Précipitations intenses

D'impressionnants nuages orageux sont un signe visible de possibles précipitations intenses (Fig. 1). Pourtant, la majeure partie de l'eau présente dans l'atmosphère n'est pas constituée de gouttelettes visibles, formant des nuages, mais de vapeur d'eau invisible. Pour provoquer des précipitations intenses, l'air humide doit s'élever, laissant une grande partie de la vapeur d'eau se condenser en gouttelettes lors du refroidissement. A Camedo (Tessin), par exemple, ces deux facteurs (masse d'air humide et ascension) ont provoqué les précipitations les plus importantes jamais mesurées en Suisse en une seule journée : 455 mm. Soit autant que la moyenne annuelle à Ackersand (Valais) (Tab. 1).

Les **précipitations intenses** se définissent par rapport à leur durée et à leur fréquence ; l'intensité se mesure en regard des précipitations moyennes de la région considérée. Elles durent en général entre 10 minutes et 5 jours et se produisent de manière isolée au cours de l'année. Ce sont surtout les cours d'eau à petits bassins versants qui sont soumis à des crues lors de précipitations intenses. Celles-ci provoquent alors très rapidement une forte érosion des sols, des glissements de terrain et des coulées de boue. Accompagnées de foudre, de rafales de vent ou de grêle, de fortes pluies peuvent faire des victimes humaines et causer de gros dégâts matériels.

Les **valeurs pluviométriques** pour un lieu donné sont généralement indiquées par la hauteur des précipitations liquides à la surface du sol (en millimètres). Une lame d'eau de 1 mm correspond à 1 litre de précipitations par mètre carré. Les **précipitations annuelles** moyennes les plus basses mesurées de Suisse sont de 545 mm, les plus élevées atteignent 2837 mm (Tab. 1).

Fig. 1 : Orage de chaleur, vu depuis Zimmerwald BE en direction du sud-est (photo : P. Gyarmati)

Durée des précipitations	Quantité de précipitations	Station de mesure	Période
10 minutes	33.6 mm	Locarno-Monti (Tessin) Alt. : 366 m	29 août 2003
1 heure	91.2 mm	Locarno-Monti (Tessin) Alt. : 366 m	28 août 1997
1 jour	455 mm	Camedo (Tessin) Alt. : 550 m	26 août 1935
2 jours	612 mm	Mosogno (Tessin) Alt. : 760 m	23 / 24 septembre 1924
3 jours	768 mm	Camedo (Tessin) Alt. : 550 m	3 – 5 septembre 1948
1 mois	1239 mm	Camedo (Tessin) Alt. : 550 m	avril 1986
1 année	4173 mm	Säntis (St-Gall) Alt. : 2502 m	1922
moyenne annuelle la plus élevée	*2837 mm*	*Säntis (St-Gall) Alt. : 2502 m*	*1981 – 2010*
moyenne annuelle la plus basse	*545 mm*	*Ackersand (Valais) Alt. : 700 m*	*1981 – 2010*

Tab. 1 : Records de précipitations mesurés en Suisse (MétéoSuisse, février 2013)

Tendances et alerte

La rareté des événements extrêmes ne permet pas de dire si les précipitations intenses ont augmenté et continueront d'augmenter en raison du **réchauffement climatique**. L'analyse d'événements plus fréquents en Europe centrale et en Europe du Nord, qui ne provoquent pas forcément de dégâts, a permis de constater une augmentation de la fréquence des précipitations intenses au cours des dernières décennies. Cette analyse est valable pour le printemps et pour l'automne. Aucune tendance n'est par contre observable en été. On suppose que le changement climatique global est en mesure de modifier la fréquence, l'étendue spatiale, la durée et la saisonnalité des précipitations intenses. Mais pour l'instant, il n'est pas possible de faire des déclarations fiables. MétéoSuisse, en tant que service météorologique et climatologique national, est chargé d'alarmer les autorités et la population à temps en cas d'événements météorologiques critiques. Afin de reconnaître et de prédire les événements extrêmes, MétéoSuisse utilise différents modèles météorologiques qui sont constamment vérifiés et adaptés.

Dégâts dus à la grêle

La grêle est un épiphénomène de certains épisodes de précipitations intenses. En Suisse, elle ne survient en moyenne qu'une fois sur dix événements d'averses ou d'orage. La Suisse fait partie des pays d'Europe les plus menacés par la grêle. Chaque année, les dégâts dus à la grêle dans notre pays se chiffrent en dizaines de millions de francs et touchent surtout l'agriculture (Fig. 6 et 7), mais aussi les véhicules et les bâtiments. Les dégâts de **grêle** lors d'un orage de chaleur restent locaux. A l'occasion du passage d'un front froid, en revanche, des colonnes de grêle en forme de bandes de plusieurs kilomètres, qui s'étendent à travers tout le Plateau du sud-ouest au nord-est, peuvent se former. L'effet d'ascendance de l'air sur le flanc des montagnes favorise l'apparition de grêle dans les Préalpes (Fig. 8).

Fig. 6 : Orage de grêle à Interlaken le 19 juin 2007 (photo : Pascal Blanc)

Fig. 7 : Poirier ravagé par la grêle le 7.7.2011 à Samstagern ZH (photo : Suisse Grêle)

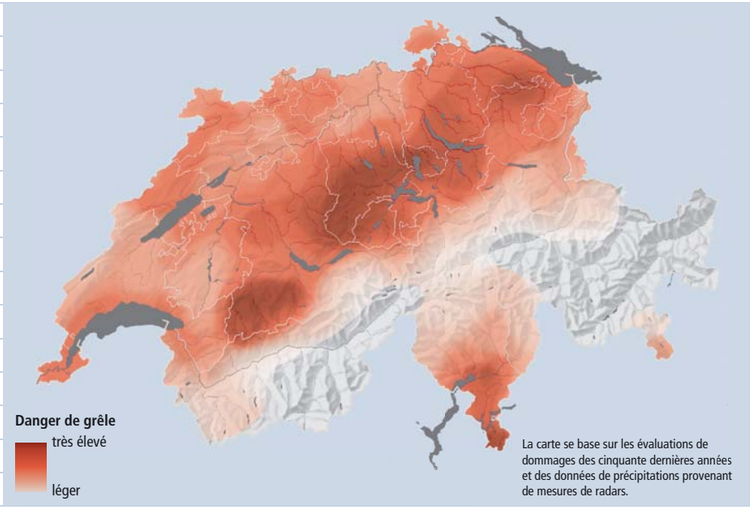


Fig. 8 : Danger de grêle en Suisse (Suisse Grêle)

© Atlas hydrologique de la Suisse • Institut de géographie de l'Université de Berne, Hallerstrasse 12, 3012 Berne • Matthias Probst

Provenance de l'humidité

L'humidité est transportée de différentes régions vers la Suisse par les vents qui varient selon la situation météorologique. En moyenne, environ 40 % des précipitations atteignant le sol suisse sont issus de l'Atlantique Nord. D'autres sources importantes sont la région méditerranéenne, la zone continentale européenne et le nord de l'Europe (Fig. 2). L'humidité provenant de ces régions arrive en Suisse sous forme de vapeur d'eau ou sous forme condensée (gouttelettes d'eau dans les nuages).

Masses d'air ascendantes

Le soulèvement et le refroidissement de masses d'air sont nécessaires à la génération de précipitations intenses : lorsqu'il y a **convection**, de l'air chaud s'élève alors que l'air environnant est plus froid. Lorsqu'il y a **advection**, des masses d'air de température différente se rapprochent par mouvement horizontal. Ce faisant, les masses plus chaudes glissent au-dessus de celles qui sont plus froides. L'**ascendance** est dite **orographique** lorsqu'une masse d'air en mouvement doit prendre de l'altitude et se refroidir, afin de passer une chaîne de montagne. Dans un tel cas, des millions de molécules d'eau contenues dans l'air forment des gouttelettes en se fixant à des noyaux de condensation en suspension composés de cristaux de sel, de particules de poussière ou de grains de glace. Les gouttelettes sont en mouvement dans les nuages (vents ascendants et descendants), entrent en collision les unes avec les autres et s'associent pour former des gouttes de pluie. Une goutte de pluie de 2 mm de diamètre est formée de près de 1 million de gouttelettes. Tous les nuages n'entraînent pas forcément des précipitations. C'est seulement à partir d'une épaisseur de nuage d'environ 1.5 kilomètre que des gouttes d'eau suffisamment lourdes pour chuter peuvent se former. Une épaisseur de plusieurs kilomètres est même nécessaire pour la formation de précipitations intenses.

Convection et orages de chaleur

En été, une situation de faibles contrastes de pression au sol en Europe centrale (**marais barométrique**), accompagnée d'un rayonnement solaire intense et d'une humidité de l'air élevée, provoque souvent des **orages de chaleur** locaux en fin d'après-midi. Les marais barométriques sont reconnaissables aux grandes distances entre les isobares sur la carte météo (Fig. 3). Les vents étant relativement faibles, les conditions météorologiques locales sont alors influencées par d'autres facteurs tels que le rayonnement solaire, la végétation, la présence de surfaces d'eau ou encore le relief.

La topographie de la Suisse, très diversifiée en termes de pentes et d'exposition sur des surfaces peu étendues, conduit à de grandes différences d'échauffement du sol sous l'effet de l'ensoleillement. L'air situé juste au-dessus du sol se réchauffe rapidement, se dilate et s'élève du fait de sa moindre densité comparée à celle de l'air environnant. De l'air plus chaud peut contenir plus de vapeur d'eau qui est alors entraînée avec l'air chaud ascendant (convection). Après refroidissement et condensation, des gouttelettes d'eau se forment et rendent visibles des nuages de convection (cumulonimbus). De la chaleur est libérée lors de la condensation, ce qui réchauffe l'air ambiant et augmente sa portance. Les **vents ascendants** et la condensation sont alors renforcés, le nuage prenant de plus en plus d'ampleur. Un appel d'air à la base du nuage aspire de l'air humide et chaud, approvisionnant le nuage en humidité et en énergie. Les vents ascendants peuvent alors atteindre une vitesse de 150 km/h. Les gouttelettes d'eau sont entraînées jusqu'à 12 km d'altitude (env. –50 °C), formant des grains de glace (Fig. 3). Ceux-ci ne peuvent bientôt plus être retenus par les vents ascendants et tombent du fait de leur poids, mais ils peuvent être freinés, voire remontés, plusieurs fois par les vents ascendants. Selon le temps passé à l'intérieur du nuage, il en résulte des grêlons de différentes tailles. Les grêlons et les gouttes de pluie ainsi que l'entraînement d'air froid et sec de l'extérieur du nuage provoquent des vents descendants. Les frictions entre les vents descendants et ascendants contenant des cristaux de glace produisent une tension électrique qui peut se décharger par des **éclairs**. Les gouttes de pluie et les éventuels grêlons poursuivent leur chute et atteignent le sol, provoquant des orages courts et violents qui peuvent être accompagnés de grêle, de fortes rafales de vent et d'éclairs. Ainsi, l'air à la base du nuage se refroidit et n'est plus en mesure d'approvisionner le nuage. Celui-ci se dissipe après quelques heures et l'orage de chaleur est passé.

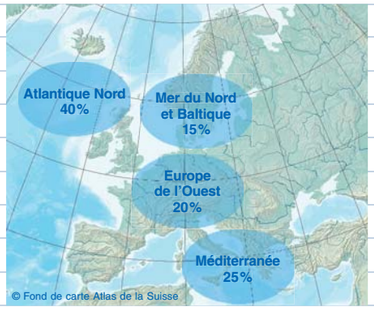
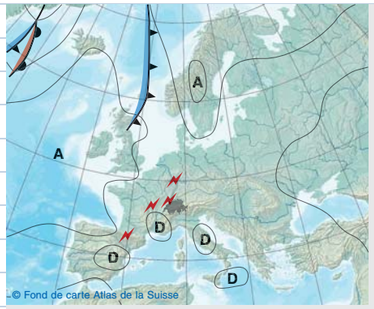
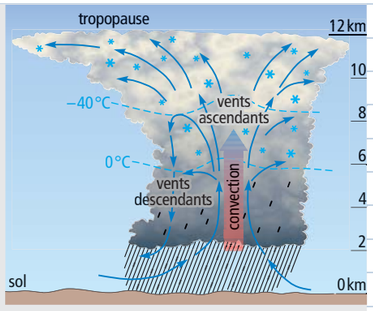


Fig. 2 : Sources d'humidité de la Suisse entre 1995 – 2002 (d'après Sodemann et al., 2010)

Fig. 5 : Situation météorologique 5b (d'après Blanc et Schädler, 2013)

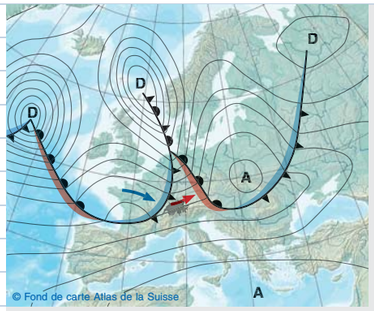


Marais barométrique (été)



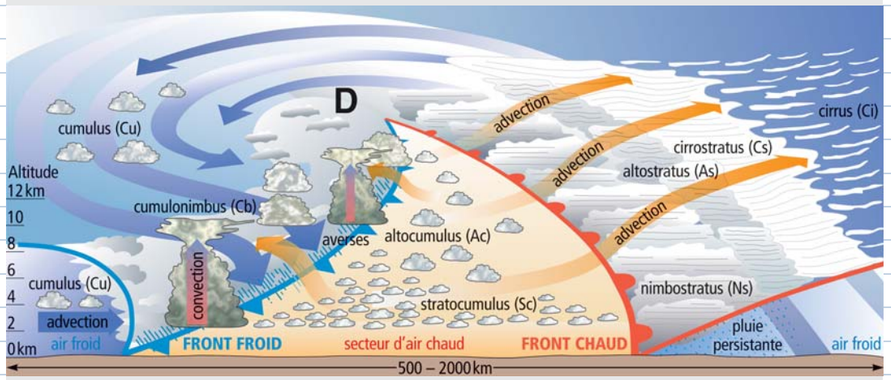
Formation d'un orage

Fig. 3 : Situation météorologique et formation d'orages de chaleur



Situation de vent d'ouest

Front froid observé au sud du Pfannenstiel ZH (© MétéoSuisse)



Cyclone avec averses à l'arrière du front froid et pluie à l'avant du front chaud (d'après VBS/DDPS ZEM, 2011)

Fig. 4 : Situation météorologique conduisant à des averses et des pluies persistantes

Advection et convection lors d'averses et de pluies persistantes

La **situation de vent d'ouest**, survenant régulièrement au cours de l'année, transporte des masses d'air humide de l'Atlantique vers la Suisse (Fig. 4). Cette situation accentue le danger de précipitations intenses, en particulier sur le versant nord des Alpes, où ces masses d'air sont forcées de s'élever. Lors de situations de vent d'ouest, les précipitations et le temps changeant qui les accompagnent sont causés par des **cyclones** (tourbillons de basse pression ou dépressions) avec leurs fronts chauds et froids (Fig. 4).

Derrière le **front froid**, de l'air froid et dense avance rapidement et force l'air plus chaud et plus léger à s'élever devant lui (convection). Cet air humide glisse le long du front froid escarpé, l'air alors se refroidit et une grande quantité de vapeur d'eau est condensée en peu de temps. Cela peut conduire à des orages avec des **averses** courtes et intenses. Le passage d'un front froid est rarement accompagné d'éclairs, mais souvent de brusques rafales de vents et quelquefois de grêle.

Le **front chaud** situé à l'avant du front froid est relativement plat. L'air chaud glisse lentement sur l'air plus frais se trouvant devant lui (advection), la vapeur d'eau se condensant continuellement. Il se forme alors des nuages stratiformes (stratus) qui peuvent être accompagnés de faibles **pluies**. Si l'air est particulièrement chaud et humide (« instable ») derrière le front chaud (« secteur d'air chaud ») et sous influence orographique, des précipitations intenses de plusieurs jours peuvent survenir.

Influence orographique

Les précipitations intenses les plus importantes et d'une durée d'un à plusieurs jours se produisent lorsque des masses d'air humide sont poussées contre les versants nord et sud des Alpes. Cela conduit à une ascendance orographique qui amplifie les orages de chaleur, les averses et les pluies persistantes. De par l'effet de barrage des Alpes, les masses d'air sont forcées de s'élever. Encore plus de vapeur d'eau se condense alors, générant des précipitations supplémentaires à cause du relief. Des précipitations particulièrement intenses surviennent au sud des Alpes en cas d'apparition d'une dépression au-dessus du golfe de Gênes. En effet, des températures élevées de l'air et de l'eau de la Méditerranée favorisent l'évaporation. De plus, de par l'emplacement de la dépression au sud des Alpes, un courant d'air chaud venant du sud emporte l'air humide de la Méditerranée et le pousse en direction du versant sud des Alpes. La durée et l'intensité des **précipitations orographiques** qui s'ensuivent dépendent en outre de la trajectoire, de la vitesse de déplacement et de la dynamique de la dépression. Dans ce genre de situation, les vallées alpines du sud et la plaine du Pô sont les plus touchées.

Le tourbillon de basse pression peut, lors d'une **situation météorologique dite « 5b »**, se déplacer du golfe de Gênes vers l'est des Alpes en faisant un large coude au-dessus de l'Adriatique et en rejoignant le nord des Alpes « par la petite porte ». Cette situation provoque alors des pluies diluviennes en Pologne, en République tchèque, en Autriche, en Allemagne et dans l'est de la Suisse (Fig. 5).

Fiche de travail : précipitations intenses

Les précipitations intenses sont responsables du déclenchement de crues, de coulées de boue et de glissements de terrain. Ces dangers naturels peuvent mettre en péril des vies humaines et causer des dégâts matériels importants. Les dommages induits par des précipitations intenses constituent 70 à 80 % des coûts liés aux événements naturels, dans le monde comme en Suisse. Des conditions propices aux précipitations intenses règnent en Suisse pour différentes raisons.

Focus

Quelles sont les conditions favorables à des précipitations intenses en Suisse ?
Pour votre raisonnement, prenez en compte les aspects météorologiques de la genèse des précipitations.

Savoir

Vérifiez vos hypothèses quant aux causes de précipitations intenses en Suisse. Confrontez vos hypothèses aux connaissances scientifiques.

Transfert

La Suisse fait partie des pays d'Europe les plus menacés par la grêle. Chaque année, les dégâts dus à la grêle dans notre pays se chiffrent en dizaines de millions de francs.

Quel est le risque de grêle dans votre région ?
Justifiez votre appréciation d'un point de vue météorologique.

Sources

Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 2007 : Recommandations – Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques. Berne.

Blanc P., Schädler B., 2013 : L'eau en Suisse – un aperçu. Commission suisse d'hydrologie, Berne.

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, 2006 : Starkniederschlagsereignis August 2005. Zürich.

Office fédéral de l'environnement OFEV, 2004–2013 : En route à travers le monde aquatique – Excursions hydrologiques en Suisse. Berne.

Office fédéral de l'environnement OFEV (éditeur), 2012 : Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau. Berne.

Office fédéral de l'environnement OFEV, 1992–2010 : Atlas hydrologique de la Suisse, Berne.

Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse (date inconnue) : Situations météorologiques typiques dans la région des Alpes. Zurich.

Probst M., 2011 : Wetterwissen.ch. Zentrum elektronische Medien (VBS/DDPS ZEM). Bern.

Société suisse d'assurance contre la grêle, 2005 : Rapport à l'occasion du 125e anniversaire de la société suisse d'assurance contre la grêle. Zurich.

Sodemann H. et al., 2010 : Seasonal and inter-annual variability of the moisture sources for Alpine precipitation during 1995–2002. International Journal of Climatology.

Weingartner R., Spreafico M., 2005 : Hydrologie der Schweiz. Berichte des BWG, Serie Wasser, Nr. 7. Bern.