

LES TORNADES DU 23 OCTOBRE 2022 DANS LE NORD DE LA FRANCE

Inventaire des dégâts, caractéristiques des tornades et
analyse du contexte météorologique



Domages causés par la tornade EF3 du 23 octobre 2022 à Bihucourt (Pas-de-Calais). © P. Mahieu, E. Wesolek.



PRÉAMBULE

Le dimanche 23 octobre 2022, en cours d'après-midi, dans une ambiance particulièrement douce pour la saison, des orages s'initient aux confins des Pays-de-la-Loire et de la Bretagne. Ils s'intensifient tout en progressant vers la Normandie, et une structure de type supercellulaire devient rapidement identifiable au sein de ces orages ; très active, elle balaie successivement la Sarthe, l'Orne, l'Eure, la Seine-Maritime, l'Oise, la Somme, le Pas-de-Calais et le Nord, avant de poursuivre sa route en Belgique à la tombée de la nuit.

Au fil des heures, des signalements de dommages remontent via les réseaux d'information en plusieurs points de l'axe parcouru par la supercellule. Les dégâts apparaissent d'emblée sévères par endroits, notamment dans la petite commune de Bihucourt (Pas-de-Calais), à proximité de laquelle un témoin filme une tornade.

Keraunos déclenche alors une enquête prioritaire dans le sud-est du Pas-de-Calais. Elle est réalisée dès le lendemain des événements, le lundi 24 octobre. Les relevés de dommages confirment rapidement l'intensité notable du phénomène, et mettent en évidence un sillon de dégâts caractéristiques d'une tornade sur de nombreux kilomètres au nord-est de Bihucourt. Dès lors, l'enquête de terrain est poursuivie les jours suivants, dans un premier temps en aval du Pas-de-Calais (Nord et Belgique), puis dans un second temps en amont du Pas-de-Calais (Eure, Seine-Maritime, Oise et Somme). Kilomètre après kilomètre, les investigations mettent peu à peu en évidence un couloir de dégâts de nature tornadique qui se prolonge de commune en commune, faisant apparaître la dévastation de Bihucourt comme le point culminant d'une tornade qui, en réalité, a présenté une longévité exceptionnelle.

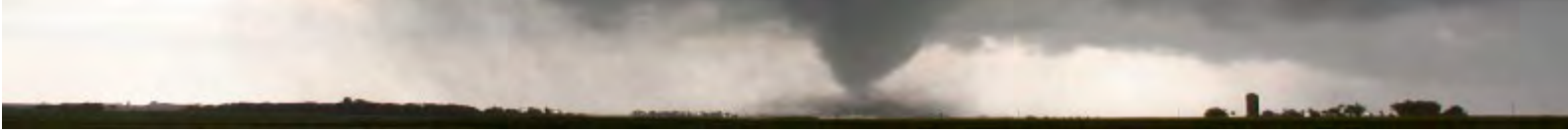
Ainsi, l'enquête de terrain, d'une durée totale de deux semaines, a permis d'identifier et de documenter une tornade qui, avec une trajectoire de 206 kilomètres, devient la tornade française qui a parcouru la plus longue distance connue à ce jour. Les milliers de dégâts qui ont été répertoriés et analysés durant cette longue enquête conduisent à conclure à une intensité maximale EF3, soit la tornade la plus intense en France depuis 2013. Mais les investigations sur place ont également mis en évidence une autre tornade, formée plus tôt sous la même supercellule (tornade EF1 de Muids), ainsi qu'une troisième plus à l'ouest entre Calvados et Eure (tornade EF2 de Beuzeville), l'ensemble constituant ainsi un *outbreak* de tornades.

Le présent rapport présente dans un premier temps les résultats de l'enquête de terrain réalisée du 24 octobre au 6 novembre 2022, en se focalisant sur les deux tornades issues de la même supercellule. Le contexte météorologique qui leur a donné naissance est analysé dans un second temps, avant d'évoquer la question de la prévision des tornades en général et de cet épisode en particulier.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les services de secours et de sécurité présents à Bihucourt pour leur amabilité et leur compréhension lors de notre enquête sur place, ainsi que les divers témoins qui nous ont apporté de précieuses informations sur le déroulement des événements.

Nous remercions également G. Milcareck et J. Avalet pour leur contribution à l'enquête sur les départements de l'Eure, de la Seine-Maritime, de l'Oise et de la Somme, ainsi que C. Asselin pour le survol en drone de certaines zones et une sélection de clichés réalisés dans le Nord.



1 – RAPPORT D'ENQUÊTE

La première partie de cette étude retrace le parcours des deux tornades issues de la principale supercellule, tel qu'il a pu être reconstitué grâce aux deux semaines d'enquête de terrain. Ce compte-rendu présente dans un premier temps la trajectoire de manière globale, puis détaille dans un second temps le parcours des tourbillons, du premier contact jusqu'à la dissipation, zone géographique par zone géographique, afin d'indiquer la localisation et la nature d'un certain nombre de traces laissées par chacune des deux tornades sur leur passage.

Compte tenu de l'étendue hors norme du sillon de dommages, et afin de ne pas surcharger ce document, le rapport se concentre sur les principaux dégâts causés par ces tornades, et ne détaille donc pas l'intégralité des dégâts tornadiques identifiés lors de l'enquête de terrain. Un certain nombre de dommages ont également été produits ponctuellement par des rafales descendantes ; ceux-ci ne sont pas non plus présentés en détail ici.

POURQUOI UNE ENQUÊTE DE TERRAIN ?

Les enquêtes de terrain réalisées par Keraunos sont indispensables au recensement précis des phénomènes orageux en général, et des tornades en particulier. Dans le cas des phénomènes tourbillonnaires, elles ont trois vocations principales :

1. **déterminer la nature exacte du phénomène en cause** (tornade ou rafale descendante), par une analyse de la nature des dégâts et de leur organisation (effets d'aspiration, de convergence, de projection,...) ;
2. le cas échéant, **définir le parcours de la tornade**, son point de départ et son point de dissipation ;
3. enfin, **qualifier précisément l'intensité de la tornade**, par le recueil aussi exhaustif que possible des dommages et de leurs caractéristiques.

Sur ce dernier point, Keraunos utilise **l'échelle de Fujita améliorée** pour noter l'intensité des tornades¹, dans une version augmentée et adaptée au contexte européen^{2,3}. Cette méthode permet de qualifier de manière précise les dommages en fonction du type de construction ou de végétation frappé par une tornade, et d'en déduire une estimation des vitesses de vent maximales.

1 : **Wind Science and Engineering Center**, 2004. A Recommendation for an Enhanced Fujita Scale (EF-Scale). Texas Tech University, 111 p.

2 : **Mahieu P., Wesolek E.**, 2011. Contribution to an European adaptation of the enhanced Fujita scale: analysis of damage caused by tornadoes in France. Conference paper, European Conference on Severe Storms 2011. Disponible à l'adresse : <https://www.keraunos.org/recherche-contribution-to-an-european-adaptation-of-the-enhanced-fujita-scale.pdf>

3 : **Mahieu P., Wesolek E.**, 2016. Déterminer l'intensité des tornades en Europe avec l'échelle EF : définition des indicateurs de dommages dédiés au continent européen. Disponible à l'adresse : <https://www.keraunos.org/tornado-rating-in-europe-with-the-enhanced-fujita-scale-fr.pdf>

UNE ENQUÊTE AUX PROPORTIONS INÉDITES

L'enquête de terrain menée afin de documenter les événements du 23 octobre 2022 a présenté un certain nombre de particularités, au premier rang desquelles l'étendue exceptionnelle des zones géographiques à inspecter. Ce sont en effet des centaines de kilomètres cumulés qui ont été parcourus de part et d'autre de la zone de dommages, pour répertorier et analyser les dégâts – qui se comptent par milliers –, et identifier le parcours exact suivi par la tornade. Il s'agit ici de l'enquête la plus vaste jamais réalisée par Keraunos depuis sa création en 2006.

Les dimensions hors norme de la trajectoire de cette tornade ont rendu encore plus sensibles les enjeux liés aux enquêtes post-tornades :

- il est toujours nécessaire de réaliser sans délai une inspection des zones concernées, notamment en milieu urbanisé, en raison d'un déblaiement des dégâts ou d'un bâchage qui est généralement achevé dans les 24 à 48 heures ; les indices matériels au sol deviennent de moins en moins probants au fil des jours ce qui, compte tenu de l'immense zone à inspecter, a nécessité une organisation spécifique afin de couvrir en priorité certaines communes parmi la centaine en tout ou partie concernées ;
- l'examen minutieux des dommages les plus sévères est capital pour déterminer l'intensité maximale de la tornade ; or l'ampleur des dégâts conduit parfois les autorités à barrer les accès aux zones les plus sinistrées ; c'est ce qui s'est produit notamment à Bihucourt et Hendecourt-lès-Cagnicourt, mais il a été possible d'obtenir des autorisations auprès des pompiers et des forces de l'ordre pour pénétrer dans les zones interdites d'accès afin d'y réaliser nos observations ;
- les zones agricoles dénuées d'obstacles susceptibles d'être endommagés sont particulièrement complexes à couvrir lors des enquêtes ; or, dans le cas présent, le terrain présente cette spécificité, notamment en Picardie : plusieurs portions du parcours de la tornade concernent des terres agricoles parfois très étendues, et majoritairement à nu en cette période de l'année, l'arrachage des betteraves et des maïs étant déjà effectué dans nombre de parcelles ; ceci limite les traces identifiables au sol et nécessite un examen très approfondi des zones traversées, qui pour un certain nombre d'entre elles ne sont accessibles qu'à pied ; par ailleurs, dans ces mêmes zones rurales, des opérations de fauchage venaient d'être effectuées en bordure de parcelles agricoles, notamment celles qui sont délimitées par des haies ou des arbres, ce qui peut donner à tort l'illusion de dégâts venteux et nécessite une expertise vigilante de l'état de la végétation ;
- enfin, certaines tornades présentent des trajectoires qui tendent à être sinueuses ; ce cas de figure est délicat à gérer lors d'une enquête : il devient en effet impossible de projeter une trajectoire linéaire théorique en raison d'inflexions répétées et la reconnaissance sur le terrain s'en trouve sensiblement complexifiée et allongée ; c'est précisément le cas qui s'est présenté pour la principale tornade de cet épisode.

Pour ces diverses raisons, l'enquête sur cet événement a nécessité pas moins de deux semaines d'investigations et de pointages, et un déploiement de moyens sans précédent afin de couvrir l'intégralité de la trajectoire parcourue par les deux tornades successives.

1.1 VUE GÉNÉRALE DU PARCOURS DES DEUX TORNADES

Les divers dommages qui ont été signalés dans les heures qui ont suivi les événements ont pu laisser penser initialement qu'une multitude de phénomènes venteux distincts s'étaient abattus au fil de la progression des orages. Multiples tornades et rafales descendantes auraient en effet pu se déclencher sous le système orageux ; restait donc à déterminer quels phénomènes s'étaient produits et où.

L'enquête de terrain a toutefois montré, au fil des jours, un constat tout autre : la quasi-totalité des dégâts a en réalité été causée par une seule et même tornade qui a parcouru sans discontinuer une trajectoire d'une longueur sans précédent dans la climatologie des tornades françaises. Avec un parcours total de 206 kilomètres, elle pulvérise en effet l'ancien record de 81 kilomètres qui datait du 19 août 1890 (tornade EF4 de Saint-Claude, dans le Jura). Fait remarquable, l'enquête de terrain a mis également en évidence une autre tornade, produite par la même supercellule en amont de la tornade principale ; celle-ci a concerné l'Eure, sur un parcours de près de 13 kilomètres. Ces deux tornades, qui ont été générées successivement par le même mésocyclone et sur le même axe de translation, témoignent donc d'une activité tornadique en trois temps pour cette supercellule particulièrement durable :

- Une première phase tornadique sur un parcours de 12,8 kilomètres entre Heudebouville et Cuverville (Eure), avec une intensité maximale établie à EF1,
- Une rétractation du tourbillon pendant 11,5 kilomètres,
- Une seconde phase tornadique sur un parcours de 206 kilomètres entre Puchay (Eure, France) et Vieux-Leuze (Hainaut, Belgique), avec une intensité maximale établie à EF3.

Même si ces deux tornades constituent en quelque sorte un même événement dans la mesure où elles sont issues du même moteur de supercellule, l'interruption du couloir de dégâts sur une distance significative de 11,5 kilomètres conduit à considérer deux tornades distinctes et successives dans les statistiques climatologiques. Leur parcours et leur intensité sont synthétisées ci-dessous :



Par ailleurs, une troisième tornade a pu être identifiée au cours de cet épisode orageux, sous une autre supercellule. Survenue 35 minutes plus tôt et 70 kilomètres plus à l'ouest aux confins du Calvados et de l'Eure, elle a atteint une intensité EF2, avec un parcours de plusieurs kilomètres. Ce cas n'est pas traité en détail dans le présent rapport.

Au total, les tornades de Muids et de Bihucourt ont affecté 109 communes françaises et 2 communes belges. Le détail est listé ci-dessous, dans l'ordre chronologique, avec indication de l'intensité maximale retenue pour chacune d'elles :

TABLE DES COMMUNES DE LA TORNADE EF1 DE MUIDS

Commune	Département	Intensité max	Commune	Département	Intensité max
1 Heudebouville	27	EF0	5 Le Thuit	27	EF0
2 Muids	27	EF1	6 Les Andelys	27	EF0
3 Daubeuf-près-Vatteville	27	EF0	7 Cuverville	27	EF0
4 La Roquette	27	EF0			

TABLE DES COMMUNES DE LA TORNADE EF3 DE BIHUCOURT

Commune	Département	Intensité max	Commune	Département	Intensité max
1 Puchay	27	EF0	53 Englebelmer	80	EF0
2 La Neuve-Grange	27	EF0	54 Mesnil-Martinsart	80	EF0
3 Morgny	27	EF0	55 Beaumont-Hamel	80	EF0
4 Lilly	27	EF0	56 Thiepval	80	EF0
5 Bosquentin	27	EF1	57 Beaucourt-sur-l'Ancre	80	EF0
6 Bèzu-la-Forêt	27	EF1	58 Grandcourt	80	EF0
7 Bézancourt	76	EF1	59 Miraumont	80	EF0
8 Montroty	76	EF1	60 Pys	80	EF0
9 Bosc-Hyons	76	EF0	61 Irlès	80	EF1
10 Ernemont-la-Villette	76	EF0	62 Gréville	62	EF1
11 Gournay-en-Bray	76	EF0	63 Achiet-le-Petit	62	EF1
12 Ferrières-en-Bray	76	EF1	64 Bihucourt	62	EF3
13 Hannaches	60	EF1	65 Béhagnies	62	EF3
14 Hécourt	60	EF1	66 Ervillers	62	EF2
15 Buicourt	60	EF1	67 Mory	62	EF2
16 Gerberoy	60	EF1	68 Saint-Léger	62	EF2
17 Songeons	60	EF2	69 Croisilles	62	EF1
18 Morvillers	60	EF1	70 Ecoust-Saint-Mein	62	EF1
19 Thérines	60	EF1	71 Bullecourt	62	EF1
20 Roy-Boissy	60	EF1	72 Hendecourt-lès-Cagnicourt	62	EF2
21 Fontaine-Lavaganne	60	EF1	73 Cagnicourt	62	EF0
22 Saint-Maur	60	EF1	74 Dury	62	EF0
23 Gaudechart	60	EF2	75 Villers-lès-Cagnicourt	62	EF0
24 Grez	60	EF1	76 Saudemont	62	EF0
25 Le Hamel	60	EF1	77 Récourt	62	EF1
26 Cempuis	60	EF1	78 Écourt-Saint-Quentin	62	EF0
27 Sommereux	60	EF1	79 Palluel	62	EF0
28 Le Mesnil-Conteville	60	EF1	80 Arleux	59	EF1
29 Beaudéduit	60	EF1	81 Cantin	59	EF1
30 Thois	80	EF1	82 Erchin	59	EF1
31 Belleuse	80	EF1	83 Lewarde	59	EF1
32 Conty	80	EF2	84 Masny	59	EF1
33 Ô-de-Selle (Tilloy-lès-Conty, Lœuilly)	80	EF2	85 Écaillon	59	EF1
34 Nampty	80	EF0	86 Bruille-lez-Marchiennes	59	EF0
35 Saint-Saulfieu	80	EF0	87 Pecquencourt	59	EF0
36 Plachy-Buyon	80	EF0	88 Somain	59	EF0
37 Hébécourt	80	EF0	89 Rieulay	59	EF0
38 Rumigny	80	EF0	90 Fenain	59	EF0
39 Saint-Fuscien	80	EF0	91 Wandignies-Hamage	59	EF0
40 Cagny	80	EF0	92 Warlaing	59	EF1
41 Amiens	80	EF0	93 Tilloy-lez-Marchiennes	59	EF1
42 Longueau	80	EF0	94 Brillon	59	EF0
43 Camon	80	EF0	95 Bousignies	59	EF0
44 Querrieu	80	EF1	96 Millonfosse	59	EF0
45 Fréchencourt	80	EF1	97 Rosult	59	EF0
46 Béhencourt	80	EF0	98 Saint-Amand-les-Eaux	59	EF0
47 Bavelincourt	80	EF0	99 Lecelles	59	EF0
48 Contay	80	EF0	100 Thun-Saint-Amand	59	EF1
49 Baizieux	80	EF0	101 Mortagne-du-Nord	59	EF0
50 Warloy-Baillon	80	EF0	102 Flines-lès-Mortagne	59	EF0
51 Senlis-le-Sec	80	EF0	103 Péruwelz (Callenelle, Brasmenil, Wasmes-Audeméz-Briffœil, Braffe)	*	EF1
52 Bouzincourt	80	EF0	104 Leuze-en-Hainaut (Willaupuis, Vieux-Leuze)	*	EF1

1.2 ANALYSE DÉTAILLÉE DU SILLON DE DÉGÂTS

Les pages qui suivent présentent de manière détaillée le parcours des deux tornades, via une série de 38 cartes qui couvrent chacune approximativement une portion de territoire de 7 km de côté.

Outre la trajectoire suivie par le cœur de la tornade, ces cartes font figurer la zone couverte par le couloir de dégâts, ainsi qu'une sélection numérotée de points d'intérêt. Les commentaires associés détaillent un certain nombre d'observations effectuées sur place et s'achèvent sur quelques photographies des dommages réalisées dans la zone géographique analysée.

Afin de fournir une restitution synthétique, les analyses se concentrent sur les principaux dommages observés (des dégâts mineurs peuvent ponctuellement avoir concerné des zones non incluses dans le couloir de dégâts indiqué).

NB : sauf mention contraire, les heures indiquées sont exprimées en Temps Universel (TU), soit deux heures de moins que l'heure légale française ce jour-là (par exemple : 16h00 TU = 18h00 légales).



D'HEUDEBOUVILLE À MUIDS (EURE)



A 14h25 TU, la supercellule qui transite au sud de Louviers (Eure) s'accompagne de précipitations diluviennes, de gros grêlons et de bonnes rafales de vent. Le témoignage d'une habitante de Fontaine-Bellenger est tout à fait explicite : « Nous, ça a bien claqué [...] avec vent violent et gros grêlons ». On observe effectivement des grêlons d'un diamètre de 3 à 4 cm dans le secteur, chose remarquable pour un mois d'octobre.

A 14h28 TU, Etienne Farget filme ce qui s'apparente à un tuba bien développé en direction d'Heudebouville (Eure), à 11 km à l'ouest de sa position. Sans le savoir, il saisit l'instant où un tourbillon s'apprête à toucher le sol dans la vallée de la Seine et perdurer presque sans discontinuer jusque dans le Hainaut Belge, à plus de 200 km de là.



Aperçu de la tornade depuis Courcelles-sur-Seine en direction d'Heudebouville © Etienne Farget

Les premières traces du tourbillon sont effectivement observées en contrebas d'**Heudebouville**, là où débute un réel sillon de dommages convergents et organisés au sein d'un couloir qui atteindra par la suite entre 50 et 150 mètres de largeur (on note déjà dans le bois d'Ingremare des branches d'arbres brisées çà et là, mais sans couloir réellement défini).

C'est donc en bordure de Seine, à 10 mètres d'altitude, que des branches sont brisées sur des peupliers et des saules, le long de la route de l'Ormais et sur l'île du même nom [1]. Il est alors 14h31 TU.



[1] Heudebouville – Saule sectionné sur l'île de l'Ormais / [2] Muids – Haie d'arbres arrachée © Keraunos

Après avoir traversé la Seine, et selon un sens de déplacement du SO vers le NE (230°), le tourbillon traverse le petit bourg de **Muids** par la rue de Voie. Les dommages sont ponctuels mais bien délimités, preuve que le tourbillon exerce une influence chaotique au niveau du sol. Entre la rue du Mesnil-d'Andé et la rue de l'Industrie, une haie d'arbres (orientée du nord au sud) est sectionnée sur une largeur de 100 mètres [2]. Fait caractéristique d'une tornade à circulation rapide, l'axe de convergence est marqué par une prédominance de fortes aspirations sur les trois-quarts sud-est du couloir de dégâts, là où les projections s'orientent principalement vers le NE ou le NNE. Cette asymétrie peut donner l'impression de rafales descendantes en raison de l'aspect à première vue linéaire de l'organisation des dommages ; en réalité, la convergence est présente, mais se trouve refoulée en bordure nord-ouest du couloir. Plus loin, d'autres arbres sont arrachés dans le village, dont un cèdre près de la rue d'Herqueville [3].

Plus spectaculaire, un pan entier de la toiture d'un des bâtiments de l'école est arraché [4], avenue Pierre-Dupont. La structure en bois et en tôles est projetée à 40 mètres vers le NNE (200°). Ce type de dommages relève du niveau d'intensité EF1 (bas de l'échelon) sur l'échelle de Fujita améliorée.



[4] Muids – Pan de toiture de la cantine arraché © Bruno Lethiais / Ce qu'il reste du bâtiment © Keraunos

Dans le village, la tornade prend de court les habitants qui livrent ce témoignage: « *Franchement vu les dégâts dans notre village et le bruit qu'on entendait, je pense qu'il n'y a pas de doutes [sur le fait qu'il s'agisse d'une tornade]. Ça n'a pas duré longtemps mais c'était vraiment impressionnant.* »

Le tourbillon traverse ensuite la rue de la Messe où quelques toitures sont faiblement endommagées près de la Croix des Tilleuls [5].



[5] Muids – Tuiles arrachées sur une toiture, rue de la Messe © Keraunos

Quelques branches d'arbres sont également arrachées près du château d'eau [6], le long de la route d'accès au coteau de la Roquette. Les dommages sont dans ce secteur rétrogradés en intensité EF0.



[6] Muids – Grosse branche arrachée près du château d'eau © Keraunos

DU BOIS COLLET À LA ROUTE DU PERREY (CUVERVILLE) (EURE)



La tornade remonte le coteau de la Roquette et traverse le bois du Collet à **Daubeuf-près-Vatteville**, où de nombreuses branches sont arrachées et quelques arbres couchés le long de la route [1]. La disposition du bois, sur un coteau bien exposé et très abrupt (100 mètres de dénivelé), peut expliquer le léger regain d'intensité sur cette parcelle.



[1] Daubeuf-près-Vatteville – Arbre déraciné dans le bois Collet © Keraunos

Arrivée sur un point culminant à plus de 130 mètres d'altitude, la tornade semble survoler le village de **la Roquette** [2] où aucun dommage apparent n'est relevé. Puis le tourbillon traverse une vaste zone agricole sans relief entre la Roquette et **le Thuit**, avant de prendre la direction d'un ravin boisé.

C'est précisément dans cette dépression naturelle, parcourue par la route du Perrey (limitrophe avec **les Andelys** et **Cuverville**) qu'on observe encore quelques traces du tourbillon : des branches, parfois de bonne taille, sont fendues ou brisées [3].

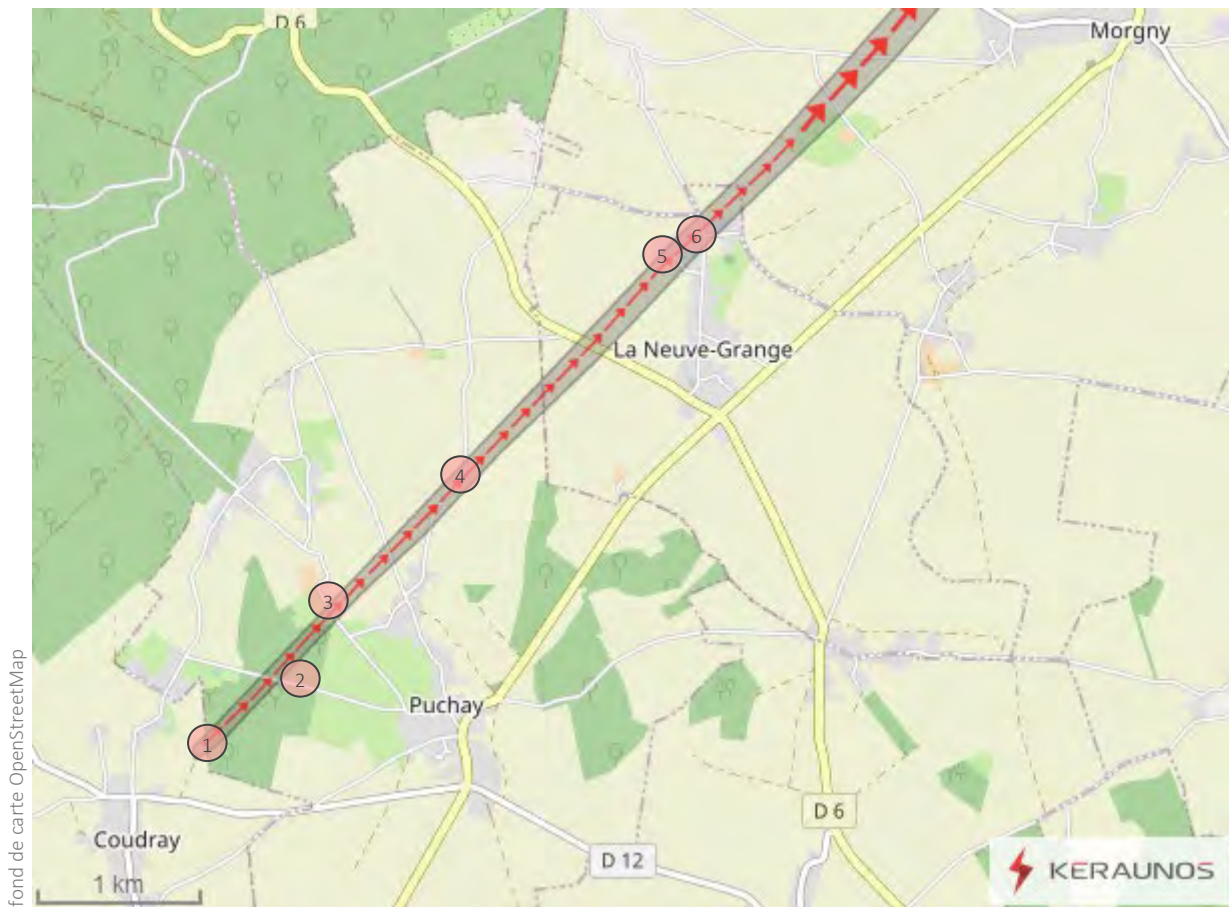


[3] Cuverville – Petit arbre sectionné à la base et branches brisées, route du Perrey © Keraunos

Au-delà de ce point, plus aucun axe de dégâts convergents n'a pu être identifié, malgré de nombreuses investigations (Fresne-l'Archevêque, Ecouis, Mesnil-Verclives, Coudray). On observe çà et là quelques petites branches au sol, mais l'organisation des dommages ne permet pas de considérer qu'une tornade a traversé ces communes.

La tornade EF1 de Muids s'achève donc à 14h40 TU, après un parcours total de 12,8 kilomètres et une largeur moyenne de 100 mètres.

DE PUCHAY À LA NEUVE-GRANGE (EURE)



Après une interruption temporaire des dommages convergents sur une distance de 11,5 kilomètres, de nouveaux dégâts sont identifiés à l'orée du bois du Défens (commune de **Puchay**), où quelques cimes de petits arbres sont sectionnées ou fendues sur une largeur de 100 mètres [1]. Des branches sont arrachées vers le NO près de la route du Bois-du-Défens [2]. A l'inverse, au sud des Arpents, de petites branches de peupliers sont brisées en direction du SE [3].



[1] Puchay – Dégâts visibles à l'orée du bois du Défens © Keraunos

Cette disposition dans les dommages indique qu'un mouvement rotatif est de nouveau en mesure de produire des dégâts convergents. Il est alors 14h48 TU. A compter de cet instant, la tornade va persister pendant plus de 2h30, traverser plus de 100 communes, 6 départements français et parcourir plus de 200 kilomètres jusqu'à Vieux-Leuze (Leuze-en-Hainaut, Belgique).

Toujours à Puchay, quelques arbres fruitiers sont ébranchés à l'extrémité de Mare Plate [4], puis le tourbillon atteint l'ouest de **la Neuve-Grange**. Si le village en tant que tel est épargné, il n'en est pas de même dans le périmètre des impasses du Marronnier et des Peupliers : quelques éléments de couverture d'un bâtiment de ferme sont emportés [5], tandis que des branches vigoureuses de peupliers d'Italie sont arrachées [6]. Ces dommages, qui sont observés sur une bande de terrain large de 100 mètres environ, sont caractéristiques d'un phénomène d'intensité EF0.

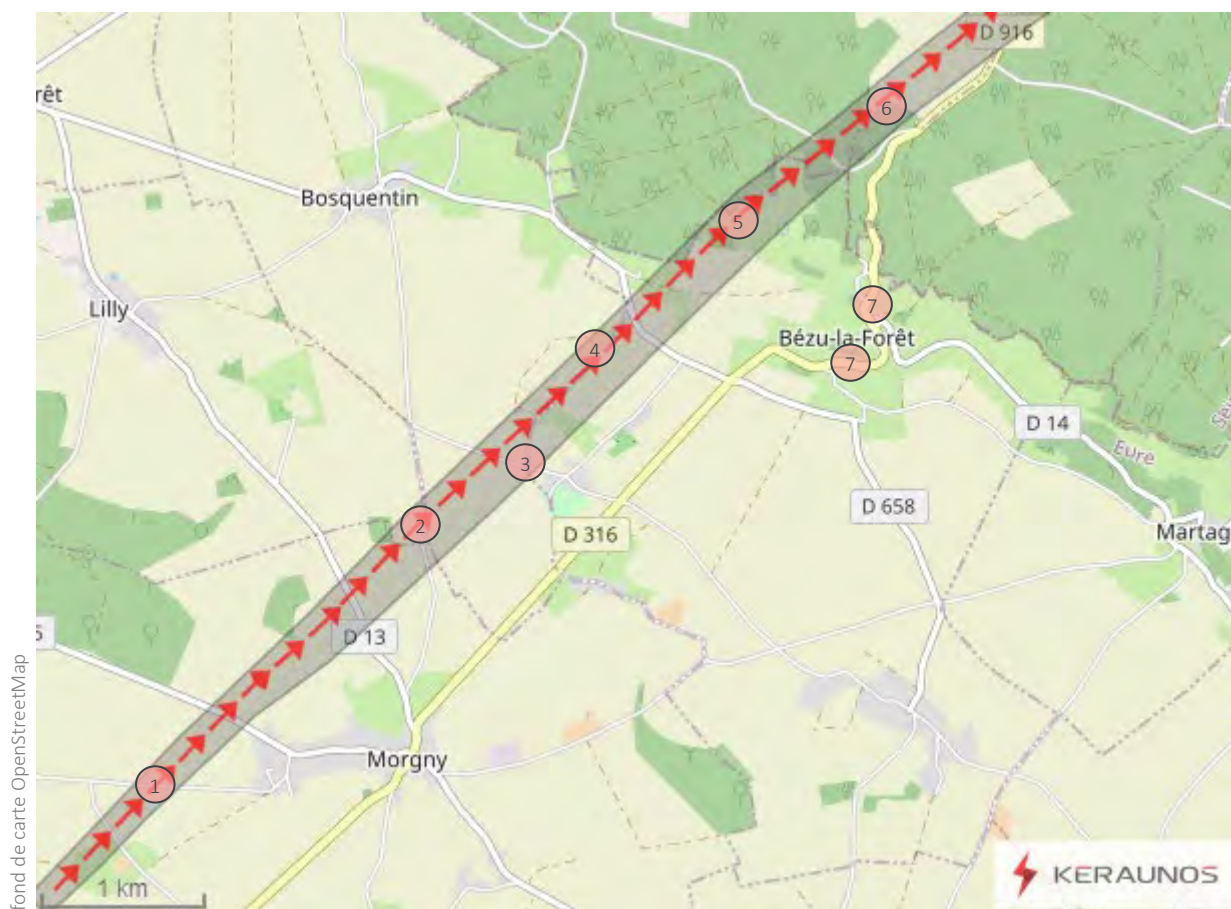


[5] La Neuve-Grange – Toiture d'un bâtiment agricole en réparation, impasse du Marronnier © Keraunos



[6] La Neuve-Grange – Dégâts dans une peupleraie. Projections de branches © Keraunos

DE MORGNY (EURE) AUX CONFINS DE LA SEINE-MARITIME



Selon un sens de déplacement très stable vers le NE (225°), la tornade frôle la ferme de la Curie à **Morgny** et dépouille un arbre de ses principales branches rue des Landeaux [1]. Les quelques branches de conifères arrachées à la Curie, en bordure sud de l'axe (environ 100 mètres) tendent à montrer que le tourbillon s'évase assez rapidement et produit déjà de fortes aspirations périphériques, voire de petits tourbillons secondaires.

Après avoir faiblement endommagé un bois puis une toiture à l'Anglée (**Lilly**) [2], la tornade traverse l'ouest de la Petite Panne (**Bézula-Forêt**) où un pylône électrique à basse tension est incliné [3].



[1] Morgny – Arbre dépouillé de ses branches © G. Milcareck / [3] Bézula-Forêt – Pylône électrique à basse tension incliné près de la Petite Panne © Keraunos

A la Grande Panne cette fois (commune de **Bosquentin**), plusieurs arbres sont déracinés, quelques toitures abîmées et des poteaux électriques en bois sectionnés [4]. La disposition des branches (en direction de l'est) indique que ces points sont situés à l'extrême nord-ouest du couloir de dégâts.



[4] Bosquentin – Branches arrachées et poteau électrique sectionné à la Grande Panne © G. Milcareck

Tout en s'évasant assez fortement, la tornade prend la direction de la forêt domaniale de Lyons, partagée à cet endroit entre les territoires de Bézancourt, de Bézu-la-Forêt et de Montroty. Près des sources de la Lévrière (Bézu-la-Forêt) [5], mais aussi dans la parcelle dite de la Vallée Thomas (**Montroty**) [6], la tornade arrache ou sectionne des arbres parfois vigoureux. Les projections de branches s'accroissent et l'on peut considérer que le niveau d'intensité EF1 est désormais constamment atteint, sur une largeur moyenne de 300 mètres.



[6] Montroty – Branches cassées et arbres endommagés dans la Vallée Thomas © Keraunos

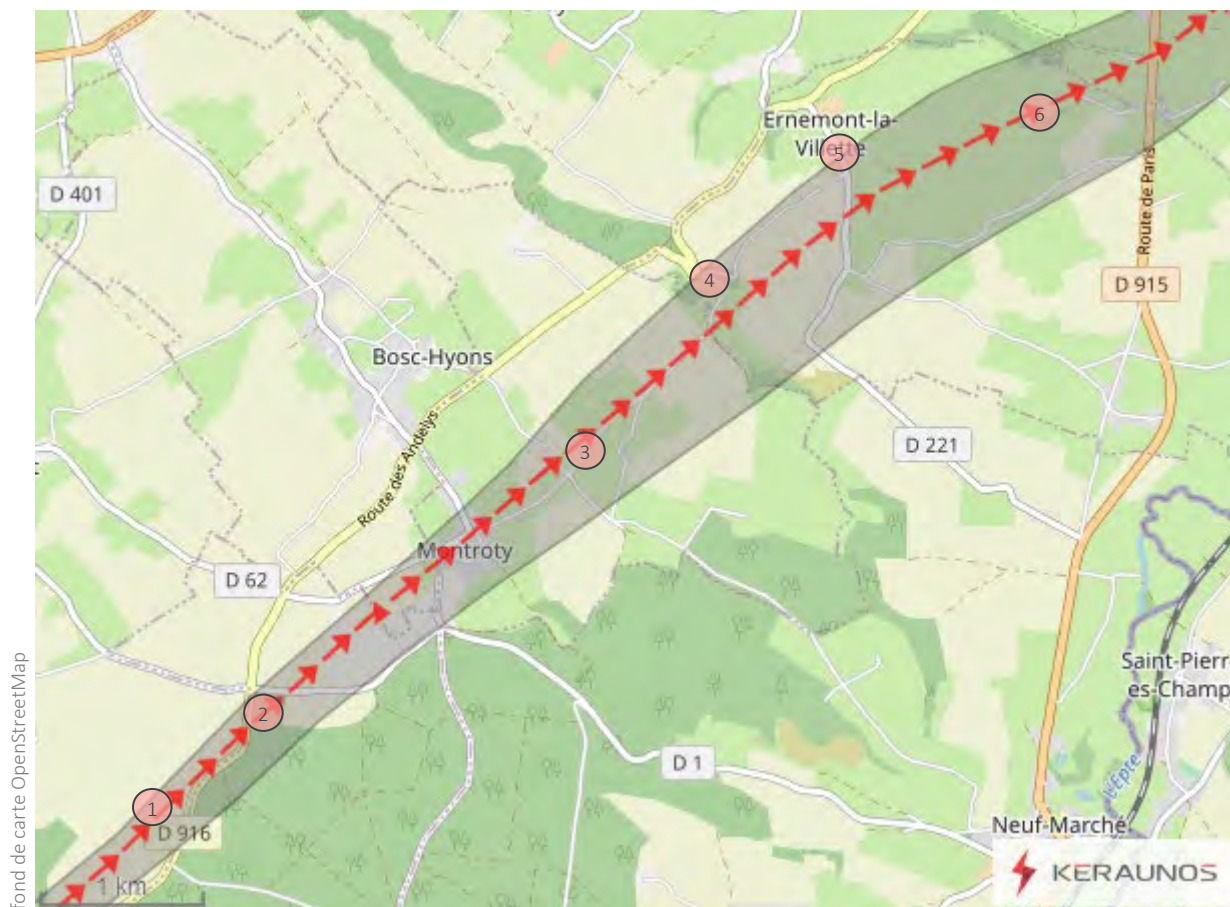
Il est également intéressant de noter que dans le village de Bézu-la-Forêt, distant de la tornade d'environ 800 mètres, plusieurs toitures d'habitations sont atteintes dans un point bas [7]. Des branches d'arbres sont également brisées vers le NO près de la D316.

La topographie a, selon toute vraisemblance, joué un rôle pour favoriser cette aspiration périphérique qui peut être le fait d'un tourbillon secondaire. On observera par ailleurs ce type de dégâts périphériques, parfois significatifs, en plusieurs points de la trajectoire (Hannaches, le Hamel, Conteville, Warlaing, Hainaut Belge) et éloignés parfois jusqu'à 1,5 km du couloir tornadique *stricto sensu*.



[7] Bézu-la-Forêt – Branches cassées le long de la D316 © Keraunos

DE MONTROTY À ERNEMONT-LA-VILLETTE (SEINE-MARITIME)



A 14h57 TU, la tornade entre dans le département de la **Seine-Maritime** après un parcours de 11,5 km. Elle arrache plusieurs tôles [1] à la ferme de la Saussaye (**Bézancourt**), puis endommage toute une parcelle de bois située à l'intersection de la rue du Bord-du-Bois et de la D916 à **Montrotty** [2]. Les arbres sont fréquemment sectionnés et même déracinés au cœur de la parcelle.



[1] Bézancourt – Vue d'un bâtiment endommagé de la ferme de la Saussaye (à gauche) © Keraunos / Un des éléments de toiture fiché dans le sol (à droite) © G. Milcareck

Au Bord du Bois (**Bosc-Hyons**) et à Montrotty même, les dommages sont infimes ; on retrouve davantage d'arbres endommagés sur le plateau exposé de Folleville (altitude de 200 m), et quelques tôles de hangars arrachées [3]. Beaucoup plus au nord, des branches sont aussi arrachées dans le grand

virage de la D916 [4] à **Ernemont-la-Villette**, tout comme dans le village lui-même [5] où quelques tuiles sont envolées.



[2] Montroty – Arbres vigoureux sectionnés ou fendus au bord de la D916 (à gauche) © Keraunos / [3] Arbre déraciné vers le nord et petite construction endommagée à Folleville © G. Milcareck



[5] Ernemont-la-Villette – Quelques tuiles emportées à l'entrée du village, en bordure nord-ouest du couloir. Elles sont principalement aspirées vers le sud ou le sud-est. © Keraunos

L'évasement spectaculaire du tourbillon qui s'ensuit (jusqu'à 800 mètres de largeur) semble coïncider avec un affaissement subit du terrain de plus de 120 mètres, en lien avec la circulation de la rivière de l'Epte. Dans cette vaste plaine déprimée, et presque sans variation d'altitude (90 à 95 m), le tourbillon semble s'affaiblir temporairement et s'infléchir fortement vers l'est (240°). On observe toujours des dégâts convergents, mais beaucoup plus diffus (et de moindre importance) sur un trajet de plus de 4 kilomètres [6]. A cet instant, la tornade est rétrogradée en intensité EFO.

AUTOUR DE FERRIÈRES-EN-BRAY (SEINE-MARITIME)



Une fois la D915 franchie [1] à hauteur de la Haguenée (**Gournay-en-Bray**), puis la rivière de l'Epte, la tornade atteint la première véritable agglomération de sa longue trajectoire. C'est effectivement la ville industrielle de **Ferrières-en-Bray** qui est touchée, principalement sur son flanc sud et dans le hameau du Forêt. On note que la trajectoire de la tornade s'infléchit brutalement vers le nord (220°) tout en se rétrécissant (500 mètres de largeur au maximum en intégrant les principales aspirations). Les riverains interrogés sur place témoignent par ailleurs « *de tourbillons dans les nuages* » [Paris-Normandie].

D'abord, de part et d'autre de la voie de chemin de fer (route de Beauvais, rue Leroy-Moulin), des couvertures d'habitations sont partiellement emportées et des tôles de hangars industriels arrachés [2].



[1] Gournay-en-Bray – Branche brisée dans la vallée de l'Epte / [2] Ferrières-en-Bray – Pan de toiture arraché, chemin du Grand-Pré © G. Milcareck

On note que les aspirations périphériques sont très importantes au sud de l'axe, avec des orientations de dégâts vers le NNE, voire vers le N. Sur l'un des parkings de l'usine Danone, la remorque d'un poids lourd est couchée par le vent, toujours en périphérie sud-est du couloir [3]. Un peu plus loin, la toiture d'une ancienne cidrerie est soulevée [4] et quelques débris emportés. Un périmètre de sécurité est mis en place dans la rue Leroy-Moulin.



[3] Ferrières-en-Bray – Remorque d'un poids lourd couchée par le vent, sur un parking de l'usine Danone © Facebook (Tony) / [4] Toiture d'une ancienne cidrerie soulevée, rue Leroy-Moulin © Keraunos

Dans les prairies environnantes, et surtout le long du ruisseau d'Auchy, des arbres sont arrachés et des branches projetées à faible distance [5].

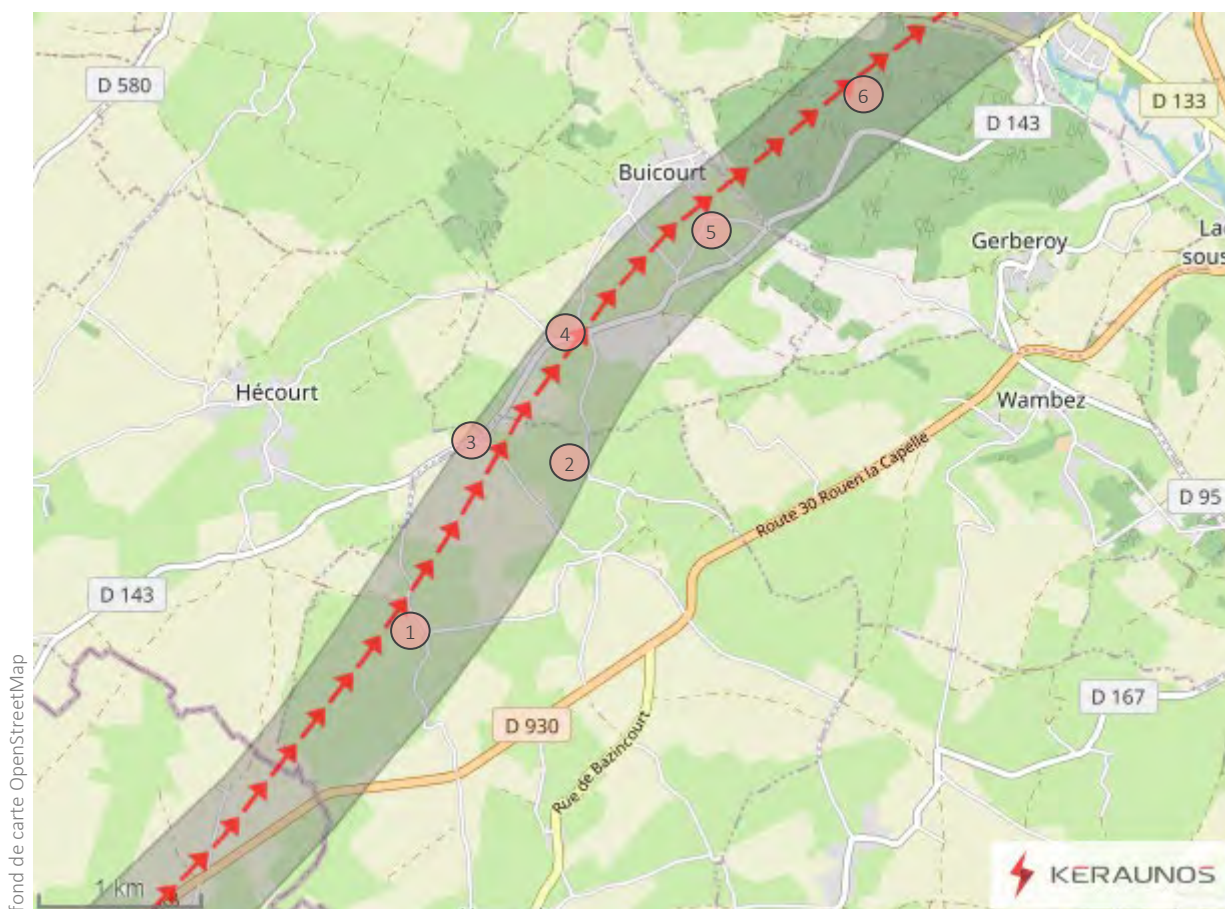
La tornade prend ensuite la direction du Forêt où les dégâts les plus importants sont relevés au nord du hameau [6] : poteaux électriques en béton couchés, arbres sectionnés, projections de branches sur la chaussée, toitures d'habitations endommagées (l'une d'elles est en partie à découvert par effet d'aspiration). L'accès au hameau de Laudencourt par la D930 est temporairement interrompu en raison de débris sur la chaussée.



[6] Ferrières-en-Bray – Couronne d'un arbre en partie arrachée au Forêt (à gauche) / Ce qu'il reste d'un pylône électrique en béton, route de Gerberoy (D930) © G. Milcareck – J. Avalet

En conservant une trajectoire orientée vers le NE (220°), la tornade traverse les Campeaux, la D930, enfin les Verderons, avant de franchir le département de l'Oise [7]. L'analyse des dommages permet de considérer que le niveau d'intensité EF1 est conservé sur l'ensemble de cette portion de parcours.

D'HÉCOURT À LA FORÊT DOMANIALE DE CAUMONT (GERBEROY) (OISE)



La tornade, qui franchit son 27^{ème} kilomètre, entre dans le département de l'Oise à 15h09 TU, par le sud d'Hécourt puis le nord d'Hannaches. L'influence du tourbillon au niveau du sol est significative et atteint fréquemment entre 500 et 700 mètres, avec une assez forte inflexion de la trajectoire vers le nord (215°). Jusqu'à la forêt domaniale de Caumont (Gerberoy), ce sont principalement des parcelles agricoles, des prairies ou des bois qui paient le plus lourd tribut. A la lecture des dommages, le phénomène conserve un niveau d'intensité EF1.

Le hameau de Mourseux [1] puis l'ouest de Bellefontaine à Hannaches [2], ainsi que toutes les prairies environnantes, sont donc touchés à leur tour.



[1] Hannaches – Hangar touché à Mourseux © G. Milcareck – J. Avalet / [2] Dégâts observés sur la végétation entre Mourseux et Bellefontaine © Keraunos

Comme à Bézu-la-Forêt, tout le sud de Bellefontaine (légèrement en dehors de l'axe) est touché par des rafales qui produisent de faibles dommages. On peut de nouveau y voir l'effet d'un tourbillon périphérique ou d'une rafale associée au courant descendant arrière.

Les mêmes dommages (tuiles et tôles emportées, arbres arrachés) se répètent ensuite vers Buicourt avec une accélération des aspirations périphériques bien orientées vers le NNE et le N. La zone de dommages est très vaste (700 mètres maximum) et s'étend jusqu'en bordure de la D143 à **Hécourt** [3], en périphérie nord-ouest du couloir.

Arrivée au sud de **Buicourt**, la tornade bifurque de nouveau en prenant la direction de la forêt domaniale de Caumont (**Gerberoy**), ce qui permet d'éviter le cœur du village. Quelques bâtiments sont toutefois touchés à Renicourt [4], ainsi que des pâtures à la Badrouille. Rue du Paty, le terrain d'une association est bien endommagé, avec de nombreux arbres arrachés [5]. Celui du gîte voisin subit en revanche des dommages beaucoup plus limités.



Buicourt – Exemple de tôles arrachées ou pliées, de tuiles emportées © G. Milcareck – J. Avalet

Arrivée en forêt domaniale de Caumont à **Gerberoy**, la trajectoire de la tornade est orientée à 235°. L'influence du tourbillon au niveau du sol est chaotique et coïncide avec le franchissement d'un coteau qui culmine à 200 mètres d'altitude. Les dommages en forêt sont clairsemés mais parfois significatifs, surtout au nord du premier virage de la D143 [6].

DE SONGEONS À MORVILLERS (OISE)



Après la forêt domaniale de Caumont, la tornade franchit l'étroite vallée du Thérain à **Songeons**, où le dénivelé est significatif (70 mètres). Comme dans toute dépression naturelle de ce type, le tourbillon regagne en intensité et franchit ponctuellement le bas de l'échelon EF2, mais uniquement en bordure nord-ouest du couloir de dégâts. Un enfant de 9 ans est blessé à la tête par un portail qui s'est dégondé : il est transporté au centre hospitalier de Beauvais.

Si quelques arbres sont touchés en bordure nord-est du coteau de la forêt de Caumont [1], on note juste après [2] un périmètre presque sans dommages sur une bande de terrain d'environ 200 mètres de large. Il semble que le tourbillon n'ait pas immédiatement repris contact avec le sol.

Les dégâts reprennent à partir de la rivière du Thérain, et jusqu'à la zone artisanale située route de Morvillers. La trajectoire commence à s'infléchir vers le nord (215°). Après inventaire, ce sont 10 rues et 50 maisons qui sont atteintes à des degrés divers, sans compter les hangars, les entreprises et un bâtiment communal. Un habitant témoigne : « *J'ai vu des tôles voler dans le ciel* » [L'Observateur du Beauvaisis]. L'intensité du phénomène plonge les habitants dans le noir, en raison de câbles sectionnés ou de poteaux électriques à terre. Dans les rues les plus atteintes, ce ne sont qu'amas de décombres, de tuiles et de tôles.

Rue Crignon-Fleury, dans un corps de ferme du XIX^e siècle, deux solides bâtiments servant de hangar sont complètement éventrés. La toiture de l'un d'eux est arrachée vers le NNO [3]. Plusieurs maisons subissent le même sort, avec des toitures en partie arrachées dans le même secteur.



Songeons – Vue générale de débris / Petite construction effondrée © G. Milcareck



[3] Songeons – Premier bâtiment de ferme éventré, rue Crignon-Fleury © G. Milcareck



[3] Songeons – Second bâtiment de ferme éventré (façade côté rue des Champs) © Keraunos

Route de Morvillers, la tornade arrache une bonne partie de la toiture de l'usine Agriform, spécialisée en tôlerie [4]. Les dégâts sont tels que l'usine doit momentanément fermer. Comme pour l'un des deux bâtiments de ferme, les éléments de la toiture sont propulsés vers le NNO et atterrissent à plus de 300 mètres. Le périmètre est jonché de débris, y compris de branches qui ont été projetées à distance.



[4] Songeons – Arbre vigoureux sectionné dans la zone artisanale / Toiture de l'usine Agriform partiellement arrachée et transportée à 300 mètres © Keraunos

Dans la campagne de Songeons, la tornade traverse plusieurs bois, puis le hameau de Seronville où un camping est touché [5]. Plus largement dans le hameau, une quinzaine de toitures sont endommagées et de nombreux arbres arrachés.



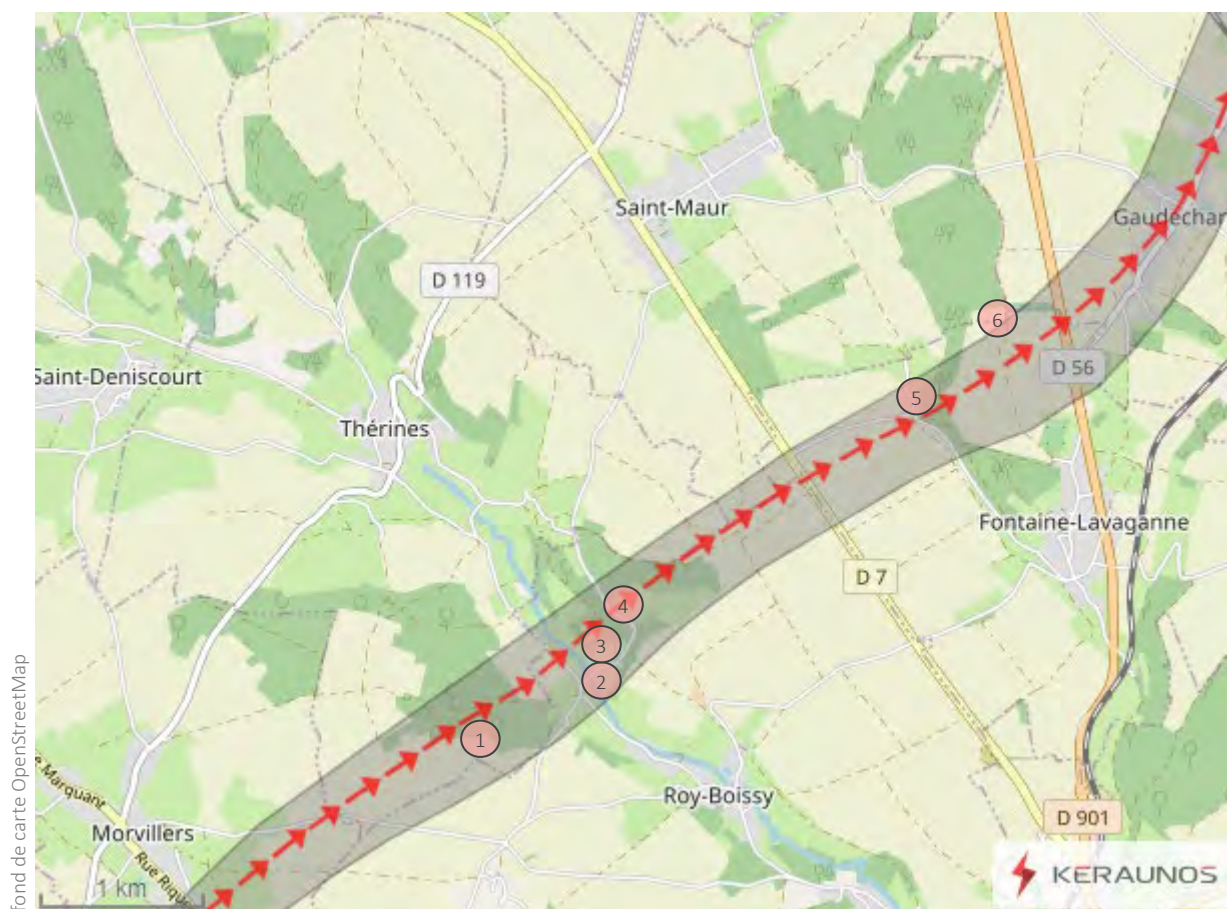
[5] Songeons – Arbres arrachés et poteaux électriques en béton renversés à Seronville © G. Milcareck

Le phénomène atteint ensuite le sud de Morvillers, là où la trajectoire subit une nouvelle inflexion vers l'est (230° puis 235°). Ce sont surtout les rues Riquefosse et des Grès qui sont touchées [6], ainsi que quelques pâtures. Dans ce périmètre, les dommages sont rétrogradés en intensité EF1.



[6] Morvillers – Tuiles faîtières arrachées et arbres ébranchés dans une pâture © G. Milcareck

DE THÉRINES À SAINT-MAUR (OISE)



Toujours au sein d'un couloir de 400 à 500 mètres de largeur, la tornade touche le bois de Maroye au sud de **Thérines** [1], avant de traverser la vallée du Petit Thérain à **Roy-Boissy**. La dénivellation du terrain est moindre (30 mètres) mais suffisante pour influencer le comportement du tourbillon. Outre les arbres arrachés, la tornade endommage quelques toitures de l'ancienne abbaye de Lannoy [2], mais semble épargner les bâtiments du château. En revanche, des arbres centenaires, qui faisaient la réputation des lieux, sont balayés par le tourbillon [3]. Toute la route d'accès de Lannoy à Montaubert est également jonchée de branches [4].



[2] [3] Roy-Boissy – Arbres centenaires déracinés au domaine de Lannoy / [4] Aspect du bois proche de la route de Montaubert © G. Milcarek

Au-delà du bois de Lannoy, et jusqu'à l'entrée de Gaudechart, le tourbillon perd en intensité tout en s'infléchissant encore un peu plus (240°). Les dommages sont beaucoup plus diffus là où le relief est peu marqué, sauf au nord de Verte Fontaine (**Fontaine-Lavaganne**) [5] et le long du coteau du bois des Pleurs (**Saint-Maur**), où le terrain est marqué par une soudaine déclivité de 20% (40 mètres de dénivelé). Dans cette petite dépression naturelle, le tourbillon semble épouser la forme du coteau disposé en arc de cercle, avec des chutes de branches ou d'arbres orientées du NE au NO [6].



[5] Fontaine-Lavaganne – Rangée d'arbres abattue le long du coteau du bois des Pleurs © G. Milcareck

DE GAUDECHART À GREZ (OISE)



Après une trajectoire plus chaotique et des dommages moins marqués, la tornade regagne en intensité en traversant le village de **Gaudechart**. Il est alors 15h21 TU. Cette accélération va de pair avec une nouvelle inflexion de la trajectoire vers le nord (210°) et qui se poursuit jusqu'à Grez. On observe toujours, dans ce périmètre, un couloir circonscrit de 400 mètres de largeur en moyenne, avec un axe de convergence temporairement plus central.

Le village, qui est orienté du SSO au NNE, est traversé d'un bout à l'autre. Il présente un triste aspect après le passage du tourbillon. « *Cela a duré quelques secondes, j'ai vu monter la tempête* », rapporte la maire de Gaudechart, Mme Fabienne Cuvelier [Le Bonhomme Picard]. Un autre habitant témoigne : « *Les tôles volaient, on aurait cru les confettis jetés en l'air après un mariage* » [Le Courrier Picard]. On retrouve principalement des portions de toitures arrachées, des portes de garages arrachées, des arbres déracinés ou sectionnés, et de nombreux débris au sol. La route de Prévillers, trop obstruée, est momentanément fermée. L'église échappe de peu à la tornade : seules quelques ardoises sont délogées.

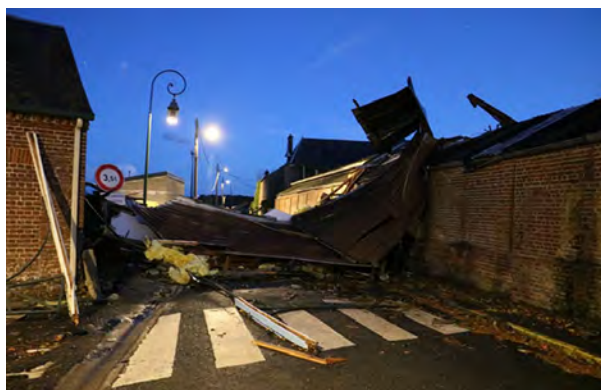
Dans une exploitation agricole au n°9 rue de Grez, un hangar est entièrement détruit [1]. Une chèvre est même retrouvée morte, décapitée par une tôle transformée en projectile.

Mais les dégâts les plus spectaculaires sont observés à l'école de l'Immaculée Conception [2]. Les bâtiments en préfabriqué, qui abritaient une salle de motricité et une cantine, sont soufflés, tout comme le préau voisin. Des éléments modulaires ont même volé au-dessus du mur d'enceinte de

l'école, pour terminer leur course au beau milieu de la rue. Il est heureux que la tornade ait eu lieu un dimanche, lorsque l'établissement scolaire n'accueillait aucun élève.



[2] Gaudechart – Ce qu'il reste de la cantine et de la salle de motricité de l'école. Derrière, l'église n'a souffert que de la perte de quelques ardoises. © Courrier Picard



[2] Gaudechart – Éléments modulaires de l'école projetés dans la rue de Prévillers © Le Réveil / Toiture d'habitation en partie arrachée dans la rue principale du village © Keraunos



Gaudechart – Chalet de jardin retourné par le vent © G. Milcareck / Saule-pleureur vrillé © Keraunos



S'il n'y a aucun blessé à déplorer, un drame est évité de peu dans le stade de football [3]. Un match venait de se terminer lorsque la tornade est arrivée : les personnes encore présentes ont dû trouver refuge dans un abri qui, heureusement, n'a été percuté par aucun projectile. Plusieurs voitures qui se trouvaient sur le parking ont également souffert. Même frayeur dans la salle des fêtes voisine, occupée au moment de la tornade, et où une poutre métallique est venue se loger dans la porte de l'issue de secours [3].

En raison de fortes projections à distance et de phénomènes d'aspiration significatifs, l'intensité retenue atteint très ponctuellement le niveau EF2 (bas de l'échelon) dans les parties du village les plus sinistrées.

Après avoir traversé tout le village de Gaudechart, la tornade prend la direction de **Gre**z en perdant de son intensité. On observe de faibles dommages généralisés [4], sauf peut-être à l'extrême ouest du village où aucun dégât apparent n'est identifié. Le phénomène est rétrogradé en intensité EF0, voire ponctuellement EF1.

DU HAMEL AU MESNIL-CONTEVILLE (OISE)



Au-delà de Grez, l'analyse des dommages au niveau du sol confirme une nouvelle forte inflexion de la trajectoire vers l'est (220° puis 240°). Surtout, un couloir de dégâts secondaire [B] s'organise à l'est de Grez en direction du hameau de Rieux, puis du nord de Conteville, avant de rejoindre le Mesnil-Conteville et Beaudéduit. Cet axe de dommages, distant du couloir principal de près de 1,5 kilomètre, pourrait être la conséquence d'un vortex secondaire qui aurait ainsi parcouru environ 6 kilomètres en arc de cercle. Les dommages sont identiques à ceux du couloir [A].

Pour ce qui est de l'axe principal [A], il traverse surtout l'est du bourg du Hamel où les dommages sont plus significatifs qu'à Grez : toitures de hangars emportées avec projections à distance, couvertures de maisons arrachées en partie, arbres déracinés ou brisés. La D151 en provenance de Grandvilliers doit être fermée à la circulation en raison d'une chute d'arbre [1].



[1] Le Hamel – Hangar endommagé, rue Notre-Dame-du-Hamel © G. Milcareck (gauche) - © Keraunos (droite)

Toujours rue Notre-Dame-du-Hamel, une portion de toiture d'un hangar est arrachée et transportée à 40 mètres dans la direction du nord [2]. Elle entraîne dans sa chute un câble électrique, privant une partie de la commune d'électricité. Ce type de dommages relève d'une intensité EF1.



[2] Le Hamel – Portion de toiture d'un hangar arrachée, rue Notre-Dame-du-Hamel © G. Milcareck / Le même toit propulsé 40 mètres vers le nord, entraînant dans sa chute un câble électrique © Le Réveil

Il est précisément 15h23 TU. L'axe principal du tourbillon traverse ensuite plusieurs ravins partagés entre les territoires de **Cempuis** (bois Savary, la Renardière) [3], **du Hamel** (bois du Grand Mont Saquin) [4] et de **Sommereux** (bois des Châtaigniers). Au sein de cette vaste zone marquée par un faible relief, le tourbillon s'évase considérablement puisque le couloir de dommages atteint plus de 700 mètres.



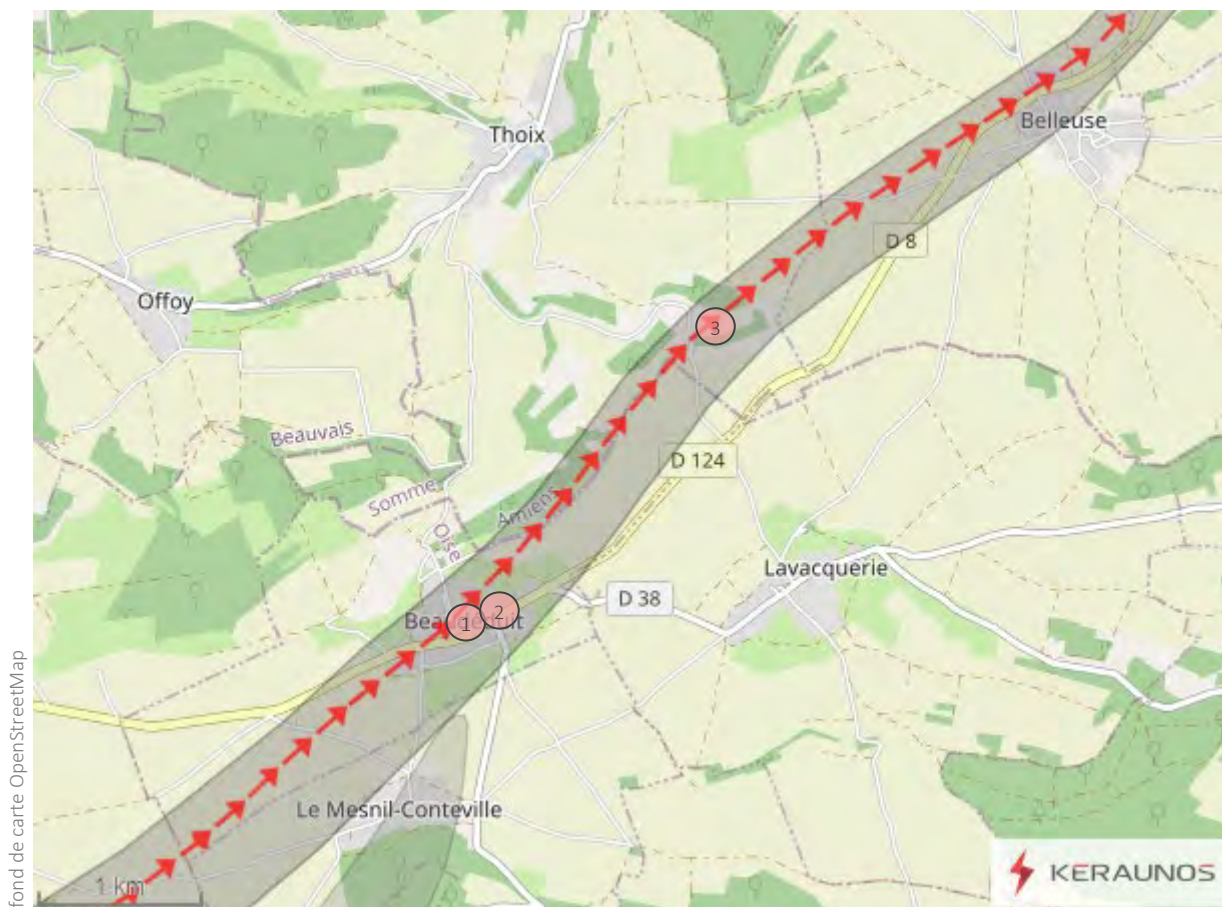
[3] Cempuis – Aperçu de la végétation endommagée dans les ravins © G. Milcareck

Au **Mesnil-Conteville**, là où les deux couloirs se rejoignent approximativement, toute la végétation est endommagée au nord de la commune, avec des projections vers le NNE principalement [5].



[5] Le Mesnil-Conteville – Arbres couchés au nord de la commune © Keraunos

DE BEAUDÉDUIT (OISE) AUX CONFINS DE LA SOMME



A **Beaudéduit**, l'axe de dommages est de nouveau délimité par un seul couloir dont la largeur diminue assez fortement (300 à 400 mètres environ) et de manière durable. Le relevé des dommages permet d'évaluer la tornade en intensité EF1.

Alors que la trajectoire du phénomène subit une nouvelle inflexion vers le nord (220°), le village est traversé à son tour. Seul le quart nord-ouest de l'agglomération est épargné. Là encore, de nombreux arbres sont déracinés ou brisés et des portions de couvertures arrachées (habitations et hangars). Le toit de la salle des fêtes est lui aussi atteint [1]. Au total, une quarantaine de constructions sont endommagées.



[1] Beaudéduit – Toit de la salle des fêtes endommagé © Le Réveil / Portions de toitures qui ont atterri au niveau de l'aire de jeux © G. Milcareck

Comme au Hamel, l'électricité est coupée et la D124 doit être fermée à la circulation en raison de chutes de câbles électriques sur la route [2].



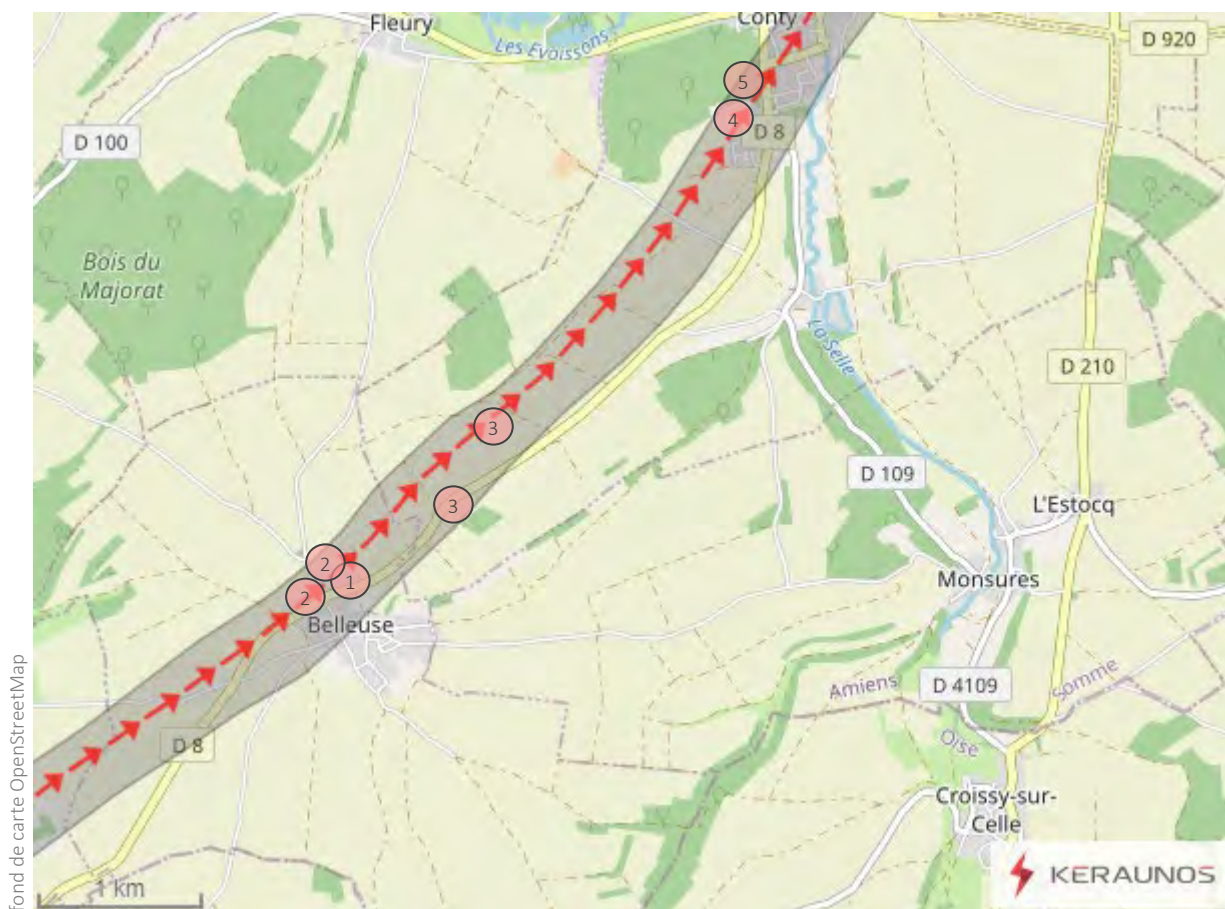
[2] Beaudéduit – Fermeture temporaire de la D124 en raison de chutes de câbles électriques © Le Réveil

Au-delà de Beaudéduit, la tornade longe la frontière avec le département de la **Somme** qui est finalement traversé à 15h30 TU, après une trajectoire déjà remarquable de 57 kilomètres. Dans la vallée du Cul-de-Sac à **Thoix**, des arbres sont encore arrachés [3], avant que le tourbillon ne subisse une nouvelle inflexion vers l'est (225°), dans la direction de Belleuse.



[3] Thoix – Arbres sectionnés dans la vallée du Cul-de-Sac © Keraunos

DE BELLEUSE AU BOIS DE CONTY (CONTY) (SOMME)



A **Belleuse**, ce sont surtout les rues de Là-Haut, Saint-Pierre, de l'Argillière et de Conty qui sont les plus atteintes. On dénombre une quinzaine de toitures endommagées, dont une qui est partie d'un bloc en direction de l'ENE (il s'agissait d'un toit plat) [1]. De nombreux arbres vigoureux sont également arrachés ou sectionnés au nord de la commune, avec des projections de branches [2].



[1] Belleuse – Toiture emportée d'un bloc vers l'ENE, rue de Conty © G. Milcareck

L'analyse des dommages tend à démontrer que la tornade retrouve un niveau d'intensité EF1+, avec une recrudescence de projections à distance.



Belleuse – Exemple de tuiles arrachées sur une habitation / [2] Bois endommagé © G. Milcareck

Puis la tornade aborde le territoire communal de **Conty**, où elle quitte temporairement la D8 avant de la traverser de nouveau à l'entrée du bourg. De la vallée des Cornes à la Remise du Blamont, le tourbillon fauche plusieurs arbres de bonne dimension [3], principalement sur le rebord de ravins situés à environ 25 mètres en contrebas de l'altitude moyenne (autour de 150 m).

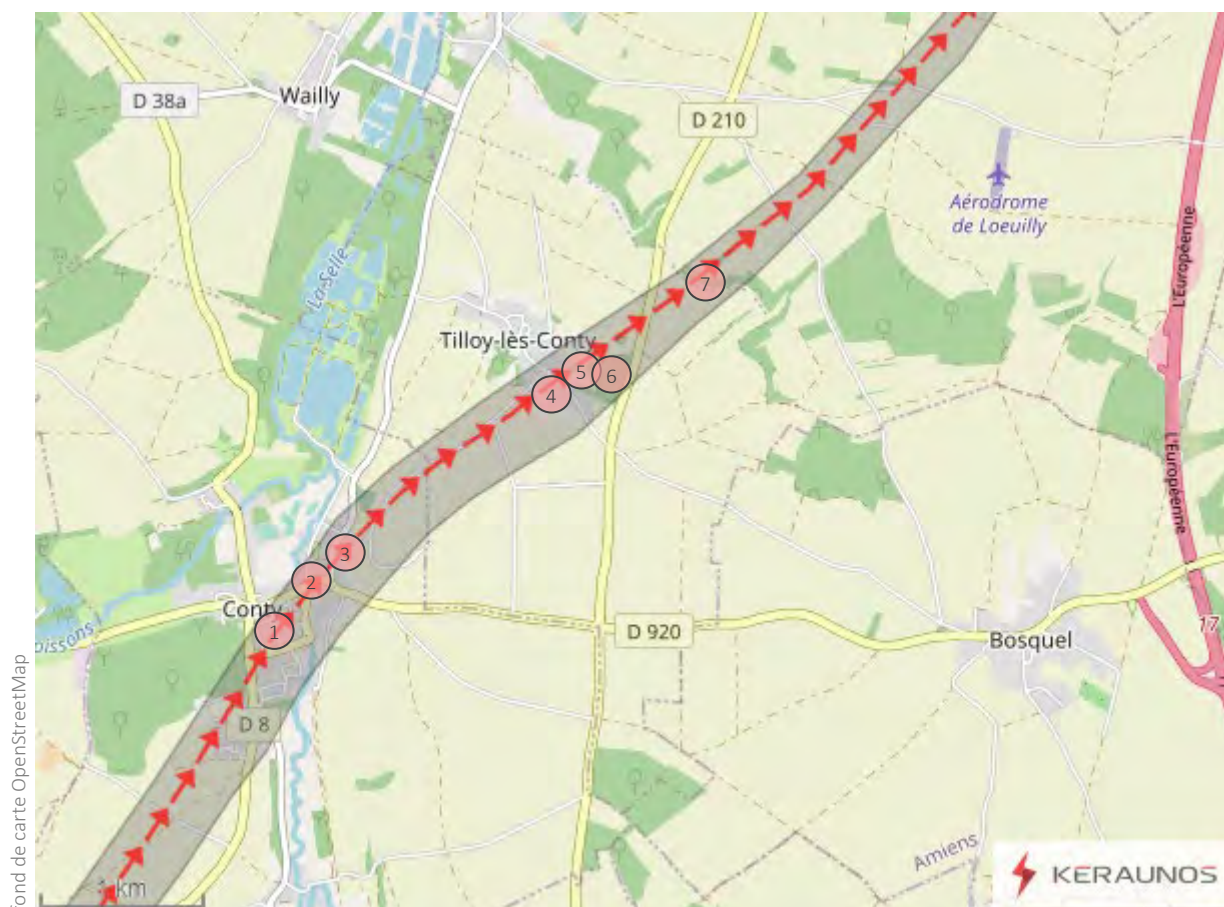


[3] Conty – Groupe d'arbres de bonne taille arrachés à la Remise du Blamont © G. Milcareck

Après un parcours de près de 2 kilomètres sans dégâts visibles en raison de parcelles agricoles à nu, la tornade prend la direction du collège Jules-Ferry, tout en s'infléchissant légèrement vers le nord (215°). L'établissement est faiblement atteint, tout comme le bâtiment de l'association Badminton-Tennis situé juste en face [4]. On observe enfin quelques arbres endommagés en lisière du bois de Conty [5].

La tornade conserve ici une intensité EF1, voire EF1+.

DE CONTY À LŒUILLY (SOMME)



Après avoir frôlé le bois de Conty par le sud, la tornade traverse les deux-tiers du bourg de **Conty**. Il est 15h35 TU. Comme pour la vallée du Thérain à Songeons, c'est tout le point bas proche de la rivière de la Selle qui subit les plus gros dommages : pans de toitures arrachés sur des habitations, poteaux électriques en béton pliés, arbres déracinés ou sectionnés, véhicules endommagés et légèrement déplacés, fortes projections à distance. A l'image du village de Gaudechart situé en amont, les rues de Conty semblent avoir subi un tremblement de terre, en particulier dans le quadrilatère fermé par les rues du Général-Debeney, Henri-Dunant, de la Gare et de la Ligue [1]. Une habitante de cette dernière rue décrit « une vision apocalyptique. J'ai regardé par la fenêtre et j'ai vu le ciel qui prenait une drôle de couleur. Le vent semblait souffler très haut dans les nuages. Ça a duré deux minutes peut-être. Impossible de réagir. Je suis encore sous le choc » [Le Courrier Picard].

On observe de gros dégâts au CMPP du Val de Selle (toiture entièrement soufflée et bâtiment à nu) ainsi que dans l'école Germain Alix contiguë (structures en préfabriqué détruites) et dans une moindre mesure, à la médiathèque. La toiture du bâtiment de la Poste est en partie arrachée, comme celles de plusieurs propriétés particulières voisines. On note également de fortes aspirations en périphérie sud-est du couloir, avec des arbres couchés vers le NNO ou le N. En franchissant la Selle, la tornade endommage fortement une scierie et les toitures de plusieurs maisons [2], puis traverse le Hamel avec des dommages moins spectaculaires [3].

Il ne fait aucun doute que la tornade retrouve un niveau d'intensité EF2 dans ce secteur, avec des aspirations significatives observées dans un couloir de 350 à 400 mètres au maximum.



[1] Conty – Vue d'ensemble de la Poste, de l'école et du CMPP du Val de Selle (en haut à gauche), où le toit est totalement arraché. Les débris sont déjà en bonne partie nettoyés © Sdis 80



[1] Conty – Les mêmes dommages vus du sol, dans le périmètre de la rue de la Ligue © Courrier Picard



[2] Conty – Toiture atteinte, rue du Marais / Mêmes dommages, rue du Hamel © Keraunos



[2] Conty – Pans de toitures arrachés, rue du Général-Leclerc © Sdis 80

Au-delà de Conty, la tornade aborde la commune nouvelle d'Ô-de-Selle. A Tilloy-lès-Conty, plusieurs toitures d'habitations de la rue d'En-Haut [4] sont fortement endommagées. La ferme du maire délégué, Nicolas Portois, est probablement la plus atteinte : pans de toitures arrachés, dépendances en grande partie démolies. Dans le domaine du château, la désolation est grande : une partie de la toiture du bâtiment (refaite à neuf à la suite d'un incendie en 2013) est arrachée par le vent [5], et des débris de charpente sont éparpillés sur la pelouse. Les propriétaires, Cybille et Cyrille Le Rolland de Beauvillé, témoignent : « *Nous avons entendu comme une déflagration évoquant le bruit d'un avion emboutissant un mur. J'ai compris le lendemain qu'il s'agissait d'une branche énorme qui est venue se ficher dans la façade.* » Sous la force du vent, un pan du mur d'enceinte du XVIII^e siècle s'effondre sur une largeur d'environ 15 mètres. Dans le parc adjacent, de nombreux arbres de bonne dimension sont sectionnés, dont certains à la base [6].

La tornade conserve ici très ponctuellement un niveau d'intensité EF2 (bas de l'échelon), avec une bande sinistrée large d'environ 400 mètres en raison de fortes aspirations périphériques.



[5] Ô-de-Selle – Élément de toiture du château de Tilloy-lès-Conty arraché © Courrier Picard



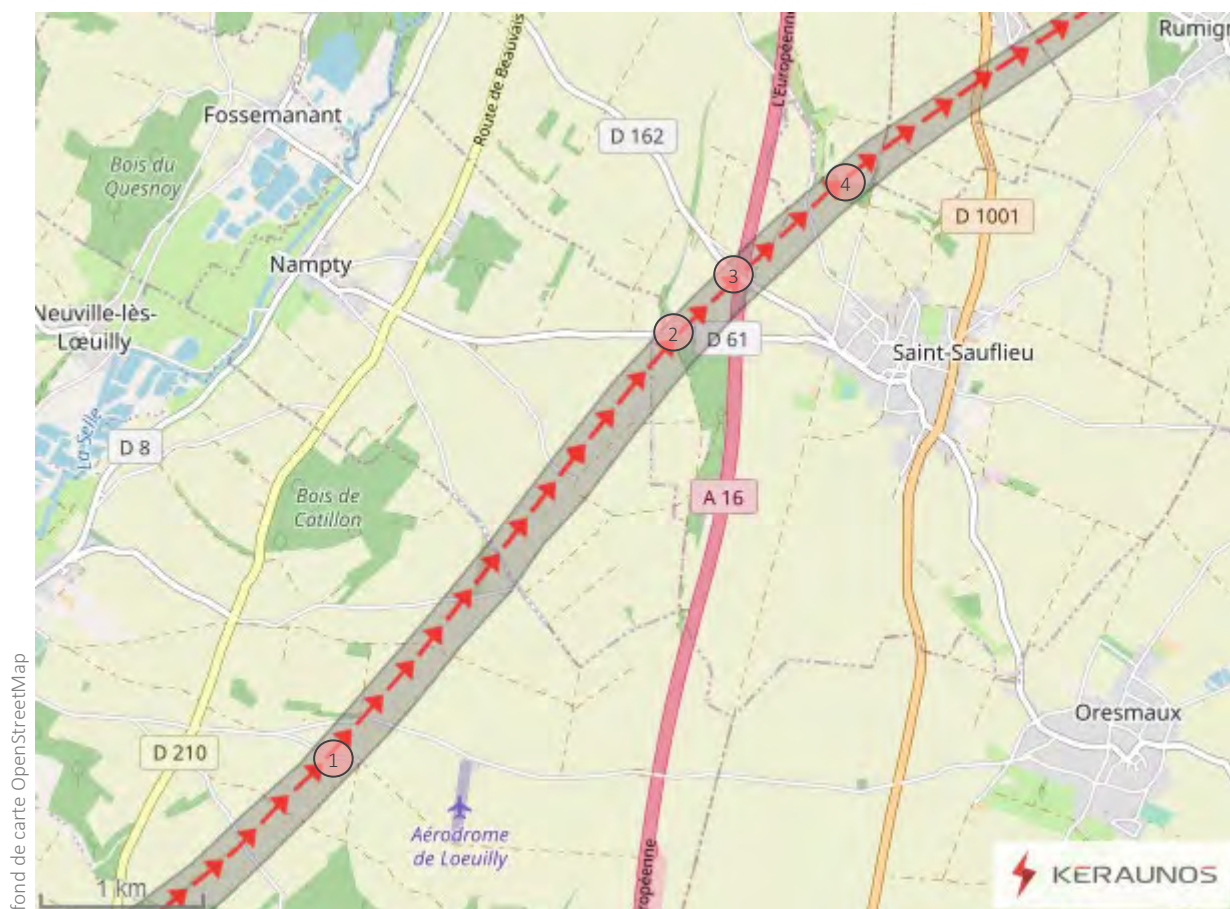
[5] Ô-de-Selle – Mur d'enceinte du château écroulé / [6] Arbres sectionnés en bordure du parc du château et de la D210 © Keraunos

Enfin, au-delà de la D210, la tornade couche des arbres (principalement des conifères) au nord du Cul à Val à **Lœuilly**, sur une largeur de 100 à 150 mètres [7].



[7] Ô-de-Selle – Rang d'arbres (conifères principalement) touché près du Cul à Val, à Lœuilly © Keraunos

DE LŒUILLY À SAINT-SAUFLIEU (SOMME)



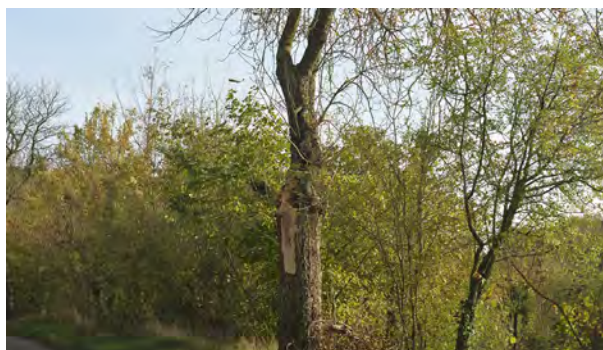
Entre Lœuilly et Saint-Fuscien, la tornade traverse des parcelles agricoles souvent à nu, et interrompues par quelques bois. Sa puissance se réduit pour être rétrogradée en intensité EF0.

On retrouve le passage du tourbillon à la Remise Arsène (Lœuilly) où des arbres sont arrachés ou sectionnés sur une largeur de 100 à 150 mètres [1].



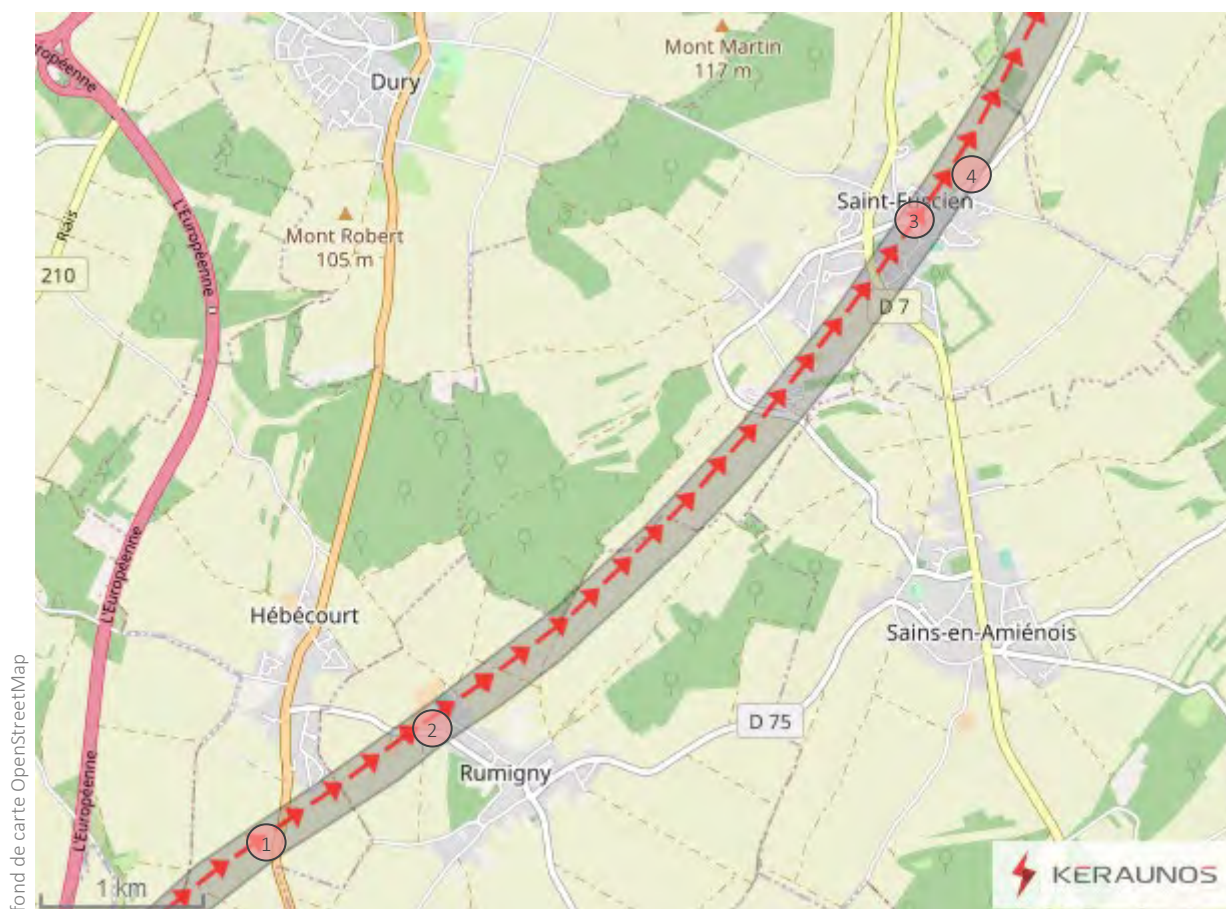
[1] Ô-de-Selle – Lisière de forêt endommagée près de la Remise Arsène, à Lœuilly © Keraunos

Après avoir parcouru plusieurs champs à **Nampty**, le tourbillon sectionne des branches d'arbres [2] dans le bois de Porte Nouvelle à **Saint-Sauflieu**, puis franchit l'autoroute A16 [3] à **Plachy-Buyon** où quelques arbres sont faiblement atteints, tout comme au nord de Saint-Sauflieu [4].



[2] Saint-Sauflieu – Branches arrachées dans le bois de Porte Nouvelle / [4] Arbres faiblement atteints près du Gaugré © Keraunos

D'HÉBÉCOURT À SAINT-FUSCIEN (SOMME)



Au sud d'**Hébecourt**, le long de la D1001, le tourbillon arrache plusieurs branches au niveau de l'aire de repos [1]. Les projections (entre 50 et 100 mètres) indiquent un sens de chute orienté principalement en direction du NNO ou du NNE.

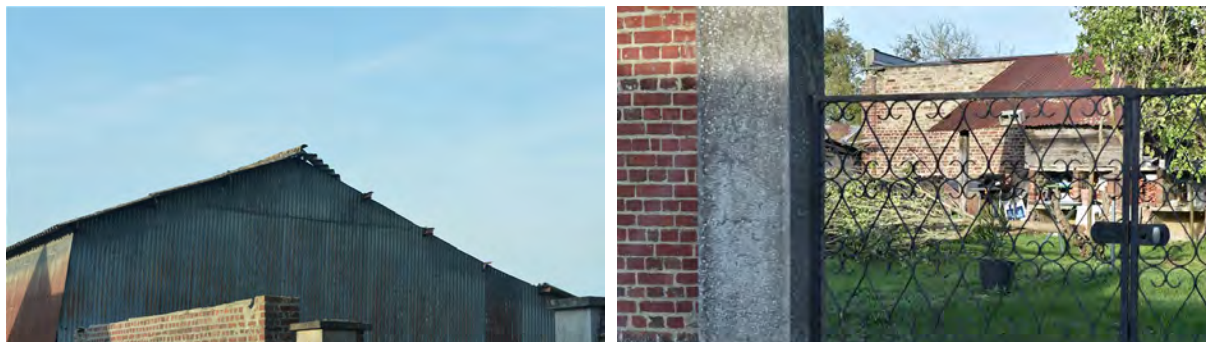


[1] Hébecourt – Branches arrachées le long de l'aire de repos – Projections vers le NNE ou le NNO © Keraunos

A **Rumigny**, quelques branches sont arrachées au niveau de la rue d'Hébecourt [2] et les habitants décrivent un orage violent. Rue de Sains (en dehors de l'axe), seules des bâches de serres tunnels sont retournées vers le NNE, signe d'une certaine agitation et d'une aspiration caractéristique. Comme à Hébecourt, ces deux points endommagés sont situés sur le flanc sud-est de l'axe de déplacement du phénomène.

A **Saint-Fuscien**, la tornade provoque des dégâts légers : branches cassées, clôtures couchées, très légers dégâts matériels. Dans le périmètre de la rue du Puits [3], on observe quelques tôles d'un hangar détachées (certaines étaient déjà atteintes antérieurement au phénomène), et de la végétation basse arrachée en tous sens dans un jardin totalement protégé du vent.

A l'entrée comme à la sortie du village, on retrouve également de nombreuses branches à terre (notamment à l'extrémité de la rue de Cagny) [4].



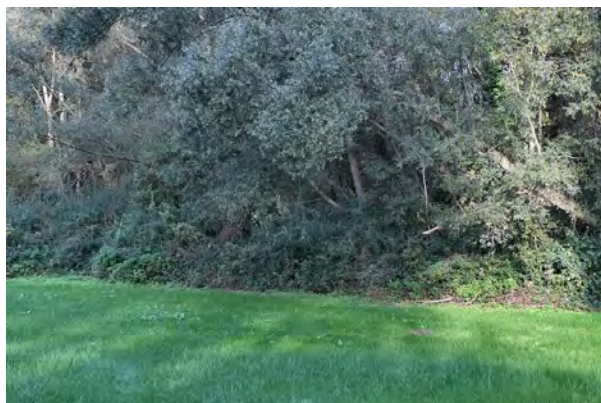
[3] Saint-Fuscien – Tôles d'un hangar arrachées, rue du Puits – Arbuste arraché dans un jardin abrité de la même rue © Keraunos

DE SAINT-FUSCIEN À LONGUEAU (SOMME)



La tornade amorce une longue inflexion vers le NNE (210° puis 205°), tout en traversant les marais de l'Avre et de la Somme où le phénomène s'évase davantage (300 m) en restant de très faible intensité (EF0). Un axe de convergence asymétrique reste perceptible dans ce secteur, preuve que la rotation continue de produire des dommages. Il est alors 15h49 TU aux portes d'Amiens.

Après Saint-Fusien, on observe des chutes de branches près de l'A29 qui est traversée quelques secondes auparavant [1], puis au nord de **Cagny** [2], le long de la rue du Bel-Air (extrême sud-est d'Amiens) [3], tout comme route Nationale à **Longueau** [4]. Toujours dans cette même localité, du mobilier de jardin est retrouvé tordu dans la cité du Château [5].



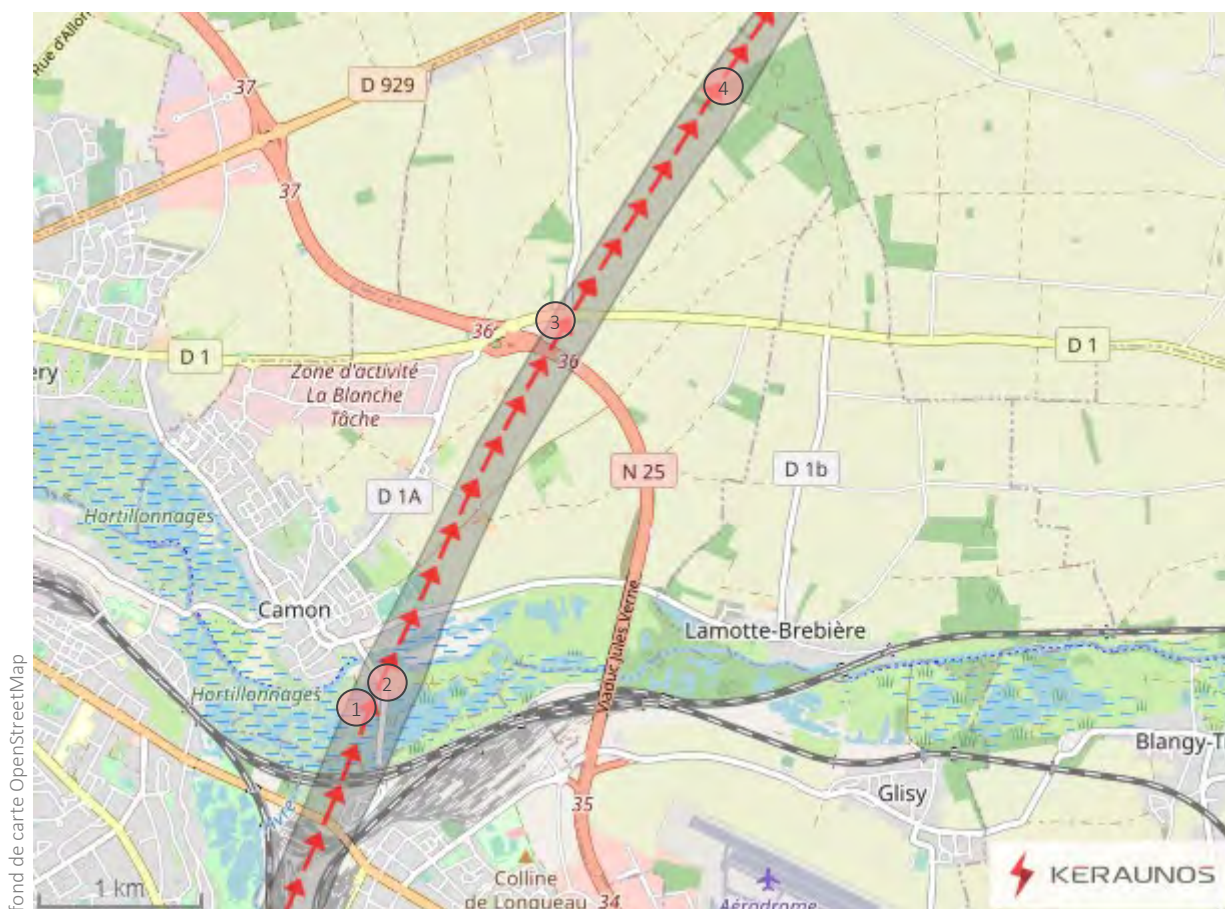
[2] Cagny – Saule couché vers le nord / [3] Amiens – Branches brisées sur des saules, rue du Bel-Air © Keraunos



Ce long transit est confirmé par l'analyse des échos radar, où le mésocyclone bifurque fortement vers le NNE. On note également que la structure orageuse et le tourbillon sont de nouveau photographiés au sud-est et à l'est d'Amiens par plusieurs chasseurs : ils présentent les mêmes caractéristiques visuelles que ce qui a pu être filmé dans le département de l'Eure 1h20 auparavant, ce qui témoigne d'une grande stabilité de la circulation supercellulaire.

Au même moment, de puissantes rafales convectives (issues du courant descendant avant) se déclenchent dans l'agglomération d'Amiens, à 5 km à l'OSO du mésocyclone tornadique. Le long des boulevards de ceinture au sud-ouest, dans le quartier Saint-Leu jusqu'au parc Saint-Pierre, et dans la zone commerciale de Rivery, des arbres parfois centenaires sont déracinés et des tuiles emportées sur des habitations. Le vent charrie quantité de feuilles. Les vitraux de la cathédrale Notre-Dame paient également un lourd tribut : plusieurs baies sont transpercées sous l'effet de la grêle conjuguée aux fortes rafales de vent. Ces rafales, qui se poursuivent jusqu'à Saint-Gratien en provoquant toujours des dégâts, constituent un axe de macrorafale d'environ 50 km².

DES MARAIS DE LA SOMME AU PETIT-CAMON (CAMON) (SOMME)



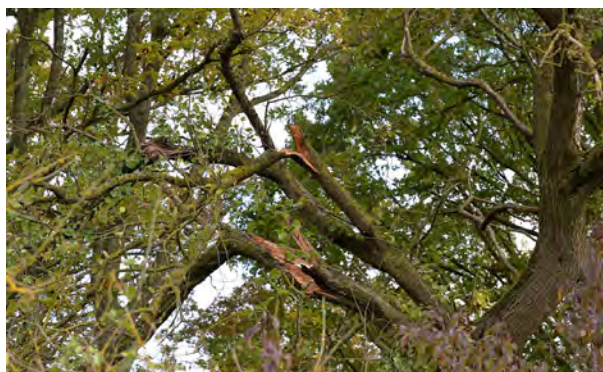
Dans les marais de la Somme à **Camon**, le tourbillon provoque quelques dégâts en bordure du marais d'Hecquet [1] et de part et d'autre de la rue René-Gambier [2]. Un arbre, situé en périphérie ouest du couloir, est déraciné vers l'est. Au cœur de l'axe, les branches sont arrachées généralement vers le NNE. Plusieurs saules semblent également avoir été endommagés par le vent, mais un élagage récent n'a malheureusement pas permis de lier directement ces observations au phénomène.



[1] Camon – Branches de saules arrachées dans le marais d'Hecquet / [2] Platane arraché, rue René-Gambier
© Keraunos

En gagnant les terres agricoles de Camon, la tornade ne laisse aucun dommage perceptible au niveau du sol, faute d'obstacles, hormis quelques branchages entre la N25 et la D1 [3] ; il faut attendre

un bois du Chemin de la Mer à l'est du Petit Camon [4] pour retrouver de nombreuses branches arrachées dans un bois en périphérie sud-est du couloir : toutes tombent en direction du NO ou du N.



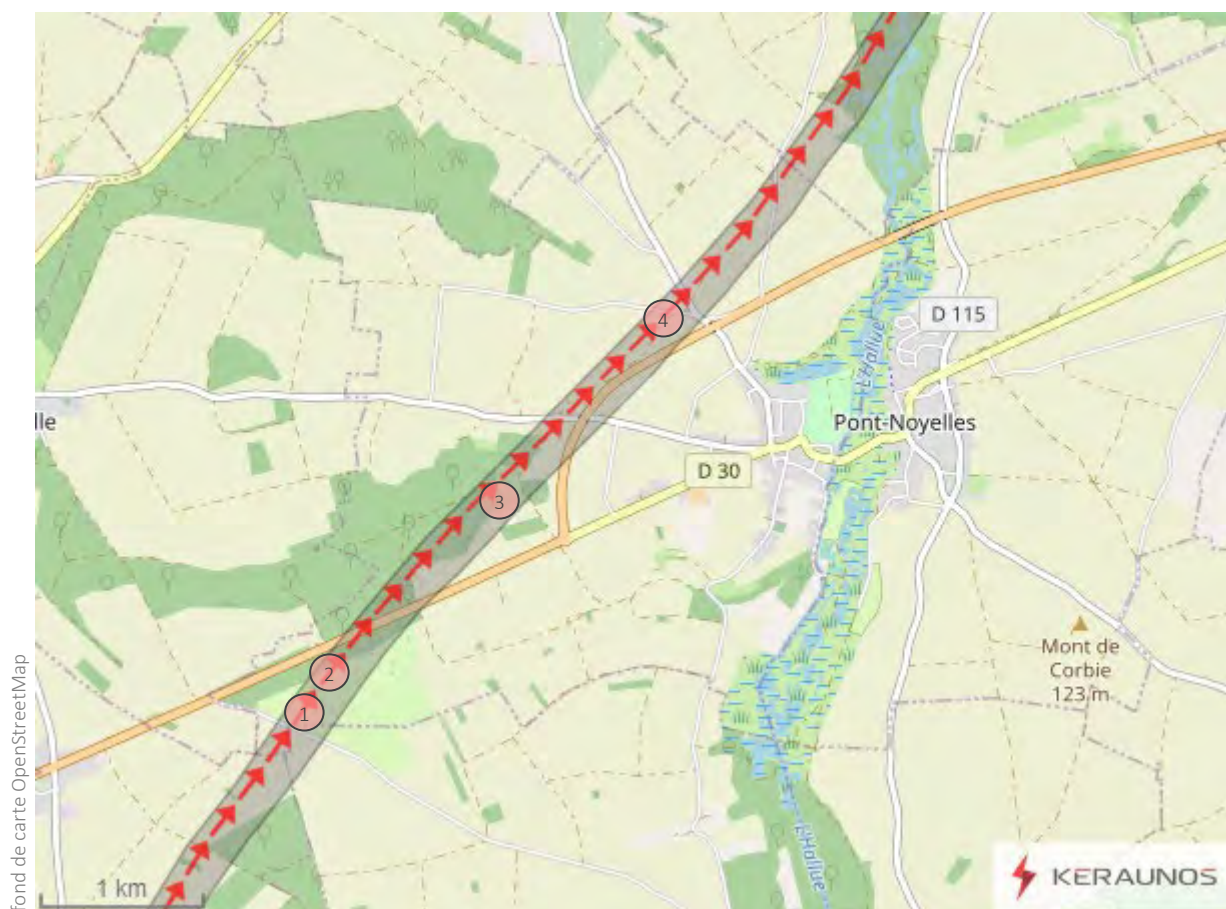
[4] Camon – Branches d'arbres brisées dans un bois du Chemin de la Mer, près du Petit Camon © Keraunos

C'est précisément à ce moment-là qu'une nouvelle photographie de la structure est prise depuis Villers-Bretonneux, à 11 km à l'ESE de la tornade (115°) : comme au sud-est d'Amiens et dans l'Eure, le même tourbillon est visible à la jonction des courants descendants avant (FFD) et arrière (RFD).

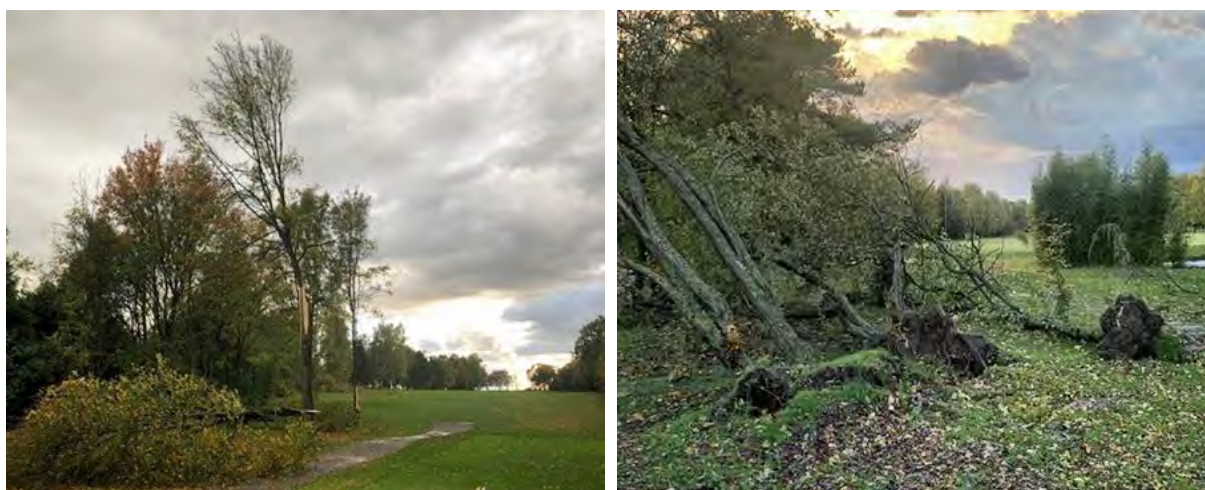


Villers-Bretonneux – Vue de la tornade en direction de l'ONO. Le tourbillon transite alors entre Camon et Querrieu
© Reine Puzio

AUTOUR DE QUERRIEU (SOMME)



A **Querrieu**, la tornade traverse le Golf Club d'Amiens et déracine ou brise de nombreux arbres (bouleaux, frênes, saules, chênes) du domaine [1]. Il est alors 15h54 TU.



[1] Querrieu – Arbres brisés ou déracinés au Golf Club d'Amiens © Golf Club d'Amiens

Les projections sont assez importantes, y compris sur des branches maîtresses. Les sens de chute mettent clairement en évidence un axe de convergence, avec une asymétrie propre aux phénomènes tourbillonnaires à déplacement rapide. Le cœur du tourbillon traverse la route d'accès au golf [2], le parking, ainsi que les premiers trous situés au sud-ouest. A ce stade, la tornade regagne en

puissance (intensité EF1), tout en subissant une nouvelle inflexion vers l'est (220° puis 225°) et en retrouvant un couloir plus étroit (250 m en moyenne).



[2] Querrieu – Arbres déracinés dans le bois de Querrieu. Sens de chute en direction du N ou du NNO en périphérie nord-ouest du couloir de dégâts © Keraunos

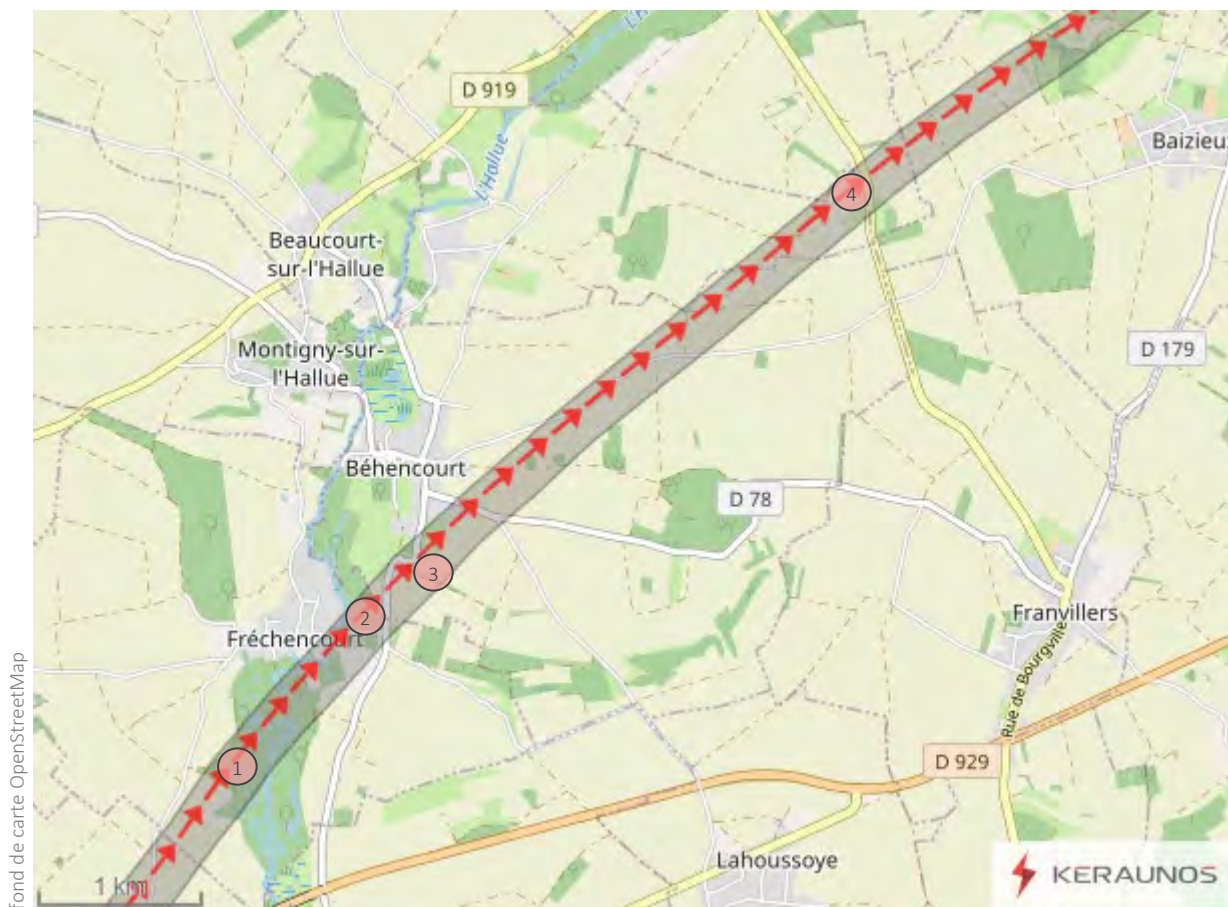
Les traces du tourbillon restent ensuite perceptibles le long de la D929 et dans le bois de Querrieu [3]. Puis, dans le prolongement de la vallée des Corneillers, la tornade endommage une parcelle de forêt au sud du lieu-dit « la Sucrerie » [4] : les arbres les plus hauts sont sectionnés en bordure nord-ouest du couloir, et tous les arbres présents en périphérie sud-est sont renversés vers le NNE ou le N, ce qui démontre à nouveau le caractère rotatif des vents dans ce couloir.



[4] Querrieu - Arbres arrachés ou déracinés dans un bois au sud de la Sucrerie – Axe de convergence illustré dans le sens de chute des arbres (vers le NNE à gauche, au nord au centre, et au NNO à droite) © Keraunos

Peu de temps après le passage de la tornade sur ce secteur, des dégâts venteux sont observés dans les courants descendants avant qui avaient déjà traversé tout le sud-ouest et le centre d'Amiens. Les dommages concernent principalement de la végétation à Cardonnnette, Allonville et Saint-Gratien.

DE FRÉCHENCOURT À CONTAY (SOMME)



A **Fréchencourt**, dans les marais de l'Hallue (les Grands Prés) [1] et à l'est du village [2] plusieurs peupliers sont sectionnés à la base ; on note par ailleurs que ces dommages interviennent dans le point bas du village, alors que les arbres situés en lisière (et à une altitude légèrement plus élevée) ont juste des branches brisées ou sont arrachés aux deux-tiers de leur hauteur.



[1] Fréchencourt – Peupliers ébranchés près des Grands Prés © Keraunos / [2] Peupliers brisés net le long de l'Hallue © Baptiste Carpentier

De Béhencourt à Miraumont, soit sur un parcours de 25 kilomètres, la tornade connaît une longue phase d'intensité faible qui coïncide avec une inflexion durable de sa trajectoire (230° puis 240°). Les dégâts relèvent d'une intensité EF0 et sont presque exclusivement observés sur de la végétation.

A **Béhencourt**, dans la Vallée de Corbie, une rangée d'arbres est légèrement atteinte sur une largeur estimée à quelques dizaines de mètres [3]. Plus loin, sur les territoires limitrophes de **Bavelincourt** et de **Contay** (Grands Fossés et D23), des branches d'arbres sont arrachées [4].



[3] Béhencourt – Quelques branches brisées dans une haie proche de la Vallée de Corbie © Keraunos

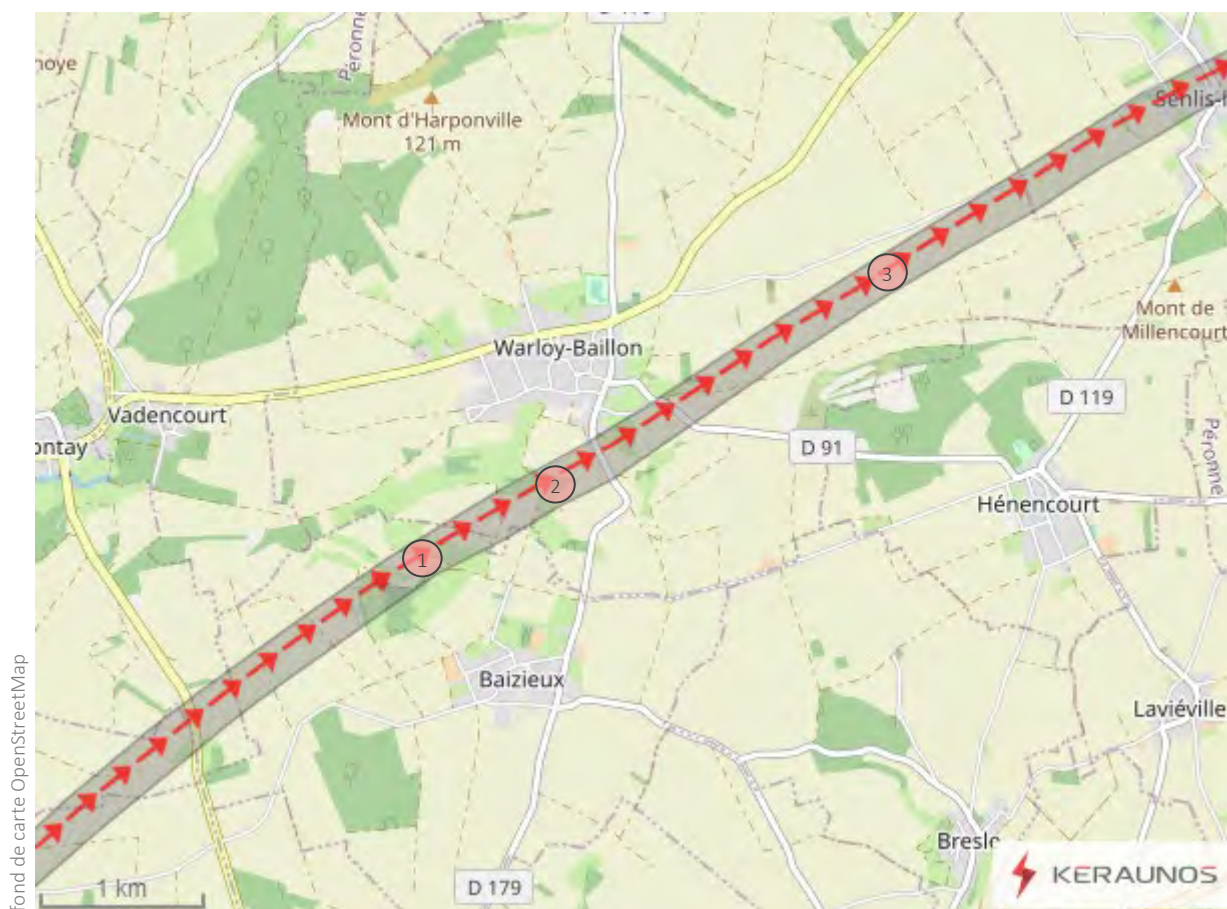


[4] Bavelincourt et Contay – Quelques branches brisées près de la D23 © Keraunos

Au même moment, la tornade, visible depuis Corbie, est filmée boulevard Camille-Roland. Le tourbillon transite alors entre Béhencourt à Baizieux, à 7,5 km au NNO de l'observateur :



AUTOUR DE WARLOY-BAILLON (SOMME)



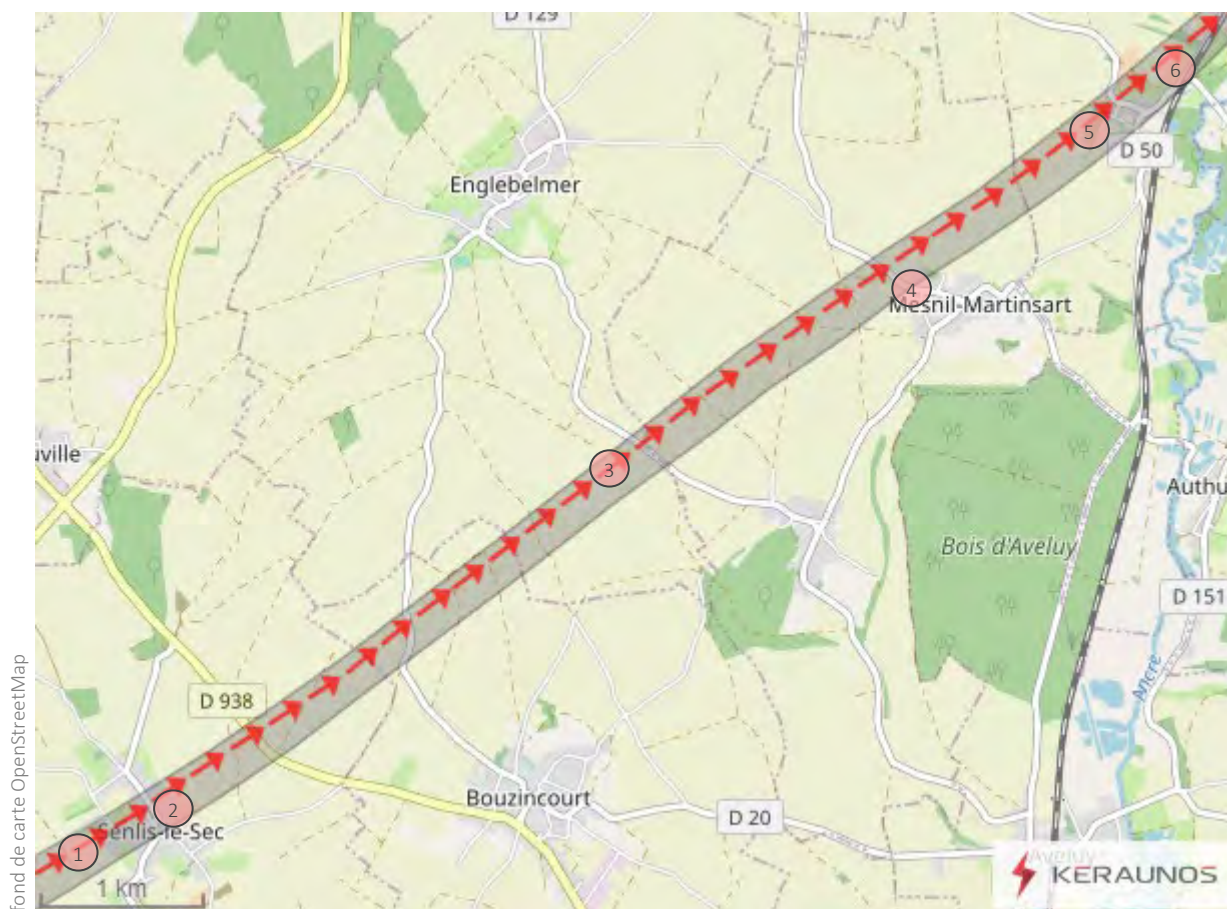
Au nord-ouest de **Baizieux**, à Bois là-haut [1], on retrouve les mêmes dommages sur quelques arbres plantés le long d'une pâture et d'un chemin vicinal. Un arbre mort est achevé d'être démolé dans la même parcelle.

Dans la commune voisine de **Warloy-Bailion**, un vieil arbre est sectionné à mi-hauteur dans un bois au sud du Vaudien [2]. Plus loin, une branche maîtresse de saule est abattue le long du ruisseau du Ravin [3], entre le Bodelu et les Courtilliers.

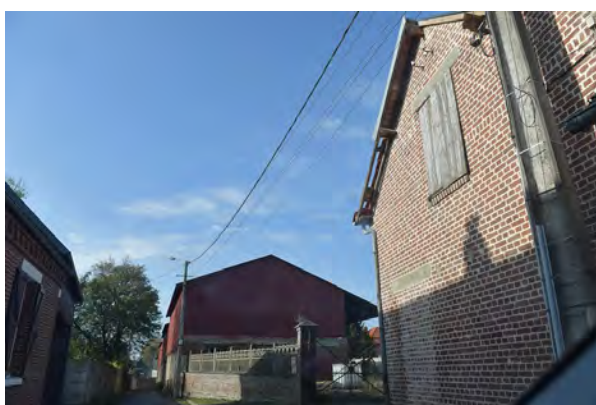


[1] Baizieux – Arbre mort fraîchement sectionné à Bois Là-Haut / [2] Warloy-Bailion – Vieil arbre sectionné près du Vaudien © Keraunos

DE SENLIS-LE-SEC À HAMEL (BEAUMONT-HAMEL) (SOMME)



En arrivant à **Senlis-le-Sec**, la tornade arrache plusieurs petites branches de peupliers qui délimitent une parcelle de champ à l'ouest de la commune [1] : elles sont projetées vers l'E à quelques dizaines de mètres. Dans le village proprement dit, aucun dégât notable n'est observé, hormis quelques tuiles délogées à l'extrémité de la ruelle de la Forestelle [2].



[1] Senlis-le-Sec – Branches de peupliers arrachées vers l'Est / [2] Tuiles arrachées dans la ruelle de la Forestelle
© Keraunos

Toujours en direction du NE (235°), le tourbillon traverse des parcelles agricoles de **Bouzincourt**, puis rejoint la D129 à **Englebelmer**, après avoir préalablement arraché une grosse branche dans une rangée d'arbres proche des Champs Brûlés [3]. Là encore, un axe de convergence est identifié dans des

haies plantées de part et d'autre de la route. Plusieurs arbustes sont couchés vers le NNO en bordure sud-est du couloir, tandis que les branches d'arbres situées au cœur de l'axe parcouru par le tourbillon tombent dans le sens du flux.



[3] Englebelmer – Branche d'arbre fraîchement arrachée aux Champs Brûlés / Branches d'arbres d'une haie voisine arrachées près de la D129 © Keraunos

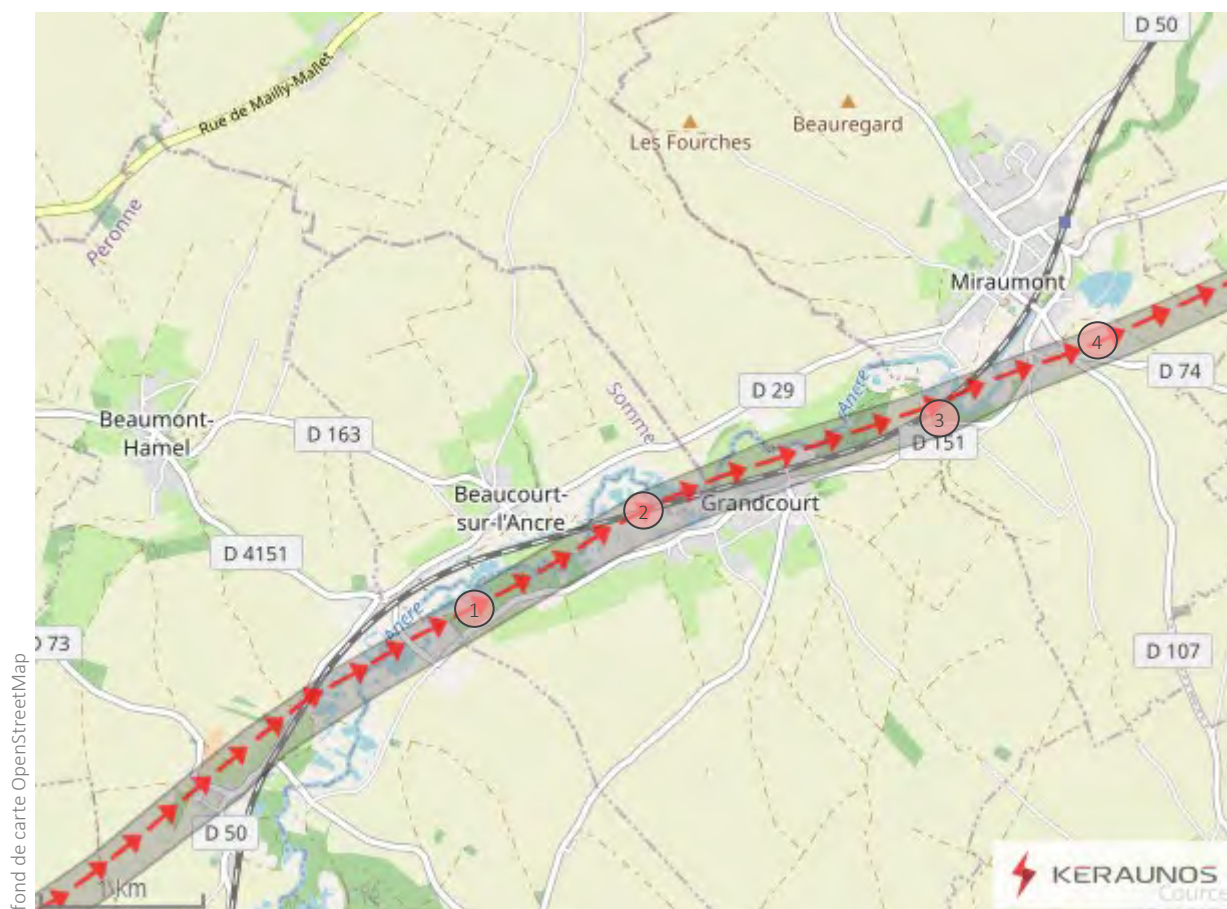
Au-delà de la D129, la tornade frôle le hameau de Mesnil (**Mesnil-Martinsart**) par l'ouest, et arrache fraîchement plusieurs branches à côté d'un frêne qui avait déjà été sectionné antérieurement au phénomène (rue d'Auchonvillers) [4]. Dans un jardin en face, des bambous sont couchés vers le NE.

La tornade rejoint ensuite la vallée de l'Ancre, après avoir sectionné deux peupliers [5] à l'entrée de Hamel (**Beaumont-Hamel**), et couché quelques arbres le long de la rue d'Albert protégée par un talus [6]. On note, là encore, un axe de convergence dans les sens de chute.



[5] Beaumont-Hamel – Deux peupliers sectionnés à mi-hauteur à l'entrée d'Hamel © Keraunos

AUTOUR DE LA VALLÉE DE L'ANCRE (SOMME)



Une fois arrivé dans la vallée de l'Ancre, le tourbillon semble influencé par la topographie de la vallée qui dessine un coude jusqu'à Miraumont, lieu où l'Ancre prend sa source. Il est alors 16h13 TU.

C'est précisément dans tous les points bas de cette vallée, selon un sens de déplacement de l'OSO vers l'ENE (245°), que le tourbillon produit quelques effets sur la végétation de part et d'autre de l'Ancre et de la voie ferrée (**Thiepval, Beaucourt-sur-l'Ancre et Grandcourt**) : plusieurs arbres inclinés [1] en limite d'une nouvelle peupleraie (ils étaient donc fragilisés), quelques branches de saules et de conifères arrachés en lisière de forêt, dans une prairie et près du chemin de fer [2].



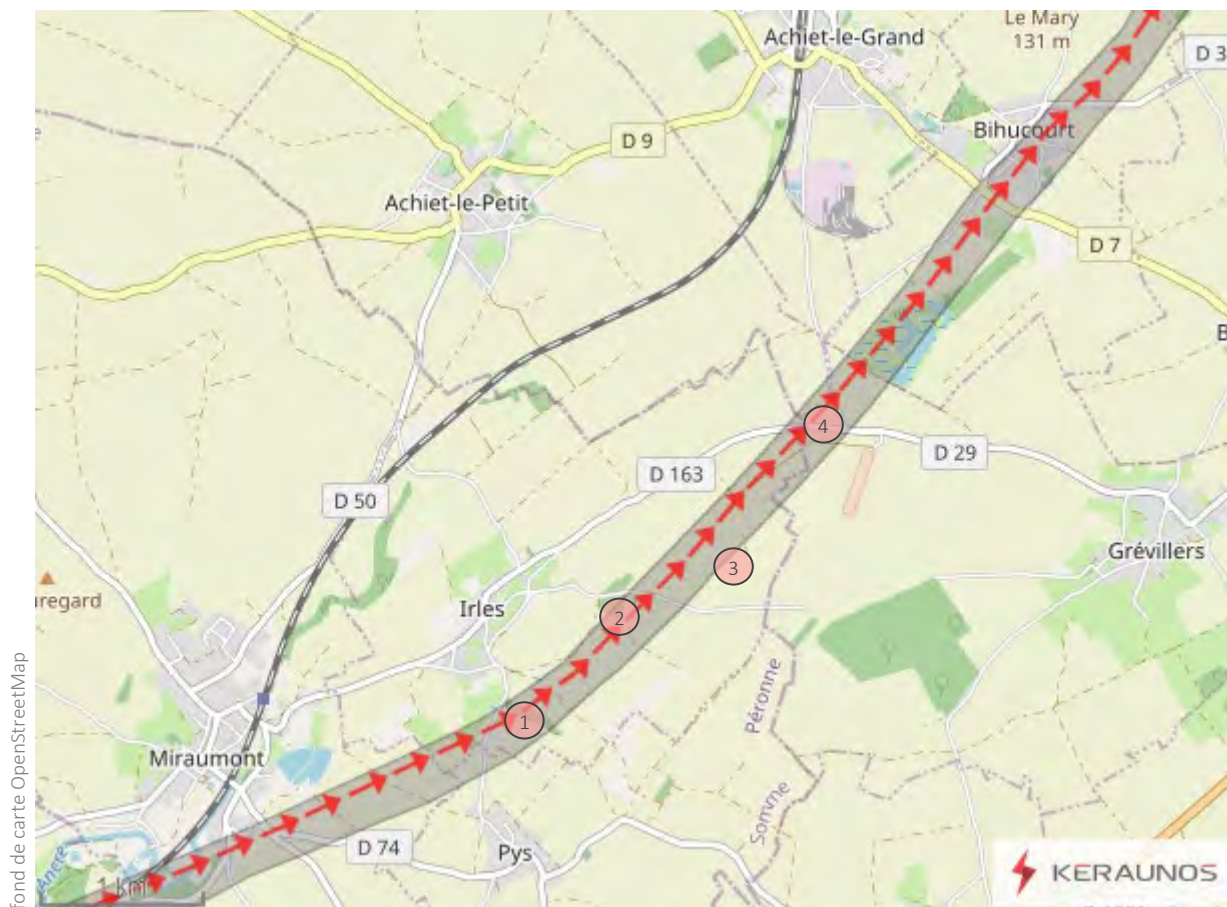
[1] Grandcourt – Branche de peuplier arrachée / [2] Grandcourt – Illustration des nombreuses branches de saules arrachées près de l'Ancre et de la voie ferrée © Keraunos



A **Miraumont**, on retrouve encore quelques branches arrachées le long de la D151 [3], puis au Petit Miraumont (sud du camping de la Hérelle) [4].

Dans ce périmètre, l'influence du tourbillon au niveau du sol est chaotique, mais les traces de son passage restent visibles.

D'IRLES (SOMME) À GRÉVILLERS (PAS-DE-CALAIS)



C'est alors que le tourbillon change assez brusquement de trajectoire, avec une inflexion significative vers le nord (240° puis 220°). Dans la peupleraie dite du Marais à Irles, plusieurs arbres sont sectionnés à mi-hauteur [1] ; les branches issues des arbres les plus périphériques (côté nord-ouest du couloir) tombent vers le SE. On observe également une bâche accrochée à l'une des têtes d'un peuplier ; elle pourrait provenir d'une exploitation agricole voisine située au nord de Pys (aucun dégât n'y a toutefois été observé).



[1] Irles – Peupleraie du marais – Plusieurs arbres brisés à mi-hauteur. Bâche accrochée à une branche, à plusieurs mètres de hauteur © Keraunos

Plus loin, dans un petit bois [2], un arbre est déraciné vers le N, ainsi que plusieurs branches brisées et projetées ou bien vers l'E, ou bien vers le NE. Toujours à Irles, à la limite du Pas-de-Calais, des arbustes sont couchés vers le NO ou le N [3].



[2] Irles – Arbre déraciné vers le nord dans un bois / [3] Petits arbustes ébranchés dans un talus (orientation vers le NNO) © Keraunos

La tornade entre dans le département du **Pas-de-Calais** à 16h17 TU, après 126 kilomètres de trajectoire. Le nouveau record français de la plus longue trajectoire est déjà largement atteint.

Plusieurs branches de tilleuls sont arrachées [4] le long de la D29 à l'ouest de **Gréwillers**, et une parcelle de maïs est en partie couchée à proximité.

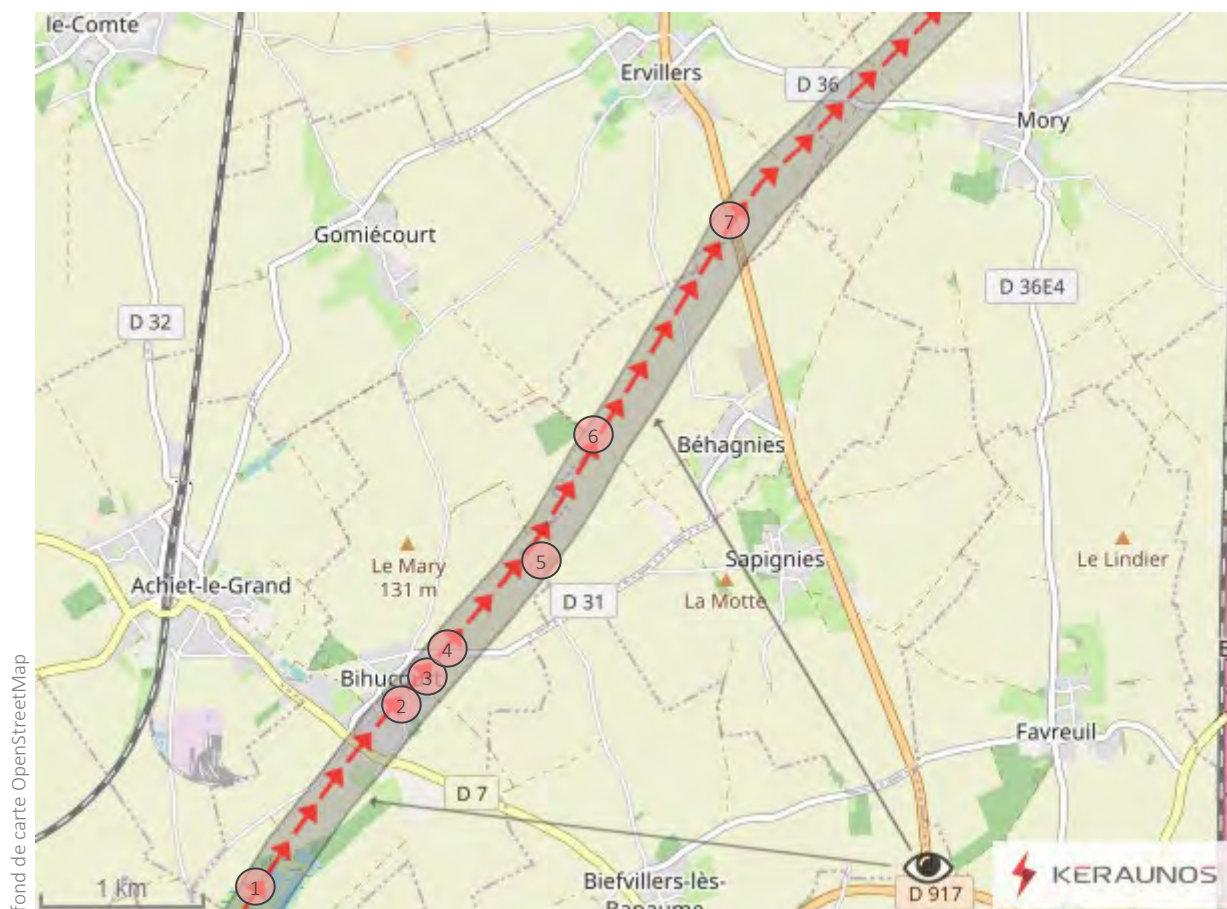


[4] Gréwillers – Branches de tilleuls arrachées et emportées à faible distance, D29 © Keraunos

Ce contact au sol coïncide avec le témoignage livré par un automobiliste présent à proximité : « Entre Puisieux et Achiet, [...] au niveau des éoliennes, nous sommes entrés dans une masse nuageuse d'une couleur étrange et des nuages noirs se sont mis à tourner au niveau du parc éolien ».

On note également que, dans l'axe de déplacement de la tornade, une éolienne du parc d'**Achiet-le-Petit** est à l'arrêt. Il pourrait s'agir d'un effet de bridage, systématiquement paramétré selon les conditions météorologiques pour éviter de mettre en péril l'installation en cas de vent défavorable (on observera ce fait à une dizaine de reprises sur tout le parcours du phénomène).

DE BIHUCOURT À ERVILLERS (PAS-DE-CALAIS)



Selon un sens de déplacement du SO vers le NE (220°), et après avoir endommagé de la végétation sur une largeur de 100 mètres [1], la tornade prend la direction de la commune de **Bihucourt**, et acquiert en moins de 2 km un niveau d'intensité tout à fait remarquable. Il est alors 16h19 TU.

Sur une bande de terrain large de 200 mètres (250 mètres au maximum), le village est enveloppé aux trois-quarts par le tourbillon qui atteint le niveau d'intensité EF3 (bas de l'échelon), du sud-ouest de la rue de l'Eglise [2] jusqu'à la rue Dorier [3], la D31 [4] et même encore au-delà. Dans ce périmètre, la zone dévastée semble victime d'un bombardement : toitures arrachées, murs extérieurs de maisons écrêtés, certains murs pignons entièrement aspirés, laissant apparaître l'intérieur des maisons, hangars métalliques en partie soufflés ou tordus, arbres brisés ou dépouillés, véhicules déplacés ou retournés, poteaux électriques en béton couchés ou pliés, fils électriques dénudés, fortes projections à distance (lourdes grilles en fer, toitures entières, mobilier de maison ou de jardin). Partout, des débris de toute sorte jonchent les rues. Malgré un bilan matériel très lourd et une situation de péril pour la population, on ne déplore aucun blessé sérieux.

L'église d'après-guerre, construite en ossature béton, tient bon mais une bonne partie de la couverture (ardoises et bois) est soufflée. Selon un témoin qui a assisté au phénomène, les vents de la tornade auraient pénétré à l'intérieur du bâtiment par le porche de la façade. Détail qui prouve la force destructrice du vent : un des lourds clochetons en béton qui flanque l'édifice à l'ouest se décroche et s'écrase au sol. Sur les 90 maisons touchées, 48 sont déclarées inhabitables et sont menacées de démolition. Dans la bande de terrain la plus sinistrée, sur une largeur d'à peine quelques dizaines de mètres, les vents sont estimés entre 220 et 240 km/h.

Les photographies qui suivent, prises le 24 octobre en milieu de journée, sont exceptionnelles et illustrent la force du tourbillon en plusieurs points du village :



[3] Bihucourt – Arbres dépouillés, véhicule emporté et retourné par le tourbillon (3, rue Dorier) © Keraunos



[3] Bihucourt – Habitations dévastées par le souffle, débris généralisés (2, rue de Bapaume) © Keraunos

Les vues suivantes témoignent également de la puissance dévastatrice du tourbillon, avec plusieurs bâtiments éventrés et des murs écrêtés :



[3] Bihucourt – Pignon d’une habitation (3, rue Dorier) dont le mur porteur est arraché et emporté (à gauche) / Toiture entièrement arrachée (5, rue Dorier) et bâtiment éventré jusqu’au sol (à droite) © Keraunos



[3] Bihucourt – Toiture entièrement arrachée, murs extérieurs aspirés aux étages supérieurs (rue du Centre)
© Keraunos



[3] Bihucourt – Aperçu d’une maison (arrière du n°14, rue de la Cité) vue par la rue du Centre : toiture en grande partie détruite (à gauche) / Toiture arrachée (rue de la Cité) et murs écrêtés aux étages supérieurs (à droite)
© Keraunos

L'église du village, reconstruite en ossature béton après la Première Guerre mondiale, est située dans l'axe du tourbillon. Outre les dommages structuraux sur la couverture de l'édifice, un des lourds clochetons en béton (angle nord-ouest) qui offre pourtant une très faible prise au vent, est décroché :



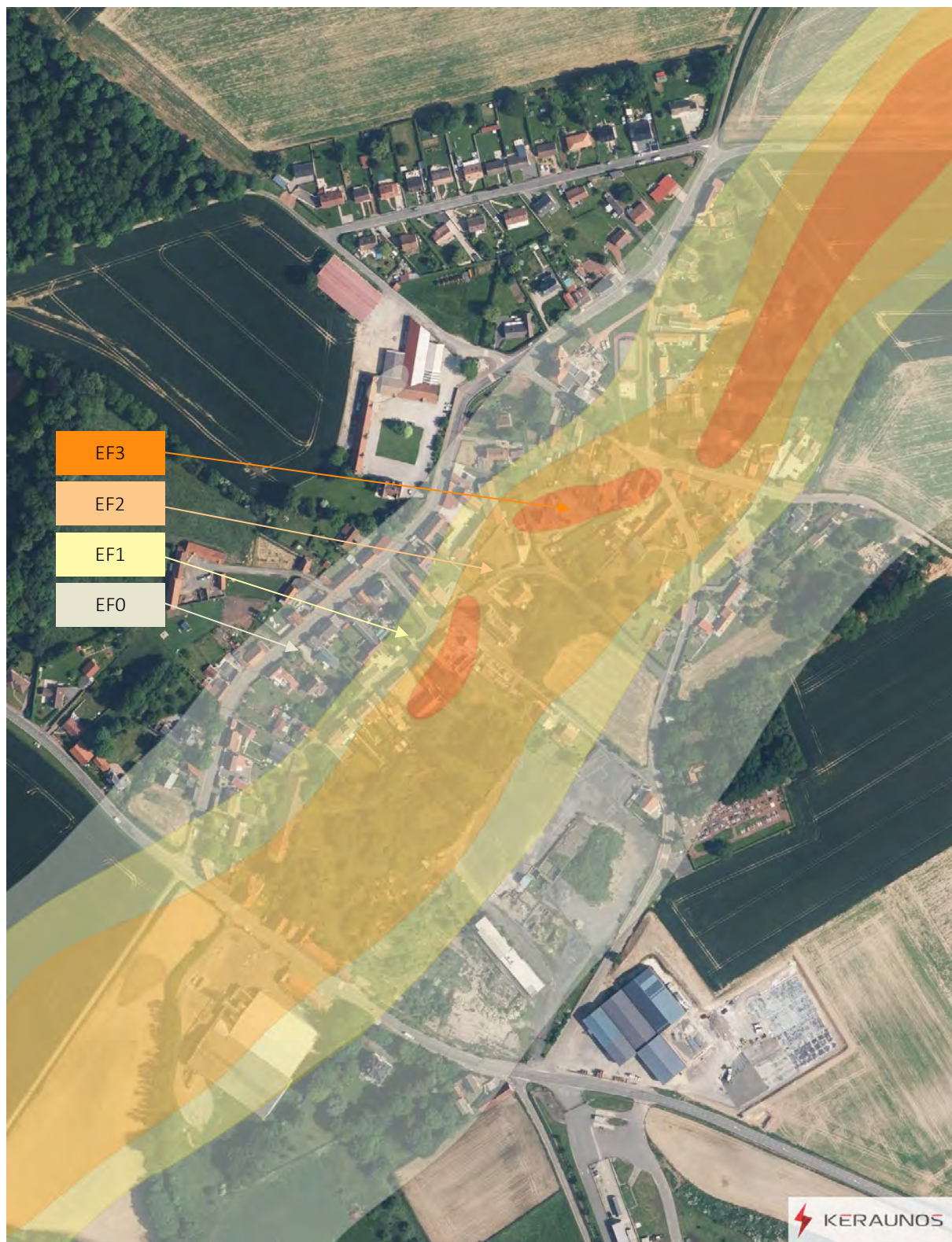
[2] Bihucourt – Chute d'un clocheton qui est venu s'écraser au sol © Keraunos

A la sortie de Bihucourt, et après avoir abattu une peupleraie [4] et projeté des branches charpentières à 200 mètres de distance, le tourbillon poursuit sa trajectoire vers le nord-est et le bois de la Vinette (**Béhagnies**) qu'il dévaste en grande partie [5]. On note une inflexion dans la trajectoire de la tornade en direction du nord (210°). Les champs sont parsemés de débris divers, et notamment de tôles dont certaines ressemblent à des ballons, comme si elles avaient été compactées par une presse (elles proviennent de hangars du village de Bihucourt, distants de plus d'1 kilomètre).



[5] Béhagnies – Dévastation dans le bois de la Vinette. Arbres vigoureux brisés au ras du sol © C. Asselin

La carte ci-dessous présente le couloir de dégâts tracé par la tornade dans la commune de Bihucourt. Les relevés de dommages réalisés lors de l'enquête de terrain permettent d'établir la sévérité des dégâts sur chaque bâtiment et ainsi de cartographier de manière détaillée l'intensité de la tornade. Il en ressort une largeur d'intensité EF2 qui est relativement stable lors de la traversée du village, avec un cœur étroit qui atteint un niveau EF3 à partir de la rue du Centre, longe l'église par l'ouest, puis bifurque vers la rue Dorier avant d'évacuer le village par son flanc nord-est. Ce caractère ondulatoire n'est pas une surprise compte tenu des observations faisant état d'un contact au sol très évolutif.



Le phénomène conserve encore une intensité extrêmement significative jusqu'à l'orée du bois du Vieux Cimetière [6], frontalier avec la commune de Béhagnies. Le long d'un chemin vicinal à moitié enfoui et qui précède le bois en question, des orties et plusieurs végétaux sont littéralement dépouillés de leurs feuilles (ne subsistent que des tiges lacérées, fait rare pour de la végétation basse habituellement épargnée). Des tôles, des jouets pour enfants, des emballages divers et même un animal mort sont retrouvés sur le remblai qui est exposé vers le sud-ouest. C'est également à cet endroit que des pommes de terre, qui ont échappé à la récolte dans une parcelle de champ voisine (et qui sont habituellement destinées au glanage), ont été projetées et sont retrouvées en petits tas. Dans la parcelle de champ suivante, ce sont les betteraves qui souffrent du passage d'un tourbillon dévastateur : sans avoir été déracinées (quoique certains plants sont partiellement soulevés de terre), elles ont pour la plupart été littéralement dépouillées de leurs feuilles ou endommagées sur une bande de 200 mètres de largeur. Un axe de convergence est d'ailleurs parfaitement visible en périphérie de la parcelle dévastée : les plants situés au sud du couloir ont les feuilles qui s'inclinent vers le nord-ouest, et inversement (sud-est) pour ceux situés au nord. Cette force d'aspiration colossale, rarement constatée dans des tornades françaises, n'avait pas été observée depuis la tornade EF3 d'Etrochey (Côte-d'Or) du 19 juin 2013, où du colza avait subi le même sort. Ces éléments permettent d'établir qu'à ce moment précis le phénomène conserve encore une intensité voisine de celle relevée à Bihucourt (EF3-).



[6] Béhagnies – Etat d'un champ de betterave. Plusieurs feuilles lacérées dans le couloir le plus touché par le tourbillon © Keraunos

A l'approche de la D917 au sud d'Ervillers, on retrouve les dernières tôles des hangars de Bihucourt, soit à une distance de 3,5 kilomètres. Le long d'une petite aire de stationnement de la départementale en question, de gros platanes sont touchés, dont l'un d'eux sectionné [7].

Il est à noter que c'est précisément depuis la D917 qu'a pu être filmée la tornade, en sortie de Bapaume, à 3 km de Bihucourt (👁️). On y aperçoit une masse tourbillonnaire imposante d'une couleur gris-ocre. Le phénomène, qui se déplace de gauche à droite, est animé d'un mouvement de rotation complexe, qui semble se défaire et se reconstituer en permanence autour de l'axe principal. Au moment

de la vidéo, le village de Bihucourt est traversé par la tornade, et un arc électrique annonce une coupure de courant généralisée dans la zone sinistrée. Peu de temps après, les courants descendants arrière prennent le relais, et le tourbillon disparaît quasiment.



Vue de la tornade de Bihucourt au moment où elle traverse le village © Robin Guenoun



Evacuation de la tornade vers le nord-est © Robin Guenoun

L'analyse de cette vidéo (et des autres documents disponibles), en accord avec les dommages qui ont pu être observés au niveau du sol, tend à indiquer que des vortex secondaires peuvent avoir transité au sein d'un axe principal rotatif de plusieurs centaines de mètres de largeur. On observe en outre un rabattement de plus en plus fort des courants descendants arrière qui dissimulent de manière croissante le tourbillon, de sorte qu'il commence à adopter progressivement les caractéristiques d'une « rain-wrapped tornado » - littéralement une « tornade noyée ».

Dans cette autre vidéo, prise au cœur de l'événement, la force destructrice du tourbillon est presque instantanée ; le danger est extrême pour le témoin :



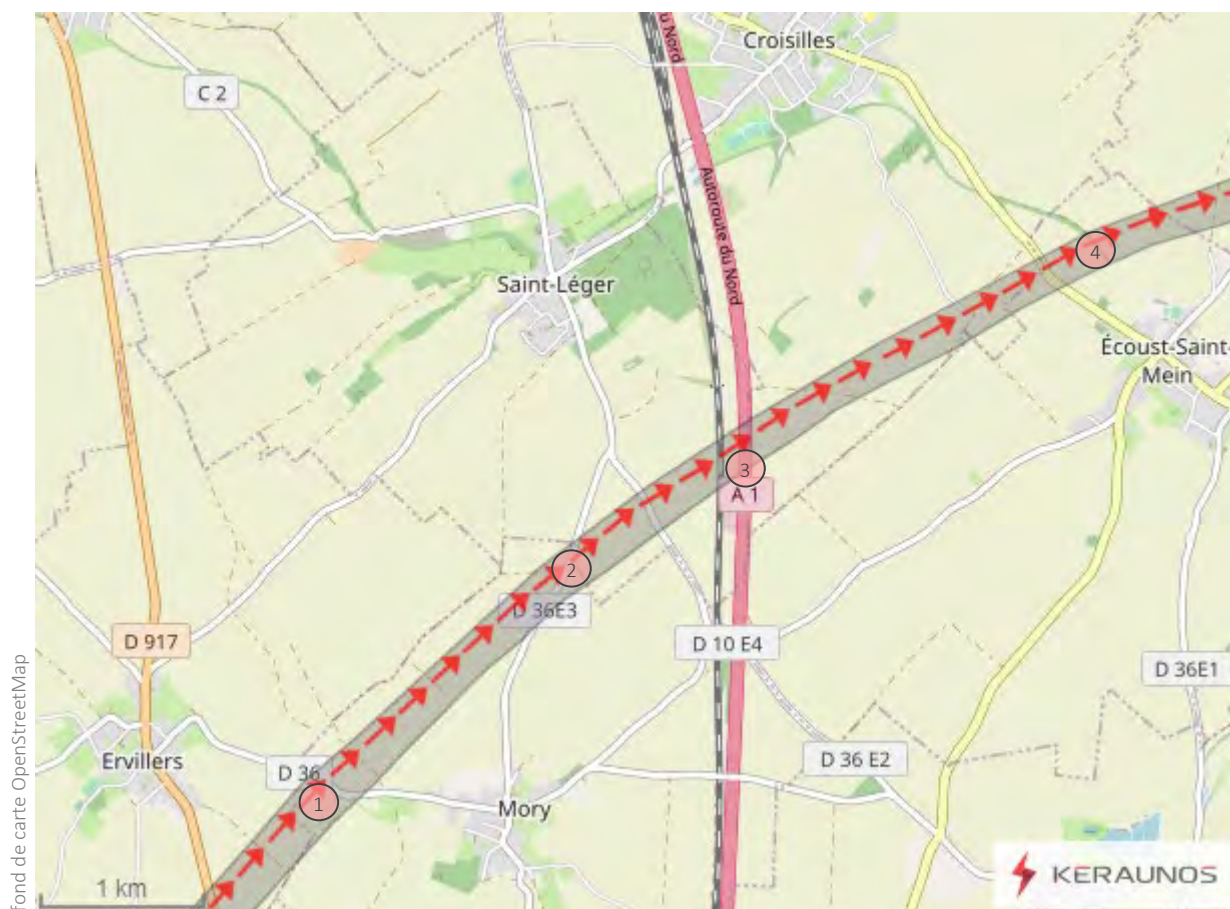
Tornado de Bihucourt © Facebook

Sur cette dernière vue, la tornade est visible depuis l'ouest du village, totalement épargné. Le cône, qui circule de droite à gauche, est bien visible :



Tornado de Bihucourt © fatou62

DE MORY À ÉCOUST-SAINT-MEIN VIA L'A1 (PAS-DE-CALAIS)



Au-delà de la D917, la trajectoire de la tornade bifurque de nouveau, mais cette fois vers l'est (230°). Le phénomène est rétrogradé en intensité EF2. Dans cette trajectoire déviée, un parc éolien est évité mais un gros hangar de la route d'Ervillers à **Mory** est sévèrement atteint : les tôles de la toiture sont soufflées et la structure métallique complètement tordue [1]. On note des projections à distance assez significatives ; des ballots de paille sont emportés.



[1] Mory – Gros hangar métallique soufflé, route d'Ervillers. La structure s'est tordue sous l'effet du vent
© Keraunos

En gagnant les terres agricoles de **Mory** et de **Saint-Léger**, la tornade dépouille littéralement une trentaine de petits arbres qui bordent les D36E2/D36E3 [2] sur une largeur de 200 à 250 mètres. Les dommages sont assez spectaculaires et représentatifs d'un phénomène qui conserve encore une intensité significative à cet endroit.



[2] Mory et Saint-Léger – Une trentaine d'arbres brisés ou dépouillés de leurs branches le long des D36E2 et D36E3 © Keraunos

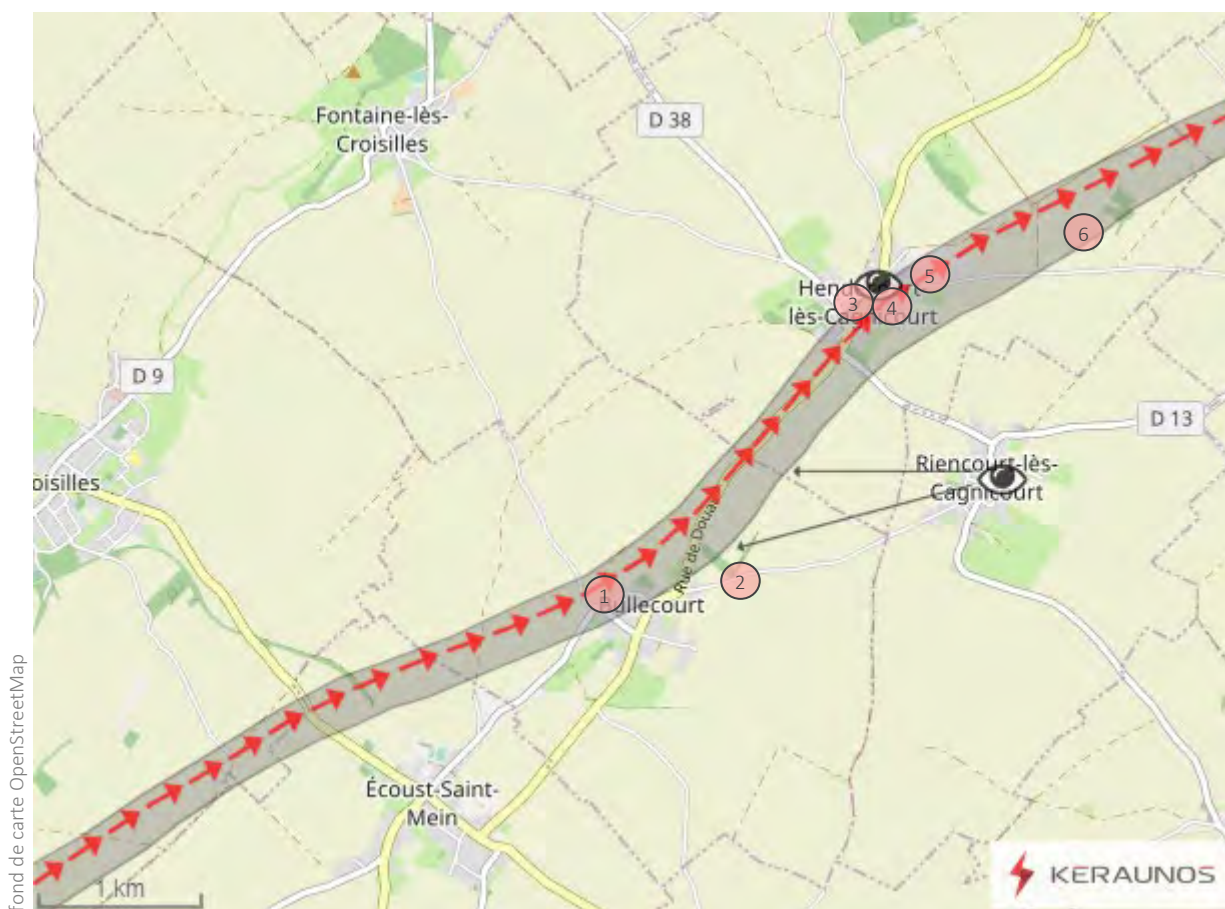
Le tourbillon prend ensuite la direction de la LGV et de l'autoroute A1, tout en s'infléchissant encore un peu plus vers l'est (240°). Si aucun dommage n'est signalé sur la voie de chemin de fer, deux accidents simultanés [3] se produisent en revanche sur l'autoroute lors du passage de l'orage : un premier dans le sens Lille/Paris presque au niveau de l'aire de service de Saint-Léger (accident qui implique plusieurs véhicules dont une semi-remorque couchée sur deux voies), un second dans le sens Paris/Lille au même niveau (deux semi-remorques sont accidentées). Aucun blessé sérieux n'est à déplorer dans ces deux accidents spectaculaires. Il y a de fortes présomptions pour que ces deux événements soient directement causés par le passage de la tornade à cet endroit (à préciser également que l'aire de repos est frôlée par le nord, où des arbres sont arrachés).

Au-delà de l'autoroute, la tornade traverse des parcelles agricoles de **Croisilles** et d'**Écoust-Saint-Mein**. Plusieurs éoliennes, frôlées par le tourbillon, sont vraisemblablement mises en arrêt technique. Au-delà de la D5, une rangée d'arbres est sectionnée à mi-hauteur sur une largeur proche de 250 mètres [4]. La tornade retrouve les caractéristiques d'une intensité EF1.



[4] Ecoust-Saint-Mein – Rangée d'arbres sectionnée à « Vers Fontaine » © Keraunos

AUTOUR D'HENDECOURT-LÈS-CAGNICOURT (PAS-DE-CALAIS)



En entrant à **Bullecourt**, la tornade frôle le village par l'ouest et le nord ; quelques dégâts sont observés sur des habitations [1] mais ils sont fort heureusement limités (rue Neuve, rue de l'Ecole). La végétation est davantage touchée au nord de l'agglomération et dans une peupleraie de la rue de Douai [2] (c'est d'ailleurs à quelques centaines de mètres au nord de cette peupleraie que la trajectoire croise celle de la tornade EF5 de Palluel du 24 juin 1967).



[1] Bullecourt - Arbres vigoureux arrachés au nord-ouest du village / Toiture endommagée, rue Neuve
© Keraunos

On observe également les nouveaux effets d'aspirations périphériques significatives, puisque des arbres du Parc mémorial australien sont endommagés à 250 mètres du couloir principal [2]. Elles se généraliseront par la suite et contribueront à un évasement durable du couloir de dommages, comme dans l'Oise.

A cet instant, une vidéo de la tornade a été prise depuis le village voisin de Riencourt-lès-Cagnicourt. Le témoin filme en direction de l'OSO, lorsque la tornade transite au nord de Bullecourt. A cet instant précis, le vidéaste ignore que la tornade prend sa direction et peut l'atteindre de plein fouet : c'était sans compter sur un brusque changement de trajectoire, bien visible sur la séquence, qui détourne petit à petit la tornade du village de Riencourt, finalement épargné (👁).



La tornade vue de Riencourt-lès-Cagnicourt en direction de Bullecourt, à 2 km à l'OSO © Julien Lechevestrier

Au nord de Bullecourt, la tornade connaît une nouvelle inflexion vers le nord (220° puis 215°) et se dirige vers **Hendecourt-lès-Cagnicourt**. Il est alors 16h31 TU. Sur une largeur de 200 à 350 mètres, la commune est enveloppée à 50% par le tourbillon, principalement sur son flanc oriental. Outre des dégâts usuels observés dans la Grand'Rue (toitures endommagées, arbres sectionnés, une vitre d'abribus explosée) [3], on observe des dommages nettement plus significatifs dans le périmètre de la rue du Moulin [4]. Des pans entiers de toitures sont arrachés et plusieurs dépendances en maçonnerie entièrement démolies. Ce type de dommages relève ponctuellement du niveau d'intensité EF2, regain d'intensité qui semble coïncider avec l'inflexion de trajectoire observée à 2 kilomètres de là. Comme pour Bihucourt, hormis quelques blessés légers, aucun accident de personne sérieux n'est à déplorer.



*[3] Vitres d'un abribus explosées à côté de l'église / Tuiles emportées sur une toiture au n°34, Grand'Rue
© Keraunos*

Une vidéo prise à l'intersection de la Grand'Rue et de la rue du Moulin (👁️) montre les effets d'aspiration de la tornade qui circule juste devant l'observatrice :



Extraits d'une vidéo de la tornade lorsqu'elle circule entre la Grand'Rue et la rue du Moulin © Manon Boulais

Sans atteindre le niveau d'intensité de Bihucourt, la rue semble elle aussi avoir vécu un bombardement : débris divers, amoncellement de tuiles, de branches et de laine de verre, poteaux électriques renversés. Plusieurs automobiles sont déplacées par le vent et ont les vitres explosées.



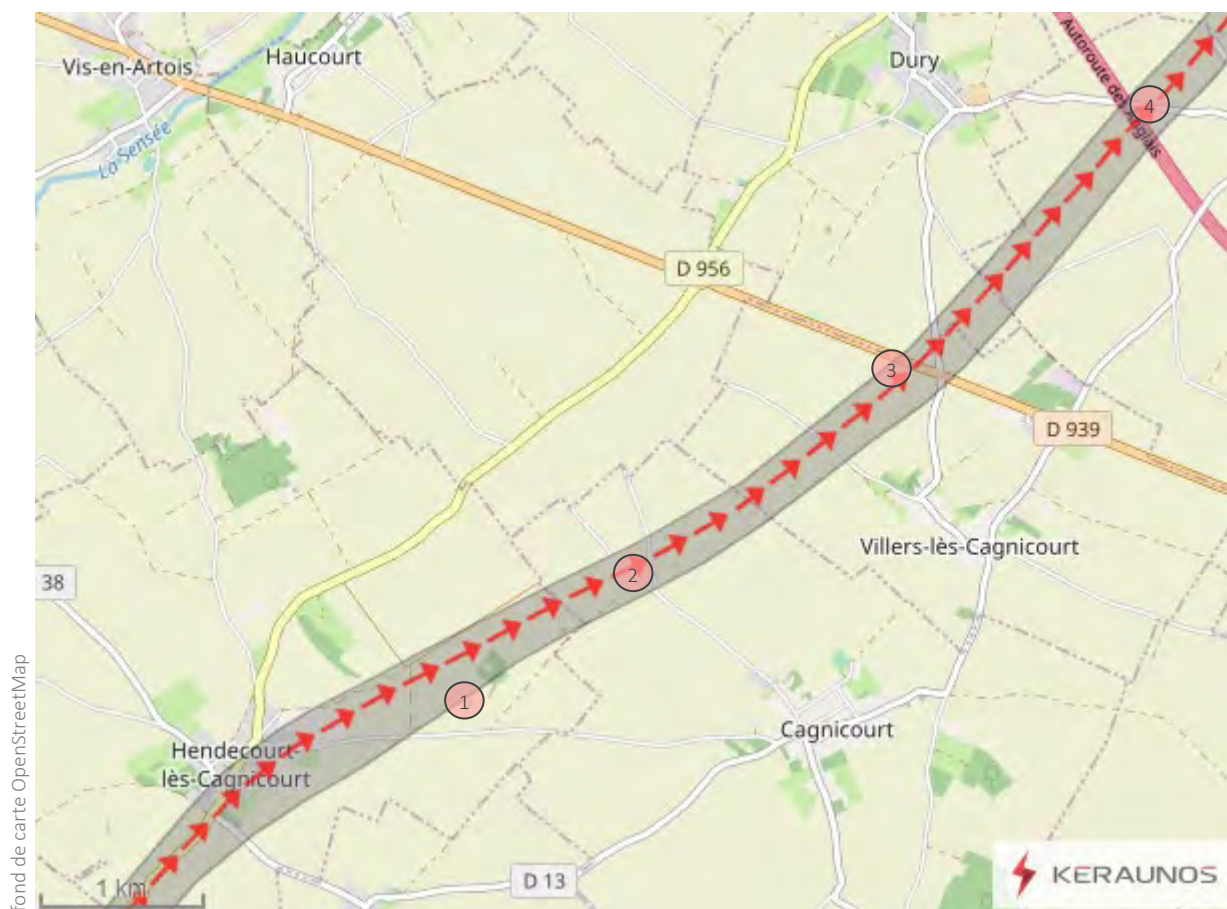
[4] Solide dépendance de ferme démolie, rue du Moulin © Keraunos

Dans la direction de la rue de Cagnicourt, des sapins sont sectionnés et leurs couronnes emportées à plusieurs mètres [5]. On note également que les tensions observées sur le réseau électrique font chuter plusieurs poteaux, si bien que le village est privé d'électricité.



[4] Vue de la dépendance démolie, rue du Moulin, quelques minutes à peine après la tornade © Frédéric Lancelle / Aperçu général de la rue : débris de tuiles et de branches, vitres de voitures brisées © Manon Boulais

DE CAGNICOURT À SAUDEMONT (PAS-DE-CALAIS)



A la sortie d'Hendecourt-lès-Cagnicourt, la tornade bifurque toujours vers l'est et perd un peu en intensité (EF1). Le changement de trajectoire est tel que le tourbillon manque de croiser une seconde fois la trajectoire de la tornade de 1967 ! Le couloir de dommages reste significatif, puisqu'un bosquet situé en bordure sud-est est bien endommagé [1].



[1] Hendecourt-lès-Cagnicourt – Arbres arrachés et branches projetées à distance dans un bosquet
© C. Asselin

La tornade traverse ensuite les territoires agricoles de **Cagnicourt** [2] et de **Villers-lès-Cagnicourt**, où on observe uniquement des dégâts sur la végétation (bien souvent des bouquets d'arbres arrachés ou de grosses branches brisées, soit une intensité EF0+). Le long de la D939 frontalière avec **Dury**, plusieurs branches d'érables sont arrachées [3] et projetées dans un champ voisin.

Selon les mêmes caractéristiques, le tourbillon traverse la campagne de **Saudemont**, bifurque de nouveau vers le nord (220°), traverse l'autoroute A26, puis prend la direction du village de Récourt. On observe des arbres arrachés près d'un pont qui enjambe l'autoroute [4], mais il n'y a aucun signalement d'accident.



[3] Villers-lès-Cagnicourt – Branches d'érables arrachées le long de la D939 © Keraunos / [4] Saudemont – Petits arbres brisés près de l'autoroute A26 © C. Asselin

Pendant que la tornade transite à l'ouest de Cagnicourt, les auteurs de la présente étude photographient la structure supercellulaire à 32 km au NE de la tornade, au niveau d'Orchies (Nord) :



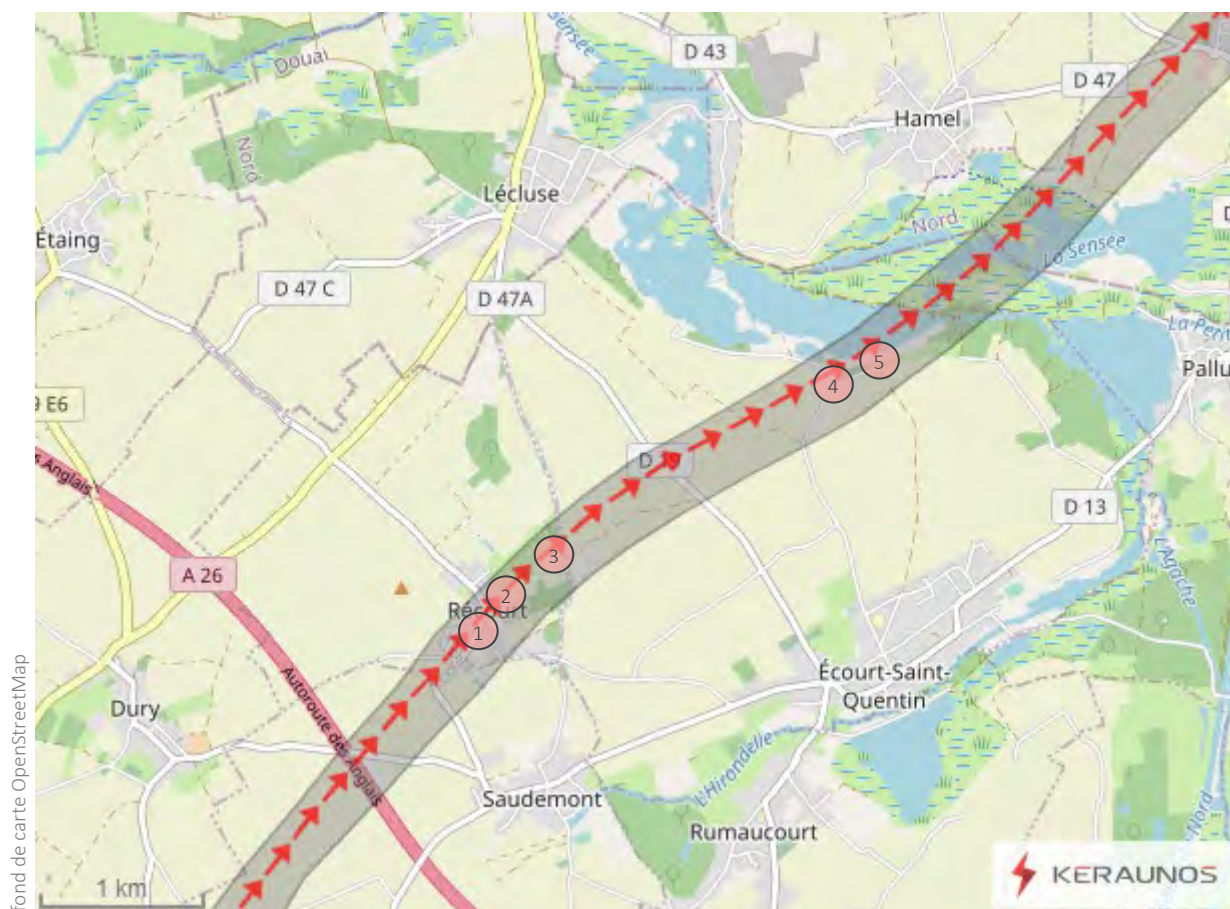
16h33 TU : Mammatus sur la portion sud de l'enclume de la supercellule © Keraunos

Sur la photographie suivante prise à 16h34 TU, la tornade, non visible, vient de dévaster Hendecourt-lès-Cagnicourt. Les décharges de foudre qui parcourent la supercellule sont quasi continues :



16h34 TU : vue d'ensemble de la supercellule avec décharge internuageuse © Keraunos

DE RÉCOURT AUX ÉTANGS DE LA SENSÉE (PALLUEL) (PAS-DE-CALAIS)



A **Récourt**, sur une bande de terrain large de 250 à 300 mètres, le phénomène gagne en intensité [1] et reprend les caractéristiques d'une tornade durablement EF1 : arbres déracinés, pans de toitures d'habitations arrachés, phénomènes d'aspiration dans les combles des maisons, véranda soufflée, murs en palissade détruits, vitres de voitures brisées. Des arbres de bonne dimension sont également arrachés dans le domaine du château [2]. Là non plus, aucun blessé n'est à déplorer, mais une frayeur certaine pour un habitant qui confie : « *J'allais entrer dans la véranda, quand un sapin l'a écrasée* ». Derrière le village, plusieurs bosquets sont atteints par le tourbillon [3].



[1] Récourt – Arbre déraciné, Grande Rue © C. Asselin / Toiture partiellement arrachée, Grande Rue © Keraunos



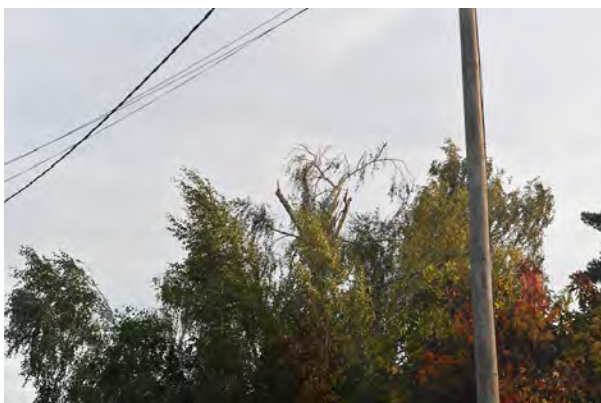
[1] Récourt – Conifère déraciné, véranda détruite et clôture en palissades soufflée, voie du Curé © C. Asselin



[2] Récourt – Grosses branches brisées sur des arbres centenaires, à l'entrée du parc du château © Keraunos

D'Écourt-Saint-Quentin à Palluel, la tornade est rétrogradée en intensité EF0 et ne marque son passage que par quelques dommages sur de la végétation. Des habitations de l'Auberge Rouge subissent également de légers dégâts [4].

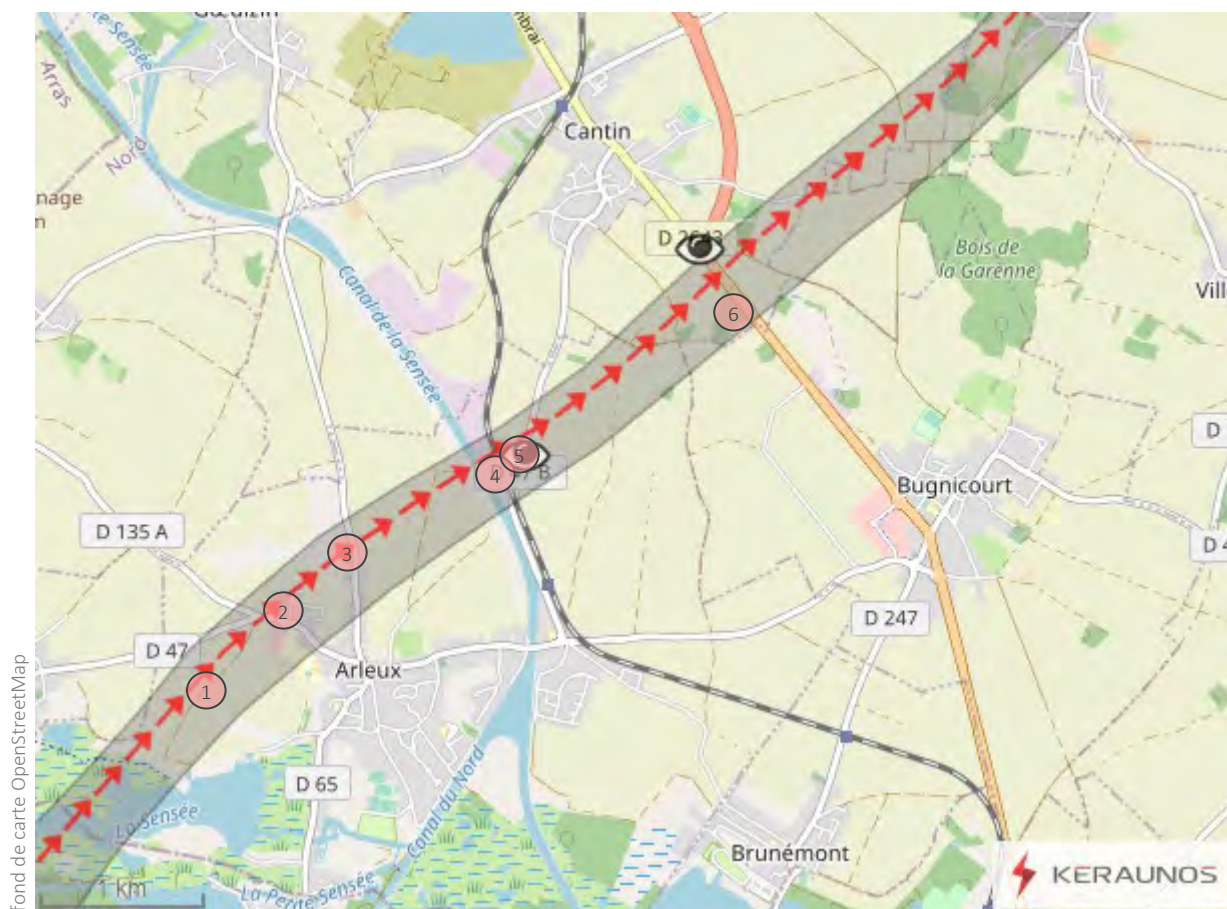
Un axe de convergence est de nouveau perceptible dans le sens de chute des branches d'arbres, avec une accentuation des aspirations périphériques sur le flanc sud du couloir, si bien que la largeur du phénomène atteint désormais fréquemment entre 300 et 400 mètres.



[4] Écourt-Saint-Quentin – Bouleau brisé à mi-hauteur, chemin du Bracheuil © Keraunos / [5] Grillage couché par la tornade et étayé après l'événement, chemin des Eclusettes © C. Asselin

De part et d'autre des marais de la Sensée, les arbres subissent le même sort, sans gros dommages apparents [5]. Il s'agit principalement de saules et de peupliers.

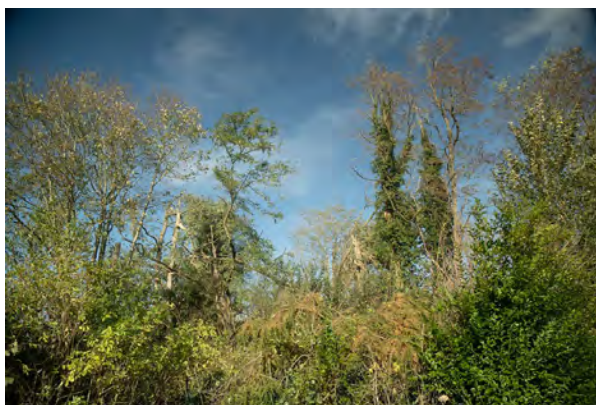
D'ARLEUX À CANTIN (NORD)



La tornade entre dans le département du Nord à 16h40 TU et franchit son 155^{ème} kilomètre. C'est au tour d'**Arleux** d'être victime du phénomène. Dès le nord des étangs, des arbres sont arrachés [1] ; puis le bourg est principalement touché de la rue Salvador-Allende à la rue de Douai, en passant par les rues des Lotus et des Iris. Dans ce périmètre, on observe des arbres déracinés ou sectionnés [2], des pans de couvertures arrachés ou des toitures endommagées (notamment celle de la gendarmerie). Le long de la rue de Douai, des aspirations périphériques significatives sont observées dans un bois [3] sur une largeur de plus de 400 mètres ; on note de nouveau un axe de convergence dans le sens de chute des arbres ou des branches.



[1] Arleux – Branches brisées et clôture endommagée © C. Asselin / [2] Arleux – Branches de saule-pleureur arrachées © Keraunos



[2] Arleux – Toiture d’une maison neuve atteinte, rue des Iris / [3] Arleux – Arbres arrachés près de la rue de Douai
© C. Asselin

Mais c’est sans conteste le long de la voie de chemin de fer et dans la cité du Cambrésis que les dommages sont les plus importants. La tornade atteint ponctuellement le niveau d’intensité EF1+. Les branches d’un arbre se couchent sur la ligne SNCF Douai-Cambrai [4], ce qui cause l’arrêt d’un train régional. Le trafic reprend à 18h25 TU, et le passage à niveau de la D47B est fermé à la circulation routière pendant environ une heure. Dans la cité [5], où la tornade a pu également être filmée, des pans entiers de toitures se sont envolés ; une tuile a même traversé le pare-brise d’une Renault Clio stationnée face à une habitation. La force du vent est telle que cette même voiture est poussée sur une dizaine de mètres. Des portes et des toitures de garages s’envolent, et des matériels divers sont projetés dans les jardins des voisins. Fait curieux, la coopérative Uneal, qui précède la cité, ne souffre d’aucun dommage.

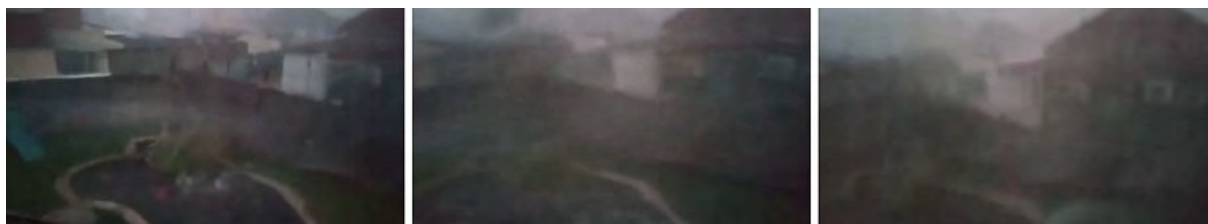


[5] Arleux – Vue générale de la cité du Cambrésis après la tornade © C. Asselin



[5] Arleux – Détails d’habitations touchées, cité du Cambrésis © C. Asselin

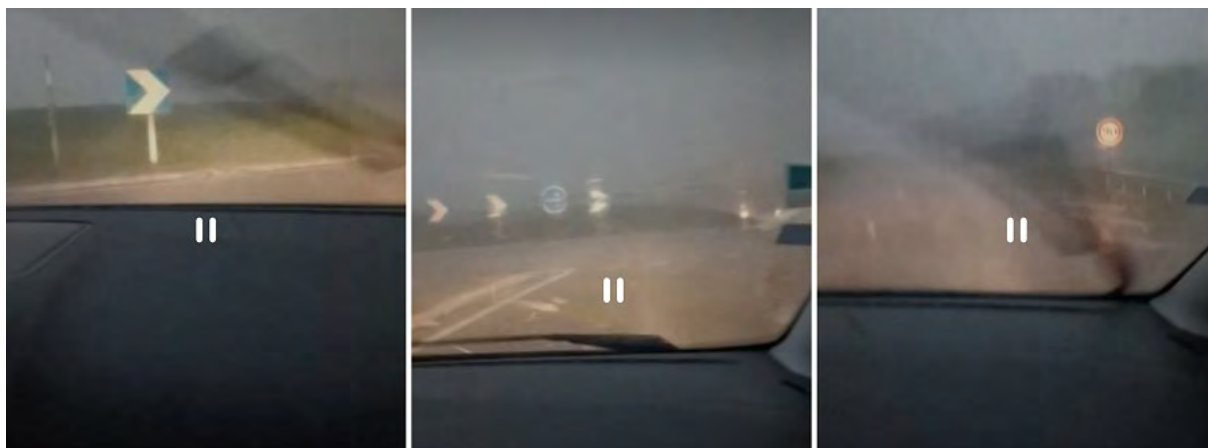
La vidéo de la tornade dans le secteur montre la force d'aspiration du tourbillon, avec de nombreux projectiles qui circulent rapidement en quelques secondes à peine. L'un d'eux brise d'ailleurs l'une des vitres d'une fenêtre où se tient le témoin, qui aurait pu être sévèrement blessé à cet instant :



© Valérie Lengrand-Richard

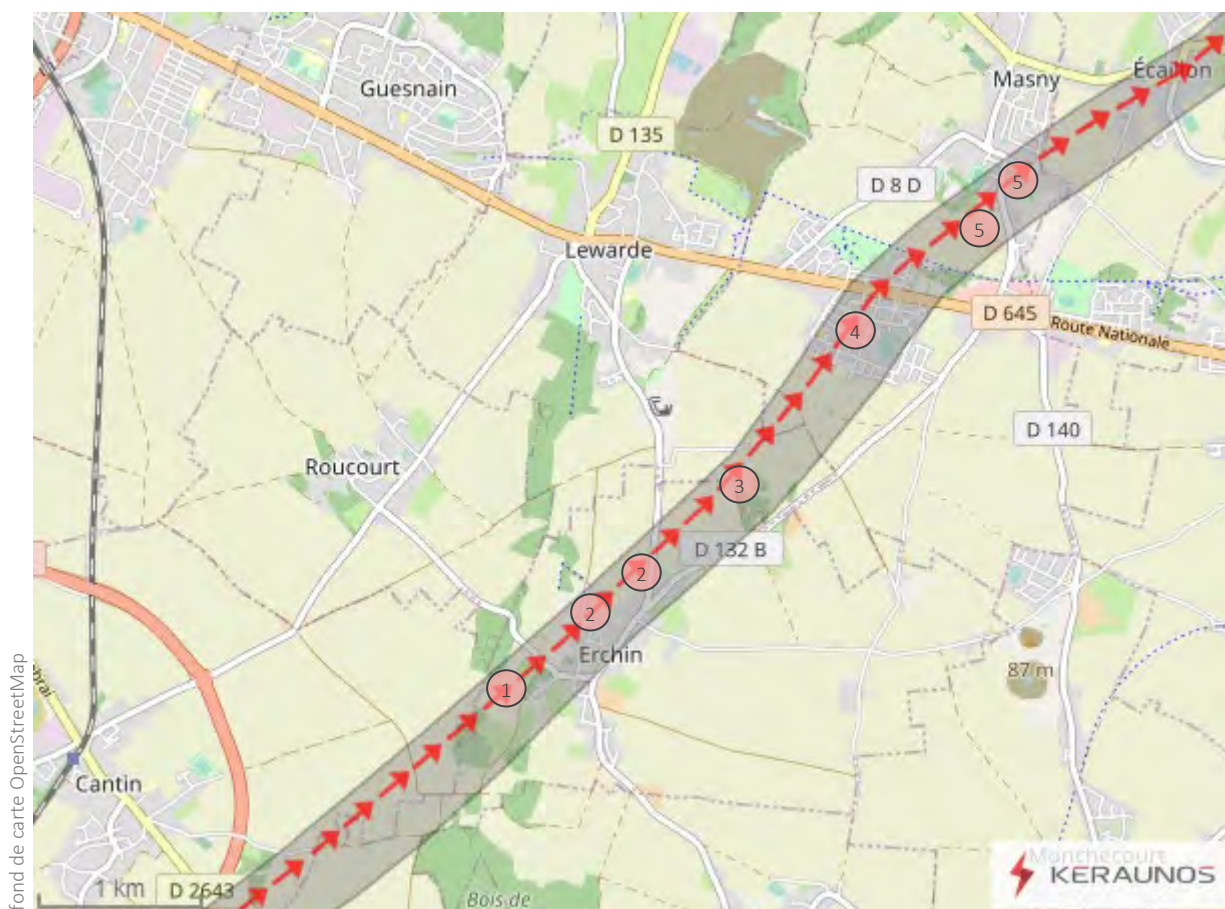
Au-delà d'Arleux, la tornade poursuit sa route vers la D643, au sud-est de **Cantin**. Toujours dans la direction du nord-est (230°), elle frôle le premier rond-point de contournement de la commune et traverse un bois frontalier avec le territoire de Bugnicourt [6]. Les aspirations périphériques se maintiennent et la largeur moyenne du tourbillon est proche de 400 mètres.

Une nouvelle vidéo prise au niveau du rond-point (👁️) montre une masse tourbillonnante qui survient dans un contexte extrêmement chaotique : la pluie accompagne un phénomène venteux à peine visible, ce qui tend à confirmer l'évolution progressive vers une « *rain-wrapped tornado* » caractéristique des supercellules HP. A noter qu'un panneau de signalisation s'envole pendant la vidéo ; ce type de projectile peut s'avérer très dangereux dans cet environnement où les flux de population sont importants.



© Audrey MTH

ERCHIN, LEWARDE ET MASNY (NORD)



Toujours en direction du nord-est, le tourbillon traverse à présent le village d'**Erchin**. Les dommages se concentrent essentiellement au nord de la commune [2], dans les rues du Moulin, de Masny, d'Auberchicourt et de Lewarde (pans de couvertures emportés, clôtures en palissades arrachées, arbres déracinés). On observe également des arbres arrachés dans les bois communaux proches de la grotte [1] et de l'ancienne carrière. La chute des poteaux électriques provoque une coupure de courant dans le village. Les dommages, toujours d'intensité EF1, s'accompagnent d'aspirations périphériques désormais généralisées (certaines tuiles sont arrachées de toits situés à plus de 250 mètres du couloir).



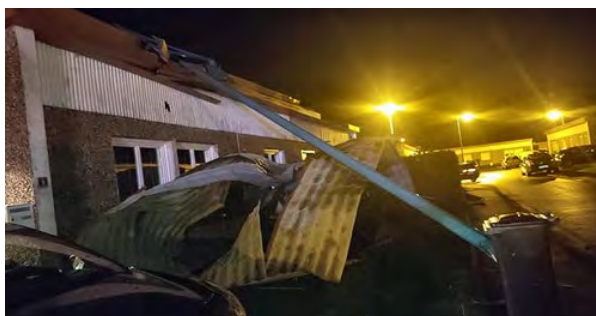
[1] Erchin – Arbres arrachés dans les bois © Keraunos

A la sortie d'Erchin, la trajectoire de la tornade s'infléchit de nouveau vers le nord (215° désormais) et prend la direction de la cité du Champ Fleuri à Masny. Le tourbillon ne circule qu'à 800 mètres au sud du centre historique minier de la Fosse Delloye à **Lewarde**. Cette dernière commune est touchée, mais dans une moindre mesure : seuls deux bois et une habitation sont atteints [3] à l'extrême sud-est du territoire communal.

A **Masny**, à 16h49 TU, la tornade touche d'abord presque toute l'ancienne cité minière du Champ Fleuri [4]. Ce lotissement, en grande partie constitué de camus bas (logements en plain-pied dotés d'un toit-terrasse), est particulièrement atteint. Les toitures de ces maisons, conçues en maçonnerie légère, sont soufflées et transportées à distance. A ces projectiles s'ajoutent de nombreuses toitures en tôles de garages individuels, quand les portes elles-mêmes ne sont pas arrachées et emportées (après inventaire, 22 camus bas sont considérés comme fortement atteints). Dans le périmètre de la cité, la bande sinistrée atteint presque 500 mètres de large, toujours avec des aspirations périphériques significatives sur le flanc sud du couloir.



[4] Masny – Vue générale de l'entrée de la cité du Champ Fleuri © Keraunos



[4] Masny – Illustration des dommages les plus représentatifs sur des camus bas © La Voix du Nord

Après avoir franchi la D645 et endommagé encore bon nombre de maisons, la tornade traverse une prairie, puis franchit les rues de la Fabrique et des Hallots. Dans cette première rue, de nouveaux bâtiments publics sont touchés. Sur l'ensemble de la commune, les plus gros dommages sont constatés à l'école du Champ Fleuri, la salle de sport Chagall, la salle des Galibots, la salle de sport Guy Drut [5], et le garage des services techniques.

Après analyse des dommages constatés sur les bâtiments, et en prenant en compte une solidité moindre parmi les constructions de la cité du Champ Fleuri, la tornade est classée en intensité EF1+ sur l'ensemble de la commune.



[5] Masny – Dommages sur des bâtiments communaux : salle de sports Guy Drut (à gauche), salle des Galibots (à droite) © Ville de Masny

D'ÉCAILLON À RIEULAY (NORD)



A partir d'Écaillon, et jusqu'à Rieulay, l'intensité de la tornade diminue durablement, après avoir subi une nouvelle inflexion peu après Masny (230°). Arrivée justement à **Écaillon**, elle enveloppe une bonne partie du village qui subit des dommages d'intensité EF0+ voire EF1- : faibles portions de toits emportées, arbres déracinés ou grosses branches cassées, éléments de toitures emportés dans des vérandas, mobilier de jardin soufflé [1]. Dans la rue des Maraîchons, une exploitation horticole est touchée [2].



[1] Écaillon – Arbre déraciné © La Voix du Nord / [2] Toiture en tôles aspirée, rue des Maraîchons © Keraunos

On note un axe de convergence très asymétrique avec des aspirations périphériques désormais généralisées sur une bande d'environ 400 mètres (toujours au sud-est du couloir), chose tout à fait logique dans des tornades de faible intensité à déplacement rapide. L'analyse des branches au sol, ou des arbres déracinés, montre dans la majorité des cas une orientation vers le NE ou le N (parfois au NNO).

Tout le secteur situé de part et d'autre de la D13, depuis la sortie d'Écaillon [3] jusqu'à l'entrée de Bruille-lez-Marchiennes, est traversé par le tourbillon qui arrache des arbres plantés dans des prairies ou le long de ruisseaux (Fossé Noir, courant du Rivage et leurs dérivations).



[3] Écaillon – Peupliers sectionnés au bois Fassiaux © Keraunos

A **Bruille-lez-Marchiennes**, la tornade se manifeste d'abord dans le quartier du complexe sportif [4]. Après avoir brièvement traversé les Bas Riez de **Pecquencourt** [5], le tourbillon rejoint le village proprement dit. L'axe principal de dommages se situe au niveau de la rue Jean-Jaurès, où des tuiles sont arrachées, du mobilier de jardin emporté et quelques arbres ébranchés [6]. L'inventaire des dommages ne fait pas état de dégâts sérieux (intensité EF0), même si des bâtiments communaux sont touchés.

Toujours en direction du nord-est, la tornade atteint le nord de l'agglomération de **Somain**, d'abord en franchissant l'autoroute A21, puis la cité du Bois Brûlé, la voie de contournement (D 957B) [7], enfin le quartier rural du Boquet [8].



[7] Somain – Branches de saules arrachées le long de la D 957B © Keraunos

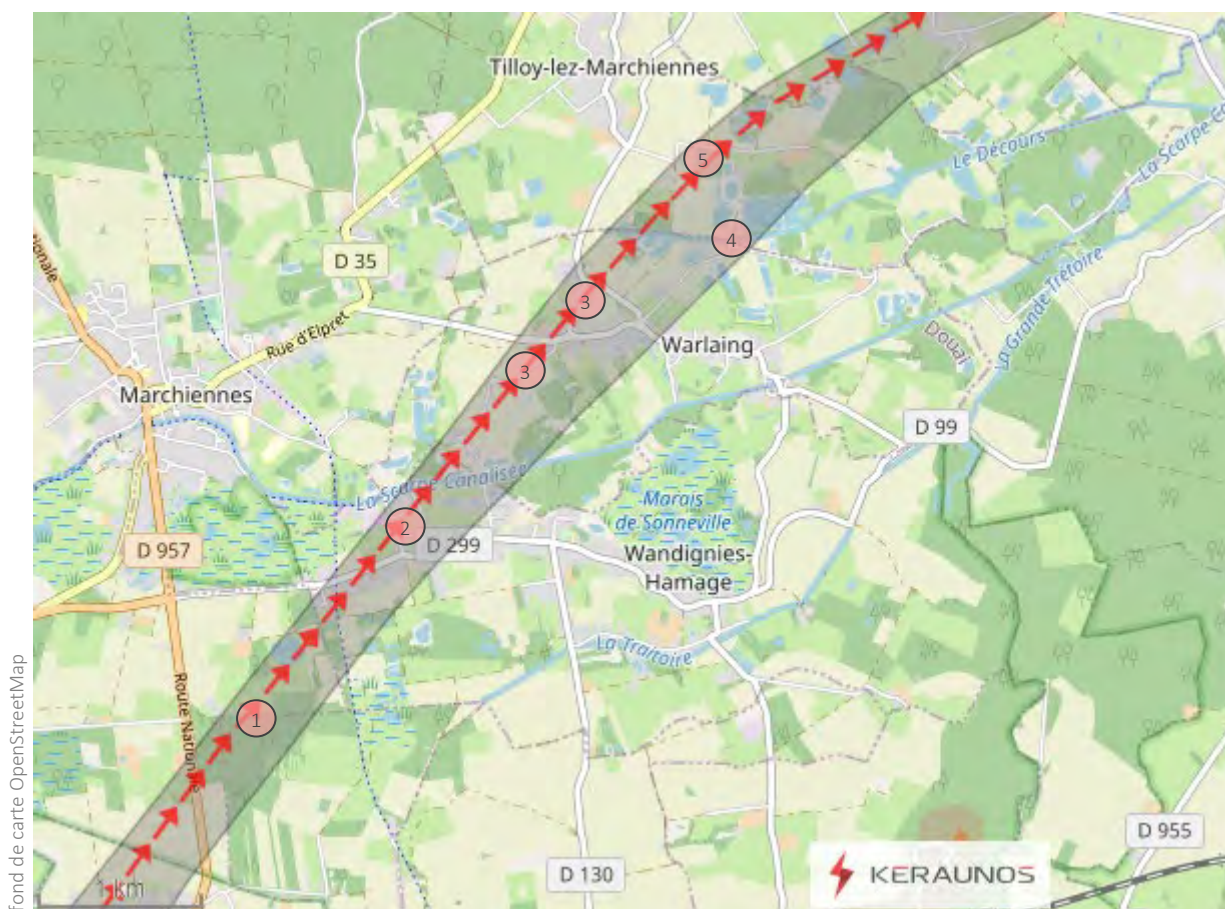


Les dommages sont à peine perceptibles sur les habitations et les arbres sont principalement ébranchés. En revanche, la zone endommagée est vaste et atteint plus de 400 mètres, voire 500 mètres localement.

A partir de **Rieulay**, la tornade dévie de nouveau vers le nord (210°). Son passage est principalement signalé le long de la route Nationale (D957) où des platanes de grande dimension sont atteints [9]. Certaines branches maîtresses sont arrachées mais aucun arbre n'est déraciné (on note, comme à Somain, un couloir de dégâts d'une largeur de 500 mètres autour du Moulin de l'Enfer). Ce type de dommages relève toujours d'un niveau d'intensité EF0.

Notons également que la trajectoire du phénomène finit par croiser celle de la tornade EF1 de Marchiennes du 26 mai 2009.

DE WANDIGNIES-HAMAGE À TILLOY-LEZ-MARCHIENNES (NORD)



Après avoir traversé les Marais de **Fenain** puis les pâtures des Hudions (**Rieulay**) [1] sans dégâts importants, le tourbillon entre à **Wandignies-Hamage** par le hameau de Hamage [2] qui est touché à son tour par des vents qui restent d'intensité EFO (ranch du Prieuré et site de l'ancienne abbaye d'Hamage). Le village est globalement épargné et les dommages restent limités : fils électriques décrochés, tuiles faîtières arrachées, arbres ébranchés.

En franchissant la Scarpe où elle arrache de nombreux arbres, obstruant les chemins de halage, la tornade atteint le niveau d'intensité EF1+ à l'approche de **Warlaing**. Il est 16h58 TU.

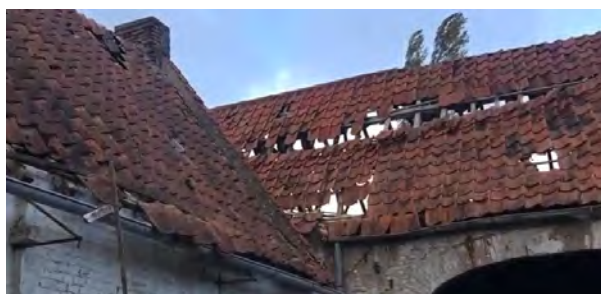


[3] Warlaing – Techniciens occupés à rétablir l'électricité à l'intersection des rues Grande et Firmaine
© Keraunos

Comme à Hendecourt-lès-Cagnicourt, les tensions survenues sur le réseau électrique provoquent une panne générale. Ce sont surtout les rues de la Planche-d'Alnes, Grande, Firmaine [3] et du Pont-Boulet qui paient le plus lourd tribut : couvertures des maisons emportées, plusieurs pans de toitures arrachés avec leur charpente, pylônes électriques à basse tension renversés, clôtures en palissade arrachées, arbres déracinés ou brisés net. Un hangar métallique est également tordu par le vent et sa toiture effondrée.



[3] Warlaing – Aperçu des principaux dommages autour de la rue Firmaine © Weo



[3] Warlaing – Aperçu des principaux dommages autour de la rue Firmaine © Weo

Dans la continuité des lieux précédemment traversés par la tornade, l'axe de dégâts convergents, qui atteint 600 mètres, est marqué par une forte asymétrie et des aspirations significatives en bordure sud-est. Que ce soit au Bas Marais (Warlaing), à Pont Boulet [4] ou aux Plaries (**Tilloy-lez-Marchiennes**) [5], les arbres renversés chutent vers le NE, le N ou le NNO. La proportion d'arbres brisés est également très importante ; il s'agit presque exclusivement de peupliers, abondamment plantés dans cette région marécageuse. La parcelle la plus atteinte, au nord immédiat des Plaries, coïncide avec la bordure nord-ouest du couloir de dommages.

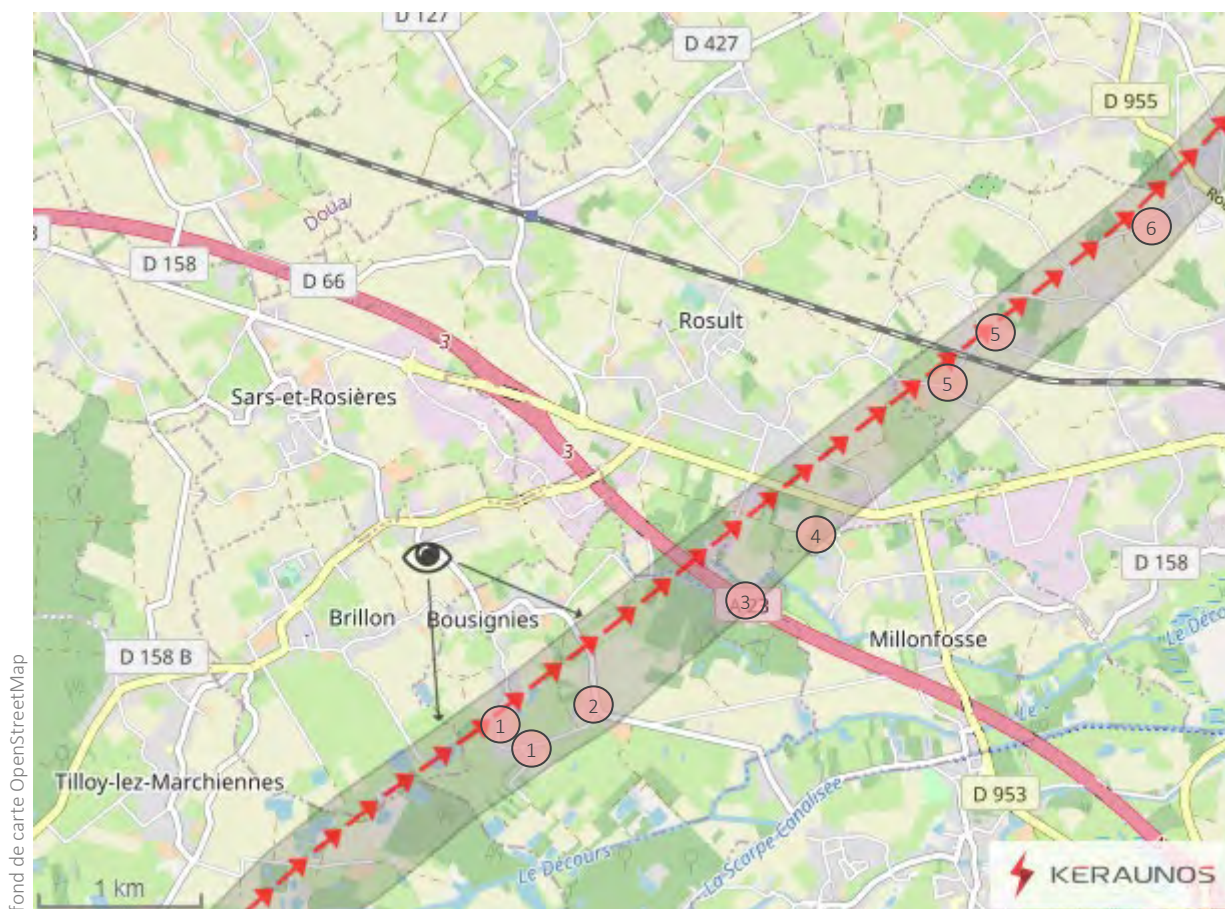


[5] Tilloy-lez-Marchiennes – Peupleraie dévastée aux Plaries © Keraunos



On note enfin, comme déjà observé dans le département de l’Oise, un axe de dommages périphériques le long de la Scarpe dès la sortie du village. Situé à environ 700 mètres du couloir principal, il provoque des dommages sur la végétation.

DE BOUSIGNIES À SAINT-AMAND-LES-EAUX (NORD)



Après avoir frôlé le territoire de **Brillon** par le sud, la tornade entre à **Bousignies** à 17h01 TU. La trajectoire s'infléchit de nouveau vers l'est (235°) avec une nouvelle phase temporaire d'affaiblissement du tourbillon (EF0+). Le phénomène marque son passage dans le quartier du Marais [1], fermé par le fossé du Massy à l'ouest et le courant dit Branche du Jambon au sud.

Les dommages concernent surtout la végétation : conifères sectionnés, peupliers brisés net. Sur les habitations, les dégâts sont minimes et se limitent à quelques tuiles arrachées et des antennes renversées.



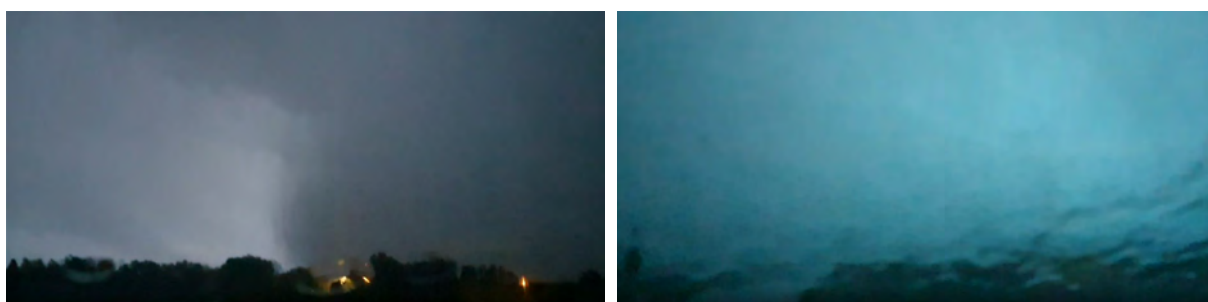
[1] Bousignies – Branche de saule arrachée vers l'ENE, rue du Marais / [2] Branches de saules arrachées rue du Bois © Keraunos

On note un amoncellement assez significatif de petites branches à l'intersection des rues du Bois et du Marais [2], sur une distance d'environ 150 mètres. Là encore, en raison d'aspirations périphériques importantes, la largeur du phénomène reste proche de 500 mètres.



[1] Bousignies – Aspect d'une peupleraie près du fossé du Massy © Keraunos

C'est également à 1 km au NO de la tornade que s'est positionnée l'équipe de Keraunos (qui avait déjà pu photographier la supercellule à 16h34 TU). Les diverses vidéos (👁) prises à cette occasion dans la direction de la tornade montrent une progression très rapide de droite à gauche, ainsi que des « power flashes » lors du passage du tourbillon sur la commune de Bousignies. Par ailleurs, un changement tout à fait spectaculaire de la direction du vent est noté : d'abord de secteur SE à SSE à l'approche du phénomène, le vent bascule soudainement au secteur NO quelques instants plus tard, au passage de la tornade. La force d'aspiration n'est pas extrême mais elle suffit à faire refluer des feuilles et quelques petites branches qui avaient été projetées par le souffle une minute auparavant.



Captures vidéo du phénomène. A gauche : approche du rideau de pluie qui enveloppe la tornade (« rain-wrapped tornado ») à 17h00min50sec TU. La tornade circule de droite à gauche à 1 km de distance. / A droite : « power flash » causé par la tornade lors de son passage sur une ligne électrique à 17h01min16sec TU © Keraunos

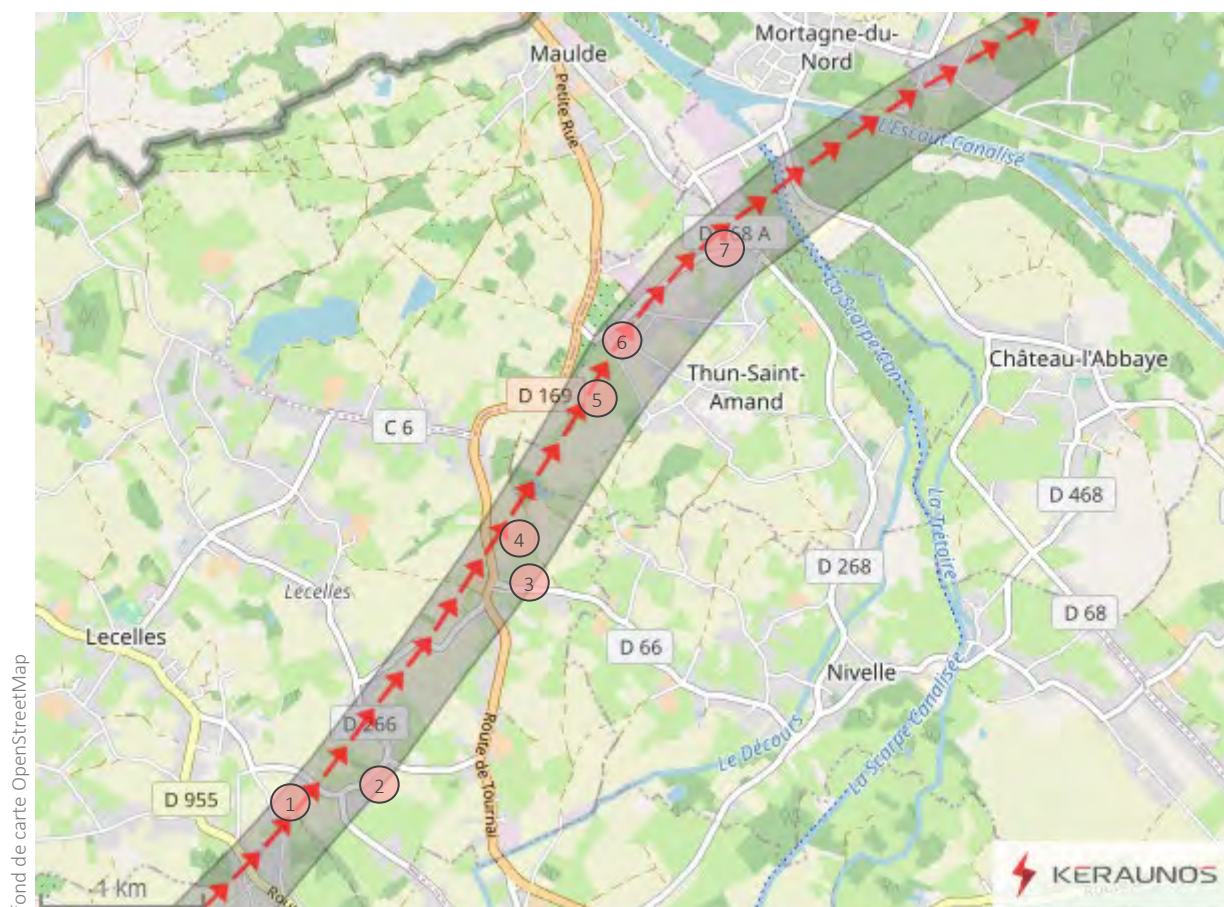
Après la commune de Bousignies, la tornade traverse l'autoroute A23 à l'ouest de **Millonfosse** [3] puis parcourt la campagne de **Rosult** [4]. L'emprise au sol semble plus chaotique et les dommages, bien que toujours circonscrits dans un couloir, sont plus diffus. L'orientation des branches brisées reste dans la direction du N ou du NE dans un vaste périmètre de 400 à 500 mètres.

Dans la continuité de Rosult, le tourbillon traverse ensuite tout l'ouest de **Saint-Amand-les-Eaux** en épargnant l'agglomération. Les dommages restent très limités et correspondent à un niveau d'intensité EF0. A Vaucelles [5], près de la voie ferrée et au Saubois [6], de grosses branches sont brisées.



*[5] Saint-Amand-les-Eaux – Bâches d'une serre emportées à Vaucelles / Peupleraie atteinte près de la voie ferrée
© Keraunos*

DE LECELLES À THUN-SAINT-AMAND (NORD)



Jusqu'à la D169 à **Lecelles**, les mêmes dommages se répètent au Point du Jour [1] et à la Vieille Eglise. On observe également quelques dégâts légers dans une ferme de la rue des Fèves [2], où quelques tuiles sont délogées. Le niveau d'intensité reste très faible (EF0).



[1] Lecelles – Illustration de branches arrachées au Point du Jour / [2] Tuiles délogées sur un bâtiment de ferme, rue des Fèves © Keraunos

Parvenue à la D169, la tornade s'infléchit vers le nord (215°) et prend la direction de la cité du Maroc à Thun-Saint-Amand. Dans la rue du Corbeau, toujours à Lecelles, plusieurs arbres sont abattus et doivent être déblayés [3] pour permettre de rouvrir la circulation. Dans une peupleraie voisine,

plusieurs arbres vigoureux sont ébranchés ou sectionnés à mi-hauteur [4], ce qui confirme que le tourbillon gagne en intensité et franchit l'échelon EF1.

Arrivée à **Thun-Saint-Amand**, la tornade arrache plusieurs arbres (saules et peupliers) dans des pâtures de la Couture des Reumez [5], puis prend la direction de la cité du Maroc. Les dégâts sont significatifs du Nouveau Rieu à la rue Alfred-Matez [6] : pans de toitures arrachés et projetés à faible distance, poteaux téléphoniques affaissés, cheminées écroulées, vitres des voitures et des maisons brisées. Plusieurs jardins sont jonchés de panneaux solaires, de bouts de charpentes et de tuiles. Un témoin raconte : « On venait de se réveiller d'une sieste [...]. On a entendu tonner, l'ampoule a commencé à déconner. J'ai demandé à mon conjoint de rentrer le chien. On n'a plus rien vu pendant dix secondes et on a entendu les vitres du voisin exploser. J'ai eu la peur de ma vie. » [La Voix du Nord].



[4] Lecelles – Peupleraie endommagée près de la D129 / [5] Thun-Saint-Amand – Saules arrachés dans les pâtures de la Couture des Reumez © Keraunos



[6] Thun-Saint-Amand – Pans de toitures arrachés sur plusieurs habitations de la cité du Maroc © Keraunos



[6] Thun-Saint-Amand – Vitre de voiture brisée, cité du Maroc © La Voix du Nord / Toit d'un entrepôt endommagé, rue Alfred-Matez © Keraunos

Là encore, les tensions observées sur les fils électriques provoquent des coupures de courant. Par mesure de sécurité, le périmètre autour de la cité doit être bouclé.



[6] Thun-Saint-Amand – Plusieurs rues plongées dans le noir autour de la cité du Maroc. Périmètre de sécurité mis en place immédiatement après la tornade. © La Voix du Nord

Le tourbillon gagne ensuite la Scarpe en direction de Mortagne-du-Nord, et provoque des dommages autour de la rue Brûlée [7].

DE MORTAGNE-DU-NORD (NORD) À LA FRONTIÈRE BELGE



Arrivée à Mortagne-du-Nord, puis à Flines-lès-Mortagne, la tornade s'évase de plus en plus (jusqu'à 500 mètres, voire 600 mètres à la frontière belge), tout en s'infléchissant légèrement vers l'est (235°). Les dommages, qui s'apparentent davantage à un niveau d'intensité EF0, continuent d'être observés au sein d'un couloir marqué par de très fortes aspirations périphériques.

A **Mortagne-du-Nord**, des arbres sont endommagés au confluent de la Scarpe et de l'Escaut [1]. Le phénomène croise ensuite la trajectoire de la tornade EF4 de Nivelles du 22 juillet 1779. A **Flines-lès-Mortagne**, le tourbillon brise de nombreuses branches de saules ou de peupliers le long de la rue du Fort et dans les prairies environnantes [2]. L'orientation des branches est généralement en direction du NNE ou du NE, toujours au sein d'un large périmètre situé sur le flanc sud-est du couloir de dégâts.



[2] Flines-lès-Mortagne – Aperçu de saules endommagés entre la rue du Fort et Legies © Keraunos



La tornade prend ensuite la direction de Legies et de Rouillon, et provoque des dommages le long de la rue de Wiers [3] : arbres déracinés ou habitations légèrement endommagées. Des câbles sont même détachés des poteaux électriques, et la circulation est momentanément interrompue dans cette même rue. Une personne du quartier témoigne « *avoir eu très peur* », lorsqu'elle a vu sa voiture « *bouger dans tous les sens.* ». Une autre parle d'une « *tempête terrible* » qui aura eu raison du saule-pleureur planté dans son jardin.

DE CALLENELLE À BRAFFE (PÉRUWELZ, BELGIQUE)



Le tourbillon entre en Belgique au sud-est de **Callenelle** (entité de **Péruwelz**), par le canal Nimy-Blaton-Péronnes. Il est 17h14 TU et la tornade a déjà parcouru une distance exceptionnelle de 197 kilomètres. Alors que la trajectoire s'infléchit légèrement vers le nord (225°), on retrouve les caractéristiques d'un tourbillon de plus en plus évasé, à l'image de ce qui a pu être observé dans le département de l'Oise : axe de convergence asymétrique, fortes aspirations périphériques avec de nombreux sens de chute vers le NNE ou le N, et davantage vers le NO en bordure nord du couloir. A Wiers (1 kilomètre au SE), une photographie de la supercellule montre que la commune va être touchée par les courants descendants arrière, donc en légère périphérie de l'axe rotatif.

A Callenelle, entre l'ancien et le nouveau canal et près de la N504, de nombreux arbres sont ébranchés, déracinés ou sectionnés [1]. Le sens de chute prend la direction du NE, du NNE voire du NNO. Les mêmes dommages se répètent près de la voie ferrée et dans le parc de l'ancien château [2]. A la sortie du village, au sud-est de la rue des Fiefs, des rangées de peupliers sont sectionnées à mi-hauteur (voire à la base) dans plusieurs parcelles [3]. Ce type de dommages relève d'une intensité EF1.

La tornade prend ensuite la direction de la section de **Brasmenil**, qui est enveloppée aux trois-quarts par un tourbillon qui sévit sur une bande de terrain de 600 à 800 mètres de largeur. Les dommages sont généralisés et concernent tout autant la végétation que les habitations et les hangars agricoles. Les arbres déracinés tombent généralement vers le NE ou le NNE, comme dans la rue de la Savatte ou la rue du Buisenet [5]. Dans la peupleraie des Aunois, les arbres subissent le même sort qu'à Callenelle [4].



[1] Callenelle – Arbres brisés près de l'ancien canal / Peupliers et saules brisés au sud-est de la rue des Fiefs
© Keraunos



[4] Brasmenil – Peupleraie des Aunois bien endommagée (arbres sectionnés) / [5] Brasmenil – Arbre déraciné vers le nord-est, rue de la Savatte © Keraunos



[5] Brasmenil – Dommages sur les habitations, rue du Buissennet © Keraunos

La tornade prend ensuite la direction de l'autoroute E42, où des branches d'arbres sont arrachées rue de Bitremont, puis le long de l'autoroute elle-même (**Wasmès-Audeméz-Briffœil**) [6].

A **Braffe**, la tornade traverse tout le domaine du château de Wadernies [7], où plusieurs arbres parfois centenaires sont arrachés ou déracinés. Daniel Rousseau livre le témoignage suivant : « *Tout s'est passé en quelques minutes [...] Avec ma compagne, nous étions sortis pour regarder l'orage, et puis d'un coup, le vent s'est violemment levé... Nous nous sommes rapidement mis à l'abri à l'intérieur, et on peut s'estimer chanceux parce que cela aurait pu être bien plus grave ; l'un des arbres est tombé sur l'abri de jardin, à seulement quelques mètres de l'habitation.* ». Au nord du domaine, la toiture d'un hangar agricole est également arrachée et aspirée vers le NNE [8].

Plus loin, rue du Gros-Tilleul, la tornade traverse une petite chapelle, dont la croix est arrachée et tombe vers l'ONO [9]. Les tilleuls qui la protègent sont également touchés, comme d'autres arbres situés plus à l'ouest, et dont des branches sont arrachées. Un groupe d'habitations de l'extrémité de la rue est également traversé par la tornade sur une centaine de mètres : plusieurs éléments de couvertures sont emportés et un cèdre massif est abattu vers le NNO [10] (cette disposition dans les dommages rappelle à nouveau celle qui est observée dans le département de l'Oise).



[8] Braffe – Portion de toiture (sous le vent) d'un hangar agricole arrachée, et emportée vers le NNO / (9) Croix d'une chapelle arrachée et emportée vers l'ONO, rue du Gros Tilleul © Keraunos



(10) Braffe – Cèdre abattu vers le NNO et maisons endommagées, rue du Gros-Tilleul © Keraunos

Enfin, le long de la N50, plusieurs habitations sont touchées, quelques arbres arrachés, et des fils électriques détachés des pylônes [11].

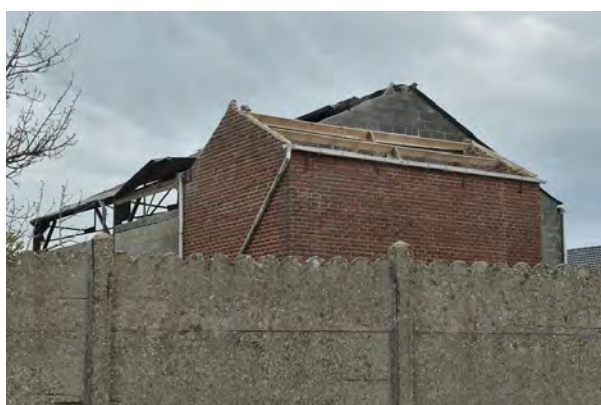


(11) Braffe – Dommages sur de nombreux arbres et des habitations, le long de la N50 © Keraunos

DE WILLAUPUIS À VIEUX-LEUZE (LEUZE-EN-HAINAUT, BELGIQUE)



Après une légère inflexion vers l'est (235°), le tourbillon traverse la section de **Willaupuis** (entité de **Leuze-en-Hainaut**) qui est presque entièrement touchée. Dans la continuité de ce qui est observé à Braffe, les dommages sont répartis au sein d'un couloir de plus en plus évasé, qui atteint entre 700 m et 1 km à l'entrée de Vieux-Leuze. Plusieurs indices prouvent que des phénomènes d'aspiration sont toujours présents, même si la zone endommagée est de plus en plus vaste.



[1] Willaupuis – Toitures en partie arrachée au Coron du Bois (des maisons en construction subissent le même sort) / [2] Willaupuis – Peupliers brisés et tuiles emportées, ferme des Marécaux © Keraunos

Plus particulièrement, dans le périmètre fermé par le Coron du Bois et la rue des Hautes-Bornes, plusieurs toitures sont fortement détériorées et des arbres sectionnés. Comme pour la partie française,

les dégâts les plus spectaculaires sont tous situés sur la moitié nord-ouest du couloir (portions de toitures de maisons en construction démolies) [1], tandis que des aspirations périphériques se généralisent au sud-est (à la ferme Marécaux en particulier, où plusieurs peupliers sont sectionnés et des tuiles emportées) [2]. Les dommages relèvent principalement du niveau d'intensité EF1.

A l'intersection du Coron du Bois et de la rue du Haut-Coron, une petite chapelle est en partie détruite par la chute de la couronne d'un des deux arbres qui flanquaient l'édifice de part et d'autre [3]. L'arbre en tant que tel n'est pas déraciné mais il doit être déblayé pour éviter de bloquer la circulation.

Les riverains sinistrés témoignent : « Il y a d'abord eu un orage, beaucoup d'éclairs puis une pluie violente et soudaine, une rafale. ». « J'ai vu mon mobilier de jardin qui tournoyait. » [L'Avenir].



[3] Willaupuis – Chapelle en bonne partie détruite par la chute d'une couronne de tilleul. L'édifice encore flanqué de l'un des deux arbres (à gauche, © L'Avenir).

Le même après les travaux de déblaiement (à droite, © Keraunos)

Plus spectaculaire encore, un châssis de la maison de village (façade côté sud-ouest) est happé par le vent et atterrit dans le bar, à l'intérieur du bâtiment. Côté nord-est, la véranda est littéralement aspirée et la structure perd plusieurs panneaux vitrés [5]. Dans la salle, une soixantaine de personnes étaient en train de célébrer une communion lorsqu'elles ont assisté à la scène. « On n'est pas passé loin d'un drame, et on peut presque parler de miracle. Le châssis a été projeté dans le bar, on peut être soulagé que personne ne s'y trouvait... Quant à la véranda, où tous les gens étaient assis pour profiter du dessert, elle ne s'est heureusement pas effondrée. Par contre, les personnes ont été fortement choquées par ce qu'elles ont vécu... Quant aux dégâts, ils sont importants, et donc il est probable que la maison de village ne pourra pas accueillir les prochaines activités qui y étaient prévues... » [L'Avenir]. Preuve d'un phénomène d'aspiration bien circonscrit, l'église voisine est à peine touchée (l'arrête de la toiture de la nef est juste tordue).

Au Renouveau de Saint-Joseph, la toiture est également fortement endommagée, mais les résidents de la maison de repos ne doivent pas être évacués [4].

On note enfin une nouvelle manifestation d'aspiration tornadique en bordure sud-est du couloir : rue de la Forge, un trampoline est emporté par le vent [6]. Selon son propriétaire, il s'est soulevé à très grande hauteur, avant de passer au-dessus de 3 toitures et d'être projeté vers le NNO pour atterrir à l'intersection des rues de la Forge et du Riboquet : « J'étais à ma maison [...] Bien sûr, il y avait de l'orage, il y avait des éclairs, et il y en avait tout plein tout plein (sic). Et à un moment donné je me suis mis derrière, et j'entendais un bruit, et je vois que ce trampoline [...] a volé à une hauteur incroyable. Il a traversé les trois toitures des maisons, et il est retombé ici [angle des rues du Riboquet et de la Forge, dans un sens SSE/NNO]. Ça a duré 3 secondes. » [La Dernière Heure].



[5] Willaupuis – Ce qu’il reste de la véranda de la maison de village. La structure, exposée vers le nord-est, protégée par la maison et donc abritée du vent, est littéralement aspirée. L’église (visible dans le reflet d’une des vitres) est à peine touchée. © L’Avenir



[4] Willaupuis – Toitures endommagée au Renouveau de Saint-Joseph © L’Avenir / [6] Willaupuis – Trampoline aspiré vers le NNO (il atterrit à l’intersection des rues du Riboquet et de la Forge) © La Dernière Heure

A **Vieux-Leuze**, le long de la chaussée de Péruwelz, quelques tilleuls sont ébranchés [7]. Les dommages sont moins spectaculaires et la tornade est rétrogradée en intensité EF0.



[7] Vieux-Leuze – Branches d’arbres brisées le long de la chaussée de Péruwelz © Keraunos

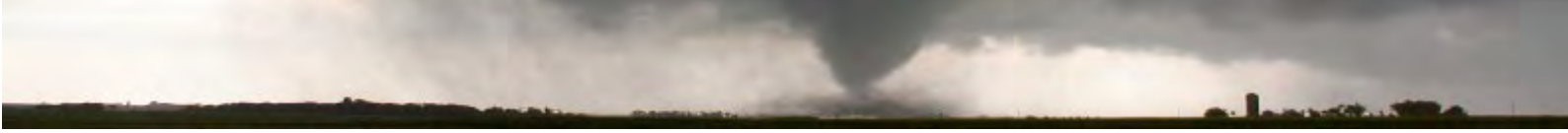


Au-delà de Willaupuis, le système rotatif semble présenter des signes d'affaiblissement tout en s'évasant encore, chose courante dans les cas de tornades d'une intensité significative à circulation rapide (on observe le même phénomène à Hautmont sur les 3 derniers kilomètres de trajectoire, lors de la tornade EF4 du 3 août 2008).

Dans un bois frontalier avec Willaupuis, des arbres sont encore arrachés [8]. Le tourbillon aborde alors l'entrée de l'agglomération de Vieux-Leuze. Il est 17h20 TU. Après 206 kilomètres de trajectoire et une durée de vie de 2h32, le système rotatif cesse de produire des dégâts convergents délimités au sein d'un couloir bien identifié.

L'élargissement de la zone de dommages, qui se poursuit au cœur de Vieux-Leuze, puis à l'est de Leuze-en-Hainaut, à la Chapelle-à-Oie, à la Chapelle-à-Wattines, et même à Blicquy, à Grandmetz et dans de nombreux territoires hennuyers encore, ne permet plus de considérer qu'ils sont, de manière certaine, le fait d'un système tourbillonnaire structuré, même si le mésocyclone semble perdurer encore un certain temps.

Les caractéristiques de la tornade EF3 de Bihucourt bouleversent donc la climatologie française et même européenne, avec une trajectoire ininterrompue et record de 206 kilomètres, et une largeur moyenne de 400 mètres.



2 – ANALYSE MÉTÉOROLOGIQUE

L'étude des conditions météorologiques qui ont donné naissance à cet épisode orageux remarquable présente un double intérêt : le premier est de permettre une élucidation des principaux éléments qui, joints les uns aux autres, ont permis à une supercellule de se former puis de développer une activité aussi intense et de produire une tornade aussi durable ; le second est d'identifier par ce biais un certain nombre de signaux annonciateurs qui peuvent être utilisés à l'avenir en prévision opérationnelle.

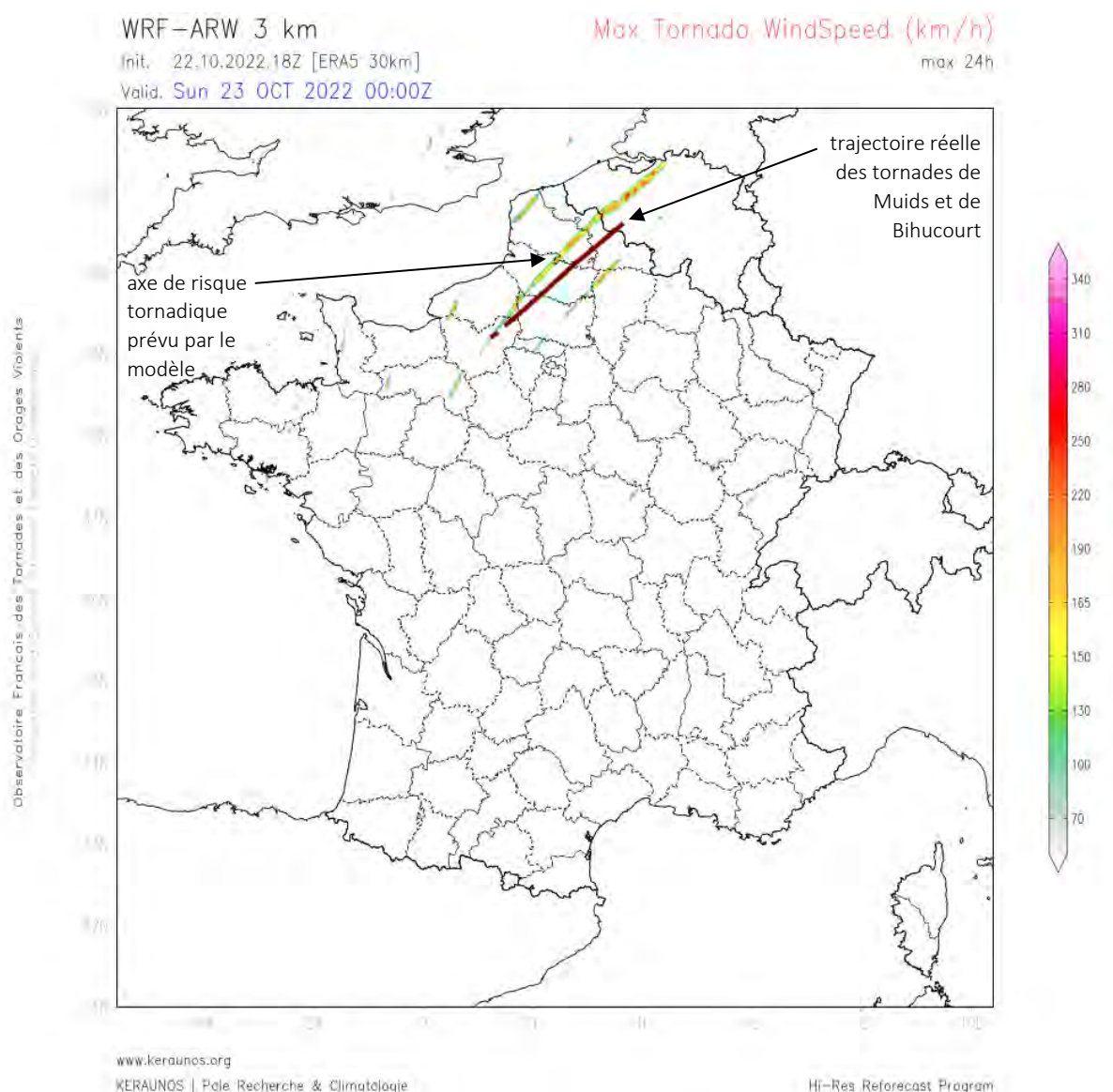
On le verra, la situation météorologique du 23 octobre 2022 présente un scénario très propice aux orages virulents, en raison de la rencontre au même endroit et au même moment d'une série de facteurs connus pour déclencher la convection et la rendre sévère. Ces diverses composantes sont passées en revue dans les pages qui suivent, avec une analyse successive des conditions en haute troposphère, puis à l'étage moyen, en basses couches et au sol, avant une analyse sous forme de profils verticaux afin d'évaluer l'instabilité et les cisaillements en présence. Enfin, la chronologie des événements est restituée, via l'analyse des observations in situ et des images radar notamment.

Afin d'alimenter ces analyses, les données suivantes ont été compilées et utilisées :

- Les données d'observations au sol des stations météorologiques du réseau SYNOP ;
- Les mesures effectuées par la station de Dechy (Nord), station du réseau Keraunos / Climat-Lille située à proximité de la trajectoire de la tornade ;
- Les diverses observations réalisées par les chasseurs d'orages sur place, y compris les observations effectuées directement par les deux auteurs de la présente étude, qui ont intercepté la supercellule à hauteur de Bousignies (Nord) et été témoin du passage de la tornade à moins d'un kilomètre de distance ;
- Les images satellite Météosat en canal visible, infrarouge et vapeur d'eau ;
- Les données de détection foudre du réseau Blitzortung ;
- Les données issues du radiosondage effectué à Trappes en milieu de journée ;
- Les images radar de Météo France, retraitées par Keraunos ou obtenues via le site meteociel.fr ;
- Les données de réanalyse en résolution 30 km du programme européen ERA5 ;
- Les données de plusieurs modèles de prévision opérationnelle de Keraunos, notamment le HRRR 4 km dans ses runs du 22.10.2022 18Z au 23.10.2022 12Z, ainsi que le WRF-NMM 10 km Europe dans son run du 23.10.2022 06Z ;
- Enfin, pour compléter ces diverses données avec une modélisation numérique à haute résolution, un reforecast a été réalisé avec le modèle WRF-ARW 3 km (« ARW3 »). Ce modèle, qui est un miroir du modèle ARW utilisé et paramétré par Keraunos pour la prévision opérationnelle, a été initialisé sur les conditions réanalysées du 22.10.2022 18Z et

roulé sur une période de 30 heures. Le scénario obtenu est très proche de la réalité observée, et les résultats de cette modélisation sont donc largement utilisés dans les analyses qui suivent.

Pour illustrer la performance du reforecast ARW3, l'un des champs dédiés à la prévision des tornades au sein de Keraunos est présenté ci-dessous. On note que le modèle suggère une longue trace à fort risque tornadique, depuis la Normandie jusqu'à la Belgique ; le décalage spatial avec la réalité est minimal sur le début de la trajectoire, et n'excède pas 20 kilomètres sur la fin de la trajectoire côté français. La chronologie restituée par le modèle est par ailleurs extrêmement proche des heures réelles de formation et d'évolution de la supercellule associée. La simulation numérique de cet épisode obtenue en reforecast ARW3 fournit donc une vision solide et réaliste de la situation météorologique de ce dimanche 23 octobre 2022, ce qui a permis d'en faire un usage riche en enseignement dans le cadre de la présente étude.



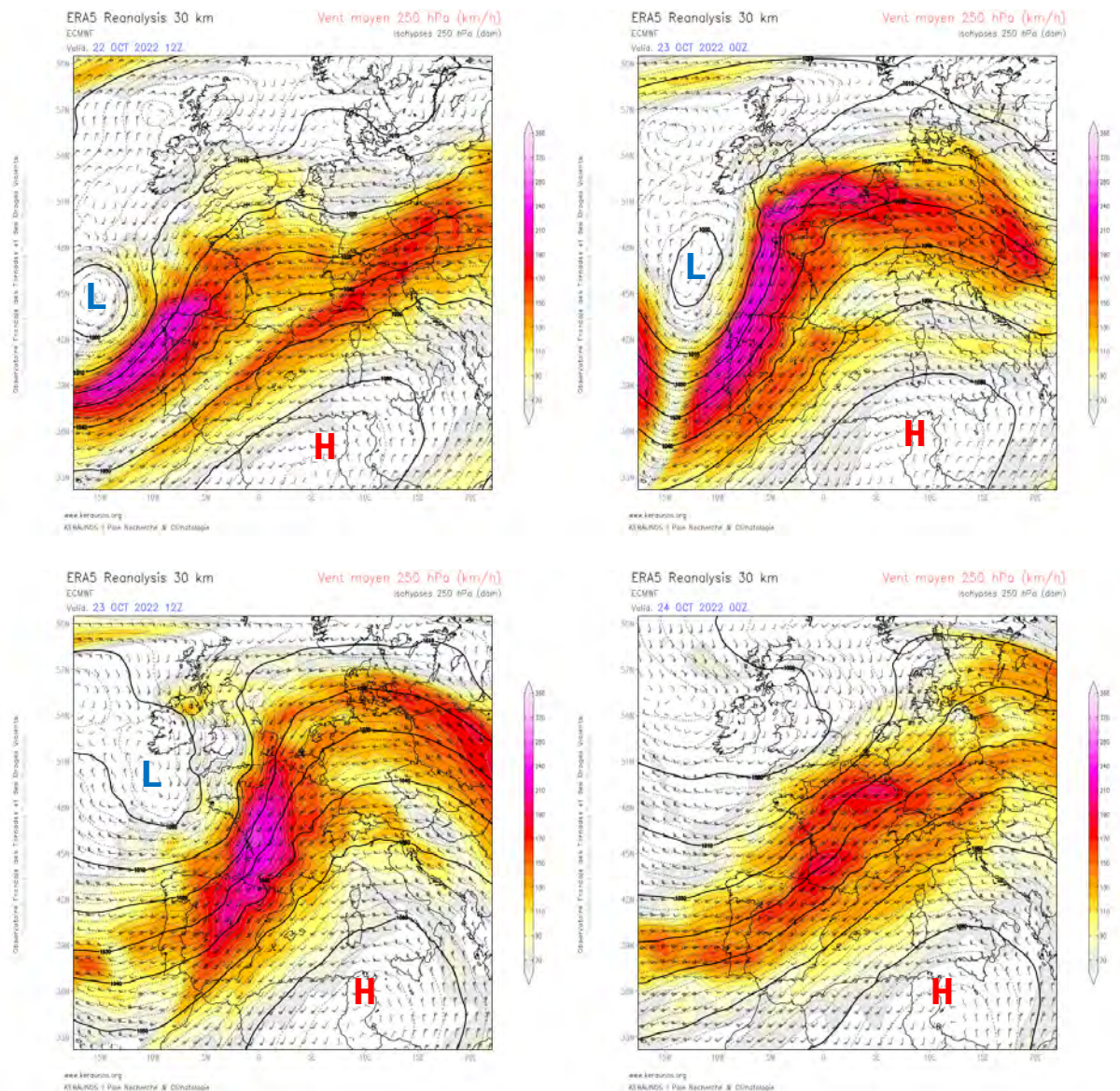
Comparaison entre la prévision du reforecast ARW3 et la trajectoire réelle des tornades de Muids et de Bihucourt.

NB : sauf mention contraire, les heures indiquées sont exprimées en Temps Universel (TU), soit deux heures de moins que l'heure légale française ce jour-là (16h00 TU = 18h00 légales).

2.1 EN HAUTE TROPOSPHÈRE

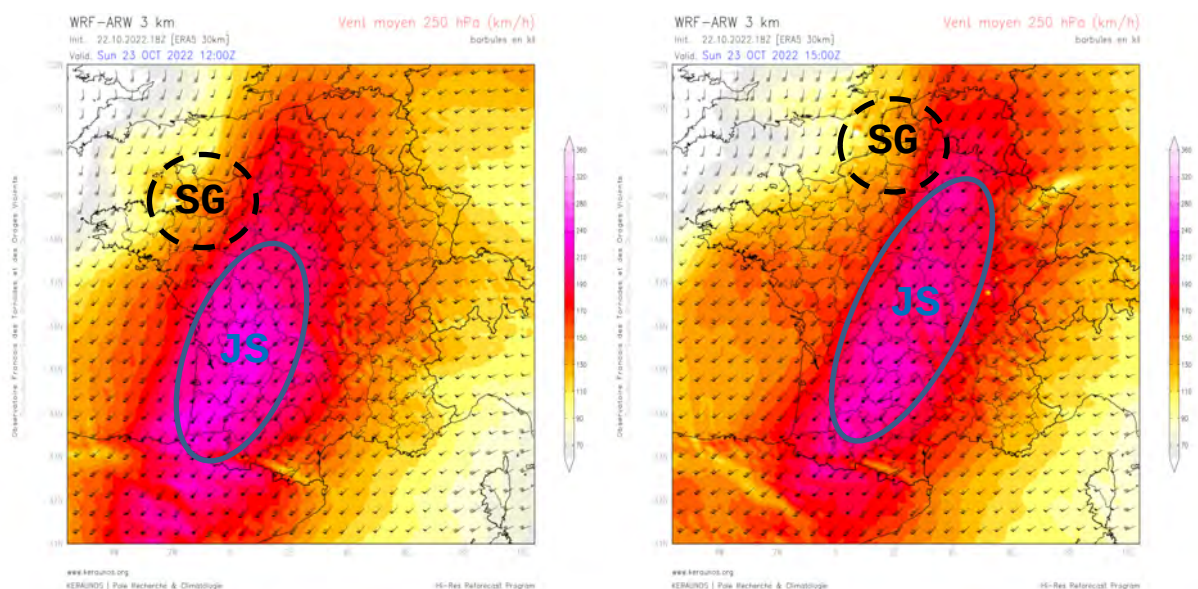
La journée du 23 octobre 2022 est dominée sur la France par un flux de sud-ouest rapide et cyclonique. Celui-ci est bien mis en évidence par l'analyse des champs de haute troposphère : ils témoignent d'un scénario très dynamique, dont la mise en place s'opère peu à peu à partir de la veille.

Les cartes ci-dessous présentent l'évolution des centres d'action et du vent à 250 hPa (environ 10 km d'altitude) entre le 22 octobre 12h TU et le 24 octobre 00h TU. On note la remontée sur le proche Atlantique, durant cette période, d'un minimum d'altitude bien creusé depuis le large de la péninsule ibérique vers les îles britanniques (noté « L »). Il transite sur le flanc occidental d'une dorsale solide, étirée depuis le nord de l'Afrique jusqu'à l'Italie, et qui s'étend même jusqu'à l'Allemagne durant la journée du 23 octobre (notée « H »). Entre ces deux centres d'action, le flux de sud-ouest s'accélère très nettement et un jet streak se constitue dans un premier temps du Portugal à la Bretagne le 22, avant de gagner la France le 23 en journée.



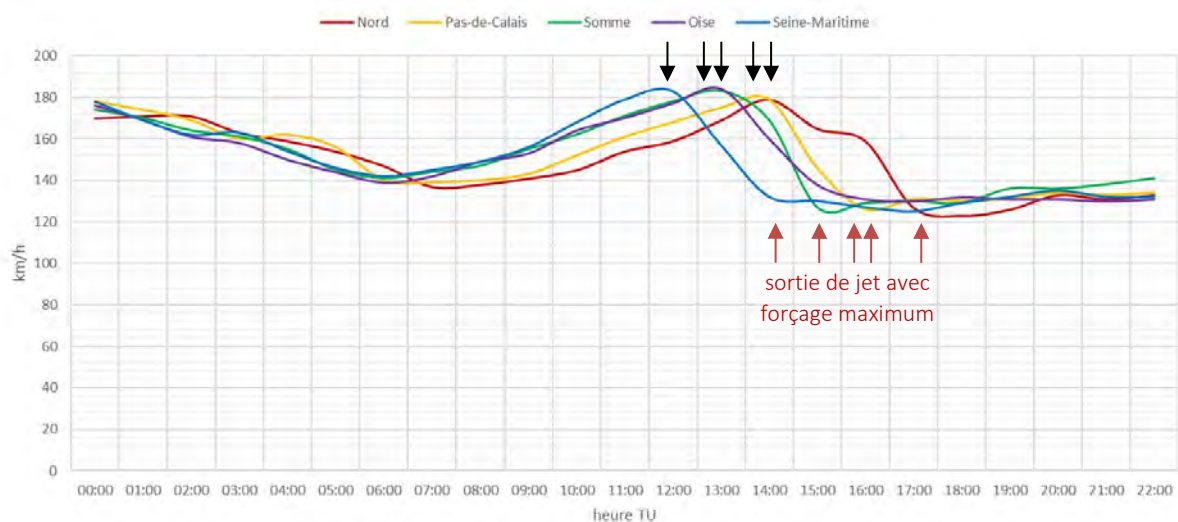
Vent moyen à 250 hPa et Z250, par intervalles de 12 heures, entre le 22 octobre 2022 à 12h et le 24 octobre 2022 à 00h TU.
Données de réanalyses ERA5 30 km.

Le transit sur la France de ce jet streak (noté « JS »), associé à des vents moyens qui avoisinent 250 km/h, positionne le nord-ouest puis le nord du pays dans une configuration de sortie gauche très vigoureuse (notée « SG »), qui associe forte diffluence et vents violents. Comme le montre de manière détaillée le reforecast ARW3 (ci-dessous), cette sortie gauche balaie rapidement un axe Normandie – Nord durant l’après-midi du 23 octobre, générant un forçage mobile qui, on le verra plus loin, entre bien en phase avec la dynamique de basses couches.



Vent moyen à 250 hPa le 23.10.2022 à 12h TU (à gauche), et le 23.10.2022 15h TU (à droite).
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

L’évolution horaire de la vitesse du vent à 250 hPa durant la journée du 23 octobre (entre 00h et 22h TU) est restituée ci-dessous, pour les départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme, de l’Oise et de la Seine-Maritime. On note le balayage rapide du jet d’ouest en est, avec les entrées successives de chaque département dans l’axe du courant-jet entre 12h et 14h (flèches **noires**), suivies entre 14h et 17h par les sorties successives (flèches **rouges**), qui correspondent aux périodes de forçage maximum – et, de fait, aux heures de transit de la supercellule sur les départements indiqués.



Vent moyen à 250 hPa (km/h). Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

Cette configuration très active en haute troposphère est par ailleurs associée à la circulation rapide d'une anomalie basse de tropopause dynamique en direction du nord de la France. Les champs ci-dessous, issus du modèle WRF-NMM 10 km de Keraunos en configuration de prévision opérationnelle, illustrent bien le transit de cette anomalie d'altitude : située dans le Golfe de Gascogne en matinée du 23 octobre (zone ciblée par les **contours rosés**), elle migre rapidement vers la Bretagne l'après-midi puis jusqu'au Nord – Pas de Calais à la tombée de la nuit. Son bord d'attaque est particulièrement agressif, déforme le jet tout en l'accéléralant, et génère une puissante divergence de flux à l'avant (ciblée en **vert**) qui affecte tout particulièrement le nord-ouest du pays.

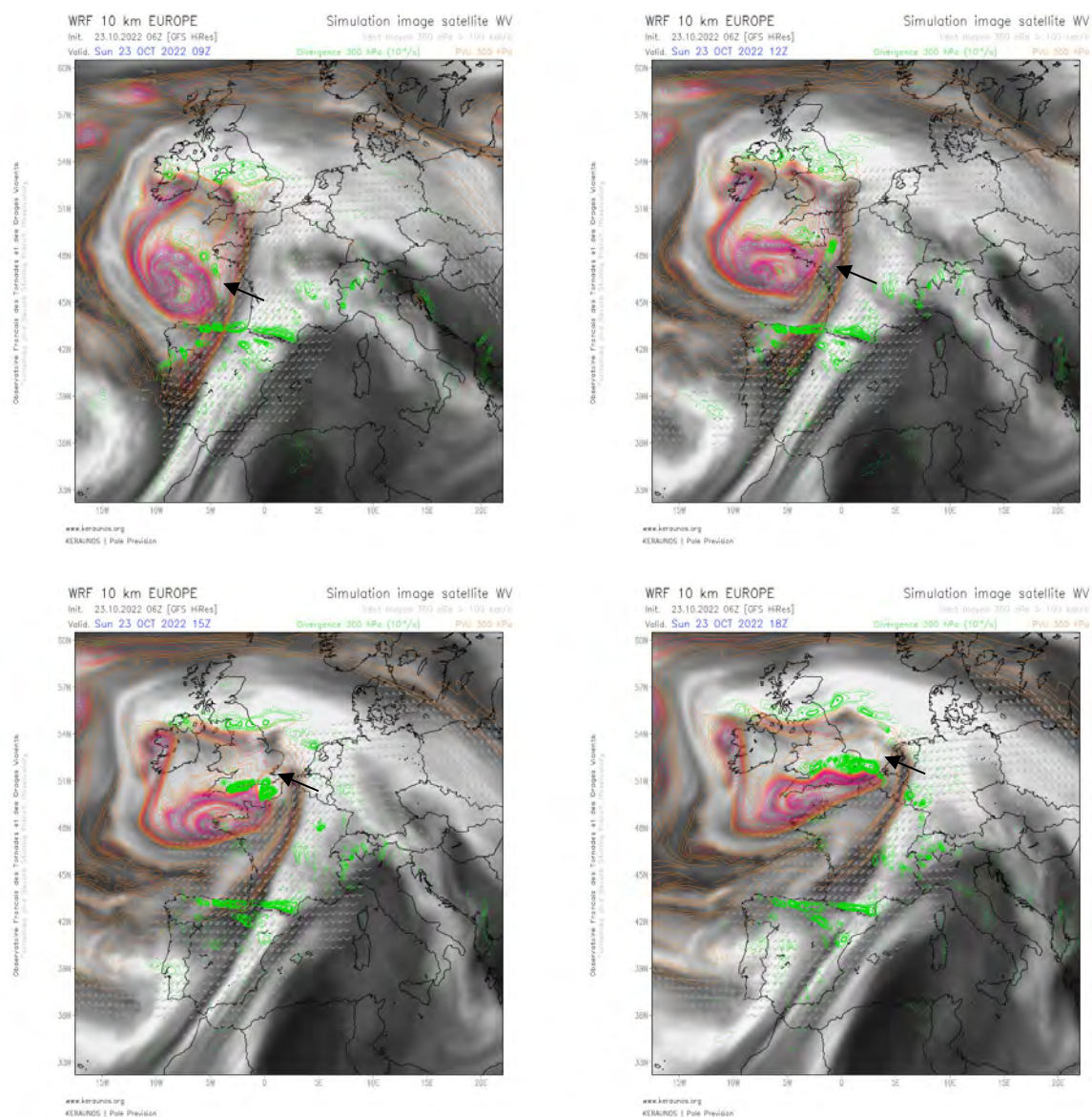
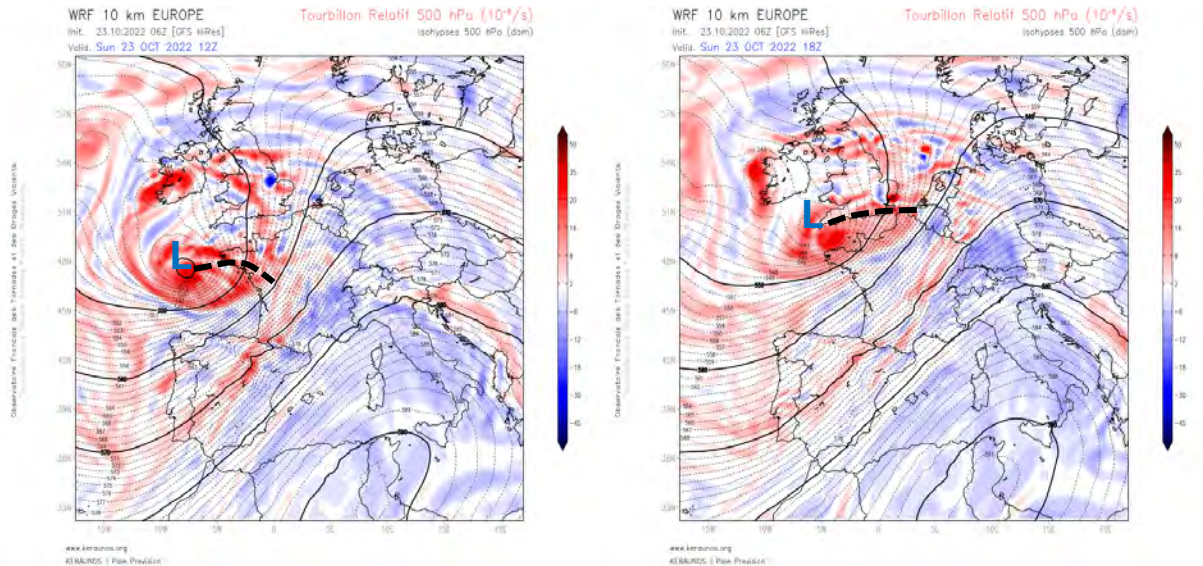


Image satellite WV simulée, vent moyen à 300 hPa (seuillé à 100 km/h), divergence à 300 hPa et PVU à 300 hPa. Prévision opérationnelle WRF-NMM 10 km Europe de Keraunos, run du 23.10.2022 06Z, valable pour le 23.10.2022 à 09h, 12h, 15h et 18h TU.

L'ensemble dessine une configuration fortement dynamique, productrice d'un puissant soulèvement d'échelle synoptique sur le nord-ouest et le nord du pays durant l'après-midi du 23 octobre. Ce type de scénario est propice au déclenchement d'une activité orageuse potentiellement sévère, pour peu que la masse d'air soit instable.

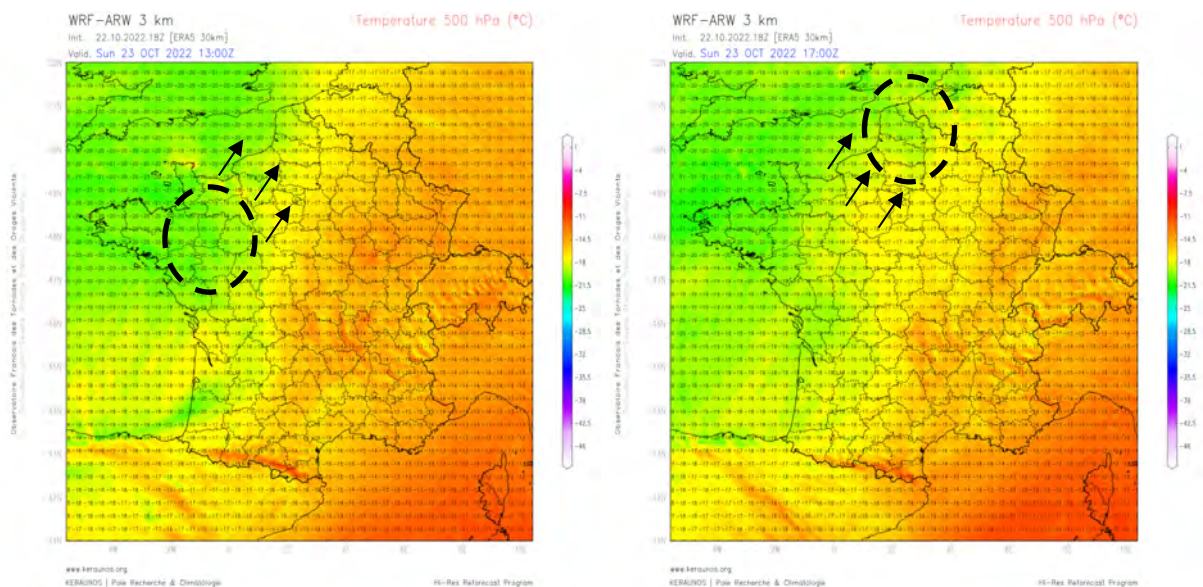
2.2 À L'ÉTAGE MOYEN

On retrouve également une circulation rapide, contrastée et très dynamique à l'étage moyen. L'essentiel des forçages se concentre autour d'un axe de thalweg (tirets **noirs** ci-dessous) piloté par un cut-off mobile (noté « **L** »), en transit entre le large de la Bretagne et les Cornouailles. Ce thalweg remonte vers le Nord – Pas de Calais en cours d'après-midi et assure sur cet axe de fortes advections de tourbillon.



Tourbillon relatif à 500 hPa et Z500. Prévision opérationnelle WRF-NMM 10 km Europe de Keraunos, run du 23.10.2022 06Z, valable pour le 23.10.2022 à 12h et 18h TU.

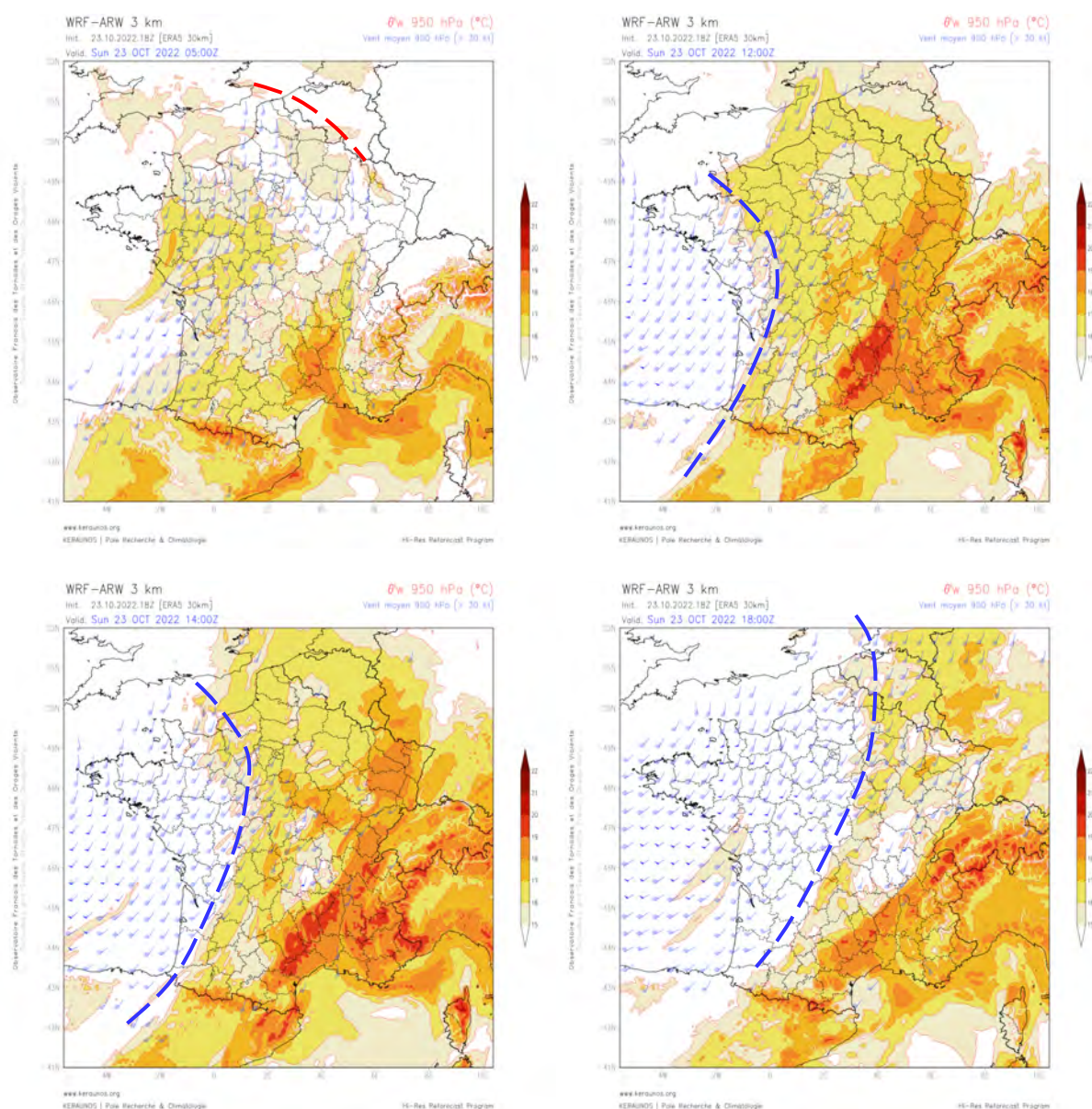
Ce rapide flux à l'étage moyen véhicule également un thalweg thermique bien froid (-19 à -20°C à 500 hPa), expulsé depuis une goutte froide positionnée sur le proche Atlantique. Ce thalweg thermique balaie tout le nord-ouest du pays en deuxième partie de journée et injecte en altitude de l'air d'origine polaire dans la circulation de sud-ouest. Comme on le verra plus loin, il contribue à renforcer l'instabilité latente entre Normandie et Hauts-de-France.



Température à 500 hPa le 23.10.2022 à 13h TU (à gauche), et le 23.10.2022 17h TU (à droite). Thalweg thermique cerclé en noir. Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

2.3 AU SOL ET EN BASSES COUCHES

Dans le même temps, en basses couches, une circulation d'air très doux et humide s'organise durant ce 23 octobre à partir du sud de la France jusqu'au Nord – Pas de Calais. Cet afflux d'air d'origine tropicale se matérialise par l'advection de hautes valeurs de θ_w dans le flux (supérieures à 15°C à 950 hPa, voir ci-dessous). Elles atteignent le nord du pays à l'aube du 23 octobre, à l'arrière d'une limite à caractère de front chaud (tirets **rouges**), puis s'accroissent nettement dans l'après-midi, à l'avant d'un front froid (tirets **bleus**) qui s'enfonce à son tour par l'ouest du pays.

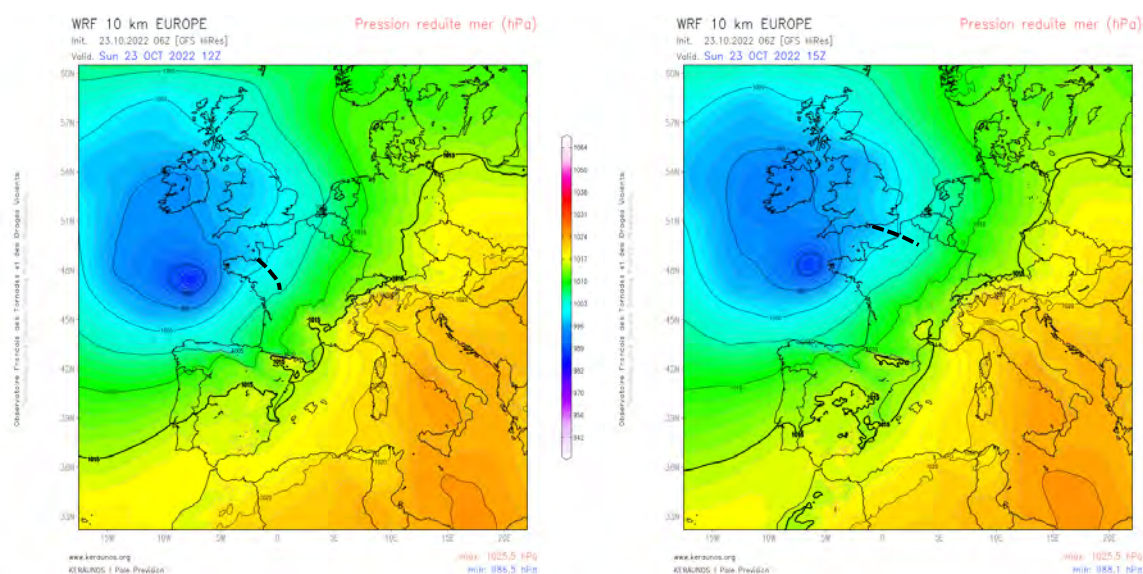


*θ_w (seuillées à 15°C) et vecteurs vent (seuillés à 30 kt) à 950 hPa le 23.10.2022 à 05h, 12h, 14h et 18h TU.
Rereforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.*

Ces advections chaudes sont rapides et massives, car véhiculées par un jet de basses couches présent primitivement dans la tête d'onde, mais également à l'avant immédiat du front froid en raison d'une accélération générale du flux à tous les niveaux. Elles glissent par ailleurs sous le thalweg froid qui circule au même moment à l'étage moyen (cf. 2.2), générant ainsi une superposition entre une masse d'air d'origine tropicale près du sol et une masse d'air d'origine polaire en altitude. Ce type de situation

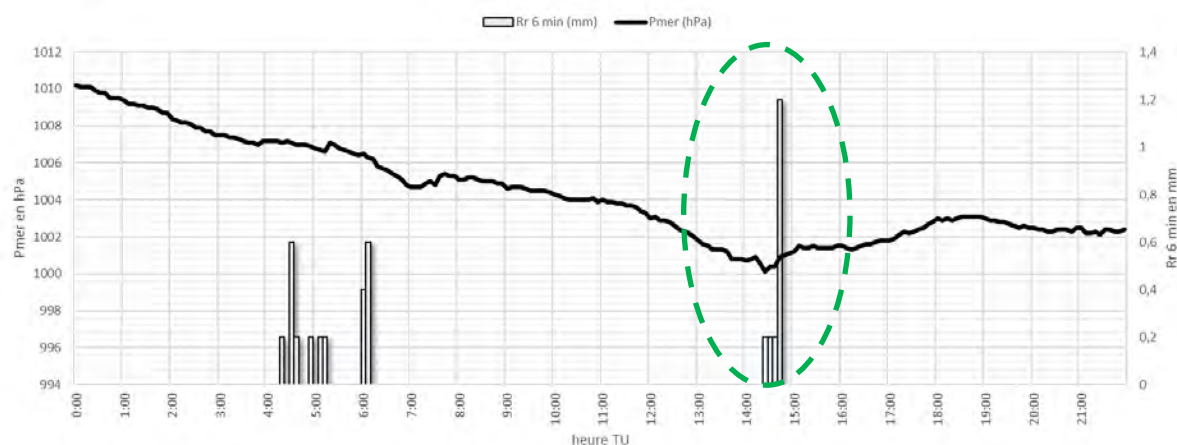
est pourvoyeuse de cisaillements et d'instabilité, et fait dès lors partie des scénarios susceptibles de produire de la convection organisée et sévère.

Au sol, le champ de pression est contrasté sur l'Europe, comme en témoignent les cartes ci-dessous, issues de la prévision opérationnelle du WRF-NMM 10 km Europe de Keraunos : tandis que des hautes pressions s'étendent du Maghreb à l'Italie et aux Balkans, une dépression remonte pour sa part du nord-ouest du Portugal vers les Cornouailles au fil de la journée. Son cœur est pointé à 986 hPa au minimum en matinée, avant un lent comblement qui l'amène à 990 hPa en soirée. Cette dépression exerce son influence sur une grande partie de la France et pilote un thalweg de surface qui vient s'étirer dans l'axe du front froid et générer de la convergence au sol au fil de sa pénétration sur le nord-ouest du pays. Ce thalweg est simplement suggéré sur la prévision du modèle ci-dessous, mais il sera en réalité sensiblement plus marqué, comme on le verra plus loin.

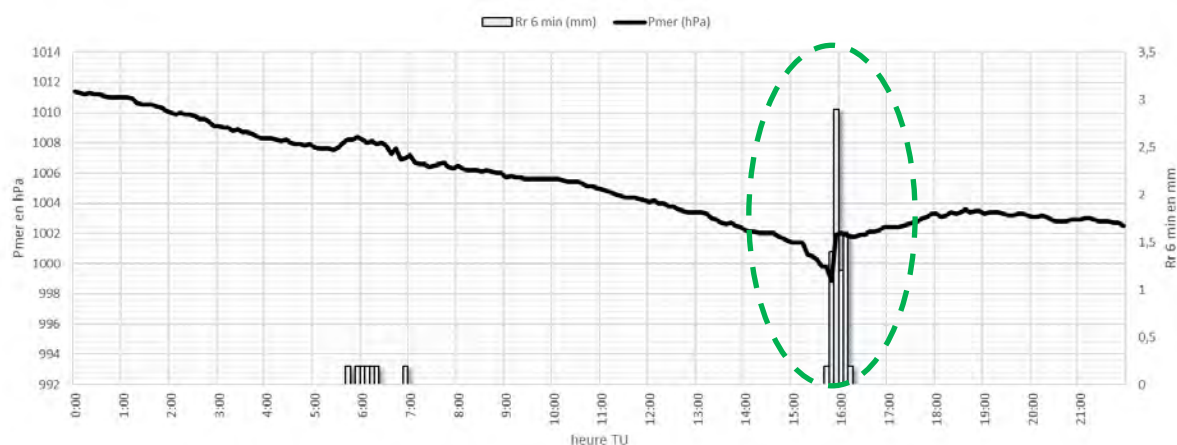


Pression réduite au niveau de la mer. Prévision opérationnelle WRF-NMM 10 km Europe de Keraunos, run du 23.10.2022 06Z, valable pour le 23.10.2022 à 12h et 15h TU.

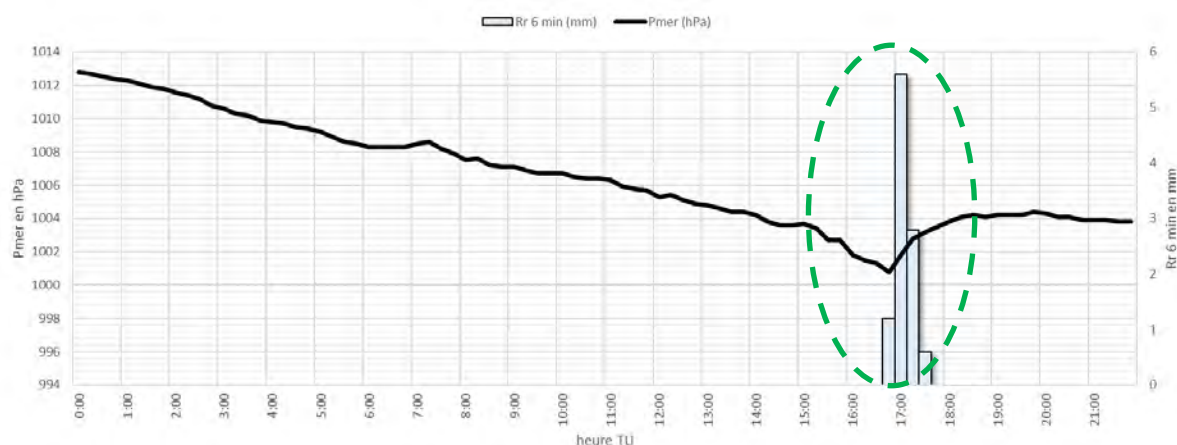
Le passage de ce thalweg de surface est parfaitement tracé par les relevés de pression des stations situées sur sa trajectoire (voir ci-dessous), et coïncide avec le passage des orages. De fait, la forte convergence générée en basses couches le long de ce thalweg a forcé et concentré en son sein l'essentiel de l'activité convective de la journée.



Relevés de la station de Rouen-Boos (Seine-Maritime), située à 20 km au nord/nord-ouest de la tornade de Muids : évolution de la Pmer et des précipitations par intervalles de 6 minutes (station Météo France).



Relevés de la station d'Amiens-Glisy (Somme), située à 2,5 km au sud-est de la tornade : évolution de la Pmer et des précipitations par intervalles de 6 minutes (station Météo France).

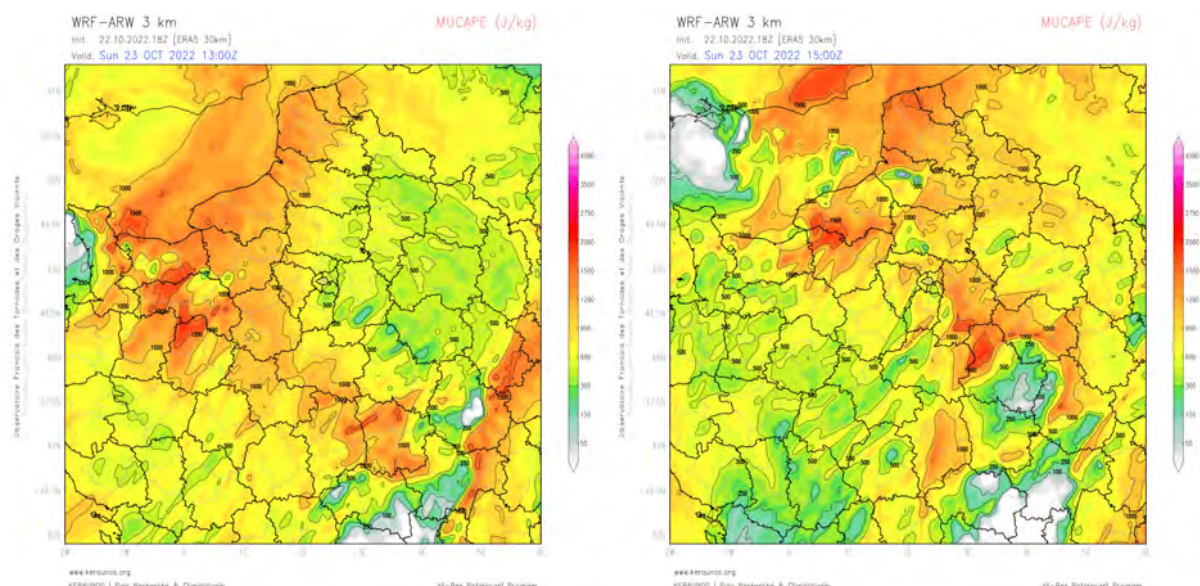


Relevés de la station de Dechy (Nord), située à 4 km au nord/nord-est de la tornade : évolution de la Pmer et des précipitations par intervalles de 15 minutes (station Keraunos/Climat-Lille).

La pression étalonnée la plus basse qui ait pu être mesurée au passage de ce thalweg de surface a été enregistrée à la station de Glisy, au sud-est d'Amiens, avec une valeur de 998,8 hPa. La tornade est passée à environ 2,5 km de la station, et il s'agit donc de la mesure étalonnée la plus proche de l'axe de transit de la tornade.

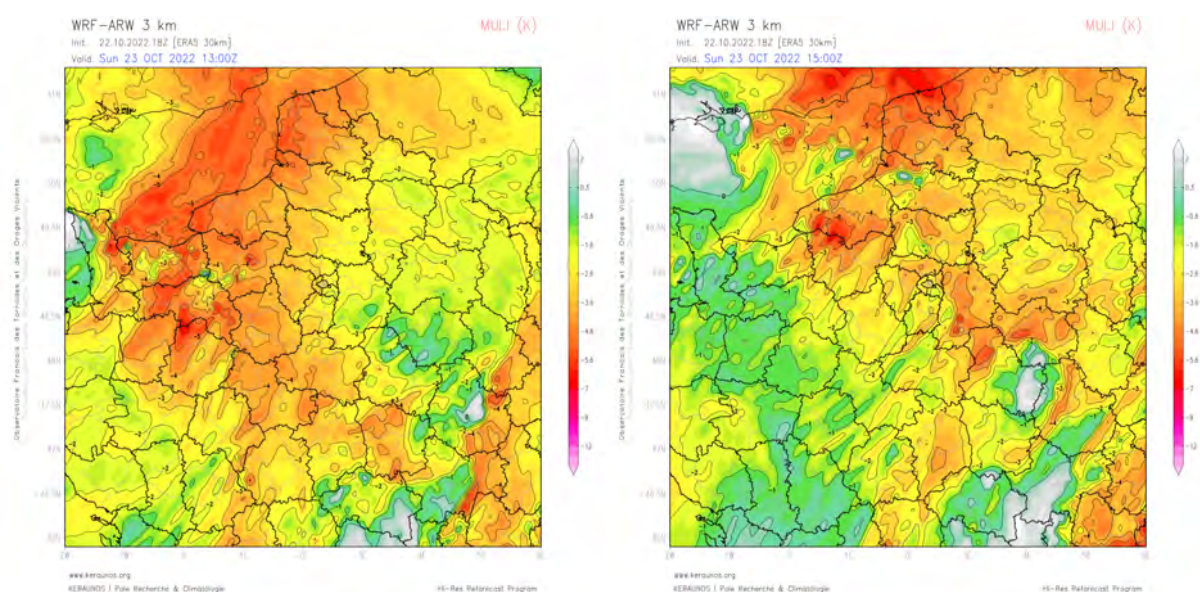
Il est habituel d'observer ce type de creux barométrique au passage des systèmes orageux organisés, avec une chute progressive de la pression à l'avant des orages, suivie d'une soudaine hausse à l'arrière. Il est néanmoins intéressant de noter que les creux barométriques observés ce 23 octobre sont d'autant plus marqués que l'on s'approche du cœur de la supercellule. Ceci confirme l'isolement d'une dépression de méso-échelle dans le fond de thalweg, associée à la supercellule principale et à son mésocyclone. Son emprise est conséquente, comme en témoignent les relevés de vent de la station de Dechy (Nord) : ceux-ci présentent temporairement une rotation du vent au secteur ENE lorsque la tornade transite à environ 4 kilomètres au SSE de là, ce qui confirme l'existence d'une circulation dépressionnaire de méso-échelle fermée et bien établie autour de la supercellule.

De fait, le reforecast ARW3 confirme une instabilisation marquée des profils verticaux sur le nord du pays en cours d'après-midi, notamment dans la zone où le thalweg thermique à l'étage moyen vient surplomber l'air tropical de basses couches. Cette zone migre de la Normandie vers le Nord – Pas de Calais au fil de l'après-midi, en générant des valeurs de MUCAPE qui, sans être particulièrement élevées dans l'absolu, sont de fait remarquables pour une fin octobre (1000 à localement plus de 1500 J/kg). Une instabilité de ce niveau présente une durée de retour voisine de 15 ans pour un mois d'octobre sur le nord du pays, et est même exceptionnelle pour une dernière décade d'octobre (elle est sans précédent dans la climatologie 1948-2022 de la MUCAPE établie par Keraunos).



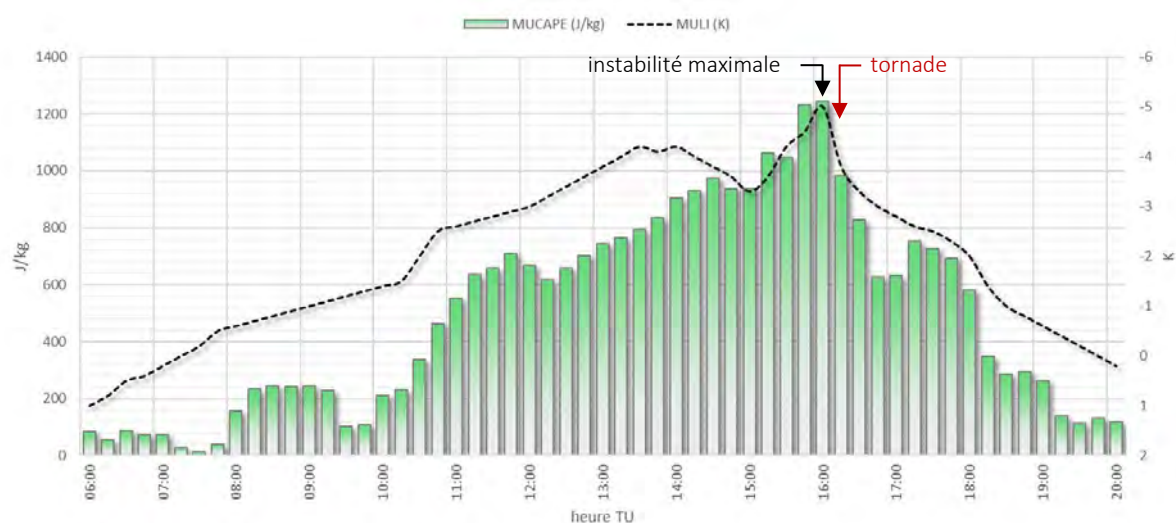
MUCAPE le 23.10.2022 à 13h et 15h TU. Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

Les indices de soulèvement associés sont fortement négatifs, presque toujours inférieurs à -3 K sur les départements traversés par les orages, avec des pointes jusqu'à -6 K. Là encore, les records en la matière sont loin d'être atteints dans l'absolu, mais il s'agit néanmoins de valeurs dignes de la saison chaude et par conséquent tout à fait inhabituelles pour une fin octobre entre Normandie et Nord – Pas de Calais.



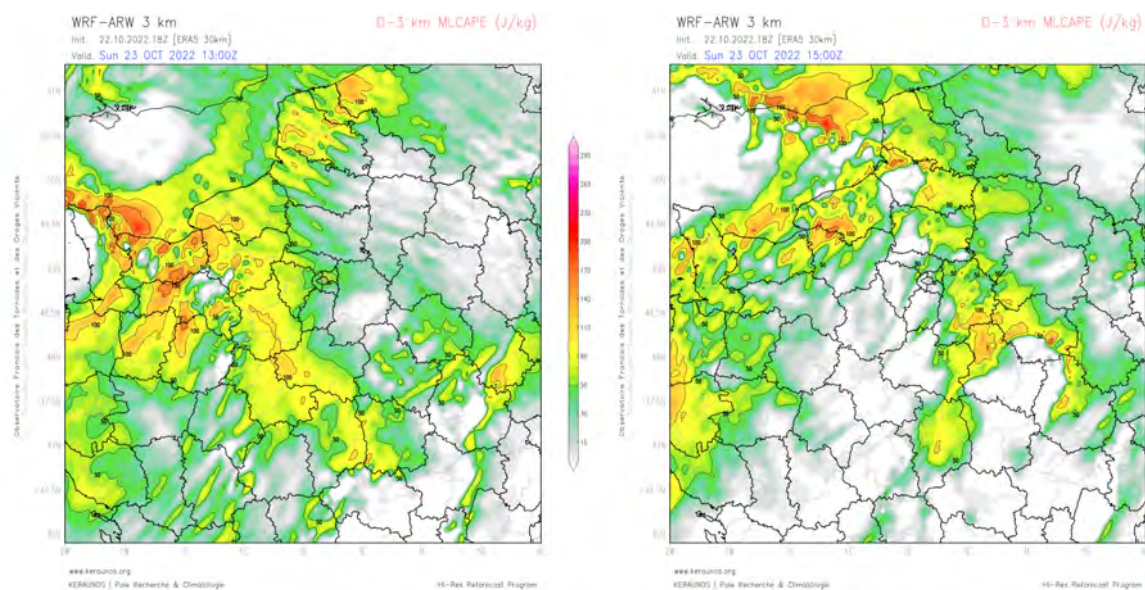
MULI le 23.10.2022 à 13h et 15h TU. Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

On note que l'instabilité de la masse d'air atteint son maximum juste à l'avant du front froid, ce qui permet une alimentation optimale des orages qui s'y greffent, comme ici à Bihucourt où le pic est atteint à 16h00 TU, avec 1233 J/kg de MUCAPE et -5 K de MULI :



MUCAPE et MULI à Bihucourt (62), le 23 octobre 2022 entre 06h et 20h TU, par intervalle de 15 minutes.
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

Par ailleurs, le réchauffement diurne, couplé à une bonne humidification près du sol et à un gradient thermique prononcé sur l'épaisseur 0-3 km, génèrent une MLCAPE de basses couches significative (> 100 J/kg) et bien répartie sur une grande partie du secteur chaud en place sur le nord et le nord-ouest du pays. Cet élément, propice à un bon ancrage de la convection, est également connu pour favoriser les évolutions tornadiques, sous réserve que les cisaillements et l'hélicité en présence soient également propices.

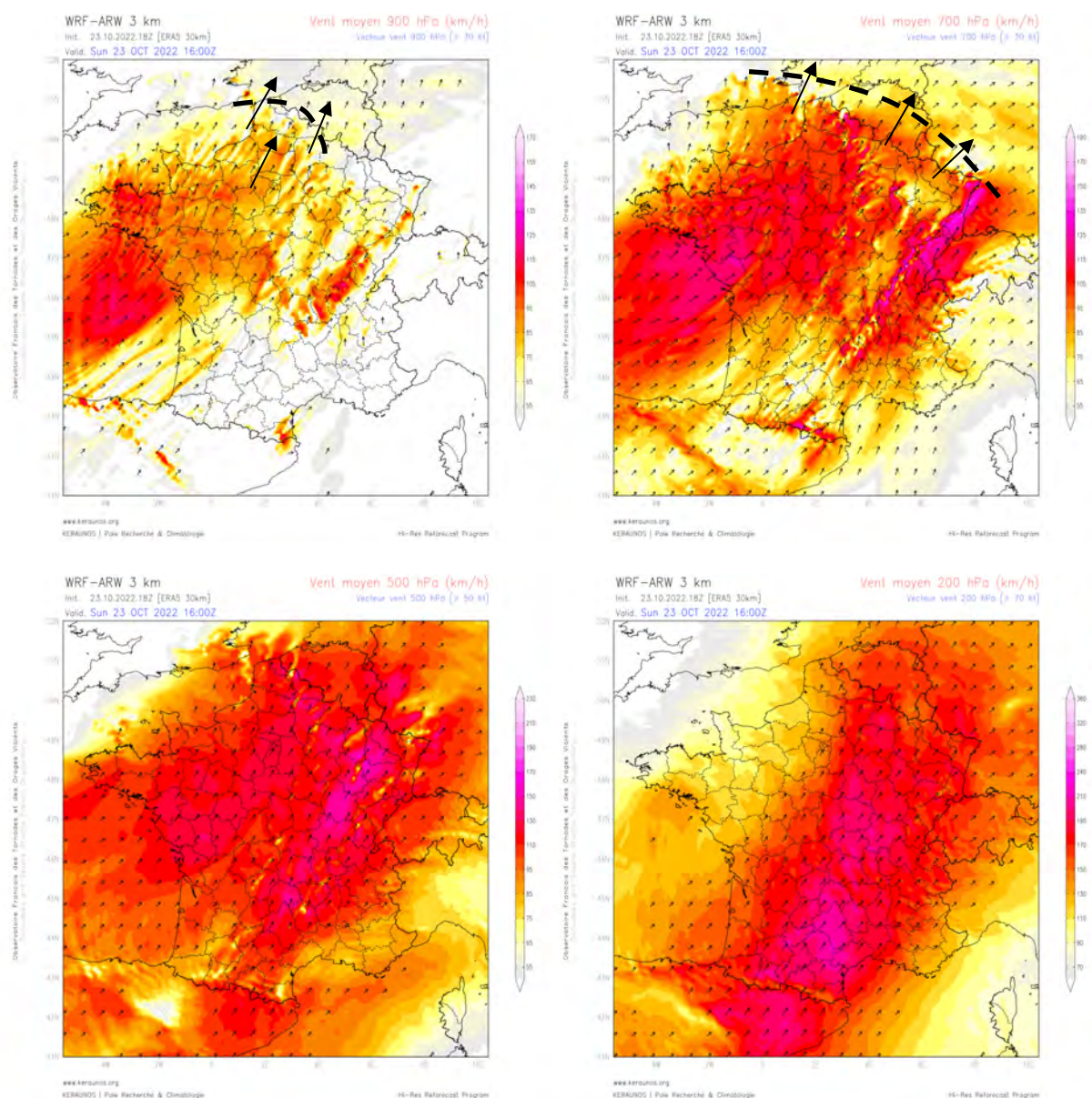


MLCAPE 0-3 km le 23.10.2022 à 13h et 15h TU.
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

Or il s'avère que ce tableau très instable a été complété par une organisation verticale des vents génératrice de forts cisaillements et d'une hélicité élevée.

En attestent les quatre champs de vent ci-après, issus du reforecast ARW3. Ils présentent respectivement la situation à 900 hPa (vers 1000 mètres d'altitude), 700 hPa (vers 3000 mètres), 500 hPa (vers 5500 mètres) et 200 hPa (vers 12000 mètres), à l'heure où la tornade abordait le Pas-de-Calais.

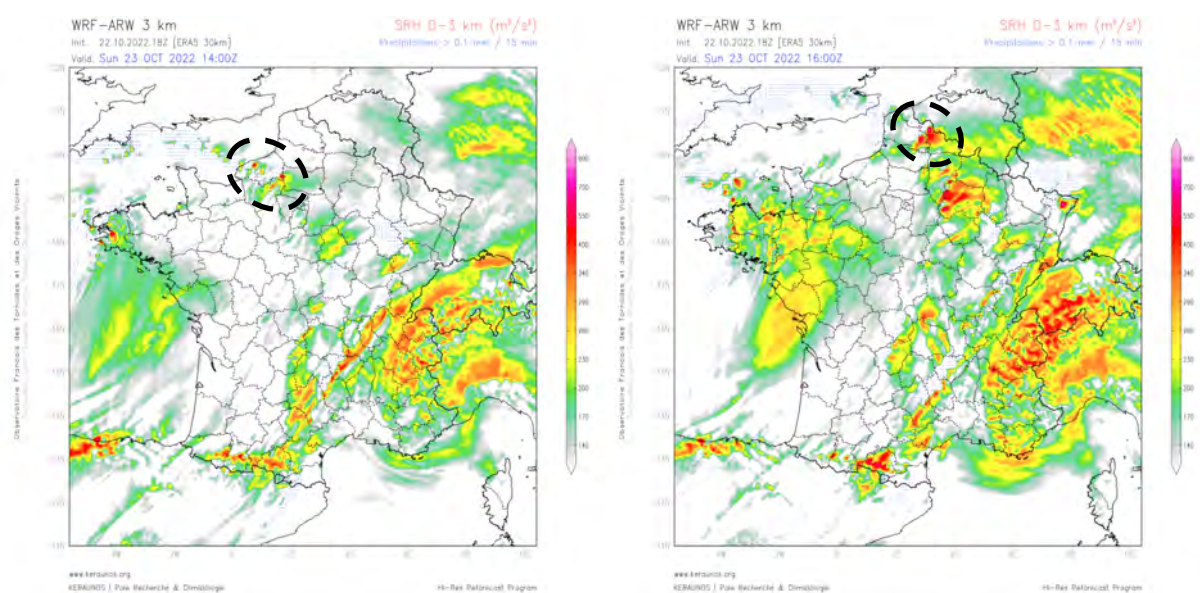
On note la pénétration d'un jet de basses couches (900 hPa) sur le nord-ouest du pays ; celui-ci progresse au fil de l'après-midi en direction du Nord – Pas de Calais et se propage en suivant l'axe de thalweg de surface, qui se trouve donc surplombé par des vents qui deviennent rapidement puissants dès le premier kilomètre. A 700 hPa, le jet est en avance sur celui qui circule à 900 hPa et déborde donc largement sur le secteur chaud qui précède le front froid orageux. L'accélération du vent sur la verticale est dès lors très marquée sur toute cette épaisseur. Au-dessus, à 500 hPa, les vents sont puissants et établis au sein d'un jet dont le flanc nord concerne la Normandie et les Hauts-de-France. A 200 hPa, la situation de sortie de jet identifiée au point 2.1 est également présente.



Vent moyen à 900 hPa, 700 hPa, 500 hPa et 200 hPa le 23.10.2022 à 16h TU.
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

En somme, des jets sont identifiés à toutes les altitudes, que ce soit un jet en cours de pénétration en basses couches, un jet bien établi à l'étage moyen, et une sortie de jet à l'étage supérieur. L'ensemble produit de forts cisaillements sur tout le nord-ouest de la France, avec des valeurs qui atteignent généralement 15 m/s sur 0-500 m, 20 à 25 m/s sur 0-3 km, et 25 à 35 m/s sur 0-6 km. Ces niveaux de cisaillement sont favorables à une bonne organisation des cellules orageuses, avec pour conséquence un potentiel d'orages durables, susceptibles de développer des structures supercellulaires.

Le risque de supercellule est accru lorsque l'hélicité relative est conjointement forte. Or c'est ce qui est observé à l'avant du thalweg de surface, en raison du redressement qu'il impose au vent près du sol, qui s'oriente dès lors au SSE de manière très large dans l'environnement préfrontal. Conséquemment, les orages viennent s'alimenter dans un réservoir de forte hélicité relative, avec des pointes de SRH 0-3 km qui excèdent parfois 400 m²/s² dans le reforecast ARW3. Des valeurs de SRH 0-3 km supérieures à 250 m²/s² sont considérées comme propices au développement de supercellules, seuil largement dépassé ici.

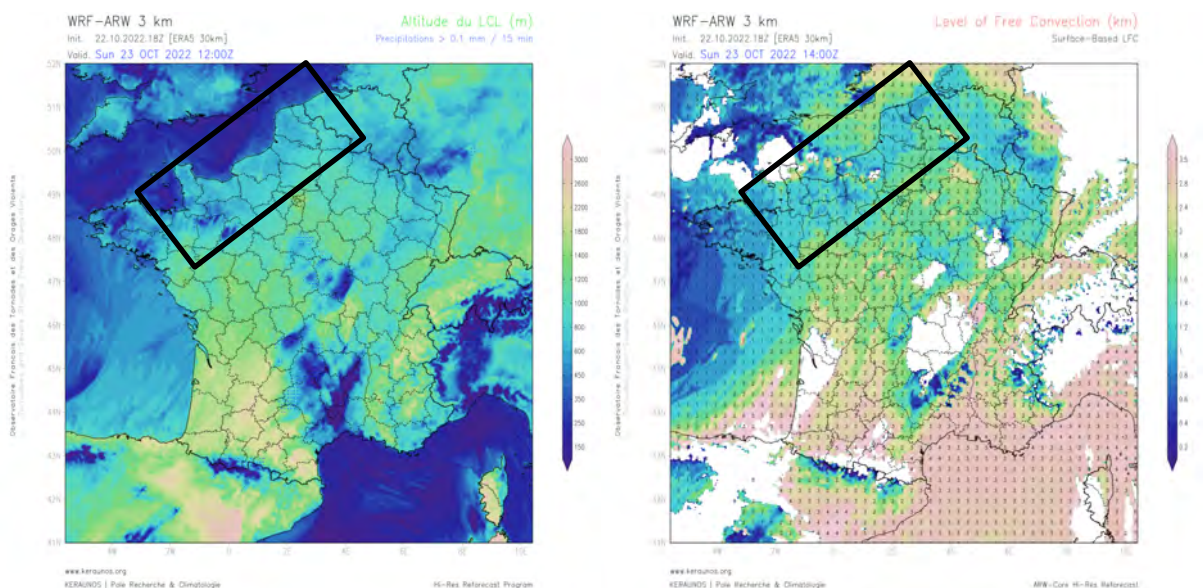


*Storm Relative Helicity 0-3 km le 23.10.2022 à 14h et 16h TU.
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.*

En plus d'être propice aux supercellules, l'environnement en place en cours d'après-midi présente des caractéristiques favorables à la tornadogénèse, parmi lesquelles notamment :

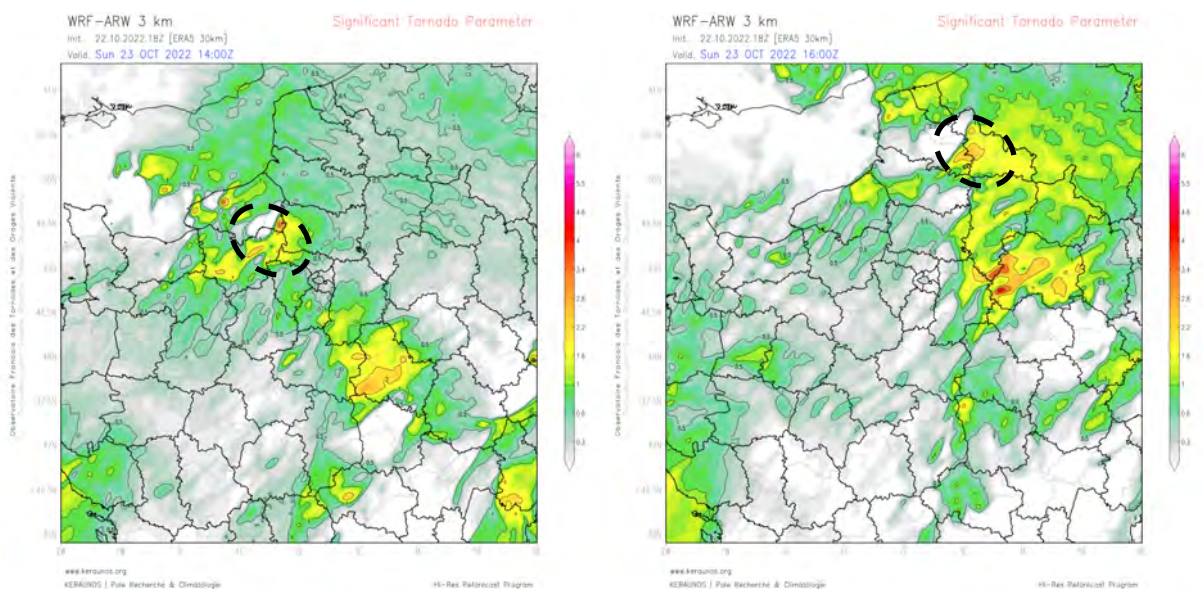
- Une bonne humidification des basses couches, induisant des bas niveaux de condensation par soulèvement (LCL), généralement proches de 1 km, voire inférieurs ;
- Une inhibition convective non nulle mais modeste, se traduisant par des niveaux de convection libre (LFC) modérément bas ; ceci contribue à limiter les déclenchements de convection tant que les forçages ne font pas leur effet, ce qui tend à concentrer l'énergie convective au sein de systèmes bien définis, plutôt qu'à la disperser dans une multitude de développements orageux qui entrent alors en concurrence les uns avec les autres ;
- Une forte hélicité jusque dans les basses couches avec un fort flux entrant.

Les champs ci-après, issus du reforecast ARW3, confirment la présence de ces éléments favorables sur le nord-ouest du pays durant l'après-midi.



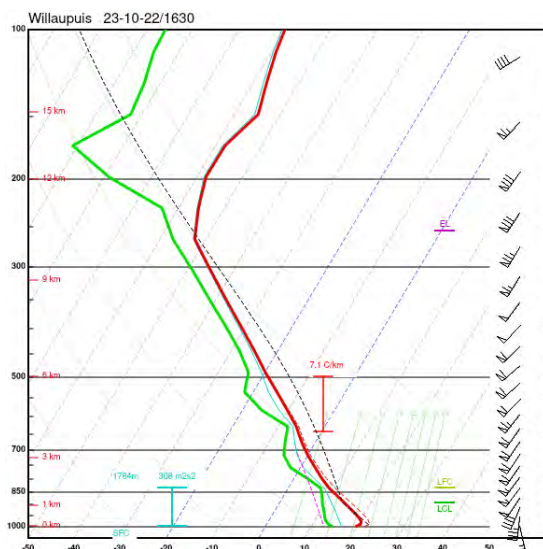
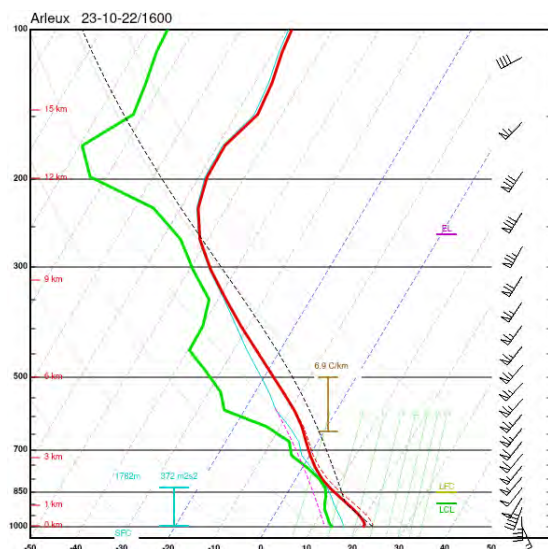
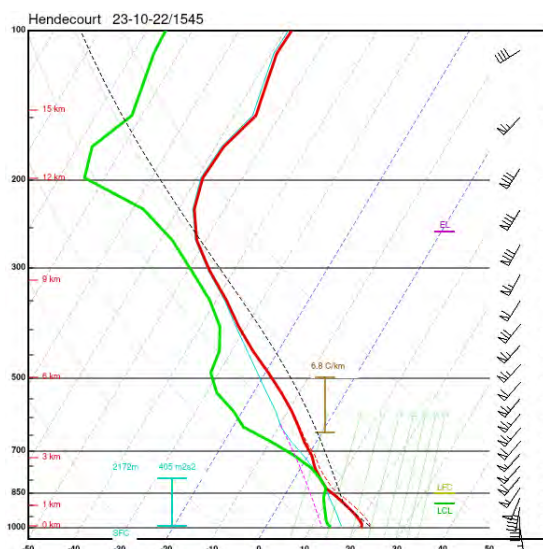
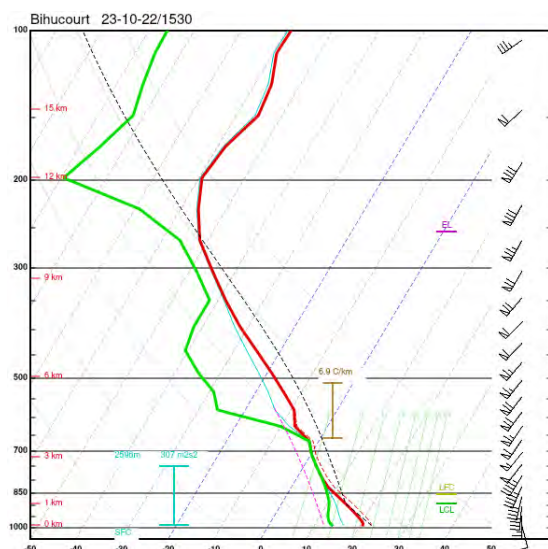
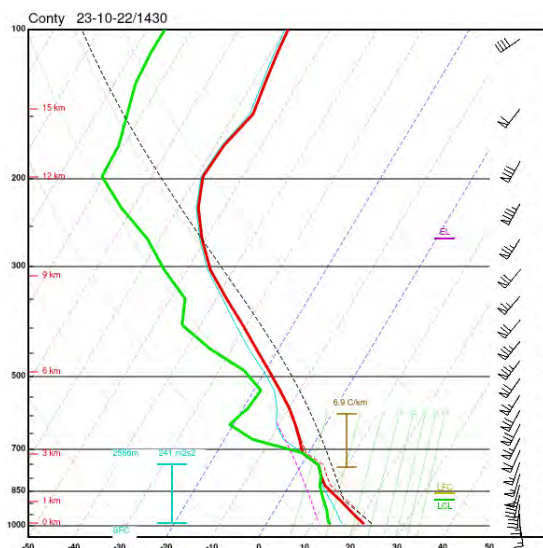
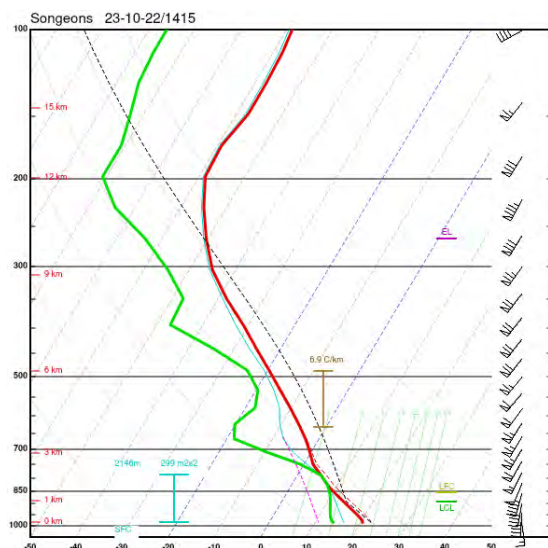
Altitude du LCL, et altitude du LFC le 23.10.2022 à 12h et 14h TU respectivement.
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

C'est ainsi un environnement propice aux supercellules et aux tornades qui est bien en place sur ces régions. L'indice composite STP (Significant Tornado Parameter) réagit d'ailleurs de manière significative, avec des noyaux qui atteignent 2 à 3 dans l'axe du thalweg de surface. On note que de fortes valeurs sont également présentes entre la Champagne et les Ardennes, mais ces régions étaient trop à l'écart des forçages pour que ce potentiel soit exploité.



Significant Tornado Parameter le 23.10.2022 à 14h et 16h TU respectivement.
Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

Afin de conclure cette analyse, et à défaut de radiosondages réels sur l'axe parcouru par la supercellule, il est intéressant de reconstituer les profils verticaux en plusieurs points du parcours de la tornade grâce au reforecast ARW3 : sa bonne appréciation du scénario réellement observé permet en effet de considérer que les profils générés fournissent une approximation valable des conditions réelles.



Profils verticaux skewT reconstitués pour Songeaons (60), Conty (80), Bihucourt (62), Hendecourt (62), Arleux (59) et Willaupuis (Belgique), représentant l'environnement pré-orageux. Les communes sont classées dans l'ordre chronologique de survenue de la tornade. Reforecast ARW 3 km Keraunos initialisé sur les conditions du 22.10.2022 18Z.

Ces profils, qui représentent la situation à l'avant immédiat de l'axe de thalweg, comportent un certain nombre de signaux d'alerte en termes de prévision des orages violents et des tornades. Les principaux indicateurs sont fournis dans le tableau ci-dessous, avec mention en **rouge** des valeurs les plus élevées pour les paramètres critiques. Les communes sélectionnées sont classées de gauche à droite dans l'ordre chronologique de survenue de la tornade.

Paramètre	Songeons (60)	Conty (80)	Bihucourt (62)	Hendecourt (62)	Arleux (59)	Willaupuis [BELG.]
MUCAPE (J/kg)	1176	1117	1233	1050	1054	1032
MLCAPE (J/kg)	994	810	1095	864	873	886
MULI (K)	-5	-4	-5	-4	-4	-4
LCL (m)	997	1111	894	1074	1085	1136
LFC (m)	1395	1387	1411	1524	1588	1784
EL (m)	10040	10073	10253	10365	10250	10392
DCAPE (J/kg)	732	734	690	730	774	547
MLCAPE 0-3 km (J/kg)	119	72	124	75	84	72
TTI	55	53	55	54	54	55
K Index	26	33	32	31	32	32
PWAT (mm)	25	26	26	26	26	27
CIS 0-1 km (m/s)	15	12	15	16	19	17
CIS 0-6 km (m/s)	28	31	28	27	31	29
SRH 0-1 km (m ² /s ²)	222	159	257	293	343	263
SRH 0-3 km (m ² /s ²)	336	264	314	406	390	316
Effective SRH (m ² /s ²)	299	241	307	405	372	308
SCP	7,0	5,4	6,9	8,5	7,9	6,4
STP	1,6	1,1	2,0	1,7	2,2	1,7

Abréviations : MUCAPE (Most Unstable Convective Available Potential Energy), MLCAPE (Mean Layer CAPE), MULI (Most Unstable Lifted Index), LCL (Lifted Condensation Level), LFC (Level of Free Convection), EL (Equilibrium Level), DCAPE (Downdraft CAPE), TTI (Total-Totals Index), PWAT (Precipitable Water), CIS (cisaillement), SRH (Storm Relative Helicity), SCP (Supercell Composite Parameter), STP (Significant Tornado Parameter).

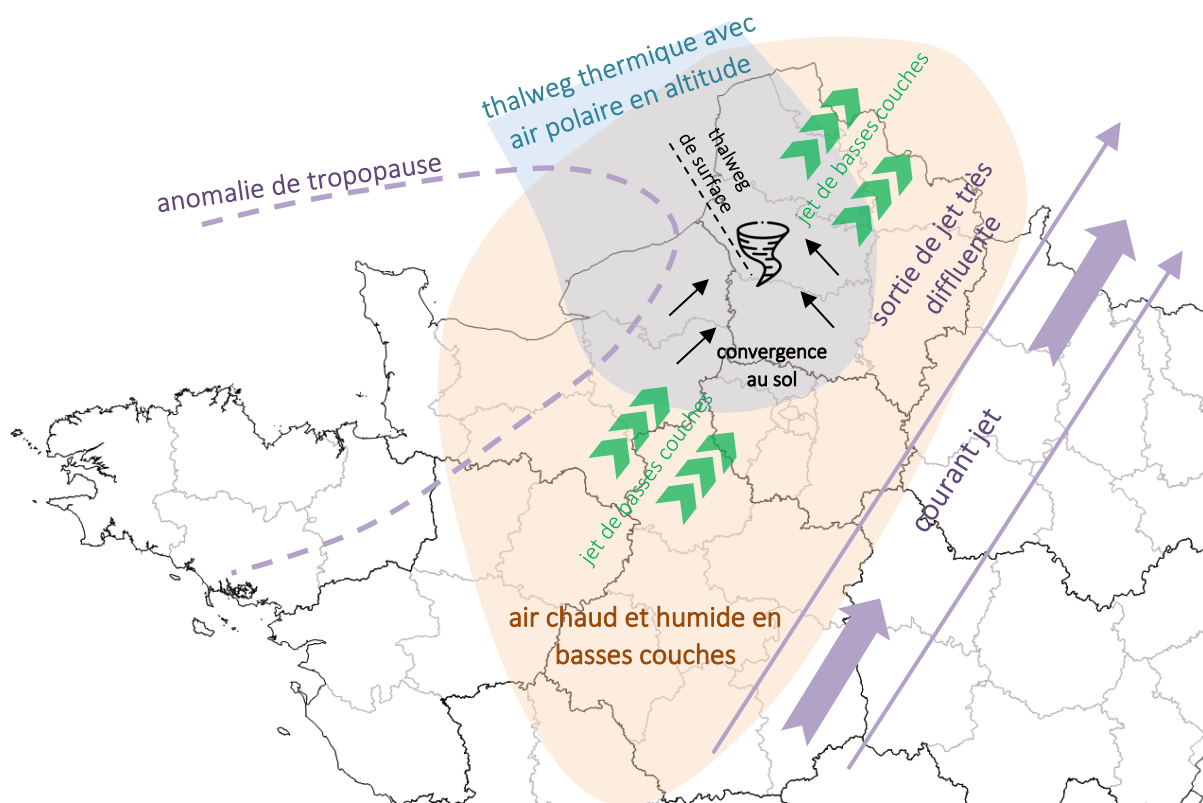
L'ensemble confirme un environnement particulièrement propice à une convection profonde, en mesure de supporter des orages supercellulaires, accompagnées d'un risque de tornade.

2.5 SYNTHÈSE DES ÉLÉMENTS EN PRÉSENCE

En somme, additionnées les unes aux autres, les composantes de la situation météorologique du 23 octobre 2022 dessinent un tableau particulièrement propice au développement d'orages de forte intensité, avec un potentiel élevé de supercellule et de tornade. Une série d'éléments atmosphériques clés ont ainsi convergé vers le nord-ouest de la France, où ils se sont mis en phase pour générer un épisode orageux à l'origine d'une tornade qui restera dans les annales.

Parmi eux figurent notamment :

- En haute troposphère, l'arrivée du bord d'attaque très agressif d'une anomalie basse de tropopause dynamique, associée à une configuration de sortie gauche de jet, à la fois rapide et fortement diffluente ;
- A l'étage moyen, l'éjection d'un thalweg thermique prononcé, bien alimenté en air d'origine polaire ;
- Au sol, une masse d'air tropicale très douce et humide qui vient se glisser sous l'air polaire et produire des profils verticaux fortement instables ;
- Sur cet environnement propice, le creusement d'un thalweg de surface le long d'une trace de front froid vient accentuer la convergence près du sol et forcer la convection au moment où la divergence d'altitude s'accroît également ;
- Une fois déclenchée, la convection bénéficie d'un vaste réservoir d'instabilité et de cisaillements, qui alimente le développement de supercellules et leur assure une forte longévité.

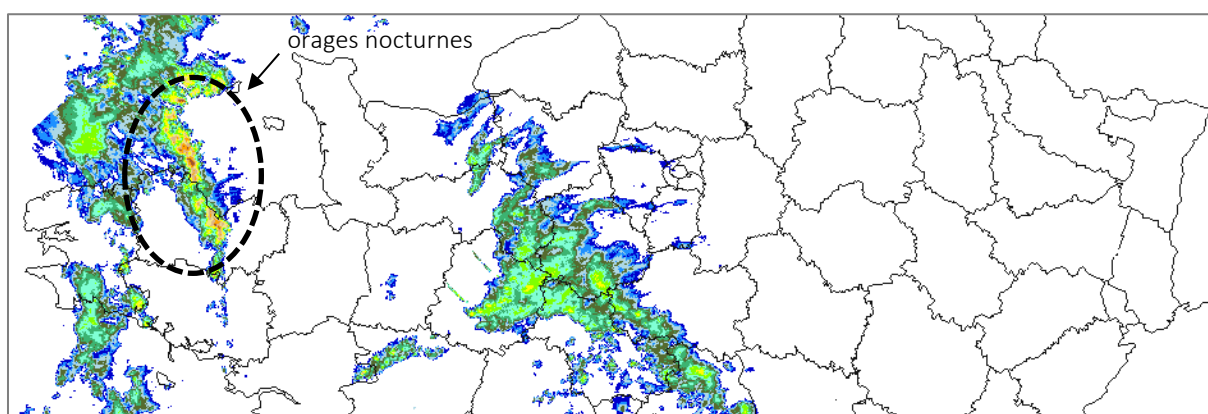


2.6 CHRONOLOGIE DES ÉVÉNEMENTS

Le fort potentiel de cette journée va se concrétiser par un épisode orageux intense, dont la chronologie est restituée ci-après étape par étape.

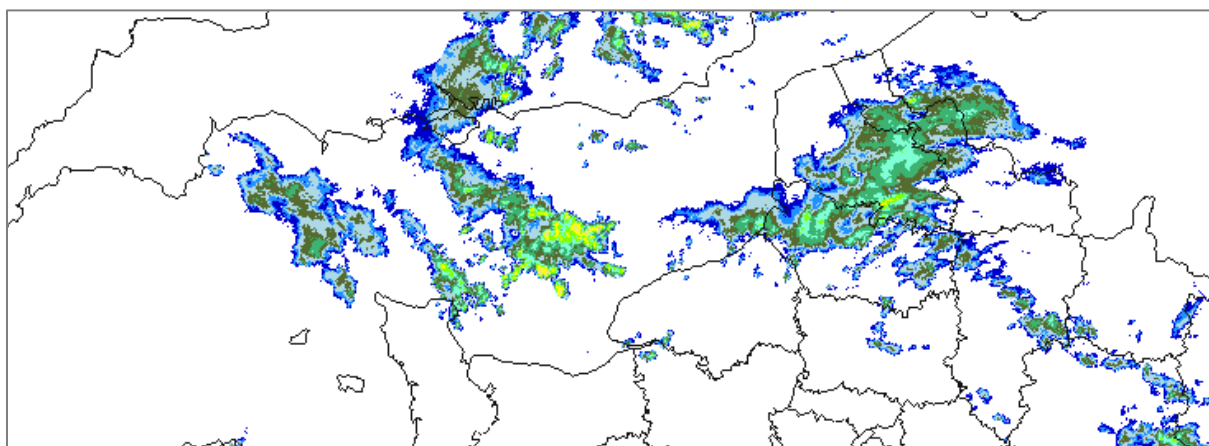
MISE EN PLACE DE L'ADVECTION CHAUDE

Ce dimanche 23 octobre, avant l'aube, le tonnerre gronde déjà sur l'ouest du pays. Les pluies qui remontent en flux de sud sur la Bretagne prennent un caractère instable et évoluent jusqu'à l'orage. Dans le même temps, du Centre à la Normandie, d'autres pluies remontent dans l'advection d'air d'origine tropicale, sous la forme d'une limite à caractère de front chaud.



Réflexivités radar du 23.10.2022 à 03h00 TU (05h00 locales), avec orages sur le nord de la Bretagne et pluies associées à l'advection d'air tropical en basses couches sur le Centre.

Ces pluies, ponctuellement modérées sur le flanc occidental du système, atteignent l'Île-de-France vers 04h TU, la Picardie une heure plus tard, et enfin le Nord – Pas de Calais vers 07h TU. Après une nuit marquée par des températures extrêmement douces pour une fin octobre, le ciel est couvert en début de matinée sur ces régions par altostratus et stratocumulus, et le temps très humide, avec une humidité relative qui atteint fréquemment 90 à 95%. L'advection d'air tropical se fait donc bien ressentir et engage le processus d'instabilisation des profils verticaux qui s'accroîtra plus tard dans la journée.



Réflexivités radar du 23.10.2022 à 07h00 TU (09h00 locales). L'advection d'air tropical jusqu'au nord du pays est productive, avec des pluies localement modérées.

L'INSTABILITÉ SE RENFORCE PAR L'OUEST

En fin de matinée, la masse d'air tropicale est en position sur tout le nord de la France. A 10h TU, le ciel reste toutefois bien voilé voire chargé entre Haute-Normandie et Nord – Pas de Calais, mais il se dégage totalement plus à l'ouest, des Pays de la Loire à la Basse Normandie :

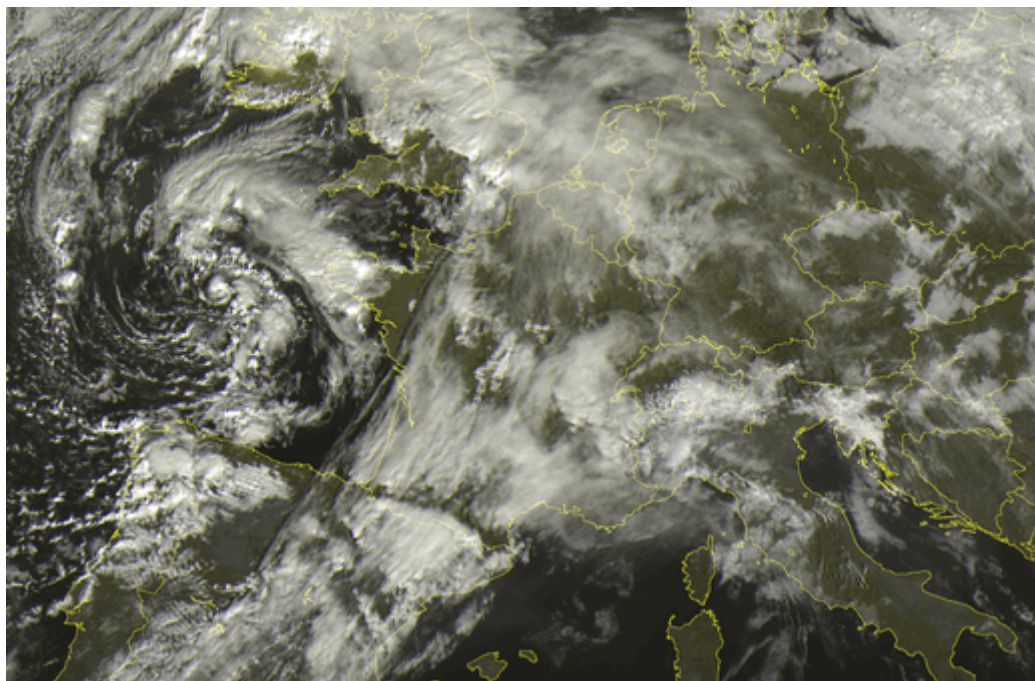
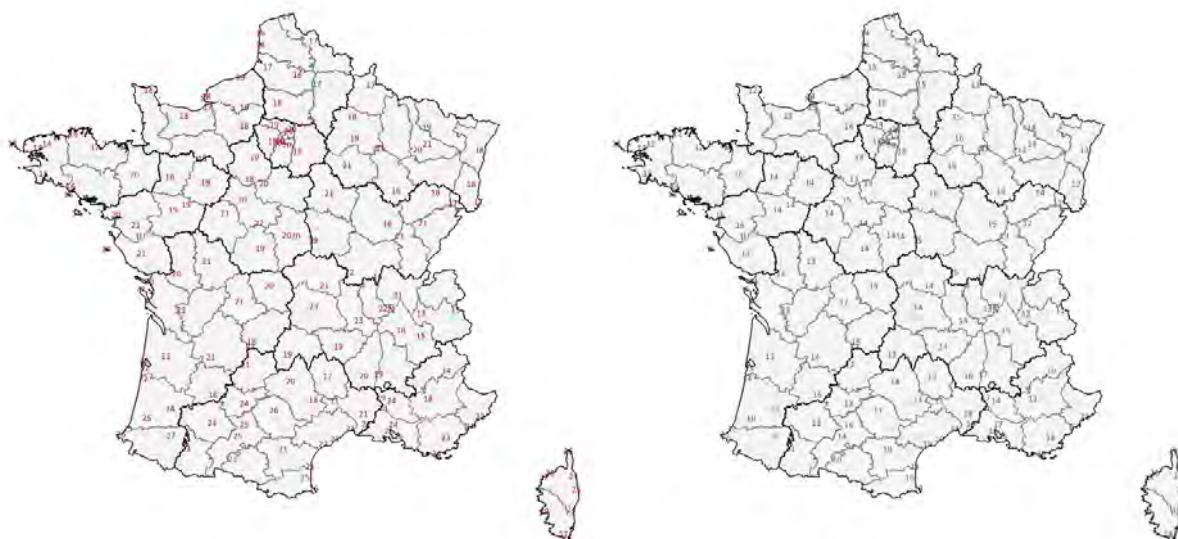


Image satellite canal visible du 23.10.2022 à 10h00 TU. Source : sat24.com.

A la faveur de ces éclaircies, les températures sont partout orientées à la hausse, notamment sur les régions les plus ensoleillées où elles atteignent 20 à 21°C, avec des points de rosée qui avoisinent souvent 16°C. L'ambiance est lourde pour une fin octobre, mais le temps reste encore calme à l'exception de quelques orages qui persistent sur la pointe bretonne.



Température (à gauche) et point de rosée (à droite), mesurés par le réseau des stations SYNOP le 23.10.2022 à 10h00 TU.

Néanmoins, les advections froides d'altitude commencent à franchir la Bretagne et gagnent rapidement un axe Loire Atlantique – Calvados où l'air chaud et humide est déjà en position près du sol. Les forçages approchent et l'instabilité s'accroît. L'épisode orageux ne va pas tarder à débuter.

DÉCLENCHEMENT DE L'ÉPISODE ORAGEUX

C'est entre le nord du Poitou et l'est de la Bretagne que les divers forçages d'altitude et de surface entrent en phase et se présentent sur un environnement fortement instable. La réaction ne se fait pas attendre : il est 10h55 TU (12h55 locales) quand le premier déclenchement de convection profonde s'opère sur le secteur de Mauléon (Deux-Sèvres) [noté **1** sur l'image radar ci-dessous], rapidement suivi plus au nord par un deuxième déclenchement sur le secteur d'Erbray (Loire-Atlantique) [2]. Ils signent l'amorçage de l'épisode orageux.

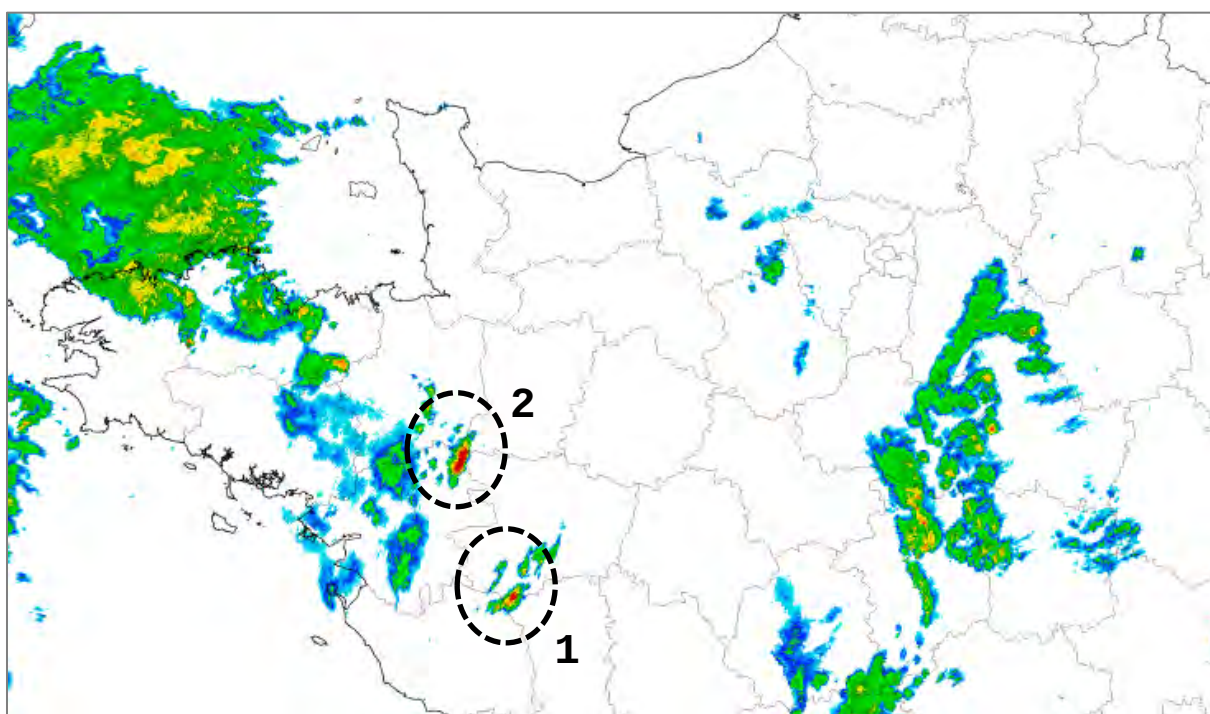
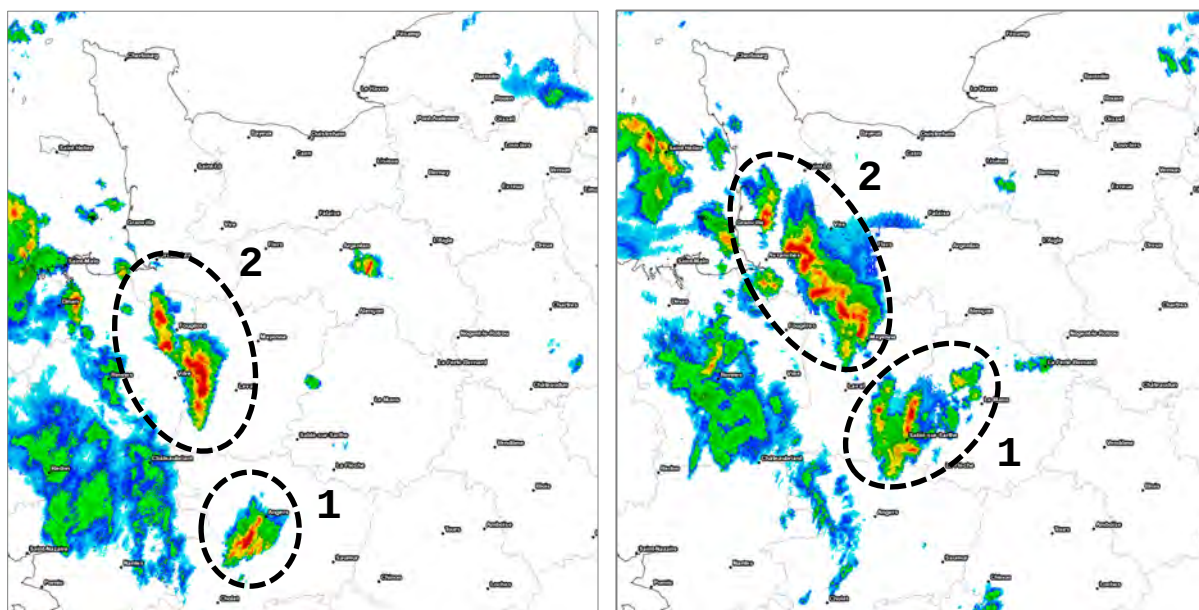


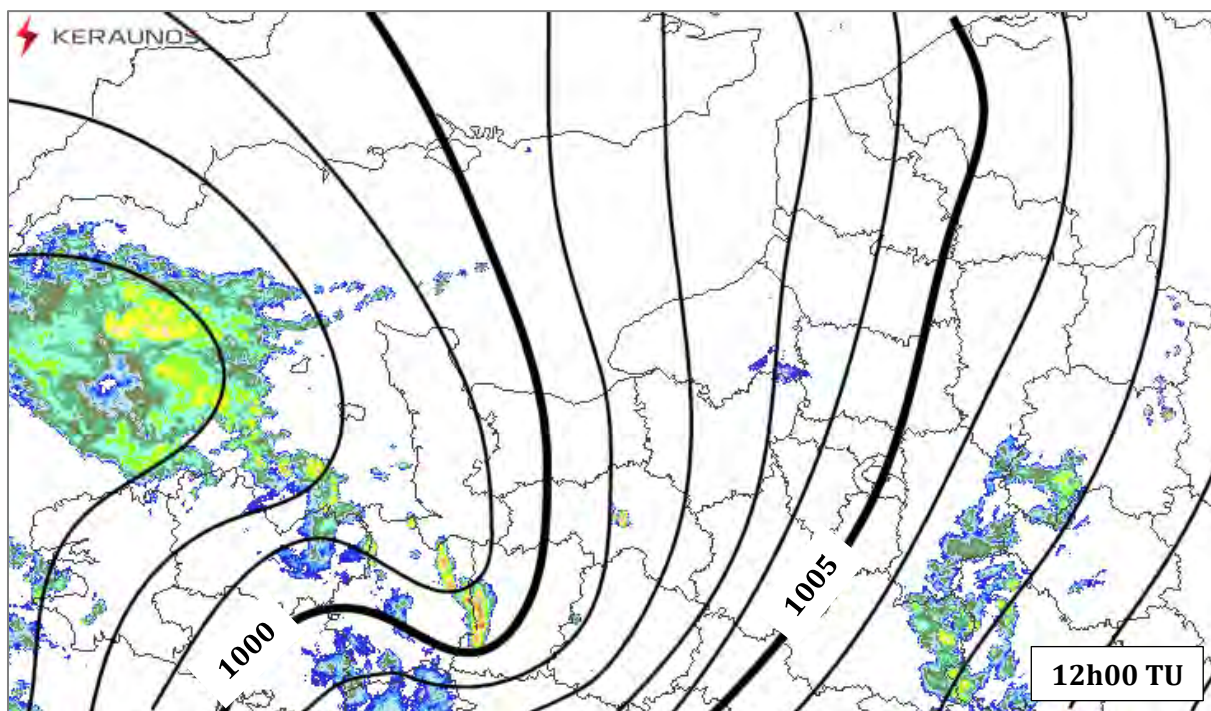
Image radar du 23.10.2022 à 11h30 TU. Source Météo France via meteociel.fr

Au cours de l'heure qui suit, [2] se développe sensiblement et s'organise sous la forme d'un multicellulaire à tendance linéaire. [1] conserve pour sa part une structure concentrée et autonome :



Images radar du 23.10.2022 à 12h00 et 12h30 TU. Source Météo France via meteociel.fr

Ces cellules viennent s'étirer dans l'axe d'un thalweg de surface qui commence à se resserrer et qui accentue la convergence du flux dans les basses couches. L'analyse isobarique réalisée sur le réseau SYNOP de 12h TU, complétée par la prévision très courte échéance du modèle HRRR 4 km de Keraunos, met bien en évidence cette organisation :



Analyse de la Pmer à 12h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

Pour le moment, c'est surtout le système qui circule au nord [2] qui présente les sommets les plus froids, témoins d'une convection très active et profonde (pixels rouges sur l'image satellite infrarouge ci-dessous) :

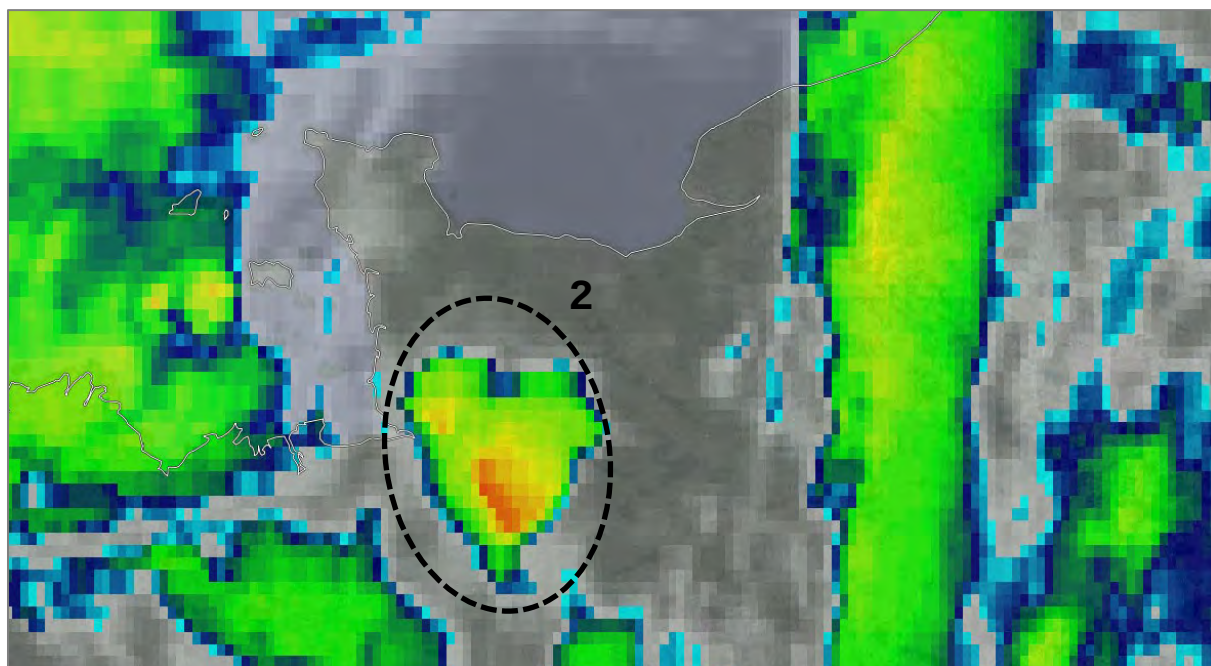


Image satellite infrarouge SSEC du 23.10.2022 à 12h00 TU.

A l'avant immédiat des orages, une zone de ciel clair se propage vers l'est et permet un échauffement diurne optimal. Dans le même temps, les éclaircies s'élargissent également sur la Picardie et les Hauts-de-France en ce début d'après-midi.

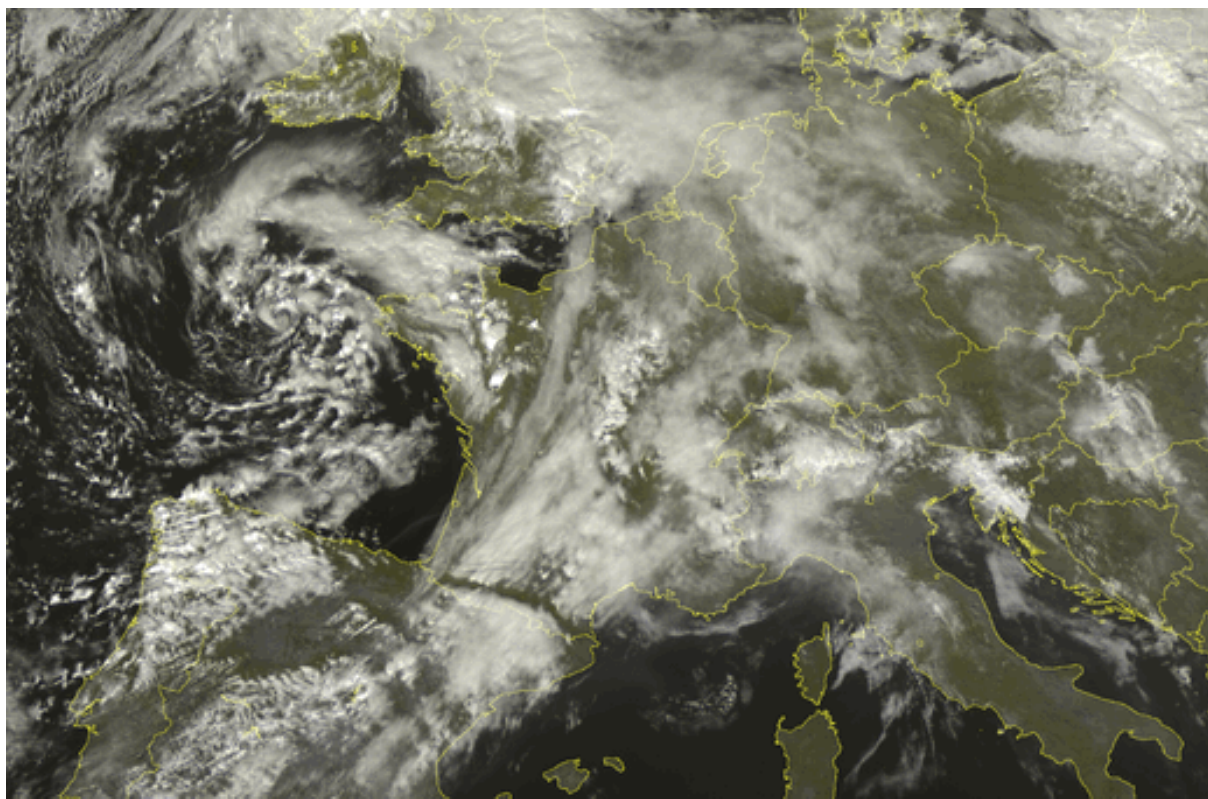
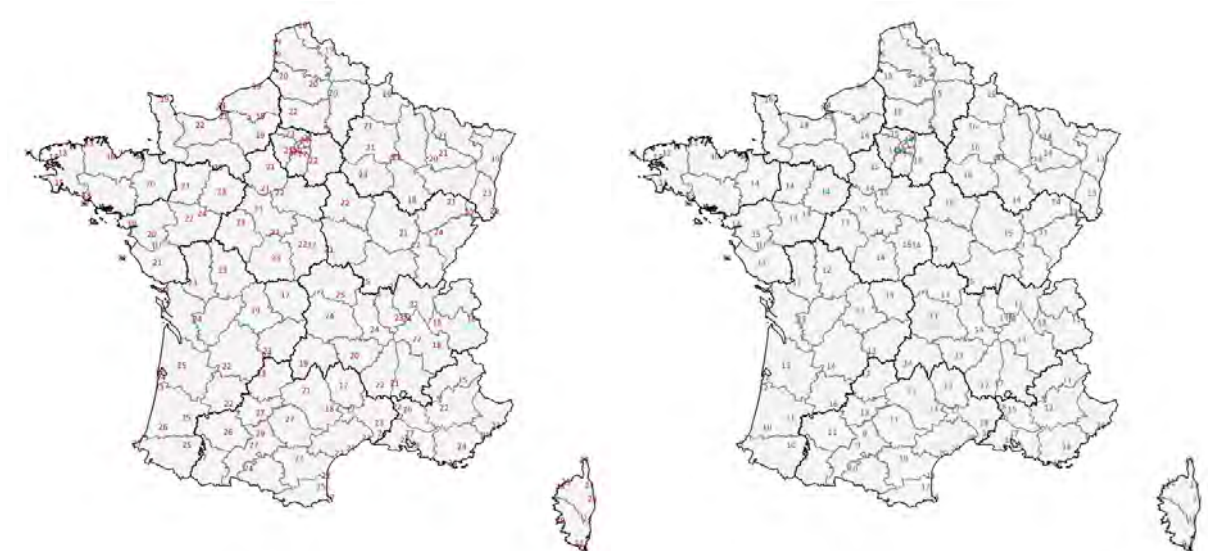


Image satellite canal visible du 23.10.2022 à 12h TU. Source : sat24.com.

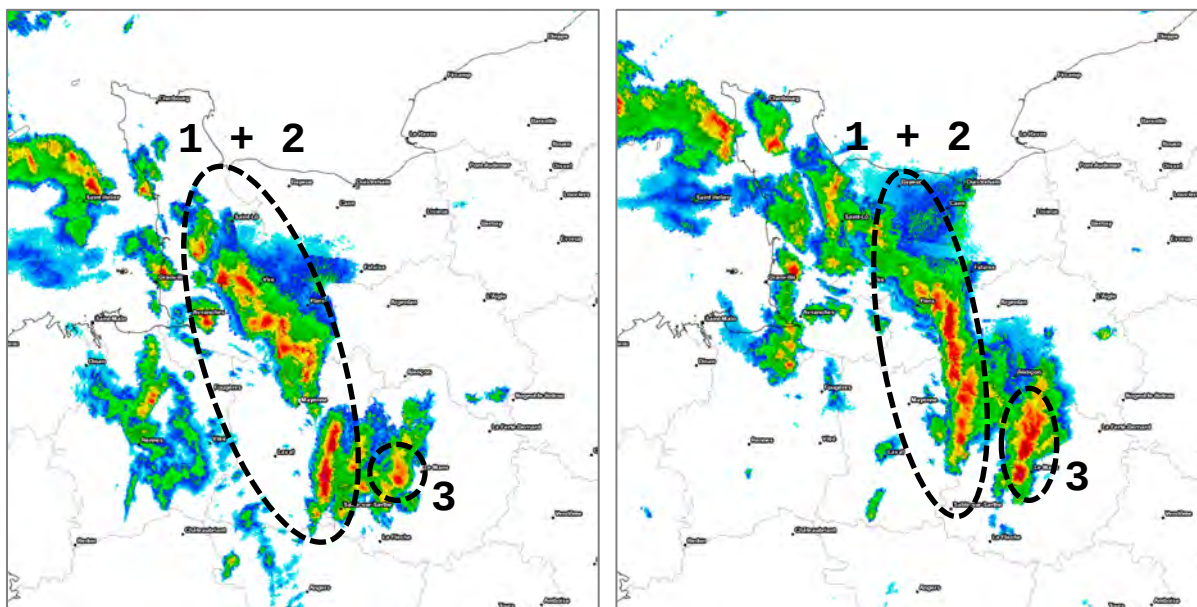
Conséquemment, les températures sont orientées à la hausse et dépassent fréquemment 20°C dans le secteur chaud, avec des points de rosée qui demeurent élevés pour une fin octobre (15°C généralement). L'instabilité continue dès lors de s'accroître de la Normandie au Nord – Pas de Calais, et les orages qui abordent ces régions par l'ouest progressent sur un environnement de plus en plus favorable à leur entretien et à leur renforcement.



Température (à gauche) et point de rosée (à droite), mesurés par le réseau des stations SYNOP le 23.10.2022 à 12h00 TU.

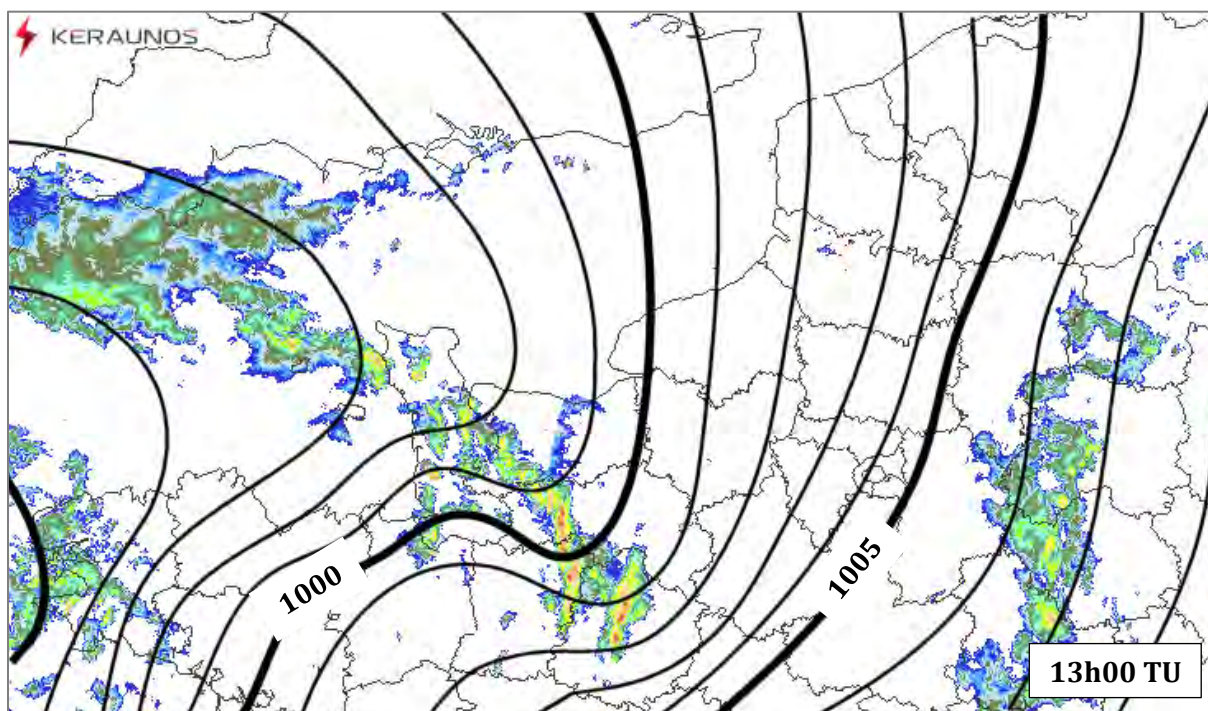
NAISSANCE DE LA PRINCIPALE SUPERCELLULE

Il est désormais 12h30 TU (14h30 locales). Les deux systèmes orageux, puissants, génèrent une forte activité électrique et évoluent entre le sud de la Manche, le Calvados, l'Orne, la Mayenne et la Sarthe. Les deux systèmes convectifs se mettent alors à fusionner, tandis qu'un nouvel amorçage [3] est observé juste à l'avant de la partie sud de ce système. C'est à ce moment-là, au sud-ouest du Mans, que naît la cellule convective qui évoluera ensuite en supercellule tornadique ; il est 12h40 TU.



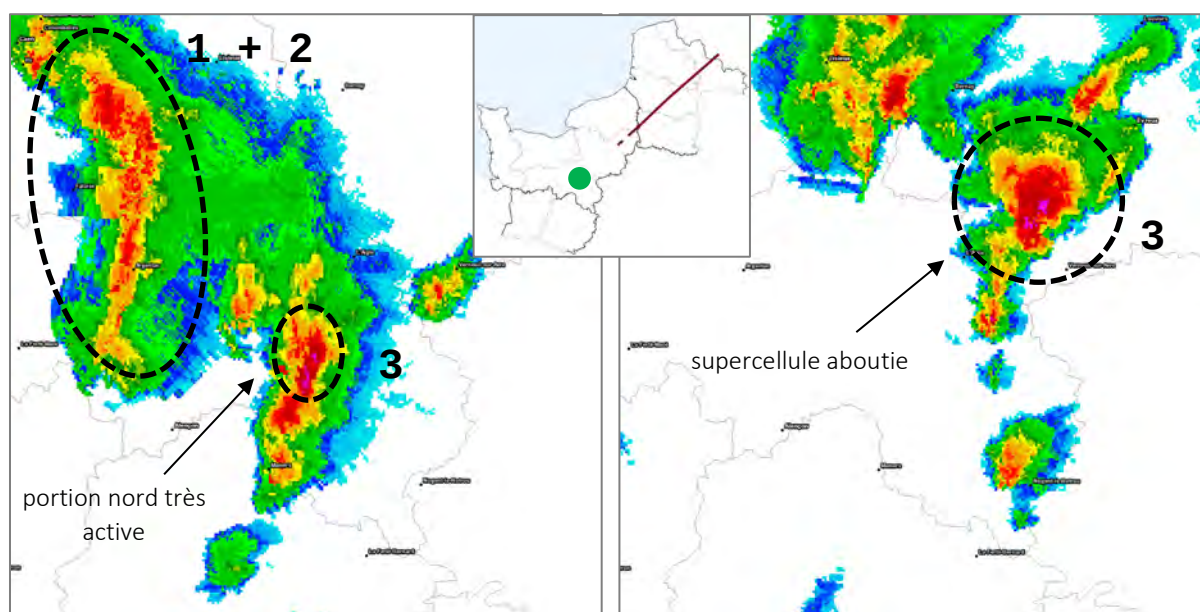
Images radar du 23.10.2022 à 12h40 et 13h00 TU. Source Météo France via meteociel.fr

L'analyse isobarique de 13h TU confirme la progression du thalweg de surface vers le nord-est. La future supercellule s'initie dans la portion la plus cisailée, soit sur sa bordure sud-est :



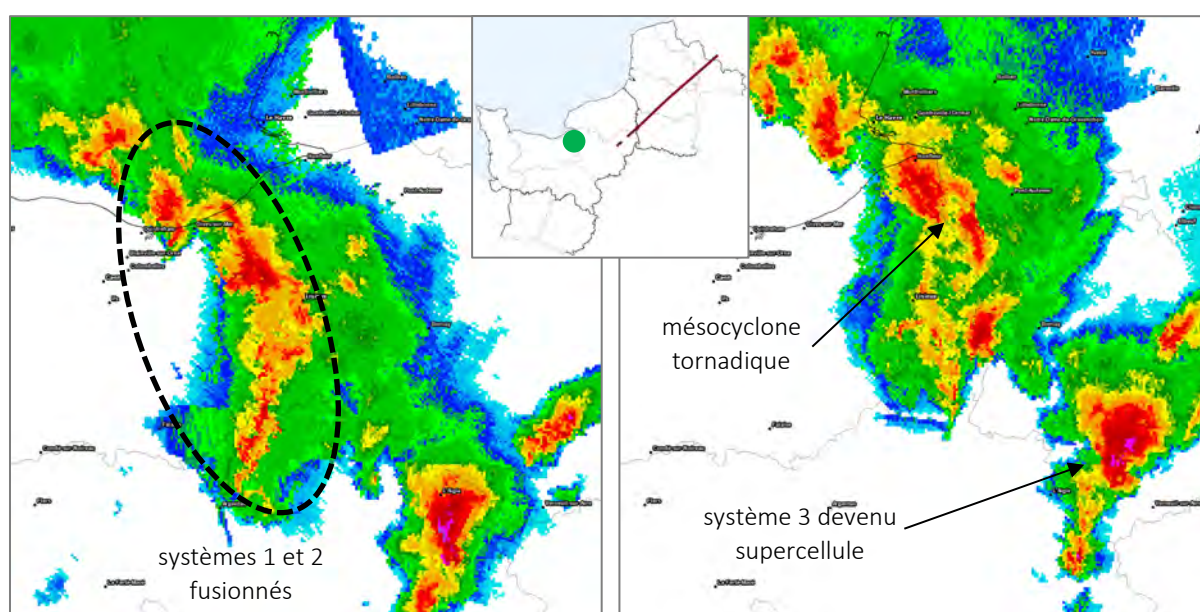
Analyse de la Pmer à 13h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

Entre 13h et 14h TU, les orages évoluent entre Sarthe, Orne, Calvados et Eure. La moitié nord du système orageux récemment amorcé [3] présente rapidement de très fortes réflectivités puis commence à s'isoler de la moitié sud du système qui, pour sa part, s'étiole progressivement. L'évolution en supercellule est imminente. Sur la base des structures de réflectivité, il est possible d'estimer le début de la phase supercellulaire aux environs de 13h15 TU, au sud/sud-ouest de Mamers (Sarthe). Durant les 45 minutes qui suivent, la supercellule s'organise et se dessine de plus en plus nettement. A 14h00 TU, la signature supercellulaire est explicite et exhibe un crochet net sur son flanc sud-est. La position du mésocyclone par rapport aux courants descendants précipitants suggère déjà une variante de type HP (High Precipitation), tandis que la supercellule entre sur le département de l'Eure.



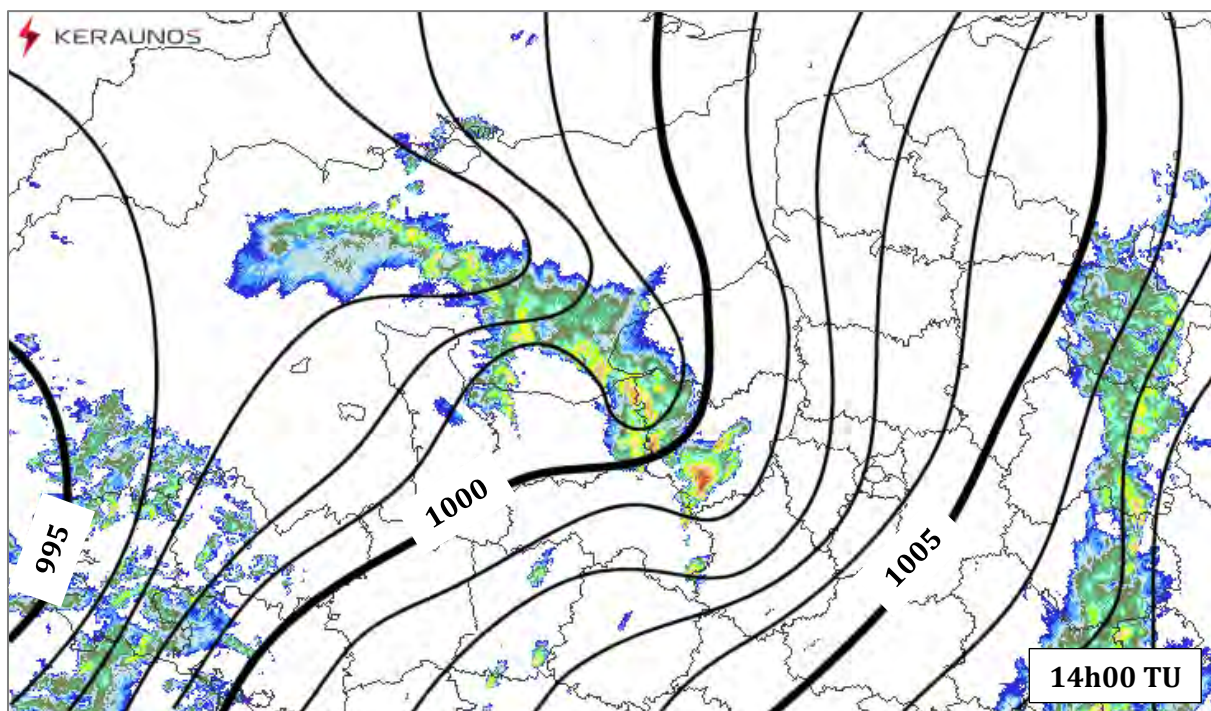
Images radar du 23.10.2022 à 13h30 et 14h00 TU. Source Météo France via meteociel.fr.
A gauche, accentuation de l'activité de la moitié nord du système [3]. A droite, évolution en supercellule aboutie.

Pendant ce temps-là, plus au nord, le système orageux issu de la fusion de [1] et [2] balaie l'est du Calvados et développe, lui aussi, une structure supercellulaire en son cœur, de type HP. Une phase tornadique est observée entre Calvados et Eure, notamment à hauteur de Beuzeville.



Images radar du 23.10.2022 à 13h45 et 14h00 TU. Source Météo France via meteociel.fr

L'analyse isobarique de 14h TU témoigne d'un thalweg de surface désormais bien dessiné, avec en son sein le système orageux producteur d'une tornade sur le nord de l'Eure, et en extrémité sud-est la supercellule principale sur le sud-ouest de l'Eure :



Analyse de la Pmer à 14h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

ÉVOLUTION EN SUPERCELLULE TORNADIQUE

Au cours des heures qui suivent, le système convectif à l'origine de la tornade de Beuzeville va poursuivre sa route sur le nord-ouest de la Picardie, puis le Pas-de-Calais et la Flandre maritime, en s'organisant essentiellement sous la forme d'un système convectif de méso-échelle (MCS) à tendance linéaire. Même s'il produit à son passage de fortes pluies et une intense activité électrique, il ne génèrera plus de phénomènes réellement sévères.

En revanche, la supercellule qui circule en bordure sud/sud-est du système va conserver une activité intense et développer une tornade exceptionnellement durable. Elle progresse en effet désormais dans un environnement fortement instable et particulièrement cisailé.

Entre 14h00 et 14h30 TU, elle fait route vers le nord-est et approche des boucles de la Seine, à hauteur de Louviers (Eure). Sur son flanc sud, les courants descendants arrière prennent de l'ampleur et finissent par se structurer de manière massive, comme en témoignent conjointement les réflectivités radar et les observations visuelles des témoins sur ce secteur.

Dans le même temps, le mésocyclone tend manifestement à remonter davantage vers le nord et à se positionner dès lors de plus en plus sur le flanc est du système.

La cellule présente désormais toutes les caractéristiques d'une supercellule HP mature et entre en phase tornadique vers 14h35 TU (16h35 locales) un peu en amont de Muids (Eure).

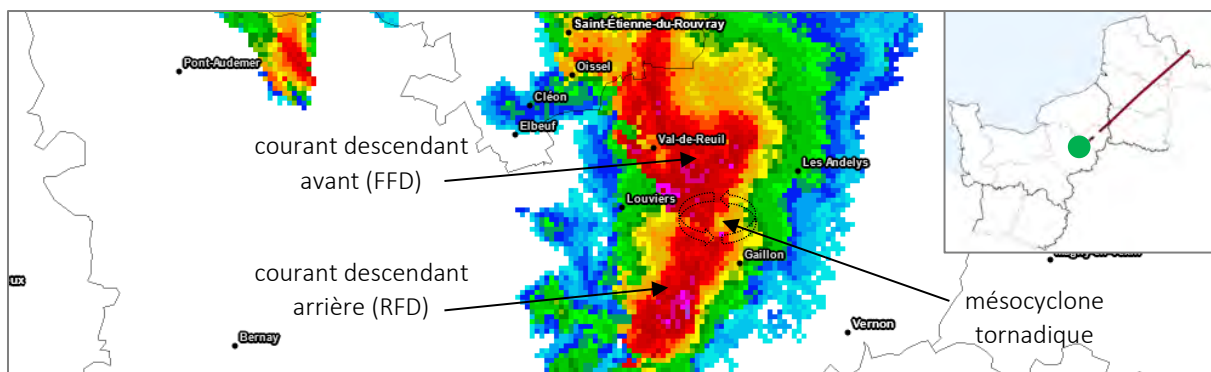
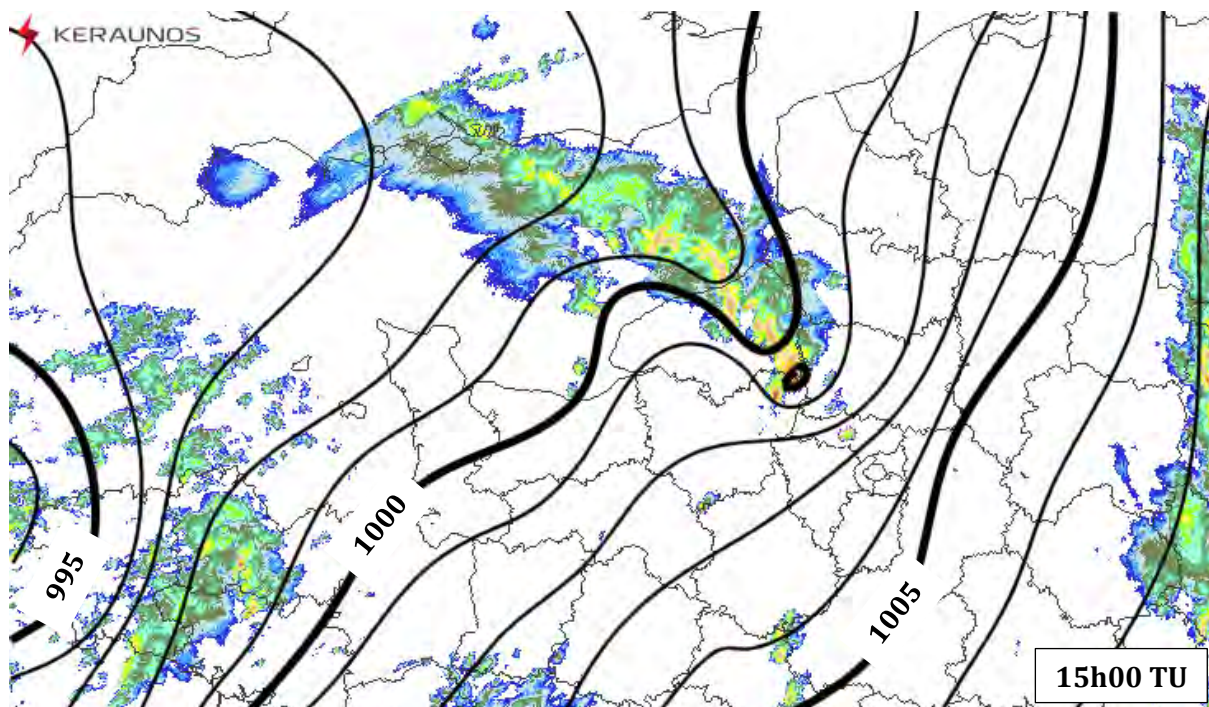


Image radar du 23.10.2022 à 14h35 TU. La supercellule entre en phase tornadique à Muids (Eure).
Source Météo France via meteociel.fr

Cette première phase tornadique dure environ 9 minutes, L'analyse isobarique de 15h TU montre que la supercellule reste à ce moment-là en extrémité sud/sud-est du thalweg de surface, et que toutes les tentatives d'amorçages convectifs périphériques avortent les uns après les autres.



Analyse de la Pmer à 15h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

Puissante et stable, peu parasitée par d'éventuelles cellules concurrentes, la supercellule entre de nouveau en phase tornadique à partir de 14h48 TU, en abordant la commune de Puchay (Eure). Elle conserve une structure de type HP typique, avec un mésocyclone calé sur le flanc est/sud-est de la cellule.

L'image satellite en canal visible (page suivante) témoigne bien de la vigueur de la convection à cet instant-là, avec une alimentation bouillonnante en pointe sud et des contours nuageux très nets au niveau des enclumes.

L'imagerie infrarouge montre pour sa part des sommets élevés et bien froids près de la pointe sud du système orageux, soit dans la zone où le courant ascendant principal de la supercellule vient percuter la tropopause.

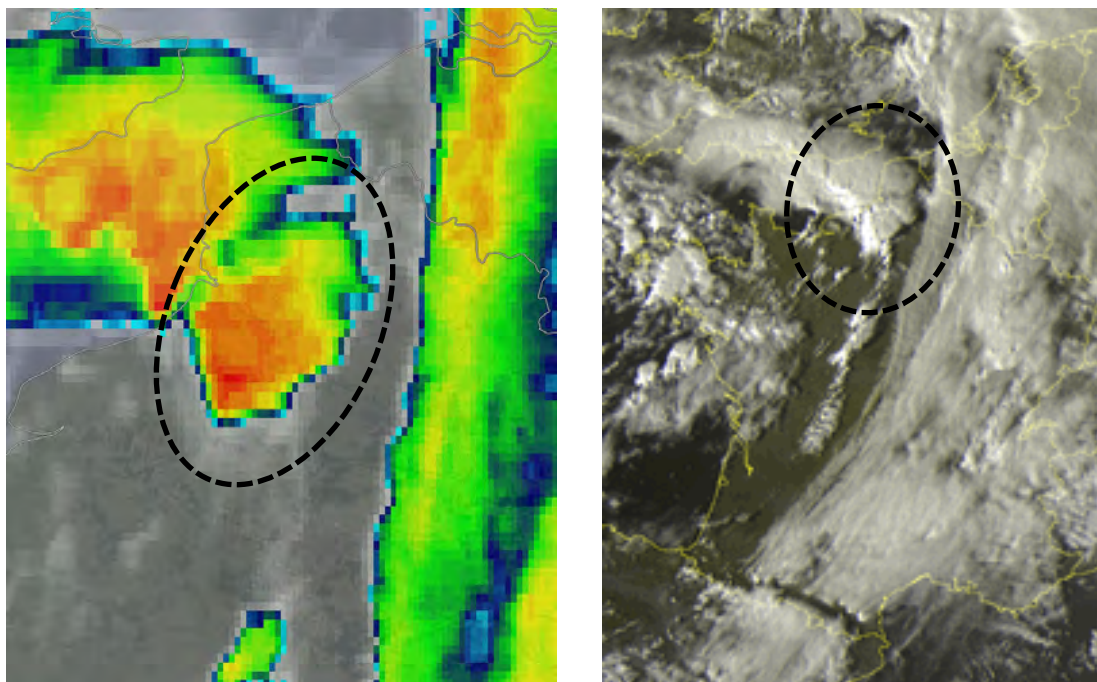
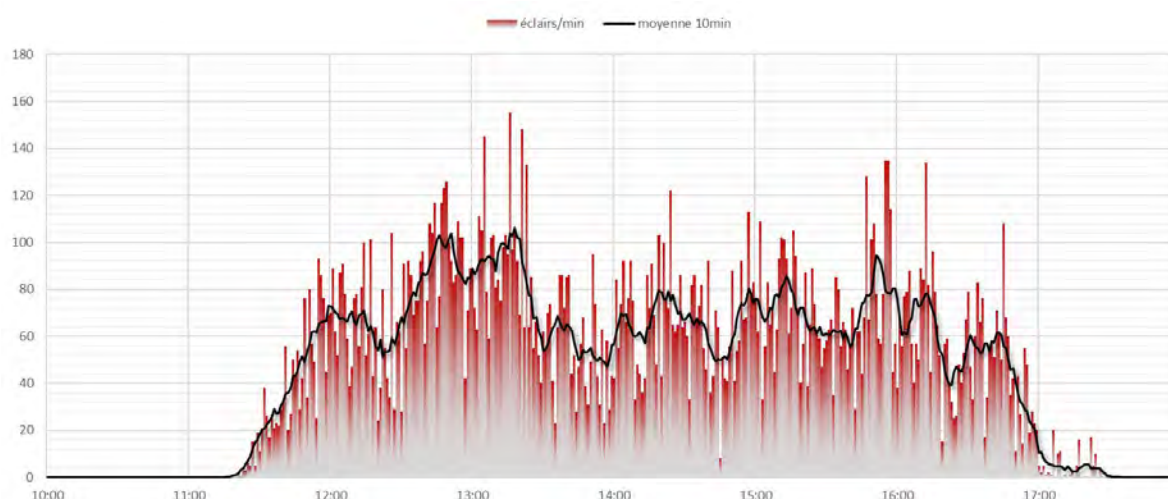


Image satellite infrarouge SSEC et canal visible sat24.com du 23.10.2022 à 15h00 TU.

Autre révélateur de l'intense convection qui règne au sein de cette supercellule, l'activité électrique produite est remarquable et parfois ininterrompue. L'illumination de l'orage est permanente pour les témoins situés sur sa route, avec une très forte activité intranuageuse et des chutes de foudre également fréquentes et puissantes.

Le graphique ci-dessous présente le nombre d'éclairs détectés chaque minute par le réseau Blitzortung sur les départements concernés par ces orages, entre 10h et 18h TU (12h – 20h locales), ainsi que la moyenne sur 10 minutes. On note une activité électrique très soutenue et relativement stable durant toute la vie du système convectif, avec une moyenne souvent proche de 80 éclairs à la minute, et des pics qui dépassent 2 éclairs à la seconde.



Nombre d'éclairs par minute, et moyenne glissante sur 10 minutes, le 23.10.2022 de 10h à 18h TU.
Données Blitzortung compilées et traitées par Keraunos.

LA SUPERCELLULE POURSUIT SA ROUTE VERS CONTY PUIS AMIENS

Entre 15h et 16h TU, la supercellule balaie successivement les secteurs de Songeons (Oise), Conty et Amiens (Somme), et y produit des dommages parfois sévères. Les réflectivités témoignent d'un rééquilibrage régulier de la structure supercellulaire durant cette période, avec des périodes de renforcement du courant descendant arrière (RFD) suivies par des périodes d'affaiblissement relatif. Ceci conduit le mésocyclone à adopter une position évolutive par rapport aux courants descendants, tantôt plutôt dans le quadrant sud-est quand le RFD faiblit, tantôt très à l'est quand le RFD se renforce et gagne du terrain au sud-est de la structure. L'analyse conjointe de l'intensité et de la trajectoire de la tornade au sol, qui connaît plusieurs inflexions entre 240° et 210°, laisse penser que ces périodes de renforcement du RFD conduisent à des infléchissements de la trajectoire du mésocyclone et de la tornade, ainsi qu'à un renforcement de la circulation tourbillonnaire. En effet, on note une corrélation entre ces périodes de renforcement du RFD, les périodes de redressement vers le nord de la trajectoire, et les phases d'accentuation des dégâts.

Ce jeu entre le RFD et le mésocyclone n'empêche pas la supercellule de conserver une structure HP stable et équilibrée, les courants descendants ne parvenant pas à prendre l'avantage ni à altérer la régularité de l'alimentation chaude et humide à la base du mésocyclone ; d'où sa longévité remarquable.

Les deux images radar ci-dessous présentent la structure de la supercellule au moment de son transit sur le secteur de Songeons (Oise), puis de Conty (Somme).

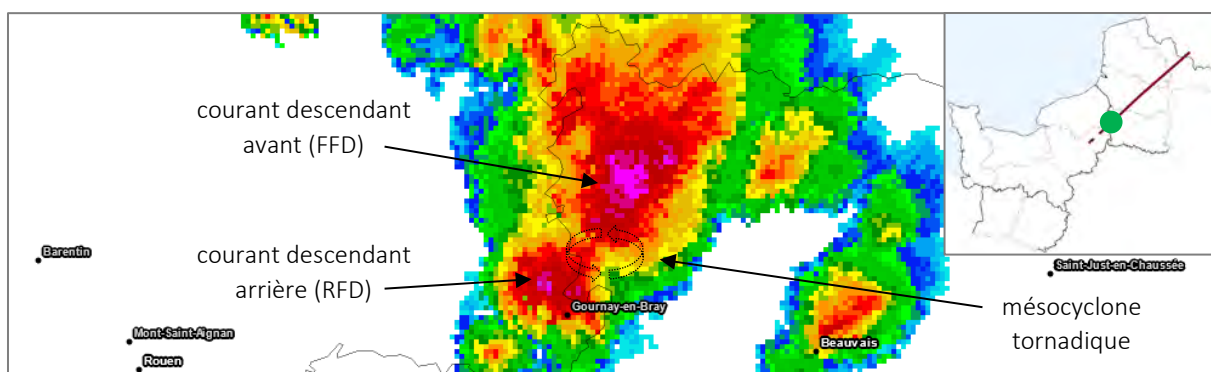


Image radar du 23.10.2022 à 15h15 TU. La supercellule balaie la commune de Songeons (Oise).
Source Météo France via meteociel.fr

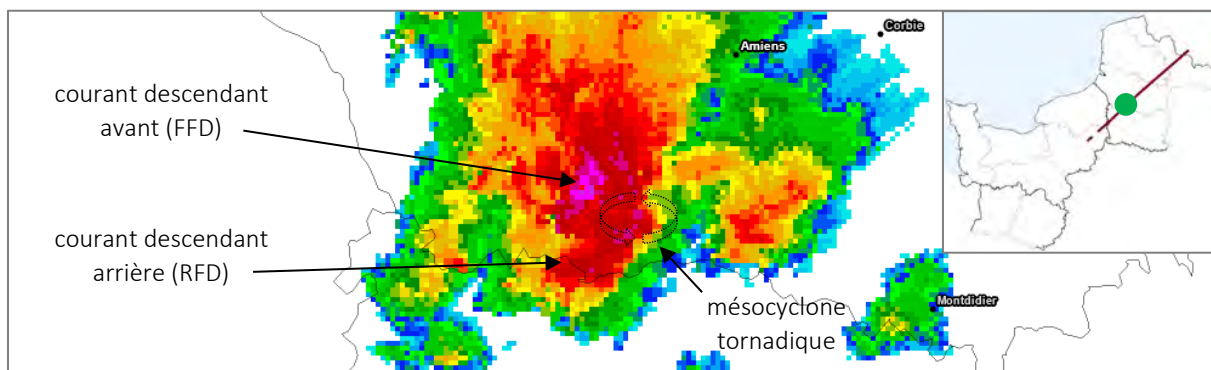


Image radar du 23.10.2022 à 15h35 TU. La supercellule frappe la commune de Conty (Somme).
Source Météo France via meteociel.fr

La supercellule prend désormais la route d'Amiens. Elle déploie alors une structure impressionnante, avec un FFD très actif, chargé de grêle, et un RFD puissant, marqué par un arcus,

l'ensemble venant s'enrouler autour du mésocyclone. La tornade associée n'est alors discernable que par les observateurs situés à l'est de la structure, sous la forme d'une colonne nuageuse verticale et turbulente, calée dans une encoche en V qui pointe vers la zone de contact entre les deux courants descendants.

L'analyse des images radar montre par ailleurs un assèchement progressif sur le flanc sud-ouest de la supercellule à partir de 15h35 TU. Cet assèchement se renforce à 15h40, au point d'amorcer une entaille à l'arrière du FFD à 15h45, au sud de Revelles. Cette entaille sèche se confirme nettement au cours des minutes suivantes et franchit Salouël à 15h50, puis Amiens ainsi que ses abords nord et nord-est vers 15h55 TU. Ce type de signature radar est typique du déclenchement d'une rafale descendante puissante, susceptible de s'organiser en microrafale ou en macrorafale. Ceci explique les violentes rafales de vent qui ont été observées à l'avant et dans l'axe de cette intrusion sèche, celles-ci étant distinctes de la tornade qui poursuivait sa route à environ 5 kilomètres à l'ENE de ce couloir de rafales.

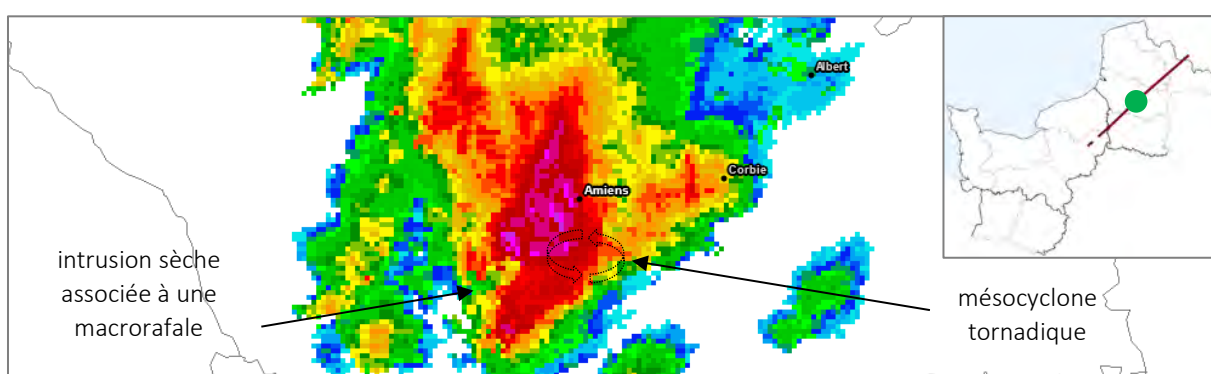


Image radar du 23.10.2022 à 15h45 TU. Source Météo France via meteociel.fr

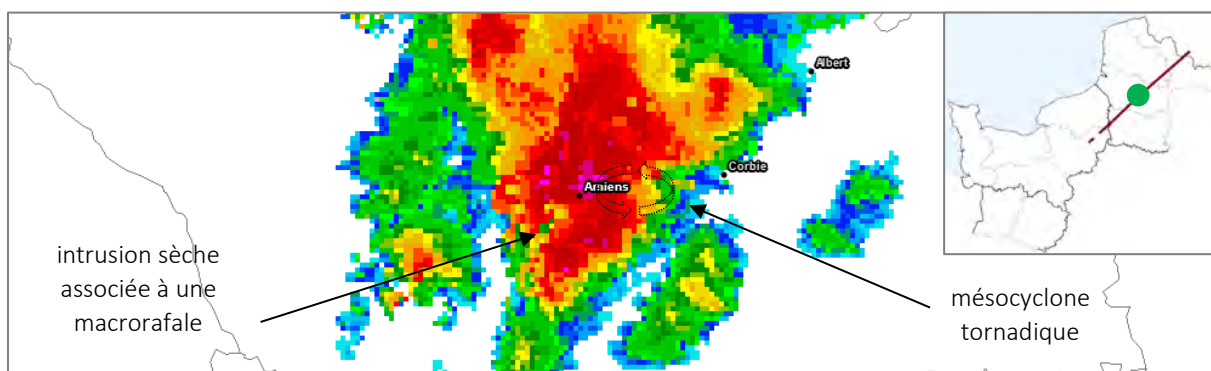


Image radar du 23.10.2022 à 15h50 TU. Source Météo France via meteociel.fr

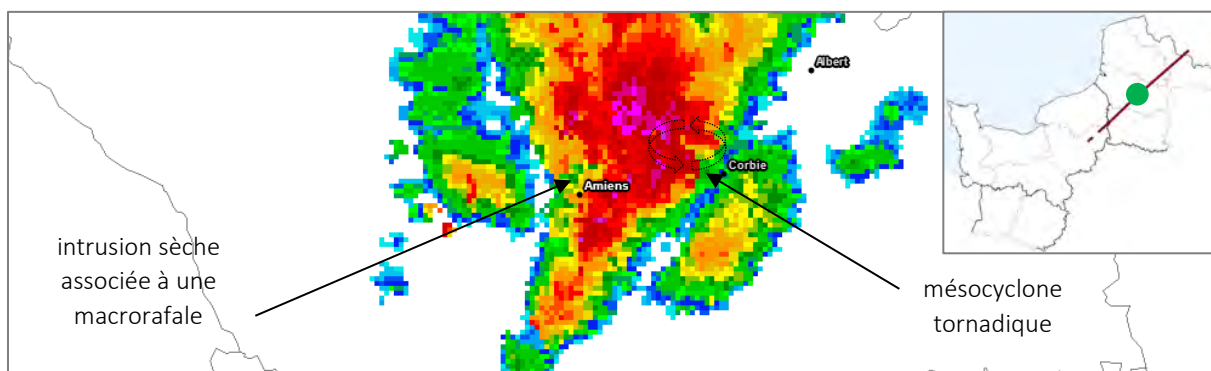
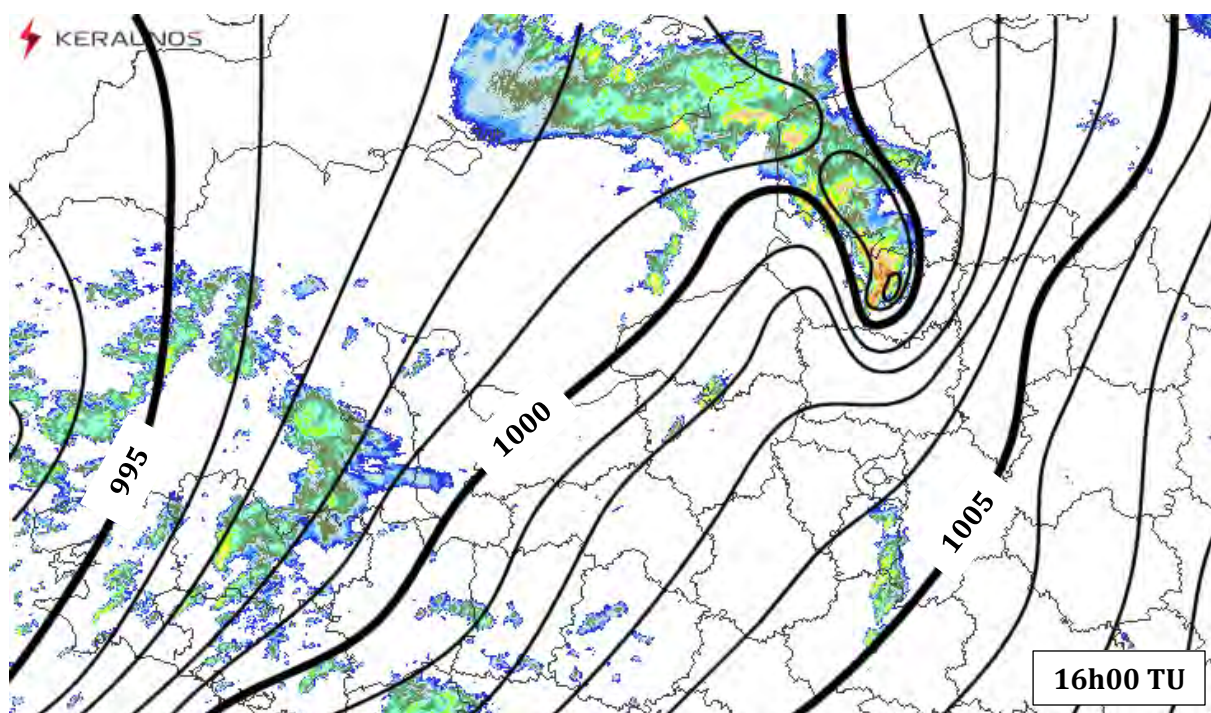


Image radar du 23.10.2022 à 15h55 TU. Source Météo France via meteociel.fr

L'analyse isobarique de 16h TU montre désormais un thalweg de surface bien prononcé et resserré, avec un minimum de méso-échelle isolé en fond de thalweg, là où évolue la supercellule.



Analyse de la Pmer à 16h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

L'image satellite infrarouge et celle en canal visible réalisées au même moment montrent, pour leur part, une structure nuageuse qui reste très compacte et dotée de bords très nets, avec des sommets élevés et froids, qui témoignent d'une convection virulente et bien organisée. Vue du sol, la cellule est bouillonnante et produit une couronne de *mammatus* dans la partie sud de son enclume.

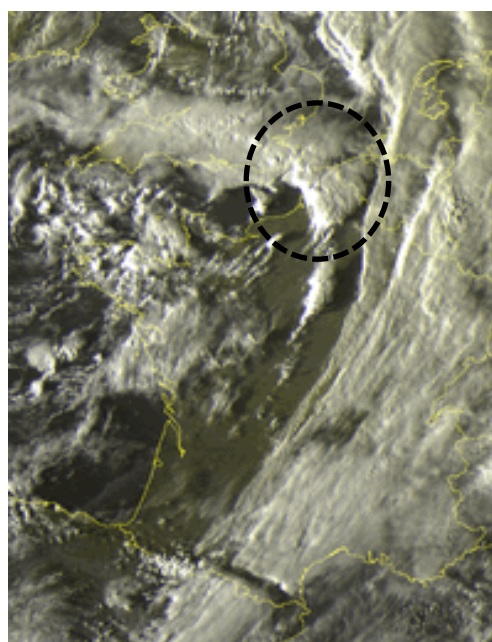
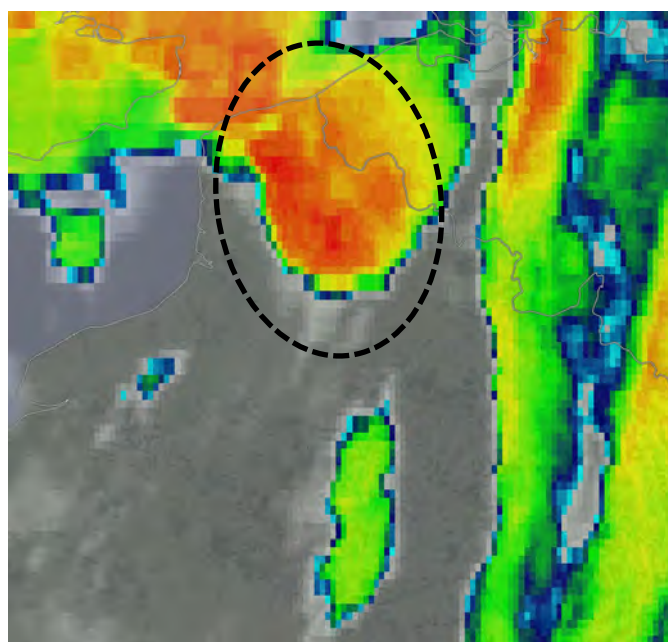


Image satellite infrarouge SSEC et canal visible sat24.com du 23.10.2022 à 16h00 TU.

LA TORNADE ATTEINT LE STADE EF3 À BIHUCOURT

Il est 16h15 TU (18h15 locales) et la supercellule s'apprête à franchir la frontière sud du Pas-de-Calais. Toujours très active et très électrique, elle est sur le point d'atteindre son pic d'intensité maximale. Le FFD, particulièrement virulent depuis la région d'Amiens, gagne encore en activité et présente des réflectivités sévères. Dans le même temps, le RFD se déploie de plus en plus largement et présente des dimensions imposantes, avec un bord d'attaque marqué visuellement par un vaste *arcus*.

Sur l'image radar ci-dessous (16h15 TU), la tornade n'est plus qu'à 5 kilomètres de Bihucourt et connaît une phase d'intensification rapide. Elle s'abattra sur le village 4 minutes plus tard avec une intensité EF3.

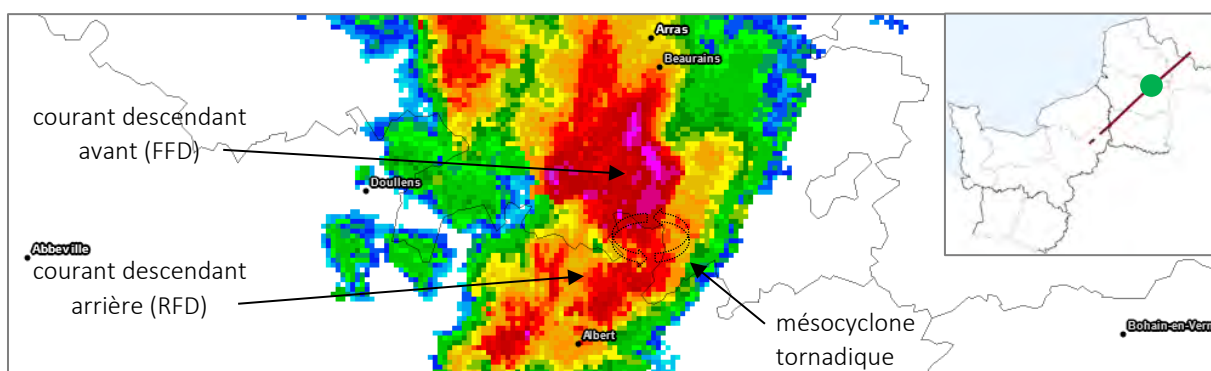


Image radar du 23.10.2022 à 16h15 TU. La tornade associée à la supercellule approche de Bihucourt (Pas-de-Calais).

Source Météo France via meteociel.fr

Cinq minutes plus tard, à 16h20 TU, la tornade a quitté Bihucourt depuis à peine plus d'une minute. Elle est toujours d'intensité EF3 et progresse vers le nord-est avec une vitesse de translation voisine de 75 km/h :

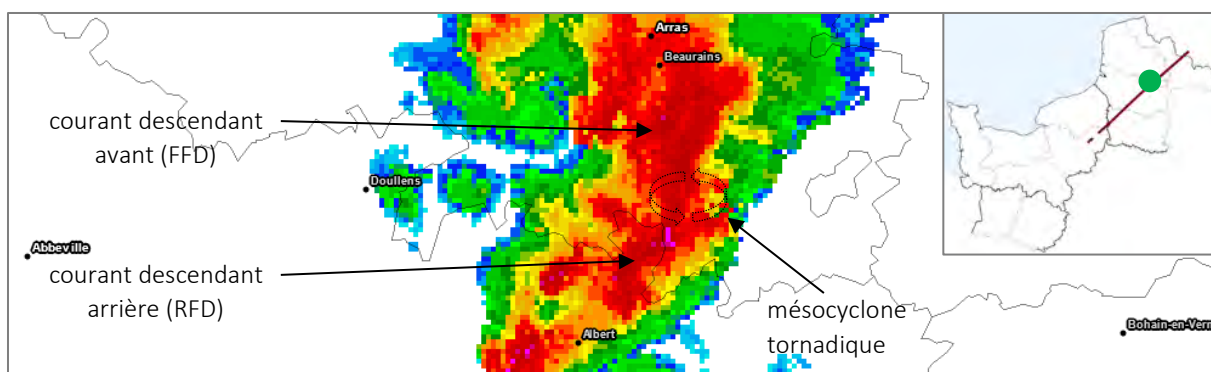


Image radar du 23.10.2022 à 16h20 TU. La tornade vient de frapper Bihucourt (Pas-de-Calais).

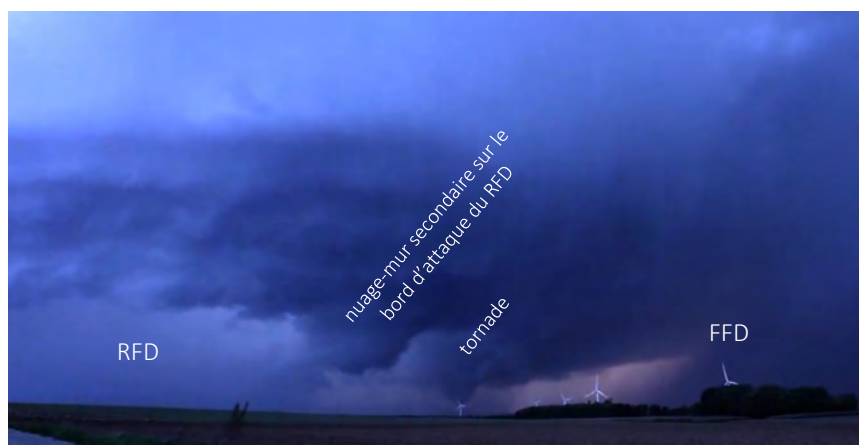
Source Météo France via meteociel.fr

Sur ces deux images, on identifie les caractéristiques d'une supercellule HP à pleine maturité, dotée de courants descendants avant et arrière bien développés, bien structurés et tous deux puissants.

On remarque également que le RFD progresse désormais plus franchement sur le flanc sud/sud-est du mésocyclone. Ceci conduit la tornade à être de plus en plus souvent environnée de rideaux de pluie et par conséquent à être de moins en moins visible pour les observateurs situés sur place. Et cette tendance va aller en s'accroissant.

VERS UN STADE ULTIME DE TORNADE « NOYÉE »

La supercellule balaie désormais le sud-est du Pas-de-Calais, et le RFD prend de plus en plus nettement en étau le mésocyclone. Il finit par former un coude, dont le bord d'attaque, soumis à des cisaillements intenses, développe temporairement un nuage-mur rotatif. Ce dernier ne donnera toutefois lieu à aucun phénomène particulier au niveau du sol.



Allure visuelle de la supercellule depuis son flanc est/sud-est, vers 16h30 TU. Capture vidéo @Allan_Lgne.

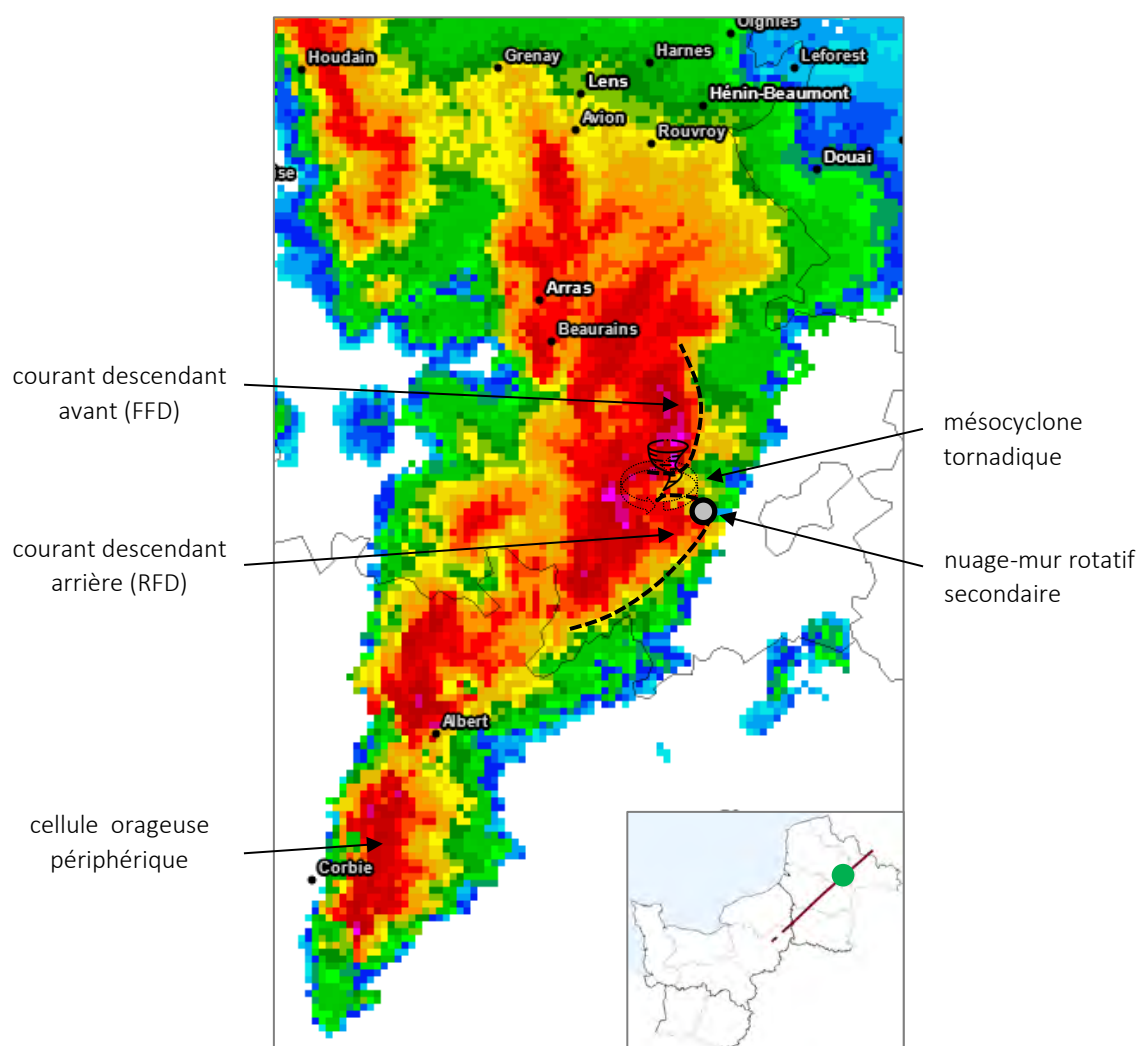


Image radar du 23.10.2022 à 16h25 TU. Source Météo France via meteociel.fr

Durant le quart d'heure qui suit, les précipitations gagnent encore du terrain et finissent par envelopper totalement le mésocyclone et la tornade associée. Cette dernière n'est alors presque plus visible depuis le sol (tornade « noyée », ou *rain-wrapped tornado*). Il s'agit d'une configuration particulièrement périlleuse pour les populations à proximité, dans la mesure où il est extrêmement difficile dans ce cas de repérer qu'une tornade arrive.

A 17h01 TU (19h01 locales), c'est cette configuration de tornade noyée qui est observée par les auteurs de la présente étude, dans la commune de Bousignies (Nord), au nord immédiat de la trajectoire de la tornade. Celle-ci passe à une distance d'à peine 1 kilomètre du point d'observation mais reste invisible car entièrement enveloppée par des courants descendants chargés de précipitations. Son passage est toutefois rendu identifiable par des power-flashes, une coupure de courant sur la commune, et une brusque rotation du vent au secteur NO, juste après une première série de rafales de SE à SSE.

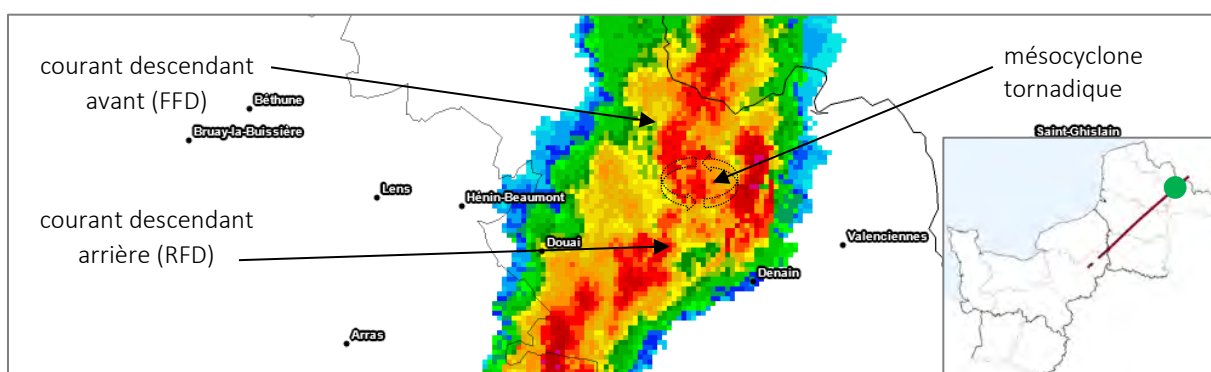
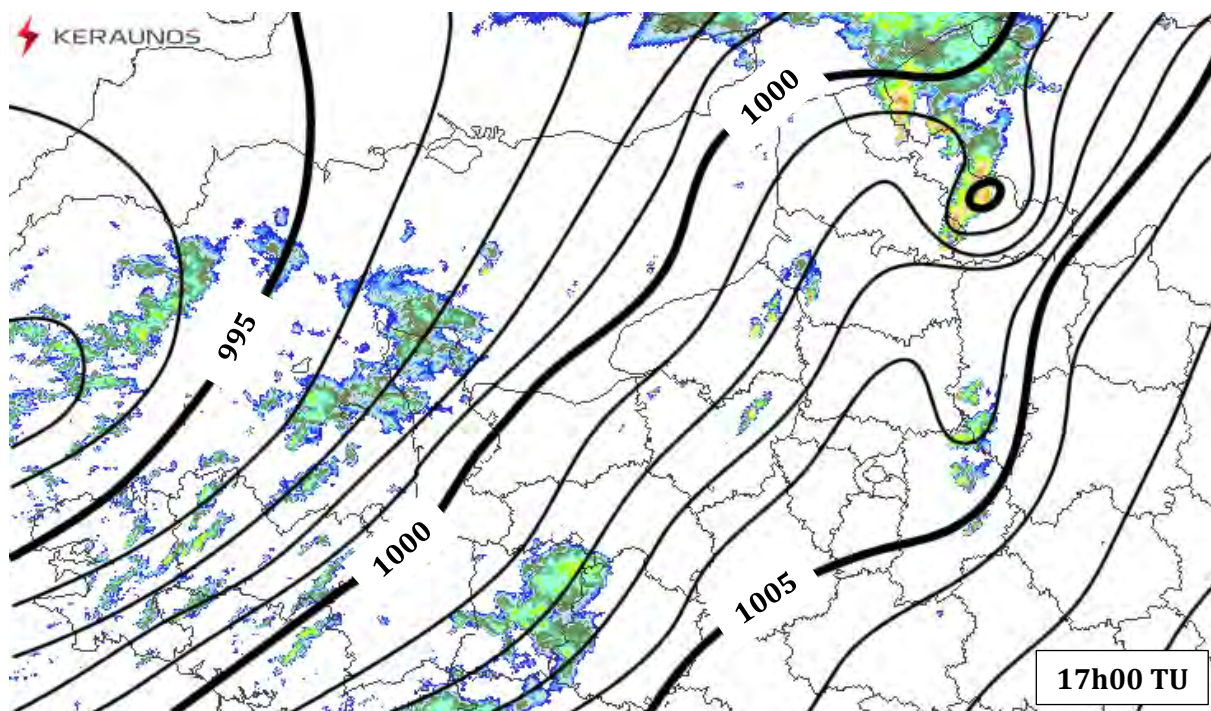


Image radar du 23.10.2022 à 17h00 TU. La tornade associée à la supercellule s'apprête à toucher Bousignies (Nord).
Source Météo France via meteociel.fr

L'analyse isobarique réalisée à la même heure (17h TU) montre la présence persistante du thalweg de surface, toujours bien en phase avec le système orageux qui l'accompagne. L'ensemble poursuit son transit vers le nord-est et s'apprête à entrer en Belgique.



Analyse de la Pmer à 17h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

LA TORNADE SE DISSIPE DANS LE HAINAUT BELGE

Le mésocyclone de la supercellule franchit la frontière belge à 17h14 TU. La tornade associée est toujours dans une configuration « noyée », avec des courants descendants périphériques propulsés à l'avant de la tornade.

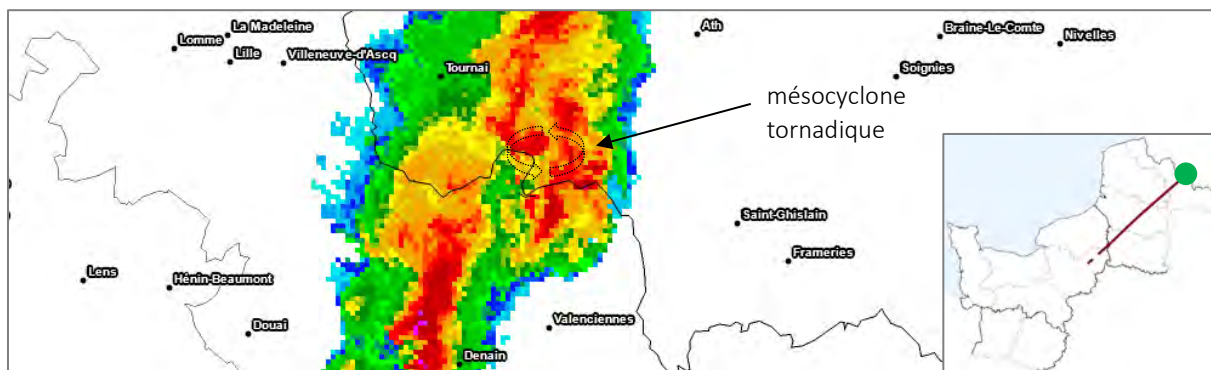


Image radar du 23.10.2022 à 17h15 TU. Source Météo France via meteociel.fr

Au cours des minutes qui suivent, on note un assèchement croissant sur le flanc OSO du mésocyclone, signe que les courants descendants s'accroissent et viennent injecter de l'air froid et plus sec à proximité immédiate de la circulation tornadique. La tornade vient alors de passer la petite ville de Willaupuis et s'apprête à se déstructurer. A partir de là, le système convectif, dorénavant dominé par les courants descendants, perd progressivement ses caractéristiques supercellulaires, même si la trace imprimée par le mésocyclone est encore perceptible, de manière décroissante, jusqu'aux environs de 18h TU.

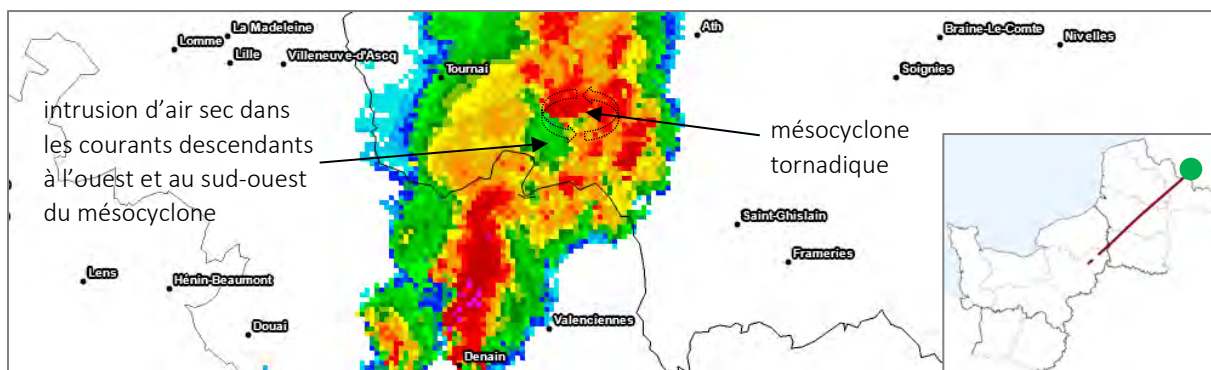


Image radar du 23.10.2022 à 17h20 TU. Source Météo France via meteociel.fr

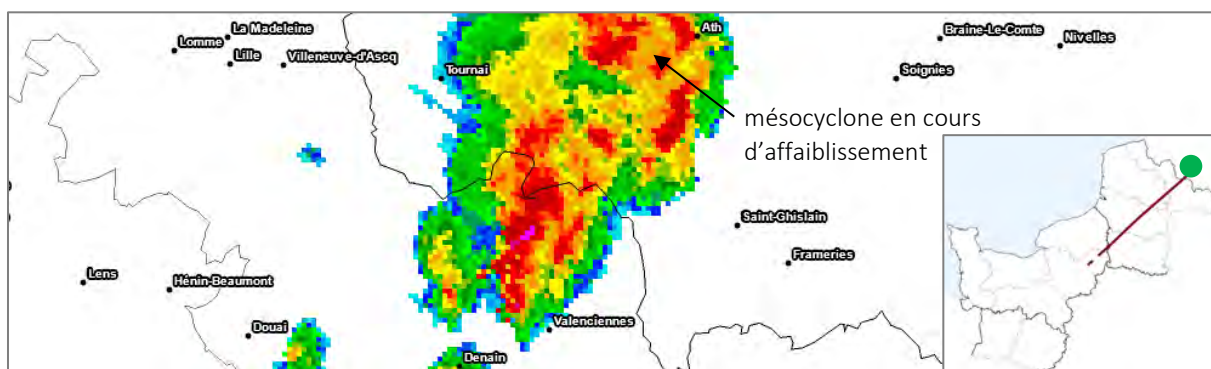
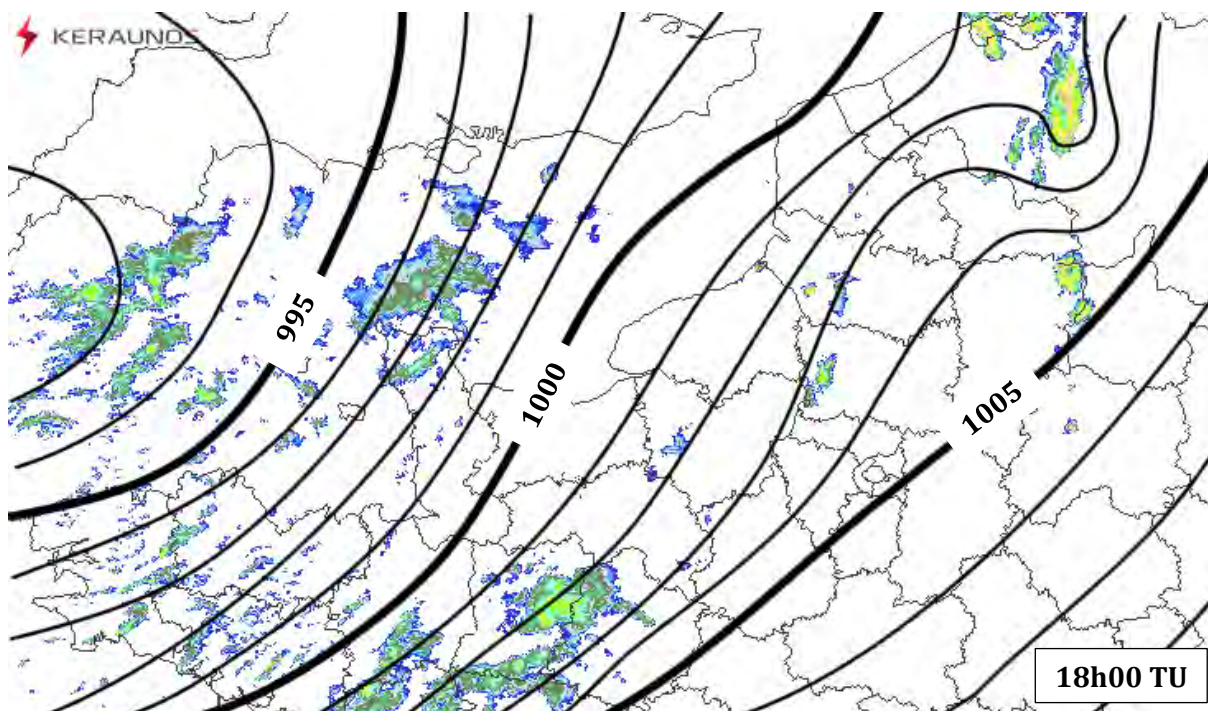


Image radar du 23.10.2022 à 17h25 TU. La structure perd en densité et la circulation rotative présente des signes de relâchement. Au sol, l'enquête de terrain ne met plus en évidence de dommages caractéristiques de tornade à partir de ce moment-là. La tornade a achevé un parcours de 206 kilomètres. Image radar Météo France via meteociel.fr

L'analyse isobarique de 18h TU montre un thalweg de surface en cours de relâchement sur la Belgique, et corrélativement une structure convective sur le déclin.

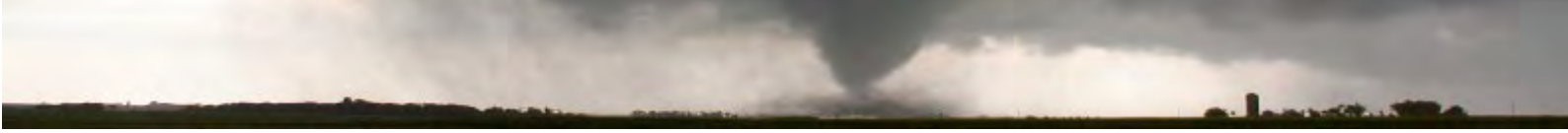


Analyse de la Pmer à 18h TU, à partir des observations réseau sol SYNOP et de la prévision très courte échéance HRRR 4 km Keraunos, superposées aux réflectivités radar Météo France.

La phase de dissipation progressive de la supercellule est dès lors amorcée. La nuit tombe désormais et les orages, malgré leur éloignement croissant sur le territoire belge, restent encore bien visibles depuis le Nord et le Pas-de-Calais, grâce aux violentes décharges de foudre qui continuent à parcourir le système nuageux. La structure orageuse ne lâchera réellement ses derniers éclairs que sur le sud des Pays-Bas, aux environs de 20h TU, après plus de 7 heures d'existence et près de 600 kilomètres parcourus. Elle laisse dans son sillage le couloir de dégâts tornadiques le plus long jamais documenté à ce jour sur le territoire français.



Supercellule dans le Hainaut belge, à 17h30 TU, vue depuis la commune d'Oignies (Pas-de-Calais). © K. Bouaziz



3 – PRÉVISION DE L'ÉPISODE

LES TORNADES : UN PHÉNOMÈNE VRAIMENT IMPRÉVISIBLE ?

La question du caractère prévisible ou non des tornades est fréquemment posée dans les médias à la suite d'événements comme ceux du 23 octobre 2022, et l'on entend souvent répondre que les tornades sont imprévisibles. Il s'agit sans doute d'une réponse un peu trop lapidaire, car les tornades sont certes difficiles à prévoir, mais elles ne se produisent ni au hasard ni sans raison.

Tout dépend en réalité de ce que l'on attend réellement de la prévision des tornades : s'il s'agit de dire avec certitude sur quelle commune et à quelle heure va s'abattre une tornade demain, alors en effet il est impossible à ce jour de réaliser ce type de prévision ; les tornades restent un phénomène trop bref, trop localisé et trop aléatoire pour autoriser de telles prédictions. En revanche, dire si aujourd'hui, demain ou les jours suivants la situation peut être propice aux tornades sur tel ou tel département français, et dans quelle tranche horaire ce risque peut se manifester, cela est désormais de l'ordre du possible en France – et c'est précisément l'objet des travaux menés par Keraunos depuis plus de quinze ans désormais.

Depuis 2006 en effet, les travaux de recherche réalisés, la puissance sans cesse croissante des modèles de prévision et l'amélioration continue de leur paramétrage permettent de progresser chaque année dans le domaine de la prévision des tornades. Depuis 2009, une carte dédiée à la prévision des tornades pour les 24 heures à venir est publiée quotidiennement sur le site web de Keraunos, avec une performance croissante (cas manqués moins nombreux malgré des zonages de risque plus ciblés). Naturellement, des tornades échappent encore à toute prévision, et il sera encore pour bien longtemps impossible de dire avec précision et certitude quelle commune peut être frappée par une tornade dans un délai supérieur à quelques dizaines de minutes. Néanmoins, la grande majorité des risques de tornades sont désormais bien identifiés avec plusieurs heures d'avance, étant entendu que la précision ne peut excéder généralement l'échelle d'un département.

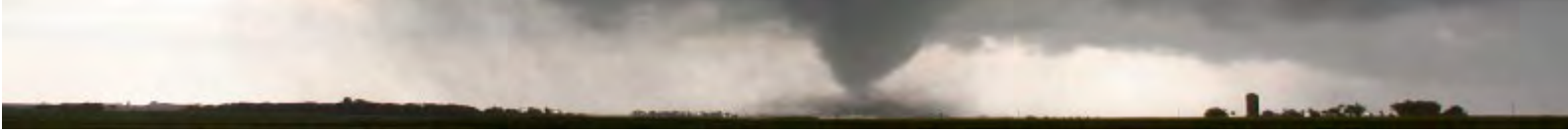
Pour produire une prévision plus fine, à l'échelle de quelques communes et pour une tranche horaire très précise, il faut généralement attendre qu'une tornade soit déjà formée, ou soit sur le point de l'être. Et il faut que la rotation nuageuse dont va s'extraire cette tornade puisse être détectée à distance par un radar spécifique, capable d'identifier la vitesse et la direction des vents de manière précise, en l'occurrence un radar Doppler. Avec cette méthode, il est possible d'anticiper le passage d'une tornade sur un lieu donné avec une avance de dix à quinze minutes généralement. Une tornade peut donc être prévue de manière précise, mais avec des délais tellement courts que les moyens d'alerte de la population en un temps si bref ne sont pas disponibles, ou alors peu répandus ; sauf dans certains pays rodés à cet exercice, comme aux Etats-Unis notamment.

ANTICIPATION DE LA SITUATION AU COURS DES JOURS PRÉCÉDENTS

Comment cet épisode orageux a-t-il été appréhendé au sein de Keraunos ?

Même s'il était impossible de prévoir que le record français de distance parcourue par une tornade serait battu ce jour-là, la situation météorologique potentiellement sévère du dimanche 23 octobre n'est pas survenue par surprise.

Depuis déjà une semaine, le panel modèles à moyen terme permettait d'envisager des conditions orageuses pour la journée du dimanche 23 octobre sur plusieurs régions françaises. Les



premières tendances à J+5 et J+6, produites au sein de Keraunos les lundi 17 et mardi 18 octobre, ciblent pour le dimanche suivant un risque orageux surtout présent entre Cévennes et nord-est du pays, avec également un risque d'averses orageuses le long de la Manche en cours d'après-midi. Le scénario d'une remontée jusqu'au Nord – Pas de Calais d'une masse d'air tropicale en flux de sud-ouest est déjà identifié le lundi 17 par le modèle européen de prévision à moyen terme, suivi en ce sens par le modèle américain GFS à partir du mardi 18.

Au cours des deux jours suivants, les différents runs du modèle de prévision d'ensemble de Keraunos en résolution 8 km commencent à couvrir la journée du 23 octobre. Les vingt configurations de modèle qui tournent en parallèle au sein de cet ensemble confirment de manière majoritaire les deux zones à potentiel orageux, qui restent principalement un axe Massif Central / Alsace soumis à un risque de fortes pluies à composante convective, et un axe Bretagne / Normandie / Hauts-de-France où sont attendues des averses orageuses en cours d'après-midi, avec un potentiel venteux qui commence à être surveillé.

Le vendredi 21 octobre, soit à j-2, les modèles haute résolution utilisés en interne commencent à couvrir à leur tour la journée du 23 octobre et confirment les deux axes à risque orageux. La dynamique attendue prend une tournure plus virulente, avec une probable sortie de jet sur le nord du pays associée à un jet de basses couches sur les mêmes régions, dans un contexte de masse d'air qui continue à être attendue instable près de la Manche.

Le lendemain, samedi 22 octobre, les signaux avant-coureurs d'une situation très dynamique et potentiellement active dimanche sur le nord-ouest du pays se confirment dans le panel haute résolution, avec en particulier un risque de tornade significatif. Une incertitude est toutefois présente sur la localisation du risque le plus marqué : certains scénarios plaident en faveur d'une activité surtout littorale, qui concernerait donc principalement les départements côtiers qui bordent la Manche ; d'autres scénarios s'orientent vers une activité orageuse qui gagnerait davantage l'intérieur des terres pour pénétrer plus franchement en Picardie et jusqu'à la frontière belge. La situation est placée sous surveillance et un modèle à très haute résolution est activé sur le nord-ouest du pays afin de disposer de données de prévision complémentaires.

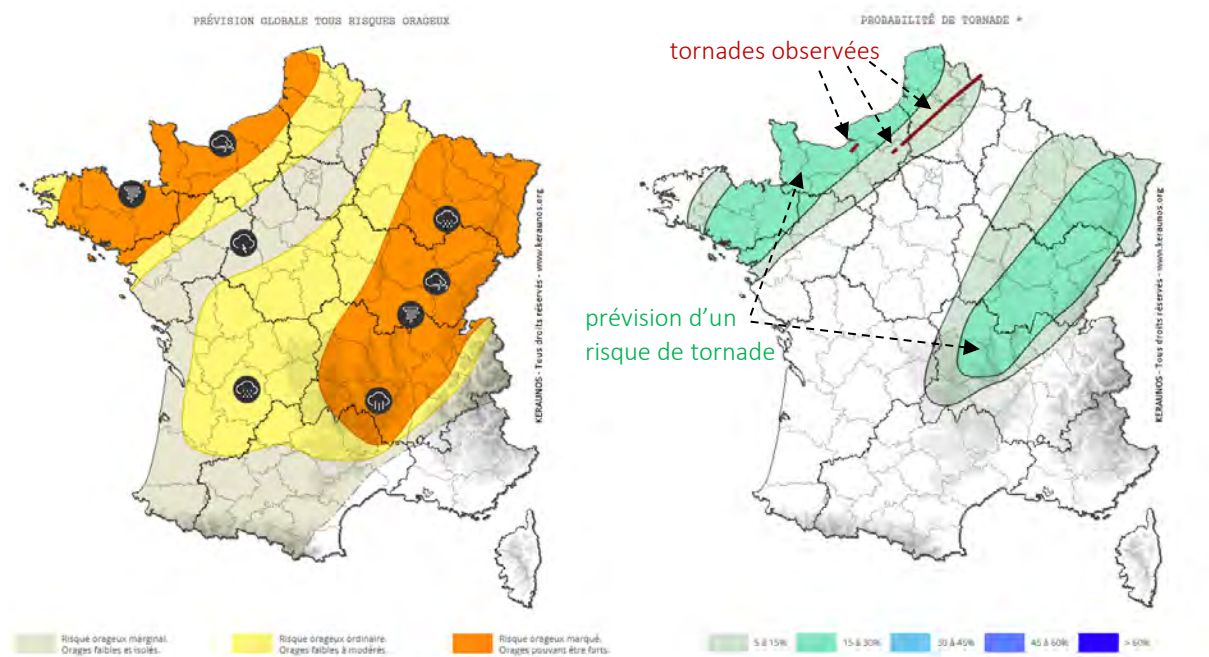
Dans le même temps, une seconde zone soumise à de forts cisaillements et à une instabilité marquée est également surveillée du Massif Central jusqu'au nord-est du pays.

LA PRÉVISION JOUR J

Le dimanche 23 octobre à 06h TU, après analyse des runs de la nuit, un risque d'orage fort est émis de la Bretagne au Nord – Pas de Calais dans le bulletin de prévision convective pour le jour J, avec la mention suivante : « *Les cisaillements seront également importants, surtout en profondeur, souvent supérieurs à 25 m/s. Ils le seront aussi en très basse couche et, avec des niveaux de condensation bien abaissés, un risque de tornades est à noter, aussi bien près de la Manche que sur l'axe Massif-Central/nord-est. Le STP devrait parfois dépasser 1, notamment en Normandie et en Bourgogne* », accompagnée de cette précision pour le nord-ouest du pays : « *Le risque venteux sera prédominant sous ces orages avec des rafales qui pourront dépasser 100 km/h isolément. On notera également un risque modéré de tornades, notamment sur la Normandie voire jusqu'aux Hauts-de-France.* »

Pour le nord-ouest de la France, c'est en définitive un scénario intermédiaire qui est retenu, à savoir une activité orageuse forte qui s'enfoncerait modérément dans les terres avec un risque associé de tornade. Dans la réalité, une activité orageuse intense a bien concerné l'essentiel des départements ciblés par un risque d'orage fort, mais elle s'est également propagée un peu plus que prévu dans

l'intérieur des terres, concernant ainsi des zones où la probabilité de tornade et d'orages intenses, sans être nulle, était néanmoins prévue moins forte que sur les départements plus littoraux.

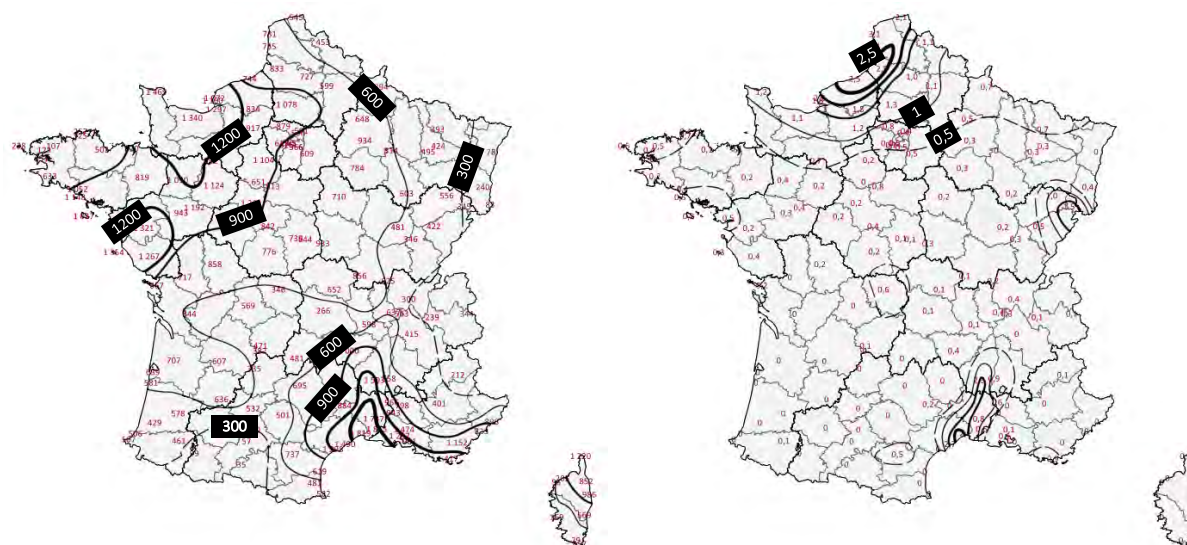


Prévision du 23.10.2022 06h TU valable pour la journée du 23.10.2022.

Prévision du risque orageux global à gauche, et du risque de tornade à droite, avec tracé des trois tornades observées.

SUIVI DE LA SITUATION EN TEMPS RÉEL

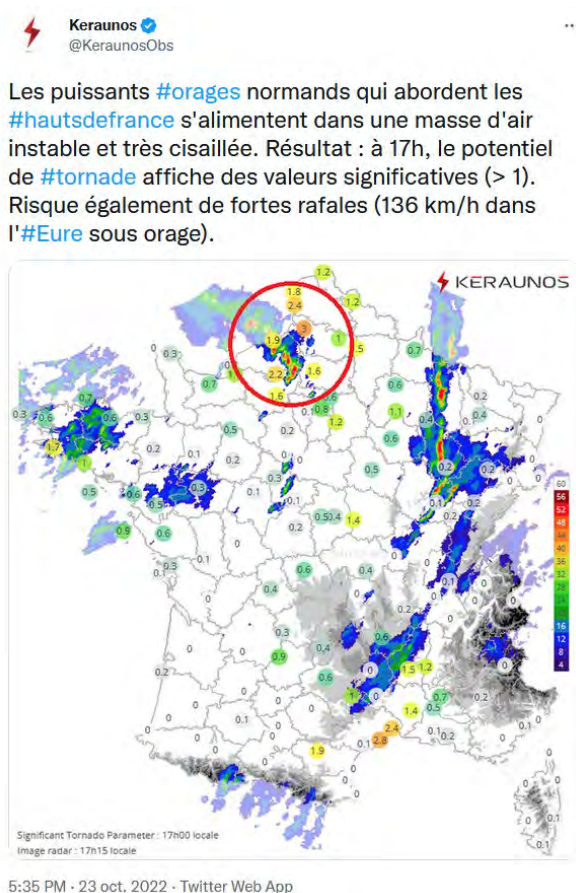
En cours de journée, le suivi de la situation en temps réel confirme la forte instabilisation sur le nord-ouest du pays. Les données de l'outil de profilage de Keraunos, disponibles chaque heure, affichent des valeurs de SBCAPE supérieures à 1200 J/kg à 12h TU (ci-dessous à gauche), soit une situation conforme à la prévision. Deux heures plus tard, à 14h TU, le STP (Significant Tornado Parameter) devient significatif à son tour et oscille entre 1 et 2,5 entre Normandie et Nord – Pas de Calais, soit là aussi des valeurs cohérentes avec la prévision (ci-dessous à droite). Le risque se confirme.



Sorties brutes de l'outil de profilage temps réel développé par Keraunos. A gauche, SBCAPE le 23.10.2022 à 12h TU (isolignes par intervalles de 300 J/kg). A droite, STP le 23.10.2022 à 14h TU (isolignes par intervalles de 0,5).

A l'inverse, le potentiel orageux attendu entre Massif Central et Alsace reste en réalité modeste, avec une instabilité nettement moins forte que prévu (rarement plus de 600 J/kg de SBCAPE sur cet axe à 12h TU) et un STP très faible. L'abondance de la nébulosité et la circulation hâtive de corps pluvio-instables limitent en effet l'instabilisation des profils verticaux sur ces régions. Conséquemment, le potentiel tornadique indiqué dans la prévision ne se vérifie pas sur cet axe, faute d'orages suffisamment actifs.

En revanche, sur le nord-ouest du pays, le potentiel de tornade s'accroît encore lors de l'actualisation de 15h TU. Le STP affiche désormais une valeur de 3 en Picardie. Compte tenu de ce fort potentiel tornadique confirmé, et de l'intense activité orageuse déjà en cours sur la Normandie, la menace devient sérieuse et un message d'avertissement pour risque imminent de tornade et de fortes rafales de vent entre Normandie et Nord – Pas de Calais est émis à 15h35 TU sur les réseaux sociaux, notamment via ce tweet :



Le village de Bihucourt sera frappé et dévasté 44 minutes plus tard.



4 – SYNTHÈSE DE L'ÉPISODE

En somme, si cet épisode orageux n'a concerné qu'une portion relativement limitée du pays et que des épisodes d'une ampleur nettement supérieure ont déjà été observés en France, il a présenté néanmoins certaines caractéristiques remarquables, essentiellement liées à la longévité et à la sévérité de la principale supercellule qui s'est développée à cette occasion.

- ▶ heure de formation de la cellule convective à l'origine des deux tornades : 12h40 TU (Sarthe)
- ▶ heure de début du stade supercellulaire : 13h15 TU (Sarthe)
- ▶ heure de fin du stade supercellulaire : environ 18h00 TU (Belgique)
- ▶ heure de dissipation de la cellule convective: environ 20h00 TU (Pays-Bas)

- ▶ durée de vie de la supercellule: 4h45
- ▶ durée de vie totale de la cellule : 7h20

1 – Fiche d'identité de la tornade de Muids

- ▶ intensité maximale : EF1
- ▶ heure de début : 14h31 TU
- ▶ heure de fin : 14h40 TU
- ▶ distance parcourue : 12,8 km
- ▶ vitesse de translation : 85 km/h
- ▶ durée de vie : 9 minutes
- ▶ largeur moyenne : 100 mètres
- ▶ largeur maximale : 150 mètres
- ▶ superficie : 1,3 km²
- ▶ altitude moyenne : 70 m (de 8 m à 143 m)
- ▶ communes traversées : Heudebouville, Muids, Daubeuf-près-Vatteville, la Roquette, le Thuit, les Andelys, Cuverville (Eure)

2 - Tornade de la tornade de Bihucourt (Pas-de-Calais)

- ▶ intensité maximale de la tornade : EF3
- ▶ heure de début : 14h48 TU
- ▶ heure de fin : 17h20 TU
- ▶ distance parcourue : 206 km
- ▶ vitesse de translation : 80 km/h en moyenne
- ▶ durée de vie : 2h32 minutes
- ▶ largeur moyenne : 400 mètres
- ▶ largeur maximale : 1 000 mètres
- ▶ superficie : 82,4 km²
- ▶ altitude moyenne : 100 m (de 16 m à 217 m)
- ▶ communes traversées : 104 (102 en France et 2 en Belgique) dont :

- **Eure (6)**

Puchay, la Neuve-Grange, Morgny, Lilly, Bosquentin, Bézu-la-Forêt



- **Seine-Maritime (6)**

Bézancourt, Montroty, Bosc-Hyons, Ernemont-la-Villette, Gournay-en-Bray, Ferrières-en-Bray

- **Oise (17)**

Hannaches, Hécourt, Buicourt, Gerberoy, Songeons, Morvillers, Thérines, Roy-Boissy, Fontaine-Lavaganne, Saint-Maur, Gaudechart, Grez, le Hamel, Cempuis, Sommereux, le Mesnil-Conteville, Beaudéduit

- **Somme (32)**

Thoix, Belleuse, Conty, Ô-de-Selle (Tilloy-lès-Conty, Lœuilly), Nampty, Saint-Sauflieu, Plachy-Buyon, Hébécourt, Rumigny, Saint-Fuscien, Cagny, Amiens, Longueau, Camon, Querrieu, Fréchencourt, Béhencourt, Bavelincourt, Contay, Baizieux, Warloy-Baillon, Senlis-le-Sec, Bouzincourt, Englebelmer, Mesnil-Martinsart, Beaumont-Hamel, Thiepval, Beaucourt-sur-l'Ancre, Grandcourt, Miraumont, Pys, Irlès

- **Pas-de-Calais (18)**

Gréwillers, Achiet-le-Petit, Bihucourt, Béhagnies, Ervillers, Mory, Saint-Léger, Croisilles, Ecoût-Saint-Mein, Bullecourt, Hendecourt-lès-Cagnicourt, Cagnicourt, Dury, Villers-lès-Cagnicourt, Saudemont, Récourt, Écourt-Saint-Quentin, Palluel

- **Nord (23)**

Arleux, Cantin, Erchin, Lewarde, Masny, Écaillon, Bruille-lez-Marchiennes, Pecquencourt, Somain, Rieulay, Fenain, Wandignies-Hamage, Warlaing, Tilloy-lez-Marchiennes, Brillon, Bousignies, Millonfosse, Rosult, Saint-Amand-les-Eaux, Lecelles, Thun-Saint-Amand, Mortagne-du-Nord, Flines-lès-Mortagne

- **Belgique (2)**

Péruwelz (Callenelle, Brasmenil, Wasmes-Audeméz-Briffœil, Braffe), Leuze-en-Hainaut (Willaupuis, Vieux-Leuze)

► routes et voies ferrées traversées :

7 autoroutes (A16, A29, A1, A26, A21, A23, E42)

11 voies ferrées dont 2 LGV



UTILISATION DU DOCUMENT – DROITS

Pour tout usage ou citation de la présente étude dans des publications sur Internet ou imprimées, gratuites ou payantes, merci d'indiquer en source :

Les tornades du 23 octobre 2022 dans le nord de la France. P. Mahieu, E. Wesolek, 2022.

Pour contacter les auteurs : contact@keraunos.org

HISTORIQUE DU DOCUMENT

12/11/2022 : publication du rapport

13/11/2022 : ajout de deux paragraphes dans la partie « suivi en temps réel », pages 146 et 147



© KERAUNOS – *Tous droits réservés. Reproduction interdite, même partiellement.*
Novembre 2022

