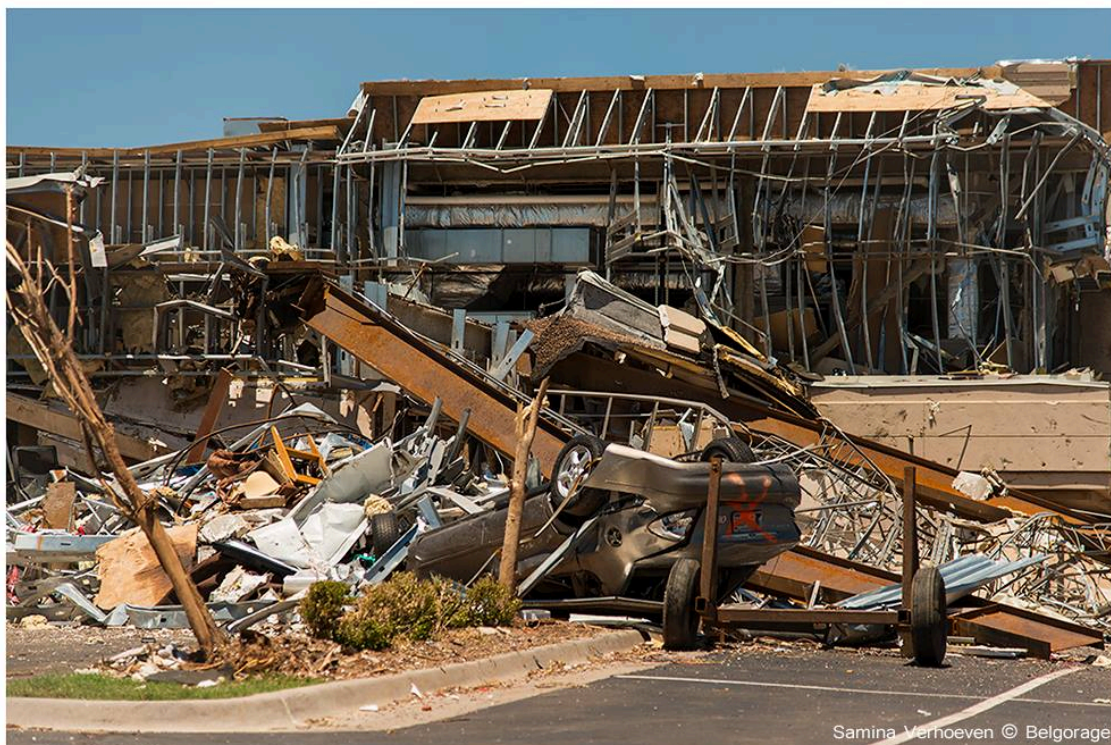


20 mai 2013

« Tornade EF 5 meurtrière à Moore »



Dégâts observés à Moore après le passage de la tornade

Crédit photo : **Samina Verhoeven - Belgorage**

Dossier réalisé par:

Jean-Yves Frique
Cofondateur de Belgorage

En ce 20 mai, une violente tornade s'abat sur la banlieue de Moore, au sud de la ville d'Oklahoma, faisant d'importants dégâts et malheureusement de nombreuses victimes.

Cet événement fut, pour plusieurs raisons, hors du commun. A ce jour, c'est l'unique tornade d'intensité EF5 recensée pour l'année 2013 et malheureusement la plus meurtrière.

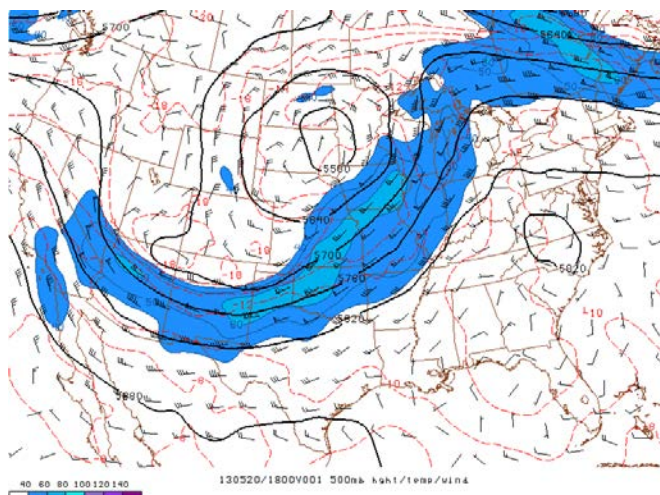
Dans ce dossier, nous allons analyser la supercellule productrice de la tornade via les images radars Doppler.

Nous allons également étudier les dégâts afin de tenter de mieux comprendre le comportement d'une très violente tornade de type « wedge ».

Cet épisode est en fait l'occasion pour nous de nous attarder sur un phénomène exceptionnel dont l'intensité et la taille dépassent tout ce que l'on peut imaginer ici en Belgique.

1. Analyse du contexte météorologique

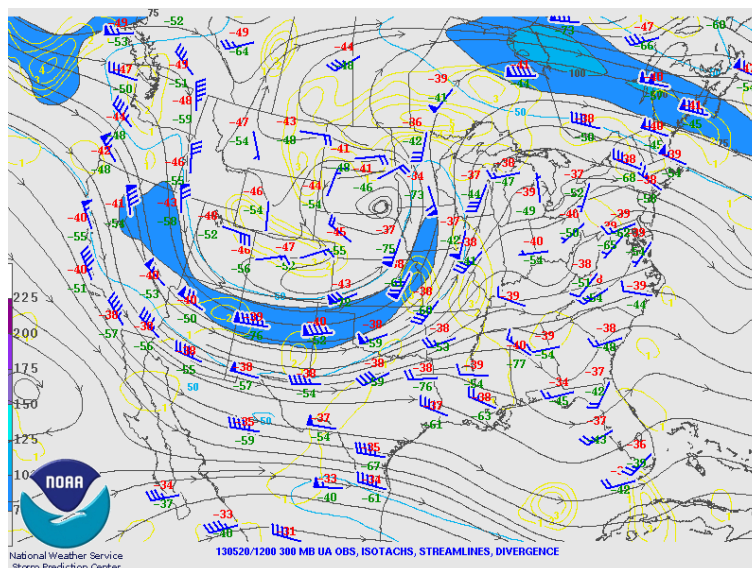
En ce 20 mai, un creux d'altitude se positionne sur les Etats du Dakota du Nord, du Dakota du Sud et du Minnesota.



Isohypses- direction et vitesse du vent à 500 hPa à 18h UTC

Source : **Storm Prediction Center**

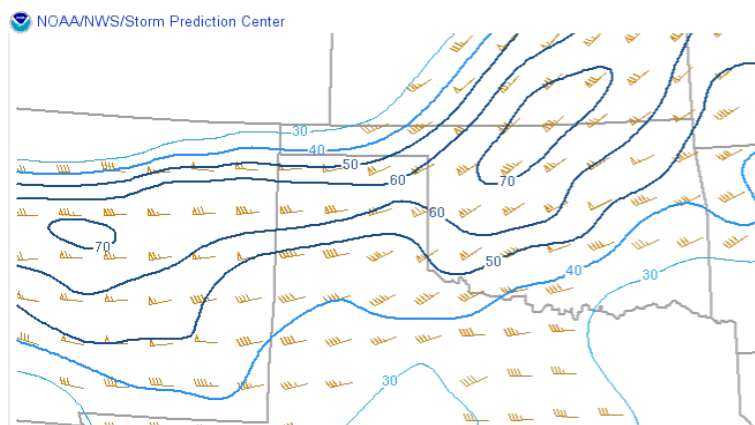
Sur les flancs ouest, sud et est de ce creux, un courant jet s'étire de la Californie jusqu'à la région des Grands Lacs en passant par le nord du Texas et l'Oklahoma.



Direction, vitesse du vent et divergence à 300 hPa à 12h UTC

Source : **NOAA**

De ce fait, le contexte devient particulièrement dynamique sur toutes ces régions avec une augmentation marquée des cisaillements des vents de vitesses.

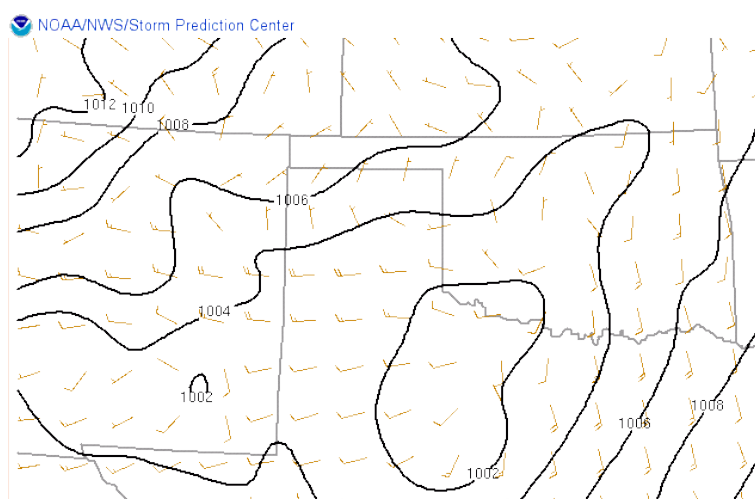


Valeurs des cisaillements des vents 0-6km en nœuds à 21h UTC

Source: **NOAA- Storm Prediction Center**

Ainsi, les cisaillements des vents dans la tranche 0-6 km atteignent les 50 à 70 nœuds (90 à 120 km/h) sur l'ouest de l'Oklahoma et le nord-ouest du Texas.

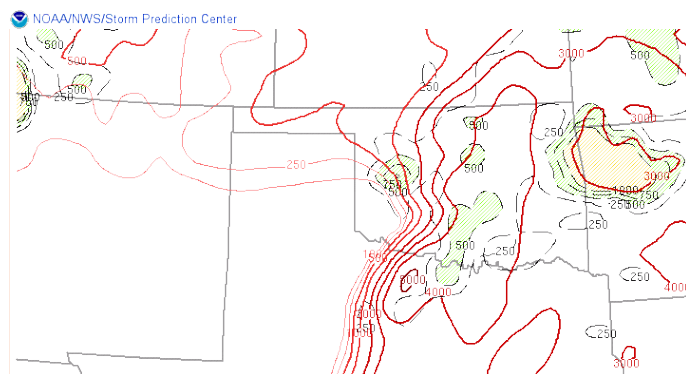
En surface, une dépression de méso-échelle se développe sur le Texas et remonte progressivement vers le centre de l'Oklahoma. De ce fait, les courants de surface de secteur sud apportent un air de plus en plus chaud et humide en provenance du Golfe du Mexique.



Pression et direction du vent en surface à 21h UTC

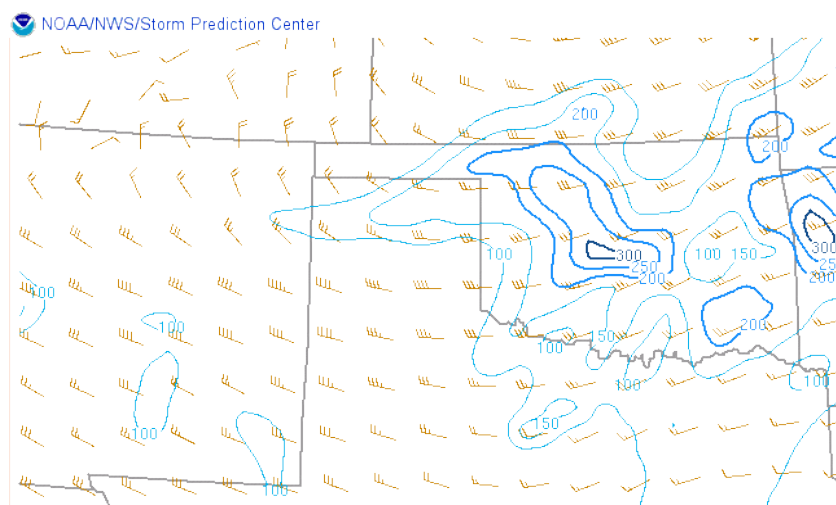
Source: **NOAA- Storm Prediction Center**

Dès lors, l'instabilité va augmenter considérablement sur toutes ces régions avec, par exemple, 3000 à 4000 j/kg de MUCAPE sur le centre de l'Oklahoma (lignes rouges)



Valeurs de la MUCAPE à 21h UTC
Source: NOAA- Storm Prediction Center

Mais si l'instabilité est conséquente, l'inhibition convective l'est également. En effet, une puissante inversion va persister durant plusieurs heures, jouant dès lors le rôle d'un couvercle. Ainsi, toute l'énergie s'accumule sous cette inversion et le contexte devient particulièrement « explosif ». L'orientation des vents passant du secteur sud à sud-est en surface et tournant progressivement au secteur ouest à sud-ouest dans les couches moyennes va augmenter considérablement l'hélicité relative, et plus précisément la SRH 0-3km. Celle-ci atteint désormais les 300 m²/s² sur le centre de l'Oklahoma. De telles valeurs sont favorables au développement de supercellules.

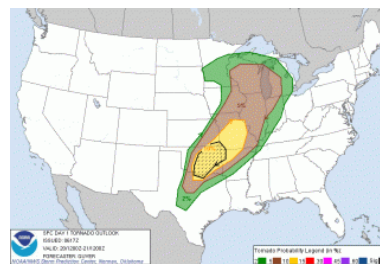


Valeurs de la SRH 0-3km à 21h UTC
Source: NOAA- Storm Prediction Center

Après analyses de la situation, on peut constater que le potentiel orageux qui prévaut en ce 20 mai est donc assez important, ce qui explique d'ailleurs la délivrance du niveau « moderate » délivré par le Storm Prediction Center.

Mais pourquoi « seulement » 10% de risque de tornades ?

En fait, si on reprend la carte émise, on constate qu'une partie de la zone concernée est hachurée ce qui indique un risque estimé d'au moins 10% de probabilité d'une forte tornade (d'une intensité supérieure à EF2) dans un rayon de 40 km.



Cela démontre que si le risque de tornades, dans son ensemble, n'est pas très marqué, le risque que celles-ci soient violentes l'est par contre.

Un extrait du bulletin du SPC en matinée indiquait cela : « ... la CAPE prendra des valeurs très élevées. Ceci, associé à des cisaillements favorables, entraînera même la possibilité de tornades puissantes (quoiqu'isolées) dans toute la zone dite à risque modéré. »

2. Les radars Doppler NEXRAD

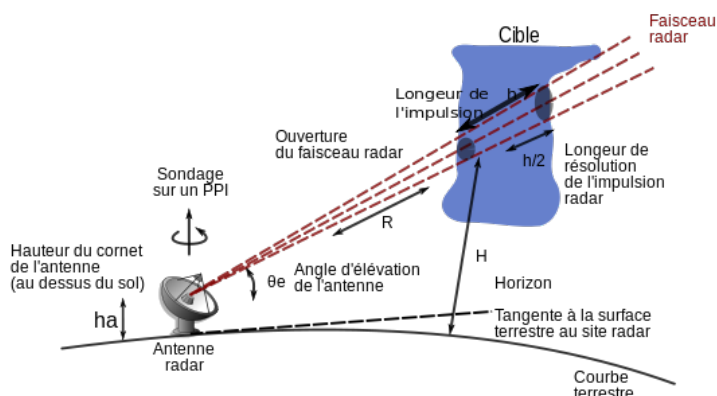
Radar Doppler NEXRAD
KTLX- Oklahoma



Avant d'aller plus loin, il est bon de faire un résumé du fonctionnement de ces radars.

Fonctionnement d'un radar classique de « réflectivité »

Un radar classique émet des impulsions électromagnétiques de très courte durée. Lorsque ces impulsions rencontrent des précipitations (pluie, grêle...), une partie de celles-ci est renvoyée vers le radar. Cela permet de savoir à quelle distance se situe ces précipitations (selon la durée du retour) et quelle est l'intensité des précipitations (selon l'intensité du signal). Mais précisons que plus l'on s'éloigne du radar, et plus l'élévation des zones analysées augmente (à cause de la courbure terrestre). Ainsi, si le radar balaie une région qui au départ, est proche du sol, ce balayage va concerner des zones situées de plus en plus hautes au fur et à mesure de l'éloignement par rapport au radar. Cette précision méritait d'être mentionnée.



Fonctionnement d'un radar et balayage vertical de celui-ci

Source : Wikipedia- Vigneron et Pierre cb

Radar Doppler NEXRAD

Les images radar que nous allons utiliser dans ce dossier (et dans tous les dossiers spécialement conçus pour les Etats-Unis) proviennent de la NOAA.

Les radars utilisés par l'agence américaine sont des radars NEXRAD WSR-88D.

Fonctionnement

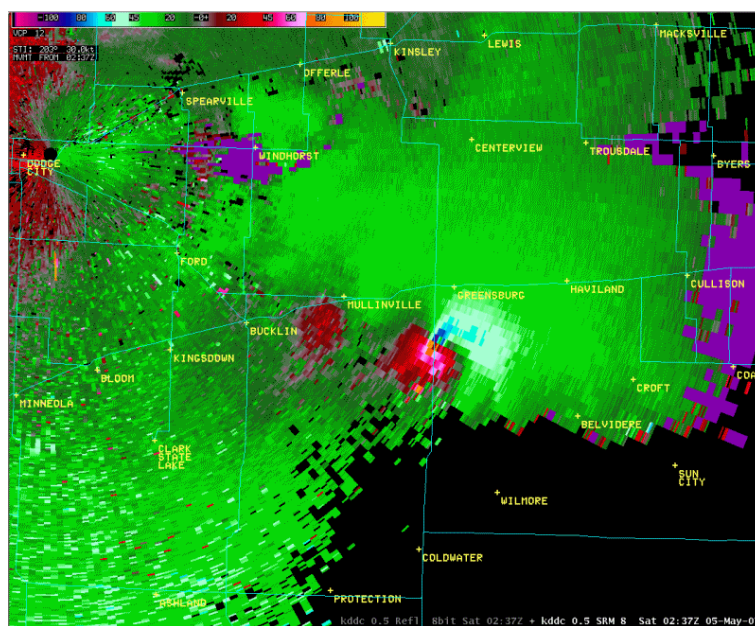
Ces radars peuvent, outre ce qui est valable pour les radars « classiques », mesurer la vitesse d'approche ou d'éloignement des précipitations, et ce par rapport à l'emplacement du radar, c'est ce que l'on nomme la vitesse radiale.

Les impulsions émises par l'antenne du radar NEXRAD durent une fraction de seconde. Ces impulsions reviennent ensuite au récepteur. La durée à laquelle ces impulsions reviennent au récepteur permet de déterminer la distance de la cible. Le radar effectue ensuite une rotation et effectue la même manœuvre et ainsi de suite jusqu'au moment où il a terminé un tour complet. Ensuite, l'élévation de l'antenne est augmentée et les mêmes mesures sont effectuées.

En règle générale, le processus complet de mesure d'une grande partie de l'atmosphère dure 5 minutes.

Sur les images radars, la vitesse radiale est matérialisée par la présence de couleurs « froides » (bleue ou verte) lorsque les précipitations s'approchent du radar et de couleurs « chaudes » (jaune ou rouge) lorsque celles-ci s'en éloignent.

Lorsqu'un dipôle de couleurs « chaude » et « froide » est prononcé, et ce sur une portion très réduite sur le radar (et bien entendu en dehors de l'emplacement du radar lui-même), ce doublet indique une rotation qui traduit habituellement la présence d'un mésocyclone, et donc d'une possible évolution tornadique.



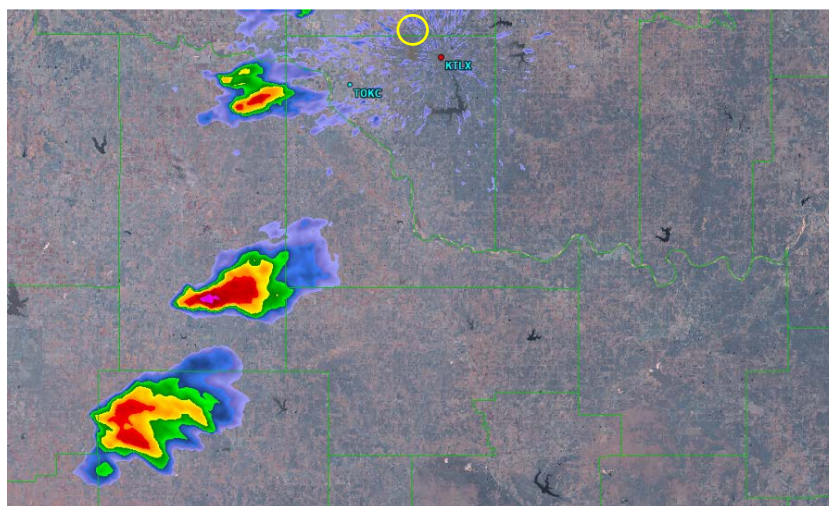
Exemple d'un couplet de vitesses radiales via une imagerie Doppler

Source : NOAA

Mais tous les mésocyclones ne produisent pas de tornades, loin de là. En outre, le radar balaie une zone d'élévation comprise entre 0.5 et 30 degrés, ce qui empêche celui-ci de sonder la partie la plus proche de la surface. Hors, c'est habituellement sous le premier kilomètre d'altitude que la tornade se forme. Le radar Doppler peut donc indiquer une franche rotation sans qu'aucune tornade ne soit présente.

3. Suivi de la situation

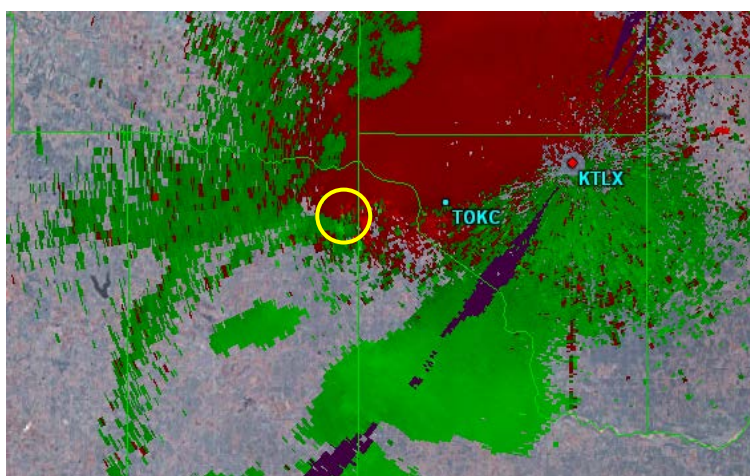
Il est 14h15, heure locale. Depuis quelques dizaines de minutes, des cellules orageuses se développent au sud d'Oklahoma City. Une nouvelle cellule vient de se former directement au sud-ouest de la ville (représentée par le cercle jaune).



Source: Radar Doppler KTLX- Oklahoma- GR Level

Le contexte très cisailé et l'importante instabilité va permettre une évolution rapide des cellules. A 14h40, la cellule proche d'Oklahoma adopte des caractéristiques supercellulaires.

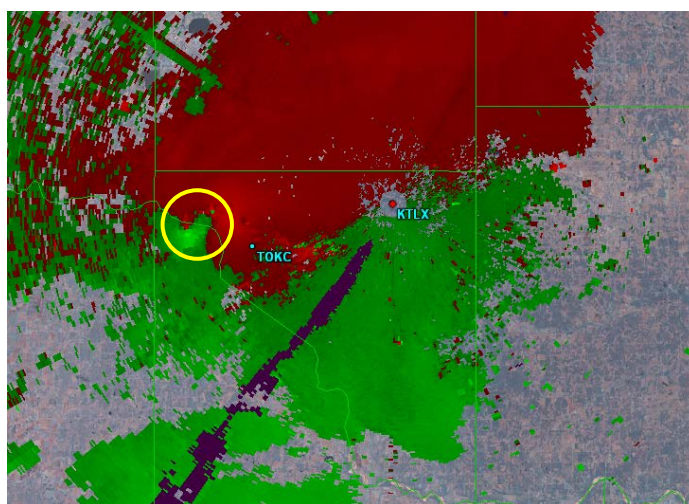
En effet, le radar Doppler permet de mettre en évidence la présence d'une rotation importante au sein de la structure orageuse (cercle jaune), signe plus que probable de la présence d'un mésocyclone.



Source: Radar Doppler KTLX- Oklahoma- GR Level

Dès lors, une attention toute particulière va être apportée à son évolution. En effet, dès que les radars ont détecté une telle rotation au sein du nuage orageux, l'orage va être suivi de très près par les météorologues américains et un « tornado warning » va être délivré sur la région concernée. Et c'est ce qui se passe dans toute la région d'Oklahoma. En effet, les sirènes hurlent, mettant en garde la population de la possible survenue d'une tornade.

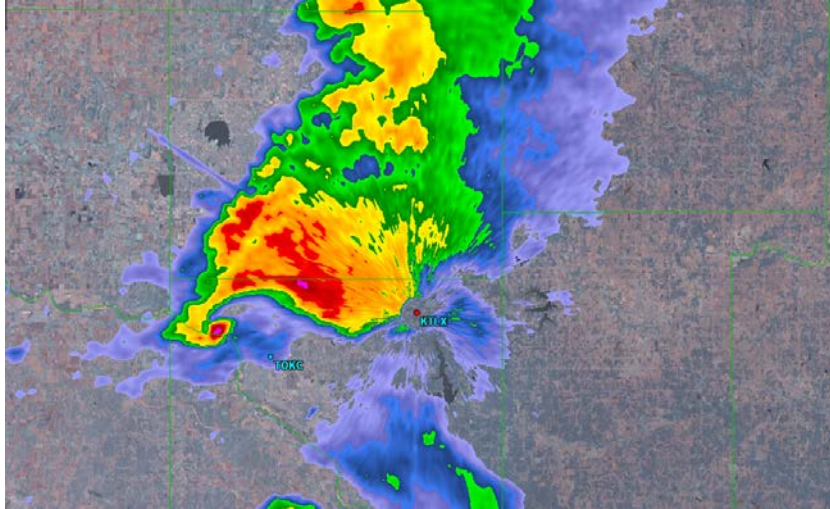
L'image radar Doppler prise un vingt minutes plus tard permet de constater que le dipôle de couleurs (déjà observé sur l'image radar précédente) est encore plus marqué sur celle-ci, ce qui indique la présence d'une très forte rotation au sein de la structure orageuse. La probabilité de développement d'une tornade est dès lors très élevée.



Source : Radar Doppler KTLX- Oklahoma- GR Level

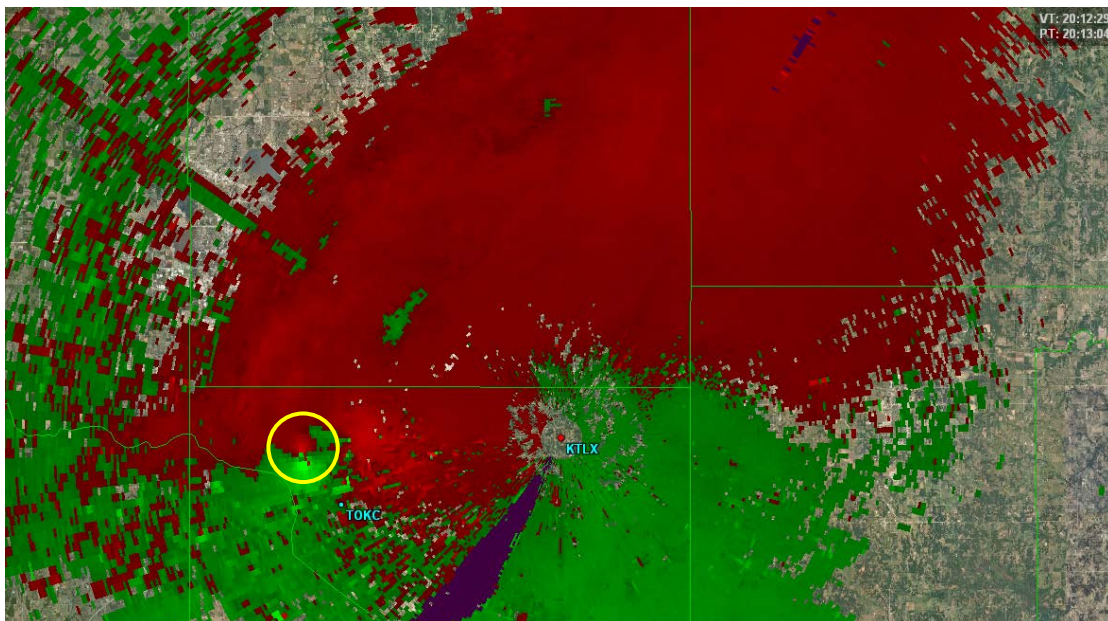
Et en effet, une tornade est rapportée à ce moment-là à quelques kilomètres au nord-ouest de Newcastle.

A 15 heures locale, une image Doppler de réflectivité montre très bien le développement d'un écho en crochet sur le flanc sud-ouest de la supercellule.



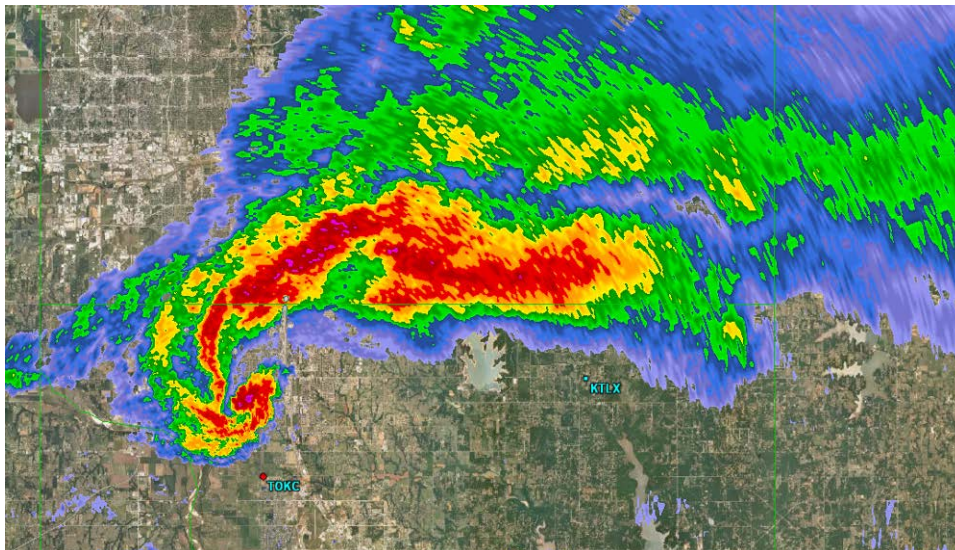
Source: Radar Doppler KTLX- Oklahoma- GR Level

A 15h15, la rotation est toujours aussi marquée sur les images Doppler. Au même moment, la tornade arrive sur la banlieue de Moore.



Source : Radar Doppler KTLX- Oklahoma- GR Level

L'écho en crochet s'enroule véritablement, signe que le courant descendant de flanc arrière (RFD) enveloppe progressivement le mésocyclone.



Source: Radar Doppler KTLX- Oklahoma- NOAA

A ce moment-là, la tornade atteint son apogée et dévaste la région de Moore.

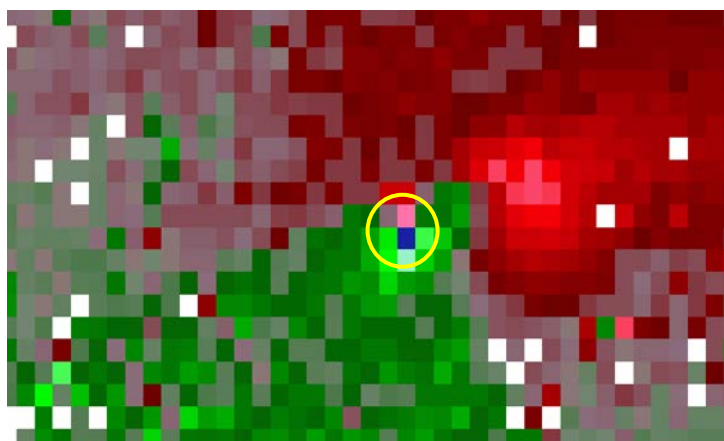
A noter que l'importante réflectivité présente sur l'écho en crochet et visible sur l'image ci-dessus dénote la présence de nombreux débris emportés par la tornade. Ce ne sont donc pas les précipitations à elles seules qui sont responsables de cela.

Enfin, après avoir touché tout le sud de l'agglomération d'Oklahoma, la tornade perd progressivement de son intensité et laisse derrière elle un spectacle de désolation !

Analyse fine des imageries radars de la cellule

Une analyse très détaillée d'une imagerie Doppler à vitesses radiales (dont l'inclinaison est à 0.5°) permet de mettre en évidence un couplet très marqué à l'ouest de Moore, au moment où la tornade se développe.

Pour se faire une idée, la couleur bleue indique que les précipitations s'approchent du radar à une vitesse d'environ 160 km/h tandis que la couleur rose/rouge indique que les précipitations s'éloignent du radar à une vitesse d'environ 90 km/h. une telle différence en si peu de distance conclut à la présence d'une rotation extrêmement marquée sur la région concernée (cercle jaune) ce qui indique la présence probable d'une tornade (ce qui est le cas ici).



Source : Radar Doppler KTLX- Oklahoma- IEM

Voici maintenant une photographie des dégâts à l'endroit où ce couplet à été observé par le radar après le passage de la tornade.



Source: National Weather Service- Norman

4. Analyses des dégâts de la tornade

Avant toute chose, revenons un peu sur la méthode utilisée au Etats-Unis pour classer l'intensité d'une tornade.

Contrairement à certaines idées reçues, ce n'est pas l'intensité de la tornade même qui est mesurée mais l'intensité des dégâts provoqués par le passage de la tornade. La nuance est de taille.

Depuis plusieurs décennies, les Etats-Unis utilisent l'échelle de Fujita.

Depuis 2007, une nouvelle échelle (baptisée nouvelle échelle de Fujita) a pris le relais. Cette dernière a la particularité de tenir compte du type de constructions. Précisons cependant que cette échelle a été créée aux Etats-Unis, en tenant compte des infrastructures américaines.

Cependant, des recherches menées conjointement par des spécialistes européens et américains sont actuellement en cours afin de tenter d'adapter cette échelle au continent européen.

Dans l'attente de résultats probants, il semblerait plus prudent d'utiliser l'ancienne échelle de Fujita qui, comme on le sait, comporte des lacunes également.

Une autre solution pourrait être l'utilisation de l'échelle de Torro, voire d'associer l'ancienne échelle de Fujita et l'échelle de Torro.

Comme vous pouvez le constater, toutes ces classifications restent assez ambiguës et sont finalement à l'appréciation de chacune des institutions chargées de classer l'intensité des dégâts d'une tornade.

Espérons qu'à l'avenir, une échelle « européenne » voit le jour afin de permettre de tenir compte des habitats propres à nos régions.

Voici une description de la nouvelle échelle de Fujita

Intensité	Vitesse du vent	Dégâts observés	Photographies
EF0	105 à 135 km/h	Dégâts légers, branches cassées, toitures faiblement endommagées	
EF1	136 à 175 km/h	Toitures endommagées, caravanes renversées	
EF2	176 à 220 km/h	Toitures arrachées, arbres déracinés ou cassés	
EF3	221 à 270 km/h	Murs des habitations endommagés, camions renversés et déplacés	
EF4	271 à 320 km/h	Habitations très fortement endommagées, voire détruites	
EF5	>320 km/h	Habitations totalement détruites	

La tornade de Moore a donc été classée EF5 pour son intensité maximale.

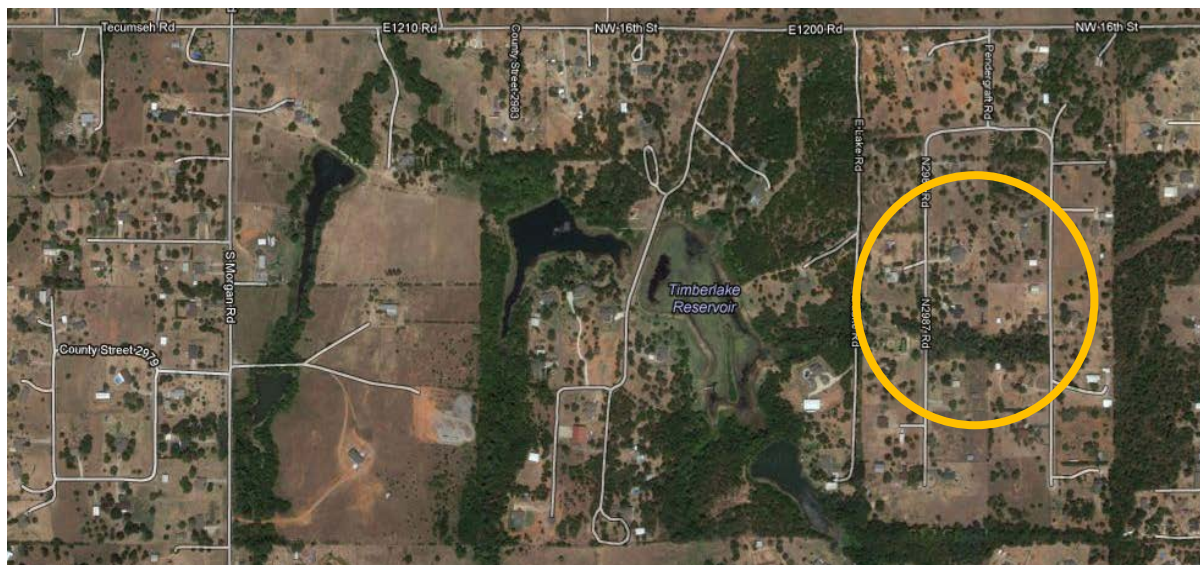
Malgré cela, il est très important de rappeler que cette classification ne concerne qu'une portion très réduite de la zone touchée par la tornade, et pour être plus précis, la zone englobant l'école élémentaire de Briarwood.

Nous allons maintenant analyser les dégâts tout le long du parcours de la tornade.

Ces analyses vont permettre de mettre en évidence le comportement d'une tornade de forte puissance tout le long de son itinéraire et, contrairement à ce que l'on pourrait croire, la tornade ne va pas garder une intensité régulière, ni une largeur constante. Nous allons également ajouter aux cartes les photographies des dégâts.

4.1. Le contact de la tornade au sol jusqu'à son arrivée dans la banlieue de Moore

Selon les premiers dégâts observés, la tornade aurait touché le sol juste à l'est de Timberlake Reservoir. D'emblée, des dégâts à la végétation permettent de classer l'intensité de la tornade au niveau EF0.



Google Maps



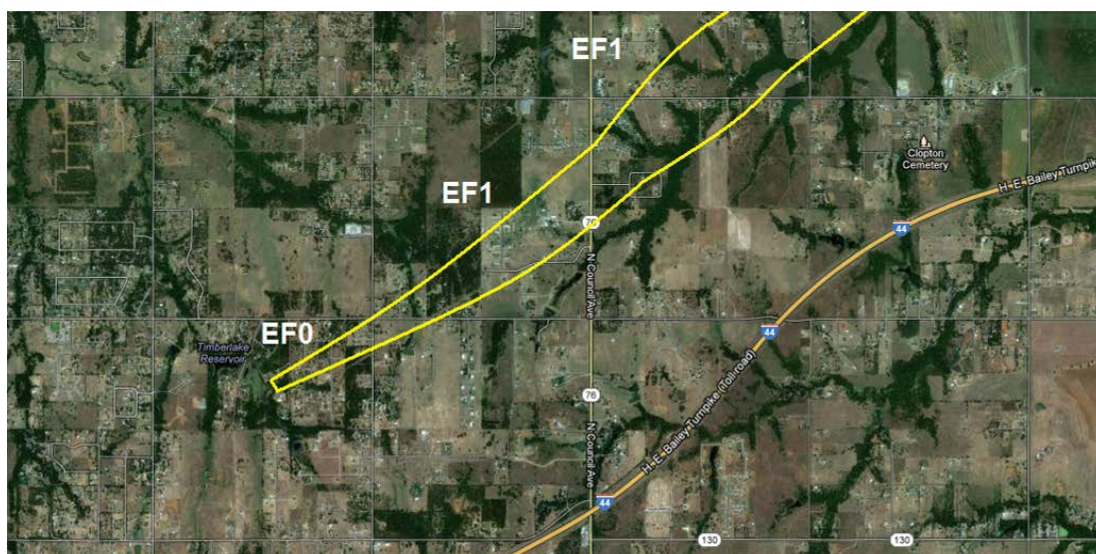
Source: National Weather Service- Norman

La photographie ci-dessous montre la tornade environ une minute après le premier contact avec le sol.



Source: Justin Cox- Chance Coldiron

Rapidement, la tornade s'élargit et atteint environ les 500 mètres de large. Les dégâts font état d'un niveau EF0- EF1.



Google Maps



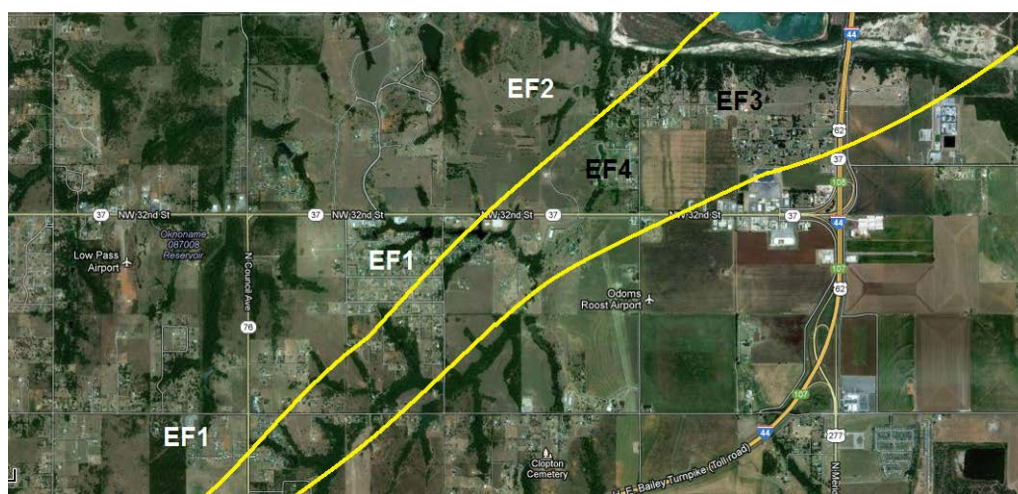
Source: National Weather Service- Norman

Arrivée au nord de Newcastle, la tornade s'élargit et s'intensifie brutalement ! La photographie ci-après permet de la visualiser à ce moment-là.



Source: Justin Cox- Chance Coldiron

Comme nous pouvons le constater, en l'espace de quelques kilomètres, le couloir des dégâts s'élargit considérablement (environ 1000 mètres de largeur) et l'intensité augmente pour atteindre le stade EF4 sur une habitation. Mais dans l'ensemble, les dégâts sont du niveau EF2.

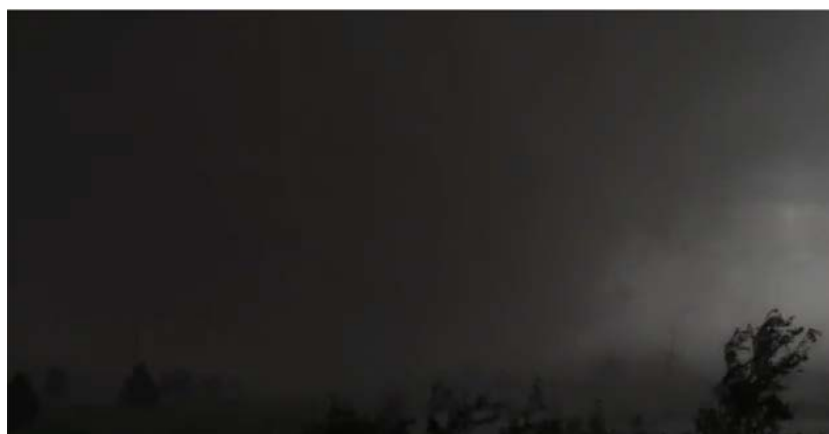


Google Maps



Source: National Weather Service- Norman

Brutalement, la tornade infléchit sa route vers l'est. Le couloir des dégâts s'élargit également pour atteindre les 1800 mètres de largeur. Nous sommes à l'endroit où la tornade atteint sa largeur maximale. Les dégâts restent dans l'ensemble du niveau EF2 mais au sein du couloir, les zones sont irrégulièrement touchées. C'est ainsi que nous avons des habitations peu endommagées juxtaposant des habitations plus sévèrement abîmées. Cependant, nous pouvons constater que les dégâts sont un peu moins marqués qu'il y a quelques centaines de mètres. La photographie ci-dessous montre la tornade au moment où celle-ci atteint sa largeur maximale. D'ailleurs, prise à moins d'un kilomètre de là, la tornade ressemble à un immense mur de pluie et de débris !



Source: Justin Cox- Chance Coldiron

Passé cet endroit, la tornade reprend de la vigueur et le stade EF3 puis EF4 sont à nouveau atteints aux abords de la banlieue de Moore.



Google Maps

Voici quelques photographies des dégâts sur cette zone.

La première photographie montre des dégâts du niveau EF3 tandis que la seconde, du niveau EF4



Source: National Weather Service- Norman

4.2. Parcours de la tornade dans la banlieue de Moore

La tornade arrive sur la ville de Moore.



Source: **Basehunters**

D'emblée, l'intensité des dégâts dénote une tornade d'une puissance extrême ! En effet, le stade EF4 est de mise sur plusieurs habitations à l'entrée de la ville. Mais c'est un peu plus loin que la tornade arrive à son paroxysme en frappant de plein fouet l'école élémentaire de Briarwood. Le stade EF5 est délivré sur cette zone.



Google Maps

Passé l'école, la tornade garde sa pleine puissance et dévaste la banlieue de Moore. A plusieurs reprises, le stade EF4 est atteint. Les dégâts sont colossaux ! Parallèlement, le couloir des dégâts se rétrécit et n'excède plus les 1000 mètres de largeur, ce qui reste bien sûr considérable.



Dégâts à l'école de Briarwood
Source: **National Weather Service- Norman**



Le parcours de la tornade sur la banlieue de Moore

Source: **BBC News**

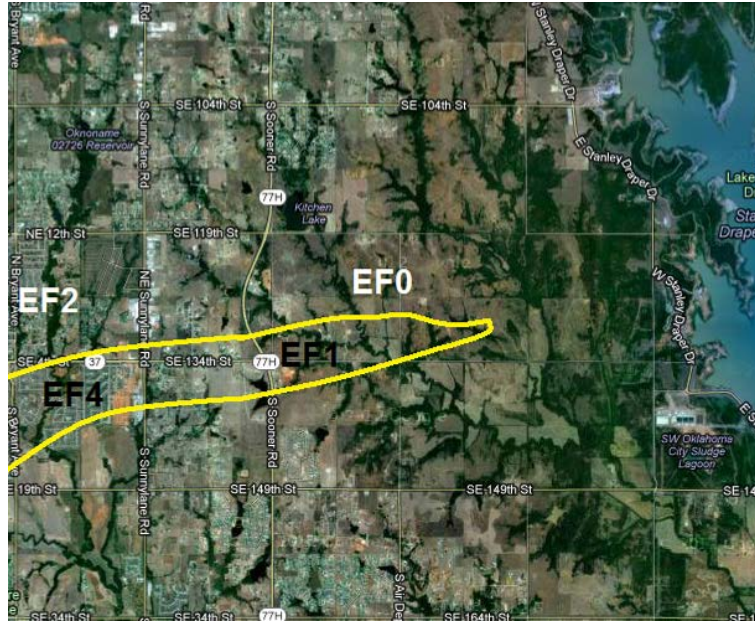
Tous droits réservés © Belgorage : www.belgorage.com

L'image ci-dessous montre la zone la plus fortement touchée par la tornade. La plupart des dégâts désignent une intensité EF4. L'école de Briarwood se situe en premier plan. Le niveau EF5 a été atteint principalement sur les habitations proches de l'école, où il ne reste que les fondations (en haut de l'image).



Source: National Weather Service- Norman

Passé la banlieue de Moore, la tornade entame enfin son déclin mais continue à provoquer des dégâts. Fort heureusement, le tourbillon traverse des zones inhabitées pour terminer son parcours.



Google Maps



Source: National Weather Service- Norman

4.3. Parcours et durée totale de la tornade

C'est donc une tornade qui aura parcouru environ 28 km et aura perduré 50 minutes. La tornade se sera donc déplacée à une vitesse moyenne de 34 km/h, ce qui est relativement lent.

Pour terminer ce chapitre, voici une image montrant l'hôpital de Moore avant et après le passage de la tornade. A cet endroit, les dégâts ont été estimés aux niveaux EF3-EF4.



Source: BBC News

5. Une tornade de type « wedge »

La tornade de Moore aura connu des stades d'intensification et d'affaiblissement tout au long de son parcours. Mais cela vaut également pour sa structure. En effet, si au départ cette tornade était une colonne assez étroite, celle-ci va évoluer au fur et à mesure de sa progression et s'élargir pour devenir finalement une « wedge ».

Ce terme, bien que non scientifique, désigne une tornade qui, visuellement, semble plus large que haute. Les images ci-dessous montrent très bien cette évolution.



Source : News9.com

6. Sources

Storm Prediction Center

National Weather Service- Norman

GR Level

IEM

Justin Cox- Chance Coldiron

Basehunters

BBC News

New9.com

Met Ed