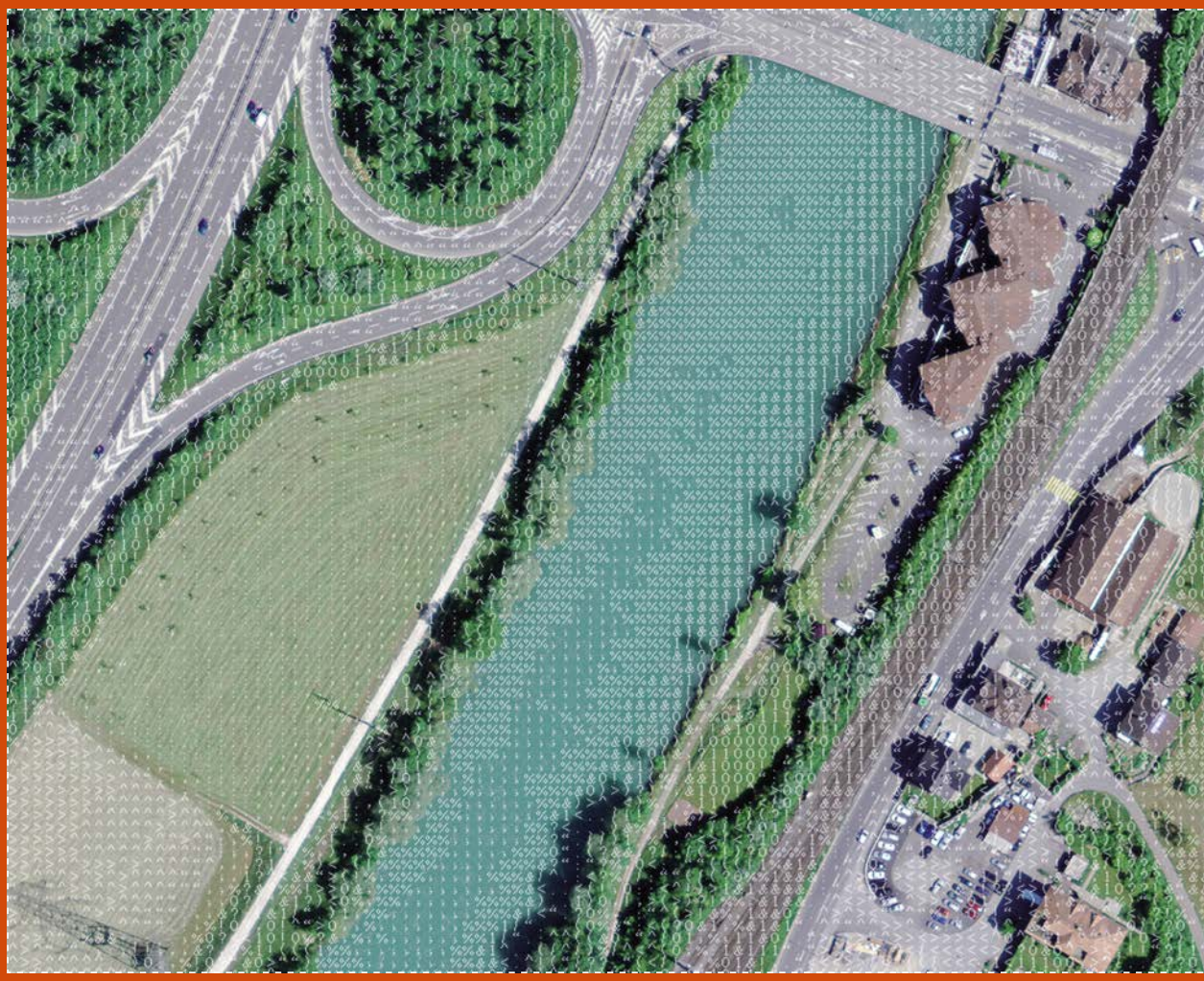
> Micropolluants dans les cours d'eau provenant d'apports diffus

Analyse de la situation



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> Micropolluants dans les cours d'eau provenant d'apports diffus

Analyse de la situation

Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV
Berne, 2015

Impressum

Editeur
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
Christian Braun, René Gälli, (BMG Engineering AG), Christian Leu, Nicole Munz, Yael Schindler Wildhaber, Ivo Strahm (OFEV), Irene Wittmer (Eawag)

Accompagnement scientifique
Michael Schärer et Ueli Sieber (OFEV, division Eaux)
Bettina Hitzfeld (OFEV, division Sols et biotechnologie)
Josef Tremp (OFEV, division Protection de l'air et produits chimiques)
Juliane Hollender (Eawag)

Référence bibliographique
Braun Ch., Gälli R., Leu Ch., 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.

Traduction
Milena Hrdina, 2502 Bienne

Graphisme, mise en page
Karin Nöthiger, Niederrohrdorf

Photo de couverture
Reuss à Gisikon, SWISSIMAGE © swisstopo (DV043734)

Téléchargement au format PDF
www.bafu.admin.ch/uz-1514-f
Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2015

> Table des matières

Abstracts **5**
Avant-propos **7**
Résumé **8**

1 Introduction et objectifs **12**
1.1 Les micropolluants – un nouveau défi 12
1.2 Aspects juridiques 14
1.2.1 Exigences chiffrées fixées par la législation sur la protection des eaux 14
1.2.2 Evaluation écotoxicologique de la pollution des eaux 14
1.2.3 Substances prioritaires selon la directive-cadre sur l'eau 15
1.2.4 Rajout d'exigences chiffrées dans l'OEaux 15
1.3 Objectif 16

2 Caractéristiques des apports diffus de micropolluants **17**
2.1 Aperçu des principales sources et voies d'apport 17
2.1.1 Agriculture 18
2.1.2 Zones urbanisées 23
2.1.3 Transports 27
2.1.4 Sites pollués 29
2.1.5 Activités sur et au bord de l'eau 31
2.1.6 Dépôts atmosphériques directs 32
2.2 Aperçu des principales substances impliquées 34
2.3 Evaluation de concentrations fortement variables 37
2.4 Conclusion 39

3 Influence de l'utilisation du sol sur la qualité de l'eau **40**
3.1 Répartition géographique de certaines sources de polluants 40
3.2 Les sources de micropolluants dans le réseau hydrographique 42
3.3 Conclusion 46

4 Sélection d'études consacrées aux cours d'eau **47**
4.1 Pollution de grands cours d'eau à l'exemple du Rhin 49
4.2 Pollution de cours d'eau moyens 51
4.3 Pollution de petits cours d'eau 53
4.3.1 Pesticides 54
4.3.2 Métaux lourds 57
4.4 Conclusion 58

5 Modélisation de la charge de micropolluants dans les cours d'eau provenant des apports diffus **59**
5.1 Bases du modèle et substances sélectionnées 59
5.2 Résultats 60
5.2.1 Validité du modèle 60
5.2.2 Dépassement des critères de qualité 62
5.3 Conclusion à tirer des résultats du modèle 69

6 Conclusions des travaux et mesures à prendre **70**
6.1 Charge de micropolluants de sources diffuses dans les cours d'eau suisses 70
6.2 Réorienter l'observation des eaux 71
6.3 Mesures destinées à réduire la pollution 72

Bibliographie **74**
Répertoires **78**
Glossaire **80**

> Abstracts

Substances which occur in water bodies at very low concentrations are termed micropollutants. They continuously enter aquatic systems via wastewater treatment plants and diffuse input paths. It became evident that many Swiss rivers are affected by micropollutants derived from diffuse inputs. These inputs are often highly dynamic and, especially in small streams, cause ecotoxicologically derived quality criteria to be exceeded. The main sources of diffuse micropollutants are agriculture and to a lesser extent settlements; the most relevant substance groups are plant protection products, heavy metals and biocides.

Keywords:
micropollutants,
diffuse inputs,
ecotoxicological assessment

Stoffe, die in Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen vorkommen, werden Mikroverunreinigungen genannt. Sie werden kontinuierlich über Abwasserreinigungsanlagen sowie über diffuse Eintragspfade eingetragen. Es zeigte sich, dass viele Schweizer Fliessgewässer durch Mikroverunreinigungen aus diffusen Einträgen belastet sind. Diese Einträge sind oft hoch dynamisch und führen vor allem in kleinen Fliessgewässern häufig zu Überschreitungen der ökotoxikologisch hergeleiteten Qualitätskriterien. Die wichtigsten Quellen für diffus eingetragene Mikroverunreinigungen sind die Landwirtschaft und in einem geringeren Ausmass die Siedlung; die relevantesten Stoffgruppen sind die Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle und Biozide.

Stichwörter:
Mikroverunreinigungen,
diffuse Einträge,
ökotoxikologische Beurteilung

Les substances polluantes présentes dans les eaux en très faibles concentrations sont appelées micropolluants. Elles peuvent soit provenir de déversements continus issus des stations d'épuration des eaux usées, soit emprunter des voies d'apport diffus. Le présent rapport a révélé que plusieurs cours d'eau suisses charrient des micropolluants provenant d'apports diffus. Les apports de ces substances sont souvent très dynamiques et provoquent régulièrement des dépassements des critères de qualité écotoxicologique, en particulier dans les petits cours d'eau. L'agriculture et, dans une moindre mesure, les zones urbanisées constituent les principales sources d'apports diffus de micropolluants, les principaux groupes de substances étant les produits phytosanitaires, les métaux lourds et les biocides.

Mots-clés:
micropolluants,
apports diffus,
évaluation écotoxicologique

Le sostanze presenti nelle acque in concentrazioni molto basse sono dette microinquinanti. I microinquinanti vengono immessi nell'ambiente attraverso gli impianti di depurazione delle acque di scarico e da vie di contaminazione diffuse. Dal rapporto si evince che molti corsi d'acqua svizzeri sono contaminati da microinquinanti provenienti da immissioni diffuse. Queste immissioni sono spesso altamente dinamiche e, soprattutto in corsi d'acqua di piccole dimensioni, fanno sì che spesso i criteri ecotossicologici non siano soddisfatti. Le fonti principali di immissioni diffuse di microinquinanti sono l'agricoltura e, in misura minore, gli insediamenti. I gruppi di sostanze più rilevanti sono i prodotti fitosanitari, i metalli pesanti e i biocidi.

Parole chiave:
microinquinanti,
immissioni diffuse,
valutazione ecotossicologica

> Avant-propos

Le rapport 2015 du Conseil fédéral sur l'environnement constate que la qualité de l'eau est généralement bonne en Suisse. Grâce aux stations d'épuration des eaux usées (STEP), dont la construction a débuté il y a 50 ans, la Suisse est parvenue à diminuer nettement la charge de phosphore et d'azote dans les rivières et les lacs. Les eaux subissent toutefois de plus en plus l'influence de substances appelées «micropolluants» – substances chimiques, médicaments, produits phytosanitaires, etc. – dont une concentration minime suffit pour porter atteinte aux organismes aquatiques et polluer l'eau potable. Une étape de traitement supplémentaire permettra aux STEP d'éliminer un large spectre de ces micropolluants, puisque le Parlement a décidé d'améliorer l'équipement d'une centaine de STEP. Cette optimisation de l'épuration réduira de 50 % environ la charge totale de micropolluants dans les eaux et améliorera sensiblement la qualité de nombreux cours d'eau.

Dans les petits ruisseaux, la charge de micropolluants est due à des apports diffus. Ceux-ci proviennent par exemple de l'agriculture, des transports et de l'atmosphère. Contrairement aux STEP, ces sources non ponctuelles sont difficiles à localiser et les apports peuvent varier fortement. Les transports ne contaminent par exemple les eaux par des micropolluants que durant un épisode pluvieux, c'est-à-dire lorsque des eaux de chaussée se déversent dans le milieu aquatique. Une stratégie d'évaluation, élaborée sur mandat de l'OFEV et publiée récemment, vise à recenser de manière uniforme les micropolluants provenant d'apports diffus.

S'adressant aux autorités, aux milieux politiques et aux personnes intéressées par la qualité des eaux, le présent rapport compile et présente pour la première fois l'essentiel des données issues de travaux réalisés en Suisse afin de mesurer les micropolluants de sources non ponctuelles ainsi que les connaissances réunies par différents spécialistes. L'analyse menée prouve une nouvelle fois que les apports diffus de polluants sont l'un des facteurs à l'origine des déficits de biodiversité observés dans les milieux aquatiques. Elle conclut dès lors que des mesures s'imposent si nous voulons diminuer la charge de ces polluants, ne serait-ce que pour contribuer à préserver la biodiversité en Suisse, un des objectifs prioritaires de la politique environnementale. Ce rapport offre une base solide aux mesures qui seront entreprises pour réduire les apports diffus de micropolluants.

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

> Résumé

Micropolluants?

Les micropolluants sont des substances qui sont présentes dans les eaux à des concentrations infimes (de l'ordre du millionième, voire du milliardième de gramme par litre). Ils comprennent d'une part les composés chimiques de synthèse, tels les produits phytosanitaires, les biocides et les médicaments, et englobent d'autre part les substances organiques ou inorganiques naturelles, comme les toxines naturelles, les hormones et les métaux lourds. Même en concentrations infimes, ces substances peuvent avoir un effet néfaste sur les organismes aquatiques.

Sources ponctuelles et non ponctuelles

Les stations communales d'épuration des eaux usées (STEP) constituent la principale voie d'apport continu de micropolluants. Conçues pour éliminer les nutriments présents dans les eaux usées, elles ne retiennent guère ou pas du tout nombre de micropolluants. La problématique a fait l'objet d'études approfondies ces dernières années et des mesures ont été adoptées afin de réduire les micropolluants provenant des STEP. Outre ces apports ponctuels et continus, des micropolluants provenant de sources diffuses sont également déversés dans les eaux de surface. Ces rejets sont difficiles à localiser et proviennent par exemple de l'agriculture, du trafic routier, des zones urbanisées (via les déversoirs d'orage et les collecteurs d'eaux pluviales) ou, directement, des dépôts atmosphériques. Ces apports n'ont jusqu'ici pas fait l'objet d'une analyse exhaustive.

Contenu du rapport

Ce rapport comble des lacunes dans les connaissances sur les apports diffus de micropolluants dans les cours d'eau suisses. Il constitue une analyse complète des connaissances concernant les sources diffuses de micropolluants et la dynamique de leurs rejets. A cet effet, nous avons compilé les connaissances de spécialistes sur les principales sources et voies d'apport (chapitre 2) et analysé l'utilisation du sol le long du réseau hydrographique suisse, afin de donner une image aussi complète que possible de la pollution dans le pays (chapitre 3). Nous avons de plus réuni les relevés disponibles sur les concentrations de micropolluants dans les cours d'eau suisses et les avons analysés afin d'identifier les apports diffus (chapitre 4). A l'aide des bases posées dans les chapitres 2 à 4, nous avons ensuite élaboré un modèle de calcul simple qui permet d'établir un pronostic à l'échelle de la Suisse de la pollution des cours d'eau causée par les micropolluants d'origine diffuse (chapitre 5).

Approche concentrée sur la phase aqueuse

Le présent rapport ne considère que la phase aqueuse des eaux de surface. Il ne se penche pas sur les substances présentes dans les eaux souterraines, les sédiments et les organismes vivants. Il n'analyse pas non plus les apports de micropolluants rejetés par l'industrie et l'artisanat, ceux-ci provenant de sources ponctuelles (STEP ou déversements directs, avec ou sans prétraitement, dans les eaux de surface).

Caractéristiques des apports diffus (chapitre 2)

L'agriculture, principale source de rejets

L'agriculture rejette dans les eaux une variété de substances: produits phytosanitaires, biocides, médicaments vétérinaires, hormones naturelles, métaux lourds et toxines naturelles. Ces substances sont répandues sur les surfaces agricoles soit directement (p. ex. par l'application de produits phytosanitaires), soit indirectement par l'épandage

de purin (contenant p. ex. des médicaments vétérinaires). De là, les polluants sont le plus souvent mobilisés par les pluies, puis transportés vers les eaux de surface. Ces émissions d'origine agricole affichent de fortes variations saisonnières. Selon les connaissances actuelles, les produits phytosanitaires constituent le groupe de substances utilisées dans l'agriculture qui s'avèrent les plus critiques pour les organismes aquatiques.

Via les réseaux d'assainissement (déversoirs d'orage et collecteurs d'eaux pluviales), les eaux polluées qui s'écoulent des routes, des toits, des façades et des espaces verts, de même qu'environ 3 % à 4 % des eaux usées domestiques non traitées gagnent directement les cours d'eau lors des précipitations. Ces eaux transportent des polluants provenant du trafic, de la protection des matériaux et des espaces verts (métaux lourds, hydrocarbures, biocides, produits phytosanitaires, etc.). Les eaux usées des ménages contiennent notamment des polluants issus de produits domestiques, des résidus de médicaments et des hormones.

Selon le type de site pollué (décharge, p. ex.), les lixiviats peuvent transporter divers polluants vers les milieux aquatiques. La dynamique des apports dépend surtout de la durée du processus de percolation. Les plus grands flux de polluants proviennent sans doute des décharges exploitées, car les décharges fermées et étanchéifiées ne produisent que très peu de lixiviat.

Les activités sur et au bord de l'eau engendrent par exemple des apports de biocides, de filtres UV et de métaux lourds dans les eaux de surface. La pratique des loisirs (navigation et baignade) explique la saisonnalité de ces apports. Le déversement d'eaux de refroidissement entraîne des apports périodiques ou continus, lorsque les ouvrages sont installés dans les eaux mêmes.

Par la déposition atmosphérique, des substances organiques persistantes (ignifugeants, PCB, etc.) ainsi que des métaux lourds parviennent dans les eaux de surface. L'apport des polluants atmosphériques est continu, mais augmente en cas de précipitations (lessivage de l'air, entraînement par ruissellement des substances déposées sur les routes, etc.).

Compte tenu de la longueur des tronçons de cours d'eau affectés, du nombre de substances en cause et de leur toxicité, il a été possible de déterminer que les apports diffus de micropolluants proviennent en priorité de l'agriculture et, dans une moindre mesure, des zones urbanisées et du trafic. Les sites pollués, telles les décharges, peuvent engendrer des dépassements importants, mais localisés, des valeurs limites. De plus, de par leur singularité, il est difficile de les évaluer globalement à l'échelle de la Suisse. Les activités sur et au bord de l'eau ainsi que les apports directs provenant de l'atmosphère ne jouent pas un rôle important en Suisse. A l'exception des dépôts atmosphériques, les rejets de toutes les sources recensées peuvent provoquer des dépassements des exigences chiffrées de l'ordonnance sur la protection des eaux ainsi que des critères de qualité écotoxicologique, même s'ils sont le plus souvent limités dans l'espace et le temps. Ces dépassements surviennent surtout dans les petits et moyens cours d'eau. Selon l'analyse réalisée, les principaux groupes de substances en cause comprennent une variété de produits phytosanitaires, quelques rares biocides, ainsi que le cuivre et le zinc, deux métaux lourds. Une évaluation définitive s'avère impossible pour certaines

substances, tels les HAP. En particulier dans les petits cours d'eau, leurs concentrations varient fortement et peuvent atteindre des pics importants.

Influence de l'utilisation du sol dans le bassin versant (chapitre 3)

Une grande partie des tronçons de cours d'eau sont affectés par un apport diffus de micropolluants

Afin d'estimer la longueur des tronçons pouvant être affectés par des substances provenant des zones urbanisées, des transports, de l'agriculture et des décharges, on a procédé à une analyse de l'utilisation du sol le long des cours d'eau du réseau hydrographique. Il en ressort qu'une grande partie des tronçons sont affectés par des substances provenant d'apports diffus, voire exclusivement par ces apports, lorsque le bassin versant ne comporte pas de STEP.

Les petits cours d'eau constituent la majeure partie du réseau hydrographique

Les petits cours d'eau représentent environ 75 % de l'ensemble du réseau hydrographique suisse. Ne serait-ce que par cette proportion, ils revêtent une grande importance écologique. Sur le Plateau, dans le Jura et dans les grandes vallées, plus de 80 % des tronçons de petits cours d'eau peuvent être exposés à des polluants provenant des pâturages et des routes. Les cultures fruitières, les surfaces agricoles et les zones urbanisées sont capables de polluer environ 40 % du réseau hydrographique suisse, et les cultures viticoles, les STEP, les décharges, les voies ferrées et les déversoirs d'orage portent chacune atteinte à moins de 10 % du réseau hydrographique.

Sélection d'études consacrées aux cours d'eau (chapitre 4)

Concentrations élevées de micropolluants

Des analyses réalisées dans de petits cours d'eau révèlent que même dans un bassin versant exposé uniquement à des apports diffus les eaux peuvent contenir une charge critique de micropolluants sur le plan écotoxicologique. C'est en particulier dans les petits et moyens cours d'eau du Plateau que l'on mesure des concentrations dont on ne peut plus exclure qu'elles ont un effet néfaste sur les organismes aquatiques. Comme il en ressort de l'analyse de l'utilisation du sol le long des cours d'eau du réseau hydrographique (chapitre 3), il faut s'attendre à de telles situations critiques sur de grandes portions du réseau hydrographique suisse.

Groupes de substances rencontrées

Les groupes de substances qui occasionnent le plus grand nombre de dépassements des critères de qualité écotoxicologique sont les produits phytosanitaires, suivis des métaux lourds et des biocides. On retrouve ainsi les mêmes sources de pollution diffuses identifiées précédemment pour avoir un impact particulièrement marquant (cf. caractéristiques des apports diffus, chapitre 2). Il importe de souligner à ce propos que les relevés et/ou les critères de qualité pour d'autres groupes de substances (HAP, p. ex.) font souvent défaut pour les petits cours d'eau, de sorte que l'évaluation ne peut pas déboucher sur des conclusions définitives. L'éventail des substances étudiées dans les moyens et grands cours d'eau est plus étendu, et comprend notamment les médicaments à usage humain et les produits chimiques domestiques.

Modélisation de la charge de micropolluants dans les cours d'eau provenant des apports diffus (chapitre 5)

Le modèle donne une vue d'ensemble pour toute la Suisse

Pour compléter les relevés existants et l'analyse de l'utilisation du sol, nous avons opté pour une approche simple, fondée sur la modélisation des apports de substances importants sur l'ensemble du réseau, afin d'apprécier l'état de la pollution en Suisse. A cet

effet, nous avons estimé les quantités utilisées de 158 substances, en tenant compte de l'utilisation du sol dans le bassin versant, et les avons comparés aux débits annuels moyens des cours d'eau. Les concentrations annuelles moyennes ainsi obtenues fournissent une vue d'ensemble de la pollution causée par les micropolluants de sources non ponctuelles dans tous les cours d'eau suisses.

Risque de concentrations critiques sur près d'un tiers des tronçons

Les concentrations annuelles moyennes estimées à l'aide du modèle viennent compléter les mesures réalisées dans les cours d'eau et les conclusions issues de l'analyse de l'utilisation du sol. Ils montrent qu'il est impossible d'exclure des effets néfastes sur les organismes aquatiques sur près d'un tiers des tronçons de cours d'eau et que les dépassements se situent le plus souvent dans les petits cours d'eau du Plateau. La modélisation montre également que les apports provenant des surfaces agricoles et des zones urbanisées sont responsables de la plupart des dépassements des critères de qualité. Chacune des sources considérées peut toutefois provoquer des concentrations critiques au niveau local.

Conclusion des travaux et mesures à prendre (chapitre 6)

Constats

L'analyse exhaustive de la situation montre que de nombreux cours d'eau suisses sont pollués par les apports diffus de micropolluants. Ces apports très variables quant à leur ampleur provoquent de façon récurrente des dépassements des critères de qualité écotoxicologique dans les petits cours d'eau et affectent la biodiversité des milieux aquatiques en Suisse. Les principales sources de ces apports diffus sont l'agriculture et, dans une moindre mesure, les zones urbanisées. Les principaux groupes de substances en cause sont les produits phytosanitaires, les métaux lourds et les biocides.

Intervention requise: surveiller la qualité de l'eau

Surveiller la qualité de l'eau constitue la tâche première pour définir et évaluer les mesures nécessaires. Le principal défi consiste à développer des outils adéquats pour mesurer les micropolluants dans les cours d'eau, les relevés devant cibler davantage les petits cours d'eau. Il importe donc d'intensifier les échanges entre spécialistes sur les approches et les méthodes de mesure ainsi que sur les résultats obtenus. Des travaux de recherche complémentaires doivent être menés en vue d'identifier et d'évaluer les polluants dans les sédiments et les organismes vivants, ainsi que pour étudier les hormones provenant de l'élevage d'animaux de rente.

Mesures préconisées

Pour diminuer les apports de polluants, il convient de prendre diverses mesures à la source: interdire certaines substances ou restreindre leur utilisation, réduire les risques durant leur production, leur application et leur élimination, recourir à des mesures visant à modifier les modes de comportement. C'est en particulier dans l'agriculture que des mesures efficaces sont nécessaires pour diminuer sensiblement la pollution des eaux. Les connaissances issues de la présente analyse de la situation fournissent une base solide pour élaborer de telles mesures.

Remarque:
La partie «Index» contient une liste des abréviations utilisées ainsi qu'un glossaire, qui définit les principaux termes techniques.

1 > Introduction et objectifs

Au cours des dernières décennies, la qualité des eaux de surface s'est sensiblement améliorée en Suisse. Ce succès, nous le devons au développement des infrastructures dans le secteur du traitement des eaux usées et à diverses autres mesures, prises par exemple dans les domaines de l'assainissement, de l'agriculture et de l'aménagement du territoire. L'équipement dont ont été dotées les stations d'épuration des eaux usées (STEP) et diverses mesures appliquées dans l'agriculture ont nettement atténué les problèmes dus aux nutriments, qui ont été au centre des préoccupations de la protection des eaux durant des décennies (Müller 2008, Müller 2007). Le développement démographique et l'utilisation croissante de produits chimiques placent aujourd'hui la protection qualitative des eaux face à un nouveau défi: les micropolluants (p. ex. Gälli et al. 2009, Schwarzenbach et al. 2006).

Qualité de l'eau – la situation actuelle

1.1 Les micropolluants – un nouveau défi

Le terme «micropolluants» englobe avant tout des résidus de produits chimiques organiques de synthèse, mais aussi des composés organiques naturels et des métaux lourds qui sont présents dans les eaux à des concentrations très faibles (de l'ordre du millionième, voire du milliardième de gramme par litre). Même à ces concentrations infimes, ces substances peuvent cependant porter atteinte aux organismes aquatiques (p. ex. Liess et al. 2008, Liess et van der Ohe 2005, Schäfer et al. 2007). Divers micropolluants ont même été détectés dans des eaux de surface ou des eaux souterraines exploitées pour alimenter le réseau d'eau potable (Huntscha 2013). Un aperçu complet qui recense les quantités, les applications, les émissions, le comportement dans l'environnement et l'écotoxicité de ces substances n'est toutefois pas disponible à ce jour. Les spécialistes et les politiciens de différents pays sont toutefois unanimes sur un point: les micropolluants présents dans les eaux posent problème et il importe dès lors d'intervenir (CIPR 2013). A l'issue du projet «Réseau suisse poissons en diminution», mené conjointement par l'Eawag, l'OFEV, les cantons, l'industrie chimique, la Fédération suisse de pêche et divers instituts de recherche, afin d'identifier les causes à l'origine du déclin piscicole, trois des dix mesures proposées pour améliorer la qualité des eaux de surface servant d'habitat aux poissons visaient à accroître la qualité chimique de l'eau, en particulier à éviter leur contamination par des micropolluants (Fischnetz 2004).

Les micropolluants peuvent porter atteinte aux organismes aquatiques

Un grand nombre de micropolluants se déversent en continu dans les eaux de surface via les STEP communales, où ils ne sont que partiellement, voire pas du tout, éliminés. Dans le cadre du projet «Stratégie MicroPoll», l'OFEV a procédé à une analyse approfondie de la situation et formulé une stratégie pour réduire les micropolluants rejetés avec les eaux usées urbaines (Gälli et al. 2009). Des essais pilotes menés dans diverses STEP ont démontré qu'une étape de traitement supplémentaire (l'ozonation ou le traitement avec du charbon actif en poudre, p. ex.) permet de retenir et d'éliminer les micropolluants organiques (Abegglen et Siegrist 2012). Se fondant sur ces résultats, la Con-

Stratégie pour éliminer les micropolluants rejetés par les STEP

fédération a lancé le processus politique destiné à créer la base légale nécessaire pour appliquer les mesures techniques destinées à éliminer les micropolluants dans les STEP importantes. Les adaptations apportées à la loi sur la protection des eaux (LEaux) ont été adoptées par le Parlement et devraient entrer en vigueur le 1er janvier 2016.

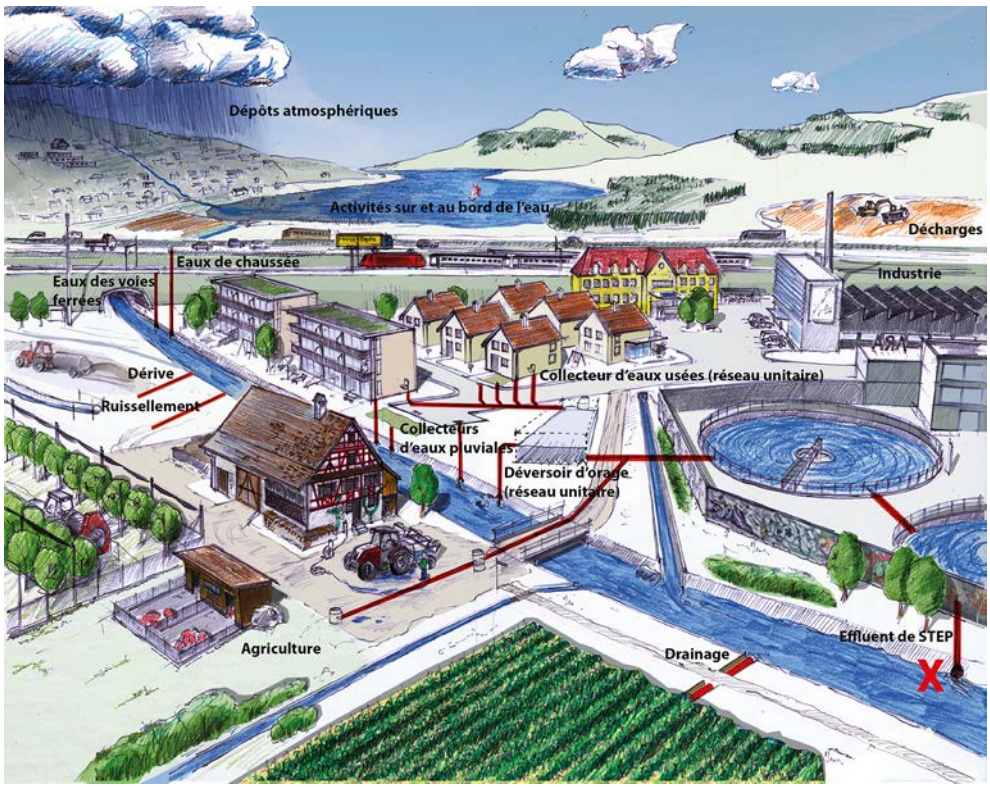
Stratégie d'évaluation des micropolluants provenant d'apport diffus

Dans le cadre du processus politique mentionné ci-dessus, la Confédération a été chargée d'élaborer, outre la Stratégie MicroPoll, une stratégie visant les micropolluants provenant d'apports diffus. La présente analyse de la situation doit servir à l'élaboration d'une telle stratégie.

On entend par apports diffus tous les déversements de micropolluants dans les eaux autres que ceux qui transitent par une station d'épuration (fig. 1). Les sources de ces apports comprennent par exemple l'agriculture, le trafic routier, l'atmosphère et les zones urbanisées (déversoirs d'orage des réseaux unitaires et collecteurs d'eaux pluviales). Les lieux et les moments où ces apports parviennent dans l'environnement varient plus que les rejets ponctuels et continus des stations d'épuration. Diverses études (p. ex. Liess et al. 2008, Liess et van der Ohe 2005, Schäfer et al. 2007) ont montré que ces rejets peuvent également porter atteinte aux milieux aquatiques. Dans les petits cours d'eau, ils peuvent en effet entraîner de grandes variations en termes de concentration et même atteindre des pics considérables (p. ex. Doppler et al. 2012, Leu et al. 2004a, Ochsenbein et al. 2012).

Fig. 1 > Sources et voies d'apport de micropolluants

On entend par apport diffus toutes les voies d'apport qui ne transitent pas par les stations d'épuration (voie d'apport marquée par une croix).



1.2 Aspects juridiques

1.2.1 Exigences chiffrées fixées par la législation sur la protection des eaux

Objectifs de la loi sur la protection des eaux

La loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible et d'assurer leur exploitation durable. Des substances de synthèse persistantes ne devraient notamment pas parvenir dans les cours d'eau ni s'accumuler dans des organismes vivants. La concentration de substances d'origine anthropique dans les eaux de surface devrait avoisiner zéro et leur présence ne devrait pas entraver les processus biologiques naturels.

Exigences chiffrées de l'OEaux

L'annexe 2 de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) définit des exigences chiffrées relatives à la qualité des eaux pour différents paramètres tels que les nutriments, les métaux lourds et les pesticides organiques (biocides et produits phytosanitaires). Pour les pesticides, le seuil actuellement fixé à 0,1 µg/l ne se fonde pas sur des données écotoxicologiques empiriques. Sont réservées les autres exigences fixées sur la base de l'appréciation des différentes substances dans le cadre de la procédure d'autorisation. Jusqu'ici, aucune appréciation de ce genre n'a débouché sur l'inscription d'un seuil dans l'ordonnance et aucune valeur autre que 0,1 µg/l n'a été prescrite. La législation ne prévoit aucun seuil pour d'autres substances (médicaments, hormones, toxines naturelles, etc.).

1.2.2 Evaluation écotoxicologique de la pollution des eaux

Critères de qualité écotoxicologique

Les exigences chiffrées définies dans l'OEaux ne suffisent pas pour évaluer les effets néfastes que les concentrations de substances mesurées dans les eaux peuvent avoir sur les organismes aquatiques. Le Centre suisse d'écotoxicologie appliquée (Centre Ecotox) a dès lors défini des critères de qualité écotoxicologique valides pour chaque substance évaluée, ces seuils se fondant sur l'effet écotoxicologique de la substance concernée. Dans le cadre de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE), les critères de qualité sont en général appelés «normes de qualité environnementale» (NQE). On distingue, d'une part, les critères de qualité chronique (CQC), qui sont définis pour les cas d'exposition chronique et qui correspondent aux normes de qualité environnementale exprimées en moyenne annuelle (NQE-MA) et, d'autre part, les critères de qualité définis pour des conditions d'exposition aiguë et de courte durée (CQA), qui correspondent aux normes de qualité environnementale exprimées en concentration maximale admissible (NQE-CMA). Dans le présent rapport, les NQE sont désignés par l'expression critères de qualité écotoxicologique (CQ), comme il est coutume de le faire en Suisse, les CQC s'appliquant aux cas de pollution chronique et les CQA aux cas de pollution aiguë.

Pollution chronique et pollution aiguë, deux critères de qualité

Le critère de qualité relatif à l'exposition chronique (CQC) correspond à la valeur seuil dont le dépassement à long terme dans les eaux aura probablement des effets néfastes sur les organismes aquatiques. Il ne permet toutefois pas d'apprécier les atteintes aux organismes aquatiques en cas d'exposition brève mais sévère, telle qu'elle survient lors d'un pic de pollution. D'où la définition du critère de qualité relatif à l'exposition aiguë (CQA), qui correspond à la concentration seuil dont le dépassement même à court terme risque de provoquer des effets néfastes sur les organismes aquatiques.

Avec l'aide d'experts, le Centre Ecotox a proposé des critères de qualité pour toute une série de micropolluants susceptibles de jouer un rôle important dans les milieux aquatiques en Suisse (Götz et al. 2010, Junghans et al. 2011). Ces propositions sont publiées sur Internet (Center Ecotox 2014). En l'absence de critère de qualité proposé par le Centre Ecotox, le présent rapport s'est basé sur les valeurs de la directive-cadre sur l'eau (Commission européenne 2013). Tous les critères de qualité utilisés sont présentés dans Strahm et al. (2014).

Critères de qualité proposés par le Centre Ecotox

Outre l'évaluation par substance, le Centre Ecotox étudie également les mélanges de produits, car leurs effets peuvent être supérieurs à la somme des effets de chacune des substances qui les composent (Junghans et al. 2013). L'évaluation de la toxicité des mélanges n'est toutefois pas aussi avancée que l'évaluation de substances isolées.

Défi non résolu: la toxicité des mélanges

1.2.3 Substances prioritaires selon la directive-cadre sur l'eau

Contrairement à la législation suisse, la directive-cadre de l'UE sur l'eau prévoit des critères de qualité écotoxicologique pour des substances prioritaires, c'est-à-dire celles qui présentent le plus grand risque pour les eaux européennes. Une première liste de 33 substances prioritaires, avec leurs critères de qualité, a été publiée en 2008 déjà (Commission européenne 2008) et douze autres substances ont été admises sur la liste en 2013 (Commission européenne 2013). Dans le cas de certaines substances, des valeurs de concentration maximale ont été définies non seulement pour les eaux de surface, mais aussi pour les organismes vivants.

Critères de qualité écotoxicologique pour les substances prioritaires

Environ la moitié de ces 45 substances prioritaires peuvent provenir de sources non ponctuelles. Parmi elles figurent quelques insecticides hautement toxiques, de même que d'autres substances également problématiques, telles que les SPFO (sulfonates de perfluorooctane et leurs dérivés) et le benzo(a)pyrène comme représentant des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques).

1.2.4 Rajout d'exigences chiffrées dans l'OEaux

Afin de pouvoir apprécier l'impact de la qualité des eaux sur les organismes aquatiques, en particulier en présence de micropolluants rencontrés de façon récurrente dans les eaux, il est nécessaire d'introduire de nouvelles exigences chiffrées définies d'après l'effet écotoxicologique de la substance. Sur la base de modifications apportées à l'ordonnance sur la protection des eaux, de nouvelles exigences chiffrées définies selon une approche écotoxicologique seront introduites dans l'annexe 2 de l'OEaux. La proposition actuelle prévoit que les nouvelles exigences chiffrées sont élaborées d'après des critères uniformes et, comme pour la directive-cadre sur l'eau de l'UE, indépendants des procédures d'homologation, de l'usage prévu ou de l'origine de la substance.

Introduction d'exigences chiffrées définies d'après l'effet écotoxicologique

1.3 Objectif

Investigations centrées sur la phase aqueuse

Le présent rapport vise à décrire la charge de micropolluants de sources diffuses dans les cours d'eau, d'estimer l'étendue de la pollution et d'identifier les principales sources des apports diffus ainsi que les principaux groupes de substances émis par ces sources. Ce faisant, il met l'accent sur la phase aqueuse des eaux de surface.

Les apports diffus de micropolluants affectent également les eaux souterraines, les sédiments et les biotes (organismes vivants). Ces effets n'ont toutefois pas été pris en compte dans la présente analyse de la situation. Leur complexité et la multitude de substances à étudier dépasseraient largement le mandat défini.

Autres rapports sur les micropolluants élaborés sur mandat de l'OFEV

Le présent rapport ne traite pas non plus des effluents de l'industrie et de l'artisanat, qui sont déversés soit via une STEP soit directement, avec ou sans prétraitement, dans un cours d'eau. Une première analyse, sommaire, de cette source est présentée dans le rapport Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe (Braun et Gälli 2014). Une analyse plus complète des apports via les STEP figure dans les rapports Micropolluants dans les eaux (Gälli et al. 2009) et Micropolluants dans les eaux usées urbaines (Abegglen et Siegrist 2012).

2 > Caractéristiques des apports diffus de micropolluants

2.1 Aperçu des principales sources et voies d'apport

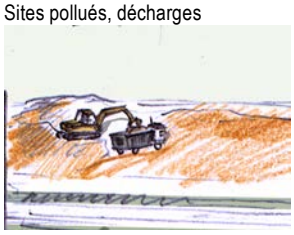
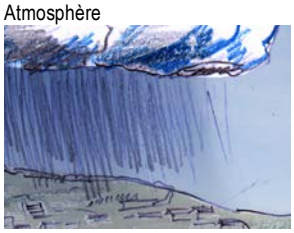
Informations bibliographiques

Les informations sur les principales sources et voies d'apport ont été recueillies par des experts. Elles fournissent une vue d'ensemble du type d'apports, des principales substances, des charges rejetées et de l'impact sur les eaux des mélanges de substances et de leurs sources. Certaines données ont de plus fait l'objet d'articles parus dans la presse spécialisée. Le tab. 1 donne un aperçu des sources et des voies d'apport jugées importantes, de même que de la littérature spécialisée.

Le point 2.2 propose un aperçu des principales substances impliquées.

Tab. 1 > Recueils de données et articles spécialisés concernant les diverses sources et voies d'apport de micropolluants

Source	Voie d'apport	Littérature
Agriculture	Dérive, ruissellement, drainage, écoulement des surfaces imperméabilisées, rejet direct dans les égouts	Article «Pesticides dans les cours d'eau suisses – Aperçu de la situation à l'échelle nationale» (Munz et al. 2012). Article «Insektizide und Fungizide in Fliessgewässern» (Moschet et al. 2015). Article «Mikroverunreinigungen aus Nutztierhaltung» (Götz 2012b). Recueil de données «Eintrag östrogener Aktivität aus dem Hofdünger» (Schönborn 2012). Article «Natürliche Toxine» (Bucheli et Wettstein 2013). Rapport technique «Mengenabschätzung: Biozid-Produkte für die Hygiene im Veterinärbereich» (Kupper 2013).
Zone urbanisée	Déversoirs d'orage (réseaux unitaires) et collecteurs d'eaux pluviales *STEP (rejets ponctuels non traités dans la présente analyse)*	Article «Diffuse Einträge aus Siedlungen» (Staufer et Ort, 2012a). Rapport technique «Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz» (Burkhardt et Dietschwiler 2013). Publication dans la série *Connaissance de l'environnement,* «Micropolluants dans les eaux» (Gälli et al. 2009).
Transports	Eaux de chaussée et eaux des voies ferrées	Recueil de données «Strassenverkehr» (Kammer 2012). Article «Auswirkungen von Strassenabwasser auf Oberflächengewässer» (Hürlimann et al. 2011). Article «Emissionen von Mikroverunreinigungen aus dem Bahnverkehr» (Braun et al. 2013).

Source	Voie d'apport	Littérature
Sites pollués, décharges 	Eaux d'infiltration, ruissellement	Recueil de données «Deponien und belastete Standorte» (Madliger et Niederer 2012).
Activités sur et au bord de l'eau	Apport direct	Recueil de données «Aktivitäten im und am Wasser» (BMG 2012). Rapport technique «Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz» (Burkhardt et Dietschwiler 2013).
Atmosphère 	Dépôts atmosphériques sur la surface de l'eau	Recueil de données «Atmosphärische Deposition» (Götz, 2012a).

2.1.1 Agriculture

Une multitude de micropolluants présents dans les eaux de surface proviennent de l'agriculture. Les principaux groupes de substances sont les produits phytosanitaires, les biocides, les médicaments vétérinaires et les œstrogènes contenus dans les déjections, mais aussi les métaux lourds et les toxines naturelles.

Les substances d'origine diffuse peuvent emprunter différentes voies pour parvenir dans les eaux:

Voies d'apport

> **Dérive de pulvérisation ou d'épandage:** Pendant leur application, une partie du purin ou des produits phytosanitaires sont emportés par le vent et parviennent directement dans les eaux ou se déposent sur des surfaces non traitées.

> **Ruissellement:** Dès que le sol ne peut plus absorber l'eau de pluie, l'eau ruisselle à sa surface. On distingue deux types de ruissellement: en cas de ruissellement sur un sol saturé en eau, le niveau de la nappe souterraine remonte jusqu'à la surface du sol, de sorte que l'eau pluviale ne peut plus s'infiltrer et s'écoule en surface. En cas de ruissellement sur sol non saturé en eau, l'intensité des précipitations dépasse la capacité d'infiltration du sol, de sorte que de l'eau s'écoule en surface sans que les couches plus profondes du sol soient saturées. L'eau qui s'écoule rapidement à la surface du sol peut entraîner des substances des terrains agricoles vers les eaux, directement ou via un court-circuit. On appelle ici court-circuit les dépotoirs de routes, mais aussi les regards de visite des réseaux de drainage. Le ruissellement va souvent de pair avec l'érosion, qui engendre un apport supplémentaire de substances.

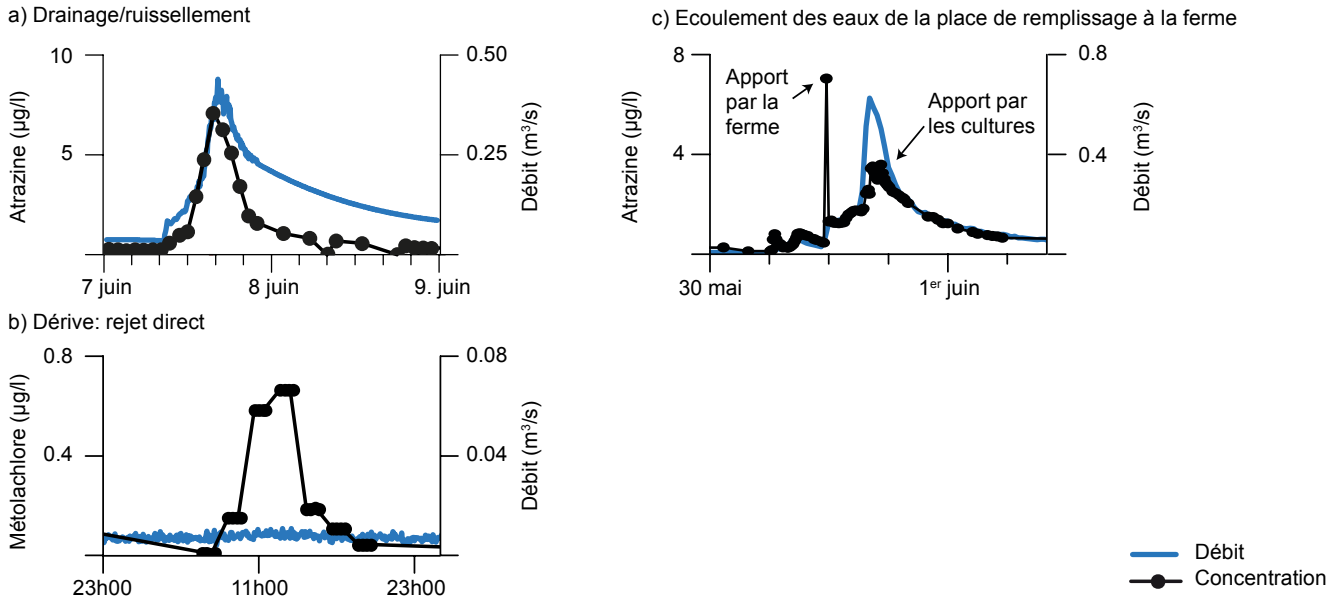
> **Drainage:** L'eau pluviale qui s'infiltre dans le sol est captée par les drainages et déversée dans les eaux. Certaines substances pourtant rapidement dégradées dans le sol (tels quelques produits phytosanitaires) sont déviées via percolation à travers les pores grossiers (macropores) des drains qui servent ainsi de voie de transfert particulièrement efficace. La voie d'apport qui combine macropores et drainage constitue donc un autre court-circuit qui favorise l'écoulement vers les milieux aquatiques.
> **Ecoulement d'eaux pluviales sur les surfaces imperméabilisées:** A l'arrivée de pluie, les substances présentes sur des surfaces imperméabilisées (place de remplissage, routes ou chemins ruraux) sont entraînées vers les eaux de surface via les collecteurs. La présence de ces produits sur des surfaces imperméabilisées est due à une manipulation inadéquate (lors du remplissage ou du nettoyage des pulvérisateurs ou des atomiseurs), à des fuites ou à de la dérive.
> **Rejet direct dans les égouts:** Le déversement d'eau de rinçage ou de nettoyage dans les égouts compte aussi parmi les manipulations incorrectes. Selon le réseau d'égouts, l'eau ainsi polluée parvient directement ou via une STEP dans les eaux de surface (cf. assainissement des agglomérations).

Evolution typique des concentrations dans les cours d'eau

Les émissions de substances épandues sur les cultures agricoles connaissent de fortes variations saisonnières. Les apports dans les eaux atteignent en général les valeurs les plus élevées lors des premières pluies après l'application des substances. Selon la voie d'apport, leur concentration affiche une évolution typique (fig. 2).

Fig. 2 > Dynamique des rejets de micropolluants utilisés dans l'agriculture

a) Durant l'épisode pluvieux, la concentration du produit phytosanitaire atrazine augmente avec le débit, car l'eau qui s'écoule rapidement entraîne la substance vers les eaux de surface; b) en raison de la dérive, le produit phytosanitaire métolachlore affiche un pic de concentration qui est indépendant du débit; c) l'apport par écoulement sur les places de remplissage engendre un bref pic de concentration après le début des précipitations (apport d'atrazine provenant de la surface imperméabilisée), qui est suivi par les apports provenant des drainages et du ruissellement.



Données selon Leu et al. (2004b) (a+c) et Doppler et al. (2012) (b)

Une comparaison entre surfaces agricoles suisses et celles de la majeure partie de l'Europe montre qu'en Suisse une plus grande proportion des substances appliquées est entraînée vers les cours d'eau par ruissellement et via les drainages (Leu et al. 2010). L'écart s'explique pour l'essentiel par des pluies relativement plus abondantes en Suisse, une réalité aggravée par la forte intensité des précipitations durant la période d'application. Pour évacuer l'eau que le sol ne peut pas absorber, un tiers des surfaces d'assolement suisses ont été équipées de drainages (Béguin et Smola 2010) et des systèmes d'évacuation des eaux ont été installés dans le dense réseau de chemins agricoles.

Ruissellement et drainage: principales voies d'apport

La suite décrit plus en détail les trois principaux groupes de substances: produits phytosanitaires, substances utilisées dans l'élevage et toxines naturelles.

2.1.1.1 Produits phytosanitaires

Selon les connaissances actuelles, le groupe des produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture est le plus problématique pour les organismes aquatiques. Ces substances sont utilisées pour réguler la croissance des végétaux (régulateurs de croissance) ou pour les protéger contre la concurrence des adventices (herbicides), la voracité des insectes (insecticides) ou les maladies cryptogamiques (fongicides).

Produits phytosanitaires – le groupe de produits le plus problématique

La quantité de produits phytosanitaires qui parvient dans les milieux aquatiques dépend de divers facteurs:

Facteurs déterminant du transfert vers les milieux aquatiques

- quantité appliquée,
- type de culture traitée (cultures verticales, comme la viticulture et l'arboriculture fruitière, ou les grandes cultures, comme les céréales),
- couverture végétale de l'inter-rang ou autres mesures destinées à réduire l'érosion,
- mode d'application (utilisation de dispositifs réduisant la dérive, p. ex.),
- stade de végétation des cultures,
- paramètres du sol,
- topographie,
- propriétés chimiques de la substance appliquée (sorption, dégradation dans le sol),
- attitude de l'agriculteur (respect des bonnes pratiques agricoles, manipulation judicieuse des produits phytosanitaires),
- conditions météorologiques durant et après la pulvérisation.

En général, seul un petit pourcentage de la quantité épandue parvient dans les eaux de surface. Le taux de déperdition de l'herbicide atrazine variait par exemple entre 0,2 % et 3,5 % sur les champs situés dans de petits bassins versants (Stamm et al. 2012a).

Une faible proportion des produits parvient dans les eaux de surface

L'utilisation de produits phytosanitaires dans l'agriculture contribue pourtant de manière décisive au fait que les concentrations d'un grand nombre de substances actives d'origine agricole dépassent souvent l'exigence chiffrée que l'OEaux fixe à 0,1 µg/l (Munz et al. 2012, Ochsenbein et al. 2015). Les concentrations de beaucoup de ces substances atteignent de plus des valeurs dont on ne peut exclure un impact nocif sur les organismes aquatiques (AWEL 2012, Ochsenbein et al. 2012, Ochsenbein et al. 2015, Wittmer et al. 2014b). Les concentrations les plus élevées de produits phytosani-

Concentration souvent supérieure aux exigences de l'OEaux

taires sont mesurées dans les petits cours d'eau (ordres de Strahler 1 et 2; cf. fig. 11). Certains principes actifs de produits phytosanitaires ne sont pas uniquement autorisés dans l'agriculture, mais aussi comme biocides dans les espaces urbains. Ces substances à double homologation, y compris les biocides purs, sont toutefois nettement moins nocives pour les eaux que les produits phytosanitaires (Wittmer et al. 2014b).

Déficits de la biodiversité aquatique dus aux pesticides

On estime que la pollution par les pesticides (produits phytosanitaires et biocides) est l'un des principaux facteurs responsables du déficit généralisé observé au niveau de la biodiversité des cours d'eau: les autorités du canton de Zurich ont par exemple constaté que les pesticides exercent une influence moyenne à très forte sur les petits organismes aquatiques dans 43 % des 155 sites de prélèvement situés dans le canton (AWEL 2012). Dans le canton de Berne, une détérioration de la biodiversité parmi les petits invertébrés a également été observée dans les cours d'eau très pollués par les pesticides. Dans les ruisseaux et les rivières qui drainent des régions où la proportion de surfaces agricoles est plus faible, les scientifiques ont observé un nombre nettement plus grand d'espèces sensibles aux pesticides (Ochsenbein et al. 2012). Ces constats isolés sont confirmés par l'analyse des études des macroinvertébrés benthiques (macrozoobenthos) menées à l'échelle nationale. Cette analyse a par exemple révélé que la probabilité d'observer un macrozoobenthos en mauvais état augmente avec la proportion de surfaces agricoles dans un bassin versant (Leib 2015).

2.1.1.2 Substances utilisées dans l'élevage

Le purin épandu, source de médicaments vétérinaires, de biocides, de métaux lourds et d'hormones

Utilisées à différentes fins pour la santé et l'hygiène vétérinaires ainsi que comme additifs dans les aliments pour animaux, diverses substances – médicaments vétérinaires, biocides, métaux lourds et hormones naturelles – parviennent directement ou via les déjections dans les engrais de ferme, que les exploitants épandent du printemps à l'automne, mais parfois aussi en hiver, sur les surfaces agricoles et les herbages. A l'instar des produits phytosanitaires, ces substances présentes dans le purin épandu peuvent être libérées par temps de pluie, puis entraînées vers les milieux aquatiques. Quelques études spécifiques et des mesures réalisées dans les eaux de surface ont montré que les taux de transfert du sol et vers les eaux affichent des valeurs similaires pour les médicaments vétérinaires et d'autres substances présentes dans les engrais de ferme que pour les produits phytosanitaires (Burkhardt et al. 2005, Stoob et al. 2007). De simples calculs de modélisation donnent à penser que les médicaments vétérinaires, certains biocides, le cuivre, le zinc et les hormones naturelles peuvent atteindre dans les petits cours d'eau de bassins versants voués à l'agriculture des concentrations potentiellement néfastes pour les organismes aquatiques (Götz 2012b).

Substances actives utilisées pour l'hygiène, le nettoyage et la désinfection

En Suisse, quelque 150 substances actives de biocides, destinés à l'hygiène vétérinaire ou à la désinfection en lien avec les denrées alimentaires ou les aliments pour animaux, sont autorisées dans l'élevage d'animaux de rente. Selon les estimations, environ 900 à 1000 tonnes de ces substances sont utilisées chaque année pour l'hygiène vétérinaire ainsi que pour nettoyer et désinfecter les machines à traire (Kupper 2013). Nombre des substances utilisées se dégradent toutefois rapidement et ne jouent aucun rôle pour les eaux de surface (eau oxygénée et acide formique, p. ex.). Parmi les principes actifs potentiellement néfastes pour l'environnement figurent les composés de l'ion ammonium quaternaire (CAQ) et le dichloroisocyanurate de sodium (DCCNa), dont les

quantités employées en Suisse sont estimées entre 26 et 39 tonnes par an (Kupper 2013). Ne se dégradant guère dans les engrais de ferme, ces substances peuvent en théorie parvenir dans les eaux de surface via l'épandage de purin. Aucune étude n'a jusqu'ici été consacrée à cette voie d'apport.

Métaux lourds dans les aliments

Le zinc, le cuivre, le plomb, le manganèse et le fer, tous des métaux lourds, sont d'une part présents naturellement dans les aliments pour animaux. Ils sont d'autre part ajoutés aux aliments minéraux du bétail pour éviter des carences. Leur concentration moyenne dans divers engrais de ferme permet d'estimer les quantités épandues avec le purin (cf. point 2.2 et tab. 3). Selon des approximations ainsi que des valeurs mesurées du canton de Schaffhouse (cf. point 4.3.2), les concentrations de cuivre et de zinc peuvent dépasser les exigences de l'OEaux par temps de pluie dans les petits cours d'eau (Götz 2012b). Des estimations montrent que, dans le Rhin, entre 0,5 % et 20 % de la charge totale de cuivre et entre 1,5 % et 30 % de celle de zinc proviennent de l'élevage (Hürdler et al. 2015, Götz 2012b). Ces ordres de grandeur correspondent aux estimations de la Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR 2003).

Hormones naturelles: impact difficile à évaluer

En Suisse, les animaux de rente rejettent environ cinq fois plus d'hormones naturelles que la population. L'épandage d'engrais de ferme, succédé de fortes pluies, peut ainsi entraîner des œstrogènes dans les milieux aquatiques. Une étude suisse a mesuré une activité hormonale (exprimée en équivalent estradiol ou EEQ) atteignant 20 ng EEQ/l dans l'eau des drainages (Schönborn 2012). En cas de faible dilution, ces mêmes concentrations dépasseraient brièvement le critère de qualité relatif à l'exposition chronique de 4 ng EEQ/l (pour les critères de qualité, cf. Centre Ecotox 2014). L'impact de ces pics de concentration sur la faune et la flore des petits cours d'eau est toutefois inconnu. La concentration moyenne d'estradiol dans les effluents de STEP avoisine 3 ng/l (Abegglen et Siegrist 2012). Les concentrations dans le Rhin étant très faibles, il est impossible d'établir un bilan de cette substance pour la Suisse (Götz 2012b). Des estimations réalisées en Grande-Bretagne montrent toutefois que les hormones naturelles rejetées par l'élevage d'animaux de rente représentent environ 15 % de la charge total d'œstrogènes (Johnson et al. 2006).

Antibiotiques et antiparasitaires

Parmi les médicaments vétérinaires, ce sont les antibiotiques et les antiparasitaires qui représentent le plus grand potentiel nocif pour les organismes aquatiques. En ce qui concerne les quantités, les antibiotiques sont plus utilisés que les antiparasitaires. Ce sont surtout les exploitations d'engraissement d'animaux qui ont recours aux antibiotiques. Parmi ceux administrés dans l'élevage, les sulfonamides constituent sans doute, compte tenu des quantités administrées et des propriétés chimiques, le principal risque pour les milieux aquatiques. Des prélèvements isolés dans des cours d'eau et des campagnes détaillées sur le terrain montrent clairement que ces substances atteignent cependant des concentrations potentiellement nocives uniquement dans les cours d'eau les plus petits des régions où l'usage d'antibiotiques est très fréquent (Stoob et al. 2007).

Même si certaines sont utilisées en grandes quantités, les substances employées dans l'élevage ne représentent vraisemblablement, à l'exception de quelques métaux lourds, qu'une faible proportion de la charge polluante totale, car elles sont en partie retenues et dégradées durant leur passage dans les engrais de ferme et les sols. Il apparaît que ces substances sont également moins nocives pour les organismes aquatiques que les produits phytosanitaires. De grosses incertitudes demeurent cependant, en particulier pour ce qui est des hormones naturelles.

Les substances issues de l'élevage moins problématiques que les produits phytosanitaires

2.1.1.3 Toxines naturelles

La nature produit de nombreux poisons, qui sont classés selon leur provenance: toxines bactériennes, mycotoxines (produites par des champignons), phycotoxines (algues), phytotoxines (végétaux) et zootoxines. Un grand nombre de micropolluants naturels peuvent donc être lessivés des surfaces agricoles et des herbages et parvenir dans les milieux aquatiques. Ces substances sont loin d'être inoffensives puisque les mycotoxines sont capables de provoquer par exemple une activité hormonale.

Poisons naturels

Des études ont révélé que les quantités de toxines naturelles générées sur les surfaces agricoles sont comparables à celles des produits phytosanitaires appliqués sur les cultures (de 50 à 1000 g/ha et par saison). Toutefois, seule une petite partie de ces substances parviennent dans les milieux aquatiques, tout comme dans le cas des produits phytosanitaires (Bucheli et Wettstein 2013).

Faible taux de transfert vers les eaux

Des études écotoxicologiques appropriées faisant défaut, il est actuellement difficile d'évaluer l'impact des toxines naturelles, présentes le plus souvent en concentrations de l'ordre du nanogramme par litre, sur les organismes aquatiques. On peut admettre en général que cet impact est inférieur à celui des hormones naturelles provenant de l'élevage d'animaux de rente, car l'œstrogénicité des toxines naturelles est moins élevée. Seules quelques substances ont fait l'objet d'études à ce propos. Ces dernières années, la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) a mené des études approfondies sur les isoflavones (phytotoxines aux propriétés œstrogéniques produites par le trèfle rouge) et le zéaralenone (une mycotoxine). Les résultats montrent que des problèmes localisés peuvent survenir en cas de forte attaque de fusaries ou lorsque des herbages contiennent une proportion élevée de trèfle rouge (Bucheli et Wettstein 2013).

Impact mal connu sur les milieux aquatiques

2.1.2 Zones urbanisées

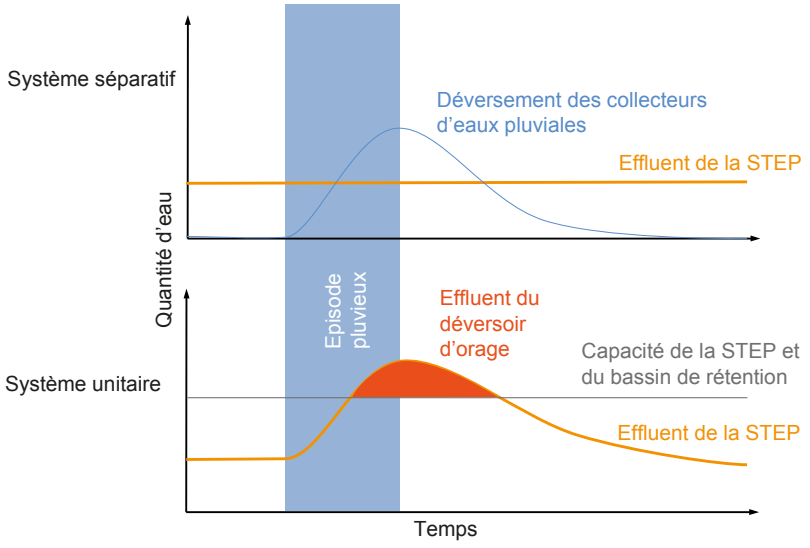
Les eaux issues des zones urbanisées – eaux usées des ménages, de l'industrie et de l'artisanat, ainsi que les eaux météoriques – doivent être évacuées. Ces eaux sont captées dans des réseaux unitaires ou séparatifs, l'OEaux prescrivant que les eaux usées considérées comme non polluées (celles des toits, p. ex.) soient infiltrées, si possible. Des eaux usées contaminées et des micropolluants peuvent cependant parvenir directement dans les eaux superficielles sans avoir été traitées à la STEP via des voies d'apport diffus:

Eaux relâchées par les déversoirs d'orage en cas de fortes pluies

Déversoirs d'orage des réseaux unitaires: Environ 70 % des égouts en Suisse sont des réseaux unitaires (Maurer et al. 2012). Dans de tels réseaux, les égouts évacuent non seulement les eaux usées des ménages, de l'industrie et de l'artisanat, mais aussi les eaux pluviales non infiltrées provenant de surfaces imperméabilisées (comme l'eau des toits et les eaux de chaussée). En cas de précipitations abondantes, la STEP et les égouts sont surchargés et les eaux mixtes, c'est-à-dire les eaux pluviales et les eaux usées non traitées, sont déviées temporairement vers des bassins de rétention. Lorsque ceux-ci sont pleins, ces eaux se déversent directement dans les eaux de surface (fig. 3). Selon les estimations, environ 3,5 % des eaux domestiques non traitées et environ 33 % des eaux pluviales collectées dans les zones urbanisées parviennent ainsi directement dans les milieux aquatiques (Staufer et Ort 2012a). Il est ainsi possible que des eaux domestiques non traitées soient déversées dans des tronçons de cours d'eau qui ne reçoivent pas d'effluent de STEP (Wittmer et al. 2010).

Fig. 3 > Evolution des débits dans un système séparatif et dans un système unitaire

En haut: dans le système séparatif, la quantité d'eau (eaux usées domestiques) déversée vers la STEP n'augmente pas, ni avant ni après l'épisode de pluie, et le débit à la sortie de la STEP demeure constant. Les eaux pluviales (voie d'apport diffus) sont collectées séparément et déversées directement dans les eaux de surface. En bas: dans le système unitaire, la quantité d'eaux usées augmente durant les précipitations, de même que la quantité d'eaux à traiter. Lorsqu'elle dépasse la capacité de la STEP et des bassins de rétention, une partie des eaux usées diluées par les eaux pluviales mais non traitées est déversée dans les eaux de surface (voie d'apport diffus).



Déversement direct des eaux pluviales

Collecteurs d'eaux pluviales: Les réseaux séparatifs comprennent deux réseaux distincts: un réseau d'égouts qui évacue les eaux usées des ménages, de l'industrie et de l'artisanat vers la STEP et un réseau de collecteurs pour les eaux pluviales non polluées (fig. 3). Les eaux pluviales se déversent directement dans les eaux de surface ou s'infiltrent dans les eaux souterraines. Dans les zones urbanisées, les eaux pluviales proviennent par exemple des dépotoirs de route, des toits ou des espaces verts. Un système séparatif comporte un nombre nettement plus élevé de points de déversement dans les cours d'eau qu'un système unitaire.

Substances provenant des zones urbanisées

Les groupes de substances évacuées par les déversoirs d'orage des réseaux unitaires et les collecteurs d'eaux pluviales diffèrent quelque peu. Les eaux des ménages, présentes uniquement dans les eaux mixtes, contiennent par exemple des produits domestiques, des principes actifs de médicaments et des perturbateurs endocriniens. Les eaux pluviales s'écoulant des chaussées, des toits, des façades et des espaces verts contiennent surtout des substances provenant du trafic, de la protection des métaux (hydrocarbures, métaux lourds, biocides, etc.), ainsi que des produits phytosanitaires employés dans les jardins familiaux, sur les espaces verts et les talus, ainsi que ceux utilisés illégalement sur les surfaces imperméabilisées (Gerecke et al. 2002, Krebs et al. 2008, Mahler et Moschet 2008, Wittwer et Gubser 2010). Selon une comparaison avec les substances appliquées dans l'agriculture, les taux de déperdition sont plus élevés dans le cas des produits phytosanitaires et des biocides utilisés dans les zones urbanisées. Pour certains produits phytosanitaires, on a en effet mesuré des taux de déperdition jusqu'à dix fois plus élevés (Blanchoud et al. 2004, Blanchoud et al. 2007, Wittmer et al. 2011).

Dépôts de polluants mobilisés par les pluies

La dynamique des rejets de micropolluants provenant des zones urbanisées ne dépend pas seulement de facteurs hydrologiques (fig. 3), mais aussi des dépôts de polluants dans le bassin versant et de leur mobilisation par la pluie. Ces dépôts sont en général présents sur les chaussées et les places, mais aussi sur l'enveloppe des bâtiments et les espaces verts (usure du matériel roulant, polluants atmosphériques, produits phytosanitaires, biocides, etc.). Selon leur provenance, ces dépôts sont emportés au début, voire pendant l'épisode pluvieux.

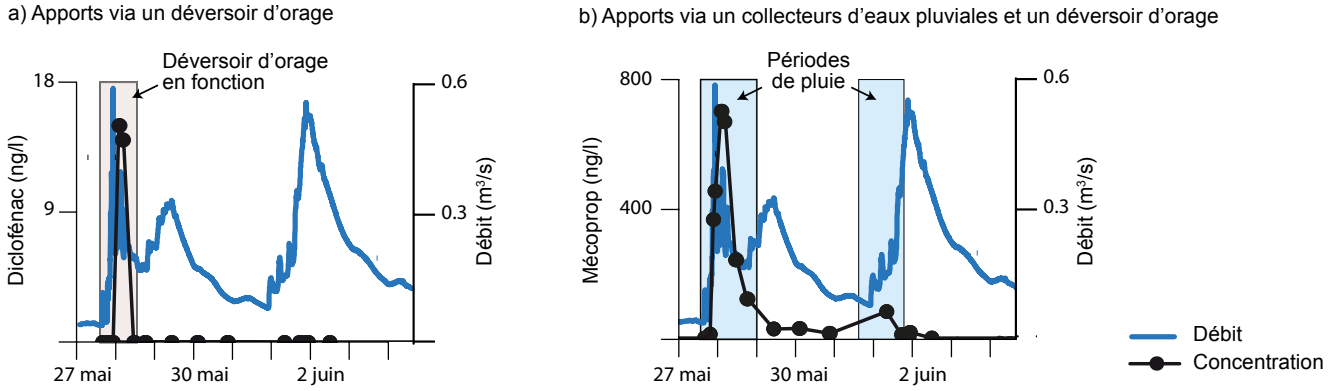
Saisonnalité

Outre la dynamique liée aux épisodes de pluie, certaines substances présentent aussi une saisonnalité: dans les zones urbanisées (jardins privés et espaces verts), les produits phytosanitaires sont surtout appliqués durant la période de végétation, c'est-à-dire au printemps et en été; à l'inverse, les eaux usées domestiques contiennent par exemple nettement plus de résidus d'antibiotiques durant l'hiver qu'en été.

La figure 4 illustre la pollution engendrée dans un cours d'eau par des substances provenant des deux voies d'apport diffus décrites ci-dessus. Dans les deux cas, on observe des pics de concentration très marqués, mais limités dans le temps.

Fig. 4 > Concentrations de deux micropolluants dans un cours d'eau qui draine un bassin versant dépourvu de STEP

a) Les concentrations sont engendrées par deux épisodes pluvieux: a) durant le premier épisode (pointes de débit du 28 mai), le déversoir d'orage du système unitaire entre en fonction, de sorte que du diclofénac (un analgésique couramment présent dans les eaux usées domestiques) parvient dans les eaux; b) du mécoprop (biocide employé notamment pour protéger les matériaux des façades et des toits plats) parvient dans le milieu aquatique au cours des deux épisodes pluvieux: durant le premier, via le déversoir d'orage et le collecteur d'eaux pluviales, durant le second (pointes de débit du 2 juin) uniquement via le collecteur d'eaux pluviales. Durant le deuxième épisode pluvieux, le déversoir d'orage n'entre pas en fonction.



Données selon Wittmer et al. (2010)

Les petits et moyens cours d'eau sont les plus touchés

Les substances empruntant ces deux voies d'apport sont les plus nocives pour les petits et moyens cours d'eau, car ceux-ci ne possèdent pas une grande capacité de dilution. De simples estimations calculées pour les cas les plus défavorables ainsi que diverses campagnes de mesure menées par l'Eawag montrent que les voies d'apport diffus déversent à court terme des charges élevées de micropolluants dans les milieux aquatiques. En raison de ces apports, les concentrations peuvent dépasser les exigences chiffrées fixées par l'OEaux pour les cours d'eau et être potentiellement dangereuses pour les organismes aquatiques (Burkhardt et al. 2011, Chèvre et al. 2011, Staufer et Ort 2012a, Staufer et Ort 2012b).

Pesticides et métaux lourds plus problématiques que les médicaments

Les apports via les déversoirs d'orage de substances présentes dans les eaux usées domestiques, tels les résidus de médicaments, n'engendrent des concentrations critiques quant à la qualité écotoxicologique des eaux que dans des situations très particulières (lorsque les substances sont très toxiques ou en cas de déversement dans de petits cours d'eau). Les substances contenues dans les eaux pluviales, en particulier les pesticides et les métaux lourds, directement déversées dans les cours d'eau via les collecteurs d'eaux pluviales présentent vraisemblablement un risque plus élevé. Des études réalisées par l'Eawag et par l'OED (Office des eaux et des déchets) du canton de Berne révèlent en effet que les apports diffus de pesticides provenant des zones urbanisées peuvent provoquer des concentrations critiques pour les organismes aquatiques (Ochsenbein et al. 2012, Stamm et al. 2012b, Wittmer et al. 2010).

2.1.3 Transports

2.1.3.1 Eaux de chaussée

Les eaux de chaussée, un riche cocktail de substances

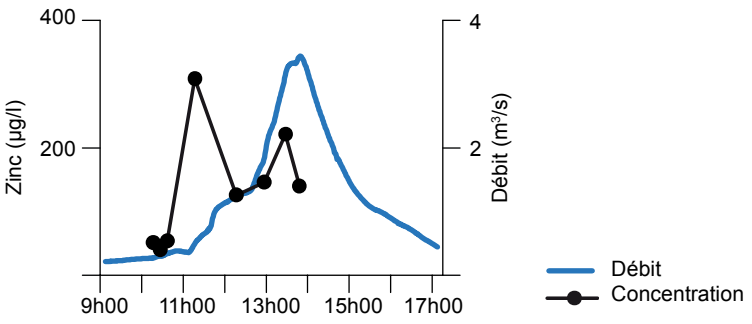
Pour des raisons topographiques, les routes longent souvent un cours d'eau. Une proportion considérable des eaux de chaussée sont déversées directement dans les eaux de surface ou évacuées par infiltration dans les bas-côtés. En fonctionnement normal, le trafic routier motorisé émet toute une série de polluants, qui ne s'échappent pas seulement dans l'air, mais se déposent également sur la chaussée et aux alentours et qui peuvent être emportés par ruissellement en cas de pluie. Ces émissions proviennent de l'usure des freins et des pneus, de la corrosion et du lessivage des matériaux, ainsi que des gaz d'échappement et des fuites. Les eaux de chaussée peuvent donc être polluées par des matières en suspension (MES), des métaux lourds et des substances organiques, tels les hydrocarbures aliphatiques et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), ainsi que des additifs de l'essence (MTBE, ETBE) et, selon les cas, également des produits phytosanitaires. Durant l'hiver, les eaux de chaussée charrient parfois des concentrations accrues de chlorures de sodium, qui provient du salage des routes (Hürlimann et al. 2011, Kammer 2012).

Mobilisés par la pluie

La figure 5 illustre la pollution d'un petit cours d'eau (ici, par le zinc) provoquée par le déversement des eaux de chaussée. Par temps sec, les polluants s'accumulent sur les routes et ne sont mobilisés qu'au début d'un épisode pluvieux. Peu après les premières gouttes, l'écoulement de la pluie entraîne rapidement les dépôts de polluants. Le plus souvent, la totalité des substances accumulées gagnent le cours d'eau en un court laps de temps (phénomène de «first flush»).

Fig. 5 > Concentration de zinc dans un petit cours d'eau engendrée par le déversement d'eaux de chaussée

Les dépôts de polluants étant emportés dès le début de l'épisode pluvieux, les concentrations de zinc dans l'eau atteignent leur maximum des heures avant que le débit du cours d'eau n'arrive à son pic. Pendant une brève période, la concentration de zinc dépasse alors nettement l'exigence de l'OEaux (5 µg/l).



Données selon Ochsenbein et al. (2008)

Fortes concentrations de métaux lourds dans les eaux de chaussée

Des estimations du cas le plus défavorable ont montré que, après une averse relativement forte, tous les métaux étudiés pourraient dépasser nettement, pendant une brève période, aussi bien les critères de qualité écotoxicologique que les exigences chiffrées de l'OEaux (Kammer 2012). Il est donc impossible d'exclure d'éventuels effets sur les organismes aquatiques. Les conditions locales sont cependant déterminantes: superficie de la chaussée drainée, densité du trafic, présence d'une installation de traitement et taux de dilution des eaux déversées dans le milieu récepteur.

Concentrations dans le Rhin

Selon les calculs, les concentrations que toutes les substances d'origine routière atteindraient dans le Rhin dans le pire des cas demeurent toutefois nettement inférieures aux exigences chiffrées de l'OEaux. Selon la substance considérée, la charge polluante provenant des eaux de chaussée représente néanmoins jusqu'à un tiers de la charge polluante mesurée dans le Rhin (env. 30 % pour le zinc, 10 % pour le plomb et 8 % pour le cuivre) (Kammer 2012).

2.1.3.2 Eaux des voies ferrées

Infiltration ou déversement dans les eaux de surface

Sur de longs tronçons du réseau ferroviaire, les eaux pluviales s'infiltrent directement dans le sol. Certaines portions du réseau suisse de voies ferrées longent des eaux de surfaces et les eaux pluviales se déversent alors directement dans ces eaux. Diverses substances parviennent ainsi dans les milieux aquatiques. Dans les villes, l'exploitation de réseaux de trams engendre des émissions similaires. Captées par le réseau d'assainissement, elles sont le plus souvent déversées dans les eaux de surface.

Métaux lourds et hydrocarbures

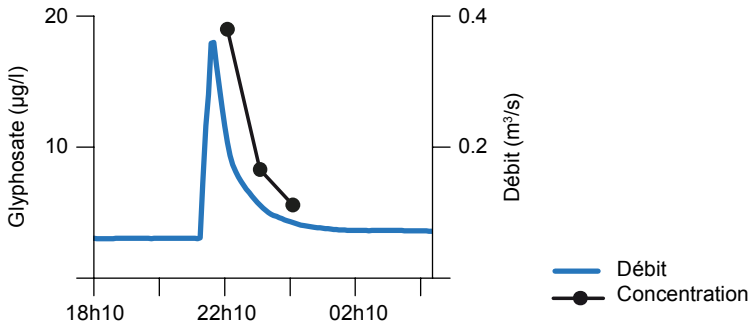
Les émissions provoquées par les voies ferrées proviennent en grande partie de l'usure des freins, des lignes de contact et des pantographes, ainsi que du frottement des roues sur les rails. Les émissions dues à l'usure sont en majorité constituées de métaux lourds, la plupart sous forme particulaire. Le graissage des branchements, les traverses en bois imprégnées d'huile de goudron et la lubrification désormais très limitée de l'interface roue-rail sont à l'origine d'émissions contenant des hydrocarbures (HAP, p. ex.) (Braun et al. 2013).

Apports par temps de pluie

En ce qui concerne l'application d'herbicide, du glyphosate en l'occurrence, le long des voies ferroviaires, des prélèvements effectués dans un cours d'eau en aval du point de déversement d'eaux des voies ferrées ont montré que la concentration de ce polluant est maximale au début du premier épisode pluvieux qui suit l'application du produit et qu'elle diminue ensuite rapidement (fig. 6). Au cours des pluies successives, la concentration de glyphosate dans le cours d'eau suit la même courbe, mais affiche des concentrations plus faibles (données non illustrées).

Fig. 6 > Courbe de concentration du glyphosate

Courbe de concentration du glyphosate mesurée dans un cours d'eau situé en aval du point de déversement d'eaux des voies ferrées lors du premier épisode pluvieux après l'application du produit. La courbe de concentration évolue de façon comparable à celle du débit du cours d'eau.



Données selon Braun et Gälli (2011)

Une estimation du cas le plus défavorable montre que l'herbicide glyphosate, son métabolite (AMPA) et certains métaux lourds (chrome, cuivre et zinc) constituent un risque potentiel pour les petits cours d'eau. Il est cependant impossible d'évaluer les effets écotoxicologiques du déversement d'eaux provenant des voies ferrées dans ce type de cours d'eau, car les pics de pollution sont brefs, leurs propriétés ne sont pas connues et certains critères écotoxicologiques font défaut (Braun et al. 2013).

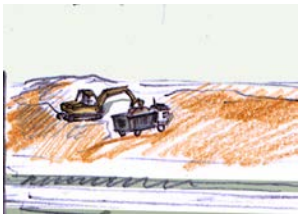
Risque non négligeable dû aux herbicides et aux métaux lourds

La teneur en polluants des eaux de voies ferrées est moins élevée que celle des eaux de chaussées, toutes substances confondues (Braun et al. 2013). Selon l'estimation du cas le plus défavorable, environ 1 % de la charge de zinc dans le Rhin à la hauteur de Bâle provient du réseau ferroviaire.

Eaux des voies ferrées moins critiques que les eaux de chaussée

2.1.4 Sites pollués

Selon la définition qu'en donne l'ordonnance sur les sites contaminés, les sites pollués sont des emplacements d'une étendue limitée pollués par des déchets. Ils comprennent: 1) les sites de stockage définitif (décharges désaffectées ou encore exploitées, ainsi que tout autre lieu de stockage définitif de déchets); 2) les aires d'exploitation (sites pollués par des installations ou des exploitations désaffectées ou encore exploitées dans lesquelles ont été utilisées des substances dangereuses pour l'environnement); 3) les lieux d'accident (sites pollués à la suite d'événements extraordinaires, pannes d'exploitation comprises) (OSites 1998).



Sites pollués – définition

Parmi les données rassemblées dans «Deponien und belastete Standorte» (Madliger et Niederer 2012), on trouve un examen des sites de stockage définitif et des aires d'exploitation figurant dans le cadastre des sites pollués (OFEV 2013c) et qui se situent à 40 mètres, voire à une distance inférieure, d'eaux de surface. Selon le cadastre, 6000 sites correspondent à ce critère.

6000 sites situés à proximité d'eaux de surface

Voies d'apport

Les micropolluants provenant des sites contaminés peuvent parvenir dans les eaux de surface par les voies suivantes:

> déversements directs de lixiviat (de décharge);
> apport de lixiviat (de décharge) par exfiltration d'eaux souterraines dans les eaux de surface;
> ruissellement superficiel;
> érosion entraînant directement des matériaux pollués dans les eaux de surface.

Le lixiviat, principale source de pollution

Le lixiviat constitue la principale source de pollution des eaux lorsqu'il s'agit de décharges et de sites pollués. La dynamique des rejets est principalement déterminée par la durée du processus de percolation. Dans les cas défavorables, il peut ainsi arriver que le flux de lixiviat atteigne son maximum quand le débit du cours d'eau récepteur a à nouveau diminué après un épisode pluvieux.

Grande variété de substances

Les charges annuelles de micropolluants ont été estimées à partir des concentrations dans les lixiviats publiées dans des ouvrages sur les décharges et les sites pollués. Compte tenu de la variété des substances en présence et de l'ancienneté des décharges et des sites d'exploitation, dont l'historique n'est pas toujours entièrement documenté, il est toutefois impossible d'établir un recensement exhaustif des micropolluants impliqués. Outre les métaux lourds et quelques composés organiques spécifiques (HAP, PCB et bisphénol A), peu de micropolluants ont été analysés dans ce contexte, de sorte que les données disponibles sont limitées (Madliger et Niederer 2012).

Décharges encore exploitées: principale source de micropolluants

L'analyse de la littérature spécialisée révèle que la majeure partie de la pollution pouvant parvenir dans les milieux aquatiques provient des décharges encore exploitées, car les décharges fermées et étanchéifiées produisent nettement moins de lixiviat. Les lixiviats d'une décharge désaffectée peuvent néanmoins polluer les milieux aquatiques si l'étanchéification est insuffisante ou qu'elle a été endommagée. En 2007, par exemple, du PCB a été détecté dans les poissons de la Sarine en aval de la décharge de La Pila, pourtant désaffectée en 1973. A cet emplacement, la concentration de PCB atteignait douze fois la valeur limite de l'OMS (8 ng TEQ-OMS/kg de poissons frais) (Schmid et al. 2010).

Dépassements des critères de qualité dans les petits cours d'eau

Les concentrations calculées pour les petits cours d'eau à partir des estimations de charges annuelles révèlent que les critères de qualité écotoxicologique sont parfois nettement dépassés. Cela concerne les concentrations estimées de certains métaux lourds (plomb, cadmium, chrome, mercure et zinc) dans un cours d'eau d'un débit de 20 l/s. Selon ces mêmes calculs, les micropolluants organiques ci-après dépassent également les critères de qualité écotoxicologique: bisphénol A, ignifugeant BDE-47, HAP, tributylétain et mécoprop. Les estimations font surtout état de dépassements pour les décharges bioactives (métaux lourds, bisphénol A, HAP) et les sites d'exploitation (BDE-47, HAP, tributylétain et mécoprop) (Madliger et Niederer 2012).

Faible apports dans le Rhin

Selon les estimations, les métaux lourds provenant de décharges et de sites pollués ne constituent qu'un faible pourcentage de la charge totale mesurée dans le Rhin. L'arsenic issu de ces sources représente 0,3 % environ de cette charge totale et le mercure 3,1 % environ. Ces chiffres correspondent à une charge annuelle de 150 kg

d'arsenic et de 7,7 kg de mercure. A l'exception du bisphénol A et du nonylphénol, les micropolluants organiques connus occupent une place nettement moindre dans la charge totale (Madliger et Niederer 2012).

Singularité des sites pollués

En raison du manque de données disponibles, les concentrations de polluants provenant des différents sites ont été estimées selon une approche simplifiée. Il est dès lors impossible d'exclure que d'autres substances, non mentionnées ici, représentent un risque pour les eaux de surface. Chaque site est en effet à considérer individuellement et seule une étude consacrée à l'historique des déchets entreposés peut permettre de tirer des conclusions sur le contenu de la décharge.

Assainissement des sites pollués

Afin de protéger au mieux les eaux de surface des apports de polluants provenant de sites pollués, l'ordonnance sur les sites contaminés exige que ceux-ci soient assainis s'ils causent des atteintes nuisibles ou incommodantes à l'environnement, ou s'il existe un danger concret que de telles atteintes apparaissent (OSites 1998). L'ordonnance sur le traitement des déchets vise par ailleurs à prévenir tout nouveau risque engendré par des déchets (OTD 1990).

2.1.5 Activités sur et au bord de l'eau

Les activités sur et au bord de l'eau qui provoquent d'importants rejets de polluants comprennent la navigation, l'utilisation des eaux de surface dans des circuits de refroidissement (refroidissement de centrales nucléaires, p. ex.), la baignade et la construction d'ouvrages dans ou au bord de l'eau (BMG 2012).

Agents antisalissure dans les peintures de bateaux

Les biocides contenus dans les agents antisalissure (antifouling) des peintures de bateaux peuvent parvenir directement dans les milieux aquatiques (Konstantinou et Albanis 2004, Nystrom et al. 2002). En Suisse, sept substances actives entrent principalement dans la composition de tels produits et, du point de vue quantitatif, ce sont les substances à base de cuivre qui dominent (Burkhardt et Dietschwiler 2013). L'apport de biocides via des agents antisalissure est considérablement plus élevé durant l'été, puisque la plupart des bateaux passent l'hiver en cale sèche. Les plus grandes concentrations sont à prévoir dans les ports qui accueillent beaucoup de bateaux et où le brassage de l'eau est faible. Dans le Léman, on a ainsi mesuré des concentrations d'irgarol, une substance qui n'est plus autorisée, supérieures à 0,1 µg/l (Nystrom et al. 2002). Cette valeur équivaut à un multiple du critère de qualité relatif à la pollution aiguë (0,013 µg/l) et du critère de qualité relatif à la pollution chronique (0,0023 µg/l) (pour les critères de qualité, cf. Centre Ecotox 2014). Aucune mesure n'est jusqu'ici disponible pour les substances employées actuellement comme agent antisalissure. Des estimations basées sur des modélisations ne permettent cependant pas d'exclure que ces substances aient des effets écotoxicologiques sur les organismes aquatiques qui peuplent les ports (BMG 2012).

Filtres UV des crèmes solaires

Durant l'été, les baigneurs constituent la voie d'apport direct de filtres UV des crèmes solaires dans les eaux de surface. Quelques filtres UV chimiques ont été identifiés comme perturbateurs endocriniens potentiels et il a été postulé qu'ils représentent, du moins en mélange, un risque accru pour les organismes aquatiques (PNR 50 2008). Parmi les filtres UV les plus vendus figuraient en 2001 les substances suivantes: OC,

OMC, BP3 et 4-MBC. Des estimations du cas le plus défavorable d'apports de ces substances dans les lacs mentionnent des concentrations de l'ordre de 30 à 90 ng/l. Des analyses réalisées dans des lacs de baignade indiquent des concentrations similaires. Les concentrations estimées et mesurées demeurent ainsi inférieures aux valeurs PNEC (*predicted no effect concentration,* soit la concentration maximale, sans effets nocifs attendus pour l'environnement) (BMG 2012).

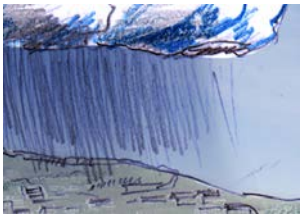
Ouvrages construits dans les eaux

Des ouvrages qui se trouvent dans l'eau, comme les piliers de ponts et les débarcadères, rejettent continuellement des polluants dans les eaux de surface. Selon le type de construction, ces polluants sont des métaux lourds, tels le cuivre et le zinc, des biocides provenant des agents de protection du bois et de matériaux ainsi que des produits entrant dans la composition du béton par exemple. Seules de rares données existent sur ce type d'immission dans les milieux aquatiques. Des estimations très approximatives du lessivage d'additifs du béton, à l'exemple des éthers de polycarboxylate, montrent que ce groupe de produits ne représente aucun danger. En ce qui concerne le cuivre et le zinc, ainsi que l'IPBC et le dichlofluanide (deux produits de préservation du bois), des estimations similaires font cependant état, en particulier pour les immissions de cuivre, de risques potentiels pour les organismes aquatiques des eaux stagnantes (BMG 2012).

Agents désinfectants dans l'eau de refroidissement

Les eaux de surface utilisées à des fins de refroidissement subissent en général un prétraitement et les installations doivent être périodiquement entretenues et nettoyées. C'est surtout pour le nettoyage (désinfection) que l'on utilise des biocides (hypochlorite de sodium et dioxyde de chlore, p. ex.). Ces substances, de même que celles issues de leur réaction et de leur dégradation, parviennent dans les eaux de surface avec l'eau de refroidissement. Dans le cas de dispositifs comprenant une tour de refroidissement ouverte, l'eau de refroidissement peut de plus contenir des polluants atmosphériques. Selon les estimations du cas le plus défavorable, les charges d'agents désinfectants provenant des eaux de refroidissement demeurent nettement inférieures aux exigences de l'OEaux dans les moyens et grands cours d'eau. L'exemple d'une désinfection massive au dioxyde de chlore révèle toutefois que la concentration mesurée ensuite dans de petits cours d'eau (où le rapport eau de refroidissement/débit du milieu récepteur est de 1 à 3) dépasse de cinq fois environ l'exigence de l'OEaux régissant le déversement d'eaux usées industrielles dans les eaux pour les composés organiques volatils chlorés (COVC) (BMG 2012).

2.1.6 Dépôts atmosphériques directs



Transports de polluants sur de grandes distances

Des micropolluants peuvent également parvenir directement dans les milieux aquatiques par déposition de polluants atmosphériques. Ces polluants proviennent de processus industriels (usines d'incinération d'ordures ménagères, p. ex.), d'autres types de combustion (chauffage et trafic routier, p. ex.), de substances gazeuses dégagées par les agents de protection des matériaux et de la déperdition dans l'atmosphère de substances appliquées dans l'agriculture. Une fois dans l'atmosphère, les polluants peuvent être transportés sur de longues distances. Il est ainsi possible de détecter dans l'Arctique des produits comme du DDT, qui aura très probablement été appliqué dans les régions tropicales (Götz et al. 2008, Scheringer 2009).

Dépôts humides et dépôts secs

Parmi les dépôts atmosphériques, on distingue les dépôts humides et les dépôts secs. Les premiers résultent du lessivage atmosphérique de substances par la pluie ou la neige. Les seconds proviennent de la déposition des substances par des particules solides, la dispersion et la gravitation jouant les rôles principaux. Le taux de déposition est en général continu et augmente lors des précipitations.

Substances organiques apolaires et persistantes

Les substances organiques apolaires et persistantes (PCB, ignifugeants, pesticides apolaires, tensioactifs perfluorés ou polyfluorés, AP) ainsi que les métaux lourds (Bogdal et al. 2010, Müller et al. 2011) dominent parmi les groupes de substances rencontrées. Les substances persistantes volatiles ou semi-volatiles, comme les PCB légers, les dioxines, les HAP et les tensioactifs, se dispersent uniformément dans l'atmosphère et gagnent les eaux de surface par déposition. La comparaison de mesures et de valeurs calculées ont révélé que les PCB et les dioxines présentent une probabilité relativement élevée de parvenir dans les eaux via les dépôts atmosphériques. Selon les modélisations, ces substances n'atteignent toutefois pas des concentrations critiques dans la phase aqueuse (Götz 2012a). Des relevés ont montré que les poissons vivant dans des eaux de surface où les polluants ne parviennent que via les dépôts atmosphériques (lacs de montagne et cours d'eau alpins, p. ex.) ne présentent pas des concentrations de PCB et de dioxines supérieures aux valeurs maximales admissibles pour les poissons (OSEC 1995) (Schmid et al. 2010). Les dépôts atmosphériques engendrent cependant une charge permanente de polluants organiques persistants, qui peuvent s'accumuler dans l'organisme. Même dans les eaux de surface épargnées par les autres apports de polluants, ces substances peuvent constituer un problème pour les organismes aquatiques sensibles (Götz 2012a). Toutefois, s'il arrive que les PCB et les dioxines atteignent des concentrations critiques, c'est uniquement dans les poissons pêchés dans les cours d'eau où la charge polluante provient d'autres sources, telles les décharges et les stations d'épuration (Schmid et al. 2010).

2.2 Aperçu des principales substances impliquées

Groupes de substances les plus problématiques pour les milieux aquatiques

Les groupes de substances particulièrement critiques pour les milieux aquatiques comprennent celles qui sont employées pour leur activité biologique, en premier lieu les produits phytosanitaires et les biocides, de même que les médicaments à usage humain et les médicaments vétérinaires. D'autres substances problématiques pour les eaux de surface suisses, dont même des concentrations infimes peuvent porter atteinte aux organismes aquatiques, comprennent par exemple les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), quelques métaux lourds et des perturbateurs endocriniens (substances actives des pilules contraceptives, filtres UV, hormones naturelles). Ces groupes de substances figurent dans le tableau 2, de même que leurs sources et leurs voies d'apport.

Comme l'indique le tableau 2, les zones urbanisées sont à l'origine de l'apport du plus grand nombre de substances, tandis que les métaux lourds constituent le groupe qui compte le plus grand nombre de sources.

Composés organiques de synthèse en grand nombre

Il est difficile d'estimer le nombre des composés organiques de synthèse utilisés en Suisse qui peuvent parvenir dans les eaux et y jouer le rôle de micropolluants. Quelque 5500 substances isolées figurent au registre INDOTOX. Lorsqu'un produit est composé de plusieurs substances, celles-ci ne sont pas enregistrées individuellement. Certaines mixtures pourraient comprendre au total plus de 100 000 composés différents (entretiens personnels OFEV, OFSP, SECO). Les composés actifs de produits phytosanitaires et de médicaments homologués en Suisse ne sont pas tous inscrits dans ce registre, mais sont recensés dans l'ordonnance sur les produits phytosanitaires ou dans une liste établie par Swissmedic. Le tableau 3 donne une vue d'ensemble du nombre estimé de substances impliquées dans les apports de sources diffuses.

Tab. 2 > Classement des micropolluants étudiés selon les principales sources et voies d'apport

Source	Agriculture	Zones urbanisées		Transports		Sites pollués	Activités sur et au bord de l'eau	Divers
Voie d'apport	Ruissellement superficiel Drainages Dérive dans l'atmosphère Ecoulement sur des surfaces imperméabilisées	Déversoirs d'orage	Collecteurs d'eaux pluviales	Eaux de chaussée	Eaux des voies ferrées	Lixiviat (de décharge)	Apport direct	Dépôts atmosphériques directs
Groupe de substances critiques								
Produits chimiques domestiques		x						x
Métaux lourds	x	x	x	x	x	x	x	x
Composés actifs des biocides	x	x	x				x	x
Composés actifs des produits phytosanitaires	x	x	x	x	x	x		x
Toxines naturelles	x							x
Médicaments à usage humain		x						
Médicaments vétérinaires	x	x						
Perturbateurs endocriniens:								
hormones naturelles	x	x						
hormones de synthèse	x	x						
filtres UV, nonylphénol, bisphénol A		x				x	x	
Autres substances:								
benzotriazole (agent anticorrosif)		x						
HAP		x	x	x	x	x	x	x
MTBE (additif de l'essence)		x	x	x			x	x

Quantités appliquées de biocides

Outre le nombre de substances, le tableau 3 indique également la quantité approximative des substances utilisées. Les quantités vendues de biocides ne sont pas recensées systématiquement et sont donc difficiles à estimer. Une étude récente portant sur l'emploi des biocides dans les produits de préservation du bois ainsi que dans les façades (peinture, plâtre et maçonnerie) a estimé entre 15 et 80 t/a les quantités utilisées par an, soit 90 % de moins que la quantité estimée dans une étude plus ancienne (Burkhardt et Dietschwiler 2013, FriedliPartner et al. 2007). Les produits biocides servant à nettoyer les machines à traire et les réservoirs à lait sont utilisés en grandes quantités dans l'agriculture. Il convient toutefois de relativiser leur importance, car la majeure partie de ces biocides se dégradent très vite (tels certains agents désinfectants).

Substances actives des produits phytosanitaires – quantités vendues

Contrairement aux principes actifs des biocides, les quantités vendues des substances actives des produits phytosanitaires sont systématiquement enregistrées (OFAG 2013). Les 2000 tonnes vendues de ces substances peuvent être réparties dans les groupes suivants: herbicides, fongicides et insecticides (tab. 3). Ce sont les herbicides et les fongicides qui affichent les plus grandes ventes, certains des herbicides vendus en grandes quantités n'étant toutefois guère persistants et se dégradant en quelques jours

dans le sol ou l'eau. Si les insecticides se vendent certes en quantités plus petites, ils sont en général plus toxiques que les herbicides (Moschet 2011).

Les quantités d'antibiotiques écoulées en médecine vétérinaire sont nettement inférieures aux ventes de produits phytosanitaires (tab. 3).

Tab. 3 > Estimations du nombre de substances et des quantités utilisées

Groupe de substances	Nombre de substances	Quantité	Source
Produits chimiques domestiques	~5000[1]		BMLFUW (2007)
• savons et détergents		>140 000 t/a[2]	SKW (2014)
• benzotriazole		14–16 t/a	Hollender (2007)
Métaux lourds	~15		
• cuivre comme matériau		~75 000 t/a	von Arx (2006)
• cuivre comme additif à l'alimentation animale		~30 t/a	von Arx (2006)
• cuivre comme principe actif des PPh		~70 t/a	(OFAG 2010), von Arx (2006)
Biocides (notifiés/homologués)	~260[3]		OFEV-OFSP-SECO (2014)
• produits de protection du bois (TP 8)	62	~5–48 t/a	Burkhardt et Dietschwiler (2013), OFEV-OFSP-SECO (2014)
• produits de protection des façades (TP 7/10)	55	~10–32 t/a	"
• produits antisalissure (TP 21)	10	~10–15 t/a	"
• produits de l'hygiène vétérinaire (TP 3) et désinfectants utilisés dans l'agriculture en lien avec les denrées alimentaires et les aliments pour animaux (TP 4)	82	~900–1000 t/a[4]	OFEV-OFSP-SECO (2014), Kupper (2013)
Produits phytosanitaires (autorisés)	~340[3]	2100 t/a	PSMV (2010), OFAG (2013)
• herbicides (total)	~140	~1000 t/a	OFAG (2013)
• dont ceux à usage privé		~100 t/a	Wittwer et Gubser (2010)
• fongicides	~125	~700 t/a[5]	OFAG (2013)
• insecticides	~100	~300 t/a	OFAG (2013)
Toxines naturelles	des milliers (ex. ~2500 toxines végétales)		Bucheli et Wettstein (2013)
Médicaments à usage humain	~3000[6]	>1750 t/a[7]	IMS Health (2004)
Médicaments vétérinaires	~470[6]	antibiotiques env. 70 t/a	Swissmedic (2013)
Hormones		~180 kg/a[8]	Schönborn (2012)
Filtres UV	28		OCos (2005)

[1] Estimation pour l'Autriche. On admet que le nombre de substances atteint le même ordre de grandeur en Suisse.

[2] Le poids indiqué correspond à la production totale. Les tensioactifs représentent environ la moitié de cette quantité totale.

[3] Une cinquantaine de ces substances bénéficient d'une double homologation: comme produits phytosanitaires (PPh) et comme biocides.

[4] Répartition selon l'utilisation: nettoyage des machines à traire et des réservoirs à lait: env. 700 t; désinfection des onglons: 40 à 200 t; hygiène de la traite: env. 50 t; désinfection des étables: env. 30 t. Les produits relativement inoffensifs arrivent en tête dans le classement par quantités utilisées: hypochlorite de sodium: env. 390 t; acide sulfamidique (ou sulfamique): env. 150 t; acide phosphorique: env. 130 t; formaldéhyde: 30 à 170 t. Les substances pouvant être néfastes pour l'environnement sont employées en quantités nettement plus faibles: composés de l'ion ammonium quaternaire (CAQ): 26 t; polyhexaméthylène biguanide: 3 t; chlorcrésol: 1 t.

[5] Dont une petite partie seulement sont des fongicides organiques de synthèse (150 t).

[6] Dont 180 environ sont admis aussi bien en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire.

[7] Somme des 100 médicaments les plus utilisés en 2004.

[8] Charge d'œstrogènes (estimation) dans les déjections et excréments des êtres humains, des vaches, des porcs, des moutons et des poules. Les hormones de sources anthropiques représentent environ 18 % de la quantité totale.

2.3 Evaluation de concentrations fortement variables

Fortes variations des concentrations

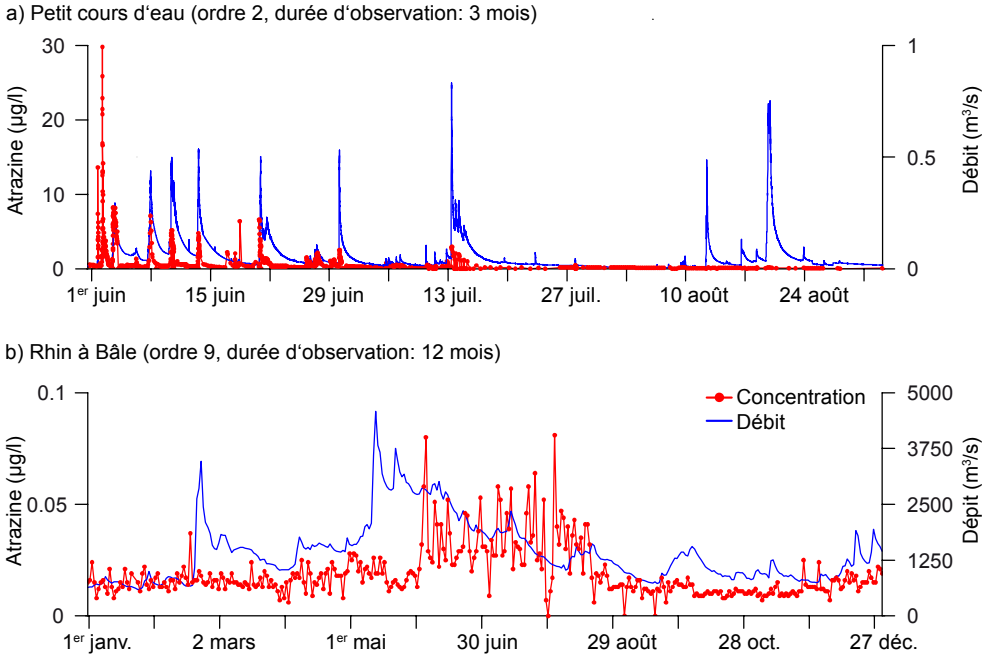
Les apports diffus de micropolluants provenant des zones urbanisées, de l'agriculture et des infrastructures de transport surviennent avant tout durant les précipitations. Il s'ensuit que diverses substances (produits phytosanitaires, biocides, médicaments vétérinaires et métaux lourds) atteignent des pics de concentration élevées pendant ou après des épisodes pluvieux et que les concentrations surtout dans les petits cours d'eau subissent de fortes variations (fig. 2, fig. 4, fig. 5 et fig. 6, Doppler et al. 2012, Leu et al. 2004b, Wittmer et al. 2010). Le degré de pollution par certaines substances varie de plus énormément selon la saison, ces variations s'expliquant par la saisonnalité de l'utilisation (Doppler et al. 2012, Wittmer et al. 2014b).

Pics de concentration élevés dans les petits cours d'eau

Les concentrations maximales des substances charriées par l'écoulement d'eaux pluviales dans les petits cours d'eau sont plusieurs fois supérieures à celles mesurées dans les grands cours d'eau (fig. 7). Les pics de concentration n'étant guère enregistrés lors des analyses de routine, la pollution est souvent sous-estimée (Wittmer et al. 2014a).

Fig. 7 > Concentrations d'atrazine mesurées en 1999

a) Dans un petit cours d'eau du bassin versant du Greifensee (le Ror, ordre 2 de Strahler; définition cf. fig. 11) et b) dans le Rhin à Bâle (ordre 9 de Strahler). La dynamique des concentrations et des débits est plus forte dans le ruisseau que dans le Rhin. Les concentrations y sont en outre jusqu'à 300 fois plus élevées.



Illustrations tirées de Munz et al. (2012)

Apports diffus indépendants des précipitations

Les apports diffus non liés aux précipitations comprennent par exemple les substances libérées dans les eaux par les bateaux, les ouvrages et les baigneurs, les dépôts atmosphériques secs, les lixiviats de décharge et les déversements d'eaux de lavage ou de refroidissement polluées. A la différence des cas exposés plus haut, ces apports devraient générer des concentrations particulièrement élevées dans les lacs, dans les ports ou aux points de déversement d'eau de refroidissement, généralement situés sur des cours d'eau de taille moyenne à grande.

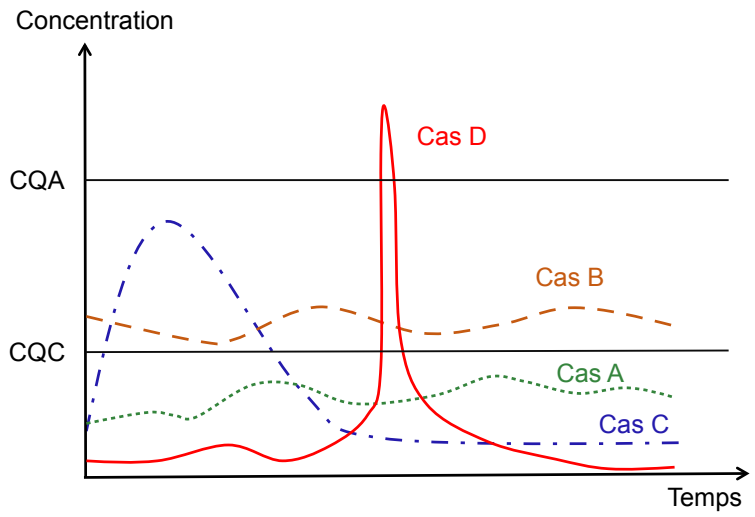
Variation des concentrations – évaluation

Les critères de qualité écotoxicologique s'emploient aisément pour évaluer des concentrations de substances dans les eaux, lorsqu'elles sont assez constantes (cas A et B dans la fig. 8) (cf. point 1.2.2). Le cas A illustre une concentration inférieure au critère de qualité relatif à la pollution chronique, de sorte que le danger pour les organismes aquatiques demeure faible. Dans le cas B, il faut au contraire s'attendre à des effets néfastes sur les organismes aquatiques.

Les pics de concentration brefs mais susceptibles de récurrence, illustrés dans la figure 7a, sont plus difficiles à évaluer à l'aide des critères de qualité. Les pics de concentration peuvent durer de quelques minutes à plusieurs heures et se situer entre les critères de qualité relatifs à la pollution chronique et aiguë (cas C dans la fig. 8). Une simple comparaison avec les critères de qualité ne suffit pas pour évaluer ce cas. Selon la problématique, il est nécessaire de recourir à d'autres modèles mathématiques plus ou moins complexes pour apprécier l'ampleur de la pollution (Ashauer 2012, Wittmer et al. 2014a). Dans le cas D, les organismes aquatiques risquent à nouveau de subir des atteintes, car le pic de concentration dépasse le critère de qualité relatif à la pollution aiguë.

Fig. 8 > Exemples de variation des concentrations et comparaison avec les critères de qualité relatifs à la pollution chronique (CQC) et aiguë (CQA)

En l'absence d'une évaluation détaillée, des effets néfastes sur les organismes aquatiques ne peuvent être exclus avec une grande certitude que dans le cas A.



2.4 Conclusion

Il ressort des informations recueillies par des experts que les apports les plus élevés de micropolluants dans les eaux proviennent de l'agriculture, des zones urbanisées et des transports. Ces sources étant réparties sur une large partie du sol suisse, force est de supposer que les substances rejetées affectent une grande partie du réseau hydrographique suisse, en particulier sur le Plateau et dans les grandes vallées. On ne peut exclure que les émissions provenant de ces sources ne nuisent aux organismes aquatiques. Les quantités de substances rejetées par les activités sur et au bord de l'eau, par les décharges et par l'atmosphère sont nettement plus faibles et donc moins critiques pour les organismes aquatiques. Tant les mesures que les estimations montrent cependant que chacune des sources mentionnées ci-dessus peut être nocive en un point localisé ou lors d'un événement singulier.

Principales sources des apports: l'agriculture, les zones urbanisées et les transports

Si l'on considère les apports diffus de micropolluants dans les eaux et s'intéresse à la phase aqueuse en particulier, ce sont à coup sûr les produits phytosanitaires, les biocides et les métaux lourds qui constituent les groupes de substances les plus problématiques. Des relevés relativement nombreux existent pour ces substances et leurs voies d'apport sont assez bien connues. Ce n'est pas le cas pour d'autres groupes de substances, telles les hormones naturelles: leurs concentrations n'ayant guère été mesurées, il est difficile d'évaluer l'étendue de la pollution qu'elles engendrent.

Principaux groupes de substances impliqués: produits phytosanitaires, biocides et métaux lourds

La plupart des apports de micropolluants varient fortement dans le temps, car ils dépendent souvent d'épisodes pluvieux, voire parfois des périodes d'application. Les pics de concentration de substances telles que les produits phytosanitaires, les biocides, les médicaments vétérinaires et les métaux lourds varient donc fortement, surtout dans les petits cours d'eau. Dans ces ruisseaux, les pics de concentration équivalent généralement à un multiple de la valeur enregistrée dans les grands cours d'eau.

Pics élevés de concentration dans les petits cours d'eau

3 > Influence de l'utilisation du sol sur la qualité de l'eau

La qualité d'un cours d'eau dépend pour beaucoup de l'utilisation du sol dans son bassin versant. Seulement si celui-ci comporte une source de micropolluants, le cours d'eau pourra être contaminé par ces substances. Une analyse de l'utilisation du sol le long du réseau hydrographique permet dès lors d'évaluer la longueur des tronçons de cours d'eau qui risquent d'être pollués par divers apports diffus (Strahm et al. 2013).

Analyse de l'utilisation du sol – objectifs

3.1 Répartition géographique de certaines sources de polluants

Le rapprochement des sources de polluants décrites au chapitre 2 avec les diverses utilisations du sol fournies par la statistique suisse de la superficie (OFS 2009) a permis de déterminer que plus de 40 % du territoire suisse sont concernés par au moins l'une des sources diffuses de micropolluants qui représentent un risque potentiel (tab. 4). Les surfaces agricoles représentent la plus grande proportion de cette superficie, les herbages arrivant en tête avec 22 %. Sur le Plateau et dans les grandes vallées, les surfaces agricoles occupent cependant une grande partie de la superficie (fig. 9). D'autres cultures sont concentrées dans certaines régions (comme la vigne dans le canton du Valais ou les vergers d'arbres fruitiers en Thurgovie).

Répartition des sources de polluants

Environ 57 % de la superficie de la Suisse est couverte de forêts, de bosquets d'arbres et de végétation non productive ou encore d'étendues dépourvues de végétation, ainsi que de glaciers et de névés. Nous avons classé ces utilisations du sol comme négligeables en termes d'apports diffus (tab. 4).

Utilisations du sol sans risque d'émissions

Les sources de polluants considérées se trouvent en priorité dans les régions situées à basse altitude. L'analyse que nous avons entreprise se limite donc aux régions situées dans la «moitié inférieure» de la Suisse (fig. 9) (Strahm et al. 2013). Cette portion du pays englobe les régions situées à moins de 1080 mètres d'altitude du Plateau, du Jura et dans les grandes vallées. Abstraction faite de quelques agglomérations, les herbages permanents sont les seules sources potentielles de micropolluants qui se situent au-dessus de cette altitude.

Régions situées à basse altitude particulièrement exposées

Tab. 4 > Classement des sources de micropolluants et de leurs principales voies d'apport en fonction de l'utilisation du sol

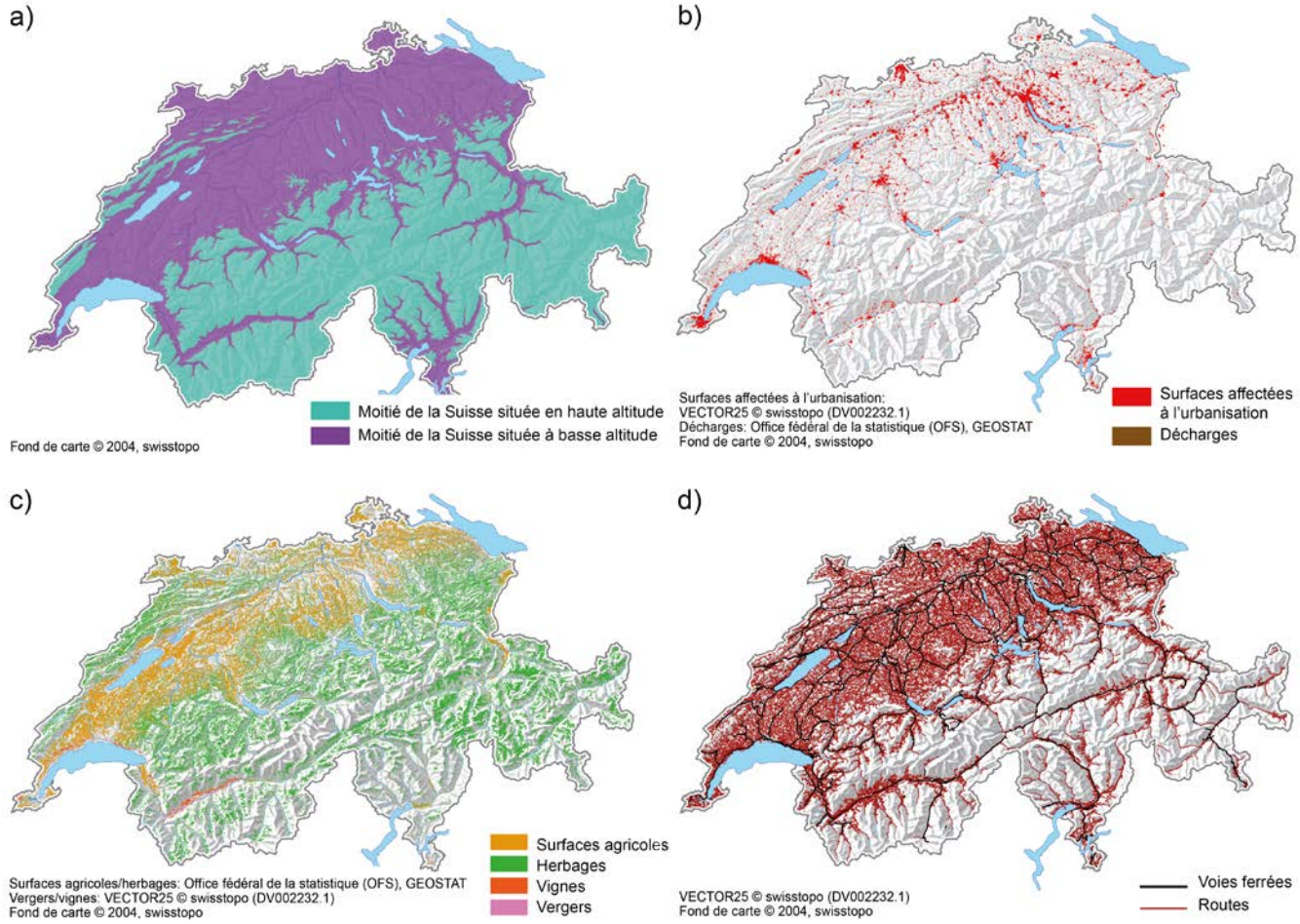
La proportion qu'elles occupent sur l'ensemble du territoire suisse est déterminée grâce à la statistique suisse de la superficie (OFS 2009).

Source	Voie d'apport	Utilisation du sol	Proportion de la superficie totale de la Suisse (OFS 2009)
Agriculture	ruissellement, drainages, dérive dans l'atmosphère, évacuation des eaux des places de remplissage	vergers vignes surfaces agricoles herbages permanents	0,6 % 0,4 % 8,9 % 21,6 %
Zones urbanisées	STEP, déversoirs d'orage, collecteurs d'eaux pluviales	surfaces affectées à l'urbanisation	5,7 %
Transports	eaux de chaussée eaux des voies ferrées	routes voies ferrées	2,0 % 0,02 %
Décharges[1]	lixiviats	décharges	0,06 %
Activités sur et au bord de l'eau	directe	eaux de surface	3,6 %
Atmosphère	dépôts atmosphériques directs	eaux de surface	
Sources jugées moins importantes et non traitées dans le rapport		forêt bosquets d'arbres végétation non productive surfaces sans végétation glaciers, névés	57,2 %

[1] L'analyse de l'utilisation des sols ne tient pas compte de tous les sites pollués, mais uniquement des décharges figurant dans la statistique de la superficie.

Fig. 9 > Répartition des différentes utilisations du sol

a) Partage de la Suisse entre régions de basse altitude et régions de haute altitude (la limite de 1080 m d'altitude partageant approximativement la superficie de la Suisse en deux); b) surfaces affectées à l'urbanisation et décharges; c) surfaces vouées à l'agriculture; d) transports.



Illustrations tirées de Strahm et al. (2013)

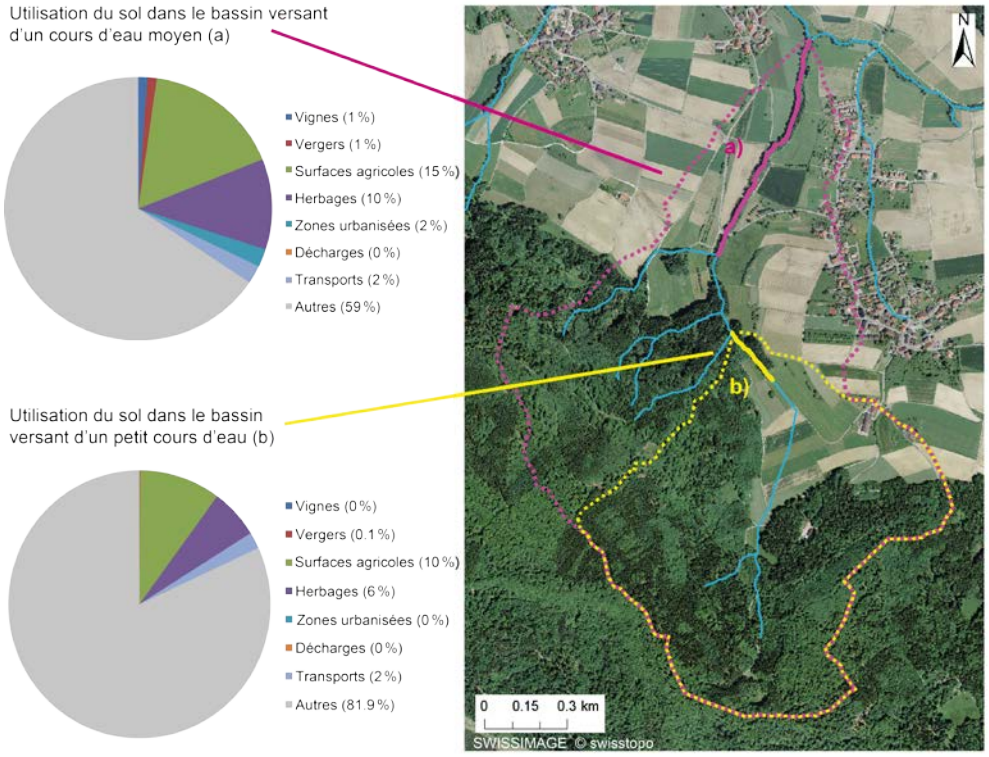
3.2 Les sources de micropolluants dans le réseau hydrographique

Méthodologie

Pour analyser l'influence des sources de micropolluants sur le réseau hydrographique suisse, Strahm et al. (2013) ont reliés les utilisations du sol dans plus de 180 000 bassins versants aux tronçons de cours d'eau adjacents (fig. 10). Ces attributions se fondent sur les données de la statistique de la superficie et sur la délimitation des bassins versants (OFEV 2013a). Les géodonnées existantes ont fourni l'emplacement des effluents des déversoirs d'orage. Un déversoir d'orage a été attribué à chaque STEP et au moins à chaque commune.

Fig. 10 > Analyse de l'utilisation du sol le long de deux tronçons de cours d'eau et des portions correspondantes de bassin versant

a) Périmètre rose: cours d'eau moyen dont le bassin versant comporte de la forêt (classée dans «autres»), des surfaces agricoles, des herbages et des routes; il comprend également des zones urbanisées, des vignes et des vergers. b) Périmètre jaune: petit cours d'eau dont le bassin versant comporte uniquement de la forêt, des surfaces agricoles, des herbages et des routes. La proportion que chaque utilisation du sol occupe sur l'ensemble de la superficie diffère d'un cas à l'autre.



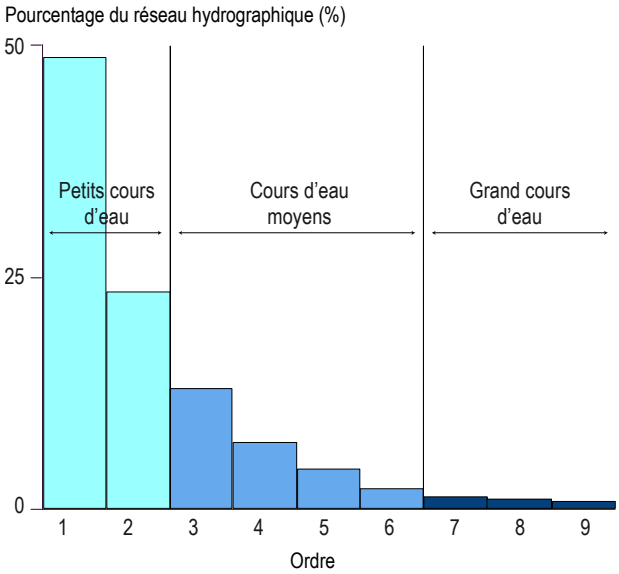
Données selon OFEV (2013b) et OFS (2009)

Les petits cours d'eau représentent 75 % du réseau hydrographique

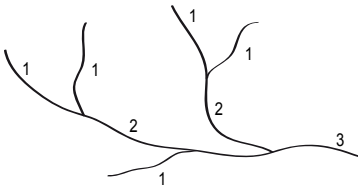
Avant l'étude réalisée par Strahm et al. (2013), l'analyse de l'utilisation du sol n'était possible à l'échelle nationale que pour les grands cours d'eau, car les bassins versants de tous les petits cours d'eau n'avaient pas été délimités. Le réseau hydrographique suisse, qui totalise 65 000 km (selon la base de données VECTOR25, swisstopo), est cependant surtout composé de petits cours d'eau. Or ceux-ci sont les premiers concernés par les apports diffus de micropolluants. Il est possible de se rendre compte de leur prédominance en classant les cours d'eau selon leur ordre de Strahler (cf. fig. 11) (OFEV 2013b). Comme l'illustre la figure 11, les petits cours d'eau, d'ordre 1 et 2, représentent 75 % du réseau hydrographique suisse.

Fig. 11 > Répartition des cours d'eau selon le système de Strahler

Les cours d'eau d'ordre 1 ou 2 sont classés dans la catégorie «petits cours d'eau», ceux d'ordre 3 à 6 dans la catégorie «cours d'eau moyens» et ceux d'ordre 7 à 9 dans la catégorie «grands cours d'eau».



Système de classification selon Strahler



En partant de la source, les cours d'eau de tête sont d'ordre ou de rang 1. Au confluent de deux cours d'eau, le rang est augmenté d'une unité lorsque les deux affluents sont équivalents ; lorsqu'un tronçon reçoit un tronçon d'ordre inférieur, il conserve au contraire le même rang.

OFEV 2013b

Illustrations tirées de Munz et al. (2012)

Les petits cours d'eau sont influencés par des sources spécifiques de micropolluants

L'analyse de l'utilisation du sol révèle que, parmi les petits cours d'eau des régions de Suisse situées à basse altitude, environ 80 % subissent l'influence potentielle des routes et des herbages et environ 40 % l'influence potentielle de l'arboriculture fruitière (vergers), des surfaces agricoles et des zones urbanisées (fig. 12, bleu clair). La proportion de cours d'eau susceptibles de recevoir une charge polluante provenant de voies ferrées, de déversoirs d'orage, de décharges, de vignes ou de STEP est faible (environ 10 %, voire moins).

Les grands cours d'eau sont influencés par toutes les sources

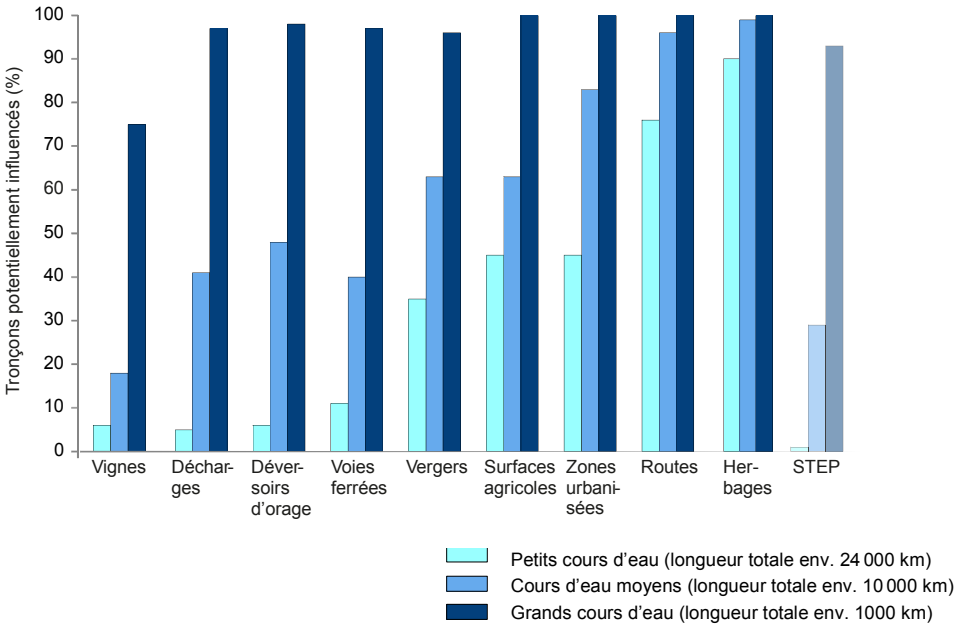
Dans les bassins versants des grands cours d'eau, on recense le plus souvent toutes les sources de micropolluants considérées ici. On peut donc s'attendre à ce que pratiquement tous les grands cours d'eau contiennent une grande variété de micropolluants issus de toutes les sources considérées (fig. 12, bleu foncé).

La majeure partie du réseau hydrographique est polluée uniquement par des apports diffus

L'analyse de l'utilisation du sol révèle également qu'une grande partie du réseau hydrographique – et particulièrement celle comprenant les petits cours d'eau – ne peut être polluée que par des substances provenant de sources diffuses et qu'une proportion relativement faible du total de tous les tronçons sont affectés par les déversements de STEP (fig. 12, colonnes plus claires). Celles-ci constituent néanmoins pour ces tronçons une source importante d'une large palette de substances, qui sont déversées avec les eaux traitées (Abegglen et Siegrist 2012).

Fig. 12 > Proportion des tronçons, sur la totalité du réseau hydrographique compris dans la moitié de la Suisse située à basse altitude (au-dessous de 1080 m) subissant l'influence potentielle d'une utilisation spécifique du sol

L'analyse révèle par exemple que moins de 10 % des petits cours d'eau subissent l'influence de la culture viticole. La proportion des tronçons influencés par des STEP, source non traitée dans le présent rapport, est représentée par des couleurs plus claires, à l'extrême droite.



Graphique selon Strahm et al. (2013)

Proportion d'un bassin versant occupée par une source de micropolluants

L'appréciation de l'influence potentielle d'un cours d'eau considère si une source de micropolluants est présente ou non dans son bassin versant (fig. 12). Si elle ne tient pas compte de la part du bassin versant occupée par cette source, elle constitue néanmoins une grandeur utile afin d'évaluer l'importance d'une source de micropolluants pour le cours d'eau concerné (Strahm et al. 2013).

Spécificités des bassins versants de petits cours d'eau

Dans le cas de petits cours d'eau, la proportion du bassin occupée par une utilisation spécifique du sol peut varier énormément. Le bassin versant d'un petit cours d'eau peut ainsi être occupé à 100 % par une seule utilisation (surfaces agricoles, p. ex.). Il existe par ailleurs nombre de petits cours d'eau dont le bassin versant est exempt de toute utilisation pouvant constituer une source de micropolluants. De grandes parties du bassin versant de nombreux petits cours d'eau sont occupées par des herbages et des surfaces agricoles, ainsi que par les zones urbanisées. Les cultures viticoles ou fruitières en occupent rarement de très grandes proportions. Les bassins versants plantés uniquement de vignes ou d'arbres fruitiers sont rares et on ne les trouve que dans certaines régions de Suisse.

Utilisation du sol dans les bassins versants de moyens et grands cours d'eau

Dans les bassins versants de moyens ou grands cours d'eau, la part de la superficie occupée par une source de micropolluants varie beaucoup moins, de sorte qu'il est rare que l'une de ces sources soit totalement absente ou domine entièrement (ce qui correspondrait à 0 % ou à 100 % du bassin versant). Généralement, on y rencontre toutes les

sources de polluants. Toutes tailles de cours d'eau confondues, les routes, les décharges et les voies ferrées n'occupent qu'une faible portion du bassin versant (Strahm et al. 2013).

3.3 Conclusion

Pollution diffuse très étendue

Le réseau hydrographique de la Suisse est composé à raison de 75 % environ de petits cours d'eau, d'ordre de Strahler 1 ou 2. Ces ruisseaux ne représentent pas seulement la majeure partie de la longueur totale du réseau, mais remplissent également des fonctions écologiques fondamentales. La majorité de ces petits cours d'eau sont exposés exclusivement à des apports diffus de micropolluants, car ils se situent en amont des effluents de STEP.

Sources potentielles

Les principales sources potentielles d'apports diffus de micropolluants se trouvent dans la moitié de la Suisse qui se situe à basse altitude (au-dessous de 1080 m). Voilà pourquoi l'analyse de l'utilisation du sol s'est limitée à ces régions. Elle a révélé que 80 % environ des petits cours d'eau de ces régions peuvent être influencés par les routes et les herbages et 40 % environ par les vergers, les surfaces agricoles et les zones urbanisées. La majorité des grands cours d'eau peut subir l'influence de toutes les sources de micropolluants, car la plupart des sources sont présentes dans leur bassin versant.

Proportion d'un bassin versant occupée par une source de micropolluants

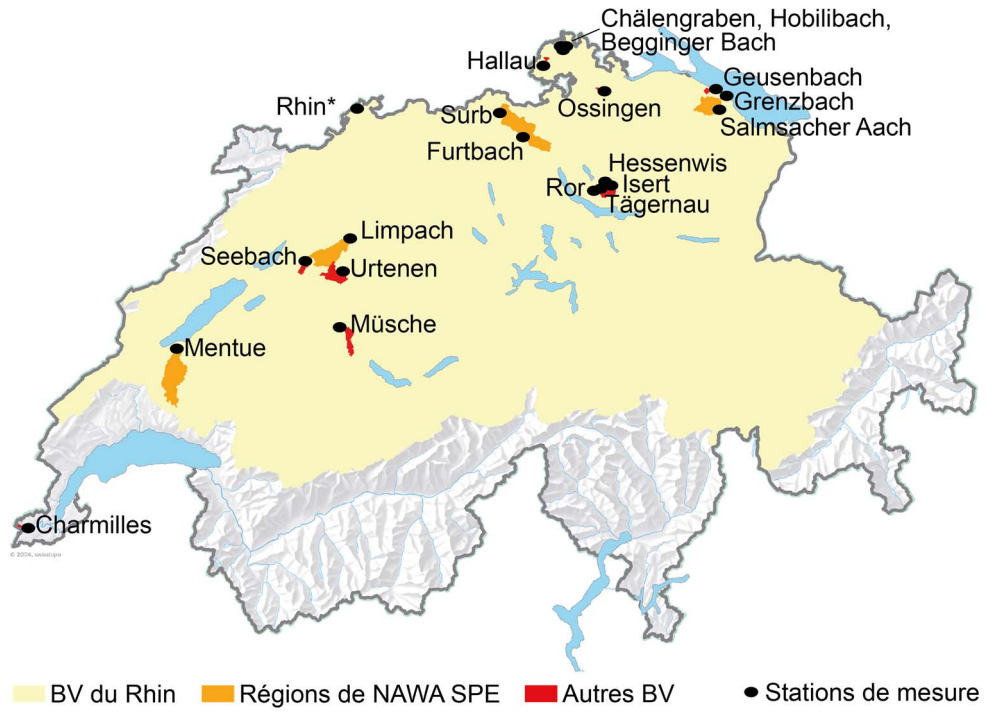
Dans le cas de petits cours d'eau, la part qu'une utilisation donnée du sol occupe dans le bassin versant peut varier fortement. Il arrive ainsi que la totalité du bassin versant soit vouée à une utilisation qui constitue une source de micropolluants, mais aussi que le bassin versant soit totalement épargné par les apports diffus de micropolluants. Ces valeurs extrêmes sont rares dans le cas de cours d'eau moyens et grands.

4 > Sélection d'études consacrées aux cours d'eau

Etudes approfondies

Se fondant sur une sélection d'études approfondies consacrées aux cours d'eau, le présent chapitre identifie les groupes de substances, parmi ceux présentés au chapitre 2, fréquemment détectés en Suisse. Comme expliqué au chapitre 3, le réseau hydrographique suisse est composé essentiellement de petits cours d'eau (ordre de Strahler 1 ou 2; fig. 11). Or les analyses des eaux ont jusqu'ici le plus souvent été réalisés sur des moyens et grands cours d'eau (Munz et al. 2012). Dans ce chapitre, nous examinons les données issues d'une sélection d'études approfondies portant sur des cours d'eau de grande (à l'exemple du Rhin), de moyenne et de petite taille (fig. 14). Nous évaluons de plus l'étendue de la pollution dans le contexte suisse en nous fondant sur l'analyse de l'utilisation du sol exposée au chapitre 3 (fig. 14).

Fig. 13 > Emplacement des stations de mesure sélectionnées et de leurs bassins versants

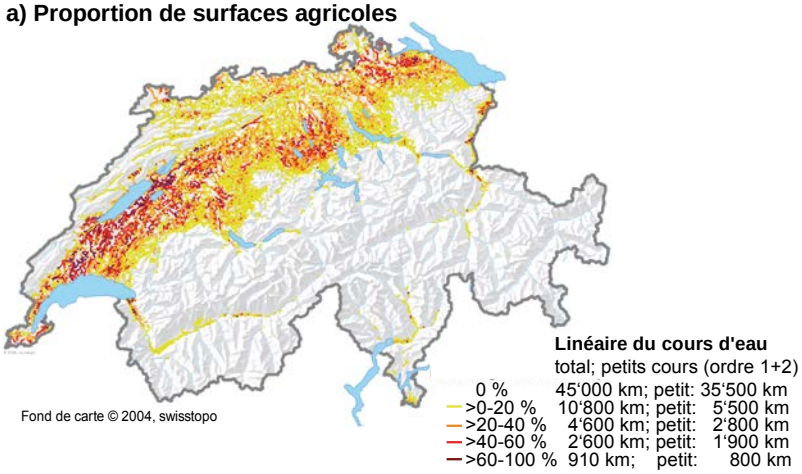


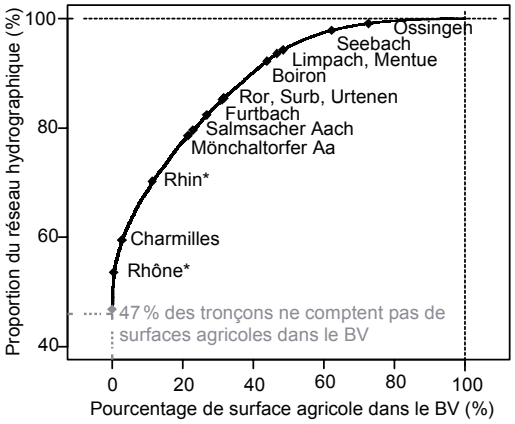
*Dans le cas du Rhin, seule la portion suisse du bassin versant a été prise en considération.
Données selon OFEV (2013a); fond de carte © 2004, swisstopo

Fig. 14 > A gauche: proportion du bassin versant occupée par l'utilisation considérée. A droite: distribution cumulée de tous les tronçons de cours d'eau suisses (situés à moins de 1080 m d'altitude) en fonction de la proportion de l'utilisation considérée dans le bassin versant.

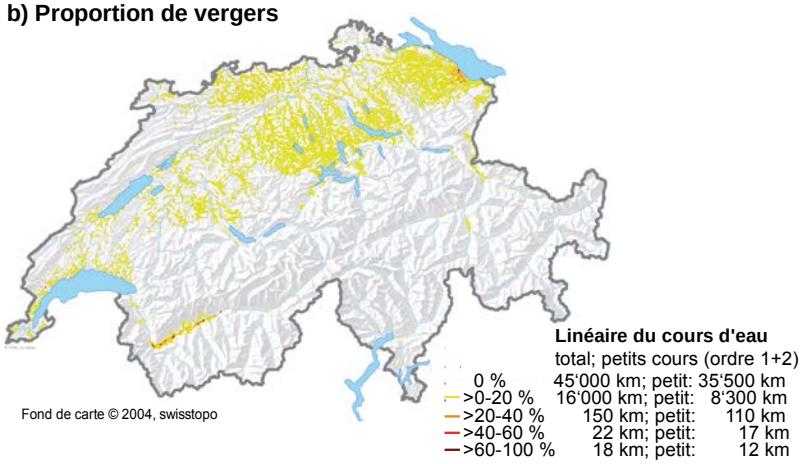
A droite: l'axe des abscisses indique le pourcentage de la surface du bassin versant occupé par l'utilisation du sol considérée. L'axe des ordonnées indique le pourcentage de tronçons affectés à une part plus faible ou plus élevée de cette même utilisation du sol. Exemple: surfaces agricoles Rhin: environ 70 % des tronçons drainent un bassin versant qui comporte une part plus faible de surfaces agricoles et environ 30 % drainent un bassin versant qui en comporte une part plus élevée.

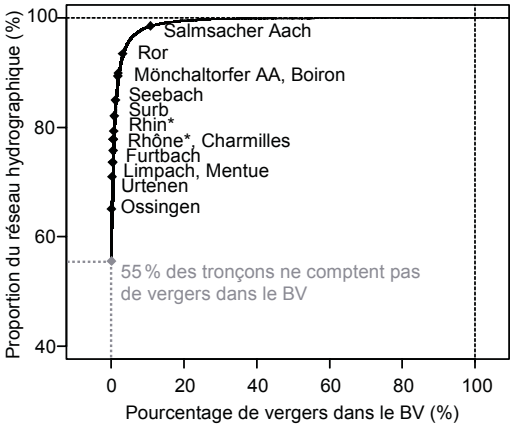
a) Proportion de surfaces agricoles



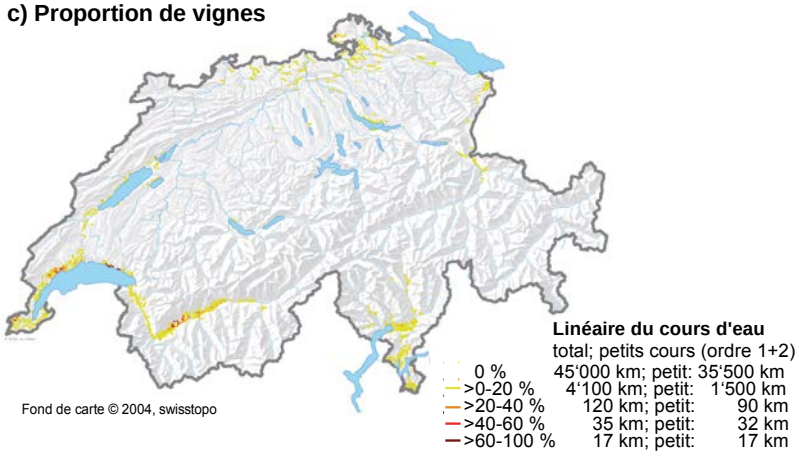


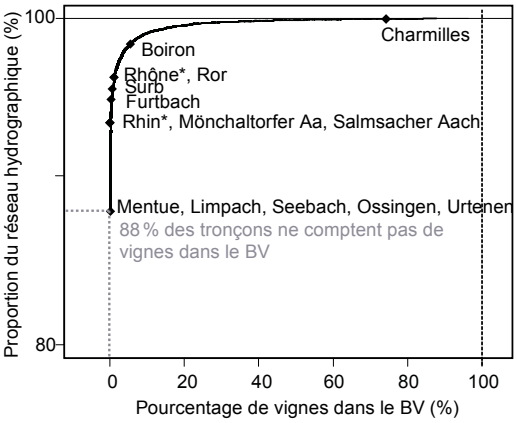
b) Proportion de vergers



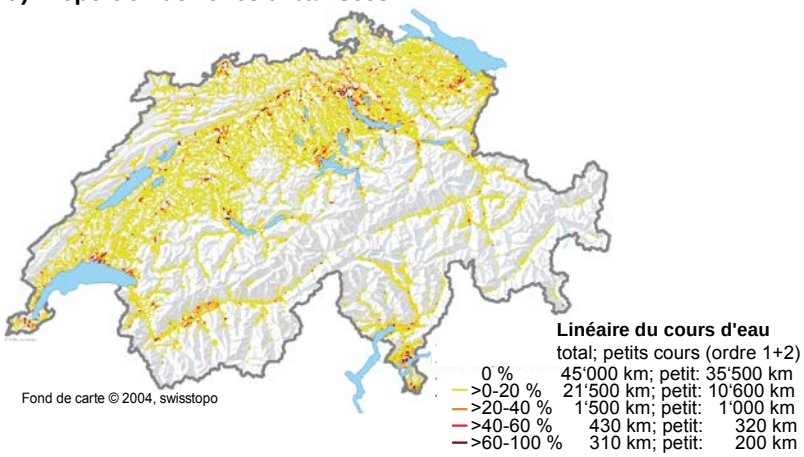


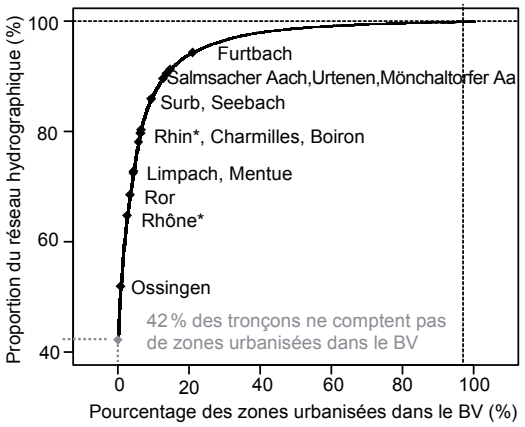
c) Proportion de vignes





d) Proportion de zones urbanisées





* Dans le cas du Rhin et du Rhône, seule la portion suisse du bassin versant a été prise en considération

4.1 Pollution de grands cours d'eau à l'exemple du Rhin

Analyse quotidienne des eaux du Rhin à Bâle

A la station internationale de surveillance des eaux du Rhin (SSR) de Weil am Rhein, plus de 300 substances sont recherchées dans les échantillons composites journaliers (Ruff et al. 2013). A cet emplacement, le bassin versant du fleuve englobe environ deux tiers du territoire suisse, y compris une grande partie du Plateau. Les séries de données recueillies sont non seulement uniques en Suisse, mais conviennent aussi parfaitement pour évaluer la pollution de grands cours d'eau par les micropolluants.

Faibles concentrations de substances, charge totale élevée

A la hauteur de Bâle, la plupart des micropolluants présents dans le Rhin affichent des concentrations inférieures à 0,1 µg/l (tab. 5). Sur 114 substances pouvant être évaluées à l'aide de critères de qualité écotoxicologique (Centre Ecotox 2014, Strahm et al. 2014), seuls les pics de concentration de deux substances dépassent le critère de qualité relatif à la pollution chronique. A des concentrations aussi faibles, les diverses substances ne portent très probablement pas atteinte aux organismes aquatiques. Les effets de mélanges de substances n'ont pas été évalués. Bien que les concentrations de micropolluants dans le Rhin et les grandes rivières en général soient faibles, les charges totales qui quittent la Suisse restent élevées (Ruff et al. 2013). Consciente de sa responsabilité de riverain amont, la Suisse s'efforce dès lors de réduire autant que possible la charge polluante charriée par le Rhin.

Concentrations les plus élevées pour les substances provenant des STEP

Dans le Rhin, les micropolluants organiques qui proviennent des eaux usées urbaines sont les substances les plus fréquentes et celles qui atteignent les concentrations les plus élevées (Ruff et al. 2013). On mesure les concentrations les plus élevées pour les substances telles que les médicaments à usage humain, les additifs alimentaires et autres, ainsi que les agents anticorrosifs (tab. 5).

Tab. 5 > Aperçu des polluants mesurés dans le Rhin à la hauteur de Bâle en 2012 et leur évaluation à l'aide de critères de qualité relatifs à la pollution chronique

Groupes de substances étudiées[1]	Nombre de substances						Conc. max. (substance active)
	analysées/ avec critère de qualité[2]	détectées (> LD)	conc. max. >0,01 µg/l <0,1 µg/l	conc. max. >0,1 µg/l <1 µg/l	conc. max. >1 µg/l	conc. max. > critère de qualité[2]	
PPh	68 / 56	25	12	1	-	-	0,12 µg/l (mécoprop)
PPh/biocides	14 / 12	9	5	-	-	-	0,07 µg/l (terbuthylazine)
Biocides	10 / 7	2	-	1	-	-	0,13 µg/l (DEET)
PPh/biocides/MédV	3 / 3	1	-	-	-	-	0,003 µg/l (diazinon)
MédV	5 / 3	1	1	-	-	-	0,02 µg/l (sulfathiazole)
MédV/Médic.H.	1 / 1	1	1	-	-	-	0,02 µg/l (sulfaméthoxazole)
Médic.H.	91 / 18	45	29	5	-	1	0,61 µg/l (metformine)
Métaux lourds	8 / 7	6	-	2	4	-	3,9 µg/l (zinc)
Mycotoxines[3]	33 / 0	2	2	-	-	n.é.	0,012 µg/l (déoxynivalénol)
Isoflavones[3]	5 / 0	3	2	-	-	n.é.	0,04 µg/l (formononétine)
PFC	10 / 1	1	-	-	-	1	0,008 µg/l (SPFO)
PCB[4]	8 / 0	8	-	-	-	n.é.	0,0001 µg/l (PCB-138)
HAP[4]	17 / 4	14	9	1	-	-	0,17 µg/l (somme des HAP)
Dyphényléthers bromés[4] (ignifugeant)	18 / 0	7	-	-	-	n.é.	0,004 µg/l (BDE 209)
Autres[5]	3 / 2	3	-	3	-	-	1,25 µg/l (acésulfame)

Abréviations: conc. max.: concentration maximale; PPh: produits phytosanitaires; MédV: médicaments vétérinaires; Médic.H.: médicaments à usage humain; PFC: tensioactifs perfluorés; PCB: biphényles polychlorés; HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques; n.é.: non évaluable, car il n'existe pas de critère de qualité

[1] PPh/biocides: ont été prises en compte ici les substances actives ayant été, au moins temporairement, admises en tant que PPh ou biocide entre 2005 et 2012

[2] Métaux lourds: exigences chiffrées de l'OEaux; autres: CQC, cf. Centre Ecotox (2014) et Strahm et al. (2014)

[3] Mesurées à la station Rhin-Rekingen

[4] Mesurés dans la phase des matières en suspension

[5] Additifs alimentaires (acésulfame), autres additifs et agents anticorrosifs

Ruff et al. 2013

Produits phytosanitaires, biocides et métaux lourds

Les pesticides et les métaux lourds comptent parmi les substances qui parviennent dans les eaux majoritairement par des voies d'apport diffus. Ce sont les substances actives des produits phytosanitaires qui sont détectées le plus souvent. Les métaux lourds sont présents dans le Rhin en concentrations relativement élevées tout au long de l'année (tab. 5). Dans leur cas, la pollution de fond d'origine géogène peut toutefois constituer une grande partie de la charge totale (tab. 6).

Tab. 6 > Pollution de fond d'origine géogène par des métaux lourds déterminée par la CIPR des eaux ne subissant aucune influence

Selon les caractéristiques géologiques et minéralogiques du bassin versant, les concentrations réelles peuvent s'écarter considérablement de ces valeurs.

	Pollution de fond d'origine géogène (µg/l)
Cadmium	0,018
Cuivre	1,0
Zinc	3,5
Plomb	0,83
Chrome	2,5
Nickel	1,1

CIPR 2003

Faibles quantités de médicaments vétérinaires

Les valeurs mesurées dans le Rhin montrent que les substances actives de médicaments vétérinaires ne sont présentes qu'en concentrations très faibles, la concentration maximale de l'antibiotique sulfathiazole se situant à 20 ng/l. Compte tenu des informations disponibles sur l'utilisation, la persistance et la mobilité des substances, il est possible d'admettre qu'aucun autre principe actif de médicament vétérinaire ne parvient dans les eaux via les voies d'apport diffus en quantités sensiblement plus grandes que le sulfathiazole et la sulfaméthazine, deux substances fréquemment utilisées et très mobiles (Götz 2012b).

Présence rare de toxines naturelles

A Rekingen, plus en amont sur le fleuve, les substances du groupe des toxines naturelles, auquel appartiennent les isoflavones et les mycotoxines, n'ont également été mesurées qu'en concentrations très faibles, voire pas détectées du tout.

A titre de comparaison, le tableau 5 contient les données d'autres groupes de substances jouant un rôle pour l'environnement, comme les tensioactifs perfluorés (PFC), les PCB et les HAP.

4.2 Pollution de cours d'eau moyens

Données de NAWA SPE

Dans le cadre du programme NAWA SPE (Observation nationale de la qualité des eaux de surface – observation spécifique), neuf échantillons composites ont été prélevés sur deux semaines dans cinq cours d'eau moyens, de début mars à fin juillet 2012. Ils ont ensuite été analysés, afin de déterminer la présence de plus de 500 micropolluants organiques différents, dont de nombreux pesticides, mais aussi des médicaments à usage humain et d'autres substances provenant des ménages (NAWA SPE 2012, Wittmer et al. 2014b). Ces cours d'eau coulent tous sur le Plateau et ont été choisis de manière à ce que leur bassin versant comprenne une aussi grande variété que possible d'utilisations du sol (fig. 13, fig. 14 et tab. 7). Le bassin versant de l'un des sites étudiés sur la Salmsacher Aach, dans le canton de Thurgovie, ne comporte pas de STEP, de sorte que le tronçon subit uniquement l'influence des apports diffus (y compris les substances provenant d'un déversoir d'orage).

Tab. 7 > Caractéristiques des bassins versants (BV) des cinq sites étudiés sur des cours d'eau moyens (NAWA SPE 2012)

Bassin versant (BV)	Superficie du BV (km²)	Taille du cours d'eau (ordre de Strahler)	Utilisation du sol dans le BV (%)[1]				Densité de l'utilisation considérée du sol dans le contexte suisse[2]	STEP[3]	Déversoir d'orage[4]
			Vignes	Vergers	Surfaces agricoles	Zones urbanisées			
Salmsacher Aach	44,7	4	0,09	11	23	13	vergers: densité très élevée zones urbanisées: densité élevée		x
Limpach	73,2	5	0	0,4	47	4	surfaces agricoles: densité élevée	x	x
Mentue	105,4	4	0	0,4	48	4	surfaces agricoles: densité élevée	x	x
Surb	66,3	4	0,7	0,9	32	9	zones urbanisées: densité élevée	x	x
Furtbach	39,2	4	0,4	0,5	27	21	zones urbanisées: densité très élevée	x	x

[1] Surfaces agricoles: données de la statistique de la superficie (OFS); vignes, vergers et zones urbanisées: données de VECTOR25 (swisstopo)
[2] Densité très élevée / élevée / moyenne: correspond aux taux d'utilisation du sol de resp. 95 % / 75 % / 50 % des tronçons dont le bassin versant comporte l'utilisation du sol considérée, celle-ci occupe une proportion inférieure du bassin versant (fig. 14).
[3] Présence de station d'épuration des eaux usées (STEP) dans le bassin versant
[4] Présence de déversoir d'orage d'un réseau unitaire dans le bassin versant

Strahm et al. 2013, Wittmer et al. 2014b

Salmsacher Aach – bassin versant dépourvu de STEP

Comme la Salmsacher Aach ne reçoit pas d'effluents de STEP, seuls de rares médicaments à usage humain ont été détectés dans ses eaux. Il en va de même pour les composés perfluorés, les agents anticorrosifs et les additifs alimentaires. La metformine et l'acésulfame constituent une exception, car leur concentration dépasse 0,1 µg/l dans cette rivière. Les concentrations de ces deux substances, qui parviennent également dans les eaux via les déversoirs d'orage, étaient cependant nettement inférieures à celles mesurées dans d'autres régions étudiées.

Les cinq cours d'eau totalisent 104 pesticides différents

Les analyses ont permis d'identifier au total 104 pesticides différents, principalement des produits phytosanitaires provenant de l'agriculture, dans les échantillons des cinq cours d'eau (en moyenne 40 substances actives par échantillon). Les pics de concentration de la plupart des substances actives pesticides détectées se situaient entre 0,01 et 1 µg/l dans les échantillons composites prélevés sur deux semaines (tab. 8) (Wittmer et al. 2014b). Ces pics sont nettement plus élevés que les concentrations maximales de pesticides mesurées dans le Rhin à Bâle (tab. 5).

Parmi les pesticides, 31 dépassent l'exigence chiffrée

Sur l'ensemble, 31 substances actives pesticides ne respectaient pas l'exigence chiffrée de l'ordonnance sur la protection des eaux (0,1 µg/l). Il est impossible d'exclure que les concentrations élevées rencontrées ne perturbent les biotes aquatiques puisque des dépassements du critère de qualité relatif à la pollution chronique (CQC) ont été observés aux cinq emplacements. Au total, 19 pesticides (produits phytosanitaires et biocides) ont été détectés à des concentrations supérieures au CQC (tab. 8).

Les concentrations maximales dépassent probablement les valeurs mesurées

Les échantillons composites prélevés sur deux semaines conviennent bien pour comparer les concentrations mesurées avec les critères de qualité relatifs à la pollution chronique. Les pics de concentration survenant à court terme équivalaient en toute vraisemblance à un multiple des valeurs mesurées. Force est d'admettre que les valeurs effectives des pics de concentration dépasseraient aussi quelques fois les CQA. En effet, le CQA de près de la moitié des substances détectées est tout au plus dix fois supérieur à leur CQC, et les concentrations maximales dans le cours d'eau peuvent dépasser allègrement d'un facteur 10 les concentrations moyennes mesurées dans les échantillons composites (Wittmer et al. 2014b).

Tab. 8 > Vue d'ensemble des principaux polluants détectés dans cinq cours d'eau de taille moyenne (NAWA SPE 2012)

L'évaluation se fonde sur les critères de qualité relatifs à la pollution chronique. Gris: valeurs mesurées dans la Salmsacher Aach, qui n'est polluée que par des apports diffus de substances.

Groupes de substances étudiées[1]	Nombre de substances						Concentration maximale mesurée (substance active)
	analysées	détectées/ avec critère qualité[2]	conc. max. >0,01 µg/l <0,1 µg/l	conc. max. >0,1 µg/l <1 µg/l	conc. max. >1 µg/l	conc. max. > critère de qualité[2]	
PPh	195	82 / 82 (48 / 48)	42 (22)	23 (8)	3 (-)	12 (3)	1,5 µg/l (métamitrone) (0,38 µg/l [métalaxyl-M])
PPh/biocides	44	17 / 17 (11 / 11)	12 (5)	3 (2)	-	4 (1)	0,63 µg/l (terbuthylazine) (0,22 µg/l [butoxyde de pipéronyle])
Biocides	117	2 / 2 (2 / 2)	- (2)	2 (-)	-	1 (-)	0,52 µg/l (DEET) (0,06 µg/l [DEET])
PPh/biocides/ MédV	3	3 / 3 (2 / 2)	2 (-)	-	-	2 (-)	0,04 µg/l (diazinon) (0,009 µg/l [diazinon])
MédV	3	2 / 2 (1 / 1)	1 (-)	-	-	-	0,01 µg/l (sulfaméthazine) (0,009 µg/l [sulfaméthazine])
MédV/Médic. H.	1	1 / 1 (-)	1 (-)	-	-	-	0,08 µg/l (sulfaméthoxazole) (-)
Médic.H.	91	49 / 16 (5 / 5)	24 (1)	17 (1)	1 (-)	2 (-)	2,6 µg/l (metformine) (0,11 µg/l [metformine])
PFC	10	10 / 1 (9 / 1)	3 (-)	-	-	1 (1)	0,04 µg/l (PFBA) (0,007 µg/l [PFOS])
Autres[3]	2	2 / 1 (1 / 0)	- (-)	- (1)	2 (-)	- (-)	16 µg/l (acésulfame) (0,13 µg/l [acésulfame])

Abréviations: conc. max.: concentration maximale; PPh: produits phytosanitaires; MédV: médicaments vétérinaires; Médic.H.: médicaments à usage humain; PFC: tensioactifs perfluorés

[1] PPh/biocides: ont été prises en compte ici les substances actives ayant été, au moins temporairement, admises en tant que PPh ou biocide entre 2005 et 2012

[2] Critère de qualité relatif à la pollution chronique (CQC)

[3] Additif alimentaire (acésulfame) et agents anticorrosifs

Absence de critères de qualité pour les médicaments

L'évaluation écotoxicologique présentée dans le tableau 8 n'est pas définitive puisqu'un CQC manque pour beaucoup de substances. Un tiers seulement des médicaments détectés a ainsi pu faire l'objet d'une évaluation fondée sur un CQC. A l'inverse, tous les principes actifs des pesticides identifiés possèdent un CQC défini.

4.3 Pollution de petits cours d'eau

Données de sites ayant fait l'objet de nombreuses observations

Les concentrations subissant de fortes variations, ce sont surtout les données provenant de sites ayant fait l'objet de très nombreuses observations qui permettent de tirer des conclusions sur la pollution des petits cours d'eau (cf. à ce sujet également la figure 7 au point 2.3). Le tableau 9 donne un aperçu des ruisseaux soumis à des analyses intensives en indiquant les caractéristiques de leurs bassins versants. A quelques rares exceptions près, leur superficie est inférieure à 10 km². Aucun des sites de prélèvement

n'est affecté par un déversement d'eaux usées en amont, de sorte que la pollution ne peut-être due qu'aux apports diffus.

Seuls les pesticides et les métaux lourds ont été mesurés

Les données existantes pour les cours d'eau ayant été suivis de près concernent presque exclusivement les principes actifs de pesticides, et les analyses se sont souvent limitées à un nombre restreint de substances. Ces données ont été complétées par des relevés pour le zinc et le cuivre (deux métaux lourds) réalisés dans le canton de Schaffhouse. Bien que ces deux groupes de substances ne permettent pas de tirer des conclusions définitives sur la pollution effective, les données disponibles permettent de se faire une idée de l'étendue de la pollution par des substances provenant de sources diffuses, puisque les pesticides et les métaux lourds comptent parmi les principaux groupes de substances qui parviennent dans les eaux par apports diffus.

4.3.1 Pesticides

Un dépassement au moins des CQA a été constaté dans chaque ruisseau

Le tableau 9 résume les résultats des valeurs mesurées pour les pesticides (terme qui englobe les produits phytosanitaires et les biocides). Il en ressort que, tous ruisseaux confondus, le critère de qualité relatif à la pollution aiguë a été dépassé par une substance au moins et au maximum par huit substances isolées différentes. Les pics de concentration ont donc très vraisemblablement perturbé, à court terme au moins, la biologie des milieux aquatiques. L'exigence chiffrée de l'OEaux a également été dépassée, parfois même nettement, par au moins quatre, voire jusqu'à 29 principes actifs, selon l'emplacement considéré. Les concentrations maximales étaient le plus souvent supérieures à 1 µg/l et même à 10 µg/l dans plusieurs ruisseaux. Une comparaison avec le Rhin (tab. 5) ou la Salmsacher Aach (tab. 8) montre que les concentrations mesurées dans ces petits ruisseaux y sont donc au moins 100 fois et respectivement 10 fois plus élevées.

Les pesticides proviennent surtout de l'agriculture

Les analyses portant sur de petits cours d'eau révèlent leur forte pollution par les pesticides (tab. 9). Les charges mesurées proviennent avant tout de l'agriculture et, dans une moindre mesure, des zones urbanisées (p. ex. Doppler et al. 2012, Leu et al. 2004a, Wittmer et al. 2011). Le type d'utilisation du sol dans les bassins versants des sites étudiés permet d'estimer si ces constats correspondent à des cas isolés ou s'il est possible de les généraliser (cf. chapitre 3).

Une grande proportion des bassins versants est vouée à l'agriculture

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 – vignes, vergers, surfaces agricoles ou zones urbanisées – susceptibles d'engendrer des apports de pesticides dans les eaux (fig. 14, tab. 9). Le bassin versant du ruisseau des Charmilles présente la situation la plus exceptionnelle puisqu'il est voué à 75 % à la viticulture. Des charges similaires, dues aux produits phytosanitaires appliqués sur les vignes, devraient néanmoins être très localisées, car seuls environ 17 km de tronçons sur la totalité du réseau hydrographique suisse possèdent un bassin versant occupé à plus de 60 % par des vignes (fig. 14, à gauche).

Tab. 9 > Aperçu des polluants détectés dans les petits cours d'eau soumis à une analyse exhaustive et caractéristiques de leurs bassins versants

Données provenant de relevés cantonaux (GE, TG, BE, SH) et d'études sur le terrain réalisées par l'Eawag. Sur trois des douze sites, les analyses ont porté sur des échantillons composites prélevés sur une semaine (ou alors sur plusieurs échantillons par épisode pluvieux), de sorte que les concentrations mesurées ne correspondent pas à des pics absolus.

Bassin versant (BV)	Superficie du BV (km²)	Taille du cours d'eau (ordre de Strahler)	Année	Nombre de substances[2]						Conc. max. (subst. active)	Utilisation du sol dans le BV[3]				Réf. [4]
				analysées	détectées (>LQ)/avec CQA	>0,1–1 µg/l	>1–10 µg/l	>10 µg/l	conc. max. > CQA		Vignes	Vergers	Surfaces agricoles	Zones urbanisées	
Ruisseau des Charmilles	1,2	2	2008	68	49 / 30	15	6	3	4	15 µg/l (iprovalicarbe)	74 %	0,6 %	3 %	6 %	a
			2009	58	38 / 25	7	7	4	5	14,5 µg/l (iprovalicarbe)					
			2010	74	58 / 34	18	9	2	8	17,7 µg/l (diuron)					
			2011	78	48 / 30	19	5	0	3	2,2 µg/l (iprovalicarbe)					
			2012	87	43 / 27	16	4	0	2	1,9 µg/l (tébufénozide)					
Grenz-bach[1]	0,4	2	2008	36	13 / 10	9	0	1	1	12,3 µg/l (métalaxyl-M)	0 %	13 %	21 %	7 %	b
			2010	30	15 / 10	6	3	0	1	7,1 µg/l (métalaxyl-M)					
Geusen-bach[1]	4,2	1	2009	30	19 / 13	9	0	0	1	0,8 µg/l (napropamide)	0 %	22 %	37 %	15 %	b
Seebach	7,5	2	2005	4	4 / 4	0	4	0	3	3,8 µg/l (S- métolachlore)	0 %	1 %	62 %	9 %	c
			2006	7	5 / 5	1	1	3	4	16,9 µg/l (S- métolachlore)					
Müsche	21,6	3	2010	36	25 / 23	4	1	0	1	1,9 µg/l (S- métolachlore)	0 %	1 %	49 %	5 %	c
Urtenen	34,4	3	2010	36	31 / 28	14	3	0	4	8,5 µg/l (MCPA)	0 %	0,3 %	32 %	15 %	c
Hallau[1]	2	1	2012	18	14 / 13	8	2	0	2	2,1 µg/l (métamitrone)	0,7 %	0 %	57 %	0,6 %	d
Ossingen	1	1	2007	7	7 / 6	2	2	3	3	28,6 µg/l (terbuthylazine)	0 %	0,1 %	73 %	0,8 %	e
Ror	1,9	2	2000	3	3 / 3	0	3	0	2	7,8 µg/l (atrazine)	1 %	3 %	31 %	3 %	f
			1999	1	1 / 1	0	0	1	1	31 µg/l (atrazine)					g
Isert	1,9	1	1999	1	1 / 1	0	0	1	1	14 µg/l (atrazine)	0 %	1 %	23 %	7 %	g
Hessen-wis	4,7	2	2007	12	12 / 11	4	3	0	4	2,8 µg/l (diazinon)	0,2 %	3 %	27 %	8 %	h
Tägernau	10	3	2007	12	12 / 11	7	1	0	2	2,2 µg/l (glyphosate)	0,02 %	2 %	14 %	10 %	h

Abréviations: conc. max.: concentration maximale; CQA = critère de qualité relatif à la pollution aiguë; [1] Prélèvements: échantillons composites prélevés sur une semaine; [2] N'ont été prises en considération que les substances actives ayant été, au moins temporairement, admises en tant que PPh ou biocide entre 2005 et 2012 (les métabolites n'ont pas été pris en compte); [3] Surfaces agricoles: données de la statistique de la superficie (OFS); vignes, vergers, zones urbanisées: données de VECTOR25 (swisstopo); [4] Références: a: Service de l'écologie de l'eau (DIM), canton de Genève; b: Amt für Umwelt, canton de Thurgovie; c: Office des eaux et des déchets du canton de Berne; d: Interkantonales Labor, Umweltschutz, Schaffhouse; e: Doppler et al. 2012; f: Leu et al. 2004b; g: Leu et al. 2005; h: Wittmer et al. 2010.

Des charges de pesticides similaires sont à prévoir sur quelque 5000 km de cours d'eau

Dans les bassins versants dont l'utilisation est marquée par les surfaces agricoles, les concentrations maximales de certains pesticides se situent entre 2 µg/l et 31 µg/l (Seebach, Müsche, Hallau, Ossingen, Ror, Isert, Grenzbach et Geusenbach; tab. 9). Outre les rejets occasionnés par une manipulation inadéquate, les apports de ces pesticides peuvent être mis sur le compte des substances appliquées sur les surfaces agricoles. Les bassins versants des emplacements étudiés sur le Seebach, la Müsche, la Hallau et l'Ossingen comportent une portion relativement grande à très grande de surfaces agricoles (env. 50 % à 75 %). En Suisse, 2700 km de cours d'eau drainent des bassins versants présentant la même caractéristique. Par ailleurs, 2800 km d'autres petits cours d'eau drainent des régions dont 20 % à 40 % sont occupés par les surfaces agricoles, ce qui correspond aux proportions observées aux emplacements étudiés sur le Ror, l'Isert et le Hessenwis. On peut donc supposer que la charge de pesticides sur la longueur totale de 5500 km de ces tronçons atteindra des valeurs aussi élevées que dans les cours d'eau étudiés (fig. 14).

Apport élevé de pesticides également en provenance des zones urbanisées

Les zones urbanisées engendrent probablement des charges de pesticides similaires à celles dues aux surfaces agricoles. A titre d'exemple, il suffit de considérer le cas de l'Urtenen: les analyses font état d'une concentration maximale de 8,5 µg/l de MCPA, un produit phytosanitaire également utilisé dans les jardins privés (tab. 9). Selon les spécialistes de l'Office des eaux et des déchets du canton de Berne (OED), cette charge provient de la zone urbanisée. Le diuron, substance active admise dans les biocides et les produits phytosanitaires, a par ailleurs atteint une concentration de plus de 0,1 µg/l dans la Tägernau, soit une valeur nettement supérieure au critère de qualité relatif à la pollution aiguë (tab. 9). Dans ce cas, le diuron provient de son application en tant que biocide dans la zone urbanisée, car le bassin versant ne comporte ni vignes ni vergers, cultures sur lesquelles ce produit est souvent utilisé (Wittmer et al. 2010). Au total, quelque 10 % des petits cours d'eau possèdent un bassin versant occupé à plus de 10 % par des zones urbanisées, soit une situation similaire à celle de l'Urtenen et de la Tägernau (tab. 9, fig. 14).

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

Le dépouillement de quelque 66 000 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), confirme 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). Ce constat a été fait combien même nombre des études considérées ne mesuraient en général pas les pics de concentration. Il ressort également de ce travail que, sur 74 % des 160 sites étudiés sur de petits cours d'eau, les données font état d'un dépassement au moins de l'exigence chiffrée de l'OEaux par des substances actives de pesticides et que l'exigence n'a pas été respectée par 80 substances actives différentes. Comme le bassin versant de la majeure partie des emplacements considérés ne comporte pas de station d'épuration, la pollution est due uniquement à des apports diffus.

4.3.2 Métaux lourds

Cuivre et zinc

Dans le canton de Schaffhouse, les valeurs mesurées dans trois ruisseaux permettent d'illustrer la charge de métaux lourds dans les petits cours d'eau (tab. 10). En 2013, des échantillons composites hebdomadaires ont été prélevés sur quatre sites, puis analysés en vue de détecter le cuivre et le zinc (sous forme dissoute). Dans le Begginger Bach, qui reçoit aussi bien le Chälengraben que le Hobilibach, des prélèvements ont été effectués en amont et en aval de la STEP.

Le bassin versant des quatre sites comprend avant tout des surfaces agricoles et des herbages, une petite proportion de zones urbanisées et quelques vergers. Aucun ne comporte des vignes.

Tab. 10 > Concentrations maximales et moyennes de métaux lourds dans des échantillons composites hebdomadaires prélevés sur quatre sites en 2013

Bassin versant (BV)	Taille du cours d'eau (ordre de Strahler)	Cuivre (µg/l)		Zinc (µg/l)		Utilisation du sol dans le BV			
		Maximum	Moyenne	Maximum	Moyenne	Herbages	Vergers	Surfaces agricoles	Zones urbanisées
Chälengraben	1	3,87	1,67	13,49	6,13	11 %	1,0 %	18 %	0 %
Hobilibach	2	4,12	2,26	29,35	8,63	11 %	0,3 %	45 %	1 %
Begginger Bach en amont de la STEP	2	5,38	2,43	19,24	7,16	12 %	0,7 %	37 %	4 %
Begginger Bach en aval de la STEP	2	8,06	2,91	40,93	10,92	12 %	0,7 %	37 %	4 %

Données: Interkantonales Labor, canton de Schaffhouse

Le cuivre et le zinc proviennent des STEP et de l'agriculture

Aux quatre emplacements, les concentrations moyennes de cuivre et de zinc dépassent la pollution de fond d'origine géogène (tab. 6) et avoisinent ou excèdent les exigences chiffrées de l'eau (2 µg/l pour le cuivre [dissous] et 5 µg/l pour le zinc [dissous]). C'est en aval de la STEP de Beggingen que l'on a mesuré les concentrations de cuivre et de zinc les plus élevées (tant pour les moyennes que pour les valeurs maximales). Ces valeurs ne sont toutefois que légèrement supérieures à celles enregistrées dans le Hobilibach, dont le bassin versant ne comporte pas de zone urbanisée. Il est possible d'en conclure, pour ces bassins versants, qu'une partie considérable de la charge de cuivre et de zinc observée dans les cours d'eau provient de l'agriculture. Force est néanmoins de supposer que la charge d'origine agricole perd de son importance dans les bassins versants où les zones urbanisées occupent une place nettement plus grande.

4.4 Conclusion

Fortes concentrations principalement dans les petits cours d'eau

De nombreuses données montrent que c'est surtout dans les petits cours d'eau que les apports diffus engendrent des concentrations de micropolluants très élevées, qui dépassent souvent le critère de qualité relatif à la pollution chronique et parfois même celui relatif à la pollution aiguë. Des dépassements du CQC ont également été constatés dans les cours d'eau moyens. Dans les grands cours d'eau, seul le niveau des concentrations de quelques rares substances pose problème.

Les régions étudiées ne sont pas des cas uniques

Une comparaison des données disponibles avec les diverses utilisations du sol en Suisse (chapitre 3) a montré que les régions étudiées ne constituent nullement des cas uniques, mais qu'il faut s'attendre à des dépassements des critères de qualité pour diverses substances sur plusieurs milliers de kilomètres du réseau hydrographique suisse.

Les produits phytosanitaires arrivent en tête, les biocides et les métaux lourds suivent de près

Selon les données recueillies dans les bassins versants où la pollution provient uniquement de sources diffuses, il arrive que des cours d'eau soient très pollués sans même recevoir l'effluent d'une STEP. Parmi les groupes de substances issues d'apports diffus, les produits phytosanitaires sont les plus importants, puis viennent les biocides et les métaux lourds. Les produits chimiques domestiques ne semblent pas revêtir une grande importance pour les milieux aquatiques influencés uniquement par des apports diffus, même en présence de déversoirs d'orage.

5 > Modélisation de la charge de micropolluants dans les cours d'eau provenant des apports diffus

Modèle servant à estimer la pollution à l'échelle de la Suisse

Les valeurs mesurées disponibles font état de pics de concentration élevés de même que de dépassements de critères de qualité écotoxicologique dans nombre des régions étudiées, en particulier dans les petits cours d'eau (chapitre 4). Quant aux analyses de l'utilisation du sol, elles donnent à penser que les dépassements mesurés ne sont pas des exceptions, mais qu'elles touchent probablement de grands tronçons du réseau hydrographique suisse (chapitre 4, Strahm et al. 2013). Il reste à estimer, à l'aide d'une approche cohérente, les concentrations de polluants auxquelles il faut s'attendre dans l'ensemble des cours d'eau. A cela s'ajoute que, même si des substances et des sources de substances ont été identifiées comme importantes (chapitre 12), il n'existe pas toujours des mesures assorties pour les vérifier, de sorte qu'il est difficile d'établir un ordre de priorité définitif. Pour combler ces lacunes, Strahm et al. (2014) ont mis au point un modèle simple pour estimer la charge de micropolluants de sources diffuses dans les eaux. Une description détaillée de l'approche appliquée, des données utilisées et d'autres informations permettant de comparer les résultats du modèle avec les valeurs mesurées figurent dans le rapport de Strahm et al. (2014).

5.1 Bases du modèle et substances sélectionnées

Flux de substances divisés par les débits annuels

Dans un premier temps, le modèle permet d'estimer les émissions (flux) annuelles dans les eaux d'un bassin versant spécifique. Dans un deuxième temps, il calcule les concentrations annuelles moyennes en divisant les flux de substances par les débits annuels. Les flux peuvent être déterminés soit sur la base des quantités utilisées dans les bassins versants en question et les taux de perte observés en général (p. ex. 2 % de pertes pour tous les produits phytosanitaires), soit à partir des concentrations mesurées et du débit correspondant d'un apport diffus (p. ex. la concentration de cuivre dans les eaux de chaussée et la quantité d'eaux de chaussée déversées). Les débits et les quantités utilisées spécifiques aux bassins versants ont été calculés sur la base de l'analyse de l'utilisation du sol (chapitre 3). Bien qu'existantes, les données relatives aux quantités de substances appliquées ou disponibles en Suisse sont de qualité variable en fonction du mode d'utilisation des produits. Ainsi, nous avons trouvé pour les produits phytosanitaires des statistiques nationales de ventes réparties par catégories approximatives – de 0 à 5 t et de 1 à 5 t, par exemple (OFAG 2010) –, pour certains médicaments vétérinaires ou à usage humain des données de vente (Swissmedic) et pour les biocides des estimations d'experts (Burkhardt et Dietschwiler 2013, FriedliPartner et al. 2007, Kupper 2013). Pour les toxines naturelles, nous avons utilisé les taux de production déterminés par des études menées sur le terrain en Suisse (Hartmann et al. 2007, Hoerger et al. 2011, Schenzel et al. 2012).

Comparaison avec les CQC

Nous avons comparé les concentrations obtenues à partir du modèle avec les critères de qualité relatifs à la pollution chronique (CQC) en divisant la concentration par la valeur du CQC. Des valeurs supérieures à 1 dénotent l'existence d'un risque potentiel.

Les petits cours d'eau pris en compte à part entière

Au total, 180 000 tronçons de cours d'eau et autant de bassins versants ont été définis pour le modèle (Strahm et al. 2013, chapitre 3). Les petits cours d'eau ont donc également été pris en compte. Les concentrations de toutes les substances sélectionnées ont été calculées pour chacun des 180 000 tronçons de cours d'eau.

Sélection des polluants

Pour le modèle, nous avons sélectionné les substances jugées critiques pour les eaux sur la base de recueils de données et de publications d'experts (cf. point 2.1) et pour lesquelles nous disposions de données suffisantes (Strahm et al. 2014). Au total, nous avons considéré 158 substances isolées provenant de l'agriculture, des zones urbanisées, des transports et des décharges. Cet ensemble comprend 99 produits phytosanitaires, 21 médicaments vétérinaires, neuf biocides, trois toxines naturelles, quatre hormones issues des zones urbanisées, onze métaux lourds, onze médicaments à usage humain et dix autres substances, considérées comme importantes pour la phase aqueuse des eaux de surface (nous avons tenu compte du fait que certains principes actifs peuvent appartenir à plusieurs groupes de substances).

Prise en compte partielle des propriétés spécifiques

Le modèle ne tient pas compte des propriétés spécifiques des substances, dans la mesure où le même taux de perte a par exemple été défini pour tous les produits phytosanitaires. Abstraction faite des apports directs (écoulement sur les places de remplissage lors du nettoyage des pulvérisateurs, p. ex.), les propriétés spécifiques de certaines substances rendent toutefois un apport critique dans les eaux très improbable. Nous avons dès lors exclu les substances actives entrant dans la composition de produits phytosanitaires et de biocides, qui se dégradent très rapidement (durée de demi-vie DT_{50} <1 jour) ou sont très fortement adsorbées (valeur K_{oc} >10 000 ou $\log K_{ow}$ >5).

5.2 Résultats

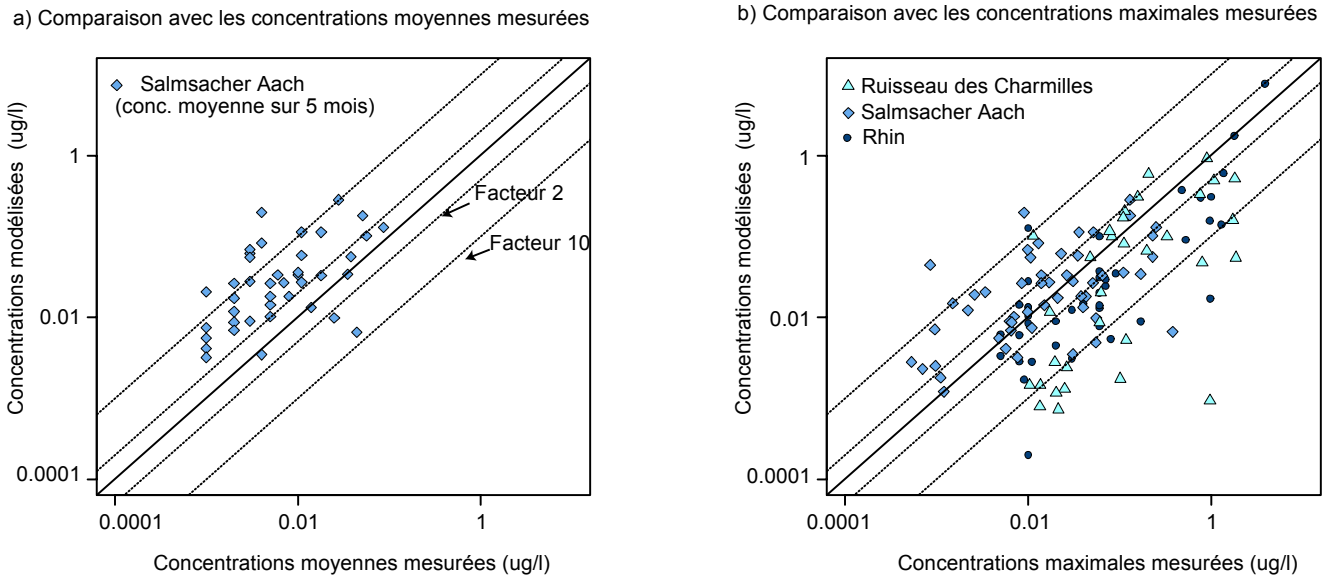
5.2.1 Validité du modèle

Le modèle illustre les concentrations les plus défavorables

Compte tenu des grandes incertitudes liées aux bases du modèle et aux données d'entrée, il importe de plausibiliser et de classer les résultats. Les résultats du modèle, à savoir des estimations de concentrations annuelles moyennes, ont, dans une première étape, été vérifiées par comparaison à des concentrations mesurées lors d'une étude approfondie que le programme NAWA SPE a consacrée à la Salmsacher Aach, où diverses substances ont été mesurées en continu durant environ cinq mois (fig. 15a). Selon cette comparaison, les concentrations modélisées s'écartent de moins d'un facteur 10 des concentrations mesurées pour la plupart des substances, les valeurs étant bien plus souvent surestimées que sous-estimées. En d'autres termes, les résultats de la modélisation décrivent le cas le plus défavorable dans un cours d'eau moyen, tout en restant réalistes.

Fig. 15 > Comparaison des concentrations mesurées et des concentrations modélisées des substances considérées dans des cours d'eau de différentes tailles

a) Comparaison des concentrations moyennes mesurées (moyenne sur 5 mois; les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été ramenées à 0) et des concentrations annuelles modélisées des substances considérées. b) Comparaison avec des concentrations maximales mesurées dans des cours d'eau de différentes tailles: Rhin à Bâle (grand cours d'eau); Salmsacher Aach (cours d'eau moyen); ruisseau des Charmilles (petit cours d'eau).



Données: Rhin: SSR, 2012; les micropolluants organiques ont été mesurés dans des échantillons composites journaliers, les métaux lourds dans des échantillons composites prélevés sur deux semaines
Salmsacher Aach: concentrations mesurées en 2012 dans des échantillons composites prélevés sur deux semaines
Ruisseau des Charmilles: concentrations mesurées en 2012 dans des échantillons ponctuels ainsi que composites journaliers et hebdomadaires

Comparaison avec des cours d'eau de différentes tailles

Pour vérifier la validité du modèle pour des cours d'eau de différentes tailles, nous avons comparé les résultats obtenus par calcul avec les données provenant d'études approfondies réalisées sur trois cours d'eau de grandeurs différentes. A cet effet, nous avons utilisé les relevés disponibles pour le Rhin à Bâle (grand cours d'eau), la Salmsacher Aach (cours d'eau moyen) et le ruisseau des Charmilles (petit cours d'eau). La charge présente dans les cours d'eau de petite et moyenne taille provient exclusivement d'apports diffus, tandis que la pollution du Rhin est également due à des sources ponctuelles (STEP). Nous les avons également prises en considération dans la vérification.

Comparaison avec les concentrations maximales mesurées

Pour procéder à cette comparaison, il eut été préférable de disposer de concentrations moyennes annuelles mesurées. Les relevés existants permettent cependant d'établir une moyenne fiable de cinq mois uniquement pour la Salmsacher Aach. Nous nous sommes dès lors rabattus sur les concentrations maximales enregistrées aux stations considérées. Les concentrations mesurées dans le Rhin à Bâle se fondent sur des échantillons composites journaliers, dans la Salmsacher Aach sur des échantillons composites prélevés sur deux semaines et dans le ruisseau des Charmilles sur des échantillons de durées variables (échantillons ponctuels et échantillons composites journaliers et hebdomadaires).

Concentrations annuelles moyennes modélisées dans le spectre des concentrations maximales mesurées

Les concentrations annuelles moyennes modélisées pour le Rhin à Bâle et la Salmsacher Aach s'écartent d'un facteur inférieur à 10 des valeurs maximales mesurées (fig. 15b). A ces deux emplacements, les résultats de la modélisation sont aussi bien inférieurs que supérieurs aux valeurs mesurées. Les concentrations maximales mesurées dans le ruisseau des Charmilles, un petit cours d'eau, sont cependant parfois nettement supérieures aux concentrations obtenues par calcul.

La comparaison avec des critères de qualité relatifs à la pollution chronique s'est révélée judicieuse

La comparaison révèle que les concentrations modélisées sont relativement élevées par rapport à des concentrations moyennes semestrielles (fig. 15a), mais qu'elles restent dans le spectre des concentrations maximales mesurées dans des échantillons composites sur deux semaines (fig. 15b, Salmsacher Aach). Ce constat montre que les données obtenues se prêtent à une comparaison avec des critères de qualité relatifs à la pollution chronique (Wittmer et al. 2014a). En d'autres termes, il serait inutile de vouloir les comparer avec des critères de qualité relatifs à la pollution aiguë puisque le modèle n'est pas à même, comme le prouvent les données du ruisseau des Charmilles, de fournir des pics absolus de concentration.

Pas de surestimation ou de sous-estimation systématique

A l'aide des relevés disponibles pour le Rhin à Bâle – les plus complets pour ce qui est de la variété des substances et la fréquence des mesures –, nous avons déterminé si le modèle tend à surestimer ou à sous-estimer les concentrations d'un groupe de substances. Cette vérification a établi qu'une telle tendance n'existe pour aucun des groupes de substances considérés (Strahm et al. 2014).

Résultats sur l'ensemble plausibles

La vérification de la plausibilité a montré que le modèle fournit une bonne vue d'ensemble de la pollution sur les 65 000 km du réseau hydrographique. Une grande prudence est toutefois de mise lors de l'interprétation des résultats obtenus pour certaines substances et certains bassins versants. Seules des informations complémentaires sur les substances et les régions permettent d'affiner l'analyse, les imprécisions jouant un rôle plus important lorsque cette dernière porte sur de petites régions. L'évaluation est par ailleurs plus difficile dans le cas de sources diffuses, qui rejettent une grande variété de substances et où l'utilisation des substances varie beaucoup, telle l'agriculture, que pour les routes, où l'on ne rencontre qu'un nombre limité de substances.

5.2.2 Dépassement des critères de qualité

5.2.2.1 Etendue de la pollution

Au moins un dépassement du CQC sur plus de 25 % du réseau hydrographique

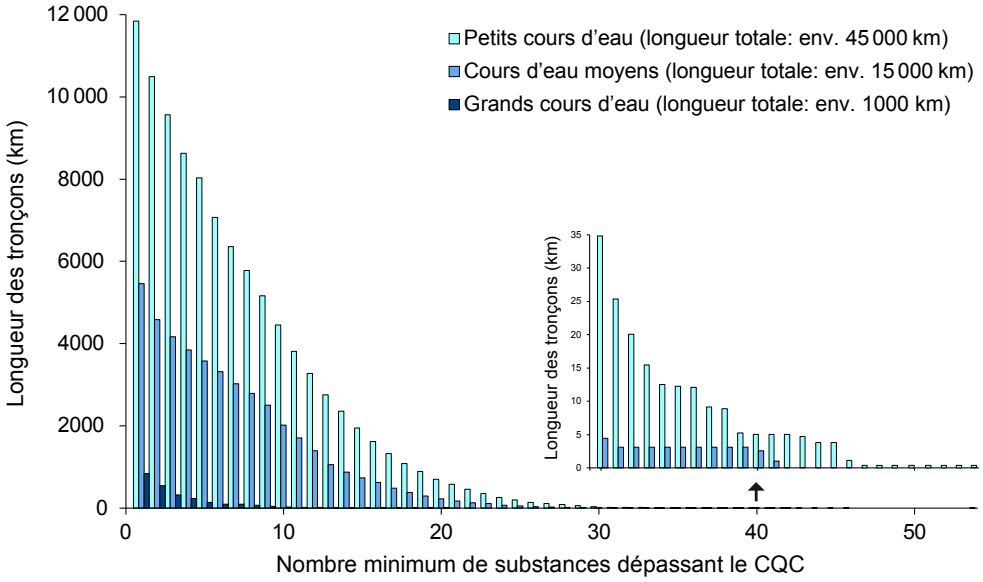
La modélisation suggère qu'on ne peut exclure des dépassements des critères de qualité relatifs à la pollution chronique dans une grande partie du réseau hydrographique suisse (cas B dans la fig. 8), et ce, pour un grand nombre de substances provenant de diverses sources. Il faut en particulier s'attendre à mesurer des charges polluantes élevées dans la moitié de la Suisse située à basse altitude (au-dessous de 1080 m), c'est-à-dire sur le Plateau et dans les grandes vallées. Les tronçons où les calculs font état d'au moins un dépassement totalisent environ 19 000 km, ce qui représente plus d'un quart du réseau hydrographique (fig. 16).

Dépassements plus fréquents dans les petits cours d'eau

Les dépassements du CQC atteignent un nombre maximum dans les petits cours d'eau, où on en compte jusqu'à 50 substances (fig. 16). Mais aussi dans des tronçons de moyens et grands cours d'eau, il faut s'attendre à ce que plusieurs substances dépassent le CQC. Les petits cours d'eau, dans lesquels les substances dépassant le CQC sont plus nombreuses, totalisent la plus grande longueur de tronçons où il faut s'attendre au même nombre de dépassements. Selon le modèle, au moins une substance dépasse son CQC sur environ 12 000 km de petits cours d'eau (soit 25 % de leur longueur totale). Le même constat s'applique à environ 6000 km de cours d'eau moyens (soit 40 % de leur longueur totale) et à près de 1000 km de grands cours d'eau (presque 100 % de leur longueur totale).

Fig. 16 > Dépassements, établis par calcul, des critères de qualité relatifs à la pollution chronique (CQC) dans des cours d'eau de différentes tailles

Exemple de lecture: dans le cas des petits cours d'eau, une substance au moins dépasse le CQC sur une longueur d'environ 12 000 km et c'est le cas de deux substances au moins sur une longueur de 10 500 km.



5.2.2.2 Longueur des tronçons pollués par certains groupes de substances

La plupart des dépassements sont dus aux produits phytosanitaires

Les pollutions les plus fréquentes sont dues à certaines substances des groupes «produits phytosanitaires», «métaux lourds» et «biocides». Plus de 80 % des substances qui dépassent le CQC sur un tronçon cumulé de plus de 100 km sont des produits phytosanitaires (tableau 11).

Tab. 12 > Nombre de substances modélisées, de celles possédant un critère de qualité relatif à la pollution chronique (CQC) et de celles dépassant leur CQC sur plus de 100 km de cours d'eau

Groupe de substances	Nombre de substances modélisées	Nombre de substances avec CQC	Nombre de substances dont la conc. dépasse le CQC sur plus de 100 km
	11	8	8
Métaux[1]	95	90	53
PPh[2]	3	3	3
PPh/biocides[3]	6	5	4
Biocides[2]	9	8	6
Médicaments à usage humain[4]	20	6	0
Médicaments vétérinaires[4]	4	4	4
Hormones	3	0	0
Toxines naturelles	6	4	0

PPh: produits phytosanitaires
[1] Sans la charge d'origine géogène
[2] Cuivre non compris
[3] Cette catégorie comprend également le mécoprop, qui n'est pas admis par l'ordonnance sur les produits biocides mais qui est utilisé dans la protection de matériaux
[4] Sans le sulfaméthoxazole, qui est autorisé comme médicament vétérinaire et à usage humain

Produits phytosanitaires

Plus de 50 % des produits phytosanitaires modélisés dépassent le CQC

Selon les calculs, plus de la moitié des produits phytosanitaires modélisés dépassent leur CQC sur diverses longueurs cumulées de cours d'eau. Pour certaines substances, ce dépassement prévaut sur jusqu'à 20 % du réseau hydrographique. Les relevés des programmes d'observation les plus variés confirment que nombre de produits phytosanitaires représentent un risque élevé de pollution des eaux (cf. chapitre 4). Selon les investigations menées, les substances qui ne dépassent jamais leur CQC sont soit utilisées en très faibles quantités en Suisse soit peu toxiques pour les organismes aquatiques.

Insecticides hautement toxiques

Ce sont surtout les insecticides hautement toxiques qui peuvent provoquer une forte pollution des eaux sur de longs tronçons. Une partie des insecticides étant difficiles à analyser ou ayant une limite de quantification largement supérieure au CQC, il n'existe guère de relevés fiables pour ces substances. Dans leur cas, le modèle offre donc un avantage de taille, mais comporte aussi un certain désavantage: pour certaines substances, il fait état d'une charge effective, que les relevés sur le terrain ne permettent pas de quantifier. Il surestime cependant très certainement la charge de certaines substances qui sont utilisées en faibles quantités (moins de 1000 kg) et dont les critères de qualité ont des valeurs très basses, comme c'est le cas de certains insecticides hautement toxiques. Cette surestimation s'explique par le manque de précision des données d'entrée. La statistique des ventes d'une substance classe les quantités vendues dans des catégories, la plus petite allant de 0 à 1 tonne. Dans le cas le plus défavorable, cette approximation peut conduire à une surestimation d'un facteur 1000, voire plus. Pour les catégories supérieures, la surestimation n'atteint pas une telle ampleur (facteur 5 pour la catégorie 1 à 5 tonnes, p. ex.).

Outre les insecticides, les herbicides et les fongicides dépassent également leurs CQC sur des tronçons relativement longs. C'est du moins ce qui ressort de la modélisation.

Métaux lourds

A l'instar des produits phytosanitaires, les métaux lourds cuivre et zinc peuvent dépasser leur CQC sur des tronçons totalisant jusqu'à 20 % du réseau hydrographique. Soulignons que certains tronçons ne sont pas seulement pollués par les apports diffus modélisés, mais présentent aussi une pollution de fond d'origine géogène. Cette charge supplémentaire pourrait accroître la longueur totale de tronçons effectivement pollués.

Les métaux lourds sont à l'origine de beaucoup de dépassements

Biocides, produits phytosanitaires/biocides

Selon le modèle, les substances appartenant aux groupes «biocides» et «produits phytosanitaires/biocides» dépassent leur CQC sur une longueur atteignant jusqu'à 9 % des tronçons. Ces substances sont toutefois beaucoup moins nombreuses que les produits phytosanitaires.

Les biocides sont moins nombreux que les produits phytosanitaires

Hormones/médicaments vétérinaires et à usage humain

D'après les résultats de la modélisation, les déversoirs d'orage ne provoquent des concentrations d'hormones et de médicaments supérieures aux CQC que sur de courts tronçons. Pour les médicaments purement vétérinaires, les calculs n'indiquent aucune concentration supérieure au CQC. Faute de données suffisantes, les charges d'hormones naturelles engendrées par la détention du bétail dans les pâturages et l'épandage de purin n'ont pas été prises en compte.

Les hormones et les médicaments ne polluent que de courts tronçons

Autres

Malgré des estimations faisant parfois état de concentrations élevées, les substances entrant dans le groupe «autres», tel l'agent anticorrosif benzotriazole, ne dépassent leur CQC dans aucun des tronçons modélisés.

Les HAP (ensemble de substances apparentées), pour lesquels les calculs indiquent de très fortes concentrations, constituent un cas particulier dans le groupe «autres». Certains HAP, comme le benzo(a)pyrène, sont cancérigènes et parfois très toxiques pour les organismes aquatiques. Selon la source, la composition du mélange de HAP varie, d'où la difficulté d'évaluer leur paramètre cumulatif à l'aide d'un CQC. De plus, de nombreux HAP affichent une forte capacité de sorption, ce qui rend difficile l'estimation de leur concentration dans les eaux et le sédiment. Le CQC défini en 2013 par l'UE pour le benzo(a)pyrène, l'un des composants HAP, est très faible: $1{,}7 \times 10^{-4}$ µg/l (Commission européenne 2013, cf. point 1.2.3). Si l'on admet, pour simplifier, que le benzo(a)pyrène représente 10 % de la somme des HAP (OFSP 2012), le CQC de l'UE serait dépassé sur environ 10 000 km de cours d'eau. Le benzo(a)pyrène se classerait ainsi parmi les trois substances engendrant des dépassements du CQC sur la plus grande longueur du réseau hydrographique. Comme mentionné plus haut, il est toutefois difficile d'établir une évaluation définitive compte tenu de la variabilité des comportements au sein de la famille des HAP et, notamment, de la forte capacité de sorption du benzo(a)pyrène. Par conséquent, le dépouillement des résultats de la modélisation n'en tient pas compte.

Nombre potentiellement élevé de dépassements dus aux HAP

Aucun CQC n'étant défini pour les toxines naturelles, il est impossible de les évaluer.

5.2.2.3 Sources

Charges plus élevées à basse altitude

Les cartes de la figure 17 montrent pour différentes sources sur quelle longueur de tronçons un certain nombre de substances pourraient dépasser leur CQC. Les charges polluantes sont en général plus élevées dans la moitié de la Suisse située à basse altitude, c'est-à-dire sur le Plateau et dans les grandes vallées.

Les surfaces agricoles à l'origine des dépassements les plus étendus

Si l'on considère les linéaires de cours d'eau potentiellement pollués et le nombre de dépassements des CQC, les surfaces agricoles sont la source qui provoque la plus forte charge polluante (fig. 17a). Les premières régions concernées sont dès lors celles comportant une forte proportion de surface agricole (Thurgovie, Seeland bernois, Vaud, Bas-Valais; fig. 14).

Les apports de zones urbanisées également à l'origine de nombreux dépassements

Les apports diffus provenant des zones urbanisées peuvent provoquer des dépassements dans les eaux non seulement à proximité des grandes villes, mais aussi dans les agglomérations et sur l'ensemble du Plateau, qui est densément peuplé (fig. 17e). Les dépassements s'étendent sur des tronçons de longueur similaire à celle des dépassements engendrés par les surfaces agricoles, la proportion des tronçons contenant un grand nombre de substances dépassant les critères de qualité étant toutefois nettement plus faible.

Les herbages entraînent des dépassements dus au cuivre et au zinc

Pour ce qui est des herbages, le modèle révèle que quatre substances au maximum, dont le cuivre et le zinc principalement, dépassent les critères de qualité (fig. 17d). Ce sont surtout les cours d'eau qui drainent les régions où l'on pratique l'élevage intensif d'animaux de rente qui risquent de charrier une forte charge de micropolluants provenant des herbages. Comme mentionné plus haut, le modèle ne tient pas compte de la charge d'hormones rejetées par l'élevage.

Les cultures viticoles et fruitières peuvent entraîner de nombreux dépassements au niveau régional

Les résultats de la modélisation montrent que, en présence de cultures fruitières, jusqu'à 24 substances peuvent dépasser les critères de qualité dans un seul tronçon (fig. 17b). Les tronçons de cours d'eau qui contiennent un nombre accru de substances affichant des dépassements drainent avant tout les régions où ces cultures sont intensives (Thurgovie, Argovie, Lucerne, Bas-Valais). Selon les calculs, quelques rares insecticides, dont le CQC est très faible, pourraient cependant dépasser ce critère sur l'ensemble du Plateau. Il se pourrait toutefois que la fréquence des dépassements soit surestimée, d'une part en raison du manque de précision des données d'entrée (point 5.1), mais d'autre part aussi en raison de la conception du modèle, qui ne distingue pas entre cultures à hautes tiges et cultures fruitières intensives. Selon les spécialistes, la quantité d'insecticides appliqués sur les cultures à hautes tiges, fréquentes sur le Plateau, est certainement inférieure à celle utilisée sur les cultures fruitières intensives.

La charge polluante due à la culture viticole n'est accrue, elle aussi, que de manière régionale. Selon les résultats de la modélisation, le nombre des substances pouvant dépasser les CQC dans ces régions est toutefois relativement élevé puisqu'il peut aller jusqu'à 16 (fig. 17c).

Dépassements rares pour les voies de communication

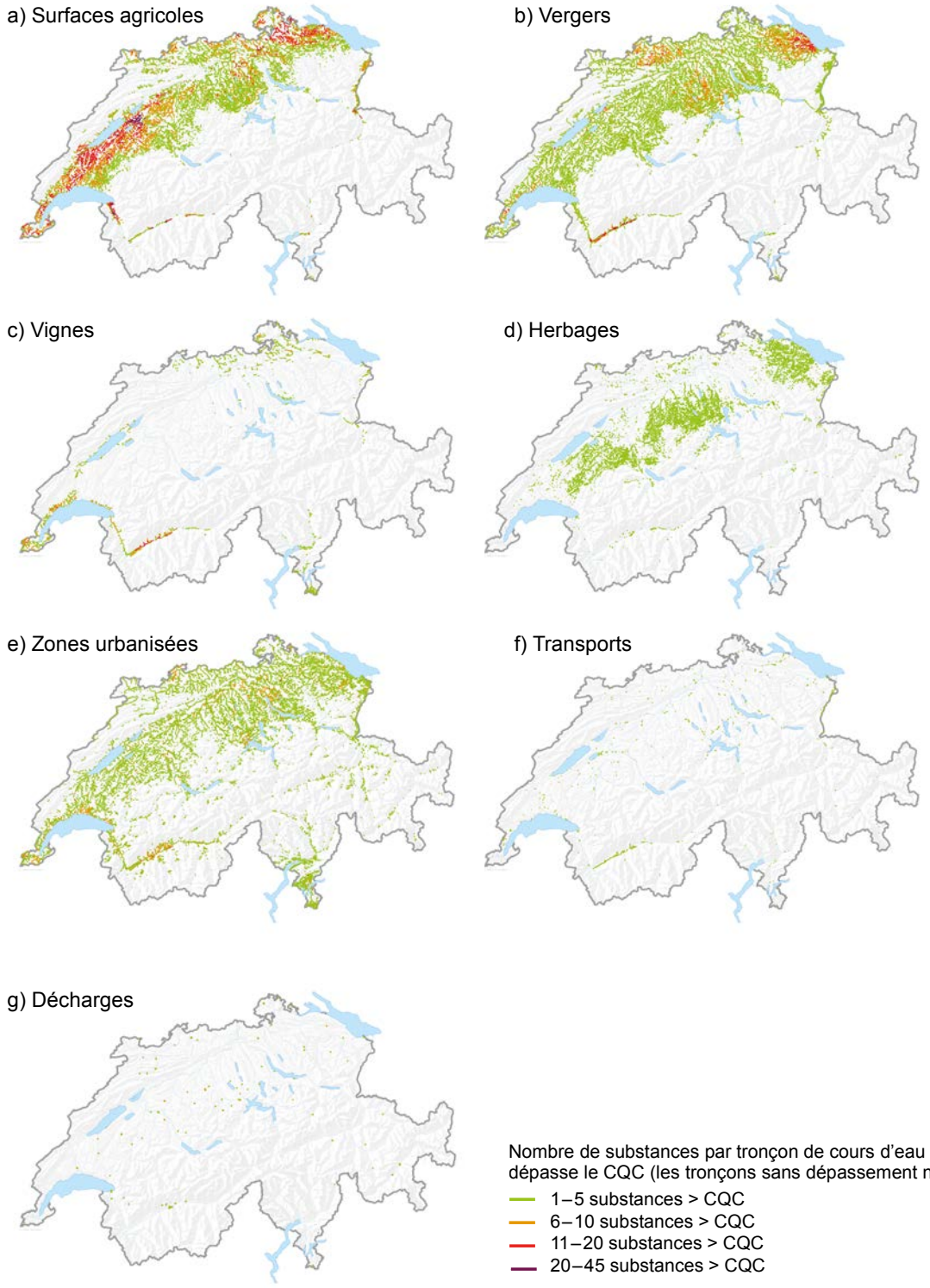
Bien qu'elles comptent parmi les principales sources de polluants des cours d'eau, les substances provenant des routes et des voies ferrées ne dépassent potentiellement leur CQC que sur quelques tronçons (fig. 17f et fig. 9). Il convient de rappeler ici que l'évaluation écotoxicologique ne tient pas compte des HAP (cf. point 5.2.2.2), mais que ces substances peuvent également provoquer des dépassements sur de longs tronçons.

Chaque décharge est un cas particulier

Les décharges, moins nombreuses, ne provoquent pas de dépassements des CQC sur de longs tronçons de cours d'eau, et les dépassements se limitent à un petit nombre de substances (fig. 17). S'agissant des décharges, il importe de souligner que le modèle ne prend en considération qu'un nombre limité de substances, car celles-ci varient souvent d'un cas à l'autre. Bien que les décharges n'occupent pas une grande superficie à l'échelle de la Suisse, elles peuvent engendrer localement des charges polluantes très élevées (cf. point 2.1.4).

Toutes sources de micropolluants confondues, il apparaît clairement que les surfaces agricoles exercent la plus grande influence sur la qualité des eaux dans l'ensemble de la Suisse. Selon le modèle élaboré, les zones urbanisées et les vergers engendrent également des dépassements importants, de par le nombre de substances en cause et la longueur des tronçons concernés. Les vignes, les herbages et les transports constituent une source moins importante.

Fig. 17 > Nombre de substances par tronçon de cours d'eau dont la concentration dépasse le CQC pour différentes sources diffuses de micropolluants



Réseau hydrographique: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1) Fond de carte © 2004, swisstopo

5.3 Conclusion à tirer des résultats du modèle

Pollutions étendues

Les estimations du modèle confirment les résultats des campagnes de mesure résumés au chapitre 4 ainsi que de l'analyse de l'utilisation du sol et montrent que les apports diffus peuvent engendrer dans de vastes portions des cours d'eau suisses des concentrations de micropolluants critiques du point de vue écotoxicologique. Sur le Plateau, dans les zones des collines et dans les vallées vouées à une utilisation intensive, la pollution des eaux par des micropolluants provenant de sources diffuses constitue un problème généralisé. Selon le modèle, l'ampleur de la pollution, indiquée par la présence de plusieurs substances sur de grandes portions de cours d'eau, est principalement due aux apports provenant de surfaces agricoles, de zones urbanisées et de cultures fruitières. Les apports provenant de cette dernière source nécessitent cependant d'être vérifiés par des mesures, compte tenu des grandes incertitudes qui entachent les données concernant les insecticides hautement toxiques et peu appliqués. Malgré leur étendue, les routes et les herbages semblent jouer un rôle moins important. Soulignons toutefois que le modèle n'a pas permis d'évaluer les hormones naturelles, potentiellement problématiques, rejetées par l'élevage d'animaux de rente, ni les HAP provenant des routes. Pour chacune de ces sources d'émissions, la modélisation a cependant identifié un tronçon au moins où le CQC est dépassé.

Les produits phytosanitaires à l'origine de la plupart des dépassements

L'évaluation a établi que les principaux groupes de substances sont, dans l'ordre d'importance, les produits phytosanitaires, les métaux lourds et les biocides. Le modèle a notamment fait état d'une forte pollution par les insecticides dont certains sont hautement toxiques, mais il n'existe jusqu'ici pas de relevés qui permettraient de corroborer ce constat. Dans certains cas, il est relativisé par le fait que les quantités appliquées ont été surestimées pour certaines substances.

Le modèle fournit une vue d'ensemble à l'échelle de la Suisse

Malgré de grandes incertitudes, le modèle permet de considérer, de manière uniforme et à l'échelle de la Suisse, les principaux aspects des apports diffus de micropolluants (variété des substances, étendue des sources au niveau suisse, taux de pertes, quantités utilisées, combinaison de diverses sources). Il fournit ainsi une vue d'ensemble de la situation à l'échelle de la Suisse pour tous les groupes de substances et les sources de leurs apports. Le modèle ne convient cependant pas pour apprécier avec précision la pollution due à des substances individuelles ou dans des régions particulières.

6 > Conclusions des travaux et mesures à prendre

6.1 Charge de micropolluants de sources diffuses dans les cours d'eau suisses

Beaucoup de cours d'eau pollués

Tant les campagnes de mesure que l'analyse de l'utilisation du sol et les estimations fondées sur le modèle montrent que nombre de cours d'eau sont contaminés par des micropolluants provenant de sources diffuses. Cette charge polluante peut porter atteinte à des organismes aquatiques. Contrairement aux apports continus engendrés par les STEP, la plupart des apports diffus de micropolluants varient beaucoup dans le temps, les concentrations atteignant le plus souvent des pics durant ou après des épisodes pluvieux. Selon la source en cause, ces apports peuvent survenir durant toute l'année (transports, p. ex.) ou être saisonniers (p. ex. dans l'agriculture, où les rejets dépendent des périodes d'application). En raison des apports d'eaux usées domestiques via les déversoirs d'orage durant de fortes précipitations, des substances habituellement éliminées par les STEP peuvent malgré tout atteindre, sur de courtes périodes, des concentrations assez élevées dans les eaux de surface.

Charge élevée surtout dans les petits cours d'eau

Les pics de concentration des substances provenant de sources diffuses varient beaucoup, en particulier dans les petits cours d'eau, où les concentrations extrêmes atteignent des multiples des valeurs mesurées dans les grands cours d'eau. Or les petits cours d'eau représentent environ 75 % du réseau hydrographique suisse et jouent un rôle écologique crucial. Si les concentrations sont le plus souvent faibles dans les grands cours d'eau, les charges totales de micropolluants, apports diffus et déversements ponctuels (STEP) confondus, y sont le plus souvent élevées. Château d'eau de l'Europe, la Suisse entend assumer sa responsabilité de riverain d'amont et s'efforce dès lors de maintenir la charge totale de micropolluants à un niveau aussi faible que possible.

Principales sources d'émissions: l'agriculture, suivie par les zones urbanisées

Les principaux apports diffus de micropolluants proviennent de l'agriculture et, dans une moindre mesure, des zones urbanisées. Ces deux sources étant largement réparties sur le territoire Suisse, en particulier sur le Plateau et dans les grandes vallées, il est logique que les substances rejetées se retrouvent dans de grandes portions du réseau hydrographique suisse. Les quantités provenant d'activités sur et au bord de l'eau (navigation et baignade, p. ex.) et de l'atmosphère sont plus modestes. Les sites pollués sont certes bien circonscrits, mais la multitude des substances en présence et l'historique parfois mal connu de ces sites rendent difficile leur analyse au niveau national. La seule chose que les relevés et les estimations permettent de conclure, c'est qu'il est impossible d'exclure que ces sources n'engendrent localement des concentrations critiques pour les organismes aquatiques.

Selon des estimations simples, on ne peut exclure que nombre des substances considérées, comme les médicaments vétérinaires ou les toxines naturelles, n'atteignent dans certains petits cours d'eau des concentrations critiques pour les organismes aquatiques. En considérant les apports diffus de micropolluants et en priorisant la phase aqueuse des eaux de surface, on peut toutefois affirmer sans se tromper qu'un nombre considérable de produits phytosanitaires, quelques biocides et les métaux lourds cuivre et zinc comptent parmi les principales substances en cause. De plus, des relevés relativement nombreux existent pour ces substances et leurs voies d'apport sont assez bien connues. Une évaluation définitive est cependant difficile pour certaines substances, tels les HAP.

Principales substances: beaucoup de produits phytosanitaires, ainsi que quelques biocides et métaux lourds

La présente analyse de la situation n'a pas pris en considération les substances à forte capacité de sorption et qui sont donc moins présentes dans la phase aqueuse, mais qui tendent à s'accumuler dans les sédiments ou dans les organismes vivants. Ne font pas non plus l'objet de cette étude les substances qui sont en principe rejetées par l'industrie et l'artisanat et qui n'empruntent donc pas des voies d'apport diffus.

Substances n'ayant pas été prises en compte

6.2 Réorienter l'observation des eaux

L'observation ciblée de la qualité des eaux est un instrument essentiel de la politique de protection des eaux, car elle permet de déterminer la nécessité de prendre de nouvelles mesures (comme équiper les STEP d'installations à même d'éliminer les micropolluants ou jeter les bases d'un plan d'action contre les produits phytosanitaires). Les relevés permettent par ailleurs d'évaluer l'efficacité des mesures appliquées pour protéger les eaux.

Importance des campagnes d'observation visant à évaluer la qualité des eaux

Au cours des dernières décennies, la qualité des eaux suisses s'est considérablement améliorée, car de grands progrès ont été réalisés en vue de réduire les apports de nutriments. Si différentes mesures ont été prises, la réduction significative de ces apports a surtout été rendue possible en équipant certaines STEP communales d'une étape de traitement biologique. Dans le cadre de l'examen de cette problématique et de l'évaluation des mesures prises, divers programmes de mesures chimiques et biologiques (méthodologies et réseaux d'observation) ont été développés et axés sur le problème des nutriments. Ils ont permis d'apprécier les succès obtenus ainsi que de cerner et de suivre les problèmes à résoudre (telle l'eutrophisation des lacs).

Depuis quelques années, les programmes d'observation des cantons et de la Confédération incluent également les micropolluants (relevés des cantons, NAWA SPE, etc.). Pour toutes sortes de raisons, les mesures ont jusqu'ici été réalisées principalement dans des bassins versants moyens et grands. Afin d'identifier les pollutions de sources diffuses, il importe à l'avenir de soumettre davantage les petits cours d'eau à des études approfondies. Cette année (2015), un programme de NAWA SPE sera réalisé dans ce domaine dans le cadre d'une collaboration entre la Confédération, les cantons et l'Eawag.

Le programme d'observation NAWA SPE

Méthodes de mesure et d'évaluation

La stratégie d'observation (sélection des bassins versants, fréquence des prélèvements), les méthodes d'analyse et l'interprétation de tous les paramètres mesurés, y compris les interprétations écotoxicologique et biologique, représentent un défi énorme. Pour pouvoir interpréter les données, il importe par ailleurs de collecter d'autres informations, comme l'utilisation du sol, le type de culture ou les pesticides appliqués. L'introduction de nouvelles procédures de mesure et d'évaluation passe par d'importants échanges au niveau technique et exige un effort soutenu. Des approches prometteuses ont toutefois été développées dans les projets de suivi et d'évaluation des micropolluants provenant de STEP et de sources diffuses (Götz et al. 2010, Wittmer et al. 2014a).

Besoins de recherche fondamentale

Outre les nutriments et les micropolluants, d'autres paramètres gagneront de l'importance à l'avenir dans les programmes d'observation et les évaluations. Ces paramètres comprennent par exemple l'évaluation de la qualité des sédiments, de la qualité biologique de l'eau ou des organismes vivants (plus particulièrement leur teneur en polluants) et de l'influence de la température. Dans une moindre mesure, ils comprennent également les nanoparticules et les nanoplastiques, mais aussi les effets conjugués de différents facteurs. Il importera par ailleurs de poursuivre les travaux de la recherche fondamentale dans les secteurs suivants: hormones provenant de l'élevage d'animaux de rente, prélèvements d'échantillons et analyse de substances à forte capacité de sorption ainsi que de substances hautement toxiques, qui portent atteinte aux organismes aquatiques même à des concentrations inférieures aux limites de quantification actuelles.

6.3 Mesures destinées à réduire la pollution

Optimisation des STEP

Pour réduire la charge totale de micropolluants dans les eaux, il importe de prendre des mesures au niveau des STEP et des apports diffus. La révision de la loi sur la protection des eaux prévoit un mécanisme de financement pour doter certaines STEP d'une étape de traitement supplémentaire à même d'éliminer les composés traces. Cette optimisation réduira de moitié l'apport de micropolluants provenant de STEP et diminuera donc nettement la charge totale de micropolluants qui quittent la Suisse (Conseil fédéral 2013).

Diverses mesures visant les apports diffus de micropolluants

Si une solution en bout de chaîne convient pour réduire la charge de micropolluants parvenant dans les eaux via les STEP, l'objectif de diminuer la charge de micropolluants provenant de sources diffuses nécessite une panoplie de mesures, y compris des mesures prises à la source. Voici quelques-unes des mesures envisageables: interdire certaines substances, restreindre leur emploi, réduire les risques durant leur production, leur utilisation et leur élimination, recourir à la communication pour essayer de modifier les modes de comportement, améliorer la protection des eaux et les connaissances de base. C'est en particulier dans l'agriculture que des mesures innovantes et efficaces sont nécessaires pour diminuer sensiblement la pollution des eaux.

Plan d'action visant les produits phytosanitaires

Mi-2014, le Conseil fédéral a chargé l'OFAG de concevoir, en collaboration avec l'OFEV, l'OSAV (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires) et le SECO (Secrétariat d'Etat à l'économie), un plan d'action destiné à réduire les risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires. Ce plan d'action devrait être défini d'ici à fin 2016, et son application devrait réduire les apports occasionnés par l'agriculture, la principale source de micropolluants hors des zones urbanisées.

Autres mesures à la source

En vue de répondre au postulat du conseiller aux Etats Claude Hêche (12.3090 – Micropolluants dans l'eau. Renforcement des mesures à la source), des travaux seront menés pour déterminer dans quelle mesure il possible de renforcer les mesures à la source. Les mesures déjà en place et des mesures renforcées feront l'objet d'une analyse et d'une synthèse, et d'autres moyens d'action seront identifiés.

Les connaissances issues de la présente analyse de la situation fournissent une base solide pour appliquer les mesures nécessaires, présentées ici, afin de réduire la charge de micropolluants.

> Bibliographie

Abegglen C., Siegrist H. 2012. Micropolluants dans les eaux usées urbaines. Etape de traitement supplémentaire dans les stations d'épuration. Office fédéral de l'environnement, Berne.

Ashauer R. 2012. Ökotoxikologische Bewertung – Schwankende Stoffkonzentrationen und wiederholte Konzentrationsspitzen in Gewässern. Aqua & Gas 11, p. 24–31.

AWEL. 2012. Zürcher Gewässer 2012, Entwicklung-Zustand-Ausblick. Kurzfassung. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Baudirektion Zürich.

Béguin J., Smola S. 2010. Etat des drainages en Suisse. Office fédéral de l'agriculture (OFAG).

Blanchoud H., Farrugia F., Mouchel J. M. 2004. Pesticide uses and transfers in urbanized catchments. Chemosphere 55(6), p. 905–913.

Blanchoud H., Moreau-Guigon E., Farrugia F., Chevreuil M., Mouchel J. M. 2007. Contribution by urban and agricultural pesticide uses to water contamination at the scale of the Marne watershed. Science of the Total Environment 375(1–3), p. 168–179.

BMG. 2012. Datensammlung: Aktivitäten im und am Wasser.

BMLFUW. 2007. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: CHEM – NEWS XVI. www.bmlfuw.gv.at/greentec/chemikalien/chem-news/chem_news.html.

Bogdal C., Scheringer M., Schmid P., Blauenstein M., Kohler M., Hungerbühler K. 2010. Levels, fluxes and time trends of persistent organic pollutants in Lake Thun, Switzerland: Combining trace analysis and multimedia modeling. Science of the Total Environment 408(17), p. 3654–3663.

Braun C., Gälli R. 2011. Gewässerschutz an Bahnanlagen – Untersuchung von Gleisabwasser. Schlieren: BMG.

Braun C., Gälli R. 2014. Micropolluants de l'industrie et de l'artisanat. Première étude de référence par collecte des informations dont disposent les cantons. Rapport succinct sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), BMG Engineering AG, Schlieren.

Braun C., Gälli R., Kammer C. 2013. Belastung durch Gleisabwasser – Emissionen von Mikroverunreinigungen aus dem Bahnverkehr. Aqua & Gas 7/8, p. 40–49.

Bucheli T. D., Wettstein F. 2013. Natürliche Toxine – Übersehene Mikroverunreinigungen unserer Gewässer. Aqua & Gas 5.

Burkhardt M., Dietschwiler C. 2013. Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz – Bautenfarben und -putze (PA 7), Holz (PA 8), Mauerwerk (PA 10) und Antifouling (PA 21). Hochschule für Technik Rapperswil.

Burkhardt M., Stamm C., Waul C., Singer H., Müller S. 2005. Surface runoff and transport of sulfonamide antibiotics and tracers on manured grassland. J Environ Qual 34(4), p. 1363–1371.

Burkhardt M., Zuleeg S., Vonbank R., Schmid P., Hean S., Lamani X., Bester K., Boller M. 2011. Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water Sci Technol 63(9).

Centre Ecotox. 2014. Propositions de critères de qualité en exposition aiguë et chronique pour une série de substances pertinentes pour la Suisse. www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaets-kriterien/vorschlaege.

Chèvre N., Guignard C., Rossi L., Pfeifer H. R., Bader H. P., Scheidegger R. 2011. Substance flow analysis as a tool for urban water management. Water Sci Technol 63(7), p. 1341–1348.

CIPR. 2003. Commission internationale pour la protection du Rhin. Rhin: Inventaire 2000 des émissions de substances prioritaires. Braun M., Coblence.

CIPR. 2013. 15e Conférence ministérielle – Communiqué. www.iksr.org/index.php?id=191&L=1&tx_ttnews[tt_news]=841&cHash=9792bc9aedc3cafa5c8e900c4206803b.

Commission européenne. 2013. Directive 2013/39/UE modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau. www.eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:226:0001:0017:FR:PDF.

Conseil fédéral. 2013. Message concernant la modification de la loi fédérale sur la protection des eaux. (Financer l'élimination des composés traces organiques des eaux usées conformément au principe du pollueur-payeur) www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2013/4969.pdf.

Doppler T., Camenzuli L., Hirzel G., Krauss M., Lück A., Stamm C. 2012. Spatial variability of herbicide mobilisation and transport at catchment scale: insights from a field experiment. Hydrology and Earth System Sciences 16, p. 1947–1967.

European Commission. 2008. Priority Substances and Certain Other Pollutants according to Annex II of Directive 2008/105/EC. www.ec.europa.eu/environment/water/water-framework/priority_substances.htm.

Fischnetz. 2004. Rapport final du projet «Réseau suisse poissons en diminution – Sur la trace du déclin piscicole». Eawag, OFEFP.

FriedliPartner, BAFU, ERZ. 2007. Projekt Biomik – Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässer.

Gälli R., Schmid-Kleikemper J., Ort C., 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.

Gerecke A. C., Schärer M., Singer H. P., Müller S. R., Schwarzenbach R. P., Sägesser M., Ochsenbein U., Popow G. 2002. Sources of pesticides in surface waters in Switzerland: pesticide load through wastewater treatment plants – current situation and reduction potential. Chemosphere 48, p. 307–315.

Götz C. 2012a. Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen – atmosphärische Deposition.

Götz C. 2012b. Mikroverunreinigungen aus Nutztierhaltung. Aqua & Gas 11, p. 52–59.

Götz C., Kase R., 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, Eawag, Dübendorf.

Götz C., Scheringer M., MacLeod M., Wegmann F., Hungerbühler K. 2008. Regional differences in gas-particle partitioning and deposition of semivolatile organic compounds on a global scale. Atmos Environ 42(3), p. 554–567.

Hartmann N., Erbs M., Wettstein F. E., Schwarzenbach R. P., Bucheli T. D. 2007. Quantification of estrogenic mycotoxins at the ng/L level in aqueous environmental samples using deuterated internal standards. Journal of chromatography A 1138(1–2), p. 132–140.

Hoerger C. C., Wettstein F. E., Bachmann H. J., Hungerbühler K., Bucheli T. D. 2011. Occurrence and Mass Balance of Isoflavones on an Experimental Grassland Field. Environmental Science & Technology 45(16), p. 6752–6760.

Hollender J. 2007. Mikroverunreinigungen – Vorkommen in Gewässern der Schweiz und Bewertung. Gas, Wasser, Abwasser, GWA 11, p. 843–852.

Huntscha S. 2013. Fate of polar organic micropollutants during riverbank filtration: Insights from complementary analytical techniques. Diss ETH No 20972.

Hürdler J, Prasuhn V, Spiess E. 2015. Abschätzung von Schwermetalleinträgen über Gülleabschwemmung in die Oberflächengewässer der Schweiz. MODIFFUS 3.0. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt.

Hürlimann J., Fässler S., Wyss S. 2011. Auswirkungen von Strassenabwasser auf Oberflächengewässer – Gewässerökologische Beurteilung. GWA Gas, Wasser, Abwasser 11, p. 793–801.

IMS Health. 2004. Nationale Verkaufsdaten.

Johnson A. C., Williams R. J., Matthiessen P. 2006. The potential steroid hormone contribution of farm animals to freshwaters, the United Kingdom as a case study. Science of the Total Environment 362(1–3), p. 166–178.

Junghans M., Di Paolo C., Homazava N., Kase R., Häner A., Gälli R., Eggen R. I. L., Perazzolo C., Gregorio V., Chèvre N. 2011. Aquatic Risks of Plant Protection Products: A Comparison of Different Hazard Assessment Strategies for Surface Waters in Switzerland.

Junghans M., Kunz P., Werner I. 2013. Toxizität von Mischungen: Aktuelle, praxisorientierte Ansätze für die Beurteilung von Gewässerproben. Aqua & Gas 5, p. 54–61.

Kammer C. 2012. Datensammlung Verkehr Strasse.

Konstantinou I. K., Albanis T. A. 2004. Worldwide occurrence and effects of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment: a review. Environment International 30(2), p. 235–248.

Krebs R., Hartmann F., Scherrer D. 2008. Pflanzenschutzmittel im gewerblichen Gartenbau. Pilotstudie über die Anwendung. Office fédéral de l'environnement, Berne.

Kupper T. 2013. Biozid-Produkte für die Hygiene im Veterinärbereich. Haute école spécialisée bernoise.

LEaux. 1991. Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (RS 814.20) (Etat le 1er janvier 2011).

Leib V. 2015. Makrozoobenthos in kleinen Fliessgewässern – Schweizweite Auswertung. Aqua & Gas 4, p. 66–75.

Leu C., Schneider M. K., Stamm C. 2010. Estimating Catchment Vulnerability to Diffuse Herbicide Losses from Hydrograph Statistics. Journal of Environmental Quality 39(4), p. 1441–1450.

Leu C., Singer H., Müller S. R., Schwarzenbach R. P., Stamm C. 2005. Comparison of atrazine losses in three small headwater catchments. Journal of Environmental Quality 34(5), p. 1873–1882.

Leu C., Singer H., Stamm C., Müller S. R., Schwarzenbach R. P. 2004a. Variability of Herbicide Losses from 13 Fields to Surface Water within a Small Catchment after a Controlled Herbicide Application. Environmental Science & Technology 38(14), p. 3835–3841.

Leu C., Singer H., Stamm C., Müller S. R., Schwarzenbach R. P. 2004b. Simultaneous assessment of sources, processes, and factors influencing herbicide losses to surface waters in a small agricultural catchment. Environmental Science & Technology 38(14), p. 3827–3834.

Liess M., Schäfer R., Schriever C. 2008. The footprint of pesticide stress in communities: Species traits reveal community effects of toxicants. Science of the Total Environment 406, p. 484–490.

Liess M., van der Ohe P. 2005. Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. Environmental Toxicology and Chemistry 24(4), p. 954–965.

Madliger M., Niederer C. 2012. Datensammlung: Deponien und belastete Standorte.

Mahler N., Moschet C. 2008. Pflanzenschutz in Privatgärten; Abschätzung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln im privaten Gebrauch. EPF Zurich, Zurich.

Maurer M., Chawla F., von Horn J., Staufer P. 2012. Abwasserentsorgung 2025 in der Schweiz. Eawag, sur mandat de l'OFEV, Dübendorf.

Moschet C. 2011. Faktenblatt Insektizide und Fungizide aus landwirtschaftlichen Nutzflächen. Eawag, Dübendorf.

Moschet C., Wittmer I., Stamm C., Singer H., Hollender J. 2015. Insektizide und Fungizide in Fliessgewässern – Wichtig für die Beurteilung der Gewässerqualität. Aqua & Gas 4, p. 54–65.

Müller C. E., Spiess N., Gerecke A. C., Scheringer M., Hungerbühler K. 2011. Quantifying diffuse and point inputs of perfluoroalkyl acids in a nonindustrial river catchment. Environmental Science & Technology 45.

Müller S. 2007. Herausforderungen beim Management der Ressource Wasser und Gewässer. Gas, Wasser, Abwasser, GWA 11, p. 829–830.

Munz N., Leu C., Wittmer I. 2012. Pesticides dans les cours d'eau suisses – Aperçu de la situation à l'échelle nationale. Aqua & Gas 7/8, p. 78–87.

NAWA SPE. 2012. Vollständiges Pestizidscreening in fünf repräsentativen Einzugsgebieten im Schweizer Mitelland. OFEV/Eawag.

Nystrom B., Becker-van Slooten K., Berard A., Grandjean D., Druart J. C., Leboulanger C. 2002. Toxic effects of Irgarol 1051 on phytoplankton and macrophytes in Lake Geneva. Water Research 36(8), p. 2020–2028.

Ochsenbein U., Berset J.-D., Schweiwiller E. 2015. Mikroverunreinigungen in bernischen Gewässern – Belastungssituation und neue ökotoxikologische Beurteilung der Risiken. Aqua & Gas 2, p. 56–66.

Ochsenbein U., Berset J.-D., Scheiwiller E., Guthruf K. 2012. Mikroverunreinigungen in Aaretalgewässern – ein Risiko? Aqua & Gas 11, p. 68–79.

Ochsenbein U., Scheiwiller E., Wehse H. 2008. Forte pollution par temps de pluie. INFO OPED 2/2008.

OCos. 2005. Ordonnance du 23 novembre 2005 sur les cosmétiques (RS 817.023.31) (Etat le 1er juillet 2015).

OEaux. 1998. Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (RS 814.201) (Etat le 1er juin 2011).

OFAG. 2010. Ventes de produits phytosanitaires entre 2008 et 2010; Classification des utilisations et quantités. Office fédéral de l'agriculture.

OFAG. 2013. Rapport agricole 2013. Office fédéral de l'agriculture (OFAG).

OFEV. 2013a. Office fédéral de l'environnement: Géodonnées sur la subdivision de la Suisse en bassins versants.

OFEV. 2013b. Réseau hydrographique: ordre des cours d'eau pour le réseau hydrographique numérique au 1:25 000 de la Suisse. www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/02120/index.html?lang=fr.

OFEV. 2013c. Cadastre en ligne des cantons et de la Confédération. www.bafu.admin.ch/altlasten/12163/12178/12304/index.html?lang=fr.

OFEV-OFSP-SECO. 2014. Liste inofficielle et consolidée des substances notifiées. Office fédéral de la santé publique (OFSP), Berne. Organe commun de notification des produits chimiques de l'OFEV-OFSP-SECO. www.bag.admin.ch/anmeldestelle/13604/13869/13883/index.html?lang=fr [1.5.2015].

OFS. 2009. Office fédéral de la statistique, Statistique de la superficie 2004–2009.

OFSP. 2012. Office fédéral de la santé publique: Fiche d'information – Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

OPPh. 2010. Ordonnance du 12 mai 2010 sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (ordonnance sur les produits phytosanitaires, OPPh, RS 916.161) (Etat le 1er juillet 2015).

OSEC. 1995. Ordonnance du 26 juin 1995 sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires (ordonnance sur les substances étrangères et les composants, OSEC, RS 817.021.23) (Etat le 1er janvier 2014).

OSites. 1998. Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (ordonnance sur les sites contaminés, OSites, RS 814.680) (Etat le 1er août 2012).

OTD. 1990. Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (RS 814.600) (Etat le 1er juillet 2011).

PNR 50. 2008. Perturbateurs endocriniens: un risque pour l'être humain et l'environnement? Rapport de synthèse du Programme national de recherche «Perturbateurs endocriniens: Importance pour les êtres humains, les animaux et les écosystèmes». Fonds national suisse.

Ruff M., Singer H., Ruppe S., Mazacek J., Dolf R., Leu C. 2013. 20 Jahre Rheinüberwachung – Erfolge und analytische Neuausrichtung in Weil am Rhein. Aqua & Gas 5, p. 16–25.

Schäfer R. B., Caquet T., Siimes K., Mueller R., Lagadic L., Liess M. 2007. Effects of pesticides on community structure and ecosystem functions in agricultural streams of three biogeographical regions in Europe. Sci Total Environ 382(2–3), p. 272–285.

Schenzel J., Forrer H.-R., Vogelgsang S., Hungerbühler K., Bucheli T. D. 2012. Mycotoxins in the Environment: I. Production and Emission from an Agricultural Test Field. Environmental Science & Technology 46(24), p. 13 067–13 075.

Scheringer M. 2009. Long-Range Transport of Organic Chemicals in the Environment. Environmental Toxicology and Chemistry 28(4), p. 677–690.

Schmid P., Zennegg M., Holm P., Pietsch C., Brüschweiler B., Kuchen A., Staub E., Tremp J. 2010. Polychlorobiphényles (PCB) dans les eaux en Suisse. Données concernant la contamination des poissons et des eaux par les PCB et les dioxines: évaluation de la situation. Connaissance de l'environnement n° 1002, Office fédéral de l'environnement, Berne, 104 p.

Schönborn A. 2012. Datensammlung: Eintrag östrogener Aktivität aus dem Hofdünger über landwirtschaftliche Drainagen in Oberflächengewässer.

Schwarzenbach R. P., Escher B. I., Fenner K., Hofstetter T. B., Johnson C. A., von Gunten U., Wehrli B. 2006. The challenge of micropollutants in aquatic systems. Science 313(5790), p. 1072–1077.

SKW. 2014. Association suisse des cosmétiques et des détergents: Verkaufsstatistik 2013, Seifen, Wasch- und Reinigungsmittel.

Stamm C., Doppler T., Prasuhn V., Singer H. 2012a. Standortgerechte Landwirtschaft bezüglich der Auswirkung von landwirtschaftlichen Hilfsstoffen auf Oberflächengewässer. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.

Stamm C., Siber R., Singer H., Ochsenbein U., Berset J.-D., Scheiwiller E., Muff D. 2012b. Ereignisbezogenes Pestizidmonitoring – Am Beispiel der Gürbe (Kanton Bern). Aqua & Gas 4, p. 24–32.

Staufer P., Ort C. 2012a. Diffuse Einträge aus Siedlungen – Ergebnisse einer Situationsanalyse. Aqua & Gas 11, p. 42–50.

Staufer P., Ort C. 2012b. Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen (DIMES). Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Eawag, Dübendorf.

Stoob K., Singer H., Müller S., Schwarzenbach R. P., Stamm C. 2007. Dissipation and transport of veterinary sulfonamide antibiotics after manure application to grassland in a small catchment. Environ Sci Technol 41 (21), p. 7349–7355.

Strahm I., Munz N., Leu C., Gälli R., Braun C., Stamm C., Wittmer I. 2014. Modellbasierte Abschätzung der Gewässerbelastung durch diffus emittierte Mikroverunreinigungen in Schweizer Fliessgewässer – Expertenbericht.

Strahm I., Munz N., Leu C., Wittmer I., Stamm C. 2013. Landnutzung entlang des Gewässernetzes – Quellen für Mikroverunreinigungen. Aqua & Gas 5, p. 36–44.

Swissmedic. 2013. Liste des substances (médicaments à usage humain et à usage vétérinaire). www.swissmedic.ch/arzneimittel/00156/00221/00222/00223/00232/index.html?lang=fr.

von Arx U. 2006. Kupfer. Verbrauch, Umwelteinträge und -vorkommen. Umwelt-Wissen Nr 0601, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.

Wittmer I., Junghans M., Stamm C., Singer H. 2014a. Micropolluants – Stratégie d'évaluation pour les micropolluants de sources non ponctuelles. Eawag, Dübendorf.

Wittmer I., Moschet C., Simovic J., Singer H., Stamm C., Hollender J., Junghans M., 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, p. 68–79.

Wittmer I., Scheidegger R., Bader H. P., Singer H., Stamm C. 2011. Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides. Science of the Total Environment 409, p. 920–932.

Wittmer I. K., Bader H. P., Scheidegger R., Singer H., Luck A., Hanke I., Carlsson C., Stamm C. 2010. Significance of urban and agricultural land use for biocide and pesticide dynamics in surface waters. Water Research 44(9), p. 2850–2862.

Wittwer A., Gubser C. 2010. Umsetzung des Verbots von Pflanzenschutzmitteln. Untersuchung zum Stand der Umsetzung des Anwendungsverbots von Unkrautvertilgungsmitteln auf und an Strassen, Wegen und Plätzen. Umwelt-Wissen Nr 1014, Office fédéral de l'environnement (OFEV).

> Répertoires

Abréviations

BV
Bassin versant

CIPR
Commission internationale pour la protection du Rhin

CQA
Critère de qualité relatif à la pollution aiguë (→ glossaire)

CQC
Critère de qualité relatif à la pollution chronique (→ glossaire)

DCE
Directive-cadre européenne sur l'eau

HAP
Hydrocarbure aromatiques polycycliques

K_{oc}
Coefficient de répartition entre carbone organique d'un sol (ou d'un sous-sol) et la phase aqueuse qui l'entoure (→ glossaire)

K_{OW}
Coefficient de partage octanol/eau (→ glossaire)

LEaux
Loi sur la protection des eaux

LQ
Limite de quantification

Médic.H.
Médicaments à usage humain

MédV
Médicaments à usage vétérinaire

NAWA
Observation nationale de la qualité des eaux de surface (→ glossaire)

OEaux
Ordonnance sur la protection des eaux

OFAG
Office fédéral de l'agriculture

OFEV
Office fédéral de l'environnement

PCB
Polychlorobiphényles (aussi: biphényles polychlorés)

PPh
Produits phytosanitaires

STEP
Station d'épuration des eaux usées

Figures

Fig. 1
Sources et voies d'apport de micropolluants 13

Fig. 2
Dynamique des rejets de micropolluants utilisés dans l'agriculture 19

Fig. 3
Evolution des débits dans un système séparatif et dans un système unitaire 24

Fig. 4
Concentrations de deux micropolluants dans un cours d'eau qui draine un bassin versant dépourvu de STEP 26

Fig. 5
Concentration de zinc dans un petit cours d'eau engendrée par le déversement d'eaux de chaussée 27

Fig. 6
Courbe de concentration du glyphosate 29

Fig. 7
Concentrations d'atrazine mesurées en 1999 37

Fig. 8
Exemples de variation des concentrations et comparaison avec les critères de qualité relatifs à la pollution chronique (CQC) et aiguë (CQA) 38

Fig. 9
Répartition des différentes utilisations du sol 42

Fig. 10
Analyse de l'utilisation du sol le long de deux tronçons de cours d'eau et des portions correspondantes de bassin versant 43

Fig. 11
Répartition des cours d'eau selon le système de Strahler 44

Fig. 12
Proportion des tronçons, sur la totalité du réseau hydrographique compris dans la moitié de la Suisse située à

basse altitude (au-dessous de 1080 m) subissant l'influence potentielle d'une utilisation spécifique du sol 45

Fig. 13
Emplacement des stations de mesure sélectionnées et de leurs bassins versants 47

Fig. 14
A gauche: proportion du bassin versant occupée par l'utilisation considérée. A droite: distribution cumulée de tous les tronçons de cours d'eau suisses (situés à moins de 1080 m d'altitude) en fonction de la proportion de l'utilisation considérée dans le bassin versant. 48

Fig. 15
Comparaison des concentrations mesurées et des concentrations modélisées des substances considérées dans des cours d'eau de différentes tailles 61

Fig. 16
Dépassements, établis par calcul, des critères de qualité relatifs à la pollution chronique (CQC) dans des cours d'eau de différentes tailles 63

Fig. 17
Nombre de substances par tronçon de cours d'eau dont la concentration dépasse le CQC pour différentes sources diffuses de micropolluants 68

Tables

Tab. 1
Recueils de données et articles spécialisés concernant les diverses sources et voies d'apport de micropolluants 17

Tab. 2
Classement des micropolluants étudiés selon les principales sources et voies d'apport 35

Tab. 3
Estimations du nombre de substances et des quantités utilisées 36

Tab. 4
Classement des sources de micropolluants et de leurs principales voies d'apport en fonction de l'utilisation du sol 41

Tab. 5
Aperçu des polluants mesurés dans le Rhin à la hauteur de Bâle en 2012 et leur évaluation à l'aide de critères de qualité relatifs à la pollution chronique 50

Tab. 6
Pollution de fond d'origine géogène par des métaux lourds déterminée par la CIPR des eaux ne subissant aucune influence 51

Tab. 7
Caractéristiques des bassins versants (BV) des cinq sites étudiés sur des cours d'eau moyens (NAWA SPE 2012) 52

Tab. 8
Vue d'ensemble des principaux polluants détectés dans cinq cours d'eau de taille moyenne (NAWA SPE 2012) 53

Tab. 9
Aperçu des polluants détectés dans les petits cours d'eau soumis à une analyse exhaustive et caractéristiques de leurs bassins versants 55

Tab. 10
Concentrations maximales et moyennes de métaux lourds dans des échantillons composites hebdomadaires prélevés sur quatre sites en 2013 57

Tab. 12
Nombre de substances modélisées, de celles possédant un critère de qualité relatif à la pollution chronique (CQC) et de celles dépassant leur CQC sur plus de 100 km de cours d'eau 64

> Glossaire

Biocide
Produit destiné à détruire, repousser ou rendre inoffensifs des 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, OPBio, RS 813.12).

Critère de qualité relatif à la pollution aiguë (CQA)
Critère de qualité environnementale pour une substance donnée, dont le dépassement à court terme (exposition aiguë) peut porter atteinte à des organismes sensibles (= NQE-CMA: norme de qualité environnementale exprimée en concentration maximale admissible).

Critère de qualité relatif à la pollution chronique (CQC)
Critère de qualité environnementale pour une substance donnée, dont le dépassement sur le long terme (exposition chronique) peut porter atteinte à des organismes sensibles (= NQE-MA: norme de qualité environnementale exprimée en moyenne annuelle).

DT_{50}
Durée de demi-vie (durée au bout de laquelle la moitié des molécules ont disparu).

Ecotoxicologie
Discipline scientifique qui étudie les effets de substances (polluantes) sur l'environnement.

K_{oc}
Le coefficient de répartition entre le carbone organique d'un sol et la phase aqueuse qui l'entoure indique la capacité d'une substance à être adsorbée par le carbone organique présent dans le sol.

K_{OW}
La distribution relative d'une substance (rapport entre ses concentrations) dans un système biphasique octanol/eau indique si cette substance est liposoluble ou hydrosoluble.

Matière organique
Composé chimique doté d'une structure à chaîne carbonée (exceptions: carbonates, CO, CO_2 et autres).

Métabolite
Substance chimique issue de la dégradation chimique et/ou physique d'un composé (précurseur).

Micropolluant
Terme générique désignant les substances organiques et inorganiques les plus variées présentes en concentrations très faibles.

NAWA
Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Les relevés sont effectués en étroite collaboration entre la Confédération et les cantons, l'OFEV assurant la coordination.

NAWA SPE
Observation spécifique de NAWA axée sur des problèmes particuliers.

NAWA TREND
Réseau de base pour l'observation de longue durée dans le cadre de NAWA.

Pesticide
Terme générique regroupant les biocides et les produits phytosanitaires.

Produit phytosanitaire
Produit qui a 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).