

# Note de méthode pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de surface

## TABLE DES MATIERES

<b>1. VOIE D'APPORT P1. RETOMBÉES ATMOSPHÉRIQUES DIRECTES SUR LES EAUX DE SURFACE</b> .....	<b>4</b>
Sources d'émissions .....	4
Résumé .....	4
<b>Méthodologie</b> .....	<b>5</b>
Principe général .....	5
Estimation de P1 .....	6
Estimation complémentaire de P1 pour 15 autres HAP .....	7
Limites de l'approche .....	8
Evolutions depuis le précédent guide .....	9
Substances traitées .....	9
Bibliographie .....	9
<b>2. VOIES D'APPORTS AGRICOLES. SUBSTANCES PHYTOPHARMACEUTIQUES</b> .....	<b>10</b>
<b>Généralités – Les sources d'émissions</b> .....	<b>10</b>
Erosion (P2).....	11
Ruissellement depuis les terres perméables (P3) .....	11
Eaux souterraines (P4) .....	12
Emissions directes de l'agriculture et dérives de pulvérisation (P5) .....	12
Ruissellement depuis les surfaces imperméabilisées (P6).....	13
Déversoirs d'orage et eaux pluviales du système séparatif (P7) / Stations de traitement des eaux usées collectives (P8) .....	13
Emissions accidentelles .....	13
Résumé .....	14
<b>Méthodologie</b> .....	<b>15</b>
Substances actives phytopharmaceutiques organiques.....	15
Métaux.....	18
Substances traitées .....	22
<b>Annexes</b> .....	<b>23</b>
Annexe 1 : Substances phytopharmaceutiques dans les eaux de ruissellement urbaines – Point réglementaire. ....	23
Annexe 2 : Eléments sur le calcul des coefficients de contamination .....	24
Annexe 3 : Liste des substances phytopharmaceutiques prises en compte .....	25
Annexe 4 : Débits moyens retenus dans le cadre de l'exercice de l'inventaire réalisé en 2024 .....	30
Bibliographie .....	34
<b>3. VOIES D'APPORT P6-P7. RUISSELLEMENT DES SURFACES IMPERMEABILISÉES ET DEVERSOIRS</b> .....	<b>35</b>
Sources d'émissions .....	35
Substances traitées .....	36
Territoires .....	39
<b>Méthodologie</b> .....	<b>39</b>
Estimation des volumes de ruissellement urbain produit par les zones urbaines .....	40
Voie d'apport « Ruissellement des surfaces imperméabilisées » (P6) .....	42
Voie d'apport « Déversoirs d'orage » (P7).....	46
Annexes .....	49

Annexe 1 : Concentration en ( $\mu$ /l) des micropolluants dans les eaux de ruissellement.....	49
Annexe 2 : méthode pour estimer les volumes annuels évacués par les déversoirs d'orage (VDO).....	50
Annexe 3 : Concentration en ( $\mu$ /l) des micropolluants dans les eaux en entrée de STEU, moyenne des analyses quantifiées lors des campagnes 2018 et/ou 2022.....	51
<b>Bibliographie .....</b>	<b>54</b>
<b>4. VOIE D'APPORT P9. EAUX USEES DES MENAGES NON RACCORDES (EAUX TRAITEES OU NON TRAITEES).....</b>	<b>55</b>
Substances traitées .....	55
Territoires .....	55
Méthodologie .....	56
Bibliographie .....	57
<b>5. VOIE D'APPORT P10. LES EMISSIONS DIRECTES DE SUBSTANCES DANS L'EAU PAR LES INDUSTRIELS (P10) .....</b>	<b>58</b>
Jeux de données d'entrée .....	58
Gidaf .....	58
BDREP .....	58
Données de référence .....	58
Liste des industriels et des points de prélèvement .....	58
Liste des paramètres.....	59
Cadres de surveillance .....	59
Liste des points de surveillance .....	59
Préparation du jeu de données .....	59
Calcul des émissions dans les eaux.....	64
Algorithme de calcul .....	64
Cadre de surveillance « journalier » ou « bâché ».....	64
Cadre de surveillance non-« journalier » ni « bâché » .....	65
Transmission des résultats .....	66
<b>Annexes .....</b>	<b>67</b>
Annexe 1 – Liste des paramètres (P10) .....	67
<b>6. VOIE D'APPORT P8. LES EMISSIONS DIRECTES DE SUBSTANCES DANS L'EAU PAR LES STEU (P10) .....</b>	<b>74</b>
Données de référence .....	74
Liste des STEU et des masses d'eau.....	74
Liste des paramètres.....	74
Préparation du jeu de données .....	75
Récupération des données .....	75
Sélection des données importées.....	75
Calcul des émissions.....	77
Fréquences de quantification et concentrations.....	78
Calcul des flux .....	78
Calcul des CMP et FMA.....	79
Stations sans données .....	79
Transmission des résultats .....	80
<b>Annexes .....</b>	<b>81</b>
Annexe 1 – Liste des paramètres RSDE (P8) .....	81
Annexe 2 : exemple de réhabilitation d'erreur d'unité .....	85

# 1. Voie d'apport P1. Retombées atmosphériques directes sur les eaux de surface

Cette fiche présente la méthodologie générale d'estimation, à l'échelle d'un bassin, des flux d'émissions directes de substances atteignant les eaux de surface par dépôt atmosphérique (voie d'apport P1).

## SOURCES D'EMISSIONS

La pollution atmosphérique provient de sources anthropogéniques (industries, transports...) et naturelles (feux de forêt...). Une fois dans l'atmosphère, les substances chimiques se dispersent et atteignent les eaux de surface et le sol par dépôts humides et secs. Les retombées atmosphériques de substances parvenant directement aux eaux de surface correspondent à la voie d'apport P1.

## RESUME

Méthodologie	La méthode consiste à croiser les données de dépôt atmosphérique modélisées par EMEP, généralement exprimées en g/km <sup>2</sup> /an, avec les données de superficie des eaux de surface.
Territoire	La méthodologie est applicable à la France hexagonale et à la Corse <sup>1</sup>
Substances	Méthode applicable pour : <ul style="list-style-type: none"><li>- 3 métaux : Cd, Hg et Pb</li><li>- 3 POP : HCB, PCDD/F et PCB153</li><li>- 1 + 15 HAP : Benzo(a)pyrène + Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(ghi)perylene, Dibenz(ah)anthracène, Indéno(cd)pyrène</li></ul>
Année de référence	Les données les plus récentes disponibles sur la plateforme d'EMEP sont employées.
Données nécessaires	<ul style="list-style-type: none"><li>- Flux annuel de dépôt atmosphérique des substances d'intérêt déposées sur chaque maille (Source : EMEP)</li><li>- Superficie des eaux de surface de chaque bassin (Sources : Agences de l'eau)</li><li>- Superficie de chaque bassin (Sources : Agences de l'eau)</li><li>- Proportion de la maille située en France (Source : EMEP)</li><li>- Proportion du bassin situé dans chaque maille (Source : Ineris)</li><li>- Données de concentrations de HAP (dont le BaP) dans des échantillons d'eau de pluie</li></ul>

<sup>1</sup> Les études de l'EMEP couvrent la zone géographique comprise entre 30°N-82°N de latitude et 30°W-90°E de longitude : [The EMEP grid \(ceip.at\)](#). Les territoires ultramarins ne sont donc pas inclus.

## METHODOLOGIE

L'inventaire des émissions de la voie d'apport P1 est réalisé sur la base de données de flux annuels de retombées atmosphériques directes modélisées par l'EMEP<sup>2</sup> qui concernent 3 Polluants Organiques Persistants (POP), les HCB, PCB153 et PCDD/F, 3 métaux (le mercure, le plomb et le cadmium) et 1 Hydrocarbure Aromatique Polycyclique (HAP), le benzo(a)pyrène.

Il est par ailleurs possible d'utiliser d'autres informations provenant d'EMEP pour estimer les retombées de 15 autres substances HAP. Le Tableau 4 ci-dessous précise ces substances.

### Principe général

L'EMEP a développé un modèle qui attribue à chaque maille du territoire européen<sup>3</sup> de 0,1° x 0,1° de longitude-latitude<sup>4</sup> (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** pour le maillage du territoire français) et pour chaque substance étudiée un flux annuel de dépôt atmosphérique exprimé en g/km<sup>2</sup>/an (sauf pour les PCDD en µg TEQ/m<sup>2</sup>).

Les données sont mises à jour chaque année sur le site d'EMEP MSC-EAST<sup>5</sup>. Il convient de noter que le périmètre de modélisation d'EMEP se situant autour de l'Europe continentale, les résultats ne sont pas applicables aux territoires ultramarins.

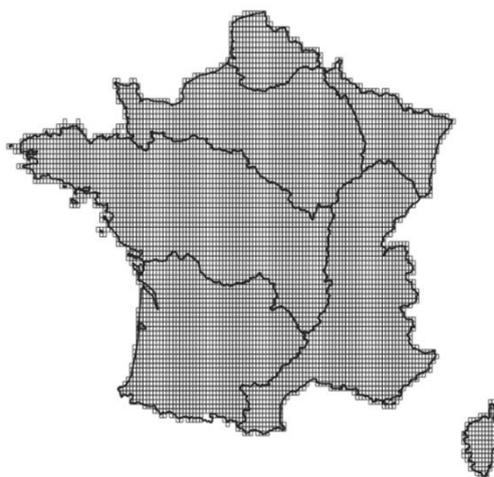


Figure 1 Maillage par grille EMEP sur le territoire français (Source : EMEP)

Il est donc possible théoriquement, en connaissant la part des eaux de surface dans chaque maille de déduire les dépôts de substances rejoignant les eaux à l'échelle d'une maille, puis, par extension, à l'échelle du district. Toutefois, cette information n'est pas facilement disponible<sup>6</sup> ; les agences qui disposeraient de cette donnée pourraient évidemment l'utiliser pour finaliser l'estimation. A défaut, la méthode simplifiée suivante est préconisée.

<sup>2</sup> EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme*) : Programme coopératif de surveillance continue et d'évaluation de la transmission à longue distance des polluants atmosphériques en Europe : <https://www.ceip.at>

<sup>3</sup> Les études de l'EMEP couvrent la zone géographique comprise entre 30°N-82°N de latitude et 30°W-90°E de longitude : [The EMEP grid \(ceip.at\)](https://www.ceip.at).

<sup>4</sup> Les fichiers Shapefiles sont disponibles par pays : [Grid definiton \(ceip.at\)](https://www.ceip.at).

<sup>5</sup> Les données sont disponibles et téléchargeables sur le site suivant : [Données sur les HM et les POP \(msceast.org\)](https://www.msceast.org). Résultant d'une coopération avec la Russie, le site n'est néanmoins plus directement disponible en anglais depuis le conflit en Ukraine.

<sup>6</sup> Non disponible sur le site web de l'EMEP, elle peut théoriquement être obtenue sur requête, par email. Mais les fichiers reçus ne fournissent qu'une information très partielle.

## Estimation de P1

### Approche

L'approche repose sur l'estimation du flux annuel de dépôt atmosphérique sur le territoire rapporté à la part des eaux de surfaces sur celui-ci. Il s'établit ainsi :  $P_1(X)_j = F(X)_j \times PES_j$

$F(X)_j$ : Flux annuel de dépôt de la substance  $X$  déposée sur le bassin  $j$  via les retombées atmosphériques directes (g/an)

$PES_j$ : Part des eaux de surface sur le territoire du bassin  $j$

Pour chaque bassin hydrographique français et chaque substance étudiée, une valeur de flux annuel de dépôt atmosphérique peut en effet être calculée en prenant en compte les flux de chaque maille du territoire<sup>7</sup>. La part des eaux de surface est une donnée géographique. Formellement, ces variables correspondent à :

$$F(X)_j = \sum_{\text{Ensemble des mailles } m} F_s(X)_m \times S_{j,m}$$
$$PES_j = \frac{SES_j}{S_j}$$

$F_s(X)_m$  : Flux surfacique annuel de la substance  $X$  déposée sur la maille  $m$  (g/km<sup>2</sup>/an)

$S_{j,m}$  : Superficie du bassin  $j$  dans la maille  $m$  (km<sup>2</sup>)

$SES_j$  : Superficie des Eaux de Surface du bassin  $j$  (km<sup>2</sup>)

$S_j$  : Superficie du bassin  $j$  (km<sup>2</sup>)

La méthodologie proposée pour l'estimation simplifiée de P1 est d'autant plus valable que les distributions des dépôts atmosphériques et des eaux superficielles sont uniformément réparties sur le territoire. Elle constitue dans tous les cas une amélioration par rapport à la version précédente du guide qui reposait sur une moyenne des dépôts homogène sur l'ensemble du territoire hexagonal.

### Données nécessaires

Le calcul des flux annuels de dépôt de chaque substance sur chaque bassin  $F(X)_j$  a été réalisé à partir des données EMEP de 2020, les plus récentes disponibles au moment de la rédaction de ce guide. Ils sont présentés dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Tableau 1 : Flux annuel de substances déposées sur chaque bassin via les retombées atmosphériques directes (g/an)

	Bassin	Année de référence	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RMC	SEINE-NORMANDIE
Dépôts annuels sur la globalité du bassin (g/an)	BaP	2020	1147048	233931	1690695	541701	1261973	1066933
	HCB	2020	358638	57768	495449	144072	426275	301547
	PCB 153	2019	91599	19934	107624	45328	110668	80799
	PCDD	2020	178	56	287	68	191	225
	Hg	2020	1045035	174222	1335513	312664	1322471	796082
	Cd	2020	939459	218924	1329178	327664	1404787	844259
	Pb	2020	31788770	6536285	45373267	9559779	51606235	28760415

<sup>7</sup> Ce travail requiert de prendre en compte la proportion de la maille située en France et d'utiliser un système de projection (Lambert93) permettant de faire une intersection entre la grille EMEP et les limites du bassin étudié.

Le calcul de la part des eaux de surface sur le territoire de chaque bassin **PES**, s'appuie sur des données qui sont disponibles à l'échelle des districts. Elles sont répertoriées dans le *Tableau 2*.

*Tableau 2: Superficie des eaux de surface sur les différents bassins*

	Superficie du bassin (km <sup>2</sup> )	Superficie du district (km <sup>2</sup> )	Superficie des eaux de surface (km <sup>2</sup> )
LOIRE-BRETAGNE	156658	/	3298
ADOUR-GARONNE	116767	/	2588
ARTOIS-PICARDIE - Sambre	19913	1103	19,8
AP - Escaut...		18810	273
RM - Rhin	31644	23745	488
RM - Meuse		7899	99,2
RM&C - Rhône...	129346	120625	3644
RM&C - Corse		8721	158
SN	94463	/	1412

### Estimation complémentaire de P1 pour 15 autres HAP

Les modélisations d'EMEP n'intègrent que le Benzo(a)Pyrène dans la famille des HAP. Il est toutefois possible de réaliser une estimation des dépôts atmosphériques d'autres HAP en les extrapolant à partir de données de concentrations dans les précipitations.

Le guide européen préconise pour cela d'employer la base de données EBAS<sup>8</sup> qui compile des données de mesures atmosphériques générées par des programmes nationaux et internationaux tels qu'EMEP (Roovaart et al., 2022 p20). Disposant des données de concentrations dans les précipitations au niveau des stations de surveillance, il est possible de calculer le rapport entre la concentration du BaP et celles de 15 autres HAP, et d'extrapoler ainsi les dépôts atmosphériques de ces 15 substances. Cependant les données mobilisées sont peu représentatives du contexte français<sup>9</sup>. Nous préconisons dans ce guide d'employer une méthodologie similaire sur la base d'informations plus spécifiques au contexte français fournies par une étude de l'AASQA<sup>10</sup> Atmo Nouvelle-Aquitaine sur les HAP dans les retombées atmosphériques<sup>11</sup> (Atmo, 2021).

Le

*Tableau 3* ci-après représente les médianes, percentiles 10 et 90 des ratios [Concentration<sub>HAP</sub> / Concentration<sub>BaP</sub>] sur la base des données de l'étude française (colonne de gauche) et des données européennes (colonne de droite).

<sup>8</sup> <https://ebas-data.nilu.no/Default.aspx>

<sup>9</sup> Nous dénombrons 18 mesures de benzo(a)pyrène en France entre 2015 et 2019 parmi les 127 que compte la base EBAS, et des nombres inférieurs pour les autres HAP.

<sup>10</sup> Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

<sup>11</sup> L'AASQA Atmo Nouvelle-Aquitaine a organisé entre 2020 et 2021 deux campagnes de mesures de HAP dans des retombées atmosphériques dans la région Nouvelle-Aquitaine (une campagne estivale et une campagne hivernale). Quatre des sites étudiés sont localisés dans le bassin d'Arcachon et un site dit de fond rural dans le département de la Gironde, cette répartition permet d'étudier l'impact de différentes sources émettrices de HAP : le trafic routier (et maritime), le chauffage au bois, les activités nautiques et les feux de forêts.

Tableau 3. Comparaison des ratios [HAP] / [Benzo(a)pyrène] provenant de l'EMEP et des campagnes de mesure d'Atmo Nouvelle Aquitaine

	Ratios dépôts [HAP]/[BaP]									Comparaison Médiane des ratios Atmo Nouvelle Aquitaine /Médiane des ratios EMEP
	Etude Atmo Nouvelle-Aquitaine					EMEP				
	P10	Moy.	P90	Méd.	n	P10	Méd.	P90	n	
Benzo(a)pyrène	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Naphtalène (*)	2,08	5,03	9,20	4,53	10	0,21	<b>2,11</b>	23,9	46	2,2
Acénaphthylène (**)	0,09	1,41	2,64	<b>0,44</b>	10	0	0,52	2	41	0,8
Acénaphène (**)	0,08	1,28	2,05	<b>0,40</b>	10	0,26	0,96	4,42	41	0,4
Fluorène (**)	0,08	1,33	2,25	<b>0,94</b>	10	1,06	1,02	7,79	46	0,9
Phénanthrène	0,54	4,42	11,16	<b>3,40</b>	10	1,58	5,06	16,1	81	0,7
Anthracène (**)	0,08	0,45	0,74	<b>0,26</b>	10	0,12	0,24	1	86	1,1
Fluoranthène	0,99	5,15	9,98	<b>3,81</b>	10	1,06	4,18	7,79	85	0,9
Pyrène	0,92	3,58	6,23	<b>2,94</b>	10	1,06	2,93	5,90	86	1,0
Benzo(a)anthracène	0,41	0,83	1,36	<b>0,80</b>	10	0,54	0,90	1,29	127	0,9
Chrysène	0,83	2,13	3,78	<b>1,58</b>	10	0,50	1,84	4,86	50	0,9
Benzo(b)fluoranthène	1,24	2,43	3,84	<b>2,14</b>	10	1,03	1,97	2,41	74	1,1
Benzo(k)fluoranthène	0,59	0,94	1,41	<b>0,85</b>	10	0,52	0,77	1	87	1,1
Benzo(ghi)pérylène	0,91	1,35	1,75	<b>1,28</b>	10	0,65	1,23	1,77	91	1,0
Dibenzo(ah)anthracène (**)	0,17	0,25	0,33	<b>0,24</b>	10	0,07	0,28	0,63	109	0,9
Indéno(cd)pyrène	1,09	1,64	2,17	<b>1,54</b>	10	0,82	1,39	1,81	127	1,1

(\*) Le blanc de prélèvement réalisé sur une jauge non exposée ayant répondu (concentration du blanc = 12,8 ng/m<sup>2</sup> /j en naphtalène), les concentrations en naphtalène reportées ci-dessus, pour la campagne estivale, sont données à titre indicatif et ne semblent pas représentatives de la concentration réelle en naphtalène sur les sites de mesures.

(\*\*) Les résultats "<LQ" de cette substance ont été remplacés par la valeur de la LQ pour ne pas biaiser comparaison en écartant des concentrations faibles

D'une manière générale, nous constatons une cohérence importante entre les résultats de l'étude Atmo et ceux fondés sur les données EBAS. Le cas du naphtalène est particulier puisque l'étude Atmo indique des réserves sur les concentrations observées.

Ce guide recommande donc d'employer les coefficients présentés **en gras** dans le

Tableau 3 pour extrapoler les valeurs de dépôts atmosphériques des 15 HAP à partir des résultats obtenus pour le BaP selon la méthode simplifiée présentée ci-dessus. Ainsi :

$$P_1(X_{HAP})_j = P_1(X_{BaP})_j \times \text{Ratio}_{[HAP]/[BaP]}$$

## LIMITES DE L'APPROCHE

- Les données EMEP ne couvrent pas toutes les substances devant faire l'objet d'un inventaire
- Les données EMEP ne couvrent pas les DOM/TOM

## ÉVOLUTIONS DEPUIS LE PRECEDENT GUIDE

- Calcul de valeurs moyennes de dépôt spécifiques à chaque district
- Les valeurs provenant d'autres sources qu'EMEP n'ont pas été conservées
- Proposition d'une méthode d'extrapolation pour 15 HAP à partir des estimations concernant le BaP.

## SUBSTANCES TRAITEES

Tableau 4. Substances dont les flux par la voie d'apport P1 sont estimés

Substance	N°CAS	Famille de substance	Méthode simplifiée	Méthode extrapolation
Cadmium (Cd)	7440-43-9	Métaux	X	
Mercure (Hg)	7439-97-6	Métaux	X	
Plomb (Pb)	7439-92-1	Métaux	X	
Phénanthrène	85-01-8	HAP		X
Fluoranthène	206-44-0	HAP		X
Pyrène	129-00-0	HAP		X
Naphtalène	91-20-3	HAP		X
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	HAP		X
Chrysène	218-01-9	HAP		X
Indéno(1,2,3-cd) pyrène	193-39-5	HAP		X
Benzo(g,h,i)perylene	191-24-2	HAP		X
Fluorène	86-73-7	HAP		X
Benzo(a)Pyrène (BaP)	50-32-8	HAP	X	
Acénaphène	83-32-9	HAP		X
Benzo(a)anthracène	56-55-3	HAP		X
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	HAP		X
Acénaphthylène	208-96-8	HAP		X
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	HAP		X
Anthracène	120-12-7	HAP		X
Hexachlorobenzène (HCB)	118-74-1	POP	X	
Polychloro-dibenzodioxines (PCDD)	-	POP	X	
Polychloro-dibenzofuranes (PCDF)	-	POP	X	
Polychlorobiphényle 153 (PCB153)	35065-27-1	POP	X	

## BIBLIOGRAPHIE

Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2021, Mesures en air ambiant autour du bassin d’Arcachon, 30p, Référence : URB\_EXT\_19\_333, disponible suivant le lien : [Observatoire régional de l’air \(siba-bassin-arcachon.fr\)](http://observatoire-regional-de-lair.siba-bassin-arcachon.fr)

Roovaart, J. van den, Ullrich, A., Duijnhoven, N. van, Prchalová, H., Bleser, J., Whalley, C., 2022, Calculating emissions to water – a simplified method. ETC/ICM Technical Report 03/2022: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters, 205 pp.

## 2. Voies d'apports agricoles. Substances phytopharmaceutiques

Cette fiche présente la méthodologie à suivre pour réaliser, à l'échelle d'un bassin, l'inventaire des émissions de substances d'origine agricole atteignant les eaux de surface. Elle se divise en deux sous-parties : l'une portant sur les substances phytopharmaceutiques, la seconde sur les métaux.

### GENERALITES – LES SOURCES D'EMISSIONS

Les substances étudiées comptent de multiples origines : les traitements phytopharmaceutiques, les apports d'engrais (minéraux ou organiques), les amendements des sols (épandage de boues, de composts, de sous-produits industriels, ...) et la composition même des sols.

En fonction de la gestion du sol et du type de culture, une partie des intrants agricoles peut être lessivée, ruisseler, ou rejoindre les eaux via l'érosion des sols... La Figure 1 illustre les différentes voies d'apport de ces substances aux eaux de surface.

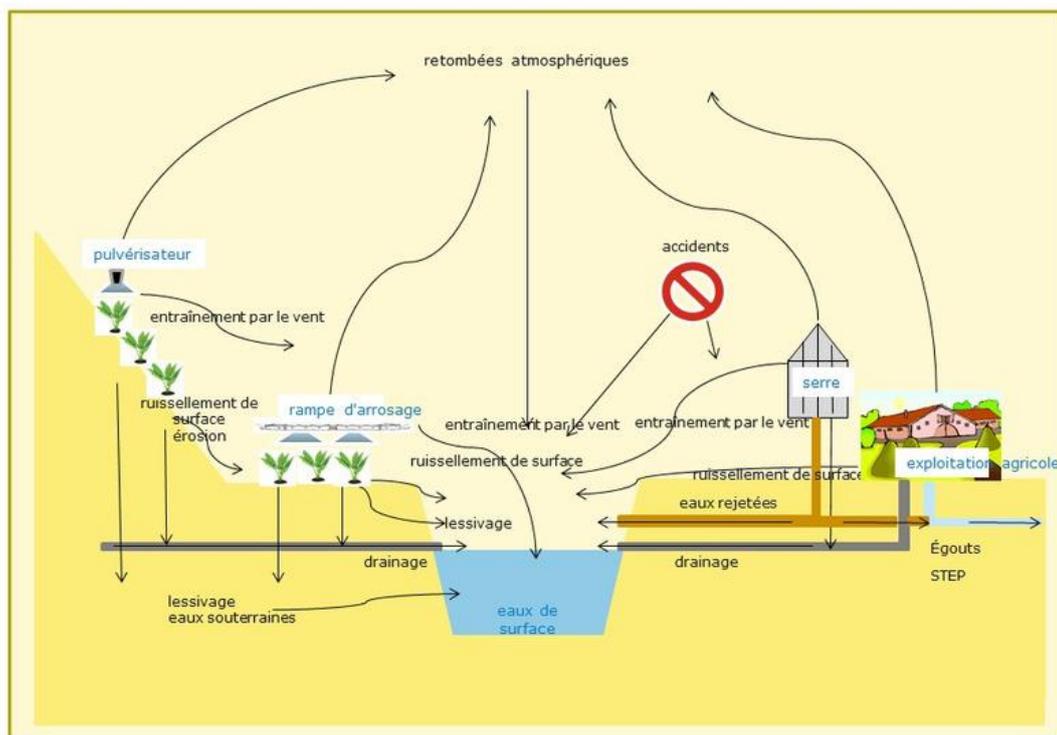


Figure 1. Schéma conceptuel des différentes voies d'apport de produits phytosanitaires d'origine agricole vers les eaux de surface considérées dans le cadre de la réalisation d'un inventaire des émissions (Source : [Commission Internationale pour la Protection du Rhin](#))

8 voies d'apport peuvent conduire les substances d'origine agricole vers les eaux de surface :

- L'érosion (P2)
- Le ruissellement depuis les terres perméables (P3)

- Les eaux souterraines (P4)
- Les émissions directes de l'agriculture et dérives de pulvérisation (P5)
- Le ruissellement depuis les surfaces imperméabilisées (P6<sup>12</sup>)
- Les déversoirs d'orage et eaux pluviales du système séparatif (P7)
- Les stations de traitement des eaux usées collectives (P8)
- Les émissions accidentelles

A la différence de la version du guide des inventaires publié en 2017, l'inventaire des émissions d'origine agricole agrège, en fonction de la nature des polluants (métaux ou substances actives phytosanitaires) tout ou partie de ces sources d'émissions, il ne permettra donc pas de distinguer les contributions des différentes sources et voies de transferts vers ces eaux.

## **Erosion (P2)**

L'érosion correspond au transport de matériaux de la surface terrestre (susceptibles de contenir des micropolluants) sous l'action de ruissellements (dus à de fortes précipitations) ou à des vents violents. Le déplacement de la couche supérieure du sol peut impliquer la contamination des eaux de surface lorsque ces matériaux les atteignent.

L'érosion est ainsi un vecteur des métaux entrant dans la composition des sols.

Bien que l'érosion soit un processus naturel, elle a été considérablement accélérée par les activités humaines au cours des dernières décennies (notamment l'agriculture intensive et la déforestation). Le changement climatique renforce les processus d'érosion causés par l'augmentation du nombre de fortes précipitations et l'allongement des périodes de sécheresse (la couverture végétale peut être détruite et laisser la surface du sol sans protection).

## **Ruissellement depuis les terres perméables (P3)**

Le ruissellement correspond aux eaux de pluie (ou d'irrigation, ou de fonte des neiges) qui ne sont pas absorbées par le sol. Cet excès d'eau s'écoule à la surface du sol et se déverse dans les ruisseaux, les rivières ou les étangs avoisinants. En fonction de leurs propriétés physico-chimiques, les micropolluants peuvent être transportés soit dans la phase dissoute, soit dans la phase sédimentaire de l'eau de ruissellement.

Ces ruissellements peuvent véhiculer des micropolluants provenant :

- D'épandages de pesticides ou d'engrais ;
- De retombées atmosphériques (d'origine agricole ou non) ;
- De la composition même du sol.

Comme pour l'érosion, l'agriculture intensive et la déforestation ont intensifié le phénomène de ruissellement depuis les terres perméables. De même, le changement climatique participe à l'augmentation des apports de cette voie par l'augmentation du nombre de fortes précipitations et la fragilisation de la couverture végétale liée à l'allongement des périodes de sécheresse.

---

<sup>12</sup> Voir Annexe 1 : Substances phytopharmaceutiques dans les eaux de ruissellement urbaines – Point réglementaire

## Eaux souterraines (P4)

Cette voie d'apport couvre le transport des substances (provenant d'épandages, de retombées atmosphériques et du sol lui-même) après lixiviation dans le sol, tandis que la précédente voie (ruissellement depuis les terres perméables) décrit le ruissellement au niveau de la couverture du sol.

Le lessivage des sols se réalise *via* divers canaux : les écoulements hypodermiques, les réseaux de drainage souterrains et les eaux souterraines (cf. Figure 2 ci-dessous).

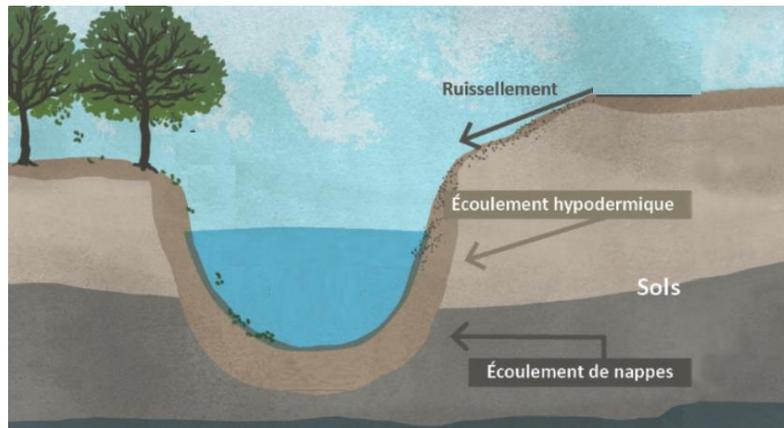


Figure 2. Vue d'ensemble schématique du ruissellement de surface, de l'écoulement hypodermique et des eaux souterraines dans un bassin versant (Source : d'après [Garonne, Dordogne et « bouchon vaseux » estuarien : des destins liés](#))

Les écoulements hypodermiques désignent l'ensemble des écoulements situés sous la surface du sol mais au-dessus des [nappes phréatiques](#).

Le réseau de drainage souterrain collecte les eaux de percolation et élimine l'excès d'eau du sol sous sa surface par un exutoire qui peut se déverser dans des eaux de surface.

Les écoulements de nappes sont alimentés par les eaux de percolation qui lixivient les polluants des particules du sol, les dissout et les entraîne dans la nappe phréatique.

## Emissions directes de l'agriculture et dérives de pulvérisation (P5)

La voie P5 couvre les rejets directs et la dérive de pulvérisation des polluants d'origine agricole qui peuvent atteindre les eaux de surface.

### Rejets directs

Lorsque des engrais, du fumier ou des pesticides sont manipulés dans les exploitations agricoles, une partie de ces substances peut entraîner une contamination involontaire des fossés ou ruisseaux par le biais de déversements sur des surfaces avec un revêtement (type bitume ou béton) ou d'un apport direct des machines d'application (par exemple, pulvérisation excessive).

### Dérive de pulvérisation

La dérive de pulvérisation peut se produire lors de l'application d'engrais ou de produits phytopharmaceutiques dans les champs. Elle correspond au déplacement de substances dans l'air depuis la zone traitée vers un autre site (ruisseaux, rivières ou étangs avoisinants). La dérive peut se produire pendant l'application, lorsque les gouttelettes sont transportées à distance du site cible, ou après l'application, lorsque certaines substances passent à l'état gazeux et peuvent donc se déplacer hors de la zone traitée.

## **Ruissellement depuis les surfaces imperméabilisées (P6)**

Les surfaces imperméables des exploitations agricoles ne sont pas systématiquement raccordées au réseau d'égouts (séparatif ou unitaire). Par conséquent, les polluants déposés sur ces surfaces sont lessivés et transportés vers des zones perméables avec de la végétation ou des sols nus, où l'eau peut s'infiltrer ou se déverser avec le trop-plein directement dans les eaux de surface.

L'Annexe 1 : Substances phytopharmaceutiques dans les eaux de ruissellement urbaines – Point réglementaire<sup>1</sup> de ce chapitre précise le contexte réglementaire national qui limite les apports attendus de substances phytopharmaceutiques vers les eaux superficielles par cette voie du fait du ruissellement sur d'autres types de surfaces imperméabilisées.

## **Déversoirs d'orage et eaux pluviales du système séparatif (P7) / Stations de traitement des eaux usées collectives (P8)**

Les effluents des exploitations agricoles peuvent être raccordés à un réseau de type séparatif ou de type unitaire.

Le réseau séparatif collecte les eaux usées et les eaux pluviales dans des réseaux différents. Le réseau d'eaux usées doit mener les eaux à une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées. Le réseau d'eaux pluviales renvoie généralement les eaux directement dans les rivières.

Le réseau unitaire collecte de façon commune les eaux usées et les eaux pluviales et les transfère vers une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées. Lors de fortes précipitations, les débordements des réseaux unitaires peuvent engendrer, *via* les déversoirs d'orage, des contaminations des cours d'eau.

## **Emissions accidentelles**

Cette voie d'apport n'est pas couverte par le présent guide.

## RESUME

	Voies d'apport			
	Erosion (P2)	Ruissellement depuis les terres perméables (P3)	Eaux souterraines (P4)	Emissions directes et dérives de pulvérisation (P5)
Territoire	Les méthodologies sont applicables à la France hexagonale et à la Corse			
Substances phytosanitaires organiques				
Référence méthodologique	Staub <i>et al.</i> , 2024			
Année de référence	Inventaire réalisé sur la base des données BNV-DS les plus récentes			
Données nécessaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données BNV-DS de ventes de produits phytosanitaires</li> <li>- Coefficients <math>\gamma'_{i,j}</math> de contamination moyens pondérés pour chaque substance i et chaque bassin j</li> <li>- Coefficients Koc de partage entre l'eau et le carbone organique des substances des substances pour lesquelles <math>\gamma'_{i,j}</math> n'est pas disponible</li> <li>- Débits moyens des cours d'eau</li> <li>- Surface des bassins</li> </ul>			
Métaux				
Références méthodo	Guide européen sur les inventaires (Roovaart et al., 2022) et Guide national (Ineris, 2017)			
Substances	Cd, Ni, Pb	Cd, Ni, Pb, Cu, Zn		Cu, Zn
Année de référence	Inventaire réalisé sur la base des données BNV-DS les plus récentes			
Données nécessaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrations de métaux dans les sols agricoles</li> <li>- Perte surfacique annuelle de sol (données Eurostat)</li> <li>- Surfaces Agricoles Utiles (données BNV-DS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apports annuels Moyens surfaciques sur les Terres Agricoles</li> <li>- Part de transfert de métaux depuis le sol vers les eaux de surface par lixiviation</li> <li>- Surfaces Agricoles Utiles (données BNV-DS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données BNV-DS de ventes de produits phytosanitaires</li> <li>- Coefficient permettant de ne prendre en compte que la masse du métal et non pas celle des autres éléments présents dans la substance phytosanitaire</li> </ul>	

## METHODOLOGIE

Ce guide détaille les méthodologies couvrant différents types de substances :

- Les substances actives phytosanitaires organiques
- Les métaux susceptibles d'être employés dans des produits phytosanitaires, des engrais inorganiques ou provenant de retombées atmosphériques ou présents naturellement dans les sols agricoles

### Substances actives phytopharmaceutiques organiques

#### Approche générale

La méthodologie d'inventaire s'appuie sur les travaux de Staub et al. (2024)<sup>13</sup> qui évaluent la relation entre les indicateurs de contamination des eaux de surface et les données de ventes de substances actives phytosanitaires. Cette relation repose sur l'emploi d'un coefficient de contamination spécifique à chaque bassin et à chaque substance active. Cette approche est conceptuellement la même que celle proposée par l'Agence européenne de l'environnement pour calculer la charge de pesticides dans les eaux de surface en vue de préparer l'inventaire des émissions de la DCE (Roovaart, 2022).

L'étude Staub et al. (2024) est basée sur l'ensemble des données de surveillance chimique de la DCE des eaux de surface françaises, couvrant 100 substances (dont 53 substances actives phytosanitaires) mesurées mensuellement sur 4000 sites des 6 principaux bassins fluviaux continentaux, pendant 12 ans de 2009 à 2020.

En partant de l'hypothèse selon laquelle le tonnage réparti sur chacun des principaux bassins fluviaux au cours d'une année donnée  $k$  est égal au tonnage vendu dans le bassin cette même année (ce qui revient à considérer qu'il n'y a pas de stockage, ni d'importation ou d'exportation de la substance hors du bassin considéré), le flux de la substance chimique  $i$  émise au cours de l'année dans les cours d'eau du bassin  $j$  peut être estimé de la manière suivante :

$$L_{i,j,k} = T_{i,j,k} \cdot \gamma'_{i,j} \cdot f_{j,k} \quad (1)$$

$L_{i,j,k}$ : Flux de la substance chimique  $i$  émise au cours de l'année  $k$  dans les cours d'eau du bassin  $j$  (tonnes)

$T_{i,j,k}$ : Tonnage de la substance  $i$  vendue et supposément appliquée sur la zone du bassin  $j$  au cours de l'année  $k$

$f_{j,k}$ : Débit moyen des cours d'eau par unité de surface du bassin  $j$  au cours de l'année  $k$  (l/m<sup>2</sup>/an)

$\gamma'_{i,j}$ : Coefficient de contamination moyen de la substance  $i$  du bassin  $j$  exprimé en m<sup>2</sup>/l

Les coefficients de contamination  $\gamma'_{i,j}$  moyens estimés dans Staub et al. (2024) ne peuvent être directement transposés à d'autres lieux ou échelles spatiales, ni à d'autres substances. Ils sont établis sur la base des tendances de concentration sur la période 2009-2020<sup>14</sup>, et leur stabilité est étayée<sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35511-z>

<sup>14</sup> En pondérant les coefficients annuels  $\gamma'_{i,j,k}$  en fonction du nombre de données annuelles dans le bassin  $j$  et en normalisant au nombre total de ces données sur l'ensemble de la période pour le même bassin. Voir 6b.

<sup>15</sup> D'après Staub et al. (2024), si une substance est utilisée aux mêmes fins agricoles, les variations de concentration induites par la pluviométrie dans le bassin versant se trouvent, dans une certaine mesure, compensées par les plus importantes quantités de

Ils intègrent de fait plusieurs facteurs propres à chaque bassin et substance :

- La dilution de la substance dans les cours d'eau du bassin
- Les interactions spécifiques entre les sols du bassin et la substance
- Les caractéristiques spatiales du bassin (terres agricoles en pente, érosion des sols, faible couverture végétale des sols ...)
- Les variabilités temporelles (y compris les conditions pédo-hydro-climatiques qui affectent la mobilité des contaminants)
- Les configurations spatiales des réseaux de surveillance
- La diversité des conditions de culture et des pratiques agricoles (cultures dominantes vulnérables à l'érosion comme les vignobles, saisonnalité des traitements...)

Les travaux présentés dans Staub et al. (2024) ne fournissent pas d'estimations des coefficients de contamination moyens pour l'ensemble des substances phytopharmaceutiques d'intérêt. Toutefois, ils permettent de les estimer sur la base d'une relation empirique liant ces coefficients aux propriétés physico-chimiques des substances, selon la relation suivante<sup>16</sup> :

$$\gamma'_{i,j} = \frac{10^{\beta_j}}{(Koc_i)^{\alpha_j}} \quad (2)$$

$\alpha_j$  et  $\beta_j$  sont des caractéristiques de transfert spécifiques au bassin  $j$  pour la période considérée

$Koc_i$  est le coefficient de partage entre l'eau et le carbone organique de la substance  $i$

Le domaine d'application de cette relation empirique se limite aux substances dont le  $Koc < 60$ .

#### Données nécessaires à la réalisation de l'inventaire

Les **coefficients de contamination moyens pondérés** proviennent de Staub et al. (2024) et sont compilés dans l'Annexe 3 : Liste des substances phytopharmaceutiques prises en compte<sup>2</sup> de ce chapitre.

Les valeurs de **Koc** sont extraites des portails web PubChem<sup>17</sup> et PPDB<sup>18</sup> (Pesticide Properties DataBase), qui rassemblent les valeurs de la littérature. Les valeurs retenues sont présentées dans l'Annexe 3 : Liste des substances phytopharmaceutiques prises en compte<sup>3</sup> de ce chapitre.

Les valeurs empiriques de  $\alpha$  et  $\beta$  propres à chaque bassin sont indiquées dans le Tableau 5 :

*Tableau 5 : Valeurs empiriques des paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  pour les six principaux bassins français*

Bassins	$\alpha$	$\beta$
LOIRE-BRETAGNE	0.51	-1.00
ADOUR-GARONNE	0.60	-0.92
ARTOIS-PICARDIE	0.53	-0.89
RHIN-MEUSE	0.70	-0.45
RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE	0.63	-0.43
SEINE-NORMANDIE	0.68	-0.82

substances emportées par les eaux. En conséquence, les coefficients de contamination  $\gamma'$  sont assez stables. Cette hypothèse est confirmée dans une étude portant sur les charges d'herbicides dans le Rhin (Bach, 2012).

<sup>16</sup> La persistance des substances représentée par la durée de demi-vie (DT50) est également considérée comme un facteur de transfert des substances actives vers les cours d'eau. Son impact a été étudié dans le cadre de la publication, dont la conclusion est qu'à l'échelle de cette étude, où les sources de pollution sont largement dispersées dans l'espace et dans le temps, il n'y a pas de regroupement distinct ni de comportement cohérent des coefficients de contamination calculés empiriquement en fonction de ces fourchettes de dégradabilité.

<sup>17</sup> <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

<sup>18</sup> <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>

Les données de **ventes de substances actives phytosanitaires** ( $T_{i,j,k}$ ) sont issues de la base de données BNV-DS<sup>19</sup> (Banque nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques spatialisées) qui collecte et traite les déclarations de ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs au titre de la redevance pour pollutions diffuses. Les données de ventes sont fournies à l'échelle du code postal de l'acheteur déclaré auprès des distributeurs (BNV-d Registre) et sont par la suite raccordées à une masse d'eau qui elle-même dépend d'un district.

Les données de **surface des bassins** proviennent du SANDRE. Le *Tableau 6* ci-dessous les récapitule.

Les **débits moyens annuels** des cours d'eau utiles à l'exercice ( $f_{j,k}$ ) sont établis sur la base des informations disponibles dans les agences. Pour chaque district, le débit moyen retenu est établi sur la base de la somme des débits moyens des cours d'eau conduisant à la mer ou à l'océan, ou sortant du territoire national. A titre d'exemple, les débits retenus en 2024 sont présentés dans le *Tableau 6*<sup>20</sup>.

*Tableau 6 : Caractéristiques des districts hydrographiques de France métropolitaine nécessaires au calcul de flux : Superficie des territoires (km<sup>2</sup>) et Débits moyens retenus dans le cadre de l'exercice d'inventaire réalisé en 2024 (m<sup>3</sup>/an) – cf annexe 4 de ce chapitre*

	Débits moyens des cours d'eau (m <sup>3</sup> /an)	Superficies (km <sup>2</sup> )	
	2018-2020	District	Bassin
LOIRE-BRETAGNE	42 531 838 827	156 658	
ADOUR-GARONNE	44 715 525 120	116 767	
ARTOIS-PICARDIE - Sambre	291 778 698	1 103	19 913
ARTOIS-PICARDIE - Escaut	2 885 547 540	18 810	
RHIN-MEUSE - Rhin	6 722 047 606	23 745	31 644
RHIN-MEUSE - Meuse	6 248 040 800	7 899	
RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE – Rhône-Méd.	58 016 779 200	120 625	129 346
RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE - Corse	Données indisponibles	8 721	
SEINE-NORMANDIE	20 170 056 086	94 463	

### Limites de l'approche

Les données ne couvrent pas les DOM/TOM.

L'emploi de coefficients de contamination moyens nécessite de prendre en compte quelques points :

- L'évolution des pratiques agricoles pourrait avoir un impact sur la valeur des coefficients de contamination. A titre d'exemple, une modification de la saison au cours de laquelle une substance est employée pourrait avoir un impact sur son devenir car les conditions thermiques peuvent avoir une influence sur la volatilité de la substance par exemple. Le cas des substances employées comme substitut à une autre dont l'emploi est devenu interdit doit par exemple faire l'objet d'une attention particulière.
- D'une manière générale un changement de réglementation est de nature à modifier ces coefficients. Par exemple en cas d'interdiction d'emploi programmée, les agriculteurs ont pu procéder à un stockage d'anticipation, ce qui a entraîné un biais de sous-estimation de la valeur du coefficient de contamination au cours de cette période.

<sup>19</sup> [https://odr.inrae.fr/intranet/carto\\_joomla/index.php/reseaux/reseau-sdc-sdp/pdt-phyto](https://odr.inrae.fr/intranet/carto_joomla/index.php/reseaux/reseau-sdc-sdp/pdt-phyto)

<sup>20</sup> Les ressources suivantes peuvent être mobilisées : l'outil ProfilsHydro (<https://sunshine.irstea.fr/app/profilsHydro>), le HydroPortail (<https://www.hydro.eaufrance.fr/>) et le site de l'OFB (<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/276>)

- La base de données des distributeurs qui déclarent dans la BNV-DS n'a pas été constante sur la période 2009-2015 et s'est enrichie. Ainsi, les substances actives vendues pour le traitement des semences n'ont été incluses dans la BNV-D qu'à partir de 2012, ce qui peut avoir un impact sur le coefficient de contamination si la substance présente une double utilisation traitement foliaire/traitement des semences.
- Des valeurs de coefficient de contamination élevées ont été observées dans certains bassins où les tonnages surfaciques vendus étaient particulièrement faibles, de sorte qu'il est probable que le caractère incomplet de certains chiffres de consommation induise un biais de surestimation dans le calcul de  $\gamma'$ .

La prédiction du coefficient de contamination par le biais de l'équation (2) peut présenter quelques biais car :

- Les utilisations printanières ou estivales des substances phytosanitaires peuvent impacter le coefficient de contamination sans que cela ne soit pris en compte dans l'équation : ces saisons sont celles où la biodégradation dans les sols et la volatilisation sont favorisées par les conditions thermiques (ex : 2,D, le 2,4MCPA, le métazachlore ou le chlorpyrifos-éthyl pour la biodégradation et chlortoluron pour la volatilisation).
- La variété d'utilisation entre les bassins peut biaiser la relation entre le coefficient de contamination et le Koc : par exemple une utilisation importante des substances phytosanitaires dans des contextes urbains *via* des produits non-agricoles implique un coefficient de contamination plus important (les surfaces peu perméables ont tendance à accélérer le transfert des substances vers les eaux) qui ne sera pas pris en compte par l'équation basée sur le Koc (ex : thiabendazole).
- Se basant sur les données de la BNV-DS, cette méthodologie peut sous-estimer les émissions de substances qui ont également une application biocide car ces usages ne sont pas comptabilisés au même titre que les usages phytosanitaires dans la base.

## Métaux

### Approche générale

Les éléments métalliques comptent de multiples origines : l'apport d'engrais (minéraux ou organiques), l'amendement des sols (épandage de boues, de composts, de sous-produits industriels, ...), les retombées atmosphériques et les traitements *via* les produits phytopharmaceutiques.

A l'inverse des substances actives, la méthodologie d'inventaire des émissions d'origine agricole des métaux n'agrège pas les voies d'apport qui sont traitées de façon indépendante et basées sur :

- la méthodologie présentée dans le guide européen (Roovaart, 2022) pour les voies d'apport P2 (érosion des sols) et P4 (eaux souterraines)
- sur le précédent guide pour les inventaires d'émissions (2007) pour les voies d'apport P3 (Ruissellement des surfaces perméables) et P5 (émissions directes et dérivées).

*NB : Les calculs tiennent compte à la fois des substances dissoutes et des substances présentes dans la phase sédimentaire. Aucune distinction n'a été faite entre ces deux types de substances dans les calculs.*

### Erosion (P2) - Méthodologie

Les flux d'émissions de métaux *via* la voie d'apport P2 peuvent être estimés selon la formule suivante :

$$P_{2,m,j} = C_{m,j} \times P_{sol,j} \times SAU_j \times Erosion_{ES} \times 10^{-6} \quad (3)$$

$P_{2,m,j}$  : Flux du métal  $m$  provenant de l'érosion du sol du bassin  $j$  (t/an)

$C_{m,j}$  : Concentration du métal  $m$  dans les sols agricoles du bassin  $j$  (mg/kg)

$P_{sol,j}$  : Perte surfacique annuelle de sol du bassin  $j$  (t/ha/an)

$SAU_j$  : Surface Agricole Utile du bassin  $j$  (ha)

$Erosion_{ES}$  : Part des pertes annuelles de sol provenant de l'érosion des sols et parvenant jusqu'aux eaux de surface (sans unité)

### Erosion (P2) – Données nécessaires

A défaut de données de **concentrations de métaux** propres aux bassins étudiés, l'estimation pourra être réalisée sur la base des données de l'étude d'Eurométaux (Comber *et al.*, 2021) qui fournit des concentrations de fond des métaux identifiés comme substances prioritaires de la DCE (cadmium, nickel et plomb) dans les sols naturels français (cf. Tableau 7 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessous).

Tableau 7 : Concentrations de fond en Cd, Ni et Pb dans les sols français (Comber *et al.*, 2021)

	Concentration moyenne dans les sols (mg/kg)
Cadmium	0,41
Nickel	23,7
Plomb	36,3

Les données de **pertes surfaciques annuelles de sol** sont accessibles depuis une base de données Eurostat (2021a) qui fournit des données d'érosion des sols à l'échelle départementale<sup>21</sup>. A titre d'exemple, la perte surfacique de sols moyenne (départementale) en France s'élève à 2,5 t/ha/an et les données Eurostat de 2016 ont permis d'établir les valeurs à l'échelle des districts répertoriées dans le Tableau 8 ci-dessous.

La BNV-DS fournit des données de **surfaces agricoles utiles** à l'échelle des masses d'eau que l'on peut rapporter au bassin ou district correspondant. A titre d'information, les données obtenues pour l'année 2020 sont répertoriées dans le Tableau 8. D'après cette source, la superficie agricole française s'élève à 29 557 100 hectares.

Tableau 8 : Pertes surfaciques annuelles de sol sur le territoire des districts, en t/ha/an (Source : Etablies sur la base des données départementales disponibles dans Eurostat 2016) et Surfaces agricoles utiles des bassins et districts (Source BNV-DS)

District	$P_{sol,j}$ (t/ha/an)	SAU (ha)
LOIRE-BRETAGNE	1,44	9 916 800
ADOUR-GARONNE	3,65	6 025 000
ARTOIS-PICARDIE - Sambre	1,16	73 100
ARTOIS-PICARDIE - Escaut	1,34	1 331 900
RHIN-MEUSE - Rhin	1,90	1 076 400
RHIN-MEUSE - Meuse	1,61	395 400
RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE – Rhône-Méditerranée	4,96	4 602 900
RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE - Corse	7,25	252 700
SEINE-NORMANDIE	1,26	5 883 000

<sup>21</sup> [Statistics | Eurostat](#)

Dans le cas où aucune information n'est pas disponible, le guide européen (Roovaart *et al.*, 2022) recommande en se basant sur Borelli *et al.* (2018) d'utiliser une valeur de 15% concernant la **part des pertes annuelles de sol provenant de l'érosion des sols et parvenant jusqu'aux eaux de surface**.

#### Ruissellement (P3) et Eaux souterraines (P4) - Méthodologie

En cohérence avec le guide européen, il est proposé de réaliser l'estimation cumulée des flux de substances métalliques provenant des épandages (de boues, de composts, de sous-produits industriels), des retombées atmosphériques et du sol lui-même du fait du ruissellement (P3) et de la lixiviation dans le sol (P4).

Les apports en métaux liés à l'épandage d'engrais peuvent être évalués à l'échelle des bassins en tenant compte des pratiques agricoles et des concentrations moyennes observées dans les différents types d'engrais. Un tel travail nécessite cependant le recueil d'un grand nombre de données d'entrée potentiellement difficiles d'accès (par exemple les types et quantités d'engrais employés, la localisation de l'emploi de ces engrais, les concentrations en substances de ces engrais employés localement ou la localisation, la fréquence de l'épandage de boues ainsi que leurs compositions).

La méthodologie suivante s'appuie sur des données d'apports moyens à l'échelle nationale fondées sur les quantités d'apport agrégées et rapportées à l'hectare de SAU (surface agricole utile du territoire pour lequel on réalise l'inventaire) issues de l'étude Sogreah (2007).

Les flux d'émissions de métaux *via* les voies d'apport P3 et P4 peuvent être estimés selon la formule suivante :

$$P_{3,m,j} + P_{4,m,j} = AM/TA_{m,j} \times SAU_j \times Transfert_{ES,m} \quad (4)$$

$P_{3,m,j} + P_{4,m,j}$  : Flux du métal  $m$  émis dans les eaux de surface par lixiviation depuis les terres agricoles du bassin  $j$  (t/an)

$AM/TA_{m,j}$  : Apport annuel Moyen surfacique sur les Terres Agricoles du métal  $m$  dans le bassin  $j$  (t/ha)

$SAU_j$  : Surface Agricole Utile du bassin  $j$  (ha)

$Transfert_{ES,m}$  : Part de transfert du métal  $m$  depuis le sol vers les eaux de surface par lixiviation et ruissellement (sans unité)

#### Ruissellement (P3) et Eaux souterraines (P4) – Données nécessaires

Il existe des sources de données permettant d'évaluer les apports annuels surfaciques de différents métaux à l'échelle des départements. Cette évaluation peut néanmoins être exigeante en ressources compte tenu du grand nombre de données à recueillir. Afin de simplifier l'évaluation, les **apports annuels moyens surfaciques sur les terres agricoles** du territoire hexagonal tirés de l'étude Sogreah (2007) sont répertoriées dans le Tableau 9. Ces données ont été privilégiées à celles proposées dans Comber *et al.* (2021) car elles sont fondées sur une évaluation plus précise des pratiques agricoles et portent sur plus de métaux.

Des valeurs de **part de transfert du sol vers les eaux souterraines** pour quelques métaux ont été estimées dans l'étude d'Eurométaux (Comber *et al.*, 2021) sur la base de coefficients de partage sol/eau. A défaut de valeurs plus précises disponibles, et ayant à l'esprit que le niveau d'incertitude est élevé compte tenu du fort impact attendu du type de sol, de la profondeur du sol,

de la longueur des voies de ruissellement, les valeurs répertoriées dans le Tableau 9 pourront être utilisées.

Tableau 9 : Apports annuels moyens surfaciques sur les terres agricoles de différents métaux (kg/ha) (Source : Sogreah, 2007) et part du transfert des métaux depuis le sol vers le sous-sol

	Apports annuels surfaciques (kg/ha)		Part du transfert des métaux depuis le sol vers les eaux souterraines
	Gamme de valeurs proposées (kg/ha)	Moyenne (kg/ha)	
Cadmium	$1.10^{-3}$ à $6.10^{-3}$	$1,8.10^{-3}$	0,090
Nickel	$1.10^{-2}$ à $7.10^{-2}$	$1,9. 10^{-2}$	0,090
Plomb	$1.10^{-2}$ à $2,1. 10^{-1}$	$2,4.10^{-2}$	0,079
Cuivre	0,1 à 0,7	0,16	0,090
Zinc	0,2 à 2,3	0,514	0,101

Les données de **surfaces agricoles utiles** peuvent être obtenues à partir de la BNV-DS (cf. supra et *Tableau 8*).

#### Emissions directes de l'agriculture et dérives de pulvérisation (P5) - Méthodologie

L'intensité de la dérive d'un métal employé comme produit phytopharmaceutique atteignant les eaux de surface est essentiellement liée au type de matériel agricole employé, qui est lui-même en relation directe avec la culture sur laquelle la substance active est utilisée.

Deux métaux peuvent entrer dans la composition de produits phytosanitaires : le cuivre et le zinc.

Les flux de métaux par la voie P5 pourront alors être estimés en employant la formule suivante :

$$P_{5,m,j} = T_{m,j} \times 0,05 \quad (5)$$

$P_{5,m,j}$  : Flux du métal  $m$  provenant la dérive post-traitement du bassin  $j$  (t/an)

$T_{m,j,k}$  : Tonnage du métal  $m$  vendu et supposé appliqué sur la zone du bassin  $j$

Cette méthodologie est identique à celle du guide de 2017 et cohérente avec le scénario le plus conservateur proposé dans le guide européen (Roovaart, 2022). En effet, le coefficient 0,05 qui est proposé pour estimer la part de produits phytopharmaceutiques introduite dans les eaux de surface par le phénomène de dérive post-traitement correspond à la fourchette haute des valeurs proposées dans le guide européen.

**Note** : Dans le précédent inventaire, il avait été estimé que 95% des produits commercialisés étaient utilisés. Dans un souci d'harmonisation, il a été décidé, à l'instar de la voie d'apport P1 du présent guide, d'admettre que le tonnage réparti sur chaque bassin au cours d'une année est égal au tonnage vendu dans le bassin cette même année.

#### Emissions directes de l'agriculture et dérives de pulvérisation (P5) – Données nécessaires

Les données de ventes de substances actives à base de cuivre sont disponibles dans la BNV-DS (spatialisée). Néanmoins ces valeurs doivent être corrigées par un coefficient permettant de ne prendre en compte que la masse du métal et non pas celle des autres éléments présents dans le composé. Le tableau suivant (Tableau 10 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) indique

ainsi les coefficients (estimés sur la base de la formule chimique des composés métalliques) à employer à cet effet.

Tableau 10 : Calcul des masses de cuivre et de zinc - Coefficients multiplicatifs

N°CAS	Substance active	Masse molaire (g/mol)	Coefficient multiplicatif
20427-59-2	Hydroxyde de cuivre	97,6	0,65
1317-39-1	Oxyde de cuivre	143,14	0,44
1332-40-7 1332-65-6	Oxychlorure de cuivre	213,6	0,30
12527-76-3	Sulfate de cuivre, tribasique	461,3	0,14
7758-98-7	Cuivre du sulfate de cuivre	159,61	0,40
8011-63-0	Sulfate de cuivre (bouillie bordelaise)	/	0,2
1314-84-7	Phosphure de zinc	258,11	0,25
7446-19-7	Zinc (sulfate de zinc)	/	0,03
9006-42-2	Métirame-zinc	1088,72	0,06
137-30-4	Zirame	305,82	0,21

### Evolutions depuis le précédent guide

La partie portant sur les substances phytopharmaceutiques a été entièrement révisée.

La partie portant sur les métaux est proche de ce qui était proposé dans le guide précédent. Des mises à jour ont toutefois été faites afin d'homogénéiser les approches par rapport au guide européen.

## SUBSTANCES TRAITÉES

L'Annexe 3 : Liste des substances phytopharmaceutiques prises en compte. De plus, cinq métaux sont pris en considérations dans cette fiche portant sur le diffus agricole : le cadmium, le nickel, le plomb, le cuivre et le zinc.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Substances phytopharmaceutiques dans les eaux de ruissellement urbaines – Point réglementaire

*En France, l'emploi des produits phytopharmaceutiques sur les surfaces non agricoles est de plus en plus restreint :*

- *La loi Labbé<sup>22</sup> modifiée par l'article 68 de la LTE<sup>23</sup> et la loi Pothier<sup>24</sup> interdit depuis le 01/01/2017 aux personnes publiques d'utiliser/faire utiliser des produits phytosanitaires pour l'entretien des espaces verts, forêts, promenades et voiries (sauf pour des raisons de sécurité ...) accessibles ou ouverts au public.*
- *La vente des pesticides chimiques aux particuliers est interdite depuis le 1er janvier 2019.*
- *Depuis le 1e juillet 2022, l'interdiction s'étend aux habitations et différents lieux fréquentés par le public ou à usage collectif - que ces lieux appartiennent à des structures publiques ou privées et soient fréquentés par des résidents, des usagers, des élèves, des employés, des patients, des clients Sont concernés :*
  - o *L'ensemble des propriétés à usage d'habitation (habitat individuel ou collectif)*
  - o *Les établissements de santé et d'enseignement*
  - o *Les lieux destinés au loisir, au tourisme, à l'hébergement, au commerce, ou au service*
  - o *Les lieux de travail, hors zones où il est nécessaire de réaliser des traitements pour des raisons de sécurité*
- *Pour les terrains de grands jeux, de tennis sur gazon, de golf, les hippodromes, l'interdiction ne s'appliquera qu'à partir du 1er janvier 2025. Après cette date, l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse restera cependant encore possible pour les usages listés par les ministères des sports et de l'environnement pour lesquels aucune solution technique alternative ne permet d'obtenir la qualité requise dans le cadre des compétitions officielles.*

*\*\*\*\* Arrêté du 15 janvier 2021 relatif aux mesures de protection des personnes lors de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques dans les propriétés privées, les lieux fréquentés par le public et dans les lieux à usage collectif et modifiant l'arrêté du 4 mai 2017 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et de leurs adjuvants visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime.*

<sup>22</sup> Loi n° 2014-110 du 06/02/2014 visant à mieux encadrer l'utilisation des produits phytosanitaires sur le territoire national

<sup>23</sup> Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte

<sup>24</sup> Loi n° 2017-348 du 20 mars 2017 relative à la lutte contre l'accaparement des terres agricoles et au développement du biocontrôle

## Annexe 2 : Eléments sur le calcul des coefficients de contamination

Le calcul du coefficient de contamination moyen est effectué par pondération selon le nombre de données comme suit :

$$\gamma'_{i,j} = \frac{\sum_{k=2009}^{2020} N_{i,j,k} \cdot \gamma'_{i,j,k}}{N_{i,j}} \quad (2)$$

$\gamma'_{i,j}$  : Coefficient de contamination moyen de la substance i du bassin j sur la période 2009-2020 (m<sup>2</sup>/l)

$\gamma'_{i,j,k}$  : Coefficient de contamination annuel de la substance i du bassin j (m<sup>2</sup>/l)

$N_{i,j,k}$  : nombre de données annuelles dans le bassin j

$N_{i,j}$  : nombre total de données dans le bassin j sur l'ensemble de la période

Les coefficients annuels ont été calculés à partir des indicateurs de concentration de la substance i dans le bassin j au cours de l'année k ( $c'_{i,j,k}$ ), de la surface du bassin j ( $A_j$ ) et de la connaissance du tonnage de substance active i supposé être appliqué dans le bassin k lors de l'année k ( $T_{i,j,k}$ ), comme suit :

$$\gamma'_{i,j,k} = \chi'_{i,j,k} \cdot \frac{A_j}{T_{i,j,k}} \quad (3)$$

Les indicateurs de concentration ont été obtenus à partir des données de concentration issues de la base de données Naïades via un processus éliminant le biais induit par l'hétérogénéité spatio-temporelle des performances des laboratoires de surveillance

Les indicateurs de concentrations collectés les années où le nombre de sites mesurés est insuffisant, ainsi que les données collectées pendant les périodes d'interdiction d'une substance active, ont été exclus.

### Annexe 3 : Liste des substances phytopharmaceutiques prises en compte

Code Sandre	Paramètre	Numéro CAS	Coefficient de contamination (m2/m3) (PF Staub, 2024)						Coefficient de partage, Koc	Commentaires
			LB	AG	AP	RM	RM&C	SN		
1161	1,2-dichloroethane	107-06-2	Hors champ d'application de la méthodologie							
1170	Dichlorvos	62-73-7	Hors champ d'application de la méthodologie							
1907	AMPA	1066-51-9	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation du glyphosate
1480	Dicamba	1918-00-9	Hors champ d'application de la méthodologie							
1109	Atrazine déisopropyl	1007-28-9	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation de l'Atrazine
1830	Atrazine déisopropyl déséthyl	3397-62-4	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation de l'Atrazine
1530	Bromure de méthyle	74-83-9	Hors champ d'application de la méthodologie							
1498	Dibromoéthane-1,2	106-93-4	Hors champ d'application de la méthodologie							
1175	Diméthoate	60-51-5	Hors champ d'application de la méthodologie							
1230	Ométhoate	1113-02-6	Hors champ d'application de la méthodologie							
1892	Rimsulfuron	122931-48-0	Hors champ d'application de la méthodologie							
1101	Alachlor	15972-60-8	0,0069	0,0052	0,0080	0,0090	0,0136	0,0043	191	
1107	Atrazine	1912-24-9	0,0072	0,0054	0,0084	0,0096	0,0144	0,0045	174	
1464	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,0055	0,0040	0,0063	0,0066	0,0103	0,0032	295	
1083	Chlorpyrifos	2921-88-2	0,0002	0,0001	0,0003	0,0001	0,0005	0,0001	/	
1103	Aldrine	309-00-2	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0001	48978	
1173	Dieldrine	60-57-1	0,0008	0,0004	0,0009	0,0005	0,0010	0,0003	12023	
1181	Endrine	72-20-8	0,0008	0,0004	0,0009	0,0005	0,0010	0,0003	12023	
1207	Isodrine	465-73-6	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0001	48966	
1144	DDD 44'	72-54-8	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation du DDT pp'
1146	DDE 44'	72-55-9	Hors champ d'application de la méthodologie							Métabolite du DDT

Code Sandre	Paramètre	Numéro CAS	Coefficient de contamination (m2/m3) (PF Staub, 2024)						Coefficient de partage, Koc	Commentaires
			LB	AG	AP	RM	RM&C	SN		
1147	DDT 24'	789-02-6	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	454007	Isomère du DDT
1148	DDT 44'	50-29-3	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0000	204174	Isomère para-para' du DDT
1177	Diuron	330-54-1	0,0060	0,0044	0,0069	0,0074	0,0114	0,0035	251	
1178	Endosulfan alpha	959-98-8	0,0008	0,0004	0,0009	0,0005	0,0010	0,0002	12883	
1179	Endosulfan bêta	33213-65-9	0,0008	0,0004	0,0009	0,0005	0,0010	0,0002	12883	
1199	Hexachlorobenzene	118-74-1	0,0012	0,0007	0,0013	0,0009	0,0016	0,0004	5495	
1200	Hexachlorocyclohexane alpha	319-84-6	0,0024	0,0015	0,0027	0,0021	0,0037	0,0011	1479	
1201	Hexachlorocyclohexane bêta	319-85-7	0,0024	0,0015	0,0027	0,0021	0,0037	0,0011	1479	
1202	Hexachlorocyclohexane delta	319-86-8	0,0024	0,0015	0,0027	0,0021	0,0037	0,0011	1479	
1203	Hexachlorocyclohexane gamma	58-89-9	0,0024	0,0015	0,0027	0,0021	0,0037	0,0011	1479	
1208	Isoproturon	34123-59-6	0,0060	0,0050	0,0064	0,0103	0,0093	0,0035	/	
1517	Naphtalene	91-20-3	0,0031	0,0020	0,0035	0,0030	0,0051	0,0015	912	
1958	Nonylphenols (4-nonylphenol)	84852-15-3	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation des Nonylphenol ethoxylate
1235	Pentachlorophenol	87-86-5	0,0006	0,0003	0,0007	0,0003	0,0007	0,0002	19953	
1263	Simazine	122-34-9	0,0085	0,0066	0,0099	0,0120	0,0177	0,0056	126	
1289	Trifluraline	1582-09-8	0,0007	0,0004	0,0008	0,0004	0,0008	0,0002	15849	
1172	Dicofol	115-32-2	0,0013	0,0007	0,0014	0,0009	0,0017	0,0005	5012	
2028	Quinoxifene	124495-18-7	0,0013	0,0007	0,0014	0,0009	0,0017	0,0004	5272	
1688	Aclonifene	74070-46-5	0,0011	0,0010	0,0006	0,0007	0,0014	0,0003	/	
1119	Bifenox	42576-02-3	0,0009	0,0005	0,0010	0,0028	0,0011	0,0001	10000	
1140	Cypermethrine	52315-07-8	0,0004	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	/	
1197	Heptachlore	76-44-8	0,0006	0,0003	0,0006	0,0003	0,0006	0,0002	23988	

Code Sandre	Paramètre	Numéro CAS	Coefficient de contamination (m2/m3) (PF Staub, 2024)						Coefficient de partage, Koc	Commentaires
			LB	AG	AP	RM	RM&C	SN		
1748	Heptachlore epoxyde exo cis	1024-57-3	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation de l'heptachlore
1749	Heptachlore epoxyde endo trans	28044-83-9	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation de l'heptachlore
1269	Terbutryne	886-50-0	0,0035	0,0023	0,0040	0,0036	0,0059	0,0017	708	
1212	2,4 MCPA	94-74-6	0,0043	0,0031	0,0061	0,0068	0,0060	0,0024	/	
1141	2,4-D	94-75-7	0,0048	0,0044	0,0079	0,0135	0,0106	0,0041	/	
1105	Aminotriazole	61-82-5	0,1886	0,0332	0,7525	0,2278	0,1326	0,0657	/	
1951	Azoxystrobine	131860-33-8	0,0035	0,0033	0,0058	0,0027	0,0041	0,0011	/	
1113	Bentazone	25057-89-0	0,0227	0,0108	0,0271	0,0435	0,0371	0,0143	/	
5526	Boscalid	188425-85-6	0,0060	0,0050	0,0064	0,0103	0,0093	0,0035	/	
1129	Carbendazime	10605-21-7	0,0063	0,0047	0,0073	0,0080	0,0123	0,0038	224	
1474	Chlorprophame	101-21-3	0,0047	0,0117	0,0026	0,0223	0,8865	0,0196	398	
1136	Chlortoluron	15545-48-9	0,0052	0,0058	0,0058	0,0106	0,0130	0,0053	/	
1359	Cyprodinil	121552-61-2	0,0018	0,0003	0,0046	0,0006	0,0016	0,0003	2650	
1814	Diflufenicanil	83164-33-4	0,0010	0,0007	0,0026	0,0013	0,0020	0,0014	/	
1678	Diméthénamide	87674-68-8	0,0062	0,0045	0,0071	0,0077	0,0119	0,0037	237	
1700	Fenpropidine	67306-00-7	0,0008	0,0004	0,0008	0,0004	0,0009	0,0002	13866	
1675	Flurochloridone	61213-25-0	0,0014	0,0008	0,0016	0,0011	0,0020	0,0005	4085	
1506	Glyphosate	1071-83-6	0,0037	0,0020	0,0056	0,0065	0,0059	0,0047	/	
1877	Imidaclopride	138261-41-3	0,0064	0,0060	0,0048	0,0095	0,0186	0,0035	/	
1206	Iprodione	36734-19-7	0,0088	0,0023	0,0074	0,0053	0,0010	0,0010	708	
1406	Lénacile	2164-08-1	0,0003	0,0001	0,0003	0,0001	0,0003	0,0001	96639	
1209	Linuron	330-55-2	0,0107	0,0047	0,0260	0,0046	0,0090	0,0040	/	

Code Sandre	Paramètre	Numéro CAS	Coefficient de contamination (m2/m3) (PF Staub, 2024)						Coefficient de partage, Koc	Commentaires
			LB	AG	AP	RM	RM&C	SN		
1796	Métaldéhyde	108-62-3	0,0188	0,0052	0,0402	0,0117	0,0398	0,0097	/	
1670	Métazachlore	67129-08-2	0,0033	0,0028	0,0030	0,0035	0,0073	0,0028	/	
1221	Métolachlore	51218-45-2	0,0056	0,0040	0,0064	0,0067	0,0105	0,0032	288	
6854	Métolachlore ESA	171118-09-5	Hors champ d'application de la méthodologie							Métabolites du S-métolachlore
6853	Métolachlore OXA	152019-73-3	Hors champ d'application de la méthodologie							Métabolites du S-métolachlore
1882	Nicosulfuron	111991-09-4	0,0472	0,0495	0,0190	0,0273	0,0273	0,0406	/	
1667	Oxadiazon	19666-30-9	0,0438	0,0097	0,0018	0,0012	0,0023	0,0221	3240	
1234	Pendiméthaline	40487-42-1	0,0002	0,0004	0,0003	0,0003	0,0005	0,0002	/	
1709	Piperonyl butoxyde	51-03-6	0,0011	0,0006	0,0012	0,0008	0,0015	0,0004	6464	
1528	Pirimicarbe	23103-98-2	0,0107	0,0087	0,0127	0,0166	0,0236	0,0077	79	
1414	Propyzamide	23950-58-5	0,0066	0,0049	0,0077	0,0086	0,0130	0,0041	204	
1092	Prosulfocarbe	52888-80-9	0,0024	0,0015	0,0026	0,0021	0,0037	0,0010	1531	
1694	Tebuconazole	107534-96-3	0,0029	0,0031	0,0023	0,0027	0,0073	0,0018	/	
1268	Terbuthylazine	5915-41-3	0,0066	0,0049	0,0076	0,0084	0,0128	0,0040	209	
1713	Thiabendazole	148-79-8	0,0022	0,0014	0,0229	0,0019	0,0034	0,0009	1740	
1940	Thiaflumide = Flufenacet	142459-58-3	0,0024	0,0015	0,0027	0,0021	0,0037	0,0010	1515	
1929	1-(3,4-dichlorophenyl)-3-méthyl-uree	3567-62-2	Hors champ d'application de la méthodologie							Métabolite du diuron
1903	Acétochlore	34256-82-1	0,0066	0,0049	0,0076	0,0084	0,0128	0,0040	209	
3159	Atrazine 2-hydroxy-desethyl	19988-24-0	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation de l'Atrazine
1108	Atrazine déséthyl	6190-65-4	Hors champ d'application de la méthodologie							Produit de dégradation de l'Atrazine
1125	Bromoxnyl	1689-84-5	0,0025	0,0016	0,0028	0,0023	0,0039	0,0011	1377	
1149	Deltaméthrine	52918-63-5	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0001	58450	
1744	Epoconazole	133855-98-8	0,0022	0,0013	0,0024	0,0019	0,0033	0,0009	1802	

Code Sandre	Paramètre	Numéro CAS	Coefficient de contamination (m2/m3) (PF Staub, 2024)						Coefficient de partage, Koc	Commentaires
			LB	AG	AP	RM	RM&C	SN		
2023	Flumioxazine	103361-09-7	0,0034	0,0023	0,0038	0,0034	0,0057	0,0017	757	
2547	Fluroxypyr-meptyl	81406-37-3	0,0019	0,0011	0,0021	0,0015	0,0027	0,0008	2435	
1194	Flusilazole	85509-19-9	0,0023	0,0014	0,0025	0,0020	0,0035	0,0010	1660	
1945	Isoxaflutole	141112-29-0	0,0040	0,0028	0,0046	0,0043	0,0070	0,0021	542	
1094	Lambda-cyhalothrine	91465-08-6	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0000	181970	
1210	Malathion	121-75-5	0,0063	0,0046	0,0072	0,0079	0,0121	0,0038	229	
1510	Mercaptodiméthur=Méthiocarb	2032-65-7	0,0066	0,0049	0,0076	0,0084	0,0128	0,0040	209	
1952	Oxyfluorène	42874-03-3	0,0003	0,0001	0,0003	0,0001	0,0003	0,0001	100000	
1253	Prochloraz	67747-09-5	0,0042	0,0029	0,0048	0,0046	0,0074	0,0022	501	
1261	Pyrimiphos-méthyl	29232-93-7	0,0030	0,0019	0,0033	0,0028	0,0048	0,0014	1000	
5921	Tetramethrin	7696-12-0	0,0022	0,0013	0,0024	0,0019	0,0033	0,0009	1791	

Substance dont l'emploi est interdit
Substance dont l'emploi est autorisé
Coefficient de contamination moyen pondéré
Coefficient de contamination estimé par la méthode empirique

## Annexe 4 : Débits moyens retenus dans le cadre de l'exercice de l'inventaire réalisé en 2024

Bassins	Cours d'eau	Débits (m3/an)					
		Moyenne 2015-17	Moyenne 2018-20	Moyenne 2021/23	Total moyen 2015-17	Total moyen 2018-20	Total moyen 2021/23
AE-AG	Adour	11214201600	11214201600	/	44715525120		
AE-AG	Charente	2399889600	2399889600	/			
AE-AG	Dordogne	10750622400	10750622400	/			
AE-AG	Garonne	20321798400	20321798400	/			
AE-AG	Estuaire de la Seudre	29013120	29013120	/			
AE-AP-Escaut	Escaut	881151767	681792003	/	3128288922	2885547540	/
AE-AP-Escaut	Somme	1355809157	1288297873	/			
AE-AP-Escaut	La Liane	112800246	120280983	/			
AE-AP-Escaut	La Canche	378553848	383680925	/			
AE-AP-Escaut	Authie	229994865	241516717	/			
AE-AP-Escaut	Aa	169979040	169979040	/			
AE-AP-Sambre	Sambre	419143465	291778698	/	419143465	291778698	/
AE-LB	Loire	/	/	31007265004	/	/	42531838827
AE-LB	Sevre Niortaise	/	/	1057804422			
AE-LB	Estuaire du Lay	/	/	841223096			
AE-LB	Estuaire de la Vie	/	/	174777165			
AE-LB	Vilaine	/	/	2775409799			
AE-LB	Rivière de Pénerf	/	/	47196187			
AE-LB	Golfe du Morbihan (Rivières d'Auray, de Vannes et de Noyal)	/	/	218498793			
AE-LB	Ria d'Etel	/	/	177684199			
AE-LB	Estuaires du Scorff et du Blavet	/	/	1305141152			
AE-LB	Estuaire de la Laïta	/	/	605086710			
AE-LB	Estuaire du Belon	/	/	75818134			
AE-LB	Estuaire de l'Aven	/	/	168428182			

Bassins	Cours d'eau	Débits (m3/an)					
		Moyenne 2015-17	Moyenne 2018-20	Moyenne 2021/23	Total moyen 2015-17	Total moyen 2018-20	Total moyen 2021/23
AE-LB	Rivière de Pont-l'Abbé	/	/	61788934			
AE-LB	Estuaire de l'Odet	/	/	623320013			
AE-LB	Estuaire du Goyen	/	/	97625507			
AE-LB	Estuaire de l'Aulne	/	/	1260947837			
AE-LB	Estuaire de la Rance	/	/	302314945			
AE-LB	Estuaire du Trieux	/	/	328104802			
AE-LB	Rivière de Daoulas	/	/	88007968			
AE-LB	Estuaire de l'Elorn	/	/	363745456			
AE-LB	Estuaire du Léguer	/	/	284878218			
AE-LB	Estuaire de la Penzé	/	/	124540849			
AE-LB	Baie de Morlaix	/	/	133463247			
AE-LB	Aber Benoît	/	/	165670579			
AE-LB	Estuaire du Jaudy	/	/	149753205			
AE-LB	Aber Wrac'h	/	/	93344425			
AE-RM-Rhin	La Moder	302457316,4	282355824	/			
AE-RM-Rhin	La Sauer	125955660	96743041	/			
AE-RM-Rhin	Ruisseau le Schiffersbach	/	/	/			
AE-RM-Rhin	Ruisseau le Saulach	/	/	/			
AE-RM-Rhin	La Vieille Lauter	66251880	71032587	/	7024044736	6722047606	/
AE-RM-Rhin	Ill	1908453600	1851545455	/			
AE-RM-Rhin	Ruisseau le Kohlgraben	/	/	/			
AE-RM-Rhin	Moselle	3812352000	3678849600	/			
AE-RM-Rhin	Sarre	518959920	445034280	/			
AE-RM-Rhin	Nied	289614360	296486819	/			
AE-RM-Meuse	Meuse	4051762800	6248040800	/	4051762800	6248040800	/
AE-RMC-Rhône...	Aude		1333972800			58016779200	

Bassins	Cours d'eau	Débits (m3/an)					
		Moyenne 2015-17	Moyenne 2018-20	Moyenne 2021/23	Total moyen 2015-17	Total moyen 2018-20	Total moyen 2021/23
AE-RMC-Rhône...	Rhône	56682806400					
AE-SN	Seine	14020940595	15435824886	/	17933797341	20170056086	/
AE-SN	Andelle	109249786	131148846	/			
AE-SN	Eure	705353825	780086714	/			
AE-SN	Robec	9064204	9064204	/			
AE-SN	Aubette	9539800	9539800	/			
AE-SN	Cailly	72309075	82411608	/			
AE-SN	Austreberthe	45048013	56209862	/			
AE-SN	Commerce	4023645	5982353	/			
AE-SN	Risle	320905278	391532255	/			
AE-SN	Lézarde	30633135	34655347	/			
AE-SN	Béthune	84241989	86097928	/			
AE-SN	Eaulne	99079529	85574564	/			
AE-SN	Saône	10928956	14693363	/			
AE-SN	Vienne	12288528	12288528	/			
AE-SN	Valmont	22003146	29891170	/			
AE-SN	Ganzeville	18804215	30675845	/			
AE-SN	Touques	221858527	221858527	/			
AE-SN	Calonne	49600157	52768276	/			
AE-SN	Dives	93400367	131186612	/			
AE-SN	Vie	14628619	15386204	/			
AE-SN	Laizon	19574111	22316636	/			
AE-SN	Bras de l'Ancre	15594313	15320484	/			
AE-SN	Odon	86780708	86780708	/			
AE-SN	Vire	333710714	467513515	/			
AE-SN	Bras de l'Elle	19332381	27830745	/			
AE-SN	Aure	27221940	37648354	/			
AE-SN	Drôme	78297354	105050929	/			
AE-SN	Taute	7578634	11323790	/			
AE-SN	Trottebec	8087742	10491471	/			

Bassins	Cours d'eau	Débits (m3/an)					
		Moyenne 2015-17	Moyenne 2018-20	Moyenne 2021/23	Total moyen 2015-17	Total moyen 2018-20	Total moyen 2021/23
AE-SN	Divette	50115094	70101639	/			
AE-SN	Sienna	194955159	250769083	/			
AE-SN	Soulles	62645065	81554059	/			
AE-SN	Sée	168790452	232662196	/			
AE-SN	Braize	10818374	13089242	/			
AE-SN	Sélune	267427884	376834738	/			
AE-SN	Beuvron	31167452	44165854	/			
AE-SN	Oir	33851419	50796506	/			
AE-SN	Bresle	221900341	235406375	/			
AE-SN	Yères	85140851	97064391	/			
AE-SN	Durdent	105988587	121724743	/			
AE-SN	Seulle	63931486	95121719	/			
AE-SN	Saire	54929578	59588495	/			
AE-SN	Ay	4346135	5590294	/			
AE-SN	Thar	27710179	34433229	/			

## BIBLIOGRAPHIE

Bach, M, Frede HG (2012) Trend of Herbicide Loads in the River Rhine and its Tributaries. *Integrated Environmental Assessment and Management* 8(3) 543–552

Borelli, P.; Van Oost, K.; Meusburger, K.; Alewell, C.; Lugato, E.; Panagos, P. (2018) A step towards a holistic assessment of soil degradation in Europe: Coupling on-site erosion with sediment transfer and carbon fluxes, *Environmental Research* 161 (2018) 291–298

Comber, S.; Wilson, I.; Peters, A.; Merrington, G. and Deviller, G. (2021) EU Diffuse Emissions Project (Eurometaux data package): Part B. Sources and fate of metals and metalloids in wastewater treatment plants – the Nickel and Cadmium cases. 3–42

EUROSTAT (2021a), Estimated soil erosion by water, by erosion level. [Statistics | Eurostat](#)

EUROSTAT (2021b), Utilised agricultural area by categories <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00025/default/table?lang=en>

Ineris (2017) Guide pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de Surface

Roovaart J. van den, Ullrich A, Duijnhoven N van, Prchalová H, Bleser J, Whalley C (2022) Calculating emissions to water – a simplified method. ETC/ICM Technical Report 03/2022: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters, 205 pp

Sogreah, (2007). Bilan des flux de contaminants entrant sur les sols agricoles de France métropolitaine. Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par SOGREAH, 330 p. <http://www.ademe.fr/bilan-flux-contaminants-entrant-sols-agricoles-france-metropolitaine>

Staub, P.F. ; Salomon, M. ; Assoumani, A. ; Blard-Zakar, A. (2023) - Multiyear and seasonal global indicators for French surface waters contamination by WFD substances

## 3. Voies d'apport P6-P7. Ruissellement des surfaces imperméabilisées et déversoirs

Cette fiche présente la méthodologie à suivre pour réaliser, à l'échelle d'un bassin, l'inventaire des émissions de substances d'origine agricole atteignant les eaux de surface. Elle se divise en deux sous-parties : l'une portant sur les substances phytopharmaceutiques, la seconde sur les métaux.

L'objectif de cette fiche est de décrire la méthodologie à suivre pour estimer, à l'échelle d'un bassin, les flux d'émissions de substances atteignant les eaux de surface lors d'épisodes pluvieux via le ruissellement de surfaces imperméabilisées et les déversoirs d'orage (voies d'apport respectives P6 et P7).

Pour la voie P6, seuls les ruissellements urbains par temps de pluie (pour une quarantaine de substances) et autoroutiers (pour quatre substances) sont traités. Pour la voie P7 les émissions pour une centaine de substances ont été prise en compte.

### SOURCES D'EMISSIONS

La voie d'apport P6 « Ruissellement des surfaces imperméabilisées » comprend les eaux provenant :

- Des systèmes d'assainissement séparatifs collectant les eaux pluviales urbaines (domestiques et commerciales)
- Des routes hors site de collecte des systèmes d'assainissement telles que les autoroutes

La voie d'apport P7 « Déversoirs d'orage » inclut, outre les eaux de ruissellement collectées par les réseaux d'assainissement unitaires, des eaux usées domestiques.

Les substances présentes dans les eaux de ruissellement des surfaces imperméables proviennent de diverses sources :

- La circulation routière (résidus de combustion, particules d'usure des pneus et d'abrasion des freins...)
- Les matériaux de construction (toits, gouttières...)
- Les revêtements de façade (peintures, enduits muraux...)
- Les dépôts atmosphériques (émissions industrielles et naturelles (feux de forêt...))

Les eaux émises dans les cours d'eau via les déversoirs d'orage peuvent contenir des micropolluants provenant des ménages (détergents, cosmétiques, produits pharmaceutiques...).

#### Cas des surfaces imperméables non-raccordées

Il se peut que toutes les surfaces imperméables ne soient pas raccordées à un réseau d'assainissement, dans ce cas, plusieurs scénarios sont possibles :

- l'eau s'infiltré et les polluants émis dans les sols, y sont retenus ou sont entraînés dans les eaux souterraines (cf. voie d'apport P4 – Eaux souterraines)
- l'eau se déverse directement dans les eaux de surface

Il est difficile de déterminer si le ruissellement atteint les eaux de surface ou s'infiltré dans les surfaces voisines non imperméabilisées. Néanmoins, d'après le guide européen des inventaires d'émissions (Roovaart, 2022), cette voie d'acheminement vers les eaux de surface n'est généralement pas significative notamment par rapport à l'érosion (voie d'apport P2) ou à l'évacuation des eaux souterraines (voie d'apport P4).

## SUBSTANCES TRAITEES

L'inventaire des émissions de la voie d'apport P6 de concentrations de micropolluants disponibles dans la littérature et concerne (en fonction de la voie d'apport) : 9 métaux, XXX alkylphénols, un phtalate, 8 HAP et 3 pesticides (cf. Tableau 4 ci-dessous). L'inventaire des émissions de la voie d'apport et P7 est réalisé sur la base de données de concentrations de micropolluants estimés dans le cadre des campagnes de mesure RSDE STEU 2018 et 2022 (cf. Tableau 4 ci-dessous).

Tableau 11. Substances dont les flux par les voies d'apport P6 et/ou P7 sont estimés

Substance	N°CAS	Famille de substance	P6RS	P6RA	P7
1,2 dichloroéthane	107-06-2	?			X
2,4 D	94-75-7	Pesticides			X
2,4 MCPA	94-74-6	Pesticides			X
4-iso-nonylphenol	84852-15-3	?	X		
4-tert-oktylphenol	140-66-9	?	X		
Aclonifene	74070-46-5	?			X
Aldrine	309-00-2		X		
Aluminium	7429-90-5	Métaux	X		
Aminotriazole	61-82-5				X
AMPA (Acide aminométhylphosphonique)	1066-51-9				X
Anthracène	120-12-7	HAP	X		X
Arsenic (métal total)	7440-38-2	Métaux			X
Argent	7440-22-4	Métaux	X		
Atrazine	1912-24-9	Pesticides	X		
Azoxystrobine	131860-33-8				X
BDE 028	?				X
BDE 047	?				X
BDE 099	?				X
BDE 100	?				X
BDE 153	?				X
BDE 154	?				X
BDE 183	?				X
BDE 209 (déca-bromodiphényl oxyde)					X
Bentazone					X
Benzène					X
Benzo[a]anthracene			X		
Benzo (a) Pyrène	50-32-8	HAP	X		X
Benzo (b) Fluoranthène	205-99-2	HAP	X		X
Benzo (g,h,i) Pérylène	191-24-2	HAP	X		X
Benzo (k) Fluoranthène	207-08-9	HAP	X		X
Bifenox					X
Biphényle					X

Substance	N°CAS	Famille de substance	P6RS	P6RA	P7
Boscalid					X
Cadmium (métal total)	7440-43-9	Métaux	X	X	X
Chloroalcanes C10-C13			X		X
Chlorprophame					X
Chlorpyrifos			X		
Chlortoluron					X
Chrome (métal total)					X
Cobalt					X
Cuivre (métal total)	7440-50-8	Métaux	X	X	X
Cybutrine					X
Cyperméthrine					X
Cyprodinil					X
Déca-BDE			X		
Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	117-81-7	Phtalates	X		X
Dibutylétain cation					X
Dichlorométhane			X		X
Dichlorvos					X
Dicofol					X
Dieldrine			X		
Diflufenicanil					X
Diuron	330-54-1	Pesticides	X		X
Ethylbenzène					X
Fluoranthène	206-44-0	HAP	X		X
Glyphosate					X
HAP (groupe de substance)				X	
Heptachlore					X
Heptachlore epoxide (exo)					X
Hexabromocyclododecane (HBCDD)					X
Hexachlorobenzène					X
Hexachlorobutadiène					X
Imidaclopride					X
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	193-39-5	HAP			X
Iprodione					X
Isoproturon	34123-59-6	Pesticides	X		X
Mercure (métal total)					X
Métaldéhyde					X
Métazachlore					X
Monobutylétain cation					X
Naphtalène			X		X
Nickel (métal total)	7440-02-0	Métaux	X		X
Nicosulfuron					X
Nonylphénols					X

Substance	N°CAS	Famille de substance	P6 <sub>RS</sub>	P6 <sub>RA</sub>	P7
NP1OE					X
NP2OE					X
Octylphénols			X		X
OP1OE					X
OP2OE					X
Oxadiazon					X
PCB 028					X
PCB 052					X
PCB 101					X
PCB 118					X
PCB 138					X
PCB 153					X
PCB 180					X
Pendiméthaline					X
Pentachlorobenzène					X
Pentachlorophénol			X		X
Phosphate de tributyle (TBP)					X
Plomb (métal total)	7439-92-1	Métaux	X		X
Quinoxyfène					X
Simazine			X		
Sulfonate de perfluorooctane (PFOS)					X
Tebuconazole					X
Terbutryne			X		X
Tétrachloroéthylène			X		X
Tétrachlorure de carbone					X
Thiabendazole					X
Titane (métal total)					X
Toluène					X
Tributylétain cation			X		X
Trichloroéthylène			X		X
Trichlorométhane (chloroforme)					X
Triphénylétain cation					X
Xylènes (Somme o,m,p)					X
Zinc (métal total)	7440-66-6	Métaux	X	X	X

## TERRITOIRES

Les inventaires d'émissions, rejets et pertes de substances actives phytosanitaires sont effectués pour les six grands bassins hydrographiques qui correspondent aux territoires des grands fleuves : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône Méditerranée Corse et Seine-Normandie (cf. Figure 3).

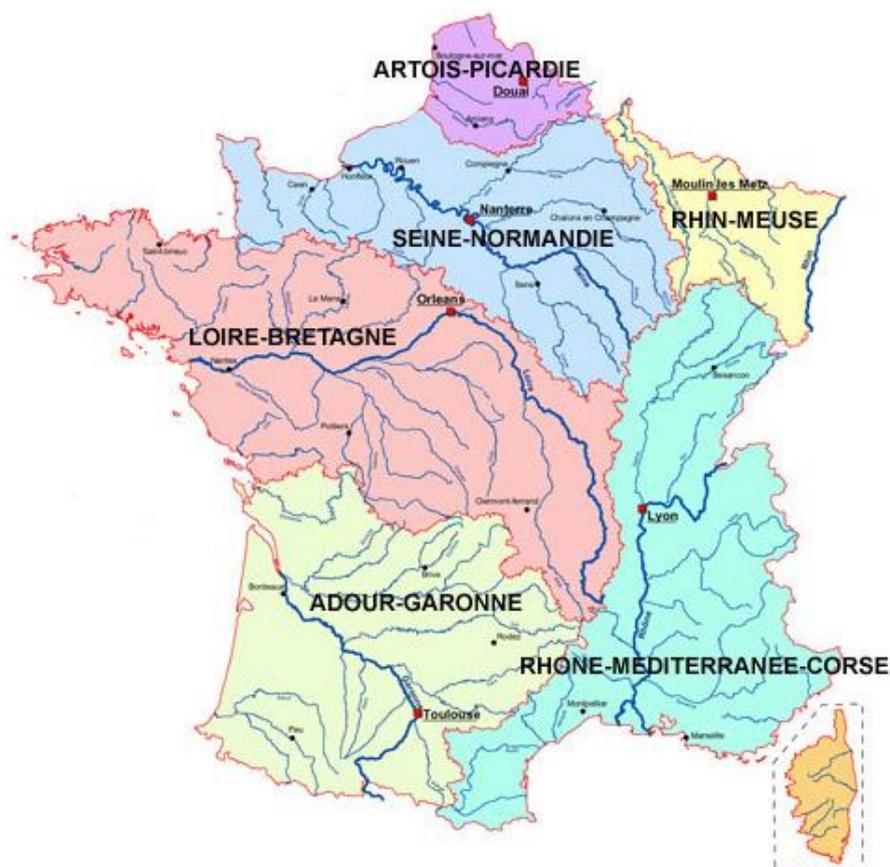


Figure 3. Carte de la France continentale, y compris la Corse, indiquant les limites des 6 principaux bassins hydrographiques français considérés dans les inventaires (Source : Guide de l'eau)

## METHODOLOGIE

Lors d'un épisode pluvieux, les eaux de ruissellement qui en résultent peuvent atteindre les eaux de surface par différentes voies (cf. Figure 3) :

Voie 1 : les eaux de ruissellement sont collectées par un réseau d'assainissement séparatif qui rejette celles-ci dans les eaux de surface généralement sans traitement préalable (P6<sub>RS</sub>)

Voie 2 : les eaux de ruissellement sont collectées par un réseau d'assainissement unitaire et peuvent être émises dans les eaux de surface lors des débordements des déversoirs d'orage (P7)

Voie 3 : les eaux de ruissellement autoroutier sont traitées par des ouvrages autoroutiers de protection de la ressource en eau avant d'être émises dans les eaux de surface (P6<sub>RA</sub>)

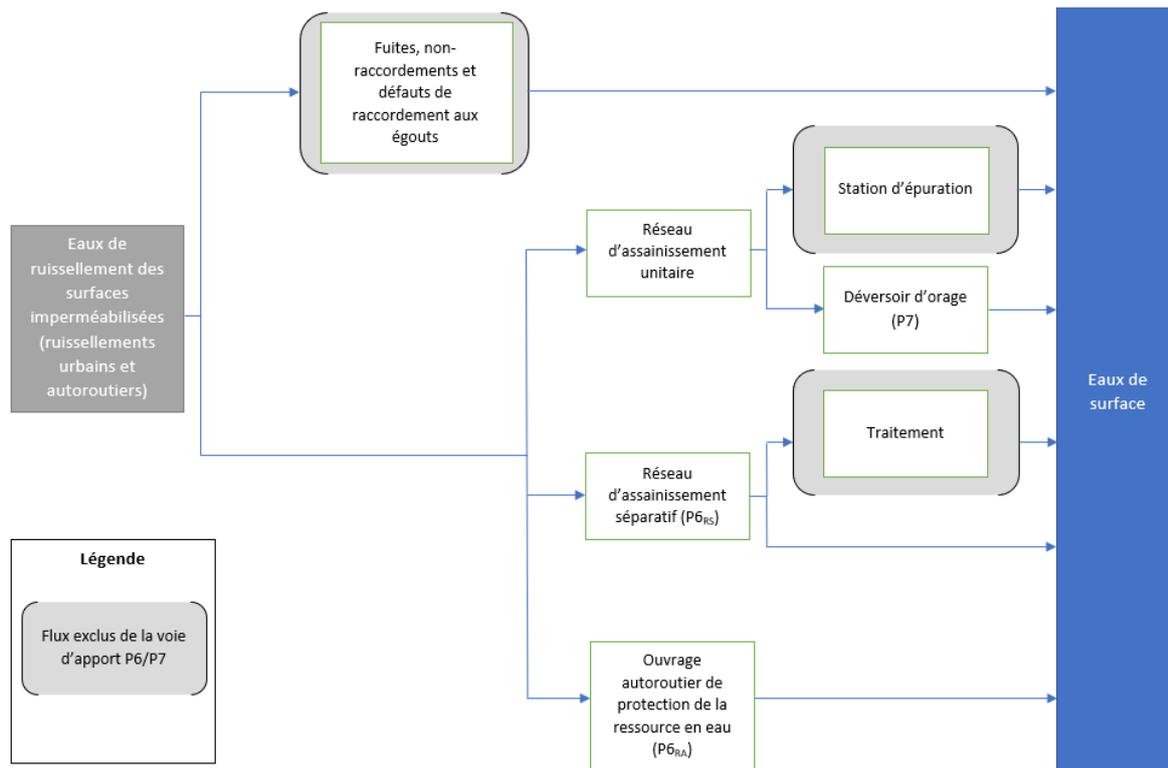


Figure 4. Voies d'apport des ruissellements des surfaces imperméables (Roovaart, 2022)

## Estimation des volumes de ruissellement urbain produit par les zones urbaines

Les volumes ruisselés ( $V_{ER}$ ) sont estimés à partir des hauteurs de pluie ( $H_{Pluie}$ ) et des surfaces actives ( $S_{Active}$ ) (cf. Eq. 1 ci-dessous).

$$V_{ER(j)} = H_{Pluie(j)} * S_{Active(j)} * C_{Ruissellement(j)} \text{ (Eq. 1)}$$

Avec :

$V_{ER}$  : Volume annuel des eaux pluviales du bassin j provenant des surfaces imperméabilisées (l/an)

$H_{Pluie}$  : Précipitations annuelles du bassin j (mm/an)

$S_{Active}$  : Surface active du bassin j (m<sup>2</sup>)

$C_{Ruissellement}$  : Coefficient de ruissellement de la surface active

Les hauteurs de pluie, ont été estimées à partir des données SAFRAN (<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-changement-climatique-sim-quotidienne/>). Afin de prendre en compte certains phénomènes d'infiltration dans les sols, seules les pluies d'une hauteur minimale de plus 3 millimètres ont été prises en compte. Les données pluviométriques ont été réparties avec un maillage 8km\*8km. Les volumes de ruissellement ont été estimés à partir de la moyenne des moyennes annuelles de pluviométrie des années 2020 à 2023.

La surface active correspond à la surface urbaine produisant du ruissellement par temps de pluie. L'estimation des surfaces active pour chaque bassin a été réalisée à partir de la base de données OSO, une base de données d'occupation du sol de la France métropolitaine produite par le Centre d'Expertise Scientifique sur l'occupation des sols en collaboration avec le CESBIO (Centre d'étude spatiale de la Biosphère). Cette base de données est accessible librement et téléchargeable à partir de ce lien : <https://www.theia-land.fr/product/carte-doccupation-des-sols-de-la-france-metropolitaine/>. Les données

d'occupation du sol de 2023 ont été utilisées pour ce travail. Sont distingués dans cette base, quatre types de sol artificialisés ; urbain diffus, urbain dense, route et zones industrielles et commerciales et urbain dense. Les surfaces de ces quatre types de sol artificialisées ont été estimées pour chaque bassin.

« Le coefficient de ruissellement représente la part d'eaux pluviales qui va ruisseler par rapport à la part d'eaux pluviales précipitée » (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France, 2020). « Il s'applique à la pluie (hauteur, volume), transformant la pluie brute en pluie nette, pour estimer les volumes générés (...) » (Graie, 2022). Le volume de ruissellement ne dépend pas exclusivement du type de surface sur laquelle la pluie s'abat mais également de la durée et de l'intensité de l'épisode pluvieux et de l'inclinaison du sol. Les précipitations qui ne génèrent pas de ruissellement sont temporairement stockées dans des dépressions de surface et transférées dans l'atmosphère par évaporation. Ce phénomène d'évaporation et de stockage est en partie pris en compte par l'exclusion des pluies de moins de 3 millimètres. Il est possible donc que la méthode proposée dans cette fiche sous-estime les volumes de ruissellement urbain.

Chaque type de surface dispose d'un coefficient de ruissellement qui dépend essentiellement de son taux d'imperméabilisation. Les valeurs moyennes des coefficients de ruissellement pour les zones urbaines imperméables se situent généralement entre 0,4 et 0,9 (U.S. Department of Transportation, 2009). Les coefficients de ruissellement retenus pour la réalisation des estimations sont la moyenne des coefficients collectés dans la littérature et présentés dans le tableau 2.

Si le type de surface active n'est pas disponible il est possible d'utiliser pour une première estimation, un coefficient de ruissellement de 0,6 (Roovaart, 2022).

Finalement les données de pluviométrie et de surfaces artificialisées ont été croisées pour associer à chaque surface artificialisée une donnée de pluviométrie et estimer le volume de ruissellement généré par la surface active.

Tableau 12 : Coefficient de ruissellement par type de surface active

Référence	DDAF d'Indre-et-Loire, 2008	Communauté de Commune Pays Bigouden Sud, sans date	Valeurs moyennes retenues pour la fiche
Urbain dense	0,6 – 1	0,5 – 0,75	0,7
Urbain diffus	0,2- 0,6	0,25 – 0,4	0,35
Route	0,9- 1	0,7 – 0,85	0,85
Zones industrielles et commerciales et urbain dense	0,6 – 0,8	0,5 – 0,85	0,7

Cette méthode d'estimation des eaux de ruissellement a été comparée à l'approche développée par l'AERM. Pour estimer les volumes de ruissellement l'AERM a estimé les surfaces imperméabilisées en utilisant la base de données Copernicus avant de les associer à des données de hauteurs de pluie. Les volumes obtenus par cette méthode sont comparables à la méthode proposée dans cette fiche.

Pour ne pas être prise en compte deux fois les surfaces d'autoroute estimées pour la voie P6<sub>RA</sub> (voir ci-après) ont été décomptées des surfaces de route comptabilisées dans les surfaces artificialisées utilisées pour estimer les voies d'émissions P6<sub>RS</sub> et P7.

## Voie d'apport « Ruissellement des surfaces imperméabilisées » (P6)

Comme présenté ci avant la voie d'émission P6 regroupe, les flux des eaux de ruissellement collectées par le réseau d'assainissement ( $P6_{RS}$ ) et les eaux de ruissellement autoroutier ( $P6_{RA}$ ). Il est possible d'estimer, à l'échelle d'un bassin hydrographique, les flux d'émission d'une substance liés aux ruissellements des surfaces imperméabilisées en utilisant l'équation 2 ci-après :

$$P6(X)_j = P6_{RS}(X)_j + P6_{RA}(X)_j \quad (\text{Eq. 2})$$

**$P6(X)_j$**  : Flux de la substance X provenant des eaux de ruissellement des surfaces imperméabilisées du bassin j (kg/an)

**$P6_{RS}(X)_j$**  : Flux de la substance X provenant des eaux de ruissellement des surfaces imperméabilisées collectées par les réseaux séparatifs du bassin j n'ayant pas bénéficié de traitement avant rejet dans les eaux de surface (kg/an)

**$P6_{RA}(X)_j$**  : Flux de la substance X provenant des eaux de ruissellement des surfaces imperméabilisées des réseaux autoroutiers du bassin j (kg/an)

### Eaux de ruissellement collectées par des réseaux d'assainissement séparatifs ( $P6_{RS}$ )

L'assainissement de type séparatif est un mode de collecte où les eaux usées et les eaux pluviales transitent par des canalisations distinctes. Les eaux usées sont alors transmises à la station d'épuration et les eaux pluviales sont rejetées généralement sans traitement préalable dans la masse d'eau suivante.

Dans le cas où des données spécifiques au bassin versant sur le raccordement du territoire artificialisé au réseau d'assainissement de type séparatif sont disponibles, il convient d'utiliser ces valeurs pour estimer les volumes d'eaux pluviales envoyées vers les eaux de surfaces commune par commune (Eq. 3).

Le calcul peut être effectué au cas par cas pour les communes non raccordées à une station et les communes disposant d'un réseau majoritairement séparatif comme suit :

$$P6_{RS}(X)_j = \sum_{Communes(j)} V_{ER(Commune)} * [X]_{RS} \quad (\text{Eq. 3})$$

Avec :

**$V_{ER(j)}$**  : Volume annuel des eaux pluviales provenant des surfaces imperméabilisées de chaque commune du bassin dont le réseau d'assainissement est majoritairement séparatif j (l/an)

**$[X]_{RS}$**  : Concentration de la substance X dans les eaux de ruissellement (g/l)

Lorsque le raccordement du territoire au réseau d'assainissement de type séparatif pour chaque commune n'est pas connu, il est possible d'utiliser un taux de raccordement au réseau d'assainissement de type séparatif moyen pour un territoire donné. L'équation 4, ci-dessous permet d'estimer les flux d'émissions provenant des ruissellements des surfaces imperméabilisées collectés par les réseaux d'assainissement séparatifs d'un bassin hydrographique :

$$P6_{RS}(X)_j = V_{ER(j)} * [X]_{RS} * T_{RS} \quad (\text{Eq. 4})$$

Avec

$V_{ER(j)}$  : Volume annuel des eaux pluviales du bassin j provenant des surfaces imperméabilisées (l/an)

$[X]_{RS}$  : Concentration de la substance X dans les eaux de ruissellement (g/l)

$T_{RS}$  : Taux de raccordement aux réseaux séparatifs

Le guide européen des inventaires d'émissions (Roovaart, 2022), fournit une estimation de la répartition des types de réseaux basée sur la longueur des égouts. Pour la France il est estimé que 68 % des réseaux d'assainissement sont de type séparatif. Néanmoins la proportion de zones imperméables connectées à différents systèmes d'égouts peut varier au niveau local et national. Nous préconisons donc d'adapter ce taux avec des données locales (valeurs moyennes à dire d'experts) ou en estimant un taux moyen à partir de la base de données ROSEAU en accès libre ici (<https://success.openhealth.fr/fr/articles/5414523-base-nationale-roseau>). Un taux par bassin a été estimé en utilisant les capacités des STEU et leur raccordement au réseau, les résultats sont présents dans le tableau (3).

Tableau 13 : taux de raccordement au réseau séparatif pour chaque bassin estimé à partir des données 2022 de la base de données ROSEAU

Bassin	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RHONE-MEDITERRANEE CORSE	SEINE-NORMANDIE
$T_{RS}$ (%)	62	29	70	22	57	56

#### Concentration des substances dans les effluents de réseaux séparatifs ( $[X]_{RS}$ )

Il est préconisé d'utiliser des données locales de concentration totale (phases dissoute et particulaire) en micropolluant X dans les effluents de réseaux séparatifs pluviaux par temps de pluie ( $[X]_{RS}$ ). Ces données peuvent être disponibles auprès des différents observatoires en hydrologie urbaine, notamment :

- OPUR : Observatoire des Polluants URbains en Ile-de-France<sup>25</sup>
- OTHU : Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine<sup>26</sup>
- ONEVU : Observatoire nantais des environnements urbains<sup>27</sup>

A défaut de données locales, les concentrations de substances dans les effluents de réseaux séparatifs issues d'une synthèse bibliographique effectuée par l'Ineris en 2014 peuvent être employées. Pour certaines substances non étudiées dans le précédent guide des valeurs du guide européen des inventaires d'émissions (Roovaart, 2022) ont été utilisées pour compléter la liste des substances. La concentration pour le zinc, le cuivre, le plomb et l'atrazine ont été actualisées avec les valeurs présentes dans le guide européen (cf. annexe 1 de ce chapitre).

Lors de la synthèse des rejets, il sera nécessaire de préciser le jeu de données employé pour le calcul de ces émissions.

De façon minoritaire, les eaux pluviales des réseaux séparatifs peuvent être traitées au préalable dans des bassins de décantation et/ou des systèmes de filtration avant émissions vers les eaux de surface. Compte tenu du manque d'informations se rapportant à cette voie d'apport (proportion des effluents traités, taux d'abattement des traitements...), celle-ci ne sera pas traitée, on peut donc estimer que le calcul de flux global estimé avec cette méthode est légèrement majorant.

<sup>25</sup> <https://osu-efluve.u-pec.fr/recherche/observations/opur-observatoire-des-polluants-urbains-en-ile-de-france>

<sup>26</sup> <http://www.graie.org/othu/index.htm>

<sup>27</sup> <https://irstv.ec-nantes.fr/observatoire-nantais-des-environnements-urbains>

### Ruissellement autoroutier (P6RA)

La pollution d'origine autoroutière, liée aux émissions des moteurs thermiques, à l'usure des véhicules (pneumatiques, plaquettes de freins, ...) et des équipements routiers constitue une source d'apport (principalement de métaux et de HAP) aux eaux de surface à prendre en compte dans le cadre d'un inventaire des émissions. La méthodologie de calcul ici décrite est issue d'une note publiée en 2006 par le SETRA concernant le calcul des charges de pollution chronique des eaux de ruissellement issues des plates-formes routières. Les émissions varient en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA). Le trafic moyen journalier annuel d'une section routière correspond à la moyenne annuelle du nombre de véhicules circulant sur cette section, tous sens confondus, au cours d'une journée. Les émissions des surfaces autoroutières peuvent être estimées en utilisant les Eq. 5 et Eq.6.

- **Si TMJA < 10 000**

$$P7(X)_j = \left( \sum_{Tronçons(j)} Cu(X) * \frac{TMJA}{1000} \right) * S_j * (1 - R_{Ouvrage}(X)) \quad (\text{Eq. 5})$$

- **Si TMJA >= 10 000**

$$P7(X)_j = \left( \sum_{Tronçons(j)} 10Cu(X) + Cs(X) * \frac{(TMJA-10\,000)}{1000} \right) * S_j * (1 - R_{Ouvrage}(X)) \quad (\text{Eq. 6})$$

Avec :

**Cu(X)** : charge unitaire annuelle de la substance X pour 1 000 véhicules par jour (kg/ha)

**Cs(X)** : charge annuelle supplémentaire de la substance X pour 1 000 véhicules par jour au-delà de 10 000 véhicules par jour (en kg/ha)

**TMJA** : Trafic Moyen Journalier Annuel de chaque tronçon (moy véhicules jour)

**S** : surface autoroutière imperméabilisée du bassin j (ha)

**R<sub>Ouvrage(X)</sub>** : rendement d'abattement des ouvrages autoroutiers de protection de la ressource en eau (%)

#### Surface autoroutière imperméabilisée et TMJA (S)

Pour appliquer les équations 5 et 6 et estimer les émissions de micropolluant générés par le ruissellement des surfaces autoroutières, il est nécessaire d'estimer pour un territoire donné la surface des autoroutes dont le TMJA est supérieur ou égal à 10 000 et la surface des autoroutes strictement inférieures à 10 000 TMJA. Pour cela nous avons utilisé les dernières données de trafic autoroutier de 2019 disponibles sur le site data.gouv.fr<sup>28</sup>. Chaque donnée de TMJA est associée à un tronçon dont la longueur est connue. La largeur de ce tronçon peut être définie à partir du nombre de voies mentionné dans les tableaux de comptage des DIR selon la relation fournie dans le tableau ci-dessous (par défaut, les valeurs moyennes de 3,5 m de largeur par voie de circulation, de 2,5 m pour la bande d'arrêt d'urgence et de 1 m pour la bande débarrassée de gauche<sup>29</sup>). Sans données disponibles, les autoroutes sont considérées comme 2 x 2 voies, avec une largeur de route de 21 m (nombre de voies par autoroute représentatif de 76 % de la longueur du réseau selon l'AFSA (2024)). Les estimations réalisées par l'Ineris en 2024, ont été réalisées en utilisant cette hypothèse. En utilisant ces valeurs il est possible d'estimer les surfaces autoroutières en leur associant un TMJA.

Tableau 14 : largeur moyenne des routes en fonction nombre de voiries

<sup>28</sup> [Trafic moyen journalier annuel sur le réseau routier national - data.gouv.fr](https://data.gouv.fr)

<sup>29</sup> Selon la Circulaire du 29 août 1991 du Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace relative aux profils en travers des ouvrages d'art non courants (<https://dtrf.cerema.fr/notice.html?id=Dtrf-0000275>)

	<b>2 x 2 voies</b>	<b>2 x 3 voies</b>	<b>2 x 4 voies</b>
Largeur moyenne de l'ensemble des voies (m)	21	28	35

### Charge unitaire annuelle (Cu)

La charge unitaire annuelle correspond au flux de substance émis (par unité de surface autoroutière) par un nombre déterminé de véhicules (inférieur à 10 000 par jour).

Le SETRA propose des gammes de valeurs de charge unitaire annuelle pour 1 000 véhicules par jour, ces données sont compilées dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 15. Charges unitaires (Cu) annuelles pour 1000 véhicules Source : (SETRA, 2006)

	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cd</b>	<b>HAP</b>
Charge unitaire annuelle (Cu) (kg/ha)	$2.10^{-1} - 4.10^{-1}$	$2.10^{-2}$	$1.10^{-3} - 2.10^{-3}$	$8.10^{-5} - 1,5.10^{-4}$

Les charges unitaires annuelles relatives aux HAP sont associées à une somme de HAP. Afin d'obtenir le détail des flux par substance, il est possible d'appliquer à cette somme de concentrations la répartition des concentrations observées dans les eaux de ruissellement brutes d'une route départementale dans le cadre de la thèse (Flanagan, 2018). Les répartitions de 16 substances HAP sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 16 : Répartition des concentrations observées dans les eaux de ruissellement brutes d'une route départementales (Flanagan, 2018)

<b>Nom du paramètre</b>	<b>Répartition des concentrations observées des HAP</b>
Naphtalène	1,8%
2-méthylnaphtalène	0,6%
1-méthylnaphtalène	1,0%
Acénaphthylène	2,0%
Acénaphthène	0,5%
Fluorène	0,6%
Anthracène	2,6%
Phenanthrène	7,0%
Fluoranthène	15,8%
Pyrène	16,7%
Benzo[a]anthracène	5,0%
Chrysène	9,4%
Benzo[a]pyrène	4,4%
Benzo[k]fluoranthène	3,5%
Benzo[g,h,i]pérylène	7,1%
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	5,4%
Benzo[b]fluoranthène	11,2%
Dibenzo[a,h]anthracène	1,6%
Coronène	3,7%

### Charge annuelle supplémentaire (Cs)

D'après le SETRA, au-delà de 10 000 véhicules par jour, l'accroissement de la charge polluante est effectif mais s'atténue, celui-ci est pris en compte dans les calculs de flux via l'emploi du paramètre de charge annuelle supplémentaire (Cs) exprimé en flux de substance émis (par unité de surface autoroutière) pour un nombre déterminé de véhicules.

Le SETRA fournit des valeurs de charge annuelle supplémentaire pour 1 000 véhicules par jour (au-delà de 10 000 véhicules par jour), celles-ci sont présentées dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 17. Charges annuelles supplémentaires (Cs) (Source : SETRA)

	Zn	Cu	Cd	HAP
Charge annuelle supplémentaire (Cs) (kg/ha)	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$

### Rendement d'abattement des ouvrages autoroutiers ( $R_{Ouvrage}$ )

Par défaut, il est préconisé de retenir 65 % pour le cuivre, le cadmium et le zinc et 50 % pour les HAP. Si les données concernant les ouvrages mis en place sont disponibles, il est possible d'affiner ce calcul avec les rendements proposés par le SETRA (SETRA, 2006).

Ouvrage autoroutier de protection de la ressource en eau	Rendements d'abattement (%)	
	Cu, Cd, Zn	HAP
Fossé enherbé	65	50
Bief de confinement	65	50
Fossé subhorizontal enherbé	65	50
Bassin sanitaire	85	90
Filtre à sable	90	95
Bassin avec volume mort (Vs en m/h)	1	65
	3	45
	5	40

Cette méthode ne prend pas en compte des phénomènes ponctuels (tels que les accidents de la route ou des déversements malveillants) pouvant entraîner une pollution accidentelle. Par ailleurs, en cas d'incendie, l'eau utilisée par les services de secours peut entraîner des polluants de natures diverses, résultant de la combustion et/ou de la décomposition thermique des matériaux du véhicule sinistré.

### **Voie d'apport « Déversoirs d'orage » (P7)**

Un réseau d'assainissement unitaire collecte dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales puis les achemine vers une station d'épuration pour traitement. Pendant les périodes pluvieuses, une partie du mélange eaux domestiques/eaux pluviales peut être rejetée directement dans le milieu naturel via les déversoirs d'orage. En régime stationnaire les émissions pluviales sont rejetées après traitement. Ces émissions sont comptabilisées dans la voie P8.

Les flux d'émissions des déversoirs peuvent être estimés selon la formule suivante :

$$P7(X)_j = V_{DO(j)} * [X]_{RU} \quad (\text{Eq. 7})$$

**P7(X)<sub>j</sub>** : Flux de la substance X provenant des déversoirs d'orage des réseaux unitaires du bassin j (kg/an)

$V_{DO(j)}$  : Volume annuel évacué par les déversoirs d'orage du bassin j (l/an)

$[X]_{RU}$  : Concentration de la substance X dans les eaux en entrée de station d'épuration (g/l)

Pour les concentrations de polluants dans les eaux en entrée de station d'épuration, les concentrations mesurées lors des campagnes RSDE 2018 et 2022 ont été utilisées. Les concentrations correspondent à la moyenne des analyses quantifiées lors des campagnes 2018 et/ou 2022 et sont présentées en annexe 3 de ce chapitre.

Concernant les volumes des déversoirs d'orage plusieurs approches sont possibles. Pour certains territoires, des données locales de volumes d'eau transitant par les déversoirs d'orage par communes sont disponibles. Ces données sont généralement estimées par les acteurs locaux en comparant les volumes des eaux de ruissellement collectés parvenant jusqu'à la station d'épuration ( $V_{ERC}$ ) et la capacité de la station d'épuration (et les éventuels volumes de rétention disponibles) : le surplus est défini comme le volume évacué par les déversoirs. La méthode de calcul de ces volumes est présentée en annexe 2 de ce chapitre. Lorsque ces données sont disponibles, le volume annuel évacué par les déversoirs d'orage du bassin correspond à la somme des volumes déversés de chaque commune disposant d'un réseau majoritairement unitaire et en utilisant les données de concentration introduites plus bas dans cette note et disponibles en annexe 2 de ce chapitre.

$$V_{DO} = \sum_{Commune} V_{DO(Commune)} \quad (\text{Eq. 8})$$

Avec :

$V_{DO(Commune)}$  : Volume annuel évacué par le déversoir d'orage de la commune (l/an)

Sans données locales disponibles, il est possible d'estimer les volumes des déversoirs d'orage en appliquant l'équation (XXX) présentée ci-dessous.

$$V_{DO} = V_{ER(j)} * T_{RU} * C_{Ruissellement} * T_D \quad (\text{Eq. 9})$$

**Avec**

$V_{ER(j)}$  : Volume annuel des eaux pluviales du bassin j provenant des surfaces imperméabilisées (l/an)

$T_{RU}$  : Taux de raccordement aux réseaux unitaires

$C_{Ruissellement}$  : Coefficient de ruissellement

$T_D$  : Taux de déversement

Pour estimer le volume des eaux de ruissellement provenant des surfaces imperméabilisées déversées vers les réseaux unitaires, la même méthode que pour P6 peut être utilisée. A savoir multiplier des hauteurs de pluie par des surfaces imperméabilisées. Puis appliquer à ces volumes, des coefficients de ruissellement pour estimer les volumes d'eau qui ruissellent. Nous invitons le lecteur à se référer à la partie P6<sub>RS</sub> pour plus de détails concernant ces estimations.

Concernant le taux de raccordement au réseau unitaire il est préférable d'utiliser des données estimées par les acteurs locaux. Si ces données n'existent pas il est possible d'utiliser un taux de raccordement au réseau d'assainissement de type séparatif moyen. Le guide européen des inventaires d'émissions (Roovaart, 2022), fournit une estimation de la répartition des types de réseaux basée sur la longueur des égouts. Pour la France il est estimé 32 % des réseaux d'assainissement sont de type unitaire. Néanmoins la proportion de zones imperméables connectées à différents systèmes d'égouts peut varier au niveau local et national. Nous préconisons donc d'adapter ce taux avec des données locales (valeur moyennes à dire d'experts) ou en

estimant un taux à partir de la base de données ROSEAU. Un taux par bassin a été estimé en utilisant les capacités des STEU et leur raccordement au réseau, les résultats sont présents dans le tableau 18.

Tableau 18 : taux de raccordement au réseau unitaire pour chaque bassin estimé à partir des données 2022 de la base de données ROSEAU

Bassin	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RHONE-MEDITERRANEE CORSE	SEINE-NORMANDIE
T <sub>RU</sub> (%)	38	71	30	78	43	44

Le taux de déversement est défini par l'équation 10 et peut être estimé à partir des volumes de déversés et entrant dans la station de traitement des eaux usées, estimés par les acteurs locaux.

$$\text{Taux de déversement} = \frac{A1+A2}{\text{volume généré par l'agglomération } A1+ A2 + A3} \quad (\text{Eq. 10})$$

Avec :

A1: déversoir du système de collecte permettant le déversement des eaux usées circulant dans le système de collecte vers le milieu récepteur.

A2: déversoirs en tête de station permettant une surverse de tout ou partie de la totalité des eaux usées vers le milieu récepteur avant leur entrée dans la station

A3 : toutes les entrées d'eaux usées en provenance du système de collecte qui parviennent à la station

Si ces volumes ne sont pas disponibles, il est possible d'utiliser les taux de déversement moyen estimé pour certains bassins et de l'appliquer pour un autre territoire. Il sera important de préciser cette hypothèse. Ces taux de déversement ont été calculés pour les bassins Rhin Meuse ou Loire Bretagne par les acteurs locaux. Les taux de déversement du bassin Artois Picardie ont été estimés par Stark (thèse <https://thomas-starck.github.io/n-p-sanitation-flows/>). Ces taux sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 19 : Taux de déversement des déversoirs d'orage par bassin

Bassin	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RHONE-MEDITERRANEE CORSE	SEINE-NORMANDIE
Taux de déversement	Pas de donnée	12%	10%	20%	Pas de données	Pas de données

# ANNEXES

## Annexe 1 : Concentration en ( $\mu$ /l) des micropolluants dans les eaux de ruissellement

Nom Paramètre	Concentration en ( $\mu$ /l) /L	Référence
Aldrine	0,140	Guide inventaire (2017)
Anthracène	0,032	Guide inventaire (2017)
Atrazine	0,001	Guide européen 2022
benzo[a]pyrène	0,120	Guide inventaire (2017)
benzo[b]fluoranthène	0,155	Guide inventaire (2017)
benzo[g,h,i]pérylène	0,085	Guide inventaire (2017)
benzo(k)fluoranthène	0,052	Guide inventaire (2017)
Chloroalcanes	16,000	Guide inventaire (2017)
Chloroforme	0,900	Guide inventaire (2017)
Chlorpyrifos	0,000	Guide inventaire (2017)
Chrome	1,500	Guide inventaire (2017)
Cuivre (total)	36,100	Guide européen 2022
Déca-BDE	0,000	Guide inventaire (2017)
DEHP	10,650	Guide inventaire (2017)
Dichlorométhane	0,000	Guide inventaire (2017)
Dieldrine	0,410	Guide inventaire (2017)
Diuron	0,420	Guide inventaire (2017)
Fluoranthène	0,061	Guide inventaire (2017)
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0,120	Guide inventaire (2017)
Isoproturon	0,030	Guide inventaire (2017)
Naphtalène	0,110	Guide inventaire (2017)
Nonylphenols (NP)	0,610	Guide inventaire (2017)
Octylphénol (OP)	0,179	Guide inventaire (2017)
Plomb	9,400	Guide européen 2022
Pentachlorophénol	0,000	Guide inventaire (2017)
Simazine	0,000	Guide inventaire (2017)
TBT	0,030	Guide inventaire (2017)
Tétrachloroéthylène	5,100	Guide inventaire (2017)
Trichloroéthylène	0,880	Guide inventaire (2017)
Zinc	185,000	Guide européen 2022
Aluminium	1,102	Guide européen 2022
Argent	0,340	Guide européen 2022
Cadmium	0,350	Guide européen 2022
Nickel	6,600	Guide européen 2022
mercure	0,014	Guide européen 2022
4-iso-nonyl-phenol	0,667	Guide européen 2022
4-tert.-oktyl-phenole	0,196	Guide européen 2022
HBCDD	0,004	Guide européen 2022
benzo[a]anthracene	0,068	Guide européen 2022
terbutryn	0,048	Guide européen 2022

## Annexe 2 : méthode pour estimer les volumes annuels évacués par les déversoirs d'orage (VDO)

L'estimation du volume annuel évacué par les déversoirs d'orage repose sur la comparaison entre les volumes des eaux de ruissellement collectés parvenant jusqu'à la station d'épuration ( $V_{ERC}$ ) et la capacité de la station d'épuration (et les éventuels volumes de rétention disponibles) : le surplus est défini comme le volume évacué par les déversoirs.

$$V_{DO(j)} = V_{ERC(j)} - Cap_{STEU(j)} \quad (\text{Eq. 11})$$

$V_{DO(j)}$  : Volume annuel évacué par les déversoirs d'orage du bassin j (l/an)

$V_{ERC(j)}$  : Volume annuel des eaux pluviales collectées par les réseaux unitaires du bassin j (l/an)

$Cap_{STEU(j)}$  : Capacité annuelle des stations d'épuration du bassin j (l/an)

L'estimation du volume des eaux pluviales collectées par des réseaux unitaires est basée sur l'application du coefficient de ruissellement ( $C_{Ruissellement}$ ) et du taux de raccordement aux réseaux unitaires ( $T_{RU}$ ) au volume annuel des eaux de ruissellement des surfaces imperméabilisées ( $V_{ER}$ ).

$$V_{ERC(j)} = V_{ER(j)} * C_{Ruissellement} * T_{RU} \quad (\text{Eq. 12})$$

$V_{ERC(j)}$  : Volume annuel des eaux pluviales collectées par les réseaux unitaires du bassin j (l/an)

$V_{ER(j)}$  : Volume annuel des eaux pluviales provenant des surfaces imperméabilisées du bassin j (l/an)

$C_{Ruissellement}$  : Coefficient de ruissellement

$T_{RU}$  : Taux de raccordement au réseau unitaire

**Annexe 3 : Concentration en ( $\mu$ /l) des micropolluants dans les eaux en entrée de STEU, moyenne des analyses quantifiées lors des campagnes 2018 et/ou 2022**

Nom Paramètre	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RHONE-MEDITERRANEE CORSE	SEINE-NORMANDIE
Aminotriazole	0,09	0,09	0,08	0,14	0,09	0,11
Bentazone	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
Benzène	0,46	0,38	0,41	0,37	0,42	0,51
Benzo (a) Pyrène	0,11	0,09	0,05	0,03	0,04	0,05
Benzo (b) Fluoranthène	0,17	0,09	0,07	0,03	0,03	0,06
Benzo (k) Fluoranthène	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03
Benzo (g,h,i) Pérylène	0,10	0,09	0,06	0,03	0,05	0,05
Bifenox	0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,09
Trichlorométhane (chloroforme)	2,12	0,87	1,64	2,42	1,59	1,75
Chlortoluron	0,09	0,03	0,06	0,04	0,14	0,03
Cyperméthrine	0,06	0,04	0,10	0,10	0,08	0,09
2,4 D	0,09	0,09	0,10	0,22	0,22	0,10
1,2 dichloroéthane	1,07	0,74	1,06	1,04	0,88	0,89
Dichlorométhane	4,54	3,18	8,57	6,62	3,89	3,14
Dichlorvos	0,04	0,04	0,06	0,05	0,04	0,05
Dicofol	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Diuron	0,07	0,05	0,08	0,07	0,05	0,05
Fluoranthène	0,18	0,12	0,11	0,05	0,07	0,10
Heptachlore	0,06	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Hexachlorobenzène	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	0,12	0,06	0,08	0,03	0,03	0,06
Iprodione	0,08	0,07	0,08	0,15	0,08	0,21
Isoproturon	0,03	0,03	0,05	0,03	0,12	0,03
2,4 MCPA	0,12	0,06	0,08	0,07	0,11	0,06
Pendiméthaline	0,15	0,09	0,05	0,06	0,05	0,05
Pentachlorophénol	0,07	0,07	0,09	0,10	0,09	0,15
PCB 028	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PCB 052	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PCB 101	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PCB 118	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PCB 138	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PCB 153	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PCB 180	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Terbutryne	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Tétrachloroéthylène	0,30	0,50	0,67	0,29	0,83	0,51
Tétrachlorure de carbone	0,25	0,25	0,25	0,22	0,24	0,25
Toluène	3,81	6,06	3,66	3,72	3,30	2,80
Trichloroéthylène	0,26	0,28	0,35	0,24	0,28	0,29
Cyprodinil	0,12	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05

Nom Paramètre	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RHONE-MEDITERRANEE CORSE	SEINE-NORMANDIE
Arsenic (métal total)	2,70	3,23	2,87	5,22	3,41	3,68
Titane (métal total)	18,16	22,50	15,18	30,11	17,98	14,35
Cobalt	1,63	1,67	1,77	1,80	1,57	1,81
Plomb (métal total)	10,36	8,88	5,96	6,90	5,35	6,35
Zinc (métal total)	223,01	211,04	188,42	220,18	177,04	156,84
Nickel (métal total)	7,22	5,35	7,07	7,96	4,92	6,02
Mercuré (métal total)	0,14	0,13	0,14	0,21	0,13	0,13
Cadmium (métal total)	0,95	0,59	0,53	0,56	0,53	0,56
Chrome (métal total)	6,36	8,06	8,01	12,16	9,47	6,73
Cuivre (métal total)	54,46	57,90	67,61	78,38	63,03	68,28
Anthracène	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04
Chlorprophame	0,12	0,08	0,08	0,10	0,08	0,09
Ethylbenzène	0,62	0,54	0,55	0,56	0,60	0,58
Glyphosate	1,26	1,23	1,49	1,56	1,12	1,19
Naphtalène	0,10	0,10	0,12	0,09	0,07	0,14
Biphényle	0,06	0,05	0,08	0,05	0,06	0,08
Hexachlorobutadiène	0,26	0,25	0,28	0,23	0,28	0,25
Oxadiazon	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Métazachlore	0,04	0,05	0,04	0,04	0,07	0,04
Aclonifene	0,12	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09
Tebuconazole	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,09
Thiabendazole	0,10	0,07	0,19	0,21	0,13	0,08
Heptachlore epoxide (exo)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Xylènes (Somme o,m,p)	1,07	0,86	1,09	1,51	1,74	1,35
Métaldéhyde	0,08	0,07	0,09	0,10	0,10	0,09
Diflufenicanil	0,08	0,05	0,05	0,08	0,08	0,05
BDE 209 (décabromodiphényl oxyde)	0,10	0,09	0,12	0,15	0,10	0,12
Phosphate de tributyle (TBP)	0,36	0,19	0,17	0,23	0,17	0,17
Imidaclopride	0,09	0,06	0,08	0,09	0,09	0,08
Nicosulfuron	0,07	0,04	0,04	0,04	0,13	0,05
Pentachlorobenzène	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
AMPA (Acide aminométhylphosphonique)	3,41	1,84	3,00	3,03	2,44	3,22
Cybutrine	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Azoxystrobine	0,10	0,07	0,09	0,08	0,13	0,08
Chloroalcanes C10-C13	3,92	3,71	4,08	4,96	4,11	4,52
Nonylphénols	1,74	1,80	1,88	1,13	0,89	1,38
Octylphénols	0,22	0,15	0,35	0,13	0,16	0,21
Quinoxylène	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09
Monobutylétain cation	0,04	0,03	0,04	0,06	0,04	0,04
Tributylétain cation	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02

Nom Paramètre	ADOUR-GARONNE	ARTOIS-PICARDIE	LOIRE-BRETAGNE	RHIN-MEUSE	RHONE-MEDITERRANEE CORSE	SEINE-NORMANDIE
BDE 183	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BDE 154	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BDE 153	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BDE 100	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BDE 099	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BDE 047	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
BDE 028	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Boscalid	0,13	0,07	0,08	0,09	0,10	0,08
NP1OE	0,86	2,85	2,77	1,21	1,05	1,19
NP2OE	0,13	0,22	0,31	0,24	0,16	0,15
OP1OE	0,14	0,18	0,25	0,23	0,27	0,20
OP2OE	0,08	0,10	0,12	0,10	0,09	0,10
Triphénylétain cation	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Sulfonate de perfluorooctane (PFOS)	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07
Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	16,34	9,47	17,96	16,66	13,05	17,14
Dibutylétain cation	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03
Hexabromocyclododecane (HBCDD)	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

## BIBLIOGRAPHIE

ASFA, 2024. Chiffres clés 2024. Document disponible à l'adresse suivante : [https://www.autoroutes.fr/FCKeditor/UserFiles/File/ASFA\\_ChiffresCles\\_2023.pdf](https://www.autoroutes.fr/FCKeditor/UserFiles/File/ASFA_ChiffresCles_2023.pdf)

Communauté de Commune Pays Bigouden Sud, sans date. Gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement. Document disponible à l'adresse suivante : [https://www.ccpbs.fr/media/2014/03/EI\\_annexe3\\_etude\\_hydro.pdf](https://www.ccpbs.fr/media/2014/03/EI_annexe3_etude_hydro.pdf)

DDAF d'Indre-et-Loire, 2008. Gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement.

Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France, 2020. Guide technique pour l'instruction des dossiers d'eaux pluviales.

Graie, 2022. La notion de coefficient de ruissellement a-t-elle un sens dans le cas des ouvrages de stockageinfiltration à la source ?

Kelsey Flanagan, 2018, Evaluation de la rétention et du devenir d'un panel diversifié de micropolluants dans un ouvrage de biofiltration des eaux de ruissellement de voirie [https://www.leesu.fr/IMG/pdf/kelsey\\_flanagan\\_these-2.pdf](https://www.leesu.fr/IMG/pdf/kelsey_flanagan_these-2.pdf)

Roovaart, J. van den, Ullrich, A., Duijnhoven, N. van, Prchalová, H., Bleser, J., Whalley, C., 2022, Calculating emissions to water – a simplified method. ETC/ICM Technical Report 03/2022: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters, 205 pp.

Secrétariat technique de bassin-Bassin Loire-Bretagne, 2024. Etat des lieux 2025.

Sétra, 2006. Calcul des charges de pollution chronique des eaux de ruissellement issues des plates-formes routières. Note d'information du Sétra n°75, 12 p. Document disponible à l'adresse suivante : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/calcul-charges-pollution-chronique-eaux-ruissellement-issues>

U.S. Department of Transportation, 2009. Urban Drainage Design Manual. Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition. Document disponible à l'adresse suivante [https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library\\_arc.cfm?pub\\_number=22&id=140](https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library_arc.cfm?pub_number=22&id=140)

## 4. Voie d'apport P9. Eaux usées des ménages non raccordés (eaux traitées ou non traitées)

L'objectif de cette fiche est de décrire la méthodologie à suivre pour estimer, à l'échelle d'un bassin, les flux d'émissions de substances des ménages non raccordés. C'est-à-dire les ménages dont les eaux usées ne sont pas traitées ou sont traitées par un système d'assainissement non collectif. Les émissions de substances à cause de fuites dans les réseaux sont également comptabilisées dans cette voie.

### SUBSTANCES TRAITEES

L'inventaire des émissions de la voie d'apport et P9 est réalisé sur la base de données de taux de rejet par habitant estimés pour 95 substances à partir des données mesurées dans le cadre des campagnes de mesure RSDE STEU 2018 et 2022.

### TERRITOIRES

Les inventaires d'émissions pour cette voie sont effectués pour les six grands bassins hydrographiques qui correspondent aux territoires des grands fleuves : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône Méditerranée Corse et Seine-Normandie (cf. Figure 3).



Figure 5. Carte de la France continentale, y compris la Corse, indiquant les limites des 6 principaux bassins hydrographiques français considérés dans les inventaires (Source : Guide de l'eau)

## METHODOLOGIE

La population non raccordée, correspond à la population dont les rejets ne sont pas traités par une STEU. Cette population regroupe, les ménages non raccordés et les ménages dont les eaux usées ne sont pas traitées ou sont traitées par un système d'Assainissement Non Collectif (ANC). Enfin les fuites, c'est-à-dire les eaux collectées mais qui n'arrivent pas à la STEU sont également prises en compte dans cette fiche.

Les populations non raccordées collectées auprès des agences de l'eau sont présentées dans le tableau 1 ci-après. Pour certaines agences aucune donnée n'est disponible.

Tableau 20 : Population non raccordés par bassin en millions d'habitants

Bassin	Habitants dont les eaux usées sont traitées par un système d'assainissement non collectif	Habitants dont les eaux usées ne sont pas traitées (y compris fuites)
Artois-Picardie	0,045337	0,783628
Rhin-Meuse	Pas de donnée collectée	Pas de donnée collectée
Seine-Normandie	Pas de donnée collectée	Pas de donnée collectée
Loire-Bretagne	3,3	Pas de donnée collectée
Adour-Garonne	Pas de donnée collectée	Pas de donnée collectée
Rhône-Méditerranée	1,7	Pas de donnée collectée
France Métropolitaine	Pas de donnée collectée	Pas de donnée collectée

Concernant les installations d'assainissement non collectif, si elles sont munies d'une zone d'infiltration, celles-ci ne sont pas susceptibles de générer des rejets de substances directement dans les eaux de surface. La plupart des effluents s'infiltreraient dans le sol (Ineris, 2017) (Roovaart, 2022). En revanche les ANC dont les eaux sont drainées génèrent des émissions vers les eaux de surface. L'AERM estime sur son bassin que 75% d'ANC seraient drainés et 25% ne le seraient pas. En l'absence d'information, l'Ineris propose d'estimer une fourchette basse, soit 0 émission vers les eaux de surface et une fourchette haute avec 75% des émissions vers les eaux de surface.

Pour certaines substances, comme les métaux le taux de rétention dans les boues des ANC pourrait être important, pour d'autres substances principalement transportées sous forme dissoute ce taux de rétention serait faible. Selon (Roovart, 2021) il n'existe pas de données concernant la rétention dans les boues des ANC mais les taux d'abattement des STEU pourraient être utilisés comme première approximation. Des taux de rétention dans les boues, issus de la littérature sont présentés dans le guide européen mais ceux-ci sont fortement variables. Etant donné la forte variabilité de ces taux ainsi que l'absence d'information concernant les types d'installations d'assainissement non collectif présentes sur chaque bassin nous n'avons pas considéré d'abattement des polluants pour ce type d'installation.

Concernant les eaux usées collectées non traitées (y compris les fuites), générant des rejets directs de substances vers les eaux de surface nous proposons d'utiliser un Facteur de Transfert (FT) afin de considérer une éventuelle perte des substances lors de leur transfert vers les eaux de surface. Par défaut, on prendra  $FT = 0,7941$  pour l'estimation de la valeur basse et  $FT = 1$  pour la valeur maximale.

Les taux d'émissions moyens par Equivalent Humain (EH) contenues dans les eaux usées des ménages ont été estimés à partir des données de concentrations de micropolluants quantifiées en entrée de STEU dans le cadre des campagnes de mesure RSDE STEU 2018 et 2022. Des taux d'émission moyens ont été calculés pour 95 substances pour chaque bassin et sont estimés en g/j/EH. Les capacités entrantes maximales ont

été utilisées pour estimés taux d'émissions par EH. Ces taux estimés avec les données RSDE sont proches de ceux utilisés dans le précédent guide inventaire.

Un EH est une unité de mesure se basant sur la charge de pollution domestique émise par personne et par jour. « La directive européenne du 21 mai 1991 définit l'équivalent-habitant comme la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour » (Cerema, 2023). Nous avons considéré qu'un EH équivalait à un habitant.

Pour estimer les flux d'émission de la voie P9, l'équation ci-dessous peut être utilisée.

$$P9(X)_j = \text{taux d'émission moyen par EH} * (EH_{\text{non raccordés ANC}} * \% \text{ ANC drainés} + EH_{\text{non raccordés sans traitement}} * FT)$$

Avec :

**P9(X)<sub>j</sub>** : Flux de la substance X provenant des eaux usées non raccordées du bassin j (kg/an)

**EH<sub>non raccordés ANC</sub>** : ménages dont les eaux usées sont raccordées à un système ANC (EH)

**EH<sub>non raccordés sans traitement</sub>** : ménages dont les eaux usées sont collectées mais non traitées (EH)

**% ANC drainés** : 0% pour l'estimation de la valeur basse et 75% pour la valeur maximale (%)

**FT** : Facteur de Transfert prenant en compte la perte lors du transfert vers les eaux de surface, FT = 0,7941 pour l'estimation de la valeur basse et FT = 1 pour la valeur maximale

**taux d'émission moyen par EH** : calculé à partir des données des campagnes RSDE STEU (g/j/EH)

## BIBLIOGRAPHIE

Cerema, 2023. Wikhydro EH. [http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Equivalent\\_habitant / EH \(HU\)](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Equivalent_habitant / EH (HU)). Consulté le 12/02/2025

Ineris, 2017. Guide pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de surface.

Roovaart, J. van den, Ullrich, A., Duijnhoven, N. van, Prchalová, H., Bleser, J., Whalley, C., 2022, Calculating emissions to water – a simplified method. ETC/ICM Technical Report 03/2022: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters, 205 pp.

Stark, T. 2024. Fate of nitrogene in French human excreta: current waste and agronomic opportunities for the future.

Stark, T. 2024. Thomas-Starck. Github. <https://github.com/Thomas-Starck/n-p-sanitation-flows/tree/main>.

## 5. Voie d'apport P10. Les émissions directes de substances dans l'eau par les industriels (P10)<sup>30</sup>

L'objectif de ce volet est l'estimation des émissions dans les masses d'eau issues des industriels. La source principale des données d'entrée est la base de données Gidaf. La base Gidaf n'étant pas exhaustive, les résultats issus de cette base ont été complétés par les données d'émissions de la base BDREP.

### JEUX DE DONNEES D'ENTREE

#### Gidaf

Les données principalement utilisées pour cette étude ont été fournies par le BRGM et sont issues de la base Gidaf. Il s'agit des mesures réalisées dans les eaux en 2021 et en 2022.

Pour chaque bassin, nous avons reçu les données suivantes (cinq fichiers texte/csv) :

- Mesures de concentration et de débit de l'année 2021,
- Mesures de concentration et de débit de l'année 2022,
- Listes des cadres de surveillance,
- Liste des déclarations,
- Liste des établissements.

#### BDREP

En complément des mesures de concentration et de débit issues de GIDAF, des données ont été extraites de BDREP, base de données du registre des émissions polluantes et des déchets qui est gérée par l'Ineris.

BDREP ne disposant pas du détail par point de rejet et afin de pouvoir comparer les données des deux systèmes d'information, seule la masse émise annuelle des rejets directs par établissement (en kg) a été récupérée.

### DONNEES DE REFERENCE

#### Liste des industriels et des points de prélèvement

La liste des établissements est issue du fichier GIDAF fourni en entrée. On y trouve les informations administratives de l'établissement (adresse, code postal, commune) mais également ses coordonnées géographiques.

<sup>30</sup> Rapport INERIS-226543-2791287-v0.4 – Volet 1 - Rédacteurs : LESCOT Christophe, LETINOIS Laurent, SALOMON Morgane

## Liste des paramètres

La liste des paramètres (Annexe 1 de ce chapitre) traités lors de l'étude a été établie à partir des paramètres disponibles dans les données GIDAF et des substances de la DCE. Cette liste a été soumise aux agences qui se sont prononcées sur l'intérêt ou non de bénéficier d'un inventaire de chaque substance. La liste finale utilisée lors de l'étude correspond à la consolidation de toutes les substances ayant été sélectionnées par au moins une agence.

Les substances sont identifiées par leur code Sandre, clé de référence des paramètres.

## Cadres de surveillance

Les cadres de surveillance de GIDAF sont établis et maintenus par les services chargés du suivi et de l'inspection des installations classées. Dans un cadre, il est défini notamment quelles substances doivent être mesurées et surtout selon quelle périodicité. Il faut faire une distinction entre les cadres dont la période est « Quotidienne » ou « Par bûchée » des cadres avec une périodicité différente. Le bûché consiste à stocker les rejets dans une cuve ou une bûche pendant une période plus ou moins longue et à rejeter son contenu une fois de temps en temps. Tout comme les cadres mesurés quotidiennement, chaque mesure de débit correspond à un jour d'émission dans l'environnement. Les périodicités des autres cadres sont très hétérogènes (périodicité semestrielle, mensuelle, « sans contrainte » ...)

Il est à noter qu'il peut exister des différences entre les analyses effectivement réalisées sur le terrain et les consignes définies dans les cadres de surveillance. Les traitements d'inventaire réalisés s'appuient sur la typologie du cadre afin de distinguer le cas « quotidien/bûché » des autres périodicités et appliquer un algorithme adapté qui prend en compte les dates de chaque mesure de débit et de concentration.

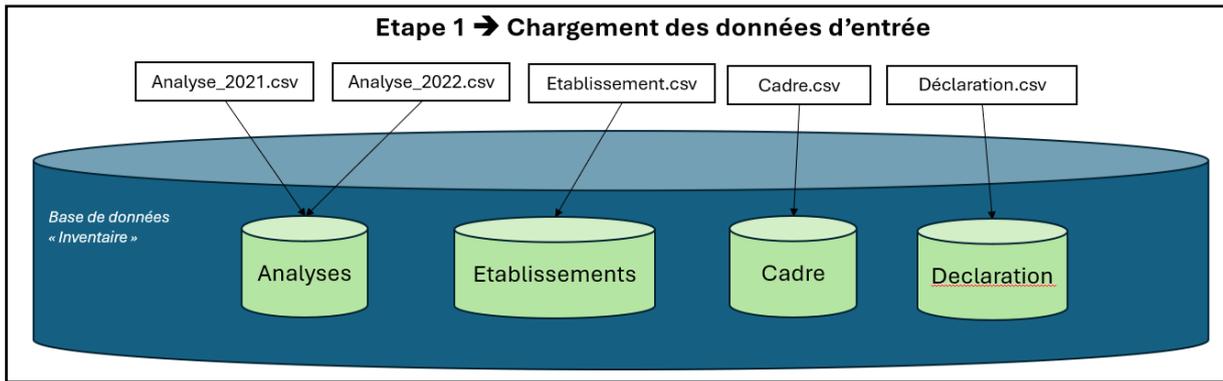
## Liste des points de surveillance

Afin de faciliter les traitements, une liste des points de surveillance a été établie en amont des calculs. Cette liste contient, par point, la typologie du point à savoir s'il s'agit d'un point de rejet direct, raccordé, « amont », « interne » ou encore « pluvial ». Pour définir ces valeurs, nous avons analysé les noms des points en cherchant des mots clés susceptibles d'indiquer leur typologie.

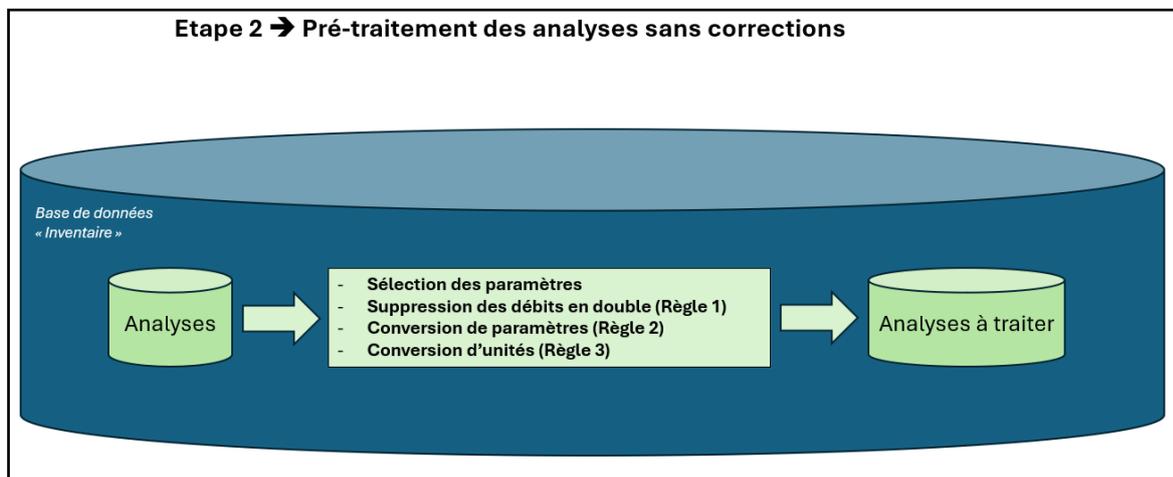
# PREPARATION DU JEU DE DONNEES

La préparation des données d'émissions est composée de trois étapes :

- 1) La première étape a consisté à intégrer dans une base de données PostgreSQL les fichiers texte/csv fournis en entrée (données de Gidaf).



2) La seconde étape a consisté à appliquer des règles de gestion visant à uniformiser le jeu de données en entrée.



#### Sélection des paramètres :

Cette étape a consisté à sélectionner les codes Sandre des substances validées par les agences comme faisant partie de l'étude. A été ajouté à cette liste les codes Sandre des mesures de débit fournis en entrée dans les fichiers de données GIDAF.

#### Suppression des débits en double (Règle 1) :

→ Si le même jour, au même point de surveillance, plusieurs mesures de débit sont déclarées, une seule valeur doit être gardée.

La priorité est donnée aux débits exprimés en m<sup>3</sup>/j, puis en m<sup>3</sup>, puis en m<sup>3</sup>/h et enfin en m<sup>3</sup>/s. S'il existe plusieurs débits exprimés dans la même unité après prise en compte de la priorité, la moyenne de ces mesures est conservée.

#### Conversion de paramètres (Règle 2) :

→ Certains paramètres étant devenus obsolètes ont été remplacés durant cette étape par un code équivalent. Il s'agit des codes « gelés » en langage Sandre, c'est-à-dire que leur usage n'est plus autorisé dans les échanges de données.

Paramètre ...		... remplacé par ...	
Code Sandre	Libellé	Code Sandre	Libellé
1957	Nonylphenols (gelé)	6598	Nonylphénols mélange (linéaire ou ramifiés)
2971	4-Nonylphénol ramifié (gelé)	1958	4-nonylphénols ramifiés
2043	Tributyletain-cations (gelé)	2879	Tributylétain cation
1391	Fluor (gelé)	7073	Fluorure anion
2523	2,4-D (gelé)	1141	2,4-D
5431	Xylène ortho + méta + para (gelé)	1780	Xylène
5651	Phosphore (gelé)	1350	Phosphore total
5975	Acide sulfonique de perfluorooctane (gelé)	6561	Sulfonate de perfluorooctane
6560	Acide sulfonique de perfluorooctane		

### Conversion d'unité (Règle 3) :

➔ Afin de faciliter le calcul des émissions, les unités de mesure ont été uniformisées préalablement en renommant certaines unités et en convertissant d'autres selon les règles suivantes :

- m<sup>3</sup> remplacé par m<sup>3</sup>/j
- conversion des unités de concentration : Ng/L en mg/L (division par 1 000 000 de la valeur de mesure associée)

3) La troisième étape a consisté à contrôler les valeurs de concentrations et de débits.

Différents contrôles ont été réalisés pour détecter de potentielles erreurs de saisie sur les unités de mesures et des valeurs hors normes dite « aberrantes ». L'objectif de ces contrôles était de corriger les données Gidaf avant le calcul des émissions.

Les valeurs des limites de quantification (LQ) n'étant pas renseignées dans GIDAF, il était impossible de comparer la cohérence du résultat et de sa LQ.

En accord avec les agences, une réhabilitation (correction) d'erreurs d'unité a été menée sur l'ensemble des chroniques afin d'éviter d'écarter trop de valeurs.<sup>31</sup>

Ainsi pour définir des seuils en deçà ou au-delà desquels une réhabilitation était effectuée, les valeurs des limites de quantification (LQ) fixées dans l'avis du 19/10/2019<sup>32</sup> ont été utilisées. Deux types de LQ sont disponibles dans cet avis : une LQ eau douce (eau peu salée (lacs, rivières...)) et une LQ eau résiduaire (eau qui a fait l'objet d'une utilisation domestique, agricole ou industrielle).

Deux cas ont été identifiés :

- Les valeurs inférieures à la LQ eau résiduaire /20 (ou LQ eau douce si LQ eau résiduaire non disponible). Ces valeurs ont été réintégrées en les multipliant par 1000.

Quelques seuils ont été ajustés manuellement du fait d'une LQ eau résiduaire ou LQ eau douce inadaptée :

- Pour la DCO : seuil à 1 mg
- Pour le NH4 : seuil à 0.5 mg

<sup>31</sup> En visualisant les séries de données corrigées des erreurs d'unité, il a été demandé par l'agence Rhin-Meuse de conserver quelques valeurs initiales.

<sup>32</sup> [Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques - Légifrance](#)

- Pour le Cd, Hg, tributylSn et toluène : prise en compte de la LQ eau douce plutôt que la LQ résiduaire car trop de corrections inadaptées étaient faites.
- Pour le thallium, le perchlorate, le fluor : la valeur la plus souvent apparue dans les données a été considérée comme le seuil à prendre
- Les valeurs supérieures à la LQ eau résiduaire \*1000 (ou LQ eau douce si LQ eau résiduaire non disponible). Ces valeurs ont été réintégrées en les divisant par 1000.

Quelques seuils ont été ajustés manuellement :

- Pour le zinc et la DCO : seuil à 10 000,
- Pour l'arsenic seuil à 1 000
- Pour le thallium, le perchlorate, le fluor : prise en compte de la LQ la plus souvent utilisée comme LQ de référence

Dans un second temps, une recherche de valeurs aberrantes (ou outliers) sur les concentrations a été menée en appliquant différentes méthodes univariées. Ces méthodes ont été appliquées dans le cas où les chroniques temporelles étudiées présentaient un nombre minimum de 10 valeurs différentes de 0 (soit > limite de détection).

- La première méthode appliquée est basée sur les percentiles 95 (P95). Une concentration est jugée potentiellement aberrante si :
  - Concentration  $\geq 50 \times P95$  de la substance\*
  - Ou concentration  $\geq 50 \times P95$  de la substance par établissement\*

\* P95 calculé en excluant les valeurs strictement inférieures à LD

- La deuxième méthode repose sur la méthode du « Double MAD » couplée à l'estimateur de quantile de Harrell-Davis<sup>33</sup>. Cette méthode a l'avantage de détecter des valeurs anormalement basses. Une concentration est jugée aberrante si :
  - concentration  $\geq$  Médiane par établissement + 5 x upperMAD
  - concentration  $\geq$  Médiane par établissement - 3 x lowerMAD

Les seuils haut et bas fixés à 5 et 3 ont été choisis de manière itérative en essayant de minimiser le nombre de valeurs aberrantes.

L'équation du MAD est la suivante :  $MAD = C * \text{Médiane}(|x_i - x_m|)$

Où :

- $x_i$ : la  $i^{\text{ème}}$  valeur du jeu de données
- $x_m$ : la médiane du jeu de données
- $C$  : une constante (égale à 1.4826)

Les équations du upperMAD et du lowerMAD sont les suivantes :

upperMAD =  $C * \text{Médiane}(|x_{iu} - x_m|)$  où  $x_{iu}$  est la  $i^{\text{ème}}$  valeur supérieure ou égale à  $x_m$

lowerMAD =  $C * \text{Médiane}(|x_{il} - x_m|)$  où  $x_{il}$  est la  $i^{\text{ème}}$  valeur inférieure à  $x_m$

<sup>33</sup> <https://aakinshin.net/posts/harrell-davis-double-mad-outlier-detector/>

- La dernière méthode est basée sur l'application du Z-score. Les valeurs avec un Z-score supérieur à 5 ont été considérés comme aberrantes.

Le Z-score est calculé de la manière suivante :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Où :

- X est la variable du résultat,
- $\mu$  est la moyenne
- $\sigma$  est l'écart-type

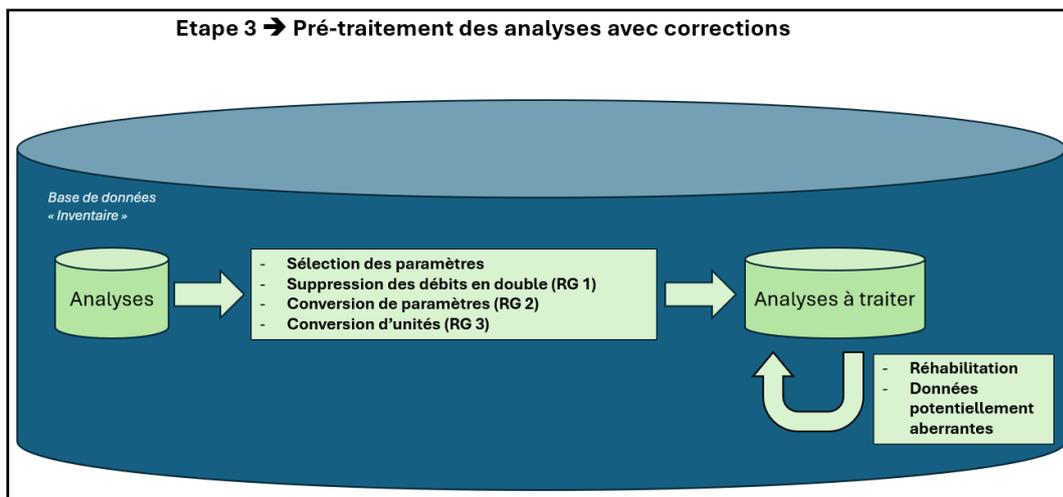
Une valeur a été considérée aberrante si :

- Concentration  $\geq 50 \times$  P95 de la substance\*
- Ou concentration  $\geq 50 \times$  P95 de la substance par établissement
- Ou concentration  $\geq$  Médiane par établissement - 3 x lowerMAD
- Ou concentration  $\geq$  Médiane par établissement + 5 x upperMAD et si la concentration a un Zscore  $>5$

Concernant les valeurs de débits, un débit est considéré comme aberrant s'il dépasse 50 fois le P95 de l'établissement ou si le débit est supérieur à  $5\text{m}^3/\text{s}$ .<sup>34</sup>

Les premières conclusions ont montré qu'il n'y a pas de méthode idéale, elles sont complémentaires. En fonction des substances et des méthodes, les résultats ne sont pas toujours satisfaisants (identification d'un grand nombre de données potentiellement aberrantes ou inversement), c'est pourquoi deux lots de résultats finaux ont été générés : l'un en supprimant les valeurs considérées « aberrantes » et l'autre en travaillant sur l'ensemble des données.

L'ensemble des ajustements réalisés par les traitements de calcul est tracé dans une table spécifique de la base de données et restitué dans un fichier Excel fourni aux Agences (voir [Algorithme de calcul](#)).



<sup>34</sup> Le seuil de  $5\text{m}^3/\text{s}$  a été choisi en concertation avec l'agence Rhin-Meuse

## CALCUL DES EMISSIONS DANS LES EAUX

Après l'obtention d'un jeu de données nettoyées, nous avons réalisé le calcul des émissions (masses annuelles) **avec et sans** le passage d'un script de corrections (réhabilitation d'erreurs d'unités) et de suppression de certaines données considérées aberrantes.

### Algorithme de calcul

Nous avons décomposé le calcul en deux branches distinctes en fonction de la périodicité des débits décrite dans le cadre de surveillance : « journalier » ou « bâché » d'un côté et les autres périodicités de l'autre. Ce choix est imposé par le fait que les périodicités journalières comme bâchées impliquent une émission de substance dans le milieu le jour de la mesure de débit et par forcément les autres jours. A l'inverse pour un cadre de surveillance avec une périodicité mensuelle par exemple, considérant que les substances sont émises tous les jours d'activité de l'industriel, il sera nécessaire de calculer une émission pour chaque jour ouvré. Dans ce cas, il a été supposé que les émissions avaient lieu du lundi au vendredi hors jour fériés.

### Cadre de surveillance « journalier » ou « bâché »

L'algorithme de calcul de ce type de cadre de surveillance suit les étapes suivantes :

- Sélection de tous les débits des points de surveillance concernés
- Association des débits avec chaque mesure de concentration de substance :
  - Multiplication des lignes de débit avec toutes les mesures de paramètres réalisées avant la mesure du débit
  - Multiplication des lignes de débit avec toutes les mesures de paramètres réalisées après la mesure du débit s'il n'a pas été trouvé de mesure de paramètre avant le débit
- Récupération des informations liées aux émissions pour faciliter l'exploitation :
  - Codes et libellés des unités de mesure,
  - Siret et raison sociale des établissements,
  - Etat de la déclaration,
  - Destination des points de rejet.
- Exclusion des anomalies
  - Etablissement avec un nom de type « TEST », « FICTIF », ...
  - Déclarations invalides (information définie dans les déclarations),
  - Concentrations exprimées par masse et non par volume,
  - Débits sans mesure sur un même point de surveillance (et inversement),
  - Résultats de mesure négatifs.
- Conversion des débits en m<sup>3</sup>/j

- Calcul de la masse émise d'une journée d'émission pour chaque ligne de débit associée à une substance :

$$Emission = \text{débit} \frac{m^3}{j} * \text{concentration} \frac{mg}{L}$$

$$\Leftrightarrow Emission = \text{débit} \frac{m^3}{j} * \text{concentration} \frac{10^{-6} kg}{10^{-3} m^3}$$

$$\Leftrightarrow Emission = \text{débit} \frac{m^3}{j} * \text{concentration} \frac{10^{-6} kg}{10^{-3} m^3}$$

$$\Leftrightarrow Emission = (\text{débit} * \text{concentration}) \frac{10^{-3} kg}{j}$$

$$\Leftrightarrow Emission = (\text{débit} * \text{concentration} * 0.001) (kg/j)$$

- Récupération de la masse annuelle bancarisée dans BDREP pour comparaison ultérieure
- Sauvegarde des résultats

### Cadre de surveillance non-« journalier » ni « bâché »

L'algorithme de calcul de ce type de cadre de surveillance suit les étapes suivantes :

- Sélection de tous les débits des points de surveillance concernés
- Exclusion des anomalies
  - Etablissement avec un nom de type « TEST », « FICTIF », ...
  - Déclarations invalides,
  - Concentrations exprimées par masse et non par volume,
  - Débits sans mesure sur un même point de surveillance (et inversement),
  - Résultats de mesure négatifs
- Conversion des débits en m<sup>3</sup>/j
- Croisement des débits avec toutes les mesures de paramètres réalisées avant la mesure du débit
- Croisement des débits avec toutes les mesures de paramètres réalisées après la mesure du débit s'il n'a pas été trouvé de mesure de paramètre avant le débit
- Calcul du nombre de jours ouvrés entre chaque date de mesure
- Découpage des périodes d'émissions à cheval sur deux années
- Calcul de la masse émise d'une période d'émission pour chaque ligne de débit associée à une substance :

$$Emission = \text{débit} \frac{m^3}{j} * \text{concentration} \frac{mg}{L} * nb \text{ jours ouvrés}$$

$$\Leftrightarrow Emission = \text{débit} \frac{m^3}{j} * \text{concentration} \frac{10^{-6} kg}{10^{-3} m^3} * nb \text{ jours ouvrés}$$

$$\Leftrightarrow Emission = \text{débit} \frac{m^3}{j} * \text{concentration} \frac{10^{-6} kg}{10^{-3} m^3} * nb \text{ jours ouvrés}$$

$$\Leftrightarrow Emission = (\text{débit} * \text{concentration}) \frac{10^{-3} kg}{j} * nb \text{ jours ouvrés}$$

$$\Leftrightarrow Emission = (\text{débit} * \text{concentration} * nb \text{ jours ouvrés} * 0.001) (kg/nb \text{ jour ouvrés})$$

- Récupération des informations liées aux émissions pour faciliter l'exploitation :
  - Codes et libellés des unités de mesure,
  - Siret et raison sociale des établissements
  - Etat de la déclaration
  - Destination des points de rejet (raccordés ou directs)
- Récupération de la masse annuelle bancarisée dans BDREP pour comparaison ultérieure
- Sauvegarde des résultats

### Transmission des résultats

Deux lots de fichiers sont transmis : avec correction et sans correction. Le lot de fichiers « sans corrections » correspond aux données calculées sans la moindre correction des informations issues de GIDAF. Le lot des données avec corrections correspond quant à lui aux données corrigées de la manière suivante :

- Prise en compte des corrections dites de « réhabilitation » pour toutes les mesures,
- Suppression des valeurs aberrantes de toutes les mesures sauf celles rattachées à l'agence Seine-Normandie conformément à leur demande.

Dans chaque jeu de données est fourni :

- INV\_Analyses\_Agence.xlsx ou INV\_Analyses\_Agence.csv (ce fichier est compressé lorsque le fichier csv est trop volumineux) → Liste complète des analyses utilisées en entrée de calcul
- INV\_anomalies\_Agence..xlsx → Liste des anomalies exclues du calcul (voir [Algorithme de calcul](#)).
- INV\_flux\_maximal\_journalier\_Agence\_sans\_correction.xlsx → Flux maximum d'émissions par point de surveillance et par année exprimés en kg/j. Il est déduit des données d'émissions primaires calculées à partir des mesures Gidaf (débit \* concentration).
- Points\_surveillance.xlsx → Liste des points de surveillance recensés avec indication de leur typologie (point de rejet, point pluvial ou point amont) et de la masse d'eau de destination
- INV\_resultats\_Agence.xlsx → Contient les masses émises par paramètre, point de surveillance et fréquence de mesure et un bilan par masse d'eau des masses émises

Documents fournis uniquement dans le dossier « Avec corrections » :

- Donnees\_BDREP.xlsx → Listes des rejets déclarés dans BDREP par établissement, paramètre et type de flux (direct ou raccordé)
- INV\_Corrections\_Agence.xlsx → Liste des corrections apportées aux données (voir [Contrôle sur les valeurs « aberrantes »](#))

# ANNEXES

## Annexe 1 – Liste des paramètres (P10)

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxine	2562	TCDD
2,4-D	2523	2,4-D
2,4-D	1141	24D
2,4-MCPA	1212	2.4-MCPA
3 chloropropène	2065	3Clpropène
4-(1,1,3,3-tétraméthylbutyl)phenol diéthoxylate	6371	OP2EO
4-(1,1,3,3-tétraméthylbutyl)phénol monoéthoxylate	6370	OP1EO
4-n-nonylphénol	5474	4-n-nonylp
4-nonylphénol diéthoxylate (mélange d'isomères)	6369	NP2EO
4-nonylphénol monoéthoxylate (mélange d'isomères)	6366	NP1EO
4-nonylphénol ramifié	2971	4-Nonylphé
4-nonylphénols ramifiés	1958	4-nonylphe
4-tert-butylphénol	2610	4-tert-but
4-tert-octylphenol	1959	4-ter-ocph
Acénaphène	1453	Acenaphten
Acétochlore	1903	Acétochlor
Acide monochloroacétique	1465	Ac. CAcétq
Acide perfluoro-octanoïque	5347	PFOA
Acide sulfonique de perfluorooctane	6560	AS PFOS
Acide sulfonique de perfluorooctane	5975	PFOS
Aclonifène	1688	Aclonifène
Alachlore	1101	Alachlore
Aluminium	1370	Al
Aminotriazole	1105	Aminotriaz
Ammonium	1335	NH4+
AMPA	1907	AMPA
Anthracène	1458	Anthracène
Antimoine	1376	Sb
AOX	1106	AOX
Argent	1368	Ag
Arsenic	1369	As
Atrazine	1107	Atrazine
Azote global (N.GL.)	1551	NGL
Azote Kjeldahl	1319	NKJ
Azote organique	5932	N orga
Azote total	6018	N tot.
Azoxystrobine	1951	Azoxystro

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
Baryum	1396	Ba
Bentazone	1113	Bentazone
Benzène	1114	Benzène
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	2717	Ethyltolue
Benzo(a)pyrène	1115	Benzo(a)py
Benzo(b)fluoranthène	1116	Benzo(b)fl
Benzo(g,h,i)pérylène	1118	Benz(ghi)P
Benzo(k)fluoranthène	1117	Benzo(k)fl
Benzotriazole	7543	benzotriaz
Béryllium	1377	Be
Bifénox	1119	Bifénox
Biphényle	1584	Biphényle
Bore	1362	B
Boscalid	5526	Boscalid
Brome	1378	Br
Bromoforme	1122	Bromoforme
Bromoxynil	1125	Bromoxynil
Bromure de méthyle	1530	Brom.Méthy
C10-C13-Chloroalcanes	1955	C1013Clalc
Cadmium	1388	Cd
Carbendazime	1129	Carbendaz.
Carbone Organique	1841	C Orga
Chlorfenvinphos	1464	Chlorfenvi
Chloro-4 Méthylphénol-3	1636	4Cl-3MPhé
Chlorobenzène	1467	ClBenzene
Chloroforme	1135	CHCl3
Chlorophénol-4	1650	4-CPhéno
Chlorothalonil	1473	ClThalonil
Chlorotoluène-4	1600	4ClToluène
Chlorprophame	1474	CProphame
Chlorpyriphos-éthyl	1083	EtChlorpy
Chlortoluron	1136	Chlortolu
Chlorure de vinyle	1753	Chl. vinyl
Chlorures	1337	Cl-
Chrome	1389	Cr
Chrome hexavalent	1371	Cr VI
Chrome trivalent (Cr III)	5871	Cr III
Cobalt	1379	Co
Cuivre	1392	Cu
Cyanures libres	1084	CN LIB
Cyperméthrine	1140	Cyperméth.

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
Cyprodinil	1359	Cyprodinil
DDT (Dichlorodiphényltrichloréthane)	3268	DDT
Débit horaire	1946	Q Horaire
Débit instantané	1420	Q Inst.
Débit moyen journalier (QMJ)	1421	QMJ
Décabromodiphényl éther	1815	BDE209
Demande Biochimique en oxygène en 5 jours (D.B.O.5)	1313	DBO5
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	1314	DCO
Di(2-ethylhexyl)phtalate	6616	DEHP
Dibromochloromethane	1158	2BrClMet.
Dibromoéthane-1,2	1498	DBrom Ethn
Dibutylétain cation	7074	Dibutytn+
Dicamba	1480	Dicamba
Dichloroaniline-3,4	1586	34DCIAnili
Dichlorobenzène-1,2	1165	1.2-2ClBnz
Dichlorobenzène-1,4	1166	1.4-2ClBnz
Dichlorobenzène	2893	2ClBenzène
Dichloroéthane-1,1	1160	1.1-2ClEth
Dichloroéthane-1,2	1161	1.2-2ClEth
Dichloroéthène-1,1	1162	1.1-2ClEtn
Dichloroéthène-1,2	1163	12DCEtnSom
Dichloroéthylène-1,2 cis	1456	12DCEtn C
Dichlorométhane	1168	2ClMéthane
Dichloromonobromométhane	1167	2ClBrMét.
Dichlorophenol-2,4	1486	2,4DiClPhe
Dieldrine	1173	Dieldrine
Diéthyl phtalate	1527	DEthPhtal
Diflufenicanil	1814	Diflufenic
Dimétachlore	2546	Dimétachlo
Diuron	1177	Diuron
EDTA	1493	EDTA
Endosulfan	1743	Endosulfan
Endosulfan alpha	1178	Endosuf.a
Endosulfan bêta	1179	Endosulf.b
Epichlorohydrine	1494	EpiCHydrin
Epoxiconazole	1744	Epoxcz
Etain	1380	Sn
Ethylbenzène	1497	Ethylbenz.
Fenpropimorphe	1189	Fenpropimo
Fer	1393	Fe

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
Fer Ferreux	1366	Fe II
Fipronil	2009	Fipronil
Fluor	1391	F
Fluoranthène	1191	Fluoranth.
Fluorure anion	7073	F-
Fluroxypyr-meptyl	2547	Fluroxymep
Flusilazole	1194	Flusilazol
Glyphosate	1506	Glyphosate
Heptabromodiphényl éther (congénère 183)	2910	BDE183
Heptachlore	1197	Heptachlor
Heptachlore époxyde exo cis	1748	HepClEpoX
Hexabromodiphényl éther (congénère 153)	2912	PBDE153
Hexabromodiphényl éther (congénère 154)	2911	PBDE154
Hexachlorobenzène	1199	HCB
Hexachlorobutadiène	1652	HCBu
Hexachlorocyclohexane alpha	1200	HCH alpha
Hexachlorocyclohexane bêta	1201	HCH bêta
Hexachlorocyclohexane delta	1202	HCH delta
Hexachlorocyclohexane gamma	1203	HCH gamma
Hydrochlorothiazide	6746	OHClthiaz
Imidaclopride	1877	Imidaclopr
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	1204	Indénopyr.
Iode	1381	I
Iprodione	1206	Iprodione
Irgarol	1935	Irgarol
Isopropylbenzène	1633	IsopropBzn
Isoproturon	1208	Isoprotu.
Lambda-cyhalothrine	1094	LdaCihalo
Lénacile	1406	Lénacile
Linuron	1209	Linuron
Lithium	1364	Li
Malathion	1210	Malathion
Manganèse	1394	Mn
Mélange d'isomères Hexabromodiphényl éther	2600	6BDEMIX
Mercure	1387	Hg
Mésotrione	2076	Mésotrione
Métalaxyl	1706	Métalaxyl
Métaldéhyde	1796	Métaldéhyd
Métazachlore	1670	Métazachlo
Méthyl-2-Naphtalène	1618	Me2 Napht.
Méthylphénol-2	1640	2-MetPh

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
Méthylphénol-4	1638	4-MetPh
Méthyl tert-butyl Ether	1512	MTBE
METOX	1037	METOX
Molybdène	1395	Mo
Monobutylétain cation	2542	Mobutylin+
Naphtalène	1517	Naphtalène
Nickel	1386	Ni
Nicosulfuron	1882	Nicosulfur
Nitrates	1340	NO3-
Nitrites	1339	NO2-
Nitrobenzène	2614	Nitrobenz
NONYLPHENOLS	1957	Nonylpheno
Nonylphénols mélange (linéaire ou ramifiés)	6598	Nonylphen
Octylphenol	2904	Octylpheno
Orthophosphates (PO4)	1433	Orthophosp
Oxadiazon	1667	Oxadiazon
Oxyde de tributylétain	1773	TBT Oxyde
PCB 101	1242	PCB 101
PCB 118	1243	PCB 118
PCB 138	1244	PCB 138
PCB 153	1245	PCB 153
PCB 180	1246	PCB 180
PCB 28	1239	PCB 28
PCB 52	1241	PCB 52
Pendiméthaline	1234	Pendiméth.
Pentabromodiphényl éther (congénère 100)	2915	BDE100
Pentabromodiphényl éther (congénère 99)	2916	PBDE99
Pentachlorobenzène	1888	PentaClBz
Pentachlorophénol	1235	PCP
Perchlorate	6219	Perchlorat
Perméthrine	1523	Perméthrin
Phénanthrène	1524	Phénanthr.
Phosphate de tributyle	1847	Tributyl P
Phosphore	5651	P
Phosphore total	1350	P total
Pipéronyl butoxyde	1709	Piper.buto
Pirimicarbe	1528	Pirimicarb
Plomb	1382	Pb
p-(n-octyl) phénol	1920	p-octyl-Ph
p-octylphénols (mélange)	6600	poctyl
Prochloraz	1253	Prochloraz

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
Propiconazole	1257	Propiconaz
Pyrène	1537	Pyrène
Quinoxifen	2028	Quinoxifen
Rimsulfuron	1892	Rimsulfuro
Sélénium	1385	Se
Simazine	1263	Simazine
S-Métolachlore	2974	S-Métolach
Somme de 3 Hexabromocyclododecanes (HBCDDs)	7128	abgHBCDD
Somme de l'aldrine, dieldrine, endrine et de l'isodrine	5534	Somme drin
Somme des Hexachlorocyclohexanes	5537	HCH
Somme du DDDpp', DDEpp', DDTop', DDTpp'	7146	Som4DDT
Somme équivalent toxique dioxine, furane, PCB-DL	7707	SommeETox
Somme HAP (5)	7088	HAP(5)
Somme Heptachlore époxyde cis/trans	1198	HeptachIEp
Sulfonate de perfluorooctane	6561	Sul PFOS
Tébuconazole	1694	Tébuco.
Terbuthylazine	1268	Terbuthyl.
Terbutryne	1269	Terbutryne
Tétrabromodiphényl éther (congénère 47)	2919	PBDE47
Tétrachlorobenzène-1,2,4,5	1631	1245 TTCB
Tétrachloroéthane-1,1,2,2	1271	TTCA 1122
Tétrachloroéthylène	1272	TTCE
Tétrachlorure de carbone	1276	CCl4
Tétraméthrine	5921	Tetramet
Thallium	2555	Thallium
Thiabendazole	1713	Thiabendaz
Thiaméthoxame	6390	Thiam
Titane	1373	Ti
Toluène	1278	Toluene
Tribromodiphenyl ether (BDE28)	2920	PBDE28
Tributylétain cation	2879	Tributtin+
Tributyletain-cations	2043	tributycat
Trichlorobenzène	1774	SomTriClBz
Trichlorobenzène-1,2,3	1630	TCB 123
Trichlorobenzène-1,2,4	1283	TCB 124
Trichlorobenzène-1,3,5	1629	TCB 135
Trichloroéthane-1,1,1	1284	TCA 1.1.1
Trichloroéthane-1,1,2	1285	TCA 1.1.2
Trichloroéthylène	1286	TCE
Trichlorophénol-2,4,6	1549	246 TcPhén
Trifluraline	1289	Triflural.

Nom paramètre	Code Sandre	Abréviation
Triphénylétain cation	6372	Triphetin+
Uranium	1361	U
Vanadium	1384	V
Volume	1098	Volume
Volume moyen journalier	1552	Vol.Moy.J.
Xylène	1780	XYLENE
Xylène ortho + méta + para	5431	xylène omp
Zinc	1383	Zn

## 6. Voie d'apport P8. Les émissions directes de substances dans l'eau par les STEU (P10)<sup>35</sup>

### DONNEES DE REFERENCE

#### Liste des STEU et des masses d'eau

Pour atteindre les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) sur le territoire français, une action nationale de recherche et réduction des rejets des substances dangereuses dans l'eau (RSDE) a été lancée par le ministère en chargé de l'écologie. Cette action était au départ lancée sur les Installations Classées et a été étendue à partir de 2010 aux stations de traitement des eaux usées urbaines (STEU) de capacité nominale supérieure ou égale à 10 000 équivalents habitants (EH).

La stratégie retenue dans le cadre de cette action (note technique du 12/08/2016 relative à la recherche de micropolluants dans les eaux brutes et dans les eaux usées traitées de stations de traitement des eaux usées et à leur réduction) concerne les STEU de capacité nominale supérieure ou égale à 600 kg/j de DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours).

Sont exclues :

- les STEU relevant de la rubrique 2752 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement,
- les STEU dont les eaux usées traitées sont évacuées par infiltration dans le sol,
- sur décision du préfet, les STEU ayant une charge brute de pollution organique observée sur les 3 dernières années inférieure à 600 kg/j de DBO5,
- sur décision du préfet, les STEU recevant une charge moyenne annuelle de pollution inférieure à 400kg/j de DBO5 – i.e. les cas particuliers de stations dimensionnées pour traiter des pics de charge annuels associés à des activités touristiques.

Des informations complémentaires sur les STEU ont été récupérées du portail assainissement collectif<sup>36</sup> comme les masses d'eau associées, identifiées par leur code Sandre, les capacités nominales et les charges entrantes maximales des STEU.

#### Liste des paramètres

Les substances visées par l'action RSDE STEU sont issues de différents cadres réglementaires européens (substances prioritaires et substances dangereuses prioritaires de la directive n°2000/60/CE dite directive cadre sur l'eau (DCE), ainsi que les substances issues de la liste 1 de la directive n° 2006/11/CE du 15 février 2006) ou de cadres réglementaires nationaux (polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE)).

La liste de micropolluants à mesurer, leurs codes Sandre et classements au titre de la DCE se trouvent en Annexe 1 de ce chapitre de la présente note.

En 2022, a été proposée une liste complémentaire de substances faisant partie des substances pertinentes à surveiller qui composeront le futur arrêté surveillance et qui pourraient être retenues comme PSEE pour la prochaine évaluation de l'état écologique des masses d'eau de surface. Au moment de l'inventaire, ces

<sup>35</sup> Rapport INERIS-226543-2791287-v0.4 – Volet 2 - Rédacteurs : LESCOT Christophe, LETINOIS Laurent, SALOMON Morgane

<sup>36</sup> [Accueil- Portail sur l'assainissement collectif \(developpement-durable.gouv.fr\)](https://developpement-durable.gouv.fr/accueil-portail-sur-l-assainissement-collectif)

substances optionnelles n'avaient pas encore été remontées dans le logiciel AutoStep (destiné aux collecteurs de données (services de l'administration et établissements publics)). Le principe est que les données d'Autosurveillance des stations de traitement des eaux usées sont saisies dans MesureStep par les exploitants et sont ensuite consolidées par la DEB dans AutoStep.

## PREPARATION DU JEU DE DONNEES

### Récupération des données

Conformément aux dispositions de la note technique du 12 août 2016<sup>37</sup>, les données des campagnes de mesure ont été transmises par les exploitants aux Services de Police de l'Eau (SPE) *via* l'application AutoStep. Ces derniers ont exporté les résultats *via* la fonctionnalité dédiée et les ont transmis à la DEB.

Plusieurs jeux de données du RSDE 2022-2023 ont été envoyés par la DEB : un datant du 6 décembre 2023, un autre du 28 février 2024 et un dernier du 19 mars 2024. En raison du nombre de données incomplètes, il a été décidé de prendre en compte également les données du précédent RSDE STEU 3 extraites par la DEB en juillet 2020.

### Sélection des données importées

Différentes étapes ont eu lieu afin de récupérer un jeu de données exploitable. L'ensemble des traitements ci-dessous a été défini et validé en concertation avec les agences de l'eau.

Un premier travail de filtrage des données a été réalisé :

- Sélection de la fraction « eau brute »,
- Sélection des codes remarque 1 (domaine de validité : cas où les concentrations mesurées se situent dans la gamme de validité de la méthode utilisée, i.e. résultat > seuil de quantification) et 10 (données < seuil de quantification),
- Suppression des données qualifiées d'incorrectes ou incertaines,
- Suppression des unités « inconnues » ou en « kilogramme » (des litres étaient attendus),
- Suppression des doublons de prélèvements,
- Suppression des données avec une incohérence entre le code remarque et les valeurs en concentrations (concentrations égales à 0, concentration retenues > 0 et code remarque « analyse non faite », champ code remarque contient l'information « Domaine de validité » et le résultat saisi est < LQ laboratoire...)

Un second travail de correction des données a été fait lorsqu'il était possible :

- Conversion et correction d'unités,
- Correction des codes Sandre de STEU erronés,
- Correction des erreurs de débits. Si un débit n'est pas disponible à une date, on calcule un débit moyen sur la station.
- Réhabilitation des erreurs d'unités pour les LQ et les concentrations.

---

<sup>37</sup> Note technique du 12 août 2016 relative à la recherche de micropolluants dans les eaux brutes et dans les eaux usées traitées de stations de traitement des eaux usées et à leur réduction

Concernant la réhabilitation (correction) des erreurs d'unité, elle a été réalisée en deux étapes :

- Une première étape en corrigeant les LQ en cas d'erreur d'unité. Les concentrations sont également corrigées en cohérence avec les corrections sur les LQ.
- Une seconde étape en corrigeant les concentrations selon le critère décrit dans l'étape 2. Certaines concentrations corrigées dans la première étape peuvent dans certains cas reprendre leur valeur initiale.

La démarche est décrite ci-dessous et un exemple est donné en Annexe 2 de chapitre :

- **Etape 1 : Réhabilitation des erreurs d'unités sur les LQ**

- **LQ anormalement haute :**

- **Identification des LQ analyse  $\geq$  LQ prescrite \*100 & LQ analyse < LQ prescrite \*1000**

- Réintégration des valeurs des LQ et des concentrations en divisant par 100

- **Identification des LQ analyse  $\geq$  LQ prescrite \*1000 & LQ analyse < LQ prescrite \*10000**

- Réintégration des valeurs des LQ et des concentrations en divisant par 1000

...

- **Identification des LQ analyse  $\geq$  LQ prescrite \*1<sup>6</sup> & LQ analyse < LQ prescrite \*1<sup>5</sup>**

- Réintégration des valeurs des LQ et des concentrations en divisant par 1<sup>6</sup>

- **LQ anormalement basse :**

- **Identification des LQ analyse > LQ prescrite /1000 & LQ analyse  $\leq$  LQ prescrite/100**

- Réintégration des valeurs des LQ et des concentrations en multipliant par 100

- **Identification des LQ analyse > LQ prescrite /10000 & LQ analyse  $\leq$  LQ prescrite/1000**

- Réintégration des valeurs des LQ et des concentrations en multipliant par 1000

...

- **Identification des LQ analyse  $\geq$  LQ prescrite /1<sup>6</sup> & LQ analyse < LQ prescrite /1<sup>5</sup>**

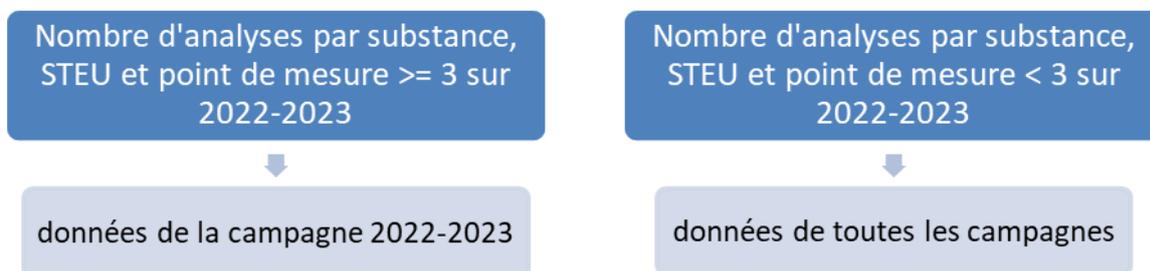
- Réintégration des valeurs des LQ et des concentrations en multipliant par 1<sup>6</sup>

- **Etape 2 : Réhabilitation des erreurs d'unités sur les concentrations**
  - **Identification des valeurs  $\geq$  LQ prescrite \*1000**
    - **Cas particuliers : pour l'arsenic et le zinc tests si concentration  $\geq 10000$** 
      - Réintégration des valeurs des concentrations en divisant par 1000
  - **Identification des valeurs  $\leq$  LQ prescrite /1000**
    - Réintégration des valeurs des concentrations en multipliant par 1000

Une fois ces deux étapes abouties, une dernière vérification est réalisée à œil d'expert.

Après ces corrections, on supprime les données potentiellement aberrantes. Pour cela on utilise la méthode du percentile 95 appliquée dans les travaux d'exploitation des données du RSDE 3<sup>38</sup>. Une valeur est qualifiée d'aberrante si la concentration est supérieure à 50 x P95 des données quantifiées pour les substances quantifiées au moins une fois pour un point de mesure ou si la concentration est supérieure à 100 x P95 si la substance n'est jamais quantifiée pour un point de mesure. Pour rappel si une analyse est non quantifiée le résultat est renseigné.

La dernière étape de sélection du jeu de données consiste à faire le choix des campagnes. Ci-dessous un schéma récapitulant les données qui ont été prises en compte en fonction des cas :



## CALCUL DES EMISSIONS

Après constitution du jeu de données, différents indicateurs sont calculés par substance et point de mesure (entrée ou sortie) et déclinés à plusieurs échelles : station (STEU), bassin et masse d'eau.

Pour rappel, une substance est quantifiée lorsque la concentration mesurée est supérieure ou égale à la LQ du laboratoire. Si la substance n'a pas été quantifiée, la valeur de la concentration est établie à LQ/2.

<sup>38</sup> <https://www.ineris.fr/fr/rsde-steu-3-substances-dangereuses-milieu-aquatique-rejets-stations-epuration-urbaines>

## Fréquences de quantification et concentrations

Pour chaque substance et chaque point de mesure (entrée et sortie), les fréquences de quantification sont calculées selon la formule :

$$FQ_{\text{analyses}}(\%) = \frac{\text{nombre d'analyses quantifiées}}{\text{nombre total d'analyses}} \times 100$$

$$FQ_{\text{sites}}(\%) = \frac{\text{nombre de sites avec des analyses quantifiées}}{\text{nombre total de sites avec des analyses}} \times 100$$

Pour chaque substance et chaque point de mesure, les concentrations minimales, maximales, médianes et moyennes sont calculées.

- **Concentration minimale** : concentration minimale pour une substance donnée. Elle correspond à la concentration la plus faible analysée.
- **Concentration minimale sur les données quantifiées uniquement**
- **Concentration maximale** : concentration maximale pour une substance donnée. Elle correspond à la concentration la plus élevée analysée.
- **Concentration maximale sur les données quantifiées uniquement**
- **Concentration médiane et moyenne** : concentration médiane et concentration moyenne pour une substance donnée,
- **Concentration médiane et moyenne sur les données quantifiées uniquement**

Les débits journaliers minimaux, maximaux, moyens et médians sont également calculés.

Ces calculs sont déclinés à l'échelle de la station et du bassin.

## Calcul des flux

Pour chaque analyse, le flux est calculé de la manière suivante :

$$\text{Flux(g/j)} = \frac{1}{1000} * \text{Concentration } (\mu\text{g/L}) * \text{Débit journalier } (\text{m}^3/\text{j})$$

Pour chaque substance , chaque point de mesure (entrée ou sortie) et chaque STEU sont calculés :

- Les **flux moyen, médian, maximal** de l'ensemble des analyses,
- Les **flux moyen, médian, maximal des analyses quantifiées**,
- Le **taux d'émission en fonction de la capacité nominale** de la station dont la formule est

$$\text{Taux d'émission en g/j/EH (capacité nominale)} = \frac{\text{Flux moyen en g/j}}{\text{Capacité nominale en EH}}$$

- Le **taux d'émissions en fonction de la charge maximale entrante** de la station dont la formule est

$$\text{Taux d'émission en g/j/EH (charge entrante maximale)} = \frac{\text{Flux moyen en g/j}}{\text{Charge entrante maximale EH}}$$

Ces différents flux sont agrégés sur l'ensemble des STEU par substance et type de point de mesure (entrée ou sortie) en calculant, :

- **La somme des flux moyens en g/j ,**
- **La somme des flux médians en g/j**
- **La somme des flux max en g/j,**
- **La somme des flux moyens en g/j des analyses quantifiées,**
- **La somme des flux médians en g/j des analyses quantifiées,**
- **La somme des flux max en g/j des analyses quantifiées,**
- **Le taux d'émission moyen en g/j/EH (capacité nominale) égal à la moyenne des taux d'émissions**
- **Le taux d'émission médian en g/j/EH (capacité nominale)**
- **Le taux d'émission moyen en g/j/EH (charge entrante maximale)**
- **Le taux d'émission médian en g/j/EH (charge entrante maximale)**

### Calcul des CMP et FMA

Pour chaque substance est calculée la concentration moyenne pondérée (CMP) par les volumes journaliers. La formule est la suivante :

$$\text{CMP}(\mu\text{g/L}) = \frac{\sum \text{CR}_i * \text{V}_i}{\sum \text{V}_i} \text{ où } \text{CR}_i \text{ est la concentration mesurée le jour } i \text{ (}\mu\text{g/L)} \text{ et } \text{V}_i \text{ le volume journalier.}$$

Des statistiques de CMP sont ensuite calculées par substance et point de mesure : médiane, moyenne, maximum des CMP.

Lorsque les volumes annuels sont disponibles, les flux moyens annuels sont calculés. La formule est la suivante :

$$\text{FMA (kg/an)} = \text{CMP } (\mu\text{g/L}) * \text{Volume annuel (m}^3\text{/an)}$$

Contrairement à la note technique du RSDE<sup>39</sup>, les volumes annuels (somme des débits rejetés) sont calculés sur l'année calendaire et non pas par cumul des volumes journaliers entre la date du dernier prélèvement et les 364 journées précédentes.

### Stations sans données

Un taux d'émission médian calculé précédemment par substance a été attribué aux STEU sans données.

---

<sup>39</sup> <https://aida.ineris.fr/reglementation/note-technique-120816-relative-a-recherche-micropolluants-eaux-brutes-eaux-usees>

## Transmission des résultats

Un lot de fichiers de résultats a été transmis en octobre. Ce lot comprenait :

- Un fichier « Résultats\_STEU\_BassinX.xlsx » avec l'ensemble des statistiques calculées.
- Un fichier « Anomalies.xlsx » avec les réhabilitations d'erreurs d'unités et les outliers
- Un fichier « data\_final\_pour\_calcul.csv » avec les données filtrées qui ont servi aux calculs
- Un PPT « Exploitation inventaire RSDE\_11062024 .pptx » qui recense les différentes étapes de l'exploitation.

## Annexe 1 – Liste des paramètres RSDE (P8)

Les substances visées dans l'action du RSDE STEU appartiennent à différentes catégories :

- SP : substances prioritaires
- SDP : substances dangereuses prioritaires
- PSEE : polluants spécifiques de l'état écologique (DCE)
- SPAS : substances pertinentes à surveiller

Nom Paramètre	Code Sandre paramètre	Famille	Classement
1,2 dichloroéthane	1161	COHV	SP
2.4-D	1141	Pesticides	PSEE
2.4-MCPA	1212	Pesticides	PSEE
Aclonifene	1688	Pesticides	SP
Aminotriazole	1105	Pesticides	PSEE
AMPA	1907	Pesticides	PSEE
Anthracène	1458	HAP	SDP
Arsenic	1369	Métaux	PSEE
Azoxystrobine	1951	Pesticides	PSEE
BDE 100	2915	PBDE 1	SDP
BDE 153	2912	PBDE 1	SDP
BDE 154	2911	PBDE 1	SDP
BDE 183	2910	PBDE	
BDE 209	1815	PBDE	
BDE 28	2920	PBDE 1	SDP
BDE 47	2919	PBDE 1	SDP
BDE 99	2916	PBDE 1	SDP
Bentazone	1113	Pesticides	PSEE
Benzène	1114	BTEX 1	SP
Benzo(a)pyrène	1115	HAP (FAMILLE)	SDP
Benzo(b)fluoranthène	1116	HAP (FAMILLE)	SDP
Benzo(g,h,i)pérylène	1118	HAP	SDP
Benzo(k)fluoranthène	1117	HAP (FAMILLE)	SDP
Bifenox	1119	Pesticides	SP
Biphényle	1584	Autres	PSEE
Boscalid	5526	Pesticides	PSEE
Cadmium	1388	Métaux	SDP
Chloroalcanes C10-C13	1955	Autres	SDP

Nom Paramètre	Code Sandre paramètre	Famille	Classement
Chloroforme	1135	COHV	SP
Chlorprophame	1474	Pesticides	PSEE
Chlortoluron	1136	Pesticides	PSEE
Chrome total	1389	Métaux	PSEE
Cobalt	1379	Métaux	
Cuivre	1392	Métaux	PSEE
Cybutrine	1935	Pesticides	SP
Cyperméthrine	1140	Pesticides	SP
Cyprodinil	1359	Pesticides	PSEE
DEHP	6616	Autres	SDP
Dibutylétain cation	7074	Organoétains	
Dichlorométhane	1168	COHV	SP
Dichlorvos	1170	Pesticides	SP
Dicofol	1172	Pesticides	SDP
Diflufenicanil	1814	Pesticides	PSEE
Diuron	1177	Pesticides	SP
Ethylbenzène	1497	BTEX 1	
Fluoranthène	1191	HAP	SP
Glyphosate	1506	Pesticides	PSEE
Heptachlore	1197	Heptachlores	SDP
Heptachlore epoxide (exo)	1748	Heptachlores	SP
Hexachlorobenzène	1199	Chlorobenzènes	SDP
Hexachlorobutadiène	1652	COHV	SDP
Imidaclopride	1877	Pesticides	PSEE
Indéno (123cd) pyrène	1204	HAP (FAMILLE)	SDP
Iprodione	1206	Pesticides	PSEE
Isoproturon	1208	Pesticides	SP
Mercure	1387	Métaux	SDP
Métaldéhyde	1796	Pesticides	PSEE
Métazachlore	1670	Pesticides	PSEE
Monobutylétain cation	2542	Organoétains	
Naphtalène	1517	HAP	SP
Nickel	1386	Métaux	SP
Nicosulfuron	1882	Pesticides	PSEE
Nonylphénols	1958	Nonylphénols	SDP
NP1OE	6366	Nonylphénols	
NP2OE	6369	Nonylphénols	
Octylphénols	1959	Octylphénols	SP
OP1EO	6370	Octylphénols	
OP2EO	6371	Octylphénols	

Nom Paramètre	Code Sandre paramètre	Famille	Classement
Oxadiazon	1667	Pesticides	PSEE
PCB 101	1242	PCB	SDP
PCB 118	1243	PCB	SDP
PCB 138	1244	PCB	SDP
PCB 153	1245	PCB	SDP
PCB 180	1246	PCB	SDP
PCB 28	1239	PCB	SDP
PCB 52	1241	PCB	
Pendiméthaline	1234	Pesticides	PSEE
Pentachlorobenzène	1888	Chlorobenzènes	SDP
Pentachlorophénol	1235	Chlorophénols	SP
PFOS	6561	Autres	SDP
Phosphate de tributyle	1847	Autres	PSEE
Plomb	1382	Métaux	SP
Quinoxyfen	2028	Pesticides	SDP
Somme 3 HBCDDs	7128	Autres	SP
Tébuconazole	1694	Pesticides	PSEE
Terbutryne	1269	Pesticides	SP
Tétrachl. Carbone	1276	COHV	
Tétrachloréthène	1272	COHV	
Thiabendazole	1713	Pesticides	PSEE
Titane	1373	Métaux	
Toluène	1278	BTEX 1	PSEE
Tributylétain cation	2879	Organoétains	SDP
Trichloréthylène	1286	COHV	
TTriphénylétain cation	6372	Organoétains	
Xylène	1780	BTEX 1	PSEE
Zinc	1383	Métaux	PSEE

## Liste des substances optionnelles du RSDE

Nom paramètre	Code Sandre	Famille	Classement
Acide fenofibrique	5369	Métabolite	SPAS
Argent	1368	Métaux	SPAS
Carbamazépine	5296	Médicament	SPAS
Carbamazépine époxyde	6725	Métabolite de la carbamazépine	SPAS
Carbendazime	1129	Pesticides	SPAS
Cobalt	1379	Métaux	SPAS
Cyanures libres	1084	Métaux	SPAS
Dicamba	1480	Pesticides	SPAS
Diclofénac	5349	Médicament	SPAS
Diméthénamide	1678	Pesticides	SPAS
Fenpropidine	1700	Pesticides	SPAS
Flufénacet (= Thiaflumamide)	1940	Pesticides	SPAS
Flurochloridone	1675	Pesticides	SPAS
Ibuprofène	5350	Médicament	SPAS
Kétoprofène	5353	Médicament	SPAS
Lénacile	1406	Pesticides	SPAS
Métolachlore	1221	Pesticides	SPAS
Métolachlore ESA	6854	Métabolite du métolachlore	SPAS
Métolachlore OXA	6853	Métabolite du métolachlore	SPAS
Oxazéпам	5375	Médicament	SPAS
Paracétamol	5354	Médicament	SPAS
Piperonyl butoxyde	1709	Synergisant	SPAS
Pirimicarbe	1528	Pesticides	SPAS
Propyzamide	1414	Pesticides	SPAS
Prosulfocarbe	1092	Pesticides	SPAS
Sulfaméthoxazole	5356	Médicament	SPAS
Terbutylazine	1268	Pesticides	SPAS
Thallium	2555	Métal pauvre	SPAS

## Annexe 2 : exemple de réhabilitation d'erreur d'unité

Etape 1 : Si LQ analyse  $\leq$  LQ imposée /1000 ? **OUI**

**Alors**

LQ corrigé = LQ analyse \*1000 et Résultat corrigé LQ (Etape 1 ) = Résultat analyse \*1000

Etape 2 : **Si** Résultat corrigé LQ (Etape1 ) > LQ imposée \*1000 ? **OUI**

**Alors**

Résultat corrigée (Etape 2) = Résultat corrigé LQ (Etape 1 )/1000

Nom	Code Sandre	Résultat analyse	LQ analyse	LQ imposée	Résultat corrigée LQ (Etape 1)	LQ Corrigé	Résultat corrige (Etape 2 ) Valeur finale
Zinc	1383	104	0,005	5	10400	5	104
Benzo(k)fluoranthène	1117	5,00E-06	5,00E-06	0,005	0,005	0,005	0,005