

# PESTICIDES D'ORIGINE AGRICOLE DANS LE BASSIN VERSANT SUISSE DU LÉMAN

## AGRICULTURAL PESTICIDES IN THE SWISS CATCHMENT AREA OF LAKE GENEVA

Campagne 2006

PAR

**Audrey KLEIN**

SECRETARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN  
ACW - Changins - Bâtiment DC, Route de Duillier, CP 1080, CH - 1260 NYON 1

**Fabrizio MANCO**

SP - 29005 MALAGA

**Raphaël CHARLES**

STATION DE RECHERCHE, AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW, CP 1012, CH - 1260 NYON 1

### RÉSUMÉ

*Les résultats d'analyses des eaux du Léman montrent une augmentation du nombre de pesticides détectés. Ces pesticides proviennent de l'agriculture pour la plupart, mais aussi d'activités de production industrielle, d'utilisations non agricoles ou urbaines.*

*Le travail réalisé a consisté à réaliser une base de données Access couplée à un Système d'information géographique (SIG). Ont été rassemblées, pour le bassin lémanique suisse, des informations sur les matières actives utilisées pour le traitement des cultures, les quantités consommées et les périodes d'application ainsi que leurs caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques. Les analyses d'eau du lac et des rivières figurent également dans cette base.*

*L'étude réalisée vise à une première interprétation de la présence des pesticides dans le bassin versant lémanique en fonction des activités agricoles et à localiser les zones prioritaires nécessitant un suivi et un assainissement.*

*Les quantités de pesticides utilisées en agriculture révèlent de grandes différences selon les cultures et les régions du bassin lémanique. Au total, 182 matières actives différentes sont utilisées à hauteur de 830 tonnes par an. Les principales cultures les plus consommatrices du bassin lémanique suisse sont la viticulture et l'arboriculture (fruits à pépins et fruits à noyaux) avec près de  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  de matières actives utilisées pour le traitement de la vigne soit au total 522 t/an, près de  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  (266 t/an) pour les fruits à pépins et  $56 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour les fruits à noyaux (32 t/an). Le blé d'automne est la 4<sup>e</sup> culture la plus consommatrice du bassin lémanique avec plus de 15 t/an et une quantité appliquée par ha de culture de  $2.35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ .*

*Une liste des 20 principales matières actives utilisées dans ces 4 cultures a été dressée dans le but d'actualiser les listes des substances à rechercher dans les eaux du lac et des rivières.*

*Pour un grand nombre des 182 substances utilisées en agriculture, un lien existe entre les pratiques agricoles et leur présence dans l'eau. A l'inverse, certaines substances paraissent peu utilisées par l'agriculture, mais montrent cependant une présence marquée dans l'eau. Pour ces dernières, d'autres sources de pollution seront donc à rechercher prioritairement.*

*Les efforts effectués pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture doivent être encouragés et poursuivis, mais encore complétés par des efforts de lutte contre toutes les autres sources de pollution potentielles.*

## ABSTRACT

*The findings of analyses of the water of Lake Geneva reveal an increase in the number of pesticides detected. Most of these pesticides are of agricultural origin, although some result from industrial manufacturing, and non-agricultural or urban use.*

*The work done consisted of producing an Access database coupled to a geographical information system (GIS). Information was gathered about the active substances used to treat crops, the quantities consumed, when they are applied, and their physical, chemical and ecotoxicological characteristics. This database also includes analyses of water from the lake and rivers.*

*The study performed was intended to provide an initial interpretation of the presence of pesticides in the catchment area of Lake Geneva in the light of agricultural activity, and to pinpoint priority zones for follow-up and treatment.*

*The quantities of pesticides used in agriculture reveal major differences depending on the crops grown and the different regions within the catchment area. A total of 182 different active substances are used, amounting to 830 metric tonnes per year. The crops that use most pesticides in the Swiss catchment area are vineyards and fruit orchards (fruits with pips or stones) with about  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  of active substances used to treat vines, or a total of 522 t/year, nearly  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  (266 t/year) for fruits with pips, and  $56 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  for fruit with stones (32 t/year). Winter wheat is the crop with the fourth highest pesticide use, with more than 15 t/year and with  $2.35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  being applied per hectare cultivated.*

*A list of the 20 main active substances used for these 4 crops has been compiled in order to update the lists of substances to be tested for in the water of the lake and of the rivers.*

*The presence of many of these 182 substances used in agriculture in the water is linked to agricultural practices. In contrast, some substances appear to be little used in agriculture, but are found at high levels in the water. Identifying the other sources of pollution with these substances is therefore a priority.*

*Efforts made to limit the use of pesticides in agriculture must be encouraged and continued, but also completed by efforts to combat all other potential sources of pollution.*

## 1. INTRODUCTION

Les résultats d'analyse des eaux du Léman montrent une augmentation du nombre de pesticides détectés. L'avènement de techniques analytiques plus performantes explique pour une part la mise en évidence de ces nouvelles substances. Ces pesticides proviennent de l'agriculture pour la plupart, mais aussi d'activités de production industrielle, d'utilisations non agricoles ou urbaines (jardins privés, surfaces vertes publiques, biocides utilisés dans les peintures, revêtement de façades, voies de chemin de fer, bord de route, ...). Une interprétation fine des résultats d'analyses obtenus pour le lac et ses affluents est nécessaire afin d'envisager toutes les mesures d'assainissement, mais aussi pour anticiper une évolution possible de la situation actuelle.

Cette interprétation doit viser à mettre en relation les substances retrouvées avec les activités responsables de leur émission et leur localisation géographique. Elle doit aussi permettre de confirmer, voire d'affiner la liste et le mode d'identification des substances à surveiller, sur la base notamment des quantités utilisées dans le bassin versant, voire plus généralement des risques liés à leur comportement environnemental (caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques).

## 2. OBJECTIF ET DÉMARCHE

L'objectif principal de cette étude, réalisée dans le cadre d'un travail de stage, vise à une première interprétation de la présence des pesticides dans le bassin versant lémanique en fonction des activités agricoles et à localiser les zones prioritaires nécessitant un suivi et un assainissement. Les données disponibles concernant l'utilisation des matières actives en agriculture proviennent du bassin versant suisse du Léman. La partie française du bassin versant du Léman devrait être complétée pour 2007.

La CIPEL et ACW - Changins se sont principalement intéressés à réunir des sources de données concernant l'utilisation de pesticides en agriculture (matières actives, quantités appliquées, périodes d'application, cultures traitées) dans le bassin versant du Léman, ainsi que les résultats d'analyses de pesticides dans les eaux du lac et des rivières du bassin lémanique.

Pour répondre à cet objectif, la démarche suivante a été adoptée :

- Recensement des surfaces par type de culture et par commune dans le bassin versant du Léman (données sources : statistiques agricoles suisses).
- Pour ces différents types de cultures, calcul des quantités de substances actives utilisées par hectare (ha) avec éventuellement connaissance du nombre et des périodes d'application, pour mieux cibler les périodes de suivi des campagnes d'analyses de la qualité des cours d'eau.
- Calcul des quantités de substances actives utilisées sur ces surfaces agricoles pour établir des bilans par commune et par bassin versant.
- Localisation des zones de suivi et d'assainissement prioritaires dans le bassin lémanique à partir de la connaissance des cultures les plus consommatrices en pesticides.
- Actualisation de la liste de la CIPEL des substances à surveiller dans le lac et ses affluents par comparaison avec la liste des substances appliquées en agriculture.

### 3. CONTENU DE PESTIBASE

Pour améliorer la connaissance de l'utilisation des pesticides d'origine agricole dans les cultures du bassin lémanique, un important travail de rassemblement et de compilation d'informations a été réalisé. Un outil a été ensuite élaboré se composant d'une base de données Access intitulée PestiBase couplée à un système d'information géographique (ArcGIS 9.1) pour la représentation cartographique des zones les plus sensibles par leur consommation en pesticides et les plus documentées en résultats d'analyses. Les données qui ont été rassemblées concernent :

- les mesures de pesticides dans les eaux du lac et des rivières (sources : CIPEL, SPE VS, SESA VD, DomEau GE, AERM&C, DIREN);
- les utilisations de matières actives (source : réseau d'exploitations pilotes), leurs caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques lorsqu'elles existent (sources : bases de données : OCDE, Agritox, Agroscope-Changins-Wädenswil (R. CHARLES) et CHÈVRE, 2007);
- les statistiques agricoles d'occupation du sol (source : Office fédéral de la statistique : données statistiques par commune (année 2003) et données géographiques et spatiales Geostat 1997).

Le contenu de ces informations est détaillé ci-après.

La PestiBase se présente sous la forme d'une interface conviviale (figure 1), facile d'utilisation, présentant plusieurs boutons d'entrées :

1. Matières actives : pour chaque matière active est renseigné son usage, sa formule et sa famille chimique ainsi que les caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques lorsqu'elles existent.
2. Mesures pesticides : permet de voir sous forme graphique ou tabulaire l'évolution des concentrations en pesticides dans le lac et les rivières.
3. Cultures : présente le détail des cultures par commune, le nombre et les quantités de matières actives appliquées.
4. Communes : autre moyen d'entrée présentant le même contenu que l'onglet précédent.
5. Météo : données pluviométriques utiles pour le modèle de l'OCDE testé sur le bassin lémanique dans le cadre du travail de stage. Celui-ci n'est pas détaillé dans le cadre de ce rapport.
6. Résumé : cette entrée est intéressante car elle permet d'avoir une synthèse des substances les plus mesurées, les plus utilisées, les calendriers d'utilisation ainsi que les cultures et les communes les plus consommatrices en pesticides.
7. Modèle : en lien avec le modèle de l'OCDE qui se présente également sous forme Access (guide d'utilisation : GUTSCHE et CARLEY, 2006).
8. Cartographeur : en lien avec le SIG ; il s'agit de choisir les substances, les cultures et les stations de mesures de la qualité des eaux que l'on souhaite représenter de manière cartographique, comme par exemple, les quantités de diuron appliquées pour le traitement de la vigne et les stations de mesures ayant des résultats analytiques pour le diuron.

#### 3.1 Mesures de pesticides

	Lac	Rivières
Nombre de stations	1	114
Nombre de campagnes par station	37	de 1 à 71
Résultats analytiques	1989-2006	1998-2007

Le suivi analytique du Léman (Grand Lac) est réalisé en un seul lieu au milieu du lac entre Lausanne et Evian (point SHL2), avec deux campagnes annuelles (10 niveaux de prélèvements), l'une au printemps et l'autre en automne, soit au total 37 campagnes de prélèvements effectués entre 1989 et 2006 (dont 3 en 2006). Jusqu'en 2004, seules 4 substances étaient détectées : atrazine, simazine, terbuthylazine et metolachlore. Depuis, ce sont plus de 200 matières actives qui sont recherchées dans le lac grâce à l'avènement de techniques analytiques plus performantes, dont plus de 30 ont pu être mises en évidence (EDDER et al., 2006).

72 rivières du bassin lémanique (bassins versants du Léman et Rhône aval jusqu'à Chancy) sont suivies grâce à 114 stations de mesures. Certaines font l'objet d'un suivi plus régulier, comme l'embouchure de l'Allondon (bassin Rhône aval) avec 71 campagnes d'analyses depuis 1998, ou encore le Rhône amont à la Porte du Scex (bassin du Léman) avec une fréquence d'échantillonnage plus élevée depuis début 2006 (26 échantillons par an intégrés sur 15 jours).

Ces suivis sont généralement réalisés par les services cantonaux en charge de la protection de l'environnement dans différents laboratoires. Ces derniers utilisent des méthodes différentes ne comprenant pas forcément la recherche des mêmes substances. De plus, la connaissance des limites de détection est importante pour pouvoir identifier l'ensemble des substances recherchées par les laboratoires qui analysent les eaux du lac et des rivières du bassin lémanique. Pour les résultats analytiques du lac, la CIPEL ne dispose de cette information dans sa banque de données que depuis 2006. C'est pourquoi, la comparaison des résultats des suivis du lac et des rivières, ainsi qu'entre les rivières des différents cantons reste délicate. De fait, les interprétations et conclusions qui en découlent doivent être considérées avec prudence.

### 3.2 Utilisation des matières actives

L'inventaire des matières actives utilisées dans le bassin versant suisse du Léman est basé sur différentes sources d'information selon les types de cultures :

- grandes cultures et herbages : réseau d'exploitations pilotes, Agridea, Lausanne, année 2000;
- viticulture : Agridea, Lausanne, année 2004;
- arboriculture : Service de protection des plantes du Valais, année 2000.

Ces différentes sources d'informations et notamment le réseau d'exploitations pilotes ont permis d'inventorier un grand nombre de matières actives utilisées en agriculture et de connaître les périodes d'application, les quantités utilisées et les cultures traitées par ces substances. A noter que pour ce qui concerne la viticulture et l'arboriculture, les données sont plus générales et ne tiennent pas compte de spécificités régionales.

Toutes ces sources relatives à l'utilisation des pesticides concernent la partie suisse du bassin versant. Elles ont permis d'identifier les matières actives utilisées dans 93 types de cultures différentes.

Si l'on considère les substances utilisées dans l'agriculture et celles détectées par les analyses des eaux du lac et des cours d'eau, ce sont au total plus de 450 matières actives d'origine agricole, industrielle ou urbaine qui ont été inventoriées. L'étude s'est intéressée uniquement à la part d'origine agricole. Cependant, la PestiBase a pu mettre en évidence que certaines substances, retrouvées dans les eaux du Léman, comme le foramsulfuron, ne sont pas ou peu utilisées en agriculture.

### 3.3 Occupation du sol

Deux sources d'informations ont été utilisées pour renseigner le type d'occupation du sol dans cette étude :

1. pour la base de données Access : les données des statistiques agricoles suisses (année 2003) ont été utilisées. Elles distinguent 41 types de cultures et sont agrégées par commune. Ceci constitue un bon niveau de détail qui permet d'extrapoler au bassin lémanique les données d'utilisation de substances par culture de manière relativement précise. Les 93 types de cultures du réseau d'exploitations pilotes ont donc été regroupés selon ces 41 types. Cette représentation peut engendrer des erreurs de localisation spatiale comme c'est le cas pour certaines exploitations agricoles de la plaine du Rhône dont le siège est parfois localisé dans des communes d'altitude sans surface agricole.
2. pour le SIG : les données Geostat (année 1997) référencées géographiquement ont été utilisées. Elles distinguent seulement 5 grandes catégories de cultures : viticulture, arboriculture, horticulture, grandes cultures et pâturages. Pour pouvoir représenter les quantités de matières actives appliquées dans les différentes cultures du bassin lémanique, il a fallu regrouper les 41 grands types de cultures définis par les statistiques agricoles suisses en 5 grands types de cultures référencées géographiquement. Cette agrégation, notamment pour ce qui concerne les grandes cultures, ne permet cependant pas de savoir si les teneurs en pesticides observées dans une partie du bassin lémanique suisse sont imputables à l'intensité d'utilisation des matières actives ou à l'intensité d'une culture présente dans ce secteur. En effet, deux communes du bassin, ayant toutes deux des grandes cultures, peuvent représenter des utilisations de pesticides similaires alors que la première aura des cultures moins consommatrices en pesticides mais des surfaces cultivées importantes, et la seconde aura une surface cultivée plus faible mais une culture très consommatrice en produits phytosanitaires.

## 4. APPLICATIONS PRATIQUES DE PESTIBASE

### 4.1 Connaissance des pesticides utilisés en agriculture : quantités et matières actives

#### ► *Matières actives les plus utilisées*

Pour traiter les différentes cultures du bassin lémanique suisse, 182 matières actives sont utilisées, totalisant plus de 830 tonnes par an. Le tableau 1 représente les 25 matières actives les plus utilisées par hectare de culture.

Tableau 1 : Liste des 25 substances les plus intensément utilisées dans les cultures concernées en kg·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>

Table 1 : List of the 25 most intensively used substances for the crops concerned in kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>.

Nom de la matière active	kg·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup>	Cultures
Captane	9.49	arboriculture, viticulture
Phosalone	6.66	arboriculture
Boscalid	4.39	viticulture
Soufre	3.91	arboriculture, viticulture
Dichlobenil	3.05	viticulture
Mancozeb	3.03	arboriculture, viticulture, pomme de terre, tabac
Metirame	2.80	arboriculture, viticulture
Oryzalin	2.65	arboriculture, viticulture
Maneb	2.60	Pomme de terre, tabac
Propineb	2.50	viticulture
Sulfosat	2.25	viticulture
Oxychlorure de cuivre	2.23	arboriculture, viticulture
Amitraz	2.19	arboriculture
Iprodione	2.00	arboriculture
Triflumizole	1.97	arboriculture
Folpet	1.80	arboriculture, viticulture
Bromopropylate	1.74	arboriculture, viticulture
Oxyde de silicium	1.70	viticulture
Diuron	1.66	arboriculture, viticulture
Terbuthylazin	1.66	arboriculture, viticulture, blé d'automne, pomme de terre
Cyprodinil	1.63	arboriculture, viticulture, blé automne, triticales, orge automne
Asulam	1.60	Prairie temporaire mi-intensive
Oxyfluorène	1.54	arboriculture
Glyphosate	1.52	arboriculture, viticulture, grandes cultures

► **Cultures les plus consommatrices**

Le tableau 2 représente les cultures du bassin lémanique les plus consommatrices en pesticides.

Tableau 2 : Cultures les plus consommatrices en pesticides.

Table 2 : The crops with the highest pesticide use.

Année	Nom culture	kg·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup>	kg totaux / an
2004	Vigne	59.46	522'369
2000	Fruits pépins	79.39	205'777
2000	Fruits noyaux	56.41	32'075
2000	Blé automne	2.35	15'315
2000	Pomme de terre conservation	12.58	9'856
2000	Tournesol	3.87	7'261
2000	Colza	2.68	6'734
2000	Pois	4.37	5'482
2000	Betterave sucrière	3.87	5'246
2000	Maïs grain	1.38	4'071
2000	Maïs plante	1.46	3'677
2000	Orge automne	2.76	3'189
2000	Triticale	4.15	2'543
2000	Prairie permanente extensive	0.51	2'130
2000	Blé printemps	3.84	1'832
2000	Soja	1.86	1'198
2000	Seigle automne	5.53	916
2000	Betterave fourragère	3.31	287
2000	Prairie temporaire extensive	0.05	224
2000	Avoine printemps	1.08	113
2000	Tabac	6.89	47
2000	Prairie temporaire mi-intensive	4.84	45
2000	Chanvre	1.13	25
2000	Orge printemps	0.02	1

Les quantités de pesticides utilisées à l'hectare pour le traitement des cultures sont très élevées, notamment dans la viticulture et l'arboriculture, par comparaison avec les grandes cultures.

► **Bilans**

Des bilans par commune et par bassin versant peuvent être établis et représentés de manière cartographique. Le tableau 3 présente un échantillon de communes suisses du bassin versant avec leurs consommations en pesticides totaux par année et la figure 2 illustre les résultats pour les communes suisses du bassin lémanique.

Tableau 3 : Quantités de matières actives totales utilisées par commune ou par culture en kg/ha et par an.

Table 3 : Quantities of total active substances used per commune or per crop in kg/ha and per year.

Canton	Nom Commune	Qté épandue par ha de surface communale (kg/ha de commune)	Qté épandue par ha de surface cultivée (kg/ha de culture)	Qté totale épandue dans la commune (kg)	Bassin versant (BV)
Genève	Dardagny	16.79	27.32	13'950	Rhône aval
Genève	Satigny	14.59	25.41	27'500	Rhône aval
Genève	Russin	10.26	20.14	5'120	Rhône aval
Genève	Soral	21.95	15.10	6'275	Rhône aval
Genève	Cologny	1.30	12.72	490	Léman
Valais	Saxon	10.86	64.65	25'220	Léman
Valais	Riddes	6.73	62.04	16'110	Léman
Valais	Fully	15.65	60.71	59'300	Léman
Valais	Veyras	20.16	59.46	2'975	Léman
Valais	Saillon	9.88	58.87	13'600	Léman
Vaud	Tolochenaz	3.67	65.74	590	Léman
Vaud	Morges	21.77	64.25	8'450	Léman
Vaud	Corseaux	13.98	59.46	1'525	Léman
Vaud	Vevey	1.12	59.46	265	Léman
Vaud	Veytaux	0.11	59.46	70	Léman
Vaud	Rivaz	101.33	58.86	2'965	Léman

Ces résultats montrent une différence selon que l'on calcule les quantités appliquées par ha de surface communale ou par ha de surface cultivée.

On peut noter que les résultats sont fortement influencés par la taille de la commune. En effet, si 2 communes de taille différente, ont la même surface agricole utile et le même type de culture, celle qui aura la plus grande superficie présentera une quantité par ha plus faible que la petite commune, alors que les quantités appliquées par ha de culture seront identiques.

Dans certaines communes (par exemple : Soral, Rivaz), les quantités appliquées par ha de surface communale sont plus importantes que celles qui sont appliquées par ha de culture. Cette différence vient de l'utilisation des statistiques agricoles qui sont des données communales basées sur le siège de l'exploitation qui n'est pas toujours celui de l'emplacement des cultures. Les quantités appliquées dans les communes où se trouvent ces cultures sont par conséquent également sous-estimées.

Les quantités totales de matières actives appliquées par commune permettent de localiser les secteurs qui consomment le plus de produits phytosanitaires. Mais il faut être prudent avec l'interprétation de ces valeurs car les quantités dépendent à la fois du type de culture et de l'importance des surfaces cultivées. Ainsi une commune fortement agricole pourra avoir la même quantité d'utilisation de matières actives qu'une commune moins agricole mais ayant des cultures plus consommatrices en produits phytosanitaires.

Cette carte montre que les régions du bassin lémanique suisse les plus consommatrices en pesticides (en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ ) se concentrent principalement dans la vallée du Rhône entre Sierre et Martigny ainsi que sur les coteaux en rive droite du Léman. Il s'agit de secteurs à dominante viticole et arboricole, et comme le montre le tableau 2, ces cultures sont les plus consommatrices en produits phytosanitaires. A noter que l'absence de couleur pour la partie française du bassin versant est liée à l'absence de données.

L'outil développé dans le cadre du travail de stage permet de représenter une ou plusieurs matières actives, utilisées et appliquées sur une ou plusieurs cultures du bassin. Deux types de cultures différentes ont été choisies pour illustrer l'utilisation de PestiBase : la vigne et le blé d'automne.

► **Exemple de la vigne**

Pour le traitement des vignes du bassin lémanique suisse, 75 matières actives différentes sont utilisées, totalisant une quantité appliquée de plus de 522 tonnes par an. 26 d'entre elles représentent plus de 80% des quantités appliquées (tableau 4). Le diuron qui est souvent détecté dans les analyses d'eau du lac et des rivières et qui est aussi souvent cité dans les produits de traitement de la vigne, arrive en 26<sup>e</sup> position et est appliqué à hauteur de 3'700 kg . La figure 3 représente les régions du bassin les plus consommatrices en diuron. Elles correspondent globalement aux mêmes régions que celles de la figure 2. Pour le diuron, les quantités varient de moins de 0.05 à 0.72 kg/ha de vigne/an. Si l'on considère l'ensemble des matières actives utilisées pour le traitement de la vigne, ces quantités varient entre 0.01 et 60 kg/ha de vigne/an. A noter que le soufre, est appliqué en grande quantité (30 tonnes soit un peu plus de 5 % des quantités totales de substances appliquées) mais est considéré comme une substance peu toxique pour l'environnement. Avec cet exemple, on peut rappeler le danger de substituer des substances utilisées en grande quantité mais peu toxiques pour l'environnement, par des substances plus efficaces à petite dose mais très nocives pour l'environnement. Ceci souligne l'importance de mieux connaître l'écotoxicité des substances et de ne pas raisonner qu'en terme de quantité lorsqu'il s'agit d'utiliser des produits de traitement phytosanitaires. Cette connaissance permettra notamment de mieux conseiller les agriculteurs vis-à-vis de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Tableau 4 : Utilisation des 26 matières actives les plus importantes pour le traitement de la vigne en kg/an.

Table 4 : Use of the main 26 active substances used to treat vines in kg/year.

Nom de la matière active (MA)	Quantités appliquées (kg/an)
Kresoxim-Methyl	49'107
Metirame	48'271
Boscalid	38'602
Soufre	30'425
Dichlobenil	26'771
Oryzalin	22'226
Propineb	21'927
Sulfosat	19'762
Mancozeb	16'144
Oxyde de silicium	14'931
Dichlofluanid	12'738
Glyphosate	12'463
Pyrimethanil	11'392
Folpet	11'368
Fesetyl-Aluminium	11'332
Tolyffluanide	10'981
Oxychlorure de cuivre	10'748
Indoxacarbe	8'999
Oxysulfate de cuivre	8'713
Chlorothalonil	8'122
Flusilazole	6'458
Fénhexamide	5'907
Oxyde d'aluminium	5'335
Hydroxide de cuivre chlorocalcique	5'285
Acephate	5'225

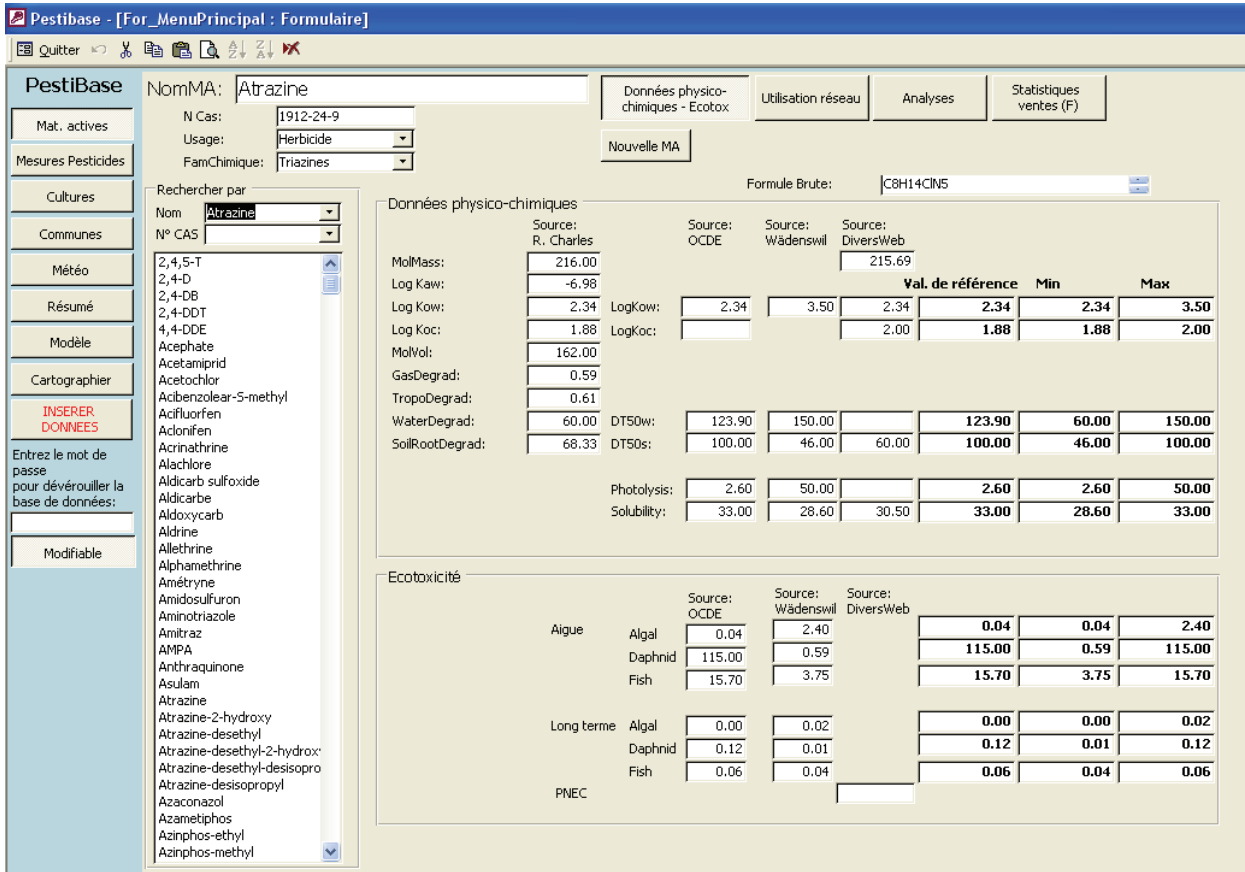


Figure 1 : Interface PestiBase - exemple d'entrée par matières actives.

Figure 1 : PestiBase interface - exemple of entries by active substances.

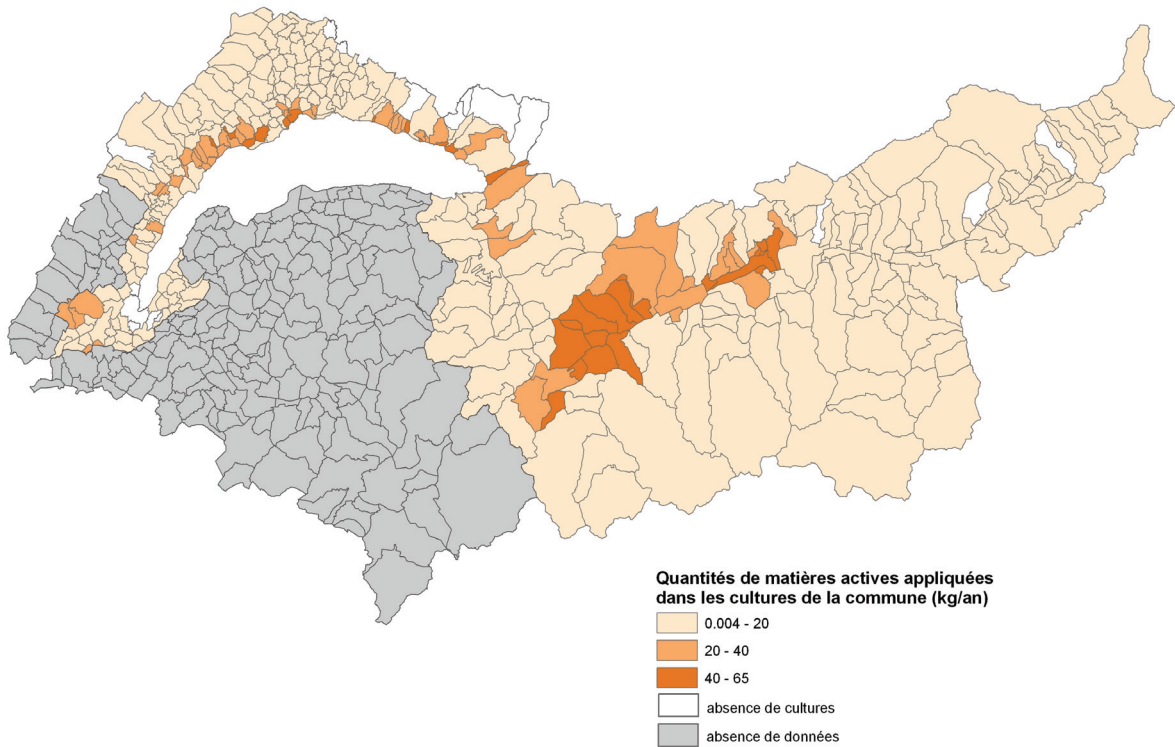


Figure 2 : Quantités totales de matières actives appliquées sur l'ensemble des cultures traitées sur la partie suisse du bassin lémanique en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$

Figure 2 : Total quantities of active substances applied to all the crops treated in the Swiss part of the catchment area of Lake Geneva in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ .



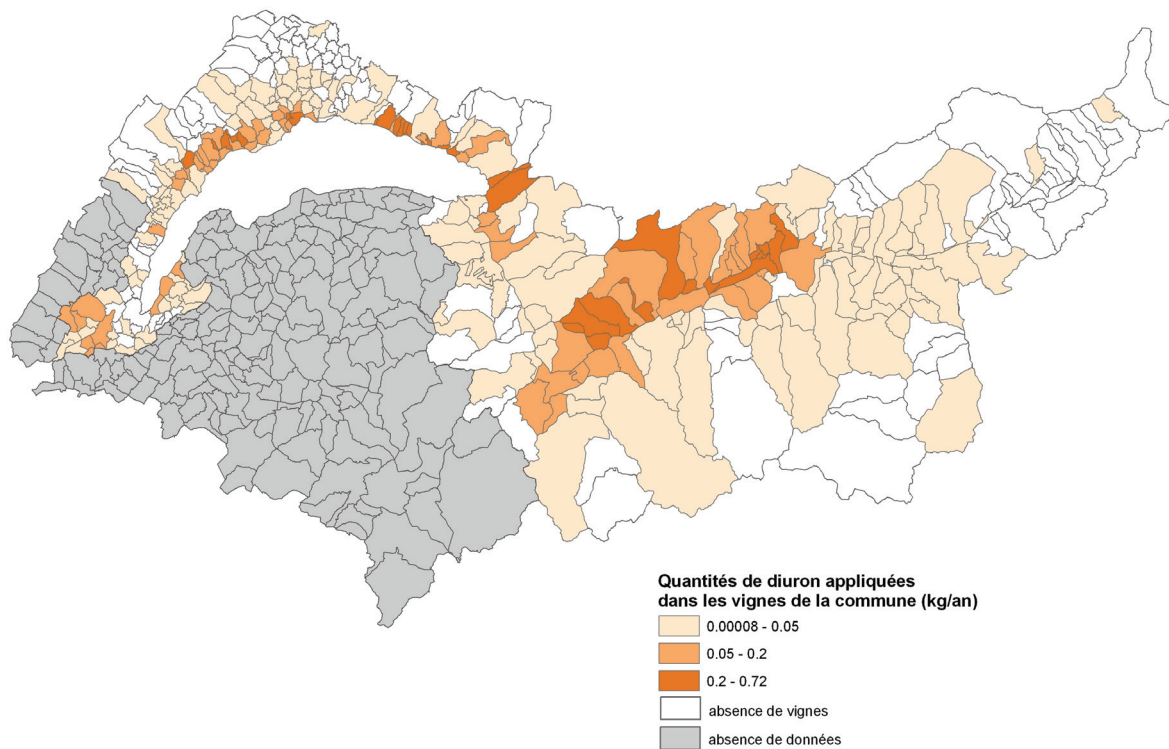


Figure 3 : Quantités de diuron appliquées pour le traitement de la vigne dans le bassin lémanique suisse en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ .

Figure 3 : Quantities of diuron applied to treat vines in the Swiss catchment area in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ .

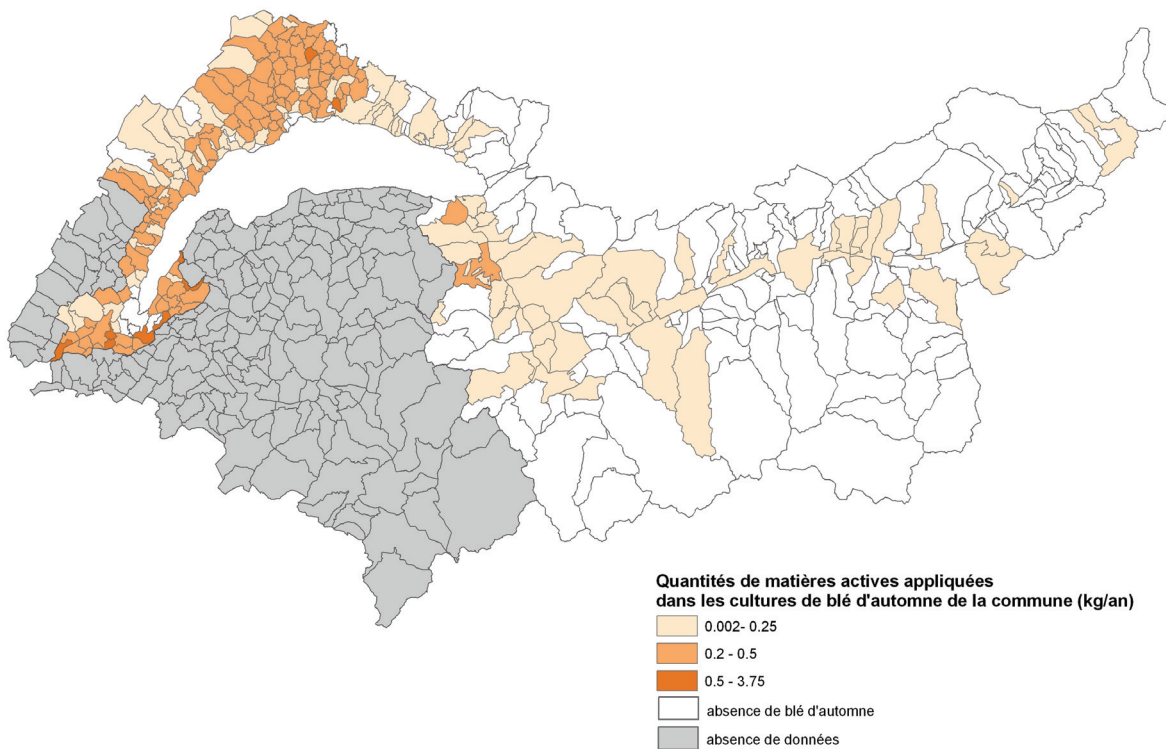


Figure 4 : Quantités de matières actives appliquées pour le traitement du blé dans le bassin lémanique suisse en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ .

Figure 4 : Quantities of active substances applied to treat wheat in Swiss catchment area in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ .

► **Exemple du blé d'automne**

Pour le traitement du blé d'automne dans le bassin lémanique suisse, 49 matières actives différentes sont utilisées, totalisant une quantité appliquée de plus de 15 tonnes par an. 15 d'entre elles représentent près de 80% des quantités totales (tableau 5) et l'isoproturon, principale matière active utilisée pour le désherbage des céréales, représente à lui seul un tiers des quantités appliquées. La figure 4 localise les cultures de blé d'automne et les quantités de matières actives appliquées. Celles-ci sont surtout situées dans la partie ouest du bassin lémanique. Les quantités de pesticides appliquées pour traiter le blé d'automne varient entre moins de 0.25 et 3.75 kg/ha de blé/an.

Tableau 5 : Utilisation des 15 matières actives les plus importantes pour le traitement du blé d'automne.

Table 5 : Amounts of the 15 main active substances used to treat winter wheat.

Nom de la Matière active (MA)	Quantités appliquées (kg/an)
Isoproturon	5'344
loxynil	841
MCP-P	742
Glyphosate	646
Trinexapac-ethyl	617
Prochloraz	518
Mecoprop	492
MCPA	443
Trifloxystrobin	427
Chlortoluron	422
Ethephon	364
Cyprodinil	326
Bifenox	288
Azoxystrobin	288
Metaldéhyde	287

#### 4.2 Intérêts de PestiBase pour le suivi du lac et des rivières

► **Actualisation des listes de substances à surveiller dans le lac et les rivières**

La PestiBase a pour principal intérêt de mettre en évidence la quasi-totalité des matières actives d'origine agricole pour avoir un suivi du lac et des rivières aussi exhaustif que possible (cf. 4.1).

Le tableau 6 ci-dessous représente les volumes des 20 principales matières actives appliqués dans les 4 cultures les plus consommatrices en pesticides (> 10'000 kg/an) : blé d'automne, fruits à pépins, fruits à noyaux et viticulture. A partir de ces informations, les laboratoires pourront actualiser et compléter leurs listes de substances à rechercher. Il s'agira de sélectionner en fonction de différents paramètres d'utilisation agricole, de comportement et d'effet (caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques), les substances qu'il conviendrait de rajouter en priorité dans le suivi analytique du lac et des rivières. A noter que le lac et les rivières ne font pas l'objet du même suivi, le Léman bénéficiant de recherches plus approfondies, ceci notamment pour son rôle de ressource en eau potable.

► **Amélioration du réseau de surveillance des rivières**

La qualité des eaux des rivières du bassin lémanique suisse est suivie par le Service des sols, eaux et assainissement du canton de Vaud, le Service de protection de l'environnement du Valais et le Domaine de l'eau du canton de Genève. Ces données sont transmises chaque année à la CIPEL qui en fait la synthèse. Elles ont notamment été utilisées dans le cadre de cette étude.

La PestiBase est couplée à un SIG, ce qui a l'avantage de pouvoir positionner les stations de mesures de la qualité des cours d'eau traversant les secteurs cultivés du bassin.

Globalement, on peut considérer qu'à l'échelle du bassin lémanique le réseau de surveillance est suffisant comme le montre la figure 5. Tous les secteurs du bassin à forte consommation en pesticides font l'objet de mesures dans les cours d'eau. Plus localement, le réseau pourrait éventuellement être complété pour essayer de mettre en évidence des relations plus fines entre l'utilisation des pesticides, certaines substances en particulier, et les concentrations mesurées dans les cours d'eau.

Tableau 6 : 20 principales matières actives utilisées dans les cultures les plus consommatrices en pesticides en kg/an.

Table 6 : 20 main active substances used for the crops that consume the most pesticides in kg/year.

	Nom (MA)	Quantités appliquées (kg/an)		Nom (MA)	Quantités appliquées (kg/an)
Blé automne	Isoproturon	5'344	Fruits noyaux	Captane	7'221
	loxynil	841		Phosalone	6'356
	MCPPP-P	742		Cyprodinil	4'434
	Glyphosate	646		Mancozeb	2'630
	Trinexapac-ethyl	617		Triflumizole	2'007
	Prochloraz	518		Glyphosate	1'691
	Mecoprop	492		Iprodione	1'137
	MCPA	443		Chlorpyriphos éthyl	1'092
	Trifloxystrobin	427		Diazinon	793
	Chlortoluron	422		Azoxystrobin	734
	Ethephon	364		Dithianon	489
	Cyprodinil	326		Pirimicarb	474
	Bifenox	288		Fenoxycarbe	320
	Azoxystrobin	288		Pyrifénox	199
	Metaldehyde	287		Téflubenzuron	193
	Pendimethalin	283		Diflubenzuron	158
	Bromoxynil	268		Chlorfenvinphos	114
	2,4-D	234		Myclobutanyl	60
	Diflufenican	224		Difenoconazol	55
	Fluroxypyr	220		Prochloraz	33
Fruits pépins	Captane	16'262	Viticulture	Kresoxim-Methyl	49'107
	Terbuthylazin	15'936		Metirame	48'271
	Glyphosate	9'196		Boscalid	38'602
	Bromopropylate	8'594		Dichlobenil	26'771
	Diuron	7'491		Oryzalin	22'226
	Oryzalin	7'162		Propineb	21'927
	Mecoprop	6'401		Sulfosat	19'762
	Glufosinat	6'189		Mancozeb	16'144
	Folpet	5'998		Dichlofluanid	12'738
	Amitraz	5'675		Glyphosate	12'463
	Phosalone	5'530		Pyrimethanil	11'392
	Chlorpyriphos méthyl	5'488		Folpet	11'368
	Carbendazim	4'820		Fesetyl-Aluminium	11'332
	Linuron	4'730		Tolyffluanide	10'981
	Chlorpyriphos éthyl	4'337		Indoxacarbe	8'999
	Chlorfenvinphos	4'303		Chlorothalonil	8'122
	Oxyfluorène	3'997		Flusilazole	6'458
	Simazine	3'810		Fénhexamide	5'907
	Dithianon	3'673		Acephate	5'225
	Diazinon	2'948		Simazine	4'534

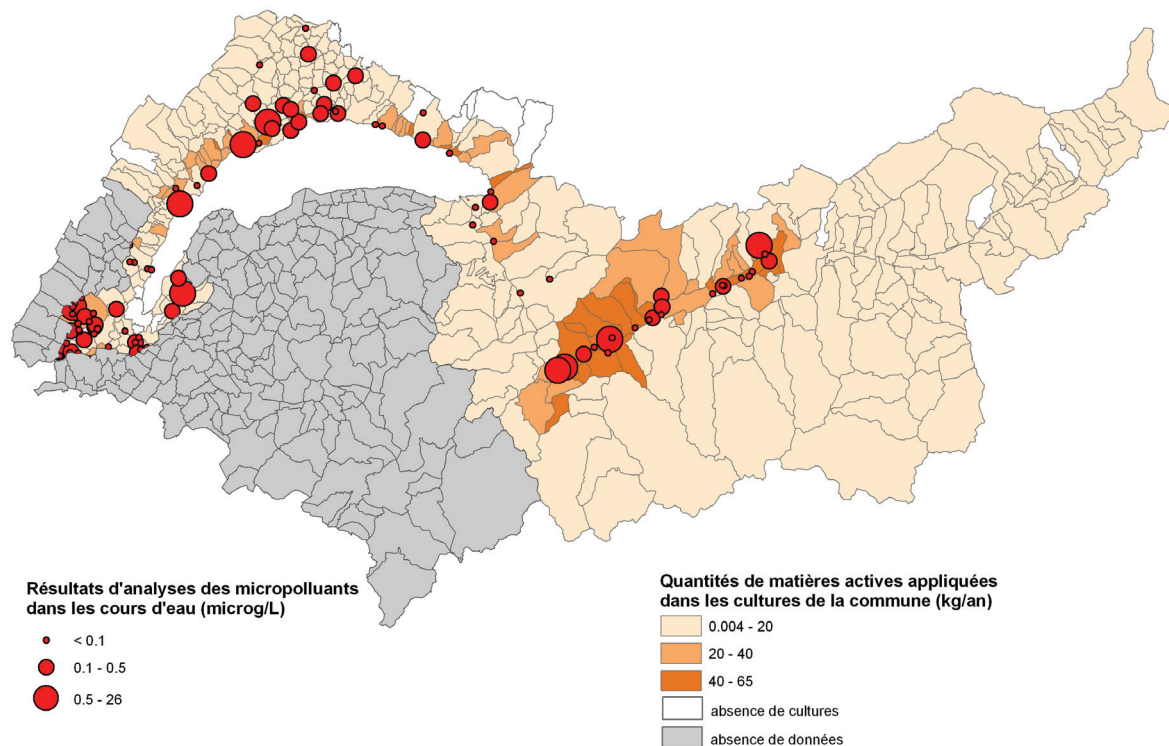


Figure 5 : Réseau de surveillance de la qualité des eaux des rivières du bassin lémanique pour le suivi des micropolluants.

Figure 5 : Water quality monitoring network for rivers in the catchment area of Lake Geneva - micropollutant monitoring.

► **Amélioration des périodes de suivi**

La PestiBase contient des informations sur les dates de traitements des différentes cultures du bassin lémanique. Ceci permet d'inclure une donnée de saisonnalité qui peut être importante pour le choix de la période de prélèvements pour les suivis analytiques des rivières.

► **Priorisation des mesures d'assainissement**

La PestiBase permet d'identifier dans certains cas la nature des pollutions.

Certaines matières actives détectées dans le lac et le Rhône amont à la Porte du Scex sont propres aux activités industrielles du Valais, car elles n'ont pas été identifiées comme des substances utilisées de manière importante en agriculture. La PestiBase renforce donc les constats analytiques qui ont été faits dans le Léman et le Rhône à la Porte du Scex. Ceux-ci ont été identifiés dans des rapports antérieurs et ne sont donc pas détaillés dans le présent rapport.

A noter que chaque substance détectée dans le Rhône amont a une origine industrielle ou/et agricole, ou/et urbaine, mais il est souvent difficile de connaître la part de chacune d'entre elles.

Le tableau 7 présente dans leur ordre pondéral d'importance d'utilisation, les pesticides les plus utilisés sur le bassin du Rhône et à titre indicatif leurs quantités respectives épandues chaque année.

Malgré le recours à l'utilisation de certains pesticides dans différents domaines d'activités, il est très important d'identifier au mieux l'origine des substances présentes dans les milieux aquatiques afin de cibler judicieusement les actions d'assainissement à mener.

En revanche, il est dangereux de comparer des quantités de matières actives utilisées en agriculture avec des flux mesurés dans les milieux aquatiques. En effet, certaines substances d'origine industrielle sont rejetées dans le milieu naturel directement après la STEP (quantité mesurée dans le milieu aquatique = quantité rejetée par l'industrie après la STEP), alors que ces mêmes substances utilisées en agriculture vont subir un abattement entre les quantités appliquées et mesurées dans le milieu naturel, variable selon les propriétés physico-chimiques (solubilité, stabilité, etc) de la substance et les conditions du milieu (type de culture, type de sol, relief du terrain, météo, etc). En clair, la quantité mesurée dans le milieu aquatique ne représente généralement qu'un faible pourcentage des quantités appliquées.

Les analyses réalisées en 2006 dans le Rhône à la Porte du Scex ont permis de mesurer des flux de pollution pour différentes matières actives et ont mis en évidence des substances qui ne sont pas d'origine agricole. Le tableau 8 présente, dans leur ordre pondéral d'importance, les pesticides mesurés dans les eaux du Rhône à la Porte du Scex et les flux calculés pour l'année 2006.

Il est toutefois extrêmement dangereux de comparer ces flux avec les quantités appliquées en agriculture, pour les raisons évoquées ci-dessus. Pour l'instant, on peut constater d'après les deux tableaux 7 et 8 ci-dessous, que pour un grand nombre de substances, un lien existe entre les pratiques agricoles et leur présence dans l'eau. A l'inverse, certaines substances paraissent peu utilisées par l'agriculture, mais montrent cependant une présence marquée dans l'eau. Pour ces dernières, d'autres sources de pollution sont donc à rechercher prioritairement. Par ailleurs, parmi les flux les plus élevés dans le Rhône, l'origine de certaines substances a clairement été identifiée comme étant de la pollution industrielle (BERNARD *et al.*, 2007).

Une meilleure connaissance pour chaque substance, des différentes sources potentielles d'émission dans les milieux aquatiques, permettrait de mieux identifier dans quels cas l'agriculture doit intervenir pour limiter les pertes de substances vers le milieu naturel. Il serait donc nécessaire de mieux connaître les mécanismes de transfert des pesticides pour pouvoir comparer la part de pollution d'origine industrielle, agricole et urbaine.

Tableau 7 : Quantités de matières actives épandues dans le BV Rhône amont en kg/an.

Table 7 : Quantities of active substances discharged into the BV of the upstream Rhône.

	Quantité épandue par an (base de données 2000-2004) BV Rhône Porte du Scex (kg/an)
Boscalid	18'855
Terbuthylazine	12'630
Cyprodinil	9'058
Fenhexamide	7'635
Diuron	7'616
Simazin	6'225
Mecoprop	3'796
Linuron	3'652
Carbendazim	2'979
Azoxystrobin	2'769
Fludioxonil	2'532
Fenpropidin	2'080
Diméthomorph	1'325
Atrazine	1'218
Tebuconazole	1'061
Pyrifenox	923
Foramsulfuron	nouvelle substance - max 760
Metalaxyl	570
Isoproturon	492
Difenoconazol	396
Penconazole	379
Dimethachlor	nouvelle substance - max 300
Metolachlor	228
Dinoseb	212
Chlorotoluron	206
Propamocarb	80.4
Chloridazon	55.3
Tebutam	27.6
Fluroxypyr	20.5
Cyproconazole	13.2
Propiconazole	7.9
Oxadixyl	5.8
Amidosulfuron	1.7
Metsulfuron-methyl	0.8
Pymetrozine	0.6

Tableau 8 : Flux mesurés dans le Rhône à la Porte du Scex en kg/an.

Table 8 : Flows measured in the River Rhône at the Porte du Scex in kg/year.

	Flux Rhône Porte du Scex - 2006 kg/an		Flux Rhône Porte du Scex - 2006 kg/an
Pymetrozine	488	Fenhexamide	8.3
Carbamazepine	486	Fenarimol	8.0
Amidosulfuron	289	Terbuthylazine-2-hydroxy	7.4
Mepivacaïne	223	Carbendazim	7.0
Bupivacaïne	153	Atrazine-2-hydroxy	6.6
Metalaxyl	140	Difenoconazol	6.6
Ethoxysulfuron	98.6	Pyrifenox	6.4
Metolachlor	79.0	Tebuconazole	6.3
Dimethachlor	75.8	Cyprodinil	5.9
Iodosulfuron-methyl	65.4	Oxadixyl	5.7
Chloridazon	60.0	Mecoprop	5.6
Diuron	59.4	Fenuron	4.3
Simazin	34.2	Metsulfuron-methyl	3.9
Cyproconazole	32.3	Dimethoate	3.6
Propiconazole	31.4	Diméthomorph	3.6
Foramsulfuron	27.6	Simazine-2-hydroxy	2.7
Linuron	24.2	Penconazole	2.5
Terbuthylazine-desethyl	20.4	Boscalid	2.5
Terbuthylazine	17.2	Tebutam	2.4
Atrazine	15.4	Dinoseb	2.3
Chlorotoluron	13.6	Isoproturon	2.0
Atrazine-desethyl	12.3	Prilocaine	1.9
Fluroxypyr	12.1	Metoxuron	1.8
Atrazine-desisopropyl	10.2	Propamocarb	1.6
Dinoterb	9.6	Difenoxyuron	1.5
Azoxystrobin	9.4	Thiabendazole	1.1
Fludioxonil	8.8	Fenpropidin	1.1

Globalement, la PestiBase permettrait d'améliorer le suivi et la connaissance des pesticides dans le bassin lémanique en :

- identifiant et localisant les secteurs du bassin susceptibles d'engendrer des pollutions diffuses d'origine agricole;
- complétant les listes de substances à surveiller et en ciblant celles qui peuvent être problématiques pour l'environnement;
- en choisissant les meilleures périodes de l'année pour les suivis analytiques des rivières.

## 5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les quantités de pesticides utilisées en agriculture révèlent de grandes différences selon les cultures et les régions du bassin lémanique.

Les résultats de ce travail ont permis de localiser les secteurs prioritaires du bassin lémanique par rapport à l'utilisation de pesticides et qui devront être étudiés localement plus en détails afin d'envisager des solutions d'assainissement.

De plus, ils ont permis de proposer des substances qu'il conviendrait de rechercher dans le lac et les rivières du bassin.

Enfin, ils montrent toute l'importance de la lutte pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires et soulignent la nécessité de poursuivre les efforts engagés par les agriculteurs et les services de protection de l'environnement. Une meilleure connaissance des sources non agricoles de substances est toutefois nécessaire pour rendre plus crédibles les efforts demandés aux agriculteurs.

En terme de perspectives, il s'agira de mettre en évidence des relations entre les quantités de substances actives retrouvées dans les eaux et celles qui sont appliquées sur les bassins versants et d'identifier quels sont les paramètres liés aux cultures et à la nature des substances qui sont susceptibles de favoriser les apports au milieu naturel. Ceci permettra, en fonction des quantités retrouvées dans les cours d'eau, de cibler les substances et les cultures à risques en fonction des quantités utilisées et des caractéristiques des différentes zones du bassin versant (pente, relief, érosion des sols, ruissellement, ...). Une première étude a été entreprise dans ce sens. Il s'agit d'une modélisation des risques d'exposition des eaux de surface aux pesticides agricoles à l'aide d'un logiciel développé par l'OCDE (guide d'utilisation : GUTSCHE et CARLEY, 2006). Dans ce travail, l'indicateur REXTOX (Ratio of Exposure to Toxicity) a été retenu. Les premiers résultats montrent l'intérêt de ce type de modèle comme outil d'aide à la décision.

## BIBLIOGRAPHIE

BERNARD, M., ARNOLD, C., EDDER, P., ORTELLI, D. (2007) : Micropolluants dans les eaux du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 163-172.

CHÈVRE, N. (2007) : Estimation de l'écotoxicité des substances retrouvées dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 173-186.

EDDER, P., ORTELLI, D., RAMSEIER, S. (2006) : Métaux et micropolluants organiques. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2005, 65-87.

GUTSCHE, V., CARLEY, J., (2006) : OECD Aquatic Risk Indicators Computer System : User Guide. 1-28.

MANCO, F. (2007) : Pour le bassin lémanique, inventaire des pesticides utilisés dans l'agriculture et relations avec les eaux du lac et des rivières. Rapport de stage, Université de Genève, 66 p.

CONSEIL SCIENTIFIQUE

DE LA COMMISSION INTERNATIONALE  
POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN  
CONTRE LA POLLUTION

# RAPPORTS

SUR LES ÉTUDES  
ET RECHERCHES ENTREPRISES  
DANS LE BASSIN LÉMANIQUE

PROGRAMME QUINQUENNAL 2006-2010  
**CAMPAGNE 2006**

*Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut.,  
Campagne 2006, 2007*



**Editeur :**

Commission internationale pour la protection  
des eaux du Léman contre la pollution

ACW - Changins - Bâtiment DC  
50, route de Duillier  
Case postale 1080  
CH - 1260 NYON 1

Tél. : CH - 022 / 363 46 69  
FR - 00 41 22 / 363 46 69

Fax : CH - 022 / 363 46 70  
FR - 00 41 22 / 363 46 70

E-mail : [cipel@cipel.org](mailto:cipel@cipel.org)

Site web : <http://www.cipel.org>

La reproduction partielle de rapports et d'illustrations publiés dans les  
*"Rapports de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution"*  
est autorisée à la condition d'en mentionner la source.  
La reproduction intégrale de rapports doit faire l'objet d'un accord avec l'éditeur.