Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 101 (2009)

Heft: 4

Artikel: Prévision hydrométérologique et les avis de fortes précipitations en Suisse

Autor: Ulrich, Dieter / Haldimann, Anick

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941959

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Prévision hydrométéorologique et les avis de fortes Précipitations en Suisse

■ *Didier Ulrich, Anick Haldimann*

Résumé

La prévision météorologique ainsi que les avis de fortes précipitations en Suisse sont des instruments indispensables aux collectivités publiques ou privées dans le cadre de la gestion des cours d'eau dans les Alpes. L'Office fédéral de météorologie et de climatologie, MétéoSuisse, possède ses propres modèles de prévision météorologique, qui fournissent à ses prévisionnistes toutes les informations météorologiques nécessaires à l'élaboration des prévisions et des avis. Ces modèles sont aussi à la disposition de tiers. Les prévisions de précipitations sont utilisées de manière opérationnelle pour des prévisions hydrologiques par l'Office fédéral de l'environnement, par le canton du Valais dans le cadre du projet MINERVE, et par une firme privée pour des prévisions de cours d'eau. MétéoSuisse est en outre responsable de tous les avis d'intempéries en Suisse et en particulier des avis de fortes précipitations. Cet article tente de décrire de manière simplifiée les outils à disposition des météorologues et des hydrologues pour la gestion des crues ou des aménagements hydroélectriques.

1. Introduction

La prévision météorologique a fait d'énormes progrès au cours des cinquante dernières années grâce aux modèles de simulation de l'atmosphère. De quelques heures seulement, les prévisions sont devenues fiables sur plusieurs jours, parfois même au-delà de la semaine. Suite à la montée en puissance de l'outil informatique, la maille de ces modèles a pu se réduire considérablement et, par là même, la précision des prévisions s'en trouve améliorée. De quelques centaines de kilomètres, la résolution des modèles est passée à quelques dizaines, voire à quelques kilomètres. MétéoSuisse travaille actuellement sur un modèle avec une résolution d'un peu plus de deux kilomètres s'étendant sur toute la région des Alpes. De plus les superordinateurs permettent de lancer simultanément une multitude de modèles numériques fournissant chacun une prévision distincte. Bien que plus précis, plus nombreux et à la pointe de la recherche, ces modèles comportent des limites. Par exemple, les prévisions de précipitations restent un énorme défi, tant du point de vue quantitatif que de la localisation. L'apport des prévisionnistes demeure donc indispensable, ils doivent synthétiser cette avalanche d'informations et l'interpréter avant de la diffuser à la population.

Grâce à leur expertise, les prévisionnistes de MétéoSuisse peuvent ainsi émettre des avis d'intempéries lorsque la situation météorologique l'exige. Ces avis sont alors diffusés à grande échelle par différents canaux pour que la population et les autorités puissent prendre les mesures de sécurité qui s'imposent.

2. La prévision météorologique déterministe

A partir d'un état initial unique de l'atmosphère, un modèle fournit une prévision unique pour chaque échéance. Cette prévision est dite déterministe car elle ne donne qu'une valeur à chaque paramètre météorologique à un endroit et à une échéance donnés. Une prévision déterministe se dégrade peu à peu au cours des échéances car l'analyse utilisée pour l'initialisation du modèle n'est jamais totalement conforme à la réalité. De petites erreurs s'invitent en

	CEPMMT	COSMO-7	COSMO-2
Résolution	25 km [1]	6.6 km	2.2 km
Nombre niveaux verticaux	91	60	60
Nombre de points de grille	1'280'000	132'834	182'000
Domaine de prévision	Globe	Europe	Alpes
Echéances de prévision	0 à 240 h	0 à 72 h	0 à 24 h
Réactualisation	2x/jour	3x/jour	8x/jour

[1] 16 km dès février 2010

Tableau 1. Caractéristiques des modèles déterministes utilisés à MétéoSuisse.

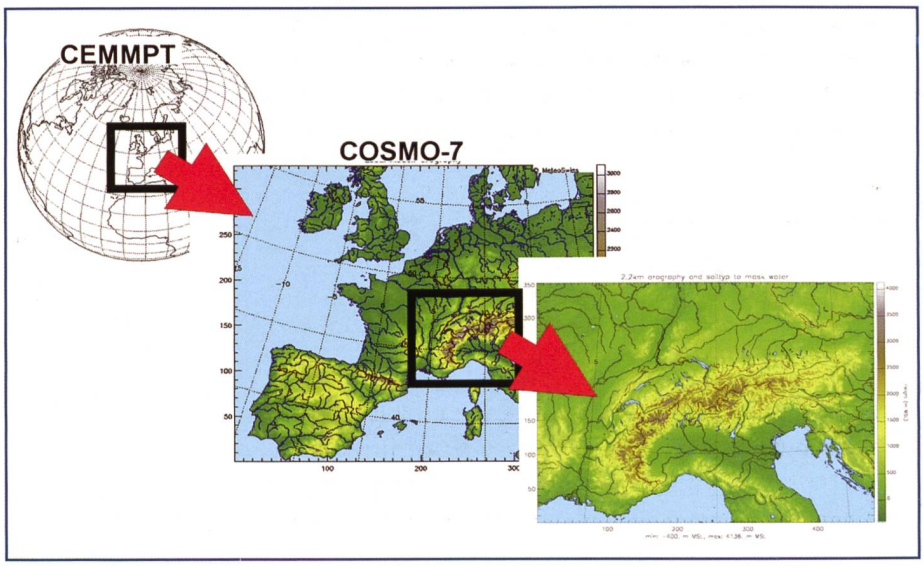

Figure 1. Imbrication des modèles utilisés à MétéoSuisse.

effet tout au long de la phase d'assimilation des données. De plus, de nombreuses zones autour du globe ne disposent pas de mesures totalement fiables, voire de pas d'observations du tout. Ces petites erreurs vont s'amplifier au cours du calcul de la prévision et s'ajouter aux imperfections du modèle. Le résultat final divergera ainsi de l'évolution réelle de l'atmosphère au fur et à mesure qu'il s'éloigne de l'analyse initiale, jusqu'à rendre la prévision totalement inutilisable après une échéance de quelques jours. C'est ce qu'on appelle l'effet papillon.

Suivant l'échéance de prévision, les modèles de prévision météorologique actuels couvrent des domaines plus ou moins vastes et leur résolution varie. Pour effectuer une prévision à dix ou quinze jours, le domaine de l'analyse doit couvrir la totalité du globe terrestre pour obtenir les résultats les plus fiables. Une particule d'air peut en effet circuler plusieurs fois autour du globe durant ce laps de temps. On parle alors de modèle global. Le modèle global utilisé de manière opérationnelle à MétéoSuisse est celui du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT) situé à Reading en Angleterre.

Pour des prévisions plus détaillées et plus localisées, une résolution de plus en plus fine est utilisée. Des quelques dizaines de kilomètres d'un modèle global, la maille passe alors à moins de dix kilo-

	CEPMMT EPS	COSMO LEPS	SNRWP PEPS
Résolution	50 km	7 km	Variable
Nombre de modèles	1	1	23
Echéances de prévision	0-240 h	0-132 h	0-132 h
Domaine de prévision	Globe	Europe	Variable
Nombre d'analyses initiales	52	16	1
Réactualisation	2x/jour	1x/jour	2x/jour

Tableau 2. Caractéristiques des différents modèles EPS utilisés à MétéoSuisse.

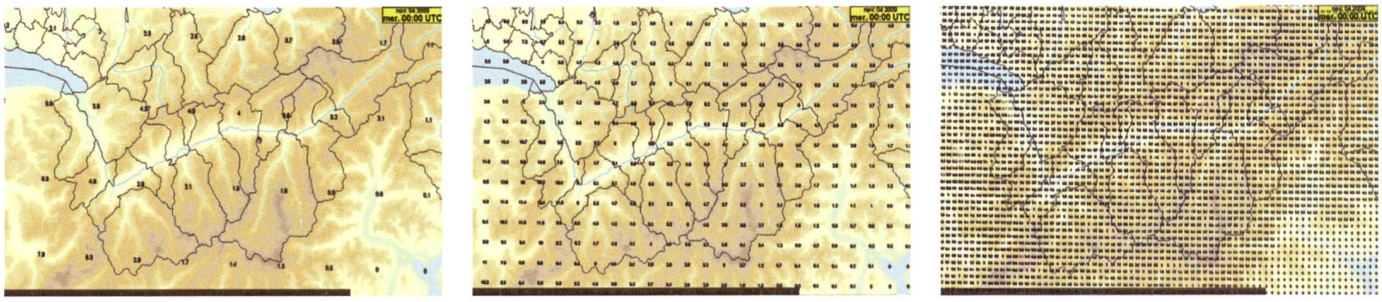

Figure 2. Résolution spatiale des précipitations d'après CEPMMT (à gauche), COSMO-7 (centre) et COSMO-2 (à droite).

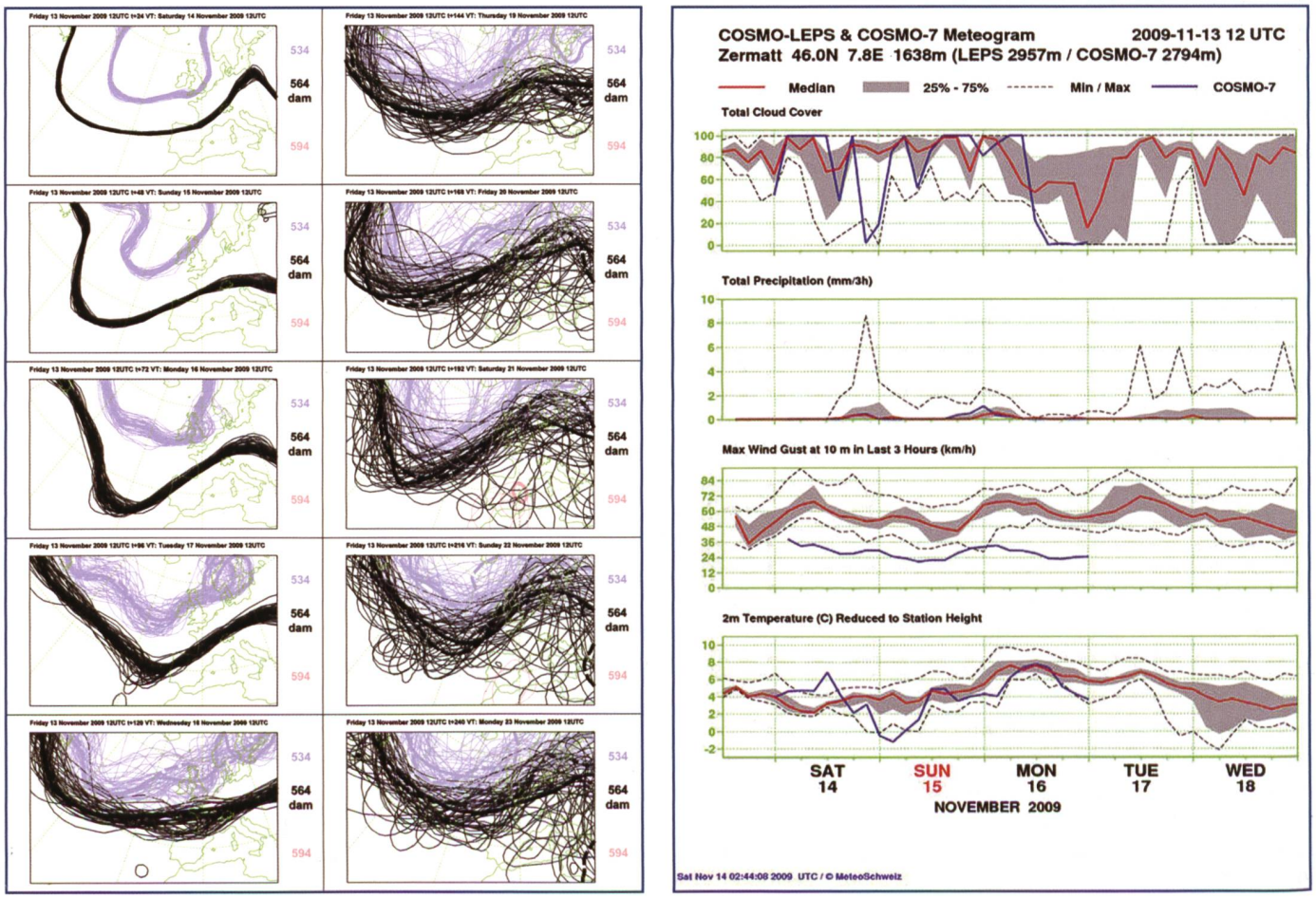

Figure 3. Représentation spaghettis d'une prévision à 10 jours du CEPMMT-EPS (à gauche) et prévision en ruban sur la base de COSMO-LEPS (à droite).

mètres à l'échelle d'un continent pour les modèles régionaux ou proche du kilomètre à l'échelle d'un pays pour les modèles locaux. Simultanément, les échéances de prévision se réduisent à quelques jours, voire quelques heures pour les modèles aux mailles les plus fines. Depuis de nombreuses années, MétéoSuisse a développé ses propres modèles régionaux et locaux dans le cadre du consortium COSMO (COnsortium for SMall-scale MOdelling) qui regroupe 7 services météorologiques nationaux (cf. le site web www.cosmo-model.org pour toutes informations sur le consortium et pour toute la documentation scientifique des modèles COSMO).

Actuellement les prévisionnistes de MétéoSuisse utilisent opérationnellement deux modèles à mailles fines, COSMO-7 et COSMO-2 *(Tableau 1)*. Le modèle COSMO-2 (opérationnel depuis février 2008) qui utilise les donnée de précipitations des trois radars suisses est décrit dans le rapport annuel 2008 de MétéoSuisse, disponible sur le site internet sous www.meteosuisse.ch > Portrait > Documentation > Rapport annuel 2008 (page 28–29).

Ces trois modèles sont imbriqués les uns dans les autres tels des poupées russes, le modèle local utilisant les conditions aux bords du modèle régional et ce dernier utilisant celles du modèle global *(Figure 1)*.

Les deux modèles COSMO de MétéoSuisse *(Figure 2)* sont calculés au Centre National de Calcul à Haute Performance situé à Manno près de Lugano au Tessin. Ils fournissent tous les paramètres météorologiques nécessaires à l'élaboration d'une prévision météorologique et en particulier les quantités, la durée et la localisation des précipitations. Cependant, il n'est pas toujours aisé d'interpréter ces prévisions. De grandes disparités peuvent apparaître entre deux modèles, ou au sein d'un même modèle dans une même région. La qualité des prévisions de précipitations et leur sensitivité à différentes paramétrisations physiques dans les modèles a été étudiée en détail dans le cadre du consortium COSMO (Dierer et al., 2010).

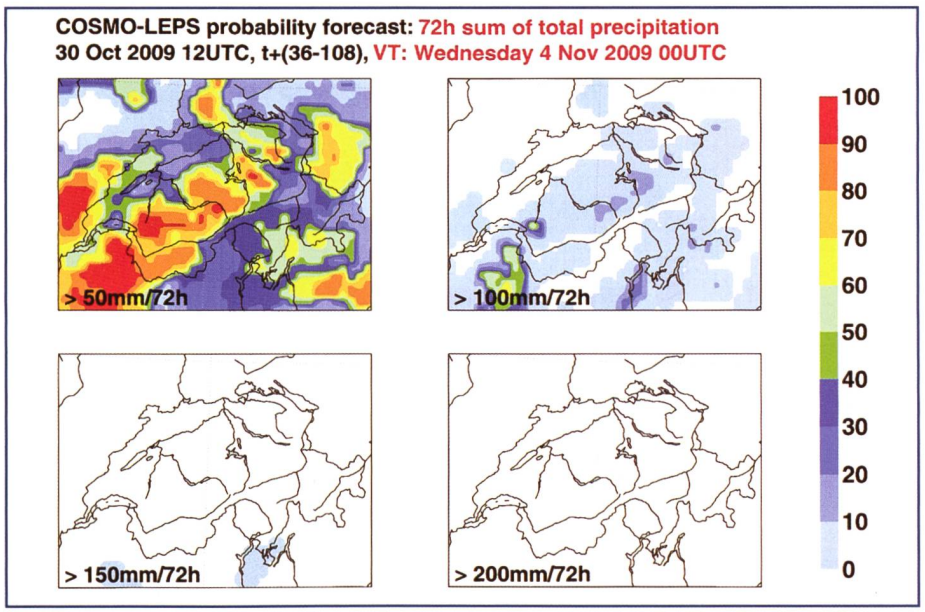

Figure 4. Prévisions probabilistes de fortes précipitations sur la base des 16 membres de COSMO-LEPS. L'échelle des couleurs représente le pourcentage de modèles qui remplissent les conditions.

Degré de danger		Au nord des Alpes	Au sud des Alpes et au Simplon
	Degré 1, jaune	50 mm en 24h 80 mm en 48h 100 mm en 72h	100 mm en 24h 140 mm en 48h 160 mm en 72h
	Degré 2, orange	75 mm en 24h 110 mm en 48h 130 mm en 72h	130 mm en 24h 175 mm en 48h 200 mm en 72h
	Degré 3, rouge	100 mm en 24h 140 mm en 48h 160 mm en 72h	160 mm en 24h 200 mm en 48h 240 mm en 72h

Tableau 3. Seuils d'avis de fortes précipitations.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bulletin d'intempérie

Aperçu de la situation actuelle d'intempérie en Suisse

bulletin issu le jeudi, 23.07.2009 à 18:45 h.

Type, intensité et région concernée:
Orages violents possibles, degré jaune. Régions concernées : Nord des Alpes, Valais, Nord et Centre des Grisons

Durée totale de l'intempérie:
du: jeudi 23.07.2009 00:00 h,
au: jeudi 23.07.2009 24:00 h.

Détails de la situation:
Un front orageux très actif traverse la Suisse en ce moment. Il a occasionnée de forts orages, notamment sur le flanc sud du Jura vaudois, la Côte, le Gros-de-Vaud, la Broye et les régions bernoises et zurichoises. D'autres orages violents ont été observés dans le Chablais et les Préalpes, ainsi que dans le canton de Neuchâtel. Les orages les plus forts ont fait l'objet de flash orage. De nombreux cas de grêle d'un diamètre de plusieurs centimètres (balle de golf) ont été reportés et les rafales de vent ont atteint 91 km/h à Saint-Prex, 78 km/h à Bière, 85 km/h à Oron, 65 km/h au Bouveret et 104 km/h à Plaffeien. L'activité orageuse sera encore importante en début de soirée sur la Suisse, principalement en Suisse alémanique et dans les Alpes, mais les orages perdent graduellement en intensité. La fin de l'activité est toujours prévue en début de nuit vers 21-22 heures en Suisse romande, vers minuit en Suisse alémanique.

Prochaine mise à jour:
23.07.2009 22:00 h

Les instructions des autorités locales doivent être suivies impérativement.
Ce bulletin est également disponible par les canaux suivants:
Tel. 162 (Frs 0.50 / appel et minute)
Fax 0900 162 369 (Frs 0.30 / minute)

En cas de problème appelez notre hotline à votre service 24h sur 24 téléphone 044 256 99 99

© MétéoSuisse, Genève

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Prévision d'intempérie en Suisse pour les 5 prochains jours

bulletin issu le jeudi, 23.07.2009, 18:00 h

valide du jeudi, 23.07.09 au lundi, 27.07.09

Jeudi:
Nord des Alpes, Valais, Nord et Centre des Grisons : orages violents possibles. Voir le bulletin d'intempéries.

Vendredi:
Sud des Alpes : orages violents possibles. Probabilité : 40-70%.

Samedi:
Pas d'intempéries significatives prévues

Dimanche:
Pas d'intempéries significatives prévues

Lundi:
Pas d'intempéries significatives prévues

Prochaine mise à jour:
vendredi, 24.07.09 12:00 h

Ce bulletin est également disponible par les canaux suivants:
Tel. 162 (Frs 0.50/ appel et minute)
Fax 0900 162 469 (Frs 0.30 / minute)

En cas de problème appelez notre hotline à votre service 24h sur 24 téléphone 044 256 99 99

© MétéoSuisse, Genève

Figure 5. Avis et bulletin d'intempéries.

3. La prévision météorologique probabilisite

Il existe de nombreuses solutions pour essayer de pallier l'erreur de l'analyse initiale ou l'imperfection des modèles. Grâce à l'énorme progression de la puissance informatique durant ces dernières années, il est maintenant possible de faire tourner un modèle avec plusieurs dizaines d'analyses initiales, ou encore de calculer une multitude de modèles différents avec une seule analyse. Afin toutefois de préserver un temps de calcul raisonnable, on utilise des modèles simplifiés possédant une résolution plus grossière que celle des modèles de prévision déterministe. De n analyses de départ, nous aurons donc n prévisions pour un endroit et une échéance donnés. Suivant la situation, ces prévisions sont plus ou moins semblables les unes aux autres. Une étude statistique permet d'interpréter les résultats de ces modèles. On parle alors de prévision probabiliste ou de prévision d'ensemble.

MétéoSuisse travaille actuellement avec le système de prévision d'ensemble (EPS) du CEPMMT pour les prévisions à moyen et long terme et avec COSMO-LEPS et SNRWP-PEPS pour les prévisions à courte échéance *(Tableau 2)*. Le système

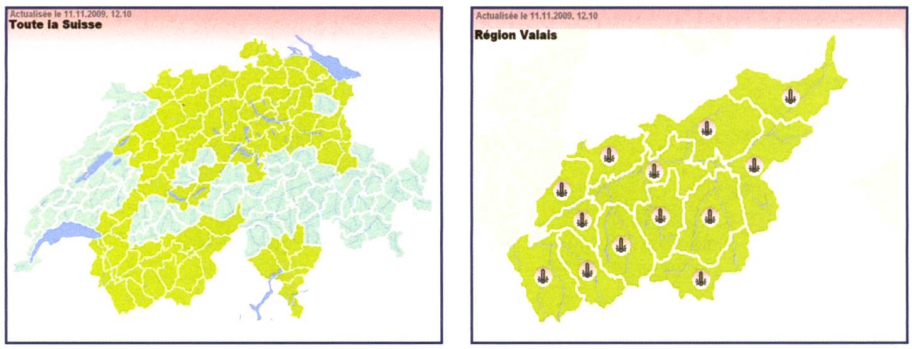

Figure 6. Cartes de danger Internet (www.meteosuisse.ch).

Degré de danger		
	Grisé Aucun avertissement	L'évolution du temps est normale pour la saison et sans danger particulier. Des phénomènes significatifs peuvent toutefois survenir localement, même si aucun avertissement n'a été émis.
	Vert-pâle Danger limité	Evénement météorologique fréquent, susceptible de se produire plusieurs fois par mois. Dans certaines circonstances, ce type d'événement peut présenter un certain danger.
	Jaune Danger marqué	Evénement météorologique survenant une fois tous les 1 à 9 ans. Le danger est en général marqué et étendu. Des comportements particuliers peuvent s'avérer nécessaires pour y faire face.
	Orange Fort danger	Evénement météorologique touchant une région une fois tous les 1 à 9 ans. Le danger est en général marqué, et des dangers apparemment de moindres importances doivent être pris au sérieux.
	Rouge Très fort danger	Evénement météorologique survenant moins d'une fois tous les 10 ans. Le danger est extrême et généralisé. Un comportement adapté est nécessaire pour y faire face, y compris à domicile.

Tableau 4. Degré de danger de la carte internet MétéoSuisse.

COSMO-LEPS a été décrit en détail par Marsigli et al. (2005).

Les résultats de ces modèles peuvent être représentés sous de multiples formes selon l'information souhaitée. Les prévisions spaghettis représentent un ou plusieurs isohypses (courbes de même altitude à une pression donnée) pour chaque modèle et chaque échéance. La dispersion des différentes courbes au fil du temps illustre bien la fiabilité de la prévision. De même, il est aisé de représenter de nombreux paramètres météorologiques tels que la température ou les précipitations sous une forme de ruban illustrant les valeurs extrêmes prévues par les modèles. On pourra aussi représenter la moyenne des valeurs, la valeur médiane ou encore les intervalles qui englobent les 25% ou les 75% des valeurs *(Figure 3)*.

Ces prévisions d'ensemble sont rapidement devenues une aide indispensable à la décision lors de phénomènes météorologiques violents et font partie intégrante du travail quotidien des prévisionnistes. Certaines représentations permettent de localiser en un coup d'œil les régions susceptibles de subir des intempéries *(Figure 4)*.

4. Les avis de fortes précipitations en Suisse

MétéoSuisse, en tant que service météorologique national, est responsable d'avertir les autorités et le grand public en cas d'intempéries prévues en Suisse, en particulier lors de fortes précipitations. Les fronts se déplaçant lentement, les situations de barrage ainsi que les orages quasi stationnaires peuvent produire des précipitations abondantes et font généralement l'objet d'avis afin de limiter certains dégâts et de protéger la population.

4.1 Avis aux autorités cantonales

Lorsqu'une situation météorologique critique est prévue, MétéoSuisse en informe les autorités. Chaque centre régional est responsable des avertissements dans sa région linguistique. Le centre de Genève gère les avis des cantons romands et du Valais, le centre de Locarno ceux du Tessin et de l'Engadine, le centre de Zürich ceux des cantons alémaniques. Un préavis est diffusé aux autorités lorsque le début de l'événement est prévu dans un délai supérieur à 36 h. Lorsque le délai est inférieur à 36 h et durant l'événement, MétéoSuisse émet des avis d'intempéries. En principe, un avis peut être diffusé à tout moment, mais il est généralement émis en fin de matinée, de manière à assurer une bonne coordination à tous les niveaux. Un avis est réactualisé toutes les 24 h avant le début de l'événement, toutes les 12 h une fois que l'événement est en cours. En cas d'évolution critique ou sur demande des autorités, l'avis peut être mis à jour dans un délai plus court. Une fin d'avis est émise lorsque la fin de l'événement est imminente, lorsque la phase critique de l'événement est terminée ou lorsque la situation n'est plus jugée critique. Les préavis, avis et fin d'avis sont envoyés aux autorités par le système VULPUS, via la Centrale Nationale d'Alarme (CENAL). Ces informations sont également disponibles sur la plateforme informatique sécurisée de la CENAL.

En collaboration avec les autorités cantonales, des seuils d'avertissement ont été définis pour chaque paramètre météorologique critique *(Tableau 3)*. Les seuils varient en fonction de la région, de l'altitude et de la durée de l'événement.

Pour les fortes précipitations, deux régions ont été définies, le nord et le sud des Alpes. Le Valais comporte donc deux seuils d'avertissement distincts, un pour la région du Simplon au sud des Alpes, un second pour les régions du nord des Alpes.

Chaque avertissement mentionne

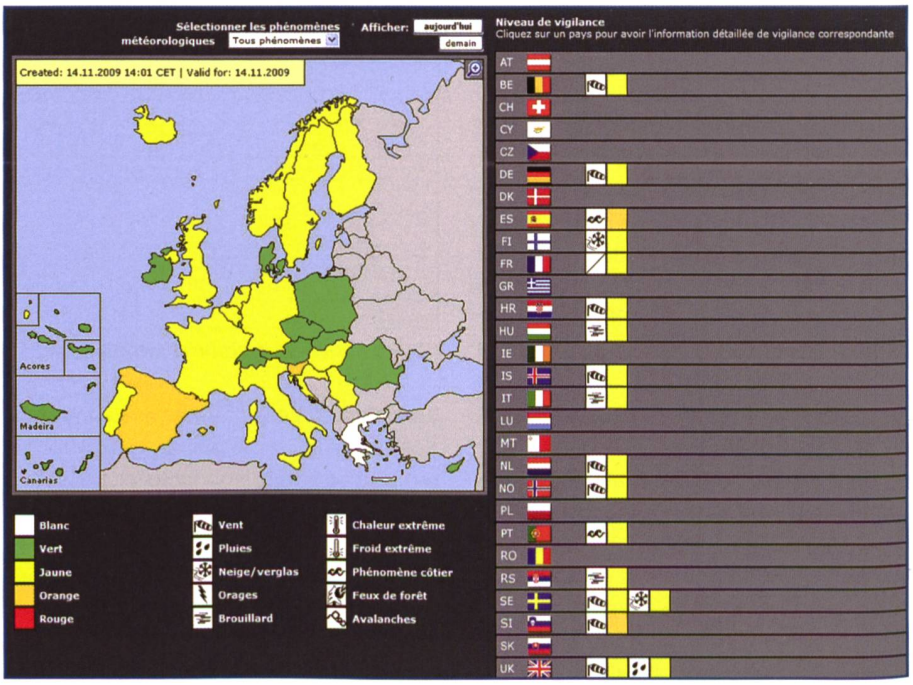

Figure 7. Carte européenne de danger.

le degré de danger, la région concernée, le type d'intempérie, la période critique, le délai de renouvellement de l'avis, ainsi qu'une description de l'événement avec les détails pertinents tels que la limite des chutes de neige, les vents significatifs, etc. Parallèlement à ces avis, un bulletin d'intempéries est émis quotidiennement *(Figure 5)*. Il mentionne les avis en cours ainsi que la probabilité d'intempéries en Suisse durant les cinq prochains jours.

4.2 Avis au grand public

Tout avis d'intempéries en Suisse est signalé sur le site Internet de MétéoSuisse, à l'aide d'une échelle de couleur illustrant le degré de danger (*Figure 6* et *Tableau 4*). Certains événements de moindre ampleur, ne nécessitant pas un avis aux autorités, sont également signalés (orages, avis de prudence sur les lacs, etc.). Ils sont illustrés en vert-pâle sur la carte de dangers. Seuls les préavis communiqués aux autorités ne sont pas diffusés au grand public.

Lorsqu'un danger est signalé sur la carte *(Figure 7)*, un zoom permet d'identifier le type d'événement et un texte descriptif peut être visualisé. Les avis destinés au grand public sont également diffusés gratuitement par sms, en temps réel. Par ailleurs, les avis d'intempéries émis par la plupart des services météorologiques nationaux européens, MétéoSuisse inclus, sont visualisables sur une plateforme commune: www.meteoalarm.eu.

5. Applications hydrologiques

Le modèle MINERVE développé à l'EPFL pour le Canton du Valais et de Vaud utilise depuis quelques années les prévisions déterministes de COSMO-7. Dans le cadre du nouveau projet MINERVE horizon 2010, les prévisions déterministes de COSMO-2 et les prévisions d'ensemble de COSMO-LEPS ont été ajoutées et permettent une approche probabiliste des futures crues du Rhône avec des premiers résultats scientifiques prometteurs.

Les prévisions de COSMO-2 et COSMO-7 sont aussi utilisées pour les prévisions hydrologiques de l'Office fédéral de l'environnement et pour les prévisions des débits des cours d'eau de la firme e-dric.ch (www.swissrivers.ch).

Références

S. Dierer, M. Arpagaus, A. Seifert, E. Avgoustoglou, R. Dumitrache, F. Grazzini, P. Mercogliano, M. Milelli, K. Starosta (2010). Deficiencies in quantitative precipitation forecasts: sensitivity studies using the COSMO model. A paraître dans la revue scientifique Meteorologische Zeitschrift.

Marsigli, C., Boccanera, F., Montani, A. and *T. Paccagnella* (2005). The COSMO-LEPS mesoscale ensemble system: validation of the methodology and verification. Nonlin. Processes Geophys. 12(4), 527–536.

Adresse des auteurs
Didier Ulrich
Anick Haldimann
Office fédéral de météorologie et de climatologie, MétéoSuisse, 7bis, avenue de la Paix
CH-1211 Genève 2, Suisse
Tél. +41 22 716 28 28, Fax +41 22 716 28 88
didier.ulrich@meteosuisse.ch
anick.haldimann@meteosuisse.ch

Zeitalter der Abwasserwärmenutzung hat begonnen

Ernst A. Müller

In unseren Städten fliessen unter unseren Füssen unbeachtet, grosse Abwassermengen in den unterirdischen Kanälen durch. Findige Köpfe haben gemerkt, dass dieses Abwasser selbst an den kältesten Wintertagen erstaunlich warm und deshalb eine günstige Wärmequelle zum Heizen ist. Auch in der Nähe der Überbauung Wässerwiesen in Winterthur ist ein grösserer Kanal vorhanden. Mit einfachen Wärmetauschern wird die Wärme dem Abwasser im Kanal entnommen und zur Heizzentrale transportiert, wo Wärmepumpen dafür sorgen, dass die Wohnungen dank dem Abwasser beheizt werden. Realisiert wurde die Anlage in Winterthur von der EBM im Contracting.

Die Anlage in Wässerwiesen ist kein Einzelfall, die Abwasserwärmenutzung wird immer attraktiver. Das zeigen diverse neue Anlagen, die in jüngster Zeit realisiert wurden. Im aargauischen Rheinfelden wurde kürzlich eine Anlage eingeweiht, welche hunderte von Wohnungen einer grossen Siedlung mit Wärme aus dem Abwasser der nahen Kläranlage versorgt. Auf der Bahnstrecke bei Zürich fällt ein silberglänzender Gebäudekomplex auf, das Postzentrum Mülligen. Nicht ersichtlich ist hingegen, dass auch dieser grosse Betrieb mit Wärme aus dem Abwasser beheizt wird, das von der nahen Kläranlagen der Stadt Zürich stammt. Aufgrund der positiven Erfahrungen wird nun ein zweiter Wärmeverbund mit Abwasser in Schlieren in Betrieb genommen. Die zwei Projekte in Schlieren verfügen über eine Heizleistung von 9 MW, was vergleichsweise dem Heizbedarf von Wohnungen von 10 000 Einwohnern oder halb Schlieren entspricht.

In allen drei Fällen hat der Bauherr keinen Rappen an die Investitionen bezahlt, denn die gesamte Finanzierung wird durch sogenannte Contractoren übernommen, wie hier in Winterthur von der EBM. Die Bauherren müssen lediglich für die bezogene Wärme bezahlen, wie bei einer Fernwärme. Die Contractoren sind aber auch um die Planung, den Bau und den Betrieb besorgt. Eventuelle Betriebsstörungen können sie während 24 Stunden im Tag erfassen und sofort reagieren. Was beim Contracting besonders wichtig für die Bauherren ist, dass ausgewählte Contractoren über umfassende Erfahrungen mit dieser Technologie verfügen, das vermittelt ein beruhigendes Gefühl.

Auch für das Gewissen und den Geldbeutel ist beruhigend, wenn Wärme aus dem Abwasser genutzt wird. Denn die Abwasserwärmenutzung weist im Ver-