

> État des cours d'eau suisses

*Résultats de l'Observation nationale de la qualité
des eaux de surface (NAWA) 2011–2014*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> État des cours d'eau suisses

*Résultats de l'Observation nationale de la qualité
des eaux de surface (NAWA) 2011–2014*

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

Manuel Kunz, Yael Schindler Wildhaber, Anne Dietzel, Irene Wittmer,
Vera Leib

Accompagnement à l'OFEV

Marc Bernard, Service de la protection de l'environnement, canton du
Valais

Daniel Bernet, Inspection de la pêche du canton de Berne

Michael Eugster, Amt für Umwelt und Energie, canton de Saint-Gall

Susanne Haertel-Borer, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Marin Huser, Amt für Umweltschutz und Energie, canton de Bâle-
Campagne

Adrian Jakob, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Christian Leu, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Pius Niederhauser, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL),
canton de Zurich

Monika Schaffner, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Christian Stamm, Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et
la protection des eaux (IFAPEPE)

Gregor Thomas, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Mauro Veronesi, Ufficio della protezione delle acque e
dell'approvvigionamento idrico, canton du Tessin

Sabine Zeller, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Les auteurs remercient chaleureusement les personnes ci-après pour
leurs précieuses contributions à l'élaboration du présent rapport:

Tobias Doppler (Eawag), Werner Göggele (Umwelt und Energie, Kanton

Luzern), Suzanne Mettler (Envilab AG), Kaspar Meuli, Ueli Sieber und

Raphael Prinz (OFEV)

Référence bibliographique

Kunz M., Schindler Wildhaber Y., Dietzel A., Wittmer I., Leib V. 2016:
État des cours d'eau suisses. Résultats de l'Observation nationale de
la qualité des eaux de surface (NAWA) 2011–2014. Office fédéral de
l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1620: 92 S.

Graphisme, mise en page

Karin Nöthiger, Niederrohrdorf

Photo de couverture

Urtenen (BE), Foto OFEV/AURA

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uz-1620-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

> Table des matières

Abstracts	5	4 Résultats	32
Avant-propos	7	4.1 Pollution des eaux	32
Résumé	9	4.1.1 Nutriments	32
		4.1.2 Micropolluants organiques	40
1 Introduction	12	4.2 État biologique des cours d'eau	50
		4.2.1 Macrozoobenthos	50
		4.2.2 Diatomées	57
		4.2.3 Poissons	63
		4.2.4 Plantes aquatiques (macrophytes)	69
		4.3 Aspect général	74
2 Bases	14	5 Développement du programme de mesure NAWA et du système modulaire gradué	78
2.1 Bases légales	14	5.1 Développement du programme de mesure NAWA	78
2.2 Dégradation des cours d'eau	14	5.2 Évolution du système modulaire gradué	79
2.2.1 Apports de polluants	15		
2.2.2 Aménagement des cours d'eau	16	6 Conclusion	81
2.2.3 Installations hydroélectriques	17	6.1 État des cours d'eau suisses: améliorations et déficits	81
2.2.4 Changement climatique	18	6.2 Nécessité d'intervention	82
2.3 Débits	19	6.2.1 Mesures visant à améliorer l'état des cours d'eau	82
		6.2.2 Adaptation du programme de mesure NAWA	84
3 Méthodes	21	Annexe	85
3.1 NAWA: système d'observation	21	Bibliographie	86
3.1.1 Objectifs de NAWA	21	Glossaire	89
3.1.2 Modules d'observation: NAWA TREND et NAWA SPEZ	22	Répertoire	91
3.1.3 Réseau de mesure	23		
3.2 Analyses et appréciation de l'état des cours d'eau	24		
3.2.1 Nutriments	27		
3.2.2 Micropolluants	27		
3.2.3 Le macrozoobenthos: bio-indicateur de la qualité de l'eau et des écosystèmes	29		
3.2.4 Les diatomées: bio-indicatrices de la charge de nutriments	29		
3.2.5 Les poissons: bio-indicateurs de l'état des cours d'eau	29		
3.2.6 Plantes aquatiques (macrophytes)	30		
3.2.7 Aspect général	31		

> Abstracts

The National Surface Water Quality Monitoring program (NAWA) is a joint monitoring programme implemented by the Confederation and the cantons. The present report presents the results of the surveys between 2011 and 2014 at approximately 100 measuring sites on medium and large watercourses in Switzerland. The investigations reveal some variation in the ecological condition of Swiss watercourses: nutrient levels have decreased, the importance of micropollutants is increasing and biological water quality is occasionally insufficient. The revealed deficits indicate that not all watercourses are able to fulfil their functions which are important for both humans and ecosystems.

Keywords:
Water Quality,
Rivers, Monitoring,
NAWA

Die Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) ist ein gemeinsames Monitoringprogramm von Bund und Kantonen. Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse der Erhebungen zwischen 2011 und 2014 an den rund 100 Messstellen an mittelgrossen und grossen Fliessgewässern. Die Untersuchungen ergeben ein unterschiedliches Bild des ökologischen Zustands der Schweizer Fliessgewässer: Die Belastung mit Nährstoffen hat abgenommen, die Bedeutung der Belastung durch Mikroverunreinigungen wächst und die biologische Gewässerqualität ist teilweise ungenügend. Die aufgezeigten Defizite belegen, dass die Gewässer nicht überall in der Lage sind, ihre für Mensch und Ökosysteme wichtigen Funktionen zu erfüllen.

Stichwörter:
Gewässerqualität,
Fliessgewässer,
Monitoring, NAWA

L'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) est un programme de surveillance commun de la Confédération et des cantons. Le présent rapport décrit les résultats des relevés effectués entre 2011 et 2014 dans les quelque cent stations de mesure situées à proximité de moyens et grands cours d'eau. Les résultats des analyses forment un tableau nuancé de l'état écologique des cours d'eau suisses: si l'on a observé une réduction de la charge de nutriments, on a également constaté que la charge de micropolluants avait pris de l'ampleur et que la qualité biologique des eaux était parfois insuffisante. Les déficits identifiés montrent que les cours d'eau ne sont pas partout en mesure de remplir leurs fonctions vitales pour l'être humain et les écosystèmes.

Mots-clés:
Qualité des eaux,
cours d'eau, surveillance,
NAWA

L'osservazione nazionale della qualità delle acque superficiali (NAWA) è un programma di monitoraggio congiunto di Confederazione e Cantoni. Questo rapporto illustra i risultati dei rilievi effettuati tra il 2011 e il 2014 nelle circa 100 stazioni di misurazione in corsi d'acqua di medie e grandi dimensioni. Le analisi danno un quadro differenziato dello stato ecologico dei corsi d'acqua svizzeri: il tenore di nutrienti è sceso, mentre è in aumento l'importanza dei microinquinanti e la qualità biologica delle acque è parzialmente insufficiente. I deficit mostrati provano che le acque non sono sempre in grado di svolgere le loro funzioni fondamentali per l'uomo e gli ecosistemi.

Parole chiave:
qualità delle acque,
corsi d'acqua,
monitoraggio, NAWA

> Avant-propos

Quel est l'état réel de nos rivières et de nos ruisseaux? La réponse habituelle à cette question est la suivante: «De manière générale, l'état des cours d'eau suisses est bon». Cette nouvelle réjouit autant les politiciens que les autorités environnementales et la population, car elle vient confirmer notre expérience personnelle. Chaque été, nous apprécions les baignades dans les rivières et les lacs. Et la qualité de notre eau potable est si bonne qu'elle ne se différencie pas de l'eau minérale. La politique suisse en matière de protection des eaux est une réussite incontestable. En effet, grâce aux importants investissements réalisés dans le domaine de l'épuration des eaux à partir de la seconde moitié du XX^e siècle, de nombreux polluants sont maintenant absents des cours d'eau.

Mais à y regarder de plus près, la satisfaction qu'inspire l'état des cours d'eau ne reste pas intacte. Que signifie exactement: «De manière générale, l'état des cours d'eau suisses est bon»? L'eau est-elle effectivement propre partout? Tous les organismes aquatiques sont-ils vraiment sains?

Les études scientifiques menées sur le sujet avancent des doutes. Elles montrent qu'un grand nombre de substances issues de l'activité humaine sont présentes dans les cours d'eau sous forme de micropolluants. Même en petites quantités, ces substances ont une incidence négative sur la faune et la flore et représentent donc un défi de taille en matière de protection des eaux. Elles proviennent en particulier de l'agriculture et des eaux usées. La plupart des stations d'épuration seront donc équipées prochainement d'une étape de traitement supplémentaire. L'exploitation de la force hydraulique a elle aussi depuis des décennies des répercussions négatives sur les milieux naturels aquatiques. Il en va de même des aménagements et des obstacles artificiels, qui altèrent la structure de nos cours d'eau, qui, par endroit, n'a plus grand chose à voir avec l'état naturel. Les charges polluantes et les atteintes structurelles qui affectent l'état des cours d'eau ont des répercussions négatives sur les organismes vivants qui s'y développent: des espèces s'éteignent, les poissons disparaissent de leur habitat d'origine et les mâles se féminisent.

Pour mettre en évidence les déficits de l'état des cours d'eau suisses et ainsi déterminer les actions à mener et les mesures d'amélioration à prendre, il est nécessaire d'effectuer des analyses coordonnées. C'est cette réflexion qui a mené les cantons et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) à créer en 2011 l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). Nous sommes maintenant en mesure de vous communiquer, dans le présent rapport, les résultats des quatre premières années de relevés effectués dans le cadre de ce programme de surveillance commun.

On dispose ainsi pour la première fois d'un tableau nuancé de l'état écologique des cours d'eau suisses. Des effets positifs ont été enregistrés grâce à l'allègement considé-

nable de la charge de nutriments dans les rivières et les ruisseaux. L'appréciation de l'état écologique sur la base d'espèces végétales et animales représentatives montre que les cours d'eau remplissent leurs fonctions de manière insuffisante dans près d'un tiers des stations de mesure NAWA. Cela implique une sérieuse dégradation de la qualité des écosystèmes et des incidences négatives sur la biodiversité et les prestations qu'elle fournit.

Des efforts supplémentaires doivent donc être fournis pour atteindre un bon état des cours d'eau. En effet, nous sommes sans cesse confrontés à de nouveaux défis. Ainsi, dans le Rapport sur l'environnement 2015, le Conseil fédéral estime qu'il est urgent de prendre des mesures visant à réduire la pollution des cours d'eau due aux produits phytosanitaires. En effet, ces produits constituent le groupe de substances provenant de l'agriculture qui portent le plus atteinte aux organismes aquatiques et ne peuvent à ce jour être éliminés dans les stations d'épuration des eaux usées. Nous ne pouvons donc pas nous satisfaire des progrès que reflète l'état de la technique actuel.

Franziska Schwarz
Sous-directrice
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Résumé

Avec l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA), la Confédération et les cantons gèrent depuis 2011 un programme de surveillance commun pour l'analyse globale de l'état des cours d'eau, dont le contrôle et l'appréciation sont essentiels pour détecter les déficits existants en matière de qualité des eaux et prendre des mesures efficaces afin de les combler. En effet, seuls des cours d'eau en bon état peuvent remplir les fonctions importantes qui leur incombent, que ce soit en tant que fournisseurs d'eau potable pour les populations ou en tant qu'habitats naturels pour la faune et la flore.

Le présent rapport décrit et analyse les résultats obtenus dans le cadre du programme NAWA entre 2011, année à laquelle les premiers relevés ont été effectués, et 2014. Il dresse un premier tableau nuancé de l'état écologique des cours d'eau suisses. Les déficits identifiés dans le cadre du programme de mesure NAWA, qui concernent surtout la qualité biologique des eaux, montrent que tous les cours d'eau ne sont pas en mesure de remplir pour l'être humain et les écosystèmes les fonctions importantes leur incombant. Comme l'indique le rapport par la suite, ce sont surtout les petits cours d'eau qui sont de plus en plus touchés. Ces derniers n'ont suscité que peu d'attention jusqu'à présent, alors qu'ils forment la majeure partie du réseau hydrographique et jouent un rôle essentiel en servant de «pouponnière» pour les poissons et d'abri pour de nombreux organismes vivants.

L'analyse de l'état des cours d'eau a abouti à un constat positif: la charge de nutriments dans les cours d'eau s'est considérablement allégée. L'optimisation des stations d'épuration des eaux usées (STEP) a conduit à une amélioration notable de la qualité de l'eau. À l'inverse, on note une hausse de la charge de micropolluants, dont les effets néfastes se font de plus en plus ressentir sur la qualité de l'eau.

Malgré les progrès en matière d'épuration des eaux usées et d'assainissement urbain, la pollution par les nutriments est toujours trop élevée dans certains cours d'eau. C'est ce que signalent les indicateurs de la pollution de l'eau par les nutriments, comme l'indice des diatomées, qui signale une pollution dans près de 10 % des stations de mesures NAWA, et le phosphate, pour lequel ce pourcentage augmente à 30 % (fig. 1). Cela touche particulièrement les stations où les eaux usées traitées ne sont pas suffisamment diluées et les stations où l'on note une forte concentration en apports diffus (issus principalement de l'agriculture). En revanche, grâce aux optimisations apportées à l'épuration, on constate depuis les années 1990 une nette amélioration de l'aspect général des cours d'eau, notamment en ce qui concerne l'odeur ou la présence de mousse. Quant aux apports diffus de nutriments, ils polluent particulièrement les petits et moyens cours d'eau. Il ressort également que les apports d'azote dans les cours d'eau n'ont pas pu être réduits autant que les apports de phosphore, et qu'ils sont donc trop élevés pour garantir la qualité de l'eau potable et la protection de la mer.

La première observation spécifique NAWA menée en 2012 sur cinq stations de mesure a révélé la présence de nombreux micropolluants, et ce dans des concentrations parfois élevées et donc néfastes pour les organismes aquatiques. Cela signifie que les concen-

Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA): pour une analyse globale de l'état des cours d'eau

État des cours d'eau suisses: premier tableau nuancé

Meilleure qualité de l'eau mais micropollution en hausse

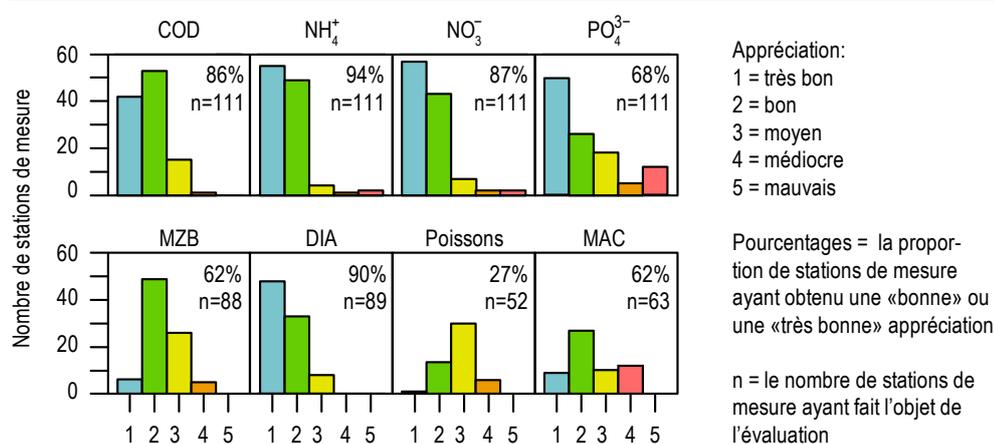
Charge de nutriments par endroit encore trop élevée

Altération de la qualité de l'eau due aux micropolluants

trations élevées de micropolluants enregistrées pourraient expliquer les déficits mis en évidence en termes de diversité des espèces. Les concentrations les plus élevées concernaient les micropolluants qui parviennent dans les eaux avec les eaux usées épurées. Les dépassements les plus fréquents des critères de qualité étaient dus aux résidus de pesticides de l'agriculture et aux résidus de médicaments provenant des stations d'épuration.

Fig. 1 > Appréciation de la qualité des cours d'eau: vue d'ensemble

Répartition des appréciations des stations de mesure NAWA au cours de l'année de relevé 2012 pour les principaux paramètres relatifs aux nutriments et les paramètres biologiques. Première ligne: carbone organique dissous, ammonium, nitrate et phosphate; deuxième ligne: macrozoobenthos/invertébrés, diatomées, poissons, macrophytes/plantes aquatiques.



Au cours des dernières décennies, on a constaté, outre un recul de la charge de nutriments, une amélioration de l'état biologique des cours d'eau, mais seulement en certains endroits. Ce sont surtout les conditions de vie des poissons qui ne sont pas bonnes partout: un tiers à peine des stations de mesure NAWA ont obtenu une bonne ou très bonne appréciation. Selon les bio-indicateurs évalués, les résultats diffèrent fortement (fig. 1). Pour les indicateurs «macrozoobenthos» (invertébrés) et «macrophytes» (plantes aquatiques), près de deux tiers des stations de mesure ont été évaluées positivement. Ainsi, l'évaluation effectuée sur la base des indicateurs biologiques montre que dans au moins 30 % des quelque 100 stations de mesure NAWA, la capacité des cours d'eau à remplir leur fonction est insuffisante.

État biologique parfois très déficient

Les résultats obtenus dans le cadre du programme NAWA ont révélé que l'état des cours d'eau varie beaucoup d'une région à l'autre. On constate généralement que les cours d'eau du Plateau sont les plus dégradés. Cela n'est pas étonnant, puisque cette région de Suisse subit la plus grande influence anthropique. D'une manière générale, les appréciations des stations de mesure NAWA ont montré que l'état des cours d'eau se dégrade tout particulièrement lorsque la proportion d'eaux usées dans un cours d'eau est élevée, lorsque son bassin versant est très peuplé et voué à une agriculture intensive, ou lorsque la diversité structurelle est insuffisante. Pour les poissons, très exigeants en ce qui concerne la qualité de l'habitat, les déficits en matière de connectivi-

Dégradation de l'état des eaux due à une forte pollution

té des cours d'eau, ainsi que les variations de débit et de régime de charriage, jouent un rôle au moins aussi important.

Les déficits mis en évidence dans le présent rapport montrent qu'il est nécessaire de prendre des mesures pour améliorer l'état des cours d'eau suisses et leur capacité de résistance, notamment dans l'optique de faire face aux conséquences du changement climatique, qui seront probablement négatives pour les écosystèmes aquatiques. Il est important de renforcer les cours d'eau pour réduire au minimum les incidences globales du changement climatique sur le plan écologique. La réduction des apports de polluants et la renaturation des eaux comptent parmi les mesures adéquates visant à atteindre cet objectif.

Grâce à la construction des STEP et des réseaux de canalisations, la pollution des cours d'eau due aux nutriments a fortement reculé en Suisse. Il convient maintenant d'entretenir cette infrastructure et de l'optimiser lorsque cela est possible. Comme l'a décidé le Parlement, certaines STEP seront prochainement équipées d'un procédé qui permettra d'éliminer les micropolluants, et donc de réduire la quantité de résidus de pesticides, de cosmétiques, de médicaments et de perturbateurs endocriniens dans les cours d'eau. Afin d'obtenir la meilleure élimination possible, ces mesures cibleront les plus grandes STEP, les grandes STEP dans le bassin versant des lacs et les STEP près de cours d'eau pollués.

Dans l'ensemble, l'agriculture constitue la principale source d'apports diffus de nutriments et de micropolluants dans les eaux. En l'état actuel des connaissances, on sait que ce sont les apports de produits phytosanitaires qui sont les plus problématiques pour les organismes aquatiques. Pour réduire la pollution des eaux, il est nécessaire de prendre différentes mesures à la source. Il s'agit notamment de diminuer les apports de produits phytosanitaires et de privilégier les méthodes d'exploitation des sols minimisant l'utilisation de nutriments. Ainsi, il sera possible de réduire les apports de nitrate et de phosphore. Le plus important pour les cours d'eau est de réduire les apports de nitrate, car la Suisse devrait diminuer ses exportations d'azote vers la Mer du Nord via le Rhin.

Il est nécessaire non seulement de réduire la charge polluante, mais aussi de renaturer les cours d'eau. La loi sur la protection des eaux prescrit différentes mesures dans le domaine, qui concernent aussi bien la délimitation d'espaces réservés aux eaux, que les revitalisations ou l'élimination des effets négatifs de l'exploitation de la force hydraulique (migration des poissons, effet d'éclusées et régime de charriage).

Pour être en mesure d'évaluer de manière exhaustive l'état des cours d'eau et l'impact des mesures nécessaires à son amélioration, le programme de mesure NAWA doit être optimisé et adapté aux défis qui se posent actuellement en matière de qualité des eaux. Ainsi, bien qu'ils représentent 75 % du réseau hydrographique suisse, les petits cours d'eau n'étaient jusqu'à présent pas pris en compte dans le choix des stations de mesure. De même, à l'avenir, il sera nécessaire d'intégrer l'analyse des micropolluants, limitée à certaines stations, à la surveillance continue NAWA. Jusqu'à présent, ces analyses essentielles n'étaient réalisées que dans le cadre d'observations spécifiques (NAWA SPEZ).

Le programme NAWA souligne la nécessité d'agir

Mesures dans les stations d'épuration: élimination des micropolluants

Mesures dans le domaine de l'agriculture: réduction des apports de nutriments et de produits phytosanitaires

Renaturation pour améliorer la structure des cours d'eau et assainir les installations hydroélectriques:

Adaptation et optimisation du programme de mesure NAWA

1 > Introduction

Les cours d'eau sont vitaux pour les êtres humains, les animaux et les plantes. La préservation de leurs fonctions est au cœur de la vision de cours d'eau proches de l'état naturel. Trois objectifs ont pour ce faire été fixés dans la brochure «Idées directrices: cours d'eau suisses»: assurer un espace suffisant réservé aux cours d'eau, assurer un débit suffisant et assurer une qualité d'eau suffisante (OFEFP et al. 2003). La réalisation de ces trois objectifs est vitale pour les organismes aquatiques, comme l'a notamment montré le projet Réseau suisse poissons (Meili et al., 2004).

Les cours d'eau remplissent des fonctions vitales

Le fonctionnement des cours d'eau peut se trouver altéré par les activités humaines, qu'il s'agisse, d'une part, des apports de polluants issus des zones urbanisées, de l'industrie, de l'agriculture et de l'atmosphère, ou, d'autre part, du resserrement des lits, de l'endiguement, ou encore des variations de régime de charriage et de débit liées à l'exploitation de la force hydraulique ou aux prélèvements d'eau. Résultat: l'état des cours d'eau se dégrade. Il est capital de décrire l'état des cours d'eau et ses effets sur les biocénoses pour mettre en place des mesures adéquates permettant de faire face aux déficits et de maîtriser leur impact.

Les impacts négatifs des activités humaines sur les cours d'eau

Les rapports sur l'environnement confirment que la qualité de l'eau s'est considérablement améliorée en Suisse (Conseil fédéral suisse, 2015), notamment grâce aux importants efforts déployés dans le domaine de l'épuration des eaux, qui ont permis de réduire les charges d'azote, de phosphore et de carbone organique dans les eaux de surface. Le projet d'équiper les principales STEP d'une étape de traitement supplémentaire visant à éliminer les micropolluants organiques permettra de réduire encore la pollution provenant des zones urbanisées et de l'industrie. Outre ces mesures décidées dans le but d'améliorer la qualité de l'eau, la législation sur la protection des eaux a posé les bases pour définir un espace réservé aux eaux suffisant, revitaliser les cours d'eau et réduire les effets néfastes résultant de l'exploitation des aménagements hydroélectriques. Malgré ces efforts et les progrès accomplis, des déficits subsistent. Il est donc nécessaire de prendre des mesures pour améliorer encore l'état des cours d'eau.

Des déficits qui persistent malgré une amélioration de l'état des cours d'eau

Pour décrire les incidences de toutes les formes de pollution sur les biocénoses, l'examen de l'état des cours d'eau doit comporter des relevés biologiques en plus de l'analyse chimique des cours d'eau. Cette approche permet de dresser un tableau complet de l'état des eaux de surface, étant donné que les biocénoses réagissent aux atteintes cumulées. Avec l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA), la Confédération et les cantons disposent depuis 2011 d'un programme commun de surveillance permettant une analyse globale de l'état des cours d'eau. Le programme NAWA a pour objectif d'harmoniser, dans l'ensemble de la Suisse, les informations concernant les eaux de surface (leur état et leur évolution, l'identification précoce de problèmes et l'efficacité des mesures prises) et de piloter ainsi la politique suisse en matière de protection des eaux (OFEV, 2013b). Ce programme de mesure vient ainsi compléter les analyses des eaux réalisées par les cantons en fonction de

Le programme NAWA: une analyse nationale coordonnée de l'état des eaux de surface

leurs différents besoins. Si le programme NAWA se concentre dans un premier temps sur les cours d'eau, il est également prévu d'intégrer les lacs. Sur la base de l'interprétation des résultats obtenus au cours de la phase initiale, on procèdera à une évaluation du programme NAWA afin de mieux l'ajuster à partir de 2018 aux objectifs fixés.

La présente publication donne un aperçu de l'état écologique des cours d'eau suisses et présente, sur la base des déficits constatés, les mesures à prendre dans différents domaines de l'activité humaine. On a pour ce faire utilisé comme bases les premières analyses biologiques et physico-chimiques réalisées dans le cadre de NAWA entre 2011 et 2014. Les résultats d'une sélection d'études portant sur des thèmes proches de ceux abordés dans le contexte du programme NAWA ont été intégrés sous forme d'excursus afin de combler les lacunes du réseau d'observation et de compléter les données en l'absence de certains paramètres. Ces excursus comprennent des analyses biologiques effectuées dans les petits et grands cours d'eau, des analyses physico-chimiques à plus long terme réalisés par la Confédération et les cantons, ainsi que des mesures de micropolluants. D'autres paramètres, concernant notamment l'écomorphologie ou l'exploitation du sol dans les bassins versants, ont été pris en compte en tant que possibles facteurs d'influence sur l'état des biocénoses et son évolution, sans toutefois faire l'objet d'une analyse détaillée. Sur la base des relevés NAWA et des données complémentaires collectées, l'état des cours d'eau, voire si possible son évolution, a été évaluée au moyen d'indicateurs de pollution appropriés.

Objectifs du rapport

2 > Bases

2.1 Bases légales

La loi fédérale sur la protection eaux oblige la Confédération et les cantons à informer le public de l'état des eaux (art. 50 de la loi sur la protection des eaux, LEaux; RS 814.20). Alors que la Confédération effectue des relevés d'intérêt national et met les données recueillies à disposition (art. 57 LEaux), les cantons réalisent les autres relevés nécessaires à l'exécution et en communiquent les résultats à la Confédération (art. 58 LEaux). L'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) définit les bases de l'appréciation de l'état des cours d'eau avec, d'une part, les objectifs écologiques (annexe 1 OEaux), dont toutes les mesures doivent tenir compte conformément à l'art. 1 OEaux et, d'autre part, les exigences chiffrées concernant la qualité de l'eau (annexe 2 OEaux). L'art. 47 OEaux décrit la marche à suivre en cas de non-respect des exigences minimales fixées à l'annexe 2. En plus du respect des exigences de qualité de l'eau, il faut respecter le devoir général de diligence (art. 3 LEaux) et l'interdiction générale de polluer (art. 6 LEaux), selon lesquels il convient d'éviter toute pollution.

Loi et ordonnance sur la protection des eaux

2.2 Dégradation des cours d'eau

Les activités humaines liées aux multiples besoins de la société et à une agriculture intensive mettent les cours d'eau sous pression (Conseil fédéral suisse, 2015). Cette pression se manifeste par la dégradation des cours d'eau, qui se répercute négativement sur les écosystèmes et les organismes aquatiques. Les pollutions chimiques font depuis longtemps l'objet de suivis détaillés; il en va de même dans le cadre du programme NAWA: les résultats correspondants sont présentés sous 4.1 *Pollution des eaux*. Les paragraphes ci-après décrivent d'autres atteintes d'importance qui ne sont pas abordées dans le programme NAWA, mais qui sont déterminantes pour l'état biologique des eaux tel que documenté sous 4.2 *État biologique des cours d'eau*. Ces atteintes sont dues en particulier aux aménagements des cours d'eau, à l'exploitation de la force hydraulique et au changement climatique.

Dégradation de l'état biologique des cours d'eau par les polluants, les aménagements ou les installations hydroélectriques

Pour interpréter l'état des cours d'eau, on a utilisé des indicateurs de pollution qui permettent d'évaluer l'ampleur de la pollution chimique des eaux et des atteintes dues aux aménagements (résumé dans le tab. 1). En comparant les valeurs des indicateurs à l'état des cours d'eau, il n'a pas été possible d'établir de corrélation évidente, car, en règle générale, les atteintes anthropiques qui se répercutent sur l'état des cours d'eau sont multiples. Les représentations graphiques des tendances peuvent toutefois fournir des indications sur les atteintes anthropiques connues pouvant être à l'origine des déficits constatés dans l'état des cours d'eau. Aucun indice n'a été défini pour les atteintes liées à l'exploitation de la force hydraulique et au changement climatique. La pertinence de ces altérations anthropiques est cependant brièvement expliquée dans les paragraphes ci-après.

Des indicateurs renseignent sur les atteintes anthropiques

Tab. 1 > Aperçu des pollutions et des atteintes anthropiques touchant les eaux et des indicateurs correspondants

Pollution et atteintes anthropiques touchant les eaux	Indicateur de pollution
Apports de polluants par les eaux usées des zones urbanisées, de l'artisanat et de l'industrie (nutriments et micropolluants tels que les résidus de médicaments, les perturbateurs endocriniens et les pesticides)	<ul style="list-style-type: none"> • Une forte proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} correspond à une pollution élevée • Une forte proportion de surfaces urbanisées dans le bassin versant correspond à une pollution élevée
Apports diffus issus de l'agriculture (nutriments, produits phytosanitaires)	<ul style="list-style-type: none"> • Une forte proportion de surfaces réservées aux cultures des champs et aux cultures pérennes (désignés ci-après par «cultures des champs») dans le bassin versant correspond à une pollution élevée • Une forte densité d'unités de gros bétail (UGB/ha) dans le bassin versant correspond à une pollution élevée
Détérioration de la structure des cours d'eau liée à la présence d'aménagements	<ul style="list-style-type: none"> • Un état écomorphologique insuffisant près de la station de mesure correspond à une atteinte importante
Ensemble des apports de substances et des détériorations de la structure des cours d'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Une forte proportion de surfaces forestières et de surfaces improductives dans le bassin versant correspond à une pollution faible et à des atteintes morphologiques minimales

2.2.1 Apports de polluants

Des apports excessifs de nutriments et de polluants dans les cours d'eau conduisent à une altération de la qualité de l'eau. Il s'agit soit d'apports ponctuels qui atteignent les cours d'eau par les eaux usées provenant des zones urbanisées, de l'artisanat et de l'industrie, soit d'apports diffus issus principalement des zones urbanisées et de l'agriculture. Pour décrire l'importance de ces apports, les indicateurs de pollution suivants ont été retenus: proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} , proportions de surfaces urbanisées, de surfaces réservées aux cultures des champs, de surfaces forestières ou de surfaces improductives dans le bassin versant et densité d'unités de gros bétail (tab. 1).

Le pourcentage d'eaux usées communales par rapport au débit Q_{347} a été estimé sur la base du nombre d'habitants raccordés et de la quantité moyenne d'eaux usées par habitant. Du fait du caractère approximatif de cette estimation, il se peut que la quantité d'eaux usées évaluée soit supérieure au débit Q_{347} et à la quantité effectivement mesurée au niveau de la station de mesure de débits correspondante. C'est pourquoi, pour certaines stations de mesure, la proportion d'eaux usées estimée est supérieure à 100%. Malgré cette incertitude, on peut partir du principe que les résultats sont représentatifs en termes d'ordre de grandeur et d'écarts mesurés entre les différentes stations.

La statistique de la superficie (OFS, 2006) a servi de base au calcul de la proportion de surfaces urbanisées, forestières et improductives dans les bassins versants. La part de surfaces vouées aux cultures des champs et la densité d'unités de gros bétail sont tirées du recensement des entreprises agricoles (OFS, 2010).

Proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347}

Utilisation du sol dans le bassin versant

2.2.2 Aménagement des cours d'eau

De nombreux cours d'eaux suisses sont aménagés ou resserrés, ce qui peut non seulement altérer leur fonction d'habitat, mais aussi compromettre la sécurité en cas de crues. Sur les tronçons dégradés, les structures des cours d'eau n'ont rien à voir avec leur état naturel, la dynamique est rompue et la connectivité longitudinale est insuffisante.

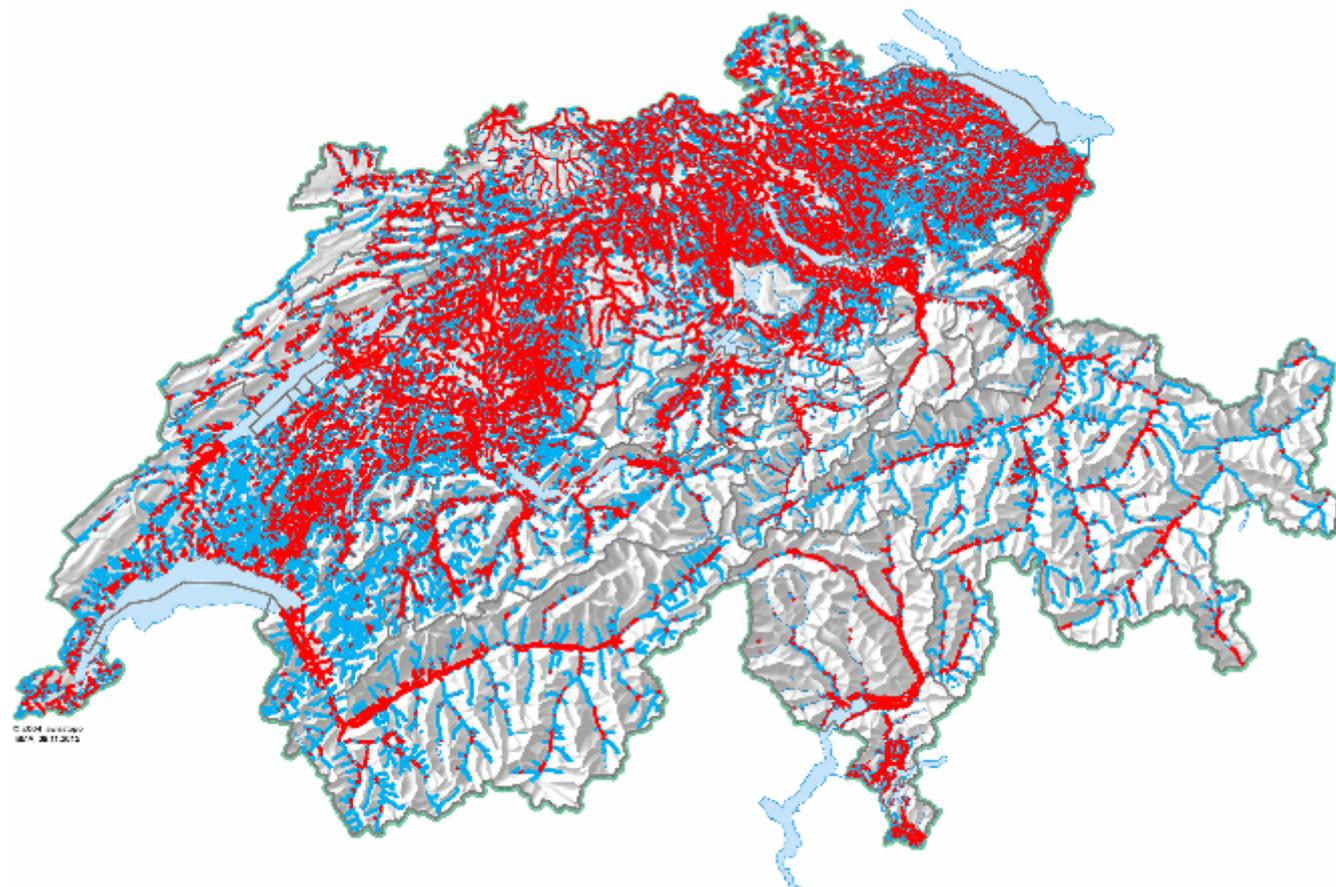
Les planifications cantonales relatives à la revitalisation ont révélé que 13 800 km de cours d'eau ont des lits et des berges fortement aménagés ou rétrécis (fig. 2). Sur ce total, 9 600 km sont d'une utilité moyenne à grande pour la nature et le paysage (OFEV, 2015e).

Le module «Écomorphologie – niveau R» du système modulaire gradué (OFEFP 1998) permet d'apprécier les cours d'eau (Hütte et Niederhauser, 1998). Entre 1997 et 2008, cette méthode a servi à cartographier quelque 29 000 km de tronçons de cours d'eau dans les relevés de 24 cantons. L'OFEV a ensuite interprété les résultats (Zeh et al., 2009). À proximité des stations de mesure NAWA, l'écomorphologie a été caractérisée sur cette base (OFEV, 2013b). Des indications écomorphologiques existent pour 73 des 86 stations de NAWA dont le bassin versant mesure moins de 1 000 km². Les cours d'eau très atteints sont fortement surreprésentés dans le réseau d'observation, tandis que les cours d'eau naturels ou semi-naturels sont sous-représentés. Ce sont les petits cours d'eau (numéros d'ordre 1 et 2) qui présentent une grande proportion de tronçons naturels ou semi-naturels. L'absence de ces cours d'eau dans le réseau NAWA explique la faible proportion des stations de mesure possédant une morphologie naturelle ou semi-naturelle.

Écomorphologie à proximité des stations de mesure NAWA

Fig. 2 > État écomorphologique des cours d'eau suisses

Les cours d'eau bien structurés sont représentés en bleu clair (classe écomorphologique correspondant à un état naturel ou semi-naturel) et les cours d'eau structurellement très atteints par les activités anthropiques sont cartographiés en rouge (classes écomorphologiques correspondant aux états suivants: très atteint, artificiel ou mis sous terre).



Représentation simplifiée (OFEV, 2015e)

2.2.3 Installations hydroélectriques

Les installations hydroélectriques peuvent porter atteinte aux cours d'eau de différentes manières. Ainsi, il n'est pas rare que les ouvrages hydroélectriques fassent obstacle à la migration des poissons ou qu'ils produisent des variations de débit artificielles qui emportent certains animaux et les empêchent durablement de se réinstaller dans le cours d'eau. Ces ouvrages peuvent aussi avoir un impact sur le charriage: les sédiments qui se déposent au fond des bassins de retenue font défaut en aval des barrages et des déversoirs, où ils servent normalement de substrat pour les frayères et de protection contre l'érosion.

En ce qui concerne l'exploitation de la force hydraulique, les planifications cantonales pour l'assainissement des cours d'eau ont permis de déterminer combien d'installations hydroélectriques doivent être assainies. Sur l'ensemble du territoire, on compte environ 1000 obstacles à la migration piscicole liés à l'hydroélectricité, 100 ouvrages hydroélectriques produisant des variations de débit artificielles (éclusées) et 500 ouvrages

hydroélectriques et autres installations produisant des déficits de charriage (OFEV, 2015e).

Aucun indicateur n'a été utilisé pour décrire le degré d'atteinte des cours d'eau lié à l'exploitation de la force hydraulique. Dans la plupart des cas, on sait toutefois quelles stations de mesure NAWA subissent des atteintes hydrologiques (phénomène d'éclusées et débit résiduel notamment) (OFEV, 2013b). Ces données se sont cependant avérées trop peu pertinentes pour servir d'indicateurs. Les dégradations provoquées par les installations hydroélectriques restent néanmoins déterminantes pour l'état écologique de certains cours d'eau.

2.2.4 Changement climatique

La température de l'eau est un facteur déterminant de l'état des cours d'eau. Elle influence tous les processus métaboliques, la croissance, ainsi que la composition des biocénoses. Si la température dépasse un certain seuil et que l'espèce concernée ne peut se réfugier dans des eaux plus fraîches, sa survie est compromise. À l'heure actuelle, les relevés de température mensuels effectués dans les stations de mesure de NAWA TREND ne permettent toutefois pas de confirmer ce phénomène.

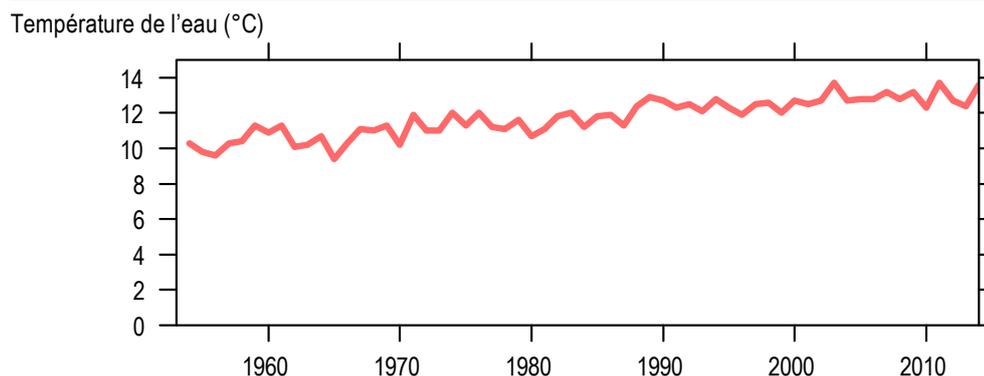
De longues séries de mesures effectuées à Bâle ont montré que la température moyenne du Rhin a augmenté de plus de 2 °C depuis les années 50 (fig. 3). Des hausses de température similaires ont été observées dans d'autres rivières du Plateau. Sous l'effet du changement climatique, il faut s'attendre à ce que les périodes de chaleur soient de plus en plus fréquentes et, par conséquent, à ce que la température des eaux de surface augmente encore au cours des décennies à venir (OFEV, 2015d). Les déversements d'eau chaude, provenant notamment des dispositifs de refroidissement (en particulier ceux en circuit ouvert dont sont équipées les centrales nucléaires et, dans une moindre mesure, ceux des grands sites industriels) ou les déversements issus des stations d'épuration des eaux usées peuvent encore renforcer ce phénomène.

Comme dans le cas des installations hydroélectriques, aucun indicateur n'a été utilisé pour décrire le degré d'atteinte lié au changement climatique. Les incidences éventuelles de ce phénomène sur le régime de température et d'écoulement ne se répercuteront sur l'état des cours d'eau que dans le cadre de leur évolution à long terme.

La température des cours d'eau:
un facteur clé pour les
organismes aquatiques

La température de l'eau augmente

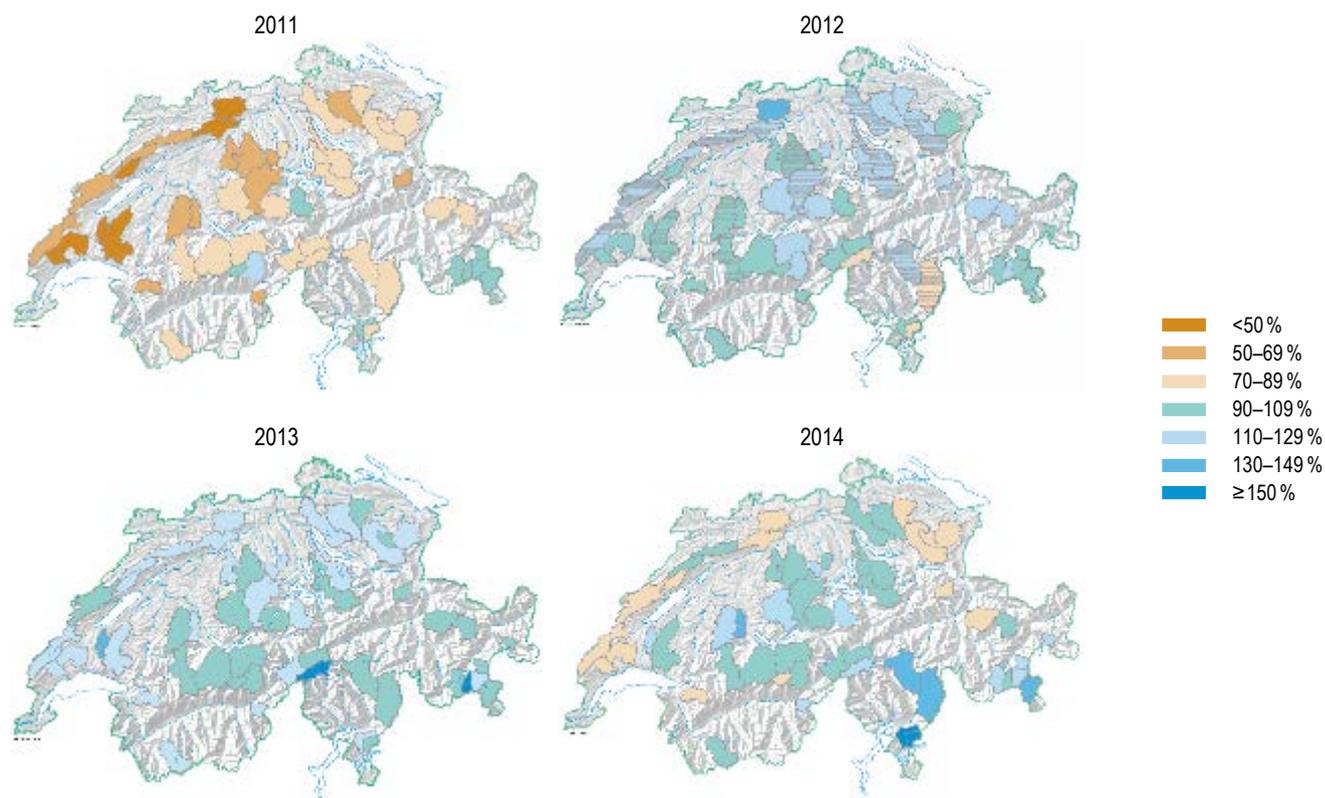
Fig. 3 > Température du Rhin à Bâle (moyenne annuelle)



2.3

Débits**Fig. 4 > Débits**

Moyennes annuelles 2011, 2012, 2013 et 2014 des bassins versants de taille moyenne sélectionnés par rapport au débit moyen de la période de référence 1981–2010 en %.



Source: OFEV, 2014; OFEV, 2015a; OFEV, 2015b; OFEV, 2015c

Les débits jouent un rôle aussi dans l'appréciation de la qualité des eaux. D'une part, de nombreuses substances telles que les nutriments et les produits phytosanitaires sont déversés dans les cours d'eau durant les épisodes de pluie. D'autre part, des débits faibles peuvent conduire à une dilution insuffisante des substances contenues dans les eaux usées, et donc à une hausse des concentrations dans les cours d'eau.

Au cours de la période des relevés, on a procédé soit à des mesures directes du débit dans les stations de mesure NAWA, soit recueilli et associé des valeurs provenant de stations de mesure de débits situées à proximité (OFEV, 2013b). Dans quatre cas seulement, aucune station de mesure ne livrait de valeur quantitative à proximité. Pour ces stations, on ne disposait que d'indications qualitatives de débit, ou on a dû l'estimer à partir des données de plusieurs stations.

**Affectation de données
concernant les débits**

On a constaté une variation importante des débits au cours de la période d'observation 2011–2014 (fig. 4). Dans les paragraphes ci-après, on présente brièvement les débits mesurés au cours de la période considérée dans les bassins fluviaux suisses de taille

**Variation des débits entre
2011 et 2014**

moyenne à grande. À l'échelle locale et dans certains bassins versants, les débits peuvent toutefois se démarquer de ces tendances générales.

En 2011, année marquée par des températures record et très peu de précipitations, surtout au printemps, les débits moyens annuels se situaient largement en dessous de la moyenne et correspondaient à seulement 70 %, voire 80 %, des moyennes interannuelles (OFEV, 2015a). Dans ce contexte de sécheresse, l'impressionnant épisode de pluie sur neige qui a frappé l'Oberland bernois et la Suisse centrale à l'automne 2011 a fait figure d'exception.

2011: des débits faibles

En 2012, les quantités de précipitations et, par conséquent, les débits moyens, étaient généralement supérieurs à la moyenne interannuelle (de 10 à 20 % au nord des Alpes, par exemple (OFEV, 2015b)). Des débits mensuels supérieurs à la moyenne ont été relevés, particulièrement en janvier, de septembre à décembre et, à l'échelle locale, en juin. Dans le sud des Alpes, par contre, les valeurs enregistrées se rapprochaient des moyennes interannuelles.

2012: des débits moyens

Si les températures et précipitations moyennes annuelles enregistrées en 2013 correspondaient à la norme interannuelle, les variations saisonnières étaient toutefois importantes. Ainsi, alors que les mois de janvier à mai ont été caractérisés par un manque persistant de soleil, l'été a été extrêmement ensoleillé (OFEV, 2014). Les débits annuels ont par conséquent été légèrement supérieurs (de 5 à 15 %) à la moyenne interannuelle. Au début du mois de juin, après d'intenses précipitations, on a enregistré dans bon nombre de stations de mesure du nord des Alpes des crues bisannuelles, voire décennales.

2013: des débits moyens et des variations saisonnières prononcées

En 2014, les débits moyens annuels de nombreux fleuves et rivières du nord des Alpes correspondaient à la moyenne interannuelle ou étaient inférieurs à celle-ci. Dans le sud des Alpes, en Engadine et dans le Valais, les débits étaient par contre supérieurs à la moyenne interannuelle. Les débits les plus importants ont été enregistrés dans le Tessin après les fortes précipitations de novembre. Sur l'ensemble du territoire, les tendances générales se sont toutefois caractérisées par de fortes variations régionales et saisonnières (OFEV, 2015c).

2014: des débits très variables d'une région à l'autre

3 > Méthodes

3.1 NAWA: système d'observation

3.1.1 Objectifs de NAWA

En mettant en place l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA), la Confédération et les cantons définissent les bases permettant de consigner et d'évaluer à l'échelle nationale l'état et l'évolution des eaux de surface (OFEV, 2013b). Dans le détail, les objectifs du programme sont les suivants:

- > Fournir une **description de l'état** des eaux de surface en Suisse:
 - de manière à obtenir une **vue d'ensemble** simple, uniformisée et permettant des comparaisons sur tout le territoire national;
 - qui servira de base à la **documentation** concernant l'évolution à moyen et à long termes.

- > Mettre à disposition des **bases** pour:
 - l'**identification précoce** des changements posant problème et pour le pilotage de la politique nationale en matière de protection des eaux;
 - mettre à disposition un **corpus de données** uniformisées pour des études détaillées;
 - permettre de **contrôler l'efficacité** des mesures actuelles et futures appliquées dans la protection des eaux et dans d'autres domaines;
 - faciliter les **comparaisons entre bassins versants** de différents cantons subissant le même type d'atteintes.

- > Assurer la **coordination** pour:
 - promouvoir la **collaboration entre Confédération et cantons** et entre les cantons (exploiter les synergies existantes);
 - améliorer l'**échange d'informations et d'expériences** par-delà les frontières administratives et hydrographiques;
 - améliorer la collaboration dans le cadre de **projets intercantonaux** et la comparabilité des relevés entre les cantons.

Le programme NAWA ne peut remplacer les relevés effectués par les cantons pour exécuter la législation sur la protection des eaux et surveiller l'état des eaux au niveau cantonal. En général, pour s'acquitter d'une telle tâche, il est nécessaire d'effectuer des relevés dans un nombre de stations nettement plus élevé, de déterminer un ensemble approprié de paramètres et de consentir un travail plus grand.

3.1.2 Modules d'observation: NAWA TREND et NAWA SPEZ

Les analyses des cours d'eau coordonnées entre les cantons et la Confédération sont menées à deux niveaux qui se distinguent par leurs objectifs, les stations de mesure utilisées, les paramètres mesurés et la fréquence des relevés:

- > *TREND*: réseau de base dédié à l'**observation à long terme**, qui fournit un aperçu de l'état des cours d'eau suisses sur la durée. À cet effet, les cours d'eau sont analysés depuis 2011 dans des stations de mesure réparties sur l'ensemble du territoire suisse.
- > *SPEZ*: Les campagnes d'observation complémentaires consacrées aux problèmes spécifiques permettent d'étudier sur une durée limitée des questions particulières dans les bassins versants sélectionnés. Une première campagne SPEZ s'est déroulée en 2012.

Depuis le milieu des années 70, la Confédération effectue des relevés physico-chimiques concernant la qualité des eaux de surface dans le cadre de la surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF). Ce programme suit l'évolution de certaines substances présentes dans l'eau (nutriments, substances géogènes, métaux lourds et divers polluants), principalement dans les grandes rivières suisses, afin de fournir des bases à la protection des eaux et à la recherche. Les résultats obtenus dans le cadre du programme NADUF ont été intégrés au présent rapport pour documenter l'évolution des charges de nutriments et de métaux lourds dans les grands cours d'eau.

Analyses effectuées dans le cadre de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF)

3.1.3 Réseau de mesure

Fig. 5 > Stations de mesure et relevés

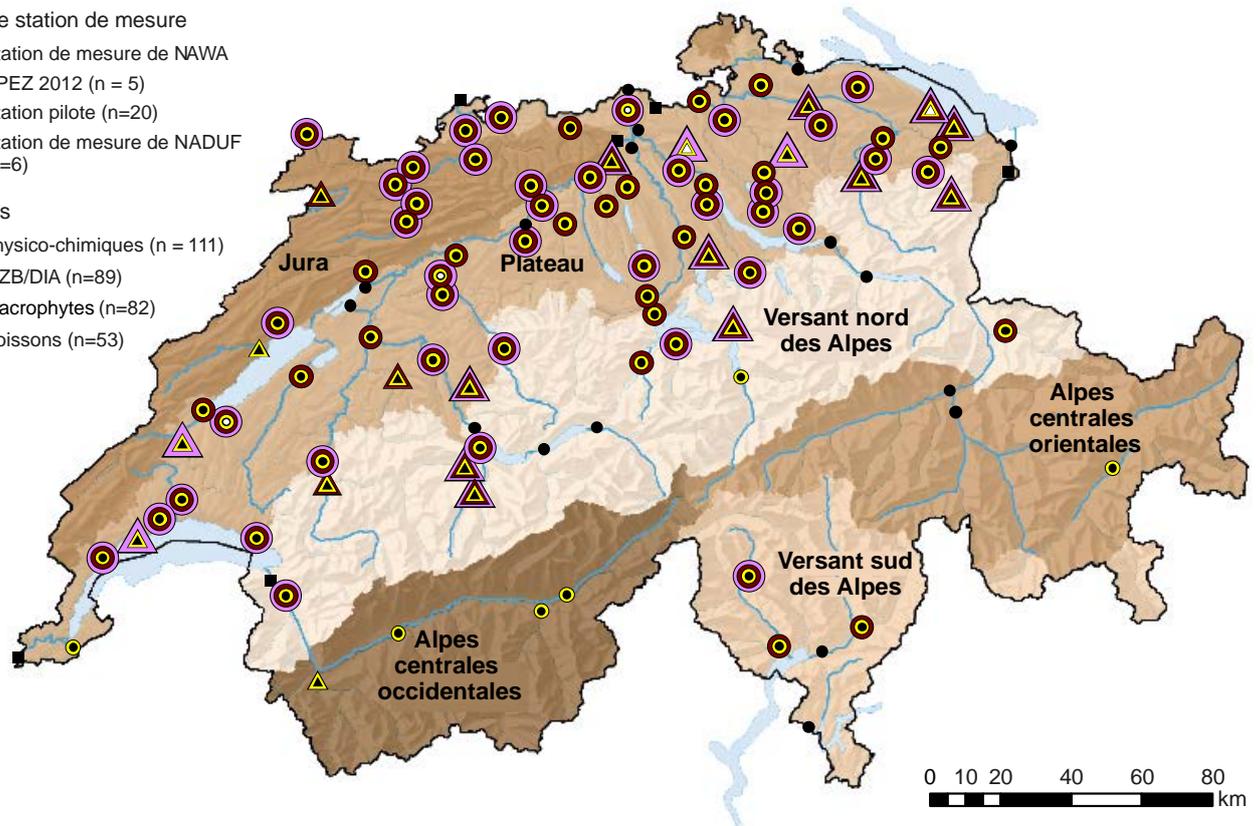
Emplacement des 111 stations de mesure NAWA dans les régions biogéographiques (surfaces colorées). Les couleurs des symboles correspondent aux paramètres mesurés sur la période 2011–2014 (MZB: macrozoobenthos, DIA: diatomées). Les stations de mesure représentées sous forme de carrés font partie des programmes NAWA et NADUF. Les triangles indiquent les 20 stations pilotes.

Type de station de mesure

- Station de mesure de NAWA
- △ SPEZ 2012 (n = 5)
- ▲ Station pilote (n=20)
- Station de mesure de NADUF (n=6)

Relevés

- physico-chimiques (n = 111)
- MZB/DIA (n=89)
- Macrophytes (n=82)
- Poissons (n=53)



Données sources: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1: limites des eaux), © 2004, swisstopo (source cartographique)

Le réseau NAWA est constitué de 111 stations de mesure. Dans la plupart d'entre elles, des relevés cantonaux avaient déjà été effectués avant 2011. Les bassins versants des stations de mesure, dont la superficie varie entre 25 et 36 500 km², sont répartis sur toute la Suisse (fig. 5). Certaines stations de mesure NAWA situées près de grands cours d'eau font aussi partie du programme NADUF.

111 stations de mesure

Parmi les 111 stations de mesure NAWA, 20 ont servi de stations pilotes dans lesquelles les paramètres biologiques ont fait l'objet de relevés annuels au cours de la période 2011–2014 (voir la fréquence des relevés dans le tab. 2 et la fig. 5). Les relevés effectués dans les stations pilotes ont permis de déterminer si les résultats présentaient d'une année à l'autre des variations significatives susceptibles de justifier la réalisation d'un relevé annuel plutôt que quadriennal.

20 stations pilotes

Les bassins versants de 25 des 111 stations de mesure ont une superficie supérieure à 1000 km². Ces stations couvrent toutes les grandes rivières, leurs principaux affluents, les affluents et les émissaires des grands lacs, ainsi que les grandes rivières quittant la Suisse. Les 86 stations restantes, dont le bassin versant mesure entre 25 et 1000 km², couvrent les différents types de cours d'eau et d'atteintes écologiques. Leur représentativité en termes de types de cours d'eau et d'atteintes écologiques a pu être prouvée au moyen de données comparatives et sur la base de leur situation géographique, de leurs caractéristiques hydrologiques et des atteintes qu'elles subissent en la matière, de l'exploitation du sol dans leur bassin versant, ainsi que de la pollution par les déversements d'eaux usées traitées et de l'appréciation écomorphologique (OFEV, 2013b). Les sites peu ou pas du tout influencés (sites de référence) sont sous-représentés dans le réseau. De même, les stations situées dans les Alpes, en particulier sur les petits cours d'eau, sont sous-représentées. Bien qu'ils constituent 75 % du réseau hydrographique suisse, les cours d'eau petits et très petits dont le bassin versant a une superficie inférieure à 25 km² et les cours amonts qui portent le numéro d'ordre 1 ou 2 ne sont pas inclus dans le réseau d'observation NAWA TREND. Les relevés effectués dans le cadre de ce réseau ne peuvent donc fournir aucune information à leur sujet.

Représentativité des stations de mesure

3.2 Analyses et appréciation de l'état des cours d'eau

Les analyses effectuées dans le cadre du programme NAWA portent non seulement sur la qualité chimique de l'eau, mais aussi sur les biocénoses dans les cours d'eau et ont servi de base à une appréciation complète de ces derniers. Elles sont résumées dans le tab. 2 et se rapportent au réseau d'observation représenté à la fig. 5. Les méthodes sont décrites de manière détaillée dans les paragraphes 3.2.1 à 3.2.7 ci-après.

Analyse de la qualité de l'eau et des biocénoses

Tab. 2 > Analyses: vue d'ensemble

Nombre de stations de mesure évaluées, fréquence et période d'échantillonnage par paramètre. Les indications présentées entre parenthèses portent sur les relevés biologiques annuels réalisés dans les 20 stations pilotes. La lettre «x» désigne les pollutions (cf. 2.2) pour lesquelles la méthode considérée est pertinente.

Paramètre / module du système modulaire gradué (SMG)	Stations de mesure (stations pilotes)	Relevé		Pertinence (adapté de Känel et al., 2010b)			Rapport
		Fréquence (stations pilotes)	Période de relevé	Aménagements des cours d'eau	Exploitation de la force hydraulique	Pollution chimique	
Analyses physico-chimiques: nutriments SMG niveau R (Liechti, 2010)	111	mensuelle	2011–2014			x	
Micropolluants organiques (Götz et al., 2010; Wittmer et al., 2014a, aucun module SMG disponible)	5	continue: échantillons composites proportionnels au temps prélevés sur deux semaines;	mars-juillet 2012			x	
Macrozoobenthos SMG niveau R (Stucki, 2010b)	88 (20)	une fois tous les quatre ans (annuelle sur la période 2011–2014)	mars/avril	x	x	x	Stucki et al. (2015) Bio: Baumgartner
Diatomées SMG niveau R (Hürlimann und Niederhauser, 2007)	89 (20)	une fois tous les quatre ans (annuelle sur la période 2011–2014)	mars/avril			x	Hürlimann und Straub (2014)
Poissons SMG niveau R (Schager und Peter, 2004a)	52 (0)	une fois tous les quatre ans	de mi-août à octobre	x	x	x	Dönni und Guthruf (2014)
Plantes aquatiques (macrophytes) (Känel et al., 2009; Känel et al., 2010a)	82 (20)	une fois tous les quatre ans (annuelle en 2011, 2012 et 2014)	de juin à septembre	x	x	x	Roth et al. (2013) et Roth et al. (2014)
Aspect général SMG niveau R (Binderheim und Göggel, 2007)	88 (20)	une fois tous les quatre ans (annuelle sur la période 2011–2014)	mars/avril			x	Hürlimann et al. (2014)

Les concentrations de nutriments ont été analysées dans toutes les stations de mesure, mais celles des micropolluants dans cinq stations seulement, en raison de l'ampleur de l'analyse dans le cadre d'une première campagne NAWA SPEZ. L'état des biocénoses a été examiné dans les stations de mesure accessibles pour les petits invertébrés qui peuplent le fond du lit (macrozoobenthos), les diatomées, les poissons et les plantes aquatiques (macrophytes). Ces organismes réagissent aux variations de régime de charriage et de débit, à l'état de l'espace réservé aux eaux (écomorphologie, connectivité) ainsi qu'à la qualité de celles-ci, et servent donc de bio-indicateurs. Un rapport résumant les résultats des prélèvements effectués a été élaboré pour chaque bio-indicateur (cf. références dans la colonne «Rapport» du tab. 2). Les analyses biologiques ont été complétées par un relevé des atteintes macroscopiques touchant la qualité de l'eau (aspect général).

Dans le cadre du programme NAWA, on applique surtout les méthodes du système modulaire gradué (SMG) employées au niveau R (région), auxquelles on apporte ponctuellement des adaptations et des précisions (cf. tab. 2, OFEV, 2013b, et www.systeme-modulaire-gradue.ch). Les modules élaborés depuis 1998 par la Confé-

Méthodes de relevé et d'appréciation

dération en collaboration avec les cantons et l'Eawag concrétisent les objectifs écologiques consignés dans l'OEaux (annexe 1) visant des cours d'eau proches de l'état naturel et s'appuient sur les exigences chiffrées concernant la qualité de l'eau définies dans l'annexe 2 de l'OEaux. L'application coordonnée de ces méthodes permet de garantir la comparabilité des résultats des relevés effectués sur l'ensemble du territoire suisse (fig. 5, tab. 2). Le SMG n'inclut pour l'instant aucune méthode de relevé et d'appréciation concernant les micropolluants. C'est pourquoi les stratégies d'évaluation de Götz et al. (2010) et de Wittmer et al. (2014a) ont été utilisées.

Les résultats des analyses effectuées sur la base des paramètres considérés sont évalués au moyen de l'échelle d'appréciation du SMG, qui comporte cinq classes d'état: «très bon», «bon», «moyen», «médiocre» et «mauvais» (quatre classes sont utilisées pour évaluer l'écomorphologie et les macrophytes, et trois pour l'aspect général) (tab. 3).

Cinq classes d'appréciation

Tab. 3 > Échelle d'appréciation selon le SMG (classes et codes de couleur)

Classe	État écologique	Interprétation d'après les annexes 1 et 2 de l'OEaux
1	Très bon	Objectifs écologiques et exigences chiffrées remplis
2	Bon	
3	Moyen	Objectifs écologiques et exigences chiffrées non remplis
4	Médiocre	
5	Mauvais	

L'évaluation repose si possible sur les exigences chiffrées concernant la qualité de l'eau (annexe 2 OEaux). Dans le cadre du SMG, les valeurs fixées ont été utilisées pour déterminer la limite entre les classes d'état «moyen» et «bon». Pour les autres paramètres, on a transposé les descriptions des objectifs écologiques (annexe 1 OEaux) en valeurs numériques dont l'utilisation a ensuite été recommandée pour définir la limite entre la classe d'état «moyen» et «bon».

Exigences chiffrées et objectifs écologiques

La qualité des analyses est assurée par le laboratoire agréé mandaté. Avant le début des analyses biologiques et pour en garantir la qualité, on a effectué pour chaque module et avec toutes les parties prenantes du projet un relevé à des fins de calibrage. Plusieurs relevés ont par ailleurs été réalisés par des équipes indépendantes. Les résultats correspondants ont été intégrés à l'évaluation en tant que valeurs moyennes. Pour la détermination des taxons, les données ont été contrôlées ultérieurement par un autre expert. Des informations détaillées concernant l'assurance qualité sont présentées dans un rapport introductif (OFEV, 2013b) ainsi que dans les descriptions de module et rapports du SMG (cf. références dans le tab. 2).

Assurance qualité

3.2.1 Nutriments

Les relevés abiotiques englobent les paramètres physico-chimiques standard. Pour évaluer la qualité de l'eau, le programme NAWA TREND s'est limité aux paramètres relatifs aux nutriments, dont la concentration a été mesurée dans les échantillons mensuels prélevés dans les 111 stations de mesure (tab. 2, fig. 5). En plus de fournir des indications sur les apports naturels, ces paramètres permettent de déterminer le degré de pollution en nutriments des cours d'eau dû aux déversements d'engrais et d'eaux usées traitées. Conformément au module «Analyses physico-chimiques, nutriments – niveau R», les relevés englobaient les paramètres suivants: ammonium (NH_4^+), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), orthophosphate (PO_4^{3-}), phosphore total (P_{tot}) et carbone organique dissous (Liechti, 2010). D'autres paramètres physico-chimiques annexes tels que la température, la concentration d'oxygène, etc. ont été pris en compte pour servir de bases d'interprétation (OFEV, 2013b).

3.2.2 Micropolluants

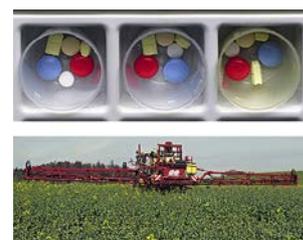
On trouve dans les cours d'eau suisses une grande variété de substances issues de l'activité humaine. Ce sont celles qui sont utilisées en raison de leur activité biologique qui influencent le plus la qualité de l'eau (Wittmer et al., 2014a). Il s'agit avant tout des micropolluants essentiellement organiques que sont les pesticides (produits phytosanitaires et biocides) et les médicaments, qui, même en concentration infime (de l'ordre du microgramme ou du nanogramme par litre), sont capables de porter atteinte aux organismes aquatiques. Les micropolluants inorganiques, à savoir les métaux lourds, peuvent également avoir une influence considérable sur la qualité de l'eau, même à des concentrations très faibles.

Jusqu'à présent, on ne savait pas quelle proportion de pesticides autorisés était présente dans les cours d'eau en concentrations détectables. C'est pourquoi l'analyse des micropolluants effectuée en 2012 dans le cadre du premier programme NAWA SPEZ portait sur tous les pesticides organiques autorisés en Suisse. Une grande variété de médicaments et d'autres substances arrivant dans les cours d'eau par les eaux usées domestiques ont également fait l'objet d'analyses. En raison de la diversité des substances et de l'importance du travail analytique nécessaire, les micropolluants organiques n'ont jusqu'à présent jamais été étudiés dans le cadre du programme TREND, dédié à l'observation à long terme.

En 2012, la Confédération, les cantons d'Argovie, de Soleure, de Thurgovie, de Vaud et de Zurich, ainsi que l'Eawag, ont collaboré à l'observation NAWA SPEZ sur les micropolluants organiques. Dans ce cadre, des prélèvements ont été effectués dans les cinq stations de mesure NAWA suivantes: Salmsacher Aach (TG), Furtbach (ZH), Surb (AG), Limpach (SO) et Mentue (VD; fig. 5, tab. 2). Les bassins versants de ces stations de mesure englobaient une portion relativement élevée de cultures des champs, de cultures spéciales (arboriculture) ou de surfaces urbanisées, et répondaient ainsi aux critères définis pour cette étude. Il était également important que les cours d'eau sélectionnés contiennent des proportions différentes d'eaux usées traitées et soient répartis sur l'ensemble du Plateau suisse. De plus, seuls les cours d'eau dont le bassin versant était de taille moyenne (numéros d'ordre 3 à 6) ont été retenus. Les stations de mesure



Analyses mensuelles des nutriments effectuées dans les 111 stations de mesure NAWA TREND



Première analyse NAWA SPEZ concernant les micropolluants organiques

Cinq stations de mesures NAWA représentatives près de cours d'eau moyens

sélectionnées étaient les mêmes que pour les analyses biologiques, exception faite de la station de Salsmacher Aach, dans laquelle les relevés biologiques ont été effectués en aval du point de déversement de la STEP, alors que les échantillons destinés aux analyses chimiques ont été prélevés en amont de ce point.

Entre mars et juillet 2012, des échantillons composites proportionnels au temps ont été prélevés en continu sur deux semaines. Ce programme d'analyse visait à établir sur une période continue un inventaire des substances le plus large possible. Il ne permet cependant pas de détecter les pics de concentration.

Au total, on a recherché la présence de 563 substances dans les échantillons d'eau. En ce qui concerne les pesticides, on a cherché à détecter la quasi-totalité des substances présentes dans les eaux et utilisées entre 2005 et 2011 (Wittmer et al., 2014b). Pour ce qui est des médicaments, on a recherché les substances actives les plus susceptibles d'être présentes dans les cours d'eau compte tenu de la consommation en Suisse, en Allemagne et aux États-Unis (Longrée et al., 2013). On a en outre procédé à l'inventaire des insecticides de la classe des organophosphatés et des pyréthrinoides à l'aide de capteurs passifs, ce parce que les critères de qualité chronique de ces substances sont moins élevés que la limite de quantification définie dans le cadre des méthodes classiques d'analyse d'échantillons d'eau (Moschet et al., 2015).

Pour évaluer les concentrations de substances mesurées dans les cours d'eau en fonction de leurs effets négatifs sur les organismes aquatiques, on les a comparés aux critères de qualité en se fondant sur leur effet écotoxicologique définis par le Centre suisse d'écotoxicologie appliquée (Centre Ecotox). Les polluants détectés dans les échantillons composites prélevés sur deux semaines sont évalués sur la base des critères de qualité chronique (Wittmer et al. 2014a). Pour ce faire, on détermine le quotient de risque en divisant la concentration mesurée dans l'environnement par le critère de qualité chronique. Si le quotient de risque est supérieur à 1, il n'est pas exclu que la substance considérée représente un risque pour les organismes aquatiques. Une échelle d'appréciation à cinq niveaux a été utilisée, comme dans le cadre du SMG (Götz et al., 2010; Wittmer et al., 2014a).

Comme l'impact total des mélanges de substances peut être plus important que l'impact d'une seule substance, on a également procédé à l'évaluation de la toxicité des mélanges. Pour ce faire, on a regroupé les micropolluants en fonction de leur effet (p. ex.: effet insecticide) (tab. 3), puis on a additionné les quotients de risque des micropolluants présents dans un même échantillon.

L'annexe 2 de l'OEaux ne contient aucune exigence chiffrée pour les micropolluants qui repose sur leurs effets écotoxicologiques. La valeur fixée (0,1 µg/l) pour les pesticides organiques s'applique de manière générale. Les modifications de l'OEaux mises en vigueur par le Conseil fédéral au 1^{er} janvier 2016 ont cependant posé les bases pour la définition de nouvelles exigences chiffrées basées sur les effets écotoxicologiques des substances considérées. Ces nouvelles exigences doivent maintenant être intégrées à l'OEaux le plus rapidement possible. Les critères de qualité écotoxicologique proposés par le Centre Ecotox¹ permettent déjà d'évaluer approximativement la qualité de

Mars-juillet 2012: deux semaines d'échantillons composites pour un vaste inventaire des substances

Analyse de la quasi-totalité des pesticides autorisés et des médicaments les plus utilisés

Méthode d'appréciation des micropolluants: critères de qualité écotoxicologique et quotients de risque

Appréciation de la toxicité des mélanges

Exigences chiffrées concernant les pesticides et critères de qualité écotoxicologique

¹ www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/

l'eau par rapport à ces exigences. Les concentrations mesurées, en plus d'être comparées avec les critères de qualité se fondant sur leur effet écotoxicologique, ont été évaluées par rapport à l'exigence chiffrée (0,1 µg/l) actuellement appliquée.

3.2.3 Les macrozoobenthos: bio-indicateur de la qualité de l'eau et des écosystèmes

Le macrozoobenthos désigne l'ensemble des invertébrés qui peuplent le fond des cours d'eau. Ils conviennent bien comme bio-indicateurs, car ils reflètent l'état du milieu aquatique tout au long de leur existence et leurs exigences en matière de qualité de l'eau et d'écosystème sont largement connues. La diversité et l'abondance des espèces varient ainsi selon la qualité de l'eau et l'état de l'écosystème (Stucki, 2010).

L'atteinte portée au macrozoobenthos par les pesticides a été évaluée non seulement dans le cadre du SMG (sur la base de l'Indice biologique suisse, IBCH), mais aussi au moyen de l'indice SPEAR_{pesticide} (Beketov et Liess, 2008). L'indice SPEAR_{pesticide} permet d'estimer les charges de pesticides présentes dans les cours d'eau (en particulier celles liées aux insecticides ayant un effet sur le macrozoobenthos) en fonction de la présence ou de l'absence d'organismes sensibles. La présence d'insectes sensibles appartenant aux taxons des éphéméroptères, des plécoptères ou des trichoptères (EPT) a également été prise en compte. Cela a permis de formuler des interprétations plus poussées et de garantir une évaluation plus fiable de l'état biologique des cours d'eau.

3.2.4 Les diatomées: bio-indicatrices de la charge de nutriments

Les diatomées sont des algues unicellulaires à coque de silice. Elles sont utilisées depuis des décennies comme bio-indicateurs de la charge de nutriments, car elles sont présentes dans tous les cours d'eau tout au long de l'année, et leurs réactions à des modifications du milieu aquatique sont bien connues. Ainsi, la diversité et l'abondance des espèces sont de bons indicateurs de la charge de nutriments sur le long terme (Hürlimann et Niederhauser, 2007).

L'appréciation se fait selon la méthode du module «Diatomées» du SMG, sur la base de l'indice DI-CH. En raison du calibrage, l'indice DI-CH reflète en premier lieu la qualité de l'eau du point de vue de sa teneur en nutriments et, dans une moindre mesure seulement, l'écomorphologie du cours d'eau et la charge de micropolluants.

3.2.5 Les poissons: bio-indicateurs de l'état des cours d'eau

Les poissons ont des exigences élevées en matière d'écosystème et sont sensibles aux variations de la qualité et de la température de l'eau (Meili et al., 2004). C'est pourquoi ils constituent d'excellents indicateurs permettant d'évaluer l'état morphologique et hydrologique des cours d'eau, ainsi que la qualité de l'eau. La mobilité et les migrations de nombreuses espèces permettent aussi d'estimer la continuité hydrologique et la connectivité des milieux aquatiques. La plupart des poissons vivant relativement longtemps, l'évaluation de l'ichtyofaune fournit des résultats sur une période plus longue que d'autres indicateurs biologiques (Schager et Peter, 2004).



Méthode d'appréciation du macrozoobenthos



Méthode d'appréciation des diatomées



Les analyses des poissons n'ont pu être réalisées que dans 52 stations de mesure. Les autres stations de mesures du réseau NAWA n'ont pas pu faire l'objet de relevés, soit parce que leurs eaux étaient trop profondes pour être parcourues à pied, soit parce que le lit était trop large, soit parce que d'autres paramètres ne permettaient pas de garantir la représentativité des relevés (p.ex.: forte turbidité provoquée par un écoulement glaciaire). 72 % des stations évaluées se trouvaient sur le Plateau, principalement dans la zone à truites et à ombres. L'appréciation générale considère la composition de l'ichtyofaune et la dominance des espèces parmi les poissons pêchés, la structure et la densité de la population des espèces indicatrices, ainsi que les déformations et les anomalies. On a en outre examiné la prévalence de la maladie rénale proliférative (MRP), une maladie infectieuse d'origine parasitaire, parmi les jeunes truites de rivières âgées de moins d'un an (poissons 0+). Cette maladie très répandue en Suisse peut avoir des répercussions importantes sur la mortalité des truites de rivières 0+ et est donc susceptible d'influencer également les résultats de l'évaluation. En ce qui concerne les alevinages, l'objectif était de les suspendre pendant l'année d'étude ou de les effectuer après les relevés ou avec des poissons marqués. Au cours de la première période de relevé, ces objectifs n'ont cependant pas pu être atteints dans 21 % des cours d'eau principaux et 32 % des affluents.

Méthode d'appréciation des poissons

3.2.6 Plantes aquatiques (macrophytes)

On entend par «macrophytes» toutes les plantes aquatiques visibles à l'œil nu, à savoir les plantes vasculaires, les mousses et les algues macroscopiques. Parce qu'elles vivent plusieurs années et ne se déplacent pas, bon nombre d'espèces de macrophytes peuvent constituer un indicateur des facteurs influençant un site à long terme. Par rapport aux autres indicateurs biologiques, les macrophytes sont relativement faciles à inventorier car dans la plupart des cas, l'espèce peut être déterminée directement sur le terrain. Les macrophytes ne sont toutefois pas présents dans tous les cours d'eau. La luminosité, la vitesse du courant et donc, la dénivellation, les variations de débit et la composition du substrat sont autant de facteurs qui influent sur la présence et les espèces des macrophytes présents dans les cours d'eau. La température et la qualité de l'eau ont également une incidence sur la composition des espèces (Känel et al., 2010a).



Comme on ne dispose pour l'instant pas d'une méthode normalisée ayant fait ses preuves à l'échelle de l'ensemble du territoire, l'appréciation des macrophytes a été réalisée selon la méthode proposée par le canton de Zurich (Känel et al., 2010a). Cette méthode a été développée pour les cours d'eau du canton de Zurich, qui ne sont pas représentatifs de tous les types de cours d'eau étudiés dans le cadre du programme NAWA, ce qui rend difficile l'interprétation de certaines données. Les tronçons examinés sont classés en cinq types en fonction du débit, de la dénivellation, de la profondeur moyenne des eaux, du substrat dominant et de l'ombrage, à savoir: pauvre en végétation, bryophytes, hélrophytes, plantes submergées ou plantes à feuilles flottantes. Les données relevées sont ensuite comparées avec les valeurs d'un cours d'eau du même type en bon état et appréciées. De nombreux cours d'eau des Préalpes et des Alpes suisses sont soumis à un régime de charriage excluant la présence de plantes. Pour ce type de cours d'eau «pauvres en végétation», il n'est pas possible de procéder à une appréciation selon la méthode des macrophytes (Känel et al., 2010a).

Méthode d'appréciation des plantes aquatiques

3.2.7 Aspect général

L'appréciation de l'aspect général selon le module «Aspect général» (Binderheim et Göggel, 2007) fournit une première évaluation sommaire de l'état du cours d'eau et permet de vérifier le respect des exigences en matière de qualité des eaux définies à l'annexe 2 de l'OEaux². Les relevés constituent en outre une information complémentaire utile pour l'interprétation des analyses biologiques. Ils peuvent concerner les zones aquatiques suivantes:

- > eaux courantes: turbidité, coloration, présence de mousse, odeur
- > lit du cours d'eau: colmatage, sulfure de fer, organismes hétérotrophes, envasement, matières solides provenant du réseau d'assainissement, déchets

Les paramètres concernant les eaux courantes et le lit du cours d'eau sont évalués séparément selon une échelle à trois degrés et ne sont pas agrégés en une appréciation globale. Il s'agit de toujours tenir compte de la cause de la situation observée, car certaines atteintes peuvent être d'origine naturelle.



Méthode d'appréciation de l'aspect général

² Annexe 2, ch. 11, al. 1, let. a, et al. 2, let. a-c, OEaux ainsi que annexe 2, ch. 12, al. 1, let. a, et al. 2, let. b, OEaux

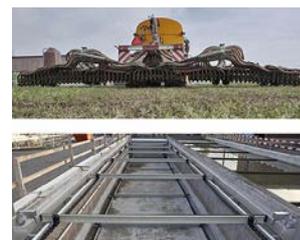
4 > Résultats

La première partie des résultats porte sur les pollutions chimiques, et plus précisément sur les nutriments et les micropolluants organiques, mesurés dans le cadre du programme NAWA et d'autres études prises en compte à titre complémentaire (cf. 4.1). Ces résultats, combinés aux informations concernant les dégradations présentées au point 2.2, permettent de dresser un tableau complet des facteurs influant sur l'état biologique réel des cours d'eau (cf. 4.2).

4.1 Pollution des eaux

4.1.1 Nutriments

Dans la plupart des stations de mesure, on a observé une faible charge de nutriments dans les cours d'eau étudiés. Ainsi, les exigences chiffrées définies pour l'ammonium (NH_4^+) à l'annexe 2 de l'OEaux étaient remplies dans près de 90 % des stations de mesure. Pour le carbone organique dissous (COD), ce taux était de 77 % (tab. 4, fig. 6). Étant donné qu'environ 90 % des stations de mesure ont été affectées à la classe d'état «très bon» ou «bon» pour ce qui est de l'appréciation des teneurs en nitrites (NO_2^-) on a rarement observé des concentrations élevées de composés azotés toxiques comme l'ammonium (NH_4^+) et l'ion nitrite (NO_2^-). Dans certains cours d'eau, la pollution par les nutriments liée à l'activité humaine est néanmoins toujours détectable. Selon les paramètres mesurés et l'année considérée, jusqu'à un tiers des stations de mesure ont été affectées à des classes d'état autres que «bon» et «très bon» (p. ex.: appréciation des orthophosphates (PO_4^{3-}) réalisée en 2011). Pour ce qui est du nitrate (NO_3^-), près de 90 % des stations de mesure répondaient aux exigences chiffrées définies. L'appréciation des teneurs en phosphore total (P_{tot}) a donné lieu à des résultats moins positifs. En effet, pour ce paramètre, seulement 50 à 60 % des stations de mesure remplissaient les exigences fixées, mais cela était dû à des apports de phosphore naturels et, pour la plupart, non biodisponibles. Les teneurs en nutriments se reflètent dans l'indice des diatomées, qui constitue un bio-indicateur à long terme et rend compte de la charge de nutriments dans sa globalité (cf. 4.2.2).



Faible charge d'azote dans près de 90 % des stations de mesure

Tab. 4 > Appréciation des teneurs en nutriments

Années de relevés 2011–2014: pourcentage de stations de mesure et d'échantillons qui affichaient un «bon» ou un «très bon» état pour chaque paramètre considéré.

Année	Objectif atteint (%)					
	COD**	NH ₄ **	NO ₃ -*	NO ₂ -	PO ₄ ³⁻	P _{tot}
Stations de mesure						
2011	77	93	87	82	64	45
2012	86	94	87	90	68	52
2013	91	95	92	94	77	59
2014	95	98	95	92	73	62
Échantillons						
2011–2014	95	98	95	93	85	80

*exigence chiffrée définie à l'annexe 2 de l'OEaux (pour NO₃⁻ appliquée uniquement pour les cours d'eau servant à fournir de l'eau potable);

**évalué sur la base d'une valeur supérieure (4 mg/l). Les lacs et cours d'eau naturellement peu pollués affichent des valeurs plus faibles (1 ou 2 mg/l). L'appréciation du COD peut donc paraître trop positive pour certaines stations.

Conformément au module SMG, les teneurs en nutriments sont appréciées par station de mesure et par année sur la base du 90^e centile des concentrations mesurées dans les échantillons (Liechti, 2010). Si l'on procède maintenant à l'évaluation des concentrations mesurées dans les échantillons prélevés dans toutes les stations de mesure sur l'ensemble de la période de 2011 à 2014, on constate une atténuation des différences entre les appréciations obtenues pour les divers paramètres (tab. 4). Ainsi, pour P_{tot}, la proportion d'échantillons ayant été affectés à la classe d'état «bon» ou «très bon» s'élève alors à 80 %, et est donc supérieure aux proportions relevées pour les stations de mesure (entre 45 % en 2011 et 62 % en 2014). Même constat pour le COD: 95 % des échantillons, contre 77 % (en 2011) et 95 % (en 2014) des stations de mesure, témoignaient d'un état «bon» ou «très bon». Cela montre que sur l'ensemble de la période de relevé, la présence d'échantillons affichant des concentrations plus élevées peut conduire à une augmentation de la valeur annuelle du 90^e centile, et donc à l'obtention d'une appréciation moins bonne que ce à quoi on pourrait s'attendre du fait de la prise en considération de l'ensemble des échantillons.

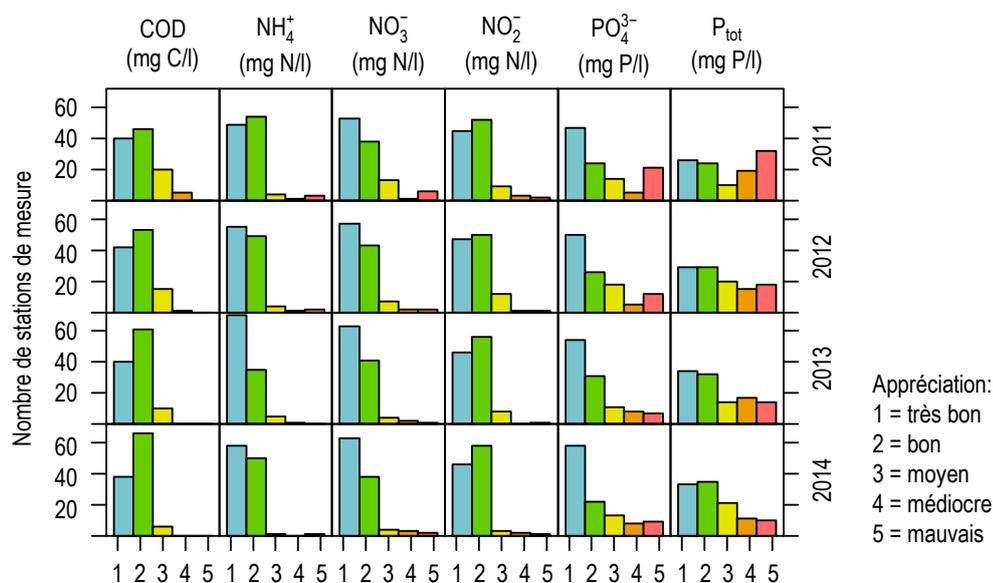
Étant donné qu'il existe des sources naturelles de P_{tot} et de COD, ces paramètres peuvent afficher des appréciations inférieures comparées à l'azote sans nécessairement révéler une détérioration anthropique. Pour apprécier la charge de COD, on a appliqué l'exigence chiffrée supérieure de 4 mg/l, conformément à l'OEaux et aux recommandations du SMG. Il n'a pas été possible d'appliquer les exigences plus strictes par manque d'informations concernant la charge de fond. L'appréciation de certaines stations peut donc paraître trop positive.

Différences entre les paramètres

Apports naturels et anthropiques de phosphore et de carbone

Fig. 6 > Appréciation des teneurs en nutriments

Répartition des appréciations obtenues dans les 111 stations de mesures évaluées, par paramètre et année de relevé.



La période de relevé étant courte, les différences constatées au niveau des mesures effectuées dans les stations NAWA TREND entre 2011 et 2014 ne permettent pas de prédire l'évolution pluriannuelle. Pour l'ensemble des paramètres, la proportion de stations de mesure témoignant d'un état «bon» ou «très bon» s'est généralement accrue au cours de la période de relevé (tab. 4). Les hausses les plus importantes concernaient le phosphore et le COD, pour lesquels cette proportion a augmenté de 18% au plus. Une partie de ces différences peut s'expliquer par les variations de débit: l'année 2011 ayant été relativement sèche, les nutriments contenus dans les eaux usées provenant des zones urbanisées ont été moins dilués qu'en 2012, 2013 et 2014, années au cours desquels les débits ont été plus importants (cf. 2.3). Ainsi, la proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q₃₄₇ était d'au moins 10% dans 10 des 15 stations de mesure qui ont manqué en 2011 l'objectif phosphate défini par le SMG (état «moyen» ou «mauvais»), mais l'ont atteint en 2013 (état «bon» ou «très bon»). Il semble donc plausible d'expliquer l'écart constaté entre l'appréciation de 2011 et celle de 2013 par une dilution insuffisante des apports de PO₄³⁻ par les eaux usées.

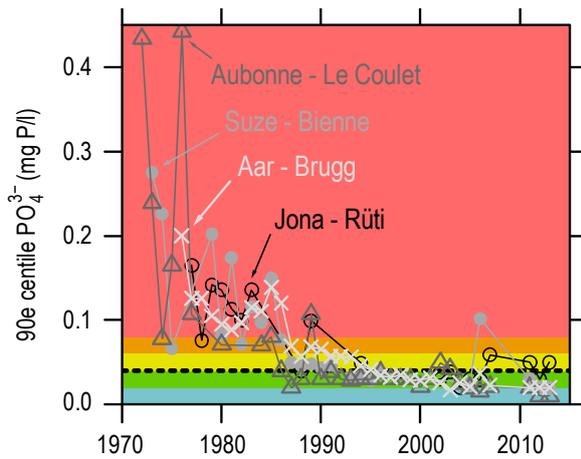
Différences observées sur la période 2011–2014

Les longues séries chronologiques relatives aux concentrations de nutriments mesurées dans les stations qui faisaient déjà l'objet de relevés cantonaux avant le lancement du programme NAWA montrent clairement que la charge de nutriments s'est allégée, en grande partie grâce aux efforts déployés dans le domaine de l'épuration des eaux. L'introduction d'un procédé d'élimination du phosphore dans les STEP et l'interdiction des phosphates dans les lessives à partir de 1986 ont particulièrement contribué à la réduction de la charge de phosphore (fig. 7). Les mesures prises par le secteur agricole pour réduire les apports diffus de nutriments ont en outre permis de les maintenir à un faible niveau depuis lors.

Évolution à long terme

Fig. 7 > Phosphate: séries chronologiques

L'évolution des concentrations de phosphate (exprimées comme le 90^e centile de toutes les valeurs mesurées pour une année donnée) est représentée, à titre d'exemple, sur la base des relevés cantonaux effectués dans les stations de mesure NAWA TREND sélectionnées. Les couleurs en arrière-plan correspondent aux classes de qualité et la ligne pointillée représente la limite de 0,02 µg/l entre les classes «bon» et «moyen».

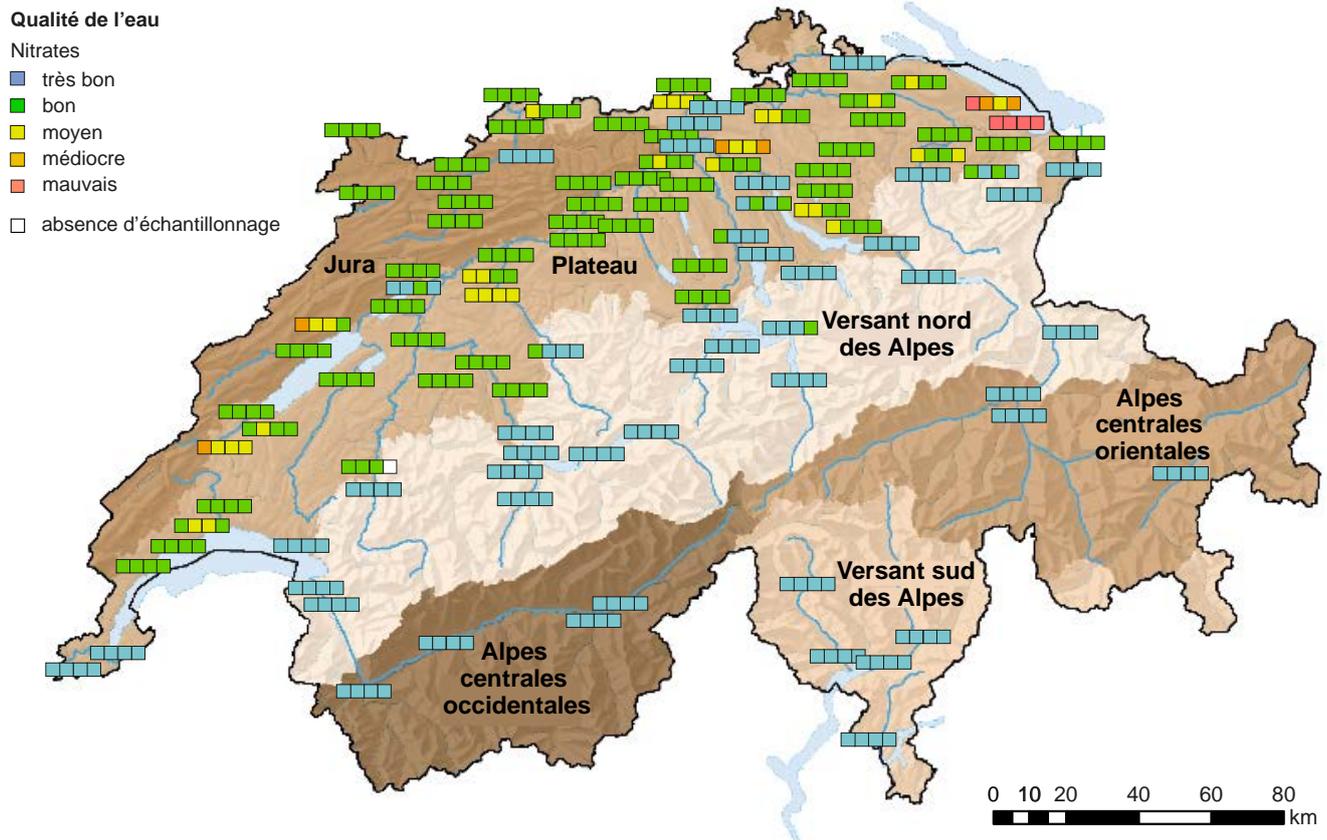


Les eaux usées communales et les apports issus de l'agriculture constituent les sources principales de pollution des cours d'eau par les nutriments. Cela explique pourquoi les stations de mesure situées sur le Plateau sont généralement moins bien classées (fig. 8). Les stations de mesure situées en zone alpines, moins peuplées et où l'agriculture est moins intensive, sont quant à elles affectées aux classes d'état «bon» ou «très bon» en ce qui concerne les concentrations de nutriments.

Sources de pollution: eaux usées communales et agriculture

Fig. 8 > Classes de qualité pour le nitrate

Répartition spatiale et évolution temporelle de l'appréciation des concentrations de nitrate dans les 111 stations de mesure de NAWA. Les appréciations des années 2011 à 2014 sont représentées sous forme de cases colorées dont les couleurs correspondent aux différentes appréciations. Les zones colorées en marron indiquent les six régions biogéographiques.



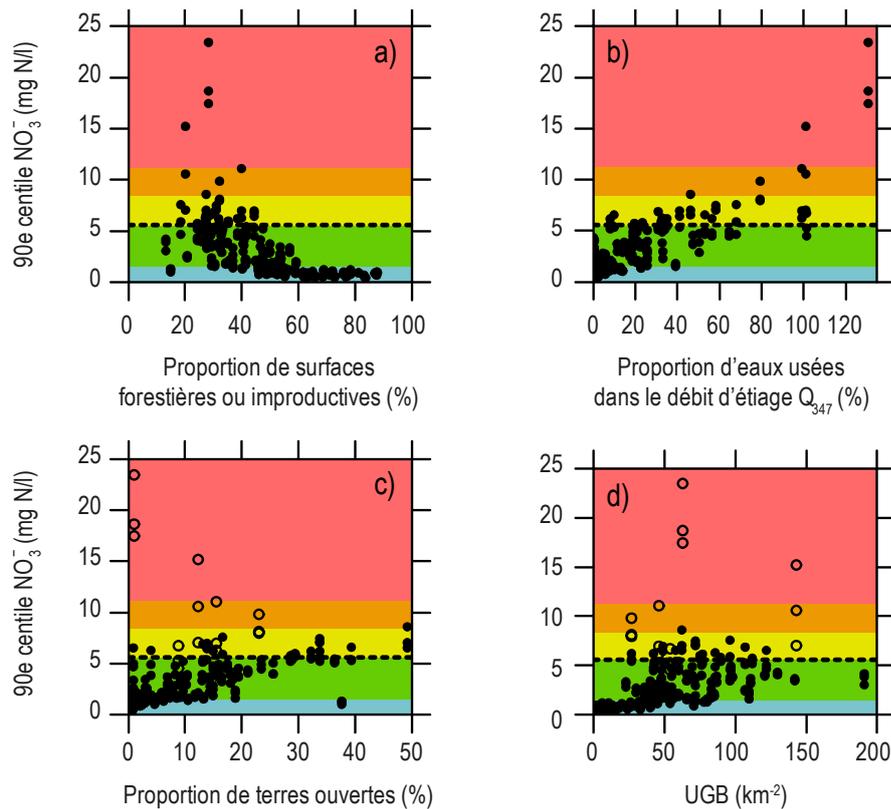
Données sources: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1: limites des eaux), © 2004, swisstopo (source cartographique)

Les eaux usées communales touchent principalement les cours d'eau présentant un faible rapport de dilution. Ainsi, si l'on exprime ce rapport en termes de proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} , on observe une corrélation avec la concentration de nutriments: plus la proportion d'eaux usées est forte, plus la concentration de nitrate, par exemple, est élevée (fig. 9b). L'influence de l'agriculture sur les concentrations de nutriments dans les cours d'eau peut être illustrée de la même manière. En effet, plus la proportion de surfaces réservées aux cultures des champs ou la densité d'unités de gros bétail (UGB) est forte dans le bassin versant, plus la concentration de nitrate est élevée (fig. 9c et d), ce en raison de l'excédent annuel d'azote de 114000 tonnes (OFAG, 2015) dans le bilan de fumure, auquel vient s'ajouter un excédent annuel de phosphore de 6700 tonnes (OFAG, 2015). L'influence des sources anthropiques de nitrate se révèle aussi dans la proportion de surfaces forestières ou improductives dans le bassin versant: lorsque cette proportion était égale ou supérieure à environ 45 %, le cours d'eau appartenait à la classe d'état «bon» ou «très bon», et lorsqu'elle était égale ou supérieure à environ 60 %, à la classe d'état «très bon» (fig. 9a).

Influence des eaux usées et de l'agriculture sur les concentrations de nutriments

Fig. 9 > Rapport entre concentrations de nitrate et indicateurs de pollution

Représentation des concentrations de nutriments, exprimées comme le 90^e centile de toutes les teneurs en nitrate mesurées pour une année donnée (axe y) en fonction des indicateurs de pollution dans les stations de mesure considérées (axes x). Les points isolés représentent les stations avec une proportion d'eaux usées > 70 % de Q_{347} .



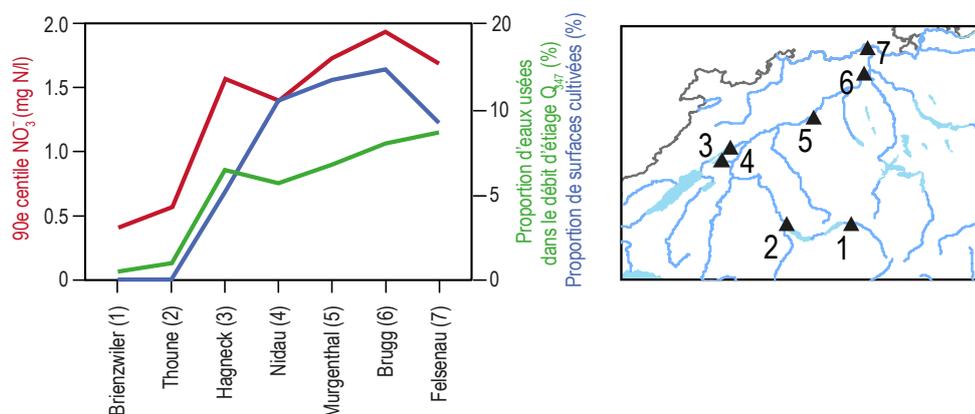
L'intensité des sources de pollution varie aussi au fil du cours d'eau. Ainsi, dans les sept stations de mesure NAWA située le long de l'Aar, la concentration de nitrate augmente dans la partie aval du cours d'eau. Elle coïncide ainsi à la proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} , de même qu'à la proportion de surfaces réservées aux cultures des champs dans le bassin versant (fig. 10). La dilution était cependant suffisante dans l'ensemble des stations de mesure, si bien qu'elles ont toutes été affectées à la classe d'état «bon» ou «très bon» en ce qui concerne l'appréciation des teneurs en nitrate. Les concentrations les plus faibles ont été mesurées à Brienzwiler, où le bassin versant alpin affiche une proportion d'eaux usées et de surfaces réservées aux cultures des champs inférieure à 1%. En aval, ces proportions (et donc, les concentrations de nitrate) sont plus élevées jusqu'à l'embouchure dans le lac de Bienne, à Hagneck, et jusqu'à Brugg, au confluent de l'Aar et de plusieurs cours d'eau du Plateau. Jusqu'à l'embouchure dans le Rhin à Felsenau, le lac de Bienne et les affluents de la Reuss et de la Limmat permettent quant à eux une certaine dilution.

Hausse de la charge de nitrate dans l'Aar

Fig. 10 > Teneur en nitrate au fil de l'Aar, entre la station de Brienzwiler et l'embouchure du Rhin à Felsenau

Représentation de la concentration de nitrate exprimée comme le 90^e centile des valeurs mesurées en 2012 (courbe rouge, échelle de gauche), ainsi que de la proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} et de la proportion de surfaces cultivées dans le bassin versant (courbes bleue et verte, échelle de droite).

Les emplacements des sept stations de mesure NAWA de l'Aar sont indiqués sur la carte par des triangles.



Parmi les paramètres chimiques mesurés, le nitrate se prête particulièrement bien à la quantification de la charge de nutriments d'origine anthropique car il est présent en faible concentration dans la nature et plus stable que le nitrite (NO_2^-) ou l'ammonium (NH_4^+). Le phosphate (PO_4^{3-}), indicateur de cette pollution, est le principal paramètre des nutriments dans le bassin versant des lacs, étant donné que le phosphore biodisponible représente généralement un facteur limitant la croissance des algues dans les lacs et contribue donc fortement à l'eutrophisation. Dans ce contexte a été fixée la valeur cible pour le phosphate, qui est relativement stricte (Liechti, 2010). Dans les rivières, ce ne sont normalement ni le nitrate, ni le phosphate qui sont limitants, mais les apports de substances organiques provenant des abords du cours d'eau. Par conséquent, un dépassement de la valeur cible définie pour le nitrate ou le phosphate dans un cours d'eau ne servant pas à fournir de l'eau potable ou ne se déversant pas dans un lac indique qu'il n'y a certes pas de risque de pollution de l'eau potable ou d'eutrophisation du cours d'eau, mais que les concentrations ne correspondent pas à un état proche de l'état naturel en raison de l'apport de nutriments d'origine anthropique.

Nitrate: un indicateur approprié de la pollution par les nutriments liée à l'activité humaine

Contrairement au NO_3^- et au PO_4^{3-} , le COD et le P_{tot} sont des paramètres plus difficiles à apprécier car leurs concentrations, en plus d'augmenter sous l'influence des sources anthropiques, peuvent être naturellement élevées. Ainsi, on compte parmi les sources naturelles de COD les substances humiques, qui sont entraînées dans les cours d'eau par lessivage des zones marécageuses et dont la biodisponibilité est très faible. Les concentrations de COD sont également susceptibles d'être naturellement élevées en aval des lacs. De même, le phosphore peut provenir de l'altération des roches, qui provoque dans certains cas une augmentation de la concentration de phosphore total, sans que celle-ci soit influencée par des apports anthropiques. Ainsi, il a été prouvé qu'environ 70% du phosphore total mesuré dans le Rhône est d'origine géogène

Azote et phosphore: charges de fond

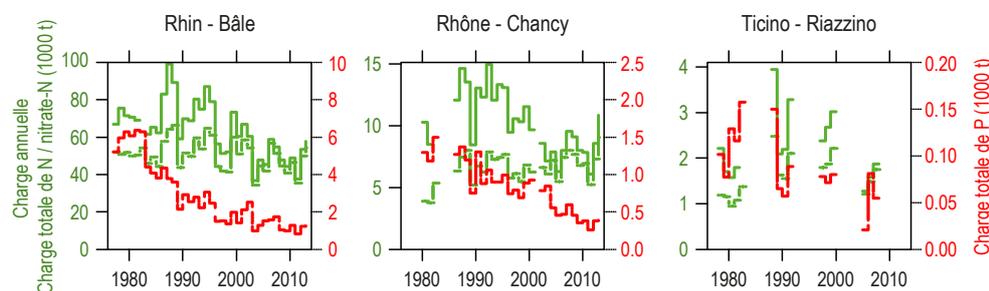
(Burrus, 1984). À l'échelle de la Suisse, environ 40 % des apports diffus de phosphore total dans les cours d'eau sont imputables à l'érosion (Hürdler et al., 2015).

Les effets des apports de nutriments dans les cours d'eau ne se limitent pas à l'échelle locale: transportés par les courants, ils contribuent également à la pollution des mers. Les mesures effectuées dans le Rhin, à Bâle, sur de nombreuses années, dans le cadre du programme NADUF montrent que c'est principalement grâce à l'optimisation de l'assainissement que les charges de phosphore ont considérablement diminué depuis les années 1980, passant d'environ 6000 à 1400 tonnes par an (fig. 11; Ruff et al., 2013). Pour la même période, des tendances similaires ont été observées à Chancy, dans le Rhône, et à Riazzino, dans le Ticino. Les charges d'azote ont quant à elles reculé dans une plus faible mesure et la moyenne annuelle est constante depuis les années 2000. Dans le Rhin, à Bâle, elles étaient d'environ 50 000 tonnes par an (Ruff et al., 2013). Actuellement, le nitrate constitue la part la plus importante (>90 %) des charges d'azote (fig. 11). Par rapport aux années 1980, les autres composés azotés (ammonium, nitrites et substances organiques) ne représentent plus une part importante de ces charges. Pour atténuer la pollution des mers, il est nécessaire de diminuer les apports de nitrate issus des zones urbanisées et, surtout, de l'agriculture, particulièrement en vue d'atteindre l'objectif formulé par la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPAR), visant à réduire les apports d'azote dans le bassin rhénan de moitié par rapport à 1985 (Prasuhn et Sieber, 2005). L'objectif similaire de réduction des concentrations de phosphore a été atteint dans le délai imparti (avant 1995) grâce à la diminution des apports issus des zones urbanisées.

Transport de nutriments dans les mers

Fig. 11 > Charges d'azote et de phosphore

Charges annuelles totales d'azote (lignes vertes continues, échelle de gauche), de nitrate (lignes vertes pointillées, échelle de gauche) et de phosphore (lignes rouges traitillées, échelle de droite) à Bâle, dans le Rhin; à Chancy, dans le Rhône; et à Riazzino, dans le Ticino. Les données concernant le Rhin proviennent de la station de Village Neuf jusqu'en 1995, puis ensuite de celle de Weil am Rhein. La station de Riazzino n'a été exploitée que de manière temporaire.



Source: www.bafu.admin.ch/naduf

Bien que les charges de nitrate n'aient pas connu la réduction espérée, la station de mesure de Bâle, dans le Rhin, a été affectée à la classe d'état «bon» dans le cadre de l'appréciation des teneurs en nitrate réalisée selon le module Analyses physico-chimiques, nutriments, du SMG (fig. 8). En ce qui concerne la protection des mers, cela signifie qu'il est nécessaire de réduire encore les concentrations de nitrate de manière à les rapprocher de la classe d'état «très bon» définie par le SMG.

4.1.2 Micropolluants organiques

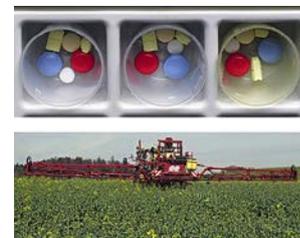
Entre mars et juillet 2012, l'analyse des échantillons composites prélevés sur deux semaines dans les stations de mesure NAWA SPEZ a permis d'identifier près de 250 micropolluants organiques différents, dont plus d'une centaine de pesticides (Wittmer et al., 2014b). La part la plus importante de ces pesticides est constituée de 82 substances autorisées en tant que produits phytosanitaires (tab. 5). Une forte proportion de substances autorisées à la fois comme biocides et produits phytosanitaires a aussi été détectée, alors que seuls deux biocides ont été identifiés. On a constaté la présence de 79 substances principalement issues des eaux usées domestiques (p.ex.: médicaments et leurs produits de transformation; tab. 5). Pour ce groupe, au lieu de procéder à un examen complet par screening comme dans le cas des pesticides, on a recherché uniquement les substances les plus pertinentes. Cela signifie que d'autres substances qui parviennent dans les eaux par l'intermédiaire des STEP, mais sont moins utilisées que les substances recherchées, peuvent également polluer les cours d'eau étudiés.

Tab. 5 > Nombre de substances recherchées et détectées dans le cadre de la campagne NAWA SPEZ de 2012

classées par catégories.

Catégorie de substances	Nombre de substances	
	recherchées	détectées
Pesticides (actuellement autorisés ou précédemment autorisés en tant que tels)	261	110
<i>Produits phytosanitaires (PPS)</i>	161	82
<i>PPS et biocides</i>	51	26
<i>Biocides</i>	49	2
Produits de transformation des PPS et des biocides	134	40
Substances issues des eaux usées domestiques	156	79
<i>Médicaments et produits cosmétiques</i>	110	56
<i>Produits de transformation des médicaments</i>	30	15
<i>Additifs alimentaires</i>	6	4
<i>Agents anticorrosifs et produits chimiques industriels</i>	10	4
Hydrocarbures perfluorés (PFC)	12	10
Total	563	239

Au niveau de la station de mesure, la Salsacher Ach ne contient pas d'eaux usées traitées. Comme on y a pourtant trouvé autant de pesticides (principalement des produits phytosanitaires) que dans les stations de mesure NAWA SPEZ subissant l'influence d'une STEP (fig. 12), on en a conclu qu'une grande partie des pesticides détectés dans l'ensemble des cours d'eau étudiés provenaient d'apports diffus. Ces apports diffus de pesticides peuvent être issus aussi bien de l'agriculture (en particulier des produits phytosanitaires) que, dans une moindre mesure, des zones urbanisées (p.ex. produits phytosanitaires utilisés en jardinage, biocides employés pour la protection des matériaux). Les analyses ont toutefois clairement montré que les apports provenant de l'agriculture constituent la majeure partie de la charge de pesticides. En effet, seules deux substances purement biocides ont été détectées (tab. 5) contre 26 substances autorisées à la fois comme biocides et produits phytosanitaires, dont la



Grande diversité de micropolluants détectés



Les apports de pesticides proviennent essentiellement de l'agriculture

plupart sont très vraisemblablement utilisés en agriculture. En outre, parmi les produits phytosanitaires retrouvés peu sont employés dans les zones urbanisées (Wittmer et al., 2014b).

Les cinq stations NAWA SPEZ affichaient des quantités égales de produits phytosanitaires: entre 62 substances pour celle de la Salmsacher Ach et 84 pour celle de la Mentue (fig. 12; Moschet et al., 2015; Wittmer et al., 2014b). La plupart des substances ont été retrouvées dans toutes les stations de mesure. Ce résultat peut surprendre, étant donné que l'utilisation des sols dans les bassins versants diffère d'une station à l'autre. Ainsi, la proportion de surfaces agricoles variait entre 45 % pour la station du Furtbach et 67 % pour celle de la Salmsacher Ach. Dans l'ensemble des stations, ce sont les herbicides qui ont le plus souvent été détectés, suivis des fongicides et des insecticides (fig. 12).

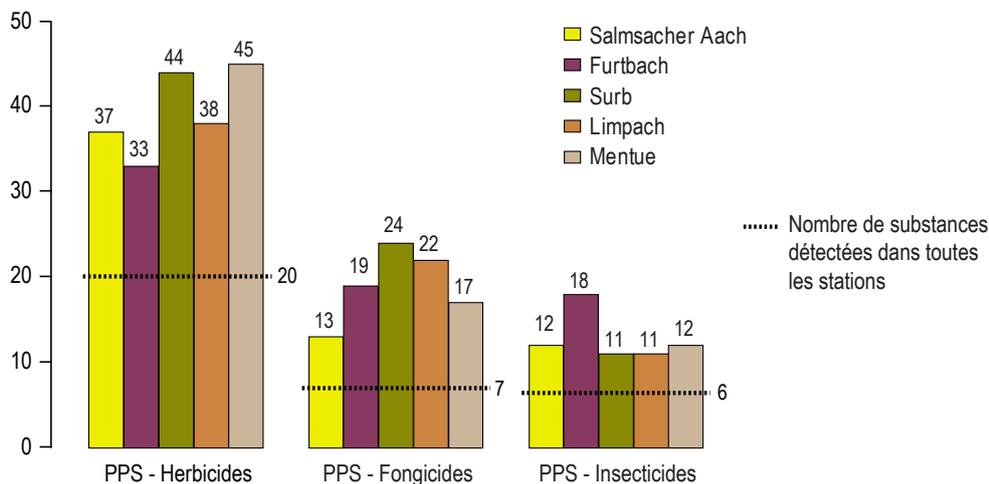
Une analyse à l'échelle de la Suisse a montré que l'utilisation des sols dans les bassins versants des cours d'eau moyens du Plateau était, pour 10 à 20 % des tronçons, aussi intensive, voire plus, que dans les zones étudiées (Wittmer et al., 2014b). On doit donc s'attendre à y trouver une variété de produits phytosanitaires aussi importante que dans les zones couvertes par les stations de mesure NAWA SPEZ (Braun et al., 2015).

Quantités égales de produits phytosanitaires dans toutes les stations de mesure

Une pollution vraisemblablement comparable pour 10 à 20 % des cours d'eau du Plateau

Fig. 12 > Nombre de produits phytosanitaires (PPS)

Nombre de PPS détectés dans les cinq stations de mesure NAWA SPEZ, classés par groupes de PPS (herbicides, fongicides et insecticides).



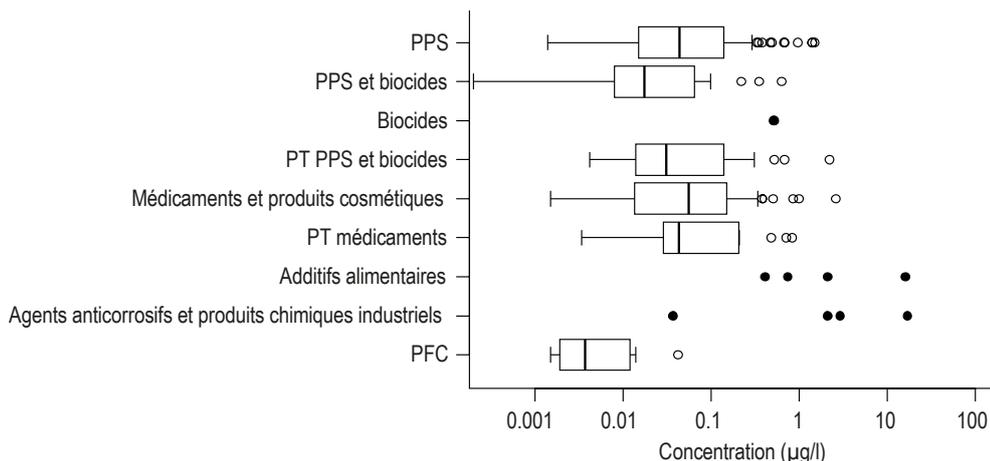
Graphique adapté de Wittmer et al. (2014b) et Moschet et al. (2014a)

De tous les micropolluants organiques, ce sont les additifs alimentaires (jusqu'à 20 µg/l), les agents anticorrosifs et les produits chimiques industriels qui enregistraient les plus fortes concentrations (fig. 13). Les concentrations maximales de médicaments et de pesticides (produits phytosanitaires et biocides) et de leurs produits de transformation étaient comparables, oscillant entre environ 0,0001 et 2 µg/l, selon la substance. Les hydrocarbures perfluorés (PFC) n'ont été retrouvés que dans de faibles concentrations ne dépassant pas 0,1 µg/l.

Médicaments et pesticides en concentrations comparables

Fig. 13 > Répartition des concentrations maximales

Substances détectées, classées par catégories. Produits phytosanitaires (PPS) et biocides: substances qui sont ou étaient autorisées dans les biocides et les produits phytosanitaires; PFC = hydrocarbures perfluorés; PT = produits de transformation.

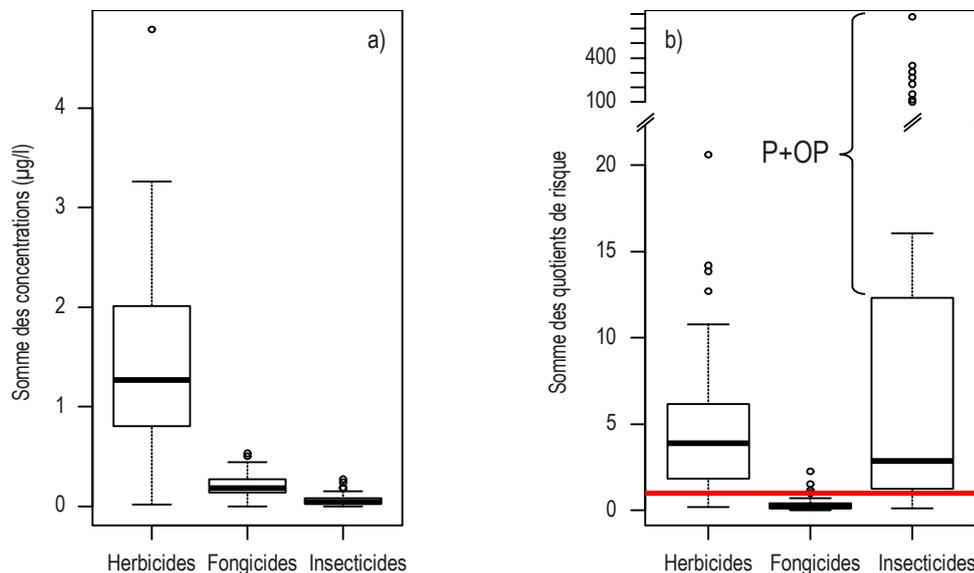


Dans chaque échantillon, les herbicides affichaient des concentrations cumulées plus élevées que les fongicides et les insecticides (fig. 14a). Les concentrations cumulées de produits phytosanitaires étaient similaires dans les cinq stations de mesure, les valeurs moyennes les plus élevées ayant été enregistrées dans celle du Furtbach et les plus faibles, dans celle de la Salmsacher Aach.

De tous les produits phytosanitaires, les herbicides affichaient les concentrations les plus fortes

Fig. 14 > Produits phytosanitaires: répartitions des concentrations et des quotients de risque

a) Concentrations cumulées et b) somme des quotients de risque par échantillon dans les trois catégories: herbicides (H), fongicides (F) et insecticides (I). La ligne rouge correspond à un quotient de risque de 1. P + OP = pyréthrinoides et organophosphatés (techniques d'analyse et d'échantillonnage spéciales).



Graphique adapté de Moschet et al. (2015)

Dans les cinq stations de mesure, les proportions d'eaux usées dans le débit d'étiage (Q_{347}) variaient entre 0 % dans la Salmsacher Aach et 80 % dans le Furtbach (fig. 15). Le nombre de valeurs supérieures à la limite de quantification et les concentrations des substances provenant des eaux usées domestiques reflétaient clairement ces pourcentages. Plus la proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} était élevée, plus le nombre de substances détectées et les concentrations étaient élevées (fig. 15). Cela confirme les résultats d'autres études réalisées en Suisse (Abegglen et Siegrist, 2012; Gälli et al., 2009). Même dans la station de mesure de la Salmsacher Aach, en amont de laquelle ne se trouve aucune STEP, on a détecté 142 fois la présence de 17 substances issues des eaux usées domestiques. Des apports provenant de déversoirs d'orage et, dans certains cas isolés, de déversements dus à des erreurs de raccordement, sont certainement à l'origine de ces résultats. Dans les quatre autres stations de mesure NAWA SPEZ, nettement plus de substances (entre 42 et 72) provenant des eaux usées ont été identifiées entre 300 et 400 fois.

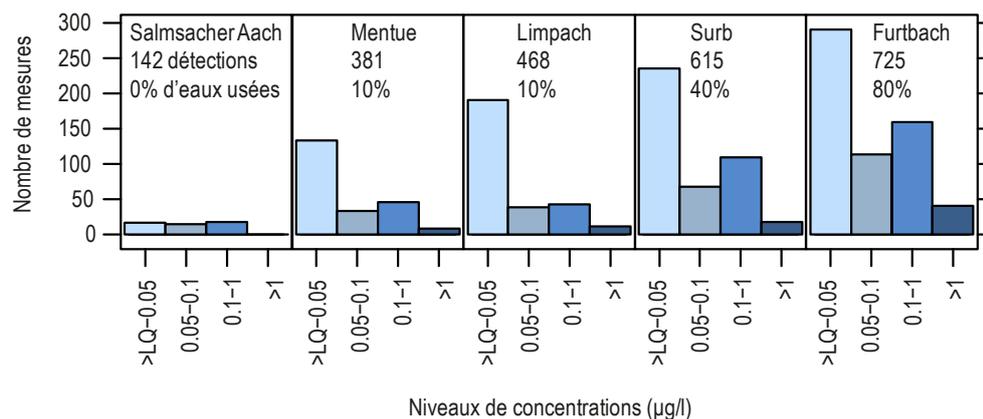
Corrélation entre la proportion d'eaux usées et la concentration des substances issues des eaux usées domestiques

Près de 60 % des stations de mesure NAWA TREND présentent une proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} égale ou inférieure à celle du Limpach et de la Mentue (OFEV, 2013b). Par conséquent, il faut s'attendre à ce que les concentrations de substances issues des eaux usées traitées y soient équivalentes ou inférieures à celles relevées dans ces deux cours d'eau.

Représentativité des stations de mesure NAWA SPEZ par rapport à celles de NAWA TREND en termes de proportions d'eaux usées

Fig. 15 > Concentrations de micropolluants organiques issus des eaux usées domestiques

Ce graphique présente le nombre de mesures supérieures à la limite de quantification (LQ), classées par niveau de concentration. Le nombre total de détectations et la proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage Q_{347} sont également indiqués pour chaque station étudiée.



La fig. 16 présente un aperçu des quotients de risque déterminés à partir de toutes les valeurs mesurées pour les 56 substances dont l'analyse a été proposée à des fins d'évaluation de la qualité des eaux en Suisse (Götz et al., 2010; Wittmer et al., 2014a) et pour lesquelles des exigences chiffrées seront probablement intégrées à l'OEaux. Les valeurs enregistrées pour les substances présentant les plus fortes concentrations, à savoir les additifs alimentaires, les agents anticorrosifs et les produits chimiques industriels, n'ont jamais dépassé les valeurs fixées pour les critères de qualité chronique. Ainsi, les quotients de risque correspondants étaient inférieurs à 1 (fig. 16). Des quotients de risque réduits ($<0,1$) ont également été calculés pour les hydrocarbures perfluorés (PFC), présents en concentrations relativement faibles ($<0,1 \mu\text{g/l}$). On a par contre obtenu des quotients de risque supérieurs à 1 pour deux médicaments et neuf pesticides. Les quotients de risque calculés pour les produits phytosanitaires, y compris ceux qui sont également autorisés comme biocides, étaient en moyenne supérieurs à ceux déterminés pour les médicaments (fig. 16). Les produits de transformation des pesticides présentaient un risque nettement réduit par rapport aux substances de base. De manière générale, les dépassements des valeurs fixées pour les critères de qualité montrent clairement que les substances utilisées en raison de leur activité biologique telles que les médicaments retrouvés dans les eaux usées domestiques ou les produits phytosanitaires issus de l'agriculture portent atteinte aux organismes aquatiques (fig. 16).

Si l'on examine, en plus des substances considérées dans le paragraphe précédent, tous les pesticides pour lesquels il existe des critères de qualité, on constate que, pour 23 d'entre eux, les concentrations ont dépassé au moins une fois le critère de qualité chronique et affichaient donc un quotient de risque supérieur à 1 (Moschet et al., 2014a; Moschet et al., 2014b). En comparaison, il est frappant de constater que les valeurs mesurées de nombreux insecticides dépassaient les critères de qualité bien que leur concentration et leur nombre étaient bien inférieurs à ceux des herbicides (fig. 14 et fig. 12). Le fait que le risque est accru même pour de faibles concentrations s'explique par la haute toxicité des insecticides qui se reflète dans des critères de qualité plus stricts.

En plus d'évaluer chaque substance au moyen des critères de qualité, il est important de tenir compte de l'impact des substances cumulées, qui peut être plus important que les impacts des substances prises séparément. La plupart des échantillons prélevés dans le cadre du programme NAWA SPEZ présentaient un coefficient de risque supérieur à 1, que ce soit pour la somme des herbicides ou la somme des insecticides (fig. 14b). Cela indique à nouveau clairement que les produits phytosanitaires ont une incidence négative sur la faune et la flore des cours d'eau suisses.

L'appréciation basée sur l'exigence chiffrée de $0,1 \mu\text{g/l}$ définie dans l'OEaux a montré des dépassements pour 31 pesticides. En général, les concentrations mesurées de ces pesticides étaient cependant inférieures à $0,1 \mu\text{g/l}$.



Les substances utilisées en raison de leur activité biologique représentent le risque le plus important

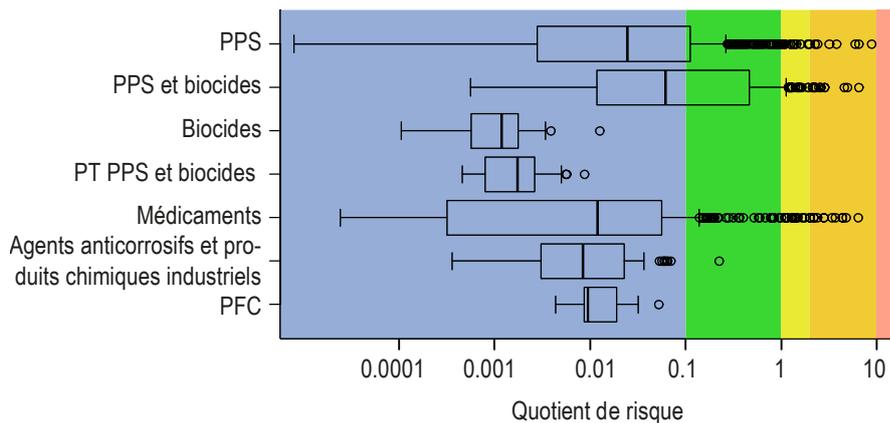
Insecticides sur la sellette: leurs concentrations dépassent les valeurs des critères de qualité

Toxicité de mélanges critique pour les herbicides et insecticides

Dépassement de l'exigence chiffrée de $0,1 \mu\text{g/l}$ pour 31 pesticides

Fig. 16 > Répartition de l'ensemble des quotients de risque calculés

Toutes les mesures des substances choisies sont réparties par catégorie
 Quotient de risque = concentration mesurée divisée par la valeur fixée comme critère de qualité chronique.



Les couleurs et les substances choisies correspondent aux appréciations réalisées selon les stratégies d'évaluation de Götz et al. (2010) et de Wittmer et al. (2014a)

Dresser un inventaire quasi-complet de tous les pesticides autorisés en Suisse, comme cela a été fait dans le cadre de la campagne NAWA SPEZ, requiert un investissement important en termes de temps, nécessite des moyens analytiques spécifiques, par exemple un spectromètre de masse à haute résolution, et implique même, pour certaines substances, de procéder à des prélèvements spéciaux à l'aide d'échantillonneurs passifs. Ces investissements sont difficilement envisageables dans le cadre de l'analyse de routine. En se basant sur une sélection de 56 substances relativement faciles à mesurer proposées comme substances «spécifiques à la Suisse» (Götz et al., 2010; Wittmer et al., 2014a), il est possible de procéder à une évaluation, certes non exhaustive, mais satisfaisante, de la pollution effective (Moschet et al., 2014a). Il est alors pertinent de réaliser de manière périodique un inventaire qui soit le plus complet possible, comme cela a été fait dans le cadre de la campagne NAWA SPEZ, pour vérifier si la sélection des substances définies pour l'analyse de routine est toujours représentative.

Un inventaire complet des pesticides n'est pas absolument nécessaire pour évaluer la pollution

Les hormones stéroïdiennes et les insecticides pyréthrinoïdes comptent parmi les substances difficiles à analyser. En effet, ces groupes de substances ne peuvent être mesurés qu'à l'aide de biotests ou d'une technique d'analyse et d'échantillonnage spéciale encore en cours de développement. Ils ne sont donc actuellement pas examinés dans le cadre de l'analyse de routine. Différentes études à base de modèles ont toutefois suggéré que les hormones provenant des eaux usées traitées seraient susceptibles d'atteindre des concentrations telles qu'une atteinte aux organismes aquatiques ne pourrait plus être exclue (Gälli et al., 2009). Les engrais de ferme peuvent également libérer des hormones naturelles dans les eaux. L'impact de ces hormones sur les cours d'eau est encore difficile à estimer (Braun et al., 2015). Les premières analyses des insecticides pyréthrinoïdes réalisées dans le cadre du programme NAWA SPEZ indiquent un risque très important (fig. 14b, les concentrations mesurées dépassent nettement les critères de qualité). L'analyse des hormones stéroïdiennes et des insecticides

Certaines substances hautement toxiques ne sont pas encore mesurables dans le cadre de l'analyse de routine

pyréthrinoïdes, qui requiert un seuil de détection très bas, constitue l'un des défis des campagnes d'observation à venir.

Excursus: État des grands cours d'eau

Le présent excursus, qui porte sur la pollution des grands cours d'eau, est basé sur des analyses réalisées dans le Rhin, à Bâle, et dans le Rhône, à Porte du Scex. Une analyse des micropolluants organiques présents dans ces deux cours d'eau donne un bon aperçu des groupes de substances et des charges de micropolluants qui quittent la Suisse. Avec une proportion d'eaux usées par débit d'étiage de 1,7 %, le Rhône présente une charge d'eaux usées communales traitées environ deux fois moins élevée que celle du Rhin, qui affiche quant à lui une proportion d'eaux usées de 5 %. En outre, la proportion de surfaces agricoles utiles dans le bassin versant du Rhône est près de quatre fois moins élevée (8,6 % contre 39 %, Longrée et Singer, 2013). À la station d'observation du Rhin à Bâle, des échantillons journaliers sont analysés pour plus de 300 substances de toutes origines (Ruff et al., 2013). À la Porte du Scex, dans le Rhône, on examine de manière continue depuis 2006 la présence d'une centaine de substances dans des échantillons composites prélevés sur 2 semaines. Ces analyses se concentrent essentiellement sur les pesticides. En 2014, on a constaté la présence de 111 des 140 pesticides recherchés (cf. Bernard et Mange, 2015). Dans le cadre d'une analyse spéciale réalisée en 2012, on a prélevé dans le Rhône 3 échantillons dans lesquels on a recherché près de 400 micropolluants organiques appartenant à tous les groupes (Longrée et Singer, 2013).

Bien que les valeurs mesurées dans le Rhin et celles enregistrées dans le cadre de l'analyse spéciale du Rhône ne soient pas directement comparables vu qu'il n'y a pas le même nombre d'échantillons, on a constaté que les deux fleuves ne se distinguaient pas fondamentalement l'un de l'autre en termes de nombre, de type et de niveau de concentration de micropolluants organiques détectés. Comme on pouvait s'y attendre, le niveau de concentration s'est cependant révélé légèrement supérieur dans le Rhin (Longrée et Singer, 2013). Dans les deux fleuves, les substances les plus fréquemment détectées étaient les médicaments et leurs produits de transformation (cf. les concentrations relevées au niveau de la station d'observation du Rhin à la fig. 17). Les médicaments, les additifs alimentaires et les agents anticorrosifs présentaient les plus fortes concentrations (Longrée et Singer, 2013; Ruff et al., 2013). Les charges totales annuelles de substances issues des STEP dans les grands cours d'eau sont nettement plus élevées que les charges totales annuelles de substances provenant d'apports diffus.

Micropolluants dans le Rhin et le Rhône

Les substances provenant des STEP communales sont celles qui sont le plus souvent détectées

Fig. 17 > Concentrations maximales mesurées en 2012 à la station d'observation du Rhin, classées par catégories de substances

Ce graphique représente les concentrations maximales de substances détectées dans le cadre du programme de mesure LC-HRMS. PT = produits de transformation.

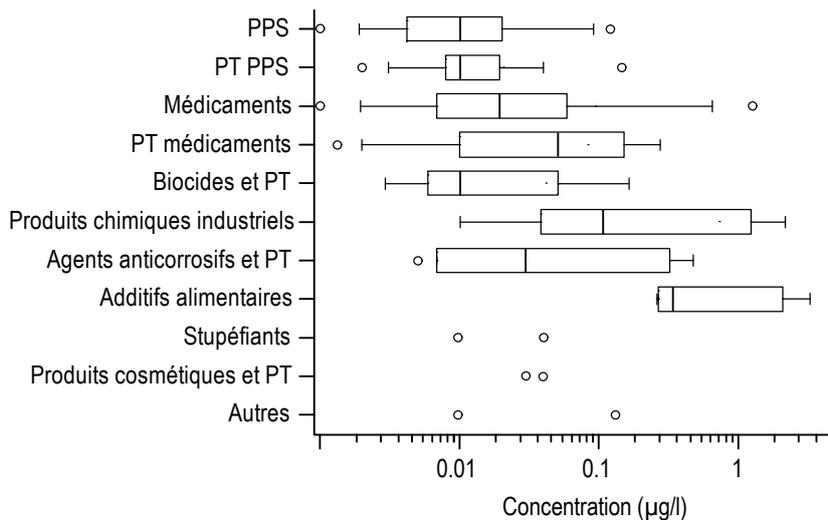


Figure adaptée de Ruff et al. (2013)

Bien que les concentrations de micropolluants dans le Rhin et le Rhône soient faibles, les charges totales qui en résultent et quittent le territoire sont élevées (p. ex. 55 tonnes d'agents complexants; Ruff et al., 2013). C'est pourquoi la Suisse, château d'eau de l'Europe, s'efforce de maintenir au plus bas la charge polluante charriée par le Rhin, consciente de la responsabilité de riverain amont qu'elle assume envers les populations et les écosystèmes en aval du fleuve.

Excursus: État des petits cours d'eau

Les petits cours d'eau (numéros d'ordre 1 et 2 selon Strahler) représentent environ 75 % des tronçons composant le réseau hydrographique suisse. Dans les régions topographiques situées à moins de 1080 mètres d'altitude, 82 % de ces tronçons présentent au moins une source de micropolluants organiques telle que les cultures des champs ou les zones urbanisées. Dans le cas des petits cours d'eau, on s'attend presque exclusivement à des apports diffus, étant donné que moins de 2 % des tronçons sont pollués par les déversements issus des STEP dans le bassin versant (Strahm et al., 2013).

Comme les concentrations de micropolluants provenant d'apports diffus affichent de fortes variations, ce sont surtout les données recueillies dans les stations faisant l'objet de prélèvements fréquents (toutes les heures p. ex.) qui sont les plus révélatrices de l'ampleur de la pollution des petits cours d'eau. Les résultats de neuf études de ce type, dans le cadre desquelles on a généralement analysé moins de 40 substances, sont compilés dans Braun et al. (2015). Dans tous les ruisseaux, le critère de qualité aigu a été dépassé par une substance au minimum et par 8 substances au maximum, ce qui signifie que les pics de concentration ont très vraisemblablement perturbé, au moins à court terme, la biologie des milieux aquatiques. Selon la station, des concentrations

Des charges totales élevées dans le Rhin et le Rhône

Dépassement des critères de qualité aigus dans les ruisseaux faisant l'objet de prélèvements intensifs

supérieures à 0,1 µg/l ont été mesurées pour au moins 4 et au plus 29 principes actifs. Les concentrations maximales étaient le plus souvent supérieures à 1 µg/l et même à 10 µg/l dans plusieurs ruisseaux. Une comparaison avec les grands (fig. 17) et les moyens (fig. 13) cours d'eau montre que les concentrations mesurées dans ces petits ruisseaux sont donc jusqu'à 100 fois plus élevées.

Les charges de pesticides mesurées dans ces petits cours d'eau proviennent avant tout de l'agriculture et, dans une moindre mesure, des zones urbanisées. Par rapport à l'ensemble du réseau hydrographique de la Suisse, les sites étudiés possèdent des bassins versants dont une grande, voire très grande, proportion est vouée à au moins une des utilisations du sol (vignes, vergers, surfaces agricoles ou zones urbanisées) dont on peut craindre des apports de pesticides dans les eaux. Les sites étudiés ne constituent toutefois en rien des exceptions. On peut donc supposer que sur au moins 5500 km de ces tronçons, soit environ 9 % du réseau hydrographique suisse, la charge de pesticides atteindra des valeurs aussi élevées que dans les cours d'eau étudiés et que, par conséquent, les critères de qualité seront dépassés pour plusieurs substances (Braun et al., 2015).

Le dépouillement de quelque 66000 données sur les pesticides provenant des valeurs mesurées entre 2005 et 2012 par les services cantonaux chargés de la protection des eaux et la Cipel (Commission internationale pour la protection des eaux du Léman) a confirmé que les petits cours d'eau sont dans l'ensemble davantage pollués par les pesticides que les moyens et grands cours d'eau (Munz et al., 2012). On est arrivé à cette conclusion bien que bon nombre des études considérées n'aient pas relevé de pics de concentrations. Il est également ressorti de ce travail que, pour 118 des 160 sites étudiés situés sur de petits cours d'eau, 80 pesticides différents ont affiché au moins une fois des concentrations supérieures à 0,1 µg/l.

Excursus: Métaux lourds

Depuis les années 1980, la pollution des cours d'eau suisses par les métaux lourds sous forme particulaire ou dissoute a eu tendance à diminuer, ce grâce à l'amélioration des techniques d'épuration des eaux, à l'optimisation des processus industriels et, dans le cas du plomb, au recul de la consommation d'essence au plomb (Jakob et al., 2002). La diminution des concentrations de métaux lourds s'est par exemple reflétée dans le Rhin, à Bâle, où l'on a récemment constaté que les exigences chiffrées fixées à l'annexe 2 de l'OEaux pour le plomb, le zinc, le cuivre (fig. 18), le cadmium, le chrome, le nickel et le mercure étaient respectées. Les sédiments des cours d'eau de surface sont néanmoins souvent pollués par les métaux lourds. Les concentrations peuvent être élevées même dans les petits cours d'eau et on constate qu'elles ont tendance à augmenter à certains endroits, comme l'ont montré plusieurs analyses réalisées par le canton de Zurich (Känel et al., 2012). Dans les petits cours d'eau, les apports diffus de métaux lourds issus de l'agriculture, en particulier de cuivre et de zinc, ont un impact élevé, si bien que les exigences chiffrées fixées dans l'OEaux ne sont pas respectées partout (Braun et al., 2015).

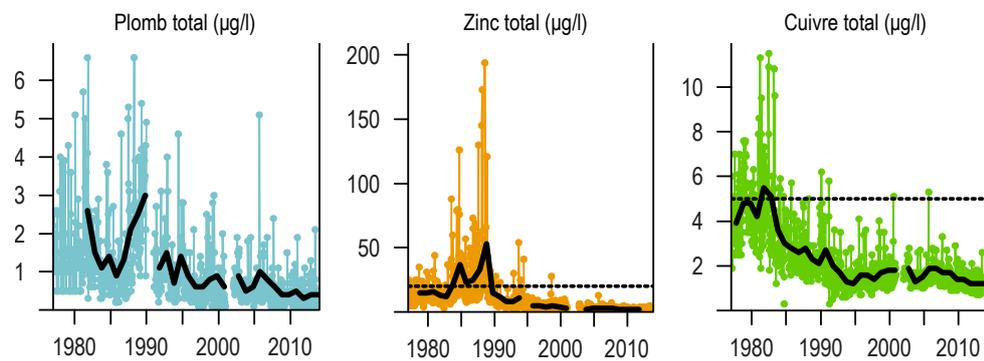
Des charges de pesticides similaires sont à prévoir sur plusieurs milliers de kilomètres de cours d'eau

Pollution des petits cours d'eau dans l'ensemble de la Suisse

Recul de la charge de métaux lourds dans les grands cours d'eau, hausse dans certains petits cours d'eau

Fig. 18 > Concentrations de métaux lourds dans le Rhin, à Bâle

Ces graphiques représentent les concentrations totales de plomb, de zinc et de cuivre. Le trait noir épais correspond aux concentrations moyennes annuelles calculées à partir de la charge de métaux lourds dans le Rhin, à Bâle; les lignes fines et les points de couleur représentent les concentrations mesurées dans les échantillons composites prélevés sur deux semaines et la ligne pointillée correspond aux exigences chiffrées de 20 et 5 µg/l fixées à l'annexe 2 de l'OEaux pour le zinc et le cuivre. La valeur de 10 µg/l définie pour le plomb n'a jamais été dépassée au cours de la période considérée.



Source: NADUF (disponible uniquement en allemand)

4.2 **État biologique des cours d'eau**

4.2.1 **Macrozoobenthos**

Près de 62 % des 88 stations de mesure NAWA ayant fait l'objet de prélèvements en 2012 ont obtenu, sur la base de l'indice décrit dans le module Macrozoobenthos (Indice biologique suisse, IBCH; Stucki, 2010) une bonne, voire très bonne, appréciation pour la qualité de leurs eaux (fig. 19). Dans les stations restantes, l'état des cours d'eau a été jugé moyen ou médiocre. Les déficits les plus importants ont été observés sur le Plateau suisse (fig. 20). Les raisons à cela sont multiples: le Plateau est une région généralement marquée par une plus forte pollution par les nutriments, l'apport de micropolluants, l'absence d'habitats naturels et par de fortes variations de température. Des variations du régime d'écoulement naturel et la pollution par des matières en suspension contribuent également à cette dégradation.



Dégradation plus importante sur le Plateau

Fig. 19 > Appréciation du macrozoobenthos

Répartition des appréciations obtenues pour le bio-indicateur «macrozoobenthos» dans les 88 stations de mesure évaluées sur la base de l'indice IBCH (classes de qualité définies selon le module Macrozoobenthos du SMG). Les colonnes de couleur foncée encadrées en pointillés indiquent les 20 stations de mesure pilotes auxquelles les relevés se sont limités en 2011, 2013 et 2014.

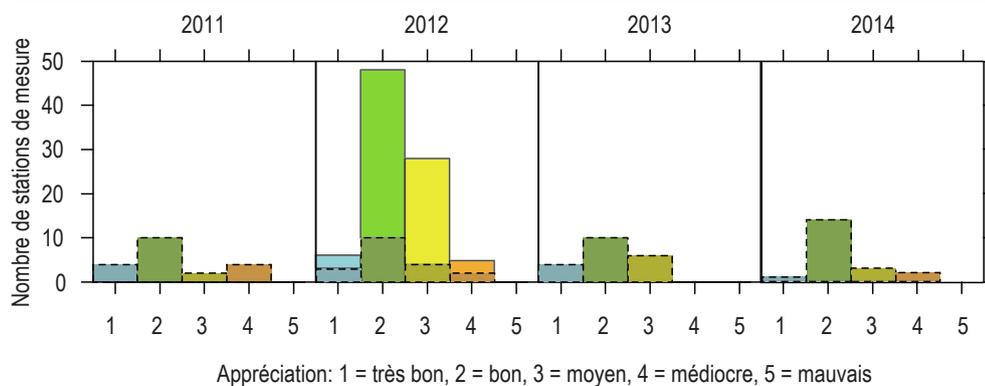
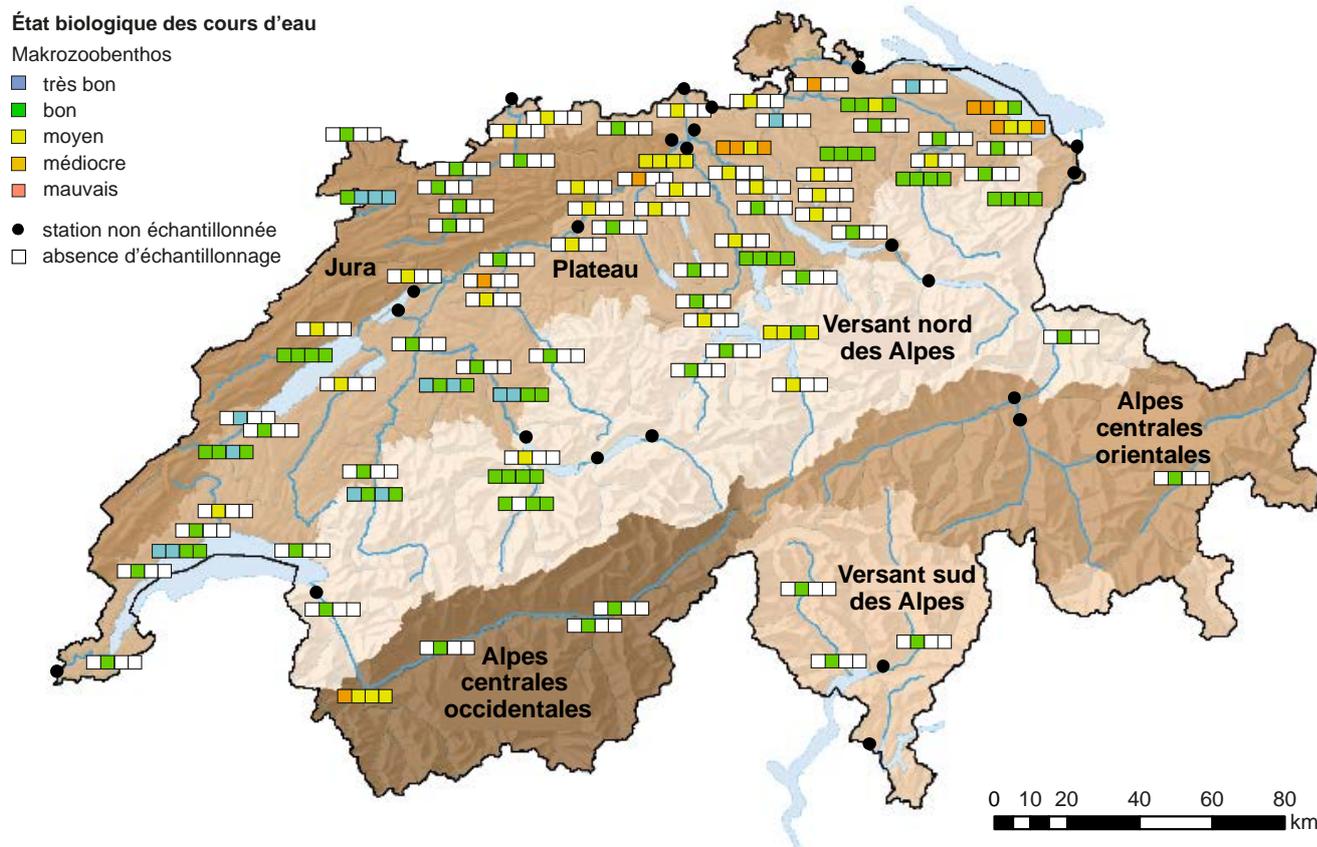


Fig. 20 > Appréciation du macrozoobenthos: répartition régionale et évolution

Cette carte représente la répartition spatiale et l'évolution temporelle des appréciations du macrozoobenthos obtenues (selon les classes de qualité définies dans le module du SMG) dans les 88 stations de mesure de NAWA échantillonnées en 2012 et dans les 20 stations pilotes ayant fait l'objet de prélèvements entre 2011 et 2014. Les appréciations des différentes années sont représentées sous forme de cases colorées dont les couleurs correspondent aux différentes classes de qualité. Les cases blanches représentent l'absence d'échantillonnage en 2011, 2013 et 2014 et les points noirs, les stations de mesure situées sur les grands cours d'eau et n'ayant pas fait l'objet de relevés. Les zones colorées en marron indiquent les six régions biogéographiques.



Données sources: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1: limites des eaux), © 2004, swisstopo (source cartographique).

L'appréciation des torrents glaciaires réalisée au moyen de l'indice IBCH s'est révélée moins bonne que celle des ruisseaux du Jura, probablement en raison de difficultés méthodologiques. En effet, bien que la hausse générale du nombre de taxons en aval du fleuve soit prise en compte dans le calcul de l'indice IBCH, il a été constaté que les cours d'eau des zones d'altitude (Alpes et Préalpes) ne sont jamais affectés à la classe d'état «très bon» sur la base de cet indice, ce bien que la qualité de l'eau et la morphologie aient été jugées au moins bonnes. Cela montre qu'il est nécessaire d'adapter l'appréciation selon le SMG aux spécificités des cours d'eau.

Les torrents glaciaires moins bien classés que les ruisseaux du Jura

Les analyses pilotes effectuées chaque année dans 20 stations de mesure entre 2011 et 2014 ont révélé que les indices n'ont varié en moyenne que de 2,5 points d'une année à l'autre. Bien qu'il s'agisse d'une variation relativement faible (des écarts de 1 à 20 points sont possibles), treize stations ont changé de classe d'appréciation au moins une fois en l'espace de ces quatre ans. Cela est dû au fait que bon nombre de stations

Faible variation annuelle

affichaient des valeurs proches d'une limite de classe. Les variations importantes (supérieures à deux points) s'expliquent par exemple par les travaux réalisés dans une station de mesure NAWA en 2011, dont l'influence manifeste sur le lit du cours d'eau s'est traduite par une baisse de cinq points, ou par la découverte de quelques taxons sur certaines années, qui a provoqué la hausse d'une valeur pour le groupe d'indicateurs concerné, et donc l'augmentation de l'indice (Stucki et al., 2015). Pour chacune des quatre années, la proportion de stations pilotes affectées aux classes d'état «bon» ou «très bon» était toutefois comprise entre 70 et 75 % (fig. 19).

Les insectes appartenant aux taxons des éphéméroptères, des plécoptères ou des trichoptères (EPT) sont particulièrement sensibles à divers types de pollutions. Dans les stations NAWA TREND, on a constaté la présence de larves appartenant à 43 espèces d'éphéméroptères, 34 espèces de plécoptères et 43 espèces de trichoptères. Ainsi, 120 des 501 espèces d'EPT présentes en Suisse ont été détectées. On a observé un nombre plutôt faible d'espèces d'EPT figurant sur la liste rouge (Lubini et al., 2012). Cela n'est pas surprenant, étant donné que certaines des stations de mesure sélectionnées affichaient de fortes pollutions et subissaient d'importantes atteintes écomorphologiques. 8 des 43 espèces d'éphéméroptères observées figurent sur la liste rouge. L'espèce menacée d'extinction *Ameletus inopinatus* a pu être observée dans le canton de Saint-Gall. 7 des 34 espèces de plécoptères détectées figurent sur la liste rouge et 1 espèce menacée d'extinction (*Brachyptera trifasciata*) a été repérée dans les Grisons. Parmi les 43 espèces de trichoptères observées, 6 figurent sur la liste rouge. 1 espèce présente dans le Jura (*Ithytrichia lamellaris*) est considérée comme menacée d'extinction.

EPT et espèces figurant sur la liste rouge

Pour évaluer de manière spécifique l'influence des pesticides au niveau des stations de mesure (cf. 4.1.2), on a également calculé l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$. Il a été constaté que près de 20 % des stations de mesure NAWA subissaient l'influence négative des pesticides (surtout des insecticides), qui se traduisait par une absence d'espèces sensibles à la pollution due aux insecticides. Tout comme l'a révélé l'évaluation réalisée au moyen de l'indice IBCH, les déficits les plus importants ont été observés sur le Plateau suisse. Les pesticides peuvent provenir de sources diffuses ou ponctuelles. Ainsi, on observe une tendance négative lorsque croissent la proportion d'eaux usées dans le cours d'eau et la part de surfaces réservées aux cultures des champs et de zones urbaines dans le bassin versant. Dans les bassins versants présentant une forte proportion de surfaces forestières ou improductives, l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ ne révèle aucune pollution (fig. 21).

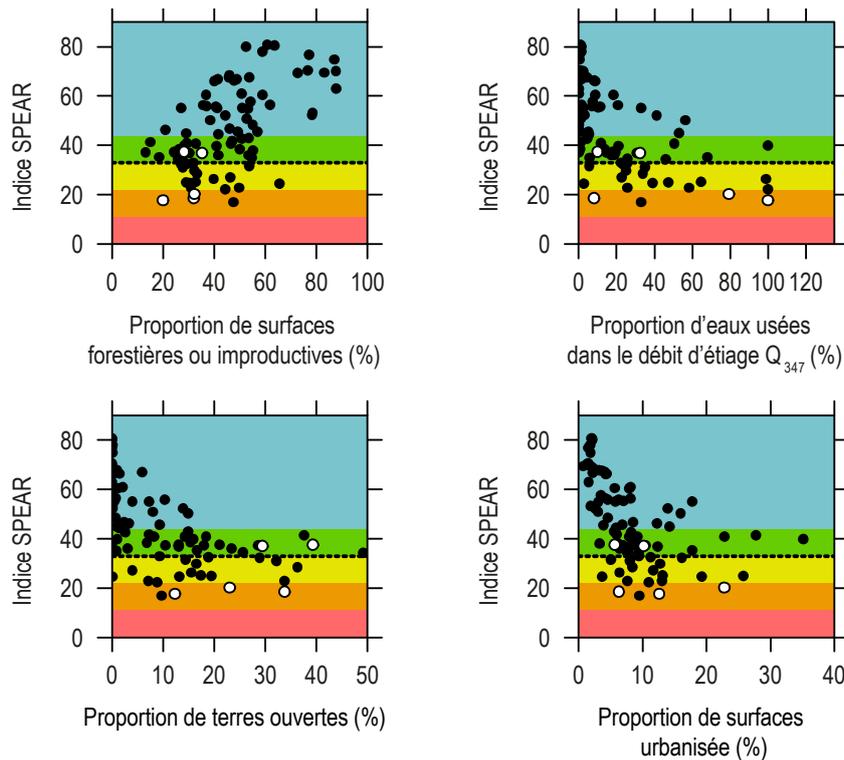
L'indice SPEAR met en évidence une dégradation due aux pesticides

Comme il fallait s'y attendre au vu des concentrations de pesticides mesurées, l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ a clairement montré une pollution due aux pesticides dans quatre stations de mesure NAWA SPEZ (Baumgartner et al., 2013). Aucune corrélation claire n'a été établie entre l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ et les concentrations d'insecticides mesurées. Cependant, sur tous les sites considérés par cette étude NAWA SPEZ, la charge de pesticides est élevée et l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ est moins bon que dans les autres stations de mesure NAWA (fig. 21).

La pollution mise en évidence par l'indice SPEAR est confirmée par de fortes concentrations d'insecticides

Fig. 21 > Rapport entre l'indice SPEAR_{pesticide} et les indicateurs de pollution

Représentation de l'indice SPEAR_{pesticide} (axe y) en fonction des indicateurs de pollution dans les stations de mesure considérées (axes x). Les résultats obtenus pour les stations de mesure de NAWA SPEZ sont représentés par des points blancs.



Outre les difficultés évoquées quant à l'utilisation de l'indice IBCH dans les zones d'altitude, le contrôle ultérieur effectué par un expert a montré que des analyses erronées peuvent conduire à une mauvaise appréciation de la classe de qualité. Ainsi en 2011, 10 % des stations ont dû, suite au contrôle de qualité, être affectées à une classe autre que celle déterminée au départ. En 2012, 5 % des stations étaient ainsi concernées. En 2013, aucune modification de l'appréciation (classe de qualité définie selon le SMG) n'a heureusement été nécessaire suite au contrôle de qualité (Stucki et al., 2015). Cela souligne l'importance du calibrage et de l'assurance qualité des relevés.

Difficultés méthodologiques

Excursus: État des grands cours d'eau

Le module Macrozoobenthos du SMG ne peut pas être appliqué dans les cours d'eau très profonds ou à courant fort car il faut qu'au minimum un tiers de la surface du tronçon étudié soit accessible en waders pour prélever des échantillons (Stucki, 2010). Dans les grands cours d'eau, il est donc impossible d'apprécier la qualité de l'eau au moyen de ce module. Le macrozoobenthos des grands cours d'eau a toutefois fait l'objet d'analyses dans le cadre de relevés cantonaux. Il est difficile de comparer les appréciations des différents cours d'eau car elles n'ont pas été obtenues selon une méthode standardisée. De manière générale, on a remarqué que le long du tracé de nombreux grands cours d'eau, le macrozoobenthos présentait une composition aty-

Appréciation sur la base du module Macrozoobenthos du SMG impossible

pique. Dans de nombreux tronçons et cours d'eau, on a constaté une progression d'espèces exotiques envahissantes.

Aar: Au printemps 2008, on a procédé à des analyses du macrozoobenthos dans neuf stations de l'Aar situées entre les lacs de Thoune et de Biemme. Ces analyses ont montré que de nombreuses espèces ayant des exigences élevées en matière de qualité des eaux et de diversité des structures et des courants vivaient dans les tronçons de l'Aar où l'eau s'écoule librement. À l'inverse, on a constaté une prédominance d'espèces moins exigeantes près des rives aménagées et une absence d'espèces rhéophiles dans les zones de retenue. Dans les tronçons à débit résiduel, on a également observé des phénomènes inhabituels en termes de composition des espèces (Werner, 2009). Sur les périodes 2001/2002 et 2011/2012, on a procédé à des analyses comparatives du macrozoobenthos dans l'Aar, entre le lac de Biemme et le Rhin. Au total, 155 taxons ont été identifiés en 2002 et 165 en 2012. Si le nombre de taxons ne variait que très peu au fil du cours d'eau, on a toutefois relevé une augmentation relative du nombre de crustacés et de mollusques par rapport aux espèces d'insectes. Tout comme dans le Rhin, on observe depuis 2007 une propagation rapide d'espèces exotiques (Rey et al. 2016).

Présence de quelques espèces exigeantes, mais aussi progression d'espèces exotiques

Limmat argovienne: le macrozoobenthos de la Limmat a été analysé dans deux stations du canton d'Argovie (Wettingen et Untersiggenthal). On y a observé une population d'invertébrés aquatiques bien développée, peu perturbée et typique des grands cours d'eau du Plateau. Un total de 69 taxons ont été identifiés. Les données recueillies ont montré que le cours d'eau était en bon état et que son eutrophisation n'était que modérée. Jusqu'à présent, les espèces exotiques avaient une influence minimale sur l'écologie de la Limmat. Six espèces ont été détectées, dont une seule présentait une population importante (Hürlimann et Ortlepp, 2011).

Macrozoobenthos en grande partie naturel

Reuss du Plateau: des analyses biologiques ont été effectuées dans la Reuss, sur le Plateau, en 2010 (analyse préliminaire, évaluation des stations) et en 2011 (analyse principale). Le faible régime de charriage et le manque de diversité des habitats découlant de l'aménagement intensif des rives sur de longs tronçons ont provoqué le colmatage du fond du lit, qui se traduit par une colonie de macrozoobenthos atypique et déséquilibrée. D'une station de mesure à l'autre, on a généralement constaté une variation importante en termes de nombre d'espèces (entre 36 et 89) et de composition de ces dernières, ce en raison de la diversité des habitats. L'introduction d'espèces envahissantes via le lac de Zoug représente un risque non négligeable pour le peuplement benthique naturel. 9 espèces exotiques ont été identifiées au total. Outre la moule zébrée, la palourde asiatique (*Corbicula fluminea*), apparue au cours des dernières années, était également largement répandue (Hürlimann et Wyss, 2013).

Reuss du Plateau: un peuplement atypique en raison d'un régime de charriage insuffisant et d'un manque de diversité des habitats

Rhin: en 2009 et 2010, le peuplement benthique du Rhin alpin ainsi que du Rhin antérieur et postérieur a fait l'objet d'analyses dans un total de huit stations. Ces analyses ont montré que dans ces zones, le macrozoobenthos était fortement affecté par des déficits structurels et hydrologiques. Si les espèces typiques des torrents de montagne et des rivières torrentielles étaient largement représentées, celles généralement présentes dans les zones alluviales manquaient. C'est seulement dans les quelques tronçons semi-naturels que l'on a encore pu observer une faune benthique riche en termes de variété des espèces et de nombre d'individus. On a généralement constaté

Déficits dans le Rhin alpin et importante colonie d'espèces exotiques dans le Haut Rhin

une baisse de la densité d'individus dans le cours aval (Rey et al., 2011). En 2011 et 2012, des analyses biologiques ont été réalisées dans le haut Rhin (entre le lac de Constance et Bâle) pour la cinquième fois depuis 1990. Selon les années, on a identifié entre 180 et 201 taxons. Ces chiffres, tout comme les densités de peuplement, étaient largement supérieurs à ceux enregistrés dans les tronçons du Rhin situés à une altitude inférieure. Comme dans l'Aar, on a relevé une augmentation du nombre de crustacés et de mollusques par rapport aux espèces d'insectes. Il était particulièrement frappant de constater une présence toujours plus forte d'espèces exotiques envahissantes. En aval de l'embouchure de l'Aar (à Waldshut), les espèces exotiques représentaient déjà plus de 50 % de la densité d'individus (fig. 22) et plus de 80 % de la biomasse (Rey et al. 2016).

Fig. 22 > Macrozoobenthos: proportions relatives (densité d'individus) d'espèces exotiques et d'espèces indigènes dans le haut Rhin

Données collectées en 2000/2001, 2006/2007 et 2011/2012 entre Hemishofen, à l'émissaire du lac de Constance, et Bâle. La moule zébrée est prise en compte séparément car elle a été introduite dans le lac de Constance dès les années 1970 et colonisait donc déjà le bassin versant du Rhin avant l'invasion actuelle d'espèces exotiques via le canal Rhin-Main-Danube. Pour chaque profil, les données ont été pondérées sur la base de l'ensemble des échantillons partiels.

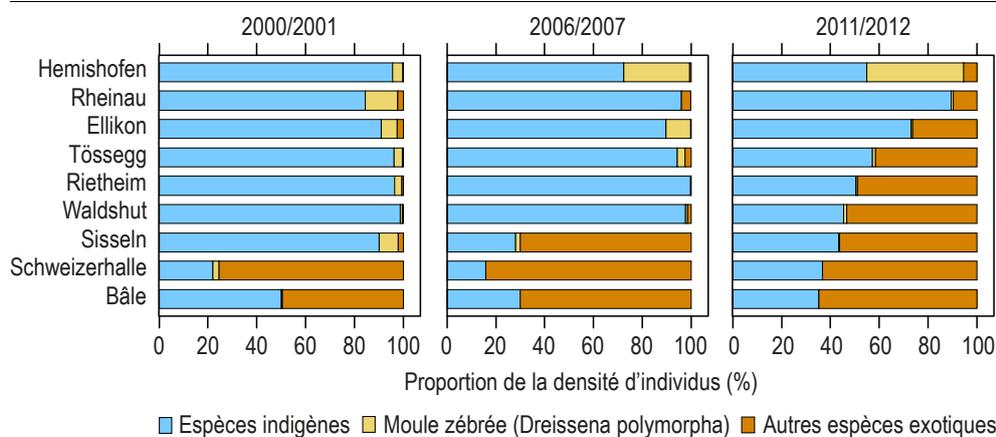


Figure adaptée de Rey et al. 2016.

Rhône: entre 1998 et 2004, le macrozoobenthos du Rhône valaisan a été analysé en divers endroits. De manière générale, ces analyses ont révélé une dégradation de la qualité entre le cours supérieur et inférieur. Elle restait malgré tout satisfaisante même dans les zones situées à faible altitude. On a toutefois observé la présence de nombreuses espèces ubiquistes ayant des exigences peu élevées en matière d'habitat. Cela s'explique par une altération de la qualité de l'eau, la rectification des tracés et la présence de centrales hydroélectriques (Bernard et al., 2007). Par rapport aux analyses précédentes, la situation s'est toutefois encore légèrement améliorée, tant dans le Rhône supérieur (au-dessus de Naters) qu'en aval de Sierre (ETEC Sàrl et PhycoEco, 2009; Zurwerra et al., 2011). En 2011, les larves de 46 espèces sensibles appartenant aux taxons des éphéméroptères, des plécoptères ou des trichoptères (EPT) ont été observées dans le Rhône genevois, en aval du lac Léman. On devrait cependant pouvoir en observer bien davantage, ce qui montre également ici des déficits en termes de

Dégradation de la qualité au fil du fleuve

qualité des eaux (p. ex.: phénomènes d'éclusées, dépôts de sédiments fins, absence de dynamique naturelle ; Knispel, 2012).

Excursus: État des petits cours d'eau

Les stations de mesure NAWA ne couvrent que les cours d'eau de taille moyenne à grande. Les petits cours d'eau (numéros d'ordre 1 et 2 selon Strahler (cf. OFEV, 2013a) représentent pourtant environ 75 % du réseau hydrographique suisse. Ainsi, non seulement ils constituent une part importante du réseau, mais ils remplissent également des fonctions écologiques essentielles. Entre 2005 et 2013, on a analysé dans le cadre d'une étude mandatée par l'OFEV 709 échantillons de macrozoobenthos prélevés dans 406 stations situées le long de petits cours d'eau. Parmi ces échantillons, 518 ont été mis à disposition par les services cantonaux chargés de la protection des eaux et 191 ont été fournis par le Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD CH). Dans les deux cas, ils ont été prélevés dans 215 stations différentes (Leib, 2015).

Pour déterminer l'influence des micropolluants sur la composition du macrozoobenthos, on a procédé à une estimation de la charge polluante en analysant l'utilisation des sols. Si elle ne tient pas compte d'autres facteurs d'influence tels que l'écomorphologie, le débit ou la température de l'eau, cette approche pragmatique permet toutefois de tirer des conclusions sur l'importance des apports diffus de micropolluants (cf. Strahm et al., 2013).

Près de la moitié des échantillons de macrozoobenthos analysés témoignaient d'un état moyen à mauvais et n'atteignaient donc pas les objectifs écologiques fixés dans le cadre du SMG. À l'étage collinéen (entre 200 et 600 mètres d'altitude), 58 % des stations étudiées présentaient un état biologique moyen à très mauvais. Ainsi, l'appréciation des petits cours d'eau s'est révélée moins bonne que celles des moyens et grands cours d'eau. Les déficits les plus importants ont été observés à des altitudes comprises entre 300 et 400 mètres, où plus de 70 % du macrozoobenthos témoignait d'un état insatisfaisant des cours d'eau. Pour 47 % des analyses, l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ indiquait que les pesticides ont une influence négative sur les invertébrés aquatiques. Plus de 90 % des échantillons de macrozoobenthos pour lesquels l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ révélait un effet insecticide sur la faune aquatique ont été prélevés à moins de 600 mètres d'altitude (Leib, 2015). Cela confirme le fait que l'étage collinéen subit l'atteinte la plus forte, phénomène également observé dans le cadre de l'analyse des données NAWA.

Il a pu être démontré que l'état des cours d'eau était généralement moins bon dans les bassins versants présentant une forte proportion de surfaces urbanisées ou marquées par une utilisation intensive des sols. L'influence des différents types d'utilisation des sols se fait aussi ressentir dans le cadre de l'appréciation de l'état des cours d'eau réalisée au moyen de l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$: lorsque le bassin versant présente une forte proportion de surfaces urbanisées ou cultivées, et donc une moindre proportion de forêts, nettement plus d'échantillons n'atteignent pas les objectifs (fig. 23). Les objectifs sont considérés comme atteints lorsque l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ est supérieur à 33 (Leib, 2015).

Données analysées

Gros plan sur les sources
diffuses de micropolluants

Une grande partie des stations
étudiées témoignaient d'un
mauvais état des cours d'eau

Influence négative de l'agriculture
et des zones urbanisées

Fig. 23 > Corrélation entre les proportions de surfaces vouées à différentes utilisations des sols dans le bassin versant et la réalisation des objectifs évaluée sur la base de l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$

Réalisation des objectifs selon l'indice $SPEAR_{\text{pesticide}}$ pour les proportions de surfaces urbanisées, forestières ou cultivées.

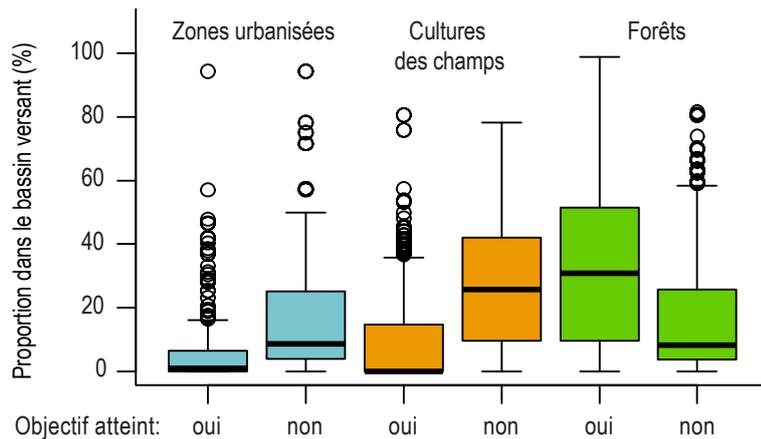


Figure adaptée de Leib (2015)

4.2.2 Diatomées

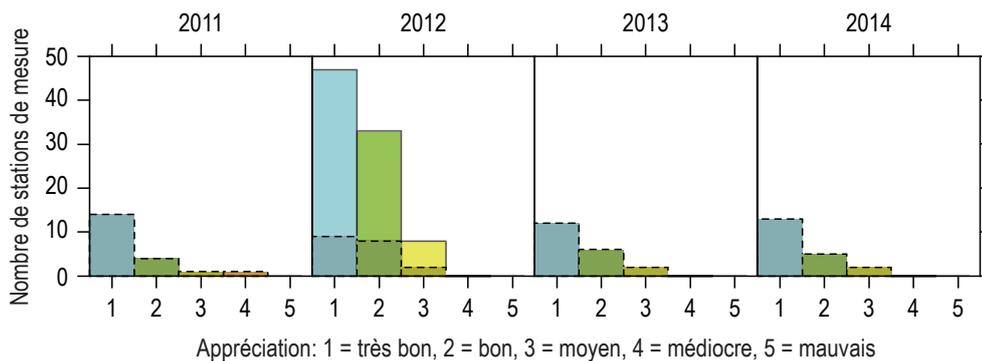
Dans près de 90 % des stations de mesure, l'indice des diatomées DI-CH indiquait que l'eau était de bonne, voire de très bonne qualité (fig. 24). L'indice DI-CH reflète en premier lieu la qualité de l'eau du point de vue de sa teneur en nutriments. De même, les concentrations d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3^-) mesurées dans environ 90 % des stations indiquaient une faible charge de nutriments (cf. 4.1.1, en particulier les fig. 6 et tab. 4). Les appréciations réalisées au moyen de l'indice DI-CH concordent bien avec la charge de nutriments mesurée. On observe la même correspondance entre l'indice DI-CH et les concentrations d'ammonium relevées. Sur les 129 valeurs d'indicateurs considérées pour la période de relevé 2011–2013, 114 témoignaient d'un état au minimum bon, tant en ce qui concerne les diatomées que les concentrations d'ammonium.



Les diatomées témoignent d'une faible charge de nutriments

Fig. 24 > Appréciation au moyen de l'indice des diatomées

Répartition des appréciations obtenues pour le bio-indicateur «diatomées» dans les 89 stations de mesure évaluées sur la base de l'indice DI-CH (classes de qualité définies selon le module Diatomées du SMG). Les colonnes de couleur foncée encadrées en pointillés indiquent les 20 stations de mesure pilotes auxquelles les relevés se sont limités entre 2011 et 2014.



L'indice DI-CH calculé pour les 20 stations de mesure pilotes faisant l'objet de relevés annuels a connu une faible variation entre 2011 et 2014 (fig. 24). En raison de la meilleure intégration spatiale et temporelle du bio-indicateur, les fluctuations de la pollution à court terme ne sont pas représentées. Les éventuelles tendances à long terme ne se manifesteront que dans le futur. Les analyses régulièrement effectuées dans les stations de mesure NAWA ont toutefois parfaitement montré que l'allègement de la charge de nutriments et de substances organiques peut être démontrée au moyen de la méthode du module Diatomées du SMG depuis le milieu des années 1990 (Berset et al., 2012; Hürlimann et Straub, 2014b; Känel et al., 2012).

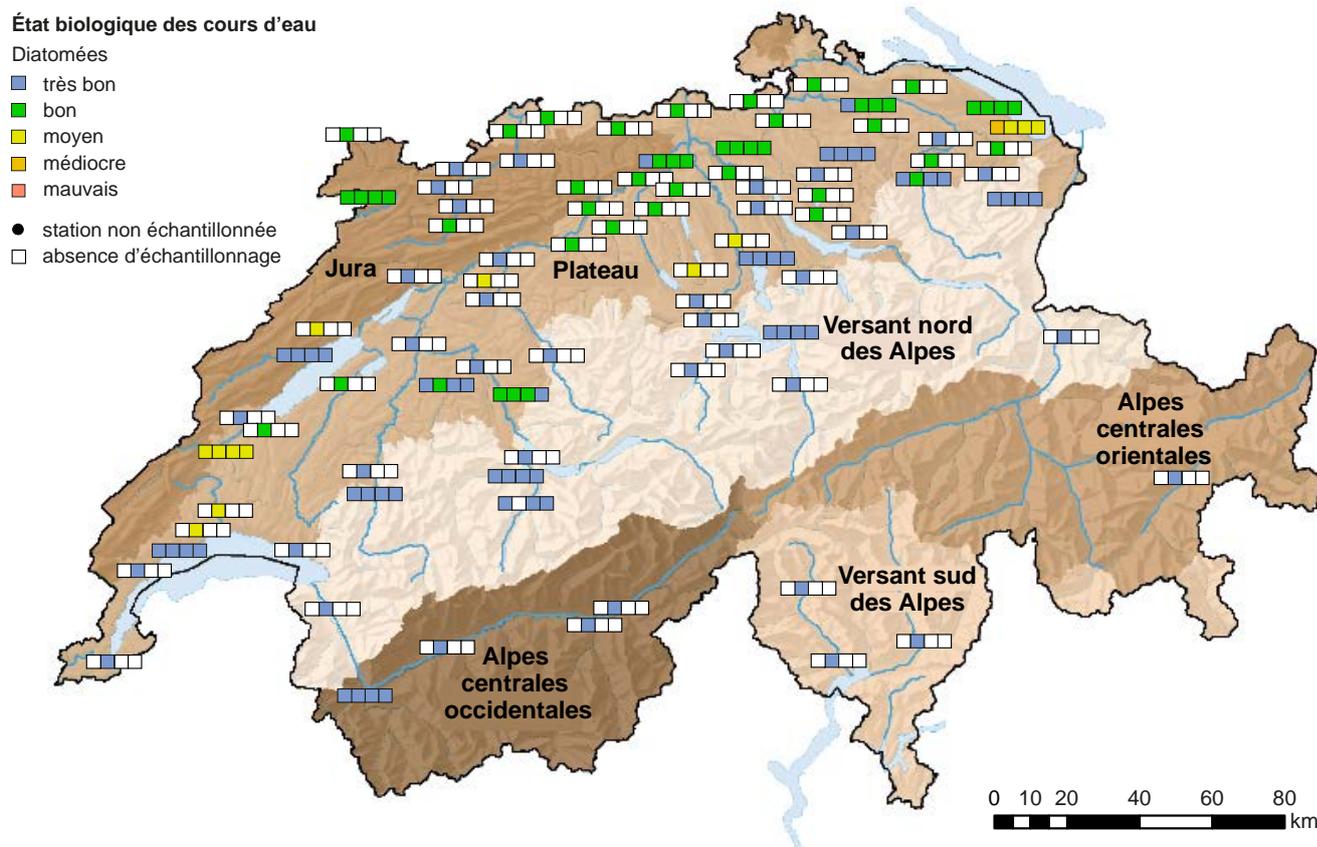
Faible variation annuelle

Les eaux usées communales et les apports issus de l'agriculture constituent les sources principales de pollution des cours d'eau par les nutriments. C'est pourquoi la tendance selon laquelle les stations de mesure situées sur le Plateau seraient généralement moins bien classées s'est confirmée (fig. 25). On retrouve la même répartition spatiale pour le nitrate à la fig. 8, dans le chapitre *Nutriments*.

Une appréciation généralement moins bonne sur le Plateau

Fig. 25 > Classe de qualité des diatomées

Cette carte représente la répartition spatiale et l'évolution temporelle des appréciations de la charge de nutriments obtenues au moyen du bio-indicateur « diatomées » dans les 89 stations de mesure NAWA échantillonnées en 2012 et dans les 20 stations pilotes ayant fait l'objet de prélèvements entre 2011 et 2014. Les appréciations sont représentées par des couleurs. Les cases blanches représentent l'absence de prélèvement en 2011, 2013 et 2014 et les points noirs, les stations de mesure situées sur les grands cours d'eau et n'ayant pas fait l'objet de relevés. Les zones colorées en marron indiquent les six régions biogéographiques.



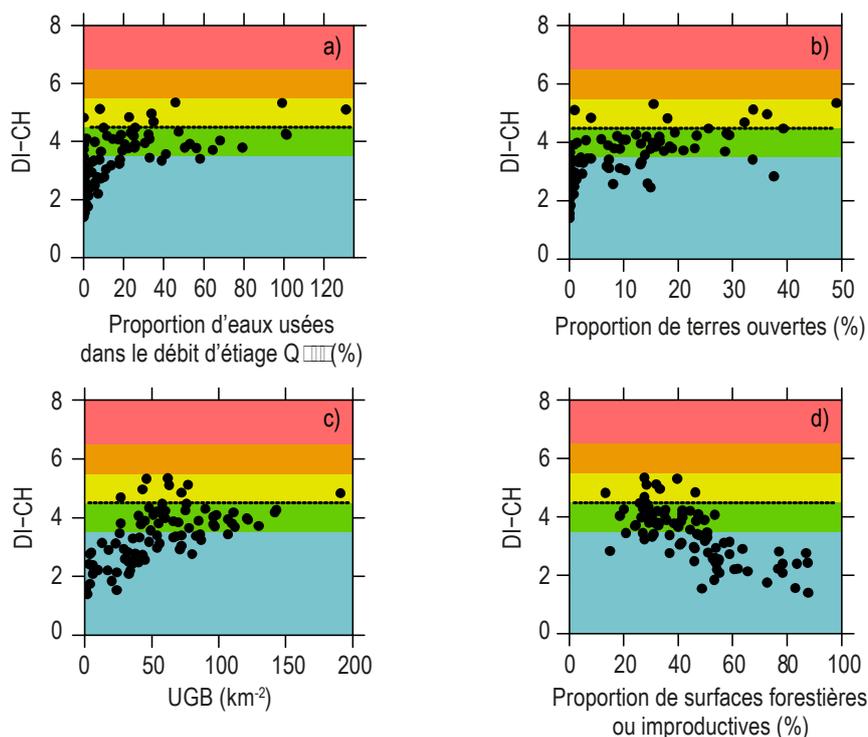
Données sources: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1: limites des eaux), © 2004, swisstopo (source cartographique).

L'influence des eaux usées communales et de l'agriculture sur l'indice DI-CH, et donc sur la teneur en nutriments mesurée dans les cours d'eau, se manifeste également dans la corrélation positive entre l'indice des diatomées et la proportion d'eaux usées dans le débit d'étiage (fig. 26a), de la proportion de surfaces réservées aux cultures des champs (fig. 26b) ou du nombre d'unités de gros bétails (UGB) dans le bassin versant (fig. 26c). On observe alors les mêmes corrélations pour les concentrations de nitrate (cf. fig. 9 dans le chapitre *Nutriments*). Comme on pouvait s'y attendre, l'indice DI-CH montre que plus la proportion de surfaces forestières et improductives dans le bassin versant est élevée, plus la charge de nutriments est faible (fig. 26d).

Comparaison avec les indicateurs de la charge anthropique

Fig. 26 > Comparaison entre l'indice DI-CH, le bio-indicateur Diatomée et les indicateurs de pollution

Comparaison entre l'indice DI-CH, (axe y) et les indicateurs de pollution dans les stations de mesure considérées (axes x).



Au cours de la période d'analyse 2011–2013, on a pu identifier un total de 233 taxons de diatomées, soit 44 % des 526 taxons fréquents dans les cours d'eau d'Europe centrale (Hürlimann et Straub, 2014b). En 2012, le nombre médian de taxons, tous échantillons confondus, était de 29. Le taxon *Achnanthes minutissimum* était le plus répandu; à une exception près, on l'a détecté dans tous les échantillons. Ce taxon fréquent dans toute l'Europe centrale est très tolérant à de nombreux facteurs environnementaux, mais évite les fortes charges organiques. Trois espèces exotiques ont été détectées dans 16 échantillons prélevés au niveau de 13 stations de mesures différentes. 2 d'entre elles ont toutefois été observées dans 1 seule station du Tessin. Dans onze stations toutes situées près de grands cours d'eau, le taxon exotique *Didymosphenia geminata* était le plus répandu. En Suisse, il a été décrit pour la première fois en 1999 à Inn.

Les déformations des valves (formes tératologiques) peuvent être induites par des stress naturels ou anthropiques. Lorsqu'au sein d'une communauté de diatomées, plus de 0,5 % des valves sont déformées, on part du principe que des facteurs anthropiques (p. ex. concentrations élevées de nutriments ou de métaux lourds, etc.) ont provoqué la déformation ou y ont contribué (Hürlimann et Straub, 2014). 33 stations de mesure NAWA présentaient une proportion de valves de diatomées déformées supérieure ou égale à 0,5 %, le pourcentage maximal enregistré dans un échantillon étant de 4,7 %. Dans les eaux de mauvaise qualité (appréciée à l'aide des diatomées), la proportion de formes tératologiques avait aussi tendance à augmenter. On a observé une recrudescence

Déformations tératologiques des valves

cence de déformations tératologiques, en particulier sur le Plateau et dans le Jura (Hürlimann et Straub, 2014b). Cela concordait également avec la charge polluante généralement plus forte enregistrée dans les cours d'eau du Plateau (cf. plus haut).

Les duplicata de prélèvements effectués dans huit stations de mesure montraient un écart moyen de seulement 0,3 unité de l'indice DI-CH. Comme les valeurs étaient souvent proches d'une limite de classe, quatre des huit stations de mesure étudiées ont été affectées à une autre classe de qualité. Les différences constatées lors de l'identification s'expliquent quant à elles par la diversité des diatomées en termes d'espèces et de formes. Ainsi, il est quasiment impossible d'établir la même liste d'espèces et d'obtenir les mêmes répartitions lors de deux opérations de dénombrement différentes. En outre, la variabilité et la répartition des espèces rares peut être déjà très large dans une seule préparation. Dans la plupart des cas, cependant, les espèces les plus fréquentes d'un échantillon (proportion supérieure à 10 %) sont identifiées pareillement. Cela montre clairement que les cours de répétition organisés chaque année, que ce soit pour les travaux de terrain, la préparation des échantillons, l'identification et le dénombrement des espèces, ou encore l'appréciation et l'interprétation des résultats, contribuent largement à garantir la comparabilité et la fiabilité des données recueillies au cours des quatre années considérées (Hürlimann et Straub, 2014b).

Difficultés méthodologiques

Excursus: État des grands cours d'eau

Dans les grands cours d'eau que l'on ne peut pas traverser à pied, le milieu de la rivière ne peut être échantillonné qu'avec des moyens conséquents. En temps normal, il suffit toutefois d'échantillonner séparément les deux rives de la rivière, toujours à l'aide de trois à cinq pierres. Ces échantillons peuvent ensuite être analysés à l'aide du SMG (Hürlimann et Niederhauser, 2007). L'étude des diatomées montre que la qualité de l'eau des grands cours d'eau est généralement bonne, voire très bonne.

Module Diatomées du SMG également applicable

Aar: au printemps 2008, on a analysé des échantillons de diatomées prélevés dans neuf stations de l'Aar situées entre les lacs de Thoune et de Bienne. Dans l'ensemble, l'indice DI-CH a toujours révélé que la qualité des eaux était bonne, voire très bonne (Werner, 2009). En 2001 et en 2012, on a procédé à une étude approfondie des diatomées dans l'Aar, entre le lac de Thoune et le Rhin. En 2012, l'analyse des 48 échantillons prélevés a permis de détecter 149 taxons, soit 28 % des espèces typiques des cours d'eau d'Europe centrale. A deux exceptions près (un échantillon prélevé à Arch et un autre à Olten), l'étude des diatomées montrait que la qualité des eaux était bonne, voire très bonne. Ainsi, on observe une amélioration globale de la qualité des eaux depuis l'étude réalisée en 2001 (Rey et al. 2016).

Grande diversité des espèces

Limmat argovienne: on a trouvé un total de 74 taxons de diatomées dans les deux stations de la Limmat argovienne étudiées (Turgi et Wetingen). Entre 23 et 38 espèces ont été identifiées sur chaque transect. Cela correspond à la moyenne suisse de 25 taxons observée pour les cours d'eau et aux valeurs typiques pour les émissaires de lac, les grands cours d'eau et les retenues (entre 30 et 50 taxons). Les deux stations ont été affectées à la classe d'état «bon» ou «très bon» selon la méthode du module Diatomées du SMG (Hürlimann et Ortlepp, 2011).

Une population de diatomées correspondant à la moyenne suisse

Reuss du Plateau: en 2011, on a procédé à une étude des diatomées dans 13 stations de la Reuss du Plateau. On a trouvé entre 17 et 54 taxons par échantillon, ce qui correspond à des valeurs typiques pour les fleuves et rivières (entre 20 et 30 taxons) et pour les émissaires de lac (plus de 30 taxons). On a noté une recrudescence (proportion supérieure à 1 %) des malformations des valves uniquement au niveau des stations de Göslikon (2 % de formes tératologiques), en aval de la STEP de Bremgarten, et de Windisch (4 % de formes tératologiques dans le tronçon à débit résiduel). Des proportions aussi élevées de formes tératologiques sont jugées critiques et considérées comme induites davantage par des facteurs anthropiques tels que l'apport de substances toxiques, que par des stress naturels. Dans toutes les stations de mesure, l'indice DI-CH indiquait toutefois que l'eau était de bonne, voire de très bonne qualité (Hürlimann et Wyss, 2013).

Une population de diatomées typique

Rhin: en 2009/2010, les populations de diatomées du Rhin alpin ainsi que du Rhin antérieur et postérieur ont été étudiées pour la première fois dans un total de huit stations. Il en est ressorti que les stations considérées étaient plutôt pauvres en espèces (entre 13 et 24 espèces) et que les populations présentes étaient peu diversifiées. Cela peut être lié à la turbidité des eaux (provoquée par les écoulements glaciaires, l'extraction de graviers, les phénomènes d'éclusées, etc.). Pour tous les échantillons analysés, l'indice DI-CH indiquait que l'eau était de très bonne qualité (Rey et al., 2011). On a prélevé des échantillons de diatomées dans huit stations du haut-Rhin. Une appréciation de la qualité écologique des cours d'eau a été effectuée selon la directive-cadre de l'UE dans le domaine de l'eau, sur la base de la composition des espèces et des fréquences observées. Le nombre d'espèces identifiées variait entre 35 (pour les stations moyennement riches en espèces) et 61 (pour les stations très riches en espèces). Il est ressorti de l'appréciation générale que la qualité écologique était très bonne dans cinq stations, bonne dans deux stations et moyenne dans une station (Küssaberg-Ettikon) (Hofmann, 2013).

Diversité des espèces: plutôt faible dans le Rhin alpin, moyenne à très forte dans le haut Rhin

Rhône: en 2010 et en 2011, les diatomées ont fait l'objet d'analyses dans douze stations du Rhône supérieur situées entre Gletsch et Brigue. Les sites se trouvant en amont de la STEP de Fiesch présentaient pour la plupart des communautés de diatomées typiques. En aval de la STEP, cinq à six espèces caractéristiques d'une pollution par les eaux usées ont pu être détectées. Ainsi, les eaux usées traitées sont considérées comme un important facteur d'influence. Dans toutes les stations, la qualité biologique de l'eau correspondait cependant à la classe d'état «très bon» (Zurwerra et al., 2011). En outre, 20 stations du Rhône situées entre Gamsen et Martigny ont chacune été étudiées deux fois entre 2007 et 2009. On a constaté une diminution de la biomasse moyenne en aval, ce qui indique que la densité d'individus est fortement influencée par le pouvoir érosif des eaux (vitesse d'écoulement et densité des matières en suspension). En aval de Gamsen, la population de diatomées du Rhône (tout comme son écomorphologie) était marquée par la monotonie. Dans toutes les stations, l'indice DI-CH indiquait toutefois que l'eau était de bonne, voire de très bonne qualité (ETEC Sàrl et PhycoEco, 2009).

Une population de diatomées typique dans le Rhône supérieur, marquée par la monotonie dans le Rhône inférieur

4.2.3 Poissons

L'appréciation globale des données recueillies sur les poissons a révélé que, seul un quart des tronçons étudiés (27 % des 52 tronçons étudiés; fig. 27a) se trouvaient dans un état écologique bon ou très bon, deux tiers dans un état moyen et environ 10 % dans un état médiocre. Les tronçons dont l'état a été jugé moyen ou médiocre étaient principalement localisés sur le Plateau (fig. 28; Dönni et Guthruf, 2014).

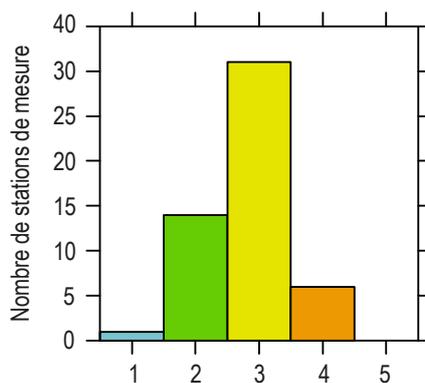
Chaque tronçon abritait entre une et quinze espèces, dont une à deux espèces exotiques (poisson rouge, poisson-chat, truite arc-en-ciel et perche soleil) Le paramètre *Composition de l'ichtyofaune*, qui est calculé sur la base du nombre d'espèces par tronçon étudié et permet de déterminer si la composition des espèces est typique du milieu, témoignait sur près de deux tiers des tronçons étudiés d'un état bon ou très bon (fig. 27b, P1).



Près des trois quart des stations NAWA affichent un état des eaux moyen à médiocre

Fig. 27 > Appréciation des poissons

a) Appréciation générale des 52 stations de mesure pour le bio-indicateur «poissons». Des relevés ont été effectués uniquement en 2012. Appréciation: 1 = très bon, 2 = bon, 3 = moyen, 4 = médiocre, 5 = mauvais.



b) Appréciation à l'aide des quatre paramètres suivants: composition de l'ichtyofaune et dominance des espèces (P1), structure de la population des espèces indicatrices (P2), densité des populations d'espèces indicatrices (P3) et déformations et anomalies (P4). Appréciation P1 et P2: très bonne, bonne, moyenne, médiocre, mauvaise; P3: élevée, moyenne, faible; P4: <1 %, 1-5 %, >5 %.

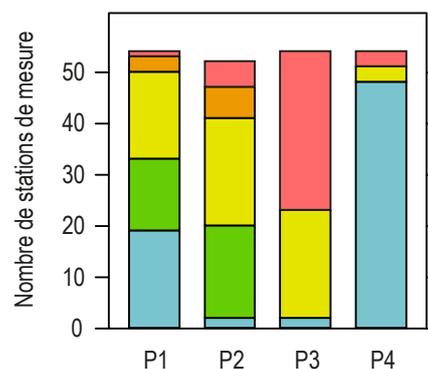
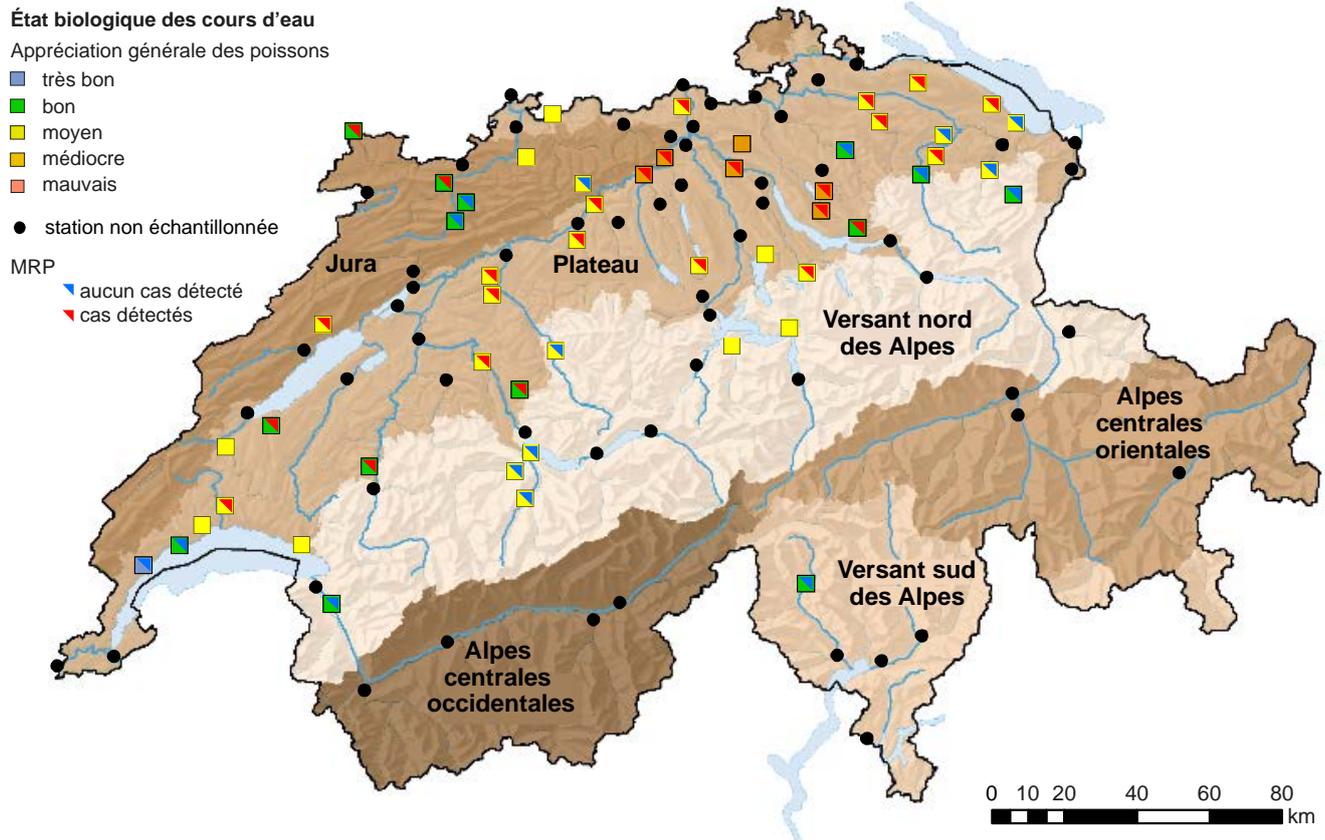


Fig. 28 > Appréciation globale des poissons et prévalence de la MRP: répartition régionale

Appréciation de la qualité des eaux en 2012 dans 52 stations de mesure, selon les classes de qualité définies dans le module Poissons du SMG. Les triangles indiquent dans lesquelles des 44 stations étudiées on a pu observer des cas de maladie rénale proliférative (MRP). Les zones colorées en marron indiquent les six régions biogéographiques.



Données sources: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1: limites des eaux), © 2004, swisstopo (source cartographique).

Chaque tronçon abritait entre une et quinze espèces, dont une à deux espèces exotiques (poisson rouge, poisson-chat, truite arc-en-ciel et perche soleil). Le paramètre *Composition de l'ichtyofaune*, qui est calculé sur la base du nombre d'espèces par tronçon étudié et permet de déterminer si la composition des espèces est typique du milieu, témoignait sur près de deux tiers des tronçons étudiés d'un état bon ou très bon (fig. 27b, P1).

Une composition des espèces généralement bonne

La structure de la population d'une espèce qui indique l'abondance des différentes classes d'âge et la densité des poissons 0+ (de moins d'un an) sert d'indicateur du succès de la reproduction naturelle. Pour les espèces indicatrices, elle affichait un niveau moyen à bon de la plupart des cours d'eau (fig. 27b, P2). Le sous-paramètre «densité des truites fario 0+» causait souvent une baisse de la note de qualité obtenue pour ce paramètre. Ainsi, la qualité était jugée médiocre ou mauvaise dans plus 80 % des tronçons (Dönni et Guthruf, 2014). Il convient de noter que les tronçons étudiés couvraient principalement les moyens et grands cours d'eau. Les analyses effectuées dans le cadre du projet Réseau suisse poissons, mené conjointement par l'Eawag,

La structure de la population des espèces indicatrices présentait des déficits

l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et quelques cantons et consistant à étudier la reproduction naturelle, ont en revanche révélé de fortes densités de truites fario 0+, en particulier dans les petits cours d'eau (Schager et Peter, 2001; Schager et Peter, 2002).

Le paramètre *Densité des populations des espèces indicatrices* a été jugé faible dans plus de la moitié des tronçons étudiés (fig. 27b, P3). Le paramètre *Déformations et anomalies* (lésions externes) témoignait par contre d'un état bon dans près de 90 % des tronçons étudiés (fig. 27b, P4).

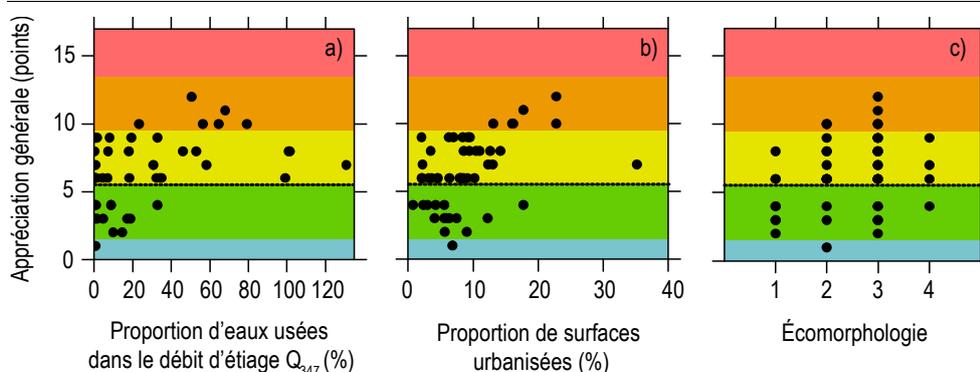
Les poissons sont sensibles à différents aspects de leur habitat et ont des exigences complexes vis-à-vis de ce dernier. C'est pourquoi il est difficile d'établir une corrélation sans équivoque avec des paramètres isolés tels que la teneur en nutriments ou l'utilisation des sols, comme l'a également montré le projet Réseau suisse poissons, dans le cadre duquel le recul des effectifs de truites en Suisse a été étudié pendant cinq ans (Meili et al., 2004). Dans la synthèse finale, il est indiqué que dans de nombreux cas, le mauvais état général des habitats et la MRP sont à l'origine de ce recul. On entend par «mauvais état général des habitats» des déficits concernant aussi bien la morphologie (p. ex. absence d'abris lié à la présence d'aménagements ou au manque de végétation sur les rives) que la qualité des eaux (pollution chimique) (Meili et al., 2004). L'appréciation générale des données NAWA selon le module Poissons du SMG a confirmé ces résultats et a montré que l'état de la population de poissons tendait à se dégrader dans les cours d'eau caractérisés par une forte proportion d'eaux usées et de surfaces urbanisées dans le bassin versant (fig. 29) ainsi que, de manière limitée, par une morphologie altérée. Cependant, d'autres facteurs n'ayant pu être pris en considération compte tenu de la nature des données disponibles telles que la continuité hydrologique et la connectivité des milieux aquatiques jouent probablement un rôle tout aussi important (Dönni et Guthruf, 2014).

Malgré une faible densité des populations d'espèces indicatrices, les déformations et les anomalies restent rares

Impact négatif des zones urbanisées, des eaux usées issues des STEP et des déficits morphologiques

Fig. 29 > Comparaison entre l'appréciation générale des poissons et les indicateurs de pollution

Comparaison entre l'appréciation générale des poissons (axe y) et les indicateurs de pollution dans les stations de mesure considérées (axes x).



Parce qu'elles nécessitent la mobilisation d'importants moyens, les analyses sur les poissons n'ont pas été effectuées chaque année dans les stations pilotes. Il convient toutefois de noter que les effectifs et la biomasse piscicoles subissent naturellement d'importantes variations temporelles dans les cours d'eau. Un inventaire piscicole correspond à un moment précis et dépend largement des événements hydrologiques antérieurs survenus à court et à moyen terme. Des difficultés méthodologiques sont apparues car la méthode du module Poissons – Niveau R du SMG est prévue pour les cours d'eau de faible profondeur. C'est pourquoi une proportion relativement élevée de stations de mesure NAWA n'ont pas pu être échantillonnées. De plus, on dispose de valeurs de référence concernant les densités de poissons uniquement pour les truites fario et l'appréciation repose largement sur leur présence. L'interprétation des données n'a posé des problèmes que lorsque le nombre de captures était très réduit (Dönni et Guthruf, 2014).

Variations temporelles d'origine naturelle et difficultés méthodologiques

Les poissons de 44 stations NAWA ont été examinés pour déterminer la prévalence de la maladie rénale proliférative (MRP), très répandue chez les truites fario. Dans les autres stations, il n'a pas été possible de capturer suffisamment de truites fario 0+. On a pu observer des cas de MRP dans 59 % des 44 tronçons étudiés (fig. 27). Dans ces tronçons, le taux de prévalence était compris entre 11 et 100 %, 34 % étant la valeur moyenne. Les analyses ont confirmé que la MRP était la maladie piscicole la plus répandue en Suisse. Elle peut engendrer des taux de mortalité élevés chez les populations concernées et ainsi influencer le résultat de l'appréciation. On procède actuellement à l'analyse des relations existant entre différents paramètres susceptibles d'influer sur la prévalence de la MRP (paramètres chimiques et physiques, nutriments, macrozoobenthos) et la présence de la maladie. Ainsi, il sera possible à l'avenir d'établir des corrélations entre la qualité de l'eau et la survenue de cas de MRP.

Des cas de MRP détectés dans près de 60 % des tronçons étudiés

Excursus: État des grands cours d'eau

L'ichtyofaune fait également l'objet de relevés dans certains grands cours d'eau de Suisse pour lesquels il est généralement impossible d'appliquer la méthode du SMG. Bien que les grands cours d'eau représentent un important réservoir d'espèces piscicoles et constituent les principales voies de migration des poissons, ils ne font l'objet d'aucune campagne de mesure standardisée semblable à celle mise en place en Union européenne. Les opérations de pêche électrique dans les grands cours d'eau sont effectuées aussi bien depuis la rive qu'en bateau et sont parfois combinées à d'autres méthodes (p. ex.: pêche au filet). Des relevés de l'ichtyofaune réalisés dans les plus grands cours d'eau sont présentés ci-après. Bien que certains relevés remontent déjà à plusieurs années, ils montrent un recul général des effectifs piscicoles. Les tronçons revitalisés ont quant à eux une influence positive sur les populations.

Appréciation sur la base du module Poissons du SMG impossible

Aar: ces dernières années, on a observé un très fort recul des effectifs d'ombres et d'autres espèces dans l'Aar, entre Thoune et Berne. À l'inverse, les tronçons revitalisés abritent à nouveau de nombreuses espèces de poissons. Ainsi, 25 espèces de poissons, ainsi que la petite lamproie, vivent dans l'Aar, entre Thoune et Berne. Seules deux à cinq d'entre elles présentent des effectifs importants (chabot, barbeau, truite fario, spirilin et ombre; Vuille, 2011). En mars 2012, les rives de onze tronçons situés entre le lac de Biemme et le Rhin ont été étudiées. Les analyses ont montré que, pour des raisons

Peuplements de jeunes poissons différant nettement de la population naturelle

inconnues, la densité de jeunes poissons était plus faible dans l'Aar que dans le haut Rhin. Au total, 22 espèces piscicoles et une espèce de lamproie ont pu être observées. Les peuplements de jeunes poissons différaient nettement de la population piscicole typique de la zone à ombres qu'est l'Aar inférieure et étaient caractérisés par la présence d'espèces indifférentes et tolérantes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène: le manque de substrat adapté pour les frayères, la perturbation régulière de la ponte lors des crues hivernales, les variations de la température de l'eau amenant les espèces sensibles à la chaleur à évoluer dans un habitat non optimal, les barrages ralentissant le débit des cours d'eau, ou encore les effets à long terme des barrières qui empêchent la migration et provoquent la disparition des poissons migrateurs. Les mesures de valorisation mises en place dans l'Aar ont toutefois eu des répercussions positives sur le potentiel de reproduction et le peuplement (Rey et al. 2016; Rey et al., 2013).

Limmat argovienne: la statistique cantonale des captures indiquait que 22 espèces piscicoles avaient été inventoriées dans la Limmat argovienne en 2004. Une comparaison avec les données du siècle dernier a révélé qu'au moins six espèces avaient disparu. La construction de la centrale électrique de Wettingen en 1933 a profondément modifié la Limmat. En effet, jusqu'en 2007, le barrage bloquait complètement la remontée des poissons et la longueur importante du bassin de retenue provoquait des dépôts massifs de sédiments fins (Voser et Bolliger, 2004). La centrale a cependant fait l'objet de valorisations écologiques significatives au moment du renouvellement de la concession. Ainsi, en 2006 et 2007, a été installée la plus longue passe à poissons d'Europe, qui a permis de rendre à nouveau accessible le passage entre Bâle et le lac de Zurich, alors fermé depuis plus d'une centaine d'années. Depuis, certains jours, on a enregistré jusqu'à 400 passages de poissons (Christen, 2009).

Atteintes dues à la présence
d'une centrale électrique jusqu'en
2007

Reuss du Plateau: en 2013, des opérations de pêche ont été réalisées en bateau et à partir quinze sites se trouvant sur les rives de la Reuss lucernoise afin de procéder à l'inventaire de son ichtyofaune. Au total, quatorze espèces piscicoles, ainsi que la petite lamproie, ont pu être observées. Cette faune très riche, composée essentiellement d'espèces piscicoles typiques des rivières, n'est encore présente de manière aussi marquée que dans très peu de tronçons en Suisse. En conséquence, la proportion d'espèces figurant sur la liste rouge des espèces menacées était très élevée puisqu'elle correspondait à 93 % du nombre total de captures. Parmi ces espèces se trouvaient le nase, une espèce piscicole menacée d'extinction en Suisse, la truite lacustre et l'ombre. En 2006, l'ichtyofaune de la Reuss argovienne a été examinée au niveau de cinq stations. Si l'on a pu observer un total de 33 espèces piscicoles, le nombre d'espèces recensées variait fortement d'un tronçon à l'autre. La quasi-totalité des espèces piscicoles susceptibles d'être observées au vu des conditions naturelles locales étaient encore présentes dans la Reuss. Cependant, seuls le chevaine, le barbeau et le spirilin ont pu se reproduire suffisamment pour constituer des effectifs plus conséquents. Les effectifs réduits des autres espèces s'expliquent sans doute par la présence de centrales électriques dans la partie inférieure de la Reuss. En effet, ces ouvrages perturbent le régime de charriage, rendant les bancs de graviers plus compacts et limitant ainsi les possibilités de reproduction naturelle des poissons lithophiles tels que l'ombre ou la truite. En outre, le charriage provoqué par les crues hivernales peut aussi avoir des

De nombreuses espèces rares

répercussions importantes sur ces espèces frayant sur gravier. La présence de cormorans a également une influence négative sur les populations d'ombres (Voser, 2008).

Rhin: en 2005, 2009 et 2013, l'ichtyofaune du Rhin alpin ainsi que du Rhin antérieur et postérieur a fait l'objet d'analyses dans 9 stations. Un total de 19 espèces piscicoles ont pu être observées en 2013. Dans le Rhin alpin, les espèces dominantes étaient le blageon, la truite fario et le chabot. Les effectifs de truites arc-en-ciel, des espèces exotiques représentant la quatrième espèce la plus fréquemment rencontrée dans le Rhin alpin, n'ont cessé d'augmenter au fil du cours d'eau. De façon générale, le Rhin alpin est fortement influencé par des déficits structurels et des phénomènes d'éclusées qui affectent considérablement sa capacité de fonctionnement du point de vue ichtyo-écologique. C'est pourquoi la population piscicole y est en permanence réduite et les biomasses, avec des valeurs comprises entre 4 et 10 kg/ha, bien en-dessous de celles d'autres cours d'eau comparables subissant également des atteintes anthropiques. L'appréciation de l'état ichtyoécologique réalisée au moyen de l'index autrichien des poissons a montré que tous les tronçons du Rhin alpin et de ses rivières sourcières étaient en mauvais état (Eberstaller et al., 2014; Rey et al., 2011). La campagne de surveillance des jeunes poissons mise en place depuis 2006 dans 9 stations du haut Rhin (entre le lac de Constance et Bâle), qui permet de dresser un tableau du succès de la reproduction des différentes espèces pour l'année des relevés et la précédente, indiquait jusqu'à présent l'existence de possibilités de reproduction adaptées. Le haut Rhin s'est révélé être extrêmement riche en espèces. En 2011 et 2012, on a trouvé entre 13 et 21 espèces par station étudiée. Pour des raisons inconnues, la densité de jeunes poissons était plus importante dans le Rhin que dans l'Aar. La composition de la faune piscicole a évolué par rapport aux conditions historiques et est maintenant clairement caractérisée par la présence d'espèces indifférentes et tolérantes. On a observé dans la région de Bâle les changements les plus importants en termes de composition des populations de jeunes et de petits poissons. Cela s'explique notamment par l'arrivée d'espèces de loches exotiques envahissantes (Rey et al. 2016).

Malgré une forte atteinte dans le Rhin alpin, les poissons se reproduisent avec succès dans le haut Rhin

Rhône: entre 2001 et 2004, l'ichtyofaune du Rhône a fait l'objet d'analyses approfondies dans le cadre d'un projet de recherche de l'Eawag. Des relevés ont été effectués dans un total de 22 stations situées entre la source du fleuve et l'embouchure du lac Léman. Ces analyses ont montré que la densité de poissons et la diversité des espèces (on en a détecté 7) étaient extrêmement faibles. Exception faite de la truite fario et du chabot, il s'agissait dans tous les cas de captures uniques. De nombreux individus appartenant à l'espèce dominante des truites fario présentaient en outre des déformations habituellement rencontrées chez les poissons d'élevage. On peut en déduire qu'une grande partie des truites fario capturées provenaient d'élevages piscicoles. Les truites fario ne se reproduisaient naturellement que dans 3 stations (p. ex. dans la partie inférieure du Bois de Finges). Ces graves insuffisances s'expliquent par les déficits structurels sévères constatés au niveau des rives et du milieu du fleuve, par la forte proportion de tronçons à débit résiduel et de tronçons d'éclusée, ainsi que par l'absence de raccordements entre les affluents et le cours d'eau principal (Peter et Weber, 2004).

L'ichtyofaune du Rhône présente de graves déficits

4.2.4 Plantes aquatiques (macrophytes)

62 % des stations étudiées colonisées par la végétation aquatique témoignaient d'un bon (n = 27), voire d'un très bon (n=9) état (fig. 30). L'état des cours d'eau a été jugé moyen dans 17 % (n = 10) des stations et mauvais dans 21 % (n = 12) des stations. Ce sont principalement les cours d'eau du Plateau qui ont obtenu de mauvais résultats (fig. 31a). Ainsi, l'état de la végétation est comparable à celui des macroinvertébrés (cf. 4.2). 24 des 82 stations cartographiées (soit 29 %) ont été jugées naturellement pauvres en végétation (fig. 31b). Il s'agit souvent de ruisseaux très ombragés, et par conséquent, difficilement colonisables par les plantes hautes. Si ces sites ombragés sont en outre exposés au charriage lors des crues, on constate également une absence de mousse.



Les macrophytes du Plateau sont davantage atteints

Fig. 30 > Appréciation des macrophytes

Répartition des appréciations obtenues pour le bio-indicateur «macrophytes» dans les 58 stations de mesure évaluées au moyen de la méthode élaborée par le canton de Zurich (Känel et al., 2010a). Les colonnes de couleur foncée encadrées en pointillés indiquent les 20 stations de mesure pilotes auxquelles les relevés se sont limités entre 2011 et 2014.

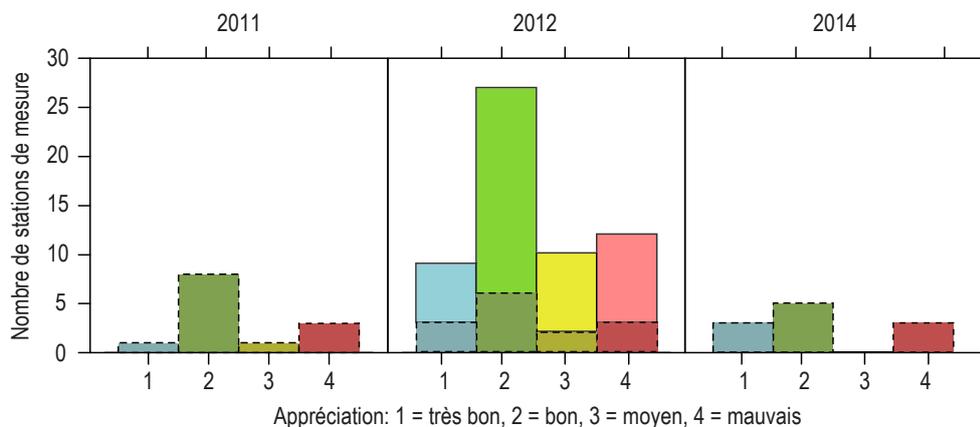


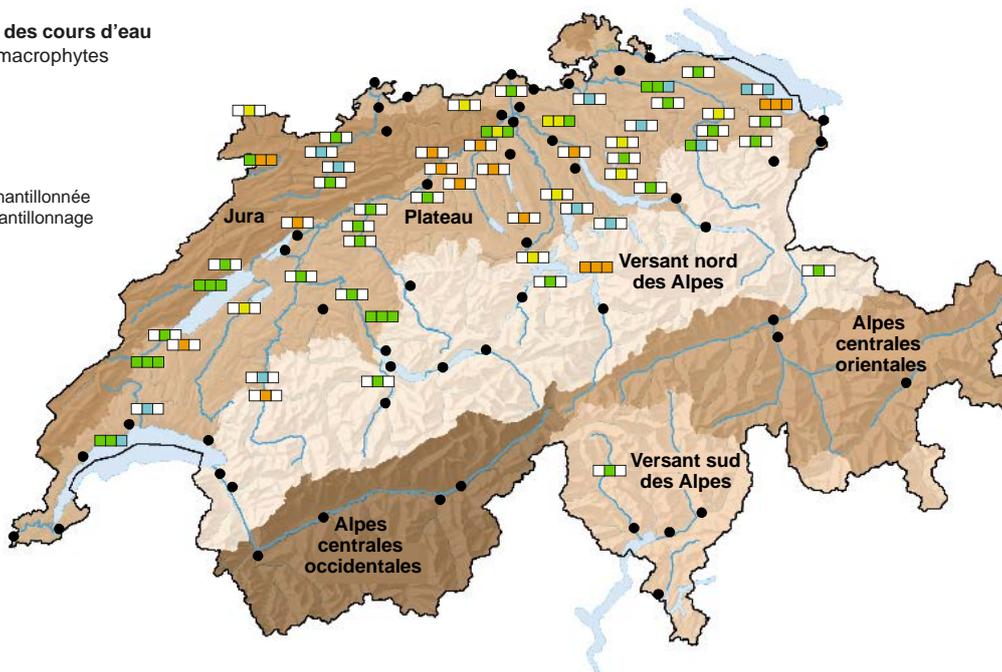
Fig. 31 > Appréciation des macrophytes et des types de végétation: répartition régionale

Cette carte représente la répartition spatiale et l'évolution temporelle dans les 82 stations de mesure NAWA échantillonnées en 2012 et dans les 20 stations pilotes ayant fait l'objet de prélèvements en 2011, 2012 et 2014 a) de l'appréciation des macrophytes réalisée selon les classes de qualité définies par la méthode mise au point par le canton de Zurich et b) des types de végétation. Les appréciations et les types de végétation des différentes années sont représentés par des couleurs correspondant aux différentes classes de qualité. Les cases blanches représentent l'absence d'échantillonnage et d'appréciation dans les cours d'eau pauvres en végétation et les points noirs, les stations de mesure situées sur les grands cours d'eau et n'ayant pas fait l'objet de prélèvements. Les zones colorées en marron indiquent les six régions biogéographiques.

État biologique des cours d'eau

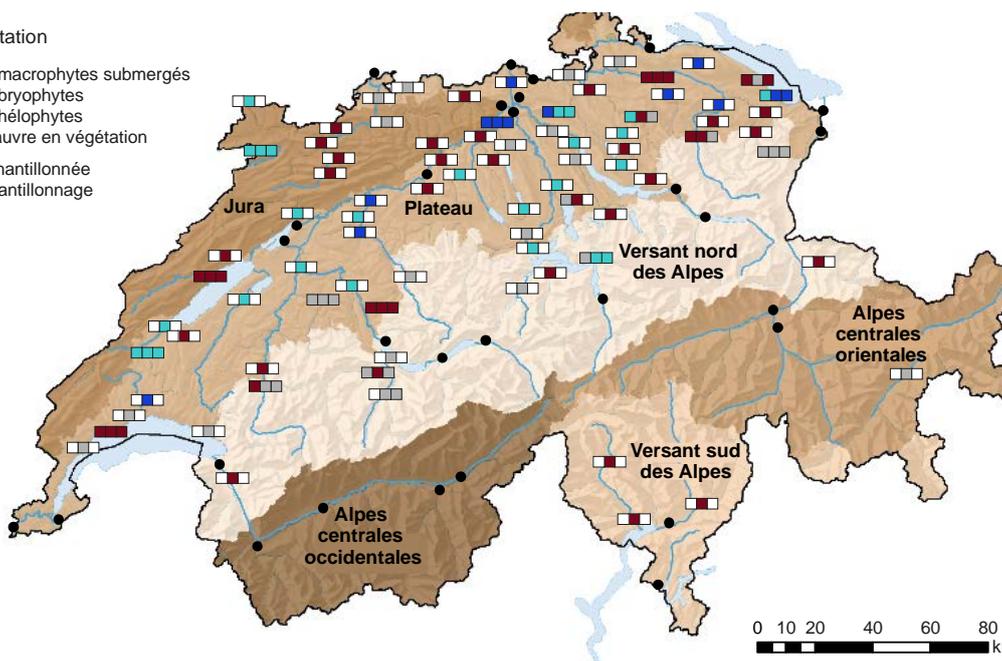
a) Appréciation macrophytes

- très bon
- bon
- moyen
- médiocre
- mauvais
- Station non échantillonnée
- Absence d'échantillonnage



b) Type de végétation

- Cours d'eau à macrophytes submergés
- Cours d'eau à bryophytes
- Cours d'eau à hélophytes
- Cours d'eau pauvre en végétation
- Station non échantillonnée
- Absence d'échantillonnage

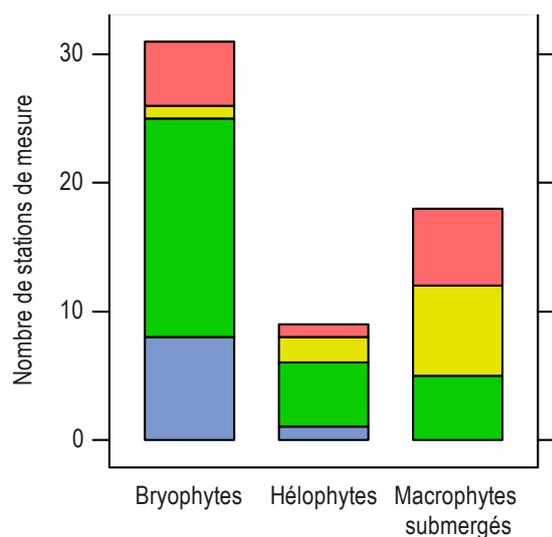


Lorsqu'on classait les cours d'eau en fonction des types de végétation observés, l'appréciation de leur état présentait de grandes différences: 80 % des cours d'eau à bryophytes et 70 % des cours d'eau à hélophytes ont été affectés aux classes d'état «bon» ou «très bon» (fig. 32). Pour ce qui est des cours d'eau à macrophytes submergés, l'appréciation était clairement moins bonne: l'état de ces cours d'eau a été jugé bon dans seulement 28 % (n = 5) des stations de mesure et aucune station ne témoignait d'un très bon état (Roth et al., 2013). Les analyses cantonales effectuées dans 426 stations du canton de Zurich ont donné lieu à des résultats similaires. En effet, l'état a été jugé bon ou très bon dans 60 % des stations des cours d'eau à bryophytes, 52 % des stations des cours d'eau à hélophytes et 20 % des stations des cours d'eau à macrophytes submergés (Känel et al., 2012).

Un état très différent selon le type de végétation

Fig. 32 > État de la végétation en fonction des types de cours d'eau

Appréciation (au moyen de la méthode mise au point par le canton de Zurich (Känel et al., 2010a)) de l'état de la végétation observée en 2012, en fonction des types de cours d'eau.



La végétation d'un lieu dépend de différents facteurs naturels et anthropiques. Les influences anthropiques se répercutent souvent dans des facteurs déterminants pour les habitats. Ainsi, les cours d'eau subissant de fortes atteintes écomorphologiques présentent aussi un écoulement monotone. Il en résulte un manque de diversité des habitats. De plus, ces cours d'eau sont souvent pollués. Dans ce contexte, on note que les cours d'eau à bryophytes, qui se trouvent en forêt ou sur les terrains escarpés et subissent souvent moins l'influence des activités anthropiques, affichent un meilleur état général, comme le montre la fig. 32. En outre, la majorité des stations NAWA d'altitude présentent une végétation typique des cours d'eau à bryophytes (fig. 31b). On a relevé dans ces stations des concentrations de COD, de nitrate et de phosphate faibles par rapport à celles enregistrées dans les cours d'eau à hélophytes ou à macrophytes submergés, ce qui a confirmé que la charge de nutriments y était faible.

Les cours d'eau à bryophytes subissent souvent moins l'influence des activités anthropiques

Contrairement aux cours d'eau dont la végétation est essentiellement constituée de bryophytes, les cours d'eau à hélophytes ou à macrophytes submergés sont pour la plupart situés dans des zones du Plateau subissant une très forte influence de l'agriculture et des zones urbanisées (fig. 31b). Dans ces zones, les cours d'eau à macrophytes submergés affichaient une proportion nettement plus élevée de stations témoignant d'un état moyen ou moins bon que celui des cours d'eau à hélophytes (fig. 32). Cela pourrait être lié au fait que les cours d'eau à macrophytes submergés étudiés étaient de grands cours d'eau présentant une charge polluante relativement élevée et un mauvais état écomorphologique.

Au total, 244 taxons ont été inventoriés. 114 d'entre eux n'ont été observés qu'une seule fois et 40 dans 5 stations ou plus. 2 des espèces de mousse trouvées figurent sur la liste rouge des bryophytes et sont considérées comme très menacées. 3 plantes vasculaires et 2 bryophytes ont le statut «vulnérable», ce qui signifie que ces espèces sont toujours largement répandues, mais que leur population a connu un fort recul au niveau régional. Une autre espèce de bryophyte est considérée comme potentiellement en danger.

Un total de 19 stations pilotes ont été échantillonnées en 2011, 2012 et 2014 (fig. 30). Aucun prélèvement n'a été effectué en 2013. 7 tronçons d'étude ont été affectés à la catégorie des cours d'eau pauvres en végétation une année, puis à la catégorie des cours d'eau à bryophytes l'année suivante, ou inversement (Roth et al., 2014). Cela indique que les stations se trouvent dans la zone de transition entre ces deux catégories, ce qui peut, dans certaines circonstances, conduire à des appréciations différentes dans le cadre des tests de plausibilité prévus jusqu'à lors par la méthode (Känel et al., 2010a). D'un prélèvement à l'autre, l'appréciation d'une station variait toutefois d'une classe au maximum (dans le sens d'une amélioration ou d'une dégradation). On peut considérer cet écart comme minime, étant donné que la détection d'une seule espèce supplémentaire peut parfois modifier l'appréciation d'une classe.

C'est surtout l'identification des bryophytes qui peut donner lieu à des difficultés méthodologiques. Ainsi, d'après les appréciations, il était possible de déterminer quelles stations avaient été échantillonnées par des spécialistes des bryophytes, car ils avaient répertoriés un nombre de taxons de bryophytes significativement plus élevé que les autres personnes en charge de réaliser les relevés d'autres stations. Dans certains cas, ces différences peuvent conduire à l'obtention d'une meilleure appréciation (Roth et al., 2013). La méthode mise au point par le canton de Zurich est actuellement révisée, étendue et adaptée à l'ensemble de la Suisse. La création d'une liste de taxons unique doit notamment permettre de faciliter et d'uniformiser les inventaires. Dans le cadre de la révision de la méthode, on procède actuellement aussi à l'évaluation de données supplémentaires afin d'établir des corrélations entre les facteurs liés à l'habitat ou aux influences anthropiques et la végétation aquatique. Les résultats présentés devraient donc être considérés comme provisoires et faire l'objet d'une nouvelle évaluation après l'élaboration d'une méthode du SMG relative aux macrophytes adaptée à l'ensemble du territoire suisse.

L'état des cours d'eau à macrophytes submergés est moins bon

Une diversité des espèces limitée et 7 espèces inscrites sur la liste rouge

Les variations annuelles s'expliquent en grande partie par des difficultés méthodologiques

Difficultés méthodologiques rencontrées lors de l'identification des bryophytes et révision actuelle du module

Excursus: État des grands cours d'eau

La «méthode zurichoise» décrit la procédure d'analyse des macrophytes aquatiques dans les petits à moyens cours d'eau du Plateau. Cette méthode n'est applicable que dans les cours d'eau pouvant être inspectés à pied, en pantalon de pêche (Känel et al., 2010a). Dans les grands cours d'eau, soit les macrophytes sont généralement identifiés depuis la rive ou en bateau, soit on procède à des prélèvements à l'aide d'un râteau ou en faisant appel à des plongeurs. Souvent, on effectue dans le même temps un inventaire des algues. Les résultats des relevés de macrophytes réalisés dans les grands cours d'eau sont présentés ci-après. Comme il n'existe pas de méthode adaptée, il est impossible d'établir des comparaisons concernant les macrophytes colonisant les grands cours d'eau.

Aar: au printemps 2008, on a procédé à des analyses des plantes aquatiques dans neuf stations de l'Aar situées entre les lacs de Thoune et de Bienne. Les zones présentant un état proche de l'état naturel, en aval du lac de Thoune, présentaient la plus forte diversité d'espèces rhéophiles. La présence d'algues vertes indiquait que la charge de nutriments augmentait d'amont en aval. Les relevés de diatomées et les analyses de nutriments l'ont également confirmé (cf. 4.2.2). Les zones profondes et les retenues très sableuses et envasées étaient colonisées par des algues de faible hauteur et des plantes aquatiques, ce qui est plutôt inhabituel pour les rivières. Sur les tronçons à débit résiduel et les tronçons d'écluse, là où le charriage des pierres et des cailloux était insuffisant, le fond du lit était entièrement recouvert d'algues, moins sensibles aux différentes pollutions (Werner, 2009). Les plantes aquatiques de l'Aar se trouvant entre le lac de Bienne et le Rhin n'ont été inventoriées que lors d'études sur les tronçons à débit résiduel. Il est ressorti de ces relevés que les algues vertes filamenteuses et les mousses aquatiques étaient les macrophytes les plus répandus (Rey et al., 2013).

Limmat argovienne: en 2010, les macrophytes ont fait l'objet de relevés dans deux stations de la Limmat. Au total, deux bryophytes, deux macrophytes et sept groupes d'algues ont été détectés. Les espèces d'algues incrustantes et filamenteuses présentaient une densité allant de typique (station de Wettingen) à plutôt élevée (station de Turgi) par rapport aux densités généralement observées dans les rivières à faible charriage. Le fait que la densité d'algues soit élevée à Turgi est probablement lié au déversement d'eaux usées traitées provenant de la STEP de la région de Baden-Wettingen (Hürlimann et Ortlepp, 2011).

Reuss du Plateau: en 2011, on a procédé à une étude des algues et des macrophytes dans 17 stations de la Reuss du Plateau. Les relevés ont été effectués en mars, ce qui explique pourquoi le nombre d'espèces d'algues visibles à l'œil nu était plutôt réduit. La densité d'algues avait tendance à augmenter d'amont en aval. On a trouvé des algues rouges caractéristiques des cours d'eau présentant un fond stable et un débit parfois élevé. L'espèce d'algue rouge observée, *Hildenbrandia rivularis*, est en outre typique d'un charriage irrégulier. On a également détecté 6 macrophytes submergés au niveau des 2 stations situées les plus en altitude, c'est à dire près du lac. Plus en aval, aucun macrophyte submergé n'a été observé (Hürlimann et Wyss, 2013). Étant donné que beaucoup de plantes vasculaires meurent en hiver et que seules leurs racines

Grande diversité dans les zones présentant un état proche de l'état naturel et absence de relevés coordonnés dans l'Aar inférieure

Densité de végétation typique, voire plutôt élevée

Macrophytes témoignant d'un lit stable et d'un charriage insuffisant

subsistent, l'éventail des espèces observé ne reflète pas complètement les conditions aquatiques réelles.

Rhin: dans le cadre des analyses effectuées dans le Rhin alpin, la thématique des effectifs de macrophytes a été considérée comme secondaire car cette partie du fleuve en est quasiment dépourvue (Rey et al., 2011). Sur le haut Rhin, trois stations ont été analysées par la Suisse en 2006 et huit par l'Allemagne, en 2012, conformément à la directive-cadre de l'UE dans le domaine de l'eau. Ces analyses ont clairement montré une répartition par zone: les macrophytes rhéophiles étaient concentrés dans la partie haute du haut Rhin (de Stein am Rhein à Rüdlingen) et les espèces lenticques privilégiaient les zones de retenue (entre Albruck-Dogern et Rheinfelden). Les résultats ont montré un recul général des espèces typiques de ce fleuve, qui étaient jusqu'à présent dominantes. Cela peut s'expliquer non seulement par l'utilisation de techniques d'échantillonnage différentes, mais aussi par les épisodes de crues et le charriage qui en résulte, un charriage insuffisant provoquant le colmatage du fond du lit et une concurrence avec les espèces végétales exotiques (Rey et al. 2016).

Rhône: en 2010 et en 2011, les macrophytes de 12 stations du tronçon supérieur du Rhône situées entre Gletsch et Brigue ont été étudiés dans le cadre des relevés biologiques. On a constaté que toutes les stations étaient dépourvues de végétaux. Cela est typique des cours d'eau alpins, qui sont parfois troubles (en raison des écoulements glaciaires, de l'extraction de graviers, des phénomènes d'éclusées, etc.) et souvent caractérisés par un charriage important (Zurwerra et al., 2011). Dans 20 stations de la partie inférieure du Rhône situées entre Gamsen et Martigny, la couche d'algues a été étudiée deux fois entre 2007 et 2009. Si on a pu observer 4 espèces d'algues, la composition changeait à mesure que l'on s'avancait vers l'aval. Ainsi, dans les stations d'altitude, on a trouvé l'algue dorée *Hydrurus foetidus*, caractéristique des cours d'eau alpins et préalpins pauvres en nutriments, alors que dans les zones de basse altitude, on a observé des algues généralement rencontrées dans les cours d'eau eutrophes (ETEC Sàrl et PhycoEco, 2009).

Quasi-absence de macrophytes dans le Rhin alpin, recul des espèces rhénanes typiques dans le haut Rhin

La composition des algues témoignait de la modification des conditions au fil du Rhône

4.3

Aspect général

L'appréciation de l'aspect général d'un cours d'eau selon le module Aspect général (Binderheim et Göggel, 2007) permet de procéder à une première évaluation sommaire de son état et constitue une information complémentaire utile pour l'interprétation des analyses biologiques. Dans l'ensemble, sur les 136 relevés effectués entre 2011 et 2013, seuls 26 (19 %) ne révélaient aucune atteinte, tous paramètres confondus. Ces relevés provenaient principalement de cours d'eau alpins et préalpins (Hürlimann und Straub, 2014a). Ainsi, on observe des atteintes principalement dans les cours d'eau du Plateau.

Dans les 88 stations NAWA dont l'aspect général a fait l'objet de relevés en 2012, on a constaté que les paramètres concernant les eaux courantes (turbidité, coloration, mousse, odeur) témoignaient généralement d'un meilleur état que ceux concernant le fond du lit (colmatage, sulfure de fer, organismes hétérotrophes, envasement, matières solides provenant du réseau d'assainissement, déchets) (fig. 33). Ce constat n'est pas



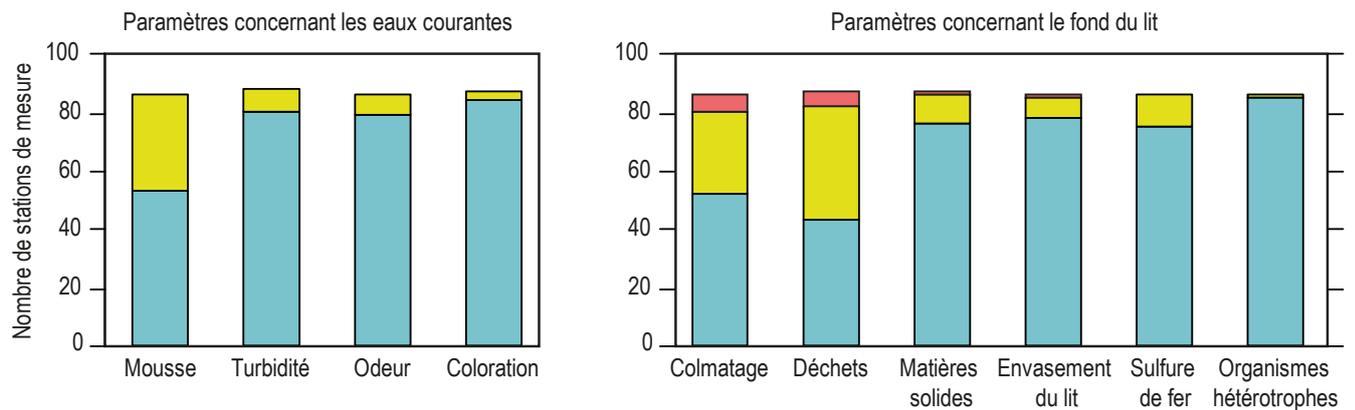
L'aspect général de la plupart des cours d'eau témoignait d'une dégradation

Les atteintes concernent principalement le fond du lit

surprenant et a également été fait dans le cadre d'autres campagnes d'analyses (cf. excursus «État des grands cours d'eau»). Si la formation de mousse constituait l'atteinte la plus fréquemment observée dans les eaux courantes, on a jugé qu'elle était d'origine anthropogène pour 30 % des relevés et d'origine inconnue pour 70 % des relevés. En 2012, 40 % des stations NAWA étudiées témoignaient d'une atteinte due au colmatage du fond. On a constaté la présence de déchets assez fréquemment et de matières solides provenant du réseau d'assainissement (papier w.c., serviettes hygiéniques) dans près de 12 % des stations. Dans neuf cas (soit 13 % des relevés), on a observé un envasement du fond et la présence de sulfure de fer. Des organismes hétérotrophes, dont la présence indique une forte pollution organique, ont été détectés dans seulement 1 % des relevés (Hürlimann et Straub, 2014a).

Fig. 33 > Appréciation de l'aspect général observé en 2012

Appréciation de l'aspect général selon le module SMG pour toutes les stations NAWA TREND ayant fait l'objet de relevés biologiques lors de la campagne principale réalisée en 2012. Répartition des 10 paramètres de l'aspect général en classe d'appréciation: bleu: classe 1 (exigences de l'OEaux respectées), jaune: classe 2 (respect des exigences de l'OEaux incertain), rouge: classe 3 (exigences de l'OEaux non respectées).



Sur la période de relevés 2011–2014, on observe dans les 20 stations pilotes une tendance à l'amélioration pour les paramètres concernant les eaux courantes et à la dégradation pour les paramètres concernant le fond du lit (données non présentées). Il convient toutefois de noter que la série de données est encore trop courte pour permettre d'émettre des assertions fiables. Il se peut en effet qu'elle ne reflète que des variations interannuelles à court terme et/ou des difficultés d'ordre méthodologique. Il faudra donc attendre de voir comment évoluera la situation.

L'évolution de la situation reste incertaine

Les analyses de l'ensemble des appréciations ont montré que les atteintes observées dans le cadre des relevés effectués dans les régions Est et Ouest n'étaient pas réparties de manière uniforme et que les huit relevés qui ont été réalisés en duplicata par deux personnes distinctes ont généralement donné lieu à des appréciations différentes pour un à deux paramètres. Cela indique que des facteurs individuels viennent influencer l'utilisation du formulaire de terrain. Il semble que la plus grande difficulté d'une collecte homogène des données soit de déterminer sur le terrain si un paramètre présente une occurrence *faible/moyenne* ou s'il est *absent* (Hürlimann et Straub, 2014a).

Difficultés méthodologiques

Pour les prochains relevés, la marche à suivre a été adaptée au moyen d'un calibrage effectué en interne.

Excursus: État des grands cours d'eau

Contrairement aux autres méthodes du SMG, le module Aspect général ne se limite pas uniquement aux petits et moyens cours d'eau (Binderheim et Göggel, 2007). Ainsi, dans certains grands cours d'eau, les paramètres concernant l'aspect général ont été étudiés conformément au SMG. Comme dans les stations NAWA, on a observé des atteintes importantes touchant surtout le fond du lit (phénomène de colmatage dans la plupart des cas).

Aar: l'aspect général de l'Aar a été étudié au niveau de onze stations de mesure situées entre le lac de Biene et le Rhin dans le cadre des relevés biologiques effectués en 2012. Les paramètres les plus fréquemment observés étaient la turbidité (d'origine naturelle) et le colmatage. Ce dernier concernait un total de neuf stations de mesure. Des déchets et/ou des matières solides ont été trouvés dans quatre stations. Une seule station ne présentait aucune atteinte, si ce n'est une turbidité naturelle des eaux (Rey et al., 2013).

Limmat argovienne: dans les deux stations de mesure de Turgi et de Wettingen, l'aspect général de la Limmat argovienne témoignait d'atteintes légères à moyennes concernant principalement le fond du lit (colmatage, envasement, présence de sulfure de fer, odeur nauséabonde se dégageant des sédiments). Le faible régime de charriage résultant de la présence d'un ouvrage de retenue à Wettingen est certainement à l'origine de ces atteintes. Au niveau de la station d'Untersiggenthal, on a observé la présence d'une faible quantité de mousse stable, qui s'est très probablement formée à partir de déversement d'eaux usées traitées provenant de la STEP de la région de Baden-Wettingen, à Turgi (Hürlimann et Ortlepp, 2011).

Reuss du Plateau: on a procédé à une étude de l'aspect général de la Reuss du Plateau dans 13 stations. Dans la quasi-totalité d'entre elles, on a constaté encore une fois que le fond du lit était plus fortement atteint que les eaux courantes. Mise à part une légère formation de mousse, les apports d'eaux usées traitées étaient à peine perceptibles dans les eaux courantes. L'atteinte observée au niveau du fond du lit résultait souvent de différents facteurs d'influence tels qu'un régime d'écoulement et de charriage faible ou inexistant, ou une charge de particules élevée (émissaire de lac, eaux usées, ruissellements, etc. ; Hürlimann et Wyss, 2013).

Rhin: l'aspect général du Rhin alpin ainsi que du Rhin antérieur et postérieur a été étudié dans huit stations. Dans toutes les stations, le fond du lit était moyennement à fortement colmaté. On a parfois également observé des taches de sulfure de fer et, dans deux stations, le cours d'eau présentait une légère odeur caractéristique d'eaux usées. Les paramètres *Déchets* et *Matières solides provenant du réseau d'assainissement* n'ont pas été étudiés (Rey et al., 2011). Dans les huit stations considérées du haut Rhin, l'aspect général montrait également que le fond du lit subissait une atteinte plus forte que les eaux courantes. Dans six d'entre elles, on a constaté que le fond du lit était moyennement colmaté. On a détecté des taches de sulfure de fer dans sept stations et

Module Aspect général du SMG également applicable

Neuf des onze stations de l'Aar montraient de légers à forts signes de colmatage

Légère à moyenne altération du fond du lit

Altération du fond du lit due au faible régime de charriage

Atteinte due surtout au colmatage du lit

des déchets et/ou matières solides provenant du réseau d'assainissement dans cinq stations. Toutes les stations étudiées présentaient des atteintes (Rey et al., 2015).

Rhône: en 2010 et 2011, l'aspect général du Rhône a été étudié dans 12 stations situées entre Gletsch et Brigue. De manière générale, le fond du lit y était aussi plus fortement atteint que les eaux courantes. On a observé la présence d'organismes hétérotrophes dans 10 stations et on a constaté dans 7 stations que le fond du lit était souvent légèrement ou moyennement, voire parfois fortement colmaté (Zurwerra et al., 2011). Entre 2007 et 2009, l'aspect général du Rhône a en outre fait l'objet de relevés dans 20 stations situées entre Gamsen et Martigny, à deux reprises. On a une fois de plus constaté que le fond du lit subissait une atteinte plus forte que les eaux courantes. Le plus souvent, on a observé la présence de déchets le long des rives et constaté un phénomène de colmatage parfois très fort. En outre, les eaux du Rhône étaient souvent troubles en décembre alors qu'au printemps, cette turbidité était généralement moins marquée (ETEC Sàrl et PhycoEco, 2009).

Rives souvent jonchées de
déchets et fond parfois fortement
colmaté

5 > Développement du programme de mesure NAWA et du système modulaire gradué

5.1 Développement du programme de mesure NAWA

Les 111 stations de mesure NAWA sont réparties sur l'ensemble du territoire suisse et couvrent aussi bien toutes les grandes rivières que leurs principaux affluents, ainsi que les affluents et les émissaires des grands lacs. Différents types de cours d'eau et d'atteintes écologiques sont étudiés. Ainsi, les résultats du programme de mesure NAWA sont représentatifs de l'état des cours d'eau suisses de taille moyenne à grande. Pour donner un aperçu de la pollution, le programme analyse un nombre plus que proportionnel de cours d'eau dans les régions qui subissent une grande influence anthropique (Plateau, Jura et versant nord des Alpes). Les sites peu ou pas du tout influencés (sites de référence), les stations situées dans les Alpes et les types de régime d'écoulement «extrêmes» sont sous-représentés dans le réseau d'observation. En outre, bien qu'ils constituent 75 % du réseau hydrographique suisse, les petits cours d'eau (numéros d'ordre 1 ou 2) ne sont pas pris en compte. Il est nécessaire de vérifier si ces lacunes devraient être comblées et si de nouvelles stations devraient être incluses dans le réseau d'observation NAWA TREND.

Comme toutes les stations de mesure NAWA TREND n'ont pu faire l'objet de relevés biologiques, la représentativité des stations sélectionnées est susceptible de varier en fonction des paramètres considérés. Ainsi, environ 70 % des stations faisant l'objet de relevés ichtyologiques et 60 % des stations de mesure NAWA se trouvent sur le Plateau ou dans le Jura. Cette focalisation sur les cours d'eau du Plateau et du Jura peut notamment influencer sur l'appréciation de l'état ichtyologique, moins bonne que celles des autres paramètres biologiques d'un point de vue relatif. Dans cette perspective, la représentativité des résultats du programme de mesure NAWA devrait donc être ré-examinée.

Pour la période 2011–2014, les relevés biologiques annuels effectués dans 20 stations pilotes n'ont révélé que des variations minimales en ce qui concerne le macrozoobenthos, les diatomées et les macrophytes. Au vu des faibles variations intervenues à court terme, la fréquence quadriennale des relevés biologiques semble justifiée pour ces paramètres. À l'avenir, les relevés se poursuivront donc à cette fréquence.

Les micropolluants représentent un défi de taille pour la description de l'état des cours d'eau, qu'il s'agisse d'en mesurer les concentrations ou de mieux comprendre leurs effets sur la biologie aquatique. Pour apprécier la qualité des eaux, des critères écotoxicologiques pour les micropolluants organiques rencontrés de façon récurrente sont nécessaires. Les modifications de l'OEaux entrées en vigueur le 1^{er} janvier 2016 ont posé les bases pour l'intégration, dans l'annexe 2, d'exigences chiffrées basées sur les effets écotoxicologiques des substances considérées.

Les petits cours d'eau et les sites de référence peu ou pas du tout influencés ne sont pour l'instant pas inclus dans le réseau d'observation NAWA

La représentativité des relevés biologiques doit être vérifiée

Fréquence des relevés: de faibles variations enregistrées sur quatre ans pour le macrozoobenthos, les diatomées et les macrophytes

Surveillance et appréciation de la charge de micropolluants dans les cours d'eau de surface

Jusqu'à lors, les micropolluants n'étaient étudiés dans le cadre du programme NAWA que lors d'analyses spéciales. Après la campagne NAWA SPEZ menée en 2012 dans cinq stations de mesure NAWA TREND, l'étude réalisée en 2015 portait en particulier sur la présence de micropolluants dans les petits cours d'eau. Pour la première fois, les micropolluants organiques, le macrozoobenthos, les diatomées, l'aspect général et l'écomorphologie ont fait l'objet de relevés dans cinq petits cours d'eau. On a procédé à chaque fois à une comparaison de l'état biologique du cours d'eau étudié avec celui d'un cours d'eau de référence. À l'avenir, il sera nécessaire d'intensifier ces efforts et d'effectuer dans certaines stations des prélèvements pour étudier les micropolluants également dans le cadre du programme NAWA TREND. Les stratégies d'évaluation de la pollution par les micropolluants issus des eaux usées communales (Götz et al., 2010) et des sources non ponctuelles (Wittmer et al., 2014a) fournissent les bases nécessaires à la conception d'un système de mesure adapté.

Micropolluants étudiés jusqu'à présent uniquement dans le cadre de NAWA SPEZ

5.2 Évolution du système modulaire gradué

Comme il n'existe pour les macrophytes aucune méthode d'appréciation uniformisée ayant fait ses preuves au niveau suisse, les stations de mesure NAWA ont été évaluées selon la procédure proposée par le canton de Zurich (Känel et al., 2010a). Cette méthode a été élaborée pour les cours d'eau du canton de Zurich, qui ne sont cependant pas représentatifs de tous les types de cours d'eau échantillonnés dans le cadre du programme NAWA. C'est pourquoi on travaille actuellement, sur la base de la méthode développée par le canton de Zurich, à l'élaboration d'un module relatif aux macrophytes applicable à l'ensemble du territoire. Ce module devrait être testé dans les cantons en 2016.

Le module du SMG relatif aux macrophytes est en cours de préparation

Le module Macrozoobenthos ne prend pas suffisamment en compte les conditions spécifiques propres aux cours d'eau alpins et aux petits cours d'eau. En outre, les analyses effectuées par le canton de Zurich ont montré qu'il était difficile d'appliquer l'indice IBCH dans les cours d'eau présentant des effectifs importants de macrophytes. De même, plusieurs cantons estiment que l'utilisation de l'indice IBCH conduit à une surestimation de la qualité de leurs eaux (information fournie oralement). Il est prévu de démarrer en 2016 les travaux d'optimisation du module qui permettront de pallier ces problèmes.

Adaptation du module Macrozoobenthos du SMG dès 2016

L'appréciation selon le module Poissons du SMG porte sur les cours d'eau de faible profondeur et dépend de la présence de truites fario. Ainsi, tout comme celle du module Macrozoobenthos, la méthode du module Poissons n'est adaptée que de manière limitée aux particularités régionales propres aux rivières piscicoles et aux différents types de cours d'eau. L'appréciation repose sur un passage de pêche électrique (relevé semi-quantitatif). Ces limitations devront être prises en compte lors de la révision du module Poissons. Il conviendra en outre d'examiner la possibilité d'élaborer une méthode normalisée pour l'appréciation des grands cours d'eau.

Adaptation du module Poissons du SMG

Afin de mesurer et d'apprécier la charge de micropolluants dans les cours d'eau de manière systématique et uniforme, on lancera en 2016 des travaux visant à concevoir un module Analyses chimiques-micropolluants dans le cadre du SMG. Ainsi, une méthode applicable à l'ensemble du territoire dans la pratique sera élaborée sur la base des deux stratégies d'évaluation existant déjà pour les micropolluants provenant de sources ponctuelles (c.-à-d. déversements des STEP) et diffuses (Götz et al., 2010; Wittmer et al., 2014a) en collaboration avec des experts cantonaux et fédéraux et des chercheurs.

Module Analyses chimiques-micropolluants en préparation dans le cadre du SMG

Les sédiments n'ont jusqu'à présent jamais fait l'objet de relevés dans le cadre du programme NAWA bien qu'ils jouent un rôle essentiel en tant qu'habitat et lieu de reproduction de nombreux organismes d'une part, et qu'ils constituent un réservoir et une source de polluants persistants sur le long terme d'autre part. C'est pourquoi des travaux visant à élaborer une méthode d'appréciation écotoxicologique des sédiments ont été lancés début 2015 en collaboration avec le Centre Ecotox, l'objectif étant de mettre une méthode normalisée à disposition dans un délai de quatre ans. Cette méthode comportera des indications concernant le prélèvement, la préparation et l'extraction des sédiments aquatiques, ainsi que l'appréciation des concentrations mesurées au moyen des critères de qualité des sédiments déterminés sur la base d'études écotoxicologiques. Le développement de cette méthode permet de se rapprocher de l'objectif initial visant à une appréciation globale des cours d'eau suisses.

Méthode d'appréciation des sédiments: travaux de développement en cours

Pour pouvoir évaluer l'intégralité de la pollution par les micropolluants affectant les biocénoses, il serait important de pouvoir estimer la toxicité des mélanges chimiques. Grâce aux biotests, il est possible de recenser les effets des substances qui, même en concentration infime, portent atteinte à l'état biologique des cours d'eau et sont donc difficiles à analyser chimiquement.

Nécessité de développer de nouvelles méthodes pour évaluer la toxicité globale des mélanges chimiques

C'est pourquoi, ces dernières années, on a élaboré dans le cadre du SMG une méthode permettant d'évaluer de manière routinière l'écotoxicité des déversements d'eaux usées et leurs effets potentiels sur les cours d'eau. Pour procéder à une première évaluation sommaire de la qualité des cours d'eau pollués par les eaux usées, on a choisi d'utiliser, d'une part, le test algues combiné, qui détecte les composés inhibant le photosystème II, et, d'autre part, le test YES (Yeast Estrogen Screen), qui cible les substances à effet œstrogène (Kienle et al., 2015). En outre, l'Eawag applique, avec le soutien de l'OFEV, différentes méthodes de surveillance écotoxicologique se trouvant au stade expérimental. Ainsi, on analyse dans le cadre du projet EcoImpact les incidences des micropolluants et des nutriments provenant des STEP sur les structures et fonctions complexes d'écosystèmes aquatiques complets. À l'avenir, il s'agira de vérifier dans quelle mesure de telles méthodes peuvent être intégrées à des programmes de surveillance.

Méthode écotoxicologique pour l'appréciation de la qualité des eaux

6 > Conclusion

6.1 État des cours d'eau suisses: améliorations et déficits

Le présent rapport dresse tout d'abord un tableau nuancé de l'état écologique des cours d'eau suisses. D'une part, les résultats du programme de mesure NAWA reflètent la réussite que représente la politique suisse en matière de protection des eaux, qui a contribué à l'amélioration de leur qualité. D'autre part, les déficits mis en évidence sont révélateurs du fait que les cours d'eau suisses ne sont pas partout en mesure de remplir leurs fonctions vitales pour l'être humain et les écosystèmes. La pollution des eaux, liée aux apports de polluants et à la présence d'aménagements ou de centrales hydroélectriques, est à l'origine de ces déficits. Dans l'ensemble, les cours d'eau du Plateau sont davantage pollués que les autres. Généralement, plus la proportion d'eaux usées, de surfaces urbanisées et de surfaces agricoles exploitées intensivement est élevée dans le bassin versant ou plus l'état écomorphologique est mauvais, plus l'état des eaux mesuré dans les stations NAWA est mauvais.

L'allègement considérable de la charge de nutriments dans les rivières, fleuves et ruisseaux compte parmi les principales améliorations de l'état des cours d'eau observées au cours des dernières décennies. La construction des stations d'épuration des eaux usées (STEP) a conduit à une amélioration notable de la qualité de l'eau. La présence de micropolluants, en particulier de micropolluants organiques tels que les médicaments et les pesticides, entraîne par contre une détérioration de la qualité de l'eau. Ainsi, un grand nombre de ces substances ont été détectées dans le cadre du programme NAWA SPEZ, dans des concentrations parfois élevées. Ces résultats montrent que les micropolluants organiques doivent être pris en considération pour expliquer l'origine des déficits constatés au niveau de l'état biologique des cours d'eau. Le présent rapport révèle en outre que les petits cours d'eau sont particulièrement pollués.

Malgré les améliorations constatées, les concentrations de nutriments sont toujours trop élevées dans certaines stations où les eaux usées traitées ne sont pas suffisamment diluées et où l'on note la présence d'apports diffus issus de l'agriculture. Cela est le cas dans près de 10 % des 111 stations de mesure NAWA, en particulier dans les moyens et petits cours d'eau.

En raison de la baisse de la charge de nutriments, l'état biologique de certains cours d'eau s'est aussi amélioré. Ce sont surtout les conditions de vie des poissons qui ne sont pas bonnes partout, comme le confirment les résultats des analyses des invertébrés et des plantes aquatiques. L'évaluation effectuée sur la base de ces importants paramètres biologiques a montré que dans au moins 30 % des stations de mesure NAWA, la capacité des cours d'eau à remplir leur fonction est insuffisante. Ce constat souligne le fait que la biodiversité aquatique est soumise à une pression en de nombreux endroits.

Premier tableau nuancé de l'état des cours d'eau suisses

Qualité des eaux: baisse de la charge de nutriments, micropolluants et pollution des petits cours d'eau

Toujours d'actualité: une charge de nutriments parfois trop élevée

Au moins 30 % des stations de mesure témoignent d'un état biologique insuffisant

6.2 Nécessité d'intervention

Le présent rapport met en évidence les déficits concernant l'état des cours d'eau et montre une réduction de la capacité de ces derniers à remplir leur fonction. Ces déficits ne peuvent pas être attribués à des facteurs séparés. C'est pourquoi il est nécessaire de prendre différentes mesures pour les corriger et atteindre les objectifs fixés pour les cours d'eau (assurer un espace suffisant réservé aux cours d'eau, assurer un débit suffisant et assurer une qualité d'eau suffisante (OFEFP et al., 2003). A cela s'ajoute le fait que les évolutions mondiales auxquelles les mesures de protection des cours d'eau ne permettent pas de faire face telles que le changement climatique auront très probablement un impact négatif sur les écosystèmes aquatiques. C'est pourquoi il est d'autant plus important de renforcer la résistance des écosystèmes pour réduire au minimum les incidences globales des activités anthropiques et du changement climatique sur l'état écologique des cours d'eau. La réduction des apports de polluants et la renaturation des eaux comptent parmi les principales mesures à mettre en œuvre en priorité pour atteindre cet objectif.

Les déficits touchant l'état des cours d'eau appellent des mesures

6.2.1 Mesures visant à améliorer l'état des cours d'eau

En Suisse, grâce à la construction des STEP et des réseaux de canalisations, près de 97 % de la population est aujourd'hui raccordée à une station d'épuration centrale, et, depuis le milieu du XX^e siècle, la pollution des eaux de surface par les nutriments a fortement reculé. Il convient maintenant d'entretenir cette infrastructure et de l'optimiser lorsque cela est possible. Les résultats du présent rapport montrent que lorsque la proportion d'eaux usées est supérieure à 10 %, on peut observer des concentrations de nutriments trop élevées dans le cours d'eau, même si les exigences légales en matière de déversement d'eaux usées traitées sont respectées au niveau de la STEP. Lorsque la STEP se révèle être la principale source de pollution par les nutriments, il est alors indiqué de procéder à une optimisation du système d'assainissement (en termes de technique, d'emplacement et d'organisation). Un renouvellement complet du système permet souvent d'améliorer encore le rendement d'épuration de la STEP (Strähl et al., 2013). Selon la situation, une telle optimisation ne permet toutefois pas d'atteindre l'objectif visé. C'est pourquoi il conviendrait, lors de la préparation de travaux de rénovation ou d'agrandissement de STEP, de chercher également des sites alternatifs se trouvant près de grands cours d'eau dans le cadre d'une planification approfondie. Dans ce contexte, on observe depuis quelques temps une tendance au regroupement de petites STEP en entités plus grandes. Grâce à cette évolution positive, l'organisation du traitement des eaux usées est de plus en plus économique et professionnelle, garantissant une protection des eaux plus efficace (OFEV, 2015e). Dans certains cas toutefois, un regroupement des STEP peut entraîner un déficit dans les petits cours d'eau lorsque de l'eau est prélevée du bassin versant. Dans ces cas, un regroupement ne se justifie donc pas.

Mesures à prendre au niveau des stations d'épuration: réduction de la charge de nutriments et ...

L'ajout d'une étape de traitement supplémentaire dans certaines STEP permettra de réduire les apports de micropolluants organiques dans les cours d'eau. Afin de préserver la flore et la faune aquatiques ainsi que les ressources en eau potable, les principales STEP, les grandes STEP situées dans le bassin versant de lacs et les STEP situées au bord des cours d'eau pollués seront dotées d'une étape de traitement supplémentaire

...de micropolluants

pour éliminer les micropolluants organiques. Le 21 mars 2014, le Parlement a approuvé cette procédure et la modification de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) permettant le financement de ces mesures à l'échelle nationale. Ces nouvelles dispositions légales sont entrées en vigueur au 1^{er} janvier 2016.

Comme il n'existe pas de solutions techniques similaires à celles appliquées dans les STEP pour réduire la pollution des eaux par des apports diffus, il est nécessaire de prendre différentes mesures à la source. En ce qui concerne les apports diffus de nutriments issus de l'agriculture, il faut avant tout diminuer les apports de nitrate dans les cours d'eau. Il ne sera possible de réduire de façon globale les atteintes portées aux cours d'eau qu'en diminuant les excédents de nutriments. Il s'agit de rendre les méthodes d'exploitation des sols impliquant l'utilisation de grandes quantités de nutriments moins attractives économiquement. Cela permettrait d'exécuter plus facilement les dispositions de l'art. 62a concernant l'allocation d'indemnités pour les mesures prises par l'agriculture afin d'empêcher le ruissellement et le lessivage de substances et de l'art. 47 OEaux sur la marche à suivre en cas de pollution des eaux. En plus de diminuer les apports de nitrate, il est également nécessaire de réduire les apports de phosphore dans les cours d'eau de surface, ce qui est de première importance pour les lacs.

Les apports de produits phytosanitaires issus de l'agriculture constituent la principale source de micropolluants à l'extérieur des zones urbanisées. Dans l'agriculture, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures supplémentaires efficaces s'étendant au-delà du paquet de mesures existant afin de réduire considérablement la pollution des cours d'eau (réponse du Conseil fédéral à l'interpellation 14.3142 de la conseillère nationale Silva Semadeni «Combien de pesticides nos cours d'eau peuvent-ils supporter?»). Le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) élaborera d'ici à fin 2016 un plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires dont la mise en œuvre permettra de réduire considérablement les apports de produits phytosanitaires.

D'autres options d'actions à la source en plus de celles envisagées sont examinées en vue de répondre au postulat du conseiller aux États Claude Hêche (12.3090 – Micropolluants dans l'eau. Renforcement des mesures à la source). Au sens du devoir général de diligence (art. 3 LEaux) et de l'interdiction générale de polluer (art. 6 LEaux), il est nécessaire d'entreprendre tout ce qui peut raisonnablement l'être afin d'éviter toute pollution des cours d'eau.

Depuis la révision de la législation sur la protection des eaux dans les domaines de l'espace réservé aux eaux, de la revitalisation et de l'assainissement de la force hydraulique (migration des poissons, phénomène d'éclusées et perturbation du régime de charriage) en 2011, les cantons et les exploitants de centrales hydroélectriques ont l'obligation légale de mettre en œuvre les mesures correspondantes. De plus, les solutions de financement existent. La nouvelle loi prescrit des mesures de délimitation de l'espace réservé aux eaux et de revitalisation, notamment par le démantèlement des aménagements (OFEV, 2015e). L'objectif est de revitaliser 4000 km de cours d'eau dans les 80 prochaines années (Zeh et al., 2009). On intervient en priorité sur un quart des 15000 km de cours d'eau suisses en mauvais état du fait de la présence d'amé-

Mesures à prendre dans le domaine de l'agriculture: réduction des apports de nutriments et...

... de produits phytosanitaires

Mesures à prendre concernant les autres sources de pollution

Mesures à prendre pour l'amélioration de la structure des eaux et l'assainissement de la force hydraulique

nagements ou d'une utilisation intensive. Les relevés piscicoles effectués dans les cours d'eau revitalisés ont montré que ces mesures avaient déjà porté leurs premiers fruits. Sur l'ensemble du territoire, environ 1000 obstacles à la migration piscicole liés à l'hydroélectricité, 100 ouvrages hydroélectriques produisant des variations de débit artificielles (éclusées) et quelque 500 ouvrages hydroélectriques et autres installations provoquant des déficits de charriage doivent faire l'objet d'un assainissement d'ici à 2030.

6.2.2 Adaptation du programme de mesure NAWA

Depuis 2011, les cantons et l'OFEV collaborent à la mise en œuvre du programme NAWA, dont la deuxième période d'analyse a déjà commencé en 2014. Les relevés effectués de manière quasi continue et les résultats probants présentés dans le présent rapport constituent la base d'une documentation à long terme de l'état et de l'évolution des cours d'eau à l'échelle du territoire suisse. Les données collectées permettront de procéder à des optimisations ponctuelles du programme de mesure en vue de la poursuite des activités au-delà de 2018. L'OFEV, en sa qualité de coordinateur, entamera ce processus en 2016 avec la participation de tous les acteurs concernés.

Base d'une documentation à long terme de l'état et de l'évolution des cours d'eau

> Annexe

Tab. 6: Résultats des relevés NAWA 2011–2014

Ce tableau présente les appréciations des paramètres biologiques et des paramètres relatifs aux nutriments selon le SMG (1 = très bon, 2 = bon, 3 = moyen, 4 = médiocre, 5 = mauvais), ainsi que les valeurs au 90^e centile et les valeurs d'indice.

Voir pdf à part: www.bafu.admin.ch/uz-1620-f

> Bibliographie

- Abegglen C. et Siegrist H. 2012. Micropolluants dans les eaux usées urbaines. Etape de traitement supplémentaire dans les stations d'épuration. Office fédéral de l'environnement, Berne, Connaissance de l'environnement n° 1214: 87 p.
- Baumgartner C., Ensner Egloff M., Blumenthal Hegglin I., Lubini V., Liess M. et Hürlimann J. 2013. NAWA SPEZ Pestizide 2012 – Biologische Zusatzhebungen. Studie im Auftrag des Bundesamt für Umwelt: 73 S.
- Beketov M.A. et Liess M. 2008. An indicator for effects of organic toxicants on lotic invertebrate communities: independence of confounding environmental factors over an extensive river continuum. *Environmental Pollution* 156: 980–987.
- Bernard M. et Mange P. 2015. Micropolluants dans les eaux du Rhône – Campagne 2014. Service de la protection de l'environnement, Sion. Rapport de la commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution. Internet: www.cipel.org/publications/rapports-scientifiques/.
- Bernard M., Bernard R., Theler D., Cerruti A., Mooser M., Roux F. et Cerruti A. 2007. Qualité des cours d'eau en Valais. Département des transports, de l'équipement et de l'environnement. Service de la protection de l'environnement, canton du Valais, Sitten. 155 p.
- Berset J.-D., Guthruf K., Maurer M., Ochsenbein U., Ryser R., Zeh M. et Jordi B. 2012. Etat des cours d'eau et des lacs dans le canton de Berne – données recueillies entre 2002 et 2010. OED Office des eaux et des déchets du canton de Berne. dossier oed. 13 p.
- Binderheim E. et Göggel W. 2007. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Aspect général. L'environnement pratique n° 0701. Office fédéral de l'environnement, Berne. 43 p.
- Braun C., Gälli R., Leu C., Munz N., Schindler Wildhaber Y., Strahm I. et Wittmer I. 2015. Micropolluants dans les cours d'eau provenant d'apports diffus. Analyse de la situation. Office fédéral de l'environnement, Berne. Etat de l'environnement n° 1514: 80 p.
- Burrus D. 1984. Contribution à l'étude du transport du phosphore dans le Rhône alpin. Univ. Genève. Thèse n° 2135: 100 p.
- Christen P.-Y. 2009. Der längste Fischpass Europas. *Umwelt Aargau* 44: 11–14.
- Conseil fédéral suisse (éd.) 2015. Environnement Suisse 2015, Berne: 140 p.
- Dönni W. et Guthruf J. 2014. Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) – Relevés biologiques. Module Poissons (phase de lancement 2012–2013). Rapport d'expert élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement: 57 p. Internet: www.bafu.admin.ch/wasser/13462/14737/15108/index.html?lang=fr.
- Eberstaller J., Frangez C. et DiTullio F. 2014. Fischökologisches Monitoring Alpenrhein 2013. Bericht im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein IRKA, Wien: 154 S.
- ETEC Sàrl et PhycoEco 2009. Le Rhône de Gamsen à Martigny, Campagne 2007–09: Observation de la qualité des eaux de surface. Etude et bilan réalisés à la demande du Service de la protection de l'environnement du Canton du Valais: 167 p.
- Gälli R., Schmid-Kleikemper J., Ort C. et Schärer M. 2009. Micropolluants dans les eaux. Evaluation et réduction des rejets provenant des réseaux d'eaux urbaines. Connaissance de l'environnement n° 0917. Office fédéral de l'environnement, Berne. 108 p.
- Götz C., Kase R. et Hollender J. 2010. Micropolluants – Système d'évaluation de la qualité des eaux au vu des composés traces organiques issus de l'assainissement communal. Etude réalisée sur mandat de l'OFEV. IFAEPE, Dübendorf: 103 p.
- Hofmann G. 2013. Untersuchung von benthischen Diatomeen im Hochrhein im Rahmen des WRRL-Monitorings. Kurzbericht zum Untersuchungsauftrag. Im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- Hürdler J., Spiess E. et Prasuhn V. 2015. Diffuse Nährstoffeinträge in die Gewässer. *Aqua & Gas* 9: 66–78.
- Hürlimann J. et Niederhauser P. 2007. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). Etat de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p. Internet: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00077/index.html?lang=fr.
- Hürlimann J. et Ortlepp J. 2011. Biologische Untersuchung der Limmat bei Turgi und Wettingen AG – Kurzbericht Äusserer Aspekt – Flora – Makrozoobenthos. Studie im Auftrag der Abteilung Umwelt, Kanton Aargau: 14 S.
- Hürlimann J. et Straub F. 2014a. NAWA TREND Biologie 2011–2013, Teil Äusserer Aspekt. Erfassung der Feldprotokolle und erste Analysen. Kurzbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt: 23 S.
- Hürlimann J. et Straub F. 2014b. NAWA TREND Biologie 2011–2013, Teil Diatomeen. Fachbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt: 54 S.
- Hürlimann J. et Wyss S. 2013. Biologische Untersuchung der Mittelland-Reuss, Kleinen Emme und Unteren Lorze. Kurzbericht im Auftrag der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Luzern, Zug und Zürich: 12 S.
- Hütte M. et Niederhauser P. 1998. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau: Ecomorphologie niveau R (région).

- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. Informations concernant la protection des eaux n° 27: 49 p. Internet: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00398/index.html?lang=fr.
- Jakob A., Liechti P. et Binderheim-Bankay E. 2002. 30 Jahre NADUF – Eine Zwischenbilanz. gwa 82(3):203–208.
- Känel B., Göggel W. et Weber C. 2009. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Macrophytes. Instructions pour le prélèvement d'échantillons. Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), Berne: 60 p.
- Känel B., Göggel W., Weber C. et Meier W. 2010a. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer-Vegetation im Kanton Zürich (Zürcher Methode). Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL), Abteilung Gewässerschutz, Zürich: 102 S. Internet: www.awel.zh.ch/content/dam/baudirektion/awel/wasser/gewaesserschutz/gewaesserqualitaet/doc/biologie/Methode_FG_Vegetation.pdf.
- Känel B., Steinmann P., Sinniger J. et Niederhauser P. 2010b. Zustand der Fliessgewässer in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch Messkampagne 2008/2009. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL), Zürich: 85 S.
- Känel B., Steinmann P., Sinniger J., Niederhauser P., Labhart W., Nyffenegger K., Jenny A. et Balsiger C. 2012. Zürcher Gewässer 2012. Entwicklung – Zustand – Ausblick. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL), Zürich: 108 S.
- Kienle C., Kase R., Schärer M. et Werner I. 2015. Ökotoxikologische Biotests. Anwendung von Biotests zur Evaluation der Wirkung und Eliminaton von Mikroverunreinigungen. Aqua & Gas 7/8: 18–26.
- Knispel S. 2012. Inventaire 2011 des espèces d'insectes aquatiques du Rhône genevois. Ephémères – Plécoptères – Trichoptères. Étude élaborée sur mandat du canton de Genève: 22 p.
- Leib V. 2015. Makrozoobenthos in kleinen Fliessgewässern – Schweizweite Auswertung. Aqua, Gas 4: 66–75.
- Liechti P. 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n° 1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p. Internet: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01540/index.html?lang=fr.
- Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991. RS 814.20.
- Longrée P. et Singer H. 2013. Multikomponenten-Screening von Mikroverunreinigungen in der Rhone bei Porte-du-Scex. Eawag, Dübendorf. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt.
- Longrée P., Simovic J. et Singer H. 2013. Screening von Pharmazeutika, Haushalts- und Industriechemikalien in ausgewählten Einzugsgebieten des nationalen SPEZ Messnetzes für Oberflächengewässer. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. Eawag, Dübendorf: 41 S.
- Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H. et A.W. 2012: Listes rouges Ephémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel. L'environnement pratique n° 1212: 111 p.
- Meili M., Scheurer K., Schipper O. et Holm P. 2004. Sur la trace du déclin piscicole. Rapport final du projet «Réseau suisse poissons en diminution», Dübendorf, Berne: 188 p.
- Moschet C., Vermeirssen E.L.M., Seiz R., Pfefferli H. et Hollender J. 2014a. Picogram per liter detections of pyrethroids and organophosphates in surface waters using passive sampling. Water Research 66: 411–422.
- Moschet C., Wittmer I., Simovic J., Junghans M., Piazzoli A., Singer H., Stamm C., Leu C. et Hollender J. 2014b. How a Complete Pesticide Screening Changes the Assessment of Surface Water Quality. Environmental Science & Technology 48(10):5423–5432. Internet: www.dx.doi.org/10.1021/es500371t.
- Moschet C., Wittmer I., Stamm C., Singer H. et Hollender J. 2015. Insektizide und Fungizide in Fliessgewässern – Wichtig zur Beurteilung der Gewässerqualität. Aqua & Gas 4: 54–65.
- Munz N., Leu C. et Wittmer I. 2012. Munz N., Leu C., Wittmer I. 2013. Pesticides dans les cours d'eau suisses – Aperçu de la situation à l'échelle nationale. Aqua & Gas 7/8: 78–87.
- OFAG 2015. Rapport agricole 2015. Office fédéral de l'agriculture, Berne.
- OFEFP, OFEG, OFAG et ARE 2003. Cours d'eau suisses. Pour une politique de gestion durable de nos eaux. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Office fédéral des eaux et de la géologie, Office fédéral de l'agriculture et Office fédéral du développement territorial. Berne, 12 p. Internet: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00404/index.html?lang=fr.
- OFEV (éd.) 2014. Annuaire hydrologique de la Suisse 2013. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1411: 32 p.
- OFEV (éd.) 2015a. Annuaire hydrologique de la Suisse 2011. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° UZ-1506, 36 p.
- OFEV (éd.) 2015b. Annuaire hydrologique de la Suisse 2012. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1510, 32 p.

- OFEV (éd.) 2015c. Annuaire hydrologique de la Suisse 2014. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° UZ-1511-F, 36 p.
- OFEV 2013a. Réseau hydrographique: ordre des cours d'eau pour le réseau hydrographique numérique au 1:25 000 de la Suisse. Internet: www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15012/index.html?lang=fr.
- OFEV 2013b. NAWA – Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Cours d'eau. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1327: 72 p.
- OFEV 2015d. Indicateur Température des cours d'eau. Internet: www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/08605/08609/index.html?lang=fr.
- OFEV 2015e. Renaturation des eaux suisses: plans d'assainissement des cantons dès 2015. Office fédéral de l'environnement, Berne. 13 p.
- OFS 2006. Statistique de la superficie 1992/97. Office fédéral de la statistique. Internet: www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/02/03/blank/key/01/zustand_und_entwicklung_tabelle.html.
- OFS 2010. Recensement des entreprises 2008 – Portrait de branche: agriculture. Office fédéral de la statistique, Neuchâtel. Actualités OFS: 18 p. Internet: www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/07/22/publ.html?publicationID=4240.
- Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998. RS 814.201.
- Peter A. et Weber C. 2004. Die Rohne als Lebensraum für Fische. Wasser Energie Luft 11/12: 326–330.
- Prasuhn V. et Sieber U. 2005. Changes in diffuse phosphorus and nitrogen inputs into surface waters in the Rhine watershed in Switzerland. Aquatic Sciences 67(3):363–371. Internet: www.dx.doi.org/10.1007/s00027-005-0774-5.
- Rey P., Mürle U., Ortlepp J., Werner S., Hesselschwerdt J. et Unger B. 2015. Analyses biologiques coordonnées du haut Rhin 2011/12 – Macroinvertébrés. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1522: 130 S. (résumé disponible en français sous www.bafu.admin.ch/uz-1522-f)
- Rey P., Ortlepp J., Werner S., Mürle U., Becker A. et Hesselschwerdt J. 2013. Koordinierte Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2001–2013. Fachbericht zum Untersuchungsprogramm zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aarau, Bern und Solothurn: 153 S.
- Rey P., Hesselschwerdt J. et Werner S. 2016. Analyses biologiques coordonnées du haut Rhin et de l'Aar de 2001 à 2013. Rapport synthétique. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1619: 72 S. (résumé disponible en français sous www.bafu.admin.ch/uz-1619-f)
- Rey P., Werner S., Mürle U., Becker A., Ortlepp J. et Hürlimann J. 2011. Monitoring Alpenrhein. Basismonitoring Ökologie 2009–2011. Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, St. Gallen: 150 S.
- Roth E., Hürlimann J. et Küng M. 2014. NAWA TREND – Pilotstellen Makrophyten 2014. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt: 71 S.
- Roth E., Hürlimann J., Sandoz E. et Müller N. 2013. NAWA TREND Biologie – Makrophyten 2012. Studie im Auftrag des Bundesamt für Umwelt: 61 S. Internet: www.bafu.admin.ch/wasser/13462/14737/15108.
- Ruff M., Singer H., Ruppe S., Mazacek J., Dolf R. et Leu C. 2013. 20 Jahre Rheinüberwachung. Erfolge und analytische Neuausrichtung in Weil am Rhein. Aqua & Gas 5: 16–25.
- Schager E. et Peter A. 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Poissons – niveau R (région). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. Informations concernant la protection des eaux n° 44: 65 p.
- Schager E. et Peter A. 2001. Bachforellensommerlinge. Projekt Netzwerk Fischrückgang Schweiz (Projekt 00/12). Eawag, Kastanienbaum. Fischnetz Publikation: 315 S. Internet: www.fischnetz.ch/basics/publ.htm.
- Schager E. et Peter A. 2002. Bachforellensommerlinge, Phase 2. Projekt Netzwerk Fischrückgang Schweiz (Projekt 01/12). Schager E. PABPI (Hrsg.). Eawag, Dübendorf. Fischnetz-Publikation: 218 S. Internet: www.fischnetz.ch/basics/publ.htm.
- Strähl S., Christoph O., Siegrist H., Thomann M., Obrecht J. et Kurz E. 2013. Stickstoffelimination in Schweizer ARA. Weitere Entlastung der Oberflächengewässer. Aqua & Gas 5: 74–84.
- Strahm I., Munz N., Leu C., Wittmer I. et Stamm C. 2013. Landnutzung entlang des Gewässernetzes – Quellen für Mikroverunreinigungen. Aqua & Gas 5: 36–44.
- Stucki P. 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos – niveau R. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1026: 61 p. Internet: www.bafu.admin.ch/uv-1026-f.
- Stucki P., Knispel S., Vicentini H. et Wagner A. 2015. NAWA TREND, Rapport sectoriel macrozoobenthos, final campagne 2012 et campagne complémentaires 2011–2014. Rapport d'expert élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement: 50 p.

Voser P. 2008. Fische, Krebse und Muscheln in der Reuss. Umwelt Aargau Nr. 40: 31–39.

Voser P. et Bolliger A. 2004. Die Fischfauna im Argauer Limmattal. Umwelt Aargau Nr. 26: 5–8.

Vuille T. 2011. Die Fische in der Aare brauchen neue Lebensräume. aarewasserThema Februar 2011: 2 S. Internet: www.aarewasser.ch/docs/aa_thema.asp?id=31410&domid=1064&sp=D&m1=30317.

Werner S. 2009. Der biologische Zustand der Aare zwischen Thuner- und Bielersee. Untersuchungen Frühjahr 2008. AWA Amt für Wasser und Abfall, Bern: 8 S.

Wittmer I., Junghans M., Stamm C. et Singer H. 2014a. Micropolluants – Stratégie d'évaluation pour les micropolluants de sources non ponctuelles. Etude réalisée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement. IFAEPE, Dübendorf: 106 p.

Wittmer I., Moschet C., Simovic J., Singer H., Stamm C., Hollender J., Junghans M. et Leu C. 2014b. Plus de 100 pesticides dans les cours d'eau – Une forte pollution des cours d'eau suisses révélée par le programme NAWA SPE. Aqua & Gas 11: 70–84.

Zeh W.H., Könitzer C. et Bertiller A. 2009. Ecomorphologie des cours d'eau suisses. Etat du lit, des berges et des rives. Résultats des relevés écomorphologiques (avril 2009). Etat de l'environnement n° 0926. Office fédéral de l'environnement, Berne. 100 p. Internet: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01075/index.html?lang=fr.

Zurwerra A., Abgottspon E., Mulattieri P., Seiler J., Anderegg C., Hürlimann J. et Egloff M. 2011. Gewässeruntersuchung Rhone Goms – Hydrobiologie und Hydrologie. Studie und Bilanz erstellt im Auftrag der Dienststelle für Umweltschutz, Kanton Wallis: 189 S.

> Glossaire

Animal exotique

Animal s'établissant dans une région dans laquelle il n'était auparavant pas endémique

Aspect général

Module permettant de procéder à une évaluation sommaire de l'état des cours d'eau sur la base des paramètres suivants: turbidité, coloration, mousse, odeur, ensablement du lit, sulfure de fer, colmatage, matières solides, déchets, organismes hétérotrophes et végétation

Biocides

Produits destinés à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir les dommages ou à les combattre de toute autre manière par une action autre qu'une simple action physique ou mécanique (ordonnance sur les produits biocides, RS 813.12)

Colmatage

Obstruction des interstices du fond du lit d'un cours d'eau par des particules fines ou par des matières en suspension, ce qui se traduit par une diminution de la perméabilité (surtout verticale) à l'eau

Cours d'eau à hélophytes

Type de cours d'eau caractérisé par la présence de plantes enracinées dans les sédiments mais s'élevant au-dessus de la surface (hélophytes) et constituant éventuellement la végétation dominante

Cours d'eau à macrophytes submergés

Type de cours d'eau caractérisé par la présence de plantes vasculaires submergées constituant éventuellement la végétation dominante

Diatomées (DIA)

Groupe d'algues unicellulaires, qui vivent tant dans les eaux douces que salées et même sur la terre ferme. Elles sont utilisées depuis longtemps comme bio-indicateurs de la qualité de l'eau.

Écotoxicologie

Science étudiant l'impact des substances sur l'environnement biotique

Haut Rhin

Tronçon du Rhin compris entre le lac de Constance et Bâle

Indice SPEAR_{pesticide}

Indice calculé à partir des relevés biologiques des taxons d'invertébrés (→ cf. macrozoobenthos) selon le schéma «Species At Risk» et indiquant la proportion de taxons sensibles aux pesticides au sein de la population d'invertébrés. Cet indice permet d'évaluer l'effet insecticide des pesticides dans les cours d'eau.

Macrophytes (MAC)

Groupe de plantes aquatiques visibles à l'œil nu

Macrozoobenthos (MZB)

Communauté de petits invertébrés visibles à l'œil nu («macro») colonisant le fond des cours d'eau (zone benthique)

Maladie rénale proliférative

Infection parasitaire des poissons se manifestant par un gonflement du ventre, un grossissement des reins, une coloration foncée et une exophtalmie

Micropolluant

Terme générique englobant différentes substances organiques et inorganiques présentes en faible concentration

Numéro d'ordre des cours d'eau (NOCE)

Le numéro d'ordre selon Strahler est une échelle permettant d'indiquer le degré de ramification d'un réseau hydrographique. On part des tronçons de source, auxquels on attribue le numéro 1. Au confluent de deux cours d'eau, le numéro est augmenté d'une unité si les deux affluents ont le même numéro; dans le cas contraire, on reprend le numéro le plus élevé. Dans le réseau hydrographique suisse, on obtient des numéros d'ordre allant jusqu'à 9. Dans le cadre du présent rapport, les cours d'eau portant le numéro d'ordre 1 ou 2 sont considérés comme petits, ceux auxquels on a attribué des numéros d'ordre compris entre 3 et 6, comme moyens, et entre 7 et 9, comme grands.

Organismes hétérotrophes

Communautés d'organismes de dégradation comprenant les champignons, les bactéries et les individus unicellulaires tels que les ciliés et colonisant les pierres ou le fond du lit

Pesticides

Terme générique regroupant les produits phytosanitaires et les biocides

Plante exotique

Plante s'établissant dans une région dans laquelle elle n'était auparavant pas endémique

Pollution organique

Concentrations de composés chimiques du carbone (exceptions: carbonate, CO, CO₂) élevées par rapport aux valeurs relevées dans la nature

Produit phytosanitaire

Produit ayant pour fonction de protéger les plantes ou les produits végétaux contre les organismes nuisibles, de réguler la croissance des plantes ou de détruire des plantes ou parties de plantes indésirables (ordonnance sur les produits phytosanitaires, RS 916.161)

Quotient de risque

Quotient déterminé sur la base de la concentration de micropolluants mesurée dans l'environnement et du critère de qualité chronique correspondant. Si le quotient de risque est supérieur à 1, il n'est pas exclu que la substance considérée représente un risque pour les organismes aquatiques.

Revitalisation

Rétablissement des structures naturelles dans les cours d'eau aménagés consistant, au minimum, en l'assainissement des seuils artificiels

Rhin alpin

Tronçon du Rhin allant du confluent du Rhin antérieur et du Rhin postérieur à l'embouchure dans le lac de Constance

Système modulaire gradué (SMG)

Ensemble de méthodes permettant d'analyser et d'apprécier les eaux de surface en Suisse et servant d'aides à l'exécution de la législation en matière d'analyse de la qualité des cours d'eau

Taxon

Groupe d'organismes vivants reconnu comme unité systématique tels que le genre des Isoperla ou l'ordre des éphéméroptères. Le pluriel «taxons» englobe des groupes d'organismes vivants à différents niveaux taxonomiques (espèce, genre, famille, ordre, etc.).

Unité de gros bétail (UGB)

Cette unité permet de comparer différents animaux de rente entre eux sur la base de leur poids vif. Une unité de gros bétail correspond à un poids vif de 500 kg, soit une vache laitière.

> Répertoire

Abréviations

COD

Carbone organique dissous

DCE

Directive-cadre de l'Union européenne dans le domaine de l'eau.

DIA

Diatomées (→ Glossaire)

DI-CH

Indice suisse des diatomées (→ Glossaire) permettant d'apprécier la qualité des eaux de surface, principalement du point de vue de leur équilibre nutritionnel

EPT

Ensemble des insectes sensibles appartenant aux taxons des éphéméroptères, des plécoptères ou des trichoptères

IBCH

Indice suisse d'évaluation de la population d'invertébrés (cf. aussi: macrozoobenthos → Glossaire) permettant d'apprécier de manière intégrale la qualité des cours d'eau.

LEaux

Loi sur la protection des eaux

LQ

Limite de quantification

MAC

Macrophytes (→ Glossaire)

MBD CH

Monitoring de la biodiversité en Suisse

MRP

Maladie rénale proliférative (→ Glossaire)

MZB

Macrozoobenthos (→ Glossaire)

NAQUA

Observation nationale des eaux souterraines

NAWA

Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Les relevés sont effectués dans le cadre d'une collaboration étroite entre Confédération et cantons, la coordination étant assurée par l'OFEV.

NAWA SPEZ

Campagnes de mesure de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface consacrées à des problèmes spécifiques

NAWA TREND

Réseau de base dédié à l'observation sur le long terme dans le cadre du programme NAWA

NOCE

Numéro d'ordre des cours d'eau (→ Glossaire)

OEaux

Ordonnance sur la protection des eaux

OSPAR

Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, tire son nom des deux conventions précédemment tenues à Paris et à Oslo

PPS

Produits phytosanitaires (→ Glossaire)

Q₃₄₇

Débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau.

SMG

Système modulaire gradué (→ Glossaire)

STEP

Station d'épuration des eaux usées

UGB

Unité de gros bétail (→ Glossaire)

Figures

Fig. 1

Appréciation de la qualité des cours d'eau: vue d'ensemble 10

Fig. 2

État écomorphologique des cours d'eau suisses 17

Fig. 3

Température du Rhin à Bâle (moyenne annuelle) 18

Fig. 4

Débits 19

Fig. 5

Stations de mesure et relevés 23

Fig. 6 Appréciation des teneurs en nutriments	34	Fig. 23 Corrélation entre les proportions de surfaces vouées à différentes utilisations des sols dans le bassin versant et la réalisation des objectifs évaluée sur la base de l'indice SPEAR _{pesticide}	57
Fig. 7 Phosphate: séries chronologiques	35	Fig. 24 Appréciation au moyen de l'indice des diatomées	58
Fig. 8 Classes de qualité pour le nitrate	36	Fig. 25 Classe de qualité des diatomées	59
Fig. 9 Rapport entre concentrations de nitrate et indicateurs de pollution	37	Fig. 26 Comparaison entre l'indice DI-CH, le bio-indicateur Diatomée, et les indicateurs de pollution	60
Fig. 10 Teneur en nitrate au fil de l'Aar, entre la station de Brienzwiler et l'embouchure du Rhin à Felsenau	38	Fig. 27 Appréciation des poissons	63
Fig. 11 Charges d'azote et de phosphore	39	Fig. 28 Appréciation globale des poissons et prévalence de la MRP: répartition régionale	64
Fig. 12 Nombre de produits phytosanitaires (PPS)	41	Fig. 29 Comparaison entre l'appréciation générale des poissons et les indicateurs de pollution	65
Fig. 13 Répartition des concentrations maximales	42	Fig. 30 Appréciation des macrophytes	69
Fig. 14 Produits phytosanitaires: répartitions des concentrations et des quotients de risque	42	Fig. 31 Appréciation des macrophytes et des types de végétation: répartition régionale	70
Fig. 15 Concentrations de micropolluants organiques issus des eaux usées domestiques	43	Fig. 32 État de la végétation en fonction des types de cours d'eau	71
Fig. 16 Répartition de l'ensemble des quotients de risque calculés	45	Fig. 33 Appréciation de l'aspect général observé en 2012	75
Fig. 17 Concentrations maximales mesurées en 2012 à la station d'observation du Rhin, classées par catégories de substances	47	Tableaux	
Fig. 18 Concentrations de métaux lourds dans le Rhin, à Bâle	49	Tab. 1 Aperçu des pollutions et des atteintes anthropiques touchant les eaux et des indicateurs correspondants	15
Fig. 19 Appréciation du macrozoobenthos	50	Tab. 2 Analyses: vue d'ensemble	25
Fig. 20 Appréciation du macrozoobenthos: répartition régionale et évolution	51	Tab. 3 Échelle d'appréciation selon le SMG (classes et codes de couleur)	26
Fig. 21 Rapport entre l'indice SPEAR _{pesticide} et les indicateurs de pollution	53	Tab. 4 Appréciation des teneurs en nutriments	33
Fig. 22 Macrozoobenthos: proportions relatives (densité d'individus) d'espèces exotiques et d'espèces indigènes dans le haut Rhin	55	Tab. 5 Nombre de substances recherchées et détectées dans le cadre de la campagne NAWA SPEZ de 2012	40