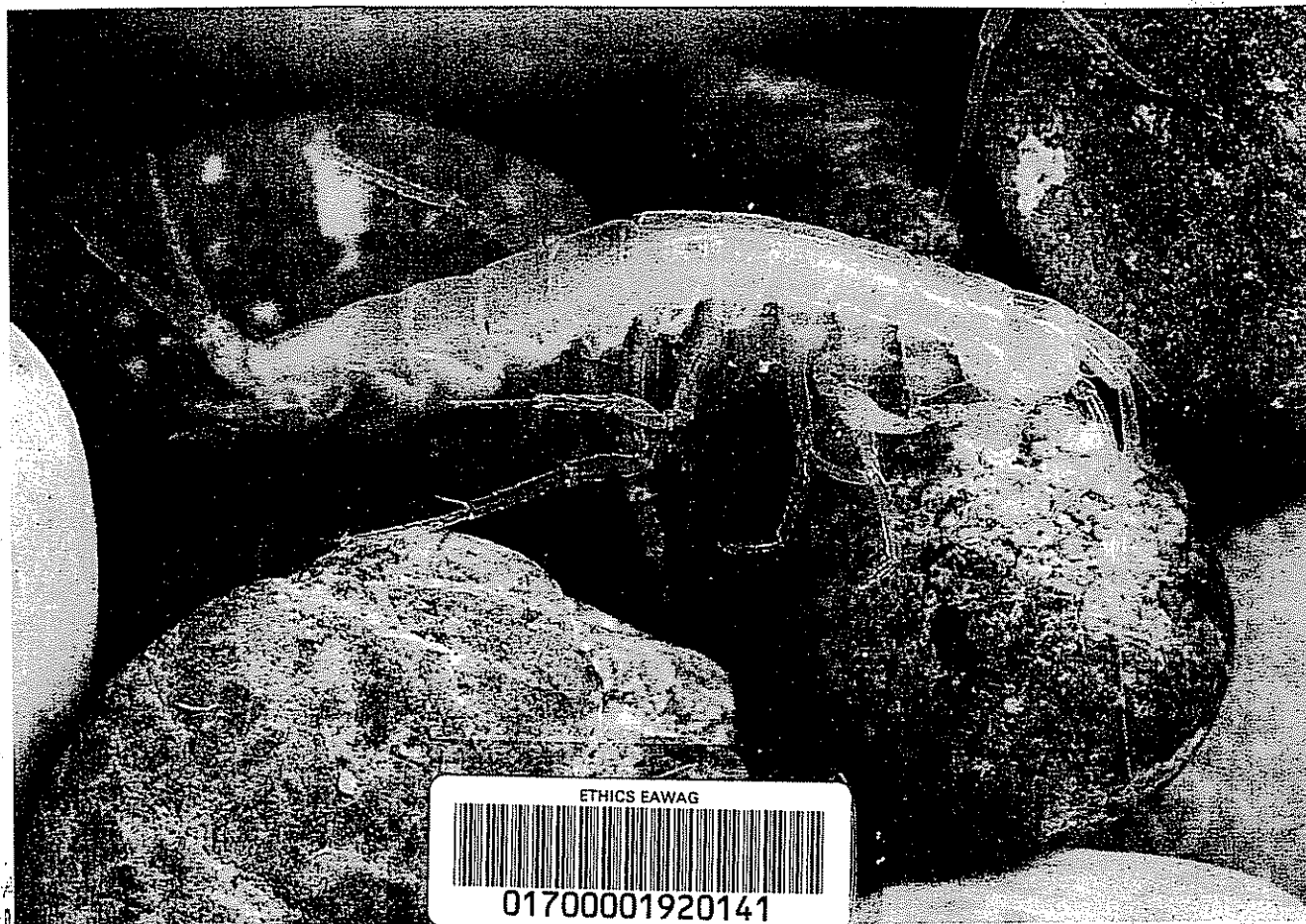




EAWAG news

Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG), CH-8600 Dübendorf, Suisse



2 Santé?

Diana Hornung

3 Les cours d'eau ont besoin de se sentir à l'aise!

Andreas Frutiger

6 Durabilité: étiquette sans contenu ou notion concrète?

Jürg Bloesch

10 Importance des eaux souterraines à l'EAWAG - un avenir riche en perspectives

Eduard Hoehn

14 Gestion des eaux en milieu urbain: vers une pensée globale et dynamique

Peter Krebs

17 Sol, Eau et Civilisations

Bruce R. James

21 Des chiffres aux objectifs!

Entretien avec Joan Davis

24 Communications internes

- Le groupe de travail sur les Algues de l'EAWAG
- L'EAWAG est désormais sur Internet
- Conférence de la femme - Statut de la femme à l'EAWAG

ELIOTHER 26 Publications

Eidg. Anstalt für Wasserversorgung
Abwasserreinigung u. Gewässerschutz
Ueberlandstr. 133 8600 Dübendorf

Andreas Frutiger

Les cours d'eau ont besoin de se sentir à l'aise!



Andreas Frutiger

Aujourd'hui, la qualité de l'eau de nos rivières est certes acceptable, mais nos cours d'eau sont pour la plupart surexploités et présentent une morphologie fortement appauvrie. Depuis quelques années, la législation relative à la protection de l'environnement s'est renforcée. On mentionnera notamment la loi sur la protection de l'environnement, la loi sur la protection des eaux, la loi sur la pêche et la loi sur la police des eaux. Cette nouvelle législation permet de remédier à la situation en prenant des mesures de protection globales et équilibrées tant du point de vue écologique qu'économique.

Situation initiale: état actuel de nos cours d'eau

La Suisse est un pays où l'eau ne manque pas: la hauteur annuelle des précipitations atteint environ 1,5 m. Ces ressources d'eau constituent un immense potentiel énergétique qui n'a guère été exploité jusqu'à la fin du 19^e siècle, mis à part les moulins et les scieries. Dès le début de ce siècle en revanche, plus de 430 usines hydrauliques d'une capacité de production supérieure à 300 kW et d'innombrables installations de taille plus modeste ont été construites [1]. Aujourd'hui, le potentiel économiquement exploitable des ressources hydrauliques est largement épuisé. En conséquence, la Suisse

ne compte pratiquement plus aucun cours d'eau d'une certaine importance dont le débit ne soit pas influencé par l'exploitation de l'énergie hydraulique. Cette exploitation va même jusqu'à l'assèchement total, ce qui équivaut à une destruction complète des biotopes aquatiques.

Longtemps aussi, ces ressources d'eau ont représenté une grave menace pour les habitants, qui ont dès lors tout fait pour s'en protéger. La croissance démographique a nécessité l'extension des zones tant agricoles qu'urbaines. Afin de répondre à ce besoin et de juguler simultanément le risque d'inondation, toutes les grandes rivières de Suisse, qui occupaient à l'origine beaucoup plus de place, ont été rectifiées et

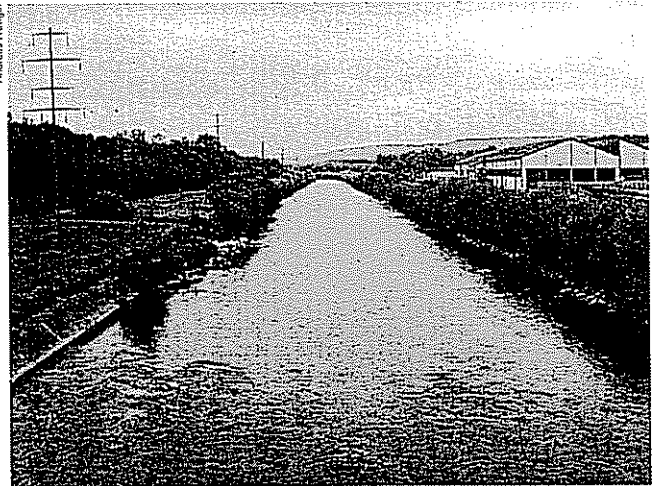


Fig. 1:

Les cours d'eau naturels ont besoin de beaucoup d'espace. Afin de gagner du terrain et de juguler le risque d'inondation, pratiquement tous les grands cours d'eau de Suisse ont été rectifiés et endigués (à gauche: la Warme Sense près de Plaffeien; à droite: la Thur près de Istighofen).

EAWAG



Les bulletins EAWAG NEWS constituent l'organe d'information de l'EAWAG

Editeur
Distribution et ©:
EAWAG, CH-8600 Dübendorf

Rédaction
Diana Hornung, EAWAG

Traduction
Henri Chappuis, Neuchâtel

Révision
Hubert Joly, Paris

Copyright
La reproduction d'articles ou d'extraits est autorisée à condition de mentionner expressément «Extrait des EAWAG NEWS 41 F 1996», et d'en informer la rédaction ainsi que les auteurs concernés.

Parution
Deux fois par année en français, anglais et allemand

Mise en page
Peter Nadler, 8700 Küssnacht

Impression
sur papier recyclé 100%

Abonnements nouveaux
Les abonné(e)s sont les bienvenu(e)s! Le bulletin d'inscription se trouve en dernière page.

ISSN 1420-3928

Page de couverture
Mesurant de 8 à 10 mm de long, le *Niphargus* est une espèce de puce d'eau vivant dans les eaux souterraines. A l'instar de tous les organismes vivant en permanence dans les eaux souterraines, cet organisme ne dispose d'aucun organe visuel et n'a pas de pigment, et pour cause: les rayons du soleil ne parviennent jamais dans son biotope. Les espèces qui restent toute leur vie dans les eaux souterraines se distinguent par un métabolisme ralenti, une durée de génération plus longue, une activité de reproduction moindre ainsi que par des stratégies nutritionnelles différentes de celles des espèces apparentées vivant à l'air libre. Cette adaptation aux conditions de vie dans les eaux souterraines rend les organismes concernés plus sensibles aux perturbations écologiques telles que pollution organique exagérée résultant de l'infiltration des eaux de surface. Pour en savoir davantage sur l'étude des eaux souterraines, voir page 10. Cliché: Matthias Brunke, doctorant à l'EAWAG.



Santé?

Pourquoi donc toutes les questions touchant à l'eau nous fascinent-elles? Certes, il existe des organismes qui peuvent vivre sans oxygène, mais il n'y en a pas qui vivent sans eau. L'eau, c'est aussi le jouet de tout le monde, grand ou petit. Est-ce donc le rôle vital de l'eau qui la rend si fascinante?

Sous nos latitudes, il est encore permis de boire l'eau du robinet, dont en moyenne 80% proviennent des eaux souterraines. Selon la région, cette eau est mélangée à l'eau de lac. Malheureusement, tant les eaux souterraines que les eaux de source demeurent exposées aux émissions de substances-traces imputables aux ménages privés, à l'industrie et à l'agriculture. Or, nous ne savons pas vraiment comment ces nombreuses substances chimiques interagissent et quelles sont leurs répercussions sur les organismes. Et si elles nous portaient atteinte à la longue?

Les moyens techniques mis en oeuvre pour garantir une eau de qualité irréprochable se développent et renchérissent à vue d'oeil, chez nous aussi. A l'heure qu'il est, 70% de notre eau potable ne subit aucun traitement ou traverse seulement un étage de traitement. Mais les 30% restants doivent suivre un traitement à plu-

sieurs étages, ce qui renchérit considérablement le prix de l'eau potable. C'est pourquoi, dans tous les pays, les raisons financières et écologiques rendent indispensable la recherche de nouvelles formes de gestion de «l'or bleu».

Seule une opinion publique informée, avertie et engagée sera à la hauteur de cette difficile tâche. Voilà pourquoi j'aimerais attirer toute votre attention sur l'importance de l'eau, sujet auquel sont consacrées les pages qui suivent.

Saviez-vous que les eaux souterraines fourmillent d'organismes? Regardez la page de titre! Comme ces eaux interagissent en de nombreux endroits avec les eaux de surface, elles peuvent abriter des microorganismes et des petits animaux peu exigeants. D'autres organismes tels que larves d'insectes par exemple osent descendre dans les eaux souterraines pour en revenir ultérieurement.

La recherche sur les eaux souterraines comporte encore certaines lacunes interdisciplinaires qu'il s'agit de combler. Un des articles esquisse la marche à suivre en présentant les programmes prioritaires de recherche menés à l'EAWAG pour la protection et la gestion des eaux souterraines.

Le cycle de l'eau se caractérise par d'innombrables interconnexions, ce qui reflète bien la complexité des espaces sains, faits pour vivre.

Economiser l'eau, c'est ménager les ressources. A la santé des cours d'eau!

Diana Hornung
Rédactrice à l'Etat-major de direction

Morphologie des cours d'eau: les cours d'eau intacts ont besoin d'espace!

Les crues record de ces dernières années nous ont enseigné que les ouvrages de protection ne suffisent pas à eux seuls pour prévenir les risques d'inondation. On aurait plutôt avantage à établir un rapport équilibré entre les intérêts écologiques et les intérêts économiques, c'est-à-dire entre les objectifs de la protection de la nature, les ouvrages de protection et les mesures d'aménagement, notamment au titre de l'aménagement du territoire. Aujourd'hui, cette vérité est généralement admise et a même été concrétisée dans la loi [p.ex. 5, 6]. Par ailleurs, la loi sur la protection des eaux interdit la mise sous terre et soumet l'endiguement des cours d'eau à de strictes conditions. Ainsi, la législation actuelle permet de réorienter complètement les méthodes de protection contre les crues et de génie hydraulique dans le sens d'un meilleur équilibre écologique. L'espace dont dispose un cours d'eau est particulièrement important en matière de protection contre les crues. Plus on restreint l'espace réservé au cours d'eau, plus les ouvrages de protection requis sont considérables et les conséquences écologiques qui en résultent négatives. En revanche, si l'espace dont dispose le cours d'eau peut être inondé sans grand dommage, le risque de crues s'en trouve nettement réduit. La surproduction agricole, qui nous oblige à convertir

une certaine part des terres agricoles en cultures extensives, favorise une évolution dans ce sens. Si on réussit à aménager certaines de ces surfaces de compensation écologique en zones tampon et à créer ainsi des zones d'inondation le long des cours d'eau, on obtiendra des solutions progressistes et écologiquement précieuses. A cet effet, l'interdisciplinarité doit intervenir davantage dans les projets d'aménagement hydraulique et leur réalisation doit être envisagée de manière globale.

Qualité de l'eau: faut-il aller plus loin dans l'effort économique pour une meilleure évacuation des eaux?

A quelques exceptions près, on peut admettre que, du côté de l'évacuation des eaux, toutes les mesures techniquement possibles ont d'ores et déjà été prises pour assurer la qualité de l'eau moyennant un effort économique raisonnable. Par conséquent, les problèmes encore non résolus, notamment la teneur en azote, les concentrations de métaux lourds, le déclin et l'appauvrissement de l'ichthyofaune, doivent être résolus avant tout grâce à des solutions prises à la source, c'est-à-dire du côté des pollueurs. A ce propos, il convient de souligner qu'il suffirait d'élargir le corridor mis à la disposition du cours d'eau en plus de l'endiguement contre les crues pour obtenir dans la plupart des cas une amélioration de la qualité

de l'eau. Ainsi, par exemple, des berges suffisamment larges constituent des zones tampon efficaces contre l'apport des substances nutritives et des microparticules provenant du délitement des terres agricoles adjacentes [7]. De plus, le cours d'eau se régénère plus facilement lorsqu'il dispose d'un lit hautement polymorphe. Une telle morphologie apparaît naturellement lorsque l'eau n'est pas canalisée et qu'elle peut se frayer elle-même son chemin dans les limites d'un couloir donné.

Protection globale des eaux et contrôles des résultats: passage obligé du futur

Retenons en conclusion que l'actuelle législation relative à la protection de l'environnement permet de résoudre les problèmes hydrologiques grâce à des solutions acceptables tant du point de vue écologique qu'économique. Mais le potentiel existant n'est souvent que trop peu exploité. Le véritable enjeu du futur consistera à inculquer l'esprit de nos lois modernes aux responsables cantonaux et communaux. Ceux-ci seront ainsi amenés à surmonter les obstacles administratifs et politiques les plus variés pour analyser les problèmes de manière interdisciplinaire et globale et trouver des solutions fructueuses. De plus, le succès des mesures de protection des eaux doit faire l'objet de contrôles ciblés permettant de corriger et d'optimiser, s'il y a lieu, les projets

Suite à la page 24, en bas

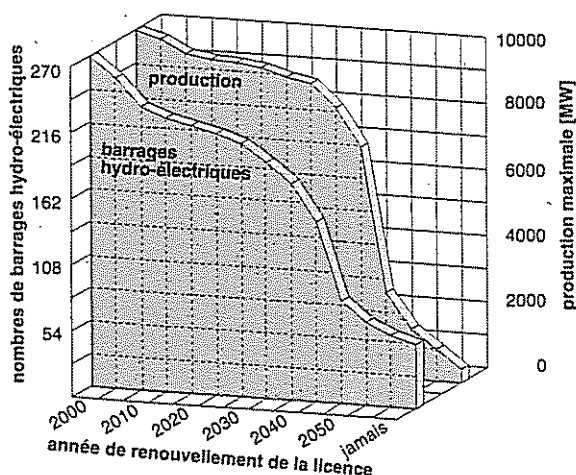


Fig. 3

Les prescriptions de la loi sur la protection des eaux en matière de débit résiduel ne peuvent être appliquées que lors du renouvellement des concessions. Or, les grandes usines hydro-électriques ont en majorité été construites après la seconde guerre mondiale. Compte tenu de la durée ordinaire des concessions, soit 80 ans, ces installations pourront donc encore fonctionner pendant longtemps durant le prochain millénaire sans être astreintes aux nouvelles dispositions concernant les débits résiduels.

Le diagramme présenté ici illustre comment le nombre d'usines hydro-électriques (graphique de devant) ainsi que la puissance de production installée (graphique de derrière) encore non soumises aux dispositions relatives au débit résiduel évolueront ces prochaines soixante années. 53 usines hydro-électriques représentant au total une puissance de 415 MW ont reçu des concessions pour une durée illimitée. Le présent diagramme ne tient compte que des installations d'une puissance supérieure à 300 kW, c'est-à-dire des installations tombant sous le coup des dispositions relatives au débit résiduel (chiffres tirés de [1]).

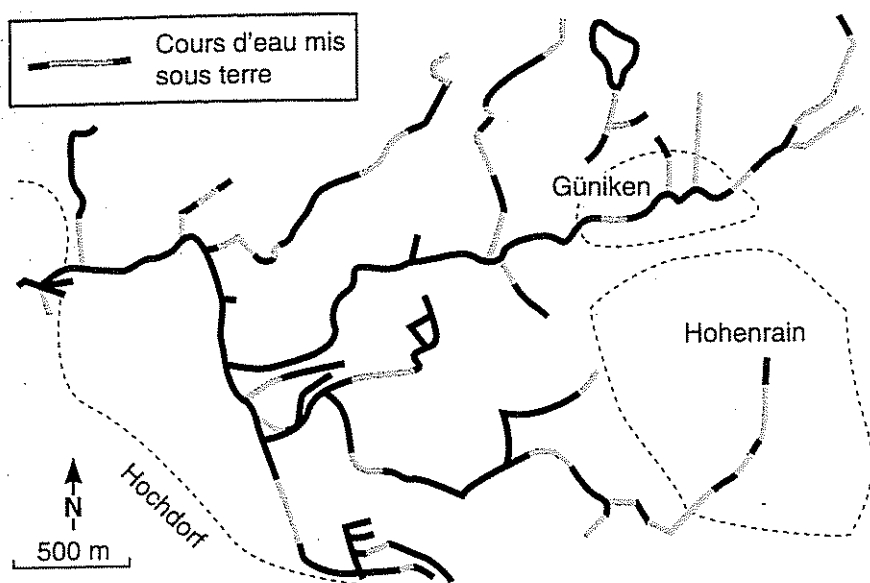


Fig. 2:
Pendant de nombreuses décennies, plus de 100 km de cours d'eau ont été supprimés par année. L'extrait cartographique présenté ici illustre une situation typique pour le Plateau suisse: près de 36% de tous le cours d'eau sont mis sous terre (secteurs mis sous terre = lignes hachurées en gris).

endiguées (fig. 1). Pratiquement tous nos paysages fluviaux naturels et leurs zones humides adjacentes ont ainsi disparu au cours du siècle dernier. Quiconque a connu les paysages fluviaux intacts du Groenland, de l'Alaska ou de la Nouvelle-Zélande est à même d'évaluer le déficit esthétique et culturel que représentent ces aménagements pour nous – et surtout pour les générations futures. Le fait que ces terres ont été sacrifiées au nom d'un objectif se révélant de plus en plus illusoire, soit la prévention des crues, rend tout particulièrement songeur.

Cette imposante correction des eaux a occulté ce qu'on pourrait appeler la «mort des ruisseaux», une évolution dont l'opinion publique n'a guère pris conscience. De nombreux ruisseaux ont été rectifiés, voire mis sous terre, parce que leur cours empêchait la construction d'une maison, l'aménagement d'une rue ou l'exploitation mécanisée d'un champ (fig. 2). Notre réseau hydrographique a ainsi diminué d'une centaine de kilomètres par année pendant plusieurs décennies [2, 3].

Parallèlement à la croissance démographique, les exigences en matière de consommation et de confort ont augmenté, ce qui a entraîné une pollution croissante des cours d'eau. Les premières dispositions légales relatives à la protection de la qualité de l'eau

datent de la fin du siècle passé déjà. La première loi relative à la protection des eaux, intitulée loi fédérale sur la protection des eaux contre la pollution, n'est toutefois entrée en vigueur qu'au 1er janvier 1957. Son succès est impressionnant. Depuis son introduction, la Suisse a investi quelque 40 milliards de francs pour l'évacuation des eaux usées. Aujourd'hui, pratiquement toutes les grandes sources de pollution ponctuelles (industrie, artisanat et ménages) sont reliées à un réseau d'égouts et à une station d'épuration des eaux. Par ailleurs, la teneur en oxygène et en phosphates de la plupart des rivières et des lacs est à nouveau satisfaisante, voire bonne. En revanche, la pollution des cours d'eau imputable à des sources diffuses (comme le lessivage de l'azote et des pesticides provenant des terres agricoles ou la pollution d'origine atmosphérique) n'est pas résolue. Ainsi, par exemple, la concentration en azote continue d'augmenter depuis des années dans la plupart des cours d'eau. La valeur limite admise par la loi n'est certes pas (encore) trop souvent dépassée, mais la tendance actuelle est à la hausse, de sorte que la situation mérite une attention accrue.

Ce bref tour d'horizon permet de voir que le développement de la Suisse et l'exploitation toujours plus grande des ruisseaux et des rivières ont porté

de graves atteintes à l'équilibre hydrologique de nos cours d'eau. En dépit des multiples interconnexions entre toutes ces influences, il convient de les distinguer selon trois domaines, à savoir le débit, la morphologie et la qualité de l'eau. Cette structure conceptuelle permet de mieux esquisser les solutions d'avenir.

Débit résiduel ou kilowatt-heures: telle est la question!

La révision du 24 janvier 1991 de la loi sur la protection des eaux n'autorise désormais les prélèvements dans les cours d'eau qu'à la condition de laisser au cours d'eau un débit résiduel convenable. Par «convenable», on entend un débit résiduel qui résulte de l'équilibre entre les objectifs écologiques de la loi (sauvegarde des biotopes naturels et des eaux piscicoles, etc.) et les intérêts d'exploitation (notamment pour la production d'électricité ou l'irrigation). Très progressiste, cette réglementation donne une forme concrète aux objectifs écologiques. Mais, et c'est là que le bât blesse, elle ne peut pas être appliquée aux concessions qui ont encore été délivrées sous l'ancienne loi sur la protection des eaux (soit avant novembre 1991), laquelle autorisait l'exploitation totale des cours d'eau. Et comme les concessions ont, dans la plupart des cas, une durée de 80 ans, les cours d'eau de montagne asséchés resteront encore une triste réalité de notre paysage alpin pendant une bonne partie du siècle prochain (fig. 3). Si les exploitants des usines hydrauliques renonçaient de leur propre chef à utiliser complètement les volumes d'eau concessionnés, il serait évidemment possible de restituer à ces cours d'eau un état «convenable» avant l'échéance des concessions. Toutefois, cette hypothèse n'a guère de chance de se réaliser, étant donné que le programme national «Energie 2000» a – faut-il le rappeler – pour objectif d'augmenter la production des énergies renouvelables. Il est donc particulièrement important qu'on prévoie à l'avenir un débit résiduel convenable lors du renouvellement des concessions.

pouvons certainement qualifier de durable la revitalisation d'un cours d'eau. Un écosystème fluvial fonctionne de manière «durable» dans la mesure où les espèces animales et végétales qui y vivent peuvent se reproduire naturellement. Cette fonction écologique fait d'ailleurs partie des exigences stipulées par la loi du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (art. 1er, lettre c, d, e, h). Dans ce qui suit, je définirai la «durabilité» au sens restreint comme étant ce qui est réalisable ou réalisé à l'échelle 1:1. Utilisé dans tout autre sens, ce terme n'est qu'une étiquette verbale ou écrite sans contenu.

Destruction durable des cours d'eau

Depuis le début du siècle passé, les affluents du lac des Quatre-Cantons font l'objet d'une intense exploitation humaine et subissent des aménagements conséquents [4, 5]. Cette situation est la même dans toute la région alpine et est particulièrement accentuée dans les zones du Plateau suisse où l'exploitation agricole ou l'habitat sont très concentrés. L'étude susmentionnée analyse dans le détail l'impact des mesures techniques sur les petits organismes et l'ichthyofaune dans un certain nombre de ruisseaux et de rivières. Les résultats de ces recherches sont présentés de manière synoptique dans le rapport annuel 1994 de l'EAWAG [2]. En résumé, on peut dire que les écosystèmes fluviaux sont «durablement» (cette fois-ci au sens premier du terme) détruits par les ouvrages d'aménagement et de production d'électricité. Parmi tous les exemples présentés dans l'étude, nous avons choisi les deux cas représentatifs suivants.

Qu'en est-il de la pratique?

Premier cas:

Plaine de la Reuss (canton d'Uri)

Vers le milieu du 19^e siècle, le cours inférieur de la Reuss et le delta qu'elle forme dans le lac d'Uri ont été soumis à d'importantes corrections, à l'instar des autres plaines fluviales en Suisse.

A l'époque, il s'agissait de dominer les épidémies de malaria et de mieux endiguer les inondations afin de pouvoir cultiver les plaines drainées ([7, 8]; fig. 1). Tout récemment, la Reuss a acquis une mauvaise réputation lors des crues de 1987 qui ont provoqué des dégâts considérables [9, 10]. A la suite de ces événements, un nouveau plan de protection contre les crues a été mis sur pied. Certaines des mesures prévues sont d'ores et déjà réalisées alors que d'autres sont en cours de planification. Si on regarde la densité des exploitations par le train, la route, l'habitat, l'agriculture et la production d'énergie, force est de constater qu'il n'est plus guère possible de revitaliser en profondeur le cours inférieur de la Reuss. Nous ne pouvons pas inverser le temps! On a tout de même essayé d'aménager le delta de manière aussi naturelle que possible [11]. L'entreprise qui en exploite le gravier a dépensé à cet effet plusieurs millions de francs.

Outre le projet relatif au delta, il existe également un projet de revitalisation des petits cours d'eau dans la plaine de la Reuss. Il s'agit de renaturaliser plusieurs petits ruisseaux, en particulier le canal du Giessen. Du point de vue de la protection des eaux, on peut qualifier la situation de positive (tableau 1). Premièrement, les ressources financières à disposition sont relativement grandes. L'usine électrique d'Amsteg, qui a l'intention de ren-

forcer l'exploitation hydro-électrique de la Reuss, a versé 2 millions de francs comme compensation pour les atteintes à l'ichthyofaune. De même, l'Office cantonal du génie hydraulique a versé 5 millions de francs à titre de compensation pour ses projets d'endiguement. Deuxièmement, la N2 et la future NLFA sont deux voies de communication dont l'effet global sur l'environnement est considérable, d'où une certaine pression politique responsable de l'accueil favorable réservé par la population aux intérêts de la protection des eaux. Toutefois, l'exemple du Giessen montre bien à quel point les possibilités de revitalisation peuvent être en réalité limitées. La renaturalisation d'un cours d'eau nécessite beaucoup d'espace. Or, le sol fait partie des biens dont on ne peut disposer à volonté, que ce soit pour des raisons d'ordre politique ou juridique. Il n'est donc pas possible de créer de larges zones alluviales ni de laisser au cours d'eau la possibilité de se frayer naturellement un cours sinueux. Néanmoins, des couverts végétaux alternants seront réalisés de même que des zones tampon continues.

Deuxième exemple:

Sarner Aa (canton d'Obwald)

En comparaison, le cours inférieur de la Sarner Aa se trouve dans une situation bien plus intriquée – qui appelle un jugement certes moins positif (tableau 1). Jusqu'à une date très récente,

Sujet / Problème	Canton d'Uri	Canton d'Obwald
	Revitalisation de la Reuss, de son delta, du Giessen, etc.	Revitalisation de la Sarner Aa – Städerried
Atteintes à l'environnement	conséquentes	petites à moyennes
Climat politique	population motivée	population passive ou en désaccord
Conflits d'intérêt	graves, en partie résolus	très graves, non résolus
Information du public	souhaitée	nécessaire et urgente
Soutien scientifique	non demandé par l'OCE	demandé par l'OCE
Mesures de revitalisation	déjà réalisées, en cours de réalisation ou planifiées	seulement des idées assez vagues, réalisation plutôt hésitante
Financement	largement assuré	grave problème
Rôle de l'EAWAG	Soutien et conseil	aide fondamentale

Tab. 1

La protection des eaux dans les cantons d'Uri et d'Obwald: des prémisses différentes.

Jürg Bloesch

Durabilité: étiquette sans contenu ou notion concrète?



Jürg Bloesch

Tout le monde parle de «durabilité», du moins depuis le Sommet de Rio de 1992. Mais que peuvent faire les chercheurs pour contribuer activement à la protection durable des eaux? Si l'EAWAG entend proposer des solutions vraiment «durables», il faut qu'elle abandonne la tour d'ivoire dont s'est entourée la science.

Introduction

La question de la «durabilité» a fait l'objet d'une série de séminaires internes à l'EAWAG durant le semestre d'hiver 1994/95. Très variés, les exposés tenus dans ce cadre traitaient d'aspects tant régionaux que globaux et regroupaient des disciplines aussi diverses que la physique, la chimie, la biologie, l'écologie humaine, l'évacuation des eaux urbaines, la cybernétique et les arts. Entre autres sujets, on notera l'étude consacrée à la protection des eaux dans le bassin hydrologique du lac des Quatre-Cantons [1]. Cette étude fait d'ailleurs l'objet d'une présentation succincte dans le rapport annuel 1994 de l'EAWAG [2]. J'aimerais ici prendre la réalisation de cette étude comme

exemple pour tenter de montrer comment ramener le débat sur les modèles de durabilité, souvent trop théoriques, au niveau concret des problèmes environnementaux auxquels la Suisse se trouve réellement confrontée.

Définition de la durabilité

Il va de soi que chacun peut définir la notion de durabilité à sa manière. Dans le langage quotidien, «durable» signifiait normalement «persistant, tenace, efficace» [3]. Au sens général, on entend désormais par «durabilité» «l'exploitation durable de nos ressources». De manière générale, l'être humain ne devrait pas exploiter les ressources naturelles au-delà de leur pouvoir de régénération. De ce point de vue, nous

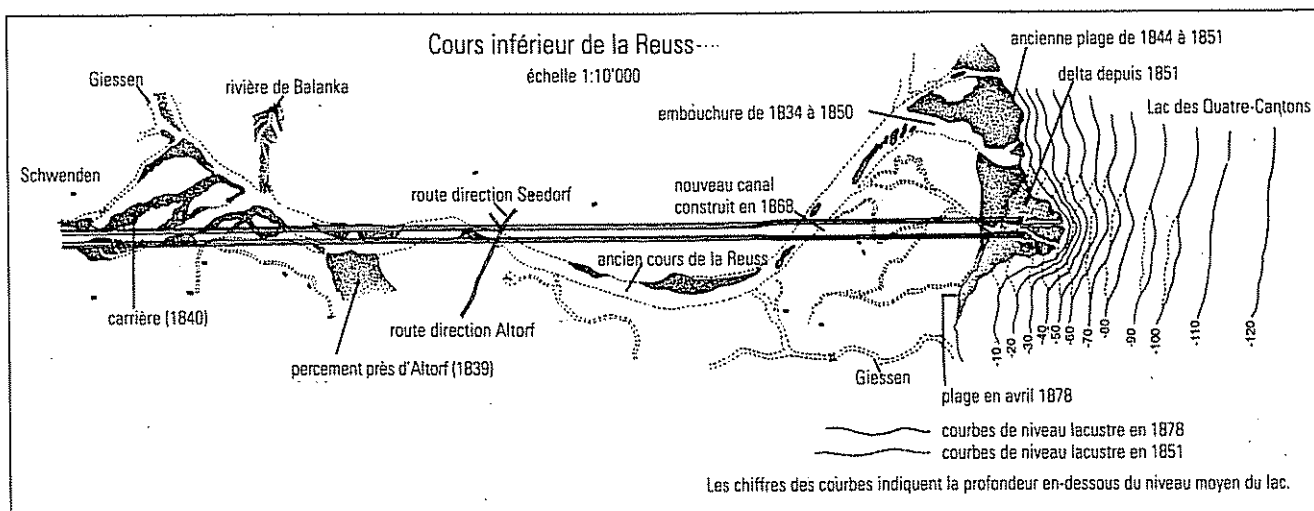


Fig. 1

Rectification du cours inférieur de la Reuss (canal terminé en 1852, élargissement en 1868), selon Albert Heim, tiré de [1]. La rectification et l'endiguement ont supprimé un grand nombre de biotopes piscicoles [5]. A cette époque, le Giessen n'était pas encore canalisé et était directement relié à la Reuss (lignes en trait-tillé). Suite à l'exploitation du gravier alluvionnaire dans le delta, les rivages du lac d'Uri se sont érodés à tel point qu'en 1988, le canal s'avancé de près de 400 m dans le lac. La revitalisation du Delta a permis de remédier dans une large mesure à cette situation.

quantitative, on aménage toujours plus les cours d'eau, ce qui accélère la destruction de ces écosystèmes. Etant donné la haute flexibilité et le pouvoir de sélection naturelle dont dispose la nature, celle-ci est certes capable de s'adapter jusqu'à un certain point aux changements écologiques. Mais il faut encore que l'être humain fasse preuve de ménagement envers l'environnement s'il entend sauvegarder les fondements essentiels de son existence. Il vaut donc mieux protéger les cours d'eau encore intacts que vouloir revitaliser des cours d'eau déjà détériorés. Outre le fait que cette seconde solution est plus onéreuse, elle ne permet pas de redresser tous les torts causés à la nature. Les espèces disparues ne peuvent être ressuscitées, quand bien même notre société a atteint un «haut» degré de développement et qu'elle soit prête à engager les ressources financières les plus considérables qui soient.

Etant donné ces considérations, nous dressons les thèses suivantes:

- le ressort le plus puissant de l'action humaine étant financier, c'est-à-dire de nature économique, l'écologie a toujours été une réponse *post quem*, puisqu'elle ne rapporte aucune plus-value.
- Au niveau économique et politique, il nous faut procéder de manière pragmatique. Le principe du pollueur-payeur doit s'imposer à la longue.
- Les solutions purement techniques sont certes judicieuses pour résoudre certains problèmes particuliers, mais elles ne suffisent pas. Il faut redistribuer les valeurs en renonçant en fin de compte au principe de la croissance continue, ce qui revient de fait à accepter l'idée d'une vraie durabilité. Si nous n'y arrivons pas, la nature aura tôt fait de nous «remettre en boîte».
- La nature est plus forte que l'être humain – pas seulement au sens rousseauiste, mais aussi au sens des grandes catastrophes telles qu'inondations ou tremblements de terre, etc. Les catastrophes naturelles s'inscrivent dans le cycle de la régénération permanente. Ainsi, par exemple, l'érosion des rives crée des habitats variés pour les pois-

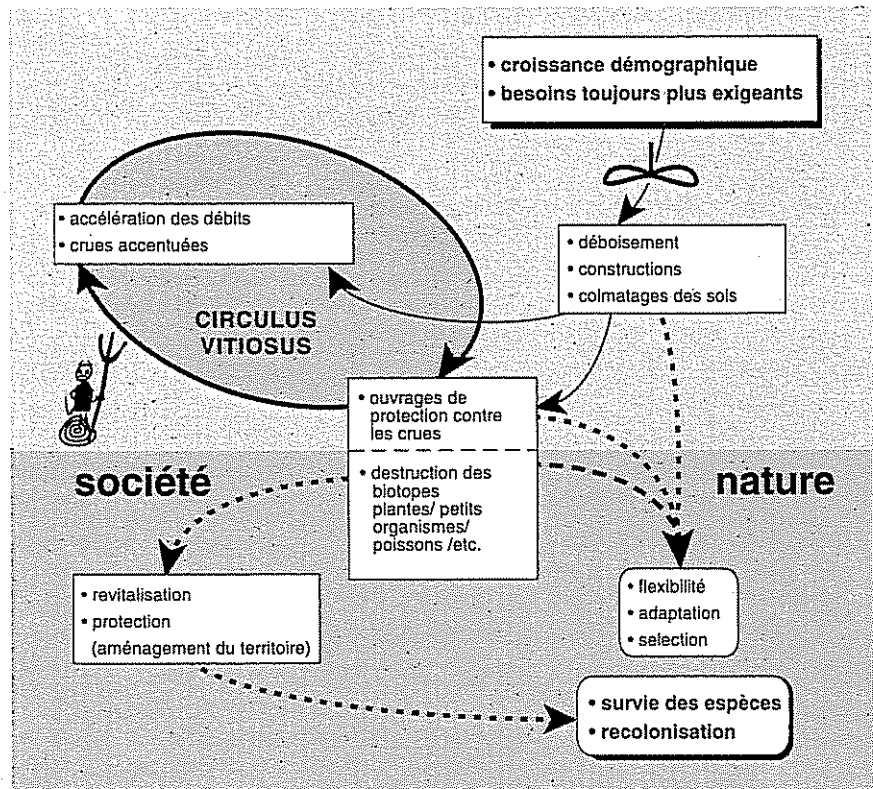


Fig. 3

Causes et conséquences des aménagements des cours d'eau – un cercle vicieux.

La croissance démographique et les besoins toujours plus grands de la population (traits fins) contribuent à renforcer l'enchaînement entre cause et effet (traits gras). La nature ne peut que partiellement remédier à ce cercle vicieux – il est donc important que l'être humain lui apporte son soutien en prenant des mesures adéquates.

sons et les petits organismes, les bancs de gravier servent d'espace vital pour la propagation de la végétation, les inondations sont indispensables pour la survie des forêts fluviales.

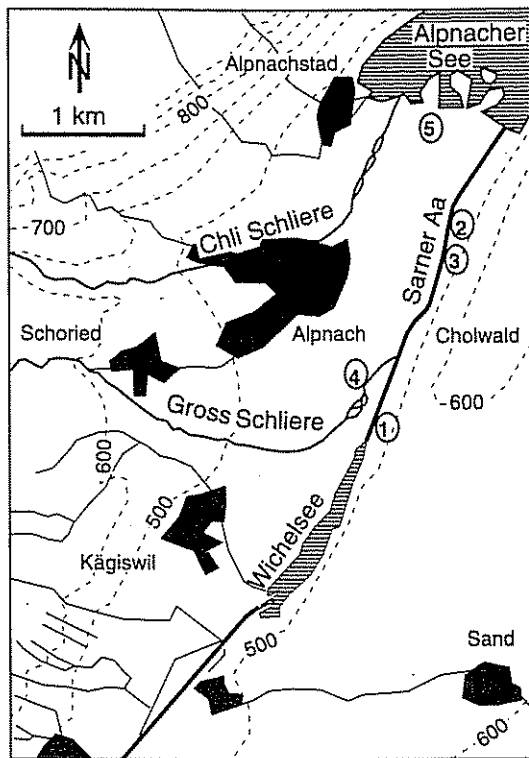
- Toutes les parties intéressées doivent être prêtes à faire des compromis, car il s'agit de concilier des intérêts divergents (protection des eaux *vs* exploita-

tion des eaux, querelles d'experts). Les solutions allant dans le sens de la nature ne sont pas seulement plus écologiques, mais aussi plus économiques que les solutions allant à l'encontre de la nature. Tant les spécialistes du génie hydraulique que les spécialistes de l'écologie doivent élaborer des solutions communes profitant aux deux parties.

- [1] EAWAG (1994): Studie Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Schlussbericht. Verfasser: J. Bloesch. Auftrag Nr. 4752, 15. September 1994.
- [2] Bloesch J. (1995): Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. EAWAG Jahresbericht 1994, S.12–17.
- [3] Peltzer K. (1975): Das treffende Wort. Wörterbuch sinnverwandter Ausdrücke. Ott Verlag Thun, 15. Auflage.
- [4] Schmid W. (1958): Wildbachverbauungen und Flusskorrekturen im Einzugsgebiet der Reuss. Wasser- und Energiewirtschaft Nr. 8/9, 201–209.
- [5] EAWAG (1994): Studie Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Auswirkungen technischer Eingriffe auf die Invertebraten- und Fischfauna der Fliessgewässer. Sachbearbeiter: J. Bloesch. Auftrag Nr. 4752, 15. Mai 1994.
- [6] CIPRA (1992): Die letzten naturnahen Alpenflüsse. Heft 11, 71 Seiten, 1992.
- [7] Vischer D. (1989): Die Renaturierung von Flüssen und Bächen. Wasser, Energie, Luft 81 (6): 109–110.
- [8] Schnitter N. (1991): Geschichte des Schutzwasserbaus in der Schweiz. Wasser, Energie, Luft 83 (1/2): 27–35.
- [9] BWW/BUWAL (1991): Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Schlussbericht. Mittg. Bundesamt für Wasservirtschaft Nr. 5/Mittg. Landeshydrologie Nr. 15, Bern, Mai 1991.
- [10] Weber H., Huber H., Katz W., Schleiss A. & Tschopp J.W. (1992): Reuss Hochwasser 1987. Schlussfolgerungen für den Hochwasserschutz im Kanton Uri. Bauamt Uri, Abteilung Wasserbau. Altdorf, Oktober 1992.
- [11] Lang O. (1983): Landschaftsentwicklungsplan Reussdelta, Kanton Uri. Band 1 und 2.

Fig. 2

Cours inférieur de la Sarner Aa. Cette rivière est entièrement canalisée, ses berges et son lit sont largement bétonnés. Suite à la construction de l'usine hydro-électrique de la Sarner Aa (1) sont nés d'une part le Wichelsee, devenu aujourd'hui une réserve naturelle, et d'autre part un tronçon à débit résiduel périodiquement à sec. Le cours de la Sarner Aa est influencé de manière déterminante par son affluent majeur, la Grosse Schliere, jusqu'au point de restitution des eaux de l'usine hydro-électrique (2). La Sarner Aa est en outre polluée par les effluents de la STEP d'Alpnach (3) qui doit également traiter les lixivants de la décharge de Cholwald. La Schlierenrüti (4) est une région alluvionnaire fluviale d'importance nationale, mais l'apport alluvionnaire a été pratiquement neutralisé suite à de nombreux aménagements. Quant au Städerried (5), il subit les conséquences de l'exploitation du gravier. Le potentiel de renaturation est considérable. (esquisse: Rudolf Koblet).



aucune mesure de revitalisation n'avait été prise dans cette région. Une tentative assez timide est maintenant en cours au-dessus de la réserve naturelle du Wichelsee, près de Bitzighofen (Sarnen). Pour ce qui est du cours inférieur de la Sarner Aa en aval du Wichelsee, l'état des lieux est lamentable (fig. 2). Il s'agit d'un tronçon à débit résiduel entièrement canalisé, aux rives extrêmement bétonnées, fréquemment à sec sur de longues périodes. Peu avant

de se jeter dans le lac d'Alpnach, l'Aa est encore polluée par les effluents de la STEP d'Alpnach qui doit traiter non seulement les eaux usées domestiques, mais aussi les lixivants de la décharge de Cholwald, et dont les capacités sont parfois dépassées [5]. Le bilan alluvionnaire de la Grosse Schliere qui se jette dans la Sarner Aa – en amont de la STEP d'Alpnach – est pratiquement neutralisé à cause de la gravière partiellement aménagée dans la Schlierenrüti, de sorte que seuls les alluvions de petite granulométrie se déposent dans le delta.

Les efforts en faveur de la protection de la nature dans le Städerried et la Schlierenrüti se heurtent à des conflits d'intérêts majeurs qui freinent dans une large mesure l'avancement des travaux. Par ailleurs, l'OFEPF, qui se consacre à la concrétisation de l'initiative sur la protection des marais, a pour tâche de dresser l'inventaire des marais à protéger. Cette mesure n'a pas seulement contribué à la mise en oeuvre de diverses mesures de protection de la nature, mais a aussi ligué une certaine partie de la population contre les baillis «externes» de la protection des eaux.

Les limites du savoir

Bien que les experts soient tous d'accord lorsqu'il s'agit de revitaliser un ruisseau traversant des prairies, ils n'hésitent pas à se disputer lorsqu'ils inspectent les lieux. Le biologiste spécialisé en pisciculture plaide pour la revalorisation des biotopes piscicoles et demande un couvert végétal continu en bordure du ruisseau, avec des arbres et des arbustes autochtones. Le botaniste et le spécialiste des petits organismes demandent au contraire le maintien des prairies maigres et des bosquets qui s'y trouvent depuis longtemps et qui servent de biotopes pour des espèces rares de libellules. L'issue de telles négociations ne correspond pas toujours à une solution digne de Salomon (dans le cas présent: haie non continue).

Etant donné qu'aucune atteinte importante à l'environnement ne s'est fait sentir jusqu'à présent, la population n'est pas soumise à la même pression que dans le canton d'Uri. C'est pourquoi les mesures préconisées dans l'étude de l'EAWAG n'ont pu être réalisées qu'en petites étapes pragmatiques, dans des conditions difficiles. La concession de l'usine hydro-électrique de la Sarner Aa touche à son terme en l'an 2001, de sorte que le problème du débit résiduel pourra dès lors être réglé en vertu de la nouvelle loi de 1991 sur la protection des eaux. Quant à la renaturation de la Sarner Aa et de son delta, le projet y relatif prévoit une amenée des eaux épurées directement dans les eaux profondes du lac d'Alpnach. Cette solution tient de l'utopie et ne sera pas réalisable avant longtemps.

Le rôle de l'EAWAG dans la mise en oeuvre de solutions durables

Connaissant une situation très différente, les cantons d'Uri et d'Obwald attendent de l'EAWAG un soutien diamétralement opposé. Le canton d'Uri a avant tout besoin d'un soutien au niveau de la promotion en faveur de la revitalisation des cours d'eau, les problèmes matériels étant largement résolus. En revanche, le canton d'Obwald souhaite avant tout l'appui des scientifiques pour résoudre certains problèmes concrets, étant donné que les milieux concernés en sont encore aux prémices. En d'autres termes, il n'y a pas de solution miracle permettant à l'EAWAG de convertir ses résultats scientifiques en mesures pratiques. Bien au contraire, cette mise en oeuvre requiert beaucoup de doigté, car il s'agit d'adapter les résultats scientifiques en fonction des circonstances réelles (voir encadré).

Conclusions

Plus le développement technique progresse, plus nous nous trouvons enfermés dans le cercle vicieux suivant (fig. 3): pour satisfaire à la croissance

recèlent en effet d'importantes couches aquifères d'origine glaciaire, composées de débris de roches. Ce ballast d'origine glaciofluviale se caractérise par une granulométrie très grossière et par une perméabilité excellente. Il se distingue en outre par une grande hétérogénéité structurelle [1]. L'eau s'infiltre grâce aux pores du sol, comme par exemple dans un mélange de gravier et de sable. Mis à part les vallées préalpines, on trouve également d'énormes quantités d'eau souterraine dans les roches karstiques du Jura et des Alpes, du fait du grand nombre de fissures dans les couches rocheuses. Les spécialistes exigent une conservation à l'état quasi naturel des aquifères. Ils estiment nécessaire de protéger à l'avenir les ressources d'eaux souterraines en les soumettant à des contrôles efficaces tant au niveau quantitatif que qualitatif.

La recherche, une aide nécessaire

Pour les scientifiques, il s'agit avant tout d'étudier comment les substances, en particulier les substances polluantes, se comportent dans les eaux souterraines, à quelle vitesse elles sont transportées et la manière dont elles se transforment. Ces questions représentent un défi formidable pour les chercheurs. Les institutions tant internationales que nationales (comme par exemple le Waterloo Centre for Groundwater Research à Ontario, Canada, ou le Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, Suisse) ont d'ores et déjà montré que les lacunes subsistant dans ce domaine ne peuvent être comblées que grâce à l'interdisciplinarité. L'EAWAG part du même principe, et pour cause: la nouvelle loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux contient plusieurs articles qui concernent expressément les eaux souterraines (par ex. art. 7, 2e al., infiltration des eaux non polluées; art. 20, obligation de délimiter des zones de protection autour des captages d'eau souterraine; art. 43, protection des nappes d'eaux souterraines). En outre, la révision du 21 décembre 1995 de la

loi sur la protection de l'environnement contient de nouvelles dispositions sur l'assainissement des décharges et autres sites pollués par des déchets (titre 4ème, chapitre 2, art. 32c-e). Ces divers articles de loi doivent pouvoir être concrétisés au niveau des ordonnances d'exécution et des directives [par ex. 2]. C'est ici que les recherches fondamentales de l'EAWAG se révèlent utiles. Grâce à la recherche, à l'enseignement et au conseil (y compris dans les commissions), les collaboratrices et collaborateurs de l'EAWAG garantissent une diffusion rapide des résultats obtenus ainsi que leur mise en oeuvre efficace.

Qu'a fait l'EAWAG jusqu'à présent?

Par le biais de son ancienne division de géologie, aujourd'hui dissoute, l'EAWAG a développé jusque vers le milieu des années quatre-vingts une intense activité en matière d'expertise sur les eaux souterraines. En 1976, le Fonds national suisse de la recherche scientifique a lancé la seconde partie de son programme consacré aux problèmes fondamentaux du bilan de l'eau en Suisse. Cette seconde partie intègre les aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources d'eau souterraine. A la faveur de ce programme, la recherche sur les eaux souterraines a fait son entrée dans le monde de la politique. L'EAWAG a également participé à la réalisation dudit programme par le biais de ses recherches sur le comportement des substances organiques dans les eaux souterraines et lors de leur formation [par ex. 3]. Les parties intervenant dans ce programme ont alors démontré de manière exemplaire l'efficacité de l'interdisciplinarité en conjuguant les travaux de laboratoire, les enquêtes *in situ* ainsi que la modélisation informatique afin de déterminer les processus évolutifs ayant lieu dans les eaux souterraines. Les enquêtes *in situ* ont surtout eu lieu dans la zone d'infiltration de Glattfelden, où la Glatt, cours d'eau fortement pollué, perd d'importantes quantités d'eau au

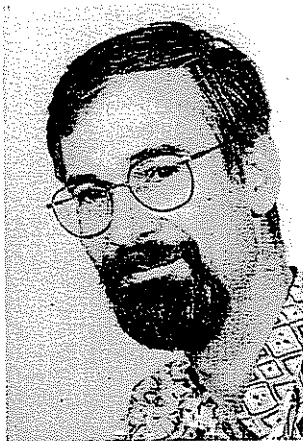
profit de l'aquifère sous-jacent. L'Institut Paul Scherrer a également participé à ces recherches en étudiant le transport des substances inorganiques dans les eaux souterraines.

Les travaux de recherche réalisés vers la fin des années quatre-vingts ont été essentiellement consacrés à la caractérisation géologique des aquifères [5]. Par ailleurs, le Conseil des EPF finance un projet lancé voici 2 ans sous le titre «Transport of organic pollutants in unsaturated soil – an integrated approach» (OPUS-IA), projet auquel l'EAWAG participe de même que plusieurs instituts EPF, à savoir: l'IHW (Institut EPFZ d'Hydromécanique et d'Aménagement des Eaux), l'ITÖ (Institut EPFZ d'écologie terrestre), l'IATE (Institut EPFL d'aménagement des terres et des eaux) et l'IGE (Institut EPFL du génie de l'environnement), ces deux derniers faisant partie du Département EPFL du génie rural (DGR). L'objectif principal de ce projet consiste à étudier les principes dynamiques régissant les processus chimiques et microbiologiques qui s'opèrent durant le transport des matières dans les zones non saturées en eau des formations souterraines de type poreux.

Les eaux souterraines: nouvelles interrogations

Actuellement, l'EAWAG gère un programme prioritaire de recherche (PPR) intitulé «Gestion durable des ressources à l'exemple des cours d'eau et des sédiments anthropiques». Dans le cadre de ce PPR, l'EAWAG effectue actuellement des recherches sur le terrain et en laboratoire sur la dynamique des processus dans les cours d'eau. Ce PPR se subdivise en trois volets et comporte également une partie de synthèse. Chacun des trois volets touche à la problématique des eaux souterraines. Dans son ensemble, ce PPR vise à obtenir une vision globale à la manière de la fig. 1, de sorte que les divisions spécialisées de même que les partenaires externes sont appelés à collaborer étroitement.

Importance des eaux souterraines à l'EAWAG – un avenir riche en perspectives



Eduard Hoehn

Le grand public ignore souvent à quel point le rôle des eaux souterraines est important tant pour l'espèce humaine que pour l'environnement. L'eau souterraine n'est-elle pas une phase essentielle dans le cycle de l'eau, et ne représente-t-elle pas aussi 80% des ressources d'eau potable, notre première denrée alimentaire de base? A l'avenir, il faudra gérer avec toujours plus de parcimonie les ressources d'eau souterraine, étant donné la pollution croissante, en particulier celle des substances chimiques.

Gestion durable des eaux souterraines: objectifs

Sous nos latitudes, l'eau du robinet est une réalité quotidienne. En Suisse, la consommation d'eau se situe autour de 400 litres par personne et par jour (dans les ménages privés). Il est donc dans l'intérêt de tous que les ressources d'eau souterraine soient utilisées de manière économe. Les eaux souterraines joueront à l'avenir également un grand rôle dans l'approvisionnement en eau potable. Beaucoup de gens ignorent à quel point l'eau potable et l'eau souterraine sont liées. Pour les spécialistes en sciences naturelles et en ingénierie qui s'occupent de la gestion

des eaux souterraines, les problèmes à résoudre exigent avant tout une bonne compréhension des courants hydrologiques, de la composition biochimique de l'eau ainsi que du transport des matières. Ce savoir a une longue tradition au sein de l'EAWAG. Notre institut est donc à même de contribuer, à l'avenir également, aux efforts fournis pour instaurer une gestion durable des eaux souterraines.

L'eau souterraine est une phase du cycle de l'eau. Caché, cet écosystème est relativement pauvre en organismes vivants, au contraire des cours d'eau de surface. En Suisse, la plus grande partie des eaux souterraines se trouve dans le fond des vallées préalpines. Celles-ci

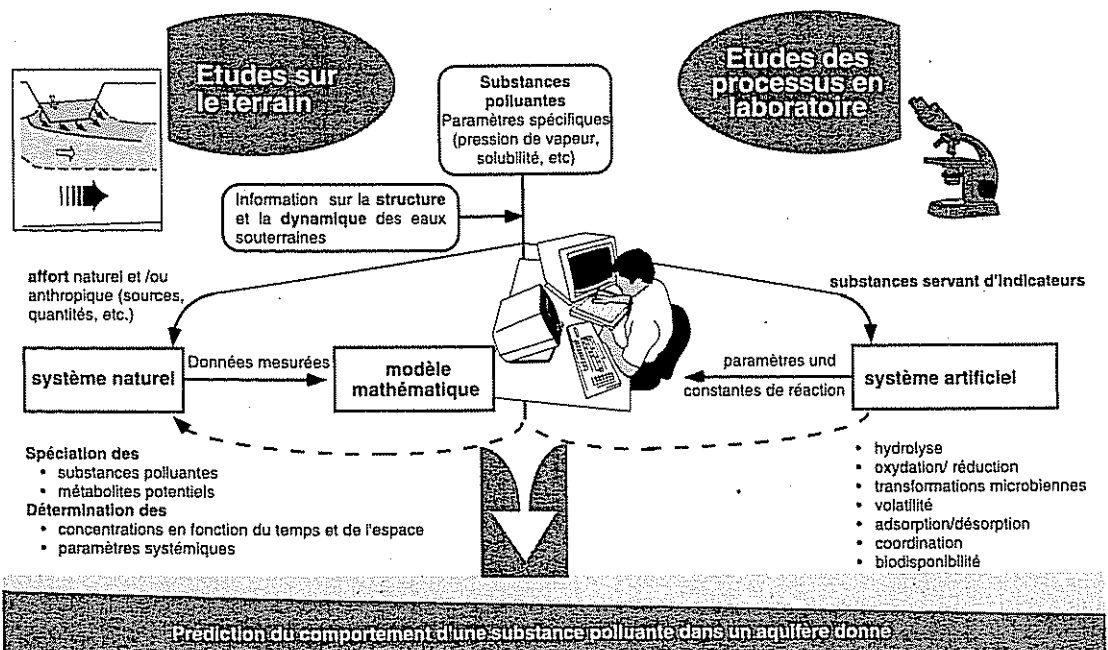


Fig. 1
Schéma théorique
pour la prédiction
du comportement
environnemental des
substances polluantes
dans les eaux sou-
terraines (selon [4]).

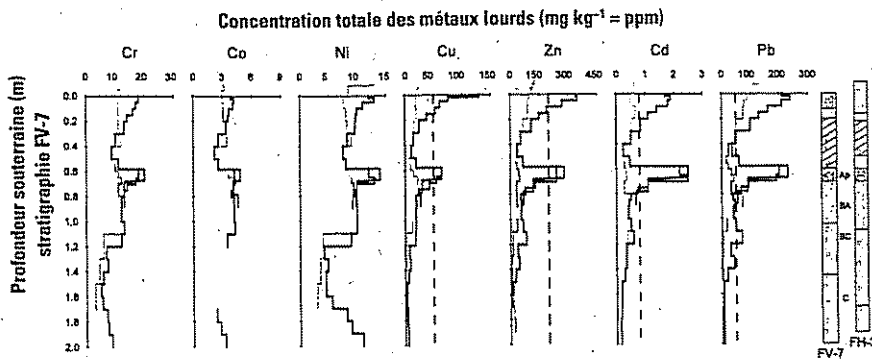


Fig. 3
 Courbes de concentration des métaux lourds selon la concentration dans une installation d'infiltration des eaux de ruissellement provenant des routes.
 Axes horizontaux: concentrations en mg/kg. Axe vertical: profondeur en m. Tout à droite: stratigraphie du sol: Ap = humus, BA et BC = couches de désagrégation atmosphérique des roches, C = couche de pierres concassées.
 — = stratigraphie FV-7; — — — = stratigraphie FH-3; - - - = limites de tolérance selon l'ordonnance du 9 juin 1986 sur les polluants du sol (Osol).

ce groupe très pluridisciplinaire sera appelé à fournir une large contribution au rayonnement de l'EAWAG tant au niveau de la recherche, de l'enseignement que des activités de conseil, notamment au sein de commissions. Le domaine «Ressources et approvisionnement en eau» s'est donné un certain nombre d'objectifs principaux (voir fig. 4) en ce qui concerne les eaux souterraines. Pour atteindre ces objectifs, l'EAWAG entend réaliser un certain nombre de projets en s'associant à des partenaires externes tels que l'EPFZ, les bureaux d'ingénieurs et les services compétents de la Confédération, des cantons et des communes.

Dans le même ordre d'idée, l'EAWAG entend continuer ses recherches à propos des sites contaminés, car de nombreuses questions demeurent encore ouvertes en ce qui concerne la détection, l'évaluation, la stabilisation et l'assainissement de tels sites. A cet

effet, elle s'est étroitement associée à la Direction de la décharge pour déchets spéciaux de Kölliken (SMDK, Sondermülldeponie Kölliken), ainsi qu'au service de la protection de l'environnement du Département des travaux publics du canton d'Argovie, dans le cadre d'un groupe de travail «SMDK» compétent dans des domaines aussi variés que chimie analytique, chimie hydrogéologique, microbiologie, épuration des eaux usées, analyse des risques et écotoxicologie. Ce groupe est appelé à exploiter de manière utile ses connaissances dans ce cas d'un très grand intérêt public. En ce qui concerne la stabilisation et l'assainissement de la SMDK, l'étroite surveillance des émissions de substances polluantes durant ces huit dernières années a mis en évidence l'état critique de l'aquifère sous-jacent.

Les eaux souterraines représenteront à l'avenir également des ressources

d'une importance capitale. Cette perspective justifie donc une étude approfondie des processus qui régissent le milieu souterrain. Il s'agit de proposer des solutions praticables pour résoudre les problèmes qui se posent, un défi que les spécialistes de l'EAWAG se doivent de relever.

Je remercie mes collègues Annette Johnson, Markus Boller, Walter Giger, Jürg Zobrist, Jürg Bloesch, Tom Bosma, Tom Gonser, Stefan Haderlein, Peter Huggenberger, Rolf Kipfer et Walter Wagner de leurs précieux compléments d'information.

Je remercie aussi de la formidable traduction en français.

- [1] Huggenberger, P., Ch. Siegenthaler und F. Stauffer, 1988, Grundwasserströmung in Schottern; Einfluss von Ablagerungsformen auf die Verteilung der Grundwasserfließgeschwindigkeit, *Wasserwirtschaft*, 78(5), 202-212.
- [2] Hoehn, E., R.V. Blau, D. Hartmann, W. Kanz, H. Leuenberger, F. Matousek, und J. Zumstein, 1994, Der Zuströmbereich als Element eines zeitgemässen Grundwasserschutzes, *Gas-Wasser-Abwasser* 74 (3), 187-193.
- [3] Giger, W., R.P. Schwarzenbach, E. Hoehn, K. Schellenberg, J.K. Schneider, H.R. Wamser, J. Westall, & J. Zobrist, 1983, Das Verhalten organischer Wasserinhaltsstoffe bei der Grundwasserbildung und im Grundwasser, *Gas-Wasser-Abwasser* 63 (9), 517-531.
- [4] • Jackson, R.E., and E. Hoehn, 1987, A review of processes affecting the fate of contaminants in groundwater, *Water Poll. Res. J. Canada* 22 (1), 1-20.
 • Stumm, W., R.P. Schwarzenbach, und L. Sigg, 1983, Von der Umweltanalytik zur Ökotoxikologie – ein Plädoyer für mehr Konzepte und weniger Routinemessungen, *Angew. Chemie* 95, 345-355.
 • Giger, W., 1995, Substances-traces dans l'environnement, *EAWAG news* 40F: 3-7.
- [5] Huggenberger, P., und J. Zobrist, 1990, Grundwasserforschung an der EAWAG, *Mitt. EAWAG* 29, 11-16.
- [6] Bundi, U., P. Baccini, M. Boller, R. Schertenleib, W. Schilling, R. Schwarzenbach und A. Zehnder, 1992, Forschungsschwerpunkt: Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung – am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente, *EAWAG Jahresbericht* 1992, 10-14.
- [7] Mikkelsen, P.S., M. Häfliger, and M. Boller, 1995, Pollution from two infiltration systems for road runoff in Switzerland, *EAWAG-Bericht*.
- [8] Hoehn, E. und B. Kiefer, 1992, Ausbau der Wasserkräfte im oberen Puschlav; Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit: Projektorganisation und hydrogeologische Ergebnisse, *Mitt. Schweiz. Ges. Boden- u. Felsmch.* 125, 35-41.

	Programmes adéquats de surveillance et de protection contre la pollution croissante des eaux souterraines
	Meilleure compréhension du comportement environnemental des substances présentes dans le sous-sol
	Méthodes techniques adéquates pour la mesure et la modélisation des courants souterrains, du transport des matières et de la constitution des sols
	Perfectionnement des instruments pour la prospection et la quantification des ressources d'eau souterraine (p. ex. géophysique)
	Evaluation des conflits d'utilisation, par ex. dans le cadre d'études d'impact sur l'environnement en procédure accélérée.

Fig. 4
 Objectifs principaux du domaine «Ressources et approvisionnement en eau» de l'EAWAG dans le cadre de la prospection, de l'exploitation et de la gestion des eaux souterraines.



Fig. 2

Illustration d'une méthode de mesure électromagnétique pour l'analyse détaillée de la conductivité électrique du sous-sol et des eaux souterraines qui y circulent (jusqu'à une profondeur de 4 à 6 m). Appliquée sur les sites contaminés, cette méthode permet de localiser les pollutions probables du sous-sol. La photographie montre P. Huggenberger en train de mesurer sur le terrain les champs électromagnétiques à l'aide d'un tube, à chaque extrémité duquel se trouve une bobine électrique. L'une d'elles est activée par un courant alternatif et génère ainsi un champ électromagnétique primaire induisant des courants électriques dans le sous-sol. Ces courants dépendent de la conductivité électrique des couches géologiques et induisent à leur tour un champ électromagnétique secondaire que l'autre bobine permet de mesurer.

Le premier volet de cette recherche concerne les effets des décharges désaffectées sur le site de Riet, décharge actuellement utilisée par la ville de Winterthur pour stocker les déchets résiduels. Dans le cas de ces décharges désaffectées, âgées de 30 à 70 ans, le transport des substances polluantes s'effectue par le biais d'une ligne de courants souterrains qui servent de ressource d'eau potable et d'eau sanitaire dans la vallée d'Eulach. L'étude porte surtout sur les substances inorganiques dont la singularisation dépend des conditions d'oxydoréduction, tout comme sur les interactions entre phase solide et phase liquide. Cette étude veut servir d'exemple pour l'analyse scientifique des décharges désaffectées contenant essentiellement des déchets ménagers, au sens où l'entend le dépliant «Attention déchets, sites contaminés», édité par l'Office de la protection des eaux et du génie hydraulique du canton de Zurich (AGW, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, septembre 1993). La fig. 2 illustre l'application d'une méthode de mesure géophysique.

Le deuxième volet de cette recherche concerne essentiellement l'infiltration des eaux de pluie dans les couches géologiques non saturées en eau. L'analyse porte sur une installation pour l'infiltration des eaux de ruissellement provenant des routes. Cette installation existe depuis près de 40 ans. L'étude a permis de mettre en évidence le taux de pollution de l'humus et du ballast qui lui est sous-jacent (fig. 3). Il s'agira maintenant d'analyser comment s'effectue le transport des substances polluantes dans le cas de l'infiltration

des eaux pluviales provenant des toitures. En 1995, la coopérative Migros a construit un nouveau centre de distribution à Winterthur-Grüze. Celui-ci est équipé d'un bassin d'infiltration sur lequel sont dirigées les eaux de pluie provenant de la toiture. Les eaux infiltrées viennent ensuite enrichir l'aquifère sous-jacent. Au fond du bassin, un puits d'une profondeur de 2 mètres a été aménagé avec des trous de forage permettant l'introduction d'instruments de mesure dans le ballast composé de gravier et de sable. Ces instruments doivent permettre d'analyser le comportement des substances dans la zone non saturée de l'aquifère après chaque précipitation. A cet égard, l'interprétation de la notion d'eaux usées «non polluées» est très importante: l'eau collectée sur les toitures ne doit en aucun cas polluer ni l'aquifère, ni l'eau souterraine qui y circule.

Quant au troisième volet de cette recherche, il porte sur l'infiltration des eaux fluviales dans les eaux souterraines. Le canton de Zurich a prévu de revitaliser la Töss, cours d'eau traversant le Linsental, au sud de la ville de Winterthur. Or, celle-ci y exploite des captages d'eau souterraine qui pourraient être menacés en cas de modification du lit dudit cours d'eau. L'étude de l'EAWAG intervient ici dans le cadre d'un conflit d'intérêts entre les besoins de l'approvisionnement en eau, la protection intégrale du paysage et la conservation des espèces. Plusieurs groupes de travail collaborent à cette recherche. Il s'agit tout d'abord de déterminer, grâce à des méthodes hydrogéologiques, sédimentologiques et géophysiques, les flux d'infiltration

ainsi que les zones d'afflux de chaque point de captage. En parallèle, le lit du cours d'eau ainsi que l'aquifère sous-jacent sont étudiés du point de vue écobiologique. Notons au passage que le fait de considérer l'aquifère comme un écosystème peuplé d'organismes vivants est relativement nouveau. Par ailleurs, les infiltrations de la Töss dans le Linsental sont également analysées à l'aide de traceurs modernes pour déterminer dans quelle mesure les gaz sont absorbés dans les eaux souterraines. On utilise à cet effet divers traceurs, notamment des isotopes naturels de gaz rares. Dans le cadre plus général du PPR, ces analyses de gaz traceurs servent également à déterminer l'âge des eaux souterraines ainsi que les processus de mélange déterminants. Ainsi, l'analyse des concentrations de gaz rares permet par exemple reconstruire la température lors de la formation des eaux souterraines d'origine glaciaire dans les couches très profondes de roches non consolidées datant du quaternaire. Etant donné l'importance croissante des méthodes basées sur l'analyse de gaz traceurs, l'EAWAG s'efforce de créer un centre de compétence spécialisé en la matière en association avec l'Institut de physique de l'Université de Berne, qui participe au PPR.

Les eaux souterraines: perspectives?

L'EAWAG a institué l'année dernière un groupe «Eau potable» qui se consacre entre autres à la prospection des ressources d'eau souterraines, à leur exploitation et à leur gestion. A l'avenir,

la mise en place d'une conception globale du cycle de l'eau dans les agglomérations, conception dont de nombreux aspects n'ont pas encore été concrétisés.

Lacunes des systèmes actuels

Dans son étude de cas à Fehraltorf, l'EAWAG a esquissé les premiers pas d'une conception globale de l'évacuation des eaux en milieu urbain et a montré l'importance des relations entre divers domaines jusqu'alors gérés de manière indépendante. Bien que le système d'évacuation des eaux de Fehraltorf satisfasse aux directives actuelles, le cours d'eau récepteur est régulièrement surchargé, principalement parce que les installations techniques ont été réalisées sans tenir compte des caractéristiques du cours d'eau de surface et de l'aquifère. En effet, si Fehraltorf avait été situé au bord du Rhin et non sur les rives de la Luppmen, dans le haut-pays zurichois, son réseau d'égout aurait été fondamentalement le même, à l'exception des bassins de rétention d'eau pluviale, qui auraient été dimensionnés de manière un peu moins généreuse. Pourtant la Luppmen est régulièrement à sec sur certains tronçons durant les mois d'été...

Bien que l'assainissement urbain ait été le thème central de cette étude de cas, il a été mis en évidence trois problèmes majeurs dans des systèmes connexes:

- le niveau des eaux souterraines baisse continuellement depuis les années quarante, et ce à cause de l'augmentation des volumes d'eau pompés pour l'approvisionnement en eau potable. En conséquence, la rivière n'est plus alimentée par les exfiltrations provenant de l'aquifère. Elle s'assèche durant des périodes toujours plus longues et toujours plus fréquentes. De plus, elle réagit de manière beaucoup plus marquée aux déversements par temps d'orage.
- une partie de l'eau de la rivière est prélevée en amont de l'agglomération, ce qui réduit encore le débit de la Luppmen.
- l'état d'un cours d'eau et de son écosystème dépend non seulement des

concentrations en polluants de l'eau, mais aussi de sa morphologie. L'ombrage, la dynamique du lit de la rivière ainsi que la variabilité de sa géométrie sont autant de paramètres importants pour la diversité des biotopes et pour la protection des petits organismes lors des crues. Or ces paramètres sont sur certains secteurs totalement uniformisés. Des améliorations des installations techniques n'ont aucun sens si leur véritable but – à savoir une contribution à la sauvegarde d'un cours d'eau en bon état du point de vue écologique – ne peut être atteint en raison des caractéristiques de ce cours d'eau.

Les mesures envisagées pour améliorer les caractéristiques du cours d'eau diffèrent selon le point de vue que l'on a sur le système. Si l'on se limite au domaine de l'évacuation des eaux de l'agglomération, la mesure adéquate consiste à augmenter le volume des bassins de rétention. Mais si l'on adopte une vision plus globale, il faut alors mettre en place une gestion intégrée des eaux en milieu urbain, ce qui permettrait de résoudre les trois points susmentionnés de manière plus directe et, en fin de compte, beaucoup plus efficace.

Globalisation de la gestion des eaux en milieu urbain

La gestion des eaux en milieu urbain comprend plusieurs sous-systèmes (voir fig. 1): le réseau de distribution servant à l'approvisionnement en eau, le réseau d'égouts servant à l'évacuation des eaux usées, les installations de traitement de l'eau tant pour la production d'eau potable que pour l'épuration des eaux usées, et enfin les écosystèmes naturels que sont les cours d'eau de surface et les eaux souterraines. En raison des multiples relations entre ces sous-systèmes, chaque intervention ou modification dans un domaine particulier entraîne forcément des conséquences dans d'autres sous-systèmes. Par exemple l'infiltration des eaux pluviales entraîne simultanément un approvisionnement de l'aquifère, une diminution des déversements d'orage, une

diminution de la charge de la STEP et, lorsqu'il y a exfiltration des eaux souterraines dans une rivière, une consolidation du débit de base dudit cours d'eau. Un autre exemple serait la réduction de la consommation d'eau potable qui permettrait de ménager les ressources en eaux souterraines et de diminuer les volumes d'eau à épurer par la STEP, ce qui pourrait avoir des répercussions positives sur les charges polluantes, en particulier par temps sec.

Dans la plupart des cas, les substances ne se cantonnent pas dans un seul sous-système. Ainsi, les métaux lourds régulièrement lessivés des toitures (cuivre, zinc) ou des routes à grand trafic (plomb) par les eaux de ruissellement suivent un parcours très différent suivant le système d'assainissement [4]. Dans le cas du système unitaire, les métaux lourds s'accumulent en majeure partie lors de l'épuration des eaux usées dans les boues d'épuration et sont ensuite épandus sur les champs suite à la valorisation agricole de ces boues comme engrais, ce qui engendre une pollution diffuse. Dans le cas du système séparatif, ces métaux lourds sont évacués directement dans les cours d'eau récepteurs et s'accumulent de manière diffuse dans les sédiments. En revanche, dans le cas de l'infiltration artificielle des eaux pluviales, les métaux lourds s'accumulent dans les couches supérieures des installations d'infiltration, couches qui pourraient être régulièrement renouvelées. Etant donné que l'agglomération elle-même fait partie du système global, la possibilité de prendre des mesures «à la source» permet d'envisager de nouvelles solutions aux problèmes. Par exemple, les concentrations en métaux lourds dans les eaux pluviales pourraient être réduites par l'utilisation de matériaux de construction adéquats pour les gouttières et cheneaux.

Les interactions dynamiques

Alors que dans le cas des métaux lourds on s'intéresse plutôt aux quantités totales émises et à leur accumulation à long terme, pour d'autres substances, en

Peter Krebs

Gestion des eaux en milieu urbain: vers une pensée globale et dynamique



Peter Krebs

L'approvisionnement en eau potable entraîne une diminution des ressources en eaux souterraines. Des eaux résiduaires sont mélangées à des eaux pluviales et rejetées dans les cours d'eaux et lacs, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une STEP. Les exemples de ce type sont légion: une simple description des flux de l'eau dans l'agglomération montre la nécessité d'une gestion intégrée des eaux en milieu urbain.

Historique

Dans les années soixante, Hörler [1] donnait pour mission aux services communaux gestion des eaux de collecter les eaux usées de manière aussi complète et rapide que possible et de les évacuer hors de l'agglomération sans nuire ni aux eaux de surfaces ni aux

eaux souterraines. Durant les deux décennies qui ont suivi, les services compétents ont vu leur double mission de base – garantir l'hygiène et prévenir les inondations – s'enrichir d'une nouvelle tâche: veiller à la protection qualitative des cours d'eau de surface.

L'objectif était alors d'évacuer le plus rapidement possible toutes les eaux usées. Or cette méthode n'a pas été sans susciter de nouveaux problèmes, d'autant que la notion d'eaux usées englobait également ce que l'on considère aujourd'hui comme surchargeant inutilement les stations d'épuration, à savoir les eaux claires. Avec une telle conception de l'assainissement, les pointes de débit des eaux pluviales dans les canalisations et aux déversoirs d'orages augmentent et surviennent plus rapidement, tandis que les aquifères et les eaux de surface souffrent d'un manque d'approvisionnement du fait de l'évacuation rapide par le réseau d'eaux claires et d'eaux pluviales propres.

Il fallait donc corriger cette évolution en mettant en place une nouvelle stratégie d'assainissement, concrétisée par le «Plan général d'évacuation des eaux» (PGEE) [2]. L'évacuation des eaux est désormais différenciée: seules doivent être évacuées les eaux dont l'infiltration sur place entraîne un risque de pollution. Il s'agit en outre d'exploiter toutes les possibilités de rétention afin d'écarter les pointes d'écoulement des eaux pluviales. La nouvelle philosophie ne veut donc plus évacuer le plus rapidement possible toutes les eaux des agglomérations, mais au contraire évacuer le moins possible d'eau et le plus lentement possible. Cette philosophie exige

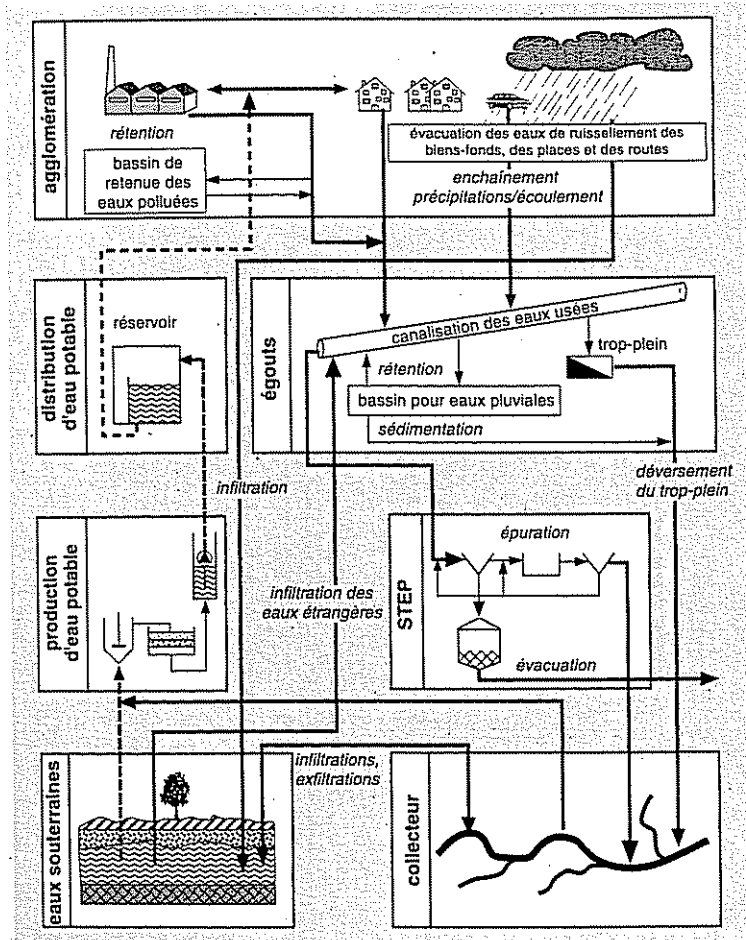
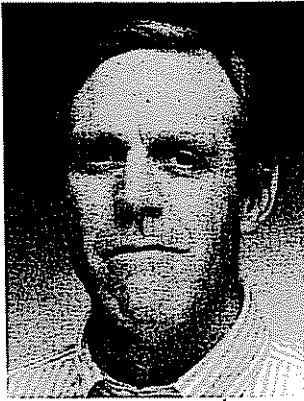


Fig. 1 La gestion intégrée des eaux en milieu urbain comprend les sous-systèmes suivants: l'agglomération, les réseaux de distribution et d'évacuation, les installations techniques ainsi que les écosystèmes aquatiques naturels.

Bruce R. James

Sol, Eau et Civilisations



Bruce R. James

Professeur de Chimie du Sol
College of Agriculture and Natural Resources
University of Maryland
College Park, Maryland 20742, USA
Tél. 001 301 405 1345
Fax 001 301 314 9041
E-mail bj5@umail.umd.edu

Le thème et le contenu de cet article ont été développés par l'auteur durant son séjour sabbatique à l'EAWAG en 1994 et 1995. Aujourd'hui, l'auteur entreprend la fondation d'un Centre International pour la Science du Sol et des Sociétés. Ce Centre explorera des horizons comme ceux de cet article en rassemblant des scientifiques du sol et de l'eau, de l'histoire de l'environnement, de l'anthropologie écologique et de l'éthique environnementale.

Tab. 1
Caractéristiques des communautés pionnières et climaciques et leurs manifestations au cours du temps en fonction du modèle classique des séquences écologiques. Le laps de temps nécessaire pour qu'une communauté végétale atteigne son équilibre dépend de sa localisation géographique.

Caractéristiques	Stade pionnier	Stade climacique
Rendement	élevé	faible
Chaînes alimentaires	linéaires	réticulées
Valeur énergétique de la biomasse	faible	élevée
Nutriments inorganiques	extrabiotiques	intrabiotiques
Diversité des espèces	faible	élevée
Cycles minéraux	ouverts	fermés
Symbiose	inexistante	développée
Préservation des nutriments	faible	bonne
Stabilité	faible	forte
Entropie	importante	faible

Années*	0	1	2-20	25-100	150	200+
Communauté végétale	Terre nue	Herbes	Arbustes	Pinède	Chênaie-noyeraie	??

* Nombre d'années nécessaires pour que la communauté végétale accède à un niveau supérieur (exemple américain).

Succession typique de communautés végétales qui aurait cours sur un sol en friche et sous le climat tempéré humide de l'Amérique du Nord ou de l'Europe du Nord.

Les pratiques culturelles de certaines civilisations (mésopotamienne, gréco-romaine et maya) ont conduit celles-ci au déclin alors qu'elles tendaient à imiter les associations végétales régionales. L'origine de la ruine de ces civilisations réside-t-elle dans une exploitation exagérée qui perturbait les rapports entre le sol, l'eau et les végétaux? Nous décrivons ces bouleversements à la lumière des théories actuelles sur l'équilibre des écosystèmes afin de suggérer une pratique de la protection de ces systèmes et des ressources naturelles.

La superposition de l'écologie à l'histoire des civilisations permet d'évaluer des problèmes environnementaux actuels relatifs à la disponibilité en eau et en sol. De tels liens manquent dans l'enseignement, les médias et les débats publics. Pourtant la connaissance des interactions entre l'évolution des civilisations et la modification des systèmes sol-eau serait utile aux politiques gestionnaires des ressources naturelles et de la protection à long terme de l'environnement. De même, les principes d'une écologie pondérée par les notions de stabilité et de dynamique des communautés écologiques peuvent enrichir notre perception de la protection et utilisation de la terre et de l'eau. L'objectif est, ici, de décrire des exem-

ples de systèmes sol-eau d'anciennes civilisations. Il est aussi d'exposer de nouveaux principes de la sensibilité et de la résilience écologiques afin de susciter une pensée créative et un débat sur la gestion des ressources en eaux, la science du sol et la politique de l'environnement. La «sensibilité écologique» qualifie le changement potentiel d'un système soumis aux forces naturelles et aux interférences anthropiques. La «résilience» est une propriété qui permet à un système d'absorber, d'utiliser et éventuellement de bénéficier d'un changement [1].

Modèles du changement naturel de l'écologie

Le processus naturel des successions écologiques débute dès qu'une terre est en friche: les plantes adventices et colonisatrices s'y établissent en associations. Ces communautés évoluent lentement et, au fil des années et des décennies, les stades pionniers s'enchaînent (Tab. 1) pour générer une communauté végétale naturelle, équilibrée et autosuffisante. Cet état d'équilibre est le climax [2].

Les espèces pionnières diffèrent des communautés climaciques, notamment par la complexité des réseaux nutritionnels, la biomasse générée par unité de flux énergétique, les sources de nutriments inorganiques, le développement de symbioses, la diversité des espèces et la préservation des nutriments (Tab. 1). Ce modèle classique des successions écologiques suppose que les conditions environnementales sont constantes et que le climax est

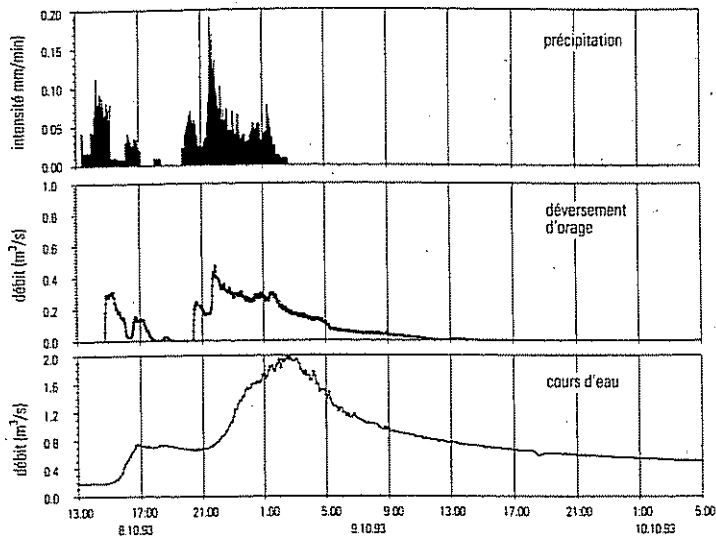


Fig. 2 Description quantitative des variations de débit générées par les chutes de pluie du 8.10.1993 à Fehraltorf.

revanche, les critères déterminants sont la toxicité aigüe et la dynamique à court terme de certains processus. L'exemple le plus connu est celui de l'ammonium qui forme avec l'ammoniaque - substance extrêmement toxique pour les poissons - un équilibre en fonction de la température et du pH. L'ammonium dissous est dû presque exclusivement aux eaux polluées et sa concentration subit de fortes variations quotidiennes.

Les flux et les concentrations en ammonium ont été modélisés dans trois sous-systèmes [5], à savoir: le réseau d'égouts, la STEP et le cours d'eau, en tenant compte des différentes interactions dynamiques. Cette modélisation s'appuie sur une série de mesures effectuées par temps de pluie (fig. 2), sur une série de mesures caractéristiques de l'évolution des eaux usées au cours d'une journée, ainsi que sur les données d'une STEP virtuelle incluant le processus de nitrification, générées au moyen du logiciel ASIM [6]. Ont été

considérés lors de cette modélisation les effets de la charge due à la pluie, à savoir la charge d'ammonium qui passe du décanteur primaire au bassin à boues activées, le transfert de boues du bassin à boues activées au décanteur secondaire et la réduction de l'activité spécifique des boues activées en raison de l'incorporation de matières particulaires dans les floques de micro-organismes.

La figure 3 illustre l'évolution dans le temps des flux d'ammonium dans les eaux déversées par le déversoir d'orage ainsi qu'à l'exutoire de la STEP. Si l'on considère la courbe de flux de NH_4 , les deux premiers pics, c'est-à-dire ceux ayant lieu de la 2ème à la 5ème heure après le début des chutes de pluie, sont directement corrélés avec les déversements d'orage. 20 heures après le début des précipitations, on observe un nouveau pic dans l'évolution du flux de NH_4 en dépit de la diminution régulière du débit des eaux qui sortent

du déversoir. Ce pic est exclusivement induit par la pointe de pollution matinale des eaux usées.

Le flux de NH_4 à l'exutoire de la STEP reflète avec un décalage temporel (retard) l'évolution des flux quotidiens de substances polluantes. Le jour suivant la pluie, le pic atteint même des valeurs plus élevées que lors du premier jour. En effet la STEP doit traiter un volume accru d'eaux claires parasites induites par la pluie, tandis que l'activité des boues activées demeure encore ralentie par l'accumulation de substances particulaires.

Si l'on considère maintenant le débit du cours d'eau, on observe une courbe de concentration visiblement moins marquée le deuxième jour (voir fig. 3b). L'explication est simple: le débit du cours d'eau augmente après les premiers déversements d'orage et atteint son maximum 20 heures après le début des chutes de pluie. Ensuite il régresse peu à peu. Entre la 24ème et la 30ème heure, le débit du cours d'eau correspond encore largement à quatre fois le débit initial, ce qui permet la dilution du pic de concentration apparaissant le deuxième jour. Les concentrations d'ammonium élevées durant la deuxième heure ne pourraient être évitées, qu'en recourant à grande échelle à l'infiltration artificielle des eaux pluviales.

Conclusions

Les progrès croissants dans la connaissance des interactions dynamiques entre sous-systèmes rendent logiquement nécessaire le principe d'une gestion intégrée des eaux en milieu urbain. Grâce à l'élargissement des frontières des systèmes, les interactions entre systèmes connexes sont plus faciles à analyser, voire même à modéliser, ce qui ouvre aussi de nouvelles possibilités d'actions concrètes.

Toutefois, il ne suffit pas de définir les frontières des systèmes sur une base plus large. Il faut encore que les compétences et le savoir-faire s'adaptent en conséquence, ce qui prend du temps. Les spécialistes de l'eau potable, des

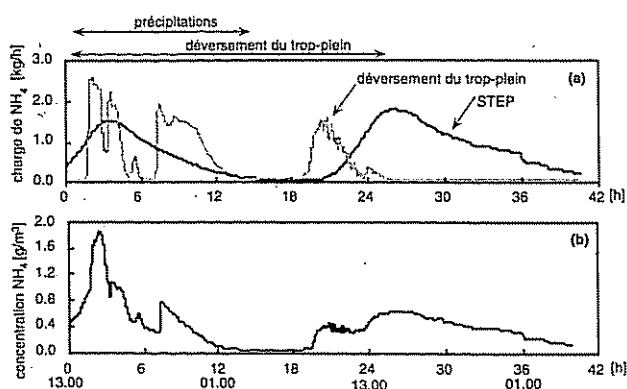


Fig. 3 a) Flux d'ammonium dans les eaux déversées par temps d'orage et à l'exutoire de la STEP. b) Evolution des concentrations en NH_4 dans le cours d'eau.

Suite à la page 21

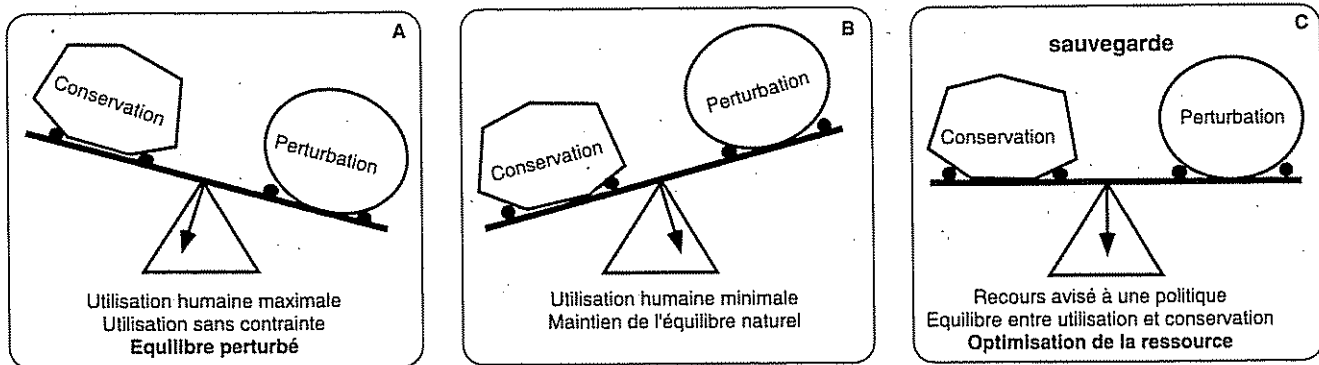


Fig. 1

Le modèle de la balance à double plateau illustre l'équilibre entre la conservation et la perturbation des écosystèmes et des ressources naturelles. La «conservation» et la «perturbation» sont les deux possibilités d'utilisation et de modification des écosystèmes par l'homme.

Lorsque la perturbation pèse davantage (A), l'équilibre naturel est rompu et l'exploitation est maximisée.

Lorsque la conservation prévaut (B), l'exploitation par l'homme est minimisée, l'équilibre naturel est favorisé et les changements naturels sont permis.

Lorsque conservation et perturbation se compensent (C), les ressources sont utilisées et préservées à la fois et le concept de «sauvegarde» est applicable. La sauvegarde est une politique d'utilisation sage; elle réunit protection et utilisation de la nature sur une longue durée.

anciennes civilisations de la Grèce et de Rome aux contraintes de la disponibilité en sol et en eau, était différente de celle de la Mésopotamie [6]. Le climat de celle-ci était aride et ses sols salins n'étaient pas affectés par l'érosion. Par contre, le climat xérique des péninsules montagneuses et méditerranéennes (étés secs et hivers humides) érodait les sols peu profonds et relativement stériles de la Grèce et de Rome. Le développement de ces conditions pédoclimatiques était accéléré par une déforestation qui avait cours dans tout le bassin méditerranéen; le bois servait à la construction de navires et d'habitations, et aux foyers domestiques. Ces conditions conduisaient à une communauté végétale climacique dominée par des arbres dispersés et relativement petits. Les vignes (*Vitis spp.*) et oliviers (*Olea europaea*) domestiqués reproduisaient ce type de communauté et leur croissance était féconde dans la région méditerranéenne. La Méditerranée se prêtait aux trafics marchands et une agriculture commerciale se développa, partiellement en réponse à la disponibilité limitée des sols dégradés des péninsules grecque et romaine [7]. La production du vin et d'huile d'olive constituait une nécessité préalable aux transports et résolvait le problème du stockage du raisin et des olives fraîches.

Un des résultats du commerce en Méditerranée était le contact avec de nouvelles langues et de nouvelles idées

qui, du fait des circulations, se diffusaient rapidement. Des types inédits de gouvernement se développaient et amorçaient la reconnaissance de la valeur de l'individu au sein de la société, surtout en Grèce. Certains des plus anciens livres latins donnaient des conseils pour la gestion des sols et des cultures dans les latifundia, ces grandes fermes où les olives et le raisin étaient produits pour le commerce. La mainmise militaire sur les terres d'Afrique du Nord devenait nécessaire pour assurer une production de céréales. Les peuples conquis étaient contraints de vendre ces céréales en échange d'huile d'olive et de vin.

Dans les anciennes civilisations du bassin méditerranéen, la combinaison des sols superficiels et stériles avec une pluviosité érosive conduisait à une agriculture qui écartait les gens des terres pour les diriger vers le commerce maritime. Cette agriculture générait des produits commercialisables si bien qu'elle était plus mercantile que vivrière. Dans ces circonstances, les relations sol-eau devenaient déterminantes pour la croissance de ces civilisations, pour leurs échanges avec les autres sociétés et, probablement, pour l'entretien ou la ruine de leur capital de base. Dans le cas des péninsules grecque et romaine, l'intensification de la gestion de l'eau n'était pas la réponse à la dégradation du socle sol-eau. Ces civilisations s'en remettaient

plutôt à des produits agricoles cultivés en similitude au climax écologique et qui leur permettaient le commerce.

Les raisons de leur déclin sont innombrables et sujettes à beaucoup de débats d'historiens. Le rôle d'une mauvaise gestion des ressources naturelles mérite toutefois plus d'attention, surtout pour ce qui concerne les interactions complexes entre sol et eau nécessaires aux cultures.

Les plaines d'Amérique Centrale

Les Mayas des basses forêts tropicales humides d'Amérique Centrale (actuellement faisant partie du Guatemala, du Belize, du Mexique et de l'Honduras) ont mis en œuvre une «agriculture hydraulique» intensive qui, en façonnant des billons, rehaussait le lit des terres cultivées. Ce système peut être décrit comme une «irrigation par air». Dans ces contrées humides, où le sol est caractérisé par un faible drainage, une agriculture soutenue et à large échelle n'était possible qu'en changeant les conditions édaphiques naturelles [8, 9]. Entre mai et novembre, 80% de la pluviosité annuelle (jusqu'à 3 m) arrose le maïs (*Zea mays* L.) qui constitue la culture de base. L'élévation des terres en plateaux ou billons était laborieuse. Aucun engin particulier ni aucun fertilisant n'était utilisé: cette pratique de production végétale et de gestion du sol et de l'eau n'occasionnait aucune salinisation. La perte de fertilité

comparable à l'équilibre dynamique d'une réaction chimique dont le bilan des concentrations est inchangé. Une communauté végétale climacique se maintient grâce à sa résistance à l'égard des perturbations (comme une solution chimique «bien tamponnée»). Au contraire, les phases pionnières sont peu stables car le mécanisme de leur résistance aux changements et aux perturbations est faible.

Ce modèle de successions écologiques s'est aussi imposé comme représentation des relations que l'homme entretient avec les systèmes naturels. Mais cette description a été décriée pour sa vue irréaliste et inexacte des écosystèmes [3]. Des recherches et notions nouvelles en écologie montrent que la stabilité d'un écosystème est due à sa continuelle restauration et que la dynamique de celle-ci est la clé pour en comprendre le processus [3]. Les feux, inondations, érosions fluviales, érosions des sols, sécheresses et températures extrêmes sont des exemples de perturbations naturelles ou anthropiques qui peuvent augmenter l'hétérogénéité spatiale et temporelle des écosystèmes, créer des opportunités de colonisation par des organismes et, ainsi, accroître la biodiversité et la stabilité des écosystèmes entiers. De tels modèles non équilibrés renseignent sur la dépendance de l'évolution des civilisations durables à l'égard des perturbations violentes et volontaires que la production agricole et le développement des villes ont fait subir aux systèmes sol-eau.

Croissance et chute des civilisations : Le rôle de la perturbation des écosystèmes

Comment les hommes ont-ils intentionnellement modifié les sols, les ressources en eaux et les écosystèmes pour permettre leurs civilisations? Les réponses à cette question peuvent-elles nous aider à estimer les relations actuelles et futures de l'homme avec les systèmes naturels?

Une «civilisation» est «une forme sociopolitique complexe définie par les

pratiques d'une tradition majeure et distincte, dans sa condition et son existence présente. (Tradition réfère ici à une gamme de valeurs et de comportements élitaires qui émergent des traditions populaires et qui s'expriment dans des rituels, un art et une écriture distincts, ainsi que dans d'autres formes symboliques.)» [4]

Trois civilisations sont nées et se sont développées au sein de systèmes sol-eau perturbés. Elles sont des exemples de cultures façonnées par la localisation géographique, la disponibilité en sol, les ressources en eau, le climat et les communautés végétales climaciques. Ce sont les civilisations qui ont vu le jour dans les plaines inondées du Tigre et de l'Euphrate (Mésopotamie), autour de la Méditerranée (gréco-romaine), dans les plaines et la forêt tropicale humide d'Amérique Centrale (Maya).

Mésopotamie

Cette région aride, sujette à la sécheresse, est connue comme «le territoire compris entre les deux grands fleuves». Il y a dix millénaires, l'agriculture naissait dans cet épicerie génétique de l'orge (*Hordeum vulgare* L.), du blé (*Triticum aestivum* L.) et du dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Elle s'appuyait sur une grande maîtrise des inondations et des systèmes de distribution d'eau et a donné naissance aux célèbres civilisations du Croissant Fertile [5]. Des systèmes de digues et de canaux étaient construits entre les cours d'eau, dans les régions stériles qui étaient soit trop humides soit trop sèches pour être régulièrement cultivées.

En Assyrie et Babylonie, environ 40'000 km² de terres irriguées nourrissaient les 15 à 20 millions de personnes de Ninive, de Babylone et d'alentours. Un grand nombre de grandes traditions naissaient en Mésopotamie avec, entre autres, le tissu (8000 av. J.-C.), la poterie (le premier objet artificiel requérant du «savoir-faire») et l'écriture cunéiforme (premier usage de symboles répétés constituant des mots). L'association du commerce et de l'agriculture irriguée créait les concepts

du «jour-homme», de l'apprentissage, de la comptabilité et de la propriété privée. Dans ces sociétés furent aussi institués l'aide des enfants aux parents âgés et les droits de la femme (par ex. la possession de la terre et le remariage des veuves).

La gestion intensive et extensive de l'eau et du sol était cruciale pour la réussite des cultures. Des esclaves vidaient les fossés et les canaux d'irrigation du limon qui s'y accumulait constamment en provenance des eaux du Tigre et de l'Euphrate. Sous ce climat aride, et au fil du temps, l'apport régulier d'eau ajoutait à la salinité du sol et obligeait à choisir l'orge comme culture principale à la place du blé qui est peu halophile. L'orge devint l'aliment de base et était utilisé dans divers produits, depuis le pain jusqu'à la bière. De plus, le dattier, qui tolère les sols salins, fournissait beaucoup d'aliments importants.

La montée progressive du niveau de la nappe aquifère aggravait l'augmentation de la salinisation du sol qui n'était pas drainé. En conséquence, les champs d'orge périllicitaient au fil des décennies et des siècles. L'orge ne supporte pas un sol mal drainé et un environnement racinaire anaérobie. En réponse à la décrépitude des champs, la surface des terres irriguées était augmentée. Ces conditions n'ont cependant pas suscité de migration, selon les témoignages que l'on peut en avoir.

Pendant le troisième millénaire av. J.-C., cette civilisation déclina en partie à cause des effets cumulés de l'envasement des cours d'eau et des canaux d'irrigation, de la salinisation des sols et de la montée du niveau de la nappe phréatique au-dessus de la profondeur d'un mètre [5]. L'utilisation des ressources en eau et en sol, et leur perturbation intentionnelle, comportaient les germes invisibles du déclin de cette première civilisation agricole.

Méditerranée

Dans la région méditerranéenne (méditerranéenne signifie «qui est au milieu des terres»), la réponse qu'apportaient les

Des chiffres aux objectifs

mais qu'il nous revient en bénéfiques de tenir compte de leurs contraintes.

Les perceptions et la connaissance qu'engendrent les sciences naturelles, sociales et anthropologiques doivent être combinées pour générer de nouvelles idées qui sont appropriées à nos valeurs culturelles et à notre éthique qui portent sur nos ressources en eau et en sol. La tâche peut être facilitée si les nouveaux principes de l'écologie (décrits plus haut) sont étudiés, combinés avec la connaissance des sciences de l'eau et du sol, et appliqués dans le contexte des faits et des principes de l'histoire humaine.

Suite de la page 16

eaux usées, des eaux souterraines et ceux en limnologie doivent élaborer en commun des projets qui répondent aux exigences d'une gestion intégrée des eaux en milieu urbain tout en assurant une meilleure protection des eaux souterraines et en garantissant, voire, s'il y a lieu, en améliorant les conditions écosystémiques du cours d'eau (au lieu de l'utiliser comme système de transport). Enfin, les scientifiques dépendent de l'attitude innovatrice des pouvoirs publics tant au niveau cantonal que communal. En effet, la collaboration active des autorités est déterminante pour la conception et la mise en oeuvre de nouvelles idées.

- [1] Hörler A. (1966). Kanalisation. Ingenieur-Handbuch, Band II.
- [2] VSA (1989). Genereller Entwässerungsplan (GEP). Verband Schweizerischer Abwasserfachleute, Zürich.
- [3] Krejci V., Fankhauser R., Gammeter S., Grottker M., Harmuth B., Merz P. und Schilling W. (1994). Integrierte Siedlungsentwässerung. Fallstudie Fehraltorf. Schriftenreihe EAWAG, Nr. 8.
- [4] Boller M. und Häfliger M. (1996). Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas-Wasser-Abwasser, 76 (1), 3-15.
- [5] Krebs P., Krejci V., Fankhauser R. und Siegrist H. (1996). Reducing the overall impact on a small receiving water. Int. Conf. on Urban Storm Drainage, 9.-13. September 1996, Hannover.
- [6] Gujer W. (1990). ASIM - activated sludge simulation program. MS DOS, public domain.

Les cours d'eau, tel est le thème central de tes travaux - sur quoi portent précisément tes recherches actuelles?

Mes recherches mettent avant tout l'accent sur l'état des cours d'eau. Il s'agit d'une part de suivre les effets anthropiques que subissent les cours d'eau et, d'autre part, de discerner les influences naturelles qui induisent une variation des concentrations ou des paramètres physiques (par ex. la conductivité). Ce deuxième niveau de recherche profite beaucoup au premier: en effet, la compréhension des mécanismes sous-jacents auxdites variations permet de mieux interpréter les données concernant les effets anthropiques sur les cours d'eau. Ainsi, si on connaît bien les conditions naturelles d'un cours d'eau, il sera plus facile de percevoir à partir de quel moment on peut vraiment parler d'une influence anthropique, par exemple lorsqu'il y a élévation de la température (fig. 1). De même, il sera aussi plus facile de détecter le début des effets induits par les mesures prises dans le cadre de la protection des eaux.

La plupart des cours d'eau étudiés sont intégrés dans le programme de

recherche intitulé «Etude à long terme des cours d'eau suisses» (NADUF, Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fließgewässer). Ce projet a été lancé voici vingt ans en collaboration avec l'OFEPF et le Service hydrologique national. Du côté de l'EAWAG, les personnes associées à ce projet sont Laura Sigg, professeur, Jürg Zobrist, Adrian Ammann ainsi que leurs collaboratrices et collaborateurs qui assument la responsabilité du contrôle et de l'analyse des données. La coopération qui s'est établie entre les diverses divisions de recherche de l'EAWAG ainsi qu'entre l'EAWAG et les autres services concernés a débouché sur la mise en place d'une organisation très adéquate et d'une infrastructure technique parfaitement adaptée. Bien équipées, les stations de mesure permettent non seulement d'effectuer des prélèvements de routine fiables, mais peuvent également être utilisées pour des recherches sur d'autres substances spécifiques.

Par ailleurs, la compréhension du comportement des substances biogéochimiques en milieu fluvial ainsi que de l'évolution des paramètres phy-

Après des études de chimie, Joan Davis a obtenu un doctorat de biochimie en 1965 à l'Ohio State University. Son travail post-grade l'a amenée en Angleterre, puis en Suisse pour une durée de 2 ans. Elle s'est ensuite distinguée en compagnie de Samuel Mauch en réalisant une étude intitulée «The Basis for a Blueprint for Progress in Switzerland», travail qui a été couronné en 1975 par le prix Mitchell. Destinée à récompenser les études sur la durabilité, cette distinction a été ainsi attribuée pour la première fois cette année-là. Arrivée en 1970 à l'EAWAG, elle a enseigné dès 1975 à l'EPFZ, dans la division Electrotechnique, puis en chimie et en sciences environnementales. Elle a ensuite été chargée de cours dans plusieurs institutions supérieures, à savoir l'Université technique de Berlin entre 1985 et 1986, la Haute école polytechnique de Kassel entre 1987 et 1988, l'Université de Zurich entre 1989 et 1996 et l'Université de Bâle depuis lors.



Elle est membre des commissions suivantes:

- groupe de travail «Forschungspolitische Früherkennung» du Conseil suisse de la science
- groupe de travail pour l'hydrologie opérationnelle (dir. administrative: Service hydrologique national)
- Commission suisse pour l'observation de l'environnement de la SANW (SKUB)
- Conseil scientifique du projet «Sustainable Germany» à l'Institut de Wuppertal
- Commission d'experts de la Fondation Mensch - Gesellschaft - Umwelt de l'Université de Bâle
- International Network of Resource Information Centers (INRIC, mieux connu sous le nom de groupe Balaton, New Hampshire, USA).

du sol causée par le lessivage des pluies, l'épuisement de l'azote provoqué par les récoltes du maïs (qui exige beaucoup de N) et les effets des plantes adventices étaient probablement contrebalancés par un mulching composé de lis d'eau (Nymphaeace) et d'autres matières issues des canaux de drainage.

Bien que la végétation tropicale fût dégagée pour faire place aux villes et aux cultures, l'exploitation du maïs, originaire d'Amérique Centrale, était prospère grâce à cette pratique trois fois millénaire (de 2500 av. J.-C. à 800 ap. J.-C.). L'excès d'eau était un obstacle permanent à la production alimentaire et, indirectement, à la croissance des cités. Les schémas de production agricole et de gestion de la relation sol-eau se sont toutefois révélés efficaces; ils auraient pu soutenir la grande population urbaine et non-agricole pendant une longue période, peut-être indéfiniment. La raison pour laquelle la civilisation maya s'éteignit après 800 ap. J.-C. n'est pas claire, mais il est évident que la structure sociale autocratique et les développements culturels sophistiqués avaient un rapport avec la gestion intensive des sols à faible drainage du climat tropical. Un système intégral de gestion du sol et de l'eau s'était développé et, apparemment, se maintenait; il n'existe aucun motif à son déclin ou aucune preuve de sa mauvaise gestion par les Mayas. Aujourd'hui, les structures de cet arrangement sol-eau sont délaissées alors qu'elles pourraient être réhabilitées et fournir une ressource en eau et en sol dans cette région [10].

Concepts et leçons heuristiques

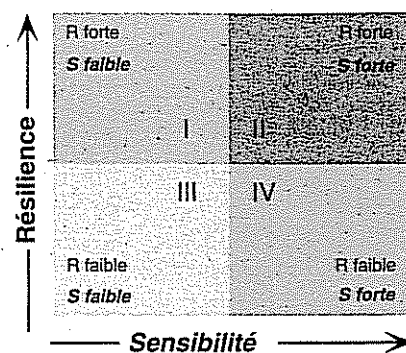
Comment les théories du changement et de la stabilité des écosystèmes peuvent-elles s'accommoder de ces exemples historiques de perturbations anthropiques des systèmes sol-eau? Comment peuvent-elles les réunir pour nous inspirer, aujourd'hui, des possibilités d'utilisation et de gestion de l'eau et du sol? Est-ce que ces exemples nous permettent encore une consom-

mation irraisonnée des ressources en sol et en eau, sans souci du futur? Pouvons-nous prétendre que les écosystèmes perturbés se restaureront et se stabiliseront d'eux-mêmes? Sommes-nous sûrs que nos civilisations modernes pourront imperturbablement poursuivre leur marche lorsque les ressources seront épuisées?

L'image d'une balance à deux plateaux est utile pour se représenter ces questions (Fig. 1). Etant donné que la balance peut se stabiliser à une position parmi d'autres et qu'il existe un mouvement continu entre perturbation et conservation, comment la décision d'une position «correcte» ou «désirable» peut-elle être prise? Est-ce qu'une position choisie doit être rigoureusement fixée? Doit-on lui accorder une flexibilité dans le temps et selon les différentes cultures humaines qui, chacune, utilisent un système sol-eau- plante singulier?

La représentation de la balance peut être augmentée d'une matrice de prise de décision. Prenons une matrice deux fois deux (Tab. 2) qui a pour coordonnées les concepts de «sensibilité» et de «résilience» à faible et haute intensité [1].

La façon de percevoir, définir et quantifier la sensibilité et la résilience des ressources en eau et en sol, est un rude défi pour les scientifiques de l'environnement, les gestionnaires des ressources naturelles, les responsables politiques et les gens en général. Les exemples historiques nous enseignent que les utilisations et gestions des ressources en eau qui sont faites en accord avec le sol jouent un rôle central



Tab. 2

Matrice sensibilité-résilience:

Les systèmes sol-eau qui sont peu sensibles et très résilients (I) sont ceux que les humains peuvent perturber.

Ceux qui sont très sensibles et peu résilients (IV) doivent être préservés de l'interférence humaine.

Les combinaisons «haute sensibilité + forte résilience» (II, par ex. les zones humides) et «faible sensibilité + faible résilience» (III, par ex. les zones désertiques) sont des situations intermédiaires.

dans le développement, la persistance et le déclin des civilisations complexes et centrées sur la ville. Nous devons définir la sensibilité de notre sol et de nos ressources en eau. Nous devons discerner leur niveau de résilience lorsqu'ils sont employés, protégés et conservés par les nations industrialisées et développées. L'eau est souvent considérée comme une «ressource renouvelable» à l'intérieur du cycle hydrologique, tandis que le développement et le renouvellement du sol sont peu compris par la plupart des gens des sociétés modernes. Cela mène souvent à croire que l'eau et le sol ne sont pas des déterminants principaux ou des supports de nos modes de vie. Or l'histoire nous montre qu'à nos risques et Périls, nous avons négligé la conservation du sol et des ressources en eau

[1] P. Blaikie, and H. Brookfield (1987) *Land Degradation and Society*, Methuen, London.

[2] E.P. Odum (1969), The strategy of ecosystem development, *Science*, 164, 262-270

[3] S.R. Reice (1994), Nonequilibrium determinants of biological community structure, *Am. Scientist*, 82, 424-435.

[4] Council of Biology Editors (1994), *Scientific Style and Format*, 6th Edn., Cambridge Univ. Press.

[5] D. Hillel (1994), *Rivers of Eden*, Oxford University Press, New York; and W.C. Lowdermilk (1953), *Conquest of the Land through 7000 Years*, Agric. Bull. No. 99, U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, Washington, DC.

[6] M.J. Cary and T.J. Haarhoff (1961). *Life and thought in the Greek and Roman World*, University Paperbacks, Methuen, London.

[7] Hyams, E. (1976), *Soil and Civilization*, Harper and Colophon Books, New York.

[8] Peter A. Furlley, Ed. (1989) *Advances in Environmental and Biogeographical Research in Belize*, Chapter 5, Biogeographical Monographs No.3, Univ. of Edinburgh.

[9] K.V. Flannery (ed.) (1982), *Maya Subsistence*, Academic Press, New York.

[10] D.J. Hillel (1991), *Out of the Earth*, The Free Press, New York.

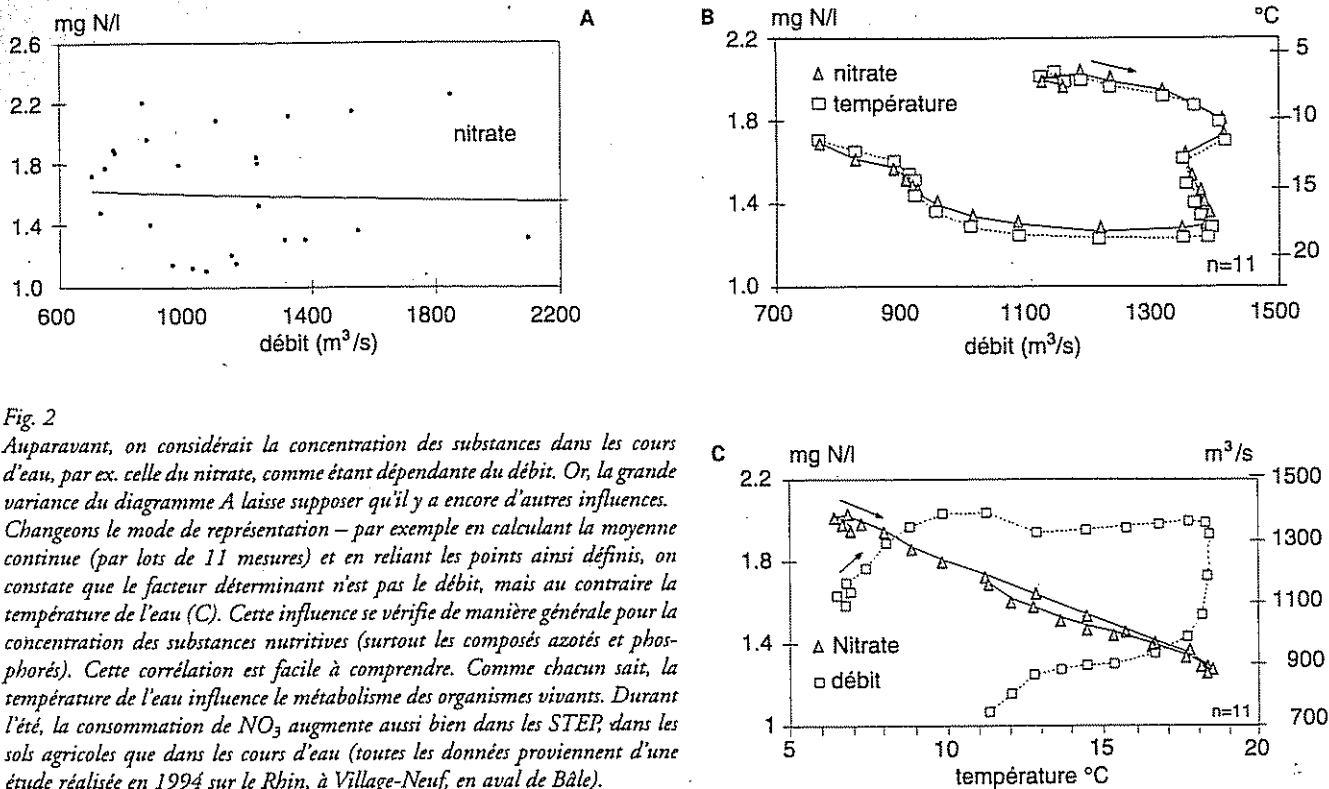


Fig. 2

Auparavant, on considérait la concentration des substances dans les cours d'eau, par ex. celle du nitrate, comme étant dépendante du débit. Or, la grande variance du diagramme A laisse supposer qu'il y a encore d'autres influences. Changeons le mode de représentation – par exemple en calculant la moyenne continue (par lots de 11 mesures) et en reliant les points ainsi définis, on constate que le facteur déterminant n'est pas le débit, mais au contraire la température de l'eau (C). Cette influence se vérifie de manière générale pour la concentration des substances nutritives (surtout les composés azotés et phosphorés). Cette corrélation est facile à comprendre. Comme chacun sait, la température de l'eau influence le métabolisme des organismes vivants. Durant l'été, la consommation de NO_3 augmente aussi bien dans les STEP, dans les sols agricoles que dans les cours d'eau (toutes les données proviennent d'une étude réalisée en 1994 sur le Rhin, à Village-Neuf, en aval de Bâle).

de disposer de séries d'observations s'étalant sur plusieurs années, indépendamment du mode de représentation graphique choisi. Or, les conditions hydrologiques d'un cours d'eau varient fortement d'une année à l'autre de sorte qu'il devient difficile de comparer simplement les années successives.

Ces 25 dernières années, les problèmes relatifs à la protection des eaux ont évolué. Qu'est-ce qui t'a frappée dans cette évolution?

A mon avis, il faut retenir deux évolutions. Auparavant, les problèmes écologiques se manifestaient de manière plutôt visible – par ex. l'eutrophisation. Ils étaient en outre imputables à des substances dont l'élimination par réaction naturelle ou par traitement technique s'inscrivait dans un laps de temps «calculable». En revanche, les problèmes d'aujourd'hui sont le plus souvent invisibles et imputables à des micropolluants synthétisés d'origine anthropique. Selon les cas, les substances chimiques perdurent très longtemps dans le système hydrologique [3].

Mais c'est la complexité des problèmes qui porte le plus à conséquence. Nous commençons seulement à com-

prendre les effets des micropolluants sur certains organismes et sur certains écosystèmes. Leur comportement me rappelle les avertissements lancés voici près de 30 ans déjà par Rachel Carson qui constatait, dans son livre «Der stumme Frühling», que le DDT est susceptible de provoquer des dégâts absolument inattendus, et ce, même en concentrations infimes. La situation devient surtout inquiétante lorsque des substances largement utilisées sont soupçonnées de provoquer des altérations dans les systèmes biologiques, et ce, à partir de concentrations ne dépassant guère les valeurs limites prescrites par la loi, ou lorsque la dégradation de substances inoffensives génère des métabolites entraînant de grands risques [4].

Quelles sont dès lors tes conclusions?

Si on considère la longue durée de vie de certaines substances chimiques et les effets néfastes qu'elles peuvent induire à des concentrations infimes déjà, force est d'admettre que les conséquences pour notre action sont claires: la mission de la protection des eaux doit être redéfinie. Il s'agit moins de mesurer avec fiabilité la concentration de ce qui ne devrait pas se trouver dans

l'eau que de prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter à tous les niveaux que ces substances polluantes ne parviennent dans l'eau [5] – si tant est qu'on puisse techniquement atteindre cet objectif, sans parler des ressources financières nécessaires.

De ce fait, les chiffres et les objectifs changent de valeur. Nous ne pouvons pas attendre de disposer des données chiffrées suffisamment fiables pour prouver l'existence d'un problème. De même, pour atteindre les objectifs de la protection des eaux, il ne suffit pas de lutter contre les symptômes: il faut davantage mettre l'accent sur les mesures préventives.

- [1] Zukunftsfähiges Deutschland, ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Birkhäuser Verlag, Basel.
- [2] Wiss. Beirat der Bundesregierung (Deutschland): globale Umweltveränderungen (Wasserbereich). Jährliche Forschungsberichte im Economica-Verlag, Bonn.
- [3] voir EAWAG news 40f
- [4] Theo Colborn et al. «Our stolen Futures», Dutton, New York, 1996
- [5] Joan S. Davis: Ist Wasser mehr als H_2O ? Das Lebenselement zwischen Mythos und Molekül, Vortragsreihe «pantha rhei» der Hans Erni Stiftung, Luzern (1995).
- [6] Jakob, J., Liechti, P., Schädler, B. «Temperatur in Schweizer Gewässern – Quo vadis», GWA, 4, 1996.

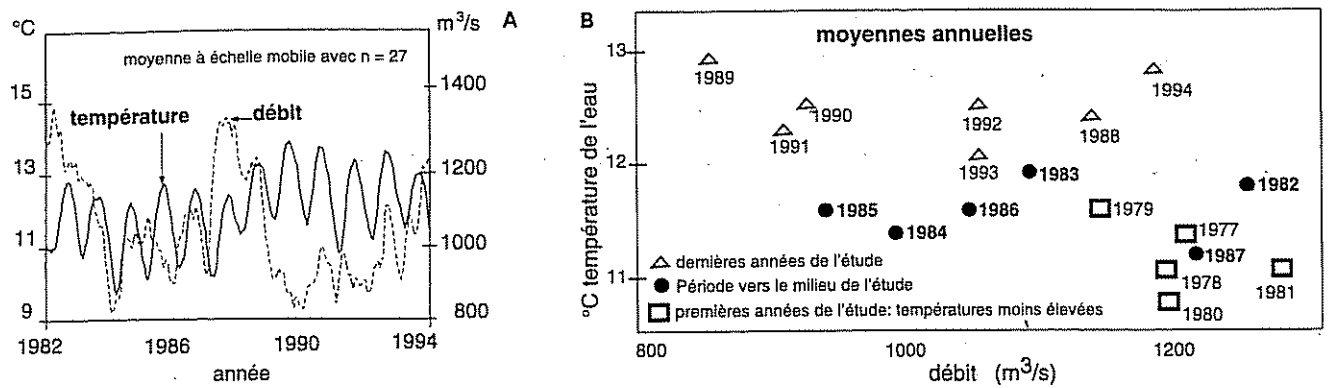


Fig. 1

A l'instar de nombreuses substances nutritives et autres, la température de l'eau joue également un rôle très important. Elle permet en effet de mettre en évidence certaines influences sur l'état des cours d'eau. Ainsi, on observe par exemple sur le diagramme de gauche (A) une nette augmentation de la température en dépit des fortes fluctuations annuelles. Le diagramme de droite (B) illustre encore mieux cette évolution. En (B), on compare les

années en fonction des températures et des débits enregistrés. L'augmentation de la température est significative: elle atteint presque 2 degrés, mais seule une très petite partie de cette augmentation est imputable à des influences anthropiques [Rhin: Village-Neuf, en aval de Bâle]. Quelles sont les conséquences de ce réchauffement? Comment la biocénose réagit-elle à cette évolution? [6]

siques dans les cours d'eau a beaucoup profité d'un autre programme de recherche à long terme. Il s'agit du projet intitulé «Vallée alpine», lancé par l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP), sis à Birmensdorf. Ce projet était placé sous la responsabilité de Hans Keller, avec qui nous avons eu des échanges d'idées et d'informations très fructueux dès le début des travaux du programme NADUF. Voici trois ans, Hans Keller a été victime d'un accident mortel en montagne. C'est alors que nous avons essayé – nous, c'est-à-dire quelques-uns de ses collègues et moi-même – de donner une suite à ses travaux d'évaluation. Nos efforts conjugués ont alors donné naissance à un travail de recherche sur l'analyse des différences entre les cours d'eau de petite importance, peu sujets aux influences anthropiques, et les cours d'eau de grande importance, dont certains sont soumis à un impact anthropique très fort. L'objectif de ce travail consiste à faire la part des influences naturelles et des influences anthropiques dans les fluctuations des concentrations de certains substances dans les cours d'eau.

Mes recherches sur l'état des cours d'eau m'ont peu à peu amené à me consacrer à l'étude des mesures à prendre pour la protection des cours d'eau, un niveau moins facile à quantifier. Il s'agit ici d'évaluer les causes de l'impact sur les cours d'eau afin de pouvoir ensuite élaborer des mesures appli-

cables à la source. Cette réflexion élémentaire s'inscrit dans le cadre des efforts actuels fournis pour augmenter la durée de vie des réserves de matières premières et pour réduire l'ampleur des atteintes à l'environnement. A ce propos, j'ai beaucoup apprécié de pouvoir siéger dans le conseil scientifique consultatif du projet «Allemagne durable» lancé par l'Institut de Wuppertal [1]. J'ai également participé à deux autres projets consacrés au thème de l'eau et de la durabilité, dont l'objectif primordial est de mettre à la disposition des décideurs les résultats des recherches scientifiques et l'évaluation des problèmes du point de vue des spécialistes. L'un de ces projets est destiné au Conseil scientifique consultatif du Gouvernement allemand sur les changements globaux de l'environnement [2]. Quant à l'autre projet, il porte sur les indicateurs environnementaux pour les décideurs dans l'Union européenne.

Tes recherches sur les cours d'eau couvrent un large domaine. Comment en définir le fil rouge?

Il s'agit moins d'un fil rouge que d'un écheveau – dans lequel je distinguerai tout de même trois fils d'Ariane. Deux d'entre eux relèvent de l'interprétation. Il s'agit d'une part de l'étude de l'état des cours d'eau et, d'autre part, de la mise en évidence des détériorations, voire des améliorations de l'état des cours d'eau. Enfin, le troisième fil

conducteur peut se résumer ainsi: il faut augmenter la pertinence des évaluations scientifiques et en présenter les conclusions de manière accessible même pour les profanes. Ces efforts ont une justification historique. Auparavant, la statistique était la méthode d'évaluation par excellence des données chiffrées. La variance, c'est-à-dire la dispersion par rapport à la norme comportementale, représentait le critère d'appréciation déterminant. Or, les données ainsi considérées ne rendent guère compte du mode de comportement caractérisant le cours d'eau étudié. Par conséquent, la compréhension du cours d'eau demeure trop souvent insuffisante pour pouvoir distinguer les fluctuations à court terme des modifications à long terme. Certes, on s'est depuis assez longtemps efforcé de trouver des représentations graphiques simples. Mais même si celles-ci sont aisées à comprendre, elles pèchent souvent par leur degré de simplification, ce qui peut évidemment conduire à de fausses interprétations. Etant donné la complexité des influences sur les substances présentes dans les cours d'eau, j'ai toujours voulu représenter mes résultats de manière claire et compréhensible. J'ai donc été amenée à chercher de nouveaux modes de représentation graphique (voir fig. 2 comme exemple). Toutefois, lorsqu'il s'agit de représenter l'évolution d'un cours d'eau et non plus seulement son état à un moment donné, il est nécessaire

Conférence de la femme à Pékin – Statut de la femme à l'EAWAG

La Conférence de la femme à Pékin a incité le monde entier à réfléchir à la position de la femme dans la famille, dans la société et en politique. Comme dans bien d'autres cas, l'enjeu se situe dans la mise en oeuvre concrète, par exemple à l'EAWAG.

A l'heure actuelle, on compte 32% de doctorantes à l'EAWAG, contre à peine 14% de chercheuses bénéficiant d'un contrat de travail (voir diagramme). Le potentiel de femmes disposant d'une solide formation scientifique n'est donc visiblement pas exploité à cent pour cent. On ne peut imputer ce déficit au décalage temporel entre la formation et l'engagement, car la proportion des jeunes femmes scientifiques parmi les chercheuses à temps fixe n'est pas en hausse, contrairement à ce qu'on pourrait attendre.

Faut-il croire que les femmes ne veulent pas ou qu'elles ne peuvent pas? Cette alternative est mal posée. Nous sommes en présence d'un cercle vicieux qu'il s'agit de démasquer et de corriger par des mesures concrètes dans le cadre de l'EAWAG.

L'écart entre le nombre des femmes occupant des positions supérieures et celui des doctorantes semble relativement facile à expliquer.

Notre société privilégie les hommes lors de l'engagement parce qu'ils garantissent une meilleure continuité: on continue de s'imaginer que les hommes, en leur qualité de pilier économique de la famille, sont davantage tributaires de leur emploi. Par ailleurs, le «risque» d'une défection en cas de maternité continue d'être considéré comme plus important que le temps que passent les hommes (suisses) à faire leur service militaire.

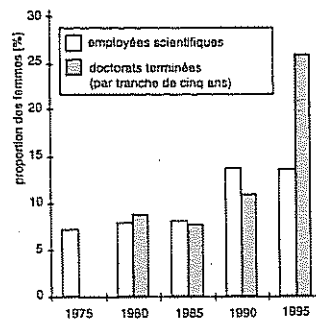
On voit déjà que l'alternative susmentionnée induit en erreur, puisque la prétendue question de la femme touche en fait aux possibilités des femmes comme à celles des hommes.

Imaginez le scénario suivant: un couple de scientifiques doit décider, pour des raisons familiales, lequel des deux réduira le temps qu'il consacre à sa profession. Que ce soit la femme ou l'homme, le couple se trouve confronté dans les deux cas au fait qu'il n'existe guère de postes à temps partiel et qu'une éventuelle interruption de la carrière universitaire serait liée à des difficultés insoupçonnées de réinsertion, l'évolution technique ayant fait son chemin entre-temps. Comme il est beaucoup plus inhabituel qu'un homme abandonne son activité professionnelle, les conséquences sont encore plus marquantes. Voilà pourquoi l'abandon de la femme est très souvent choisi comme étant la solution du moindre mal. Mais la répartition traditionnelle des rôles s'en trouve ainsi renforcée – et le cercle vicieux se referme...

Femmes et hommes devraient donc pouvoir mieux concilier famille et profession.

En ce qui concerne l'EAWAG, on pourrait commencer par créer des emplois à temps partiel dans la recherche également. Grâce à cette mesure, davantage de femmes pourraient certainement mener une carrière universitaire sans renoncer pour autant à la famille.

Rien que notre conception de la modernité et de l'égalité devrait suffire à nous faire rompre enfin ce cercle vicieux. Mais l'argument majeur pour la science réside ailleurs, à savoir dans les avantages de l'emploi à temps partiel. En effet, la recherche étant synonyme d'imagination et de création, il y a avantage à disposer de personnes employées à temps partiel car, comme le démontrent des études toujours plus nombreuses, ces per-



Sources: Rapport annuel de l'EAWAG et communications du Service du personnel. Au cours de la première période, d'une durée de cinq ans, neuf personnes ont obtenu le titre de docteur. Celles-ci ne comprenaient aucune femme.

sonnes sont à la fois plus productives et plus motivées dans la mesure où elles gèrent mieux leur temps de travail.

A l'heure actuelle, l'EAWAG compte quelque 40% de chercheuses à temps partiel, contre 12% à peine d'homologues masculins. Cette répartition reflète bien le partage traditionnel des rôles entre hommes et femmes ainsi que sa dynamique immanente. Les membres de la Commission pour la femme plaident par conséquent pour une harmonisation judicieuse du travail et de la vie privée, c'est-à-dire en particulier pour le développement des postes à temps partiel à l'EAWAG, notamment dans les fonctions supérieures. Nous plaçons également pour une plus grande flexibilité au niveau des horaires de travail, que ce soit à l'échelle hebdomadaire ou annuelle.

Katja Knauer*

* Doctorante en biogéochimie et membre de la Commission pour la femme. Depuis 1993, l'EAWAG dispose d'un groupe de travail actif chargé de la mise en oeuvre des directives concernant l'amélioration de la représentation et de la position professionnelle du personnel féminin dans toute l'administration fédérale. Ce groupe de travail est constitué en partie des femmes qui ont institué en été 1991 le repas mensuel des femmes.

Depuis novembre 1993, les parents peuvent confier la surveillance de leur progéniture (dès 2 mois et jusqu'à l'âge du jardin d'enfant) au pavillon des enfants installé dans l'enceinte du LFEM et de l'EAWAG.

De concert avec la direction et les représentants du personnel, des cours ont été lancés à différents niveaux (cours de cadres, cours linguistiques) pour faciliter la formation continue des femmes.

L'EAWAG est désormais sur Internet

L'EAWAG est désormais accessible via le World Wide Web (WWW) d'Internet. Vous trouverez sa page d'accueil à l'adresse suivante: <http://www.eawag.ch>. En ouvrant cette fenêtre informatique sur ses activités, l'EAWAG poursuit les objectifs suivants:

- se faire connaître grâce à une brève présentation accompagnée d'un plan pour l'itinéraire d'accès;
- faciliter les contacts avec les divisions de recherche;
- présenter son offre en matière de cours, de séminaires, de publications, de logiciels, etc. avec possibilité de commander ou de s'annoncer.

Mis à part quelques pages rédigées en allemand, la page d'accueil n'est actuellement disponible qu'en anglais. En voici les principales rubriques:

General information

Bref aperçu des activités de l'EAWAG, ainsi qu'un descriptif de l'itinéraire d'accès.

Research Departments

Brève description des diverses activités des divisions de recherche de l'EAWAG et les adresses respectives.

Courses and Events

Programme des cours PEAK de l'EAWAG et informations con-

cernant les autres cours donnés par l'EAWAG ou avec sa collaboration.

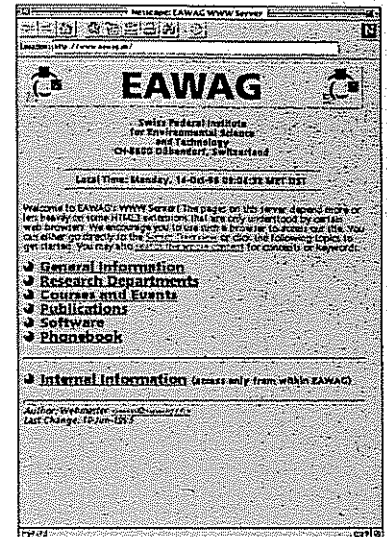
Publications

Tables des matières des EAWAG news (commandes d'exemplaires isolés et abonnements possibles).

Titres des volumes de publications spéciales de l'EAWAG, bibliographie et liste des derniers articles parus écrits par les collaborateurs de l'EAWAG dans la presse spécialisée.

Software

Aperçu de l'offre en logiciels commercialisés par l'EAWAG dans le domaine de l'environnement: AQUASIM, ASIM, CHEMSEE, Mac MicroQL, MASAS, SIMBOX.



Phonebook

Accès à l'annuaire téléphonique interne de l'EAWAG (bureaux, numéros de téléphone et adresses E-mail).

Nous invitons tous les intéressés à venir consulter la page d'accueil de l'EAWAG.

Le groupe de travail sur les Algues de l'EAWAG

Au début de 1993, un groupe physiologique interdisciplinaire s'est formé à l'EAWAG. Une fois par mois, le groupe se rencontre pour discuter des divers travaux de recherches en cours ou en projet ainsi que des travaux de diplôme et de thèses consacrés aux algues. De temps à autre, des spécialistes

de l'extérieur sont invités à faire part de leurs recherches dans un cadre informel. De plus amples informations peuvent être obtenues auprès de:

Renata Behra (limnologie),
Nina Schweigert (microbiologie),
Bettina Rinne (physique de l'environnement).

Suite de la page 5

appliqués. Ce genre de contrôle est actuellement plutôt rare [8], ce qui est sans doute imputable entre autres au fait qu'aucune méthodologie standardisée n'existe encore en Suisse pour évaluer les cours d'eau du point de vue écologique. Pour pallier cette lacune, l'EAWAG a lancé plusieurs études sur les méthodes permettant d'évaluer différents paramètres qualitatifs des eaux (p. ex. la morphologie, la biologie benthique, l'ichtyofaune). A cheval entre la pratique

de la protection des eaux et les recherches de l'EAWAG, ces méthodes sont appelées à devenir des

instruments applicables à grande échelle pour le bien de nos cours d'eau.

- [1] Schlussbericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe Restwasser (Vorsitz: Nationalrat Dr. E. Akeret), August 1982.
- [2] BRP/BUWAL (1991): Landschaft unter Druck. Zahlen und Zusammenhänge über Veränderungen in der Landschaft Schweiz (Beobachtungsperiode 1972-1983). EDMZ, Bern.
- [3] BRP/BUWAL (1994): Landschaft unter Druck. Fortschreibung. Zahlen und Zusammenhänge über Veränderungen in der Landschaft Schweiz. Beobachtungsperiode 1978-1989. EDMZ, Bern.
- [4] Bundesgesetz betreffend die Fischerei (vom 21. Dezember 1888).
- [5] Bundesgesetz über den Wasserbau (vom 21. Juni 1991)
- [6] Verordnung über den Wasserbau (vom 2. November 1994)
- [7] Bach, M., Fabis J. und Frede, H.-G. (1994): Schutzfunktionen von Uferstreifen für Gewässer im Mittelgebirgsraum. Wasserwirtschaft 84 (1994), 524-527.
- [8] Lehmann, R., Imhof, A. (1995): Stand der Fließgewässerraturierung in der Schweiz. Eine Umfrage bei den kantonalen Wasserbauämtern. Ingenieurbio 4 (1995), 3-7.

ting Diode of High Intensity. Meas. Sci. Technol. 6, 1081-1085 (1995).

2035 **Hoigné, J.**: Réactions de l'ozone et des radicaux OH[•] en traitement de l'eau, dans la troposphère et dans les nuages. Journée d'étude de CEBEDEAU. Tribune de l'eau No. 575/3, 31-37 (1995).

2036 **Fent, K.**: Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt: Erkenntnisstand und Probleme. Fachgespräch «Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung», Berlin 9.-10.3.1995. Texte 65/95 des Umweltbundesamtes, S. 45-56.

2037 **Egli, T.**: Microbial Ecophysiology and Growth Kinetics During Mixed-substrate/Multiple-nutrient-limited Growth: Implications for Pollutant Degradation in the Environment. OECD Documents Bioremediation: the Tokyo '94 Workshop, OECD 1995, pp. 419-426.

2038 **Imhof, A.**: Ufergehölze und die Lebensgemeinschaft des Baches. GAIA 4, 150-158 (1995).

2039 **Uehlinger, U., Naegeli, M.W., Meyer, E.I.**: Schlüsselprozesse im Energiehaushalt von Fließgewässern: Primärproduktion und Respiration. GAIA 4, 166-173 (1995).

2040 **Wanner, O., Cunningham, A.B., Lundman, R.**: Modeling Biofilm Accumulation and Mass Transport in a Porous Medium Under High Substrate Loading. Biotechnol. Bioengng. 47, 703-712 (1995).

2041 **Lendenmann, U., Egli, T.**: Is *Escherichia coli* Growing in Glucose-limited Chemostat Culture Able to Utilize Other Sugars Without Lag? Microbiology 141, 71-78 (1995).

2042 **Xue, H., Kistler, D., Sigg, L.**: Competition of Copper and Zinc for Strong Ligands in a Eutrophic Lake. Limnol. Oceanogr. 40(6), 1142-1152 (1995).

2043 **Kari, F.G., Giger, W.**: Modeling the Photochemical Degradation of Ethylenediaminetetraacetate in the River Glatt. Environ. Sci. & Technol. 29, 2814-2827 (1995).

2044 **Semlitsch, R.D., Foglia, M., Mueller, A., Steiner, I., Fioramonti, E., Fent, K.**: Short-term Exposure to Triphenyltin Affects the Swimming and Feeding Behavior of Tadpoles. Environ. Toxicol. & Chem. 14, 1419-1423 (1995).

2045 **Gloor, E.U.**: Methode der Temperaturmikrostruktur und deren Anwendung auf die Bodengrenzschicht in geschichteten Wasserkörpern. Diss. ETHZ Nr. 11'336, Zürich 1995.

2046 **Mottier, V., Bucheli, T., Kobler, D., Ochs, M., Zobrist, J., Ammann, A., Eugster, J., Müller, S., Schönberger, R., Sigg, L., Boller, M.**: Qualitative Aspects of Roof Runoff. 8th Junior Eur. Workshop «Urban Rainwater: Resourcefully Used», Deventer NL, 22-25.9.1995, 13 pp.

2047 **Caprioli, R.M., Suter, M.J.-F.**: Mass Spectrometry. In: «Introduction to Biophysical Methods for Protein and Nucleic Acid Research», J.A. Glasel, M.P. Deutscher (Eds.). Academic Press, San Diego 1995, pp. 147-204.

2048 **Peter, A.**: Lebensraumänderungen in Fließgewässern - eine fischbiologische Perspektive. GAIA 4, 159-165 (1995).

2049 **Voorhorst, W.G.B., Eggen, R.I.L., Luesink, E.J., de Vos, W.M.**: Characterization of the *celB* Gene Coding for β -Glucosidase from the Hyperthermophilic Archaeon *Pyrococcus furiosus* and Its Expression and Site-directed Mutation in *Escherichia coli*. J. Bacteriol. 177, 7105-7111 (1995).

2050 **Von Gunten, U., Hoigné, J.**: Ozonation of Bromide-containing Waters: Bromate Formation Through Ozone and Hydroxyl Radicals. In: «Disinfection By-Products in Water Treatment», R.A. Minear, G.L. Amy (Eds.). CRC Press Inc., Boca Raton 1996, pp. 187-206.

2051 **Zehnder, A.J.B.**: Altlasten: Lösungsansätze aus Sicht der Umweltwissenschaften und des Risk Management. VSA-Verbandsber. Nr. 493, 194. VSA-Mitgl.-Versamml. vom 18.11.1994 in Bern, S. 3-9.

2052 **Gloor, M., Kocsis, O., Omlin, M., Schurter, M., Wüest, A.**: Temperaturmikrostrukturen. Eine Methode zur Bestimmung der Mischungintensität in geschichteten Gewässern. Gas, Wasser, Abwasser 75, 1087-1096 (1995).

2053 EAWAG-Projekt Integrierte Siedlungsentwässerung Fallstudie Fehraltorf. VSA-Verbandsber. Nr. 490, 193. Mitgl.-Versamml. vom 2.9.1994 in Zürich. [Gas, Wasser, Abwasser 74, 114-122 (1994); 75, 34-46, 243-259, 315-328, 394-407, 470-490 (1995).]

2054 **Baulch, D.L., Cobos, C.J., Cox, R.A., Frank, P., Haymap, G., Just, T., Kerr, J.A., Murrells, T., Pilling, M.J., Troe, J., Walker, R.W., Warnatz, J.**: Evaluated Kinetic Data for Combustion Modeling, Supplement I. J. Phys. Chem. Ref. Data 23, 847-1033 (1994).

2055 **Karametaxas, G., Hug, S.J., Sulzberger, B.**: Photodegradation of EDTA in the Presence of Lepidocrocite. Environ. Sci. & Technol. 29, 2992-3000 (1995).

2056 **Escher, B.I., Schwarzenbach, R.P.**: Partitioning of Substituted Phenols in Liposome-Water, Bioimembrane-Water, and Octanol-Water Systems. Environ. Sci. & Technol. 30, 260-270 (1996)

2057 **Boller, M., Häflicher, M.**: Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas, Wasser, Abwasser 76, 3-15 (1996).

2058 **Nowack, B., Sigg, L.**: Adsorption of EDTA and Metal-EDTA Complexes onto Goethite. J. Colloid & Interface Sci. 177, 106-121 (1996).

2059 **Von Schulthess, R., Gujer, W.**: Release of Nitrous Oxide (N₂O) from Denitrifying Activated Sludge: Verification and Application of a Mathematical Model. Water Res. 30, No. 3, 521-530 (1996).

2060 **Hupfer, M., Gächter, R., Giovanoli, R.**: Transformation of Phosphorus Species in Settling Seston and During Early Sediment Diagenesis. Aquatic Sci. 57, No. 4, 305-324 (1995).

2061 **Akeret, B.**: Specific Density of Resting Eggs and Adult Morphology of *Leptodora kindtii* (Focke, 1844) (Cladocera). Crustaceana 68, No. 6, 751-758 (1995).

2062 **Hofmann, M.**: Umweltrisiken und -schäden in der Haftpflichtversicherung. Hintergründe - Schadenanalysen - Kostenkalkulationsmodell. Schrr. Verbraucherschutz, Produktionssicherheit, Umweltschutz 3, Verlag Versicherungswirtschaft VVW, Karlsruhe 1995, 200 Seiten. ISBN 3-88487-518-3.

2063 **Klausen, J.**: Abiotic Redox Transformations of Aromatic Nitro and Amino Compounds in Suspensions of Soil Minerals. Laboratory Studies in Batch and Flow-Through Systems. Diss. ETHZ No. 11'206, Zürich 1995.

2064 **Baumgartner, S.M.M.**: Kosmogene Radioisotope im Pleistozän des Summit-

Publications

- 2005 **Bloesch, J., Hohmann, D., Lee-mann, A.:** Die Limnologie des Oeschinen-sees, mit besonderer Berücksichtigung des Planktons, der Sedimentation und der Schwemetallbelastung. Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, NF 52, 121–145 (1995).
- 2006 **Beer, J., Joos, F., Lukasczyk, C., Mende, W., Rodriguez, J., Siegenthaler, U., Stellmacher, R.:** ^{10}Be as an Indicator of Solar Variability and Climate. In: «The Solar Engine and Its Influence on Terrestrial Atmosphere and Climate», E. Nesme-Ribes (Ed.). NATO ASI Ser., Vol. 1/25. Springer-Verlag Berlin & Heidelberg 1994, pp. 221–233.
- 2007 **Brüschweiler, B.J., Würgler, F.E., Fent, K.:** Cytotoxicity in Vitro of Organotin Compounds to Fish Hepatoma Cells PLHC-1 (*Poeciliopsis lucida*). Aquatic Toxicology 32, 143–160 (1995).
- 2008 **Bucheli, T.D., Fent, K.:** Induction of Cytochrome P450 as a Biomarker for Environmental Contamination in Aquatic Ecosystems. Critical Reviews in Environ. Sci. & Technol. 25(3), 201–268 (1995).
- 2009 **Beer, J., Sturm, M.:** Dating of Lake and Loess Sediments. Radiocarbon 37, 1, 81–86 (1995).
- 2010 **Bloesch, J.:** Mechanisms, Measurement and Importance of Sediment Resuspension in Lakes. Marine Freshwater Res. 46, 295–304 (1995).
- 2011 **Hupfer, M., Gächter, R., Rüeegg, H.:** Polyphosphate in Lake Sediments: ^{31}P NMR Spectroscopy as a Tool for its Identification. Limnol. Oceanogr. 40(3), 610–617 (1995).
- 2012 **Fent, K., Hunn, J.:** Organotins in Freshwater Harbors and Rivers: Temporal Distribution, Annual Trends and Fate. Environ. Toxicol. & Chem. 14(7), 1123–1132 (1995).
- 2013 **Harms, H., Wilkes, H., Wittich, R.-M., Fortnagel, P.:** Metabolism of Hydroxydibenzofurans, Methoxydibenzofurans, Acetoxydibenzofurans, and Nitrodibenzofurans by *Sphingomonas* sp. Strain HH69. Appl. Environ. Microbiol. 61(7), 2499–2505 (1995).
- 2014 **Lupi, C.G., Colangelo, T., Mason, C.A.:** Two-Dimensional Gel Electrophoresis Analysis of the Response of *Pseudomonas putida* KT2442 to 2-Chlorophenol. Appl. Environ. Microbiol. 61(8), 2863–2872 (1995).
- 2015 **Hajdas, I., Zolitschka, B., Ivy-Ochs, S.D., Beer, J., Bonani, G., Leroy, S.A.G., Negendank, J.W., Ramrath, M., Suter, M.:** AMS Radiocarbon Dating of Annually Laminated Sediments From Lake Holzmaar, Germany. Quaternary Sci. Rev. 14, 137–143 (1995).
- 2016 **Ivy-Ochs, S., Schlüchter, C., Kubik, P., Beer, J.:** Das Alter der Egesen-Moräne am Julierpass. Geowiss. 13(8/9), 313–315 (1995).
- 2017 **Baccini, P., Oswald, F.:** «Achtung: die Schweiz» ein Aufruf 1955 – eine Replik 1995. Neue Zürcher Ztg. Nr. 189, 17.8.1995.
- 2018 **Boller, M.:** Abwasserentsorgung im ländlichen Raum. Gas, Wasser, Abwasser 75(7), 522–532 (1995).
- 2019 **Baumer, P., Volkart, P., Bretscher, U., Krebs, P.:** Untersuchungen zur Verbesserung der Strömung in den Nachklärbecken der Kläranlage Einsiedeln. Korrespondenz Abwasser 42(4), 598–612 (1995).
- 2020 **Krebs, P., Vischer, D., Gujer, W.:** Inlet-Structure for Final Clarifiers. J. Environ. Engineering 121(8), 558–564 (1995).
- 2021 **Albrecht, A., Reichert, P., Beer, J., Lück, A.:** Evaluation of the Importance of Reservoir Sediments as Sinks for Reactor-derived Radionuclides in Riverine Systems. J. Environ. Radioactivity 28(3), 239–269 (1995).
- 2022 **Sulzberger, B., Laubscher, H.:** Reactivity of Various Types of Iron(III) (Hydr)oxides Towards Light-induced Dissolution. Marine Chemistry 50 103–115 (1995).
- 2023 **Klausen J., Tröber, S.P., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.:** Reduction of Substituted Nitrobenzenes by Fe(II) on Aqueous Mineral Suspensions. Environ. Sci. & Technol. 29(9), 2396–2404 (1995).
- 2024 **Cini Castagnoli, G., Albrecht, A., Beer, J., Bonino, G., Shen, C., Callegari, E., Taricco, C., Dittrich-Hannen, B., Kubik, P., Suter, M., Zhu, G.M.:** Evidence for Enhanced ^{10}Be Deposition in Mediterranean Sediments 35 Kyr BP. Geophys. Res. Lett. 22(6), 707–710 (1995).
- 2025 **Ammann, A.A., Rüttimann, T.B.:** Simultaneous Determination of Small Organic and Inorganic Anions in Environmental Water Samples by Ion-exchange Chromatography. J. Chromatogr. A 706, 259–269 (1995).
- 2026 **Hug, S.J., Dietliker, K.:** Conference Report. Solar Energy & Solar Cells 38, 3–8 (1995).
- 2027 **Ulrich, M.M., Imboden, D.M., Schwarzenbach, R.P.:** MASAS – A User-friendly Simulation Tool for Modelling the Fate of Anthropogenic Substances in Lakes. Environ. Software 10, 177–198 (1995).
- 2028 **Tengberg, A., De Bovee, F., Hall, P., Berelson, W., Chadwick, D., Ciceri, G., Crassous, P., Devol, A., Emerson, S., Gage, J., Glud, R., Graziottini, F., Gundersen, J., Hammond, D., Helder, W., Hinga, K., Holby, O., Jahnke, R., Khripounoff, A., Liebermann, S., Nuppenau, V., Pfannkuche, O., Reimers, C., Rowe, G., Sahami, A., Sayles, F., Schurter, M., Smallman, D., Wehrli, B., De Wilde, P.:** Benthic Chamber and Profiling Landers in Oceanography – A Review of Design, Technical Solutions and Functioning. Prog. Oceanogr. 35, 253–294 (1995).
- 2029 **Wehrli, B., Wüest, A., Imboden, D.M.:** Sind biogen meromiktische Seen intern sanierbar? Fallbeispiel Zugersee. Limnologie aktuell 8, 29–37 (1995).
- 2030 **Reichert, P.:** Design Techniques of a Computer Program for the Identification of Processes and the Simulation of Water Quality in Aquatic Systems. Environ. Software 10, 199–210 (1995).
- 2031 **Maurer, M., Gujer, W.:** Monitoring of Microbial Phosphorus Release in Batch Experiments Using Electric Conductivity. Rapid Communication. Water Res. 29(11), 2613–2617 (1995).
- 2032 **Wild, D., Kislakova, A., Siegrist, H.:** Die Ausfäulung von Schlämmen aus der erhöhten biologischen P-Elimination: Ziele und gegenwärtiger Stand der Forschung an der EAWAG. In: «Auswirkungen der Phosphorelimination auf die Schlammbehandlung: Theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen». Workshop Inst. WAR, Darmstadt 24./25. Nov. 1994. Schr. WAR 84, 45–60 (1995).
- 2033 **Jaeger, C.C., Davies, H.C., Imboden, D., Zehnder, A.J.B.:** Neuorientierung in der Klimapolitik. «Energieschranke» als Anstoss zu Neuentwicklungen. Neue Zürcher Ztg., «Inland», Nr. 242, 18.10.1995.
- 2034 **Hauser, P.C., Liang, C.L.C., Müller, B.:** A Solid-state Instrument for Fluorescence Chemical Sensors Using a Blue Light-emit-

- GRIP-Eiskerns. Diss. ETHZ Nr. 11'264, Zürich 1995.
- 2065 **Escher, B.:** The Relationship Between Membrane-Water Partitioning, Uncoupling, and Inhibitory Activity of Substituted Phenols in Chromatophores of *Rhodobacter Sphaeroides*. Diss. ETHZ No. 11'283, Zürich 1995.
- 2066 **Brüschweiler, B.J.:** Cytotoxicity and Interactions of Organotin and Heavy Metals with Cytochrome P4501A in Fisch Hepatoma Cells. Diss. ETHZ No. 11'413, Zürich 1996.
- 2067 **Egli, T.:** The Ecological and Physiological Significance of the Growth of Heterotrophic Microorganisms with Mixtures of Substrates. In: «Advances in Microbial Ecology», Vol. 14, J. G. Jones (Ed.). Plenum Press, New York 1995, pp. 305-386.
- 2068 **Wüest, A., Van Senden, D.C., Imberger, J., Piepke, G., Gloor, M.:** Comparison of Diapycnal Diffusivity Measured by Tracer and Microstructure Techniques. Dynamics of Atmospheres and Oceans 24, 27-39 (1996).
- 2069 **Kari, F.G., Giger, W.:** Speciation and Fate of Ethylenediaminetetraacetate (EDTA) in Municipal Wastewater Treatment. Water Res. 30, No. 1, 122-134 (1996).
- 2070 **Beres, M., Green, A., Huggenberger, P., Horstmeyer, H.:** Mapping the Architecture of Glaciofluvial Sediments with Three-dimensional Georadar. Geology 23, 1087-1090 (1995).
- 2071 **Wellnitz, T.A., Sheldon, S.P.:** The Effects of Iron and Manganese on Diatom Colonization in a Vermont Stream. Freshwater Biology 34, 465-470 (1995).
- 2072 **Stemmler, K., Kinnison, D.J., Kerr, J.A.:** Room Temperature Rate Coefficients for the Reactions of OH Radicals with Some Monoethylene Glycol Monoalkyl Ethers. of Phys. Chemistry 100, 2114-2116 (1996).
- 2073 **Bally, M., Egli, T.:** Dynamics of Substrate Consumption and Enzyme Synthesis in *Chelatobacter heintzii* During Growth in Carbon-limited Continuous Culture with Different Mixtures of Glucose and Nitritotriacetate. Appl. Environ. Microbiol. 62, 133-140 (1996).
- 2074 **Tros, M.E., Schraa, G., Zehnder, A.J.B.:** Transformation of Low Concentrations of 3-Chlorobenzoate by *Pseudomonas* sp. Strain B13: Kinetics and Residual Concentrations. Appl. Environ. Microbiol. 62, 437-442 (1996).
- 2075 **Wanner, O., Reichert, P.:** Mathematical Modelling of Mixed-Culture Biofilms. Biotechnol. Bioengng. 49, 172-184 (1996).
- 2076 **Nowack, B., Kari, F.G., Hilger, S.U., Sigg, L.:** Determination of Dissolved and Adsorbed EDTA Species in Water and Sediments by HPLC. Anal. Chem. 68, 561-566 (1996).
- 2077 **Kinnison, D.J., Mengon, W., Kerr, J.A.:** Rate Coefficients for the Room Temperature Reaction of Cl Atoms with Dimethyl Sulfide and Related Alkyl Sulfides. J. Chem. Soc. Faraday Trans. 92, No. 3, 369-372 (1996).
- 2078 **Aeschbach-Hertig, A., Kipfer, R., Hofer, M., Imboden, D.M., Wieler, R., Signer, P.:** Quantification of Gas Fluxes From the Subcontinental Mantle: The Example of the Laacher See, a Maar Lake in Germany. Geochim. Cosmochim Acta 60, No. 1, 31-41 (1996).
- 2079 **Werlen, C., Kohler, H.-P.E., Roelof van der Meer, J.:** The Broad Substrate Chlorobenzene Dioxygenase and cis-Chlorobenzene Dihydrodiol Dehydrogenase of *Pseudomonas* sp. Strain P51 Are Linked Evolutionarily to the Enzymes for Benzene and Toluene Degradation. J. Biol. Chem. 271, No. 8, 4009-4016 (1996).

Livres

Zehnder, A.J.B. (Ed.): Soil and Groundwater Pollution. Fundamentals, Risk Assessment and Legislation. Proc. of the SCOPE Workshop Český Krumlov, Czech Republic, June 6-7, 1994. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, Boston & London 1995, 164 pp. ISBN 0-7923-3743-3.

BULLETIN DE COMMANDE

41 F

Envoyez-moi s'il vous plaît les

EAWAG NEWS régulièrement en français allemand anglais Publications suivantes (n°)

M./Mme _____

Nom/Prénom _____

Fonction _____

Entreprise/Organisation _____

Rue _____

Pays, code postale et ville _____

Téléphone _____

Téléfax _____

Remarque

 mon adresse a changé (voici l'ancienne)

Date _____



EAWAG
Bibliothèque
CH-8600 Dübendorf
Suisse