

2.10. Les tempêtes d'hiver

Heini Wernli, Stephan Bader et Patrick Hächler

Les tempêtes d'hiver sont associées à de profondes zones dépressionnaires. En Europe centrale, ces tempêtes sont plus nombreuses en période de forte activité cyclonique sur l'Atlantique, situation plus fréquente depuis les années 1930. De nombreuses modélisations prévoient une augmentation de l'activité cyclonique sur l'Atlantique Nord oriental et l'Europe occidentale comme conséquence des changements climatiques. Selon des considérations prudentes, les tempêtes pourraient gagner en intensité en Europe occidentale. Il n'existe pas d'estimations sur les changements futurs de la fréquence du föehn.

Introduction

Des tempêtes d'hiver extrêmes telles que Lothar (décembre 1999) ou Vivian (janvier 1990) sont des cas isolés rares. Aussi n'est-il pas possible de tirer des conclusions statistiquement fondées sur les changements de fréquence et d'intensité de tels événements. Les tendances à ce sujet sont incertaines.

L'intensité des tempêtes se mesure à la vitesse du vent à 10 m du sol. Il faut distinguer entre les pointes des rafales (durée de quelques secondes) et le vent moyen (sur plus de 10 minutes). Les comptes-rendus des médias se réfèrent généralement aux pointes des rafales. C'est sur elles aussi que s'orientent les assurances pour fixer la limite de couverture des dommages (à partir de 75 km/h). La notion de «tempête» utilisée dans ce cas n'est pas bien choisie. En effet, la norme la plus connue et la plus ancienne pour caractériser les vents est celle de Beaufort. Or elle fait appel à des valeurs moyennes: il y a tempête à partir d'un vent de force 9, c'est-à-dire de moyennes d'au moins 75 km/h. La notion d'«ouragan» (événement extrême) correspond à un vent de force 12 sur l'échelle de Beaufort, soit à des moyennes de 118 km/h et plus, qui ne sont pratiquement jamais atteintes à basse altitude loin des côtes. Les pointes des rafales sont en général de 30 à 80% supérieures à la force du vent moyen.

Conditions météorologiques

Les tempêtes d'hiver se développent en présence de profondes zones dépressionnaires (cf. chapitre 1.3.). Celles-ci se forment dans des régions à gradient horizontal de température élevé, c'est-à-dire à la transition entre l'air subtropical et polaire. L'Atlantique Nord occidental comporte un important gradient de température dirigé du nord au sud. De nombreuses dépressions

s'y forment et se déplacent ensuite vers l'Europe nord-occidentale. Leur trajectoire conduit rarement directement au-dessus de l'Europe centrale, c'est pourquoi ce sont souvent seulement les fronts froids issus de la dépression qui nous atteignent en Suisse. Quand les différences de pression entre les Açores et l'Islande sont importantes, le courant atlantique d'ouest se renforce de même que la fréquence des zones dépressionnaires pénétrant sur le continent.

Les tempêtes d'hiver extrêmes sont dues à la conjonction de nombreux processus (gradient nord-sud de température élevé; puissants courants-jets; perturbation à une altitude d'env. 9 km



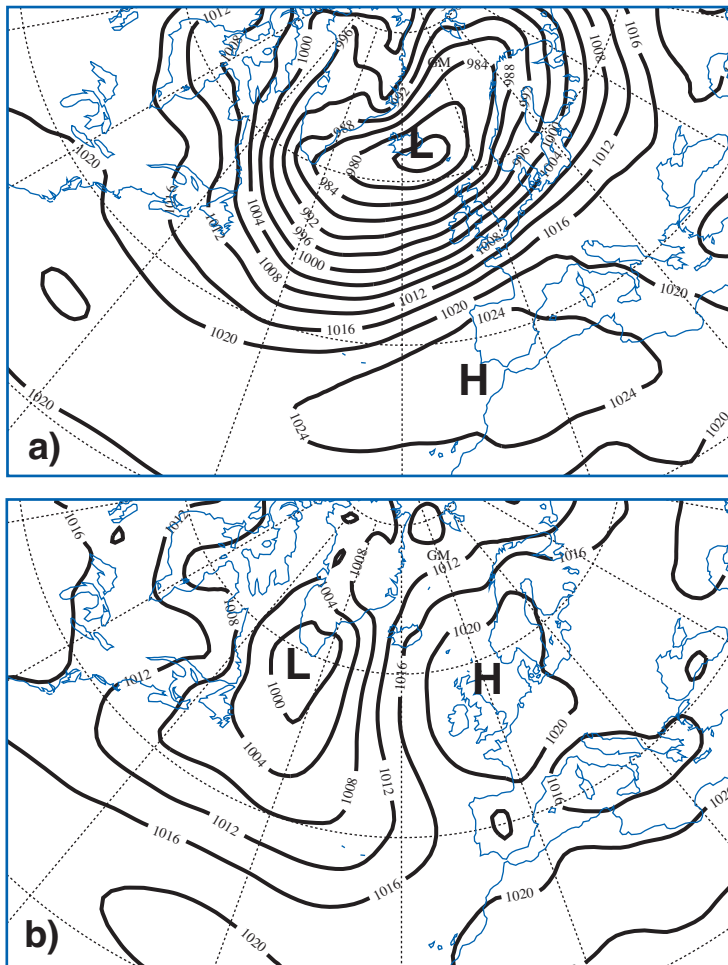


Figure 46: Répartition des pressions au sol pour un mois où l'indice ONA est (a) fortement positif (février 1990) resp. (b) fortement négatif (janvier 1987). Ecart entre isobares: 4 hPa. En cas de phase ONA positive, on observe en moyenne mensuelle une profonde dépression sur l'Islande, tandis que l'anticyclone des Açores s'étend sur l'Espagne. Lors d'une phase négative, un anticyclone domine en Europe nord-occidentale et une dépression d'intensité moyenne au sud du Groenland.

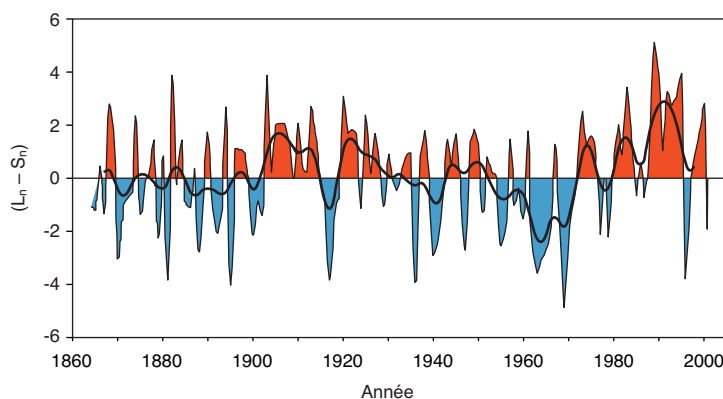


Figure 47: Reconstitution de l'indice ONA depuis 1864. L'indice ONA exprime la différence de pression entre les Açores et l'Islande.⁴ Un indice élevé caractérise une grande différence de pression. Depuis le début des années 1970, l'indice ONA est en majorité positif.

(tropopause); condensation de vapeur d'eau), dont l'importance varie selon les cas. Dans celui de Lothar (décembre 1999), les modélisations montrent que la condensation de vapeur d'eau a joué un rôle très important dans la formation et l'intensification du système au-dessus de l'Atlantique¹ (cf. figure 10 et encadré *Lothar – une étude du processus*).

Tendance observée au 20^e siècle

Pendant les périodes à haute activité cyclonique au-dessus de l'Atlantique, la fréquence des tempêtes augmente en Europe centrale. Un indicateur de l'activité cyclonique mensuelle sur l'Atlantique Nord et l'Europe est l'indice de l'oscillation nord-atlantique ONA^{2,3}, qui correspond à la différence de pression au sol entre les Açores (ou le Portugal) et l'Islande (figure 46).⁴ Quand l'indice ONA est élevé, cette différence de pression est grande.

Depuis une trentaine d'années, les courants d'hiver sur l'Atlantique Nord et l'Europe sont dominés par un indice ONA élevé (figure 47). Les hivers des tempêtes Vivian et Lothar (1989/90 resp. 1999/2000) tombent pendant cette période. Le lien entre la fréquence de fortes tempêtes en Europe centrale et l'indice ONA n'est toutefois pas démontré.

Des études statistiques de toutes les zones dépressionnaires d'hiver, fortes et faibles, de 1958 à 1999, montrent que ces dernières sont devenues un peu plus rares au-dessus de l'Atlantique Nord. Leurs trajectoires se sont décalées vers le nord.³ Les changements ne sont pas significatifs en Europe centrale. Par contre, la fréquence des fortes dépressions sur l'Atlantique Nord a augmen-

té depuis les années 1930⁵ (figure 48). Leurs trajectoires se sont aussi déplacées vers le nord. Ainsi la Suisse se trouve-t-elle aujourd'hui davantage au bord sud ou même à l'extérieur des zones de tempêtes.⁶ En Suisse nord-orientale, le nombre de jours caractérisés par une vitesse du vent élevée fut nettement plus grand de 1880 à 1930 que par la suite (figure 49). Autre fait remarquable, le début des tempêtes en Suisse s'est déplacé toujours plus d'octobre/novembre en décembre. Globalement, l'intensité et la fréquence des tempêtes non tropicales ne présentent pas de tendances significatives relatives aux changements climatiques.⁷

Perspectives en relation avec les changements climatiques

Les changements climatiques globaux pourraient

modifier la probabilité des conditions favorisant les tempêtes d'hiver extrêmes. Par exemple, l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère – prévision qui fait quasiment l'unanimité – peut renforcer l'intensité et la fréquence des dépressions génératrices de tempêtes.

De nombreux modèles climatiques globaux prévoient un accroissement de l'activité cyclonique sur l'Atlantique Nord oriental et l'Europe occidentale.^{8,9} Mais les processus physiques responsables ne sont pas clarifiés.⁷ On ignore par exemple si c'est l'augmentation de la fréquence des dépressions ou celle de leur intensité qui renforce l'activité cyclonique.

Les prévisions sur la fréquence de tempêtes d'hiver fortes et extrêmes doivent être interprétées avec prudence. La simulation des trajectoires des dépressions par les modèles climatiques glo-

baux comprend souvent d'assez grosses erreurs.¹⁰ Il se peut aussi qu'elle ne reproduise pas assez bien des processus jouant un rôle important lors de dépressions relativement petites mais très intenses (Lothar, Vivian). Les maxima de la vitesse du vent près du sol sont par exemple fortement influencés par la topographie locale et doivent être estimés au moyen de méthodes numériques laborieuses.¹¹

Des considérations prudentes, s'appuyant sur les mesures et sur les modèles, permettent d'envisager un renforcement des tempêtes aux latitudes moyennes (p. ex. en Europe occidentale) comme une évolution possible. D'un autre côté, la plupart des modèles prévoient un réchauffement plus marqué aux hautes qu'aux basses latitudes, ce qui réduirait alors les contrastes de température, et donc aussi le potentiel de formation des dépressions.

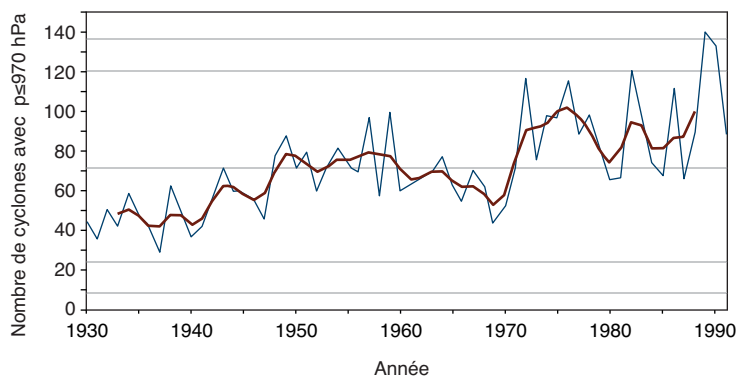


Figure 48: Nombre de fortes dépressions par année dans l'Atlantique Nord et en Europe de 1930 à 1990. Une dépression est considérée forte si la pression minimale est inférieure à 970 hPa.⁵ La figure révèle une augmentation sensible de la fréquence de ces fortes dépressions pendant la période considérée..

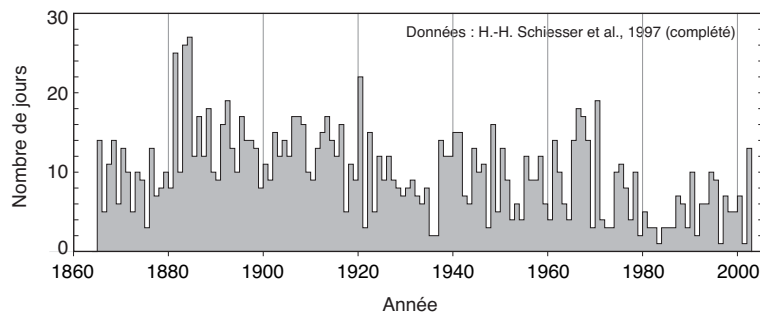


Figure 49: Nombre de jours de fort vent (pointes de rafales de 90 km/h (50 nœuds) et plus) pendant le semestre d'hiver de 1864/65 à 2001/02 à la station de mesure de Zurich⁶ (complété). Cette station est considérée de représentative de la Suisse nord-orientale. Des données de quelques stations des environs ont servi à des comparaisons et comblé des lacunes.

Le fœhn comme vent extrême

A part les vents classiques d'ouest, le fœhn fait partie des risques de tempête au nord des Alpes en Suisse et donne lieu aussi à des événements extrêmes. La tempête de fœhn des 7 et 8 novembre 1982 a fait des dégâts considérables aux forêts dans les Alpes.

Le fœhn est un phénomène très fréquent dans nos vallées alpines. Les pointes de vent atteintes par le fœhn restent le plus souvent inférieures à 100 km/h. Une analyse des maxima annuels montre cependant que les vallées, surtout celles orientées du sud au nord, qui canalisent le fœhn et l'accélèrent encore, subissent de temps à autres de fortes tempêtes. La station de mesure d'Altdorf compte chaque année avec une bourrasque de fœhn d'au moins 110 km/h. Les 140 km/h sont atteints tous les dix ans et le maximum cinquantennal est estimé à presque 160 km/h. Des valeurs semblables ont été trouvées pour Vaduz, mais sont toutefois inférieures de 5 km/h en moyenne à celles d'Altdorf.

De façon générale, il convient d'admettre que dans toutes les vallées à fœhn, les tempêtes de fœhn peuvent atteindre des pointes de plus de 100 km/h. Dans de rares cas, elles touchent des régions qui ne sont pas spécialement exposées au fœhn (le pays d'Appenzell, le Zugerberg, Obwald, l'Oberland bernois). Au-dessus de 2000 mètres environ, le fœhn atteint souvent la force d'une tempête pratiquement sur tout le versant nord des Alpes; il peut même dépasser 200 km/h en des lieux exposés, proches des crêtes (p. ex. Gütisch/Andermatt). A part les risques découlant de la pression du vent, le fœhn représente un risque non négligeable en rapport avec les incendies. Ce vent, qui est parfois persistant, peut attiser et propager le feu et entrave le travail des pompiers.

Il n'existe pour l'heure aucune estimation sur l'évolution future de la fréquence du fœhn dans le contexte des changements climatiques. Sachant que le fœhn est étroitement associé à certaines situations météorologiques et à leurs caractéristiques régionales, il faut d'abord attendre des résultats fiables sur l'évolution future des conditions météorologiques régionales.

Patrick Hächler

- 1 Wemli H., S. Dirren, M. Liniger, and M. Zillig, Dynamical aspects of the life-cycle of the winter storm 'Lothar' (24–26 December 1999). *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 128, 405–429, 2002.
- 2 Wanner H., S. Brönnimann, C. Casty, D. Gyalistras, J. Luterbacher, C. Schmutz, D. B. Stephenson, and E. Xoplaki, North Atlantic Oscillation – concepts and studies. *Surveys in Geophysics*, 2002.
- 3 Gulev S. K., O. Zolina, and S. Grigoriev, Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data, *Clim. Dynam.*, 17, 795–809, 2001.
- 4 Hurrell J. W., Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation, *Science*, 269, 676–679, 1995.
- 5 Schinke H., On the occurrence of deep cyclones over Europe and the North Atlantic in the period 1930–1991, *Contrib. Atmos. Phys.*, 66, 223–237, 1993.
- 6 Schiesser H. H., C. Pfister, and J. Bader, Winter storms in Switzerland North of the Alps 1864/65–1993/94. *Theor. Appl. Climatol.*, 58, 1–19, 1997.
- 7 IPCC, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 881 p., 2001.
- 8 Sinclair M. R. and I. G. Watterson, Objective assessment of extratropical weather systems in simulated climates, *J. Climate*, 12, 3467–3485, 1999.
- 9 Ulbrich U. and M. Christoph, A shift of the NAO and increasing storm track activity over Europe due to anthropogenic greenhouse gas forcing, *Clim. Dynam.*, 15, 551–559, 1999.
- 10 Carnell R. E., C. A. Senior, and J. F. B. Mitchell, An assessment of measures of storminess: Simulated changes in northern hemisphere winter due to increasing CO₂, *Clim. Dynam.*, 12, 467–476, 1996.
- 11 Goyette S., M. Beniston, P. Junco, D. Caya, and R. Laprise, Numerical investigation of an extreme storm with the Canadian Regional Climate Model: The case study of windstorm Vivian, Switzerland, February 27, 1990. *Climate Dynamics*, 18, 145–168, 2001.