



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse

**MétéoSuisse**

Rapport technique MétéoSuisse N° 268

# La tempête hivernale Éléonor/Burglind en Suisse

---

MétéoSuisse





**ISSN: 2296-0058**

**Rapport technique MétéoSuisse N° 268**

# La tempête hivernale Éléonor/Burglind en Suisse

## **Rédaction**

Simon Scherrer

## **Auteurs**

Chapitre 1: Simon Scherrer

Chapitre 2: Christophe Salamin

Chapitre 3: Christophe Salamin

Chapitre 4: Tanja Weusthoff, Pirmin Kaufmann

Chapitre 5: Stephan Bader, Simon Scherrer

Chapitre 6: Thomas Röösl

Chapitre 7: Nina Aemisegger, Monika Gut

Version du 24.08.2018

## **Citation recommandée:**

MétéoSuisse: 2018, La tempête hivernale Éléonor/Burglind en Suisse, *Rapport technique MétéoSuisse*, **268**, 35 pp.

## **Editeur:**

Office fédéral de météorologie et de climatologie, MétéoSuisse, © 2018

## **MétéoSuisse**

7bis, av. de la Paix

CH-1211 Genève 2

T +41 58 460 98 88

[www.meteosuisse.ch](http://www.meteosuisse.ch)



## Résumé

Le matin du 3 janvier 2018, la tempête Éléonor (aussi appelée Burglind) a touché de nombreuses régions suisses. Plus forte tempête hivernale depuis Lothar en 1999, Éléonor/Burglind a causé des vents forts, en particulier dans le Jura et dans les régions de plaine sur le versant nord des Alpes. Les vitesses de vent mesurées ont atteint les 90 à 130 km/h dans les régions de plaine, de 140 à 170 km/h en montagne, voire jusqu'à 200 km/h sur les sites exposés. La vallée du Rhône ainsi que le nord et le centre des Grisons ont été affectés uniquement en périphérie. Le versant sud des Alpes a été largement épargné par la tempête.

Quatre jours avant l'événement, les modèles météorologiques numériques laissaient déjà envisager une forte tempête. Les signes annonciateurs se renforçant, MétéoSuisse a lancé une alerte de forte tempête (niveau 3, « danger marqué ») annonçant des vents soufflant jusqu'à 80 à 110 km/h dans les régions de plaine, de 100 à 130 km/h dans les zones de plaine surélevées et jusqu'à 130 à 160 km/h sur les hauteurs du Jura et des Alpes. À large échelle, l'alerte fut correcte. Le long du pied sud du Jura, du Jura neuchâtelois jusqu'au Toggenbourg et du nord-est du Plateau en passant par les Préalpes centrales, les vents ont cependant atteint localement des vitesses correspondant au niveau d'alerte 4 (« danger fort »).

Les modèles météorologiques numériques COSMO-1 et COSMO-E de MétéoSuisse ont d'abord eu tendance à sous-estimer les vitesses des vents en de nombreux endroits. Ces sous-estimations ont cependant considérablement diminué à mesure que l'événement se rapprochait. Moyenné sur tout le pays, le modèle météorologique COSMO-1 a fourni les meilleures prévisions à court terme. Toutefois, pour les régions de plaine situées au nord des Alpes, il ne s'est pas distingué des autres modèles disponibles.

La tempête Éléonor/Burglind s'est révélée la plus forte tempête hivernale en Suisse depuis Lothar en 1999 et compte parmi les quatre plus fortes tempêtes hivernales depuis 1981. En certains points, cette tempête a atteint des vitesses de vent record. Dans la plupart des régions, les tempêtes Lothar en 1999 et Vivian en 1990 accusaient cependant des vitesses de vent largement supérieures. Sur le Plateau suisse, il faut s'attendre à une tempête comme Éléonor/Burglind tous les 5 à 20 ans.

Éléonor/Burglind est la tempête hivernale ayant engendré les plus importants dégâts d'infrastructures et de forêts depuis Lothar en 1999. Les dégâts d'infrastructures sont estimés à quelque 165 millions de francs (état en février 2018). La tempête a affecté les trafics routier et ferroviaire et a causé quelques interruptions du réseau électrique. Elle a conduit à la destruction d'environ 1,3 million de mètres cubes de bois dans les forêts suisses.

MétéoSuisse a informé les autorités et la population de manière adéquate et objective. L'office s'est servi essentiellement de son site Internet et de son application MétéoSuisse comme principaux moyens de communication. Il a pu livrer rapidement une classification climatologique de l'événement et a reçu un accueil positif sur tous les canaux médiatiques.

## Abstract

During the morning of 3 January 2018, storm Burglind/Eleanor reached large parts of Switzerland. It was the strongest winter storm since Lothar in 1999 and brought exceptionally strong winds, especially in the Jura mountains and on the Swiss Plateau. Wind gusts of 90-130 km/h have been recorded on the Plateau, gusts of 140-170 km/h in mountain areas and up to 200 km/h in some exposed places. The Rhone valley, the northern and central Grisons have been affected only moderately by the storm. The southern slopes of the Alps have been mostly untroubled by the storm.

The weather model predictions have shown signals of an upcoming storm already four days before the event. The evidence was confirmed later on and MeteoSwiss issued a “heavy storm” warning (warning level 3, serious danger) timely with wind gusts of 80-110 km/h on the Plateau, 100-130 km/h in slightly elevated areas and 130-160 km/h in higher elevations of the Jura mountains and the Alps. The warning was broadly correct. On the southern slopes of the Jura mountains, in the Jura around Neuchâtel, along the central Prealps, in the Toggenburg and in the north-easterly parts of the Plateau, wind gusts of warning level 4 (serious danger) have been reached.

The numerical weather models COSMO-1 and COSMO-E from MeteoSwiss underestimated the wind gusts in the predictions in the beginning. The underestimation decreased clearly with increasing proximity to the event. The COSMO-1 model provided the best short-term forecasts and averaged over the whole of Switzerland. However, there was no additional benefit of the COSMO-1 model with respect to the other models on the Plateau north of the Alps.

Burglind/Eleanor is the strongest winter storm in Switzerland since Lothar in 1999 and is one of the four strongest winter storms since 1981. In some places, record breaking wind gusts have been registered. In most regions however, the wind gusts of Lothar and Vivian were clearly stronger. A winter storm like Burglind/Eleanor is expected about every 5-20 years for most places on the Swiss Plateau.

Burglind/Eleanor caused the largest infrastructure and forest damage from a winter storm since Lothar in 1999. The estimated infrastructure damage was around 165 Mio CHF (as of February 2018). There have been impairments in road- and rail-traffic and some interruptions in the power supply system. The storm felled around 1.3 million cubic metres of wood in Swiss forests.

MeteoSwiss informed the authorities and the general public well and fact based. The most important means of communication were the MeteoSwiss website and the MeteoSwiss App. A climatological classification of the event was quickly provided. MeteoSwiss was positively mentioned on all media channels.

## Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>V</b>
<b>Abstract</b>	<b>VI</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 Situation météorologique globale</b>	<b>3</b>
<b>3 Prévisions, alertes et mesures</b>	<b>7</b>
3.1 Analyse de la situation	7
3.2 Alertes	10
3.3 Valeurs de vent mesurées	11
3.4 Évaluation de l'alerte	13
<b>4 Vérification des modèles de prévision numériques</b>	<b>15</b>
4.1 Les modèles météorologiques utilisés et leurs prévisions	15
4.2 Vérification des rafales de vent et de la vitesse moyenne du vent	16
4.3 Évaluation et classification	18
<b>5 Classification climatologique</b>	<b>21</b>
5.1 Les plus importantes tempêtes hivernales depuis 1981	21
5.2 Comparaison avec Lothar et Vivian	23
5.3 Évolution temporelle des jours de forte tempête	25
<b>6 Dégâts et répercussions</b>	<b>27</b>
<b>7 Stratégie de communication et échos médiatiques</b>	<b>31</b>
7.1 Communication de MétéoSuisse	31
7.2 Échos médiatiques et canaux de distribution	31
7.3 Conclusions relatives aux médias et aux relations publiques	32
<b>Remerciements</b>	<b>33</b>
<b>Références</b>	<b>35</b>





# 1 Introduction

Après avoir pris une « pause » de plusieurs années, les tempêtes hivernales ont refait surface en 2017-2018. En décembre 2017, mais surtout en janvier 2018, plusieurs tempêtes ont balayé la Suisse. Éléonor (aussi connue sous le nom de Burglind, ci-après Éléonor/Burglind), la plus forte tempête, a touché le Plateau suisse en particulier à l'ouest et au nord le matin du 3 janvier 2018. La vallée du Rhône et les régions à l'ouest des Alpes n'ont été que peu concernées par cet événement. Le versant sud des Alpes n'a quant à lui pas été touché.

Le présent rapport donne un éclairage sur la situation météorologique à large échelle, les prévisions et alertes qui ont été élaborées pour l'événement, la vérification des prévisions et des modèles, la classification météorologique de l'événement, l'évaluation approximative des impacts ainsi que sur les moyens de communication mis en oeuvre par MétéoSuisse.

Le rapport s'articule comme suit : le **chapitre 2** présente la situation et l'évolution météorologiques pour la période du 2 au 4 janvier 2018 ; le **chapitre 3** s'intéresse aux prévisions, aux alertes émises ainsi qu'à leurs vérifications sur la base des mesures effectivement obtenues aux stations ; le **chapitre 4** illustre le bon fonctionnement des modèles météorologiques numériques pour prévoir l'événement ; le **chapitre 5** situe la tempête dans une classification climatologique et la compare avec Lothar et Vivian, les tempêtes les plus importantes de la fin du XX<sup>e</sup> siècle ; le **chapitre 6** propose un aperçu des dégâts et des répercussions de la tempête en Suisse ; enfin, le **chapitre 7** documente la stratégie de communication de MétéoSuisse et les échos médiatiques que celle-ci a suscités.



La tempête Éléonor/Burglind se déchaînant sur le lac de Zoug (Zoug, le 3 janvier 2018, 12 h 14 heure normale d'Europe centrale). Photo : Andreas Hostettler



## 2 Situation météorologique globale

Pour qu'une dépression cyclonique telle qu'Éléonor/Burglind se développe, la situation météorologique doit être particulièrement dynamique. Dans le nord de l'Europe, c'est souvent le cas en hiver, et en particulier au cours de l'hiver 2017-2018.

Au cours de la saison hivernale dans l'hémisphère nord, les différences de température entre les masses d'air polaires et tropicales s'accroissent. Par conséquent, un gradient de pression horizontal se développe à haute altitude entre ces deux masses d'air, conduisant à la formation d'un courant majeur de secteur ouest, le « jetstream » ou courant-jet. Celui-ci marque la limite entre les deux masses d'air de la troposphère supérieure, alors que des fronts se manifestent au niveau du sol (fronts froids, fronts chauds ou occlusions).

En hiver, cette zone frontale se décale en direction du sud et se situe souvent, dans l'ouest de l'Europe, entre les îles britanniques et l'Espagne ou à des latitudes comparables dans l'Atlantique Nord. Le courant-jet ne représente pas un flux d'air d'intensité uniforme, mais varie considérablement en matière de vitesse et de direction. Il emprunte un trajet courbe et sinueux entre les basses et les hautes latitudes, interagissant de façon complexe avec les masses d'air se trouvant près du sol. Certaines régions proches des cœurs de jet engendrent de la divergence à haute altitude, générant des ascendances de large échelle, elles-mêmes responsables de la formation de dépressions au niveau du sol.

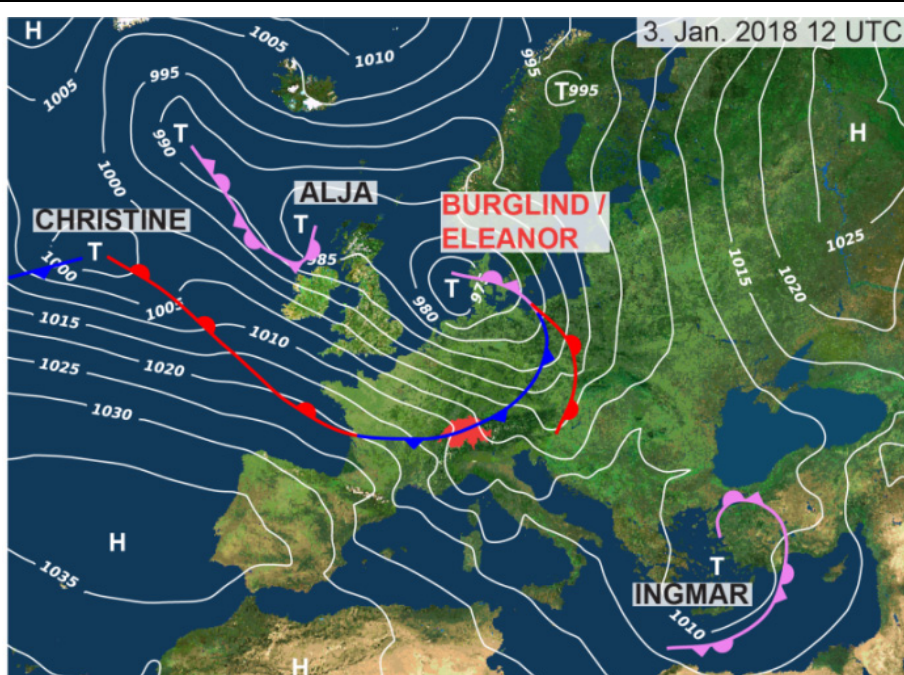
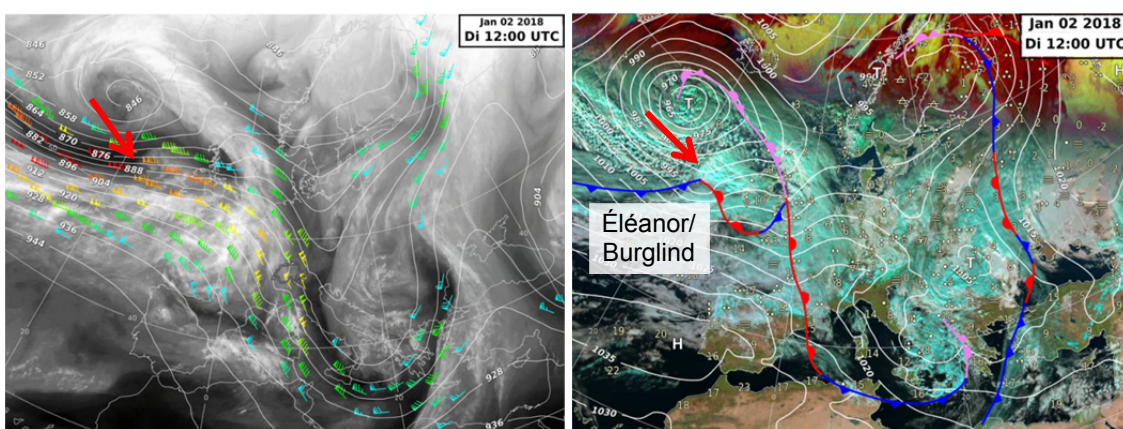


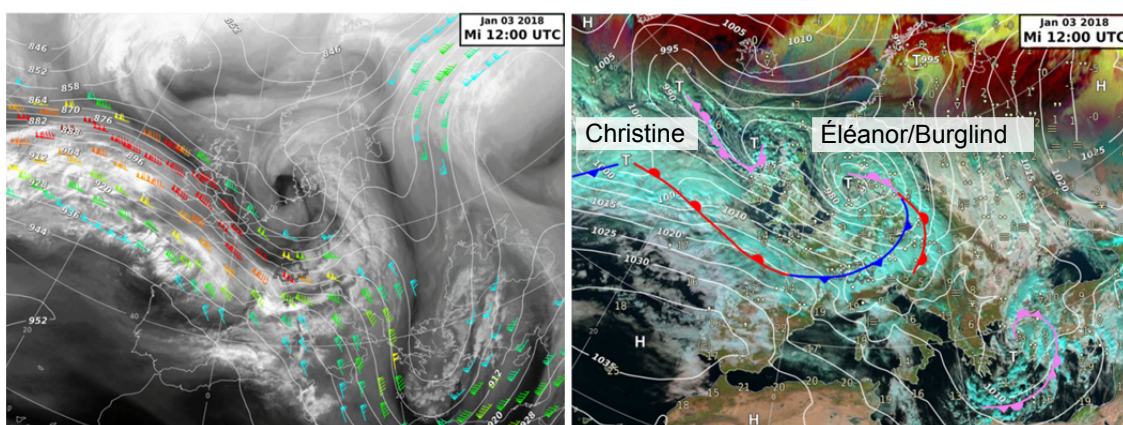
Figure 1 : pression au sol et fronts le 3 janvier à 12 h 00 UTC (13 h 00 locales).

La tempête Éléonor/Burglind (Éléonor étant le nom donné par le Met Office en Grande-Bretagne et Burglind celui donné par l'Université libre de Berlin (FU)) s'est formée comme la plupart des tempêtes touchant l'ouest de l'Europe durant la saison hivernale, soit selon le schéma présenté ici. La **Figure 1** montre la répartition des pressions au niveau du sol environ deux heures après les rafales de vent maximales en Suisse. Les **Figure 2, 3 et 4** révèlent l'évolution de la tempête en détail.

Le mardi 2 janvier 2018 à 12 heures UTC (**Figure 2**), le courant-jet se trouve dans l'axe de la zone à l'ouest de l'Irlande. À la limite nord, on distingue une anomalie de la tropopause impliquant un abaissement de l'air sec de la stratosphère (zone noire sur l'image vapeur d'eau (rayonnement infrarouge) de gauche). A ce moment-là, Éléonor/Burglind est en voie de formation à l'ouest de l'Irlande (voir flèche). La tempête se trouve à un stade encore précoce ce qui explique qu'aucune occlusion ne soit encore visible (image de droite).

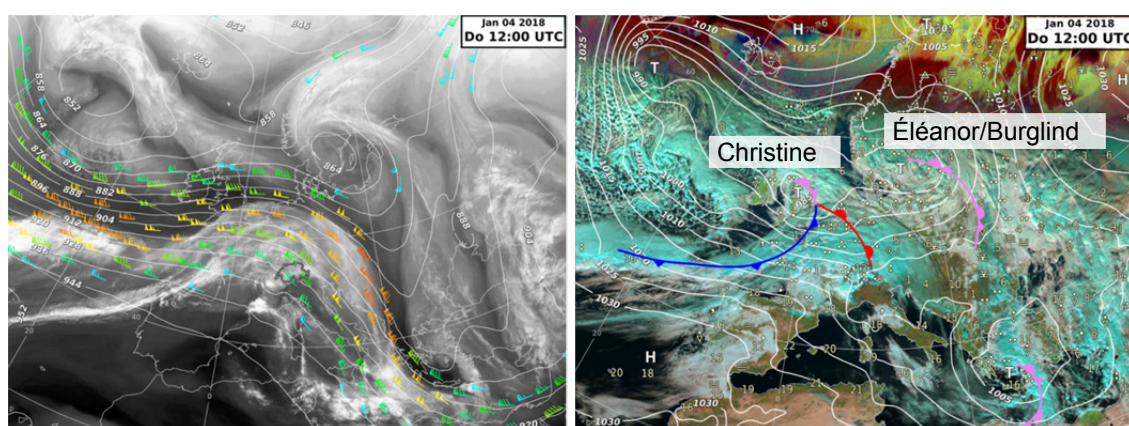


**Figure 2** : l'image de gauche est une image satellite du rayonnement infrarouge dans le canal de la vapeur d'eau (à  $6,2 \mu\text{m}$  – les zones claires représentent des zones humides avec des nuages, les zones foncées de l'air sec) prise le mardi 2 janvier 2018 à 12 heures UTC (13 heures locales). Les isohypses et les champs de vent sont superposés (dans la zone rouge des vents de plus de 140 nœuds soufflent, soit environ 260 km/h) dans la zone géopotentielle à 300 hPa, soit environ 9 km de hauteur. Cette image de gauche illustre les courants, l'humidité et la nébulosité dans la haute troposphère. L'image de droite est un produit satellite « naturel » pris au même instant : les tons bleus représentent les nuages élevés composés de cristaux de glace, les tons blancs et gris les nuages de basse altitude, les tons vert-brun la surface terrestre et les tons noirs les plans d'eau. Sont superposés le champ de pression au sol et les fronts analysés manuellement selon les signatures standard. Tous les champs de pression et de vent sont des analyses issues du modèle météorologique global du CEPMMT (Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme), utilisant la modélisation déterministe HRES ([www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)). Les noms des zones de basse pression ont été ajoutés par la suite.



**Figure 3** : identique à la figure 2, mais le mercredi 3 janvier 2018 à 12 h 00 UTC (13 h 00 locales).

Le mercredi 3 janvier 2018 à 12 heures UTC, soit 24 heures plus tard, le courant-jet dont les vitesses de vent dépassent les 250 km/h est arrivé depuis le nord-ouest exactement sur la Suisse (**Figure 3**). Le cœur de la tempête Éléonor/Burglind se situe sur le côté froid du courant-jet, à l'ouest du Danemark. Peu avant midi, les rafales maximales sont atteintes en Suisse au passage du front froid. L'augmentation de l'instabilité de l'atmosphère due au passage du front engendre une descente ponctuelle jusqu'en plaine des vents d'altitude particulièrement forts. À ce stade, une nouvelle tempête (Christine) se développe sur le nord de l'Atlantique.



**Figure 4** : identique aux figures 2 et 3 ci-avant, mais le jeudi 4 janvier 2018 à 12 h 00 UTC (13 h 00 locales).

Le jeudi 4 janvier 2018 à 12 heures UTC, le courant-jet s'est déjà considérablement affaibli et a quitté la Suisse (**Figure 4**). Par ailleurs, un courant légèrement anticyclonique règne sur la Suisse, ce qui s'accompagne d'une stabilisation de la masse d'air associées à une accalmie. La tempête Christine située au-dessus des îles britanniques est moins forte qu'Éléonor/Burglind. Ce jeudi-là, un front chaud arrive en Suisse et déclenche de fortes pluies en dessous de 2300 mètres environ. En résultat de nouvelles inondations et coulées de boue.

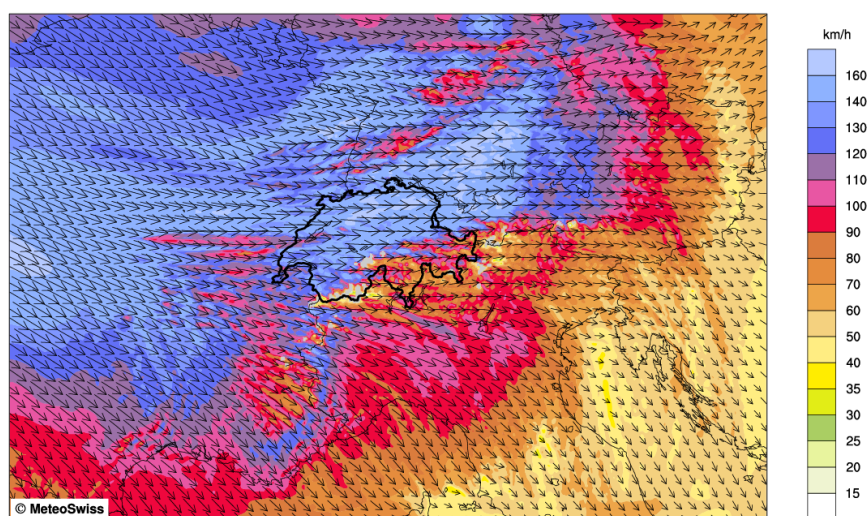


### 3 Prévisions, alertes et mesures

Formuler des prévisions et émettre des alertes relatives aux tempêtes se révèle une tâche complexe. Les modèles de prévision numériques constituent une excellente base pour évaluer la situation météorologique globale. Cependant, l'évaluation quantitative de la vitesse maximale des vents soufflant près du niveau du sol entraîne de nombreuses incertitudes. Dans le cas d'Éléonor/Burglind, on a pu reconnaître relativement tôt certains signes précurseurs d'un événement fort. Par conséquent, une préalerte a pu être lancée deux jours avant la tempête, suivie d'une alerte de degré 3 (« danger marqué ») le jour d'avant. Globalement, ces alertes se sont avérées conformes à la réalité. En certains points, des vitesses de vent correspondant au degré 4 ont cependant pu être mesurées.

#### 3.1 Analyse de la situation

Le cas de la tempête Éléonor/Burglind du 3 janvier 2018 avait ceci de particulier que les signes précurseurs permettant de la classer avec certitude comme un événement extraordinaire correspondant à une période de retour de plus de cinq ans furent relativement peu nombreux. Plus exactement, ces signes se limitaient à des vents d'altitude particulièrement forts, comme le montre bien la **Figure 5** illustrant la simulation « contrôle » du modèle COSMO-E du 2 janvier 2018 à 00 UTC (MétéoSuisse, 2018). Des vents d'altitude tempétueux ne constituent cependant pas à eux seuls une condition suffisante pour déclencher des rafales tempétueuses dans les régions de plaine.

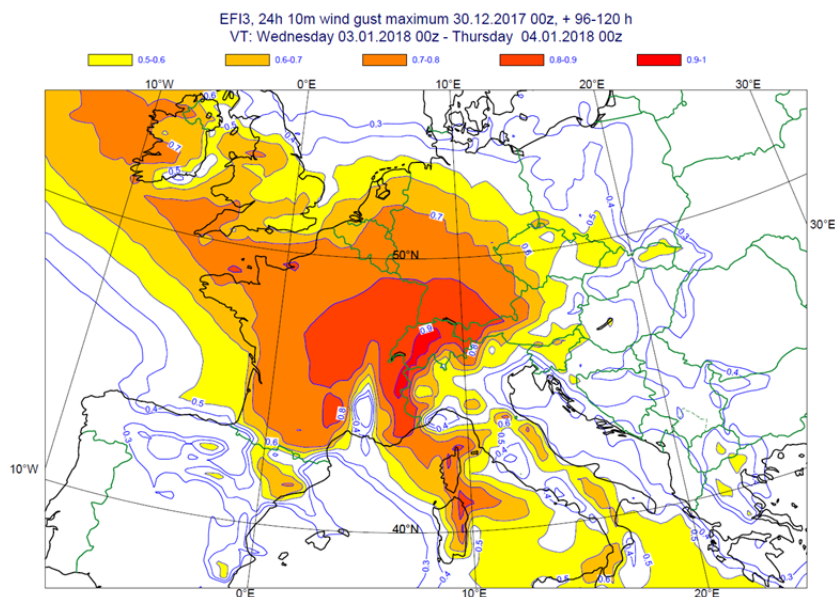


**Figure 5** : prévision des vents d'altitude à 3000 mètres pour le 3 janvier 2018 à 9 heures UTC (10 heures locales) selon la simulation de contrôle du modèle COSMO-E (démarrage du calcul à 00 UTC le 2 janvier 2018). À cette altitude, la simulation prévoyait pour cette échéance des vents soufflant entre 130 et 170 km/h sur une grande partie de la Suisse.

L'instabilité relativement élevée de la masse d'air dans la zone du front froid s'est révélée être à l'origine de vitesses de vent particulièrement importantes au niveau local, les vents d'altitude tempétueux ayant été en mesure de descendre jusque sur les hauteurs du Plateau et dans certaines vallées alpines.

La tempête Éléonor/Burglind pouvait certes être classifiée comme un événement marquant sur la base de nombreux autres indices, mais pas forcément comme un événement extraordinaire. Parmi les éléments atténuant pertinents, l'on peut relever notamment les quatre indices ci-après :

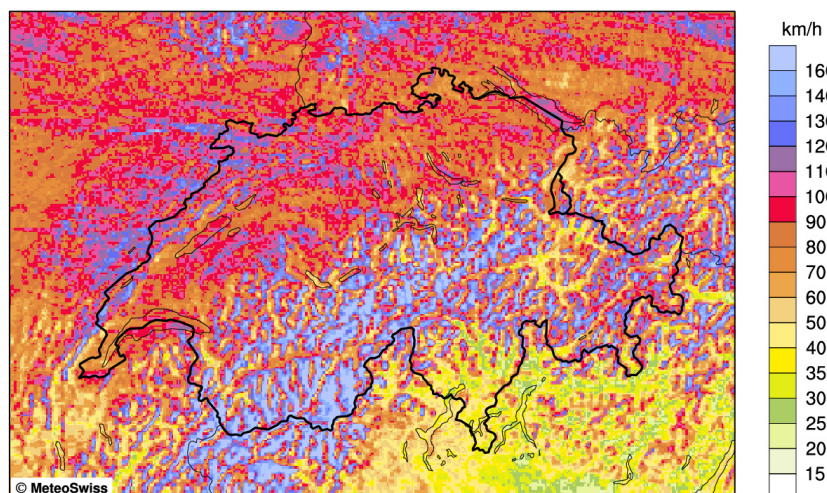
1. le centre dépressionnaire présentant une pression centrale de 975 hPa suivait une trajectoire relativement éloignée, au nord de la Suisse. Les **Figures 2, 3 et 4** laissent entrevoir une trajectoire partant des îles britanniques, suivant la mer du Nord puis rejoignant le sud du Danemark. Pour rappel, le centre de l'ouragan Lothar avec une pression de 960 hPa s'était déplacé de l'Alsace-Lorraine au centre de l'Allemagne.
2. la **Figure 6** montre que le modèle probabiliste du CEPMMT (nommé « ENS », cf. CEPMMT/ECMWF 2018) prévoyait un événement extraordinaire le 30 décembre 2017, soit quatre jours avant la tempête. Cependant, les signaux de ce type, qui se rapportent aux vents, apparaissent régulièrement en hiver et ne peuvent pas être associés directement à des événements d'une certaine catégorie.



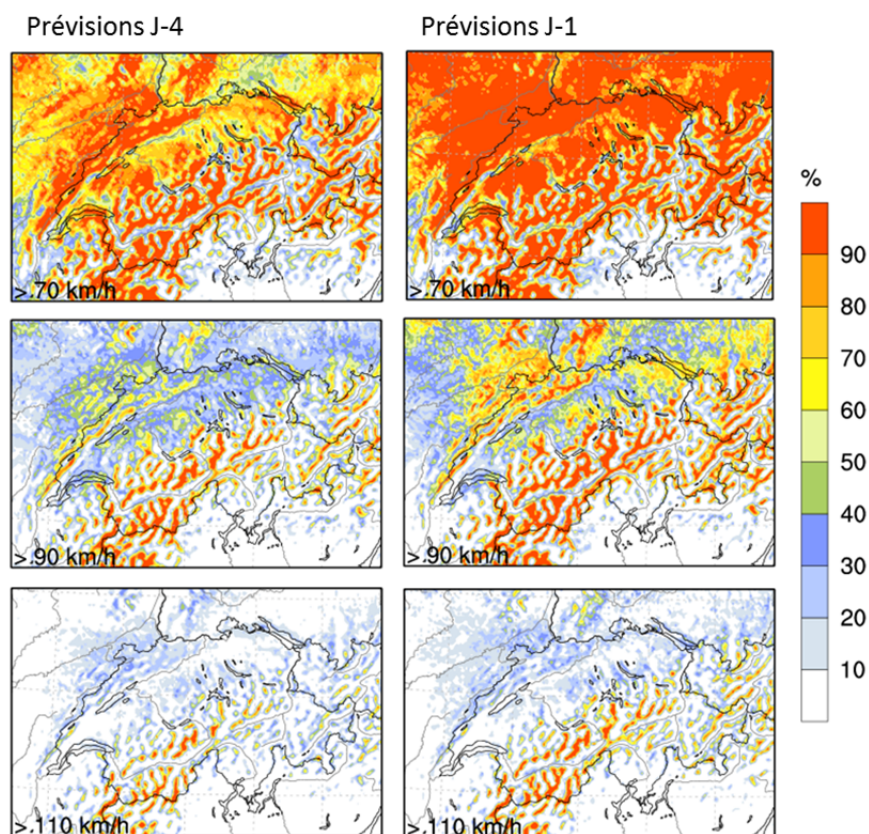
**Figure 6** : l'indice EFI (« Extreme Forecast Index », Lalaurette, 2003) du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT) du 30 décembre 2017 montre des signes clairs laissant prévoir un événement extraordinaire le 3 janvier 2018. Cet index EFI comprend des valeurs entre -1 et 1. Une valeur égale à -1 correspond à un événement exceptionnellement faible, soit une anomalie « extrêmement » négative, alors qu'une valeur égale à +1 à un événement exceptionnellement fort, en d'autres termes une anomalie « extrêmement » positive. Pour les vents, seules les valeurs positives dépassant les 0,5 apparaissent en couleur.

3. au moment de l'alerte, les différents modèles ont plutôt eu tendance à sous-estimer les prévisions des rafales de vent (voir chapitre 4, **Figure 13**). La **Figure 7** montre les rafales de vent prévues au moment de l'alerte le 2 janvier 2018. Les prévisions indiquaient des rafales de vent de 80 à 110 km/h pour le Plateau et le Jura, avec des vitesses maximales ponctuelles pouvant atteindre les 130 km/h. En observant l'évolution des prévisions de probabilité du modèle COSMO-E (**Figure 8**), on remarque qu'à mesure que le temps passe et que la tempête se rapproche, les probabilités s'accroissent fortement pour toutes les valeurs de seuil. Il s'agit là d'un signe important car les différents résultats des modèles ainsi que leurs tendances ne doivent pas être appréhendés isolément, mais de manière globale.





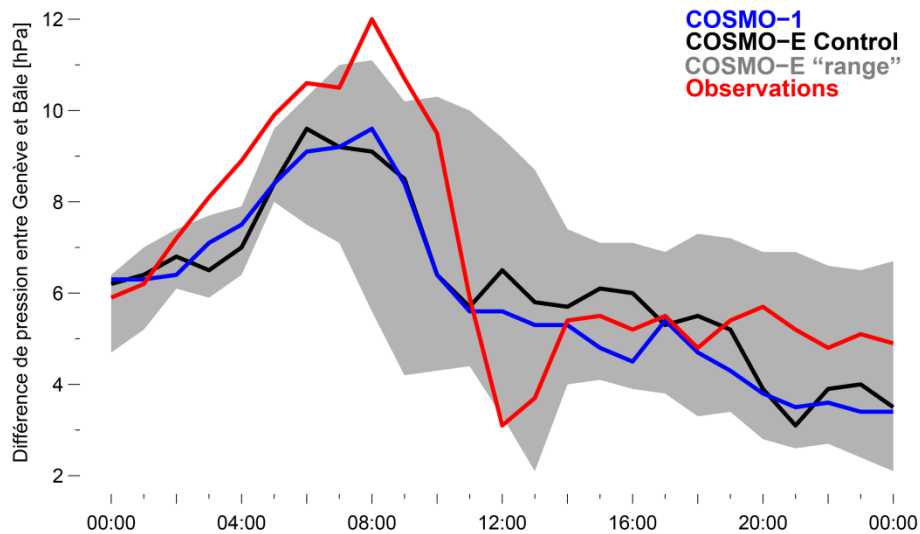
**Figure 7** : prévisions des rafales de vent du 3 janvier 2018 (COSMO-1, modélisation du 2 janvier 2018 à 03 UTC). Les rafales de vent se situaient pour la plupart entre 80 et 110 km/h (respectivement en brun et en violet). À certains endroits dans les régions de plaine (comme en Ajoie), les prévisions annonçaient des rafales de vent dépassant les 110 km/h, voire atteignant les 130 km/h.



**Figure 8** : probabilités selon COSMO-E de dépassement (en %) des valeurs seuil du degré 2 (70 km/h, images du haut), du degré 3 (90 km/h, images du milieu) et du degré 4 (110 km/h, images du bas). Les images de gauche correspondent à la simulation quatre jours avant la tempête (le 30 décembre 2017 à 00 UTC) et celles de droite à la simulation un jour avant la tempête (le 2 janvier 2018 à 00 UTC).

4. Les services de prévision utilisent fréquemment la différence de pression entre Genève et Bâle comme gradient pour évaluer la force des vents d'ouest / sud-ouest sur le Plateau. La simulation COSMO-E indiquait un gradient entre 6 et 9 hPa (**Figure 9**), une valeur typique

des événements de degré 3. En réalité, ce gradient a atteint en peu de temps une valeur de 12 hPa ; de ce point de vue, la tempête Éléanor/Burglind s'approche donc de Lothar.



**Figure 9** : évolution de la différence de pression (en hPa) entre Genève et Bâle le 3 janvier 2018 selon les modèles COSMO-1 (en bleu, simulation du 2 janvier 2018 à 03 UTC), COSMO-E (en noir, simulation de contrôle ; en gris : enveloppe d'incertitude des 21 membres de l'ensemble, simulation du 2 janvier 2018 à 00 UTC) et les observations (en rouge). L'écart entre la différence de pression effectivement observée et les prévisions un jour avant l'événement est considérable.

### 3.2 Alertes

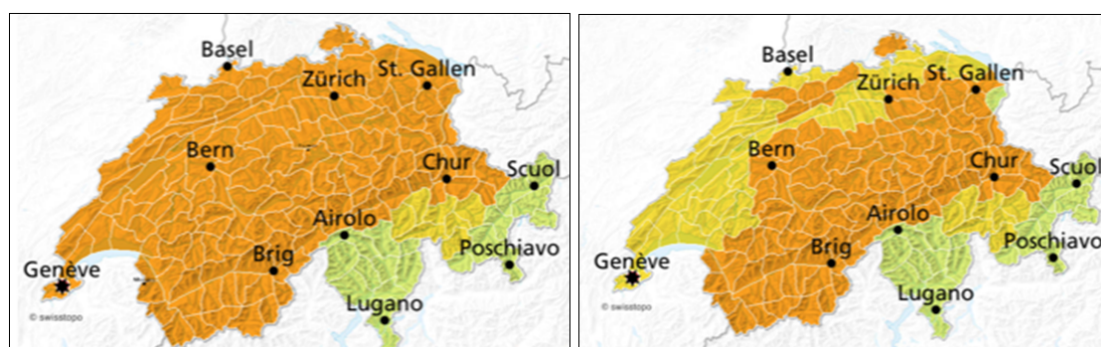
De manière générale, une tempête de ce type est identifiée plusieurs jours à l'avance comme un « événement à observer ». Ce n'est souvent que relativement peu de temps avant l'événement qu'il devient possible d'effectuer une bonne évaluation de la situation, en particulier en ce qui concerne le déroulement détaillé de l'événement et les rafales de vent. Dans le cas présent, MétéoSuisse a émis un préavis sur son site Internet pour cette tempête à partir du 30 décembre 2017. Un préavis destiné uniquement aux autorités cantonales a suivi le 1<sup>er</sup> janvier 2018 (**Tableau 1** et **Tableau 2**). Le 2 janvier 2018, une alerte de degré 3 a été lancée pour les régions de plaine et pour les Alpes (**Figure 10**). Les durées d'alerte étaient cependant différentes. En montagne, la tempête s'est prolongée jusqu'au 5 janvier 2018, alors qu'elle s'est terminée le 3 janvier 2018 déjà sur le Plateau et dans le Jura. Lors de son émission, l'alerte de degré 3 (« danger marqué ») comprenait un texte complémentaire pour le Plateau indiquant de possibles rafales de vent de 100 à 130 km/h pour les endroits légèrement surélevés, ce qui correspondait au degré d'alerte 4.

**Tableau 1** : chronologie de l'émission des alertes de **degré 3** pour le *Plateau et le Jura*. Les données temporelles correspondent aux heures locales.

Type d'alerte	Date d'émission	Validité de l'alerte	Répétition
Préalerte	1 <sup>er</sup> janvier 2018 à 11 h 31	Du 3 janvier 2018 à 00 h 00 au 4 janvier 2018 à 12 h 00	Mardi 2 janvier à 11 h 00
Alerte	2 janvier 2018 à 12 h 00	Du 3 janvier 2018 à 03 h 00 au 3 janvier 2018 à 21 h 00	-
Levée d'alerte	3 janvier 2018 à 17 h 39	-	-

**Tableau 2** : identique au tableau 1, mais pour les *Alpes et les Préalpes*.

Genre	Date d'émission	Validité de l'alerte	Répétition
Préalerte	1 <sup>er</sup> janvier 2018 à 11 h 31	Du 3 janvier 2018 à 00 h 00 au 4 janvier 2018 à 12 h 00	Mardi 2 janvier à 11 h 00
Alerte	2 janvier 2018 à 11 h 57	Du 3 janvier 2018 à 03 h 00 au 5 janvier 2018 à 09 h 00	-
Levée d'alerte	5 janvier 2018 à 08 h 04	-	-



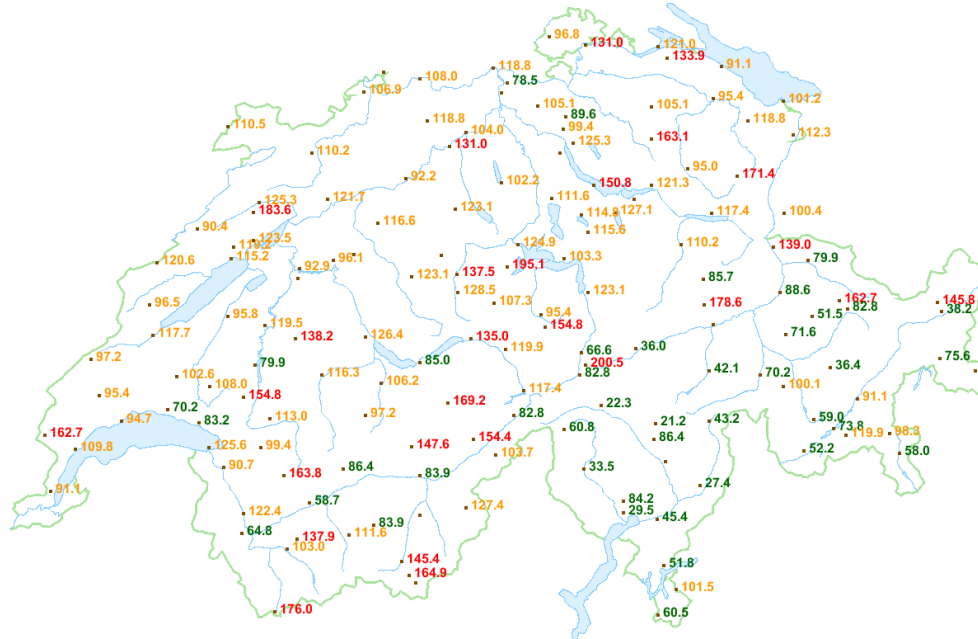
**Figure 10** : cartes de dangers de MétéoSuisse. À gauche, la carte des intempéries pour le vent à partir du mardi 2 janvier à 12 h 00 locales. À droite, la carte des intempéries pour le vent à partir du jeudi 4 janvier. En montagne, la tempête s'est poursuivie le jeudi 4 janvier, alors que de nombreuses régions de plaine sont repassées en degré 2.

### 3.3 Valeurs de vent mesurées

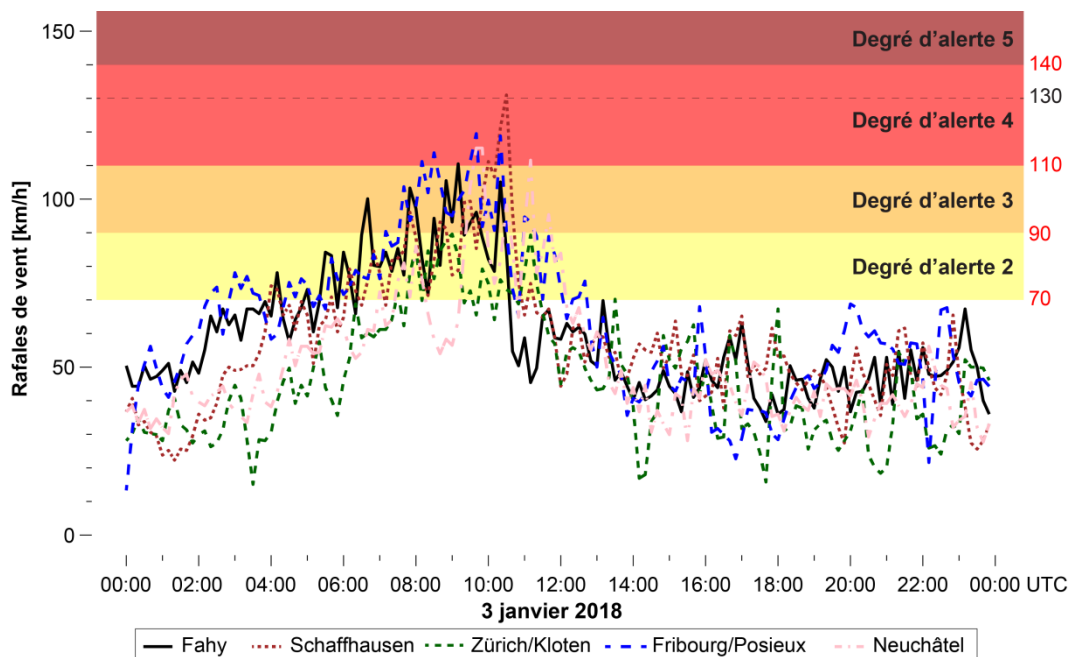
D'impressionnantes valeurs ont été mesurées pour les vents (voir **Figure 11**). De nombreuses valeurs entre 110 et 130 km/h (en orange), voire de plus de 130 km/h (en rouge) ont été enregistrées. La vallée du Rhône et une large partie des Grisons ont été moins touchées par cette tempête. Le Tessin n'a presque pas été concerné, avec des rafales de vent à moins de 90 km/h (en vert). La répartition géographique des rafales de vent s'avère très hétérogène, sans qu'aucun motif spatial clair ne puisse être distingué. L'explication est probablement la suivante : les vents tempétueux soufflant dans les parties supérieures et médianes de la troposphère (voir **Figure 5**) n'ont atteint le niveau du sol que ponctuellement, selon des phénomènes de convection répartis de manière quasiment aléatoire.

Pour plusieurs stations du Plateau ayant mesuré des valeurs extrêmes dépassant les 130 km/h, l'effet Venturi (accélération de l'air du fait d'un resserrement topographique) a sans doute joué un rôle, en particulier pour les stations du Bouveret, de Brienz et de Bad Ragaz. Les rafales de vent mesurées en montagne ne furent pas extraordinaires. La station du Mont Pilate constitue une exception, avec une valeur record de 195 km/h.

Il est intéressant de comparer les rafales de vent avec les valeurs moyennes pour des mesures à intervalle standard de 10 minutes. Les rafales de vent sont l'expression d'une turbulence de l'atmosphère se produisant sur une courte échelle de temps et ne peuvent durer que quelques secondes. Pendant la tempête Éléanor/Burglind, les valeurs moyennes des vents à 10 minutes d'intervalle furent de 40 à 50 km/h, tandis que les valeurs moyennes des vents pour la tempête Lothar furent considérablement plus importantes, de l'ordre de 50 à 65 km/h.



**Figure 11** : rafales de vent le mercredi 3 janvier 2018 exprimées en kilomètres par heure. Les valeurs dépassant les 130 km/h sont indiquées en rouge, celles entre 90 et 130 km/h en orange, et celles en-dessous de 90 km/h en vert.



**Figure 12** : les rafales de vent du 3 janvier 2018 (heures UTC) mesurées toutes les 10 minutes à cinq stations de plaine, soit Fahy (en noir), Schaffhouse (en brun), Zurich/Kloten (en vert), Fribourg/Posieux (en bleu) et Neuchâtel (en rose).

La **Figure 12** illustre l'évolution temporelle des rafales de vent le 3 janvier 2018 pour une sélection de stations. La plupart du temps, les rafales de vent ont atteint le degré 3. Au cours d'une journée, la rafale de vent maximale dure en général très peu de temps. Cependant, pour certaines stations particulièrement exposées à la tempête, ces rafales maximales ont dépassé le seuil du degré 3 (> 110 km/h). Dans le cas extrême de la station de Wädenswil (150,8 km/h), qui n'est pas montrée ici, la valeur seuil du degré 5 a même été dépassée. Cette station est placée sur le toit d'un immeuble de plusieurs étages, mais cela n'explique pas entièrement cette valeur élevée.

### 3.4 Évaluation de l'alerte

La tempête Éléonor/Burglind a été un événement extraordinaire en particulier sur le plateau et sur le versant nord des Alpes. C'est pourquoi ce sont 54 stations de mesures situées dans les régions d'alerte sur le plateau et dans le Jura (altitude inférieure à 1000 mètres) qui ont servi pour évaluer la qualité de l'alerte. Toutes les régions ont fait l'objet d'une alerte de degré 3 (« danger marqué », rafales de vent à 90-110 km/h sur le Plateau, voir **Figure 10**). L'alerte a été complétée par une information selon laquelle des rafales de vent de 110-130 km/h (soit de degré 4) étaient prévisibles le long du pied nord du Jura et dans les endroits légèrement surélevés (à plus de 500 mètres d'altitude).

Sur la base de ces critères, l'alerte s'est révélée correcte pour environ 73 % des régions. Ce chiffre comprend également les stations qui n'ont pas été concernées par le degré 3 du fait, le plus souvent, de leur exposition. Dans environ 27 % des régions, les stations de mesure ont enregistré des rafales de vent légèrement supérieures à celles que l'alerte avait prédites, soit > 110 km/h dans les endroits en dessous de 500 mètres ou > 130 km/h pour les endroits au-dessus de 500 mètres. Étant donné que les directives pour l'envoi des alertes prévoient que l'alerte étendue doit être émise pour les localités où l'événement aura le plus de répercussions sur les infrastructures et/ou la population, l'alerte étendue de degré 3 accompagnée d'un complément de texte était « correcte ». Cependant, des rafales de vent de degré 4 (« danger fort ») ont été fréquemment atteintes en particulier le long du pied sud du Jura, du Jura neuchâtelois jusqu'au Toggenbourg et au nord-est du Plateau en passant par les Préalpes centrales.



## 4 Vérification des modèles de prévision numériques

La qualité des modèles de prévision numériques s'est considérablement améliorée depuis la tempête Lothar. Éléonor/Burglind a été reconnue très tôt. Les sous-estimations observées au début dans tous les modèles se sont considérablement raréfiées à mesure que l'événement se rapprochait. Moyenné sur tout le pays, le modèle COSMO-1 à haute résolution a fourni les meilleures prévisions à court terme. Toutefois, pour les régions de plaine situées au nord des Alpes, il ne s'est pas distingué des autres modèles.

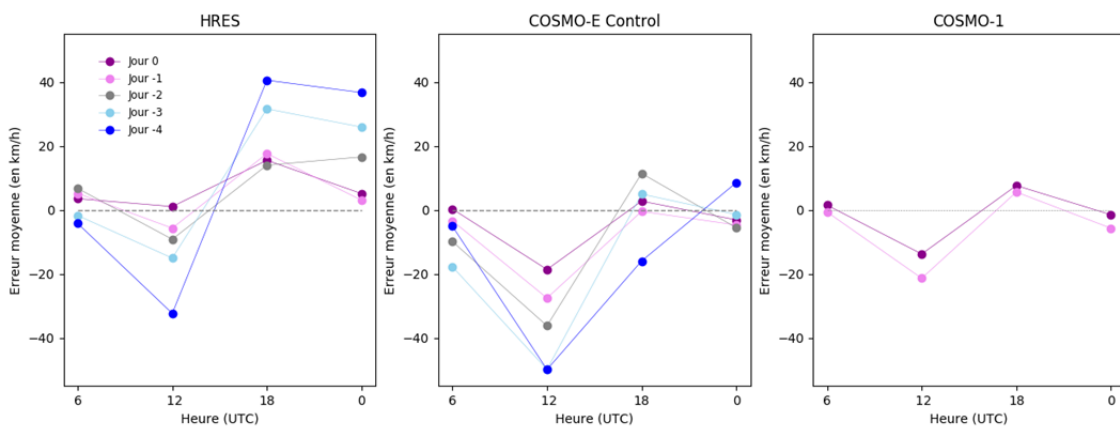
### 4.1 Les modèles météorologiques utilisés et leurs prévisions

Les modèles de prévision numérique prévoient l'évolution du temps en se basant sur une représentation aussi fidèle que possible de l'état initial de l'atmosphère et en s'appuyant sur les lois physiques. Une telle technique de prévision, avec un scénario unique d'évolution, est appelée prévision « déterministe ». Si plusieurs calculs sont réalisés à partir de différentes descriptions de l'état initial de l'atmosphère et en prenant en compte de petites « perturbations » dans la représentation de certains processus physiques mal connus dans le modèle, elle devient alors une prévision dite « d'ensemble ». Une prévision d'ensemble renseigne sur la probabilité d'occurrence de chaque scénario et permet de quantifier l'incertitude. MétéoSuisse dispose de deux modèles probabilistes, celui du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT, cf. CEPMMT/ECMWF 2018) et son propre modèle d'ensemble COSMO-E (voir Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, 2018). La prévision d'ensemble à laquelle aucune perturbation n'est imposée est appelée « contrôle ».

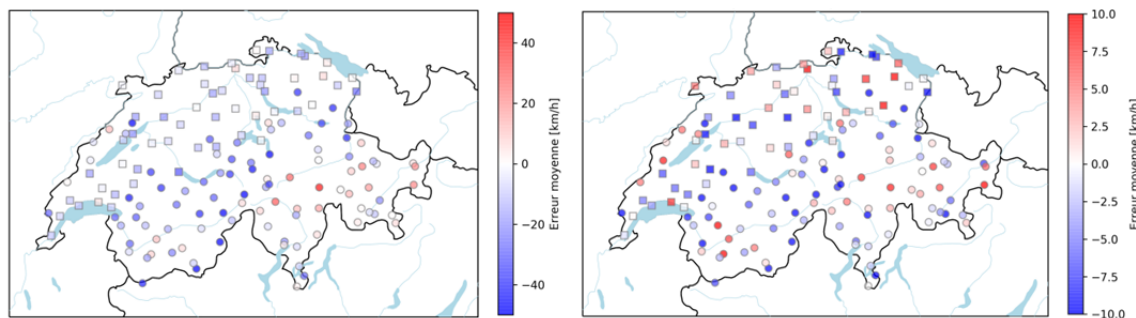
Les prévisions réalisées par les modèles de prévision numériques utilisés par MétéoSuisse ont bien fonctionné, repérant très tôt la tempête Éléonor/Burglind : quatre jours avant l'événement, les modèles utilisés (celui du CEPMMT, voir **Figure 6** et COSMO-E de MétéoSuisse, voir **Figure 8**) montraient le signal évident d'une tempête particulièrement forte à venir. Ce signal n'a fait que s'accroître à l'approche de l'événement alors que le délai entre les calculs et l'événement se raccourcissait. Toutes les simulations montraient alors systématiquement des vitesses de vents élevées. Pour évaluer plus précisément la qualité des modèles sur le plan quantitatif pour la tempête Éléonor/Burglind, le présent rapport compare ci-dessous les rafales de vent maximales par rapport aux six heures précédentes (toutes les six heures) et la vitesse moyenne du vent par rapport aux mesures effectives (toutes les heures).

## 4.2 Vérification des rafales de vent et de la vitesse moyenne du vent

L'évaluation quantitative compare les prévisions numériques du modèle de haute résolution (HRES) du CEPMMT, du modèle de contrôle COSMO-E et du modèle COSMO-1 avec les observations sur le Plateau suisse. Une moyenne de l'ensemble des 54 stations disponibles sur le versant nord des Alpes à une altitude inférieure à 1000 mètres (carrés dans la **Figure 14**) est utilisée pour analyser l'évolution temporelle et une moyenne sur la journée de l'événement (le 3 janvier 2018) est utilisée pour examiner la répartition spatiale. La **Figure 13** montre l'erreur moyenne des prévisions numériques pour les rafales de vent pour différents délais, s'étendant du jour 4 avant l'événement jusqu'à la simulation à 00 UTC le jour de l'événement (= jour 0). Pour le jour -1, l'évaluation utilise la simulation à 00 UTC pour les modèles HRES et COSMO-E et la simulation à 03 UTC pour le modèle COSMO-1 qui s'étend jusqu'à +45 h et couvre donc entièrement le jour suivant.



**Figure 13** : erreur moyenne (prévision moins observation, en km/h) pour les 6 heures précédentes pour les modèles HRES, contrôle COSMO-E et COSMO-1 et différents délais (jour -4 en bleu foncé, jour -3 en bleu clair, jour -2 en gris, jour -1 en rose et jour 0 (jour de l'événement) en violet).

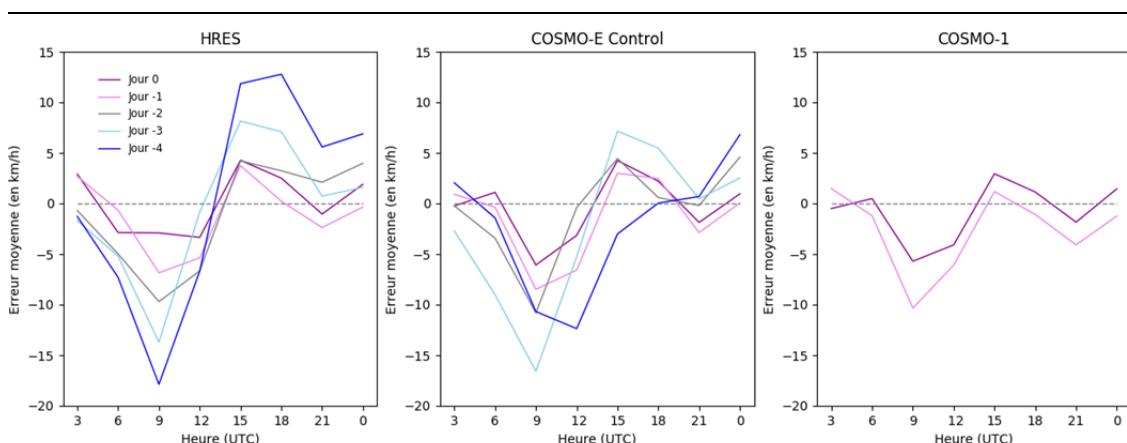


**Figure 14** : cartes représentant l'erreur moyenne (prévision moins observation en km/h) pour les rafales de vent au cours des 6 heures précédentes (à gauche) et pour le vent moyen (moyenne pour le 3 janvier 2018) (à droite) pour le contrôle COSMO-E disponible le 2 janvier 2018 à 00 UTC. Pour les rafales de vent, les erreurs de 80 % des stations sont comprises entre -39 km/h et +8 km/h et pour le vent moyen entre -15 km/h et +7 km/h. Les stations de plaine (en dessous de 1000 mètres) sur le versant nord des Alpes prises en compte dans l'évaluation quantitative sont représentées par des carrés, tandis que les autres stations le sont par des cercles.

Le contrôle COSMO-E commence par sous-estimer l'événement en moyenne de plus de 40 km/h pour une valeur absolue moyenne de 109 km/h, alors que le modèle HRES sous-estime les rafales de vent de plus de 30 km/h le matin et de plus de 40 km/h l'après-midi. Les plus grandes erreurs des modèles COSMO s'observent ici au moment où se produisent les plus importantes rafales de vent (rafales de vent maximales entre 09 et 12 UTC). À l'approche de l'événement, les erreurs diminuent,



mais le COSMO-E sous-estime les rafales de vent (jusqu'à 20 km/h en moins) même pour le jour 0 et le HRES les surestime largement pour la période après l'événement, bien que ses prévisions correspondent assez bien pour la période de l'événement. Les meilleures prévisions pour la Suisse dans son ensemble reviennent au modèle COSMO-1 de haute résolution et à ses prévisions à court terme, avec une légère sous-estimation le matin et une légère surestimation l'après-midi du 3 janvier 2018. Pour les stations de plaine sur le versant nord des Alpes, COSMO-1 ne présente pas un grand avantage par rapport aux autres modèles. La représentation spatiale de l'erreur moyenne pour le COSMO-E à toutes les stations (**Figure 14**, image de gauche) montre la sous-estimation considérable déjà discutée ci-avant des rafales de vent pour la plupart des stations. La sous-estimation est souvent plus faible pour le Plateau que pour les Alpes.



**Figure 15** : erreur moyenne (prévision moins observation en km/h) pour le vent moyen pour les modèles HRES, COSMO-E et COSMO-1 et différents délais (jour -4 en bleu foncé, jour -3 en bleu clair, jour -2 en gris, jour -1 en rose et jour 0 (jour de l'événement) en violet). Les valeurs sont présentées toutes les heures pour les délais les plus courts (jour 0, -1 et -2) et toutes les 3 heures pour les jours -3 et -4.

**Tableau 3** : comparaison des valeurs moyennes des observations avec les prévisions numériques au jour -1 pour les rafales de vent des 6 heures précédentes et pour le vent moyen (km/h) sur le Plateau suisse au nord des Alpes. La plus petite erreur relative (soit prévision moins observation, le tout divisé par l'observation et multiplié par 100) pour chaque instant concerné est présentée en gras. Les valeurs situées autour de l'instant où le vent est maximal sont exprimées toutes les heures sous forme de vent moyen et indiquées en rouge ici.

Heure (UTC)	03	06	09	10	11	12	15	18	21	00
<b>Rafales de vent</b>										
Observation		56,9				108,8		68,7		56,1
HRES		62,0				103,1		86,3		59,1
Erreur relative [%]		9				-5		26		5
Contrôle COSMO-E		53,5				81,2		68,2		51,3
Erreur relative [%]		-6				-25		-1		-8
COSMO-1		56,2				87,4		74,2		50,3
Erreur relative [%]		-1				-19		8		-10
<b>Vent moyen [km/h]</b>										
Observation	18,6	27,1	40,3	46,2	42,3	34,7	21,9	21,3	22,2	18,6
HRES	21,3	26,4	33,4	31,4	30,4	29,3	25,7	21,5	19,8	18,2
Erreur relative [%]	-14	-2	-17	-32	-28	-15	17	1	-11	-2
Contrôle COSMO-E	19,5	26,7	31,8	32,2	28,6	28,1	24,9	23,7	19,3	16,6
Erreur relative [%]	-5	-1	-21	-30	-32	-18	13	11	-13	0
COSMO-1	20,1	25,9	29,9	31,4	30,3	28,6	23,1	20,2	18,1	17,4
Erreur relative [%]	7	-4	-26	-32	-28	-17	5	-5	-18	-7

L'erreur de prévision pour le vent moyen est, en valeur absolue, plus faible que celle pour les rafales de vent maximales (**Figure 15**). Pour le 3 janvier 2018, l'erreur moyenne de COSMO-E atteignait à J-4 jusqu'à 15 km/h (jusqu'à 40 km/h pour les valeurs absolues du vent moyen) mais diminuait à 9 km/h au maximum avant l'événement. Pour les régions de plaine, tous les modèles (HRES, contrôle COSMO-E et COSMO-1) fournissent des prévisions de qualité comparable, en particulier pour les périodes peu avant l'événement. L'avantage d'une plus haute résolution, que l'on peut observer dans le modèle COSMO-1 pour les terrains plus exigeants du point de vue orographique, n'est pas perceptible ici (**Tableau 3**). Sur le plan spatial, la simulation à 00 UTC du COSMO-E du 2 janvier 2018 livre une image très hétérogène, mélangeant des surestimations et des sous-estimations selon les stations (**Figure 14**, image de droite). L'amplitude de l'erreur est ici plutôt faible comparée aux valeurs absolues d'erreur pour les rafales de vent. Cependant, à l'instant où les vitesses des vents sont les plus importantes, l'erreur relative du vent moyen est comparable à l'erreur relative des rafales de vent (**Tableau 3**).

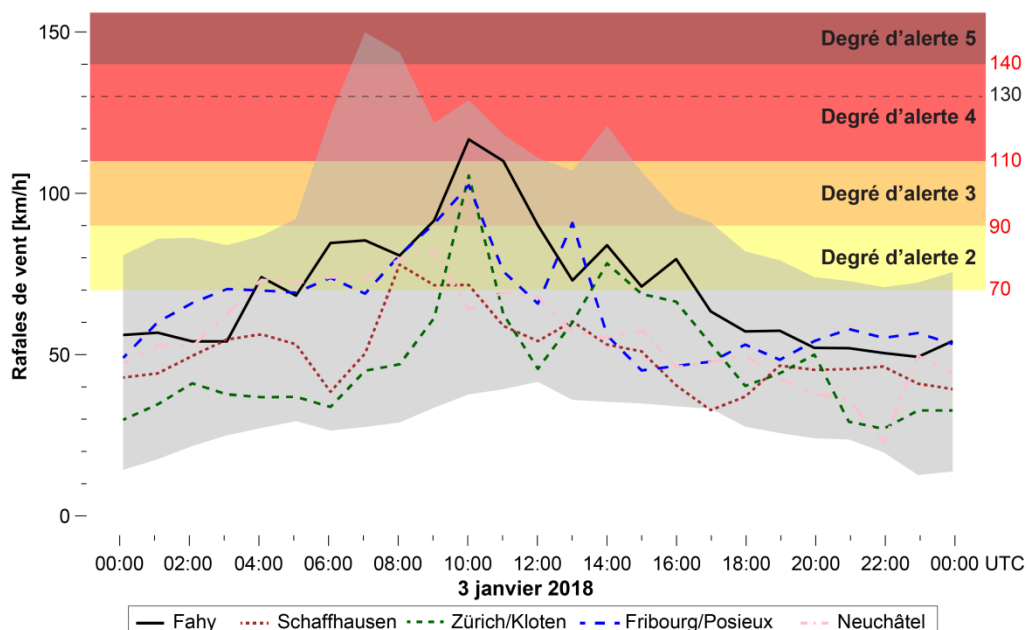
### 4.3 Évaluation et classification

Les modèles de prévision numériques se sont considérablement améliorés depuis la tempête Lothar en 1999, dont l'intensité n'avait pas été identifiée même 24 heures avant l'événement.

**Les spécialistes avaient dû constater avec regret qu'un ouragan aux conséquences si dramatiques n'avait pas pu être calculé, même 24 heures avant son arrivée.**

Citation tirée de l'ouvrage « *Lothar. Der Orkan 1999* » (WSL/OFEFP, 2001).

Quatre jours avant Éléonor/Burglind déjà, tous les modèles affichaient des signes clairs laissant prévoir une forte tempête. Par exemple, le COSMO-E du 30 décembre 2017 annonçait de fortes probabilités de dépasser les seuils pour une alerte relative au vent. Ce signal n'a fait que s'intensifier, si bien qu'une alerte a été émise le 2 janvier 2018 sur la base de la simulation COSMO-E à 00 UTC (**Figure 8**), un jour avant l'événement.



**Figure 16** : prévisions numériques des rafales de vent d'heure en heure (heures UTC) au point de grille suivant pour les cinq stations de plaine, Fahy, Schaffhouse, Fribourg-Posieux, Zurich-Kloten et Neuchâtel (voir **Figure 12** pour les mesures aux stations). La figure montre les valeurs de la simulation COSMO-1 du 2 janvier 2018 à 03 UTC (lignes) et la plage totale d'incertitude du COSMO-E du 2 janvier 2018 à 00 UTC aux points de grille des cinq stations (enveloppe grise).

Les prévisions du vent moyen sont en moyenne très bonnes pour la saison dans son ensemble (erreur COSMO-E inférieure à 1 km/h pour l'hiver 2016-2017). Cependant, pour les vents forts pendant la tempête Éléonor/Burglind, l'erreur moyenne à l'instant où l'alerte a été émise (donc un jour avant l'événement) dépassait les 10 km/h dans le contrôle COSMO-E. En moyenne saisonnière pour toute la Suisse, les prévisions de rafales de vent de COSMO-E présentent une légère sous-estimation de moins de 4 km/h pour l'hiver 2016-2017, mais elles sont nettement moins bonnes notamment pour les hauts seuils. Dans le cas d'Éléonor/Burglind, cela se remarque à travers la forte sous-estimation du modèle COSMO-E.

Toutefois, si l'on considère l'ensemble des informations donné par la prévision d'ensemble, l'on constate que cette prévision n'a pas fait du mauvais travail pour identifier la tempête. La dispersion de la prévision des rafales de vent, soit la largeur de la zone couverte par les prévisions d'ensemble (zone grise de la **Figure 16**), inclut les degrés d'alerte effectivement atteints.

Pour les deux paramètres considérés et en moyenne suisse, le modèle COSMO-1 à haute résolution est celui qui a fourni les meilleures prévisions à court terme (de zéro à un jour avant l'événement). Il ne se distingue toutefois pas des autres modèles pour les régions de plaine sur le versant nord des Alpes.



## 5 Classification climatologique

La tempête Éléonor/Burglind a été la plus forte tempête hivernale en Suisse depuis Lothar en 1999 et compte parmi les quatre plus fortes tempêtes hivernales depuis 1981. Localement, cette tempête a parfois atteint des vitesses de vent record. Dans la plupart des régions, les tempêtes Lothar en 1999 et Vivian en 1990 accusaient des vitesses de vent largement supérieures. Sur le Plateau suisse, il faut s'attendre à une tempête comme Éléonor/Burglind tous les 5 à 20 ans.

Classifier une tempête n'est pas chose aisée. Les vents sont très variables au niveau local : une tempête ayant des répercussions considérables dans les régions de plaine ne comptera pas forcément parmi les fortes tempêtes en montagne et inversement. Les changements relatifs aux données disponibles viennent encore compliquer les choses. Depuis 1981, les mesures de vent sont enregistrées automatiquement par le réseau ANETZ qui a été largement étendu au début des années 1990 par un autre réseau (le réseau ENET). Par conséquent, une comparaison entre Lothar (en 1999) et Éléonor/Burglind (en 2018) est bien plus objective qu'une comparaison avec des tempêtes plus anciennes telles que Vivian (en 1990), pour laquelle le nombre de mesures disponibles est bien moindre.

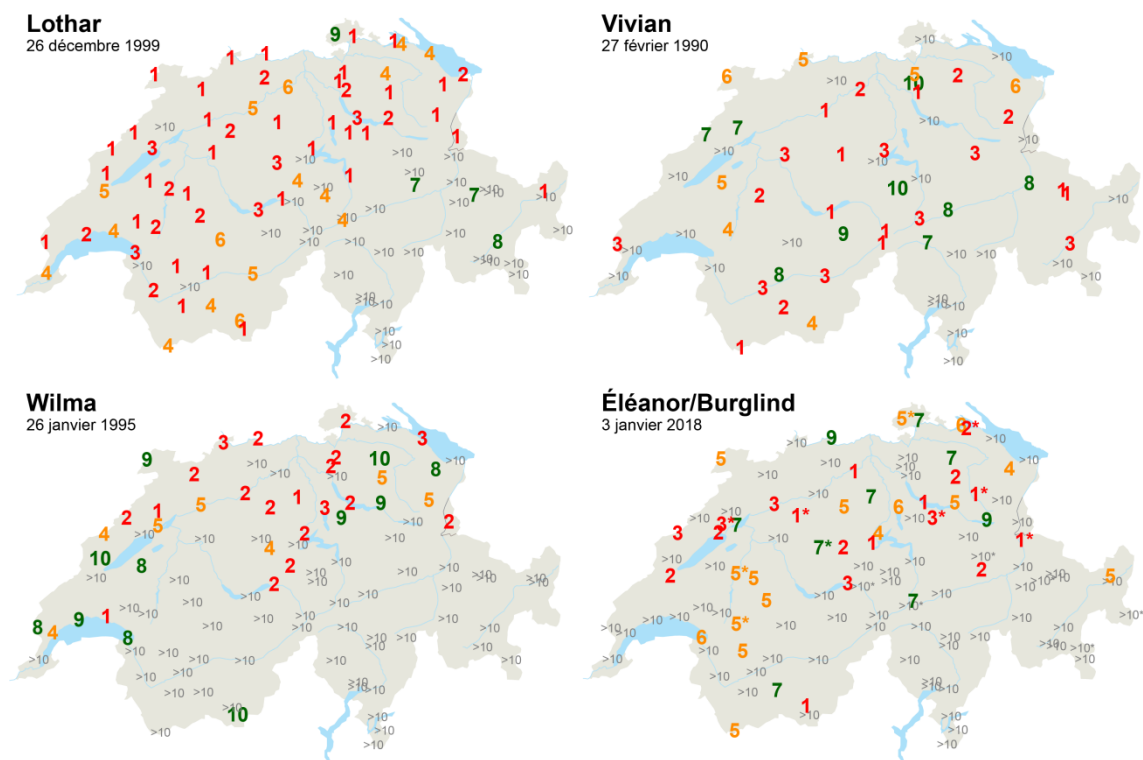
Dans un premier temps, nous nous appuyons sur le classement des 10 rafales de vent les plus fortes pour identifier les tempêtes hivernales les plus importantes depuis 1981. Comme dans les autres chapitres, nous mettons l'accent ici sur les zones habitées du versant nord des Alpes (stations à une altitude inférieure à 1000 mètres). Le versant sud des Alpes est bien moins touché par les tempêtes hivernales. Afin d'obtenir une représentation constante, nous ne prenons en compte que les stations ayant enregistré automatiquement les rafales de vent depuis 1981.

### 5.1 Les plus importantes tempêtes hivernales depuis 1981

Sur la base de la somme des rangs de rafale de vent, nous avons identifié les tempêtes hivernales « de grande étendue » suivantes : l'ouragan **Lothar** du 26 décembre 1999 (voir WSL/OFEV, 2001 ; Wernli et al., 2002), l'ouragan **Vivian** du 27 février 1990 (voir Schüepp et al., 1994 ; Schüepp, 1995), la tempête **Wilma** du 26 janvier 1995 et la tempête **Éléonor/Burglind** du 3 janvier 2018, ainsi qu'une cinquième tempête sans nom, qui s'est produite le 24 mars 1986. Cette dernière a cependant engendré des rafales de vent largement moins importantes. Les quatre premières tempêtes listées sont donc les plus violentes depuis 1981, voire depuis 1901.

La **Figure 17** présente des cartes de classification des rafales de vent pour les quatre événements que sont Lothar, Vivian, Wilma et Éléonor/Burglind. L'ouragan **Lothar** de 1999 a provoqué des rafales de vent record (Top 3, en rouge) à la plupart des stations de Suisse romande, du Plateau suisse, en Valais et le long des Préalpes centrales, parfois même la valeur la plus élevée depuis 1981. Les seules régions largement épargnées par Lothar étaient le versant sud des Alpes ainsi que les cantons de Glaris et des Grisons. L'ouragan **Vivian** de 1990 s'est accompagné de rafales de

vent record (Top 3, en rouge) dans de nombreuses régions suisses, en particulier dans les Alpes et dans une zone s'étendant de Fribourg à Zurich. De multiples autres stations du Plateau enregistraient alors des rafales non pas Top 3, mais Top 10. Il ne faut toutefois pas oublier que Vivian dispose uniquement de données limitées. La tempête **Wilma** de 1995 a atteint des rafales de vent record (le plus souvent de rang 2 ou 3), en particulier dans un triangle couvrant la zone Bâle–Lucerne–Schaffhouse. Dans de nombreuses régions du Jura et le reste du Plateau suisse également, des rafales de vent de catégorie Top 10 ont été relevées ; ces régions épargnées par ces Top 10 sont les Alpes et le versant sud des Alpes. La tempête **Éléonor/Burglind** de 2018 a atteint des rafales de vent record (Top 3) notamment dans une zone comprenant le Jura neuchâtelois et le pied sud du Jura jusqu'au Toggenbourg en passant par les Préalpes centrales. Le nord du Plateau, dans la partie sud du canton Fribourg, l'est du canton de Vaud et l'ouest de l'Oberland bernois ont enregistré des rafales de vent Top 10. L'est du Jura, la région de Zurich, les régions lémaniques, les Alpes en majeure partie et le versant sud des Alpes n'ont pas enregistré de rafales de vent Top 10.



**Figure 17** : classement des rafales de vent pour les quatre tempêtes hivernales les plus importantes dans le nord de la Suisse, soit Lothar (26 décembre 1999, en haut à gauche), Vivian (27 février 1990, en haut à droite), Wilma (26 janvier 1995, en bas à gauche) et Éléonor/Burglind (3 janvier 2018, en bas à droite). Les rangs 1 à 3 (jusqu'à Top 3) sont représentés en rouge, les rangs 4 à 6 en orange et les rangs 7 à 10 en vert. Si les rafales de vent n'ont pas atteint les dix rangs les plus élevés, elles sont ici représentées par « >10 ». Seules les stations enregistrant des mesures en continu depuis 20 ans sont prises en compte. Les valeurs assorties d'une étoile (\*) représentent des stations pour lesquelles des observations de rafale de vent quotidiennes maximales sont disponibles depuis plus de 20 ans, mais dont les enregistrements sont automatisés depuis moins de 20 ans. Comparer les relevés manuels avec les mesures automatiques peut s'avérer problématique. Les rangs correspondants sont donc entachés d'incertitudes. Il faut par ailleurs prendre en compte que la densité des stations était beaucoup plus faible pour Vivian, la tempête ayant sévi avant l'introduction du réseau complémentaire ENET au début des années 1990.

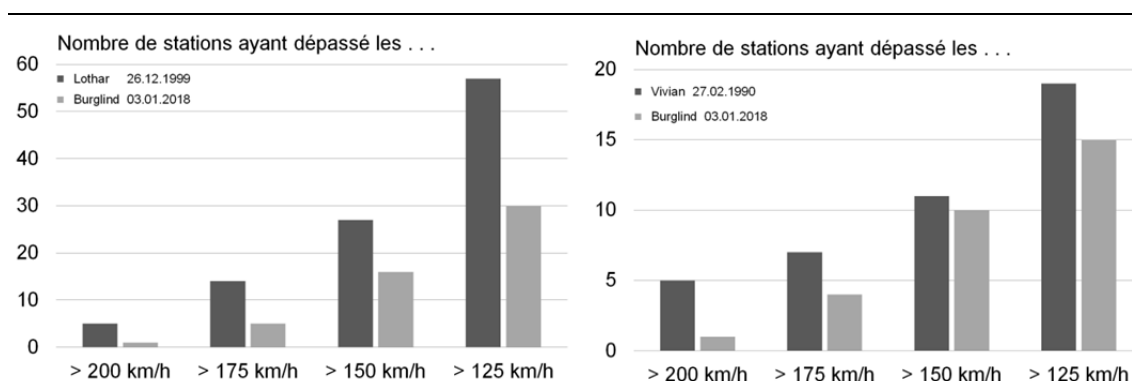
Sur la base de l'analyse des rangs présentée ci-dessus et tout en prenant en compte les modifications relatives aux données disponibles à travers le temps, Éléonor/Burglind s'avère la plus forte tempête hivernale depuis Lothar en 1999. En matière de répartition spatiale des rafales de vent cependant, elle ne se rapproche pas de Lothar (le numéro un incontesté) ni de Vivian (qui prend la

deuxième place). Wilma et Éléonor/Burglind font partie d'un même registre. La zone d'influence d'Éléonor/Burglind semble être un peu plus large que celle de Wilma, mais dans le cas de Wilma des rafales de vent proches des valeurs record se sont produites de manière concentrée (voir **Figure 17**).

## 5.2 Comparaison avec Lothar et Vivian

### Rafales de vent

Tant Lothar que Vivian ont engendré de fortes rafales de vent à un nombre considérablement plus grand de stations qu'Éléonor/Burglind (voir **Figure 18**). Pour Lothar comme pour Éléonor/Burglind, quelque 89 stations de mesure ont enregistré des rafales de vent de l'ordre de la tempête (soit supérieures ou égales à 75 km/h). Pour Lothar, 57 stations de mesure ont relevé des rafales de vent dépassant les 125 km/h. Éléonor/Burglind, quant à elle, a dépassé ces 125 km/h à 30 stations de mesure. Les 150 km/h ont été franchis par Lothar à 27 stations de mesure et à 16 stations par Éléonor/Burglind. Les 175 km/h ont été dépassés à 14 stations pendant Lothar et à 5 stations de mesure sur tout le réseau pendant Éléonor/Burglind. La limite des 200 km/h a été dépassée par Lothar à 5 stations de mesure (Säntis, 229,7 km/h ; Hörnli, 208,1 km/h ; Jungfrauoch, 203,8 km/h, Gornergrat, 203,4 km/h et La Dôle, 201,2 km/h) et à une seule station (Gütsch, 200,5 km/h) par Éléonor/Burglind.

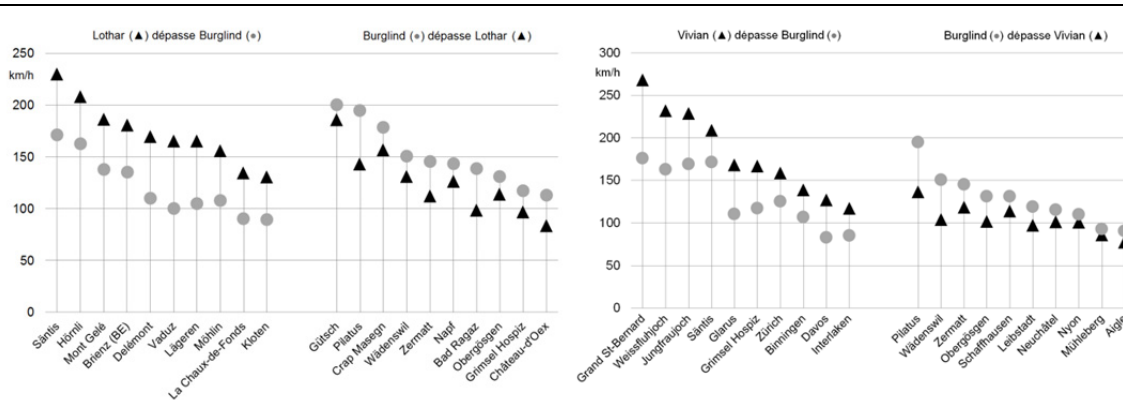


**Figure 18** : Lothar (graphique de gauche) et Vivian (graphique de droite) ont atteint des rafales de vent très élevées à un nombre largement plus grand de stations. Il faut relever que le réseau de mesure l'année ou Vivian s'est produite était bien moins dense qu'à l'heure actuelle et que les chiffres sont par là même plus faibles pour cette tempête.

À l'époque de la tempête hivernale Vivian du 27 février 1990, le réseau de mesure de vent en Suisse était moins dense qu'à l'heure actuelle. Pour Vivian comme pour Éléonor/Burglind, seules quelque 53 stations de mesure ont enregistré des rafales de vent de l'ordre de la tempête (soit supérieures ou égales à 75 km/h). C'est surtout en montagne, où Vivian a particulièrement sévi, que le nombre de stations était moindre par rapport à aujourd'hui. Cela a des répercussions sur l'analyse du nombre de stations de mesure ayant enregistré de fortes vitesses des vents. Il apparaît néanmoins que Vivian, comparée à Éléonor/Burglind, a engendré de fortes vitesses des vents à un nombre plus importants de stations de mesure. Cela concorde avec les dégâts considérables qu'a causés Vivian aux forêts de montagne (OFEFP, 1994 ; Schüepp et al. 1994 ; Schüepp 1995).

Pendant Lothar et Vivian, les rafales de vent furent plus élevées à de nombreuses stations que durant Éléonor/Burglind. Les dix plus grands écarts se situent pour la plupart entre 30 et 70 km/h, comme le montre la **Figure 19**. Au Grand-Saint-Bernard, les rafales de vent pendant Vivian furent

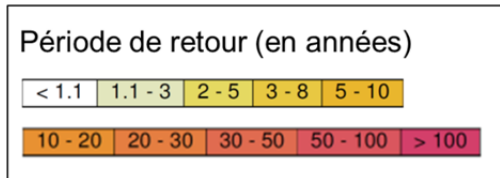
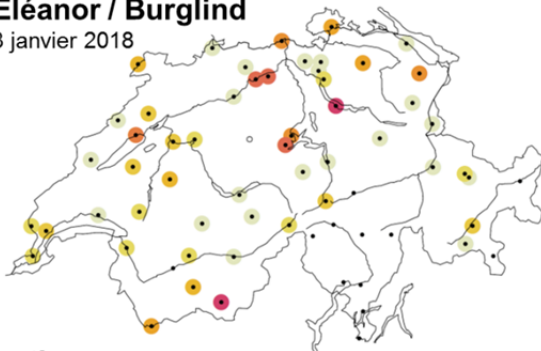
même plus élevées de 90 km/h par rapport à Éléonor/Burglind. Si Éléonor/Burglind a surpassé Lothar et Vivian à certaines stations de mesure, les dix plus grands écarts sont majoritairement de l'ordre de 10 à 40 km/h. Ce n'est que sur le Mont Pilate qu'Éléonor/Burglind a dépassé Lothar et Vivian de 50 à 60 km/h ; cependant, le type d'appareil de mesure et le site de mesure ont changé par rapport à Lothar et Vivian. À Wädenswil, où les mesures sont enregistrées sur un immeuble de plusieurs étages, Éléonor/Burglind a dépassé Vivian de quelque 50 km/h.



**Figure 19** : stations ayant enregistré les dix plus grands écarts en matière de rafales de vent entre Lothar et Éléonor/Burglind (graphique de gauche) et Vivian et Éléonor/Burglind (graphique de droite). Lothar et Vivian sont représentés par un triangle noir, Éléonor/Burglind par un cercle gris.

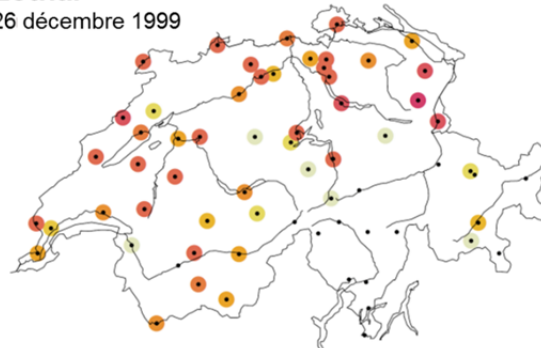
### Éléonor / Burglind

3 janvier 2018



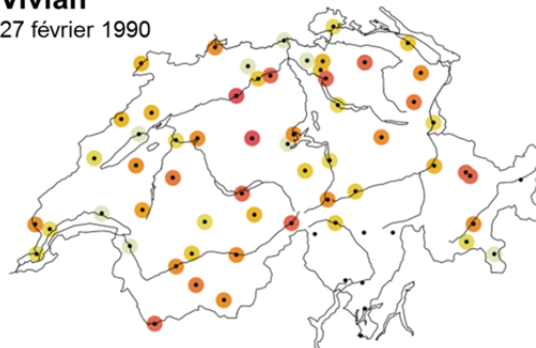
### Lothar

26 décembre 1999



### Vivian

27 février 1990



**Figure 20** : périodes de retour (exprimées en années) des rafales de vent durant Éléonor/Burglind, Lothar et Vivian.

### Périodes de retour

Les données issues de nombreuses séries de mesure du vent ne constituent pas une base optimale pour des analyses statistiques des valeurs extrêmes (voir notamment Coles, 2013). C'est pourquoi le

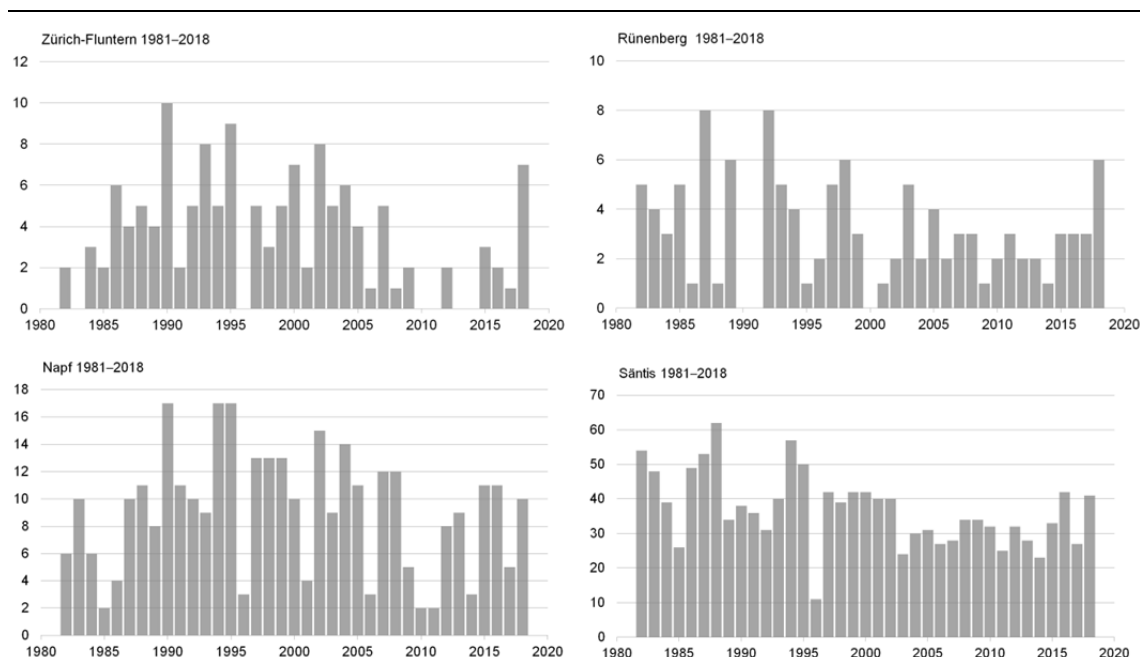


présent rapport n'offre ici qu'une répartition sommaire des périodes de retour. Il faut s'attendre, pour la plupart des stations de mesure disposant de statistiques des extrêmes, à des rafales de vent telles que celles enregistrées pendant Éléonor/Burglind tous les 5 à 20 ans, voire plus fréquemment. Dans certaines régions, des rafales de vent associées à des périodes de retour plus longue ont sévi (**Figure 20**). La station de mesure de Wädenswil, au bord du lac de Zurich, a enregistré la valeur record de 151 km/h. À la station de mesure de Wädenswil, l'on peut s'attendre à une telle rafale de vent tous les 100 ans seulement, voire plus rarement. Une autre valeur record de 151 km/h a été relevée à Zermatt. Là aussi, l'on peut s'attendre à une telle force de vent tous les 100 ans seulement, voire moins souvent. À la plupart des stations, Lothar s'est avéré un événement beaucoup plus rare, présentant de nombreuses périodes de retour de 50 ans ou plus. Vivian a été, avant tout en région alpine (altitudes plus élevées), un événement bien plus rare qu'Éléonor/Burglind.

### 5.3 Évolution temporelle des jours de forte tempête

Au cours des dernières années, seuls quelques jours de forte tempête associés à des rafales de vent élevées ont été enregistrés (voir **Figure 21**). Cette observation s'applique tant aux sites de mesure sur le Plateau, comme celui de Zurich-Fluntern, qu'à ceux situés sur les sommets exposés au vent, comme le Säntis. Le semestre hivernal de 2017-2018 a de nouveau pris une tournure plus tempétueuse. Cela s'est observé également sur le site de mesure de Rünenberg, dans le Jura. Aux sites de mesure en altitude comme Napf ou le Säntis, la climatologie des tempêtes n'a pas particulièrement fait parler d'elle au cours du semestre 2017-2018.

On peut supposer que les variations visibles à la **Figure 21** sont dues principalement à des variations naturelles du système climatique. À l'heure actuelle, aucun scénario climatique ne montre de signes clairs laissant croire à des rafales de vent plus fortes à l'avenir. Cependant, la fiabilité avec laquelle les modèles climatiques actuels peuvent représenter les éventuels changements futurs en matière de rafales de vent n'est pas encore connue.



**Figure 21** : nombre de jours ayant enregistré des rafales de vent égales ou supérieures à 100 km/h au cours du semestre hivernal (d'octobre à mars) aux sites de mesure Zurich-Fluntern (556 mètres, graphique en haut à gauche), Rünenberg (611 mètres, graphique en haut à droite), Napf (1404 mètres, graphique en bas à gauche) et Säntis (2502 mètres, graphique en bas à droite). À noter que la graduation des axes diffère selon la station.



## 6 Dégâts et répercussions

Éléonor/Burglind a engendré des dégâts directs et indirects en Suisse. Selon une estimation de février 2018, les dommages causés aux bâtiments s'élèveraient au total à quelque 165 millions de francs, la somme la plus importante pour une tempête hivernale depuis Lothar en 1999. La tempête a affecté les trafics routier et ferroviaire et a causé des interruptions du réseau électrique à l'échelon local. En forêt, quelque 1,3 million de mètres cubes de bois ont été abattus, soit l'équivalent d'un quart de l'exploitation annuelle.

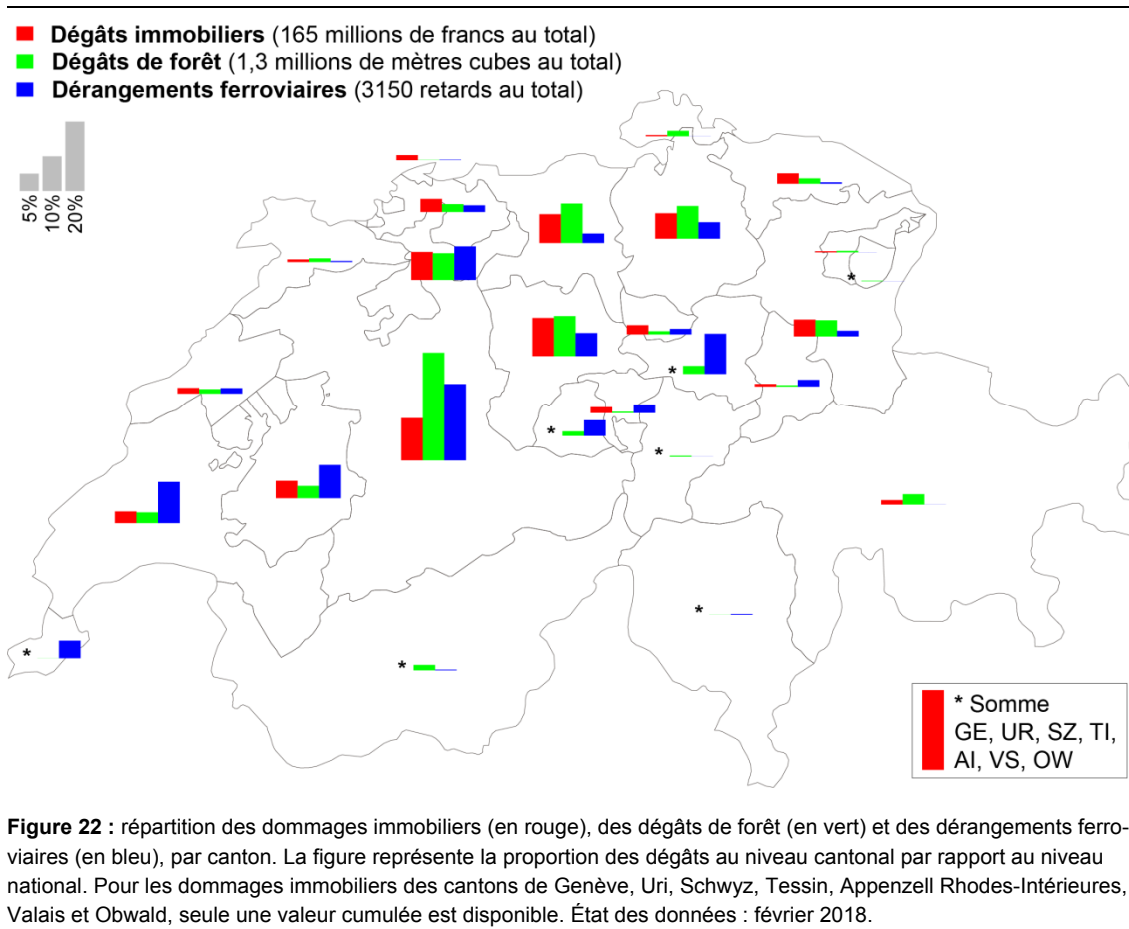
La tempête Éléonor/Burglind compte parmi les quatre plus fortes tempêtes ayant sévi en Suisse depuis 1981. Les tempêtes hivernales d'une telle intensité causent des dommages aux bâtiments ainsi que des dégâts aux forêts et aux infrastructures. À travers des estimations sommaires des dommages causés à la personne et des dommages matériels six semaines après l'événement, il est possible d'évaluer l'importance nationale des dégâts causés par cette tempête Éléonor/Burglind. Les chiffres publiés dans le présent rapport sont des estimations provenant en partie d'enquêtes encore inachevées. Il faut s'attendre à ce que ces estimations évoluent au cours des deux prochaines années.

Durant Lothar en 1999, quatorze personnes ont perdu la vie en Suisse. Par chance, selon les informations disponibles, la tempête Éléonor/Burglind n'a quant à elle pas fait directement de victime. Selon le Service de prévention des accidents dans l'agriculture (SPAA), il est toutefois probable que trois personnes aient perdu la vie entre la tempête et février 2018 en lien avec des travaux de déblaiement à la suite des dégâts. Trois autres personnes ont été grièvement blessées. En l'absence d'obligation d'annoncer, les informations du SPAA ne sont pas concluantes.

Les dégâts immobiliers assurés, qui s'élèvent à 165 millions de francs (voir **Tableau 4**), n'atteignent qu'un quart des dégâts de Lothar et se situent à un niveau comparable à celui de la tempête Vivian de 1990 qui a sévi en particulier dans des zones d'altitude peu habitées dans les Alpes. Les plus importants dommages causés par Éléonor/Burglind aux bâtiments se sont produits dans les cantons de Berne (20 millions de francs), de Lucerne (18 millions de francs), de Soleure, d'Argovie et de Zurich (voir **Figure 22**). Sept cantons n'ont pas été pris en compte (Genève, Uri, Schwyz, Tessin, Appenzell Rhodes-Intérieures, Valais et Obwald) car les dégâts de vent n'y sont pas couverts par des assurances immobilières étatiques mais par des assureurs privés. Pour ces cantons, l'Association suisse d'assurances (ASA) estime que le total des dégâts s'élève entre 35 et 40 millions de francs.

Les dégâts aux forêts annoncés à l'OFEV, soit 1,3 millions de mètres cubes de bois abattus, correspondent environ à un quart de l'exploitation annuelle suisse. Selon le communiqué aux médias du 18 janvier 2018, l'OFEV s'attend à ce que le marché absorbe le bois abattu valorisable sans causer un effondrement des prix. La situation était tout autre après Lothar (dix fois plus de bois abattu) ou après Vivian (quatre fois plus de dégâts). Les cantons les plus touchés par les dégâts de forêt cau-

sés par Éléonor/Burglind sont ceux de Berne, de Lucerne, de Soleure, de Zurich et d'Argovie. Les cantons de Berne, de Lucerne et de Soleure, en particulier, ont présenté certains dégâts de surface majeurs et donc des préjudices atteignant jusqu'à deux tiers de l'exploitation annuelle moyenne. Les dégâts épars aux conifères ont également des répercussions considérables : sortir ce bois pour prévenir les attaques de scolytes implique un travail important. Les travaux de déblaiement en forêt sont très dangereux. Au cours de tels travaux à la suite de la tempête Lothar, quinze personnes ont perdu la vie (OFEFP, 2001). Il reste à espérer que les travaux de déblaiement requis après Éléonor/Burglind n'aient fait aucune victime.



En plus des dommages immobiliers et des dégâts aux forêts, les tempêtes hivernales ont des répercussions indirectes, notamment lorsqu'elles interrompent des services ou des infrastructures critiques. De tels interruptions concernent une partie bien plus large de la population que les dégâts directs et peuvent entraîner d'autres frais. Dans le cas de Lothar, ces frais subséquents ont été estimés à au moins 17 millions de francs. Le présent rapport prend la mobilité et l'approvisionnement électrique comme exemples pour illustrer les répercussions d'Éléonor/Burglind.

Heureusement, selon Swissgrid, le réseau suisse de distribution d'électricité, la Suisse n'a subi aucun déficit d'approvisionnement aux postes de distribution, malgré des dégâts isolés. Dans le cas de Lothar, des dégâts sur 70 raccordements de lignes de transmission ont engendré des pannes de courant à grande échelle. Dans le cas d'Éléonor/Burglind, selon des recherches effectuées par SRF, des dégâts sur les réseaux de distribution au niveau local ont engendré des pannes d'électricité dans des milliers de ménages des cantons de Berne, de Lucerne, de Zurich et des Grisons, mais ces atteintes sont cependant restées bien moindres que celles de Lothar.

Les CFF ont subi 168 perturbations (telles que des arbres sur les voies). Les répercussions de la tempête se sont ressenties sur l'ensemble du trafic ferroviaire suisse, touchant jusqu'à 400 000 voyageurs. Les retards ont affecté en particulier la Suisse romande (920 retards), suivie par le Plateau (680 retards) et le réseau BLS (430 retards). Les événements causés directement ou indirectement par Éléonor/Burglind ne sont pas particulièrement graves si l'on considère les quelque 550 événements se produisant en moyenne au quotidien du fait d'autres causes.

**Tableau 4** : comparaison des dégâts de différentes tempêtes hivernales. Ce tableau compare les dégâts de forêt et les dommages immobiliers causés par Éléonor/Burglind, Lothar et Vivian. Source des dommages immobiliers : assurances immobilières cantonales / union cantonale de réassurance / Association suisse d'assurances ; source des dégâts de forêt : OFEV ; source des cas de décès : OFEFP (2001) et Service de prévention des accidents dans l'agriculture. État des données : février 2018.

Tempête	Cas de décès [nombre de personnes]	Dégâts immobiliers [en millions de francs]	Dégâts de forêt [en millions de m <sup>3</sup> ]
Éléonor/Burglind 2018	au moins 3	165	1,3
Lothar 1999	29	630	12,7
Vivian 1990	24	255	4,9

Le 3 janvier 2018, la centrale nationale d'information sur le trafic en Suisse (viasuisse) a envoyé plus d'un millier de messages concernant différents dérangements, du simple blocage aux congestions de trafic sur les réseaux routiers cantonal et national. En d'autres termes, elle a diffusé dix fois plus de messages que le 3 janvier 2017, un jour sans événement particulier. Parmi les messages, 455 concernaient directement la tempête Éléonor/Burglind.

Les cantons ont été affectés différemment par Éléonor/Burglind. Dans les cantons de Berne, de Soleure, d'Argovie, de Lucerne et de Zurich, les dégâts étaient particulièrement importants. Des répercussions indirectes ont pu être enregistrées également en Suisse romande, sur le reste du Plateau et dans la région des Préalpes jusqu'aux Grisons. La répartition spatiale des dégâts (voir **Figure 22**) concorde bien avec la classification climatologique des rafales de vent telle que représentée à la **Figure 17** et à la carte des dangers publiée à la **Figure 10**.



## 7 Stratégie de communication et échos médiatiques

MétéoSuisse a informé les autorités et la population de manière objective pendant et après la tempête, essentiellement via son site Internet et l'application MétéoSuisse. L'office a pu rapidement fournir une classification climatologique de l'événement. MétéoSuisse a reçu un accueil positif sur tous les canaux médiatiques.

### 7.1 Communication de MétéoSuisse

MétéoSuisse s'est exprimé avec retenue par rapport à d'autres services météorologiques privés qui avaient émis des communiqués avant la tempête et ont été fréquemment repris par les médias, publiant parfois des déclarations dramatiques. MétéoSuisse avait pour stratégie d'informer de manière objective tout en fournissant le plus rapidement possible une classification climatologique. Dans le cas de la tempête Éléonor/Burglind, MétéoSuisse a misé sur le blog de son site Internet comme moyen de communication principal : annonce le jour d'avant, description et évolution ultérieure probable des pics le jour de la tempête ainsi qu'une classification climatologique le jour d'après. Le blog a par ailleurs été envoyé aux médias. Après émission d'une alerte de précipitations pour certaines régions à la suite de la tempête, MétéoSuisse a communiqué à travers un texte complémentaire au blog destiné aux médias des régions concernées. MétéoSuisse a renoncé à envoyer aux médias un communiqué traditionnel.

### 7.2 Échos médiatiques et canaux de distribution

MétéoSuisse a été mentionné par tous les canaux médiatiques sur un ton exclusivement positif. Il a été cité comme expert pour les questions météorologiques et climatiques. Cette perception s'applique également aux services météorologiques privés, mais ces derniers ont trouvé un écho plus fort sur les médias sociaux, sur les portails d'information en ligne et plus généralement en Suisse alémanique. MétéoSuisse a été très fréquemment cité essentiellement sur les portails d'information en ligne de la Suisse romande et italienne ainsi que dans les imprimés de Suisse alémanique. Pendant et après la tempête, MétéoSuisse a utilisé comme canaux de distribution principaux le site Internet et l'application MétéoSuisse (notifications « push »).

#### Échos médiatiques sur Internet

Au total, entre le 3 et le 5 janvier 2018, MétéoSuisse a été mentionné 654 fois sur les plates-formes en ligne (portails d'information, médias sociaux), soit 276 fois le 3 janvier, 271 fois le 4 janvier et 107 fois le 5 janvier.

### Échos médiatiques dans les imprimés, à la radio et à la télévision

Dans l'ensemble, MétéoSuisse a été mentionné 133 fois dans les médias imprimés ainsi qu'à la radio et à la télévision (le 3 janvier : 24 fois imprimés et 2 fois TV ; le 4 janvier 53 fois imprimés, 2 fois TV et 6 fois radio ; le 5 janvier 31 fois imprimés, 2 fois TV et 3 fois radio). La majeure partie des contributions radiophoniques et télévisuelles ont été diffusées en Suisse romande et italienne. Les articles dans des médias imprimés sont parus le plus souvent en Suisse alémanique, suivie par la Suisse romande.

### Canaux de distribution

Pendant la semaine de la tempête (du 1<sup>er</sup> au 5 janvier 2018), le site Internet de MétéoSuisse (blog compris) a enregistré, par rapport à une semaine habituelle (ici celle du 8 au 12 janvier 2018), une augmentation des visites de 70 % au total (+102 % en Suisse alémanique ; +83 % en Suisse romande ; +23 % en Suisse italienne).

Pendant la semaine de la tempête, l'application a vu son utilisation augmenter de 65 % par rapport à une semaine sans événement. Durant la semaine de la tempête, la carte d'aperçu global des dangers a été consultée 1,15 million de fois, les cartes détaillées environ 0,94 million de fois. Au cours de la période du 1<sup>er</sup> au 5 janvier 2018, quelque 10 millions de notifications « push » ont été envoyées. Cela comprend tous les types d'alertes, donc également les autres types de dangers naturels tels que les avalanches, les crues, etc.

**Tableau 5** : chiffres-clés relatifs aux échos médiatiques sur Internet, dans les médias imprimés, à la télévision et à la radio pour la période du 3 au 5 janvier 2018 et données des trois canaux de distribution de MétéoSuisse (site Internet, application et alertes poussées). \* = pour la période du 1<sup>er</sup> au 5 janvier 2018, comparaison (site Internet et application) par rapport à la période du 8 au 12 janvier 2018.

Média	3 janvier 2018	4 janvier 2018	5 janvier 2018	Total
Internet	276	271	107	654
Médias imprimés	24	53	31	108
Télévision	2	2	2	6
Radio	-	16	3	19
Site Internet MétéoSuisse*	<b>+70 %</b> (CH all. +102 %, CH rom. +83 %, CH ital. +23 %)			
Application MétéoSuisse*	<b>+65 %</b> Carte d'aperçu global des dangers : 1,15 million de visites Cartes détaillées : 0,94 million de visites			
Notifications « push »*	<b>~10 millions</b>			

## 7.3 Conclusions relatives aux médias et aux relations publiques

Les contributions dans le blog de MétéoSuisse se sont révélées un moyen de communication efficace, apprécié tant par les journalistes que par le grand public. Les utilisateurs peuvent répondre directement et publiquement à tous les commentaires, ce qui peut représenter un défi pour la gestion logistique des contenus et du temps. Rétrospectivement, la stratégie de communication relativement prudente de MétéoSuisse s'est avérée globalement adéquate. Toutefois, l'office aurait pu informer les médias activement avant l'événement déjà (par exemple en envoyant les contributions dans le blog). L'élément essentiel qu'il faudra retenir à l'avenir est la rapidité avec laquelle MétéoSuisse peut classer un événement climatologique grâce à son expertise solide.



## Remerciements

Nous adressons nos remerciements aux personnes et organisations suivantes pour les données fournies sur les dégâts et les répercussions d'Éléonor/Burglind : **Christoph Welker** et **Mirco Heide-  
mann** (établissement d'assurance immobilière du canton de Zurich, GVZ), **Markus Imhof** (Union  
intercantonale de réassurance), **Gunthard Niederbäumer** (Association suisse d'assurances), **Ga-  
briela Vrecko** (CFF), **Joshu Jullier** (Swissgrid SA), **Rolf Manser**, **Erica Zimmermann** et **Gerda  
Jimmy** (Office fédéral de l'environnement), **Jessica Ladanie** (viasuisse), **Dominique Thiévent**  
(Service de prévention des accidents dans l'agriculture).

Nous remercions par ailleurs les personnes suivantes de MétéoSuisse pour leur évaluation du rap-  
port : **Christof Appenzeller**, **Marco Arpagaus**, **Isabelle Bey**, **Heike Kunz**, **Mischa Croci-Maspoli**,  
**Marco Gaia**, **Roland Mühlebach**, **Christoph Schmutz**, **Cornelia Schwierz** et **Marco Stoll**.



## Références

**Coles S, 2013:** An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values, Springer Series in Statistics, 209pp, ISBN: 9781447136750.

---

**European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ECMWF, 2018:** Documentation en ligne: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/documentation-and-support>.

---

**Assurance immobilière Berne:** Tempête Eleanor: Des dégâts à hauteur de 30 millions de francs, Communiqué de presse, 11 janvier 2018.

---

**Office fédéral de l'environnement OFEV, 2018:** Tempêtes hivernales de début 2018 : près de 1,3 million de mètres cubes de bois au sol, Communiqué de presse, 18 janvier 2018.

---

**Office fédéral de l'environnement OFEV (éditeur) 2017:** Annuaire La forêt et le bois 2017, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. UZ-1718-F, 107p.

---

**Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP (éditeur) 1994:** Sturmschäden 1990 im Schweizer Wald, Schriftenreihe Umwelt Nr. 218. Wald.

---

**Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, 2018:** Documentation en ligne des modèles météorologiques numériques COSMO: <https://www.meteosuisse.admin.ch/home/systemes-de-mesure-et-de-prevision/systemes-d-alertes-et-de-previsions/cosmo-systeme-de-previsions.html>.

---

**Lalauette F, 2003:** Early detection of abnormal weather conditions using a probabilistic extreme forecast index, QJRM, 129: 3037-3057, doi:10.1256/qj.02.152.

---

**Schüepp M, 1995:** Vivian. Sturmperiode Februar 1990. Arbeitsberichte der SMA, 182, Schweizerische Meteorologische Anstalt.

---

**Schüepp M, Schiesser HH, Huntrieser H, Scherrer HU, Schmidtke H, 1994:** The winterstorm Vivian of 27 February 1990 – about meteorological development, wind forces and damage situation in the forests of Switzerland., Theor Appl Clim, 49 (3), 183-200.

---

**Wernli H, Dirren S; Liniger MA, Zillig M, 2002:** Dynamical aspects of the life cycle of the winter storm 'Lothar' (24-26 December 1999), QJRM, 128 (580), 405-429.

---

**WSL et office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP (éditeur) 2001:** Lothar. Der Orkan 1999. (Lothar. L'ouragan de 1999), Birmensdorf, Bern, 365 p.

---

**MeteoSchweiz**  
Operation Center 1  
CH-8044 Zürich-Flughafen  
T +41 58 460 99 99  
[www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch)

**MeteoSvizzera**  
Via ai Monti 146  
CH-6605 Locarno Monti  
T +41 58 460 97 77  
[www.meteosvizzera.ch](http://www.meteosvizzera.ch)

**MétéoSuisse**  
7bis, av. de la Paix  
CH-1211 Genève 2  
T +41 58 460 98 88  
[www.meteosuisse.ch](http://www.meteosuisse.ch)

**MétéoSuisse**  
Chemin de l'Aérogologie  
CH-1530 Payerne  
T +41 58 460 94 44  
[www.meteosuisse.ch](http://www.meteosuisse.ch)

