

## NOUVEAU SITE DE MÉTÉO-FRANCE SUR LES TEMPÊTES : utilisation 20 ans plus tard d'une classification réalisée pour les assureurs

Quelle surprise de découvrir que la classification des tempêtes, réalisée dans le cadre d'une étude pour un groupe d'assureurs et de réassureurs, était reprise 20 ans plus tard, pour caractériser les tempêtes historiques, sur le nouveau site de Météo-France consacré aux tempêtes.

Je vous propose dans cet article de revenir sur cette classification, puis de présenter le site de Météo-France dédié aux tempêtes.

### La classification des tempêtes réalisée pour les assureurs

#### Présentation

Cette classification s'inscrit dans le cadre d'**études pour un groupe d'assureurs et de réassureurs** réalisées au Service Central d'Exploitation de la Météorologie (SCEM) de 1994 à 1997 : ces études avaient pour but de fournir, à des compagnies d'assurance et de réassurance, les éléments météorologiques permettant de **quantifier l'intensité des dommages dus aux vents forts** et d'effectuer des calculs statistiques sur des groupes de tempêtes, présentant des caractéristiques météorologiques et géographiques communes.

La méthode de classification constitue un préalable à ces études. Elle est basée sur l'**expertise d'un chef prévisionniste**, qui commence par analyser une cinquantaine de situations de tempêtes et met ainsi en évidence les caractéristiques météorologiques de **douze types de tempêtes**. Les résultats de cette typologie sont ensuite **automatisés grâce à la détermination de règles décisionnelles**, reposant sur des critères calculables à partir de données météorologiques observées au sol. En utilisant les données archivées de Météo-France depuis 1962, on parvient alors à sélectionner 524 situations de vents forts et à les classer, de façon automatique, en **sept grands types de tempêtes**. Le travail de typologie a été réalisé par Brigitte Bénech, chef-prévisionniste en 1994, et celui de traitement des données climatologiques par Sylvie Jourdain de la Division Climatologie et Banques de Données (CBD) du SCEM. Marc Payen, alors responsable de SCEM/CBD, m'a chargée de coordonner la réalisation de cette étude, qu'il avait définie au préalable avec un groupe d'assureurs et de réassureurs.

La classification est décrite dans un article publié en 1997 dans la Météorologie et accessible en ligne.

L'étude complète réalisée pour les assureurs a fait l'objet d'une note de SCEM en 1997, disponible également sous forme de fichier.

#### Typologie des tempêtes par le chef prévisionniste

À partir d'une liste d'événements fournie par les assureurs, un fichier d'expertise a été constitué, en tenant compte de la connaissance préalable de certains événements par le prévisionniste.

Le choix des situations du fichier d'expertise n'est pas anodin :

- le fichier d'expertise doit être représentatif de l'ensemble des situations de tempête ;
- grâce à l'expérience du chef prévisionniste, on s'assure également que tous les types de tempêtes sont représentés dans le fichier d'expertise.

Une **étude détaillée de chaque situation du fichier d'expertise** a été effectuée. Cette étude a consisté à interpréter un ensemble de cartes météorologiques de différents champs en altitude et au sol, permettant de comprendre les phénomènes météorologiques et les répercussions en termes de dégâts recensés par les assureurs :

- champ de pression au niveau de la mer,
- champs de température et de géopotentiel en altitude à des niveaux de pression constante (500, 700 et 850 hPa sont les plus couramment utilisés car ils correspondent aux niveaux des principales masses nuageuses ; ces champs permettent de comprendre les processus de formation et d'évolution des tempêtes qui vont provoquer des vents forts au sol ; en effet, les tempêtes se produisent au contact de masses d'air d'origine différente en altitude).

L'analyse de ces différents champs permet de mettre en évidence des critères synoptiques tels que :

- la localisation des dépressions et des anticyclones,
- la situation au sol (formation et évolution des dépressions et des systèmes nuageux associés),
- la vitesse et la direction du déplacement des particules atmosphériques (courant atmosphérique en altitude),
- la situation en altitude (centres de bas et de hauts géopotentiels, présence d'air chaud ou d'air froid).

Des caractéristiques locales ont également été dégagées grâce à cette analyse, en étudiant les phénomènes météorologiques associés aux systèmes nuageux : orages, neige, variations de température, précipitations, variations de pression, direction et changement de direction du vent. L'analyse des situations du fichier d'expertise a fait l'objet d'une étude détaillée de nombreuses cartes (différents champs à différents niveaux et à plusieurs échéances), afin de comprendre les processus de formation et d'évolution des tempêtes. Elle a nécessité également, dans un premier temps, de se situer à une échelle plus grande que la France (proche Atlantique et ensemble de l'Europe).

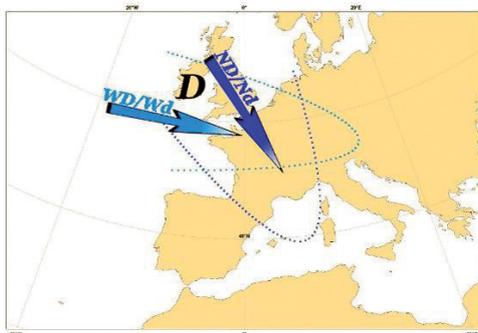
## Arborescence de la typologie obtenue

L'expertise du chef prévisionniste a permis d'identifier et de caractériser **douze types différents de tempête**. Certains d'entre eux, très proches, seront regroupés par la suite lors de l'automatisation de la classification.

Les tempêtes sont d'abord différenciées par leur origine, selon qu'elles proviennent du proche Atlantique ou de la Méditerranée.

### *Les tempêtes associées à des dépressions situées sur le proche Atlantique*

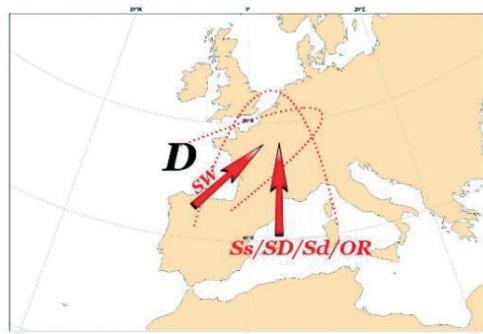
Parmi celles-ci, on distingue :



#### ► celles associées à une dépression sur les Îles Britanniques et prises dans un courant de nord-ouest à ouest

Les tempêtes associées à une dépression **D** sur les Îles Britanniques peuvent affecter :

- soit **la France entière** avec une dépression peu marquée (type **Nd**) ou au contraire très marquée (type **ND**) ;
- ou plus particulièrement **la moitié nord** avec une dépression étendue (type **WD**) ou localisée (type **Wd**).

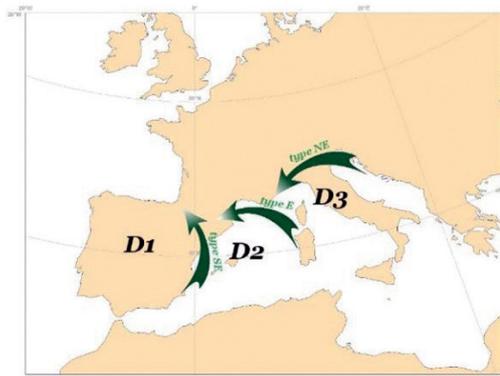


#### ► celles associées à une dépression sur le Golfe de Gascogne et prises dans un courant de sud-ouest à sud

Lorsque la dépression **D** est située ou s'étend sur le Golfe de Gascogne, la tempête peut affecter :

- essentiellement **la moitié nord** avec des vents de sud-ouest (type **SW**) ;
- ou **la France entière** avec des vents de sud :
  - la dépression peut alors être stationnaire, c'est-à-dire rester positionnée sur le Golfe de Gascogne pendant un ou deux jours, puis se combler (type **Ss**),
  - elle peut aussi traverser la France du sud-ouest au nord-est en restant bien creuse. On distingue, dans ce cas, les tempêtes associées à une seule dépression, étendue (type **SD**) ou localisée (type **Sd**), de celles qui ont plusieurs noyaux dépressionnaires (type **OR** correspondant à des tempêtes donnant de violents orages).

Les tempêtes d'origine méditerranéenne



Elles sont moins fréquentes que celles provenant de l'Atlantique.

On en distingue 3 types :

- celles associées à une dépression située sur la péninsule ibérique (D1) génèrent des vents de sud-est (type SE) ;
- celles provenant des Baléares (D2) produisent des vents d'est (type E) ;
- celles provenant d'Italie (D3) dirigent un courant de nord-est sur le Sud-Est de la France (type NE).

Automatisation de la classification

La typologie effectuée par le chef prévisionniste a permis de mettre en évidence les caractéristiques des différents types de tempêtes. Un grand nombre de variables a été calculé à partir des **données observées au sol par Météo-France**, afin de traduire numériquement ces caractéristiques.

Le travail consiste alors à sélectionner des critères, qui permettent de **distinguer automatiquement les différents types de tempêtes**.

Le traitement des données se fait à partir d'une démarche exploratoire effectuée en deux temps :

- une approche ascendante, qui consiste à effectuer une classification objective des tempêtes, à partir de l'ensemble ou d'une partie des variables,
- une approche descendante, consistant à rechercher les variables, qui permettent de discriminer au mieux les différents types de tempêtes déterminés par le prévisionniste.

Des **règles décisionnelles** sont établies, de façon à affecter chaque situation à un type de tempête. Elles consistent à déterminer les variables et les seuils permettant de **discriminer les différents types**, tout en respectant le parcours de l'arborescence de la typologie obtenue par l'expertise humaine (figure 1).

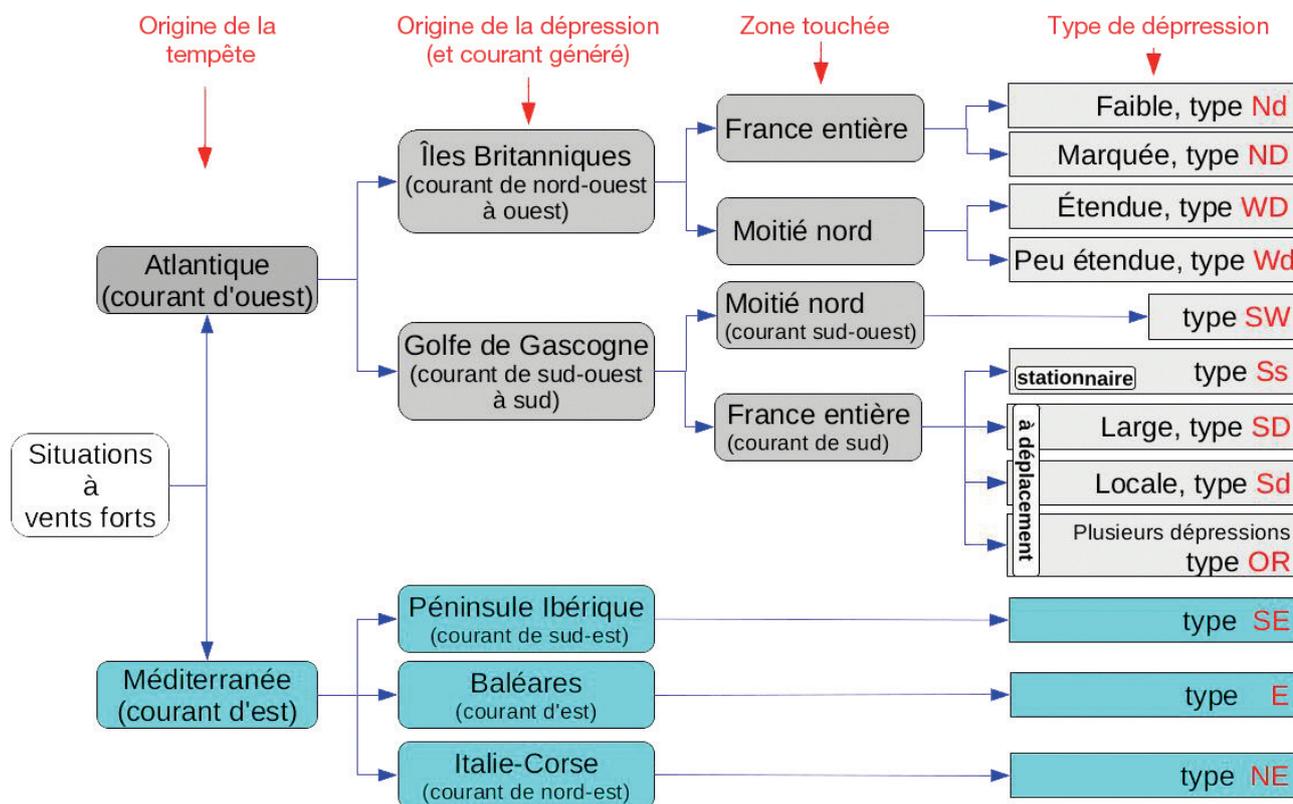


Figure 1 : Arborescence de la typologie (la direction du courant atmosphérique est mentionnée entre parenthèses). Les zones géographiques précisent la provenance de la dépression associée à la tempête, sauf dans quelques cas où il s'agit de la partie de la France touchée par la tempête.

Les différents critères et seuils utilisés sont choisis, d'une part, pour leur **signification physique** et, d'autre part, à partir des résultats obtenus par des **méthodes statistiques**. À chaque étape, on regarde si un ensemble de conditions est vérifié. On affecte alors la situation à une branche de la typologie ou à une autre. Les règles décisionnelles sont présentées sous la forme d'un algorithme de classification sur la figure 2.

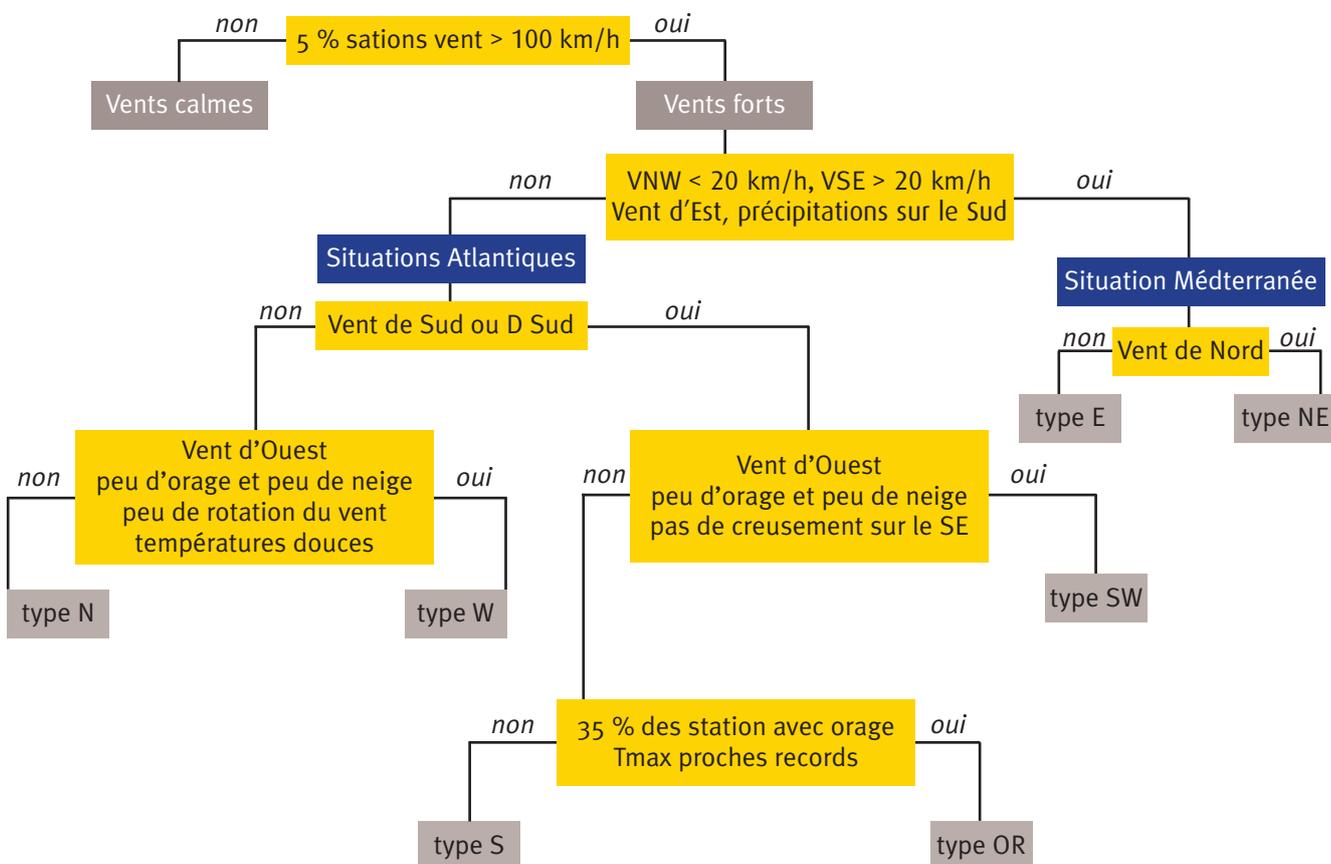


Figure 2 : Algorithme de classification.

La première étape consiste à déterminer si la situation est considérée ou non comme une tempête, ce qui permet de sélectionner un nombre suffisant de tempêtes, à partir des archives climatologiques de Météo-France, pour effectuer des calculs statistiques.

Les règles décisionnelles choisies permettent de discriminer correctement l'ensemble des situations du fichier d'expertise en **sept classes**. Les types très proches Nd-ND, Wd-WD et Ss-Sd-SD ont été regroupés. Ils seront respectivement notés N, W et S par la suite. Les types proches E et SE ont aussi été regroupés (type E) pour que les effectifs de chaque classe soient suffisants pour des calculs statistiques.

Les situations de tempête sont ensuite déterminées à partir des **archives climatologiques de Météo-France sur la période 1962-1993**. Le critère de sélection des événements « tempêtes » est donné par la première règle décisionnelle qui consiste à apprécier si un nombre suffisant de stations est touché par des vents forts. On a ainsi recensé **524 situations**. La **répartition des différents types de tempêtes** pour l'ensemble de ces situations est donnée dans le tableau 1 et la figure 3. Elle met en évidence la prédominance des tempêtes océaniques de nord et d'ouest sur notre pays.

Type	N	W	S	SW	NE	E	OR
Nombre	154	92	90	61	56	44	27
Pourcentage	29	18	17	12	11	8	5

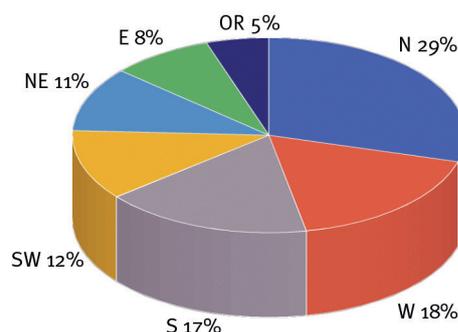


Tableau 1 et figure 3 : Répartition des types de tempêtes sur le fichier obtenu lors de l'automatisation de la classification (524 situations).

Il est à noter qu'à l'époque de l'étude effectuée pour les assureurs en 1994, il n'était pas envisageable d'utiliser des **données issues des modèles de prévision numérique** (analyses ou ré analyses), pour effectuer l'automatisation de la classification, car on ne disposait **pas de périodes homogènes suffisantes** concernant ces données. Le choix a donc été fait d'effectuer l'automatisation à partir des données climatologiques d'observation au sol. L'**automatisation n'a pas pu être mise à jour** par la suite, en raison des évolutions du réseau climatologique.

Nous allons maintenant voir comment la **classification des tempêtes** réalisée en 1994 pour les assureurs a été **reprise et mise en ligne sur le nouveau site de Météo-France sur les tempêtes**.

## Le nouveau site de Météo-France sur les tempêtes

### Présentation

Un site de Météo-France très complet sur les Tempêtes en France métropolitaine <http://tempetes.meteofrance.fr/> a été mis en ligne à l'automne 2016, avec une actualisation annuelle prévue chaque automne.

Météo-France met à disposition via ce site un recueil complet des connaissances (phénomènes, méthodes d'analyse et de prévision, climatologie) et des données climatologiques sur les tempêtes observées en France métropolitaine.

### Bases de données mises en ligne

Plusieurs bases de données originales sont proposées avec des outils interactifs de recherche à partir :

- de la cartographie à haute résolution spatiale (2,5 km) de 280 évènements de tempête ; cette cartographie s'appuie sur les données spatialisées de rafales de vent combinant les observations anémométriques et les données du modèle météorologique AROME ;
- des fiches de synthèse détaillées de 91 tempêtes historiques rencontrées en France depuis 1703, avec pour les plus récentes des animations de nébulosité satellite et de vent au sol ;
- des données statistiques et records sur les vents violents pour plus de 70 stations de mesure au sol.

Hors tempêtes historiques, les bases de données débutent en 1980. Elles recensent les évènements de tempête jusqu'au 30 juin 2016.

### Les différentes rubriques du site

Différentes rubriques sont accessibles :

- Dans la rubrique « le phénomène », on trouvera la définition du vent, sa caractérisation avec en particulier l'échelle de Beaufort, la définition et les caractéristiques des tempêtes, leurs mécanismes de formation, leur prévision, ...
- La rubrique « Méthodes et outils » précise les capteurs, les réseaux d'observation, l'inventaire de données anciennes, le calcul des durées de retour de rafale de vent, les méthodes d'analyse, l'identification des événements et la caractérisation de la sévérité des tempêtes ; c'est dans cette rubrique que l'on trouvera une description de la méthode de classification ; une page bibliographie dans laquelle figurera l'article sur la classification rédigé dans La Météorologie va être rajoutée dans cette rubrique ;
- Les rubriques « aperçu climatologique », « cartographie », « statistiques et records » fournissent de nombreuses informations concernant les vents régionaux, les tempêtes remarquables en France depuis 1980, les effets constatés et attendus du changement climatique, la variabilité de la fréquence des tempêtes sur le bassin atlantique, leur cartographie, les statistiques de nombre de jours de vents forts et les records de vent ;
- La rubrique « tempêtes historiques » recense 91 tempêtes, consultables sous forme de fiches, pour lesquelles diverses animations sont proposées en fonction de l'ancienneté de la tempête (animations satellites depuis 1982 ; animations horaires des rafales observées et estimées depuis 1995 ; animations du champ de pression au niveau de la mer et trajectoire de la dépression depuis 1900). Ces tempêtes, dont la plus ancienne remonte en 1703, ont été déterminées de manière experte à partir des dégâts rapportés dans les différentes monographies et ouvrages de synthèse sur les tempêtes en France. Le type de chaque tempête conformément à la classification réalisée pour les assureurs a été déterminé et une recherche par type de tempête est possible.

### La répartition des tempêtes historiques par type de tempête

La répartition des tempêtes historiques par type de tempête est comparée à celle du fichier d'expertise utilisé lors de la mise au point de la classification (tableau 2 et figure 4). On notera que le nombre des tempêtes historiques est de 92 (et non 91) car une période de tempête historique (du 18 au 25 décembre 1991) correspond en fait à une succession de tempêtes de type différent (Nd puis NE).

Type de tempête	Nd	ND	Wd	SW	Ss	WD	SD	Sd	OR	SE	E	NE
Tempêtes historiques (92)	3	10	14	12	3	15	8	4	3	2	5	13
Fichier expertise (46)	3	11	5	6	4	4	2	3	4	1	1	2

Tableau 2 : Nombre de tempêtes par type pour les tempêtes historiques et le fichier d'expertise

La répartition, par type, des tempêtes historiques est globalement cohérente à celle obtenue pour le fichier d'expertise, utilisé pour mettre au point la classification, avec une prédominance des tempêtes océaniques de nord et d'ouest sur notre pays.

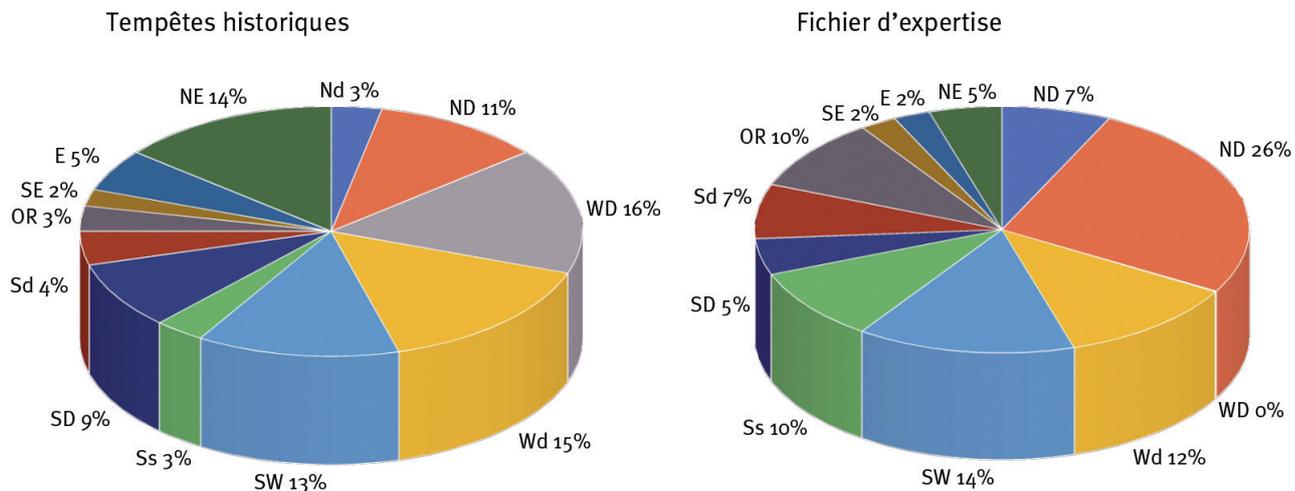
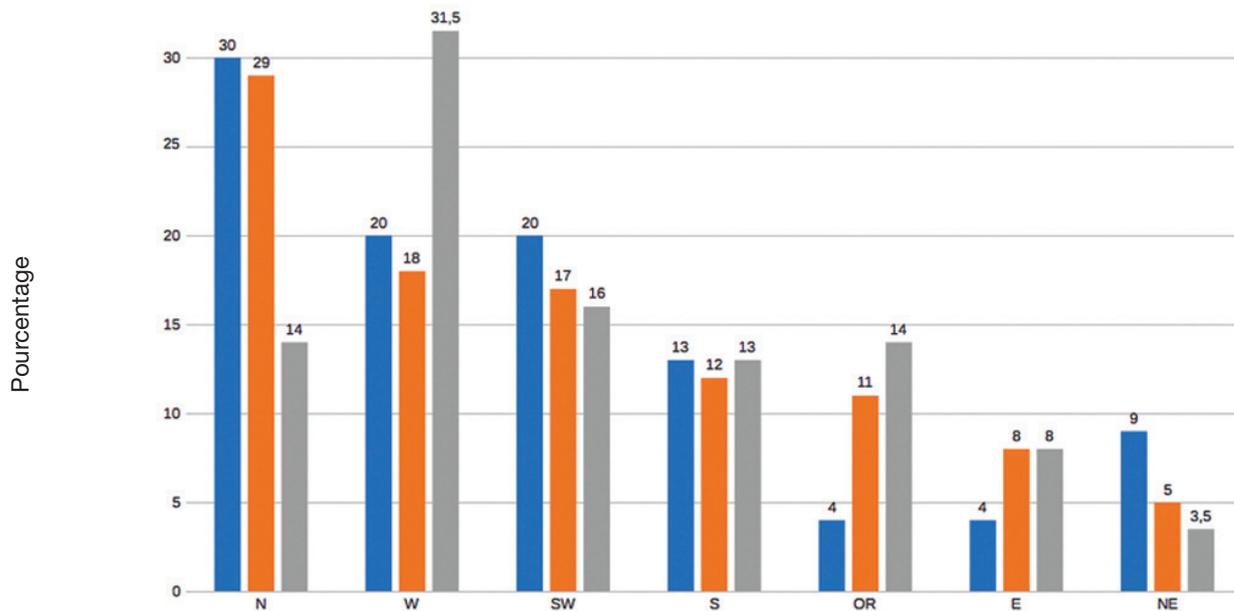


Figure 4 : Répartition des tempêtes en douze types pour les tempêtes historiques et le fichier d'expertise

On constate toutefois des différences notables entre les deux répartitions qui peuvent s'expliquer par le fait que les tempêtes historiques ont été choisies parmi celles ayant occasionné le plus de dégâts, le type NE est ainsi sur-représenté alors que les types Nd et ND sont au contraire sous-représentés. Par ailleurs, les fichiers ne représentent pas un nombre suffisant pour certains types de tempêtes (type SE par exemple) pour pouvoir effectuer une comparaison statistique significative des répartitions.

La répartition suivant les 7 types de tempête retenus lors de l'automatisation est présentée en figure 5 pour le fichier d'expertise, les résultats de la classification automatique et les tempêtes historiques.



Type de tempête	expertise	automatisation	tempêtes historiques
N	30	29	14
W	20	18	31,5
SW	20	17	16
S	13	12	13
OR	4	11	14
E	4	8	8
NE	9	5	3,5

Figure 5 : Répartition des tempêtes en sept types pour le fichier d'expertise, les tempêtes obtenues lors de l'automatisation de la classification et les tempêtes historiques.

Les répartitions sont globalement conformes sauf pour le type N sous-représenté dans les tempêtes historiques et le type W au contraire sur-représenté. Ceci est lié au fait que les tempêtes historiques ont été choisies parmi celles ayant occasionné le plus de dégâts, comme indiqué précédemment. Il est toutefois intéressant de constater que tous les types de tempêtes sont bien représentés dans les tempêtes historiques.

## Conclusion

Le site de Météo-France sur les tempêtes est très riche et répertorie les principaux travaux effectués dans le domaine, que ce soit en climatologie, observation ou prévision. Nous remercions les collègues de Météo-France pour ce gros travail de remise en forme et de valorisation, qui non seulement fait le point sur l'état des connaissances concernant la compréhension et la caractérisation des tempêtes, mais constitue également un répertoire historique des travaux effectués dans le domaine.

J'ai découvert l'existence du site de Météo-France sur les tempêtes grâce au lien figurant sur le site de l'AAM et constaté que « notre » classification, réalisée avec Brigitte Bénech et Sylvie Jourdain, il y a 20 ans, y était référencée. Cet article me permet donc en quelque sorte de fermer la boucle en faisant le retour de Météo-France vers l'AAM pour garder la mémoire de cette étude. 🌈

CHRISTINE DREVEYTON

### Bibliographie :

Drevetton C., B. Bénech et S. Jourdain, 1997 : Classification des tempêtes sur la France à l'usage des assureurs, *La Météorologie 8<sup>e</sup> série*, 17, 23-32 : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/47009>

Drevetton C., 1997 : Étude des événements tempêtes réalisée par Météo-France pour un groupe d'assureurs et de réassureurs (rapport final juillet 1995 ; compléments juillet 1996). Note technique SCEM n°23, Météo-France, Toulouse.

Site de Météo-France sur les tempêtes : <http://tempetes.meteofrance.fr/>