



## **Les tornades en France : étude spatio-temporelle d'un phénomène sous-estimé**

Matthieu Lacroix, Saïda Kermadi, Agnès Tamburini, Benoît Thomé

### **► To cite this version:**

Matthieu Lacroix, Saïda Kermadi, Agnès Tamburini, Benoît Thomé. Les tornades en France : étude spatio-temporelle d'un phénomène sous-estimé. 35ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie., Association Internationale de Climatologie; Météo-France, Jul 2022, Toulouse, France. pp.13-20. <hal-03893276>

**HAL Id: hal-03893276**

**<https://hal.science/hal-03893276v1>**

Submitted on 10 Dec 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

# LES TORNADES EN FRANCE : ÉTUDE SPATIO-TEMPORELLE D'UN PHÉNOMÈNE SOUS-ESTIMÉ

Matthieu LACROIX <sup>1</sup>, Saïda KERMADI <sup>1</sup>, Agnès TAMBURINI <sup>2</sup>, Benoît THOMÉ <sup>2</sup>

(1) Université de Lyon, 5 Avenue Pierre Mendès, 69500 Bron, France. [matthieu.lacroix@univ-lyon2.fr](mailto:matthieu.lacroix@univ-lyon2.fr)

(2) Direction Inter-Régionale Centre-Est, Météo-France, 18 Avenue Louis Mouillard, 69500 Bron, France

**Résumé :** Chaque année, la France connaît environ 22 tornades d'intensité faible à modérée. Leur distribution spatio-temporelle, ainsi que les raisons pour lesquelles elles sévissent dans certaines zones plus que d'autres, reste une interrogation majeure dans la compréhension de ces phénomènes. Le but principal de cette étude est d'améliorer nos connaissances climatiques des tornades en France, non seulement dans leur répartition spatio-temporelle, mais également dans leur évolution sur le court, moyen et long terme en relation avec le changement climatique. Si l'étude temporelle, notamment mensuelle, a permis de mettre en valeur une concentration de tornades durant la saison chaude, leur répartition spatiale reste tributaire de certains facteurs géographiques ; c'est ce que nous montrerons dans cette étude.

**Mots-Clés :** Tornades, répartition spatio-temporelle, France, SIG.

**Abstract:** Each year, France experiences about 22 tornadoes of low to moderate intensity. Their spatio-temporal distribution, as well as the reasons why they occur in certain areas more than others, remains a major question in the understanding of these phenomena. The main aim of this study is to improve our climatic knowledge of tornadoes in France, not only in their spatio-temporal distribution, but also in their short, medium and long-term evolution in relation to climate change. If the temporal study, particularly monthly, has made it possible to highlight a concentration of tornadoes during the warm season, their spatial distribution remains dependent on certain geographical factors; this is what we will show in this study.

**Keywords:** Tornado, spatio-temporal distribution, France, GIS.

## Introduction

Les tornades sont des événements météorologiques extrêmes, qui ont lieu à toute période de l'année, sur divers continents. Bien que les États-Unis soit le lieu de toutes les attentions pour les recherches sur ces phénomènes, l'Europe, pionnière historiquement dans ces recherches, se retrouve délaissée. La France est un pays fascinant : avec un relief diversifié et plusieurs zones climatiques, elle se prête bien à une étude de ces phénomènes. Néanmoins, les tornades restent des phénomènes sous-estimés aussi bien en France qu'en Europe ; aucun système d'alerte ou de prévention n'est disponible. Pour comprendre l'évolution spatio-temporelle de ces phénomènes dans un futur proche, il est donc primordial de faire un état actuel des tornades en France. Cette étude permettra d'une part de caractériser l'aléa tornadique en France, et d'autre part de poser les bases pour une étude potentielle en lien avec le changement climatique.

D'un point de vue historique, les tornades en France ont été étudiées à plusieurs reprises : Jean-Charles Peltier en 1840, Alfred Wegener en 1917, et plus récemment Jean Dessens et John Snow en 1989. Les recherches de ces deux derniers climatologues ont permis de distinguer les régions de France les plus touchées par ces phénomènes. On y trouve notamment l'ouest de la France (Poitou-Charentes), la région Parisienne mais également les Hauts-de-France.

Afin de mettre à jour cette climatologie des tornades, qui comportait 107 observations, nous avons eu recours à l'utilisation d'un Système d'Information Géographique et de plusieurs bases de données : la BDEM de Météo-France, celle de l'ESSL (European Severe Storm Laboratory) et celle de Keraunos (bureau d'étude spécialisé dans les phénomènes météorologiques violents).

## **1. Méthodologie et mise en place d'une base de données sous SIG**

Pour étudier la répartition spatio-temporelle des tornades en France, il convient d'analyser ces phénomènes dans un Système d'Information Géographique. Nous avons rassemblé une base de données, la plus complète possible, sur une longue période. C'est donc la période 1811 à 2020 qui a été retenue. Cette période permet de comptabiliser un certain nombre de tornades, même s'il est compliqué d'avoir un aperçu convenable de ces phénomènes dans le temps. En effet, les tornades sont des phénomènes difficiles à observer. Ils sont généralement petits, ne dure pas longtemps (quelques minutes généralement) et leur caractérisation en tant que tornade est soumise à une enquête. Cette enquête permet de conclure si les vents sont tourbillonnaires ou non, permettant de différencier les tornades d'autres phénomènes venteux.

Pour mener à bien la constitution d'une base de données complète, trois sources sont utilisées : la base de données des événements marquants (BDEM) de Météo-France, la base de données à l'échelle européenne du European Severe Weather Database (ESWD, du ESSL), et enfin la base de données de Keraunos.

Pour commencer, il a fallu implémenter les données de la base des événements marquants (BDEM) de Météo-France dans un SIG. Cette base de données interne rassemble plus de 18 000 événements météorologiques notables, tels que les pluies intenses, les canicules ou encore, ce qui nous intéresse, les tornades et autres épisodes venteux en tout genre. Sur les 668 potentiels événements listés suite à la requête « tornade », un tri et une vérification ont été effectués, permettant de valider 426 signalements de la base. Ces vérifications ont été faites grâce à la BD complète sur la France de Keraunos et aux ressources fournies par la BDEM à chaque événement (coupures de journaux, rapports météorologiques, enquêtes de terrain). D'autre part, pour compléter ces événements, une demande a été faite auprès du European Severe Storm Laboratory (ESSL) pour récupérer les données de leur base. Cet organisme, fondé en 2006 et référent dans ce domaine, rassemble une base de données à l'échelle Européenne sur les tornades, la grêle ou encore les coups de vent.

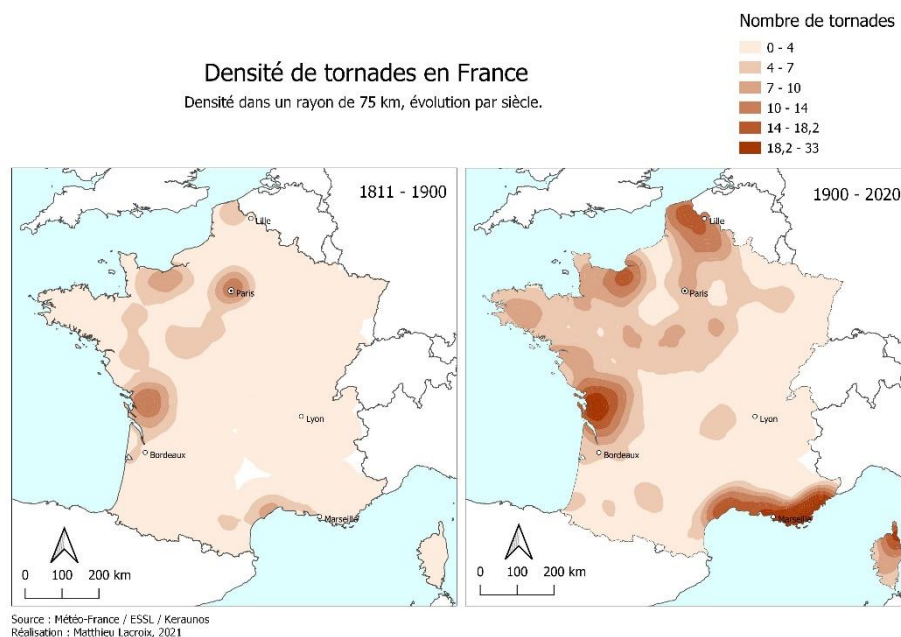
À la suite de cette demande, 482 phénomènes ont été partagés en format géographique à l'échelle de la France, ce qui a permis, après suppression des doublons, un ajout de 304 nouvelles observations. La base de données finale est portée donc à 730 événements. Leur représentation est ponctuelle, la précision de leur position allant de quelques dizaines de mètres à une centaine de mètres pour les plus incertaines. Le point donné représente le lieu de formation de la tornade, qui est le point de contact entre le sol et le tuba en rotation. Dans cette base de données, la quasi-totalité des tornades est caractérisée par une date, une heure de formation, une trajectoire et une largeur. Les trajectoires ont été obtenues d'après les rapports d'enquêtes de Keraunos et Météo-France, et numérisées sur un fond de carte Open Street Map. Quant à l'échelle d'intensité (Fujita ou Fujita améliorée), elle est renseignée lorsque celle-ci est disponible.).

L'analyse spatiale est faite sous le logiciel libre Qgis 3. Ce logiciel regroupe tous les outils nécessaires à de telles analyses. L'outil carte de chaleur a notamment été utilisé.

## **2. Résultat et analyse des tornades en France**

### **2.1. Répartition spatiale des tornades en France**

Afin de faire ressortir les zones à fortes densités, nous avons utilisé la technique dite des « points chauds » qui consiste à analyser des entités spatiales par rapport à leurs voisins en fonction d'une distance, ici un rayon de 75 km. Cette distance permet d'avoir un compromis entre lissages des données (le lissage est une simplification des données lorsque le rayon choisi est trop grand) et des données trop précises si un rayon trop petit est pris. Ce rayon de 75 km permet d'avoir des résultats précis sans toutefois être trop simplifiés. Il permet notamment de faire apparaître de petits clusters qui sont effacés si le rayon est important. La figure 1 ci-dessous présente les densités de tornades pour la période 1811-1900 et celle de 1900 à 2020.



**Figure 1.** Densité de tornades en France. Densité pour un rayon de 75 km, évolution par siècle.

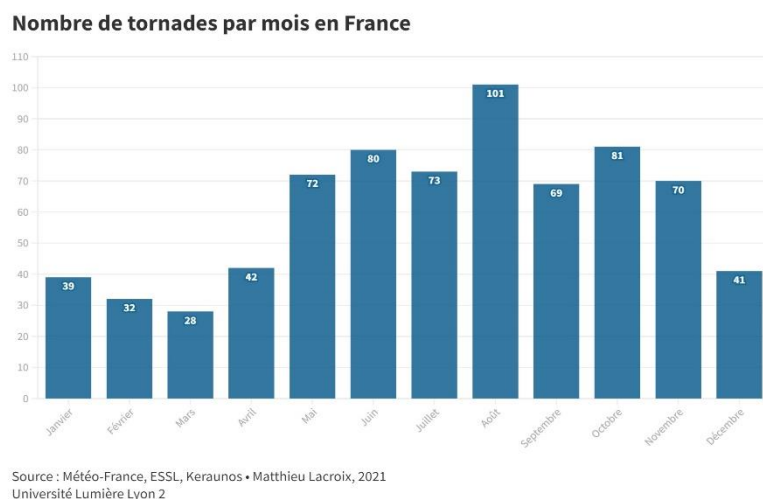
Comme nous pouvons le voir sur ces deux cartes, certaines zones se dégagent bien par rapport aux autres. Pour la période entre 1800 et 1900, comportant 49 observations, quatre zones se détachent avec une densité supérieure à 10 tornades pour ladite période. Dans ces zones se retrouvent Paris et la région Île-de-France, la Basse-Normandie, la zone occidentale du Poitou-Charentes et la zone méridionale, notamment le département de l'Hérault. Pour la période suivante, de 681 observations, ces zones sont accentuées : les Haut-de-France, la région Poitou-Charentes ou encore le bord de la méditerranée connaissent des densités supérieures à 18 tornades, allant jusqu'à 33 tornades par endroits.

La comparaison des deux cartes permet de mettre en évidence plusieurs constats. Le premier étant que quatre zones distinctes se détachent clairement quelques soit les époques : il s'agit du nord de la France, dites région des Hauts-de-France, la basse Normandie, la région du Poitou-Charentes, et enfin le littoral autour de la méditerranée. L'autre fait intéressant est la concentration autour de la région parisienne, notamment, entre 1811 et 1900.

Ces répartitions sont influencées par des facteurs spatiaux telles la topographie, l'occupation des sols, les variations mensuelles ou saisonnières. Ces facteurs spatio-temporels seront analysés dans le point ci-dessous.

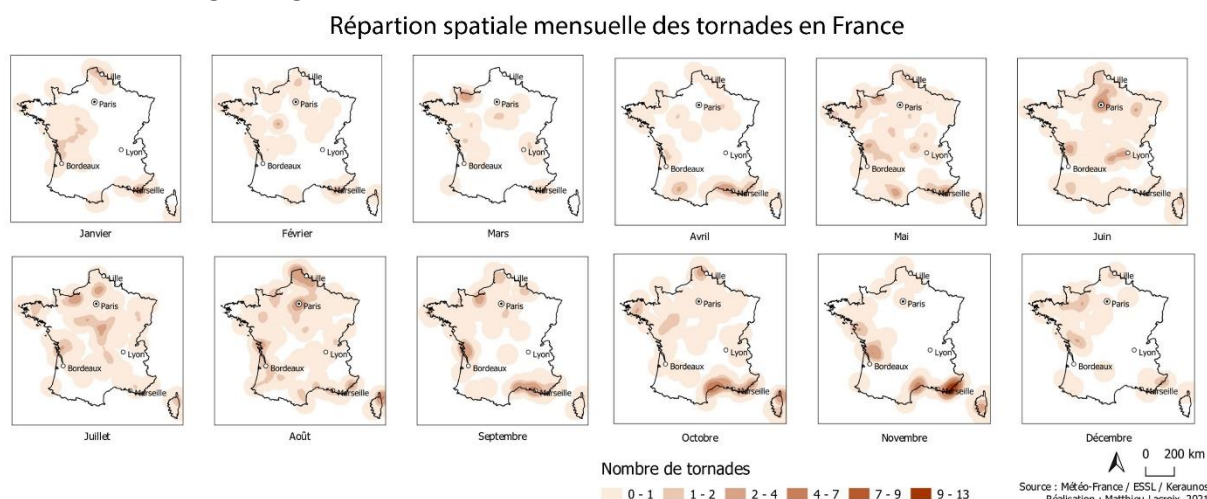
## 2.2. Analyse des variations mensuelles et saisonnières des tornades

Il convient donc, maintenant que les zones à fortes densités sont définies, d'en savoir plus sur celles-ci. Ainsi, dans un premier temps, il est important de connaître la répartition mensuelle des tornades. La figure 2 de la répartition mensuelle des tornades en France montre une répartition inégale. Les tornades sont plus présentes durant les mois les plus chauds de l'année (juin-juillet-août) que durant la période froide (décembre, janvier, février). Un maximum de 101 observations est relevé pour le mois d'août, suivi du mois d'octobre, avec 81 observations. À l'inverse, les mois les plus froids connaissent peu de tornades : c'est le cas des mois de janvier, février et mars avec respectivement 39, 32 et 28 évènements. D'une manière générale, les périodes chaudes, propices aux développements d'orages en France, sont favorables à la formation de tornades.



**Figure 2.** Nombre de tornades par mois en France.

Si la répartition mensuelle permet de comprendre leur temporalité, la figure 3 permet d'observer les changements spatiaux au fil des mois. Ces changements spatiaux correspondent aux variations de zones climatiques définies par Joly et al. en 2010, et notamment aux variations de climat propice à la formation des orages en général.



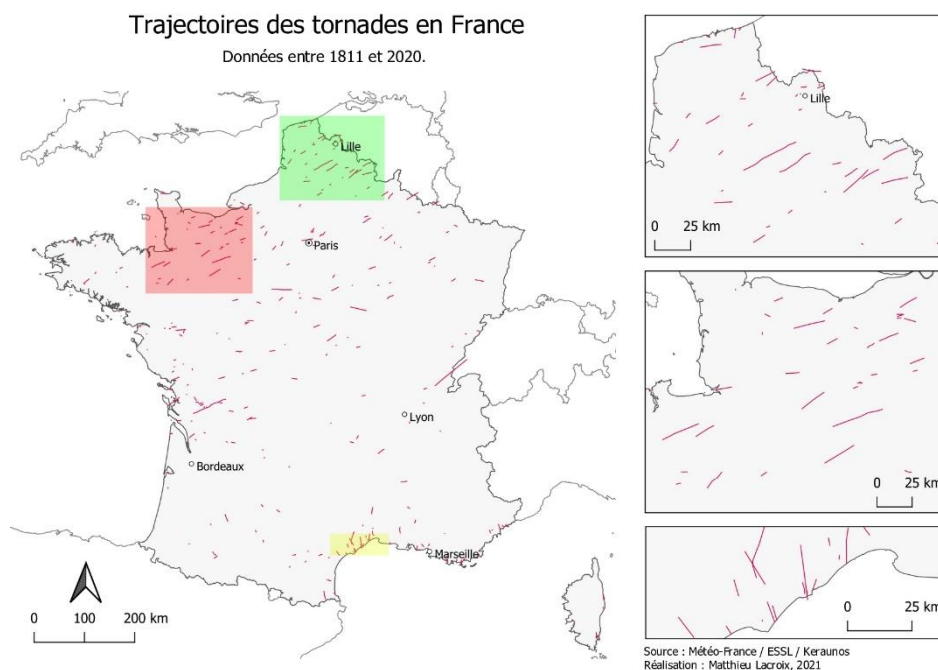
**Figure 3.** Répartition spatiale mensuelle des tornades en France.

Ainsi, les périodes les plus froides dégagent une répartition globale dans l'ouest de la France, sous un climat d'influence océanique, généralement humide et plus doux que la partie orientale, continentale et plus sèche. La période chaude voit l'émergence de zones à l'intérieur des terres et du sud de la France. De manière globale, toute la France peut être touchée entre juin et août. Ces changements apportent une vision spatiale des variations saisonnières, présentant chacune leurs caractéristiques. Quant à la période automnale, les mois d'octobre et novembre mettent en évidence une forte augmentation sur la côte méditerranéenne. Cette période de l'année, favorable à des épisodes méditerranéens et à la formation de nombreux orages est caractérisé, également, par la formation de nombreuses trombes marines. Ces dernières, poussées par les vents du sud, continuent leur progression sur terre en se transformant en tornades.

## 2.3 Étude des trajectoires des tornades

Il est primordial de pouvoir analyser les trajectoires de ces phénomènes. Pour l'analyse, 303 trajectoires ont pu être numérisées avec une précision de quelques centaines, voire dizaines de mètres. Cette précision est rendue possible grâce à différentes sources, telles que les rapports

d'enquêtes de Keraunos, ou encore des rapports plus anciens de Météo-France disponibles dans la BDEM. Il en résulte la carte présentée en figure 4 ci-dessous.

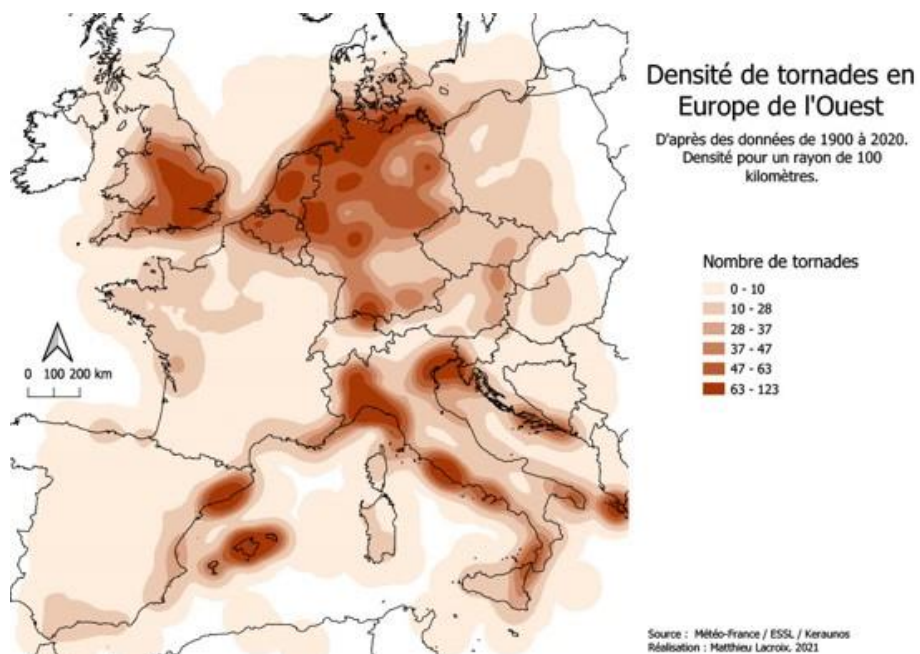


**Figure 4.** Trajectoires des tornades en France.

Sur cette carte, on observe que les trajectoires des tornades ont une tendance similaire, arborant une trajectoire sud-ouest - Nord-est pour la partie quart Ouest de la France, et une trajectoire sud-nord pour la partie méditerranéenne. Ces deux trajectoires s'expliquent en partie par les flux dominant en France. Une fois de plus, les trajectoires des trombes marines ayant une continuité sur la terre ferme sont visibles dans le carton du bas. Les trajectoires permettent de mieux appréhender les dynamiques atmosphériques en jeu.

## 2.4 Les tornades en Europe

Le nord de la France est une zone particulièrement touchée. La continuité au-delà de la frontière est à prendre en considération. La figure 5 montre la densité de tornades en Europe de l'Ouest.



**Figure 5.** Densité de tornades en Europe de l'Ouest.



Avec des densités élevées pour la période 1900-2020, plusieurs zones, plus ou moins grandes, voient le retour régulier de tornades : le centre de l'Angleterre, la plaine du Pô en Italie, mais encore une large zone qui s'étend de la Belgique à l'Allemagne du Nord-Ouest, et qui commence dans le nord de la France.

Même si l'Europe reste loin de la moyenne américaine avec quasiment 1000 tornades par an, celle-ci, comparable en taille, n'est pas à négliger : avec environ 250 tornades par an pour la moyenne 2006-2011, le risque reste élevé. Toutefois, cela restera à approfondir dans une étude ultérieure.

## Conclusion et perspectives

Cette approche de la climatologie des tornades en France permet d'aborder de nombreux aspects du phénomène : répartition spatiale et temporelle, densité ou encore répartition mensuelle. La complémentarité des trois bases de données utilisées a permis le rassemblement d'un nombre de phénomènes conséquent. Cela a permis une analyse spatiale et temporelle satisfaisante, faisant ressortir les zones les plus et les moins touchées de France. Des clusters ont été identifiés et des zones propices à ces phénomènes se détachent.

Avec 22 tornades par an en moyenne, aucune tendance ne se dégage encore sur l'augmentation ou non du nombre de tornades dans les décennies à venir. La cause à un manque de recul avec les bases de données actuelles. Si l'année 2000 a connu 15 recensements, l'année 2018 est l'année la plus tornadique avec 77 cas confirmés de tornades. C'est également l'année la plus chaude en France depuis 1900, avec une moyenne de 13,9°C (soit 1,4°C de plus que la période 1981-2000). Une année marquée par des canicules et une sécheresse prolongée.

Le changement climatique, et notamment l'augmentation des températures et de la sécheresse en France, sera peut-être un facteur d'augmentation de ces phénomènes. Toutefois, une étude approfondie sur le sujet sera requise afin de tirer des conclusions.

## Bibliographie

Antonescu B., Schultz D., Holzer A. et Groenemeijer P., Tornadoes in Europe: An Underestimated Threat, *Bulletin of the American Meteorological Society*, **98.4** (2017), 713–28

Dessens J. et Snow J., Tornadoes in France, *Weather and Forecasting*, **4.2** (1989), 110–32

Elsner J., Michaels L., Scheitlin K. et Elsner I., The Decreasing Population Bias in Tornado Reports across the Central Plains, *Weather, Climate, and Society*, **5.3** (2013), 221–32

Groenemeijer P. et Kühne T., A Climatology of Tornadoes in Europe: Results from the European Severe Weather Database, *Monthly Weather Review*, **142.12** (2014), 4775–90

Joly D., Brossard T., Cardot H., Cavailhès J., Hilal M. et al. Les types de climats en France, une construction spatiale. *Cybergeo : Revue européenne de géographie / European journal of geography*, 2010, pp.1-23.

Matsangouras, Ioannis, Nastos, Bluestein et Sioutas, A Climatology of Tornadic Activity over Greece Based on Historical Records, *International Journal of Climatology*, **34** (2014), 2538–55

Rauhala J. et Schultz D., Severe Thunderstorm and Tornado Warnings in Europe, *Atmospheric Research - ATMOS RES*, **93** (2009)

Razavi A. et Sarkar P., Laboratory Study of Topographic Effects on the Near-Surface Tornado Flow Field, *Boundary-Layer Meteorology*, **168.2** (2018), 189–212