18 mai 2013

«Une nuit électrique»

Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Dossier réalisé par :

Robert Vilmos
Membre responsable de Belgorage

Jean-Yves Frique
Cofondateur de Belgorage

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Ce 18 mai est marqué par l'arrivée de notre équipe sur le continent américain. Après plus de 1000 km reliant Chicago à Newton, dans l'état du Kansas, c'est un écho en arc qui va baptiser notre équipe dès le premier jour.

En outre, un spectacle kéraunique viendra clôturer cette première journée de traques.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

1. Prévisions du Storm Prédiction Center

Bulletin émis à 11h30 L.T.

Il existe un risque modéré d'orages violents en fin d'après-midi et le soir dans certaines régions du sud-ouest et du centre-sud du Nebraska, du centre et de l'ouest du Kansas ainsi que de l'ouest de l'Oklahoma.

Autour de ces régions, il existe un faible risque d'orages violents sur quasiment l'ensemble de Grandes Plaines.

Situation synoptique

À l'avant d'un creux d'altitude sur les régions montagneuses de l'Ouest américain, une couche chaude en altitude, constituée d'un mélange d'air sec et d'air humide, s'est propagée sur une grande partie des Plaines jusqu'à la vallée inférieure du Mississippi. C'est là que la couche limite continue à s'humidifier des suites, d'une part, de l'évapotranspiration et, d'autre part, de l'advection d'air humide du Golfe du Mexique.

Au niveau 850 hPa, le flux a cependant changé de direction dans le sens des aiguilles d'une montre, prenant ainsi une composante ouest et coupant cette arrivée d'air humide sur les Plaines centrales et septentrionales. Ceci sera sans doute de nature temporaire. En soirée, le flux reprendra une composante sud et se renforcera en raison du creusement d'une dépression thermique sur les Plaines centrales, pendant que les baisses de pression s'accentuent dans les moyennes couches à l'est des Montagnes Rocheuses.

L'on s'attend aussi à un certain renforcement du caractère cyclonique des courants à moyenne et haute altitude au-dessus des Plaines, notamment en raison de creux à plus petite échelle, originaires des régions montagneuses, qui sont entraînés au sein de ces courants.

Malgré cela, les flux les plus puissants en altitude ne se produiront pas là, mais sur une zone allant du centre-nord de la côte du Pacifique jusqu'au sud des Montagnes Rocheuses. Un débordement vers l'est, jusqu'au « Texas Panhandle » (nord du Texas), est toutefois possible en fin de nuit.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Vu l'évolution des profils thermodynamiques sur la majeure partie des Plaines, avec des CAPE parfois élevées voire extrêmes, le risque d'orages violents s'étend sur une région assez vaste. Une organisation en orages multicellulaires est possible aussi, en plus du risque de formation de supercellules. Parmi ces dernières, les plus puissantes seront capables de produire de très gros grêlons, voire l'une ou l'autre tornade.

En dehors des Plaines, même si le risque paraît plus faible, des développements orageux sévères ne sont pas à exclure non plus sur l'est de la vallée inférieure du Mississippi et dans les États bordant la partie orientale du Golfe du Mexique.

Bulletin pour les Plaines centrales

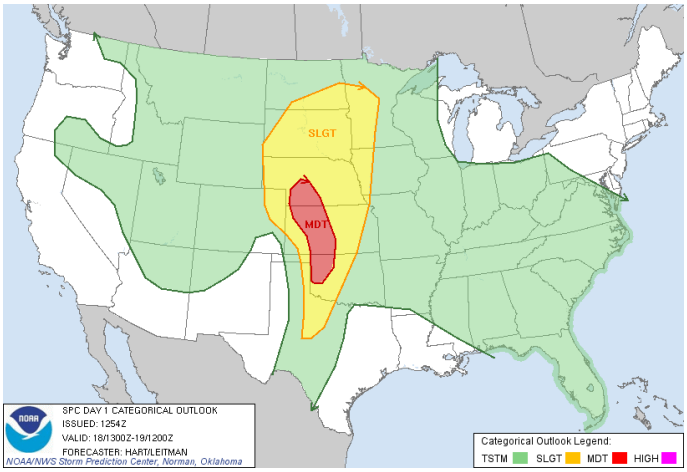
Un petit creux en altitude, se déplaçant actuellement vers le nord-est depuis le « Texas Panhandle » jusqu'aux Plaines centrales, crée de l'incertitude quant à la position de la « dry line » et du potentiel convectif en fin d'après-midi, surtout au sud de la frontière entre le Kansas et l'Oklahoma. Malgré cela, il est établi que la « dry line » sera le principal élément pour une très forte déstabilisation de l'atmosphère et le développement d'orages en fin d'après-midi. Des facteurs comme le forçage, la baisse constante de pression dans les couches moyennes et une inversion suffisamment affaiblie vont permettre le développement de supercellules, entre 16 et 19 h L.T. environ, dans une zone allant du sud-ouest du Nebraska jusqu'à l'ouest du Kansas. En outre, l'ouest de l'Oklahoma et le nord-ouest du Texas pourraient être touchés aussi.

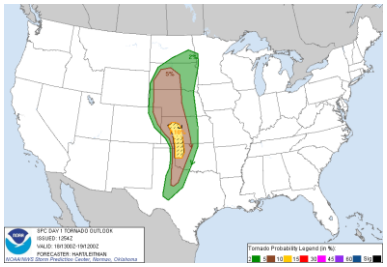
Au départ, le risque principal réside dans l'apparition de très gros grêlons, mais de forts gradients thermiques verticaux dans les basses couches seront sans doute suffisants pour éventuellement générer des tornades en dessous d'un flux d'altitude à caractère de plus en plus cyclonique et divergent. Si le jet de basses couches (au niveau 850 hPa) tend davantage à tourner au sud en se renforçant jusqu'à 40 à 50 nœuds, voire plus dans le courant de la soirée, le potentiel tornadique pourra augmenter, avec même le risque de l'une ou l'autre tornade de forte intensité.

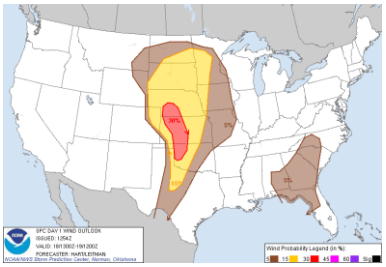
Ce potentiel dépendra essentiellement du temps que mettra la convection pour arriver jusqu'au stade de l'organisation d'un MCS, ce qui génèrerait dans ce cas plutôt des vents rectilignes avec, là aussi, des risques de gros dégâts. Il s'agit d'un autre aspect incertain, mais tout porte à croire qu'une telle évolution puisse être très rapide.

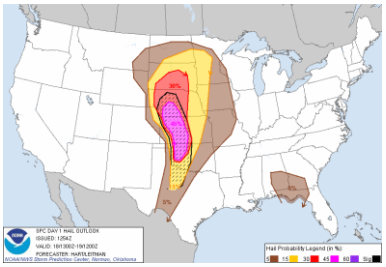
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Cartes émises à 12h58 UTC







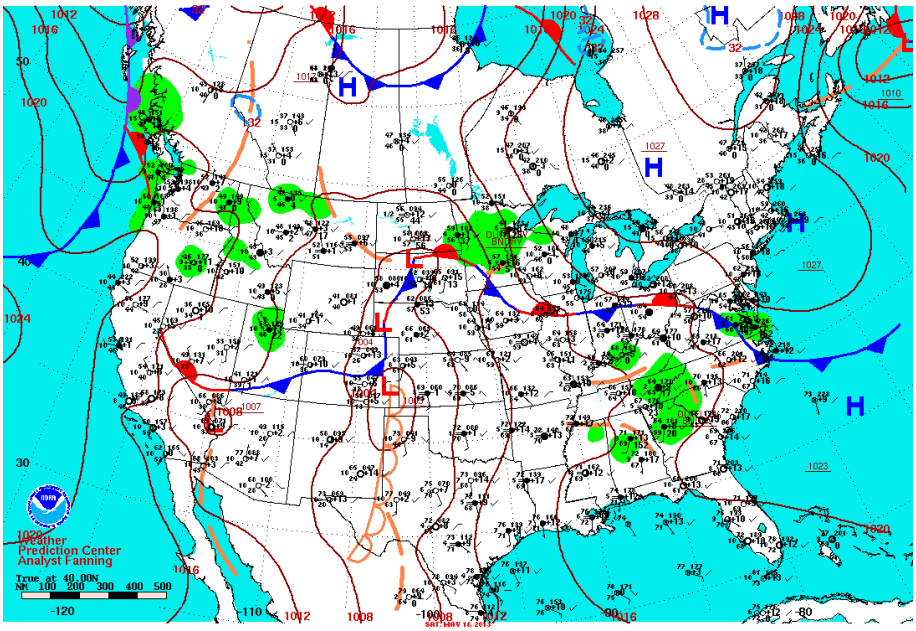


Source : **Storm Prediction Center**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

2. Analyse de la situation météorologique

En ce 18 mai, une dépression thermique se positionne sur les frontières entre les États du Colorado, du Kansas et de l'Oklahoma. Celle-ci va se décaler légèrement vers l'est en cours de journée. La « dry line », qui accompagne cette dépression, va quand à elle progresser plus franchement vers l'ouest de l'Oklahoma et du Kansas. Les régions situées directement à l'est de la « dry line » vont être soumises à la remontée franche d'une masse d'air tropicale chaude et humide.

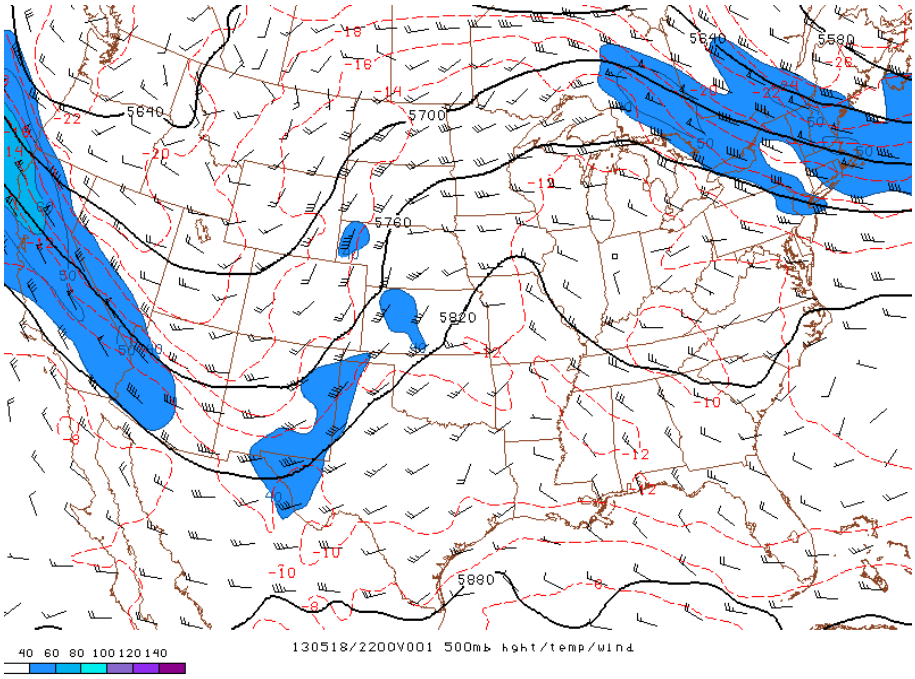


Analyse de surface

Source : **NOAA**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

En altitude, un vaste talweg s'étire du nord-ouest des États-Unis jusqu'à la frontière mexicaine. À l'avant de celui-ci, un flux rapide circule sur les États du Texas et du Nouveau Mexique tandis qu'un courant jet « secondaire » concerne l'est et le centre du Kansas.



Isohypses – Vitesse et direction du vent à 500 hPa

Source : **Storm Prediction Center**

La présence d'une masse d'air chaude et humide en surface, surmontée de courants froids et rapides en altitude va permettre la mise en place d'une situation potentiellement favorable à la survenue d'orages violents.

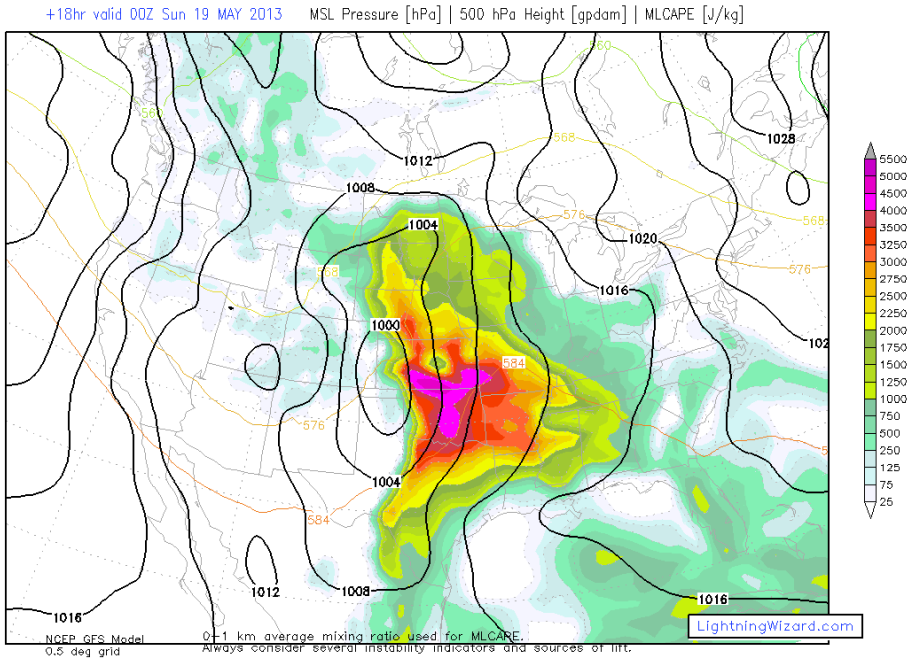
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

3. Prévisions des paramètres issus des modèles météorologiques

Nous allons maintenant reprendre les principaux paramètres émis par le modèle météorologique GFS

a. L'instabilité

La remontée d'une masse d'air chaude et humide va permettre une hausse rapide des valeurs d'instabilité en seconde partie de journée avec une MLCAPE supérieure à 4000 j/kg sur l'Oklahoma et le Kansas.



Prévision du modèle GFS pour les valeurs de la MLCAPE à 00h UTC

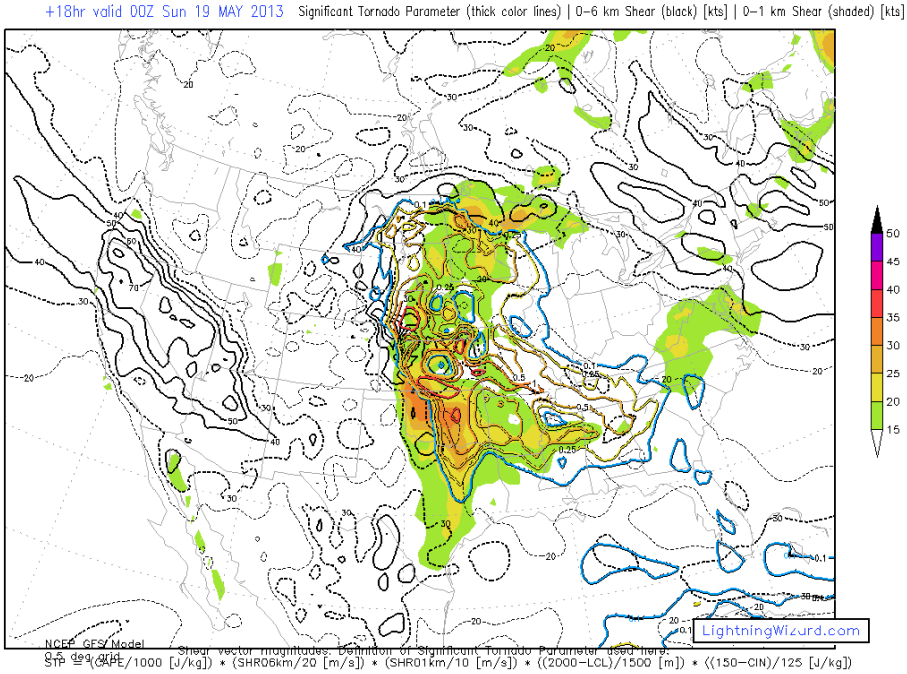
Source : **Ligthning Wizard**

Une inversion présente aux environs de 1600 mètres va rendre la situation explosive et lors du passage de la « dry line », toute cette énergie pourra se libérer et permettre le développement d'orages violents.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

b. La dynamique

La présence d'un courant jet secondaire sur le Kansas va augmenter les cisaillements des vents. (Cis 0-6km supérieurs à 20 m/sec).

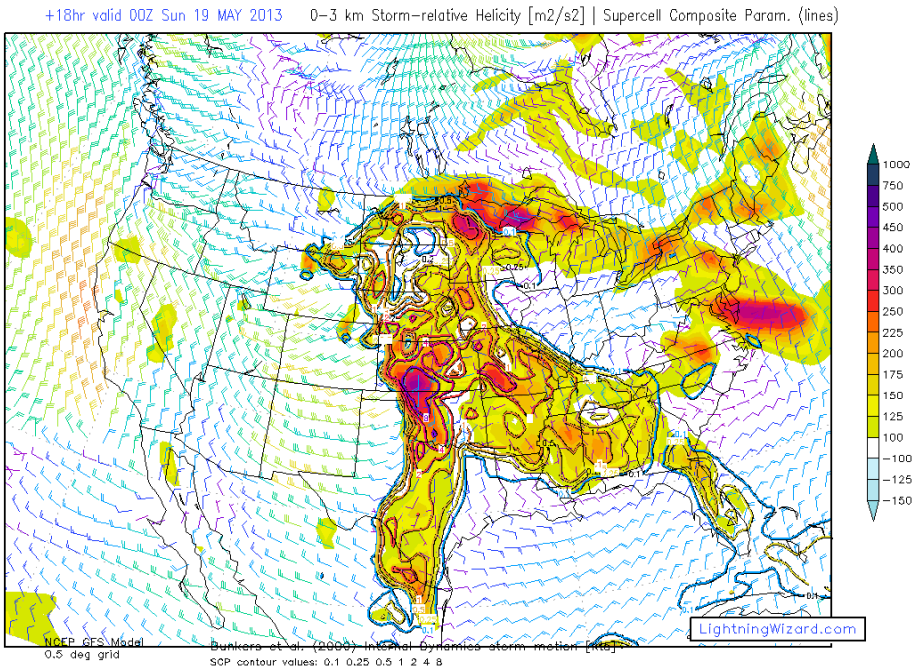


Prévision du modèle GFS pour les valeurs des cisaillements 0-6km à 00h UTC

Source : **Ligthning Wizard**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Un vent tournant avec l'altitude (vent de sud à sud-est en surface passant au secteur ouest en altitude) augmentera très significativement les cisaillements des vents de direction (valeurs de la SRH 0-3 km supérieures à 400 m²/s² sur les États de l'Oklahoma et du Kansas).



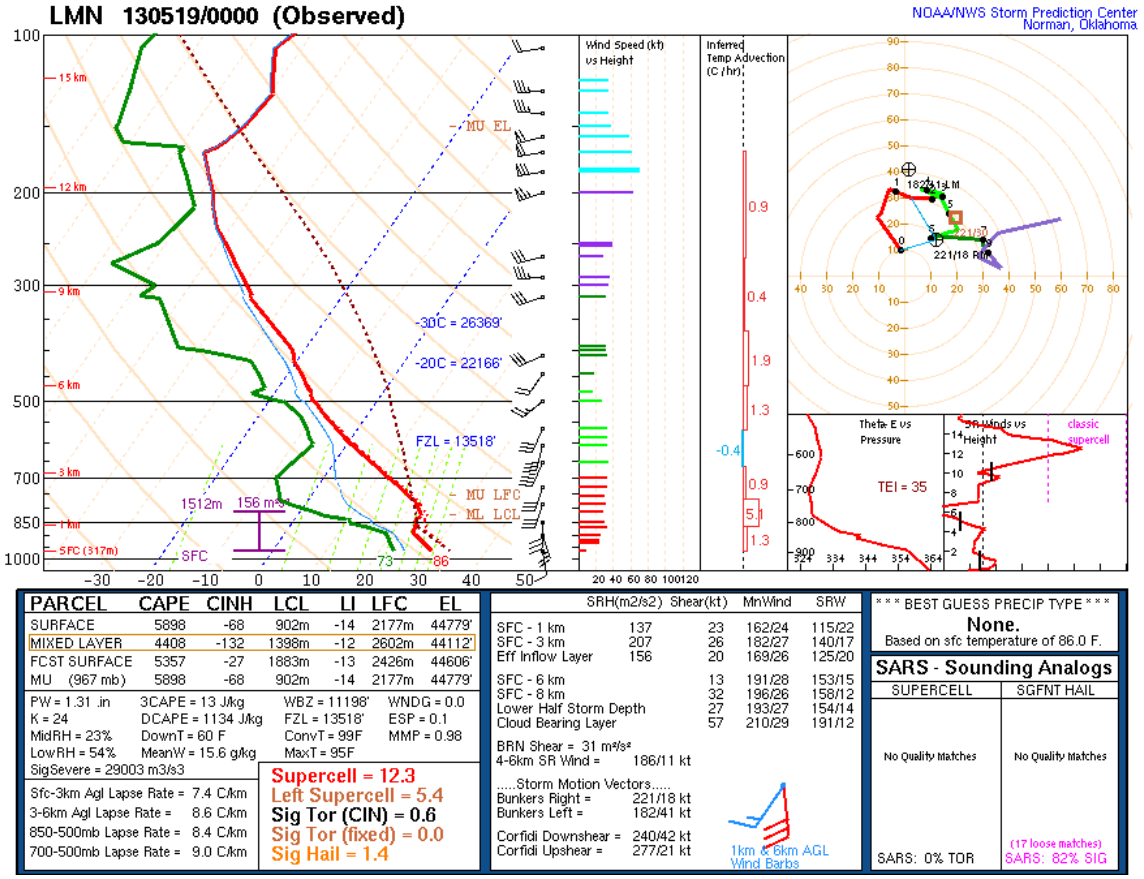
Prévision du modèle GFS pour les valeurs de la SRH 0-3 km à 00h UTC

Source : **Ligthning Wizard**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

4. Résumé du contexte météorologique

Voici le profil du radiosondage de Lamont (Oklahoma) le 19 mai à 00h UTC



Source : **Storm Prediction Center**

Sur ce profil, les valeurs de MLCAPE sont proches des 4400 j/kg, l'hélicité relative 0-3 km de l'ordre de 200 m²/s², le « supercell composite parameter » supérieur à 12 et le « significant tornado parameter » proche de 1. Bien sûr, ces paramètres ont été observés à 00 h UTC et ne concernaient pas directement les zones les plus favorables.

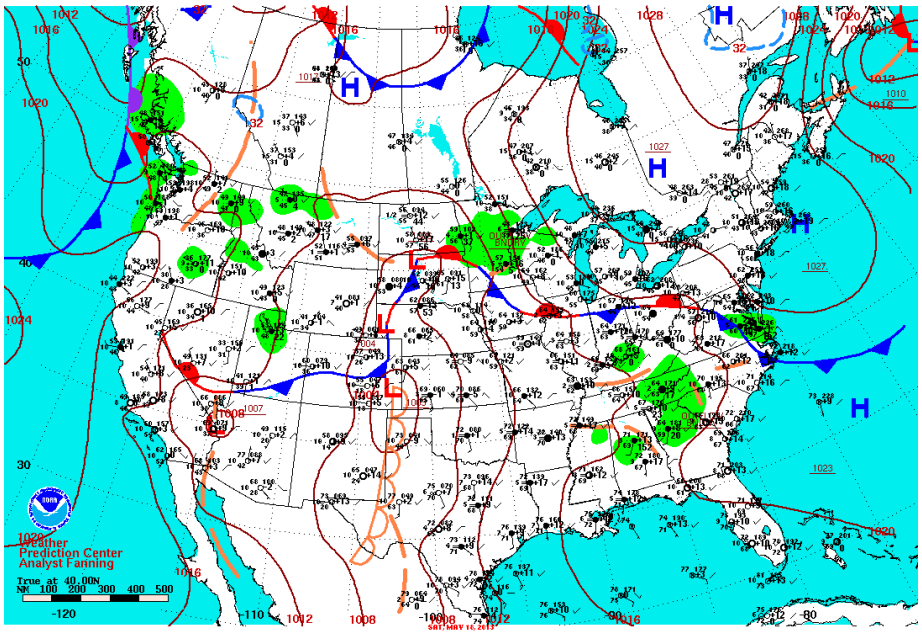
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

5. Observations détaillées du type de temps

Avant de procéder à la description minutieuse des conditions atmosphériques qui ont régné sur la Tornado Alley en ce 18 mai, nous allons d'abord nous attarder un peu sur les différents éléments qui entrent en jeu, puisqu'il s'agit du premier dossier de la série, pour que les phénomènes récurrents aux États-Unis soient bien compris de tous.

a. Partie didactique

Pour cette partie didactique, nous commencerons d'abord par faire la distinction entre ce qui ressemble à la météorologie européenne et ce qui est nettement différent. En revoyant la carte d'analyse du jour, nous pouvons déjà constater les choses suivantes :



Source : **NOAA**

D'abord nous avons une succession de perturbations frontales, entraînées par un bon flux d'ouest. A priori, cela semble similaire à ce qui se passe en Europe occidentale : une alternance de fronts chauds et de fronts froids qui suivent la circulation atmosphérique générale, en se déplaçant d'ouest en est.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

En outre, au milieu de la carte, nous pouvons apercevoir une dépression thermique du côté sud-ouest d'un vaste secteur chaud, avec une ligne qui fait vaguement penser à une convergence préfrontale. Nous allons bien vite découvrir qu'il ne s'agit pas du tout de cela. Mais dans un premier temps, intéressons-nous aux fronts proprement dits.

Si ces fronts, comme chez nous, séparent bel et bien l'air chaud de l'air froid, les caractéristiques des masses d'air américaines sont toutefois fort différentes de celles de l'Europe. La première différence, la plus évidente, réside dans le fait que ce train de perturbations ne se forme pas sur un océan, mais sur un continent. Par conséquent, les masses d'air en présence sont donc avant tout de nature continentale. Seule une des trois masses d'air qui s'affrontent dans les Grandes Plaines américaines subit encore une certaine influence maritime (Golfe du Mexique). Nous allons bientôt voir quand et comment cette influence maritime se fait sentir.

Les deux autres masses d'air sont par contre bien continentales. Au nord du flux perturbé, nous avons de l'air polaire continental, et là aussi, le contexte est fort différent de celui de l'Europe occidentale : il n'y a pas véritablement de traîne active. En d'autres termes, il n'y a pas cette alternance marquée d'éclaircies et d'averses à l'arrière des zones de pluie. Une fois que la perturbation est passée, le temps se remet le plus souvent au beau, et ce de façon très rapide. L'air à l'arrière du front est en effet sec. Tout au plus voyons-nous la formation de cumulus de beau temps, quelquefois très aplatis. C'est même l'un des « cachets » des Grandes Plaines.

Lorsque le parcours de l'air polaire est assez direct, il peut encore faire frais le jour, même en mai, et carrément froid la nuit. Toutefois, il arrive plus fréquemment que cet air ait déjà stagné un bon moment sur les terres américaines qui, à la saison des tornades (mai-juin), sont déjà surchauffées par le soleil. Il ne faut jamais oublier que nous nous trouvons à des latitudes bien plus basses qu'en Europe occidentale. À 36 ou 37° de latitude nord, il fait fort chaud, et l'altitude des Plaines (400 mètres à l'est, 1000 mètres et plus à l'ouest) ne compense que très partiellement la chaleur. En raison de cela, la température tend à rester élevée, même du côté « froid » des perturbations. Quelquefois même, des orages de chaleur parviennent à se développer à l'arrière du front par excès d'instabilité. Nous voyons donc bien que l'arrière d'une perturbation américaine n'a vraiment rien à voir avec une traîne active.

Il faut encore ajouter à cela que dans les cas extrêmes, la différence thermique entre l'avant et l'arrière du front froid est si faible que celui-ci devient bien plus une ligne de convergence qu'un front.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Un autre aspect qu'il faut bien tenir à l'œil, c'est que la « surchauffe » du sol américain déstabilise pratiquement toutes les perturbations frontales, y compris les fronts chauds. Ce qui revient à dire que la plupart des perturbations sont de nature orageuse.

Cela complique encore un peu la donne. Les orages formés près du front ont tendance, surtout le soir, à s'organiser en multicellulaires très étendus (MCS). Ceux-ci survivent ensuite toute la nuit et génèrent des fronts de rafales de grande extension, dont les restes peuvent persister pendant toute la matinée du lendemain. En effet, l'air humide de ces anciennes rafales orageuses finit par former des brumes, puis des stratus et stratocumulus qui empêchent pendant un moment le réchauffement de cet air, alors qu'ailleurs, il commence à refaire très chaud, surtout aux abords de midi. Cette différence thermique va regénérer une sorte de pseudo-front qui peut soit se confondre avec le front froid d'origine, soit l'absorber en reformant une ligne (pseudo-)frontale quelques centaines de kilomètre plus au sud.

Ce (pseudo-)front est, lui aussi, tout à fait en mesure de reformer des orages, ce qui complique notablement les prévisions. On se trouve ici au niveau de la « méso-échelle », où la configuration locale peut avoir de grandes influences. En outre, la grande difficulté réside souvent dans la distinction entre le front froid et le pseudo-front (ancien front de rafales) et, plus particulièrement, dans l'évolution des activités du premier et du second avant qu'ils ne fusionnent.

Une autre différence très marquée, par rapport à l'Europe, est la circulation à grande échelle de ces systèmes frontaux. Nous avons dit, dans un premier temps, qu'ils se déplacent d'ouest en est. C'est presque vrai, mais pas tout à fait. Ce serait ignorer les Montagnes Rocheuses et, dans une moindre mesure, aussi la Sierra Nevada.

La circulation d'ouest, du côté « au vent » de ces chaînes montagneuses, va former une crête anticyclonique et remonter plus au nord. Du côté « sous le vent », c'est au contraire un creux qui se forme, avec une descente vers le sud.

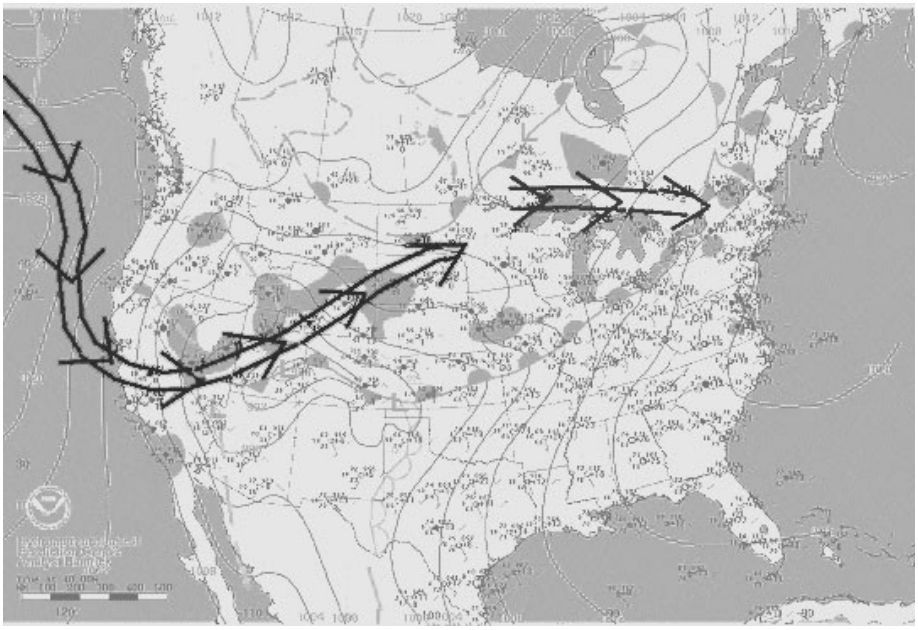
Ce creux orographique, parfois une dépression fermée, se situe le plus souvent sur le nord du Texas et à la limite des États du Colorado, du Kansas et de la mince languette de terre de l'Oklahoma.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

On se trouve, ici, sur les Hautes Plaines (1000 à 1300 mètres d'altitude) à la lisière des déserts américains. Les dépressions thermiques qui s'y forment ont ensuite tendance à être attirées par cette dépression (ou creux) orographique et à remonter donc un peu au nord ou au nord-ouest par rapport aux déserts. Il s'agit donc d'une zone de basses pressions semi-permanente, à la fois orographique et thermique (pendant la saison qui nous intéresse tout au moins).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

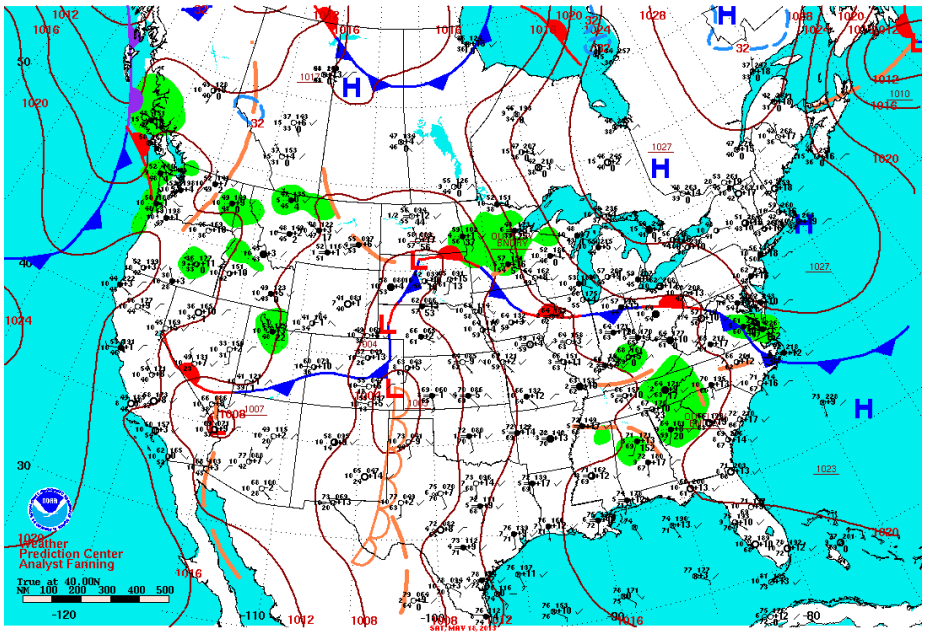
La circulation d'ouest devient donc une circulation de nord-ouest avant de passer les Montagnes Rocheuses, et une circulation de sud-ouest ou d'ouest-sud-ouest après les avoir passées. L'exemple ci-dessous, datant de 2011, illustre à merveille cette déviation des courants généraux (et même du jet-stream) au-dessus des Rocheuses.



Au niveau du Colorado, du Kansas et de l'Oklahoma donc, nous nous trouvons confrontés à des perturbations frontales qui se déplacent à des latitudes beaucoup plus basses qu'en Europe. En plus, au niveau du sol, nous avons une quasi-constance de courants méridionaux sur les États précités, sauf lorsqu'un front froid provoque une brève irruption de vents de nord-ouest, de nord ou de nord-est.

Cette configuration, comme nous le verrons, a encore une autre conséquence d'envergure. Reprenons, une fois encore, la carte du 18 mai 2013.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be



Source : **NOAA**

À y regarder de près, nous retrouvons la fameuse dépression semi orographique, semi-thermique, située entre le Colorado, le Kansas l'Oklahoma et le Texas. Et associée à cette dépression, nous voyons une sorte de front orangé, représenté comme un front chaud et faisant un peu penser à une convergence préfrontale. En réalité, il s'agit de la « dry line », aussi appelée, en français, « ligne sèche », « front sec » ou encore « front de point de rosée ». Mais dans ce contexte américain, le terme d'origine, « dry line », nous semble le plus approprié.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Qu'est-ce qu'une « dry line » ?

Au départ, il s'agit d'un front qui sépare des masses d'air qui n'ont pas une température différente, mais une humidité différente. À l'est de la dépression, nous avons des courants de sud ou de sud-est qui acheminent un air chaud et humide originaire du Golfe du Mexique ; à l'ouest de la dépression, nous avons un air chaud aussi, mais très sec, soit en provenance des déserts américains, soit desséché par effet de foehn en passant au-dessus des Montagnes Rocheuses. Le vent, là, souffle de sud-ouest, d'ouest ou parfois de nord-ouest. Cependant, dans ce dernier cas aussi, il s'agit d'air chaud en raison de l'effet de foehn.

Même à température égale, l'avancée d'un air sec sur de l'air humide va se comporter comme un front chaud, et l'avancée d'un air humide sur de l'air sec va se comporter comme un front froid. C'est lié au fait que l'air humide est plus dense que l'air sec, car la vapeur d'eau est plus lourde que l'air. Au début du printemps notamment, nous pouvons assister à ce type de « dry line » mettant en jeu des masses d'air aux températures sensiblement égales.

À la fin du printemps par contre, lors de la saison des tornades au Kansas et en Oklahoma, l'air des déserts américains, par continentalité, est devenu nettement plus chaud que l'air originaire du Golfe du Mexique. Nous avons donc affaire à un véritable front chaud quand la « dry line » s'avance, mais ce front chaud possède des caractéristiques bien particulières et assez complexes. Nous allons donc essayer de comprendre tout cela en avançant pas à pas.

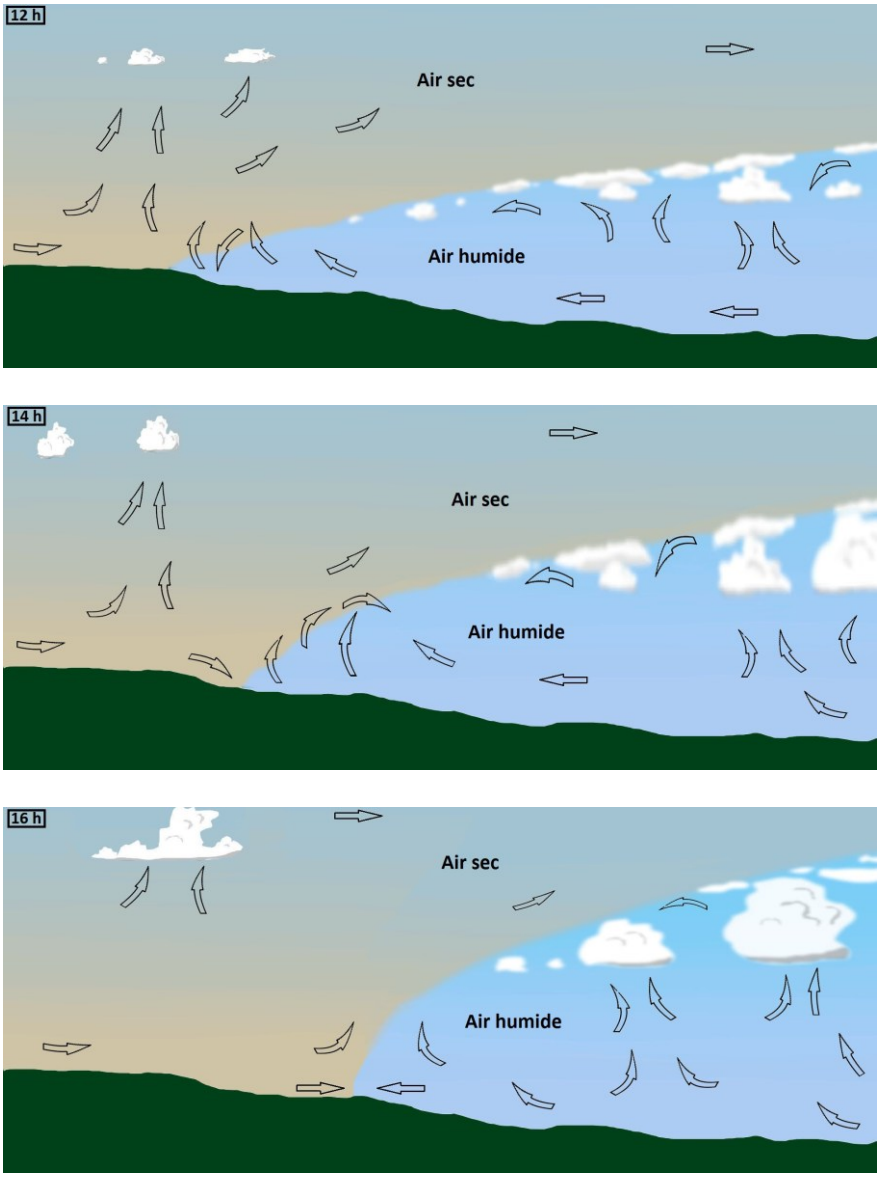
Ce qui suit ici est largement inspiré des théories de Howard Bluestein, célèbre météorologue et chasseur de tornades américain.

En matinée, nous retrouvons l'air sec et chaud sur les Hautes Plaines américaines, région très plate mais située à plus de 1000 mètres d'altitude, tandis que les Grandes Plaines, situées plus bas (400 à 500 mètres d'altitude) et à l'est des Hautes Plaines, sont affectées par l'air humide du Golfe de Mexique. Mais le réchauffement diurne va progressivement changer la situation puisque la « dry line » a tendance à s'avancer vers l'est en journée (surtout l'après-midi), puis à se retirer à nouveau vers l'ouest en soirée.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Pourquoi ce mouvement de balancier ?

Les illustrations de la page suivante nous montrent la progression de la « dry line, telle qu'on peut l'observer durant une journée quelconque de mai ou de juin.



La première image représente l'air sec et très chaud qui, au départ, passe simplement au-dessus de l'air humide et un peu moins chaud. Vers midi, en raison du fort réchauffement du sol, les deux masses d'air deviennent turbulentes, avec mouvements convectifs, et là où la couche humide est fort mince, la turbulence est suffisante pour permettre le mélange de l'air humide et de l'air sec. En raison de la grande épaisseur de l'air sec, l'air humide mélangé se « perd dans la masse » et se déssèche : la « dry line avance.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

En après-midi, le réchauffement se poursuit, la turbulence devient suffisante pour mélanger l'air humide d'une couche plus épaisse. Cette fois-ci, l'humidité se perd déjà moins dans la masse, mais la sécheresse, dans la zone de mélange, prédomine et la « dry line » avance encore. C'est pour cette raison, d'ailleurs, que les prévisions du Storm Prediction Center disent souvent : « a dry line will mix eastwards » ce qui, littéralement traduit, veut dire « une dry line se mélangera en avant vers l'est ». Ce n'est donc pas le vent d'ouest (ou de sud-ouest) qui fait avancer la « dry line » vers l'est, mais le mélange par étapes successives qui fait que cette « dry line » progresse (même si en réalité, le vent y contribue un peu aussi).

À partir d'une certaine épaisseur d'air humide, la turbulence n'est plus suffisante pour mélanger les deux masses d'air, l'inversion au-dessus de l'air humide résiste et la « dry line » n'avance plus (voir troisième image). Notez qu'à ce stade, la convection s'est déjà bien mise en route, mais le développement des cumulus reste limité, d'un part à cause du manque d'humidité à l'ouest (petit cumulus à base élevée ou altocumulus castellanus), et d'autre part à cause d'une inversion à l'est, qui forme un véritable couvercle (cumulus buttant sur cette inversion et s'étalant parfois en stratocumulus).

Une fois que la « dry line » n'avance plus, c'est un appel d'air en sens inverse qui va se faire. L'air humide et plus frais poussera vers l'air chaud et sec un peu à la façon d'une brise de mer : la « dry line » recule à nouveau. Ce recul peut tout aussi bien s'enclencher en fin d'après-midi que tard dans la soirée. Et surtout, une certaine partie de la « dry line » peut encore avancer alors qu'une autre partie recule déjà.

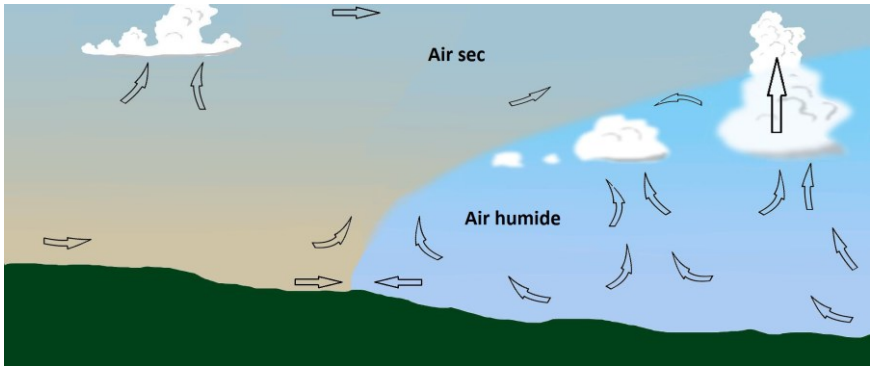
Contrairement aux cartes de prévisions, la « dry line » est rarement une belle ligne droite ou légèrement courbe, mais une ligne irrégulière, dépendant de facteurs locaux comme la topographie, la nature du sol ou la turbulence plus ou moins forte de l'air. Il arrive même que des poches d'air humide se retrouvent dans l'air sec et des poches d'air sec, dans l'air humide. Dans ce dernier cas, des orages peuvent se former très brutalement, car l'air humide va converger vers cette zone plus sèche et plus chaude en formant éventuellement une énorme cheminée d'ascendance.

La « dry line » proprement dite peut aussi générer des orages car elle forme, elle aussi, une zone de convergence entre les vents de sud à ouest qui règnent du côté sec et les vents de sud à est qui règnent dans la zone humide. Ce risque est d'autant plus marqué si les vents sont forts (et irréguliers).

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Mais la zone la plus dangereuse pour les orages voire les tornades se trouve du côté humide, à quelques dizaines de kilomètres à l'est de la « dry line ». Là, à un endroit qui est souvent difficile à déterminer à l'avance, l'inversion est juste assez forte pour retenir l'essentiel de la convection, avec accumulation énorme d'énergie, et juste assez faible pour permettre, ici et là, que des cellules parviennent à la percer quand même. Alors, le développement peut devenir ultra-rapide et, le cisaillement aidant (vent de sud-est dans les basses couches humides, vent de sud-ouest dans l'air sec qui continue à passer au-dessus), des supercellules peuvent aisément se former. Et si en plus, un jet stream d'ouest souffle à haute altitude au bon endroit (plaçant notre cellule sous la sortie gauche ou l'entrée droite d'un jet streak), toutes les conditions sont réunies pour une tornade de grande puissance.

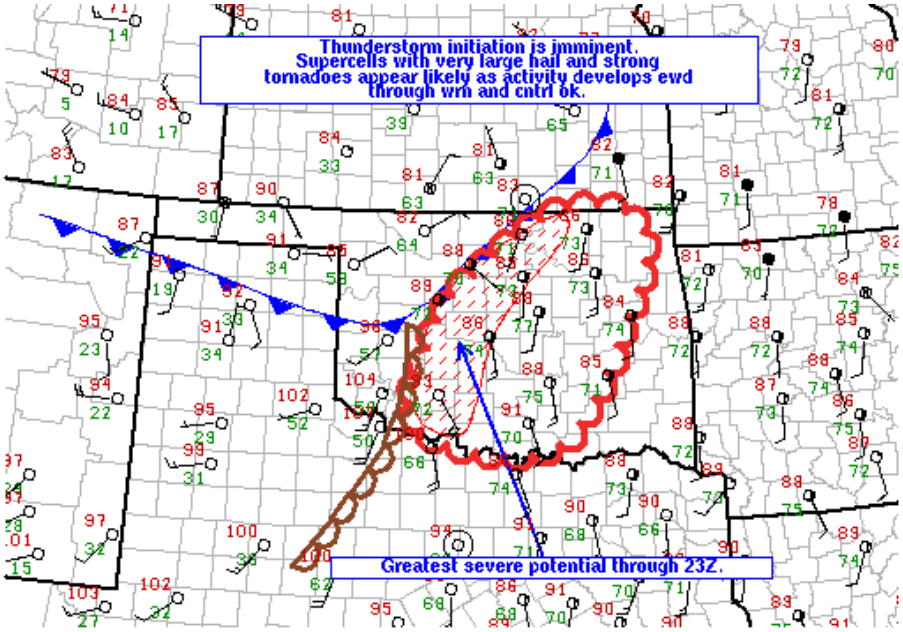
L'illustration ci-dessous montre comment une cellule (ici encore un cumulus congestus) peut brutalement percer l'inversion, avec un air très instable en dessous de l'inversion, un air très instable au-dessus de l'inversion, et une énorme énergie accumulée en raison de cette inversion.



Enfin, à côté de l'énergie thermique, un élément dynamique (topographie, convergence, aspiration par un jet stream situé plus haut en altitude) fait parfois en sorte aussi que l'inversion cède à quelques endroits seulement, avec les mêmes résultats que ceux décrits ci-dessus. Cet élément dynamique est souvent constitué par le « troisième larron », le front froid. En fait, là où la convergence du front froid rencontre la convergence de la « dry line », des super-ascendances se former près d'un endroit que les Américains appellent le « triple point ». En réalité, là aussi, le plus grand danger se trouve à quelques dizaines de kilomètres à l'est, pour les mêmes raisons que celles décrites ci-dessus.

À la page suivante : un exemple de « triple point », avec la « dry line » coupant le front froid, et toute une zone marquée comme dangereuse (en rouge) à l'est de ce « triple point ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be



SPC MCD #0908

Source : Storm Prédiction Center

À présent, nous sommes armés pour aborder les situations concrètes qui se sont présentées en Amérique pendant que notre équipe y était, à commencer par ce 18 mai 2013.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

b. Description minutieuse des conditions atmosphériques du 18 mai

Pour ce faire, nous allons principalement nous intéresser au Kansas, État choisi par notre équipe pour leur première traque d'orages et qui présente, en ce samedi, pas mal de phénomènes météorologiques violents.

En ce 18 mai, le Kansas est le théâtre de la rencontre des trois principaux types de temps que l'on rencontre habituellement dans les Grandes Plaines, comme cela arrive si souvent à la fin du printemps. Il s'agit de :

1. L'air polaire continental, très atténué, qui se trouve à l'arrière du front froid. Les températures maximales y atteignent 25°C environ dans les Hautes Plaines (1000 mètres d'altitude ou plus), et se situent entre 27 et 30°C dans la partie centrale des Grandes Plaines (400 à 500 mètres d'altitude). Le temps est lumineux et fort agréable, avec cirrus, quelques altocumulus et formation de cumulus de beau temps. Parfois, l'un ou l'autre orage isolé s'y développe, avec généralement peu de précipitations voire juste des virga. Ce type de temps ne concerne, en ce jour, que l'extrême nord-ouest du Kansas et encore, principalement l'après-midi après la dispersion des stratocumulus liés au front lui-même.

2. L'air tropical continental d'origine désertique. C'est de l'air très chaud et particulièrement sec, avec des températures de 32 à 34°C dans les Hautes Plaines, et de 37 à 40°C dans les Plaines plus basses, en dessous de 800-900 mètres d'altitude. Le vent y est irrégulier et parfois fort, avec un ciel serein tantôt très limpide, tantôt délavé par les poussières en suspension. Quelques voiles de cirrus aussi, ainsi que des altocumulus floccus et castellanus, et l'un ou l'autre cumulus à base élevée. Ce type de temps, en matinée, ne concerne encore que l'extrême sud-ouest du Kansas, mais au moment de l'avancée maximale de la « dry line », en début de soirée, la chaleur et la sécheresse concerneront un bon tiers sud-ouest du territoire de cet État.

3. L'air tropical maritime originaire du Golfe du Mexique. C'est de l'air un peu moins chaud mais surtout très humide, ce qui ne rend pas l'impression de chaleur moindre. En matinée, le ciel y est souvent très nuageux voire couvert avec des stratocumulus et pas mal de brume. En après-midi, ces stratocumulus se transforment en cumulus, avec des éclaircies parfois belles mais un ciel par moment délavé et des nuages gardant des contours flous. À cela s'ajoutent des altocumulus castellanus qui, en réalité, dérivent dans l'air désertique qui se trouve au-dessus d'une inversion. Celle-ci, d'ailleurs, est très coriace, ce qui empêchera la formation d'orages au sein de cette masse d'air pendant la majeure partie de la journée. Ce type de temps concernera la plus grande partie du Kansas, et notamment sa partie orientale.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Notons encore quelques valeurs de cette inversion : en début d'après-midi, on observe environ 20°C au sommet de la couche humide vers 1100 mètres (700 à 800 mètres au-dessus du sol dans cette région), et 26°C au bas de la couche sèche, vers 1300 mètres. Sur ces 200 mètres, l'humidité relative passe de 80-90% à 20% environ.

En début de soirée, à la suite du réchauffement intense des basses couches en après-midi à partir du sol, l'inversion s'est nettement affaiblie. Mais il reste une épaisse quasi-isothermie entre 1200 et 1800 mètres (autour de 23°C), ne laissant (encore) aucune chance aux développements orageux.

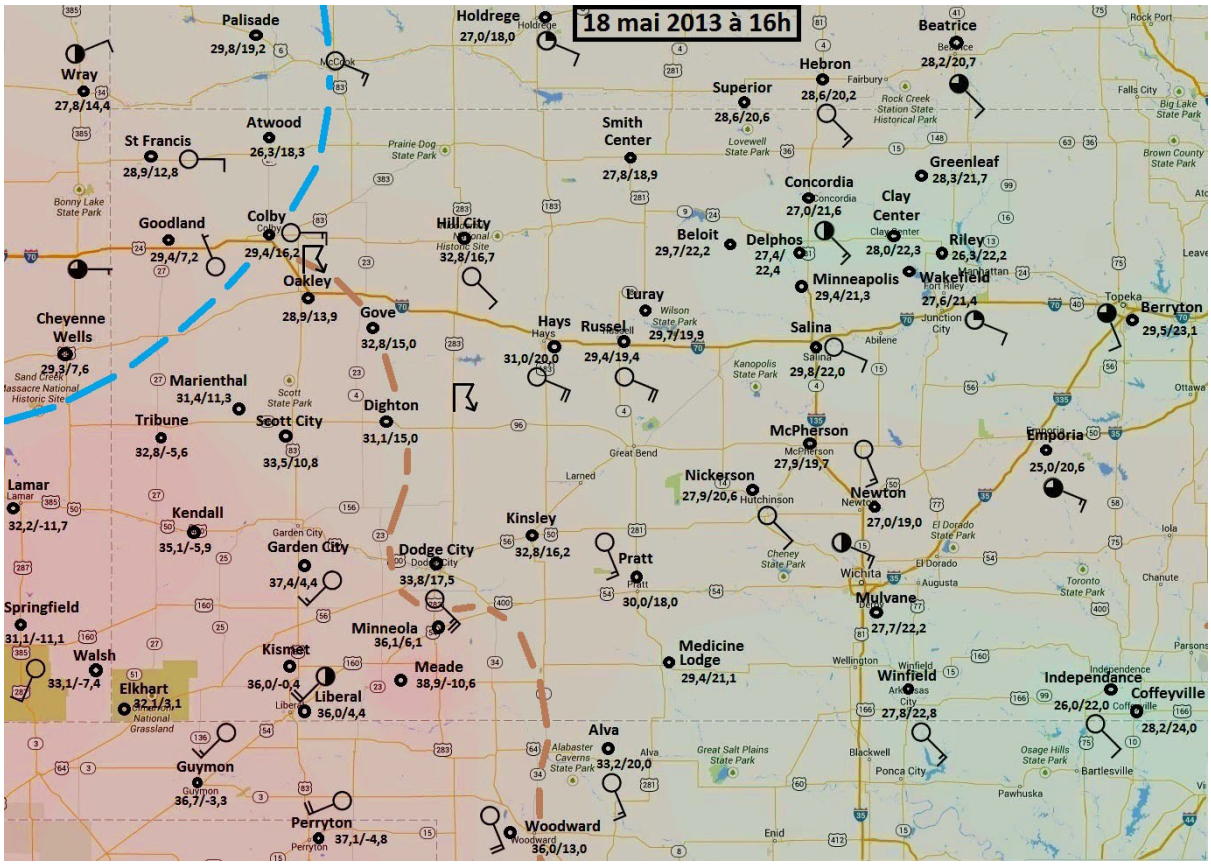
Examinons à présent de plus près le comportement de la « dry line », qui sera cette fois-ci le principal acteur dans la genèse des phénomènes météorologiques violents qui séviront sur le Kansas.

En fin de matinée, comme déjà évoqué précédemment, la zone sèche ne touchait qu'un tout petit morceau du sud-ouest du Kansas, avec une « dry line » orientée nord-nord-ouest – sud-sud-est, traversant le Kansas sur un axe allant de Goodland (un peu plus au sud en réalité) à Liberal pour continuer ensuite vers Perryton (Texas).

Un peu plus tard, cette « dry line » s'avancera par à-coups, avec beaucoup d'irrégularités tant dans son tracé que dans son mouvement. C'est ainsi que Liberal passe et repasse plusieurs fois du côté humide au côté sec durant l'après-midi et la soirée, tandis que Kinsley, à l'est-nord-est de Dodge City, voit son point de rosée s'effondrer en soirée seulement (pour une raison qui sera encore expliquée). À Dighton (nord-nord-ouest de Dodge City) au contraire, l'air sec ne se manifeste qu'un petit moment en fin d'après-midi, tandis que l'humidité reprend tous ses droits dès le début de la soirée. Mais attention ! La sécheresse revient brutalement à 10 heures du soir !

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

L'illustration suivante montre la situation telle qu'elle se présente à 16h L.T.



Légende :

Ligne hachurée en brun : la « dry line »
Ligne hachurée en bleu : le front froid (ou ce qu'il en reste)
Couleurs tirant sur le rose : la région où l'air est sec
Couleurs tirant sur le bleu-vert : la région où l'air est humide
Flèches de vent : 1 barbule = 10 nœuds ; ½ barbule = 5 nœuds
Stations météo : 1er chiffre = température de l'air ; 2e chiffre = point de rosée

Cette carte vous permet de voir que la transition entre la zone sèche et la zone humide est plus ou moins abrupte selon les endroits. Au nord et au sud de la carte, cette transition est assez progressive, tandis qu'au centre, près de Dodge City, l'air humide et l'air (très) sec se côtoient parfois de très près. Il est à noter que Dodge City se retrouvera dans l'air sec seulement 23 minutes plus tard. Mais en attendant, à 16 heures, la ville se trouve encore dans une excroissance d'air humide au milieu de l'air sec, tandis qu'une bulle d'air extrêmement sec s'est détachée au-dessus de Meade.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

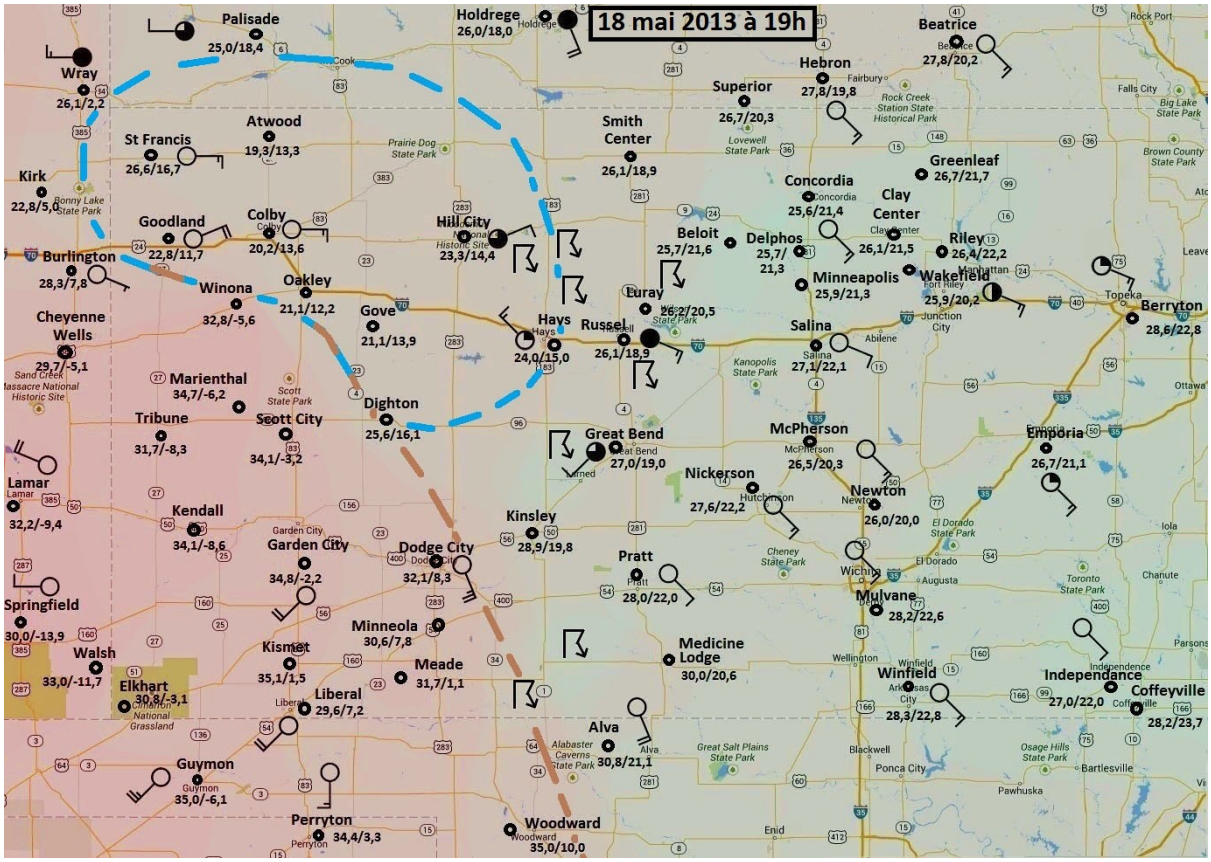
Cette poche d'air resté extrêmement sec se retrouve, elle, dans un environnement où l'air, quoique sec aussi, s'est déjà davantage mélangé avec l'air humide en raison de la turbulence / convection / convergence près de la « dry line ».

Cette convergence des vents, d'ailleurs, est particulièrement visible sur la carte, avec des vents de sud-est, voire d'est-sud-est à l'avant de la « dry line », et des vents de sud-ouest à l'arrière. Ajoutons enfin que ces vents sont forts irréguliers, avec des rafales souvent supérieures à 50 km/h, principalement du côté sec. Tout cela n'est évidemment pas sans conséquence sur l'évolution orageuse à venir.

En effet, le ciel est déjà très bouillonnant autour de Dodge City, avec formation de cumulus congestus et de petit cumulonimbus, mais il manque encore un petit quelque chose pour que la convection se mette vraiment en route. *« Les tours convectives s'élevaient dans le ciel… Puis s'effondraient, laissant derrière elles des enclumes tristes et orphelines, s'éloignant dans le désespoir »*, raconte Jeremy Perez, chasseur d'orage opérant dans la région à ce moment-là. Pourtant, quelques heures plus tard, une tornade EF4 naîtra non loin de là !

Jetons à présent un coup d'œil sur la situation à 19h L.T. (page suivante)

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be



Si l'on regarde du côté de Dodge City, nous voyons à présent que la ville est du côté sec, mais que l'air humide ne demeure pas loin. En outre, les points de rosée moins bas que dans les villes situées plus à l'ouest indique qu'un certain mélange entre les deux masses d'air a bel et bien eu lieu à la lisière de la « dry line ».

Nous voyons aussi qu'à quelques (bonnes) dizaines de kilomètres à l'est, une activité orageuse est déjà bien développée (symboles du tonnerre). D'un autre côté, nous apercevons aussi une poche d'air plus frais du côté nord-ouest de la carte, laissée d'une part par les restants du front froid, et d'autre part par les flux sortants d'orages qui ont éclaté dans cette zone quelques heures plus tôt, en raison de ce même front affaibli sur lequel est venu buter l'air chaud.

Mais de ce côté-là, la situation est désormais trop floue (mélange front froid – pseudo-front orageux) pour former un véritable « triple point ». La naissance des orages sévères, en ce 18 mai, est exclusivement le fruit de la « dry line » et de ses irrégularités. 18 minutes seulement après l'heure indiquée sur la carte, à quelques 70 kilomètres au nord-est de Dodge City, la fameuse tornade EF4 de Rozel touchera le sol…

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Pour analyser ce phénomène, nous allons à nouveau revenir en arrière, mais cette fois-ci à un niveau beaucoup plus local.

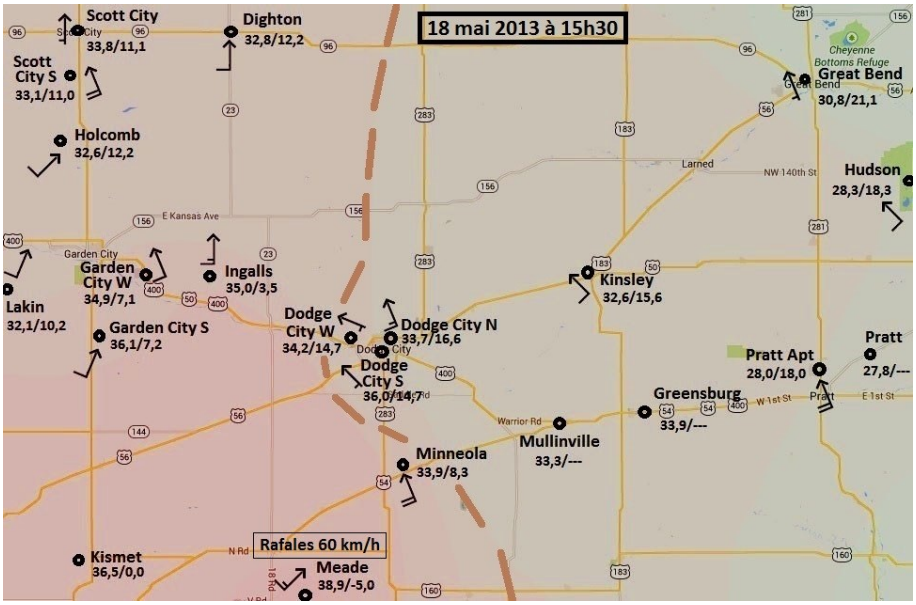
À midi et en début d'après-midi, le ciel est très clair à Dodge City (quelques cirrus et altocumulus, sinon le ciel est serein) et ce, malgré le fait que l'air est assez humide. La « dry line » est pourtant tout près, mais l'excroissance d'air humide dont il a été question plus haut tarde encore à s'évacuer. Au-dessus de la ville, cet air a une épaisseur de 800 mètres environ, et une inversion couvercle empêche dans un premier temps toute convection. Mais la surchauffe du sol et la faible épaisseur de la couche d'air vont rapidement faire monter les températures, jusqu'à 35-36°C, et l'inversion s'érode fortement. Vers 15h00, la convection explose, des cumulus atteignent le stade congestus et de petit cumulonimbus se forment.

Source : **Wunderground**

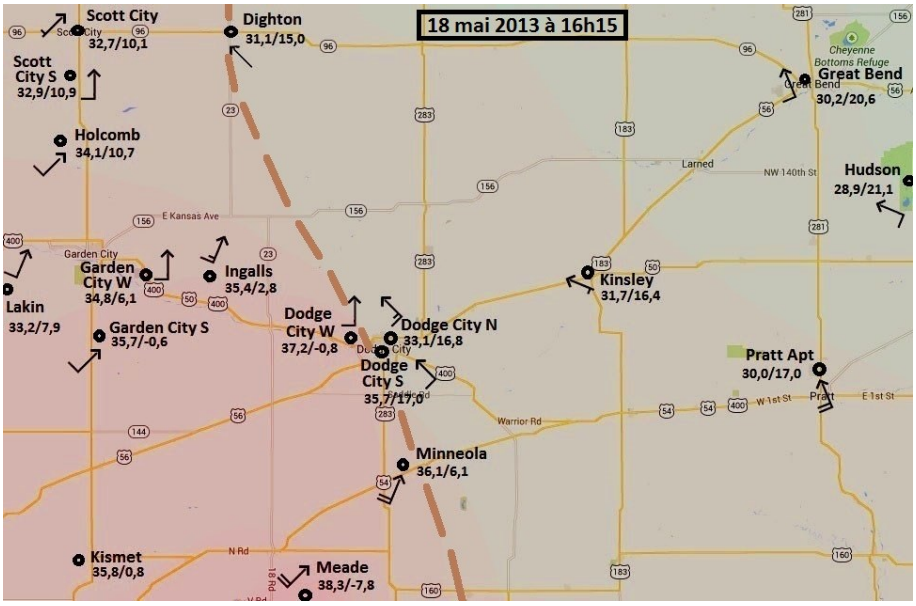
Mais la mince couche d'air humide se mélange alors à l'air sec, se perd dans la masse de l'air sec et bien vite, les tours convectives s'effondrent à nouveau par manque d'humidité.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Analysons à présent la situation autour de Dodge City à 15h30 L.T.



Nous voyons bien, l'excroissance de l'air humide au-dessus de Dodge City, avec des vents de sud-est qui repoussent l'air sec. En même temps, un peu plus au sud, un fort vent de sud-ouest, qui souffle en rafales, pousse une bulle d'air extrêmement sec et chaud vers Dodge City.



Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

À présent, l'excroissance d'air humide a complètement disparu. La « dry line » est en train de traverser Dodge City, avec une chute très brutale du point de rosée (alors que la transition est plus progressive au nord et au sud). Il n'est donc pas étonnant que la convection disparaisse au-dessus de la ville.

Source : **Wunderground**

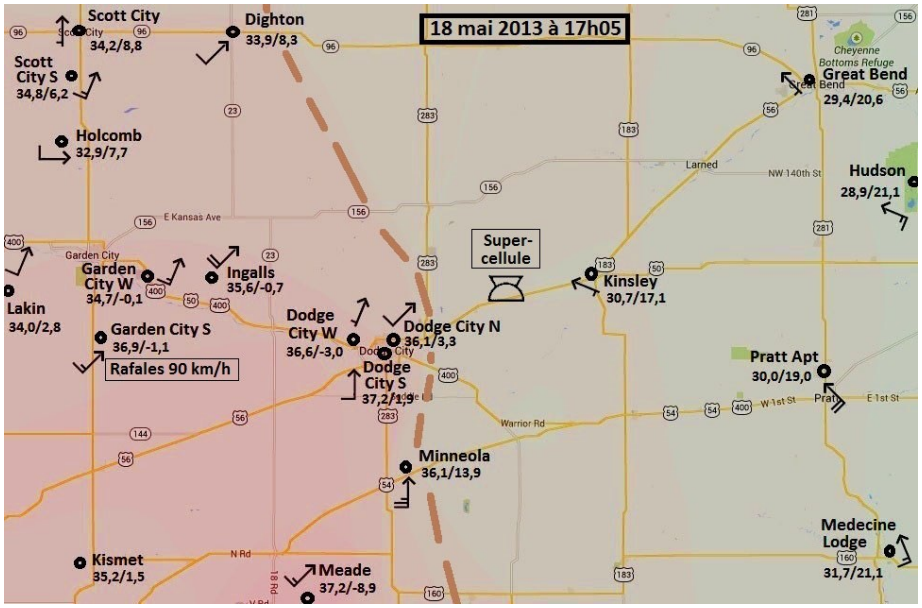
Les cumulus s'effondrent, cependant ce qui ressemble à des cirrostratus sur la photo sont des enclumes de cumulonimbus formés plus loin, là où l'humidité est restée suffisante.

L'air sec est certes extrêmement instable, avec des gradients à la limite du superadiabatique jusqu'à 5000 mètres au-dessus du sol aux endroits les plus chauds. Mais il n'y a pas (ou peu) de nuages.

L'air humide est quant à lui soumis à une inversion couvercle tenace (à cause de l'air très chaud qui passe au-dessus), ce qui empêche également la convection. Mais, comme expliqué précédemment, il existe des endroits où l'humidité est tout juste suffisante, et l'inversion tout juste pas assez coriace pour que la convection se mette en route malgré tout, et ce avec toute l'énergie accumulée en dessous de ladite inversion. Avec le cisaillement en prime (vent de sud-est humide dans les basses couches, vent de sud-ouest sec au-dessus), les cumulonimbus deviennent aisément des supercellules, de type LP (low precipitations) dans un premier temps.

À la page suivante, nous trouverons la situation à 17h05, à peine 50 minutes plus tard.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be



Désormais, la situation s'est inversée au-dessus de Dodge City : nous sommes en présence d'une excroissance d'air sec. Ces irrégularités dans la « dry line », associées aux fortes rafales d'air sec qu'on observe par endroit et aux fortes zones de convergence qui se créent ici et là, ne sont certainement pas étrangères à cette évolution supercellulaire. Néanmoins, c'est la supercellule elle-même qui contribue aussi à cette avancée d'air sec. Comme si souvent en météorologie, il y a interdépendance des causes et des conséquences.

La supercellule en question, qui s'est développée exactement au-dessus de Spearville, se dirige lentement vers Offerle (les deux bourgades se situent entre Dodge City et Kinsley) en gardant son caractère de « Low Precipitations ». Cependant, vers 18h15 – 18h30, un petit entonnoir se formera en dessous d'elle. Mais la véritable tornade, l'EF4 de Rozel, sera le fruit d'une autre supercellule, formée peu de temps après.

À la page suivante, la situation à 19h20, au moment où la tornade en question touche le sol.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

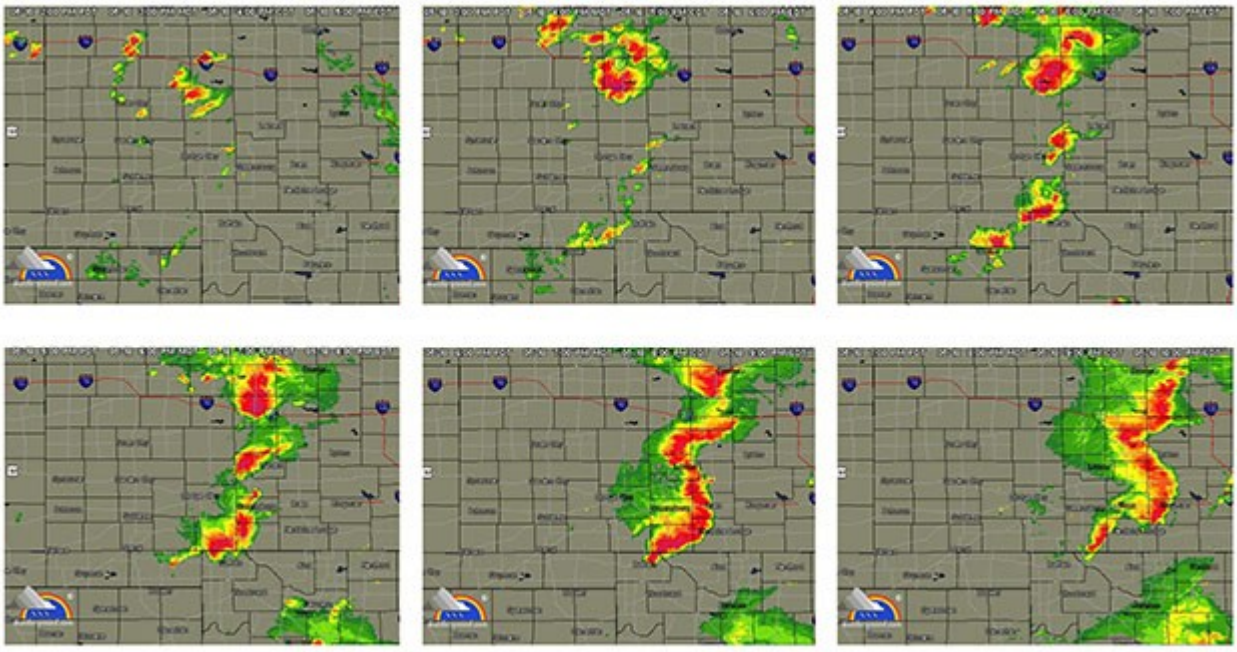
Ce qui frappe sur cette carte, outre la tornade proprement dite, c'est la forte avancée de l'air sec en direction de Kinsley, qui est littéralement attiré par la supercellule. En même temps, les restants du front froid et du pseudo-front laissés par les orages du nord semblent attirés, eux aussi, par la supercellule en question. Ici aussi, il y a interdépendance des causes et des conséquences, mais il n'est franchement pas à exclure que la formation de la tornade, et surtout sa puissance, doive beaucoup aux courants de nord-est qu'on voit se développer au-delà du (pseudo-)front. En d'autres termes, si la formation des supercellules ne s'est pas faites à un « triple point », le front froid (ou tout au moins ce qu'il en reste) finira quand même par jouer un rôle au niveau de la tornade. En outre, il ne faut jamais perdre de vue que même au-delà du (pseudo-)front, le vent continue à souffler fort de sud-ouest à quelques centaines de mètres d'altitude, avec comme conséquence des cisaillements énormes.

Pour bien cerner ce genre de situation, et pour encore améliorer la prévision à très court terme en matière de tornades, il faudrait multiplier les stations d'observation pour arriver à un maillage très fin de mesures (température, humidité, vent, précipitations) afin de pouvoir reconnaître, au niveau très local, les patrons atmosphériques types qui font qu'une tornade se forme, gagne en puissance ou, au contraire, ne se développe pas. Les cartes ci-dessus nous donnent déjà pas mal d'informations, mais il reste des trous, par manque de stations d'observation.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Vous trouverez plus loin dans ce dossier quelques informations supplémentaires sur cette tornade de Rozel, ainsi qu'une photo. Mais malheureusement, notre équipe qui vient de débarquer sur le sol américain mettra une journée entière pour rejoindre le Kansas depuis Chicago. Elle ne sera donc pas encore au bon endroit pour observer la tornade. Mais cela ne veut certainement pas dire que cette première journée (ou plutôt soirée) de chasse aura été perdue. Comme l'indique le titre du dossier, ce sera une « soirée électrique ». Car bien rapidement, les orages supercellulaires vont se regrouper en multicellulaires, qui formeront d'abord un « QLCS » (Quasi-linear Convective System), puis un véritable écho en arc. Nous n'avons donc pas encore fini d'étudier cette journée.

Les images radar ci-dessous (16h – 21h) ne sauraient mieux illustrer cette évolution.



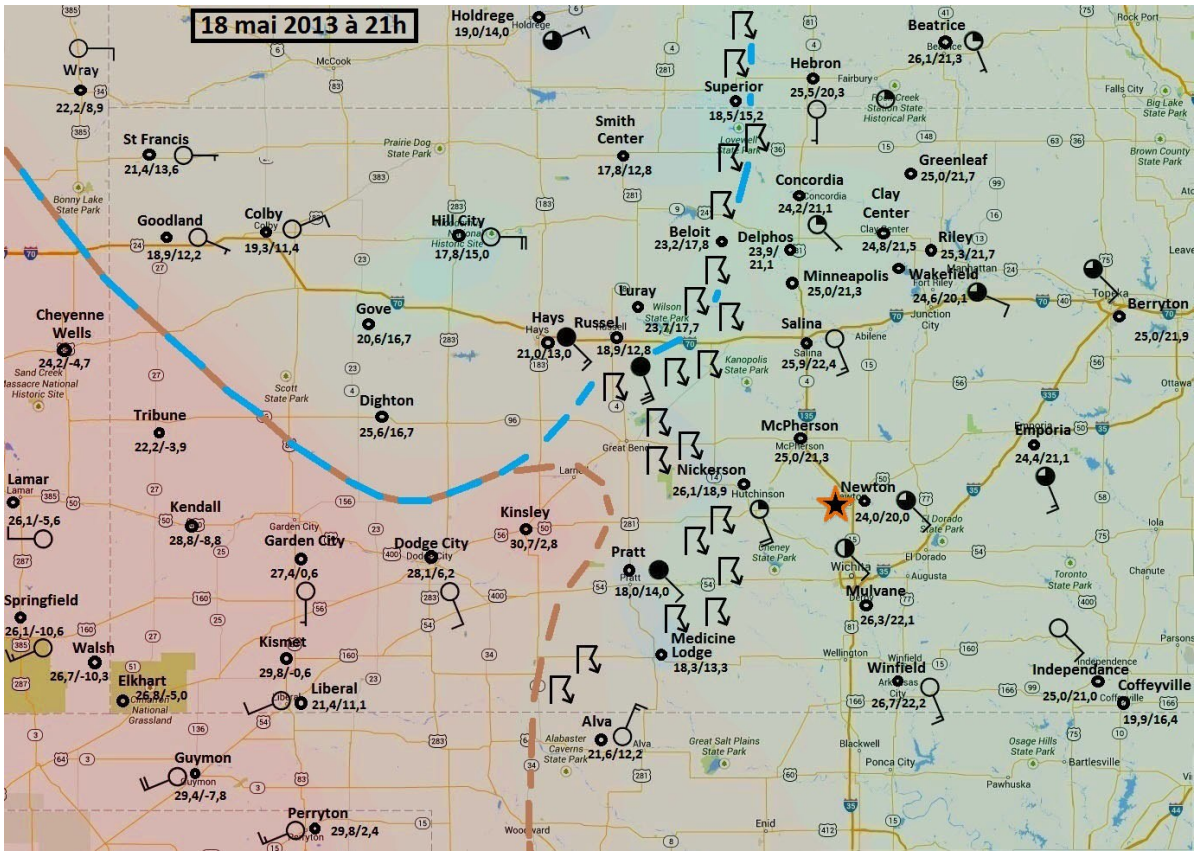
Source : **Wunderground**

À 21 heures, la ligne orageuse se trouve bien du côté humide. L'inversion qui s'y trouve n'a plus beaucoup d'importance puisque les cheminées d'ascendance, grâce à la dynamique, s'auto-entretiennent. En outre, l'air humide qu'elles aspirent à présent est garant pour maintenir leur violence. Maintenant, ce sont les rafales descendantes qu'il faut tenir à l'œil. À Nickerson, située à près de 80 kilomètres au nord-ouest de Wichita, on note même une rafale de 143 km/h !

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

En outre, une supercellule à longue vie, enclavée dans cette structure, menace à présent la région située entre Salina et Concordia. Une autre tornade, de faible intensité certes, sera par ailleurs observée à 22h35 à Morganville, à une bonne trentaine de kilomètres à l'est-sud-est de Concordia. Il faut savoir que les couches moyennes continuent à être particulièrement instables, avec des décroissances de 0,9°C par 100 mètres entre le niveau 700 hPa (3129 mètres) et le niveau 500 hPa (5810 mètres) au-dessus de Topeka.

Ci-après, une carte de la situation au Kansas à ce moment-là.



Notre équipe, qui arrive à Newton quelques deux heures plus tard (voir étoile sur la carte), va « accueillir » l'écho en arc.

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Et même si, officiellement, la rafale la plus forte aura été de 76 km/h dans cette région-là, il n'est pas à exclure que des rafales bien plus fortes aient eu lieu. Voici leur premier témoignage :

« Une fois arrivés dans la région de Newton en soirée, notre équipe a tout juste le temps de se préparer à essuyer un écho en arc qui apporte vent, pluie et foudre en suffisance pour offrir les premières images orageuses sur le capteur des appareils de prises de vues. Cela dit, une fois que le système évacue la région une heure et demie plus tard, les routes aux alentours sont particulièrement boueuses. Cela, allié à un GPS qui n'hésite pas à nous faire prendre des Dirt Roads pour nous amener vers la ville de Newton, fait que tout est réuni pour que notre 4x4 se trouve confronté pour la première fois à une situation critique, de sorte que l'on arrive à un endroit où celui-ci se met à glisser progressivement vers le bas côté de la route. »

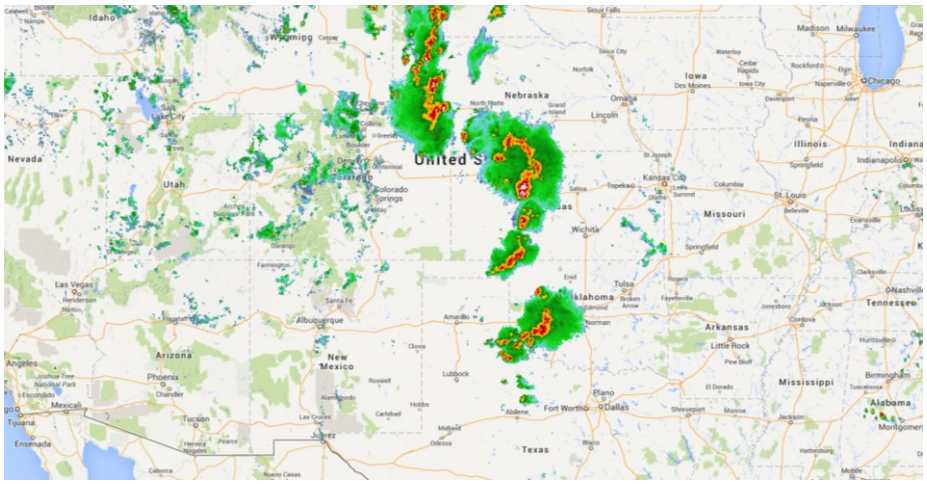
Par chance, cet incident ne prêtera à aucune conséquence. Les voilà donc armés à affronter 17 jours de traque aux orages. Quant à nous, nous sommes armés aussi, désormais, pour comprendre toutes les situations orageuses qui vont suivre.

Et avant de conclure ce premier dossier, voici encore quelques photos et images radar plus détaillées, tant sur la tornade de Rozel que sur l'écho en arc qui se formera quelques heures plus tard. Vous les trouverez à la page suivante, sous l'intitulé : « Suivi de la situation ».

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

6. Suivi de la situation

Dans le courant de la journée, plusieurs orages de type supercellulaire se développent sur les États du Nebraska, du Kansas, de l'Oklahoma et du Texas.



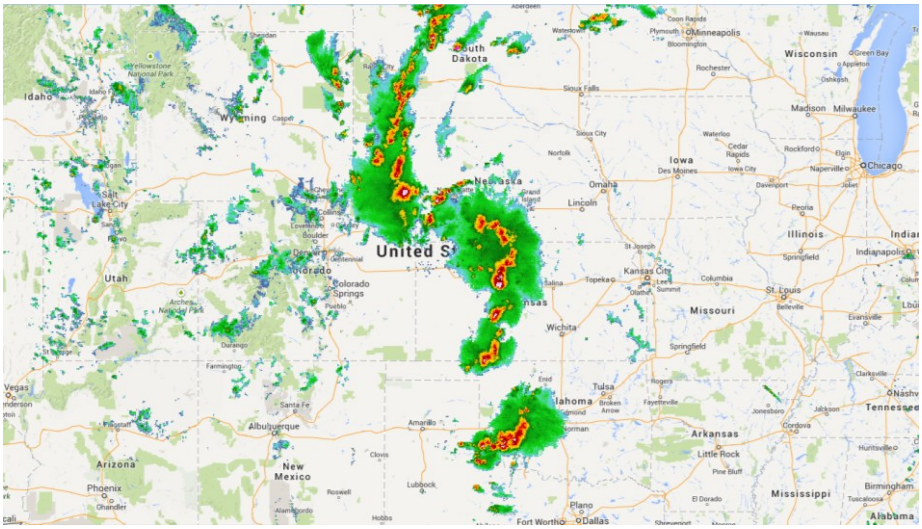
Situation du 18/05 à 23h40 UTC
Source : **IEM**

L'une de ces supercellules va produire une violente tornade sur la région de Rozel, dans le Kansas. D'intensité EF4, celle-ci va provoquer d'importants dégâts.

Tornade de Rozel
Source : **Laetitia Gibaud**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

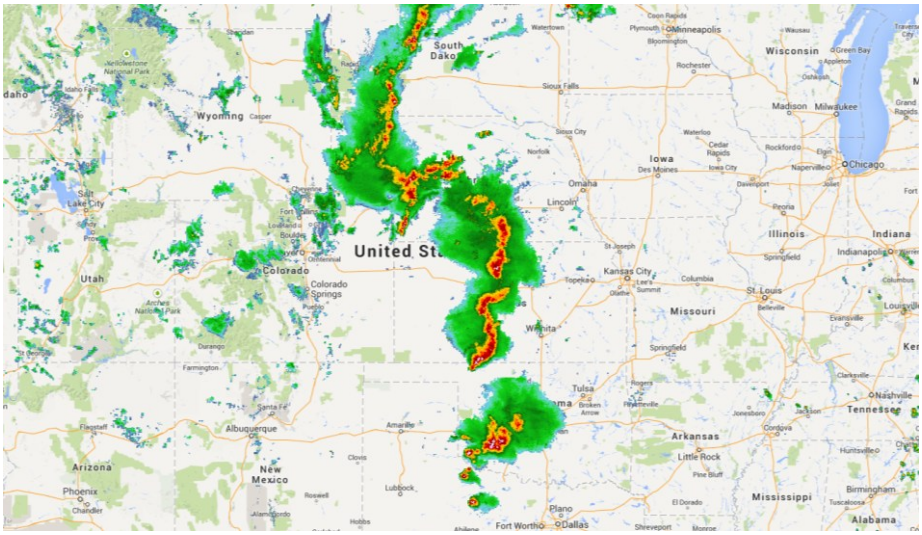
Progressivement, les structures supercellulaires vont évoluer en systèmes multicellulaires tout en progressant vers le nord-est.



Situation du 19/05 à 00h UTC

Source : **IEM**

Une évolution en écho en arc (Bow Echo) devient évidente sur les images radars



Situation du 18/05 à 01h UTC

Source : **NOAA – Storm Prediction Center**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

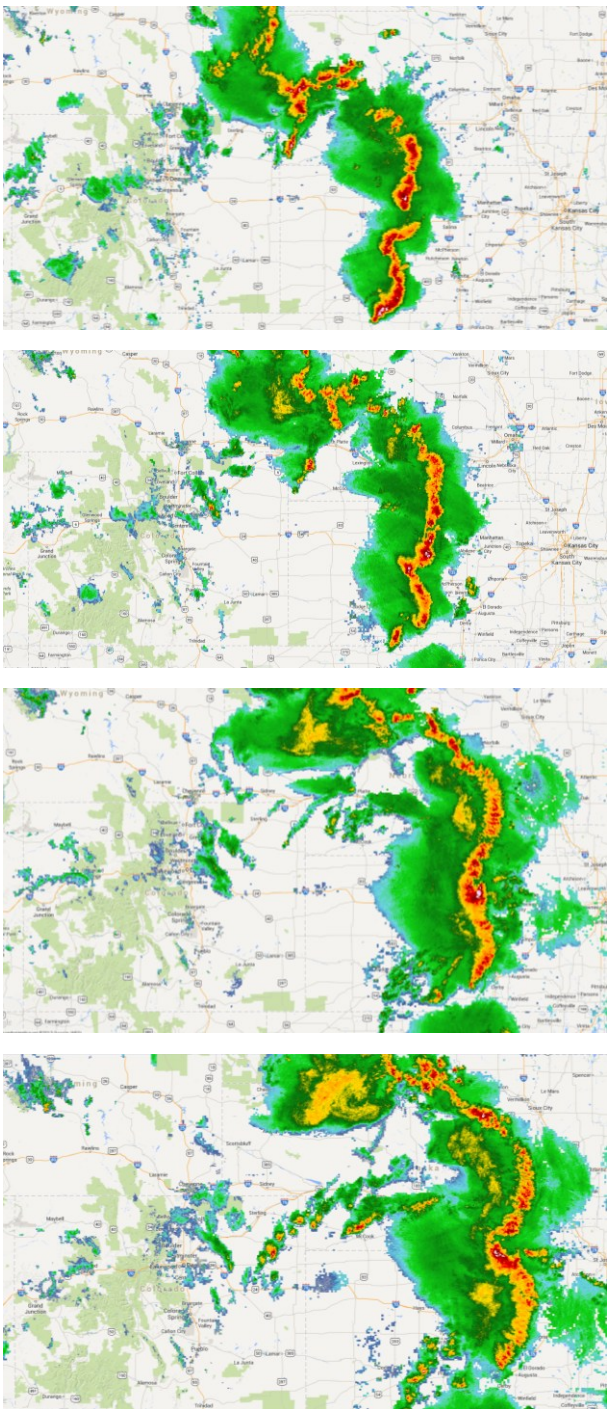
Notre équipe, fraîchement débarquée sur le continent américain, quitte rapidement Chicago pour le Kansas. Arrivé en soirée dans la région de Newton, le collectif va être confronté au passage de l'écho en arc précédemment cité avec, à la clé, de très fortes rafales de vent et d'intenses précipitations.

Arrivée du « bow echo » dans la région de Newton.
Crédit photo : **Samina Verhoeven – Belgorage**

Evacuation du « bow echo » depuis la région de Newton.
Crédit photo : **Eric Dargent – Belgorage**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Cet écho en arc va évoluer en « Comma Echo » et rapidement se déstructurer par la suite comme le montrent les images radars suivantes.



Source : **IEM**

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

Ainsi, lorsque cet écho en arc arrive sur la région de Newton, c'est un système en déclin qui aura « baptisé » notre équipe le premier jour.

Mais si ce premier jour n'a pas vraiment offert de structures impressionnantes ni d'ambiances « à l'américaine », le lendemain, ce sera tout autre chose…

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be

7. Sources

Storm Prediction Center

National Weather Service- Norman

University of Wyoming

Wunderground

Ogimet

Lightning Wizard

Laetitia Gibaud

Jeremy Perez (The Cerulean Arc)

Adam Lucio (Aerostorms)

Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.be