leur apogée. Seule la supercellule des 8 et 9 juin entre Aalter et Aalburg ainsi que la supercellule des 8 et 9 juin entre Mariembourg et Hürtengwald ne sont pas visibles. Ces images radars proviennent du site Infoclimat accessibles à l'adresse suivante : http://www.infoclimat.fr/cartes-meteo-temps-reel-images-satellites-infrarouge-visible-haute-resolution.html?i=radar-nord_idf



Orage supercellulaire du 7 juin entre Bethune (France) et Terneuzen (Pays-Bas)

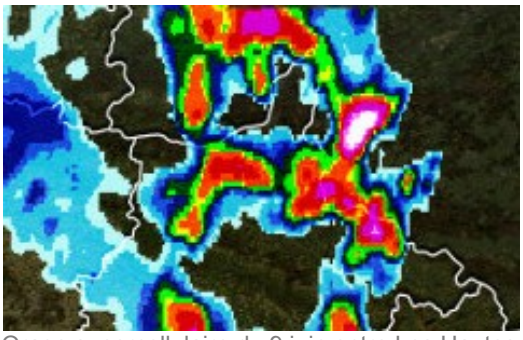


Orage supercellulaire du 7 juin entre Ath et Mol (Belgique)



Orage supercellulaire du 8 juin entre Thin-le-Moutier (France) et Hamoir (Belgique)

Orage supercellulaire des 8 et 9 juin entre Therouanne (France) et Hoogstraten (Belgique – Pays-Bas)



Orage supercellulaire du 9 juin entre Les Hautes Rivières (France) et Tenneville (Belgique)

Source : **Infoclimat**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

CHAPITRE 6 :

MCC ET DERECHO DU 9 JUIN

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Après s'être attardé sur les orages supercellulaires, nous allons maintenant nous pencher sur une autre offensive remarquable qui concerna non seulement la France, la Belgique et les Pays-Bas mais surtout l'Allemagne le 9 juin.

En ce 9 juin, un complexe convectif de grande envergure allait faire parler de lui. En effet, celui-ci s'avérera être l'un des plus puissants de ces dernières années avec en son sein, le développement d'un derecho. Les dégâts vont être énormes, principalement en Allemagne. Notons qu'une rafale de 142 km/h a été enregistrée à Düsseldorf. Une telle valeur n'avait plus été atteinte à cette station depuis la tempête hivernale « Kyrill » le 18 janvier 2007.

Mais comme nous le verrons par la suite, ce complexe va trouver ses origines en diverses étapes. Nous allons revenir sur la chronologie des événements afin de comprendre ce qui s'est réellement passé.

Avant d'aller plus loin, attardons nous un instant sur les définitions d'un complexe convectif de méso-échelle et d'un derecho.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Définition d'un Complexe convectif de méso-échelle (MCC)

Un complexe convectif de méso-échelle est un système orageux de très grande ampleur et dont la durée de vie dépasse généralement les 6 heures.

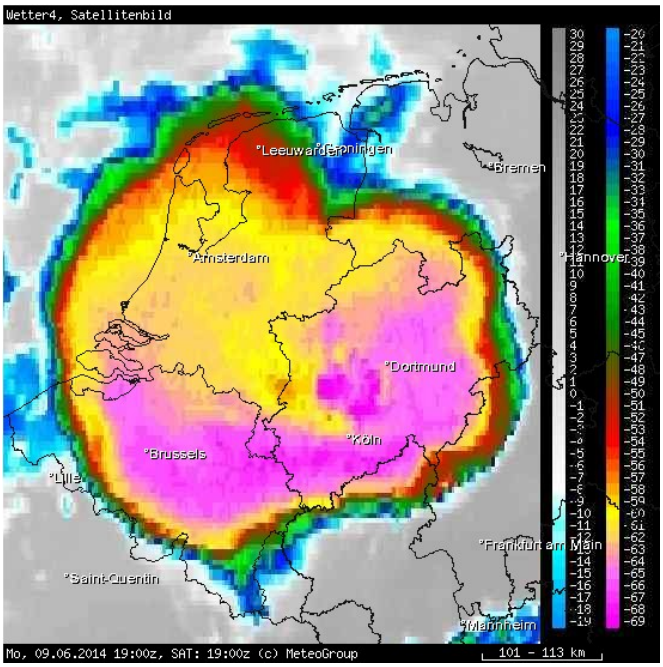
Pour être plus précis, certaines conditions doivent être remplies afin de déterminer ou non la classification en tant que « MCC », on nomme ces conditions les critères de Maddox :

- Le système doit couvrir plus de 100.000 km² dont la température des sommets doit être inférieure à -32°C.

- Le complexe doit posséder des températures des sommets nuageux inférieures à - 52°C sur au moins une superficie de 50.000 km².

- Le système doit perdurer au moins six heures.

Voici maintenant une image satellite de la température des sommets qui montre que les zones concernées par des températures inférieures à -32°C dépassent les 100.000 km² et que les zones concernées par des températures inférieures à -52°C dépassent allègrement les 50.000 km².



Source : **Meteogroup – Wetter4**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

La durée de vie du système avec les conditions requises semblent perdurer durant environ 6 heures (de 20h30 à 2h30 selon les images satellites que nous avons à notre disposition). De ce fait, le stade de « complexe convectif de méso-échelle » semble, selon nous, acquis en ce 9 juin.

Notons cependant que malgré les différents critères émis plus haut, les images satellites utilisées ne sont pas aussi précises que peuvent l'être par exemple des images radars à haute résolution telles que des images radar Doppler. Les mesures effectuées ne sont pas non plus des mesures aussi précises comme peuvent l'être des mesures de la vitesse du vent ou des précipitations.

Ainsi si au départ les conditions pour qu'un MCC soit validé en tant que tel doivent logiquement perdurer durant au moins six heures, qu'en est-il si celles-ci ne perdurent que cinq heures et demie ? Cela exclurait-il d'office l'hypothèse d'un MCC ? Nous n'en sommes pas convaincus.

De ce fait, il est possible que d'autres organismes externes estiment quand à eux que le système du 9 juin 2014 n'aurait pas acquis le stade de MCC.

Des opinions divergentes ayant déjà eu lieu par le passé concernant d'autres cas, comme par exemple celui du 12 juillet 2010 qui avait concerné la France, la Belgique, l'Allemagne et les Pays-Bas ou même celui du 27 juillet 2013 qui concerna avant tout la France.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Définition d'un derecho

Un derecho est une ligne de grains dont la taille dépasse les 100 km, pouvant même atteindre dans certains cas les 1000 km.

La définition du mot « derecho » provient de l'espagnol qui signifie « tout droit ». En effet, une telle structure se déplace généralement très rapidement et pratiquement en ligne droite.

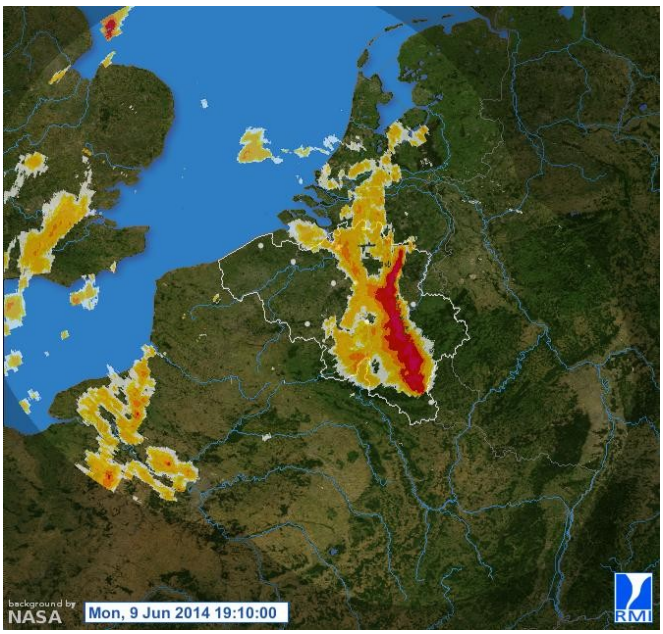
Selon la dénomination officielle, pour pouvoir être qualifié de derecho, le système convectif doit :

- Avoir produit des dégâts dus au vent et/ou des rafales de vent enregistrées supérieures à 93 km/h au sein d'une zone s'étendant sur plus de 400 km.

- En outre, il faut l'enregistrement d'au moins trois rapports de rafales de vent supérieures à 120 km/h et / ou de tornades d'intensité F1 en plusieurs endroits séparés les uns des autres d'une distance supérieure ou égale à 64 km.

Or, après analyses, ces conditions ont été remplies en ce 9 juin 2014, ce qui permet de qualifier cet épisode en tant que derecho « avéré ».

L'image radar ci-dessous montre le développement du derecho sur l'est et le nord-est de la Belgique.

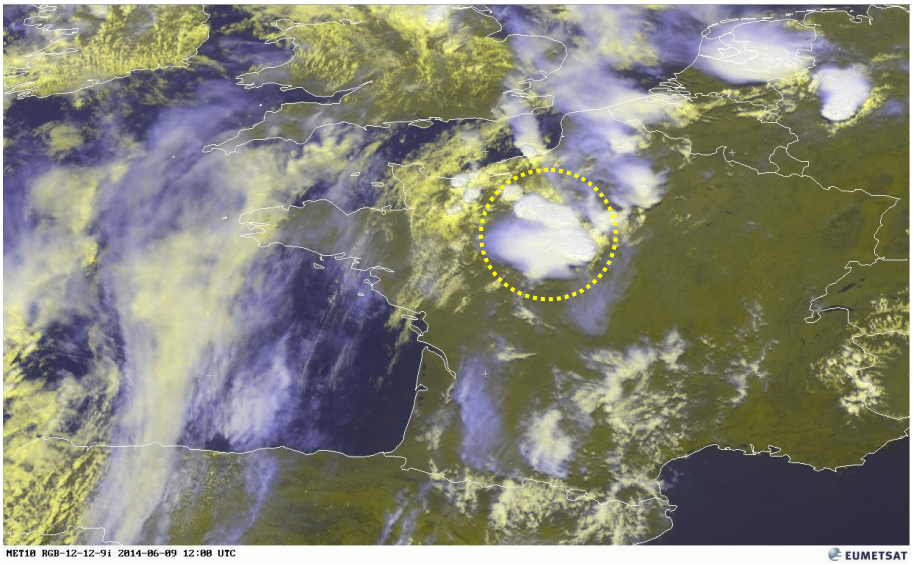


Source : **Institut Royal Météorologique**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

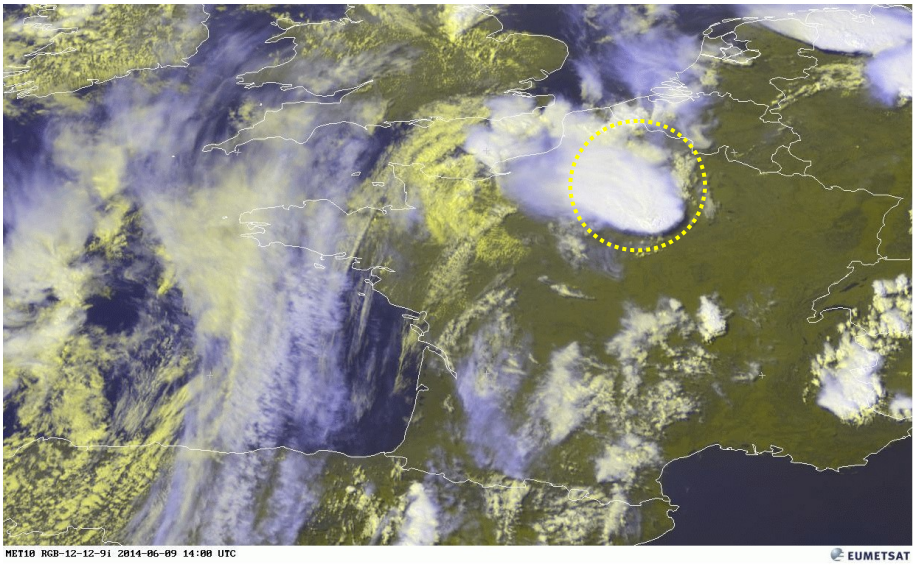
Naissance et évolution du MCC

En tout début d'après-midi du 9 juin, plusieurs cellules se développent sur les régions du Poitou-Charentes et du Centre, en France. Certaines de ces cellules évoluent en structures supercellulaires, principalement sur la région du Centre.
L'une d'entre elles s'avère particulièrement violente, notamment dans les départements du Loiret, de l'Yonne et de l'Aube.



Source : **Eumetsat**

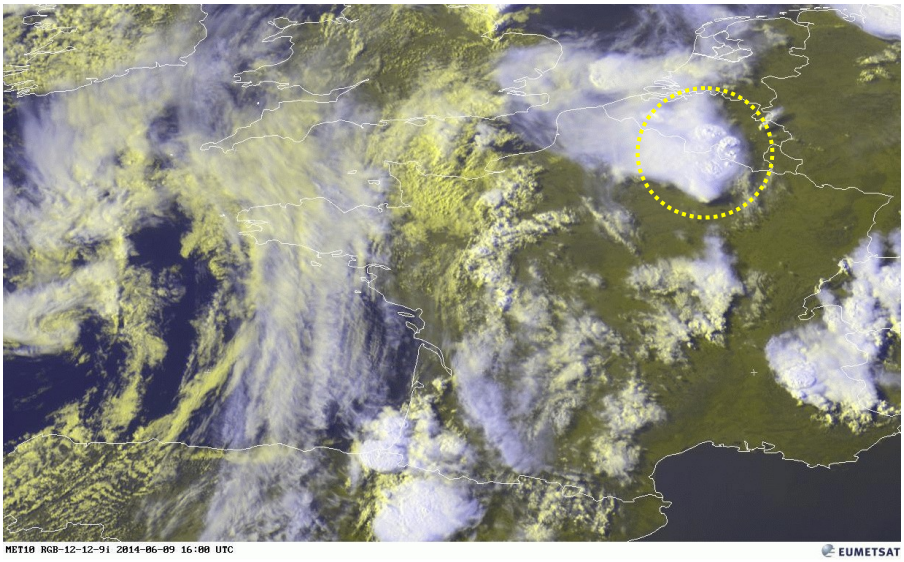
Progressivement, toutes ces cellules vont former un système convectif de méso-échelle au moment où ce dernier remonte vers notre pays.



Source : **Eumetsat**

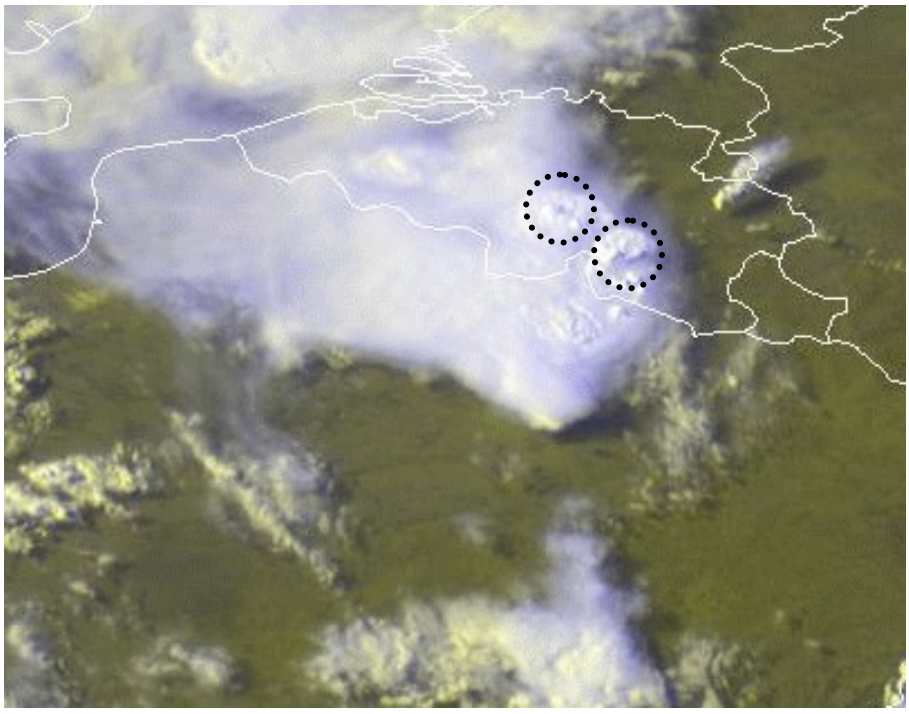
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Ce système semble s'essouffler en arrivant sur notre pays mais ce n'est que provisoire. En effet, très rapidement, plusieurs cellules « explosent » véritablement sur le flanc nord-est du système.



Source : **Eumetsat**

Un « zoom » sur le système permet de détecter la présence de ce que l'on nomme des sommets pénétrants, c'est-à-dire des zones où les courants ascendants sont tellement puissants qu'ils parviennent à dépasser la tropopause qui, à ce moment-là, atteint les 12 kilomètres d'altitude.

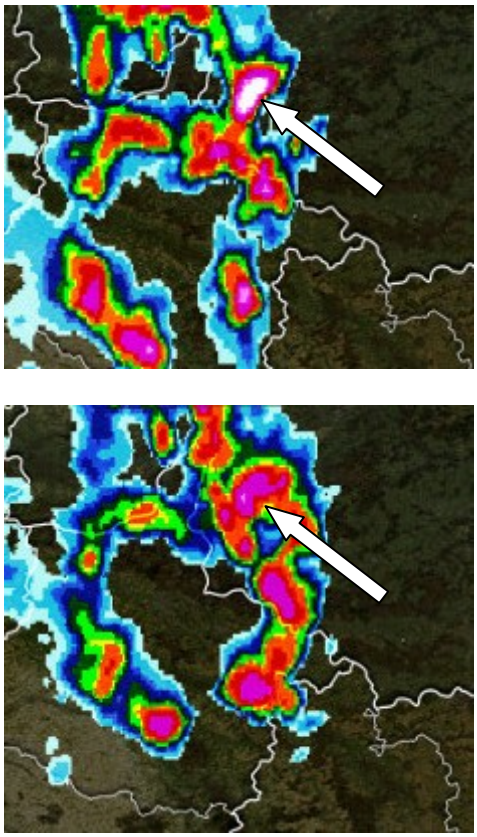


Source : **Eumetsat**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

En fait, les analyses des images radar au même moment mettent en évidence une origine probablement supercellulaire de certaines d'entre elles. La cellule qui concerne la région de Gedinne atteint, quand à elle et sans conteste, le stade supercellulaire. Cette supercellule a déjà été étudiée au chapitre précédent.

En effet, on constate la présence d'un écho pendant net et durable sur le flanc est à sud-est de la cellule (flèches blanches) ce qui matérialise la présence d'un mésocyclone. En outre, le fait de retrouver cet écho sur l'est-sud-est de la supercellule pourrait caractériser une évolution au stade HP. Bien sûr, seul un balayage Doppler permettrait de tirer des conclusions bien plus fiables sur l'évolution de la supercellule en elle-même.

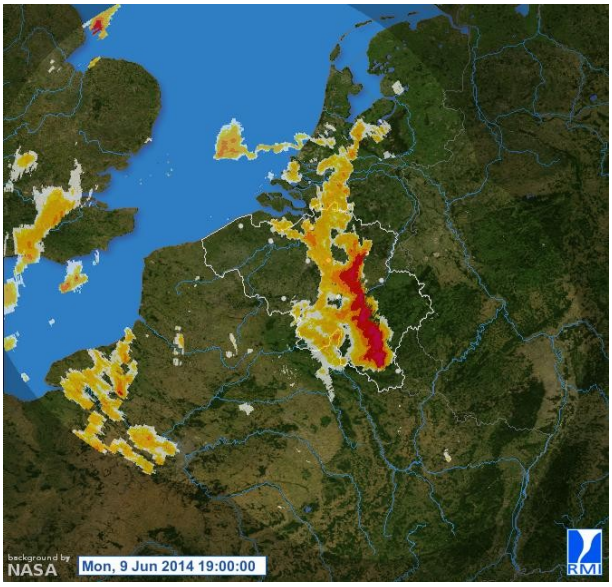


Images radars à 18h15 et 18h35
Source : **Infoclimat**

Le radar du KNMI à haute résolution conforte les images ci-dessus. Cependant, ces images étant du domaine « privé », nous ne pouvons les ajouter dans le présent dossier.

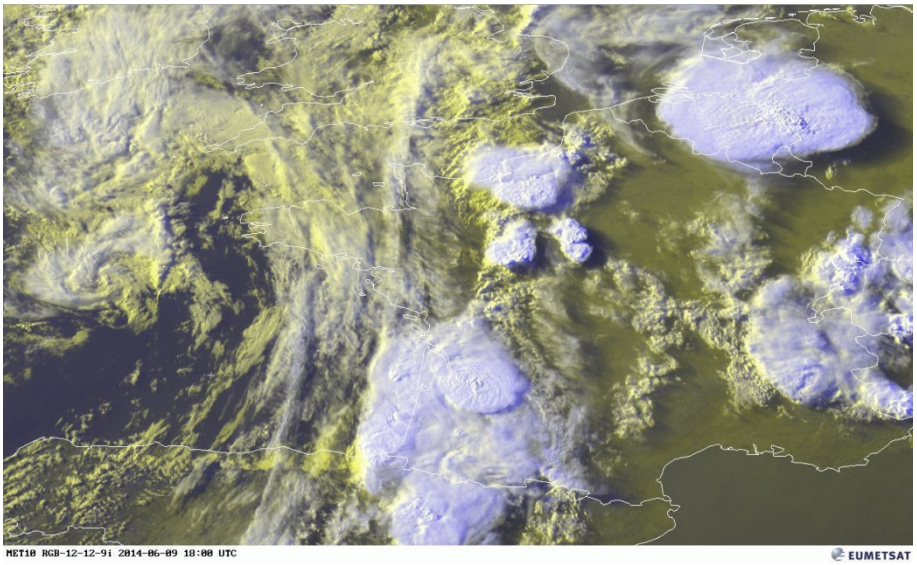
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

En très peu de temps, la supercellule identifiée évolue et finit par former, en compagnie d'autres cellules vigoureuses, un derecho.



Source : **Institut Royal Météorologique**

C'est ainsi qu'un puissant système multicellulaire va traverser l'est de la Belgique en y apportant par endroits de violentes chutes de grêle et de puissantes rafales de vent. Les analyses des images radars laissent supposer que d'autres supercellules ont pu composer le système, hypothèse confortée par le radar du KNMI. L'image satellite suivante montre le derecho au moment où celui-ci atteint son apogée au sein d'un complexe convectif de méso-échelle

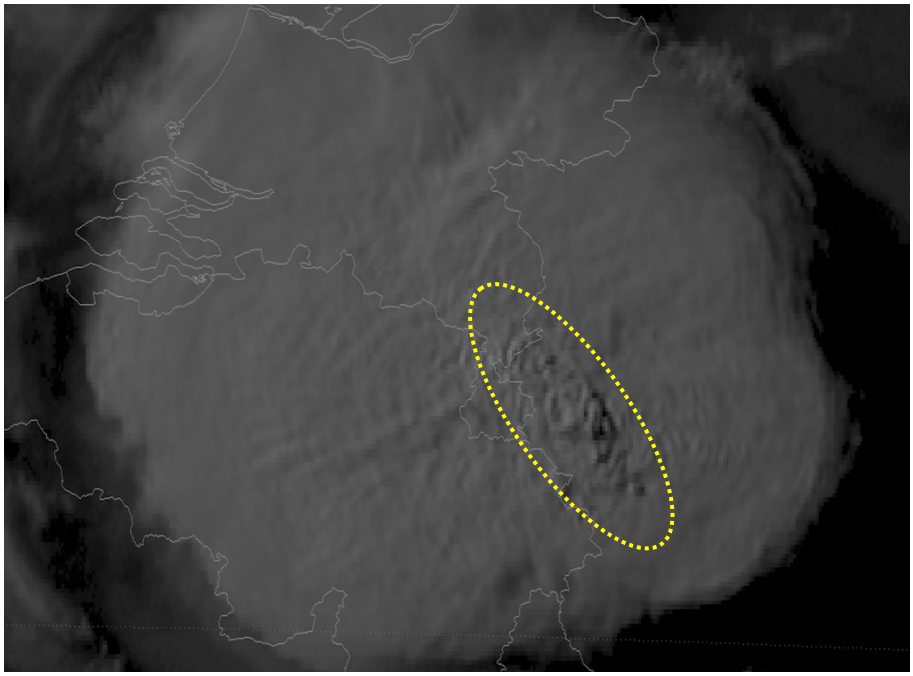


Source : **Eumetsat**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Notons qu'au cours de son évolution, le derecho passera par des stades dont l'intensité fluctue, avec par moments des regains d'activité ou au contraire, des affaissements temporaires.

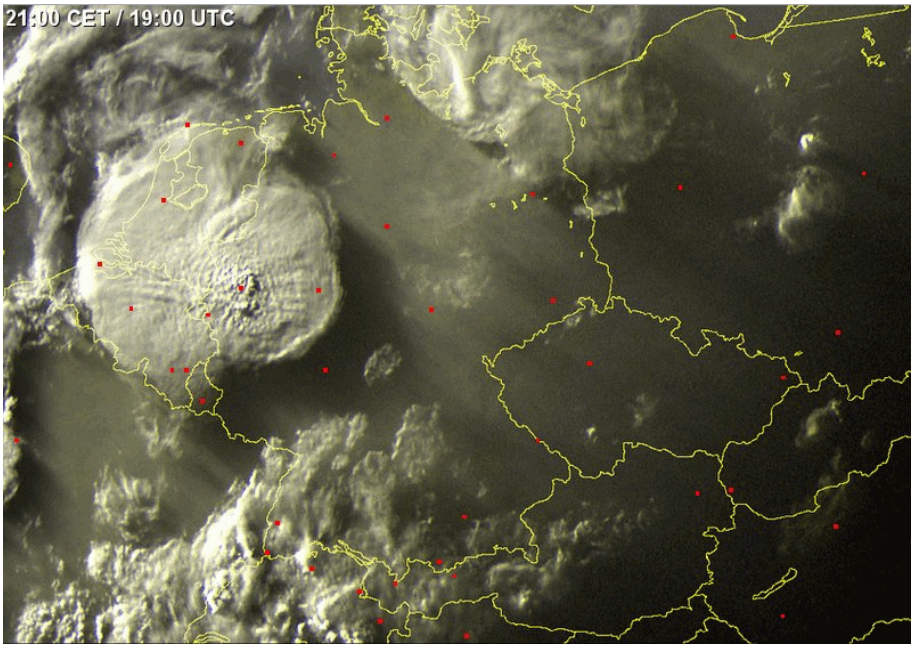
Voici une image satellite montrant le MCC dans toute sa « splendeur » avec la présence de sommets pénétrants indiquant l'emplacement du derecho (cercle jaune).



Source : **Eumetsat**

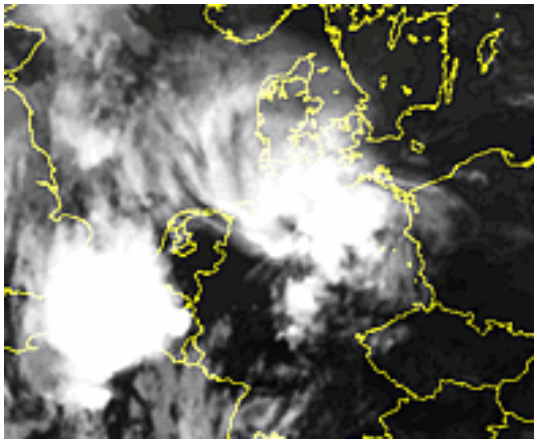
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Sur l'image satellite suivante, la taille du MCC dépasse les 100.000 km².



Source : **Eumetsat**

En remontant vers le nord de l'Allemagne, le complexe convectif va développer en son sein une zone de basses pressions (« œil » en son centre) ce qui va caractériser son évolution en « vortex convectif de méso échelle » ou MCV.

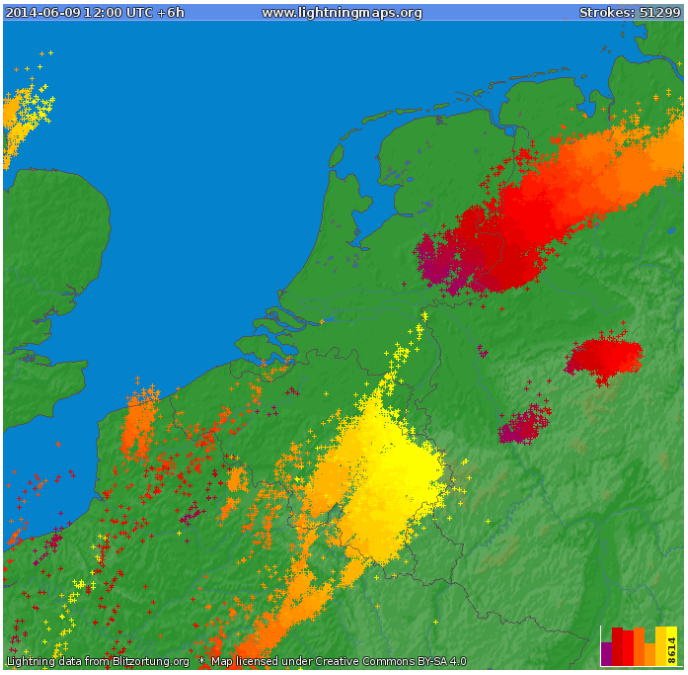


Source : **Eumetsat**

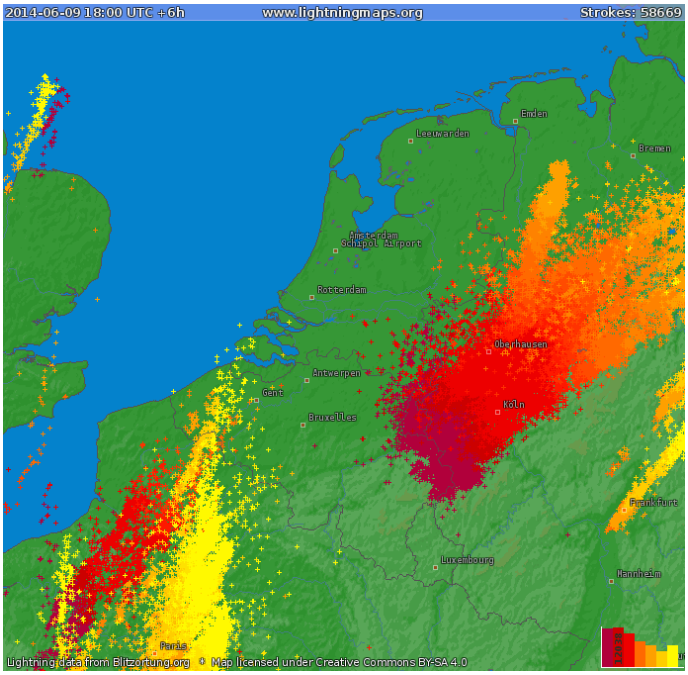
Peu après, le système va perdre de sa vigueur et se dissiper tandis qu'un autre système convectif traverse à ce moment-là la Belgique et les Pays-Bas.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Voici les impacts de foudre entre 12 heures UTC et 18 heures UTC, c'est-à-dire lors de la traversée du système sur le territoire belge.



Et entre 18 heures UTC et minuit heure UTC, c'est-à-dire au moment où le système traversa l'Allemagne.

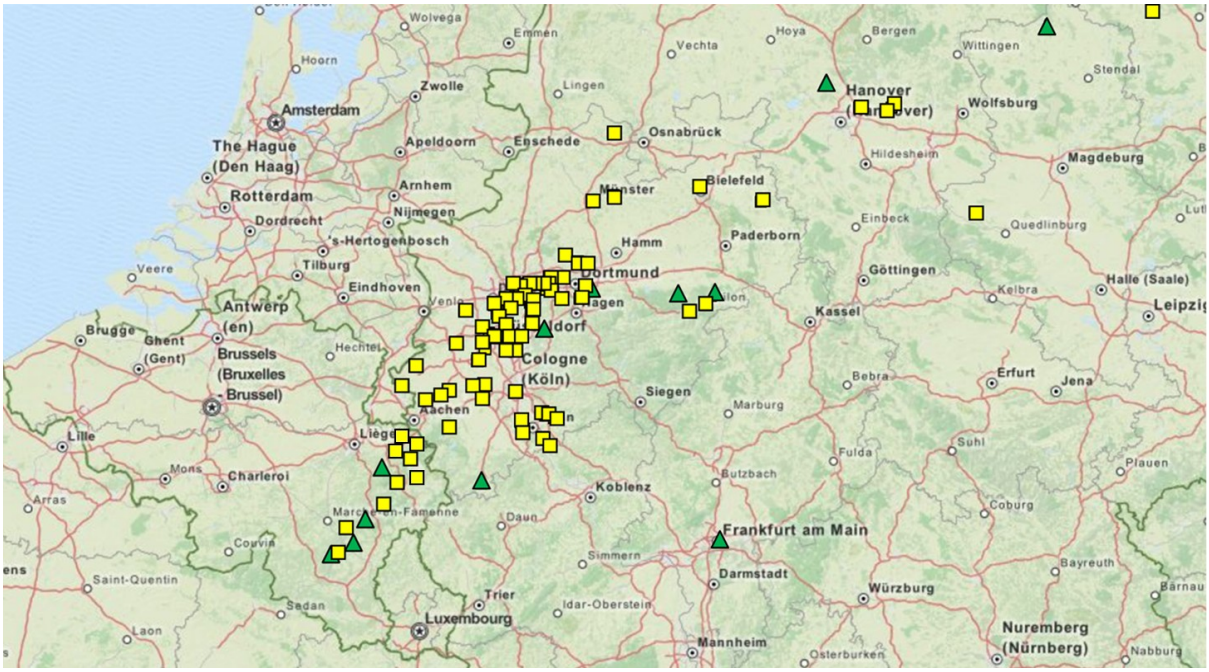


Source des cartes : **lightningmaps.org**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Les relevés des dégâts

Voici pour terminer tous les relevés des dégâts dus au vent ou à la grêle, de même que les rapports des rafales de vent supérieures à 90 km/h. Concernant l'Allemagne, la très grande majorité des rapports proviennent de l'ESWD (European Severe Weather Database). Notons par ailleurs qu'en Belgique et dans certaines zones de l'Allemagne, le faible taux d'habitations n'exclut pas la possibilité d'avoir eu des dégâts non rapportés.



Source de la carte : **Open Street**

Ainsi se termine l'analyse de cette incroyable offensive du 9 juin.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

Principales références

Ogimet

Wunderground

Institut Royal Météorologique

Infoclimat

Météociel

Wetter3.de

KNMI

Lightningmaps.org

Eumetsat

Meteogroup- Wetter4

MeteoCentre

Buienradar

Sat24

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com