

Gestion des eaux – l'art du compromis

Les écosystèmes aquatiques rendent un grand nombre de services socioéconomiques mais ne peuvent remplir leurs fonctions essentielles que si leurs exigences écologiques sont respectées. Nous devons donc mettre en place des stratégies durables de gestion des ressources qui tiennent aussi bien compte des besoins des populations humaines que de l'environnement. Projets sur le Spöl et dans la zone alluviale de Sandey montrent la voie.



Michael Döring, spécialiste d'écologie du paysage, étudie les rapports entre structure du milieu physique et fonctions des écosystèmes au sein du département d'Ecologie aquatique de l'Eawag. Coauteur : Christopher Robinson

Les besoins croissants des populations humaines et la progression inexorable des changements climatiques risquent de modifier les disponibilités en eau douce sur la planète. Déjà, dans les régions arides, certains grands fleuves n'atteignent plus les océans suite aux prélèvements excessifs des populations riveraines ou à la rétention de leurs eaux en amont (près de 4000 kilomètres cubes par an). Les fleuves et grandes rivières de la planète ont été largement dégradés pour la création de plus de 500 000 kilomètres de voies navigables. Les écoulements sont régulés par plus de 63 000 kilomètres de canaux et 50 000 barrages qui retiennent plus de 6300 kilomètres cubes d'eau, et d'autres grands projets de ce genre sont en préparation, notamment dans les pays en développement [1]. De leur côté, les changements climatiques se manifestent par une modification de la distribution et de l'intensité des précipitations entraînant une recrudescence des extrêmes climatiques comme les sécheresses ou les inondations.

L'eau, à la fois richesse et menace potentielle. Pour la Suisse, les données et prévisions actuellement disponibles indiquent ainsi que le gros des précipitations se concentrera sur la fin de l'hiver et le printemps, ce qui favorisera les inondations printanières et les étiages sévères de fin d'été. Et à long terme, la disparition progressive des glaciers ne fera qu'aggraver la situation. Tous ces changements auront des implications très concrètes en matière de lutte contre les inondations mais influenceront aussi sur toutes les activités dépendantes de l'eau comme l'agriculture, la production énergétique ou l'approvisionnement en eau potable.

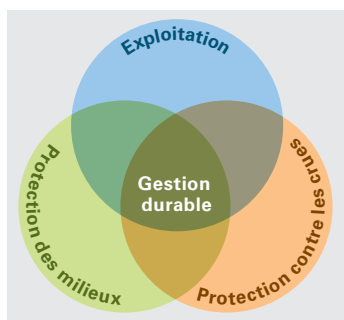


Fig. 1 : Une politique durable de gestion des eaux doit prendre en compte de façon équitable et holistique les différents intérêts écologiques, économiques et sociaux liés aux milieux aquatiques (d'après [3]).

Mais les dérèglements climatiques et les divers usages de l'eau auront également un impact sur les écosystèmes aquatiques qui devront faire face à des sollicitations et menaces supplémentaires. La Suisse a ainsi décidé d'abandonner le nucléaire et souhaite compenser une partie de l'énergie manquante par une extension de son parc hydroélectrique qui fournit déjà environ 55 pour cent de l'électricité produite dans le pays. En contrepartie, des mesures doivent être prises pour atténuer les impacts environnementaux de l'exploitation de la force hydraulique. La révision de la loi sur la protection des eaux entrée en vigueur en 2011 prévoit ainsi des assainissements destinés à réduire l'effet des éclusées, redynamiser le transport solide et rétablir la libre circulation des poissons dans les cours d'eau. Par ailleurs, un quart des tronçons perturbés, soit environ 15 000 kilomètres de linéaire, devraient être revitalisés dans les 80 ans qui viennent [2].

En nous fournissant des ressources exploitables, les eaux continentales nous rendent donc de nombreux services, notamment économiques. Mais en tant qu'habitats, ces milieux exigent une certaine qualité environnementale pour pouvoir remplir leurs fonctions écologiques et, a fortiori, être utiles à l'homme. D'un autre côté, les torrents et rivières peuvent constituer une menace physique pour les populations humaines et leurs infrastructures. Les milieux aquatiques sont donc au cœur d'une multitude d'enjeux et de conflits d'intérêts encore exacerbés par les changements climatiques. Dans un tel contexte, il devient de plus en plus urgent d'adopter des modes de gestion des eaux qui soient durables, c'est-à-dire qui prennent en compte aussi bien les besoins de la société que ceux des écosystèmes (Fig. 1). Nous devons donc, dans une approche holistique, considérer les impératifs écologiques, économiques et sociaux de façon équitable pour dégager des solutions consensuelles bénéficiant de l'aval de tous les acteurs concernés. Il nous faut pour cela dépasser les modes de pensée sectoriels, développer les approches participatives en matière de décision et planifier sur le long terme.

Gestion adaptative, la clé de la durabilité. Un outil méthodologique peut nous aider sur la voie de la durabilité : la gestion adaptative. Il s'agit d'un processus planifié et systématique qui permet d'améliorer continuellement les pratiques de gestion environne-

mentale en acquérant des connaissances sur leurs résultats. Par itération, il permet ainsi de s'approcher de solutions optimales.

Dans deux études de cas – l'une sur le Spöl dans le Parc national suisse et l'autre dans la zone alluviale de Sandey en bordure du ruisseau Urbach dans le canton de Berne –, nous avons cherché à savoir comment les intérêts écologiques et économiques pouvaient être conciliés dans une approche adaptative pour aboutir à une stratégie de gestion durable. Dans le premier cas, l'objectif est de renaturer un cours d'eau fortement dégradé par des aménagements hydrauliques en le soumettant régulièrement à des crues artificielles sans que les interventions nuisent à la production électrique. Dans le deuxième cas, nous avons étudié les effets d'aménagements passés sur un paysage alluvial et tenté de trouver des solutions de revitalisation compatibles avec les activités agricoles et la protection des biens et des personnes contre les inondations.

Le Spöl prend sa source au Lago di Livigno, un lac de retenue situé à la frontière italo-suisse. Alors que le cours d'eau présentait autrefois un débit oscillant entre 6 et 12 mètres cube par seconde (m^3/s) et pouvant ponctuellement culminer à $120 m^3/s$, il ne dispose plus depuis sa régulation par le barrage que d'un débit résiduel constant de $1,45 m^3/s$ en été et $0,55 m^3/s$ en hiver. Dans le cadre de notre étude, ce régime résiduel constant est interrompu une à trois fois par an depuis 2000 par des crues artificielles dans le but de se rapprocher des conditions d'écoulement d'origine (Fig. 2). La question était de savoir si cette stratégie pourrait encore avoir des répercussions positives sur l'état écologique du Spöl après 30 ans d'adaptation à un écoulement minimal et uniforme.

D'un point de vue écologique, un régime hydraulique optimal est atteint (débit de base, moment, durée, fréquence et intensité des crues) lorsqu'il permet aux espèces typiques de recoloniser le milieu et de s'y maintenir même dans un contexte de variation des conditions climatiques.

Retour vers un état plus naturel. Les crues artificielles ont eu très peu d'effet sur les propriétés physico-chimiques de la rivière puisqu'elles étaient alimentées, comme l'écoulement résiduel, par les couches profondes du lac de Livigno (hypolimnion). Elles ont en revanche eu un effet bénéfique sur la porosité du lit qui s'était fortement compacté sous l'effet des débits résiduels constants. L'entraînement des alluvions s'est amélioré et, au bout de deux ans, le tapis de mousse qui s'était développé sur le fond avait disparu. De même, la quantité de matière organique accumulée en surface du lit (zone benthique) a chuté cependant que les populations de producteurs primaires, comme le phytoplancton, régressaient. Malgré la richesse en matières nutritives du milieu, la croissance algale sur le fond reste limitée grâce à un arrachement récurrent par les crues.

Au niveau des macroinvertébrés benthiques, les crues artificielles ont fait baisser aussi bien la densité de population que la diversité spécifique et modifié la composition des communautés au profit des espèces les plus petites, ce qui s'est traduit par une baisse générale de la biomasse. Ainsi, les populations d'espèces sédentaires et de grandes taille et donc sensibles aux pertur-

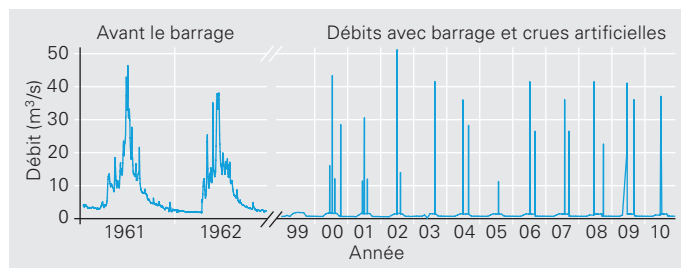


Fig. 2 : Le Spöl présentait un régime hydrologique naturel jusqu'en 1970 (partie gauche du diagramme), date à laquelle un barrage hydroélectrique est venu le doter d'un débit résiduel constant d'environ $2 m^3/s$. Depuis l'an 2000, des crues artificielles de l'ordre de $40 m^3/s$ y sont provoquées régulièrement pour rendre un caractère plus naturel au régime de la rivière.

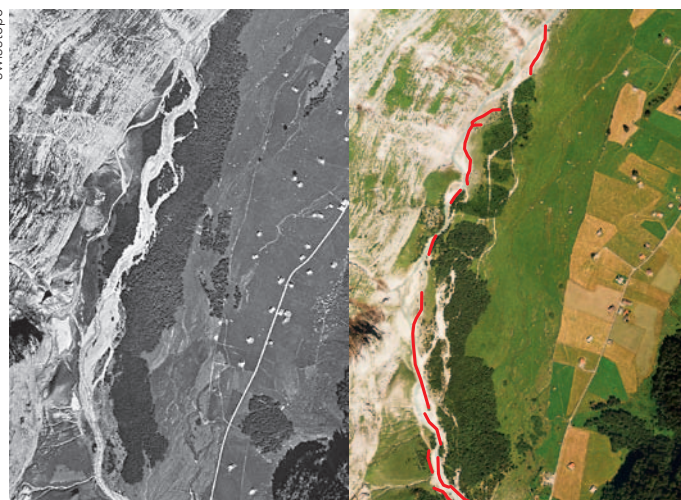
bations comme le gammare (*Gammarus fossarum*) ont chuté tandis que les espèces résistantes plus petites et plus mobiles comme les éphémères du genre *Baetis* étaient favorisées. Dans l'ensemble, les macroinvertébrés observés après le changement de régime présentaient une plus forte diversité morphologique et formaient des assemblages plus variés.

Les résultats obtenus jusqu'à présent indiquent donc que les crues artificielles ont permis au Spöl de retrouver des caractéristiques assez proches, en termes de milieu physique et de composition faunistique, de celles d'une rivière de montagne naturelle comparable. En même temps, l'exemple du Spöl montre aussi qu'il n'est pas impossible de concilier intérêts économiques et protection de la nature. En effet, les eaux soutirées au barrage pour alimenter les crues artificielles peuvent être ensuite déviées vers d'autres retenues pour produire de l'électricité sans augmentation significative des coûts [3–4].

Concilier activités humaines et protection de la nature.

Lancé en collaboration avec les Forces motrices de l'Oberhasli

Fig. 3 : L'observation de photographies aériennes prises en 1940 et en 2007 montre bien à quel point la zone alluviale s'est modifiée entre les deux dates. Les traits rouges indiquent la position des digues de protection contre les inondations.



et les Offices fédéraux de l'environnement et du développement territorial, le projet portant sur la zone alluviale de Sandey (Fig. 3) allie études de terrain, modélisation hydraulique, télédétection et analyse de données pour évaluer les effets des aménagements passés sur le paysage alluvial et estimer le bénéfice potentiel de mesures de revitalisation comme un arasement des digues. Les améliorations écologiques doivent cependant être compatibles avec les activités humaines exercées dans le bassin versant et la protection des biens et des personnes en cas de crue. L'étude doit ainsi permettre de progresser sur la voie du développement durable en livrant des bases scientifiques solides pour que puisse s'instaurer entre les différents acteurs aux intérêts parfois divergents un dialogue constructif et dépassionné aboutissant à la définition transparente d'une politique de gestion d'avenir. D'autre part, la participation d'une grande diversité d'acteurs à l'échelon régional, national et international et l'établissement de parallèles avec des études comparables doit faciliter la transposition des résultats à d'autres contextes.

La zone alluviale de Sandey s'étend sur 3,5 kilomètres et couvre 118 hectares et présente au premier abord une grande diversité structurelle offrant tous les types d'habitats caractéristiques : îlots, ripisylve, différents types de chenaux et bancs de graviers. Figurant à l'inventaire des zones alluviales d'importance nationale, elle bénéficie d'un statut de protection particulier. En marge, la plaine alluviale est utilisée pour le pâturage et diverses activités. En amont, un barrage construit en 1950 détourne environ 30 pour cent du débit annuel de la rivière, l'Urbach, à des fins de production hydroélectrique. D'autre part, la zone alluviale active est interrompue par de nombreuses digues longitudinales construites pour la plupart dans les années 1990 pour protéger les terres avoisinantes des débordements du cours d'eau.

L'observation d'anciennes photographies aériennes révèle l'étendue des changements survenus dans la zone alluviale en quelques décennies. Il apparaît ainsi que la fréquence des diffé-

Fig. 4 : Evolution de la mosaïque d'habitats de la zone alluviale de Sandey de 1940 à 2007. Les chiffres ont été évalués à partir de photographies aériennes.

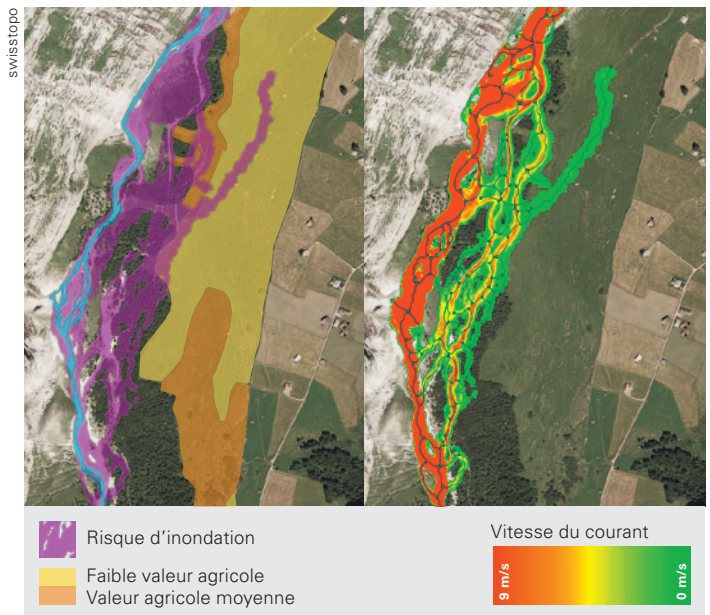
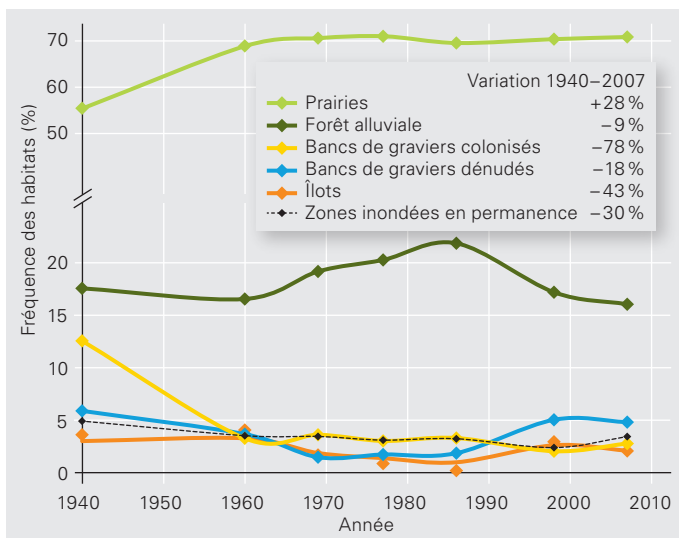


Fig. 5 : La modélisation permet de simuler les conséquences écologiques et économiques des options de gestion des écoulements dans la zone alluviale de Sandey. Dans le cas illustré ici, les effets d'un arasement des digues sur les possibilités d'utilisation des terres agricoles et sur les vitesses d'écoulement ont été simulés.

rents habitats alluviaux et la complexité du système de chenaux se sont modifiées de façon inhabituelle pour un écosystème naturel. Si l'on se réfère à l'état non perturbé de la zone en 1940, on observe une uniformisation du milieu et une raréfaction de certains habitats alluviaux typiques (Fig. 3 et 4) qui ont été très probablement causées par la dérivation d'une partie de l'écoulement en amont et surtout par la présence des digues longitudinales qui contrarient fortement la dynamique naturelle du milieu alluvial [5].

Réponses des processus écologiques. Dans chaque type d'habitat, nous avons mesuré le taux moyen de respiration en tant que descripteur des processus de transformation du carbone au sein de l'écosystème et avons déterminé l'intensité de cette activité dans les conditions actuelles. A partir des taux de respiration spécifiques des différents habitats et de la surface respective qu'ils occupaient à différentes époques, nous avons ensuite pu calculer l'évolution de la transformation du carbone dans la zone alluviale au cours du temps. Nos résultats révèlent une forte modification de cette activité au cours des 70 dernières années, ce qui trahit une forte réactivité structurelle et fonctionnelle des milieux alluviaux aux changements du régime hydrologique. En rétablissant une dynamique plus naturelle d'inondation de la plaine alluviale, il semble donc possible d'accroître l'hétérogénéité des habitats et donc de restaurer au moins partiellement la diversité fonctionnelle et biologique originelle de l'écosystème alluvial.

La dynamique fluviale d'origine pourrait être en partie rétablie par le biais, par exemple, d'un arasement des digues. Dans un milieu aussi fortement utilisé par l'homme que la plaine alluviale

de Sandey, la liberté retrouvée par la rivière pourrait toutefois être synonyme d'un risque accru d'inondation pour les populations et infrastructures limitrophes. Grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la modélisation des paysages, il est aujourd'hui possible de simuler différents scénarios de débordement en fonction des interventions sur l'hydrologie du cours d'eau et de déterminer les configurations qui entraîneraient le risque de dommages le plus faible. La même démarche peut ensuite s'appliquer aux habitats afin, par exemple, de localiser les zones de la plaine alluviale qui tireraient le meilleur bénéfice écologique pour un risque matériel minimal (Fig. 5). Les premiers résultats indiquent que la réouverture d'anciens chenaux latéraux provoquerait un gain significatif de biodiversité et l'apparition de nouveaux habitats tout en réduisant le risque d'inondation en périphérie de la zone alluviale.

La modélisation permet également d'estimer les effets futurs des changements climatiques ou de modification des activités économiques liées à l'eau. L'objectif d'une telle approche est de livrer aux décideurs et professionnels des bases de décision concrètes pour la planification et l'adoption de modes de gestion durables permettant une exploitation économique des milieux tout en garantissant la pérennité de leurs fonctions écologiques.

L'importance d'un suivi des projets à long terme. Gérer les ressources aquatiques de façon durable et intégrée n'est pas chose facile. Si l'enjeu est de garantir la pérennité des activités humaines sans exploiter les milieux au-delà de ce qu'ils peuvent supporter sans perdre leur intégrité écologique, une telle ambition suppose avant tout de disposer de connaissances solides des besoins des écosystèmes en question. Que leur faut-il, en effet, pour rester intacts et conserver à long terme leur viabilité écologique et donc, entre autre, rester en mesure de fournir les services dont les sociétés humaines ont un besoin si vital ?

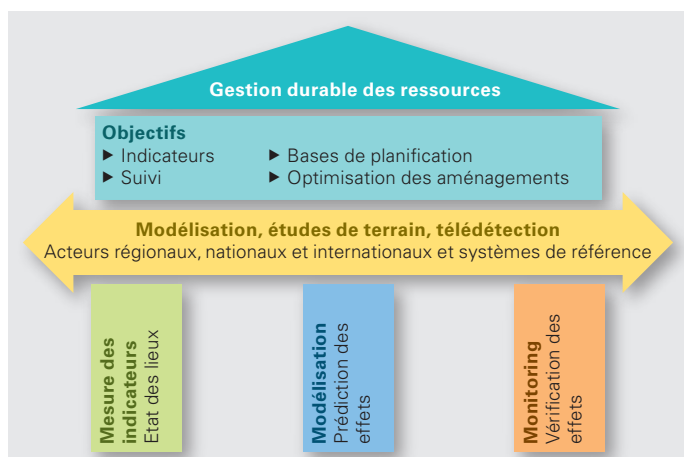
Les études du Spöl et de la Sandey montrent deux manières empiriques et pragmatiques de se rapprocher d'une gestion

durable des eaux qui, en s'appuyant sur la concertation, rend compte de la complexité des enjeux et des milieux naturels concernés (Fig. 6). Les résultats déjà obtenus sur le Spöl ont été si convaincants que les crues artificielles ont été intégrées au plan de gestion du barrage qui régule les débits de la rivière. D'autre part, le projet a fait des émules à l'étranger comme à la Snowy River en Australie ou au Colorado aux Etats-Unis. Mais cette étude a également montré qu'il était indispensable de prévoir un suivi des projets à long terme pour observer les changements au cours du temps et juger correctement de l'effet des interventions [6–7].

Le projet Sandey montre comment l'utilisation combinée de différentes méthodes d'analyse permet dans une approche holistique d'appréhender les changements survenus dans une entité paysagère comme une plaine alluviale et de cerner les enjeux économiques et écologiques la concernant. La télédétection permet d'autre part de mettre en place un suivi territorial de la zone et, combinée aux autres analyses, de vérifier et de garantir le succès à long terme des mesures engagées.

La gestion adaptative des bassins versants et la revitalisation des milieux fluviaux ne peuvent se concevoir sans une approche holistique et de long terme qui, seule, permet de tirer les enseignements des erreurs éventuelles et de trouver, dans un processus itératif, un compromis équilibré entre ambitions écologiques et activités économiques. La gestion des ressources aquatiques doit être considérée comme une obligation morale de nos sociétés envers leur propre avenir et celui des milieux naturels dont l'enjeu n'est autre que la préservation à long terme des fonctions écologiques et des services rendus par les écosystèmes. ○ ○ ○

Fig. 6: Stratégie envisageable pour la mise en place d'une politique de gestion intégrée et durable des ressources aquatiques: mesure d'indicateurs sur le terrain pour établir un état des lieux, modélisation numérique pour évaluer les effets des interventions possibles et monitoring pour observer les changements à long terme.



- [1] Tockner K., Stanford J.A. (2002) : Riverine flood plains : present state and future trends. *Environmental Conservation* 29 (3), 308–330.
- [2] Göggel W. (2012) : Revitalisation des cours d'eau. Planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. *L'environnement pratique* N° 1208-F.
- [3] Office fédéral de l'environnement (2012) : Gestion par bassin versant – Guide pratique pour une gestion intégrée des eaux en Suisse. *Umweltwissen* 1204.
- [4] Robinson C.T. (2012) : Long-term changes in community assembly, resistance and resilience following experimental floods. *Ecological Applications*, online.
- [5] Robinson C.T., Uehlinger U. (2008) : Experimental floods cause ecosystem regime shift in a regulated river. *Ecological Applications* 18, 511–526.
- [6] Döring M., Blaurock M., Robinson C.T. (2012) : Landscape transformation of an alpine floodplain influenced by humans – Historical analysis of aerial images. *Hydrological Processes*, online.
- [7] Robinson C.T., Döring M., Seelen L. (2011) : Importance of protected areas for freshwater biomonitoring – Case studies in Switzerland. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management* 3, 13–23.
- [8] Robinson C.T., Örtli B. (2009) : Long-term biomonitoring of alpine waters in the Swiss National Park. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management* 1, 23–34.