Indicateur de la pression de pollution chimique sur le bassin de la Seine

Jean-Marc Brignon, Johnny Gasperi

▶ **To cite this version:**

Jean-Marc Brignon, Johnny Gasperi. Indicateur de la pression de pollution chimique sur le bassin de la Seine. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2021, 14 p. hal-03443227

HAL Id: hal-03443227
https://hal.science/hal-03443227

Submitted on 23 Nov 2021

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.

Indicateur de la pression de pollution chimique sur le bassin de la Seine

Jean-Marc Brignon*[1], Johnny Gasperi[2]

[1] INERIS, Verneuil-en-Halatte, France
[2] Université Gustave Eiffel, Campus de Nantes, Laboratoire Eau et Environnement

* jean-marc.brignon@Ineris.fr,

Résumé

Indicateur de la pression de pollution chimique sur le bassin de la Seine

Ce travail s'inscrit dans l'objectif de développer des indicateurs permettant de connaître la pression de pollution chimique s'exerçant sur le bassin de la Seine.

En effet, malgré les efforts et les progrès considérables réalisés par le programme dans la connaissance de la contamination chimique, le nombre de produits chimiques présents de longue date et actuellement utilisés sur le bassin de la Seine est certainement de l'ordre de grandeur de la dizaine de milliers au moins. De plus leur nombre et les quantités utilisées sont vraisemblablement en augmentation.

Le but de ces travaux est d'essayer de mieux appréhender cette réalité de la « chimiodiversité » et ses conséquences, pour ce qui est de l'évolution passée, et future de cette pression, même si seule une partie très minoritaire en est accessible à la connaissance. Dans un second temps, des scénarios prospectifs permettront d'essayer de dessiner des moyens de réduire les impacts futurs, tenant compte des approches règlementaires (sur les produits chimiques, le recyclage, les matériaux…), mais cherchant à intégrer également des innovations territoriales sur le bassin.

Ce rapport porte sur la première phase de ce programme, à savoir l'identification des données pour la construction d'un univers initial des substances chimiques incluant les substances historiquement étudiées par le programme PIREN-Seine et d'autres molécules d'intérêt, concernant potentiellement le bassin, l'identification des sources de données à mobiliser et la construction de l'indicateur.

L'indicateur proposé est basé sur : (i) le nombre de produits chimiques pris en compte pour chaque période temporelle, (ii) les quantités de produit chimique mises sur le marché, (iii) un score de persistance dans des matériaux et articles présents sur le bassin, (iv) la demi-vie dans les milieux environnementaux, (v) un facteur de bioconcentration/bioaccumulation, (vi) un indicateur de la toxicité pour les milieux aquatiques (PNEC), et (vii) un indicateur de la toxicité pour la santé humaine (VTR) pouvant être affecté d'un facteur aggravant lorsque les produits chimiques sont suspectés ou confirmés en tant que perturbateur endocrinien et/ou Cancérigènes Mutagènes Reprotoxiques (CMR). Cet indicateur sera calculé pour des périodes temporelles passées et futures afin de reconstruire l'évolution passée et étudier des scénarios prospectifs. Les paramètres pouvant évoluer dans le temps sont le nombre, l'identité et les quantités des produits chimiques. En raison de limitations concernant la disponibilité des données sur les usages, notamment des données spécifiques au bassin de la Seine, il sera pertinent de travailler par plages temporelles d'au moins une dizaine d'années. Des hypothèses seront nécessaires pour relier les usages à l'évolution de données connues (par exemple, l'évolution des quantités de matériaux de base dans lesquels les produits chimiques sont employés, ou interpolations avec des variables macroéconomiques pour les périodes non documentées).

Points clefs

✓Le nombre de produits chimiques présents de longue date et actuellement utilisés sur le bassin de la Seine est certainement de l'ordre de grandeur de la dizaine de milliers au moins. De plus leur nombre et les quantités utilisées sont vraisemblablement en augmentation.

✓Il est important de mieux appréhender cette réalité de la « chimiodiversité » et ses conséquences, pour ce qui est de l'évolution passée, et future de cette pression

✓ Ce travail propose des indicateurs permettant de connaître la pression de pollution chimique s'exerçant sur le bassin de la Seine, et une feuille de route pour le mettre en œuvre pour les analyses rétrospectives et prospectives.

Summary

Chemical pollution pressure indicator on the Seine watershed

This work is part of the project of developing indicators allowing to assess the chemical pollution pressure exerted on the Seine watershed.

Indeed, despite the efforts and considerable progress made by the program in the knowledge of chemical contamination, the number of chemicals present for a long time and currently used in the Seine basin is certainly at least of the order of tens of thousands, and their number and quantities used are likely increasing.

The goal is to try to better understand this reality of "chemiodiversity" and its consequences, in terms of the past and future development of this pressure, even if only a very small minority of it is accessible to knowledge. Secondly, prospective scenarios will make it possible to try to design ways of reducing future impacts, taking into account regulatory approaches (on chemicals, recycling, materials, etc.) but also seeking to integrate territorial innovations. on the basin.

This report concerns the first phase of this program, namely the identification of data for the construction of an initial universe of chemical substances (including chemicals already studied by the PIREN-Seine program and other relevant chemicals) potentially concerning the watershed, the identification of the data sources to be mobilized, and the construction of the indicator.

The proposed indicator is based on the number of chemicals taken into account for each period of time, the quantities of chemical placed on the market, a score of persistence in materials and articles present on the watershed, the half-life in environmental media, a bioconcentration / bioaccumulation factor, an indicator of toxicity to aquatic environments (PNEC), an indicator of toxicity to human health which may be affected by an aggravating factor when chemicals are suspected or confirmed as endocrine disruptor and / or CMR. This indicator will be calculated for past and future time periods in order to reconstruct past trends and study prospective scenarios. The parameters that can change over time are the number, identity and quantities of chemicals. Due to limitations regarding the availability of data on uses (especially data specific to the Seine watershed), it will be relevant to compute the indicator for time intervals of at least ten years. Assumptions will be needed to relate uses to changes in known data (for example, changes in the amounts of basic materials in which chemicals are used, or interpolations with macroeconomic variables for undocumented periods).

Keypoints

✓*The number of chemicals present for a long time and currently used in the Seine watershed is certainly of the order of magnitude of tens of thousands at least. In addition, their number and the quantities used are probably increasing.*

✓*It is important to better understand this reality of "chemodiversity" and its consequences, in terms of the past and future development of this pressure*

✓*This work proposes indicators making it possible to assess the chemical pollution pressure exerted on the Seine watershed, and a roadmap to implement it for retrospective and prospective analyzes.*

1 Introduction

Ce travail s'inscrit dans l'objectif de développer des indicateurs permettant de connaître la pression de pollution chimique s'exerçant sur le bassin de la Seine à travers de multiples activités humaines (agriculture, artisanat, industrie, ménages, etc.). En effet, malgré les efforts et progrès considérables réalisés par le programme PIREN-Seine dans la connaissance de la contamination chimique, le nombre de produits chimiques présents de longue date et actuellement utilisés sur le bassin de la Seine est certainement de l'ordre de grandeur de la dizaine de milliers au moins, et leur nombre et les quantités utilisées sont vraisemblablement en augmentation (European Environment Agency, 2017).

Le but est d'essayer de mieux appréhender cette réalité de la « chimiodiversité » et ses conséquences, pour ce qui est de l'évolution passée et future de cette pression, même si seule une partie minoritaire en est accessible à la connaissance. Dans un second temps, des scénarios prospectifs permettront d'essayer de dessiner des moyens de réduire les impacts futurs, tenant compte des approches règlementaires (sur les produits chimiques, le recyclage, les matériaux, etc.), mais cherchant à intégrer également des innovations territoriales sur le bassin.

Pour les évolutions passée et l'état présent, un tel indicateur s'appuiera notamment sur l'ensemble des données acquises dans le cadre du programme par les différentes équipes de recherche. Pour ce qui est des évolutions futures, il s'appuiera au maximum sur des scénarios prospectifs déjà développés pour le bassin dans le cadre du programme (pour le système agro-alimentaire en ce qui concerne les pesticides (PIREN, 2019), ou les matériaux pour ce qui est des produits chimiques présents dans ces matériaux (Augiseau V. et al., 2021)). Des scénarios, cohérents avec ceux élaborés pour l'agro-alimentaire sur le bassin, seront co-construits afin de compléter les connaissances acquises en termes de pression chimique hors-agriculture et substances déjà étudiées. Enfin, le but est de tenir compte, à travers un tel indicateur, à la fois des risques pour les milieux environnementaux, de ceux pour la santé humaine et de pouvoir réaliser des prospectives.

Ce rapport porte uniquement sur la première phase de ce programme, à savoir l'identification des données pour la construction d'un univers initial des substances chimiques concernant potentiellement le bassin, l'identification des sources de données à mobiliser, et la construction de l'indicateur.

Le chapitre 2 propose un indicateur permettant de représenter le cumul des pressions chimiques, basé sur l'état de l'art dans ce domaine et des travaux passés réalisés par l'Ineris sur ce sujet pour l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, pour l'ANSES et pour l'OFB (Savignac J. et al., 2021).

Le chapitre 3 procède à un recensement des données disponibles pour l'identification des produits chimiques pour lesquels l'indicateur est calculé. Sont également recensées les sources d'information sur les usages des produits chimiques et sur les autres paramètres nécessaires au calcul de l'indicateur.

Enfin, une section finale résume les prochaines étapes de ce travail.

2 Indicateur de pression chimique

Cette section porte sur la construction d'un indicateur de pression globale pour un sous-ensemble des produits chimiques potentiellement présents sur le bassin versant de la Seine.

De nombreux indicateurs de priorisation des produits chimiques ont été proposés (voir Brignon J.M., 2020 pour une synthèse) et il est possible de les exploiter pour construire des indicateurs de l'ensemble de la pression chimique (éco)toxique s'exerçant sur un écosystème aquatique (Fàbrega, F. et al., 2013). S'ils diffèrent sur leur formulation mathématique, les indicateurs sont en règle générale basés sur les paramètres suivants : persistance, bioaccumulation, toxicité et écotoxicité, quantités.

Pour ce qui est de la persistance, de précédents travaux dans le cadre du PIREN-Seine (Cladière M., 2012 ; Chapon V. et al., 2017) et des travaux qui y sont cités ont montré que les produits chimiques peuvent être persistants non seulement dans l'environnement, une fois qu'ils sont émis, mais également en amont de ces émissions car ils restent, pour certains, présent dans des matériaux qui sont en place sur de longues durées et émettent en continu tout au long de leur utilisation et lors de leur fin de vie. Pour cette raison, l'indicateur sera basé sur une définition de la persistance prenant en compte non seulement la persistance dans l'environnement, mais également celle qui est liée au système sociotechnique, en particulier en examinant pour chaque substance si elle entre dans la composition de matériaux ou objets à longue durée de vie.

En dehors de la persistance, les autres critères importants pour un tel indicateur sont :

- La toxicité pour l'homme ;
- L'écotoxicité pour les milieux aquatiques ;
- La bioaccumulation ;
- La mobilité entre les différents compartiments environnementaux ;
- Les quantités utilisées ou émises.

Deux indicateurs ont déjà été proposés et testés dans le cadre de deux projets menés par l'Ineris :

1°) Un indicateur de risque pour une substance chimique donnée, proposé au départ pour les produits chimiques Persistants, Bioaccumulatifs et Toxiques (PBT) pour l'environnement (Brignon J.M. et al., 2018) :

$$\text{Score risque} = (H \times BCF) / PNEC$$

Cet indicateur a ensuite été repris et développé pour prendre en compte la toxicité humaine (Brignon J.M. et al., 2020)

$$\text{Indicateur de risque} = (H \times BCF \times PE \times CMR) / (PNEC \times VTR)$$

Avec : H : persistance (environnementale) dans les milieux aquatiques et sol (représentée par la valeur maximale des demi-vies disponibles pour les milieux eau et sédiment, en jours)
BCF : Facteur de bioconcentration/bioaccumulation, exprimé par un facteur adimensionnel. On utilise cette mesure de préférence au statut règlementaire PBT de la substance, car la bioaccumulation affecte de façon continue l'ensemble des produits chimiques, alors que l'usage de seuils règlementaires introduit une part d'arbitraire dans les scores (Brignon J.M. et al., 2018).
PE : Paramètre indiquant un éventuel effet perturbateur endocrinien (pour les organismes aquatiques et/ou pour la santé humaine), considéré comme aggravant
CMR : Caractère Cancérigène, Mutagène ou Reprotoxique, qui est également considéré comme un facteur aggravant
PNEC : Predicted Non Effect Concentration, indicateur de la toxicité pour les milieux aquatiques, exprimée en µg/l
VTR : Valeur Toxicologique de Référence, indicateur de la toxicité pour la santé humaine, exprimée en mg/l

Cet indicateur avait pour objectif de hiérarchiser des substances, et non de calculer une pression chimique totale. Pour cette raison, aucun indicateur des émissions ou des quantités utilisées ne lui avait été adjoint.

2°) Un indicateur « IR2PE » (Chapon V. et al., 2017) et (Gréaud L. et al., 2016) qui avait été développé pour évaluer le risque représenté par les pesticides pour les milieux aquatiques, en intégrant des paramètres utilisés dans la méthode « Siris pesticides » de caractérisation du risque de transfert de pesticides vers les eaux superficielles d'un bassin versant.

Cet indicateur prend en compte :

- L'intensité d'utilisation de chaque pesticide (QSA : quantité de substance active par hectare) ;
- Le potentiel d'hydrolyse du pesticide HDLYS (vitesse de dégradation dans l'eau à ph7, exprime en jours la dégradation de la moitié de la quantité initiale) ;
- La DT50sol (temps de demi vie dans le sol) ;
- Le Koc (Coefficient de partage entre le carbone organique et l'eau) qui représente la probabilité de retrouver la substance dans les eaux de surface ;
- LP-eco est un indicateur d'écotoxicité pour les milieux aquatiques ;
- SOLU = solubilité en mg/l.

L'indicateur est défini par la formule suivante :

$$\text{IR2PE paramètres SIRIS} = \sum_{i}^{n} \frac{QSA_i * SOLU_i * HYDLS_i * DT50_{sol_i}}{Ip_eco_i * KOC_i}$$

Cet indicateur est adapté au risque pour les milieux aquatiques superficiels, mais ne prend pas en compte le risque plus général d'imprégnation des différents milieux (eaux superficielles, sols, eaux souterraines) du bassin versant.

Nous proposons de combiner ces deux indicateurs dans un Indicateur du Risque sur le Vivant (écosystèmes et homme) généré par des produits chimiques présents sur le bassin :

$$\text{IRV} = \left(\frac{1}{\text{N}}\right) * \sum_{i}^{N} ((Q_i * PM_i) * H_i * BCF_i) * \left(\frac{PE\ santé_i * PE\ envt_i * CMR_i}{PNEC_i * VTR_i}\right)$$

Avec :

i l'indice de sommation pour les différents produits chimiques pris en considération ;

N : nombre de produits chimiques pris en compte (pour une période temporelle donnée du calcul de l'indicateur, pouvant varier d'une période de calcul à l'autre). L'objectif est de viser la prise en compte d'un nombre élevé de produits chimiques (ordre de grandeur dépendant de la disponibilité à fixer plus tard dans le projet mais qu'on peut estimer à 10^E2 sur la base des travaux similaires cités). L'indicateur pourrait aussi être calculé de façon indépendante de cette variable (cf. Discussion infra).

Q : quantité du produit chimique mise sur le marché dans une période temporelle de calcul donnée, en tant qu'indicateur des émissions potentielles (exprimée en t)

PM : score de persistance dans des matériaux et articles présents sur le bassin

H : persistance dans les milieux aquatiques et sol (représentée par la valeur maximale des demi-vies disponibles pour les milieux eau, sédiment, en jours)

BCF : Facteur de bioconcentration/bioaccumulation, exprimé par un facteur adimensionnel

PNEC : *Predicted Non Effect Concentration*, indicateur de la toxicité pour les milieux aquatiques, exprimée en µg/l

VTR : Valeur Toxicologique de Référence, indicateur de la toxicité pour la santé humaine, exprimée en mg/l

PE : paramètre indiquant un éventuel effet perturbateur endocrinien (pour les organismes aquatiques et/ou pour la santé humaine), considéré comme aggravant

CMR : Caractère Cancérigène, Mutagène, ou Reprotoxique, qui est également considéré comme un facteur aggravant (facteur adimensionnel)

Le terme $Q_i * PM_i$ est un indicateur de l'importance et de la durée des sources d'émission du produit chimique

Le terme $(Q_i * PM_i) * H_i * BCF_i$ est un indicateur de l'exposition à long terme du vivant générée par le produit chimique.

Le terme $\frac{PE\ santé_i * PE\ envt_i * CMR_i}{PNEC_i * VTR_i}$ représente un indicateur de la toxicité et de l'écotoxicité du produit chimique. D'un point de vue d'analyse des risques, il correspond à l'indicateur de danger (ou de gravité).

Ainsi, l'indicateur IRV est formulé pour chaque produit chimique sous la forme d'un indicateur de risque, le risque étant le produit d'un indicateur d'exposition et d'un indicateur de danger (ou de gravité de l'exposition), selon le principe général de définition d'un indicateur de risque, adopté par exemple dans le domaine des risques pour les milieux aquatiques par (Lundy L. et al., 2012).

L'indicateur étant défini, la question d'une application numérique simple (hypothèses réalistes des paramètres) à titre d'exemple se pose.

Il serait possible d'utiliser les concentrations observées (normalisées) en différents points du bassin, à la place d'estimations de quantités, en utilisant le suivi réalisé notamment par l'Agence de l'Eau. C'est d'ailleurs en général l'option qui est adoptée dans les indicateurs de pression de pollution dans la littérature. Toutefois, l'usage et les quantités des produits chimiques sont des variables plus adaptées aux objectifs de ces travaux de réaliser des scénarios prospectifs de l'indicateur en fonction de certains scénarios futurs de métabolisme territorial. Baser l'indicateur sur les concentrations observées sera utile pour retracer des évolutions passées, mais ne permettrait que très difficilement de réaliser des projections, car il serait nécessaire de traduire des scénarios d'usage futurs en futures concentrations dans les milieux, à l'aide de modélisations du transfert des très nombreux micropolluants dans l'hydrosystème, ce qui est hors de portée du cadre de ce travail.

Cet indicateur devra être calculé pour des périodes temporelles passées et futures afin de reconstruire l'évolution passée et étudier des scénarios prospectifs. Les paramètres pouvant évoluer dans le temps sont le nombre, l'identité et les quantités des produits chimiques. On peut anticiper qu'en raison de limitations concernant la disponibilité des données sur les usages passés, il ne sera pas pertinent de travailler à un pas de temps fin (annuel), mais par plages temporelles d'au moins une dizaine d'années. Des hypothèses du type de celles faites dans (Chapon V. et al., 2017), seront certainement nécessaires pour relier (qualitativement et quantitativement) les usages à l'évolution de données connues. Par exemple, l'évolution des quantités de matériaux de base (béton, plastiques, …) dans lesquels les produits chimiques sont employés, ou à défaut, recours à des interpolations avec des variables

macroéconomiques pour les périodes non documentées. Il sera également nécessaire de collecter dans la littérature les facteurs d'émission de produits chimiques par les matériaux, des simplifications (il sera par exemple difficile de prendre en compte l'âge des matériaux) et des hypothèses seront probablement également nécessaires à cet égard.

La normalisation par N (nombre de substances étudiées) dans la définition de l'indicateur permet de calculer cet indice pour différentes périodes au cours desquelles le nombre de produits chimiques pris en compte dans le calcul varie, sans que cette variation représente une évolution du nombre réel de produits chimiques potentiellement présents. Ce sera le cas si N est basé sur le nombre de substances détectées dans les milieux du bassin et que ce nombre évolue du fait de changements dans les programmes de mesures.

En revanche, si N était représentatif du nombre de produits chimiques réellement présents, ne pas diviser par N permettrait de refléter le fait que le risque pour une période ou un territoire augmente avec le nombre de produits chimiques présents. Le nombre N pris en compte dans le calcul sera en pratique contraint par les données disponibles, et inférieur de plusieurs ordres de grandeur au nombre représentant réellement la diversité des produits chimiques présents. En effet, aux produits chimiques utilisés à une date donnée, il faut ajouter ceux ayant été employés dans le passé mais encore présents dans des matériaux, des articles, des déchets encore en place. Au total l'ordre de grandeur est la dizaine, voire la centaine de milliers (Diamond M.L., 2015). En première approche, le nombre de produits chimiques susceptibles d'être étudiés dans le cadre du projet ne pourra pas excéder l'ordre de grandeur 10^1 à 10^2.

Pour cette raison, il a semblé donc plus pertinent d'utiliser une version normalisée de l'indicateur (suivant en cela Fàbrega, F. et al., 2013). La comparaison des deux versions sera réalisée.

En ce qui concerne l'exposition des milieux, les données d'émission vers les milieux, en particulier les milieux aquatiques et les sols, seraient un paramètre plus pertinent que les quantités Qi mises sur le marché. Toutefois, les données d'émission ne sont disponibles que pour peu de produits chimiques, restant inaccessibles pour leur grande majorité (Diamond et al., 2015). Certaines données concernant la mise sur le marché existent, à l'échelle européenne (REACH), nationale voire plus locale (BNVD pour les pesticides). Les émissions proviennent également des stocks de produits chimiques qui se sont construits dans le passé dans des articles et matériaux présents sur le bassin. Si le calcul de ces stocks et de leurs émissions est réalisable pour un produit chimique donné (Chapon V. et al., 2017), cela est impossible en pratique pour le grand nombre de produits chimiques considéré ici. C'est pour tenter de remédier à cette impossibilité qu'est introduit le paramètre PM qui prend en compte de façon qualitative la tendance d'un produit chimique à constituer des stocks de long terme dans les articles et matériaux. Il s'agit d'un facteur aggravant des quantités utilisées, du fait de l'extension de la durée des émissions et de leur irréversibilité.

Ce paramètre pourrait être défini qualitativement comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Notation du critère sur la persistance socio-technique dans les matériaux

Score PM (persistance socio-technique dans les matériaux)
Emissions ayant lieu uniquement lors de l'utilisation : 1
Stockage possible dans des matériaux et articles à durée de vie moyenne (< 10 ans) : 1.5
Stockage significatif dans des matériaux et articles à longue durée de vie (> 10 ans) : 2

Cette notation est forcément approximative, du fait que de nombreux produits chimiques sont employés pour une grande variété d'utilisations qui ne sont pas toutes toujours bien connues.

Par ailleurs, les usages ne reflètent que de façon indirecte les émissions dans l'eau du fait que les usages conduisent également à des émissions vers le compartiment atmosphérique, et que seule une fraction de ces émissions atmosphériques peut retourner vers le bassin de la Seine. Inversement, des usages hors du bassin de la Seine donneront lieu à une contamination de ce bassin, via des dépôts atmosphériques, mais il semble très complexe d'arriver à prendre en compte cette source externe de contamination du bassin, pouvant toutefois être importante pour certains composés transportés à longue distance.

Les paramètres relatifs aux usages (Qi et PMi) sont les seuls qui puissent être renseignés de façon territoriale, puisque les autres sont intrinsèques aux produits chimiques étudiés. Des indicateurs de risque spatialisé ont été couramment développés, notamment pour les pesticides (voir par ex. Weissteiner C.J. et al., 2014)), pour lesquels les données d'utilisation locale et les modalités locales de transfert peuvent être modélisées. Toutefois, procéder ainsi pour l'ensemble des produits chimiques serait ardu, car leurs modalités d'usage et de transfert vers l'environnement sont complexes et modélisées pour relativement peu d'entre eux. Dans un premier temps, nous construirons un indice unique pour l'ensemble du bassin versant.

Concernant la **persistance** (H), la persistance (environnementale) globale (POV) est généralement préférée à la demi-vie pour la définir, car elle considère la persistance dans tous les compartiments environnementaux et le degré de migration du produit chimique entre les compartiments (OCDE, 2002), et représente le risque d'exposition de façon plus complète. Cependant, le POV est difficile à mesurer et très peu de produits chimiques ont un POV documenté. A la place du POV, nous avons adopté la valeur maximale des demi-vies disponibles (eau, sédiments/sols) pour chaque substance (retenir la valeur maximale obéit à une logique de précaution, en supposant que la substance puisse *a priori* atteindre tous les compartiments de l'environnement). On choisit également d'utiliser les demi-vies (H) de préférence au statut règlementaire PBT de la substance (notamment tel que défini par le règlement REACH), car la bioaccumulation affecte de façon continue l'ensemble des produits chimiques, alors que l'usage de seuils règlementaires introduit une part d'arbitraire dans les scores, et que seules une minorité de produits chimiques a été officiellement règlementée en tant que PBT (Brignon J.M. et al., 2018).

Pour **l'écotoxicité** (PNEC) nous utilisons la valeur minimale des **PNEC** disponibles pour différents milieux, toujours en considérant par précaution que la substance peut *a priori* atteindre tous les compartiments de l'environnement.

En matière d'écotoxicité ou de toxicité humaine, **les facteurs aggravants PE et CMR** sont codés qualitativement de la façon suivante :

Tableau 2 : Notation des critères sur la perturbation endocrinienne et le caractère CMR

Score PE (environnement ou santé)	Score CMR
PE avéré : 2 Suspect PE : 1.66 Présumé PE : 1.33 Non examiné : 1 Examiné et non classé : 1	CMR Catégorie 1 = 2 CMR Catégorie 2 = 1,66 CMR Catégorie 3 = 1,33 Non examinée / examinée et information insuffisante = 1 Examinée et non classée = 1

La **mobilité** d'un produit chimique fait partie des facteurs de préoccupation relatifs aux produits chimiques dans l'environnement, notamment pour ce qui est du risque de transfert vers les eaux potables. Elle est prise en compte dans la convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs), et son intégration dans la législation européenne est en discussion (*European Commission*, 2020). Toutefois la mobilité entre compartiments environnementaux ne semble pas pertinente pour apprécier le risque global d'un produit chimique pour un bassin versant, dans lequel la mobilité vers le compartiment aquatique, tout aussi bien que l'absence de mobilité vers les milieux aquatiques (stockage dans les sols) pourraient être considérés comme un risque, en fonction des points de vue sur le risque (risque pour la santé via l'eau potable, ou risque pour les écosystèmes sol, etc.). Nous n'avons donc pas retenu la mobilité dans l'indicateur proposé.

3 Univers de substances et sources de données

Dans cette section à lieu un premier recensement des sources de données sur les produits chimiques et les paramètres de l'indicateur proposé (IRV).

Liste des produits chimiques

Une première source d'information pour obtenir des listes pertinentes est d'utiliser les listes déjà établies dans le cadre de la Directive Européenne Cadre sur l'Eau, à savoir :

- Les substances (dangereuses) prioritaires identifiées à l'échelle européenne pour l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau (SP) ;
- Les Polluants Spécifiques de l'Etat Ecologique (PSEE) qui contribuent à l'évaluation de l'état écologique ;
- Les "Substances Pertinentes A Surveiller" (SPAS) définies par le Comité national d'Experts pour la Priorisation (CEP) des substances chimiques à surveiller dans les milieux aquatiques pour le 3ème cycle de gestion des eaux (Dulio V. et al., 2021) ;
- L'Univers des substances établi par l'ECHA[1].

Il existe de nombreuses et très longues listes de produits chimiques, comme PHYSPROP© qui contient les noms et certaines propriétés physiques de 41 000 produits chimiques. Toutefois, dans cette étude, un des facteurs limitants pour ajouter un produit chimique à l'indicateur sera la disponibilité de données toxicologiques, écotoxicologiques et de bioconcentration. S'il est possible de travailler avec des modèles pour estimer des données (éco)toxicologiques à partir d'informations chimiques (modèles QSAR notamment), modéliser ainsi un grand nombre de produits chimiques représenterait un effort trop considérable. Nous nous baserons donc sur les données (éco)toxicologiques déjà disponibles et obtenues

[1] https://echa.europa.eu/universe-of-registered-substances

à partir de données expérimentales, au moins dans un premier temps. La base de données la plus complète et accessible de notre point de vue est celle de l'Ineris (substances.Ineris.fr), et elle a été renseignée pour la plupart des substances pertinentes dans le cadre de la DCE citées ci-dessus, ainsi que pour d'autres produits chimiques.

Usages de produits chimiques

Les données sur les usages des produits chimiques sont très parcellaires, souvent qualitatives ou semi-qualitatives, et dispersées sur un très grand nombre de sources d'information. Les sources d'information les plus systématiquement exploitables sont les suivantes :

- Données d'enregistrement dans le cadre du règlement REACH (intervalles de tonnages). Ces données ne sont disponibles qu'à l'échelle européenne et doivent être extrapolées pour le bassin de la Seine (sur la base du ratio de population sauf si une clé de répartition plus pertinente est disponible pour certains produits chimiques) ;
- Données de ventes issues des bases de données telles que BNVD (Base Nationale sur les Ventes de produits phytopharmaceutiques par les Distributeurs agréés, pour les substances phytosanitaires), leur intérêt étant de pouvoir être estimées pour le périmètre géographique du bassin de la Seine ;
- Données MEDIC'AM (pour les substances pharmaceutiques) à l'échelle de la France, extrapolables sans difficultés majeures au bassin de la Seine sur la base de la population ;
- Données de la base nationale Simmbad (pour les substances biocides) ;
- Norman Substance Database (outil collaboratif européen intégrant de nombreuses listes et bases de données avec pour certaines des données d'usage).

Un défi innovant du projet sera d'arriver à territorialiser les données d'usage qui, comme la liste précédente en atteste, sont le plus souvent recensées au niveau national, voire seulement européen. Un effort important sera donc consacré au développement de procédures de territorialisation à partir de variables annexes (proxy) pour lesquelles on disposerait de données spécifiques au bassin de la Seine, voire à certaines parties du bassin.

Pour certains types de produits chimiques comme les médicaments, l'usage des substances est suffisamment uniformisé sur le territoire national et une extrapolation sur la base de ratios de population semble possible sans produire de biais très important. Cependant, ce mode d'extrapolation spatiale sera plus aléatoire et source d'incertitude pour d'autres types d'utilisation (production industrielle, matériaux de construction…) qui sont géographiquement variables. Des données permettant d'améliorer la clé de répartition (habitudes régionales de construction pour les matériaux par exemple) seront dans la mesure du possible recherchées dans la suite de ce travail.

D'autres sources de données seront également mobilisées pour qualifier ou quantifier les usages (variable Q) et leur degré de persistance dans des matériaux (variable PM) :

- Fiches Technico-Economiques de l'Ineris (disponibles pour environ 100 produits chimiques) (https://substances.Ineris.fr/fr/page/2) ;
- Données disparates rassemblées dans une étude réalisée par l'Ineris pour l'OFB sur la hiérarchisation d'environ 100 produits chimiques en fonction de la nécessité et de la faisabilité d'une réduction des émissions, dans le cadre du Plan Micropolluants (Brignon J.M. et al., 2019);
- Bases de données diverses, ouvrages de référence sur la composition de matériaux et d'articles ;
- Etudes sur les stocks de matériaux. Les travaux de métabolisme urbain réalisés dans le cadre du PIREN-Seine seront réutilisés au maximum (Augiseau V., 2017).

Principe pour la liste des produits chimiques pris en considération

Le principe retenu pour construire l'univers des substances de produits chimiques pour le bassin de la Seine sera de scanner les bases de données des usages, de vérifier la pertinence *a priori* pour le bassin de la Seine des produits chimiques y étant présents (sur la base de la littérature scientifique sur les usages et l'occurrence, et sur la base de dires d'experts), et de vérifier ensuite la disponibilité des paramètres physico-chimiques et (éco)toxicologiques dans la base de l'Ineris.

Pour vérifier qu'un produit chimique documenté est pertinent pour le bassin de la Seine, deux considérations complémentaires peuvent être employées :

- Considérer prioritairement des produits chimiques d'origine exclusivement anthropique (les métaux seront probablement écartés, au moins dans une première étape, l'indicateur n'étant pas adapté à ce stade la prise en compte de sources d'origine naturelle) ;
- Vérifier si le produit chimique a été recherché et a été détecté dans les eaux du bassin, ou dans des eaux d'un autre bassin en France, voire dans l'Union européenne (y compris les eaux usées traitées et les eaux de ruissellement) ;
- Vérifier si certains des usages mentionnés sont susceptibles de concerner le bassin de la Seine, ou si tous les usages ne peuvent pas concerner le bassin de la Seine. Par exemple, des produits chimiques exclusivement employés pour des procédés industriels ne pouvant pas être rencontrés sur le bassin.

4 Prochaines étapes

Les prochaines étapes du travail seront les suivantes :

- Définir une liste de produits chimiques (dans un premier temps, une première liste restreinte pour une première phase de test de la démarche) ;
- Définition du cadre des scénarios (périmètre des activités, horizons temporels…) et co-construction de scénarios sur des activités concernant les produits chimiques, y compris des scénarios d'action sur le bassin (par exemple, concernant les pratiques sur les emballages alimentaires, sur la consommation de produits ménagers et cosmétiques, etc.) ;
- Recensement des données permettant le calcul des indicateurs, calculs et interprétation, et en parallèle développement de procédures pour territorialiser les données d'usage par des informations complémentaires.

5 Références

Augiseau, V.; Kim, E. Inflows and Outflows from Material Stocks of Buildings and Networks and their Space-Differentiated Drivers: The Case Study of the Paris Region. Sustainability 2021, 13, 1376 https://doi.org/10.3390/su13031376

Brignon, J.-M., Cantuarias-Villesuzanne, C., Chapon, V., & Mombelli, E. (2019). Rejets de micropolluants : un essai de comparaison économique entre traitement et substitution à la source. In Techniques Sciences Méthodes (Issue 3, pp. 27–42). Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement. https://doi.org/10.1051/tsm/201903027

Chapon V. et al., 2017, Déploiement et interprétation de l'indicateur de risque IR2PE pour le compartiment Eau, rapport d'étude INERIS N° DRC-17-136881-11487A

Cladière M. 2012, Sources, transfert et devenir des alkylphénols et du bisphénol A dans le bassin amont de la Seine : cas de la région Île-de-France. Sciences de la Terre. Université Paris-Est, 2012. Français. NNT : 2012PEST1118. tel-00816845v2

Brignon J.M., Andres S., Dulio V., 2020, Support à la réalisation de l'action 39 du plan micropolluants - Critères et indicateurs pour caractériser la nécessité et la faisabilité d'une réduction des émissions – Rapport Ineris - 181229 - 2118437

Brignon J.M., Maxim L., Mombelli E., Tan D., Vergnaud J.C., 2018, « Evaluation économique de Risques Chimiques Complexes et incertains : cas de perturbateurs endocriniens et de substances PBT/vPvB (ERICC) », Rapport Final projet PNR EST ERICC –N° EST-2015/1/178

Diamond, M. L., de Wit, C. A., Molander, S., Scheringer, M., Backhaus, T., Lohmann, R., Arvidsson, R., Bergman, Å., Hauschild, M., Holoubek, I., Persson, L., Suzuki, N., Vighi, M., & Zetzsch, C. (2015). Exploring the planetary boundary for chemical pollution. Environment International, 78, 8–15. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.001

European Commission, 2020, Chemicals Strategy for Sustainability - Towards a Toxic-Free Environment , COM(2020) 667 final

European Environment Agency, 2017, « Chemicals for Chemicals for a sustainable future » https://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientific-committee/reports/chemicals-for-a-sustainable-future/download

Dulio V. et al., 2021, "Synthèse des travaux du Comité national d'Experts pour la Priorisation (CEP) des substances chimiques à surveiller dans les milieux aquatiques pour le 3ème cycle de gestion des eaux - Rapport Ineris 203227-2519521-v1.0

Fàbrega, F., Marquès, M., Ginebreda, A., Kuzmanovic, M., Barceló, D., Schuhmacher, M., Domingo, J. L., & Nadal, M. (2013). Integrated Risk Index of Chemical Aquatic Pollution (IRICAP): Case studies in Iberian rivers. Journal of Hazardous Materials, 263, 187–196. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.06.006

Gréaud L., Fribourg-Blanc B., 2016, Analyse, interprétation, expertise et communication sur 10 années de suivi des phytosanitaires dans les eaux du bassin Adour-Garonne, Rapport INERIS/OIEAU DRC-18-162341-00719A

Ineris, 2017, Guide pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de surface, Rapport DRC-17-136877-04137A, https://www.Ineris.fr/sites/Ineris.fr/files/contribution/Documents/R_DRC-17-136877-04137A_Guide_Inventaire_Emissions_2017_juin17_Vf.pdf

Lundy, L., Ellis, J. B., & Revitt, D. M. (2012). Risk prioritisation of stormwater pollutant sources. In Water Research (Vol. 46, Issue 20, pp. 6589–6600). Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.10.039

OECD, 2002 Series on Testing and Assessment, Number 36, Report of the OECD/UNEP 12 workshop on the use of multimedia models for estimating overall environmental persistence 13 and long-range transport in the context of PBTs/POPs assessment. ENV/JM/MONO(2002)15 14 (available at: 15 http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2002)1 16 5&doclanguage=en, last accessed 18th September 2020).

PIREN, 2019, Rapport de Synthèse, Phase 7, Volume 1 - Le système agro-alimentaire du bassin de la Seine : passé, présent et futurs possibles.

SAVIGNAC, J., BOISSON, J., POMIES, M., CUNY, F., BOUCARD, P., BRIGNON, J.-M., PHILIPPE, R., & HUMBEL, H.-X. (2021). Réduction à la source des micropolluants : outil d'aide au diagnostic et à l'élaboration d'un plan d'actions. Techniques Sciences Méthodes, 4(4), 29–43. https://doi.org/10.36904/tsm/202104029

Weissteiner, C. J., Pistocchi, A., Marinov, D., Bouraoui, F., & Sala, S. (2014). An indicator to map diffuse chemical river pollution considering buffer capacity of riparian vegetation — A pan-European case study on pesticides. Science of The Total Environment, 484, 64–73. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.124