

PROJET ACQWA

---


# GESTION DE L'EAU:

## LA FIN DE L'«INCERTITUDE PRÉVISIBLE»

**LE REcul** DES GLACIERS, LES MODIFICATIONS DU RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS ET LA HAUSSE DES TEMPÉRATURES VONT BOULEVERSER LE RÉGIME HYDROLOGIQUE DANS LES RÉGIONS DE MONTAGNE D'ICI À 2050. LE PROJET ACQWA ÉVALUE LES CONSÉQUENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU

---





**S**i la forêt amazonienne est le poumon de la planète, les montagnes en sont le château d'eau. Source de 60% des eaux de surface au niveau planétaire, ces régions s'avèrent cependant très sensibles à l'évolution du climat, puisque la hausse des températures y est deux ou trois fois plus rapide que la moyenne. Evaluer l'impact du réchauffement climatique sur les ressources en eau qui s'y trouvent, cerner l'effet de ces changements sur l'économie comme sur l'environnement et dessiner des stratégies d'adaptation : tels étaient les principaux objectifs d'ACQWA (Assessing climate impacts on the quantity and quality of water).

Pour relever le défi, les équipes mobilisées dans le cadre de ce projet européen lancé et coordonné depuis 2008 par le professeur Martin Beniston, directeur de l'Institut des sciences de l'environnement de l'UNIGE, ont concentré leur attention sur cinq sites principaux : la vallée du Rhône et la plaine du Pô dans les Alpes, les alentours de l'Aconcagua au Chili, les régions de l'Amou-Darya et du Syr-Darya au Kirghizistan. Leurs résultats ont été présentés le 4 septembre dernier au siège de l'Organisation météorologique mondiale à Genève. Malgré les efforts déployés (11 millions de francs de budget et une centaine de chercheurs issus d'une trentaine d'institutions réparties dans dix pays) et la complexité des modèles mathématiques utilisés, le premier constat qui s'impose est qu'il reste très difficile de donner une image univoque de ce que sera le climat des régions de montagne en 2050, compte tenu notamment des incertitudes sur les émissions futures de gaz à effet de serre. Selon les chercheurs, il est donc essentiel que les décideurs songent dès aujourd'hui à conserver une certaine marge de manœuvre dans leurs prévisions pour éviter toute mauvaise surprise.

Globalement, les résultats obtenus par les différentes équipes d'ACQWA permettent toutefois d'établir certains faits. Ainsi, il est acquis qu'il fera plus chaud qu'aujourd'hui dans les régions de montagne, que les étés y seront plus secs et que les précipitations y seront plus abondantes durant l'hiver.

Les conséquences de ces changements sont multiples. L'allongement de la période de croissance des végétaux permettra, par exemple, d'augmenter le rendement des cultures. En contrepartie, ces dernières exigeront davantage d'eau et seront plus exposées aux risques de sécheresses et de canicules estivales.

L'augmentation des chutes de neige, elle, n'empêchera pas le recul des glaciers mais se traduira par des fontes plus importantes au printemps, ce qui, associé au réchauffement du permafrost, risque de générer des crues, des chutes de pierres ou des coulées de lave torrentielles d'une amplitude supérieure à celle que l'on connaît aujourd'hui.

Comme l'indiquent les chercheurs, le moment de l'année où le débit des rivières est le plus élevé est par ailleurs en train de se déplacer de l'été vers le printemps. Conséquence : certaines populations, notamment au Kirghizistan, risquent d'être privées d'eau au moment où celle-ci est la plus nécessaire autant pour l'irrigation que pour la consommation domestique. Sans oublier les importants conflits d'intérêts entre l'agriculture, le tourisme et l'industrie hydroélectrique que cette situation ne manquera pas de créer, tant dans les Alpes que dans les autres zones d'études du projet ACQWA.

**LES DÉCIDEURS DOIVENT SONGER DÈS AUJOURD'HUI À CONSERVER UNE CERTAINE MARGE DE MANŒUVRE DANS LEURS PRÉVISIONS**

Dossier réalisé par Vincent Monnet et Anton Vos

## GOVERNANCE DES BASSINS-VERSANTS

# «LE SYSTÈME DE GOUVERNANCE DU VALAIS MANQUE DE SOUPLESSE»

**D'ICI À 2050** EN VALAIS, LES RESSOURCES EN EAU VONT CONNAÎTRE DES BOULEVERSEMENTS DUS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES. POUR ÉVITER LES CONFLITS ENTRE RÉGIONS ET SECTEURS D'ACTIVITÉS, L'ADMINISTRATION ET LA LÉGISLATION DOIVENT S'ADAPTER, ESTIMENT LES CHERCHEURS

**L'**«incertitude prévisible», en matière de gestion de l'eau, est en passe de devenir une «incertitude imprévisible». Jusqu'à présent, en effet, lors de la construction d'infrastructures ou le développement de l'agriculture dans les régions de montagne comme le Valais, on a toujours estimé que les fluctuations futures des précipitations, de la température, des crues et d'autres événements hydrologiques resteraient confinés entre les extrêmes enregistrés au cours de l'histoire.

Malheureusement, les changements climatiques, dont les conséquences déjà visibles ne feront que s'accroître avec le temps, modifient la donne. La variabilité du cycle hydrologique s'accroîtra, les extrêmes prendront plus d'ampleur, et toute tentative de planification deviendra plus ardue.

Après analyse de la situation, les chercheurs du projet ACQWA constatent que le système de gouvernance qui existe actuellement en Valais n'a pas la flexibilité ni la capacité d'adaptation nécessaires pour se prémunir contre cette évolution. Ils proposent donc des pistes pour y remédier. Explications avec Margot Hill, chercheuse à l'Institut des sciences de l'environnement.

«Les ressources en eau subissent de nombreuses pressions, précise la chercheuse. Dans ce contexte, les changements climatiques ne représentent qu'une composante supplémentaire du bouleversement que vivent les montagnes. Mais cette composante a la spécificité d'exacerber toutes les autres, surtout en période de pic.»

Selon les projections réalisées par les chercheurs

d'ACQWA, le débit total des cours d'eau ne subira pas de grands changements. Toutefois, durant les prochaines décennies, les étés seront en moyenne de plus en plus secs et les précipitations plus intenses au printemps et en automne. Le recul des glaciers entraînera, à terme, une diminution de la quantité d'eau de fonte dans les torrents. La température, quant à elle, augmentera d'un peu moins d'un degré avec des pics dans certaines régions.

**«NOUS N'AVONS MÊME PAS UNE BASE DE DONNÉES COMMUNE SUR LES RESSOURCES EN EAU. CHAQUE SECTEUR (AGRICULTURE, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT...) POSSÈDE LA SIENNE»**

**Grandes variations** Cette évolution ne suivra pas une courbe lisse. Elle sera au contraire marquée par de grandes variations. C'est la tendance générale, calculée sur plusieurs décennies, qui suivra la direction dictée par les changements climatiques.

«Les problèmes apparaîtront localement et se traduiront en particulier par des manques d'eau à la fin de l'été, surtout dans les vallées de la rive droite plus exposées au soleil, note Margot Hill. Cette situation est susceptible de créer des tensions entre les régions ou entre les secteurs d'activité comme le tourisme, l'agriculture, la production d'énergie ou encore la consommation d'eau privée. Sans oublier la

préservation de l'environnement qui, en retour, fournit le précieux liquide.»

La particularité du Valais est que la gestion de l'eau se trouve en grande partie entre les mains des communes voire, pour certains usages, entre celles des privés. Il n'y a que le Rhône qui soit géré par le canton. Toutes les vallées latérales





échappent à son contrôle. Il en découle un risque important de blocage à un niveau régional, voire cantonal.

*«Ce niveau d'autonomie municipale entrave la planification de la gestion à plus long terme de l'eau sur l'ensemble d'un bassin-versant, souligne la chercheuse. Il manque aussi des mécanismes formels pour gérer la compétition ou la collaboration entre les différents secteurs dans un même bassin-versant. Il existe bien des règles entre les communes et les entreprises privées, par exemple, mais elles sont informelles.»*

Pour ne prendre que cet exemple, les concessions des barrages hydroélectriques, ouvrages essentiels dans la redistribution de l'eau au cours de l'année, sont octroyées par les communes aux entreprises qui les exploitent et leur durée atteint entre cinquante et cent ans. Cette situation n'est pas des plus adaptées aux bouleversements futurs. La fonte de plus en plus précoce des neiges au printemps et le recul des glaciers modifieront en effet l'alimentation des lacs de retenue, ajoutant une couche supplémentaire d'incertitudes sur les prévisions hydrologiques (lire en page 32).

**Eviter les conflits d'intérêts** *«Ce qui manque, c'est une vision politique globale qui traverse les régions et les secteurs d'activité,*

*résume Margot Hill. Il faudrait un organisme cantonal qui puisse gérer les ressources en eau de manière proactive et en évitant les conflits d'intérêts, tout en intégrant les données et les scénarios issus de la recherche scientifique sur le climat.»*

La chercheuse préconise par ailleurs que les ressources en eau et leur gestion soient soumises à une révision régulière afin de pouvoir réajuster les règles et les lois en fonction des changements intervenus. Des procédures devraient également exister à une échelle plus grande que celle de la commune, notamment pour faire face à des pénuries locales d'eau ou d'engorgement de l'acheminement du précieux liquide. Se basant sur ce qui existe dans d'autres pays, Margot Hill évoque également la possibilité de mise en place d'un système de licences (notamment pour l'eau potable) qui soit limité dans le temps et surtout qui puisse intégrer les différents usages possibles de l'eau.

Selon elle, ces changements sont indispensables pour que, sur le terrain, des solutions concrètes puissent être mises en œuvre : rassembler les autorités compétentes dans la gestion des sols et celles dédiées à la gestion de l'eau à l'échelle des bassins versants ; favoriser la renaturation des cours d'eau, comme cela est d'ailleurs prévu avec la troisième correction



L'EAU DANS LES MONTAGNES A DE MULTIPLES USAGES: EAU POTABLE, IRRIGATION, INDUSTRIE, PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ, TOURISME (CANONS À NEIGE), ÉCOLOGIE (RENATURATION DES COURS D'EAU)...



du Rhône; diversifier le tourisme de manière à ce que ce secteur ne dépende plus autant de la production de neige artificielle après 2050; promouvoir des pratiques agricoles plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques en favorisant notamment la capacité de rétention d'eau des sols; optimiser la gestion des réservoirs et des lacs en les destinant par exemple à des usages multiples et redondants afin de disposer d'une marge de manœuvre suffisante en cas d'événement climatique inattendu.

**Fixer les priorités** L'idéal, finalement, serait de disposer en Valais d'un Centre cantonal de compétence sur l'eau. Ce sur quoi l'administration du canton, conscient du problème, planche depuis plusieurs années. *«Nous avons commencé par déterminer la stratégie que devrait suivre le canton en matière de gestion de l'eau»,* explique Richard Zurwerra, chef de l'Office des améliorations structurelles du Service de l'agriculture au sein du Département valaisan de l'économie, de l'énergie et du territoire. *Elle devra s'articuler autour des objectifs suivants: accès à l'eau potable, protection contre les dangers naturels, production d'énergie hydroélectrique, approvisionnement pour l'agriculture, l'industrie et le tourisme, conservation des écosystèmes le long des cours d'eau, sensibilisation de la population et consolidation de la recherche et du développement.»*

L'établissement formel de l'ordre des priorités – en les faisant entrer dans la loi par exemple – ne se fera pas sans

mal. Si l'accès à l'eau potable peut facilement prétendre à la première place, les autres donneront forcément lieu à de sérieuses bagarres, entre les différents secteurs impliqués, mais aussi entre le canton et les communes, très autonomes et sans lesquelles il ne sera pas possible d'avancer.

*«En Valais, nous avons l'habitude des batailles autour de l'eau, tempère Richard Zurwerra. Les premiers écrits que l'on a retrouvés dans les archives cantonales en font déjà mention. Elles ont été ravivées lors de la construction des barrages, ce qui a notamment débouché sur la décision que l'irrigation devait primer sur le turbinage électrique. Avec les principales concessions qui arriveront à terme entre 2020 et 2060, nous savons que les conflits reprendront avec l'ingrédient supplémentaire des changements climatiques.»*

C'est justement pour répondre à ce risque que le canton cherche à mettre sur pied ce Centre de compétences sur l'eau. A cause du manque de moyens, les discussions actuelles ne s'orientent cependant pas vers la création d'un nouveau service dédié à la gestion de l'eau mais plutôt vers la mise en place, au sein de l'administration, d'une plateforme ou d'un instrument de coordination où pourraient se retrouver les responsables des différents services concernés.

*«A l'heure actuelle, chacun fait correctement son travail mais sans sortir de son secteur, déplore Richard Zurwerra. Nous n'avons même pas une base de données commune sur les ressources en eau. Chaque secteur (agriculture, énergie, environnement...) possède la sienne.»*

LARVE DE «DIAMESA LATITARSIS», UNE ESPÈCE D'INSECTE QUI VIT DANS LES TORRENTS INSTABLES, FROIDS ET TROUBLES DES COURS D'EAU À LA SORTIE DES GLACIERS.



BRIGITTE LODS-CROZET/MUSÉE ZOOLOGIQUE DE LAUSANNE

DISPARITION D'UN ÉCOSYSTÈME

## LE RETRAIT DES GLACIERS MINE LA BIODIVERSITÉ. ET ALORS?

**PLUSIEURS** ESPÈCES D'INVERTÉBRÉS, ADAPTÉES AUX CONDITIONS DE VIE TRÈS RUDES DES RIVIÈRES GLACIAIRES, DISPARAÎTRONT EN MÊME TEMPS QUE LES GLACIERS. ELLES SERONT REMPLACÉES PAR D'AUTRES, VENUES DE PLUS BAS, QUI PRENDRONT LEURS FONCTIONS ÉCOLOGIQUES

**C'**est inexorable. La fonte des glaciers entraînera la disparition d'espèces d'invertébrés spécialement adaptées à la vie dans l'eau glacée et trouble jaillissant de ces champs de glaces. En d'autres termes, la Suisse doit se préparer à perdre irrémédiablement une forme de biodiversité à haute valeur patrimoniale puisqu'elle n'existe que dans les premiers tronçons de ses rivières glaciaires. Face à cette perte biologique, Alexander Milner, professeur à l'Université de Birmingham, spécialiste des écosystèmes des rivières et membre du projet ACQWA, s'est fendu d'un commentaire pour le moins provocateur : «*Est-ce vraiment si important ?*» Le point de vue iconoclaste du chercheur britannique s'explique par un raisonnement fonctionnel. Ce qui est important, pour lui, c'est que les fonctions biologiques essentielles que remplit cette microfaune (la dégradation de la matière organique grossière, le filtrage de l'eau, la consommation des ressources, etc.) soient préservées. Et il se trouve que les espèces qui disparaîtront en même temps que le tarissement de l'eau de fonte des glaciers seront aussitôt remplacées par d'autres qui jouent actuellement le même rôle biologique mais plus en aval. Explications.

«*La biodiversité est une notion plus complexe qu'il n'y paraît, relève Emmanuel Castella, maître d'enseignement et de recherche à l'Institut des sciences de l'environnement. En restant dans l'exemple des cours d'eau glaciaires, on peut estimer leur biodiversité en comptant le nombre d'espèces vivant dans une portion de torrent. Il est également possible de la mesurer à une*

*échelle plus grande en observant la diversité des espèces existant entre plusieurs rivières comparables. Un autre indicateur valable est la diversité génétique présente au sein d'une seule espèce.*»

De manière générale, plus un écosystème est riche en espèces, plus il est robuste et susceptible de s'adapter aux changements de conditions. Dans cette optique, la disparition de formes de vie endémiques représente évidemment une perte irremplaçable. À première vue, c'est un peu comme si la «*valeur biologique*» de la Suisse allait chuter d'un cran.

**Moucherons sans ailes** En l'occurrence, les animaux dont il faut d'ores et déjà faire le deuil sont essentiellement des larves d'insectes (du genre *Diamesa*, notamment) qui ne sortent de la rivière, dans leur phase adulte, que durant un très court laps de temps, juste assez pour se reproduire et mourir. Ce sont souvent des moucherons dépourvus d'ailes pour offrir moins de prises au vent et au froid. Le reste du temps, les larves survivent aux conditions stressantes offertes par les rivières glaciaires : le lit du torrent est très instable, la température ne dépasse pas 1 °C, l'eau est troublée par des sédiments minéraux rendus par le glacier (la farine glaciaire).

Les travaux d'Alexander Milner ont porté sur une demi-douzaine de minuscules glaciers des Pyrénées françaises. Ces derniers, dont la surface est comprise entre 0,08 km<sup>2</sup> et 0,46 km<sup>2</sup>, sont passablement éloignés des Alpes helvétiques mais leur évolution préfigure ce qui se passera en Suisse dans 50 à 100 ans, en tout cas pour les glaciers de petite taille.





**VUE AÉRIENNE DU  
GLACIER DU RHÔNE  
DANS LES ANNÉES  
1990. ON APERÇOIT AU  
PREMIER PLAN LA VALLÉE  
DE LA MUTT, LE PREMIER  
AFFLUENT DU RHÔNE.**

DÉPUIS 1850, LE GLACIER  
A RECLÉ DE 2,3 KM,  
DONT LA MOITIÉ AVANT  
LE DÉBUT DES MESURES  
EN 1880.

IL A NÉANMOINS VÉCU  
QUELQUES AVANCÉES,  
NOTAMMENT ENTRE  
1915 ET 1921.

UNE PHASE DE RETRAIT  
RAPIDE S'EST PRODUITE  
ENTRE 1942 ET 1951  
(-359 M EN NEUF ANS).

DÉPUIS, LE GLACIER A  
CONTINUÉ SON RECLÉ  
DE FAÇON PLUS LENTE  
(-255 M EN CINQUANTE  
ANS).

AUJOURD'HUI, LE GLA-  
CIER DU RHÔNE MESURE  
ENCORE PLUS DE 9 KM  
DE LONGUEUR.



Ses observations, qui s'étalent sur plus d'une décennie, couplées à des modèles de simulation incluant des scénarios climatiques et hydrologiques, ont produit des prédictions jusqu'en 2080. Au cours de ce laps de temps, la contribution de l'eau de fonte des glaciers devrait s'effacer au profit de celle des précipitations. La pluie, la fonte de la neige et l'eau souterraine génèrent, quant à elles, des conditions de vie nettement plus stables pour les insectes.

**Nouveaux prédateurs** Résultat: à la sortie des glaciers, le nombre d'espèces du genre *Diamesa* et leurs consœurs des têtes de torrents vont progressivement diminuer jusqu'à disparaître totalement vers 2080. Dans le même temps, dès les années 2020, les espèces vivant plus en aval, beaucoup plus nombreuses et diversifiées que les *Diamesa*, commenceront à coloniser la source des torrents. Ce faisant, elles modifieront l'équilibre de l'écosystème, notamment en introduisant de nouveaux prédateurs, ce qui ne fera qu'accélérer le processus d'extinction.

*«D'un côté, les premiers tronçons des torrents glaciaires perdront de la biodiversité avec la disparition des Diamesa mais, d'un autre, ils en gagneront avec l'arrivée de ces espèces venues de plus bas, commente Emmanuel Castella. Il est indéniable que si l'on restait au même endroit au bord de la rivière durant cinquante à cent ans, on assisterait à une augmentation progressive du nombre d'espèces. Le paradoxe ne s'arrête d'ailleurs pas là. Cette évolution entraînera en effet une homogénéisation de la biodiversité à l'échelle régionale. Les espèces qui vont remplacer les Diamesa sont certes plus nombreuses mais ce sont les mêmes dans toutes les vallées.»*

## «LES ESPÈCES QUI VONT REMPLACER LES “DIAMESA” SONT CERTES PLUS NOMBREUSES, MAIS CE SONT LES MÊMES DANS TOUTES LES VALLÉES.»

EMMANUEL CASTELLA, MAÎTRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE À L'INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Alexander Milner s'est aussi intéressé à la diversité génétique au sein d'une autre espèce d'éphémères habitant les rivières glaciaires (*Baetis alpinus*). Selon son analyse, cette diversité devrait elle aussi diminuer avec la disparition des conditions extrêmes de vie générée par l'eau de fonte des glaciers.

En conclusion, afin de ne pas accélérer inutilement un processus qui semble de toute façon inévitable – qui peut empêcher la fonte des glaciers? –, le chercheur britannique recommande de limiter au maximum les facteurs de stress supplémentaires, comme le pâturage par bétail, la captation d'eau pour l'irrigation ou la production hydroélectrique.

## LA CAMARGUE, BIENTÔT ENTRE LES BRAS DE LA MUTT

Il y a quelques années, des chercheurs des Ecoles polytechniques de Lausanne et de Zurich ont réalisé une simulation prédisant que le glacier du Rhône allait totalement disparaître d'ici à 2100. Si cela devait se produire, il est possible que le fleuve qui s'écoule jusqu'en Méditerranée doive changer de nom. En effet, les scientifiques estiment que sans glacier pour l'alimenter et ne dépendant plus que des précipitations et de l'eau souterraine, le débit du premier tronçon du Rhône ne pourrait plus rivaliser avec celui de son premier affluent actuel qui le rejoint à un kilomètre au-dessus du village de Gletsch, sur sa rive gauche: la Mutt. Du coup,

verra-t-on la Camargue tomber entre les bras de la Mutt? L'appellation contrôlée des Côtes de la Mutt séduira-t-elle autant les amateurs de vin que son homologue rhodanien? Et que dire des touristes fortunés cherchant à Genève la fameuse rue de la Mutt pour faire leurs emplettes de luxe? Ce changement de nom est peu probable. Ce n'est pas la première fois que la règle, selon laquelle l'affluent au plus gros débit donne son nom à la rivière en aval, ne soit pas respectée. En revanche, la modification des débits des torrents glaciaires a, quant à elle, plus de chances de se réaliser. Emmanuel Castella, maître d'enseignement et de recherche à l'Institut

des sciences de l'environnement, étudie depuis plusieurs années le glacier de la Mutt. Actuellement en cours, ses recherches comprennent notamment l'analyse de la biodiversité du cours d'eau issue de ce petit champ de glace d'un demi-kilomètre carré. Pour l'instant, les données sont cohérentes avec les résultats obtenus par Alexander Milner, professeur à l'Université de Birmingham (lire ci-dessus). Le torrent glaciaire de la Mutt suit également la même évolution hydrologique, avec seulement quelques décennies de retard, que ceux des Pyrénées étudiés par le chercheur britannique. Le glacier, en pleine phase de recul, n'alimentera bientôt

plus le cours d'eau. Le maximum du débit, aujourd'hui encore situé en juillet-août, se décale lentement vers le printemps, dépendant de plus en plus des précipitations neigeuses. Et le débit accusera une perte considérable durant la saison chaude qui deviendra plus sèche que par le passé. Dans certains cas, ce phénomène pourrait entraîner l'assèchement du cours d'eau si les précipitations et l'eau stockée dans le sous-sol ne sont pas suffisantes pour l'alimenter. Et à ce petit jeu, qui deviendra effectif dans un siècle, la Mutt devrait s'en sortir mieux que le premier tronçon du Rhône, estiment les spécialistes.



REPORTAGE À GASENRIED

# DANS LES PENTES DU RITIGRABEN, SUR LES TRACES DES LAVES TORRENTIELLES

**LES COULÉES DÉVASTATRICES** OÙ SE MÊLENT EAU, TERRE ET PIERRES DEVRAIENT ÊTRE MOINS FRÉQUENTES MAIS PLUS VIOLENTES AU MILIEU DU XXI<sup>e</sup> SIÈCLE. C'EST LE PRINCIPAL RÉSULTAT DES TRAVAUX MENÉS DANS LE CADRE DU PROJET ACQWA DANS LA VALLÉE DE ZERMATT

**C**oincée entre Zermatt et le Mont Rose, la région du Ritigraben abrite un site qui fait figure de référence incontournable pour tous les spécialistes des laves torrentielles. On y trouve en effet le cône de déjection de ces redoutables coulées le plus étudié au monde. Responsable scientifique du projet ACQWA et professeur assistant au sein de la Section des sciences de la Terre, Markus Stoffel y est pour beaucoup. Né à Viège, un peu plus bas dans la vallée, il connaît en effet comme sa poche chaque sentier, chaque arbre et chaque caillou de cette région dont il a fait son laboratoire. Reportage.

La meilleure façon de se faire une idée du potentiel devastateur des laves torrentielles est peut-être de faire le voyage jusqu'à Gasenried, dans la vallée de la Viège. Peu avant l'entrée dans la forêt se trouve un petit pont de béton. C'est sous cet ouvrage anodin qu'est passée, en septembre 1993, la « mère » de toutes les laves torrentielles. « L'événement, une succession de 11 coulées, a charrié 60 000 m<sup>3</sup> de matériaux, soit l'équivalent de 10 000 camions de chantier, et provoqué des centaines de milliers de francs de dégâts, explique Markus Stoffel. Jusque-là le chenal mesurait environ 2 mètres de large pour une profondeur à peu près égale. Après le passage des laves torrentielles, il était devenu cinq fois plus grand. » Le spectacle est éloquent : sur 10 bons mètres, les énormes blocs de pierre qui formaient le front de la coulée ont tout arraché, laissant derrière eux une tranchée chaotique aux flancs lacérés. « J'ai assisté à quelques coulées de laves torrentielles beaucoup moins importantes durant mes recherches, ajoute Markus Stoffel. Et c'était déjà extrêmement impressionnant. Sous l'effet des vibrations, je sentais la terre trembler sous mes pieds et puis il y avait cet énorme grondement qui faisait penser à un avion au décollage. »

Bien qu'exceptionnelle par son ampleur, la coulée survenue au Ritigraben en septembre 1993, était loin d'être une

première. On savait en effet déjà à l'époque que de tels événements étaient survenus dans l'ensemble des Alpes depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Ce qu'on ignorait en revanche, c'est leur fréquence et la nature du lien qu'ils pouvaient avoir avec l'évolution du climat.

« Outre la coulée du Ritigraben, il y a eu de nombreuses autres catastrophes naturelles dans les années 1990, comme les inondations de Brigue, explique Markus Stoffel. Compte tenu de l'ampleur des dégâts occasionnés (650 millions de francs dans le cas de Brigue), les autorités ont lancé un Programme national de recherche sur le sujet (le PNR 31) pour tenter d'y voir plus clair.

Concernant les laves torrentielles sur le site du Ritigraben, les résultats obtenus ont permis de répertorier une dizaine d'événements depuis 1922. Avec des coulées en 1987, 1991, 1993 et 1994, on pouvait avoir l'impression que les choses s'étaient accélérées à la fin du XX<sup>e</sup> siècle et qu'il s'agissait d'un signe clair du changement climatique en cours. Nous savons aujourd'hui que ce n'est pas le cas : même si la trace la plus ancienne que nous avons retrouvée dans la région remonte au XVI<sup>e</sup> siècle, les laves tor-

rentielles existent probablement depuis toujours. Par ailleurs, nous avons pu démontrer dans le cadre d'ACQWA que même si elles seront probablement plus violentes dans le futur, leur fréquence devrait diminuer au cours des prochaines décennies. »

**Un site unique** Ces certitudes, Markus Stoffel les tire d'une connaissance minutieuse de ce site tout à fait unique. Surplombé par la silhouette cornue du Gabelhorn, un glacier rocheux qui culmine à 2600 mètres, le versant très pentu du Ritigraben forme un replat à hauteur de la forêt, ce qui offre un double avantage aux scientifiques. D'une part, parce que la réduction de la pente permet de freiner les coulées avant qu'elles ne chutent dans la plaine et donc aux énormes blocs de pierre qu'elles charrient de se déposer « in situ ».

**EN SEPTEMBRE 1993, LA « MÈRE » DE TOUTES LES LAVES TORRENTIELLES A CHARRIÉ L'ÉQUIVALENT DE 10 000 CAMIONS DE CHANTIER**



DOMINÉS PAR LE GLACIER  
ROCHEUX DU GABELHORN,  
LES VERSANTS DU  
RITIGRABEN ONT CONNUS  
124 COULÉES DE LAVES  
TORRENTIELLES DEPUIS 1570  
(ICI LES TRACES LAISSÉES  
PAR UN ÉVÈNEMENT  
REMONTANT À 1890).







TORDU PAR LE POIDS D'UNE COULÉE SURVENUE EN 1922, CET ARBRE A FORMÉ DU BOIS DE COMPRESSION POUR SE REDRESSER, PROCESSUS QUI A PRIS PLUSIEURS ANNÉES.

**COUPE D'UN MÉLÈZE** DONT L'ÉCORCE A ÉTÉ ARRACHÉE PAR UNE COULÉE DE LAVE TORRENTIELLE LE 24 SEPTEMBRE 1993.

AU MOMENT OÙ L'ARBRE A ÉTÉ ABATTU, SOIT VINGT ANS PLUS TARD, LA PLAIE ÉTAIT QUASIMENT REFERMÉE SUR SON CÔTÉ GAUCHE. À TERME, TOUTE TRACE EXTÉRIEURE DU TRAUMATISME AURAIT FINI PAR DISPARAÎTRE.



UN ARBRE FORMANT UN CERNE PAR AN, IL SUFFIT AUX CHERCHEURS DE COMPTER CES DERNIERS POUR DATER L'ANNÉE D'UN IMPACT.

DANS CERTAINS CAS, LA POSITION DE LA BLESSURE À L'INTÉRIEUR DU CERNE PERMET DE DATER L'ÉVÈNEMENT AVEC UNE RÉOLUTION MENSUELLE, À CONDITION QU'IL SE SOIT PRODUIT DURANT LA PÉRIODE DE CROISSANCE DE L'ARBRE, C'EST-À-DIRE ENTRE FIN MAI ET DÉBUT OCTOBRE.



CET ÉNORME ROCHER TÉMOIGNE DE LA PUISSANCE DES LAVES TORRENTIELLES SURVENUES DANS LA VALLÉE DE ZERMATT EN SEPTEMBRE 1993.



De l'autre, parce que les arbres, qui peuvent avoir jusqu'à 800 ans dans ce coin de la Suisse, ont conservé dans le bois la mémoire des divers traumatismes qu'ils ont subis au cours de ces événements. Encore faut-il être capable de déchiffrer ce genre d'archives, un art dans lequel Markus Stoffel est passé maître.

A quelques dizaines de mètres de l'endroit où l'on quitte la route pour s'enfoncer sous les mélèzes, le géographe indique ainsi une sorte de chemin creux couvert de végétation et au milieu duquel poussent quelques conifères. L'endroit qui semble tout à fait banal au premier regard est en fait un ancien chenal creusé par une coulée de lave torrentielle, ce dont témoignent notamment les gros blocs de pierre qui affleurent sur ces rives et la courbure caractéristiques de certains arbres.

Quelques centaines de mètres plus loin, deux vieux mélèzes semblent perdus au milieu d'une vaste clairière dont le sol est couvert d'un capharnaüm de gros rocs aux contours saillants. « C'est le résultat d'une coulée qui s'est produite en 1890 et qui a tout détruit sur son passage avant de s'arrêter ici », explique le chercheur. Ces deux survivants, qui ont près de 600 ans, ont été blessés et tordus par la pression des pierres, mais ils ont eu la chance d'en réchapper et de pouvoir reprendre une croissance normale. »

#### Faire parler la forêt

Des balafres comme celle-là, la forêt en est criblée. Sur l'ensemble du versant, Markus Stoffel et ses collègues ont ainsi cartographié 13 chenaux anciens sur une période qui remonte à 1570. Des chiffres que les chercheurs ont ensuite pu affiner en faisant parler la forêt.

« Lorsqu'un arbre est meurtri, à moitié enseveli ou encore penché par la pression d'une coulée, il va en garder des traces, même si extérieurement rien ne laisse plus deviner ce qui s'est passé », explique Markus Stoffel. Dans le premier cas, il va fabriquer du tissu calleux et des canaux résinifères pour cicatrifier et se protéger contre les attaques d'insectes. Dans le second, sa croissance va être ralentie et ces cernes seront donc plus petits. Dans le dernier cas, enfin, il va produire ce que l'on appelle du bois

de compression pour se redresser. C'est grâce à la présence de ces divers traumatismes que nous pouvons dater avec une précision annuelle, voire saisonnière, les différents événements survenus dans le passé. »

Pour dénicher ce type d'indices, quelque 2450 carottes ont été prélevées sur 1102 conifères. Résultats : 124 coulées de laves torrentielles ont été identifiées sur une période allant de 1570 à 2013, ce qui représente un net progrès au regard des 10 recensés depuis 1922 par le PNR 31.

« Nos résultats démontrent, d'une part, que l'augmentation mesurée à la fin du siècle dernier n'est qu'apparente, puisqu'il y a eu davantage d'événements au cours du XIX<sup>e</sup> siècle que durant le XX<sup>e</sup> siècle, commente Markus Stoffel. Ils ont permis, d'autre part, d'affirmer qu'il n'existe pas de lien direct entre la fréquence des laves torrentielles et le changement climatique, puisque nous avons pu établir que ces événements étaient également fréquents avant 1922, y compris durant le Petit âge glaciaire. »

**Déplacement saisonnier** Quant aux prévisions concernant les cinquante prochaines années, objet de l'étude spécifique menée dans le cadre du projet ACQWA, les divers indicateurs pris en compte par les chercheurs (saisonnalité et seuil de déclenchement des coulées, évolution des précipitations et des températures) débouchent sur une perspective qui n'est qu'à moitié réjouissante. « Selon nos estimations, avec des étés plus secs, il y aura sans doute moins de cou-

lées de laves torrentielles, mais elles seront d'une plus grande ampleur, conclut Markus Stoffel. Si le réchauffement du climat se confirme, il faut également s'attendre à un déplacement de ces événements de l'été vers les saisons « intermédiaires » : dès le mois de mars, en cas de dégel soudain cumulé à des précipitations, ou au mois de décembre, ce qui n'est jamais arrivé jusqu'ici, si les précipitations qui tombent à cette époque de l'année ne sont plus constituées de neige, mais de pluie. Dans tous les cas de figure, le mieux que l'on puisse faire pour se protéger, c'est de laisser faire la nature en s'efforçant de maintenir le chenal en bon état afin d'ouvrir le chemin à la coulée. Imaginer barrer le chemin à de telles forces en construisant un bassin de rétention, par exemple, est aussi illusoire qu'onéreux. »

## LA MÉCANIQUE DU VOLCAN FROID

Bien plus qu'à une coulée de boue ou à une avalanche, la lave torrentielle ressemble à celle d'un volcan, la chaleur en moins. Constitué d'un mélange d'eau, de terre et de pierre, son « magma » se déplace comme une masse plutôt que comme un liquide.

A l'instar d'une coulée volcanique, les plus gros blocs de pierre se situent toujours au front de la lave torrentielle et sur ses côtés, ce qui forme des levées caractéristiques sur les bords du chenal et lui permet de créer son propre chemin, à l'image d'une gigantesque fraiseuse naturelle.

Plusieurs facteurs, qui se cumulent parfois, peuvent être à l'origine d'une lave torrentielle : la rupture d'une poche d'eau sur un glacier, de violentes précipitations, type orage d'été, la chute de blocs de pierre depuis le front d'un glacier rocheux, des glissements de terrain ou des chutes de pierres sur le reste du versant montagneux.

LA FORCE HYDRAULIQUE N'EST PAS UNE MANNE INÉPUISABLE. LA BAISSE PRÉVUE D'ICI À 2050 POUR LE BARRAGE DE MATTMARK POURRA TOUTEFOIS ÊTRE EN PARTIE COMPENSÉE.

RÉGIME MINCEUR

# QUAND LES BARRAGES DEVRONT SE SERRER LA CEINTURE

**D'ICI À 2050**, LES INSTALLATIONS HYDROÉLECTRIQUES VERRONT LEURS RESSOURCES EN EAU DIMINUER DE PRÈS DE 20 %. LES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES, UNE GESTION OPTIMISÉE ET UN CHANGEMENT DANS LES COMPORTEMENTS PEUVENT TOUTEFOIS PERMETTRE D'ATTÉNUER LE CHOC

**U**n peu plus de la moitié de l'électricité suisse (56 %) provient de la force hydraulique, qui, depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, constitue la principale source d'énergie renouvelable produite dans le pays. Cette manne naturelle n'est cependant pas à l'abri des aléas du climat. Selon les prévisions effectuées dans le cadre du projet ACQWA par le groupe «Energie, politique et économie» de l'Institut des sciences de l'environnement (ISE), les changements climatiques entraîneront en effet, d'ici à 2050, une baisse d'environ 20% des ressources en eau sur lesquelles peuvent aujourd'hui compter les gestionnaires des installations hydroélectriques. Une diminution certes conséquente, mais dont l'impact tant sur la production d'énergie que sur les revenus générés par la vente d'électricité peut être modéré moyennant une meilleure gestion, l'introduction de nouvelles technologies et un changement dans les comportements. Explications.

Pour les besoins d'ACQWA, l'équipe dirigée par Franco Romerio, maître d'enseignement et de recherche à l'ISE, s'est focalisée sur les installations situées à Mattmark, au sud de la vallée de Saas, en Valais. Inauguré en 1967, l'ouvrage, situé à une altitude de 2200 mètres, est fermé par un mur de 120 mètres de haut et de 780 mètres de large. D'une superficie de 1,76 km<sup>2</sup>, son lac de retenue peut contenir 100 millions de m<sup>3</sup> d'eau et fournir annuellement 650 GWh, ce qui permet de couvrir les besoins énergétiques de 150 000 ménages moyens.

Si les choses se passent comme le prévoient les chercheurs d'ACQWA, il ne fait guère de doute qu'au milieu de ce siècle, ces chiffres devront être revus à la baisse.

**Secteur stratégique** «L'analyse des données hydrologiques fournies par les barragistes, pour ce qui concerne le passé et des modèles élaborés par nos collègues de l'EPFZ, pour ce qui est de l'avenir, montre qu'en comparaison avec la situation qui a prévalu entre 2000 et 2010, les changements climatiques vont entraîner une réduction de 21 % des entrées en eau dans le barrage de Mattmark au cours des quarante prochaines années, précise Ludovic Gaudard, assistant au sein du groupe «Energie, politique et économie». Ce n'est pas négligeable compte tenu de l'importance historique de l'énergie hydroélectrique en Suisse et du fait qu'avec l'abandon du nucléaire, qui fournit actuellement environ 40% de la production annuelle d'électricité en Suisse, l'hydroélectricité est la seule source d'énergie renouvelable actuelle appelée à perdurer.»

Ce résultat doit cependant être relativisé pour plusieurs raisons. La première, c'est qu'il ne peut pas être facilement généralisé. D'une part, parce que les barrages à réservoir (comme celui de Mattmark ou de la Grande-Dixence) sont généralement moins vulnérables aux variations de précipitations que ceux qui se trouvent au fil de l'eau (Gosgen, Verbois). D'autre part, parce qu'il existe de fortes disparités entre les ouvrages alpins eux-mêmes. «Les études menées

**SITUÉ À UNE ALTITUDE DE 2200 MÈTRES, LE BARRAGE DE MATTMARK PERMET ACTUELLEMENT DE COUVRIR LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DE 150 000 MÉNAGES MOYENS**





*dans le cadre d'ACQWA par nos collègues italiens sur le barrage de Toce, dans la région du Piémont, prévoient, par exemple, une augmentation des entrées en eau jusqu'à la fin de la période considérée, soit un résultat qui est à l'opposé de nos conclusions, complète Ludovic Gaudard.»*

Le deuxième motif qui pousse à relativiser les résultats obtenus à Mattmark tient au fait que la plupart des ouvrages hydroélectriques de montagne construits en Suisse ont connu une augmentation continue de leur débit en eau depuis leur construction dans les années 1950. Si bien qu'à la fin du siècle, on sera probablement revenu à la situation initiale. A cette différence près qu'entre-temps, le monde a eu le temps de changer et que la consommation électrique actuelle est sans commune mesure avec celle qui prévalait dans les années 1950.

**Gagner en puissance** Comme l'ont démontré les chercheurs, il ne faut en outre pas perdre de vue que 21% d'eau en moins ne signifie pas automatiquement 21% d'électricité ou de rentabilité en moins. *«Nous avons prouvé qu'en optimisant la gestion du barrage, on peut limiter la baisse de production à 17% et celle des revenus à 9% environ, poursuit Ludovic Gaudard. Pour y parvenir, différents moyens peuvent être mis en œuvre. Il est, par exemple, possible de ne pas vider totalement le lac de retenue à la fin de l'hiver afin de conserver une hauteur maximale et donc de gagner en puissance pour un même volume d'eau turbiné. Comme l'hydroélectricité est une source d'énergie*

*très souple, on peut en outre cesser la production lors des heures les moins rentables. Enfin, on peut aussi imaginer l'installation de turbines plus performantes ou l'enfouissement de celles-ci, ce qui permettrait, là encore, de gagner en puissance.»*

**Consommateur-acteur** Quant au consommateur, il a aussi son rôle à jouer pour limiter les dégâts. A l'heure actuelle, dans le domaine de l'énergie, le flux d'informations ne circule en règle générale que dans un sens, du producteur au consommateur. Avec l'installation de réseaux «intelligents» (*smart grid*), il deviendra cependant possible de décentraliser totalement la distribution d'énergie, chaque consommateur devenant un producteur potentiel d'énergie solaire ou thermique qu'il pourra ensuite revendre à d'autres particuliers. N'importe quel foyer pourra par ailleurs gérer sa propre consommation en fonction des prix de l'électricité, en faisant fonctionner certains appareils durant les heures creuses de la journée ou en profitant de la nuit pour rafraîchir les bâtiments qui doivent l'être.

*«On se trouvera alors avec un modèle à la carte comparable avec ce que proposent actuellement les opérateurs téléphoniques, relève Ludovic Gaudard. Soit des contrats beaucoup plus dynamiques dans lesquels le prix de l'électricité variera en fonction de l'heure ou de la localisation. Nous venons d'ailleurs de soumettre un nouveau projet qui vise à estimer précisément les économies qui peuvent être réalisées avec l'introduction de ces innovations technologiques.»*



**LES GLACIERS DU  
NORD DU KIRGHIZISTAN**  
RECULENT DEPUIS LA FIN  
DU PETIT ÂGE GLACIAIRE  
IL Y A 150 ANS.





ASIE CENTRALE

## LE DÉCLIN DES NEIGES ÉTERNELLES DU KIRGHIZISTAN

**MOINS** DE PLUIES EN ÉTÉ, GLACIERS EN RECU : LES DÉBITS DES COURS D'EAU DE LA CHAÎNE DE MONTAGNE TIEN SHAN D'ASIE CENTRALE S'APPROCHENT DE LEUR MAXIMUM, QUI SURVIENDRA PROBABLEMENT AVANT 2050. ENSUITE, ILS DIMINUERONT, ACCENTUANT LA SÉCHERESSE ESTIVALE ET LES TENSIONS ENTRE PAYS

Il a beaucoup plu cet été 2013 dans la vallée de la Chon-Kemin, au nord du Kirghizistan. Les précipitations abondantes, inhabituelles pour la saison sèche, ont gonflé cette rivière qui contribue à alimenter la capitale Bichkek en eau potable et en irrigation. Mais cette météo favorable n'est qu'un leurre passager qui cache une réalité inverse. En effet, sous l'action des changements climatiques, une métamorphose profonde du système hydrologique est en cours dans le Tien Shan (Montagnes célestes en mandarin). Cette chaîne montagneuse, qui compte des sommets de plus de 7000 mètres et dont 15 000 km<sup>2</sup> sont encore couverts de glaciers, occupe la quasi-totalité de la surface du pays. Et il se pourrait bien que, d'ici à une décennie ou deux, les parties les plus basses de ce château d'eau d'Asie centrale ne possèdent plus les ressources en eau nécessaires pour répondre en toutes saisons aux attentes des populations qui habitent à ses pieds. Cela concerne les Kirghizes, bien sûr, mais aussi les habitants des pays limitrophes comme l'Ouzbékistan, le Kazakhstan ou encore la Chine.

**Pic de l'eau** A cet égard, la vallée de la Chon-Kemin constitue un bon indicateur et, malgré les apparences d'un récent été humide, les changements y sont déjà perceptibles. C'est pourquoi Annina Sorg, chercheuse à l'Institut des sciences de l'environnement de l'Université de Genève et à l'Institut de géologie de l'Université de Berne, l'a choisie comme sujet d'étude dans le cadre de sa thèse, faisant elle-même partie

du projet ACQWA. « Comme la vallée de la Chon-Kemin est située en moyenne altitude, ses glaciers fondent particulièrement vite, explique la chercheuse qui a effectué plusieurs séjours au Kirghizistan ces dernières années. Les données météorologiques et hydrologiques que nous possédons et qui remontent à 1936 indiquent d'ailleurs que le débit annuel de la Chon-Kemin a augmenté ces dernières décennies, probablement alimenté par cette fonte accélérée des glaces et de la neige. »

**ON IGNORE SI LA  
CHON-KEMIN ET LES  
AUTRES RIVIÈRES  
DU TIEN SHAN ONT  
DÉJÀ PASSÉ LE PIC  
DE L'EAU OU SONT EN  
PASSE DE LE FAIRE**

Le problème, c'est que lorsque le volume des glaciers – qui couvrent encore 8% de la vallée – aura trop diminué, le débit du cours d'eau commencera à faiblir à son tour si d'autres sources (pluies, fonte du permafrost...) ne viennent pas compenser cette perte. Les chercheurs appellent ce basculement du débit le « pic de l'eau ». Par manque de données, on ignore pour l'instant si la Chon-Kemin ainsi que les autres rivières du Tien Shan l'ont déjà passé ou sont en passe de le faire.

« A partir d'un modèle de simulation qui permet de réaliser des projections dans les prochaines décennies, j'essaie de déterminer à quel stade se trouve la Chon-Kemin, précise Annina Sorg. Je me base sur des données obtenues sur le terrain et par satellite ainsi que sur les scénarios climatiques régionaux dans le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). »

Selon ses résultats préliminaires, qui doivent encore être publiés dans une revue de référence, les glaciers de la Chon-Kemin disparaîtront presque complètement vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. La rivière, quant à elle, a déjà atteint son pic de



l'eau à la fin du millénaire passé et les débits annuels n'augmenteront guère à l'avenir.

**Régime nivo-pluvial** L'analyse hydrologique montre que la Chon-Kemin a en effet déjà commencé à changer de régime. Avant les années 1960, il existait une corrélation entre les fluctuations du débit de la rivière et la température estivale, elle-même directement liée au taux de fonte des glaciers. Cependant, par la suite, le débit a commencé à dépendre davantage des précipitations, en général plus abondantes en hiver qu'en été.

En termes techniques, il semblerait que la Chon-Kemin soit en train de passer d'un régime hydrologique nivo-glaciaire à un régime nivo-pluvial. Autrement dit, le moment de l'année où le débit de la rivière est maximal se décale lentement de l'été au printemps, quittant ainsi la saison qui en aurait le plus besoin pour l'irrigation et la consommation des foyers.

La vallée de la Chon-Kemin, située près de la bordure nord des montagnes et des plaines arides du Kazakhstan, est particulièrement vulnérable. Mais la situation dans le reste du Tien Shan n'est pas plus encourageante. Dans un article paru le 29 juillet 2012 dans la revue *Nature Climate Change*, Martin Beniston, professeur et directeur de l'Institut des sciences de l'environnement, Annina Sorg et leurs collègues ont en effet brossé un tableau plus général du Kirghizistan. Une première dans cette région pour laquelle il manquait une vision cohérente de la situation en raison de l'absence de données et d'études, surtout depuis la chute de l'Union soviétique en 1991.

**Glaciers faméliques** Il en ressort que les glaciers du Tien Shan, qui couvrent aujourd'hui une surface de 15 000 km<sup>2</sup>, ont perdu entre 0,1 et 0,8% de leur surface chaque année pendant ces dernières décennies, un recul comparable à celui des glaciers alpins. Dans un avenir plus ou moins proche, les spécialistes prévoient donc que les glaciers de moyenne altitude, devenus faméliques, ne pourront plus fournir de l'eau de fonte en suffisance en été.

Pour ne rien arranger, les projections du GIEC pour l'Asie centrale d'ici à 2050 font état d'une diminution des précipitations estivales de 4 à 7%, d'une augmentation des pluies en hiver dans les mêmes proportions (entre 4 et 8%)

et d'une hausse de la température moyenne de 4 °C. Si ces conditions se réalisent, elles pourraient accentuer les épisodes de sécheresses estivales.

*«Les images satellites optiques montrent que le nombre de jours par année où le sol est couvert de neige s'est réduit de deux semaines environ au cours des vingt-cinq dernières années, note Jean-Pierre Dedieu, chercheur au Laboratoire d'hydrologie et environnement à l'Université de Grenoble et membre du projet ACQWA. Ces images ne fournissent pas d'informations sur l'épaisseur de la neige ou de la glace, mais permettent de connaître leurs superficies. Les rares stations de mesures datant de l'ère soviétique encore en fonction (nous disposons de cinq points sur une surface qui correspond à un tiers de celle de la Suisse) confirment cette tendance sur le terrain.»*

## LES PREMIERS DÉSAGRÈMENTS QUE SUBIRONT LES POPULATIONS DES STEPPES D'ALTITUDE SERONT PROBABLEMENT L'APPARITION DE NOUVEAUX MARÉCAGES ET LEURS LOTS DE MOUSTIQUES.

En poussant plus loin l'analyse des images satellites, le chercheur a remarqué que la variation de la couverture neigeuse d'une année à l'autre, voire même à l'intérieur de la même année, est particulièrement grande dans certaines zones du pays.

*«Depuis 2000, on observe par endroits comme une palpitation, poursuit Jean-Pierre Dedieu. Les périodes avec ou sans neige se succèdent rapidement. Il se trouve que ces variations interannuelles n'ont lieu que sur de hauts plateaux, perchés à plus de 3000 mètres, là où le sol était autrefois continuellement gelé. Ce permafrost est actuellement*

*en train de fondre. On le voit notamment aux pylônes électriques, vissés dans le sol gelé, qui commencent à s'enfoncer dans le terrain.»*

A cause de cela, les premiers désagréments que subiront les populations des steppes d'altitude, avant même la vision de la fonte des glaciers et la perturbation des régimes des rivières, seront probablement l'apparition de nouveaux marécages et leurs lots de moustiques.

La fonte du permafrost et des glaciers, la perturbation des débits des cours d'eau, la croissance incessante de la consommation d'eau dans les plaines au pied du Tien Shan n'auront pas seulement des conséquences sociales et politiques (lire ci-contre). L'environnement est lui aussi en péril. Et notamment la mer d'Aral au Kazakhstan, cette mer intérieure pour moitié alimentée par le Syr-Daria issu du Kirghizistan et qui a déjà perdu les trois quarts de sa surface.

**UN FERMIER ET SON FILS DANS LA VALLÉE DE CHON-KEMIN.** SANS IRRIGATION, L'AGRICULTURE EST IMPOSSIBLE DANS CETTE RÉGION ARIDE.

APRÈS LA GUERRE, L'UNION SOVIÉTIQUE AVAIT INSTALLÉ DE NOMBREUSES STATIONS DE MESURES ET COLLECTÉ BEAUCOUP DE DONNÉES DE BONNE QUALITÉ.

EN 1991, LE KIRGHIZISTAN, INDÉPENDANT MAIS PAUVRE, ABANDONNE CES STATIONS À L'EXCEPTION D'UNE DEMI-DOUZAINES INDISPENSABLE À L'EXPLOITATION DES BARRAGES HYDRO-ÉLECTRIQUES.

LA PLUPART DES DONNÉES ANTÉRIEURES À 1991 SONT ARCHIVÉES SUR PAPIER ET EN RUSSE À MOSCOU ET TACHKENT (OUBÉKISTAN). APRÈS CETTE DATE, IL EXISTE UN TROU D'UNE QUINZAINE D'ANNÉES ENVIRON.

LA RECHERCHE CLIMATIQUE EN HAUTE MONTAGNE A RÉCEMMENT REPRIS GRÂCE À DES COLLABORATIONS AVEC DES PAYS OCCIDENTAUX COMME LA SUISSE.

LA POPULATION EST DE 5,5 MILLIONS D'HABITANTS. 500 000 PERSONNES HABITENT DANS LA CAPITALE, BICHKEK.





## ACCORD SUR L'EAU: UN MARCHÉ DE DUPES



«La population du Kirghizistan ne manque pas d'eau, confirme Gulnara Shalpykova, étudiante à l'Université de Nottingham au Royaume-Uni et membre du projet ACQWA. La demande interne n'est pas grande. En revanche, dans les pays limitrophes, situés en aval des fleuves qui prennent naissance dans le Tien Shan, elle est gigantesque. Et c'est là que le bât blesse.»

Le Kirghizistan joue en effet le rôle de château d'eau pour les plaines d'Ouzbékistan, du Kazakhstan et du Xinjiang (Chine). Les relations

sont particulièrement tendues avec le premier pays. Sous l'ère soviétique, schématiquement, le Kirghizistan fournissait l'eau et produisait de l'électricité tandis que l'Ouzbékistan cultivait du coton et extrayait des hydrocarbures (pétrole et gaz) de son sous-sol. Le tout, appartenant au bien commun, était ensuite redistribué. En 1991, ce modèle a sombré en même temps que l'Union soviétique. Très vite – trop vite selon certains observateurs – un accord, basé sur des principes soviétiques mais dans un monde devenu soudain capitaliste, a été signé entre les deux pays devenus indépendants. Le premier s'est engagé à laisser couler assez d'eau dans ses fleuves pour les cultures en aval et le second à fournir en échange du gaz et du pétrole. L'Ouzbékistan a tenu parole en vendant ses hydrocarbures au prix du marché, un tarif trop élevé pour son voisin. Dans le même temps, soutenu par les autres pays limitrophes, il a freiné toutes les tentatives du Kirghizistan de développer ses barrages hydroélectriques,

craignant qu'elles n'aboutissent à une réduction des débits des fleuves irriguant ses champs.

«Alors que le débit des fleuves est en train d'atteindre son maximum, comme le démontre le projet ACQWA, le Kirghizistan est empêché de les exploiter davantage, s'indigne Gulnara Shalpykova. Il n'utilise que 10% de son potentiel hydroélectrique. Le barrage Toktogul, le plus grand du pays, laisse simplement passer la plus grande partie de son eau pour que le Kirghizistan remplisse ses obligations envers l'Ouzbékistan.»

L'étudiante, qui s'intéresse aux conflits non armés autour des ressources en eau, dresse un constat pessimiste de la situation: malgré ce qu'ils prétendent devant la communauté internationale, les deux pays ne coopèrent pas, pire, ne parlent même pas de la question de l'eau. Difficile, dans ces conditions, d'entrevoir une issue négociée à court terme. Les tensions politiques risquent au contraire de s'aggraver dans une région déjà passablement instable.



LIBRE ACCÈS

# «CERTAINS CHERCHEURS CRAIGNENT DE PARTAGER LEURS DONNÉES»

**EN THÉORIE**, TOUT LE MONDE SOUTIENT LE PRINCIPE DU PARTAGE DES MESURES MÉTÉOROLOGIQUES OU HYDROLOGIQUES. EN PRATIQUE, LES SCIENTIFIQUES DOIVENT BATAILLER POUR CONVAINCRE LES AUTORITÉS DE CHAQUE PAYS D'OUVRIRE L'ACCÈS À LEURS DONNÉES

Les données météorologiques, qui ont trait au cycle de l'eau, revêtent un intérêt stratégique pour les Etats. Il n'est donc pas toujours aisé de les obtenir même à des fins de recherche scientifique. Confrontés à ce problème, les membres du projet ACQWA ont perdu beaucoup de temps pour rassembler des informations indispensables à leur étude. Paradoxalement, maintenant que les travaux sont achevés, les chercheurs ne se pressent pas de rendre librement disponibles les données qu'ils ont eux-mêmes produites. Explications avec Anthony Lehmann, professeur associé à l'Institut des sciences de l'environnement et à l'Institut Forel.

## Un projet comme celui d'ACQWA produit-il de grandes quantités de données ?

Oui, énormément. Mais il commence par en consommer beaucoup aussi. Le projet d'ACQWA fait en effet abondamment appel à la modélisation informatique qu'elle soit hydrologique, météorologique ou encore climatologique. Il le fait non seulement pour comprendre comment le système physique fonctionne mais aussi pour réaliser des projections dans le futur. Pour y parvenir, ces simulations doivent se baser sur l'observation, c'est-à-dire sur des informations ponctuelles collectées notamment par des stations météorologiques (il en existe plus d'une centaine en Suisse) ou des stations hydrologiques. Ces données permettent de calibrer les modèles. Ensuite, les chercheurs font tourner leurs ordinateurs et créent des simulations. Celles-ci, qui peuvent présenter de grandes résolutions spatiale et temporelle, sont réalisées plusieurs fois en changeant à chaque fois le scénario climatique. Au final, ces modèles produisent donc beaucoup plus de données qu'ils n'en consomment.

## Est-il facile de rassembler les informations dont vous avez besoin pour vos modèles ?

Chaque organisation internationale active dans l'environnement et même chaque pays possède ses propres règles concernant l'accès aux données météorologiques et hydrologiques. En principe, tout le monde est en faveur du partage des données, en particulier l'Organisation météorologique mondiale

(OMM). D'ailleurs tous les pays membres de cette agence onusienne basée à Genève (il y en a 185 aujourd'hui) s'engagent à mettre à disposition les mesures de leurs stations météo. Mais il existe une clause qui brouille le message.

## Que dit-elle cette clause ?

Apparaissant dans les résolutions 40 et 25 de l'OMM, elle reconnaît aux gouvernements le droit de choisir de quelle manière et jusqu'à quel point ils rendent accessibles pour des échanges internationaux leurs données météorologiques ou hydrologiques, ainsi que les produits qui leur sont associés. Résultat: la plupart des Etats l'utilisent pour éviter un partage automatique de leurs informations via Internet. Dans le cadre d'ACQWA, nous avons naturellement commencé par nous adresser à l'OMM pensant que c'était l'endroit idéal pour trouver des données météorologiques nécessaires à nos études. Mais on nous a répondu qu'il fallait s'adresser directement aux autorités concernées.

## Quelle importance ont des données météorologiques pour les gouvernements ?

Il existe de nombreux enjeux stratégiques autour de l'eau, de ses ressources et de sa consommation. Les modèles que nous développons permettent notamment d'estimer les différentes quantités d'eau qui circulent dans l'environnement. Nous sommes donc capables d'évaluer la consommation dans chaque pays et de révéler, le cas échéant, des habitudes contrevenant à des règles internationales. Du coup, certains Etats sont méfiants et nous avons passé beaucoup de temps dans des démarches officielles pour obtenir des données. Certains pays les vendent, d'ailleurs. Mais nous n'en avons jamais acheté.

## Accéder aux données est une chose, mais encore faut-il pouvoir les utiliser...

En effet. Il s'agit d'abord de déterminer la nature des données car il arrive que les informations contextuelles, permettant de comprendre où et quand les mesures ont été effectuées, manquent. De plus, les spécialistes de chaque discipline



(hydrologues, géologues, glaciologues, météorologues, climatologues, écologistes...) utilisent leur propre vocabulaire, ce qui peut entraîner des malentendus sur certains termes comme « incertitude », « adaptation », etc. Pire : ils n'utilisent pas toujours les mêmes formats dans la gestion informatique de leurs bases de données. Chaque domaine à ses traditions en la matière. Ce n'est donc pas une mince affaire que d'uniformiser tout cela.

#### N'y a-t-il pas un effort international allant dans ce sens ?

Depuis dix ans, le Group on Earth Observations basé dans le même bâtiment que l'OMM conçoit le Global Earth Observation System of Systems\*. Cette initiative vise à offrir une unique interface sur Internet qui permet d'obtenir toutes les données scientifiquement utiles issues des organisations d'observation de la planète dans les domaines aussi variés que les catastrophes, la santé, l'énergie, le climat, l'agriculture, les écosystèmes, la biodiversité, l'eau ou encore la météo.

Ce système de systèmes promeut des standards techniques uniques qui permettent de combiner ces informations issues de milliers d'instruments de mesure différents. La technologie est en place et les législations nationales commencent elles aussi à suivre le mouvement, notamment en Europe et en Suisse.

#### Qu'en est-il des données produites par les chercheurs d'ACQWA ? Sont-elles disponibles aussi ?

Sans aller jusqu'à l'exiger comme cela commence de plus en plus à être le cas dans certains projets européens, nous avons demandé aux membres d'ACQWA de mettre toutes leurs données à la disposition de la communauté scientifique

**« NOUS SOMMES  
CAPABLES D'ÉVALUER  
LA CONSOMMATION  
DANS CHAQUE PAYS ET  
DE RÉVÉLER LE CAS  
ÉCHÉANT DES HABITUDES  
CONTREVENANT  
À DES RÈGLES  
INTERNATIONALES »**

une fois le projet terminé. Nous avons mis en place une plateforme pour cela et nous sommes prêts à aider les volontaires dans la mise en forme adéquate de ces renseignements.

#### Avec quel résultat ?

Seule une minorité a joué le jeu. De nombreux chercheurs ne perçoivent pas l'intérêt de cette démarche et certains craignent que d'autres groupes ne publient des articles scientifiques grâce à leurs données sans qu'ils soient cités. Des remerciements à la fin d'un article, cela ne vaut absolument rien dans un CV.

Ils pourraient, au préalable, publier leurs données dans des revues spécialisées pour cela (*Earth System Science Data*), ce qui leur vaudrait par la suite une citation si quelqu'un les utilise. Mais cela demande du travail supplémentaire.

\*[www.earthobservations.org/geoss.shtml](http://www.earthobservations.org/geoss.shtml)



CORBIS