

Déterminisme de l'impact des pesticides en cours d'eau : influence de la dynamique de l'exposition sur les effets biologiques

Gouy V.¹, Bérard A.¹, Bouchez A.², Carlier N.¹, Charles S.³, Chaumot A.¹, Coquery M.¹, Garric J.¹, Geffard O.¹, Gos P.¹, Lopes C.³, Margoum C.¹, Montuelle B.¹, Rabiet M.¹ et Tlili A.¹

^{1/} Cemagref de Lyon : UR Milieux Aquatiques Ecologie et Pollutions, ^{2/} INRA de Thonon : UMR CARTEL, ^{3/} Université Claude Bernard de Lyon : UMR CNRS 5558

Introduction

La contamination des eaux par les pesticides est régie par des processus complexes qui dépendent à la fois des pratiques agricoles (nature des substances, dose, mode et date d'application), des caractéristiques du milieu physique (sol, sous-sol, occupation du sol, relief) et du climat (intensité et fréquence des pluies notamment). De ce fait, on ne connaît encore de façon très fragmentaire le risque que représente cette contamination pour la santé humaine et pour les biocénoses aquatiques. On a souhaité dans cette étude mieux cerner l'influence :

- de la dynamique temporelle d'exposition observée au sein des petits cours d'eau agricoles, et caractérisée par des alternances de niveaux chroniques et de pics de concentration de courte durée lors des crues,
- de la présence d'une grande variété de substances actives transférées conjointement.

Pour cela, on s'est appuyé sur un petit bassin versant viticole du Beaujolais, marqué par une contamination notable par les pesticides et une dégradation des biocénoses aquatiques importante : la Morcille, (Rhône), site atelier de la ZABR.

Axes d'étude

Axe 1 : Etude fine des chroniques de concentrations de pesticides hors crue et en crue dans la Morcille (BV amont de 3.5 km²) afin de mieux cerner la dynamique des pesticides (intensité, durée et fréquence des concentrations) et la nature des mélanges de substances actives présentes au cours d'une saison culturale.

Axe 2 : Etude en conditions contrôlées de l'effet de différents scénarios d'exposition combinant des niveaux de concentration chronique et/ou des pulses de concentration courts sur :

- des biofilms photosynthétiques, très fréquents dans les petits cours d'eau et acteurs importants de leur capacité auto-épurative,
- un Crustacé, le gammaré, également très fréquent en cours d'eau.

Cet axe permet notamment de compléter les connaissances sur l'impact létal et sub-létal des pesticides sur les organismes aquatiques. Pour les biofilms, on a aussi tenté de mieux cerner la capacité d'adaptation des organismes (tolérance, acquisition de résistance).

Dynamique des pesticides au sein d'un petit cours d'eau

Une stratégie d'échantillonnage différencié (prélèvements ponctuels hebdomadaires, prélèvements automatiques fractionnés en crue et asservis au volume passé) a permis de mettre en évidence

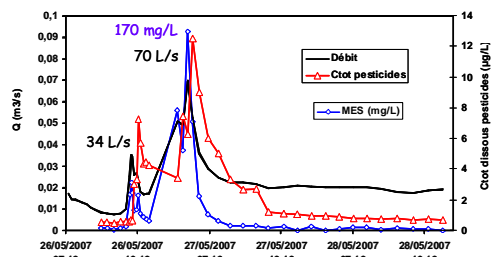


Fig 1 : Dynamique des concentrations de pesticides en crue dans la Morcille.



Photo Cemagref

la grande variabilité temporelle des chroniques de concentration. Les crues durent en général moins de 3 heures et sont marquées par une augmentation très rapide des concentrations de pesticides (fig. 1). Parmi les 11 substances recherchées, 7 ont été quantifiées (fig. 2) dont certaines dépassent les 10 µg/L en crue.

Le diuron est largement le plus retrouvé tout au long de l'année. Les fongicides sont plus observés en été. La DCA (métabolite du diuron) et les insecticides (flufenoxuron et chlorpyrifos éthyl) sont beaucoup moins détectés.

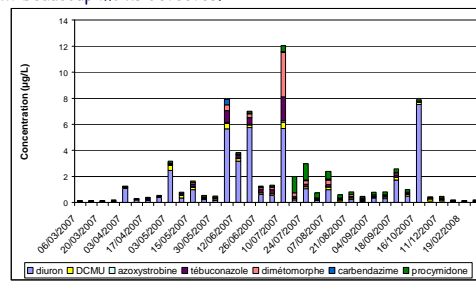
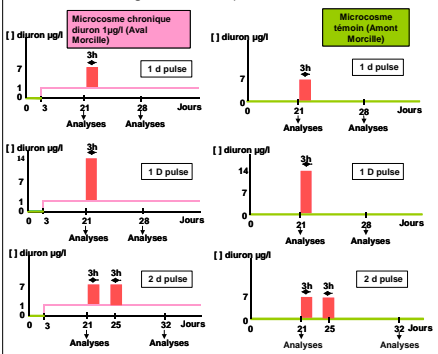


Fig 2 : Variabilité temporelle des substances actives retrouvées dans la Morcille sur les 11 substances recherchées

Impact sur les biofilms

Fig 3 : Démarche expérimentale



Des biofilms initialement indemnes de pesticides ont été soumis, en microcosmes et nanocosmes, à une exposition chronique au diuron et/ou à un, ou deux, pulses de 3 h contenant, au niveau bas : du diuron (7 µg/L), du diméthomorphe, (2.8 µg/L), de l'azoxystrobin (0.4 µg/L) et du tébuconazole (2.1 µg/L). L'effet d'un pic de niveau haut où ces concentrations sont doublées a également été testé (fig. 3). On montre ainsi que des pics de quelques heures suffisent à provoquer un effet sur la structure et la biomasse à long terme.

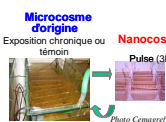


Photo Cemagref

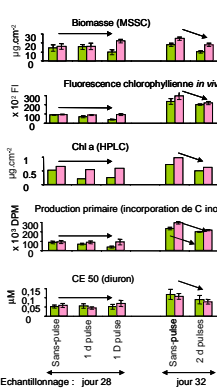


Fig 4 : Impact de pics de diuron de 3h sur le biofilm initialement exposé ou non chroniquement en microcosme.

De plus, la succession de deux pics paraît plus préjudiciable que l'exposition à un seul pic de double intensité. On met également en évidence l'effet d'une exposition chronique à faible concentration et une possible adaptation : ainsi, un biofilm initialement soumis à une contamination chronique est moins sensible à l'occurrence ultérieure d'un pic de pesticide. En présence d'un écoulement en canal, l'effet de l'exposition chronique est négligeable et on met plutôt en exergue l'importance de la succession des pics de contaminants sur l'activité photosynthétique et sur l'acquisition de tolérance. Toutefois l'exposition chronique contribue à l'augmentation de l'acquisition de tolérance.

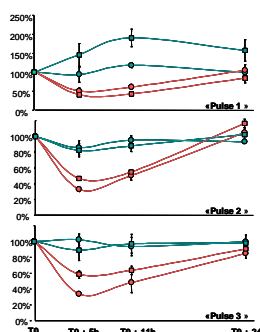


Fig 5 : Evolution de l'activité photosynthétique de biofilms en canaux.

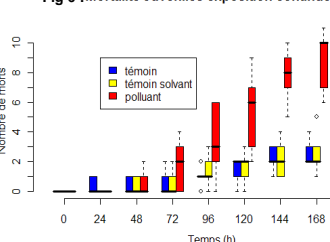
Impact sur les gammarés

Des gammarés initialement indemnes de pesticides ont été soumis à un pulse de 3 h contenant les mêmes pesticides que testés ci-dessus aux concentrations maximales et additionnés de deux insecticides : flufenoxuron (0.3 µg/L) et chlorpyrifos éthyl (0.03 µg/L). Les mesures d'effet ont été réalisées sur deux semaines. Ce scénario n'induit pas d'effet significatif sur la survie, la croissance ni l'alimentation des gammarés (fig. 6). De fait, il faut imposer une exposition de 4 jours (juvéniles) à 6 jours (adultes) avec ce mélange (totale = 24.93 µg/L) pour obtenir un effet significatif sur la survie.



Photo Cemagref

Fig 6 : Mortalité Juvéniles exposition continue



Le modèle mécaniste DEBtox a permis d'estimer la valeur de NEC pour le mélange testé (fig. 7) et permet d'envisager d'extrapoler les effets pour d'autres scénarios d'exposition (via la connaissance des paramètres toxicocinétiques et toxicodynamiques). Il semble donc que les marqueurs suivis au laboratoire (survie, croissance et alimentation) ne sont pas appropriés pour expliquer les baisses de densité observées in situ. Dans ce sens, la réflexion porte maintenant sur le suivi de marqueurs d'effets sublétaux (dérive comportementale, perturbations de la reproduction, ...) qui pourraient être induits par une succession de pics de contamination.

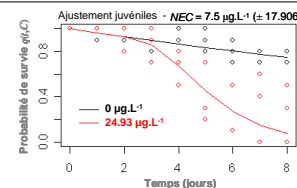


Fig 7 : Courbes de survie modélisées avec DEBtox en supposant un effet additif des substances du mélange.

Conclusions

Ces travaux mettent en avant l'importance tant des conditions d'exposition (en intensité, durée et fréquence des concentrations) que du choix des organismes et des descripteurs biologiques dans l'étude des effets liés aux pesticides. En particulier, les tests standards réalisés au laboratoire avec une seule substance, sur des durées d'exposition supérieures à 24h, s'ils permettent de hiérarchiser les substances selon leur toxicité, ne renseignent que faiblement sur les effets attendus au sein des cours d'eau marqués par des dynamiques d'exposition très variables dans le temps et caractérisées par des mélanges de substances à faibles concentrations. Dans ces conditions, il apparaît indispensable d'avoir recours à des observations d'effet sub-létaux et à long terme sur les individus et les communautés ainsi qu'à la modélisation des effets sous différents scénarios d'exposition. Cela implique également de diagnostiquer et caractériser les effets combinés des autres facteurs pouvant exercer un impact ou au contraire l'atténuer (autres polluants, facteurs physiques comme que la vitesse du courant, les matières en suspension, les zones refuges pour les organismes), de développer des indicateurs plus sélectifs des modes d'action des pesticides (par ex : biomarqueurs biochimiques, modification des traits d'histoire de vie, diversité micro-algale), et enfin, d'évaluer les impacts indirects des pesticides via les réseaux trophiques.