

2/2002

aquaterra

Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG

CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE

**Les roches racontent
l'histoire de la Terre**

MOUTIER



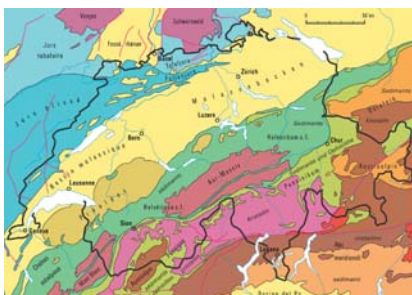
Christoph Beer,
chef par intérim
de la division
Service géolo-
gique national

Le savoir-faire géologique au service de la société

Les caractéristiques géologiques de la Suisse, pays alpin, sont variées et complexes. Dans notre société industrielle moderne et ses nombreuses exigences concernant l'utilisation de l'espace vital naturel, une importance capitale incombe au savoir-faire géologique. Car, depuis longtemps, l'infrastructure technique ne se limite plus seulement à la surface de la terre, elle utilise aussi le sous-sol. Celui-ci supporte des ouvrages d'art pesant des tonnes, stocke notre eau potable, fournit des matières premières, sert d'entrepôt pour les déchets ou est percé de tunnels. Son utilisation peut engendrer des conflits en raison d'exigences parfois contradictoires. Aujourd'hui cependant, notre société peut en grande partie les éviter ou les désamorcer grâce aux vérifications minutieuses de la géologie locale. Ainsi, par exemple, il arrive rarement que des décharges modernes polluent les eaux souterraines. Le savoir géologique permet également d'estimer correctement les risques dus aux dangers naturels, tels que les glissements de terrain, les laves torrentielles, les chutes de pierres ou les tremblements de terre. C'est seulement de cette manière que les mesures nécessaires peuvent être prises en vue de protéger les infrastructures sensibles.

Avec l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000, l'OFEG offre une base importante pour un grand nombre de ces différentes utilisations pratiques. Ses informations détaillées sur la répartition géographique des constituants du sous-sol sont d'une grande utilité pour l'économie.

A l'avenir, malgré des moyens relativement limités, nous voulons garantir une production efficace de cartes de grande qualité. Pour cela, nous nous orientons davantage vers les besoins des utilisateurs et accélérons notre production en professionnalisant encore davantage certaines étapes du travail. L'application et le développement des techniques numériques les plus modernes y jouent un rôle important.



Comment l'Atlas géologique est-il produit ?

De quoi se compose le sous-sol suisse ? Les feuilles de l'Atlas géologique produites par l'OFEG répondent à cette question grâce à leurs informations détaillées. Ces cartes résultent d'une synthèse des données géologiques existantes et nouvellement recueillies d'une région.
page 3

**Titre: Atlas géologique de la Suisse
1:25'000, feuille 96 Moutier;
détail montrant la cluse de Moutier.**



Le savoir géologique est d'une valeur inestimable

Le savoir géologique joue un rôle important. Il permet de reconnaître à temps les dangers naturels, il contribue à la protection des eaux souterraines, il permet de trouver des matières premières exploitables ou de déterminer le tracé idéal pour la construction d'un tunnel. L'Atlas géologique livre aux spécialistes les bases nécessaires à leur travail. **page 8**



Berne au fil de l'histoire de la Terre

En tant que plaine située au pied d'une chaîne de montagne géologiquement jeune, le Plateau suisse a derrière lui une histoire mouvementée. Ainsi, il y a 25 millions d'années, dans la région de l'actuelle ville de Berne, s'étendait une zone alluviale à végétation subtropicale, qui a ensuite été envahie par le mer, et qui s'est aussi retrouvée plusieurs fois sous une épaisse couche de glace.
page 12

Les cartes géologiques transmettent des informations détaillées sur la nature du sous-sol et donnent ainsi un aperçu de l'histoire complexe de notre espace vital. Depuis 1986, la Confédération s'occupe du relevé géologique national. Dans ce domaine, la tâche principale de l'OFEG est la production des feuilles de l'Atlas géologique de la Suisse à l'échelle 1:25'000.



Sur les traces de l'histoire de la Terre grâce à l'Atlas géologique

En 1923, l'Atlas géologique de la Suisse doit sa naissance à un gros incendie: lorsqu'en octobre 1923 l'entrepôt de l'éditeur bernois Francke est la proie des flammes, presque toutes les cartes et publications élaborées depuis 1860 par la Commission Géologique Suisse sont brûlées. Suite à cet événement, la Société suisse des sciences naturelles de cette époque décide d'éditer une nouvelle série de cartes à l'échelle 1:25'000. Comme base topographique, c'est l'Atlas Siegfried qui est tout d'abord utilisé, puis la

Carte nationale de la Suisse, qui est encore actuellement déterminante pour le découpage des feuilles de l'Atlas géologique.

Depuis 1930, ce sont 105 des quelque 220 cartes planifiées qui ont été publiées; près de la moitié du territoire de la Suisse est donc couvert. L'achèvement de cet ouvrage ne va cependant pas durer encore 70 ans. Selon une décision gouvernementale de 1985, la responsabilité de l'édition incombe dès lors à la Confédération. Cette tâche est assumée par la



Les carottes d'un forage de reconnaissance renseignent les géologues sur la composition du sous-sol.

section Cartographie géologique de l'OFEG qui a beaucoup intensifié ses efforts, au cours des dernières années, en vue d'achever cet Atlas géologique.

La professionnalisation accélère la production

«Ce sont les Hautes Ecoles qui ont donné l'impulsion à la réalisation des premières feuilles», explique Christoph Beer, chef par intérim de la division Service géologique national à l'OFEG: «Autrefois, l'intérêt scientifique était fortement concentré sur les Alpes, raison pour laquelle les régions alpines ont été cartographiées en priorité». Plus tard, le

choix des feuilles à publier a été lié en premier lieu à la disponibilité des géologues intéressés, prêts à rassembler les données scientifiques nécessaires contre une rémunération symbolique, le plus souvent pendant leurs loisirs. Ces spécialistes, mettant de nombreuses années



Un géologue lors de l'examen d'argiles lacustres glaciaires, qui servent notamment de matière première à la fabrication de briques et de tuiles.

pour faire le relevé géologique d'une feuille, sont depuis quelques années remplacés par des bureaux de géologues et des instituts géologiques des Hautes Ecoles mandatés. Les compétences scientifiques personnelles, dans un domaine ou une région déterminée, restent évidemment un critère important de sélection. A l'heure actuelle, une douzaine de contrats ont été passés pour les feuilles de l'Atlas qui restent encore à cartographier. Ces mesures permettent d'accélérer le processus de réalisation.

Une orientation vers les besoins de l'utilisateur

Actuellement, on tient davantage compte des multiples besoins des utilisateurs qu'auparavant, explique Christoph Beer: «Dans les années 80 et 90, l'intérêt était principalement axé sur la composition géologique des terrains constructibles,

sur le Plateau intensivement exploité, alors que l'attention est aussi portée aujourd'hui sur les risques géologiques dans les régions de montagnes».

Une connaissance approfondie de la constitution du sous-sol se révèle être une condition essentielle pour pouvoir résoudre des tâches pratiques dans de nombreux domaines. Que ce soit pour des projets de routes, de voies de chemin de fer, d'approvisionnement en eau, de décharges ou de gravières, des bases géologiques sérieuses sont nécessaires déjà lors de la première phase de planification. Les feuilles de l'Atlas géologique fournissent aux spécialistes mandatés de précieux renseignements pour cette première approche.

Un voyage au cœur de l'histoire de la Terre

Une carte géologique fournit en premier lieu des renseignements sur les roches à la surface de la croûte terrestre. La Carte nationale sert de base topographique, sur laquelle sont représentées les formations géologiques; on peut ainsi déduire leurs relations avec la surface du terrain. En Suisse, ce qui est frappant c'est l'excellente concordance entre la disposition des domaines géographiques que sont le Jura, le Plateau, les Alpes et le sud du Tessin, et les unités géologiques principales, qui marquent donc le paysage de leur empreinte.

Du point de vue géologique, la Suisse entière fait partie du système montagneux des Alpes, relativement jeune. L'histoire de sa formation a commencé il y a près de 100 millions d'années, lorsque les continents européen et africain, alors séparés par une mer primitive appelée Téthys, sont entrés en collision. Ceci a entraîné une énorme pression sur les zones bordières des deux plaques qui, au cours des millions d'années, a conduit à la constitution de couvertures rocheuses fortement plissées. Les Alpes sont typiquement des montagnes de nappes, composées d'un em-



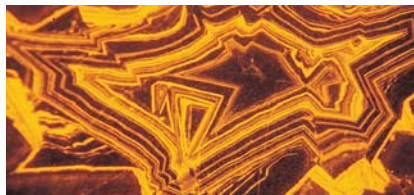
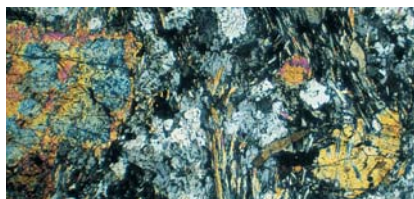
Travail géologique en terrain difficile: dans les Alpes valaisannes, des roches issues de la plaque africaine témoignent de la collision des continents.

pilement de plus de 25 kilomètres d'épaisseur de ces paquets de roches charriés les uns sur les autres. Certains des plus hauts sommets des Alpes suisses – comme le Piz Bernina ou le Cervin – appartenaient à l'origine à l'Afrique. Dans les régions situées entre Klosters et

l'Oberhalbstein GR, et entre Saas Fee et la Grande Dixence VS, ces paquets africains sont séparés des nappes européennes par des restes de la Téthys. Le soulèvement des Alpes en une impressionnante chaîne de montagne a eu lieu principalement lors des 30 derniers millions d'années, par la surrection de la croûte terrestre.

cristallins voisins, tels que le Massif Central français, les Vosges et la Forêt Noire, ont opposé une résistance qui a conduit au plissement de la chaîne jurassienne. Du point de vue géologique, le Jura plissé apparaît comme une petite digitation des Alpes bien plus imposantes.

Le façonnage du paysage naturel, tel qu'on le connaît actuellement, est encore plus jeune. Plusieurs glaciations ont eu lieu lors des deux derniers millions d'années. Les glaciers descendant des Alpes se sont largement étendus sur le Plateau suisse. Ils y ont modelé des vallées et des collines, grâce à leur capacité à creuser et au dépôt d'importantes moraines latérales et frontales. Lors des périodes interglaciaires chaudes, et après la dernière glaciation, la force érosive des rivières venues des Alpes a creusé les vallées et les gorges, alors que ces cours d'eau déposaient d'énormes quantités d'alluvions, qui forment les plaines actuelles du Plateau.

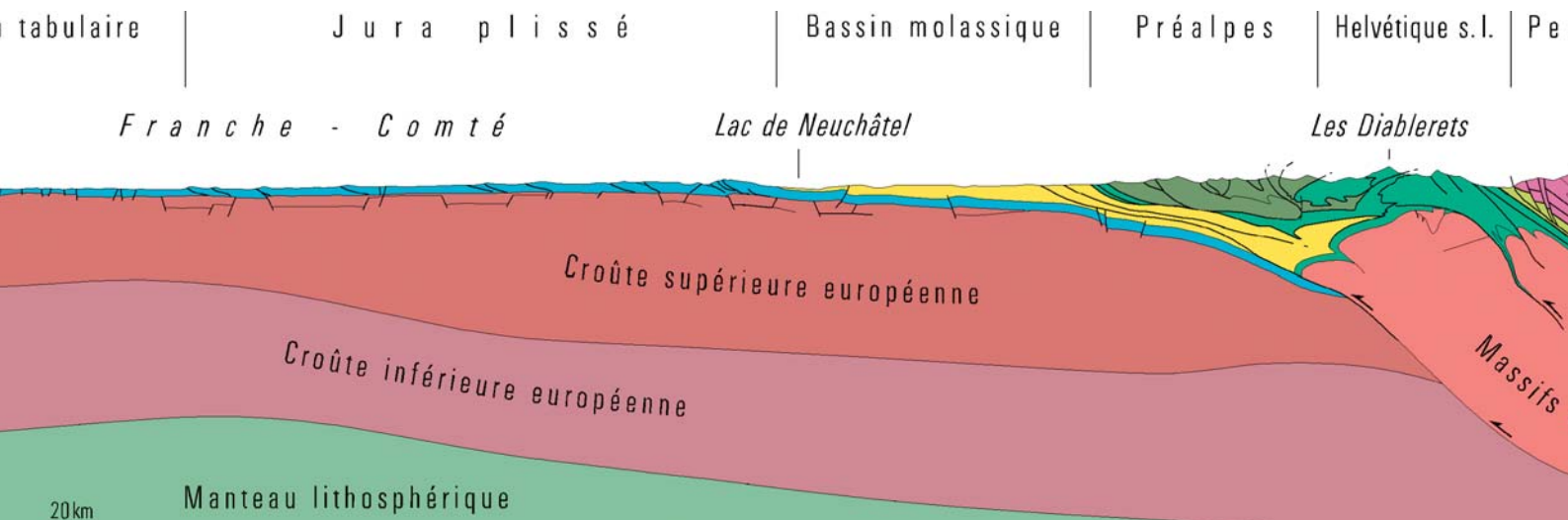


Les analyses en laboratoire des lames minces de roches (sections de roches finement polies) complètent les relevés de terrain et renseignent sur la nature, la genèse et l'âge des roches.

Le Plateau est formé par les débris alpins

La formation du Plateau et de la plaine du Pô est étroitement liée à la genèse des Alpes. Les cours d'eau primitifs, au nord et au sud de la chaîne de montagne en surrection, ont érodé, transporté, puis déposé les matériaux détritiques.

La chaîne du Jura, qui s'étend sur 300 kilomètres, est née il y a seulement 5 millions d'années environ, lorsque les dernières poussées liées à la formation des Alpes ont atteint les bordures nord et ouest du bassin molassique. Les massifs



Le profil géologique à travers la Suisse occidentale montre comment les différentes couches de roches se sont arrangées lors du plissement alpin.

Relations géologiques complexes

Cette succession schématique et simplifiée de la formation de notre environnement naturel ne peut assurément qu'essayer à grands traits une réalité géologique bien plus complexe. Malgré les dimensions modestes de la Suisse, les formes du paysage sont très diversifiées. Même un spécialiste expérimenté a besoin d'un certain temps pour classer correctement les témoins des divers processus qui ont modelé le paysage, et ainsi se faire une idée sur place de l'histoire géologique. Un géologue qui cartographie doit reconnaître la nature des roches recensées et déterminer leur succession chronologique. Il doit aussi estimer leur arrangement spatial et leur extension géographique. Le temps nécessaire au relevé sur le terrain dépend beaucoup des documents déjà disponibles, des conditions topographiques, de la complexité géologique locale, ainsi que des connaissances préliminaires du géologue. Suivant la région, la cartographie d'un seul

Une cluse jurassienne typique à Choindez, sur la feuille Moutier de l'Atlas géologique. La Birse a érodé les couches calcaires et marneuses du Malm (teintes bleues et grises) jusqu'au cœur du Dogger (brun).

kilomètre carré nécessite entre un et quatre jours de travail. Pour une feuille de l'Atlas géologique, il faut donc compter 200 à 600 jours de travail sur le terrain.

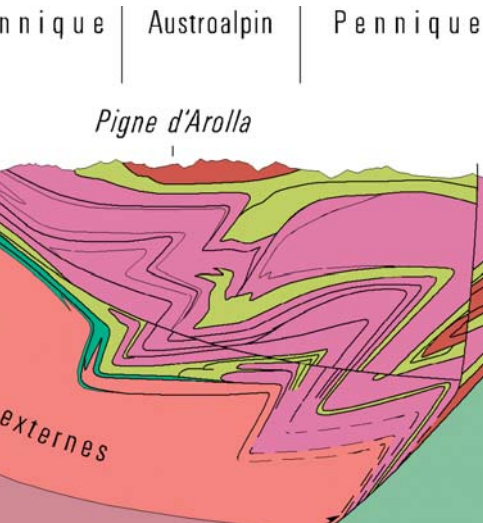
Aperçus dans les entrailles de la Terre

Comme points de repère, le géologue dispose avant tout des affleurements



Lors de l'impression d'une carte géologique, le réglage des couleurs demande de la précision et un contrôle minutieux.





Des affleurements naturels – comme ici sur l’Axenstrasse SZ – donnent un aperçu de l’histoire géologique: le paquet de roches plissées témoigne des énormes forces déployées lors de la formation des Alpes.

naturels des formations géologiques, tels que les flancs de montagne ou les gorges. Mais les gravières, les carrières, les cavernes, les tunnels et autres affleurements artificiels permettent d’avoir un regard approfondi dans les entrailles de la Terre et concourent à la détermination des formations géologiques et de leur âge. Parfois les roches ne peuvent pas être identifiées immédiatement et avec exactitude sur le terrain. Dans les cas douteux, le géologue recueille des échantillons, les traite en laboratoire et analyse les résultats. Le géologue dispose encore d’indices importants fournis par les divers sondages de reconnaissance souvent obtenus à grands frais.

Un puzzle scientifique

Ainsi, à partir de milliers d’observations, de déductions et de résultats isolés, s’assemble petit à petit les pièces d’une image générale des processus géologiques impliqués dans une région donnée, et de leur succession dans le temps. Sur la base des informations consignées sur la carte et dans le carnet de terrain, le géologue procède à la mise au net des relevés à l’échelle 1:25’000. De plus, il construit des coupes géologiques verticales ou des séries de coupes à travers la

région étudiée. Il rédige encore une notice explicative détaillée, illustrée par de nombreuses figures.

La section Cartographie géologique de l’OFEG est responsable de la direction de projet, de la gestion de la qualité, et de l’élaboration rédactionnelle des feuilles de l’Atlas. Elle conçoit les légendes définitives des cartes et rassemble tous les documents nécessaires aux cartographes. Des cartographes professionnels poursuivent la réalisation par étapes, en étroite collaboration avec les spécialistes de la Cartographie géologique: ainsi, la carte géologique originale est d’abord scannée, puis cette image sert d’arrière-plan à la digitalisation manuelle des informations géologiques à l’ordinateur. Suivant le nombre de formations géologiques à reproduire sur une feuille de l’Atlas géologique, la rédaction détermine ensuite les 12 à 16 couleurs de base nécessaires, ainsi que les quelque 70 à 100 tons composés qui en découlent.

L’argent est bien investi

Depuis les travaux de terrain jusqu’à l’impression – et pour un tirage de 1’500 à 3’000 exemplaires – le coût total de la réalisation d’une feuille de l’Atlas géologique oscille entre 500’000 et 800’000



Les pyramides d’Euseigne, Val d’Hérens VS: moraine sculptée par l’érosion.

francs. N’est-ce pas beaucoup d’argent pour un public cible de spécialistes relativement restreint? «Ces investissements profitent en fin de compte à toute la société», précise Christoph Beer: «En effet, les feuilles de l’Atlas géologique fournissent des bases essentielles pour l’utilisation et la protection de ressources importantes telles que les gisements souterrains d’eau potable». En tant qu’outils de travail pour l’élaboration des cartes de dangers géologiques, elles nous permettent aussi, entre autres, d’organiser notre milieu vital de façon plus sûre, et ainsi de mieux protéger les vies humaines et les biens économiques contre les dégâts dus aux dangers naturels.

Internet:

www.bwg.admin.ch/themen/geologie/ff/index.htm



Toute la société bénéficie du savoir géologique

Forage de trous de mines dans le tunnel pour la Nouvelle ligne ferroviaire alpine (NLFA) du Lötschberg: grâce au savoir-faire géologique, les mineurs sont actuellement beaucoup mieux protégés.

Les projets de tunnels, routes, captages d'eau potable, conduites de gaz, carrières, cartes de dangers et beaucoup d'autres exigent une connaissance exacte de la géologie locale. Dans tous ces domaines d'application, les feuilles de l'Atlas géologique livrent de précieux renseignements, avant tout aux spécialistes, pour une première identification des problèmes, et servent de base pour la planification générale. Les connaissances correspondantes peuvent protéger des vies humaines et épargner à l'économie nationale de coûteux investissements inutiles.

bjo. Sous le flanc sud de l'Innerer Fisistock, près de Kandersteg BE, peu après son entrée dans le tunnel du Lötschberg, la ligne du chemin de fer décrit une courbe vers l'est, suit le cours de la Kander et, toujours sous terre, ne croise le vallon de Gastere qu'après un détour de près de trois kilomètres en dessinant une grande courbe. Ce tracé compliqué est dû à une fâcheuse erreur d'estimation des conditions géologiques, qui a coûté la vie à 25 mineurs en 1908. Initialement, le tunnel devait traverser le vallon de Gastere au pied du Fisistock déjà, mais après 2'675 mètres de percement dans une roche calcaire relativement stable,

les ouvriers sont tombés de façon tout à fait inattendue sur des alluvions de la Kander, situées à presque 200 mètres sous la surface de la terre. Suite au dynamitage de la roche, plus de 6'000 mètres cubes de boue et de graviers se sont engouffrés dans la galerie. Les corps des mineurs ensevelis sont pour toujours enfouis sous les masses d'éboulis dans le tronçon du tunnel abandonné, car la tentative de dégagement des disparus s'était révélée vaine. Ce n'est qu'après

Carte géologique montrant l'effondrement du tunnel en 1908, dans le vallon de Gastere, près de Kandersteg BE.



une interruption de plusieurs mois que les travaux d'un nouveau tronçon ont pu recommencer, depuis le kilomètre 1,203.

Pas de mauvaises surprises dans le tunnel de base

Une telle catastrophe est pratiquement exclue pour la construction du tunnel de base du Lötschberg, long de 35 kilomètres, entre Frutigen BE et Rarogne VS. Les formations géologiques dans le secteur de cet ouvrage du siècle ont été si bien étudiées qu'il ne devrait pas y avoir de mauvaises surprises. La BLS Alp Transit SA, responsable de la construction, a sondé par diverses méthodes toutes les zones potentiellement difficiles jusqu'à la profondeur du tunnel. A cela s'ajoutent, entre autres, plus de vingt forages profonds et 9,5 kilomètres de galerie de reconnaissance. «Les feuilles Adelboden, Gemmi et Lötschental de l'Atlas géologique ont servi à l'étude et à la réalisation du tunnel, en tant que documents de base pour l'élaboration des coupes prévisionnelles et la planification des sondages de reconnaissance», explique le géologue responsable du projet Hans-Jakob Ziegler. Ceci nous a permis de «nous concentrer sur la cartographie des zones mal reconnues et sur des questions particulières».

Les géologues consultés savent que du gaz naturel explosif peut s'échapper des couches de schistes, lors de leur percement sous la vallée de la Kander. C'est pourquoi ils préconisent notamment d'effectuer des forages, dans les zones critiques, en vue d'évacuer le gaz et permettre ainsi de minimiser le risque d'accident. Ils connaissent aussi les difficultés liées à l'énorme pression hydrostatique rencontrée dans les sédiments du «Coin de la Jungfrau», au nord de Goppenstein VS. Afin de maîtriser cette forte pression, une étanchéification de ces roches aquifères doit être effectuée avant le percement.



Gravier et sable représentent les matières premières indigènes les plus importantes. Les glaciers alpins, progressant de nombreuses fois jusque sur le Plateau, et leurs cours d'eau, alimentés par l'eau de fonte, ont charriés ce matériel sur de longues distances.

Importance capitale du savoir géologique

La construction de tunnels n'est qu'un exemple parmi d'autres montrant l'importance de la connaissance détaillée et précise de la géologie locale. Les feuilles de l'Atlas géologique publiées par l'OFEG fournissent des informations sur le sous-sol de la Suisse, rapportées de façon détaillée, et basées sur une mise en valeur systématique des données existantes ou nouvellement acquises.

«Lors de chaque consultation géologique, la connaissance des conditions locales, tant au niveau du terrain étudié que de la région, revêt une grande importance», explique Franz Schenker de Meggen LU, qui préside l'association suisse des géologues CHGEOL: «La lecture de la carte géologique donne une première information sur la genèse d'un paysage». Cette connaissance des processus qui ont forgé une région est une condition impérative pour pouvoir établir de bonnes prévisions et planifier des mesures efficaces. Ainsi la feuille Lucerne de l'Atlas lui a par exemple permis d'évaluer les risques que les décharges font encourir à l'environnement. Les données sur la présence et l'étendue des

graviers, des moraines ou des rochers permettent de savoir aussitôt si le sous-sol est perméable ou non aux eaux d'infiltration polluées.



Dans la carrière d'Ostermundigen BE, le fameux grès bernois n'est exploité de nos jours qu'à des fins de rénovation. Cette roche prouve que, il y a des millions d'années, la région était submergée.



Dans les Alpes, il y aura toujours des laves torrentielles, comme ici celle de Poschivo GR. Les feuilles de l'Atlas géologique de l'OFEG livrent d'importants éléments pour l'élaboration des cartes de dangers, afin que l'Homme puisse mieux se protéger contre les forces de la nature.

L'avantage d'une vue d'ensemble rapide

Le géologue environnementaliste Johannes van Stuijvenberg, d'Ostermundigen BE, utilise avant tout les feuilles de l'Atlas géologique pour des renseignements immédiats, lorsqu'il doit répondre à des offres concernant des endroits qu'il connaît peu: «Lors de la réalisation de mandats concrets, le plus souvent à petite échelle, ces feuilles fournissent le cadre régional à plus grande échelle, ainsi que des indications sur des corrélations qui, à cause de la routine quotidienne, auraient peut-être passé inaperçues». Il profite ainsi de la synthèse de beaucoup de données, qu'il ne pourrait pas rassembler à lui seul de façon rentable. Il cite en exemple un mandat qu'il a eu de la Confédération, pour répertorier les surfaces suspectées d'avoir été polluées par l'armée. Pour chaque site, il fallait disposer, en peu de temps, de données géologiques générales. «Sans les feuilles de l'Atlas, cela n'aurait pas été possible à un prix raisonnable» ajoute Johannes van Stuijvenberg.

Les lacunes cartographiques entraînent d'importantes dépenses

Son collègue François Flury, de Delémont JU, utilise plusieurs fois par semaine les cartes géologiques du territoire sur lequel il travaille. Au cours de la phase de préparation et de planification de projets, l'emploi de ces cartes lui épargne de laborieuses recherches personnelles et d' coûteuses heures de travail. «L'Atlas géologique est aussi profitable du point de vue économique», conclut le géologue. Il en est particulièrement conscient là où les feuilles de l'Atlas ne sont pas encore disponibles, comme c'est en partie le cas dans les Franches-Montagnes jurassiennes. «Je me débrouille tant bien que mal avec les moyens du bord», affirme François Flury. Car les données se trouvant dans des travaux de diplôme et sur une carte géologique française à l'échelle 1:50'000 ne peuvent naturellement pas remplacer les feuilles de l'Atlas, si précises et si détaillées.

Franz Schenker contourne ces lacunes, dues aux feuilles manquantes, en

contactant les géologues qui effectuent la cartographie, en consultant les cartes des thèses de doctorat ou d'autres publications, en consultant les cartes à une échelle moins détaillée, ou à la rigueur en cartographiant lui-même le secteur concerné. Mais cela a un coût. «Suivant les données du problème, la cartographie requiert entre 3 et 30 jours de travail, ce qui correspond à une somme de 3'600 à 40'000 francs», explique-t-il.

Les feuilles de l'Atlas géologique permettent d'éviter des doublons

La préparation des bases géologiques pour des utilisations très variées est aussi un avantage indéniable des feuilles de l'Atlas, pense Christoph Beer, de l'OFEG: «Sans un tel instrument de travail, il existe un risque de doublons onéreux et inutiles». Pour chaque projet concret, les géologues mandatés doivent d'abord avoir une vision d'ensemble de la zone à étudier. Si les données nécessaires font défaut, ils devront les acquérir personnellement dans le cadre du projet, sans que ce coûteux travail ne



Le savoir-faire géologique contribue à reconnaître les zones de danger et à les laisser libres de construction. Ainsi, les catastrophes, telles que celle occasionnée par le glissement de terrain de Falli-Hölli FR, seront évitées.



La carte SIG Zurzach de l'Atlas géologique, élaborée par l'OFEG, est utilisée dans de multiples domaines d'applications.

profite à d'autres.

Comme exemples des nombreuses utilisations pratiques pour lesquelles il se base sur les cartes géologiques, Franz Schenker cite, dans le domaine de la géologie environnementale, la recherche et la protection des gisements d'eau souterraine, de même que les expertises concernant les dangers naturels, y compris la planification de mesures préventives, en plus de l'évaluation et l'assainissement de sites pollués.

Il utilise également les feuilles de l'Atlas pour l'étude des sols de fondation, la gestion des déblais, la recherche de matières premières, ainsi que pour l'organisation et la conduite d'excursions géologiques, et comme moyen d'enseignement dans les Hautes Ecoles.

La Suisse est un pays riche en cailloux

Lorsqu'ils recherchent des matières premières, les spécialistes peuvent en délimiter géographiquement les gisements et exclure les territoires inappropriés grâce aux cartes géologiques. Souvent quelques sondages de reconnaissance suffisent ensuite pour déterminer les sites d'exploitation favorables et leur rendement. En Suisse, ce sont avant tout les matériaux meubles et les roches, tels que gravier, calcaire, marne et pierres de construction, qui ont une importance économique. Les exploitations de sables et de graviers, les cimenteries, les briqueteries, les plâtrières et autres entre-

prises de l'industrie des matériaux de construction réalisent un chiffre d'affaires s'élevant à des milliards de francs, grâce à la transformation des matières premières minérales. Dans les plaines alluviales fortement peuplées du Plateau, où se trouvent les plus grandes réserves de graviers et gisements de matières premières riches en argiles, leur exploitation engendre de plus en plus souvent des conflits d'intérêts.

Protection de l'eau potable contre les polluants

C'est en effet dans les épaisses couches de graviers des plaines alluviales que se rencontrent aussi les plus abondantes ressources en eaux souterraines, qui sont d'une importance capitale pour l'approvisionnement de la population en eau potable. A l'aide des feuilles de l'Atlas géologique, les hydrogéologues peuvent déterminer l'extension géographique de ces gisements d'eau souterraine et fixer des zones de protection appropriées, dans lesquelles la loi sur la protection des eaux interdit les utilisations critiques, comme l'extraction de matières premières.

Dans le cas de sites contaminés, tels que les anciennes décharges, les dépôts de déchets spéciaux ou les lieux d'accidents, la question centrale est de savoir si – et au besoin où – les roches environnantes et celles qui recouvrent le site sont suffisamment étanches, afin que les matières susceptibles de mettre en danger l'environnement et de nuire à la santé ne puissent pas migrer plus loin. Ici les cartes géologiques permettent d'estimer, dans un premier temps, le danger des terrains suspects.

Reconnaitre les risques en matière de sécurité lors de constructions

Lorsque l'on projette de gros travaux, tels que tronçon routier, ligne de chemin de fer, tunnel, gazoduc ou grande excavation, les feuilles de l'Atlas sont utiles

pour ébaucher un premier modèle de construction. De cette manière, on pourra déterminer les lacunes et les zones critiques qui devront être examinées plus profondément au moyen de sondages ciblés.

Dans les Préalpes et les Alpes en particulier, les spécialistes mandatés utilisent les cartes géologiques comme documents



Elimination de résidus contaminés sur le site d'une ancienne usine à gaz dans le quartier bernois de Marzili: les informations géologiques sur la constitution du sous-sol et la distribution des eaux souterraines sont utiles à l'estimation du risque et à l'assainissement bien ciblé d'anciennes décharges.

de base importants pour reconnaître les zones instables et délimiter les secteurs à risque. Car là où les dangers naturels, tels que glissements de terrain, laves torrentielles, chutes de pierres ou éboulements menacent, il faudrait, pour des raisons de sécurité, ne plus autoriser de constructions. Les cartes se révèlent aussi être un outil de travail précieux pour l'estimation du risque sismique.

Il y a près de 20'000 ans, la région de l'actuelle ville de Berne se trouvait sous une couche de glace d'environ 400 mètres d'épaisseur, provenant des glaciers du Rhône et de l'Aar. Pourtant, quelque 20 millions d'années auparavant régnait ici un climat méditerranéen à subtropical. Pendant des millions d'années, la région a été une large plaine alluviale, parfois envahie par la mer. C'est uniquement par l'étude des roches que les géologues ont pu rassembler ces informations sur l'histoire de la Terre.

La vieille ville de Berne sur un extrait de la feuille Bern de l'Atlas géologique de la Suisse à l'échelle 1:25'000: les couleurs vertes et grises indiquent les différents dépôts glaciaires, alors que les couches de la Molasse apparaissent en orange.



D'une palmeraie à un désert de glace

Les roches sont les seuls témoins et archives de l'histoire de la Terre. Leur composition et leur structure nous renseignent sur les conditions environnementales qui régnaient lors de leur genèse. Des vestiges d'animaux ou de plantes, emprisonnés dans la roche, ainsi que la répartition spatiale des formations permettent de déduire leur âge ainsi que leur succession dans le temps. La constitution géologique du sous-sol est non seulement un livre ouvert sur le passé, mais marque aussi de son empreinte notre espace vital et économique actuel: «La disponibilité des matières premières minérales, la répartition des sols propices à l'agriculture, des emplacements de colonisations et des voies de communication ou la présence d'eau potable exploitable sont étroitement liées aux processus géologiques, qui ont façonné le paysage actuel», explique Reto Burkhalter, rédacteur à la section Cartographie géologique de l'OFEG.

L'histoire de la Terre remonte à 4 milliards d'années au moins. En nous appuyant sur la période géologique relativement courte des 25 derniers millions d'années, l'exemple de Berne va montrer dans quelles conditions environnementales variées ce paysage a vu le jour.

Il y a 25 millions d'années

C'est le temps de la Molasse d'eau douce inférieure: la région de Berne est située dans une large plaine alluviale parcourue par de nombreuses rivières, avec des marécages et des lacs isolés. Les cours d'eau prennent pour la plupart leur source dans les Alpes en devenir, dont le front est situé plus au sud qu'actuellement. Dans le bassin molassique du Plateau, qui s'est formé dans l'avant-pays des Alpes en surrection, ces rivières se dirigent vers l'est en divaguant, pour se jeter dans la mer Paratéthys quelque part entre Munich et Vienne. Les cours d'eau

entraînent de grandes quantités de matériaux enlevés aux montagnes. Ainsi beaucoup de sable est déposé dans leurs vastes lits, et des matériaux fins sont accumulés dans les plaines inondables.

Il y a 20 millions d'années

Géologiquement, on est à l'époque de la Molasse marine supérieure: Berne se trouve sous l'eau, car la mer a progressé dans le bassin molassique sous forme d'un bras étroit et peu profond. Une liaison s'est ainsi établie entre le précurseur de la Méditerranée occidentale et la Parathétys. Les fossiles tels que bivalves, huitres ou dents de requins sont la preuve de cette progression. Les cours d'eau alpins traversent une étroite plaine côtière, puis se jettent dans la mer où ils forment des deltas. Dans ces zones d'embouchure, des galets sont déposés et parfois emportés par les courants et les vagues. C'est ainsi que se sont formés les bancs de poudingue au sud de Berne. Le sable, accompagné de matériel plus fin, a été en grande partie transporté plus loin dans la mer, où il a été dispersé par les courants de marée ou s'est accumulé en bancs de sable. «C'est de cette manière que se sont formées les puissantes couches de grès de la Molasse marine supérieure», explique le géologue Reto Burkhalter: «Le Grauholz, la Stockeren, le Bantiger comme le Dentenberg en sont constitués».

Du 15^e jusqu'au début du 20^e siècle, des couches de grès de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur ont été exploitées comme pierres de taille, sur une large étendue aux alentours de Berne. Avec sa couleur caractéristique, ce grès marque aujourd'hui encore la vieille ville de Berne.

Il y a 15 millions d'années

Cette phase de l'histoire de la Terre concerne l'époque de la Molasse d'eau douce supérieure: la côte marine a subi par le passé des déplacements continus

en raison de l'interaction entre la fluctuation du niveau de la mer, la croissance des deltas et l'affaissement du sous-sol. Mais entre-temps, la mer s'est définitivement retirée suite au soulèvement du Plateau. L'avant-pays alpin est à nouveau un paysage fluvial. En raison d'un basculement du sous-sol à grande échelle, les cours d'eau ne s'écoulent désormais plus vers l'est, mais vers le sud-ouest, en direction de la Méditerranée occidentale primitive. Comme au temps des dernières incursions de la mer, un climat méditerranéen à subtropical règne dans la région, où poussent entre autres des palmiers et des camphriers.

Il y a 20'000 ans – la dernière glaciation

La région de Berne se trouve sous une couverture de glace de près de 400 mètres d'épaisseur provenant des glaciers du Rhône et de l'Aar. Depuis environ deux millions d'années se sont succédées de nombreuses périodes chaudes et glaciaires. A chaque nouvelle progression, les glaciers usent en partie les dépôts de la Molasse marine et d'eau douce depuis longtemps consolidés. Simultanément, ils les recouvrent aussi et de façon discontinue d'une couche généralement fine de matériaux meubles. Les collines formant une couronne autour du centre de Berne témoignent de la fin de la dernière glaciation, il y a environ 14'000 ans: ce sont les moraines frontales du glacier de l'Aar.

Lors de la période postglaciaire, l'Aar façonne le paysage

Depuis la fin de la dernière glaciation, l'Aar s'est profondément enfoncée, en plusieurs étapes, dans les dépôts plus anciens. A mi-hauteur de l'entaille de la rivière se sont formées des terrasses, comme par exemple à Worblaufen. Dans un méandre de l'Aar, un éperon s'est formé par l'action érosive de ce cours d'eau, sur lequel se trouve l'actuelle vieille ville de

Berne. Vers la fin du 12^e siècle, les Zähringer ont choisi cet endroit bien protégé de trois côtés comme emplacement idéal pour fonder une nouvelle ville. A l'échelle des temps géologiques, l'influence de l'Homme sur ce paysage ne représente assurément qu'un court épisode. Si l'on condensait l'histoire des 25 derniers millions d'années sur une seule année, Berne aurait vu le jour un 31 décembre à environ minuit moins le quart.



Le grès molassique, utilisé pour la construction de la cathédrale de Berne, provient des environs.

Le sable, à l'origine de ce grès, s'est déposé il y a 20 millions d'années dans une mer peu profonde.

Bibliographie:

Atlas géologique de la Suisse 1:25'000, feuille 104 (1167 Worb), 1999; notice explicative par Ueli Gruner avec contributions de Reto Burkhalter, 2001 (en allemand).

Atlas géologique de la Suisse 1:25'000, feuille 100 (1166 Berne), 2000; notice explicative par Alfred Isler, sous presse (en allemand).

Diffusion:

Office fédéral de topographie, 3084 Wabern;
fax: 031 963 23 25; E-Mail: info@lt.admin.ch;
Internet: www.swisstopo.ch

Traceurs artificiels en hydrogéologie



Le marquage des eaux à l'aide de traceurs artificiels représente une des techniques les plus importantes en hydrologie appliquée et en hydrogéologie. La condition fondamentale pour une analyse correcte est l'exécution parfaite des essais de traçage. Jusqu'à présent, il n'existait aucun fil conducteur d'actualité, axé sur la pratique, pour l'utilisation de cette technique de traçage. Avec l'appui de l'OFEG, un groupe de travail de la Société Suisse d'Hydrogéologie (SSH) a élaboré un guide pratique «Utilisation des traceurs artificiels en

hydrogéologie». Cette publication a paru sous le numéro 3 de la Série Géologie des Rapports de l'OFEG. Au moyen de cette publication, l'OFEG veut souligner l'importance de la collaboration entre la Confédération, les cantons, l'économie privée et les Hautes Ecoles, dans le domaine des essais de traçage. Cette coopération a déjà fait ses preuves depuis des années à la centrale d'annonce pour les essais de traçage dans les eaux souterraines exploitées par l'OFEG (INFO-TRACER; E-Mail: tracer@bwg.admin.ch).

Diffusion: OFCL, Vente Publications, CH-3003 Berne (Numéro de commande: 804.603 f); Internet: www.bbl.admin.ch; E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch Pour de plus amples informations, veuillez contacter: ronald.kozel@bwg.admin.ch

Des spécialistes des eaux souterraines online

La section Hydrogéologie offre un nouveau service sur le site Internet de l'OFEG: une liste, actualisée en permanence, des interlocuteurs cantonaux sur les questions quantitatives et qualitatives dans le domaine des eaux souterraines, ainsi que pour les essais de traçage dans les eaux souterraines. On dispose pour chaque canton d'un document PDF avec les adresses des spécialistes et des offices concernés. L'OFEG veut ainsi simplifier et encourager, dans le domaine des

eaux souterraines, l'échange d'informations entre la Confédération, les cantons, les privés et les Hautes Ecoles.

Internet: www.bwg.admin.ch/service/adressen/d/shg_adr.htm Pour de plus amples informations, veuillez contacter: ronald.kozel@bwg.admin.ch

Atlas hydrologique

L'«Atlas hydrologique de la Suisse», constamment mis à jour et développé, comporte depuis aout 2002 cinq nouvelles planches, avec la densité d'information habituelle. Pour les utilisateurs intéressés, l'OFEG, en collaboration avec l'Institut de Géographie de l'Université de Berne, a organisé un congrès sur cette 6^e livraison. Les cartes sur le rayonnement net entre 1984 et 1993 représentent une partie des nouvelles publications. Elles permettent, entre autres, de déterminer l'évaporation maximale possible, avec une distinction spatiale et temporelle. Dans le chapitre «cours d'eau», une carte des réseaux hydrométriques a été actualisée. Dans ce chapitre, une autre planche montre l'atténuation des

pointes de crue dans les cours d'eau. La feuille 6.3 présente les réserves hydrologiques des 290 régions examinées, des plus importants bassins versants partiels, ainsi que des cantons, de 1961 à 1990. Finalement, une planche explicative montre, à l'aide de cas de figure, les causes des pollutions des nappes d'eau souterraine et les possibilités de prévention et d'assainissement.

Internet: http://hydrant.unibe.ch/hades/hades_dt.htm Diffusion: Office fédéral de topographie, 3084 Wabern; fax: 031 963 23 25; E-Mail: info@lt.admin.ch; Internet: www.swisstopo.ch Pour de plus amples informations, veuillez contacter: manfred.spreadico@bwg.admin.ch

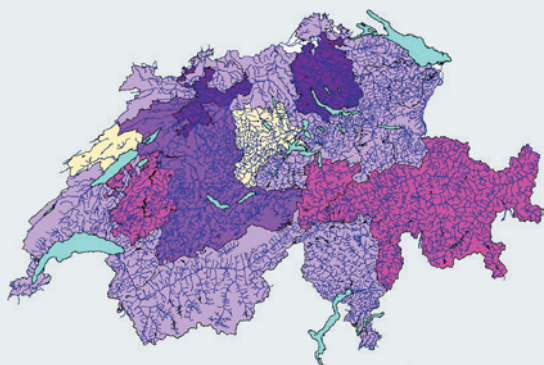
Agrandissement du réseau NISOT

Depuis début septembre, le réseau national pour l'observation des isotopes dans le cycle de l'eau (NISOT) dispose de trois sites supplémentaires. Il s'agit de la station de mesure des eaux de surface de Inn-S-chanf GR, ainsi que des deux stations de mesure des eaux souterraines de Kiesen BE et de Lucens VD. Pendant une phase pilote de 16 mois, on mesurera dans les échantillons mensuels les isotopes de l'eau suivants: tritium, oxygène-18 et deutérium. L'OFEG décidera ensuite de l'intégration définitive de ces stations dans le réseau de mesure. Avec ces trois stations, NISOT com-

porterait alors 11 stations de mesure des précipitations, 7 stations de mesure des eaux de surface et 3 stations de mesure des eaux souterraines. Les données isotopiques et les données hydrométéorologiques y relatives sont publiées dans l'annuaire hydrologique de la Suisse sous forme d'hydrogrammes et sont à la disposition des intéressés sur demande auprès de la section Hydrogéologie.

Internet: www.bwg.admin.ch/themen/geologie/d/isotope.htm Pour de plus amples informations, veuillez contacter: ronald.kozel@bwg.admin.ch

Atelier-OFEG sur l'écomorphologie



- aucune donnée
- en cours d'élaboration
- 1^{ère} tranche payée
- élaboration presque terminée
- élaboration terminée

L'OFEG soutient l'enregistrement global des structures «cours d'eau suisses» par les cantons, au moyen d'une contribution d'encouragement. En juin 2002, l'OFEG a organisé un atelier dans le canton de Soleure, qui a servi

de plate-forme d'informations et de forum de discussions concernant les questions de relevés écomorphologiques (niveau F). Le canton de Berne a présenté, outre une information générale sur l'état actuel des tra-

vaux, un complément à la méthode utilisée dans les régions alpines, ainsi que son évaluation concernant la réalisation du concept «espace nécessaire aux cours d'eau». D'autre part, des discussions sur l'utilisation concrète des données par l'administration cantonale ont eu lieu, basées sur l'exemple du canton de Soleure. Les thèmes qui ont été traités par les représentants de dix cantons seront résumés dans un bref compte rendu.

Dans le domaine de l'écomorphologie de niveau F, l'OFEG focalise actuellement ses travaux sur un concept visant à synthétiser des données récoltées par les cantons,

au niveau suisse, ce qui permet un dépouillement corrigé des données.

Un autre atelier est planifié pour le printemps 2003; il vise à soutenir les cantons lors du traitement des données avec les systèmes d'informations géographiques (SIG). L'IFAEPE (EAWAG) travaille actuellement sur la méthode qui a pour objectif le prochain niveau du module écomorphologie (S). Le catalogue des mesures pour la suppression des déficits écologiques en représente une importante partie.

Pour de plus amples informations, veuillez contacter:
ulrich.vonbluecher@bwg.admin.ch

Rénovation de la station de mesure de Brugg

Après une longue phase de transformations, la station de mesure hydrologique sur l'Aar à Brugg AG fonctionne à nouveau normalement depuis juillet 2002. La station limnimétrique, ainsi que l'installation exploitée dans le cadre du programme national pour «l'étude analytique en continu des cours d'eau suisse» (NADUF) ont à présent été aménagées pour résister aux crues. Toutes les installations électriques se trouvant dans le nouvel aménagement se trouvent nettement au-dessus de la surface de l'eau, même lors d'une crue centennale.

Le prélèvement d'eau de l'Aar se fait au moyen de deux pompes, indépendantes l'une de l'autre, reliées chacune à

un tuyau filtrant dans le cours d'eau. Si le tuyau situé en profondeur tombe en panne lors d'une crue en raison d'un apport de graviers, on peut continuer l'échantillonnage grâce au tuyau supérieur, et ce jusqu'à ce que l'accès au tuyau de filtrage bouché soit à nouveau possible et que celui-ci puisse être nettoyé. Afin de piloter le débit d'extraction des deux pompes, une régulation automatique de celles-ci vient d'être développée. Ce nouveau pilotage améliore non seulement la sécurité des mesures, mais aussi leur qualité.

Pour de plus amples informations, veuillez contacter:
thomas.schott@bwg.admin.ch

Sécurité parasismique des constructions

La brochure de 81 pages «Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités» est une directive de l'OFEG. Sur mandat de la Confédération, plus précisément de sa Centrale de coordination pour la mitigation des séismes, le Prof. H. Bachmann a rassemblé 35 principes de base pour la planification parasismique des bâtiments, en premier lieu pour le public cible que représente les professionnels de la construction. Ces principes concernent avant tout la conception et la mise en œuvre des dispositifs constructifs de la structure porteuse et des éléments non-porteurs. Chaque principe de

base est présenté par une image simple et schématique, accompagnée d'un texte général. Des photos de dégâts, ainsi que des exemples positifs et négatifs avec descriptions correspondantes, illustrent chacun de ces principes.

Diffusion: OFCL, Vente Publications, CH-3003 Berne (Numéro de commande: 804.802 f); Internet: www.bbl.admin.ch; E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Pour de plus amples informations, veuillez contacter:
olivier.lateltin@bwg.admin.ch

Sécurité des barrages lors de la construction de tunnels



La construction d'un tunnel peut entraîner, suite à un effet de drainage, le tassement d'un massif rocheux fissuré et saturé en eau. Ces travaux peuvent ainsi induire d'importantes déformations à la surface. C'est ainsi que le percement de la galerie de sondage du Rawil, en 1978, a endommagé le barrage de Zeuzier et a entraîné – en raison des tassements exceptionnels – des fissures dans le béton du barrage.

Au vu de cette expérience, la sécurité des ouvrages de retenues dans les régions des pro-

jets AlpTransit est une priorité absolue. C'est pourquoi la Confédération a renforcé la surveillance de quatre barrages directement concernés. Des systèmes de contrôle supplémentaires ont été installés pour les barrages de Santa Maria, Curnera et Nalps dans la région du tunnel de base du Gothard, et pour celui de Ferden dans la région du Lötschberg. Ces contrôles permettent de reconnaître, de façon sûre, les éventuels mouvements en surface et leurs conséquences possibles sur les barrages. Les dispositions qui s'imposent peuvent ainsi être prises à temps, aussi bien au niveau du tunnel en construction qu'à celui des barrages. L'OFEG, en tant que responsable de la sécurité des ouvrages d'accumulation, participe activement à la coordination de ces contrôles renforcés.

Pour de plus amples informations, veuillez contacter:
henri.pougatsch@bwg.admin.ch

Les données hydrologiques par SMS

Depuis aout 2002, les données hydrologiques les plus actuelles provenant des près de 170 stations de mesure automatique de l'OFEG, situées sur des cours d'eau et des lacs, peuvent être consultées par SMS. Avec ce service, la section Elaboration des données et information de la division Service hydrologique national veut atteindre avant tout les personnes qui, se trouvant sur le terrain, ne disposent pas d'une liaison Internet. Ceci concerne par exemple les employés des centrales hydroélectriques, les spécialistes de la Confédération et des cantons, les sportifs amateurs ou – lors de situations de crues critiques – également les employés des états majors de crise, tels que les pompiers et la protection civile. Selon l'information désirée, on introduira d'abord une lettre sur le clavier du téléphone mobile. Ainsi, on choisira le **H** pour le niveau d'eau, le **Q** pour le débit et le **T** pour la température de l'eau. Après l'introduction d'un espace

vide suit le numéro de code à quatre chiffres, qui est attribué à chaque station. Les données correspondantes se trouvent sur le site Internet de l'OFEG sous: www.bwg.admin.ch. Sous la rubrique Service se trouve la liste des SMS avec les codes de toutes les stations automatiques. Le texte de commande par SMS est envoyé au **numéro 234**, la réponse suivra aussitôt avec les données désirées. Celle-ci comporte les données provisoires des dernières valeurs mesurées, avec la date, l'heure, la moyenne des dernières 24 heures, ainsi que les valeurs maximales et minimales depuis la veille avec indication de la différence.



Pour de plus amples informations, veuillez contacter:
adrian.eberhard@bwg.admin.ch



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
 Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
 Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
 Uffici federal per aua e geologia **UFAEG**
 Federal Office for Water and Geology **FOWG**

Impressum aquaterra 2 / 2002
 aquaterra est le périodique de l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG). Il paraît deux fois par an en langues allemande et française.
Editeur: Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ont collaboré à ce numéro: Christoph Beer, Reto Burkhalter, Stephan Dall'Agnolo, Yves Gouffon et Laurent Jemelin pour la coordination thématique
Conception, texte et production: Beat Jordi, Bienne (bjj)

Traduction: Marie-Louise Bühler
Réalisation visuelle et layout: Beat Trummer, Lausanne
Adresse: OFEG, Rédaction aquaterra, Ruedi Bösch, 2501 Bienne; tél: 032 328 87 01, fax: 032 328 87 12, E-Mail: ruedi.boesch@bwg.admin.ch
Abonnements et changements d'adresses: l'abonnement à aquaterra est gratuit: OFEG, Communication, Boite postale, 2501 Bienne; tél: 032 328 87 01, fax: 032 328 87 12; E-Mail: info@bwg.admin.ch

Numéro de commande: ISSN 1424-9499 (version française) ISSN 1424-9480 (version allemande)
Impression: Imprimerie Hertig & Co SA, 2500 Bienne
Tirage de ce numéro: 1300 (f), 2800 (a)
Copyright: Après autorisation de l'éditeur, les articles peuvent être photocopiés en mentionnant la source.
Date de bouclage de ce numéro: 23 aout 2002
Internet: toutes les éditions d'aquaterra sont disponibles en format PDF sur le site Internet de l'OFEG: www.bwg.admin.ch

Photographies: Kellerhals + Haefeli AG, Berne: 2 en bas au milieu, 8, 11 à droite, 14; Beat Trummer, Lausanne: 2 en bas à droite, 16 en bas; BLS AlpTransit AG: 4 à gauche, 8 en haut; Heini Stucki, Biel: 3; Conrad Schindler, Oetwil am See: 10 en haut; Axpo Holding, Zurich: 16 en haut; Les archives photographiques du Service géologique national (OFEG): toutes les autres prises de vue. Reproduction des extraits de cartes avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie (BA024684).
Prochaine date de bouclage: 31 janvier 2003