

Echo en arc du 18 juin 2012

Description et formation d'un écho en arc,
analyse du contexte météorologique du 18 juin 2012



Source : Luc Verkoelen - <http://www.weerstationkessel.nl/>

Dossier réalisé par :

Jean-Yves Frique

Co-fondateur de Belgorage et Responsable prévisionniste

Robert Vilmos

Adhérent de Belgorage et Responsable de la partie climatologie

En cette matinée du 18 juin, un système convectif de méso-échelle traverse une bonne partie de la Belgique. Au sein de ce système s'est développée une ligne de grains très virulente en forme d'arc. Cette ligne de grains étant plus communément appelée « écho en arc ».

Si le système convectif de méso-échelle avait été bien prévu par les sites de prévisions spécialisés, l'intensité de celui-ci a surpris la majorité des prévisionnistes. On peut même ajouter que cette dégradation orageuse était la plus virulente de l'année.

Dans le présent document, nous allons décrire ce qu'est un écho en arc et comment il se forme.

Nous allons également étudier le contexte météorologique du 18 juin 2012 et tenter de comprendre pourquoi l'écho en arc est parvenu à se renforcer sur notre pays.

1. Description et formation d'une ligne de grains « en arc »

Description

Une ligne de grains en arc est avant tout un système orageux organisé « en ligne ». Cela signifie que les cellules orageuses qui composent ce système sont « associées » les unes aux autres et forment un véritable mur de cumulonimbus en forme de ligne sur une longueur pouvant atteindre voire dépasser les 100 kilomètres.

Les orages les plus virulents sont positionnés à l'avant de la ligne tandis que les cellules en stade de dissipation sont à l'arrière du système.

Une ligne de grains en arc s'accompagne le plus souvent d'un puissant front de rafales à l'avant de celle-ci.

Pour pouvoir nommer « écho en arc » une ligne de grains, celle-ci doit impérativement prendre une forme arquée sur les images radar.

Les lignes de grains en arc s'accompagnent souvent de puissantes rafales de vent et des précipitations soudaines et intenses.

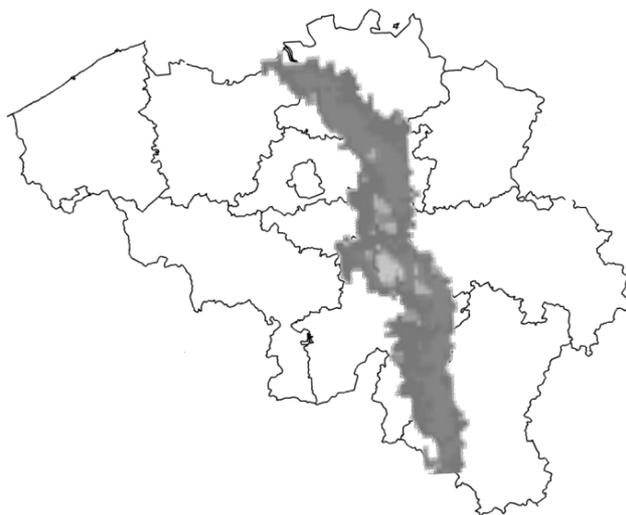


Image radar du système convectif de méso-échelle qui traversa la Belgique durant la journée du 14 juillet 2010. Ce système était composé de deux échos en arc bien distincts.

Crédit : **Belgorage**

Formation

Les échos en arc (qui sont au départ des lignes de grains « classiques ») nécessitent, comme tous les autres systèmes convectifs organisés, la présence de cisaillements des vents de vitesses. Cela signifie la présence d'un vent de plus en plus fort à mesure que l'on monte en altitude. Cela permet aux orages qui composent ce système de s'organiser et d'évoluer jusqu'à permettre la structuration d'une ligne de grains. Il est important de rappeler que plus le vent soufflera fort en altitude et plus les cisaillements des vents de vitesses augmenteront. C'est pour cela que la présence d'un vent fort en altitude est souvent nécessaire à la mise en place de tels systèmes orageux.

Maintenant, pour bien comprendre comment une évolution du système en écho en arc peut se produire, reprenons depuis le début l'évolution d'un tel système.

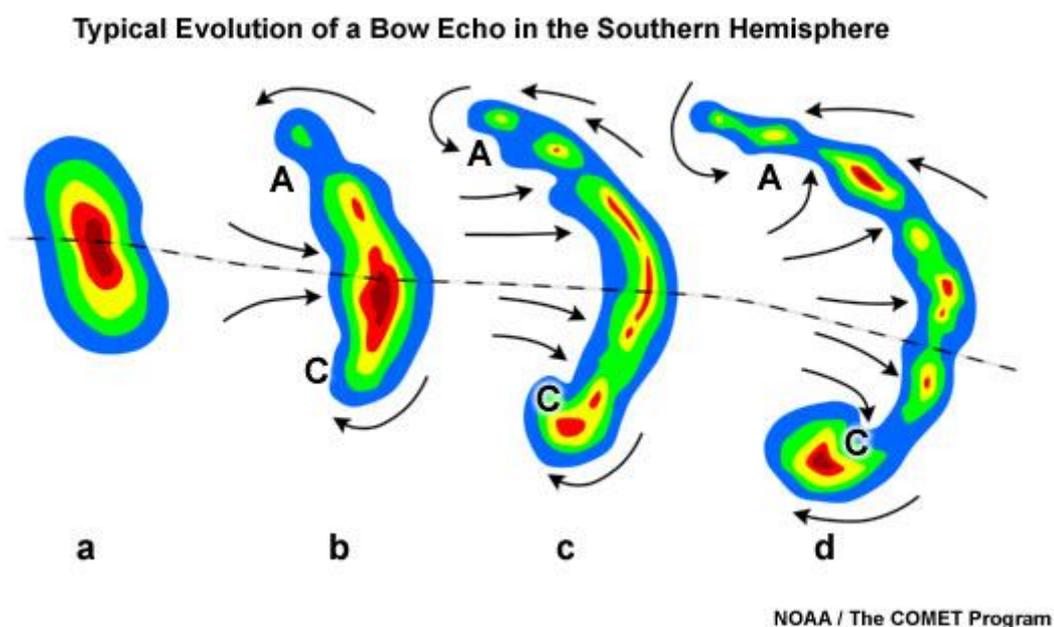
Nous avons au départ la présence de cellules orageuses isolées mais qui, sous l'action d'une dynamique d'altitude vont se regrouper et former un système multicellulaire. La présence d'un vent fort en altitude va permettre à ce système de se déplacer rapidement et dans le même temps, évoluer en structure linéaire. Ce que l'on nomme habituellement « ligne de grains ».

Lorsque le vent souffle fort à une altitude variant de 3000 à 7000 mètres, celui-ci va induire la présence d'un vent plus sec et plus froid. Si notre ligne de grains évolue dans un tel contexte, ces courants secs vont pénétrer à l'intérieur du système.

La présence de ce vent fort va avoir deux effets principaux.

Tout d'abord, la partie de la ligne de grains qui se situe dans une zone où le vent en altitude est le plus marqué avancera plus rapidement que le reste de la ligne orageuse. Dès lors, celle-ci prendra un aspect arqué sur les images radar (d'où l'appellation « écho en arc »).

L'image reprise ci-après montre l'évolution d'un écho en arc.



Source : http://www.meted.ucar.edu/radar/severe_signatures/print_bow_echo.htm

Ensuite, les courants froids et secs vont pénétrer au sein même de la ligne de grains. Cela signifie que les précipitations issues des courants descendants vont s'évaporer partiellement dans cet air sec et l'alourdir (refroidissement supplémentaire par évaporation). Dès lors, de violents courants descendants vont atteindre le sol avec une intensité marquée et pourront être à l'origine du développement de rafales descendantes.

Les rafales descendantes

Comme nous l'avons vu, les rafales descendantes sont de violents courants descendants issus des cellules orageuses qui, touchant le sol, se propagent dans toutes les directions avec une force plus élevée dans le sens de déplacement de la cellule orageuse qui lui a donné naissance.



Exemple parfait d'une rafale descendante

Source : <http://www.meteoradar.ch/forum/viewtopic.php?t=5765>

Les rafales descendantes sont des phénomènes relativement peu connus chez nous mais qui sont pourtant les phénomènes venteux d'origine convective qui causent le plus de dégâts dans nos régions.

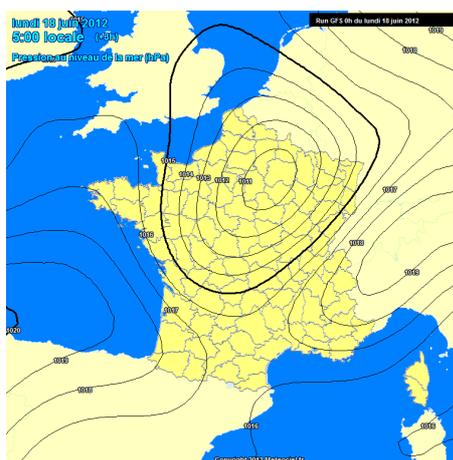
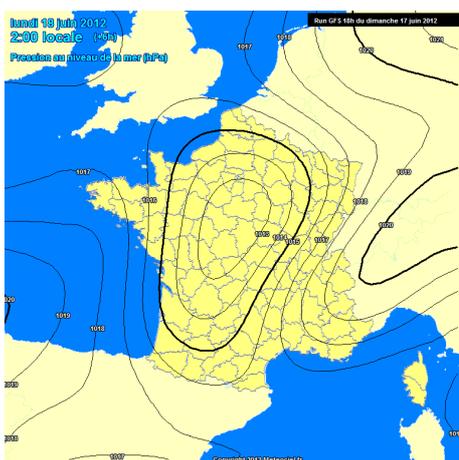
Les exemples de dégâts importants provoqués par les rafales descendantes sont légions mais nous n'allons pas nous y attarder dans ce dossier.

Pour en savoir plus sur ces phénomènes, nous vous proposons de vous rendre sur le lien suivant :

<http://www.belgorage.com/dossier-pedagogie-rafales-descendantes.php>

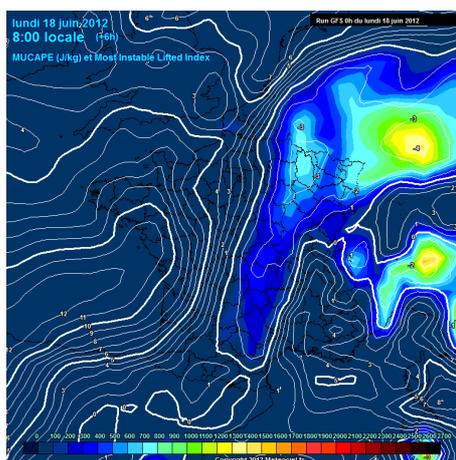
2. Analyse du contexte météorologique du 18 juin 2012

En fin de nuit, une dépression remonte de France et aborde le centre de notre pays.



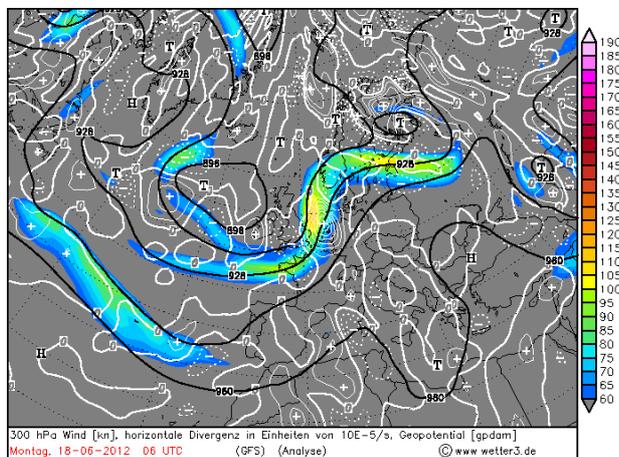
Source : Météociel

A l'avant de cette dépression, des courants doux et humides de secteur sud à sud-est circule sur nos régions. Malgré la nuit, l'instabilité reste présente sur nos régions avec des valeurs de MUCAPE supérieures à 500 j/kg



Source : modèle GFS- Météociel

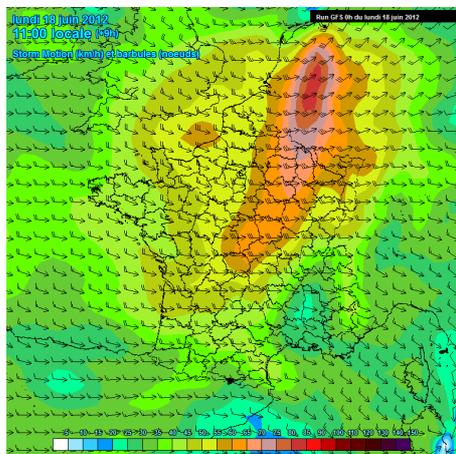
En altitude, un vigoureux courant jet circule sur le nord de la France et sur notre pays. La Belgique est située en entrée droite de ce courant jet (jet streak)



Source : modèle GFS- Wetter3.de

De ce fait, les cisaillements des vents de vitesses sont importants sur nos régions avec plus de 25 m/sec pour la tranche 0-6 km. La présence conjointe d'une instabilité anormalement élevée pour ce tout début de matinée et de forts cisaillements des vents vont permettre au système convectif d'évoluer sur notre pays.

Enfin, l'élément le plus impressionnant reste la vitesse de déplacement estimée du flux directeur qui avoisine les 80 km/h. Et cette modélisation sera encore bien loin de la réalité.



Source : modèle GFS- Météociel

Mais si la situation prévue envisageait la possibilité d'avoir des orages forts, la réalité fut très différente. Nous tenterons de savoir pourquoi dans le quatrième chapitre.

3. Suivi de la situation par les images radars

En fin de nuit, un système convectif de méso-échelle se constitue sur le nord de la France.



Source : Buienradar

Rapidement, ce système se renforce en arrivant sur la Belgique



Source : Buienradar

Une image radar sans les impacts dénote déjà une structure très nette du système qui prend déjà l'aspect d'un écho en arc.



Source : Buienradar

La vitesse de déplacement du système est très impressionnante. Celui-ci traverse tout le centre et l'est du pays en un peu plus d'une heure à la vitesse surprenante de plus de 80 à 100 km/h !

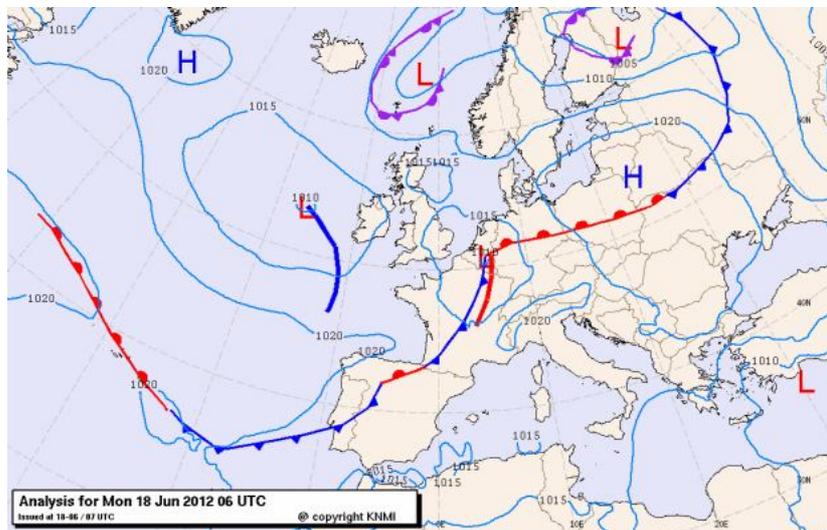


Source : Buienradar

4. Tentatives d'explication sur les différents paramètres qui ont permis à cet écho en arc virulent de se développer sur notre pays

Comme nous l'avons vu dans le second chapitre, la situation atmosphérique était favorable à l'apparition d'orages pouvant s'avérer localement forts. Cependant, nous ne pouvions nous attendre au développement d'un tel système. Pour tenter de comprendre, nous allons détailler le contexte météorologique du jour.

Avec le déplacement de la dépression sur la France, nous nous sommes retrouvés à la « pointe » nord d'une perturbation frontale à secteur chaud très ouvert ce qui, en matière orageuse, constitue l'une des situations les plus difficiles à prévoir, tant les éléments intervenant dans la genèse des cellules orageuses sont complexes dans ce cas.



Source : KNMI

Il faut se dire que, dès que l'on se trouve un peu au nord de la pointe en question, voire même sur la pointe, l'air chaud du secteur chaud ne touche plus le sol et n'est donc plus perceptible pour l'observateur au sol. C'est pour cette raison que ce type d'orage en surprend plus d'un, car il n'y a absolument pas le ressenti de la chaleur lourde qui précède si souvent les orages.

Au contraire, le temps pendant la journée précédente et la nuit en question a été (ou a plutôt eu l'air d'être) parfaitement quelconque, avec un air léger et assez frais, ne répondant en aucun point à une situation pré-orageuse ordinaire.

C'est pour la même raison, d'ailleurs, que ces orages ont pu aisément éclater le matin (comme ils auraient pu éclater à n'importe quel autre moment de la journée). L'apport thermique à partir du sol, cette fois-ci, n'a pas du tout été nécessaire pour avoir un élément déclencheur. Tout s'est passé au niveau de la dynamique, au départ dans les couches moyennes et élevées de l'atmosphère, avant une répercussion radicale près du sol sous la forme d'une rotation du vent à 180°. Nous verrons plus loin que l'élément thermique déclencheur a bel et bien existé, mais il était indirect et se situait tout à fait ailleurs.

Comme déjà mentionné plus haut, nous avons affaire ici à une situation très complexe. Le premier élément responsable de la violence des orages se retrouve dans les cisaillements extrêmes du vent. En effet, à la pointe du système frontal correspond en général une dépression, qui est le plus souvent une dépression secondaire, alors que la dépression mère se trouve quelque part sur l'Atlantique, plus ou moins au nord-ouest par rapport à nos régions. Ce sera le cas aussi le 18 juin 2012, où la dépression mère elle-même fait partie d'un complexe dépressionnaire recouvrant une bonne partie de l'Océan Atlantique et de l'Océan arctique.

La dépression fille est engendrée, d'une part, par l'ondulation sur le front donnant naissance au système frontal (perturbation), et d'autre part, par la présence dans les hautes couches de la sortie gauche ou de l'entrée droite d'un jet-streak (entrée droite dans le cas qui nous préoccupe).

Ce sont ces éléments-là, aussi, qui feront que la dépression fille se forme juste à cet endroit-là. Le « phasage » des dits éléments joue d'ailleurs un grand rôle dans l'intensité de la dégradation orageuse.

En tout cas, une telle situation est responsable, chez nous, de cisaillements extrêmes dans la direction et la force du vent, surtout si le noyau de la dépression en question passe juste au sud de nos régions. Le vent, alors, souffle temporairement d'est dans les toutes basses couches, mais tourne déjà au sud juste un peu plus haut, puis rapidement au sud-ouest à ouest dans les couches moyennes et supérieures, avec une augmentation graduelle de la vitesse avec l'altitude. En outre, l'aspiration provoquée par l'entrée droite du jet-streak (dans notre cas) est à même de former des cellules très vigoureuses, sans qu'il n'y ait le moindre apport thermique à partir du sol.

Le sondage de Beauvechain, effectué à 23 heures, montre déjà, des heures avant l'arrivée des orages, ces cisaillements extrêmes. Le refroidissement près du sol donne une couche très stable et immobile, mais dès les premières dizaines de mètres de hauteur, le vent se met à souffler d'est à nord-est, avec vitesses de 10 à 20 km/h. Entre 500 et 1500 mètres d'altitude, le vent souffle de sud-est avec des vitesses de 15 à 30 km/h, tandis qu'en montant plus haut encore, le vent tourne rapidement au sud-sud-ouest en se renforçant graduellement, jusqu'à dépasser les 100 km/h à partir de 7000 mètres.

Mais pour bien comprendre ce qui s'est passé, voyons d'abord quelles ont été les conditions climatiques sur nos régions durant la journée du 17 juin. Nous sommes alors à l'arrière d'un front froid, système qui, au cours des jours précédents, nous a valu quelques perturbations. Dans l'air polaire maritime qui suit, les restants d'une petite occlusion sont encore responsables de pas mal de stratocumulus en matinée. Dans les éclaircies, des cumulus se forment rapidement, mais buttent ensuite contre une inversion et s'étalent eux-mêmes à nouveau en stratocumulus, avec à nouveau un ciel temporairement très nuageux en début d'après-midi. Mais après, les influences anticycloniques reprennent le dessus, et l'on peut parler d'une journée qui aura été, somme toutes, assez belle.

Il s'agit en fait d'un jour d'été typiquement belge, avec une vingtaine de degrés, un vent de sud à sud-ouest apportant une fraîcheur sensible et les typiques cumulus mediocris dans un ciel très bleu (sauf au passage des nappes de stratocumulus).



Crédit photo : Jean-Marie Lahure (Webcam MétéoBelgique à Chiny)

Les sondages nous révèlent bien l'air polaire maritime instable dans les basses couches, avec une inversion située vers 1900 mètres au nord du pays et vers 1700 mètres au sud du pays. C'est dans cette dernière région, d'ailleurs, qu'il fait le plus beau. À noter aussi qu'au-dessus de l'inversion, l'air est particulièrement sec.

Le soir, nous restons dans la même masse d'air, qui se refroidit d'ailleurs assez rapidement, mais des cirrus plus nombreux, formant parfois un voile de cirrostratus, annoncent un nouveau changement du temps. Les cumulus, quant à eux, se résorbent, laissant parfois l'un ou l'autre stratocumulus cumulogenitus.



Crédit photo : **Éric Dargent**

Tout porte donc à croire que nous n'aurons à subir, le lendemain, qu'une banale perturbation, une de plus dans notre climat maritime belge.

Cependant, le vent qui s'oriente au sud-est, puis à l'est est un premier signe que quelque chose d'inhabituel est en train de se passer. Un second signe ne sera perceptible que sur les hauteurs ardennaises. À Elsenborn par exemple, la température montera brusquement d'une dizaine de degrés en quelques heures en fin de nuit, passant de 7°C à 5 heures du matin à 17°C à 8 heures du matin. En effet, l'air du secteur chaud touche les plus hauts sommets ardennais. Ailleurs dans le pays, cet air restera absent des basses couches. Seule l'arrivée des nuages, en freinant le rayonnement, fera un peu monter la température nocturne, mais pas de façon très impressionnante. Et les nuages eux-mêmes, ils n'ont rien d'impressionnant non plus, juste des nappes de stratocumulus, d'altocumulus et de cirrus, qui par ailleurs n'apparaissent qu'assez tard dans la nuit à l'est du pays. Quelques castellanus, seulement, trahissent cette instabilité « masquée » de l'air.

Les sondages atmosphériques de minuit, par contre, sont très interpellant. Tant à De Bilt qu'à Trappes (et aussi à Beauvechain), l'on voit les cisaillements – véritables tire-bouchons pour une colonne d'air ascendant – avec un vent soufflant de l'est-nord-est près du sol et de sud-sud-ouest ou sud-ouest dans les couche d'air plus élevées (en passant par le sud-est, puis le sud), avec en outre un renforcement graduel avec l'altitude.

À De Bilt, l'air doux du secteur chaud passe à une centaine de mètres seulement au-dessus du sol, tandis qu'à Trappe, il fait doux même au sol (comme ce sera le cas aussi, quelques heures plus tard, sur les sommets ardennais). Mais il faut consulter le profil atmosphérique d'Idar-Oberstein que pouvoir se rendre compte à quel point l'air du secteur chaud est véritablement chaud. Là, au-dessus d'une inversion, la température dépasse les 20°C vers 900 mètres d'altitude (à 8 heures du matin !) et atteint encore 17°C au niveau 850 hPa (ce qui à ce niveau équivaldrait, en temps normal, à une journée caniculaire au sol, avec 33°C ou plus en plaine l'après-midi).

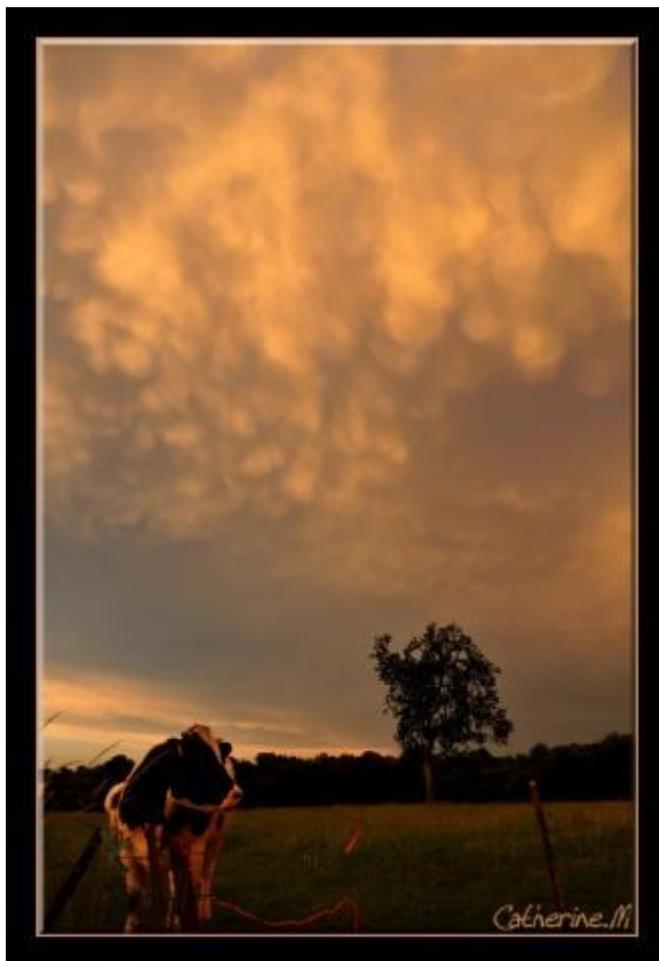
Cet air chaud, au-dessus d'une inversion très basse, est tout aussi présent à Stuttgart et Munich (en Allemagne) ou à Payerne (en Suisse) et si, dans ces dernières stations, l'air reste assez chaud jusque très haut en altitude, ce n'est plus du tout le cas à nos latitudes, où la couche chaude se refroidit à nouveau rapidement au fur et à mesure que l'on monte. Il en résulte donc une très forte instabilité dans quasiment toute l'atmosphère, si l'on excepte les toutes basses couches. À cela s'ajoute le fait que des intrusions d'air sec sont très marquées dans les moyennes couches, ce qui aura un effet direct sur les cellules orageuses (voir infra).

Signalons enfin qu'à Herstmonceux en Angleterre, l'air chaud est à peine perceptible en altitude, ce qui fait qu'à moyenne altitude, les températures sont extrêmement contrastées au-dessus de l'Europe durant la nuit et au petit matin.

C'est d'ailleurs dans la rencontre de ces masses d'air si différentes, à ce niveau, qu'il faut aller rechercher les éléments thermiques qui, indirectement, entrent en ligne de compte dans la genèse de la zone orageuse.

Le vrai moteur de la formation et de l'activation des cellules réside cependant dans les cisaillements du vent, annoncés par les sondages en altitude et finissant par former une zone de convergence extrême au sol aussi, nid pour le développement des orages. En effet, à l'avant du système, le vent souffle d'est à nord-est, et à l'arrière, d'ouest à sud-ouest. C'est donc véritablement une sorte de « collision frontale » entre les vents, avec des cheminées d'ascendance « forcée » énormes. En outre, les intrusions d'air sec dans les moyennes couches provoquent une évaporation partielle des précipitations tombant dans les cellules déjà formées, avec comme conséquence un refroidissement supplémentaire des courants froids entraînés par ces mêmes précipitations, et donc une accélération de leur chute de l'air et une intensification des rafales une fois que cet air touche le sol. Ce qui se confirme bien par l'anémomètre de Florennes, qui enregistre une rafale de 109 km/h (vitesse très probablement dépassée en de nombreux endroits).

Et pourtant, pour l'observateur au sol, rien de tout cela n'a été perceptible à l'avance. Aucune « lourdeur » pré-orageuse, pas (ou pratiquement pas) de nuages annonciateurs, seulement un vent qui tourne un peu de façon inhabituelle. Mais à cela, on ne fait pas nécessairement attention... et puis brutalement, le matin, à une heure où l'on ne s'y attend vraiment pas, un arcus impressionnant, des mammatus non moins impressionnants, du vent fort et des orages (MCS) d'une rare violence !



Crédit photo : Catherine Marique (MétéoBelgique)

Et à peine quelques heures plus tard, le temps redevient exactement ce qu'il a été auparavant, avec le même air frais et léger, les mêmes nuages et, la même ambiance d'été parfaitement belge !

Mais n'oublions jamais ceci : un tel déchaînement n'est possible que si tous les éléments déclencheurs (dynamiques et/ou thermiques) sont en phase. Le moindre déphasage (par exemple un jet-streak qui ne se trouve pas exactement au bon endroit par rapport à la convergence au sol) peut rendre les orages nettement moins violents, voire même tout à fait absents.

5. Sources

- IRM (via OGIMET) – Synop Reports
- KNMI – Weerkaarten met symbolen
- University of Wyoming – Atmospheric Soundings
- Wetterzentrale – NCEP Reanalysis
- SkyStef – Weather Pictures & Report of June 18 2012
- MétéoBelgique – Observations du temps en Belgique – 17 & 18 juin 2012
- Wetter 3.de- Modèle GFS
- Météociel- Observations
- Meteox- Buienradar
- <http://www.meteoradar.ch/forum/viewtopic.php?t=5765>
- http://www.meted.ucar.edu/radar/severe_signatures/print_bow_echo.htm
- Luc Verkoelen- <http://www.weerstationkessel.nl/>