



HAL
open science

Impact des pressions toxiques multiples sur les écosystèmes aquatiques du Bassin Versant du Rhône

Rodolphe Gilbin, Olivier Geffard

► **To cite this version:**

Rodolphe Gilbin, Olivier Geffard. Impact des pressions toxiques multiples sur les écosystèmes aquatiques du Bassin Versant du Rhône. IRSN; INRAE. 2018. hal-03952015

HAL Id: hal-03952015

<https://hal.science/hal-03952015>

Submitted on 23 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Impact des pressions toxiques multiples sur les écosystèmes aquatiques du Bassin Versant du Rhône

Résumé :

L'impact écologique potentiel des pressions toxiques multiples exercées sur l'écosystème aquatique a été caractérisé *via* un indice unique évalué le long du corridor rhodanien. Certaines substances inventoriées n'ont cependant pas pu être incluses du fait d'un manque de connaissances sur leur écotoxicité (cas des polychlorobiphényles - PCB). L'impact écologique résulterait principalement de la présence de certains métaux traces (cuivre, nickel, vanadium et zinc) qui proviennent à la fois de l'érosion des roches et de l'activité humaine. La contribution de chacune de ces sources reste à estimer. La prise en compte des substances très faiblement quantifiées montre que les dichlorodiphényltrichloroéthanes (DDT) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) peuvent contribuer de manière non négligeable. Finalement, la variation spatio-temporelle de l'indice est faible et surtout liée à l'hétérogénéité des jeux de données.

Objectifs du projet et mise en contexte :

Les activités humaines présentes dans la Vallée du Rhône rejettent ou ont rejeté dans le fleuve un cortège de substances nocives pour la santé des écosystèmes (éléments traces métalliques (ETM), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), benzène, phytosanitaires, substances radioactives, polychlorobiphényles (PCB) etc.). La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) impose de mettre en place des programmes de surveillance pour connaître l'état des milieux aquatiques et identifier les causes de leur éventuelle dégradation. Les réseaux de surveillance de l'état chimique et radiologique du Rhône sont des outils essentiels pour connaître le niveau de contamination de ce milieu et son évolution, mais répondent à des objectifs de qualité fixés indépendamment pour chaque substance prioritaire. L'exploitation de ces données de surveillance en l'état ne permet pas d'appréhender l'impact des différents polluants en mélange. Pourtant, il est aujourd'hui reconnu que les mélanges de polluants peuvent engendrer des effets toxiques sur les organismes même si leurs composants sont présents à des concentrations ne dépassant pas les seuils réglementaires individuels (Carvalho et al., 2014).

Pour apporter des éléments de réponse à cette problématique, ce projet a ambitionné de formaliser un indicateur commun de l'impact écologique des pressions toxiques multiples à partir des données de surveillance chimique (dans le cadre de la DCE) et radiologique (IRSN) disponibles sur le Rhône. La valorisation de ces données de surveillance sous l'angle de l'évaluation d'impact écologique cumulé devait également permettre d'identifier les limites de la méthode proposée.

Contacts :

rodolphe.gilbin@irsn.fr
olivier.geffard@irstea.fr

Méthodologies :

L'effet des mélanges de substances sur les organismes a été étudié par la détermination de l'indice dit « $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ » (c'est-à-dire le pourcentage d'espèces potentiellement affectées par un mélange donné). Cet indice unique de la pression toxique subie par les écosystèmes du fait d'un mélange de substances est un bon indicateur de l'impact écologique potentiel des facteurs de stress environnementaux (Posthuma et al., 2016). Il se calcule en utilisant les données de concentration des polluants dans l'environnement et les données d'écotoxicité de ces substances.

Six couples de stations « chimique/radiologique », pour lesquels les données de surveillance sont acquises en cohérence spatiale et temporelle, ont été constitués : Jons-Bugey, Serrières-Saint-Alban, Rochemaure-Cruas, Pierrelatte-Tricastin, Aramon-Beaucaire et Arles. Les concentrations des substances chimiques stables sont issues de la base de données publique Naïades (www.naiades.eaufrance.fr) et celles des radionucléides ont été mesurées par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. Les concentrations dans l'eau brute ont été utilisées pour les phytosanitaires et les HAP. Pour les éléments métalliques et les radionucléides, les concentrations dans l'eau brute ont été reconstruites à partir des concentrations dans l'eau filtrée, des concentrations dans les matières en suspension (ou dans les sédiments) et des charges particulières.

L'impact de chaque substance i sur la faune et la flore (ΔPAF_i) a été estimé par le rapport de sa concentration dans le Rhône à la concentration affectant théoriquement 50% des espèces exposées. Ce seuil est lui-même déterminé à partir des connaissances sur l'écotoxicité de la substance, formalisées pour cette étude par les concentrations engendrant au plus 10% d'effet chronique sur les individus exposés. Les critères d'effet étudiés sont généralement la reproduction, la croissance ou la morbidité. L'analyse statistique de ces données, acquises pour plusieurs espèces, permet de déterminer le seuil utile au calcul de l'indice pour chaque substance (Beaumelle et al., 2017).

L'indice $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ ($=\sum_i[\Delta\text{PAF}_i]$) a été déterminé à partir des concentrations médianes annuelles (exprimées en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) sur la période 2010-2017.

Principaux résultats :

Des données très hétérogènes

Si la base de données de la surveillance des substances chimiques comporte plus de 1000 substances, la faible disponibilité des données d'écotoxicité associées a réduit à 40 le nombre de substances stables incluses dans l'étude, les 41 radionucléides détectés étant conservés. Les PCB n'ont par exemple pas pu être pris en compte dans cette étude.

Station	Elément métallique (18 substances)	Phytosanitaire (12 substances)	HAP (10 substances)	Radionucléide (41 substances)
Bugey Jons	Eau _f (n= 4 - 12 /3ans*) Sédiment (n= 1 /3ans*) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /3ans*) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /3ans*) FQ 0 - 75%	Eau _f (n= 1 - 19 /an) MES (n= 1 - 13 /an) FQ 0% -100%
Saint-Alban Serrières	n.d.	Eau _b (n= 6 - 35 /2ans*) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /2ans*) FQ 0 - 75%	Eau _f (n= 1 - 19 /an) FQ 0% -100%
Cruas Rochemaure	Eau _f (n= 4 - 12 /3ans*) Sédiment (n= 1 /3ans*) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /an) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /3ans*) FQ 0 - 75%	Eau _f (n= 1 - 18 /an) MES (n= 1 - 13 /an) FQ 0% -100%
Tricastin Pierrelatte	n.d.	Eau _b (n= 6 - 35 /2ans*) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /2ans*) FQ 0 - 63%	Eau _f (n= 8 - 19 /an) FQ 0% -100%
Beaucaire Aramon	n.d.	Eau _b (n= 6 - 12 /an) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /an) FQ 0% -100%	Eau _f (n= 1 - 29 /an) FQ 0% -100%
Arles	Eau _f (n= 28 - 41 /an) MES (n= 22 - 31 /an) FQ 35% -100%	Eau _b (n= 6 - 37 /an) FQ 0% -100%	Eau _b (n= 4 - 12 /an) FQ 0 - 83%	Eau _f (n= 3 - 68 /an) MES (n= 1 - 80 /an) FQ 0% -100%

Tableau 1- Nombre d'échantillons mesurés (n=) et fréquence de prélèvement (/an) par matrice (eau filtrée, eau brute, MES et sédiment) à chaque station où les quatre familles de substances sont suivies. Eau_f = eau filtrée, Eau_b = eau brute, FQ = fréquence de quantification, MES = matières en suspension, n.d. = données de charge particulaire non disponibles. * certains échantillons n'ont pas toujours été prélevés à la même fréquence.

Parmi les substances retenues dans cette étude (Tableau 1) certaines ne sont pas systématiquement observées (concentration inférieure à la limite de quantification (LQ)) et certaines ne sont même jamais quantifiées (fréquence de quantification FQ = 0%). Pour prendre en compte l'ensemble des données, l'indice $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ a été déterminé par deux méthodes (1 – indice maximum : substitution par la LQ ; 2 – indice minimum : substitution par zéro).

De plus, les concentrations particulières des éléments métalliques et de certains radionucléides n'ont pas pu être pris en compte pour les stations de Saint-Alban, Tricastin et Beaucaire car les données de charge particulaire, nécessaire pour reconstruire les concentrations dans l'eau brute, n'étaient pas disponibles (Tableau 1).

De faibles variations spatio-temporelles de la pression écotoxique globale

Les indices $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ calculés à Arles sont 2 à 3 fois plus élevés que pour les autres stations (Figure 1) mais cette différence s'explique surtout par l'hétérogénéité des bases de données et non pas par les concentrations des substances. D'une part les prélèvements à la station d'Arles sont très réguliers (pas d'interruption d'une année sur l'autre, grand nombre d'échantillons...) là où pour les autres stations l'absence de certaines substances (notamment les ETM) conduit à la sous-estimation du $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$. D'autre part, les concentrations médianes sont dans l'ensemble similaires, de rares différences apparaissent lorsqu'il faut convertir la concentration dans les sédiments à celle dans les matières en suspension. De plus la concentration mesurée sur les sédiments n'est pas toujours représentative (un seul prélèvement par an - Tableau 1). Finalement, les différences entre les $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ obtenus par la méthode 1 et par la méthode 2 sont significatives (Figure 1) et montrent l'impact que peuvent avoir les substances non quantifiées dans le calcul du $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$.

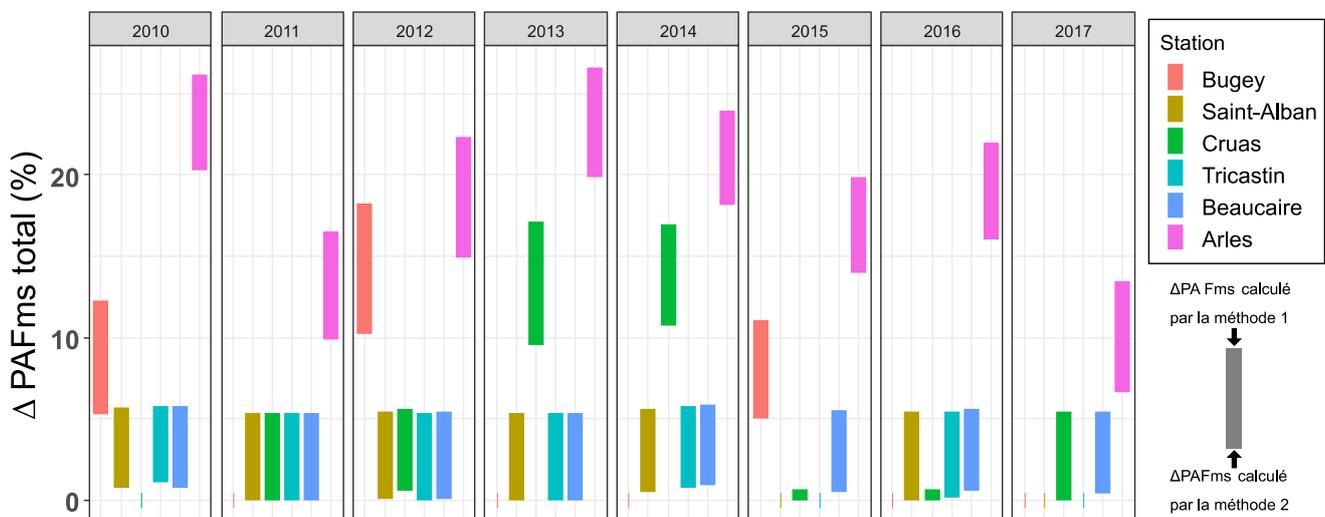


Figure 1- Variation des indices $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ de 2010 à 2017 pour les différentes stations et pour l'ensemble des substances retenues.

Les éléments traces métalliques contribuent le plus à la pression écotoxique globale

Les substances qui contribuent le plus à l'indice de toxicité calculé sont les ETM suivants : Cuivre, Nickel, Vanadium et Zinc. Ces quatre métaux génèrent systématiquement les ΔPAFs les plus élevés par les deux méthodes et pour les stations d'Arles, de Cruas et de Bugey. Ces ETM sont à la fois d'origine naturelle (issus de l'érosion des sols et des roches) et anthropique (émis dans le fleuve par l'Homme *via* notamment l'industrie et l'agriculture). Lorsque les ETM ne sont pas pris en compte (Beaucaire, Saint-Alban et Tricastin), ce sont les dichlorodiphényltrichloroéthanes (DDT 24' et 44' - phytosanitaire) et certains HAP (Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k)fluoranthène et Dibenzo(a,h)anthracène) qui contribuent le plus. Néanmoins cette apparition ne résulte que de la substitution des valeurs non quantifiées par les LQ (car la FQ = 0%) et surestime la concentration réelle dans le cours d'eau. Ces mêmes substances sont ainsi observées pour l'ensemble des stations lorsqu'on utilise la méthode 1. En outre, la variation temporelle de ces LQ influe sur l'importance de la contribution d'une substance d'une année à l'autre.

Perspectives :

L'évaluation de l'impact des pressions polluantes multiples sur les écosystèmes est un domaine de recherche émergent. Si la méthodologie développée et les résultats obtenus par ce projet sont encourageants, il est nécessaire de les affiner en :

- estimant les charges particulières pour prendre en compte les ETM manquants pour certaines stations,
- déterminant pour chaque polluant les apports naturels et anthropiques,
- prenant en compte la biodisponibilité des substances (modélisation, suivi dans le biote...),
- réalisant des analyses de sensibilité sur les hypothèses utilisées (utilisation d'une moyenne annuelle, robustesse des données d'écotoxicité des substances...).

L'approche développée pour le Rhône *via* ce projet pourrait être appliquée à d'autres fleuves français en utilisant les données d'écotoxicité des substances rassemblées dans ce projet et la base de données Naïades.

Enfin, les résultats de l'approche $\Delta\text{PAF}_{\text{ms}}$ gagneraient à être comparés à des études *in-situ* (par exemple en utilisant une méthode de bio-indication...). A noter également que l'indice proposé ne prend pas en compte l'ensemble des pressions subies par l'écosystème du fleuve. Il est nécessaire de le mettre au regard d'autres facteurs de stress (température de l'eau...) pour évaluer les pressions globales.

Plus-value pour les praticiens :

Les limites de la méthode proposée concernent principalement la question de l'homogénéité des bases de données. Ce type de méthode demanderait d'introduire de la cohérence spatiale, temporelle et compartimentale dans les réseaux de surveillance. Les méthodes d'analyse à mettre en œuvre devraient également être réfléchies au regard de l'utilisation ultérieure des données recueillies, pour limiter l'influence des extrapolations requises pour pallier aux données absentes et non quantifiées. Cet aspect concerne également les connaissances sur l'écotoxicité des substances, qui font défaut pour encore un grand nombre de polluants.

Références :

Carvalho et al. (2014). *Mixtures of Chemical Pollutants at European Legislation Safety Concentrations: How Safe Are They?* *Toxicol Sci.* 141(1): 218–233.

Posthuma, L., Dyer, S.D., de Zwart, D., Kapo, K., Holmes, C.M., Burton, G.A. (2016). *Eco-epidemiology of aquatic ecosystems: Separating chemicals from multiple stressors.* *Science of the Total Environment*, 573, pp. 1303-1319

Beaumelle, L., Della Vedova, C., Beaugelin-Seiller, K., Garnier-Laplace, J. and Gilbin, R. (2017) *Ecological risk assessment of mixtures of radiological and chemical stressors: Methodology to implement an msPAF approach.* *Environ. Pollut.*, 231, 1421–1432.