

# Les tempêtes en France

**Il n'existe pas d'inventaire exhaustif des tempêtes en France remontant sur plusieurs siècles, ce qui est regrettable. Météo-France essaie d'y remédier en développant depuis 1999 une « Base de données d'événements marquants » (BDEM, projet interne pour le moment), incluant la documentation d'événements historiques. Le nombre d'épisodes de vent fort présente une forte variabilité interannuelle (7 en 1968, 26 en 1962), ainsi que celui des fortes tempêtes (0 en 1989, 1993 et 1998, 5 en 1965), mais les études ne mettent pas en évidence de tendance significative sur les cinquante dernières années.**

**par Pierre Bessemoulin  
Directeur de la Climatologie  
à Météo France**

**D**e tous temps, les tempêtes ont constitué des événements dévastateurs, et la société leur a souvent payé un lourd tribut, en particulier les gens de mer. Certains historiens ont estimé, par exemple, les pertes

humaines résultant des tempêtes de janvier 1362 et de la Toussaint 1570 - et des inondations catastrophiques dues aux surcotes exceptionnelles qui en ont résulté sur les côtes hollandaises - à plus de cent mille morts. Beaucoup d'entre nous ont en mémoire la catastrophe similaire (surcotes de plus de 3 m) qui s'est produite les 31 janvier et 1<sup>er</sup> février 1953, faisant 350 morts en Angleterre et 1600 aux Pays-Bas, et submergeant 200 000 hectares de terres gagnées sur la mer. Encore plus près de nous, les tempêtes Lothar et Martin qui ont dévasté la France fin décembre 1999 ont fait près de cent victimes et généré des chablis jamais observés de mémoire d'homme (Doll, 1991), de l'ordre de 165 millions de mètres cubes. En 1993, le CRED (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*) évaluait le nombre de sinistrés dus aux tempêtes et aux cyclones à plus de 20 % du total de sinistrés provoqués par les catastrophes naturelles dans le monde entier entre 1966 et 1990, et le nombre de morts à la moitié (Ledoux).

Certaines tempêtes ont pu également jouer un rôle politique ou stratégique majeur, en ayant modifié le cours de l'histoire. On citera à titre d'exemple :

- le naufrage durant les tempêtes successives d'août et septembre 1588 de la moitié des 130 vaisseaux de l'Invincible Armada espagnole (dont 17 d'entre eux, le 21 septembre), qui annihila les projets d'invasion de l'Angleterre de Philippe II ;

- le débarquement avorté des troupes napoléoniennes en Angleterre en 1805, en raison de tempêtes successives empêchant de traverser le Pas-de-Calais ;

- le débarquement des troupes alliées en Normandie le 6 juin 1944, qui faillit être compromis par un temps anormalement perturbé à cette époque de l'année.

Enfin, on rappelle que c'est la tempête du 14 novembre 1854 en mer Noire, pendant le siège de Sébastopol, qui causa la perte de 35 navires, 3 vaisseaux de guerre dont le navire amiral « Henri IV », qui amena Urbain Le Verrier à proposer à Napoléon III la mise en place d'un réseau d'observations météorologiques, « destiné à avertir les marins de l'arrivée des tempêtes », qui est à l'origine du service météorologique français (Fierro, 1991).

Il existe différentes autres sources de vents forts que les dépressions : cyclones tropicaux, trombes et tornades pouvant être associées aux nuages convectifs, lignes de grains (par exemple celle du 7 juin 1987, dans les Landes, ou celle du 6 juillet 2001 qui a fait 14 morts dans la région strasbourgeoise), déferlement d'ondes de relief atteignant le sol (par exemple sur le Comminges le 16 décembre 1989), écoulements de type catabatiques, vents canalisés comme le mistral ou l'autan. On se limitera ici aux tempêtes associées aux dépressions atlantiques ou méditerranéennes intéressant le territoire national.

## Concepts et mécanismes

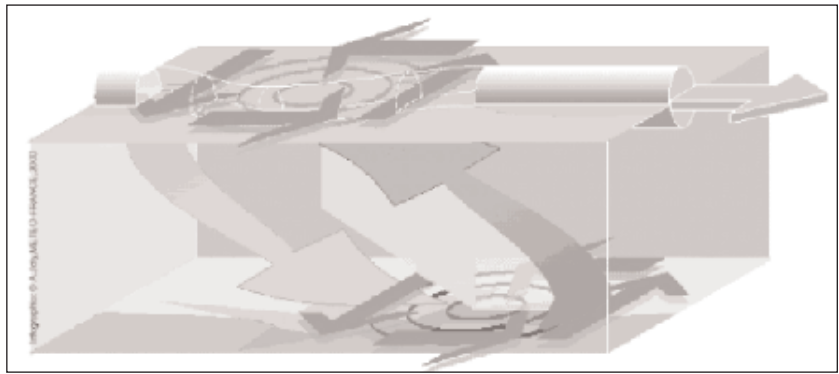
L'examen de cartes météorologiques hémisphériques révèle la présence dans le fort courant d'ouest des latitudes moyennes d'ondes planétaires, dites ondes de Rossby, résultant du contraste thermique entre pôles et équateur, et de la rotation terrestre. D'autres ondulations de dimensions plus réduites (typiquement 500 à 2 000 km), d'échelle synoptique ou sous-synoptique, se superposent aux ondes planétaires. Schématiquement, ces perturbations résultent de deux types d'instabilité : 1) barotrope, associée au cisaillement horizontal du vent ; 2) barocline, associée au cisaillement vertical du vent et au gradient horizontal de température

(par la relation du vent thermique). La genèse d'une dépression et son éventuel développement ultérieur dépendent de mécanismes distincts et sont des phases assez indépendantes l'une de l'autre (Ayrault et Joly- 2000,a). L'instabilité barocline est le phénomène prépondérant dans la maturation des dépressions des latitudes moyennes (Ayrault et Joly- 2000,b).

Dans l'hémisphère nord, un concept utile est celui de « rail des dépressions » ou « lit perturbé » (équivalents de l'anglais « storm-track »). Le rail atlantique, pertinent pour l'Europe, commence toujours dans la région de Terre-Neuve. Sa position est étroitement associée à celle du courant jet (« jet-stream »), rapide tube de vent très fort d'ouest (typiquement 200 km/h) situé vers 8-10 km d'altitude. Une étude climatologique de ce courant jet (Ayrault, 1998) montre qu'il se situe en moyenne vers 50-55°N, et qu'il diffue en général vers 10°W. Ce vent fort d'altitude est associé à un contraste thermique horizontal entre les zones au nord et au sud du courant. Ce sont ces contrastes qui représentent une énergie potentielle convertible en vent ; ils sont nécessaires mais non suffisants pour générer des phénomènes extrêmes. L'augmentation du vent dans une dépression dépend de la synchronisation, au sein du rail, entre un tourbillon précurseur vers 9 km d'altitude et un autre, décalé vers l'est, près du sol (voir la figure 1). La région la plus favorable à l'amplification des tempêtes est l'extrémité est du jet. De tels développements peuvent être de nature « explosive », comme les tempêtes de décembre 1999 (Baleste et al).

Les systèmes dépressionnaires se suivent sur le rail au rythme d'environ un par 24 h en hiver. Leurs dimensions caractéristiques vont de 1 000 à 2 000 km, mais Lothar et Martin, par exemple, avaient des diamètres de 500 à 800 km. Certains atteignent l'Europe de l'ouest, mais beaucoup meurent au-dessus de l'océan, et nombre d'entre eux sont renvoyés vers les hautes latitudes de l'Atlantique.

Dans des circonstances cataclysmiques comme celle des tempêtes de décembre 1999, l'intensité du jet a été exceptionnelle (atteignant 529 km/h mesurés à 8 128 m au-dessus de Brest



**Fig. 1.** - Ce schéma représente un courant jet rectiligne idéalisé. Dans ce courant-jet, composante du rail des dépressions, une tempête se développe. Composée de deux tourbillons (un en surface, l'autre en altitude) situés comme indiqué l'un par rapport à l'autre (celui de surface situé à l'est de celui d'altitude), elle s'amplifie et fabrique du vent tel un moteur atmosphérique. Ce moteur transforme l'énergie thermique associée au courant jet en vent, en particulier en surface. Le cycle thermodynamique moteur est réalisé au moyen de la circulation d'air selon la verticale, dimension essentielle pour comprendre les tempêtes (d'après Joly, site Internet de Météo France : <http://www.meteo.fr>).

le 27/12/1999 à 00TU), et son extension vers l'est au-dessus de l'Allemagne non moins remarquable. C'est ce qui a expliqué le renforcement des vents au-dessus du continent, alors qu'en temps normal la disparition du jet et l'effet du frottement continental conduisent à une atténuation du phénomène. Les figures 2 et 3 comparent respectivement Lothar et Martin à des tempêtes historiques similaires.

Si des tempêtes violentes peuvent se produire en toutes saisons, la période où les vents sont les plus forts s'étend d'octobre à mars sur la majeure partie du pays.

L'échelle de Beaufort est adoptée à l'échelle internationale par les marins pour caractériser la force du vent. Le qualificatif de « tempête » s'applique pour des vents moyens à 10 m (moyennés sur 10 minutes) compris entre 89 et 102 km/h (force 10), celui de forte tempête à la gamme 103 à 117 km/h (force 11) et celui d'ouragan (force 12) au-delà. La notion de tempête implique également une certaine extension spatiale. Cette classification a été adaptée aux surfaces continentales et un lien a été fait avec les effets du vent sur la végétation, les bâtiments...

En France, le seuil retenu par les assureurs pour indemniser les dégâts dus au vent est de 100 km/h en vitesse de vent instantané (intégré sur 0,5s). Le rapport entre vent instantané ainsi défini et vent moyen sur 10 minutes est de l'ordre de 1,6 à 1,9.

## Inventaire des principales tempêtes

Pour l'étude des tempêtes historiques avant l'avènement des réseaux de mesures anémométriques (au mieux, au début du XX<sup>e</sup> siècle), plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour estimer les vitesses de vent :

- se baser sur les dégâts rapportés ou sur des vitesses estimées (dans ce cas, la précision est au mieux de 2 points de l'échelle des forces Beaufort) ;
- utiliser des données de pression et en dériver une vitesse de vent, en utilisant l'hypothèse géostrophique (équilibre entre force de pression et force de Coriolis ; on parle alors de « vent géostrophique ») ; à l'échelle de l'Europe de l'ouest, on disposait d'une trentaine de sites mesurant la pression dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Il n'existe pas d'inventaire exhaustif des tempêtes en France remontant sur plusieurs siècles, ce qui est regrettable. Météo France essaie d'y remédier en développant depuis 1999 une « Base de données d'événements marquants » (BDEM, projet interne pour le moment), incluant la documentation d'événements historiques. De nombreux événements individuels sont cependant décrits dans la littérature, en particulier dans la revue *MetMar*, éditée par Météo France depuis 1953, pour celles des 50 dernières années (certaines références sont indiquées dans le tableau II

ci-après), et dans les Annales du Bureau Central météorologique de France (publications annuelles de 1878 à 1914) pour les événements plus anciens.

En reprenant des critères voisins de ceux utilisés par les assureurs, c'est-à-dire en identifiant les périodes où au moins 5 % d'un nombre constant de stations françaises ont relevé un vent maximal journalier supérieur à 100 km/h, Drevet (2002) a pu sélectionner 734 épisodes de vent fort sur la période 1950-1999, soit une moyenne de 14,7 par an. L'utilisation d'un seuil de 20 % des stations a permis d'isoler 71 fortes tempêtes sur cette période, soit 1,4 par an. Le nombre d'épisodes de vent fort présente une forte variabilité interannuelle (7 en 1968, 26 en 1962), ainsi que celui des fortes tempêtes (0 en 1989, 1993 et 1998, 5 en

TABLEAU I  
Les années ayant subi le plus de dommages en France et en Europe

Année	Volume de chablis en Europe (en millions de m <sup>3</sup> )	Volume de chablis en France (en millions de m <sup>3</sup> )
1999	> 250	165
1996		1,5
1990	100	9
1987	8	7,5
1984	11	3,6
1983		0,5
1982	12	12
1976		2
1972	35	0,7
1967	13	3,6
1958		1,2
1952		0,7
1930	6	
1902		1,2
1894	10	
1870	12	
1868	16	

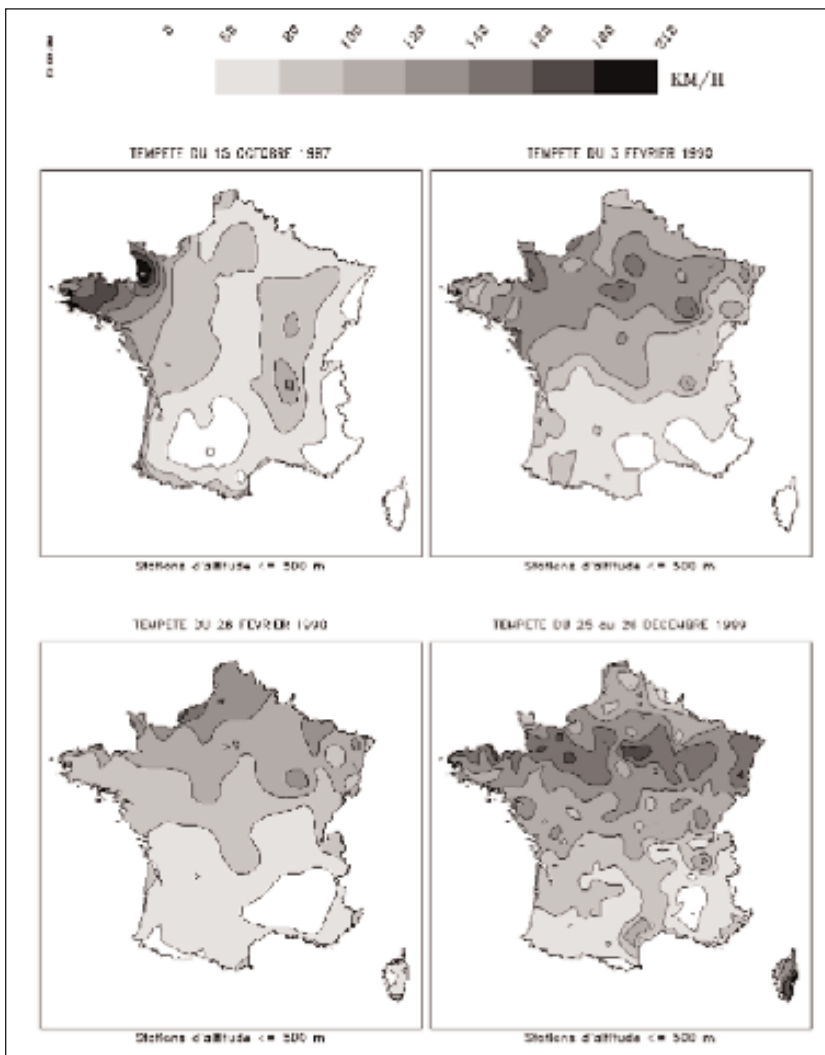


Fig. 2. - Comparaison de la tempête des 25-26/12/1999 (Lothar) avec d'autres événements comparables.

1965), mais l'étude ne met pas en évidence de tendance significative sur les 50 ans.

Une étude basée sur l'utilisation de données de pression pour le calcul du vent géostrophique (Generoso) portant sur la même période a montré que la méthode permettait de retrouver 95 % des tempêtes et la totalité des fortes tempêtes. Elle révèle également que le nombre et l'intensité des tempêtes ont peu évolué à la fin du XX<sup>e</sup> siècle et qu'elles ont atteint le niveau qui était le leur en début de période. Ceci recoupe des études allemandes et nordiques (Planton et Bessemoulin).

Doll (1991) a réalisé un inventaire des chablis, qui permet une classification des grandes tempêtes en termes d'effets destructeurs sur la forêt. Le tableau I ci-dessus présente les années ayant subi le plus de dommages en Europe et en France. On note le caractère véritablement exceptionnel de 1999 (chiffres de l'Inventaire national forestier).

Le document le plus exhaustif relatif aux tempêtes est sans conteste l'ouvrage de Lamb (1991) qui recense les tempêtes historiques ayant affecté la mer du Nord, les îles britanniques et l'Europe du nord-ouest depuis le début du XVI<sup>e</sup> siècle. Il détaille quelques événements ayant également affecté la France, du golfe de Gascogne jusqu'au nord du pays.

TABLEAU II  
Tentative de récapitulation des tempêtes ayant le plus marqué la mémoire collective en France

Date	Zone	Faits marquants
24/12/1118	Nord de la France	Nombreuses chutes de clochers
1698	Champagne, Bourgogne, Franche Comté, Auvergne, Poitou, Artois	Gros dégâts aux forêts
<b>7-8/12/1703</b>	Ouest Bretagne et sud de l'Angleterre	Baptisée « The Storm ». Plusieurs milliers de victimes en Angleterre
1716	Grande partie du territoire français	Gros dégâts aux forêts
8/1/1739	Grande partie du territoire français	Gros dégâts aux forêts
<b>15/02/1855</b>	Corse	Naufrage de La Sémillante : 702 disparus
<b>25-26/10/1859</b>	Côtes normandes et Manche	77 voiliers sombrent en Manche
3-4/12/1865	Sud Finistère	Forte surcote. Ile de Sein inondée. Quimper sous 1,6 m d'eau
11/1/1866	Bretagne-Cotentin	
15-16/6/1869	Bretagne-Côtes de la Manche	
11/1/1877	Bretagne	Surcote de 1,80 m
20/2/1879	Grande partie du pays	Ouragan le long d'une ligne Poitiers, Bourges, Dijon, Bâle. Dégâts considérables. Chutes de pluie et neige intenses.
18/11/1880	Côtes Manche et Océan	Violente tempête
18-19/1/1880	Côtes Manche, mer du Nord	Grands dégâts et sinistres maritimes
8/2/1881	Côtes Bretagne, Manche, mer du Nord	Violente tempête
1-2/3/1882	Côtes Manche et Océan	Violente tempête
27/3/1882	Moitié septentrionale	Violente tempête. Grands dégâts à Paris
27-28/10/1882	Manche, mer du Nord Provence-Côte d'Azur	Très gros temps sur les côtes. Nombreux sinistres maritimes en Manche. Violent vent de sud-est. Pluies considérables. Crue du siècle de la Durance. Avignon, Nice, Cannes inondées. 10 morts.
27/1/1884	Sud de la France	Force 12 sur côte atlantique
16/10/1886	Côtes ouest et Manche ; localement dans l'Est	Force 10
8-9/12/1886	Grande partie de la France	
9-10/3/1891	Golfe de Gascogne, Bretagne, Nord	Tempête de neige
18-19/11/1893	Côte basque et golfe de Gascogne	Jusqu'à force 11
<b>4-6/12/1896</b>	Grande partie de la France	Gros dégâts sur les côtes normande et atlantique. 9 morts aux Sables-d'Olonne
15/2/1900	Bretagne	Inondation de l'île de Sein
6/12/1903	Corse	
3/12/1909	Nord de la France	
8/1/1924	Littoral atlantique	Forte surcote
22/12/1925	Ile-de-France	
16-17/11/1928	Nord de la France	
<b>19/9/1930</b>	Bretagne	207 morts
22-23/2/1935	De la Vendée au Nord	
17-18/1/1937	Bretagne, côtes de la Manche	Le paquebot Ile-de-France est endommagé à quai au Havre.
10-13/2/1938	Côtes méditerranéennes, zone du mistral, Alpes	
1-2/6/1938	Nord de la France	
7/8/1948	A traversé la France de la Bretagne et de la Manche au nord du bassin occidental méditerranéen	
<b>25/12/1954</b>	Sud de l'Irlande	Sept chalutiers finistériens sont portés disparus, ainsi que plus de 60 marins.
28/11 au 2/12/1956	Côtes méditerranéennes	Importants dégâts et quelques victimes
27/11/1965	Vendée, Bretagne, Cotentin, Normandie, Ile-de-France, Alsace	
29/11/1965	Vendée, Bretagne, Cotentin, Normandie, Ile-de-France, Alsace	
11-12-13/3/1967	Vendée, Bretagne	
13-14/10/1967	Vendée, Bretagne, Cotentin	
7-8/1/1968	Bretagne, Normandie, Dauphiné, Limousin, Provence.	
<b>6-7/07/1969</b>	Côtes de l'ouest et du nord	MetMar n° 72, juillet 1971 - Une trentaine de morts
11-13/2/1970	Bretagne, Pays-de-Loire, Ile-de-France	
<b>13-14/2/1972</b>	Vendée, Bretagne	Une trentaine de morts sur terre et en mer. Creux de 15 m. Une dizaine de clochers endommagés.
15-17/1/1974	Bretagne, Cotentin, Ile-de-France, Alsace	
5-7/02/1974	Aquitaine, Vendée, Bretagne, Pays-de-Loire	
9-10/2/1974	Bretagne, Ile-de-France, Cotentin, Lorraine, Pays Basque	
1-2/12/1976	Bretagne, Vendée, Sud-ouest, Ile-de-France, nord du pays	
<b>11-12-13/1/1978</b>	Vendée, Bretagne, sud-ouest	MetMar n°101, octobre 1978 - Plus de trente morts
<b>15-16/12/1979</b>	De la Bretagne au Pas-de-Calais	MetMar n°107, avril 1980 - Une trentaine de morts. Les vents dépassent 150 km/h ; creux de 12 m
27-28/12/1979	Bretagne, Cotentin, Ile-de-France, Lorraine	

TABLEAU II (suite)  
Tentative de récapitulation des tempêtes ayant le plus marqué la mémoire collective en France

Date	Zone	Faits marquants
<b>6-8/11/1982</b>	Massif central, Isère, Pyrénées-Orientales, Languedoc, Roussillon, Corse	15 morts en France, 12 en Andorre. Dégâts estimés à 1,2 milliard au titre des catastrophes naturelles, 1,7 au titre de la garantie tempêtes. 10 % de la forêt d'Auvergne détruite.
30/9/1983	Corse	Baptisé « Cyclone méditerranéen »
22-24/1/1984	Bretagne, Cotentin	
11/7/1984	Vosges	Dégâts estimés 830 millions au titre de la garantie tempêtes.
4/10/1984	Sud-ouest, Aquitaine en particulier	Ex cyclone Hortense
23-24/11/1984	Vendée, Bretagne et moitié nord du pays	
23-25/3/1986	Bretagne, Cotentin, Auvergne	
<b>15-16/10/1987</b>	Bretagne, Cotentin	MetMar n° 138 et 139 - Quelques victimes. Dégâts considérables estimés à 3,3 milliards. Vagues de 12 à 18 m en Manche.
19-22/1/1988	Bretagne, Cotentin	
<b>25-26/1/1990</b>	Finistère, Cotentin, Ile-de-France, Nord et Lorraine	Dégâts estimés à 6,5 milliards - 15 morts
<b>2-4/2/1990</b>	Bretagne, Cotentin, Ile-de-France, Nord	Dégâts estimés à 1,2 milliard au titre des catastrophes naturelles, 7,5 au titre de la garantie tempêtes - 27 morts
11-12/2/1990	Bretagne	4 morts
3-4/2/1990	Au nord d'une ligne Arcachon - Strasbourg	Vents maxima sur sud Bretagne, Pays-de-Loire et Ile-de-France
<b>11-12/2/1990</b>	Moitié ouest et sud	17 morts
<b>28/2-1/3/1990</b>	Moitié nord puis Méditerranée et Corse	18 victimes en France - 202 km/h en rafale au Cap Corse
12-13/09/1993	Vendée, sud Bretagne, Manche	
7/9/1995	Vendée, Bretagne, Cotentin, Pays-de-Loire	Ex cyclone Iris. Quelques victimes
4-6/11/1997	Littoral provençal	Quelques victimes
16-17/12/1997	Littoral Languedoc-Roussillon et provençal	Quelques victimes
24-25/10/1998	Ile-de-France	
<b>25/12/1999 (Lothar)</b>	Moitié nord de la France	MetMar n° 187 - Plusieurs dizaines de morts
<b>26/12/1999 (Martin)</b>	Moitié sud de la France	Plusieurs dizaines de morts
30/10/2000	Bretagne, Vendée, Cotentin, Ile-de-France, Cambrésis, Alsace	

Les tempêtes du 15/12/1986 (au sud-est du Groenland) et du 10/1/1993 (au sud puis à l'est de l'Islande) sont connues comme les deux plus creuses jamais observées, avec des pressions mesurées sous les 920 hPa. A titre de comparaison, on citera le record de pression au niveau de la mer mesuré en France : 948 hPa le 16 octobre 1987 à Ouessant ; et le record absolu : 870 hPa mesuré au sein du typhon Tip, en octobre 1979, dans le nord-ouest du Pacifique.

Le tableau II ci-dessus est une tentative de récapitulation des tempêtes ayant le plus marqué la mémoire collective en France, surtout depuis la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (les dates en gras signalent les événements majeurs).

## Tentatives de classification des tempêtes

Il n'existe pas véritablement de classification universelle des tempêtes permettant leur intercomparaison. Selon l'objectif, on pourra utiliser les coûts financiers et, en vies humaines, les

primes d'assurance versées, les dégâts aux forêts et aux cultures...

Lamb (1991) a défini un indice de sévérité des tempêtes :

$$I = V_{\max}^3 \cdot A_{\max} \cdot D$$

Dans cet indice, Vmax est la vitesse maximum du vent moyen de surface atteinte sur la zone touchée (kts), Amax est la surface de la zone touchée par les vents dévastateurs (en unités de 10<sup>5</sup> km<sup>2</sup>) et D est la durée d'occurrence des vents dévastateurs (heures).

Cet indice est proportionnel à l'énergie éolienne récupérable (on pourrait aussi imaginer de construire un indice utilisant le carré de la vitesse, qui serait proportionnel à la pression dynamique du vent sur des obstacles).

Sur la base de cet indice, la valeur record s'élève à environ 20 000 pour les tempêtes des 15/12/1986 et 10/1/1993 en Atlantique nord (les deux plus creuses jamais observées). Elle est ensuite de l'ordre de 12 000 pour des tempêtes s'étant produites en décembre 1792 et février 1825, de 9 000 pour « The Storm » de décembre 1703, d'environ 8 000 pour la tempête d'octobre

1987 (baptisée à l'époque « tempête du siècle », avant l'occurrence de Lothar et Martin, dont les indices n'ont pas été évalués ici), d'environ 6 000 pour la tempête ayant rompu les digues hollandaises fin janvier 1953.

L'exploitation statistique des longues séries chronologiques de données de vitesse de vent permet une estimation statistique de leur fréquence. La distribution généralisée des valeurs extrêmes (« Generalized Extreme-Value Distribution ») est d'un usage répandu pour la modélisation des valeurs extrêmes des phénomènes naturels, que ce soit en météorologie ou en hydrologie. Elle présente l'avantage de combiner en une forme unique les trois types possibles de distribution limite des valeurs extrêmes décrites par Fisher et Tippett (1928).

Cette loi de distribution dépend de trois coefficients ; elle se formule de la manière suivante, avec une distinction qui s'effectue en fonction de la valeur du « coefficient de forme » :

- pour  $k \neq 0$ ,  $F(x) = \exp\left\{-\left[1 - k \frac{x - \xi}{\alpha}\right]^{1/k}\right\}$
- pour  $k = 0$ ,  $F(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{x - \xi}{\alpha}\right]\right\}$



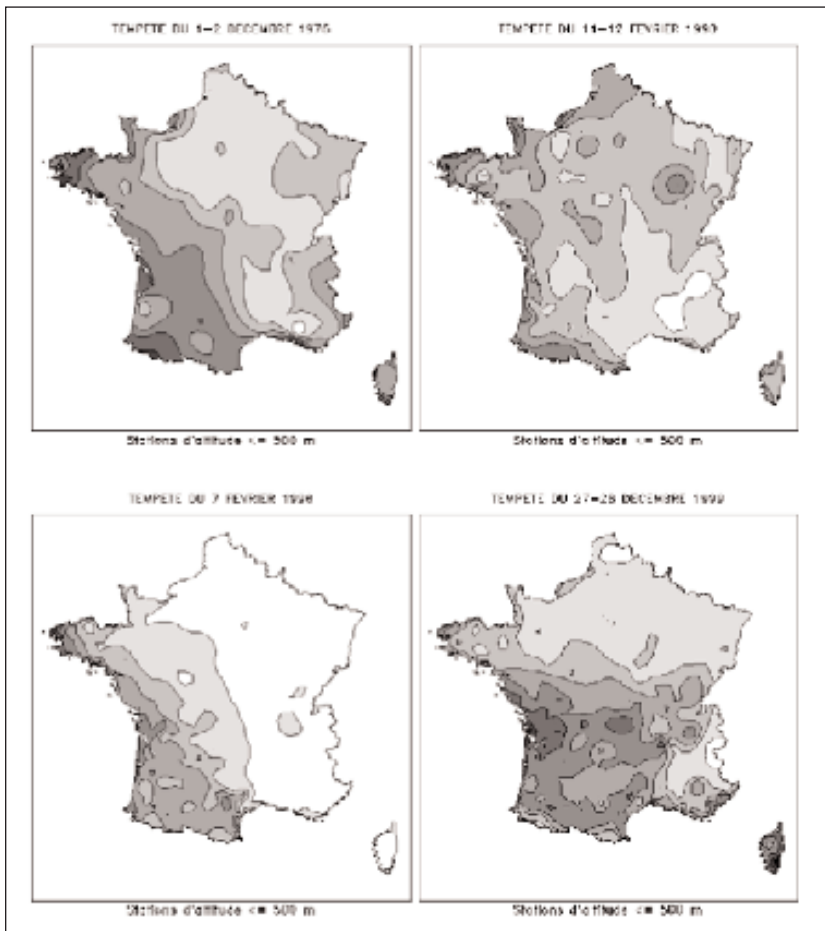


Fig. 3. - Comparaison de la tempête des 27-28/12/1999 (Martin) avec d'autres événements comparables.

$\xi$  est appelé « coefficient de localisation », tandis que  $\alpha$  est le « coefficient d'échelle ».

Le cas particulier  $k=0$  correspond à la loi bien connue de Gumbel. La motivation première à l'ajustement d'un échantillon de valeurs extrêmes par une loi telle que celles mentionnées ici est la détermination des valeurs du paramètre qui sont dépassées avec une récurrence prédéfinie.

On rappelle que l'on appelle « quantile de durée de retour années », la valeur du paramètre considéré qui est obser-

vée en moyenne une fois toutes les années, c'est-à-dire la valeur du paramètre associée à la probabilité.

Les deux formulations possibles pour un tel quantile, que l'on notera en fonction de la valeur du paramètre de forme, s'écrivent alors :

- pour  $k \neq 0$ ,  $x_T = \xi + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left( -\text{Log}\left(1 - \frac{1}{T}\right) \right)^k \right\}$
- pour  $k = 0$ ,  $x_T = \xi - \alpha \text{Log}\left\{ -\text{Log}\left(1 - \frac{1}{T}\right) \right\}$

Lors de Lothar et Martin, on a identifié, à partir des durées de retour des valeurs extrêmes de vent calculées pour les sta-

tions synoptiques, trois zones de vents centennaux ou plus :

- un périmètre Strasbourg, Colmar, Mulhouse, Orléans, Rouen, Reims, Nancy, Strasbourg, dont la majorité des valeurs ont dépassé parfois largement les valeurs cent-cinquantennales ;
- le pied des Pyrénées ;
- la côte atlantique depuis Biscarosse jusqu'à la Vendée.

Des cartographies de quantiles de durées de retour diverses sont régulièrement produites par Météo-France, en vue d'un zonage du risque lié aux vents extrêmes. ●

## BIBLIOGRAPHIE

- AYRAULT, F. (1998) : Environnement, structure et évolution des dépressions météorologiques 0: réalité climatologique et modèles types. Thèse de Doctorat de l'Université P. Sabatier, Toulouse, 328 pp.
- AYRAULT, F. et A. JOLY (2000,a) : L'origine des dépressions météorologiques sur l'Atlantique : nouvelle perspective climatologique. C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes, 330, 173-178.
- AYRAULT, F. et A. JOLY-b (2000,b) : Une nouvelle typologie des dépressions météorologiques : classification des phases de maturation. C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes, 330, 167-172.
- BALESTE, M.C., H. BRUNET, A. MOUGEL, J. COIFFIER, N. BOURDETTE et P. BESSEMOULIN (2001) : Les tempêtes exceptionnelles de Noël 1999. Phénomènes remarquables, n°7, Météo-France, juillet 2001.
- DOLL, D. (1991) : Histoire des grandes tempêtes dans les forêts d'Europe occidentale. La forêt privée, n°198, 60-70 et n°199, 58-74.
- DREVETON, C. (2002) : Evolution du nombre de tempêtes observées en France. La Météorologie. Sous presses.
- FIERRO, A. (1991) : Histoire de la météorologie. Denoël, Paris.
- GENEROSO, S. (2000) : Etude du lien entre la variabilité d'un paramètre de grande échelle et l'arrivée des tempêtes sur la France. Rapport de stage, Météo-France, CNRM/GMGEC.
- LAMB, H.H. (1991) : Historic storms on the North Sea, British Isles and Northwest Europe. Cambridge University Press.
- LEDoux, B. (1995) : Les catastrophes naturelles en France. Documents Payot, Paris.
- PLANTON, S. et P. BESSEMOULIN (2000) : Le Climat s'emballait-il ? La Recherche, n°335, 46-49.