

# AQUA & GAS

02. avril 2019

## RÉSULTAT DE L'ÉTUDE NAWA SPEZ 2017

### **Pollution élevée des ruisseaux par les produits phytosanitaires**

**La contamination par les produits phytosanitaires (PPh) de cinq petits cours d'eau de zone agricole a été évaluée dans l'étude NAWA SPEZ 2017. Sur les 217 substances actives analysées, 145 ont été détectées, chaque échantillon en contenant en moyenne 34. Des dépassements des critères de qualité – relatifs à l'écotoxicité aiguë comme chronique – ont été constatés dans tous les cinq ruisseaux pour un total de 31 substances. Ces dépassements, d'un facteur neuf à 30, indiquent un risque élevé pour les organismes aquatiques dans tous les cours d'eau étudiés.**

Simon Spycher, Tobias Doppler, Silwan

Daouk, Christian Stamm, Heinz Singer, Marion Junghans, Manuel Kunz, Rebekka Teichler, Evelyne Vonwyl, Philipp Longrée,





*L'étude NAWA SPEZ 2017 confirme la pollution répandue des petits cours d'eau dans les zones d'agriculture intensive. Photo: Eschelisbach dans le canton de Thurgovie; Ester Michler-Nawag*

## LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES COURS D'EAU SUISSE

Les produits phytosanitaires (PPh) d'origine agricole représentent la principale forme de micropollution des petits cours d'eau et de ceux de taille moyenne [1]. Les micropolluants d'origine urbaine jouent en effet un rôle plutôt subalterne dans ces milieux dans la mesure où les stations d'épuration rejettent en général leurs effluents dans des cours d'eau de plus grande taille. Le recensement des données d'analyse de PPh dans les eaux de surface révèle que l'on dispose de beaucoup moins de données sur les petits ruisseaux que sur les rivières plus importantes [2, 3, 4]. Pour pallier ce manque, plus de 200 composés ont été recherchés à l'aide d'un échantillonnage fréquent dans cinq petits cours d'eau de début mars à fin août 2015 dans le cadre de l'étude NAWA SPEZ 2015 (Observation nationale de la qualité des eaux de surface, études spécifiques). Chacun des cinq ruisseaux présentait un profil de pollution particulier caractérisé par une évolution individuelle des concentrations. Tous présentaient des dépassements des critères de qualité écotoxicologiques et quatre d'entre eux subissaient une pollution prolongée par les PPh [5, 6].

La nouvelle étude, NAWA SPEZ 2017, présentée ici, visait à savoir si les fortes pollutions observées en 2015 se confirmaient dans d'autres petits cours d'eau et lors d'une autre année d'observation et si le spectre de polluants conduisant à des dépassements des critères de qualité écotoxicologiques s'était modifié. Pour ce faire, cinq petits cours d'eau répartis sur tout le Plateau suisse ont à nouveau été sélectionnés. Deux d'entre eux avaient déjà été étudiés en 2015, ce qui permettait d'évaluer les variations interannuelles des concentrations.

Une étude approfondie a été menée pour réévaluer les résultats des trois études de NAWA SPEZ réalisées jusqu'à présent sur les produits phytosanitaires. Elle englobait donc l'étude de 2012 menée dans des cours d'eau de taille moyenne [7, 8] et les deux études NAWA SPEZ 2015 et 2017 sur les petits cours d'eau. Ce pool de données, aussi large que détaillé, est fondamental pour l'appréciation de l'état des eaux en Suisse et sert de base de planification pour le programme de surveillance nationale des produits phytosanitaires dans les eaux de surface actuellement en cours d'élaboration. En effet :

- La comparaison des 13 cours d'eau livre des informations sur la variabilité spatiale de la pollution par des produits phytosanitaires qui résulte de la forte variabilité des surfaces relatives dédiées aux diverses cultures et des différentes potentialités de rejet dues aux conditions locales.
- La densification temporelle de l'échantillonnage (NAWA SPEZ 2015 et 2017) permet de mieux comprendre la dynamique de la pollution et d'estimer dans quelle mesure les pics de concentration risquent d'être sous-estimés par les stratégies d'échantillonnage basées sur des prélèvements plus espacés dans le temps [6].
- L'étendue des analyses permet d'identifier, parmi plus de 200 substances actives utilisées dans le domaine agricole, celles qui conduisent à des dépassements des critères de qualité sur une grande partie du territoire national et celles qui ont une importance locale.

## MÉTHODES APPLIQUÉES DANS NAWA SPEZ 2017

### Sites d'étude et conditions météo

Cinq petits cours d'eau dont le bassin couvre une superficie de 0,9 à 6,7 km<sup>2</sup> ont été sélectionnés dans différentes régions de Suisse. Leurs bassins versants ont en commun d'être très agricoles et de ne recevoir aucuns rejets d'eaux usées provenant de stations d'épuration ou de déversoirs d'orage (*Fig. 1*). Pris dans leur ensemble, ces bassins versants affichent une grande diversité de cultures: en plus des grandes cultures présentes entre 29 et 64% de la surface, des cultures plus fortement consommatrices de PPh - comme les vergers et petits fruits (Eschelisbach), la vigne (Hoobach) et les cultures maraîchères (Weierbach) - sont représentées. La part de zones urbaines est faible à modérée (0 - 14%), si bien qu'il est permis de considérer que la charge en PPh constatée dans les cours d'eau est presque exclusivement d'origine agricole. Cette assumption a été vérifiée par l'analyse de traceurs typiques des eaux usées. La part de ces effluents d'origine urbaine a pu être estimée à moins de 2% sur tous les sites, ce qui est extrêmement bas. La faible influence des eaux usées domestiques, supposée en raison des formes dominantes d'utilisation du sol, est ainsi confirmée.

L'intensité et le volume des précipitations ont une grande influence sur l'importance des rejets de PPh dans les eaux de surface [10, 11]. En effet, les pluies importantes induisent en général une augmentation de ces émissions. Les données de la station de MétéoSuisse la plus proche de chaque site ont donc été analysées. Il apparaît que, dans la période étudiée qui s'étendait de mars à octobre 2017, tous les bassins versants à l'exception de celui de l'Eschelisbach ont connu une sécheresse exceptionnelle. Les précipitations cumulées reçues par le Hoobach et le Chrümmlisbach étaient les plus faibles depuis 38 ans (de 1980 à 2017). La période d'étude se situait en deuxième position des années les plus sèches depuis

ces 38 ans dans le bassin du Bainoz et en cinquième position dans celui du Weierbach. À l'inverse, les conditions enregistrées à l'Eschelisbach étaient plus humides qu'à l'ordinaire. Les précipitations cumulées de mars à octobre 2017 se situaient juste en dessous du troisième quartile de la période 1980 - 2017. Il est donc raisonnable de penser que durant les années présentant des précipitations plus abondantes, la pollution par les PPh était plus élevée qu'en 2017 dans 4 des 5 cours d'eau étudiés.

## Stratégie d'échantillonnage

Des échantillons d'eau ont été prélevés en continu de début mars à la mi-octobre 2017 dans les cinq ruisseaux à l'aide d'échantillonneurs automatiques réfrigérés à 4°C (Maxx, TP5C). Pour la première fois, les rejets de PPh survenant à l'automne ont ainsi pu être pris en compte dans une étude NAWA SPEZ [5, 7]. Par ailleurs, le recours à la réfrigération a également permis d'améliorer la quantification des substances se dégradant rapidement.

Des échantillons unitaires de 35 ml ont été prélevés toutes les 45 minutes et rassemblés pour former des échantillons composites de trois jours et demi (échantillons de 20 ml toutes les 15 minutes au Chrümmlisbach). Même si cette stratégie d'échantillonnage à intervalles de temps réguliers implique encore une dilution des pics de concentration les plus courts, les échantillons composites de 3,5 jours permettent d'obtenir les concentrations moyennes nécessaires à une appréciation de la pollution aiguë par les PPh (cf. chapitre *Appréciation des concentrations mesurées*). Les échantillons ont été collectés une fois par semaine par les services cantonaux puis directement expédiés à l'Eawag dans des conteneurs réfrigérés. Ils ont ensuite été conservés à -20°C jusqu'à leur analyse. Un flaconnage en verre a été utilisé aussi bien pour les prélèvements que pour le transport et le stockage des échantillons. Au total, 313 échantillons ont été analysés, soit de 61 à 66 par site. Grâce à cette stratégie, des prélèvements ont pu être effectués quasiment sans interruption pendant sept mois et demi dans les cinq cours d'eau. À noter, toutefois, qu'au Bainoz, au Chrümmlisbach et au Weierbach, de courtes pannes des échantillonneurs ont conduit à la perte de deux à cinq échantillons par site.

## Analyses

### Méthodes d'analyse

La méthode utilisée permet de quantifier la fraction dissoute des substances actives de PPh. Une fois filtrés au laboratoire, les échantillons (20 ml) ont été concentrés par extraction sur phase solide automatisée (SPE) puis analysés par chromatographie liquide (LC) couplée à la spectrométrie de masse haute résolution en tandem (HRMS/MS, Orbitrap-Technologie) [12]. Les concentrations ont été déterminées grâce à des étalons de référence et à des étalons internes isotopiques. Dans 87% des cas, le taux de recouvrement des substances détectées était de 80 à 120%. Pour les substances disposant de leur propre étalon interne isotopique, un taux de recouvrement de cet ordre était atteint dans 98% des cas, ce qui confirme la grande précision des mesures.

Une méthode spécifique a été utilisée pour le glyphosate: les échantillons ont été centrifugés pour se débarrasser de toute particule puis analysés par chromatographie ionique (IC) couplée à l'HRMS/MS.

Le choix des composés à analyser s'est porté sur des substances actives organiques de synthèse, compatibles avec la méthode LC-HRMS choisie. Au total, 217 PPh ont été recherchés. Par rapport à la sélection de la dernière étude NAWA SPEZ (2015), 24 nouveaux composés ont été ajoutés à la liste de substances cependant que 23 en ont été retirés parce qu'ils n'étaient plus autorisés depuis longtemps et/ou qu'ils n'avaient jamais été détectés en 2015. Par ailleurs, 9 traceurs d'eaux usées ont été également mesurés avec cette méthode afin de détecter d'éventuelles entrées d'effluents domestiques provenant des réseaux d'assainissement.

La limite de détection était inférieure au critère de qualité chronique pour 161 PPh et lui était supérieure pour six substances. Pour les 50 PPh restants, qui n'ont pas été détectés, aucun critère de qualité n'a été déterminé (voir détails dans la partie Appréciation des concentrations mesurées).

Les tests de stabilité ont montré que, pour la plupart des substances (92%), aucune dégradation significative ne se produisait lors du stockage à  $-20^{\circ}\text{C}$  et de la décongélation des échantillons. Les pertes constatées concernaient principalement un petit nombre de substances sensibles à l'hydrolyse.

### **Part étudiée des PPH homologués en Suisse**

En 2017, 241 PPh organiques de synthèse étaient autorisés en Suisse de même que quatre phytoprotecteurs et un synergiste. 181 ont été analysés dans cette étude (*Tab. 1*). Les analyses ont par ailleurs porté sur 36 substances qui étaient autrefois homologuées mais dont l'utilisation n'était plus autorisée depuis au moins 2017 (l'atrazine et le diazinon, par exemple). L'éventail de composés recherchés couvre donc 74% des PPh organiques de synthèse autorisés en Suisse, ce qui est un taux encore inégalé par ailleurs avec les techniques d'analyse chimique.

Les 65 composés homologués n'ayant pu être détectés avec la méthode employée ici sont, dans leur grande majorité, soit très rapidement hydrolysables, soit fortement adsorbables, soit fortement polaires.

Les 22 substances actives appartenant à la première catégorie sont le plus souvent des fongicides qui s'hydrolysent avec une demi-vie de moins de deux jours, dont notamment le folpet, le captan et le mancozèbe, dont plus de 30t sont vendues chaque année [13]. Il n'aurait été possible de doser ces composés se dégradant très rapidement dans l'eau que par des mesures effectuées sur place en temps réel étant donné qu'ils se seraient déjà hydrolysés pendant l'échantillonnage et le transport.

La deuxième catégorie, qui regroupe les composés à forte capacité d'adsorption, comprend notamment des substances actives fortement apolaires ( $\log K_{ow} > 5$ ), le plus souvent des insecticides comme les pyréthriinoïdes (8), et certains composés ioniques (3) qui se lient très fortement aux particules d'argile (comme le diquat et le chlorméquat). Le non-dosage de ces composés est particulièrement problématique d'un point de vue écotoxicologique dans le cas des pyréthriinoïdes, dans la mesure où ces derniers

peuvent être très nuisibles aux organismes aquatiques sensibles à des concentrations extrêmement faibles. Des recherches ont donc été effectuées ces dernières années pour mettre au point une méthodologie adéquate. La nouvelle technique a été employée pour la première fois en 2017 dans l'étude NAWA SPEZ avec les échantillons prélevés dans le Chrümmlisbach [14]. Elle est actuellement utilisée pour déterminer les concentrations de pyréthriinoïdes dans des échantillons collectés en 2018 dans 6 autres petits cours d'eau. Les résultats seront publiés séparément dans cette revue ultérieurement. La lacune méthodologique est ainsi comblée.

La troisième catégorie regroupe 32 substances actives non mesurables avec les techniques d'analyse disponibles en raison de leur forte polarité. En 2016, 12 de ces substances non analysables n'ont été vendues qu'en très faibles quantités. Seules six d'entre elles ont été utilisées dans le domaine agricole dans des quantités supérieures à une tonne (le chlorothalonil, par exemple). Étant donné leur faible nombre, il a été décidé de renoncer à mettre en œuvre les méthodes spécifiques qui auraient été nécessaires à leur Analyse.

### **Appréciation des concentrations mesurées**

L'annexe 2 de l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) [15] formule les exigences du droit fédéral pour la qualité de l'eau dans les milieux aquatiques. Ainsi, cette qualité doit être telle que les substances aboutissant dans les eaux superficielles suite aux activités humaines n'entraient ni la reproduction, ni le développement ni la santé des plantes, animaux et micro-organismes sensibles. Pour les pesticides organiques (PPh et biocides), l'ordonnance ne formule cependant actuellement (en février 2019) qu'une exigence chiffrée unique de 100 ng/l qui s'applique indifféremment à tous les composés et ne tient pas compte de leurs effets écotoxicologiques.

Pour juger du danger que représentent les concentrations de PPh mesurées pour les organismes aquatiques, elles ont été comparées à des critères de qualité environnementale (CQE) déterminés sur des bases écotoxicologiques pour les expositions aiguës et chroniques. Pour ce faire, un quotient de risque (QR) a été calculé pour chaque substance en faisant le rapport de la concentration mesurée et du critère de qualité environnementale (aigu ou chronique) qui lui est spécifique. Il est ainsi défini que des effets négatifs sur la vie aquatique ne peuvent être exclus s'il est supérieur à 1. Dans la stratégie d'évaluation pour les micropolluants de sources non ponctuelles, plusieurs classes d'état ont été définies en fonction de la valeur du quotient de risque. Pour  $QR > 1$ , ce sont les suivantes : moyen ( $1 < QR \leq 2$ ), médiocre ( $2 < QR \leq 10$ ), mauvais ( $QR > 10$ ) [11].

Les critères de qualité utilisés pour cette analyse ont été obtenus de la façon suivante: pour 43 substances, des CQE ont été déterminés par le Centre Ecotox selon la méthode prescrite pour l'application de la directive cadre sur l'eau de l'UE [16]. Pour 48 composés pour lesquels aucun critère de qualité n'a encore été proposé par le Centre Ecotox sur son site [17], les critères de qualité déterminés par d'autres pays selon la méthode de l'UE ont été utilisés. Dans 76 cas, aucun critère de qualité adéquat

n'a pu être obtenu et un seuil ad hoc a été déterminé, quand cela a été possible, à partir des données du dossier d'autorisation de mise sur le marché. Aucun critère de qualité n'a été déterminé pour 50 substances n'ayant pas été détectées.

Les critères de qualité chroniques (CQC) ont été comparés aux concentrations moyennes pondérées dans le temps calculées sur 14 jours, correspondant respectivement à la concentration moyenne obtenue à partir de quatre échantillons composites de 3,5 jours consécutifs. Cette durée de 14 jours correspond à la durée moyenne des tests de toxicité chronique [6, 11]. Les critères de qualité aigus (COA) ont été directement comparés aux concentrations mesurées dans les échantillons moyennés sur 3,5 jours. Les méthodes et résultats écotoxicologiques font l'objet d'une discussion approfondie dans l'article de Junghans et al. [18].

Connectez-vous pour lire l'article (E-Paper) entier.

ouverture de session

## RÉSULTATS

Les données complètes de l'étude NAWA SPEZ 2017 sont disponibles [ici](#).

### Une grande variété de substances

Au total, 145 substances actives de produits phytosanitaires ont été détectées dans les cinq ruisseaux (*Tab. 2*), dont 14 figuraient parmi les 24 composés nouvellement intégrés au programme d'analyses. Le nombre de substances détectées était de 71 à 89 par site. Parmi les substances détectées au moins une fois, les herbicides étaient les plus fréquents sur quatre sites tandis que les fongicides et les herbicides dominaient à quasi-égalité dans le bassin fortement viticole (Hoobach; *Fig. 2*).

Le nombre médian de substances détectées par échantillon variait de 23 dans le Hoobach à 42 dans le Chrümmlisbach (*Tab. 2*). Sur l'ensemble des sites, la médiane était de 35 PPh par échantillon et était quasiment identique à la moyenne (34). Si l'on considère le nombre de détections par groupe de PPh (une mesure = une détection), le constat est sensiblement le même qu'avec toutes les détections. Dans l'ensemble, les substances le plus souvent détectées étaient des herbicides (50%), suivies par les fongicides (40%). La part de ces derniers était particulièrement élevée dans le Hoobach (61%) qui se distinguait en cela des autres sites.

### Des concentrations élevées en automne

Grâce à sa durée plus longue que les précédentes, cette étude a pu montrer que, dans tous les cours d'eau, la concentration cumulée moyenne calculée pour la période suivant le 1<sup>er</sup> septembre représentait encore au moins 45% de la concentration cumulée moyenne calculée sur les mois précédents. Dans l'Eschelisbach, la moyenne obtenue après le 1<sup>er</sup> septembre était plus élevée que celle des 6 mois précédents. Dans ce ruisseau, la concentration cumulée la plus élevée a été constatée dans les premières semaines d'octobre. Elle était de 72'000 ng/l. Comme cela est expliqué plus loin dans cet article, la pollution enregistrée en fin d'été et à l'automne a également une incidence écotoxicologique significative.

### **De fortes concentrations pour les substances nouvellement mesurées**

Les quatre substances le plus souvent détectées étaient l'azoxystrobine (fréquence de détection de 100%), l'atrazine (97,5%), le métolachlore (92,4%) et la terbuthylazine (88%), ce qui correspond aux observations des études précédentes. Les concentrations moyennes les plus élevées (moyenne des cinq sites) ont été obtenues pour les cinq substances suivantes: le fluopyram (210 ng/l), le glyphosate (160 ng/l), le métaldéhyde (140 ng/l), le mécoprop (140 ng/l) et l'azoxystrobine (110 ng/l). Deux de ces composés, le glyphosate et le métaldéhyde, figurent pour la première fois dans la liste des substances recherchées.

Quinze des 36 PPh recherchés parmi ceux qui n'étaient plus homologués en 2017 ont été détectés. Les concentrations maximales de ces 15 substances étaient généralement basses – elles étaient inférieures à 10 ng/l pour 8 d'entre elles. Ces faibles teneurs, qui se maintiennent le plus souvent pendant toute la saison de végétation, sont dues à l'entraînement de résidus par le lessivage des sols. Ceci n'est cependant pas valable pour la terbutryne. Cette substance active, proscrite en tant que PPh depuis 2012 mais encore homologuée en tant que biocide, a été détectée dans le Bainoz à une concentration maximale de 450 ng/l. La raison de ce pic de concentration est obscure: il pourrait également provenir d'une activité non-agricole.

### **Dépassement des critères de qualité sur tous les sites**

Des dépassements ont été constatés dans tous les cinq cours d'eau aussi bien pour les critères de qualité aigus que pour les critères de qualité chroniques (*Tab. 2*). Dans l'ensemble, un non-respect d'au moins l'un des deux COE a été observé pour 31 substances, 16 présentant un dépassement du COA et 29 un du COC. Pour une substance et un cours d'eau donnés, les dépassements étaient en général assez brefs (la médiane est de 2 échantillons pour le COA et d'un échantillon moyenné sur deux semaines pour le COC). Suite à la diversité de substances présentes, pour lesquelles des dépassements se sont produits alternativement (voire simultanément), les ruisseaux ont toutefois connu des périodes assez longues pendant lesquelles les organismes aquatiques étaient exposés à un risque écotoxicologique. La durée de dépassement du COA était ainsi de 14 à 74 jours selon les cours d'eau (*Tab. 2* et *Fig. 3*). Le QR aigu le plus élevé a été enregistré dans l'Eschelisbach début juillet: dans un échantillon, la concentration de thiaclopride était 10,5 fois supérieure au COA, attestant d'un «mauvais état» du milieu [11]. Sur tous les autres sites, un QR aigu indiquant un état médiocre ( $2 \leq QR < 10$ ) ou moyen ( $1 \leq QR < 2$ ) a également été enregistré dans certains échantillons (*Fig. 3*).

Un ou plusieurs critères de qualité chroniques ont été dépassés pendant 3,5 à 6,5 mois selon les sites (*Tab. 2* et *Fig. 4*), soit sur 50 à 83% de la durée de l'étude, ce qui signifie que, dans tous les ruisseaux, les organismes aquatiques ont été exposés à un risque chronique dû aux PPh pendant au moins trois mois. Des quotients de risque chronique de plus de 10 ont été enregistrés dans tous les cours d'eau à l'exception du Bainoz (QR maximal de 9) et un «état médiocre» a été fréquemment observé sur tous les sites (*Fig. 4*).

La période fin d'été - début à mi-automne, qui n'était pas encore intégrée dans les autres études NAWA SPEZ, ne présentait pas moins de dépassements que le printemps et le début d'été, souvent considérés comme les principales périodes d'application (*Fig. 3* et *Fig. 4*).

Il arrivait fréquemment que les COE soient dépassés pour plusieurs PPh à la fois: jusqu'à 3 pour le CQA (*Fig. 3*) et jusqu'à 5 pour le CQC (*Fig. 4*).

Des dépassements de longue durée ont systématiquement été observés pour un certain nombre de substances et ce, sur plusieurs sites. Tous ruisseaux confondus, des concentrations supérieures au critère de qualité chronique ont été mesurées le plus longtemps pour le métazachlore (13 échantillons moyennés sur deux semaines), suivi par le thiaclopride (9), l'azoxystrobine (8), le chlorpyrifos (7), le diméthachlore (6), la métribuzine (5) et la diméthénamide (5). Ces 7 composés étaient à eux seuls responsables de 55% des 96 dépassements du CQC constatés.

En l'absence d'études systématiques à ce sujet, la nature des cultures pour lesquelles ils ont été employés n'est pas connue avec précision. Plusieurs études ont cependant déjà montré qu'en dehors des grandes cultures qui occupent la majorité des terres, les cultures spéciales jouent un rôle important dans la pollution des eaux (ainsi, les charges élevées en métazachlore mesurées au printemps et en début d'été dans cette étude viennent très certainement des cultures maraîchères) [19].

Sept substances ont montré un quotient de risque chronique supérieur à 10, indiqué par une couleur rouge dans la *Fig. 4*: le chlorpyrifos, le chlorpyrifos-méthyle, le diméthachlore, le fenpropimorphe, le métazachlore, le nicosulfuron et le thiaclopride.

Le seuil de 100 ng/l en vigueur selon l'ordonnance sur la protection des eaux est dépassé pour un nombre de substances allant de 18 (Hoobach) à 55 (Eschelisbach) selon les sites (*Tab. 2*). En moyenne, ce seuil est dépassé pour une ou plusieurs substances pendant 72% de la durée de l'étude, soit à peu près le même temps que la durée moyenne de dépassement du CQC (66%).

La comparaison des concentrations mesurées et des critères de qualité écotoxicologiques indique que, dans les cours d'eau étudiés, des produits phytosanitaires portent atteinte à la reproduction, au développement et à la santé des végétaux, des animaux et des micro-organismes sensibles. Une analyse plus approfondie de la situation écotoxicologique est présentée pour les différents groupes d'organismes dans l'article de Junghans et al. [18].

## Implication des résultats pour d'autres bassins versants

Les bassins versants des cours d'eau étudiés font tous l'objet d'une utilisation intensive pour l'agriculture. Comme le montre l'analyse de l'utilisation du sol qui suit, ils n'ont en cela rien d'exceptionnel à l'échelle de la Suisse. Les statistiques d'Agroscope montrent que l'emploi des PPh se concentre sur les terres arables (sans les prairies temporaires mais avec les surface maraîchères), les vergers et les vignobles [20]. Si on considère la distribution spatiale des surfaces agricoles, il apparaît que près d'un quart du linéaire de cours d'eau de la Suisse (15'500 km) se situe dans des bassins versants comportant plus de 2% de terres dédiées aux grandes cultures, aux cultures fruitières ou à la vigne et se trouve donc potentiellement exposé à un impact dû à l'utilisation de produits phytosanitaires.

Dans les cas étudiés ici, la surface totale des champs, vergers et vignobles couvre entre 34% (Eschelisbach) et 57% (Hoobach) de la superficie du bassin versant. Dans l'ensemble de la Suisse, 2720 km de cours d'eau drainent des bassins versants présentant une part agricole plus élevée que l'Eschelisbach et 500 km plus élevée que le Hoobach. Les bassins versants étudiés présentent donc une intensité d'utilisation agricole nettement supérieure à la moyenne suisse. Si l'on considère la part de linéaire influencée par les PPh, ils sont représentatifs des 20% les plus exploités.

En ce qui concerne les pratiques culturales, les bassins versants étudiés sont en revanche tout à fait représentatifs de leur région et des cultures dominantes. Les processus conduisant au rejet de PPh dans les cours d'eau sont les mêmes dans les zones d'agriculture moins intensive que dans ces bassins et le niveau de pollution des eaux peut donc être estimé – en première approximation – à partir de la proportion de cultures nécessitant l'emploi de PPh. Dans quatre des cinq cours d'eau étudiés (le Bainoz faisant exception), même une charge dix fois plus faible conduirait à un dépassement des critères de qualité chroniques pendant deux (Hoobach) à huit semaines (Eschelisbach). Or respectivement 14'114 km et 12'550 km de cours d'eau drainent des bassins versants présentant plus du dixième des surfaces occupées par les cultures accompagnées de traitements phytosanitaires dans celui de l'Eschelisbach (soit 3,4%) et du Hoobach (5,7%). Plus de 80% des km de cours d'eau de la Suisse sont donc influencés par l'emploi des PPh. Toutefois, l'utilisation du sol ne détermine pas à elle seule l'importance de la pollution des eaux. D'autres facteurs jouent également un rôle décisif, comme les précipitations, la topographie, les connexions entre les terres agricoles et le cours d'eau ou les propriétés du sol. Selon leur influence, la pollution peut être localement plus forte ou plus faible que dans les estimations. Dans l'ensemble, cependant, il paraît plus que vraisemblable qu'une grande partie des cours d'eau du Plateau subisse des dépassements des critères de qualité pour les produits phytosanitaires

## Variabilité dans le temps

L'Eschelisbach et le Weierbach avaient déjà été sélectionnés pour l'étude NAWA SPEZ 2015. On dispose ainsi pour ces deux cours d'eau d'une quantité importante de données pour deux années différentes, ce qui permet d'en savoir plus sur les variations de la pollution par les PPh dans le temps. Les campagnes

de prélèvements des deux études diffèrent sur certains points techniques (stratégie d'échantillonnage et réfrigération des échantillons) mais demeurent comparables avec certaines restrictions pour les 187 composés communs.

Dans l'Eschelisbach, la concentration cumulée moyenne et le nombre de dépassements du CQA étaient plus élevés en 2017 qu'en 2015 mais le nombre de dépassements du CQC était sensiblement le même (*Fig. 5*). Dans le Weierbach, la pollution était plus faible en 2017 qu'en 2015, ce qui s'exprimait aussi au niveau de la moyenne des concentrations cumulées que des dépassements du CQA et du CQC (*Fig. 5*). Il convient cependant de noter que les données de l'étude NAWA SPEZ 2017 comprennent des analyses relatives à la période de septembre à la mi-octobre qui n'était pas prise en compte en 2015. Les différences observées au niveau de la pollution demeurent même si l'on tient compte de la différence de durée de l'étude.

Le nombre de substances actives de PPh pour lesquelles un dépassement du CQC a été constaté dans l'Eschelisbach était de 12 en 2015 et de 10 en 2017, ce qui est similaire. Il est cependant intéressant de constater que seuls cinq de ces composés provoquaient des dépassements en 2015 et en 2017 tandis que les autres ne présentaient des concentrations supérieures au CQC que l'une des deux années (*Fig. 5*). Trois d'entre eux n'étaient même pas détectables l'année où aucun dépassement n'était enregistré (le méthomyl, le fenoxycarbe et le diméthachlore), ce qui montre bien la forte variabilité des substances conduisant à des dépassements d'une année à une autre.

Dans le Weierbach, des dépassements du CQC ont été observés pour 19 substances en 2015 et pour seulement 9 en 2017. Seules quatre substances ont conduit à des dépassements les deux années à la fois (*Fig. 5*). Le nombre de substances non détectées l'année sans dépassement était même de 8 dans ce cours d'eau (diflubenzuron, diflufénican, fenoxycarbe, fipronil, fluoxastrobine, MCPB, rimsulfuron, thiaclopride).

Plusieurs facteurs pourraient expliquer les variations interannuelles de la pollution dans les deux ruisseaux. Pour toutes les voies de rejet liées à la pluie, c'est-à-dire le ruissellement, le lessivage et le drainage des sols, la fréquence et l'intensité des précipitations sont déterminantes [10, 11]. Toutefois, l'analyse comparative des précipitations cumulées sur la période de prélèvements ne montre pas de différences significatives. En effet, dans le Weierbach, la période de mai à octobre a été relativement sèche aussi bien en 2015 qu'en 2017 (la période 2015 était au quatrième rang et la période 2017 au cinquième rang des périodes les plus sèches des 38 dernières années); dans l'Eschelisbach, les deux années se situaient entre le premier et le troisième quartile, 2017 étant cependant plus humide que 2015. Il semble donc, au moins au Weierbach, que les différences soient dues à d'autres facteurs ou à une combinaison de facteurs tels que:

1. le moment des pluies par rapport aux applications de PPh
2. la rotation des cultures sur les surfaces connectées avec le cours d'eau
3. des modifications du spectre de substances actives utilisées

#### 4. des modifications au niveau de la manipulation des produits

Il est également possible qu'au Weierbach, le projet Ressources Leimental lancé en 2016 ait contribué à une réduction de la pollution, en intervenant notamment au niveau du point 4. Pour comprendre dans le détail les raisons des différences entre 2015 et 2017, il faudrait disposer des données complètes sur les substances employées (carnet des champs) et d'un dépouillement détaillé, spécifique à chaque substance. Par ailleurs, pour les raisons exposées plus haut, il est inévitable que les concentrations des différentes substances évoluent différemment au cours de deux années distinctes. Pour pouvoir identifier une tendance évolutive à long terme face à une telle variabilité, il faut disposer de longues séries de données ou avoir affaire à des modifications substantielles des rejets

#### **Comparaison des substances analysées avec celles des monitorings en cours ou prévus**

La grande quantité de données de la présente étude constitue une base très intéressante pour évaluer les programmes de surveillance en cours ou prévus. La Confédération et les cantons exploitent ensemble le réseau du programme d'observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). Le sous-programme NAWA TREND vise à identifier les évolutions à long terme de la pollution. Depuis 2018, un dosage de micropolluants (comprenant des pesticides) est également effectué au niveau de certaines stations (NAWA TREND MP). Pour le suivi des effets du plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires (PA-PPh), il a été décidé d'étendre ces analyses sur certains sites du réseau de NAWA TREND MP. À partir de 2019, 11 PPh s'ajoutent ainsi aux 35 déjà considérés : le chlorpyrifos, le chlorpyrifos-méthyle, la clothianidine, le diflufénican, le diméthachlore, la diméthénamide, le flufénacet, le foramsulfuron, le méthomyl, la propyzamide, la spiroxamine et deux pyréthriinoïdes non inclus dans la présente étude. Cette sélection s'est faite sur la base de considérations théoriques et de données existantes mais sans disposer des résultats de l'étude présentée ici.

La *figure 6* montre que les 35 composés imposés de NAWA TREND MP sont responsables d'un cinquième (Hoobach) à quatre cinquièmes (Eschelisbach) des concentrations critiques. Avec les 11 composés proposés pour les compléter, ils couvrent entre les deux tiers (Hoobach) et la totalité des dépassements (Eschelisbach). En moyenne, les 46 composés couvrent donc 75% des dépassements.

Ce taux élevé s'explique par le fait que les dépassements sont souvent dus à certaines substances actives très répandues. Dans l'Eschelisbach, l'azoxystrobine et le thiaclopride, deux composés imposés de NAWA TREND MP, présentent des concentrations supérieures au CQC dans huit échantillons moyennés sur deux semaines chacun, ce qui correspond à 60% des dépassements dans ce cours d'eau. Comme le montre l'analyse groupée des trois études NAWA SPEZ (voir *encadré en bas*), un petit groupe de substances se révèle être responsable d'une grande partie des dépassements. Mais par ailleurs, la plupart des cours d'eau connaissent à chaque saison des dépassements particuliers dus à un petit nombre de composés très spécifiques. Si l'on souhaite accroître le taux de recouvrement des programmes de surveillance, l'effort analytique augmentera donc nécessairement en raison des spécificités de tels Composés.

## CONCLUSIONS

Cette étude NAWA SPEZ, appuyée par les deux précédentes, confirme le caractère répandu du problème de la pollution par les produits phytosanitaires dans les cours d'eau au bassin versant fortement agricole. Englobant 145 substances actives, elle a à nouveau conduit à la détection d'une grande diversité de composés à des fréquences et à des concentrations extrêmement variables.

Des dépassements ont été observés dans les cinq cours d'eau étudiés, tant pour les critères de qualité aigus que chroniques. Les dépassements maximaux sont élevés sur tous les sites, le quotient de risque aigu variant entre 2 et 10 et le quotient de risque chronique de 9 à 30. Le nombre médian de substances s'accompagnant d'un dépassement du CQC est de neuf par site. En conséquence, les ruisseaux sont soumis à une pollution chronique de longue durée: sur tous les sites, des concentrations supérieures au CQC étaient enregistrées pour au moins une substance pendant plus de la moitié de la durée de l'étude. Dans quatre des cinq ruisseaux, il est fort probable que des niveaux de pollution encore plus élevés qu'en 2017 soient atteints les années riches en précipitations.

L'étude NAWA SPEZ 2017 apporte les preuves scientifiques de la forte pollution des ruisseaux par les PPh avant la mise en œuvre du plan d'action national visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. Ses résultats montrent clairement que des efforts importants doivent être fournis dans de nombreux bassins versants pour que les objectifs du plan d'action puissent être atteints. Pour ce faire, des mesures doivent être prises tant au niveau de la réduction des applications de PPh et de la substitution des composés critiques, que de la réduction des émissions ponctuelles et de la réduction des pertes à partir des surfaces de production agricole.

## SYNTHESE DES ÉTUDES NAWA SPEZ 2012, 2015 ET 2017

Les trois études NAWA SPEZ permettent d'évaluer les données de 15 séries d'analyses sur 13 sites différents. L'étude de terrain de 2012 différerait des campagnes de 2015 et 2017 aussi bien au niveau de la taille des cours d'eau concernés que de la stratégie d'échantillonnage. En 2012, cinq cours d'eau de taille moyenne ont été étudiés à partir d'échantillons moyennés sur deux semaines. Pour pouvoir comparer les trois études, la présente analyse se limite donc aux critères de qualité chronique.

Dans la totalité des trois études, des dépassements du CQC ont été observés pour 46 substances actives de produits phytosanitaires différentes (*Tab. 3*).

Un sixième des substances (les 8 premières dans le *Tab. 3*) sont responsables de dépassements dans cinq cours d'eau ou plus (5 herbicides et 3 insecticides) et cumulent ainsi ensemble près de la moitié des dépassements.

Des dépassements du CQC sont observés pour un tiers des substances (16 sur 46) sur deux à quatre sites. La majorité d'entre elles sont également détectées sur d'autres sites, quatre l'étant même dans la totalité des cours d'eau, quoique à des concentrations et à des fréquences très variables. Parmi ces 16 substances,

deux ne sont plus homologuées depuis plusieurs années: le carbofuran et le diazinon. En 2017, ces composés n'étaient plus accompagnés de dépassements.

Pour près de la moitié des substances (les 22 dernières du *Tab. 3*), le CQC n'était dépassé que sur un site (pendant une durée très variable de 2 à 14 semaines). À une exception près, ces dépassements ont été observés dans les petits cours d'eau étudiés en 2015 et 2017. Comme le montre le *Tab. 3*, beaucoup de ces substances étaient rarement détectées, quatre d'entre elles ne l'étant même que sur un seul site où leurs teneurs dépassaient alors le CQC (le chlorpyrifos-méthyle, le diflubenzuron, le métosulam et le spinosad). Parmi les substances occasionnant un dépassement du CQC, la terbutylazine était détectée le plus fréquemment, tous sites confondus, (dans 73% des échantillons). Parmi les substances plus rarement détectées, il est à noter que le chlorpyrifos (6%) n'avait pas encore été mesuré en 2012 et que la méthode d'analyse employée jusqu'ici présente un seuil de détection élevé par rapport au CQC. Avec la méthode spéciale qui sera utilisée à partir de 2019 dans les campagnes NAWA TREND MP (même méthode que pour les pyréthriinoïdes), des seuils de détection beaucoup plus faibles pourront être atteints.

En résumé, les conclusions suivantes peuvent être tirées des trois études:

1. Des concentrations et des risques écotoxicologiques élevés dus aux PPh ont été mis en évidence de façon fréquente et prolongée dans tous les 13 cours d'eau étudiés jusqu'à présent. Il s'agit donc d'un problème de qualité de l'eau de grande étendue.
2. L'évaluation des risques écotoxicologiques dus aux mélanges montre clairement à quel danger les organismes aquatiques sont Exposés [18, 21]. Les organismes aquatiques sont exposés à un risque chronique jusqu'à 90% de la durée de l'étude et n'ont donc pas la possibilité de se régénérer. Il est donc fort probable que les animaux, végétaux et micro-organismes sensibles subissent des dommages du fait des PPh.
3. Les ruisseaux et rivières dont les bassins versants sont fortement influencés par l'agriculture subissent une contamination typique par des dizaines de PPh. Les substances actives détectées varient selon les cultures et selon les années. Les programmes de surveillance doivent être à la hauteur de cette variabilité.
4. L'idée selon laquelle les fortes pollutions n'apparaissent qu'au printemps et en été n'a pas été confirmée. Dans le cas des PPh, les dépassements des critères de qualité se poursuivent jusqu'en automne. Cet aspect doit impérativement être pris en compte pour les futures études concernant ces composés.
5. Le seuil de 100 ng/l a été dépassé pour 96 substances. Si on considère la moyenne des concentrations mesurées dans les trois études pendant deux semaines, soit la durée prise en compte dans les contrôles de routine des monitorings, leur nombre est encore de 68. À titre de comparaison, le nombre de composés pour lesquels un dépassement du CQC a été observé une ou plusieurs fois est de 46 (*Tab. 3*) et celui de composés pour lesquels le CQC ou le COA a été dépassé de 48.
6. Au total, 18 substances ont présenté des dépassements du CQC alors que leur concentration dans les échantillons moyennés sur deux semaines n'excédait jamais 100 ng/l (10 insecticides, 3 fongicides et 5 herbicides). Les pyréthriinoïdes, qui ne sont pas encore considérés, feraient augmenter le nombre de substances dans ce cas. L'exigence numérique actuelle de l'ordonnance sur la protection des eaux n'assure donc pas une protection suffisante des organismes aquatiques.

## Bibliographie

- [1] Gälli, R., C. Leu, N. Munz, Y. Schindler, I. Wittmer et I. Strahm. (2015): Micropolluants dans les cours d'eau provenant d'apports diffus. Analyse de la situation. Etat de l'environnement. Berne, OFEV. 1514. Berne.
- [2] Munz, N., C. Leu et I. Wittmer (2013): Pesticides dans les cours d'eau suisses - Aperçu de la situation à l'échelle nationale. Aqua & Gas 7/8-2013: 78-78
- [3] Brinke, M., E. Szöcs, K. Foit, B. Bänisch-Baltruschat, M. Liess, R.B. Schäfer et M. Keller. (2015): Implementation of the National Action Plan on sustainable use of pesticides – survey on the state of data on the pollution of small water bodies in the agricultural landscape, Federal Institute of Hydrology (BfG): 144 p.
- [4] Szöcs, E., M. Brinke, B. Karaoglan et R.B. Schäfer (2017): Large Scale Risks from Agricultural Pesticides in Small Streams. Environmental Science & Technology 51: 7378-7385.
- [5] Doppler, T., S. Mangold, I. Wittmer, S. Spycher, R. Comte, C. Stamm, H. Singer, M. Junghans et M. Kunz. (2017): Forte pollution des ruisseaux suisses par les produits phytosanitaires. Etude de 5 petits cours d'eau de zones d'agriculture intensive dans le cadre de la campagne NAWA-SPEZ. Aqua & Gas 12/2017: 42-52
- [6] Spycher, S., S. Mangold, T. Doppler, M. Junghans, I. Wittmer, C. Stamm et H. Singer (2018): Pesticide Risks in Small Streams-How to Get as Close as Possible to the Stress Imposed on Aquatic Organisms. Environmental Science & Technology 52: 4526-4535.
- [7] Wittmer, I., C. Moschet, J. Simovic, H. Singer, C. Stamm, J. Hollender, M. Junghans et C. Leu. (2014): Plus de 100 pesticides dans les cours d'eau - Une forte pollution des cours d'eau suisses révélée par le programme NAWA SPEZ. Aqua & Gas 11/2014: 68-79
- [8] Moschet, C., I. Wittmer, J. Simovic, M. Junghans, A. Piazzoli, H. Singer, C. Stamm, C. Leu et J. Hollender (2014): How A Complete Pesticide Screening Changes the Assessment of Surface Water Quality. Environmental Science & Technology 48: 5423-5432.
- [9] OFEV (2013): Subdivision de la Suisse en bassins versants (GAB-EZGG-CH)
- [10] Leu, C., H. Singer, S.R. Müller, R.P. Schwarzenbach et C. Stamm (2005): Comparison of atrazine losses in three small headwater catchments. Journal of Environmental Quality 34: 1873-1882
- [11] Wittmer, I., M. Junghans, C. Stamm et H. Singer (2014): Micropolluants – Stratégie d'évaluation pour les micropolluants de sources non ponctuelles. Etude mandatée par l'OFEV. Dübendorf, Eawag.
- [12] Huntscha, S., H.P. Singer, C.S. McArdell, C.E. Frank et J. Hollender (2012): Multiresidue analysis of 88 polar organic micropollutants in ground, surface and wastewater using online mixed-bed multilayer solid-phase extraction coupled to high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A 1268: 74-83.
- [13] OFAG (2019): Substances actives de produits phytosanitaires: volume des ventes, état du 20.1.2019, Office fédéral de l'agriculture
- [14] Rösch, A., B. Beck, J. Hollender et H. Singer (2019): Ultra-sensitive Analysis of Pyrethroid and Organophosphate Insecticides in Surface Waters: a Result of Large Enrichment with Liquid-Liquid Extraction and Gas Chromatography Coupled to Mass Spectrometry using Atmospheric Pressure Chemical Ionization. Analytical and Bioanalytical Chemistry (under revision)
- [15] RS-814.201 (1998): Ordonnance sur la protection des eaux, Suisse. 814.201

- [16] European Commission (2011): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards
- [17] Centre Ecotox. Propositions de critères de qualité. Consultées le: 31.8.2018.  
<https://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>
- [18] Spycher, S., J. Hunkeler, A. Bosshard et F. Häni (2016): Pollution des eaux par les pesticides - Approches pour réduire les apports émanant de l'agriculture. Aqua & Gas 4/2016: 22-38
- [19] de Baan, L., S. Spycher et O. Daniel (2015): Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012. Agrarforschung Schweiz. 6: 48-54
- [20] Langer, M., M. Junghans, S. Spycher, M. Koster, C. Baumgartner, E. Vermeirsen et I. Werner (2017): Risque écotoxicologique élevé dans les ruisseaux suisses. Aqua & Gas 12/2017: 54-63

## Remerciements

Les auteurs remercient vivement toutes les personnes qui ont participé à l'étude au sein des laboratoires et services cantonaux de la protection des eaux et en particulier *Claudia Minkowski, Matthias Ruff* (Berne), *Thomas Amiet, Xenia Ehrensperger, Marin Huser, Nadine Konz* (Bâle-Campagne), *Dominique Folly, Jacques Grandjean* (Fribourg), *Christoph Moschet, Raffael Fehlman, Mareike Böhler* (Schaffhouse), *Heinz Ehmman* et *Margie D. Koster* (Thurgovie). Un grand merci également à *Yves Bourdilloud* (STEP ERES) pour les prélèvements dans le Bainoz et à *Simon Mangold, Birgit Beck* et *Simon Dicht* pour leur aide précieuse au laboratoire et lors des prélèvements. Nous souhaitons par ailleurs remercier *Rik Eggen, Juliane Hollender, Christian Leu* et *Nicole Munz* pour leurs commentaires avisés ainsi que *Laurence Frauenlob* (Waldkirch/D) pour la traduction en français.

## Kommentar erfassen

Vorname, Name

Betreff

E-Mail

Kommentar

Kommentar absenden

## **Kommentare (0)**