Incidents extrêmes dans un climat plus chaud

Autor(en): **Beniston, Martin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Tracés : bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **132 (2006)**

Heft 09: **Interactions climatiques**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-99464

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Martin Beniston

Incidents extrêmes
dans un climat plus chaud

Les inondations d'août 2005 ont été les plus coûteuses de Suisse, et on peut se demander s'il existe un lien entre ce type d'événements météorologiques et le réchauffement climatique. Les modèles de climat annoncent, pour les décennies à venir, une augmentation des incidents extrêmes dans un climat plus chaud. Toutefois, leur impact ne sera pas forcément plus catastrophique : les pluies extrêmes pourraient tomber au printemps et à l'automne, et non pas au milieu et à la fin de l'été comme aujourd'hui. Il y aurait alors plus de neige, ce qui pourrait atténuer les risques d'inondations.

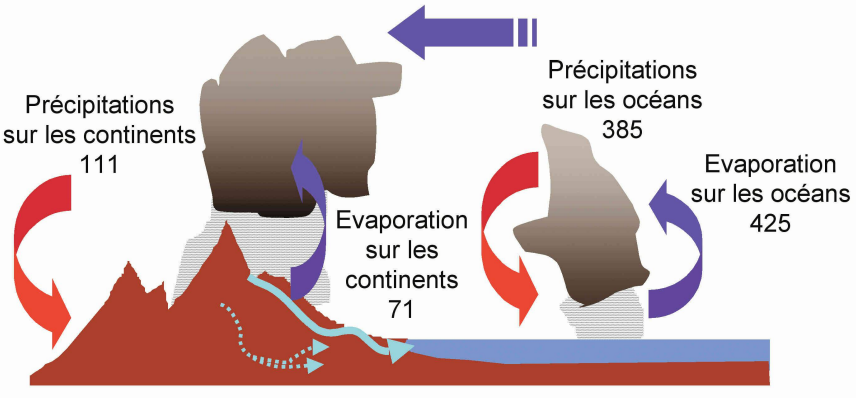
Si les températures atmosphériques poursuivent leur hausse, comme le laissent supposer des modèles de simulation du système climatique [5][1] (voir aussi l'encadré p. 10), on pourra s'attendre à des événements extrêmes plus fréquents et/ou plus intenses : une atmosphère plus chaude offre un potentiel énergétique plus élevé pour engendrer des incidents tels que des vagues de chaleur, des ouragans, des pluies abondantes, etc. Cependant, en analysant les données du passé, on n'observe pas d'augmentation systématique de ce type d'événements, alors que le climat moyen s'est bel et bien réchauffé depuis plus d'un siècle [6]. Voilà qui indique qu'on se trouve dans un système hautement non-linéaire où des effets de seuils, parfois mal connus, pourraient se manifester seulement au-delà d'un certain niveau de réchauffement moyen.

Répartition des pluies

Pour illustrer les effets non-linéaires parfois surprenants du système climatique, on prendra ici comme exemple le cas des précipitations extrêmes et de leur évolution dans un climat plus chaud. La figure 1 illustre les principaux composants du cycle global de l'eau, composé essentiellement de l'évaporation à la surface des océans, du transport de l'eau dans l'atmosphère, et de son retour sous forme de précipitations dans les océans et les cours d'eau. Une partie de cette eau de surface est retenue de manière saisonnière dans les manteaux neigeux en altitude et dans les hautes latitudes, et à long terme dans les glaciers ainsi que dans les eaux souterraines.

Dans un climat plus chaud, il faut s'attendre à ce que ce cycle s'accélère, car il y aura plus d'énergie pour évaporer l'eau à la surface des océans, donc plus d'humidité dans l'atmosphère, et par conséquent plus de précipitations pour maintenir le cycle en équilibre, ce qui s'évapore devant forcément retomber sous forme de pluie quelque part. Cependant, l'excédent d'humidité ne tombera probablement

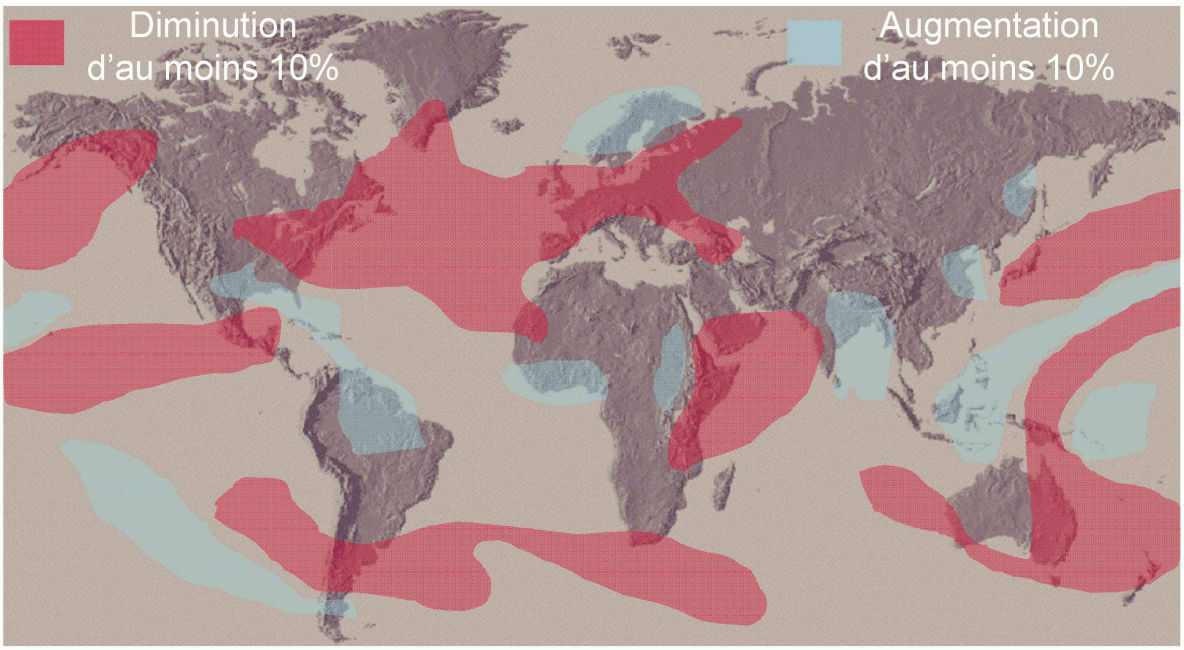
[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.



1

Fig. 1 : Eléments du cycle hydrologique en milliers de km³ par année

Fig. 2 : Changements des régimes de précipitations à grande échelle d'ici 2071-2100, sur la base de trente années de référence (1961-1990)



2

pas uniformément sur l'ensemble de la planète. La plupart des modèles – comme le ECHAM4 du centre climatique allemand à Hambourg dont les résultats sont illustrés dans la figure 2 –, s'accordent pour prédire que les pluies seraient renforcées dans certaines régions des tropiques (mousson indienne, saison humide en Afrique occidentale ou en Amazonie), alors qu'elles pourraient diminuer en moyenne dans les régions tempérées (Europe, Amérique du Nord et latitudes équivalentes en Amérique du Sud). Car le changement climatique ne se caractérise pas exclusivement par un changement des températures, mais aussi par une modification des circulations atmosphériques. Certains modèles couplés océan-atmosphère prédisent un affaiblissement des perturbations océaniques sur l'Atlantique ou sur le Pacifique, ce qui se traduirait justement par une diminution des pluies dans les latitudes tempérées[2].

A l'échelle européenne, des modèles climatiques plus détaillés opérant à aire limitée indiquent que l'effet sur les précipitations pourraient être double : d'une part une réduction des pluies moyennes sur le continent, depuis le proche Atlantique jusqu'à la Mer Noire, mais également une augmentation de la fréquence de précipitations intenses pouvant mener à des inondations dans les régions de plaine et à des instabilités de terrain en montagne. La figure 3 montre les différences de précipitations sur deux périodes de 30 ans (la période simulée 2071-2100 moins la période de référence observée 1961-1990), pour les précipitations moyennes (en baisse sur l'Europe de l'ouest, du sud et de l'est) et pour celles qui dépassent les 50 mm/jour (en hausse à divers endroits du continent) [4].

[2] Tous les modèles ne concluent pas à cette situation, ou alors sur d'autres laps de temps.

Précipitations intenses

Si l'on réduit encore l'échelle géographique, on arrive à celle de la région alpine et notamment des zones fortement touchées par les intempéries du mois d'août 2005. Quittons un instant le domaine des modèles pour rejoindre celui des statistiques, et examinons les fortes pluies qui se sont abattues l'été passé sur les Alpes : on constate que le mois d'août est le plus propice pour ce type d'événement extrême [1]. Depuis 1901, en effet, la moitié des pluies qui ont dépassé le seuil de 100 mm par jour (autrement dit : 100 litres d'eau au mètre carré) se sont manifestées au mois d'août. La

Fig. 3 : Changements de précipitations moyennes et extrêmes en Europe entre 1961-1990 et 2071-2100

Fig. 4 : Evolution des précipitations (en mm par jour) et de la température du mois d'août entre 1930 et 2005 à Altdorf, Engelberg et Saint-Gall, illustrée sur la base d'anomalies par rapport à la moyenne de référence 1961-1990

Fig. 5 : Nombre d'événements dépassant les seuils indiqués au Saentis pour chaque période de 15 ans depuis 1901

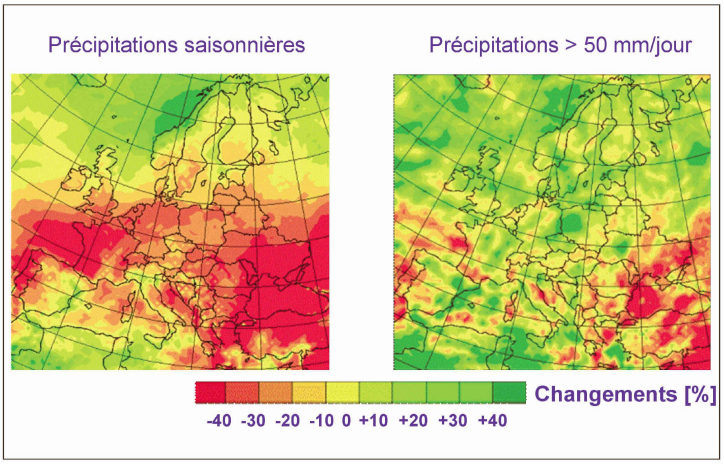
probabilité de voir de fortes pluies ponctuelles à cette période de l'année s'explique par le fait qu'une situation « explosive » se manifeste lorsqu'une masse d'air humide pénètre dans des régions où les sols ont été bien réchauffés par les températures estivales [2], avec à la clé la formation de gros nuages et de pluies parfois intenses. Les autres saisons sont en général trop froides pour engendrer ces types de phénomènes propres à l'été. La figure 4 indique l'évolution du total de précipitations du mois d'août à trois endroits touchés par les intempéries de l'été 2005, à savoir Engelberg, Altdorf et Saint-Gall [3]. Cependant, bien que 2005 ait battu les records absolus en termes de pluviométrie – en raison des pluies des 21 et 22 août –, on ne peut pas parler d'une tendance à la hausse des précipitations dans le courant du XX^{e} siècle, même si l'on constate une augmentation des températures estivales, en particulier depuis le milieu des années 80.

La figure 5 montre, par exemple, que les dépassements de seuils au Saentis (ici le 99-percentile, autrement dit le 1 % des précipitations les plus intenses, ainsi que les seuils 100 mm/jour et 150 mm/jour) ne sont pas plus fréquents ces quinze dernières années, alors que les températures moyennes sont nettement supérieures dans la période 1990-2005 par rapport à la période 1916-1930. Le lien entre changement de température et pluies extrêmes ne peut donc pas être mis en évidence de manière simple, car la température en un lieu donné n'est qu'un des facteurs qui intervient dans le déclenchement de précipitations intenses. De plus, les circulations à moyenne ou à grande échelle, qui n'ont que très peu à voir avec les températures du lieu où se déclenchent les déluges, jouent également un rôle très important.

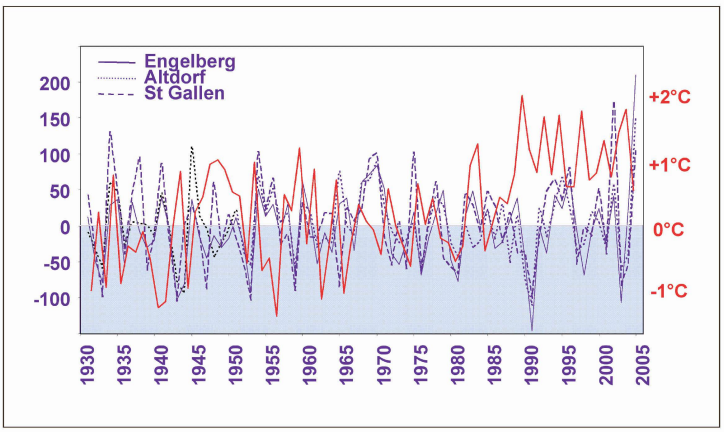
Projections dans l'avenir

Qu'en sera-t-il pour les décennies à venir ? Les simulations régionales du climat, et particulièrement des précipitations, peuvent être problématiques lorsqu'on se trouve dans un milieu topographique complexe : nuages et précipitations sont fréquemment des processus ayant une taille inférieure aux mailles des modèles (1-5 km pour un nuage, par exemple, par rapport à des mailles de 10-50 km sur le plan horizontal). Depuis quelques années cependant, les simulations climatiques se sont nettement améliorées, notamment grâce à la mise en réseau de modèles et de savoir-faire dans le cadre de projets européens[3].

[3] Citons par exemple le projet « Prudence » (2001-2004), voir <http://prudence.dmi.dk>, ou, actuellement, « Ensembles » (2005-2009), voir <http://www.ensembles-eu.org>. A noter que le département de géosciences de l'Université de Fribourg coordonne le module RT8 de « Ensembles », voir <www.unifr.ch/ensembles-rt8>.



3



4

	99-percentile (61 mm/jour)	100 mm/jour	150 mm/jour
1901-1915	19	2	1
1916-1930	24	3	0
1931-1945	16	1	0
1946-1960	14	0	0
1961-1975	19	3	0
1976-1990	15	2	0
1991-2005	22	3	1

5

Fig. 6 : Changements des précipitations saisonnières d'ici 2071-2100 par rapport à 1961-1990, selon quatre différents modèles de climat pour les régions touchées par les intempéries d'août 2005

Fig. 7 : Changements de fréquence des pluies extrêmes par saison au nord des Alpes

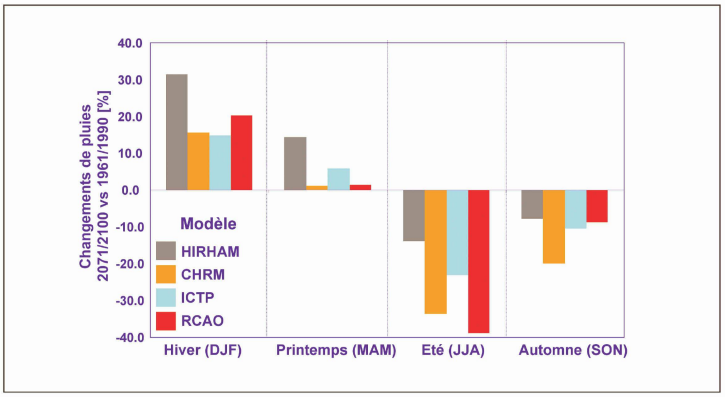
(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur)

Sur la base de plusieurs simulations climatiques à l'échelle régionale, la figure 6 montre que tous les modèles s'accordent sinon sur l'amplitude des changements à venir, du moins sur le signe de ces changements. Autrement dit, il ne semble faire aucun doute que, dans un climat futur perturbé par l'augmentation probable des gaz à effet de serre, la distribution saisonnière des pluies changera de manière significative dans les Alpes (dans l'exemple donné ici, on se base sur un scénario d'augmentation relativement forte des émissions entre aujourd'hui et la fin du XXIe siècle). Selon ces modèles, on assistera à des hausses sensibles de précipitations en hiver et au printemps (peut-être également plus de neige qu'aujourd'hui, mais à des altitudes plus élevées), et à des diminutions importantes en été et à l'automne.

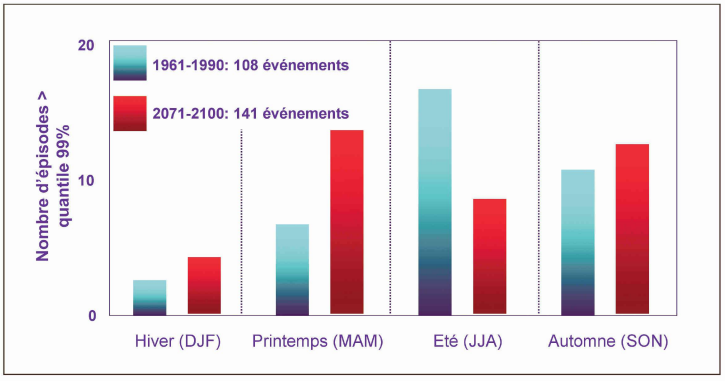
Le nombre d'événements extrêmes, de type août 2005, pourrait sensiblement augmenter, jusqu'à 30% selon certains modèles climatiques[4]. Fait intéressant : les événements de précipitations extrêmes se manifesteront à l'avenir à d'autres saisons, comme en témoigne la figure 7 pour le nord des Alpes. Pour ce qui est des crues, l'analyse des tendances s'avère complexe du fait que le lit de nombreuses rivières alpines a été modifié dans le passé, en partie pour éviter des inondations catastrophiques même si, au-delà d'un certain seuil de pluie, des débordements de cours d'eau sont inévitables.

Au niveau physique, un autre facteur est important, à savoir le niveau de la neige lors d'un événement de forte pluie. Si, pendant un épisode comme celui des 21 et 22 août 2005, l'isotherme du zéro degré se situe à des altitudes relativement basses, le risque de crues est légèrement moins important : la présence de la neige régule la surface qui capte les pluies et qui dirige l'eau vers les bassins hydrologiques (plus de neige = moins de surface de ruissellement). Lors de pluies intenses, l'essentiel de l'eau ruisselle sur les surfaces non-enneigées et converge rapidement vers divers bassins hydrologiques. Donc, moins il y a de neige, plus la surface de ruissellement est grande ; et plus il y aura d'eau à disposition pour alimenter les torrents, plus le risque de débordement sera grand.

[4] Tous les modèles sont d'accord sur l'augmentation de la fréquence, les prédictions divergent au niveau de l'amplitude.



6



7

Modèles de climat : que sont-ils, que font-ils ?

Un modèle de climat est un « laboratoire numérique » basé sur un ensemble de relations mathématico-physiques permettant de reproduire le fonctionnement du système climatique, notamment les interactions et rétroactions entre ses divers éléments : atmosphère, océans, biosphère (végétation continentale et biologie marine), cryosphère (neige et glaciers) et lithosphère. Etant donné le caractère complexe et non linéaire du climat, seul un modèle numérique est capable de prédire l'évolution future du système, par exemple en fonction de l'augmentation des gaz à effet de serre.

Les processus appréhendés sont décrits par les lois fondamentales de la physique : mécanique des fluides, thermodynamique, rayonnement, turbulence, etc. Les calculs s'effectuent sur une grille en trois dimensions, par intervalles de temps qui varient de quelques secondes à quelques minutes selon la taille de la grille. Le grand nombre de points de grille et la diversité des processus climatiques simulés, associés aux calculs itératifs dans le temps, font qu'un modèle de climat demande des ressources informatiques considérables, en général des superordinateurs capables d'effectuer des milliards d'opérations par seconde.

Un modèle global est prévu pour l'étude de l'évolution climatique à l'échelle planétaire, alors qu'un modèle régional se focalise sur une partie du globe seulement, avec une maille beaucoup plus fine permettant une meilleure définition des processus locaux ou régionaux.

Paradoxalement, comme à l'avenir l'isotherme du zéro degré se situera probablement à des altitudes moins élevées que lors de pluies catastrophiques d'aujourd'hui – les printemps dans un climat plus chaud resteront quand même plus froids que les été actuels –, les risques de crues ne seraient donc pas nécessairement en augmentation. Par contre, il faudra se méfier des pluies extrêmes lors des étés à venir, car même si la diminution de leur fréquence est probable, leur intensité pourrait bel et bien augmenter.

Aujourd'hui, de nombreuses stratégies pour contrer certains effets du réchauffement global se basent sur des enchaînements quasi linéaires de cause à effet alors que, comme on vient de le voir, les liens entre les différents événements météréologiques sont en réalité beaucoup plus complexes. Des effets non-linéaires tel que celui décrit ci-dessus pointent la complexité des phénomènes et donc celle des facteurs sur lesquels nous devrions baser nos décisions pour affronter les changements climatiques.

Martin Beniston, dr sc. tech., ing. en physique de l'atmosphère
Professeur en climatologie, Président du Département de géosciences

Université de Fribourg
Chemin du Musée 4, CH – 1700 Fribourg

Bibliographie

[1] Beniston, M. : « Climatic change and its impacts. An overview focusing on Switzerland », Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/The Netherlands and Boston/USA, 296 pp., 2004
[2] Beniston, M. : « The 2003 heat wave in Europe : A shape of things to come ? », *Geophys. Res. Letters*, 31, L02202, 2004
[3] Beniston, M. : « The August 2005 rainfall event in Switzerland : not necessarily an analog for strong convective events in a greenhouse climate », *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L05701, 2006
[4] Christensen, J.H. and Christensen, O.B. : « Severe summertime flooding in Europe », *Nature*, 421, 805-806, 2003
[5] IPCC : « Climate Change », The IPCC Third Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge and New York. Volumes I (The Scientific Basis), II (Impacts, Adaptation, and Vulnerability) and III (Mitigation), 2001
[6] Jones, P.D. and Moberg, A. : « Hemispheric and large-scale surface air temperature variations : an extensive revision and an update to 2001 », *Journal of Climate*, 16, 206-223, 2003

Pompes à chaleur
Hoval Thermalia®
Hoval Genius®
Mazout
Hoval MultiJet®
Gaz
Hoval UltraGas®
Bois
Hoval BioLyt
Energie solaire
Hoval SolKit®
Ventilation
Hoval HomeVent®

AVOIR DE BONNES IDÉES, C'EST BIEN. EN FAIRE DE BONS PRODUITS, C'EST MIEUX.

Chez Hoval, invention et innovation font partie des mœurs. Nos ingénieurs travaillent constamment sur de nouvelles technologies, qui permettent d'utiliser l'énergie de façon plus efficace et plus économique. Par exemple, en produisant de l'électricité en même temps que la chaleur générée grâce au mazout ou au gaz. Ceci s'effectue à l'aide de cellules photovoltaïques spéciales montées dans la chambre de combustion, qui absorbent la lueur de la flamme du brûleur et la transforment en courant électrique. Ou par une nouvelle technologie de combustion du mazout avec évaporation à flamme froide, qui permet de réduire jusqu'à 40% les émissions d'oxydes d'azote. Et le plus important: ces idées lumineuses se transformeront chez Hoval en produits couronnés de succès, avec une réelle valeur ajoutée pour l'homme et l'environnement. Hoval Herzog SA, case postale, 1023 Crissier 1, tél. 0848 848 363, fax 0848 848 767, crissier@hoval.ch, www.hoval.ch.

Hoval

Economie d'énergie – protection de l'environnement