



Irene Wittmer, environnementaliste, est actuellement doctorante au sein du département de Chimie de l'environnement de l'Eawag.
Coauteur : Michael Burkhardt

Dynamique des rejets de biocides et de pesticides

Les produits biocides et les pesticides sont utilisés dans l'agriculture et en milieu urbain pour lutter contre divers types de nuisibles. Mais quel chemin ces composés parcourent-ils de leur lieu d'utilisation jusqu'au milieu aquatique ? Et l'agriculture, est-elle vraiment la principale source de pollution des eaux ? Ce sont là des questions que l'Eawag aborde dans le cadre de différents projets.

L'agriculture a longtemps été considérée comme la source principale de rejets de pesticides dans les eaux superficielles. En conséquence, l'utilisation agricole de ces composés est strictement réglementée et leur utilisation à des fins professionnelles est soumise à autorisation. Lorsqu'il y a une quinzaine d'années, la politique agricole de la Suisse a été redéfinie, un des objets de la réforme était clairement de réduire les rejets de pesticides de 50 %. Une réduction de 25 à 30 % a effectivement été obtenue entre 1992 et 2004 [1] mais malgré les réglementations imposées, les pesticides agricoles polluent encore fortement les eaux.

Combien de biocides et pesticides proviennent du milieu urbain ? D'un autre côté, des études menées à la fin des années 1990 montraient pour la première fois que certains pesticides et notamment l'herbicide mécoprop, pouvaient également provenir des zones urbaines [2]. Les pesticides peuvent alors être chimiquement identiques aux produits biocides utilisés en milieu urbain (cf. encadré). Sur la foi des chiffres de vente exprimés en termes monétaires, on estima tout d'abord que les quantités de

biocides et de pesticides utilisées étaient nettement inférieures en milieu urbain qu'en zone agricole. Ce n'est qu'en 2007 que de nouvelles estimations de consommation révélèrent que les quantités urbaines étaient largement sous-estimées. Les chiffres font état d'environ 2000 tonnes de biocides utilisées chaque année dans les zones urbaines suisses (sans les désinfectants à base d'alcool ou de chlore) [3], ce qui les place au même niveau que l'agriculture qui en totalise environ 1300 tonnes [4]. L'Eawag s'est donc proposé d'étudier en détail les contributions urbaines et agricoles à la pollution des eaux par les pesticides.

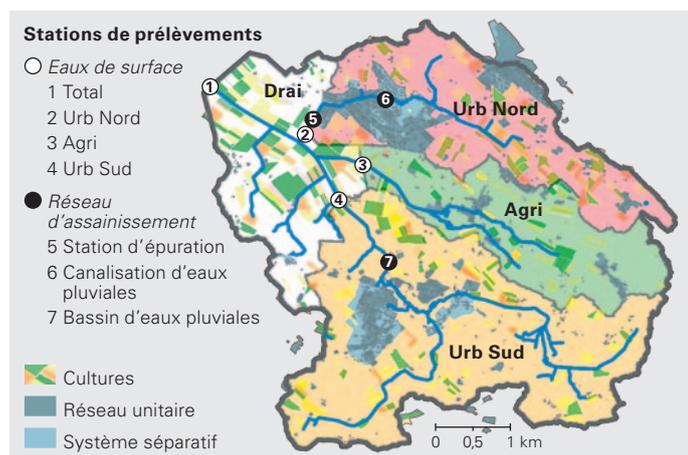
Quantités de pesticides utilisées. L'un des projets vise à quantifier les flux de biocides et pesticides dans un périmètre donné. Une aire d'étude de 25 km² a été choisie à proximité du Greifensee. Comportant 470 hectares de terres agricoles, elle abrite 12 000 habitants répartis sur deux communes desservies par une même station d'épuration. L'aire d'étude a été subdivisée en quatre zones en fonction du mode d'occupation du sol (Fig. 1) : une à dominante agricole (Agri), une à dominante urbaine (Urb Nord) et deux à utilisation mixte (Urb Sud et Draï). De nombreux échantillons d'eau ont été prélevés en 2007 dans quatre stations en cours d'eau ainsi que trois autres dans le réseau d'assainissement (en sortie de station d'épuration, dans le bassin d'eaux pluviales et dans le canal d'évacuation des eaux pluviales) au cours d'événements pluvieux importants puis soumis à des dosages de biocides et pesticides (cf. tableau p. 10).

Avant toute chose, nous avons commencé par enquêter sur les quantités de pesticides utilisées : presque tous les agriculteurs (95 %) et une part gérable des ménages (60 sur un total de 1800) de l'aire d'étude ont été interrogés. Les résultats ont révélé pour l'agriculture que le plus employé des pesticides étudiés était l'isoproturon avec 110 kg, suivi par le glyphosate, l'atrazine et la terbuthylazine (respectivement 88, 64 et 42 kg). Quatre autres substances actives (le mécoprop, la mésotrione, la sulcotrione et le diazinon) étaient employées dans des quantités allant de 2 à 13 kg.

80 % des ménages interrogés ont déclaré utiliser des pesticides, généralement pour protéger les rosiers des attaques d'insectes. 20 % des personnes interrogées ont d'autre part avoué appliquer des pesticides dans leur entrée de garage malgré l'inter-

Fig. 1 : Répartition des zones d'occupation de l'espace et des sept stations de mesure sur l'aire d'étude.

Urb = usage urbain, Agri = usage à dominante agricole, Draï = zone drainée.
Part croissante de l'usage urbain : Agri < Draï < Urb Sud < Urb Nord.



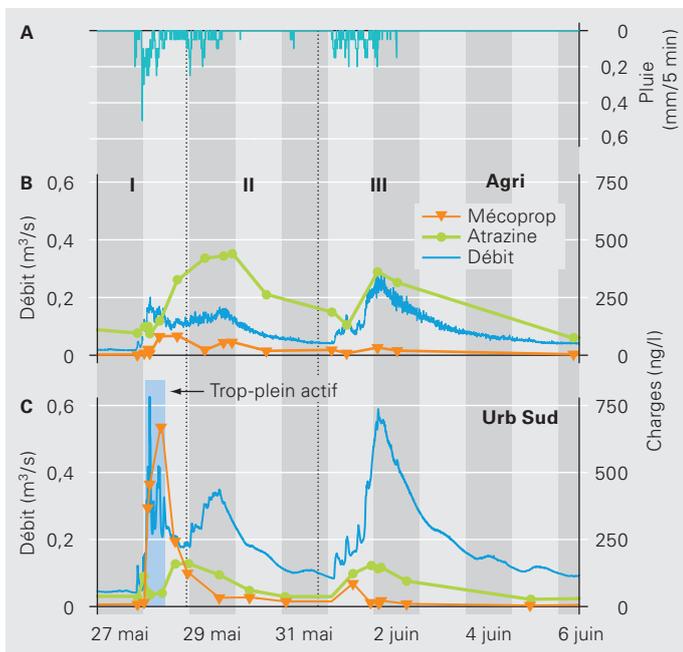


Fig. 2: Rejets de mécoprop et d'atrazine avec les eaux pluviales dans deux cours d'eau entre le 27.5. et le 6.6.2007. Quantités de pluie (A), situation aux stations de mesure respectives de la zone à dominante agricole Agri (B) et de la zone à dominante urbaine Urb Sud (C).

diction en vigueur (dont elles déclarent ne pas avoir eu connaissance). A notre grande surprise, il s'est avéré que les 60 ménages avaient recours à 45 produits différents dont le mécoprop, le diazinon et le glyphosate qui font partie des substances que nous avons étudiées. D'après nos estimations, il serait donc faux de négliger les zones habitées pour les rejets de pesticides. Aucune affirmation ne peut encore être faite en ce qui concerne les rejets de biocides. Une analyse des données statistiques sur la consommation et des informations descriptives des produits devrait permettre d'évaluer grossièrement les quantités employées.

Les pluies transportent les biocides et les pesticides dans les cours d'eau.

Les pesticides et produits biocides utilisés en extérieur peuvent être lessivés par les pluies et être ainsi entraînés dans les eaux superficielles. Le suivi d'une pluie de fin mai/début juin (Fig. 2A) met bien en évidence les différences qui existent entre milieu urbain et milieu agricole au niveau de la dynamique des rejets. Les deux substances suivies sont l'atrazine et le mécoprop dont les usages sont respectivement presque exclusivement agricoles et urbains (cf. tableau). Cet événement pluvieux est intervenu en pleine période d'application de l'atrazine sur les cultures. Nous pouvons faire les observations suivantes :

- Les dynamiques d'écoulement à partir des zones Agri et Urb Sud (courbes bleues, Fig. 2B et 2C) sont très différentes. En zone agricole, les trois pics provoqués par la pluie sont nettement moins marqués car les sols non imperméabilisés peuvent absorber l'eau et la retenir un certain temps. A l'inverse, les eaux s'écoulent directement sur les surfaces urbaines imperméables (voieries, places, toitures). Une partie de cette eau est immédia-

tement acheminée vers les cours d'eau par un système séparatif de collecte, le reste se déverse dans le réseau unitaire et transite par des bassins d'eaux pluviales avant d'aboutir à la station d'épuration. Lors de pluies très abondantes, les volumes excédant la capacité de ces bassins sont directement déversés dans la rivière par le biais de trop-pleins. Ce phénomène se traduit par un pic d'écoulement comme celui que nous avons observé en début d'orage dans la zone Urb Sud (Fig. 2C).

- Les concentrations d'atrazine augmentent en même temps que le débit des cours d'eau (courbes vertes, Fig. 2B et 2C). Cette observation est valable aussi bien pour le domaine agricole que, de manière moins marquée, pour la zone à utilisation mixte Urb Sud.

- Dans l'écoulement de la zone urbaine, la teneur en mécoprop présente un pic lors du débordement du bassin de rétention des eaux pluviales (courbe orange, Fig. 2C). Après ce maximum, le trop-plein n'entre plus en action et les concentrations de mécoprop restent faibles pendant les autres pics d'écoulement. Dans la zone agricole, au contraire, les teneurs en mécoprop dans le cours d'eau augmentent très légèrement lors des trois phases (Fig. 2B). Ces rejets sont probablement dus à des pertes provenant des quelques secteurs d'habitation de cette zone. Des dynamiques similaires ont été observées pour les rejets de carbendazime et de diuron, des biocides spécifiques du milieu urbain.

De manière générale, on observe donc dans le cas d'événements pluvieux que les contaminations des cours d'eau par des pesticides d'usage agricole se produisent en période d'application, tandis que les rejets urbains peuvent s'étaler sur toute l'année (comparaison des figures 3A et 3B). A côté de ces apports générés par les pluies, des pollutions peuvent être causées par des pertes, généralement continues en milieu urbain et plus ponctuelles en agriculture. Les effluents de la station d'épuration présentaient ainsi des concentrations accrues de diazinon pendant toute l'année (> 50 ng/l) ainsi que plusieurs pointes de concentration en certains pesticides (jusqu'à 20 000 ng/l d'atra-

Biocides et pesticides

Les produits biocides et pesticides sont utilisés pour lutter contre les organismes indésirables. Dans le langage courant, on considère que les pesticides servent à la protection des plantes et les biocides aux autres applications (protection des murs et façades, protection du bois, lutte contre les nuisibles au niveau domestique etc.) (cf. tableau). Les conditions d'autorisation des substances actives sont définies par les ordonnances sur les biocides et sur les produits phytosanitaires. Il existe plusieurs voies de rejet des biocides et pesticides dans le milieu aquatique. Dans le domaine agricole, les pesticides peuvent être lessivés des terrains par ruissellement ou par drainage ou se déverser directement dans les cours d'eau suite à des comportements irresponsables ou malencontreux lors de l'élimination ou la manipulation des bouillies de traitement. Les rejets d'origine urbaine sont quant à eux véhiculés par le réseau d'assainissement.

zine) probablement dues à des comportements inadéquats lors de l'élimination ou de l'application des produits.

Le milieu urbain contribue fortement à la pollution des eaux.

La responsabilité relative de l'agriculture et du milieu urbain dans les rejets d'une substance donnée dans le milieu aquatique peut être estimée par la dynamique des concentrations mais aussi par la composition de ces rejets. Ainsi, pour l'atrazine, la charge enregistrée lors des pluies de fin mai était principalement alimentée par les deux zones caractérisées par des activités agricoles tandis que les quantités détectées en sortie de station d'épuration et dans le trop-plein du bassin d'eaux pluviales restaient minimales (Fig. 3A, surfaces bleu foncé et marron foncé, respectivement). A l'inverse, pour le même événement pluvieux, la part de la zone à dominante urbaine dans la charge en mécoprop était décisive. La station d'épuration et le trop-plein livraient à eux seuls jusqu'à 25 % de la charge totale. Si l'on considère la situation automnale, la charge d'atrazine est extrêmement faible tandis que celle du mécoprop se maintient à un niveau élevé. De plus, la composition de cette dernière est similaire à celle du printemps. Cette observation indique que les sources de mécoprop restent sensiblement constantes dans le temps. On ignore cependant la part de responsabilité exacte de ces sources : applications en milieu urbain

(saison de jardinage de mai à fin septembre) ou pertes constantes en provenance des toitures plates et des systèmes d'étanchéité des fondations.

Le mécoprop peut provenir des toitures plates. Une autre étude de l'Eawag démontre que les toitures plates peuvent effectivement émettre des rejets de mécoprop. Cet herbicide est en effet utilisé dans les membranes bitumineuses couvrant ce type de toitures pour empêcher le développement des racines. Une grande partie du mécoprop intégré aux membranes est ensuite lessivé par les eaux de ruissellement. Etant donné que plusieurs millions de mètres carrés de toitures plates couvertes de revêtements bituminés sont construits chaque année en Suisse, il n'est pas étonnant que le mécoprop soit détecté dans un grand nombre de cours d'eau. L'herbicide atteint le milieu aquatique soit par le réseau séparatif, soit avec les eaux usées non traitées par le trop-plein des bassins d'eaux pluviales, soit encore avec les effluents de la station d'épuration – les systèmes actuels d'épuration ne permettant d'en éliminer que de 10 à 30 %.

Nos études ont montré que le mécoprop contenu dans deux nouveaux produits anti-racinaires à base d'ester éthylhexylique (Herbitect®) et d'ester octylique (Preventol®B5) était moins fortement et moins rapidement hydrolysé et lessivé que celui du

Liste des biocides et pesticides étudiés et de leurs domaines d'application. L'importance attribuée aux différentes substances est déduite des concentrations mesurées dans notre aire d'étude (Fig. 1).

■ Forte importance agricole ■ Importance agricole modérée ■ Forte importance urbaine ■ Importance urbaine modérée □ Non détecté

		Milieu urbain: Utilisation continue	Milieu urbain: Utilisation saisonnière	Milieu agricole: Utilisation saisonnière
		Biocide	Pesticide	Pesticide
Agriculture	Sulcotrione			Roseau de Chine, maïs
	Mésotrione			Maïs
	Atrazine			Maïs ¹
	Terbuthylazine			Fruits à pépins, maïs
Milieu urbain et agriculture	Isoproturon	Façades, conservateur etc.		Céréales
	Glyphosate		Pelouses, voies ferrées, talus de voiries etc.	Friches, cultures fruitières, prairies, pâturages
	Mécoprop	Toitures plates ² , étanchéité des fondations	Jardins, pelouses, surfaces dallées ³ , voiries etc.	Céréales, roseau de Chine, cultures fruitières, prairies, pâturages
	Diazinon	Sources inconnues, colliers antipuces ⁴	Rosiers, fruitiers, plantes ornementales, jardins	Cultures fruitières, betterave sucrière, colza, cultures maraîchères, fleurs coupées
	Diuron	Façades, conservateur		Cultures fruitières, asperges, massifs ligneux, vigne
	Carbendazime	Traitement anti-moisissures salle de bain, façades etc.		Cultures fruitières et maraîchères, colza, pomme de terre, tournesol
Milieu urbain	Terbutryne	Traitement anti-moisissures salle de bain, façades etc.		
	Irgarol	Coques de bateaux, façades etc.		
	IPBC	Conservateur, traitement du bois etc.		
	Isothiazolinone	Conservateur, façades etc.		

¹ La commercialisation de l'atrazine est interdite depuis décembre 2008. Les agriculteurs sont cependant autorisés à utiliser leurs réserves jusqu'en décembre 2011.

² D'un point de vue juridique, le mécoprop n'est pas un biocide mais ses effets le placent dans cette catégorie.

³ Cette utilisation est illégale mais nous a été confirmée dans notre enquête.

⁴ En traitement antipuces, le diazinon n'est ni un biocide, ni un pesticide mais un médicament.

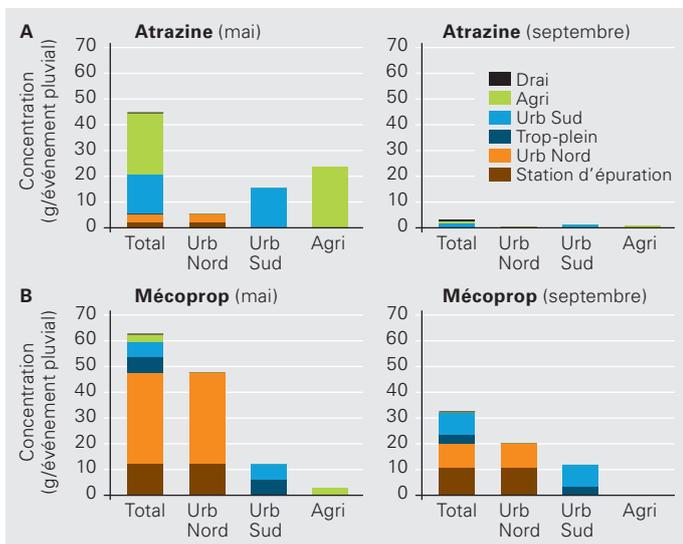


Fig. 3: Comparaison des charges d'atrazine (A) et de mécoprop (B) dans six stations de mesure différentes (cf. Fig. 1) pendant une pluie de mai (60 mm de pluie) et une pluie de septembre (35 mm de pluie).

produit classique à base d'ester polyglycolique (Preventol®B2) (Fig. 4). La composition des membranes bitumineuses – proportion et qualité du bitume, du polymère et des matières de remplissage – influe aussi sur la résistance au lessivage: les produits riches en bitume libéraient environ deux fois moins de mécoprop. Les concentrations de mécoprop utilisées dans les revêtements bituminés ont déjà été réduites de moitié au cours des dernières années. Une autre réduction ne serait envisageable que si l'efficacité de la protection anti-racinaire n'est pas remise en cause. Or les seuils d'efficacité ne sont pas encore connus avec précision.

Limiter les pertes: éduquer les particuliers, modifier les formulations. Nos résultats montrent clairement que les usages tant agricoles qu'urbains des biocides et pesticides entraînent une pollution des eaux. Mais comment réduire les pertes à l'avenir? Un des moyens serait d'améliorer le comportement des utilisateurs. Le potentiel est particulièrement important au niveau de l'emploi privé des pesticides en milieu urbain. En effet beaucoup de particuliers ne connaissent ni les bons comportements et précautions à adopter pour l'utilisation des produits, ni les interdictions en vigueur. Mais bien qu'ils reçoivent déjà une formation et une information conséquente, les agriculteurs ne sont pas non plus irréprochables sur ce point et des améliorations peuvent certainement encore être obtenues. Par contre, une minimisation des rejets agricoles diffus semble plus difficilement réalisable. Souvent, seule une petite partie des terres contribue à ces pertes [5]. L'Eawag a mis en place un projet visant à identifier les surfaces agricoles présentant un risque de pertes élevé.

Un autre moyen de réduire les pertes est d'améliorer la formulation des préparations chimiques. Dans le cas du mécoprop intégré aux membranes bitumineuses, cela a déjà été fait. En effet, dans ce domaine d'utilisation, la pollution des eaux ne peut être évitée par les moyens classiques d'épuration puisqu'une grande

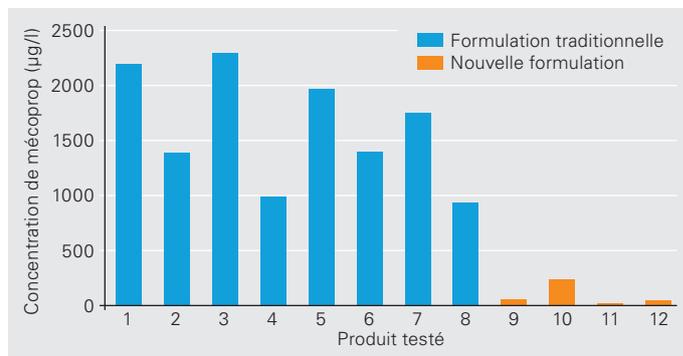


Fig. 4: Entraînement par lessivage du mécoprop contenu dans les membranes bitumeuses.

partie des eaux pluviales contaminées se déverse directement dans les cours d'eau sans transiter par les stations. Seules des solutions à la source peuvent donc être envisagées. Après trois décennies d'utilisation exclusive du Preventol®B2 dans les membranes bitumineuses, les trois grands fabricants ont décidé au regard de nos résultats de changer la composition des produits et de passer à l'Herbitect® et au Preventol®B5. D'après une nouvelle note de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sur le mécoprop utilisé dans les couches bitumeuses pour toitures végétalisées, l'infiltration de ces eaux de toiture à travers une couche de sol biologiquement active serait maintenant admissible [6]. De plus, les fabricants et l'OFEV conseillent de n'utiliser les revêtements bitumés à protection anti-racinaire que pour les toitures plates réellement végétalisées. La mise en œuvre de l'ensemble des mesures envisageables pourrait permettre à long terme de diminuer le lessivage du mécoprop de 96 à 98 %.

Nous tenons à remercier nos collègues Hans-Peter Bader, Markus Boller, Ruth Scheidegger, Heinz Singer, Christian Stamm, Stefan Zuleeg (tous de l'Eawag) ainsi que Regula Haag, Sivotha Hean et Peter Schmid (de l'Empa). Nous avons bénéficié du soutien financier de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et de l'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air (Awel) du canton de Zurich.

- [1] Singer H. (2005): La pollution des eaux par les pesticides – La recherche rencontre la politique, *Eawag News* 59, 16–19.
- [2] Bucheli T.D., Müller S.R., Voegelin A., Schwarzenbach R.P. (1998): Bituminous roof sealing membranes as major sources of the herbicide (R,S)-mecoprop in roof runoff waters: potential contamination of groundwater and surface waters. *Environmental Science & Technology* 32, 3465–3471.
- [3] Bürgi D., Knechtenhofer L., Meier I., Giger W. (2007): Projekt Biomik – Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässer. Teilprojekt 1: Priorisierung von bioziden Wirkstoffen. Bundesamt für Umwelt, Bern, 189 S., www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/06387/
- [4] Bundesamt für Landwirtschaft (2007): Rapport agricole 2007. Bern, 320 S., www.blw.admin.ch/dokumentation/00018/00498/
- [5] Freitas L.G., Singer H., Müller S.R., Schwarzenbach R.P., Stamm C. (2008): Source area effects on herbicide losses to surface waters – A case study in the Swiss Plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 128 (3), 177–184.
- [6] www.bafu.admin.ch/chemikalien/01389/01391/