

## **Imprégnation des écosystèmes aquatiques en Franche-Comté par les pesticides néonicotinoïdes. Etat des lieux et conséquences.**

Gilles Sené, écologue, professeur agrégé

Les néonicotinoïdes constituent une famille de molécules insecticides, neurotoxiques, utilisés depuis les années 90 sur des cultures diverses : fruits de toutes sortes, vignes, entre autres. Ce sont des insecticides systémiques, c'est-à-dire qu'ils peuvent se retrouver dans toute la plante (à partir de la graine enrobée entre autres) et agir sur les insectes ravageurs. Ils ont fait suite à l'usage de la nicotine dans les années 60 sur les cultures et vergers.

Puissants, peu biodégradables, rémanents durables dans les sols, ils font régulièrement parler d'eux comme destructeurs des abeilles et des ruches et sont donc mis en cause dans la réduction de la pollinisation des plantes à fleurs. Ils représentent un tiers des insecticides vendus dans le monde, l'imidaclopride étant le plus vendu en France et ailleurs.

En l'état de nos connaissances, une quinzaine de ces molécules ont été synthétisées : 7 ont concerné la France et l'Europe avec diverses préparations, 5 ont été interdites au 1<sup>er</sup> septembre 2018 (avec dérogations jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2020 pour l'acétamipride) et 2 sont encore aujourd'hui en discussion devant la justice. Les autres sont utilisées sous d'autres cieux (USA, Chine).

### **Présentation des néonicotinoïdes et de leurs effets.**

Les néonicotinoïdes, mot à mot, nouvelles molécules ressemblant à la nicotine, ont en commun avec la nicotine de prendre la place de l'acétylcholine, un neurotransmetteur (messager chimique des neurones) sur des récepteurs membranaires au niveau de certaines synapses, le lieu de communication chimique entre deux neurones. Nicotine et néonicotinoïdes sont dits agonistes de l'acétylcholine et ils perturbent à ce titre les communications entre neurones dont le message est l'acétylcholine. Ces neurones à synapses à acétylcholine se trouvent chez les insectes dans leur système nerveux central tandis que chez les vertébrés, ce type de neurones se retrouve dans le contrôle de l'activité musculaire, mais aussi dans d'autres fonctions : celles du système nerveux périphérique végétatif ou du système nerveux central associé à la mémorisation par exemple.

Ce sont donc des molécules hautement toxiques sur les insectes chez qui ils provoquent des dysfonctionnements graves, allant jusqu'à la mort pour différentes raisons (effets des doses létales, dépérissement ou animaux incapables de se retrouver, etc.). Mais on peut imaginer des effets débordant largement ces seuls animaux (oiseaux granivores consommant des semences enrobées) et c'est ainsi qu'on peut aussi les retrouver mis en cause dans différentes pathologies humaines.

### **Imprégnation des écosystèmes aquatiques en Franche-Comté par les insecticides néonicotinoïdes.**

Toujours en nous appuyant sur la base des données publiques de l'agence de l'Eau, nous avons exploité des analyses de différents compartiments des écosystèmes aquatiques ([www.naiades.eaufrance.fr/](http://www.naiades.eaufrance.fr/)) :

- l'eau libre (cours d'eau et lacs),
- les sédiments des mêmes cours d'eau et lacs,

Nous n'avons pas retrouvé de néonicotinoïdes chez les espèces des cours d'eau pouvant être analysées par l'Agence de l'eau, gammares, poissons ou bryophytes. Nous pouvons estimer qu'ils n'y ont pas été recherchés.

C'est donc dans les deux seuls compartiments (eaux libres et sédiments) des écosystèmes aquatiques que nous avons étudié les présences et concentrations des néonicotinoïdes.

Ce travail a été réalisé sur les départements du Doubs, du Jura et de la Haute-Saône sur les années 2016 à début 2019.

## **Présence et concentrations des néonicotinoïdes dans les eaux libres (cours d'eau et lacs).**

Dans les 3 départements étudiés (Doubs, Haute-Saône et Jura) (Cf. *tableau ci-dessous*), nous avons exploité 1 896 analyses sur 136 stations, réparties entre les années 2016 et début 2019. Plus de 650 pesticides ou dérivés de pesticides y sont recherchés. Sont recherchés 5 néonicotinoïdes parmi les 7 ayant été ou étant encore autorisés en France.

### **Premier constat, aucun cours d'eau ou lac, quelque soit la station et la date n'échappe à la présence d'au moins un néonicotinoïde.**

De fait, une de ces molécules, l'imidaclopride, est présente systématiquement dans tous les cours d'eau analysés et dans toutes les analyses. Trois autres sont très fortement présents (entre 89 et 100 % des analyses). La clothianidine est le néonicotinoïde le moins présent (entre 31 et 39 % des analyses).

Suivant les départements, apparaissent des disparités :

- dans le Doubs, à part la clothianidine (31 % des cas), 3 autres néonicotinoïdes sont systématiquement présents dans les cours d'eau-lacs et stations (acétamipride, imidaclopride et thiamétoxame) ou très présents comme le thiaclopride (89 % des cas).
- dans le Jura, à part la clothianidine (39 % des cas), les 4 autres néonicotinoïdes sont présents dans 94 à 100% des cours d'eau-lacs.
- la Haute-Saône est la plus atteinte avec, suivant les néonicotinoïdes, une présence systématique dans les cours d'eau et stations pour 4 des 5 molécules recherchées ; seule la clothianidine est moins signalée avec une présence dans 38 % des analyses.

Par contre, les effets de leur interdiction depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2018 ne peuvent pas être observés, les dernières analyses prises en compte étant datées de janvier 2019.

### **Première conclusion, les 5 néonicotinoïdes recherchés participent pleinement au smog, au bruit de fond de la pollution par pesticides des écosystèmes aquatiques, alors qu'ils ne sont utilisés que depuis les années 90.**

**Nous pouvons élargir très probablement cette première conclusion à l'ensemble des 7 molécules utilisées en France et peut-être au-delà.**

On s'intéresse ensuite aux molécules en concentrations quantifiées. Rappelons que les concentrations quantifiées correspondent à des usages relativement proches, en amont du point de prélèvement et proches dans la durée de la date du prélèvement. Elles représentent 38 analyses, pour les 3 départements (soit 2 %) et 2 molécules :

l'imidaclopride (35 occurrences quantifiées) et l'acétamipride (3 occurrences quantifiées). La concentration pour l'imidaclopride peut aller jusqu'à plus de 7 fois la LOQ (Limite de quantification). Et pour l'acétamipride, jusqu'à 25 fois (LOQ différentes).

Ces occurrences quantifiées présentent une disparité géographique : moins de 1 % dans le Doubs, 2 % dans le Jura et plus de 3 % en Haute-Saône. Ce département correspond à des usages les plus nombreux (25 occurrences quantifiées sur 38).

Géographiquement, d'autres disparités apparaissent :

- en Haute-Saône, un seul néonicotinoïde, l'imidaclopride, est quantifié, sur l'ouest et le nord-ouest du département, quelque soit la taille du cours d'eau : on peut logiquement l'associer aux grandes cultures intensives (céréales, oléoprotéagineux, etc.) ainsi qu'à son utilisation très marquée jusque dans les années récentes.

- dans le Jura, un seul néonicotinoïde, l'imidaclopride, est quantifié : seuls les petits cours d'eau sont concernés. L'utilisation semble s'orienter sur des petits cours d'eau drainant soit le Revermont – et on pense à un usage sur les vignes (cours d'eau concernés : le Solvan, la Vallière, la Grozonne ou le ruisseau de la Madeleine), tandis que d'autres drainent les plaines avec de grandes cultures intensives (l'Orain ou le Gravellon).

- dans le département du Doubs, ce sont aussi de petits cours d'eau qui sont concernés, en zone AOC Comté (la Tanche et le ruisseau de Pont de Fleurey) ou des zones de polycultures plus ou moins intensives. En zone AOC, c'est l'acétamipride qui est quantifié, tandis que dans les autres cours d'eau, c'est l'imidaclopride. Cette différenciation n'est pas expliquée à ce stade : traitements particuliers de cultures d'altitude (trèfle, crucifères oléagineuses, etc., en foresterie ou préparations vétérinaires ?).

Remarquons toutefois que, si ce ne sont que de petits cours d'eau de faibles débits qui présentent de l'acétamipride en concentrations quantifiées, cela nous permet de dire que les présences non quantifiées, systématiques sur toutes les analyses, de l'acétamipride peuvent avoir une origine proche du lieu de prélèvement pour les cours d'eau à plus fort débit (avec un effet de dilution).

**Seconde conclusion, l'imidaclopride mesuré en concentrations quantifiées caractérise des cultures de céréales ou autres, en polyculture intensive ou le vignoble, tandis que l'acétamipride n'a été retrouvé quantifié que quelques fois en zone AOC Comté. Les présences quantifiées de l'acétamipride restent à approfondir.**

**Dans tous les cas, à des degrés différents (la Haute-Saône plus que les deux autres départements), la présence quantifiée de ces 2 molécules caractérise des zones de production agricole intensive.**

### **Présence et concentrations des néonicotinoïdes dans les sédiments (cours d'eau et lacs).**

Nous disposons de 31 d'analyses réparties sur 16 cours d'eau de taille et débits très variables drainant la zone AOC Comté (sans le Doubs) : des ruisseaux et des rivières, le Dessoubre, le Dugeon, le Lison, le Cusancin ou la Loue (jusqu'à Chenecey-Buillon. Analyses réparties sur les années 2016 et 2017, en septembre.

Un seul néonicotinoïde est présent, systématiquement, dans les 31 analyses de sédiments : l'imidaclopride, en concentration détectée, soit 50 µg/(kg MS). Nous estimons qu'il doit être le seul recherché dans les sédiments, puisque la présence de l'acétamipride dans l'eau en concentration quantifiée sur les mêmes années (et même date pour la Tanche) dans les mêmes ruisseaux (la Tanche et le ruisseau de Pont de Fleurey) et, dans l'ensemble des analyses du Doubs, sa présence en concentration détectée est avérée.

**Malgré la limitation de ces données, l'imprégnation des sédiments par les néonicotinoïdes est très probable, au-delà du seul imidaclopride, présent systématiquement dans les analyses.**

### **Conclusions.**

Au travers de cette étude, il apparaît que les néonicotinoïdes sont des insecticides fréquemment à systématiquement présents dans les eaux libres et les sédiments des cours d'eau en Franche-Comté, du moins pour les 5 molécules recherchées.

Leurs occurrences régulières et parfois suffisamment concentrées pour être quantifiées dans les eaux libres en font des polluants inquiétants : ils sont mis en cause dans la disparition des abeilles domestiques et des ruches, mais dans le domaine aquatique, leurs effets doivent largement se faire sentir dans la régression massive des insectes aquatiques (nombre divisé par 1 000 en trois décennies, entre les années 1980 et 2010). Ce qui permet de comprendre la fragilisation de l'ensemble des écosystèmes aquatiques de la Franche-Comté.

Leur participation au smog de pesticides auquel est actuellement confronté l'ensemble du vivant est confirmée dans la présente étude, alors que ces molécules ne sont apparues que

dans les années 90. Avec un « succès » particulier pour l'imidaclopride qui, étant le plus vendu, est effectivement celui qui affecte le plus les cours d'eau étudiés, tant les eaux libres que les sédiments.

Enfin, du fait de la grande rémanence des néonicotinoïdes, leurs effets ou celui de leurs métabolites, dont la toxicité n'est pas forcément moindre, risquent d'impacter le vivant pour des décennies encore.

### **Quelques données toxicologiques sur l'imidaclopride et les néonicotinoïdes.**

En matière de toxicité aiguë des néonicotinoïdes, neurotoxiques, les symptômes chez les invertébrés qui y sont sensibles sont logiquement des atteintes du système nerveux telles que l'hyperréactivité et une hyperactivité, des tremblements, puis une hyporéactivité et une hypoactivité, puis la mort.

Chez l'abeille, concernant l'imidaclopride, la dose létale médiane détruisant la moitié d'une population (DL50) par voie orale est de 0,0038 µg/abeille et la DL50 par contact de 0,043 µg/abeille. Notons qu'un effet attractif de certains nicotinoïdes (le thiamétoxame, par exemple) en renforce les effets sur les insectes butineurs.

La toxicité chronique de l'imidaclopride additionnée de ses métabolites est élevée : des abeilles nourries avec une solution sucrée contenant 0,1 µg/L, 1 µg/L, et 10 µg/L d'imidaclopride et de ses métabolites durant 10 jours voient 50 % de leurs populations mourir après 8 jours environ (dose consommée : 12 µL/jour/abeille, soit une dose cumulée en 8 jours d'environ 0,01, 0,1, et 1 ng par abeille (soit 0,1, 1, et 10 µg/kg).

La solubilité de la substance est faible, soit 610 mg/L ; mais par exemple, le Gaucho 600 FS (Bayer) est concentré à cette valeur (600 mg /L). Les doses actives sont donc d'une autre grandeur que les doses expérimentales évoquées ci-dessus ! On comprend qu'avec de telles solutions saturées, on puisse faire beaucoup de doses mortelles d'insecticide.

Au-delà des seuls insectes, et concernant l'imidaclopride, le néonicotinoïde le plus présent dans les écosystèmes aquatiques étudiés, sur le plan de la toxicité aiguë, les concentrations létales détruisant la moitié d'une population (CL50) dont l'ordre de grandeur est indiqué ci-après, sont observées :

- CL50 (96 h) sur poissons (Truite arc-en-ciel : > 83 mg/L.
- CL50 (48 h) sur invertébrés aquatiques (*Daphnia magna*) : 10,44 mg/L.
- CL50 (96 h) sur algues (*Scenedesmus subspicatus*) : > 10 mg/L.

### **Bibliographie succincte**

- Différentes fiches trouvées sur les sites de l'Inéris (<https://substances.ineris.fr/>), de l'Anses (<https://ephy.anses.fr/>) et le site canadien (<https://www.sagepesticides.qc.ca/>), relatives à différents néonicotinoïdes.
- Hivet M. (OPIE, Office pour les Insectes et leur Environnement) et Hérold J.P. (CSRPN, Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel. *Evolution de l'entomofaune de la Loue. Quelques repères sur 30 ans.* 10/12/2010 Sur le site de la SHND (<https://www.shnd.fr/2010/12/10/evolution-de-la-entomofaune-de-la-loue/>)
- Raymond A. Cloyd, *Pesticide Metabolites*, Kansas State University, September 2012.
- Arce AN, Ramos Rodrigues A, Yu, J, Colgan TJ, Wurm Y, Gill RJ. *Foraging bumblebees acquire a preference for neonicotinoid-treated food with prolonged exposure.* Proc. R. Soc. B – 2018 (285 : 20180655. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2018.0655>).

## Tableau : les néonicotinoïdes, statut et présence dans les eaux libres de trois départements de Franche-Comté.

L'absence de données représente (très probablement) l'absence de recherche des molécules.

Molécules néonicotinoïdes	Statut	Doubs		Jura		Haute-Saône	
	Dates d'autorisation (et d'interdiction, le cas échéant) pour chaque molécule	49 stations (atrazine) 638 analyses (atrazine)		43 stations (atrazine) 381 stations (atrazine)		44 stations (atrazine) 877 analyses (atrazine)	
<i>Nombre de présences (idem pour les 3 départements) Nombre de quantifications, LOQ et conc. max (µg/L) (idem pour les 3 départements)</i>							
Acétamipride	Autorisé 1995 Interdit en France (01/09/2018)	638	3 quantifiées  (1 (0,02) + 2 (0,005), max 0,125)	362	100% détectées	877	100% détectées
Clothianidine	Autorisé 2001 Interdit en France partiellement en 12/2013 et totalement (01/09/2018)	198	100% détectées	150	100% détectées	331	100% détectées
Dinétofurane	Autorisé 2002	-		-		-	
Imidaclopride	Autorisé 2001 Interdit en France partiellement en 12/2013 et totalement (01/09/2018)	638	2 quantifiées  (2 (0,02), max 0,031)	381	8 quantifiées  (6 (0,02) + 2 (0,005), max 0,072)	877	25 quantifiées  (25 (0,02), max 0,153)
Nitempyram	Autorisé 1995	-		-		-	
Thiaclopride	Autorisé 2001 Interdit en France (09/2018)	568	100% détectées	358	100% détectées	877	100% détectées
Thiamétoxame	Autorisé 1998 Interdit en France partiellement en 12/2013 et totalement (01/09/2018)	638	100% détectées	358	100% détectées	877	100% détectées