



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 203097 - 2722399 - v2.0

01/04/2022

Développer une stratégie de réduction des micropolluants urbains en s'appuyant sur la méthode ACE

PRÉAMBULE

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du Contrat de recherche et développement n° OFB 20-386 relatif à la gestion des polluants entre l'OFB et l'Ineris.

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction Stratégie, Politique Scientifique et Communication

Rédaction : CHAPON Valentin

Vérification : BRIGNON JEAN-MARC

Approbation : Document approuvé le 01/04/2022 par ROUIL LAURENCE

Table des matières

1	Contexte	6
1.1	Définition et cadre réglementaire de l'action RSDE	6
1.2	Introduction à la problématique des micropolluants dans les eaux usées	6
Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation .7		
1.3	Plans d'action en cours de rédaction par les collectivités	8
2	Présentation de l'Analyse Coût Efficacité.....	10
2.1	Principes et étapes de l'ACE	10
2.2	Comment prendre en compte l'impact d'une mesure permettant de réduire simultanément les rejets de plusieurs micropolluants ?	16
3	Comment appliquer l'ACE à la problématique des micropolluants ?.....	18
3.1	Application de l'ACE à un cas d'étude.....	18
3.1.1	Etape 1 : Définir l'objectif de l'ACE	18
3.1.2	Etape 2 : Quelles sont les sources de rejets de zinc et de cuivre	18
3.1.3	Etape 3 : Identification des mesures pour réduire les flux de micropolluants.....	21
3.1.4	Etape 4 : Estimation de l'efficacité des mesures ciblées pour réduire la présence de zinc et de cuivre en amont des STEU.....	23
3.1.5	Etape 5 : Estimation du coût des mesures identifiées pour réduire les rejets de zinc et de cuivre	27
3.1.6	Etape 6 : Classement des mesures.....	28
3.2	Interprétation des résultats de l'ACE par rapport à un objectif environnemental	31
3.3	Discussions des résultats obtenus dans le cadre de cette étude de cas	34
4	Discussion générale de la méthode ACE appliquée à la problématique des micropolluants urbains	36
5	Références	37
6	Annexes.....	39
6.1	Annexe 1 : Tableau de calcul du score de priorité extrait du livrable : Réduire les micropolluants : passer du diagnostic au plan d'action – application de la démarche à l'Eurométropole de Strasbourg (Jolanda B and al. 2017).....	39
6.2	Annexe 2 : Arbre de décision pour réaliser une ACE appliquée à la problématique des micropolluants	40

Table des illustrations

Figure 1	: schéma illustrant les 3 principaux apports de micropolluants vers les STEU	7
Figure 2	: Courbe d'efficacité pour les mesures M1, M2, M3, M4 et M5.....	11
Figure 3	: Classement des mesures en fonction du ratio CE	12
Figure 4	: Classement des mesures en fonction du ratio CE (1).....	13
Figure 5	: Classement des mesures en fonction du ratio CE (2).....	14
Figure 6	: Classement des mesures en fonction du ratio CE (3).....	15
Figure 7	: Classement des mesures en fonction du ratio CE (4).....	16
Figure 8	: Courbe d'efficacité pour les mesures étudiées pour la réduction du zinc	28
Figure 9	: Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre	29
Figure 10	: Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre et du zinc	30
Figure 11	: Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre et du zinc (avec l'hypothèse que la campagne de communication ait une forte efficacité)	30
Figure 12	: Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre et le zinc (avec l'hypothèse que la campagne de communication ait une faible efficacité).....	31
Figure 13	: Classement de mesures selon leurs ratios coût-efficacité rapporté à l'objectif de réduction	33

Figure 14 : Classement de mesures selon leurs ratios coût-efficacité incluant la mesure sans regret (campagne de sensibilisation avec efficacité faible) rapporté à l'objectif de réduction34

Résumé

La note technique du 12 août 2016 du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, en charge des Relations internationales sur le climat Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature demande aux collectivités de réaliser des diagnostics amonts et plan d'actions de réduction pour les substances dont les rejets apparaissent comme significatifs (concentrations ou flux supérieurs aux valeurs seuils) dans le cadre des campagnes de mesures réalisées dans les eaux usées urbaines (RSDE STEU phase 2 et phase 3). Les diagnostics amont ont pour objectif d'identifier les sources d'émissions qui pourraient expliquer la présence de micropolluants significatifs dans les eaux brutes en amont des STEU ainsi que dans les eaux traitées des STEU. Les collectivités ont également la responsabilité de mettre en place un plan d'action pour réduire la présence de ces micropolluants significatifs. L'établissement du plan d'action pour les collectivités est une tâche complexe du fait de la multitude des micropolluants, de leurs sources ainsi que des mesures de réduction possibles en particulier du fait que la mise en œuvre de ces actions de réduction doit généralement se faire à budget contraint.

L'Analyse Coût Efficacité (ACE) est un outil qui peut aider les collectivités lors de l'élaboration de ce plan d'action. Cette méthodologie permet de comparer les mesures en fonction de leurs ratio coût-efficacité et ainsi de construire la stratégie de réduction la plus efficace possible, et donc d'optimiser le budget qui y est consacré.

Ce rapport présente la démarche à suivre étape par étape pour conduire une ACE. Afin d'illustrer l'application de cette méthode pour développer des stratégies de réduction des micropolluants dans les eaux brutes en amont des STEU, un cas d'étude hypothétique a été construit pour deux micropolluants parmi les substances les plus significatives en amont et en aval des STEU dans les résultats de la campagne RSDE phase 3 : le zinc et le cuivre. Les collectivités trouveront dans ce rapport pour chaque étape de l'ACE des recommandations et des ressources documentaires et références utiles pour réaliser une ACE.

Abstract

The technical note of 12 August 2016 requests local authorities to carry out upstream diagnostics and reduction action plans for substances appearing to be significant (concentrations or flows higher than the threshold values set) within the framework of phase 2 and phase 3 SRED measurement campaigns. The objective of upstream diagnostics is to identify the sources of emissions that could explain the presence of significant micropollutants in raw water upstream of WWTPs and in treated water from WWTPs. Municipalities are also responsible for implementing an action plan to reduce the presence of these significant micropollutants. The establishment of the action plan for municipalities is a complex task due to the multitude of micropollutants, their sources as well as possible reduction measures. Moreover, the implementation of these reduction actions must generally be done within a constrained budget.

Cost-Effectiveness Analysis (CEA) is a tool that can help local authorities to draw up this action plan. This methodology allows the comparison of measures in function of their cost-effectiveness ratio and finally build the most efficient reduction strategy possible.

This report presents the step-by-step approach to carry out an CEA. In order to illustrate the application of this method a hypothetical case study has been constructed for two significant micropollutants in the majority of results from the RSDE phase 3 campaign: zinc and copper. For each step of the CEA, communities will find in this report recommendations and useful documentary resources and references for conducting a CEA.

Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Développer une stratégie de réduction des micropolluants urbains en s'appuyant sur la méthode ACE, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 203097 - v2.0, 01/04/2022.

Mots-clés :

Analyse Coût Efficacité, micropolluants, diagnostics et plans d'action, RSDE STEU, rejets domestiques, ruissellement, rejets industriels, rejets des activités artisanales, Zinc, Cuivre

1 Contexte

1.1 Définition et cadre réglementaire de l'action RSDE

Le plan micropolluant 2016-2021 définit un micropolluant « comme une substance indésirable détectable dans l'environnement à très faible concentration (microgramme par litre voir nanogramme par litre). Sa présence est, au moins en partie, due à **l'activité humaine** (procédés industriels, pratiques agricoles ou activités quotidiennes) et peut à ces très **faibles** concentrations engendrer des effets **négatifs** sur les **organismes vivants** en raison de sa **toxicité**, de sa **persistance** et de sa **bioaccumulation**. De nombreuses molécules présentant des propriétés chimiques différentes sont concernées (plus de 110 000 molécules sont recensées par la réglementation européenne), qu'elles soient organiques ou minérales, biodégradables ou non tels les plastifiants, détergents, métaux, hydrocarbures, pesticides, cosmétiques ou encore les médicaments. »

« La **Directive Cadre sur l'Eau (DCE)**, promulguée en 2000 et transcrite en droit français en 2004, vise à assurer un bon état chimique et biologique des eaux en Europe. Les Etats Membres doivent ainsi notamment identifier le type et l'ampleur des **pressions**, diminuer les **émissions** des substances classées prioritaires, et supprimer celles des substances dites dangereuses prioritaires : des listes de ces différentes substances ont été établies au niveau européen. » (Gouzy A and al. 2017). Un certain nombre de micropolluants, introduits ci avant, font parties de ces substances prioritaires et substances dangereuses prioritaires (annexe X de la DCE) : des métaux (zinc, cuivre, ...), des HAP, des pesticides (alachlore, atrazine ...), des hydrocarbures monocycliques (le toluène, le xylène).

Depuis 2010, dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, 3 campagnes nationales de recherche et de réduction des **Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux (RSDE)** ont été menées en amont et en aval des Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU). La 3^{ème} campagne de mesures appelée RSDE STEU phase 3, est définie par la note technique du 12 août 2016 ¹ (Ministère de l'Environnement 2016). Les STEU concernées par cette note sont les STEU de capacité nominale supérieure ou égale à 600 kg/j de DBO5 (10 000 Equivalent Habitant (EH)). Cette note impose une campagne de recherche d'un an de 96 substances dans les eaux brutes en entrée de STEU et de 89 substances dans les eaux traitées en sortie de STEU. L'objectif est de déterminer les **micropolluants significatifs**, c'est-à-dire dépassant au moins un des critères de significativité (seuils de concentration, seuils de flux moyen annuel, seuil de flux moyen journalier) dans les eaux brutes en amont des STEU et dans les eaux traitées (Partaix H and al. 2021).

Pour chaque micropolluant identifié comme significatif (dans le cadre de la troisième et dernière campagne RSDE STEU mais aussi lors de la précédente campagne, un **diagnostic vers l'amont** doit être réalisé par la collectivité pour identifier les sources potentielles de micropolluants déversés dans le réseau de collecte.

Suite à ces diagnostics **des plans d'actions de réduction** doivent être proposés par les collectivités afin de réduire la présence des substances identifiées comme significatives dans les eaux brutes en amont des STEU ou dans les déversoirs d'orage. « Ces propositions d'actions doivent être argumentées et certaines doivent pouvoir être mises en œuvre l'année suivant la fin de la réalisation du diagnostic ».

1.2 Introduction à la problématique des micropolluants dans les eaux usées

On distingue 3 types de rejets pouvant contribuer à l'apport de micropolluants et à leurs présences en amont et en sortie des STEU ; les eaux de ruissellement, les rejets domestiques et les rejets des activités économiques. De nombreux facteurs peuvent expliquer la présence des micropolluants dans ces rejets. Pour les **eaux de ruissellement** cela dépend des activités humaines (trafic routier,

¹ La 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 et note technique du 29 janvier 2018 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 les départements et régions d'outre-mer

agriculture, toiture en zinc...) présentes sur le territoire, de la pluviométrie et des caractéristiques pédologiques. Pour les **rejets domestiques** la présence des micropolluants dépend des usages de produits par les ménages (produits ménagers, produits cosmétiques, médicaments, usages de textiles...). Pour les **rejets industriels et artisanaux** elle dépend de la nature des activités et des substances qu'elles utilisent ou génèrent et des traitement mis en place. Enfin la présence des micropolluants en amont des STEU dépend des **activités humaines** présentes sur le territoire mais également de **l'agencement du réseau** de collecte des eaux de ruissèlement et de celui des eaux usées. Le schéma ci-après illustre ces différents rejets et leurs liens avec les activités humaines.

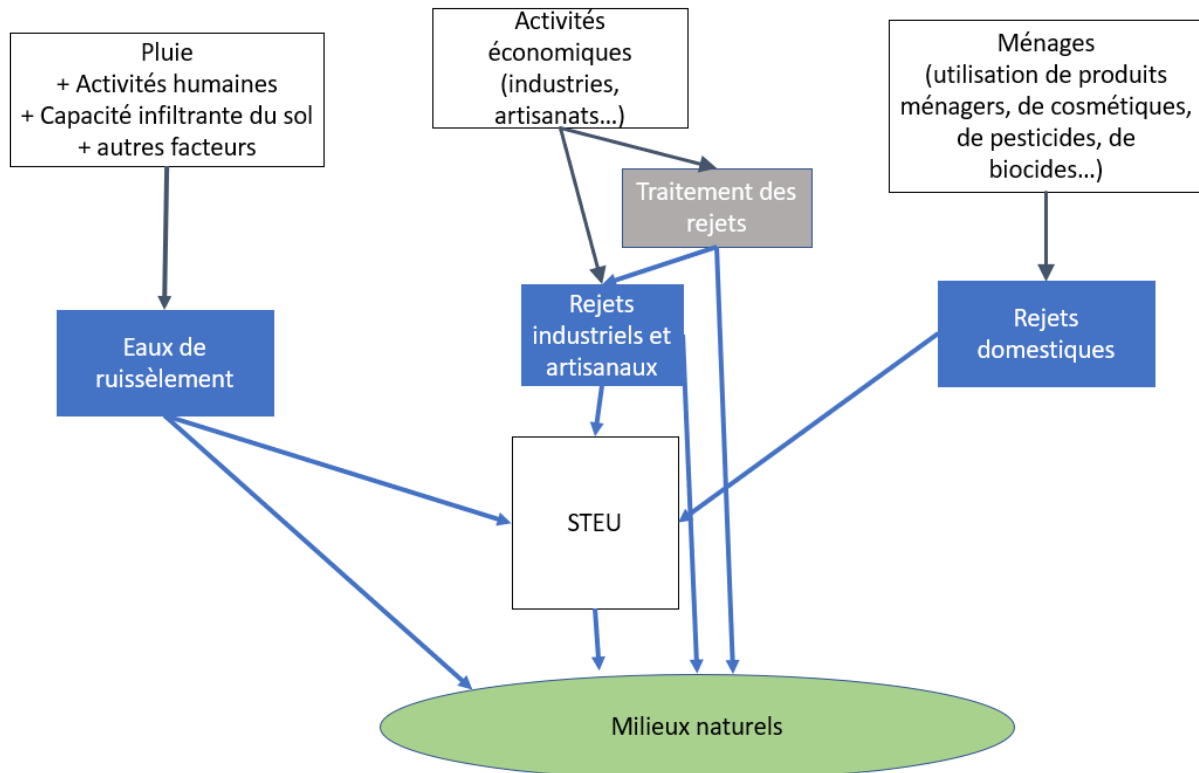


Figure 1 : schéma illustrant les 3 principaux apports de micropolluants vers les STEU

Une stratégie peut être élaborée à l'échelle d'un territoire par les collectivités pour réduire les apports des rejets industriels, domestiques et des eaux de ruissèlement vers les eaux brutes en amont des STEU. Cette stratégie consistera en la mise en place de diverses actions qui dépendront des activités économiques présentes sur le territoire, du réseau de collecte des eaux usées et des eaux de ruissèlement, de la géographie du territoire, de ses caractéristiques naturelles... Parmi le très grand nombre d'actions envisageables, on peut citer les mesures suivantes :

- Pour les rejets industriels
 - o S'assurer de la régularisation des autorisations administratives (Arrêté d'Autorisation de Déversement/Convention Spéciale de Déversement) et réglementation des rejets des ICPE²
 - o Mettre en place des technologies de traitement des rejets, adopter des technologies propres et celles identifiées comme MTD
 - o Sensibiliser les industriels à la problématique du rejet des micropolluants
 - o Favoriser la substitution des usages de certaines substances problématiques

² Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation

- Pour les rejets des artisans
 - o S'assurer de la régularisation des autorisations administratives (AAD/CSD)
 - o Sensibiliser les artisans à la problématique du rejet des micropolluants
 - o Mettre en place des technologies de traitement des rejets, adopter des technologies propres
 - o Favoriser la substitution des usages de substances problématiques

- Améliorer la gestion des eaux pluviales
 - o Construction de structures pour favoriser l'infiltration (mise en place de noues, de bassins de rétention à sec...) et réduire les apports de micropolluants vers la STEU
 - o Développer le stockage afin d'éviter les rejets directs vers les milieux naturels lors des forts épisodes pluvieux

- Pour les rejets domestiques
 - o Sensibiliser le grand public à la problématique des micropolluants
 - o Sensibiliser le grand public au fait que les pesticides sont interdits pour le jardinage sauf pour certains cas précis, et à l'intérêt de limiter les usages encore autorisés au maximum³
 - o Développer la fabrication de produits ménagers et de produits cosmétiques et soins personnels « peu transformés » (fabrication de lessive maison avec du savon et du bicarbonate de soude, fabrication de son dentifrice...)
 - o Encourager l'usage de produits écolabellisés

Etant donné la diversité des sources et des actions possibles le choix de la « **meilleure stratégie** » est complexe pour les collectivités. De plus, très souvent cette stratégie doit se construire et se développer à budget contraint. Pour élaborer leur plan d'action, les collectivités pourront s'appuyer sur le(s) **diagnostic(s)** réalisé(s) suite aux résultats des campagnes RSDE et sur les résultats des travaux réalisés dans le cadre des projets REGARD, REMPLAR et LUMIEAU-STRA de l'appel à projet OFB, qui ont étudié des solutions pour réduire les rejets domestiques, les rejets des activités artisanales et des rejets via les eaux de ruissellement. Les collectivités pourront également s'appuyer sur de nombreux documents produits par le GRAIE et le CEREMA (CEREMA 2020). Enfin, et c'est l'objet de ce rapport, les collectivités pourront construire leur stratégie en s'appuyant sur la méthode coût-efficacité pour que celle-ci soit la plus **efficace** (ou « coût-efficace ») possible.

1.3 Plans d'action en cours de rédaction par les collectivités

Les premiers plans d'action doivent être réalisés par les collectivités avant fin 2021. Au début de cette étude, entre octobre 2020 et mai 2021, nous avons pris contact avec des collectivités pour collecter des plans d'action existant. Nous avons identifié les collectivités susceptibles d'avoir avancé dans le processus de définition des plans d'action, grâce à des échanges avec les agences de l'eau Artois-Picardie, Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée-Corse, ainsi que les services police de l'eau. Nous avons également pu échanger avec l'agence de l'eau Loire-Bretagne qui nous a répondu que seule une collectivité avait défini son plan d'action fin 2020 mais que celle-ci n'était probablement pas représentative des collectivités sur le territoire.

Parmi les collectivités identifiées et contactées au niveau des agences de l'eau Artois-Picardie, Rhin Meuse et Rhône Méditerranée Corse, seules deux collectivités nous ont transmis un plan d'action finalisé, dont un seul présentait des actions concrètes avec des notions de **coûts** et **d'efficacité** pour les **mesures identifiées**. Même si la collecte ne s'est pas avérée fructueuse nous avons pu nous

³ La loi n° 2014-110, dite loi "LABBÉ" du 6 février 2014, dite loi LABBE interdit l'utilisation de pesticides sauf les produits de biocontrôle, les produits utilisables en agriculture biologique, les produits à faible risque. Certains de ces produits comme la bouillie Bordelaise (cuivre) peuvent constituer des sources d'émissions de micropolluants.

entretenir avec plusieurs collectivités, qui nous ont fait part de leurs difficultés pour définir une stratégie de réduction des micropolluants dans les eaux usées.

Bien que peu de plans d'action semblent définis à ce jour, les collectivités contactées nous ont fait part de plusieurs actions en cours. Parmi ces actions, la prise de contact sur le terrain avec les acteurs économiques potentiellement pour régularisation des autorisations administratives semble être une action relativement développée par les collectivités contactées. Ces collectivités nous ont également mentionné la réalisation d'opérations collectives qui permettent de sensibiliser les acteurs économiques à la problématique des émissions de micropolluants ainsi qu'au développement de solutions de réductions pour des filières économiques.

2 Présentation de l'Analyse Coût Efficacité

2.1 Principes et étapes de l'ACE

« On peut définir l'**efficacité** comme le rapport entre les résultats et les objectifs fixés. L'**efficience** (ou **efficacité-économique**) est la mise en perspective entre les résultats atteints et les moyens pour y parvenir. La recherche de l'efficience suppose donc l'existence d'une contrainte budgétaire. » (ODEMartinique 2018). Une mesure ou un ensemble de mesures sont définis comme efficaces lorsqu'ils permettent d'atteindre l'objectif fixé au coût minimal.

L'analyse coût efficacité est une méthode permettant de comparer des mesures contribuant à atteindre un objectif environnemental, social ou économique. Ces alternatives sont classées en fonction de ratios (**Coût Efficacité (CE)** ou **Efficacité Coût (EC)**) où le coût est exprimé en euros et l'efficacité mesurée par une variable quantifiable comme par exemple le nombre de vies sauvées, la réduction des émissions de CO₂ ou l'abattement de quantités de polluants.

Le calcul d'un **ratio CE** se fait par rapport à une situation de référence représentant l'état présent. Cette situation de référence doit être commune à l'ensemble des mesures comparées. Par exemple, considérons un polluant X émis dans l'environnement par une activité Y. Le ratio **CE** d'une action de réduction coutant 10 000 euros (de coûts supplémentaires par rapport à la situation de référence) permettant de réduire les rejets de 100 kg de polluant X par an équivaldrait à :

$$CE = \frac{C}{E} = \frac{10\,000}{100} = 100$$

L'interprétation des ratios CE calculés pour chacune des mesures étudiées se fait seulement par leur comparaison. Dans l'exemple ci avant le ratio calculé signifie qu'il faut privilégier cette action au détriment d'autres actions dont le ratio CE comparé à la même situation de référence est supérieur à 100.

L'Analyse Coût Efficacité (ACE) est un outil utile lorsque que l'estimation et/ou la monétarisation des impacts associés à la mise en place d'une mesure est difficilement quantifiable (Boardman A and al. 2013). Au contraire de l'Analyse coût bénéfice (ACB) qui repose sur une comparaison des coûts et des bénéfices monétarisés d'une action, et fournit un critère absolu pour décider ou non de l'entreprendre (si le ratio coût/bénéfice est inférieur à 1), l'ACE ne fournit pas de critère permettant de décider en soi de l'opportunité d'une action, mais permet de comparer entre elles un ensemble d'actions. Si l'une d'elles est une action de référence dont on sait qu'elle mérite d'être entreprise, l'ACE peut tout de même être utilisée pour décider de l'opportunité d'entreprendre les autres.

Les étapes à suivre pour réaliser une ACE sont énumérées dans l'encadré ci-après (Van Soesbergen A and al. 2007).

Etape 1 : Déterminer l'objectif à atteindre
Etape 2 : Identifier les sources de pollution, pressions et impacts actuels et futurs (à horizon de temps pertinent par rapport à la problématique)
Etape 3 : Identifier l'ensemble des mesures qui permettraient d'atteindre l'objectif fixé
Etape 4 : Estimer l'efficacité des mesures par rapport à l'atteinte de l'objectif fixé
Etape 5 : Estimer le coût des mesures qui pourraient contribuer à l'atteinte de l'objectif fixé
Etape 6 : Classer les mesures en fonction de leur ratio coût efficacité (tracer la courbe d'efficience)
Etape 7 : A partir de la courbe d'efficience, définir la stratégie (mise en place d'une ou plusieurs mesures) permettant d'atteindre l'objectif fixé à coût minimum

Afin d'illustrer par un exemple théorique la méthode de l'ACE et les résultats qu'elle peut fournir au décideur, considérons 5 mesures différentes permettant de réduire la présence dans l'environnement de la substance « X ». Ces mesures sont supposées avoir une efficacité variable pour abattre le polluant X ainsi que des coûts d'investissement et d'entretien différents. Les informations coût et efficacité des mesures 1 à 5 sont présentés dans le Tableau 1ci-après.

Tableau 1 : Exemple de mesures permettant de réduire la pollution X

Mesures disponibles	Pollution abattue (kg de substance X)	Coût d'investissement et d'entretien de la mesure (euros/an)	Ratio CE (euros/kg de substance X/an)
M1	400	2000	5,0
M2	200	300	1,5
M3	220	1800	8,2
M4	380	3800	10,0
M5	180	1350	7,5

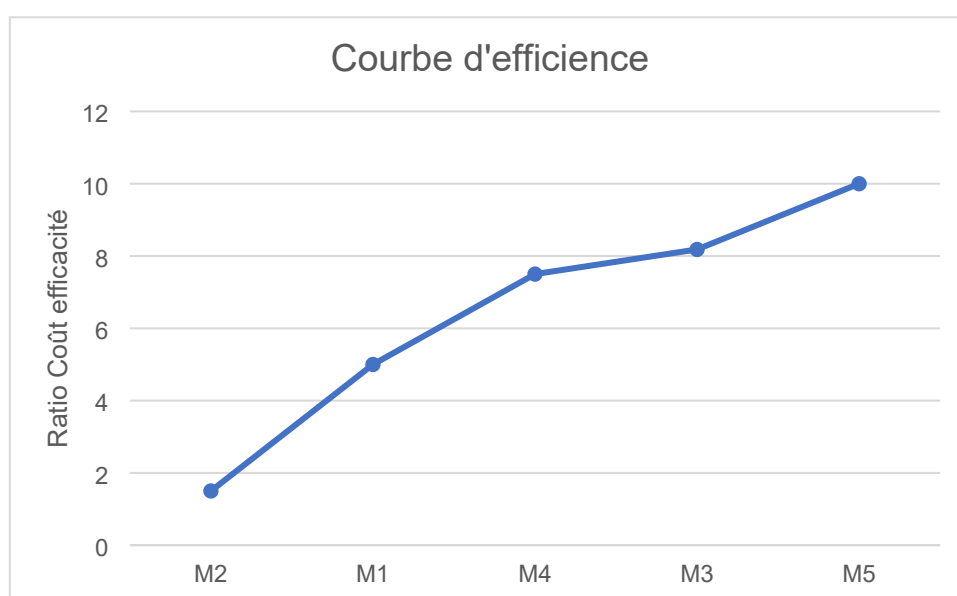


Figure 2 : Courbe d'efficacité pour les mesures M1, M2, M3, M4 et M5

La courbe ci avant Figure 2 représente les différentes mesures présentées dans le tableau 1 classées selon leur ratio coût efficacité. Cette courbe signifie que pour réduire au maximum et à moindre coût la pollution due à la substance X il faut commencer par mettre en place autant que possible la mesure M2, puis une fois celle-ci mise en place au maximum passer à la mise en place de la mesure M1 puis à la mesure M4 et ainsi de suite.

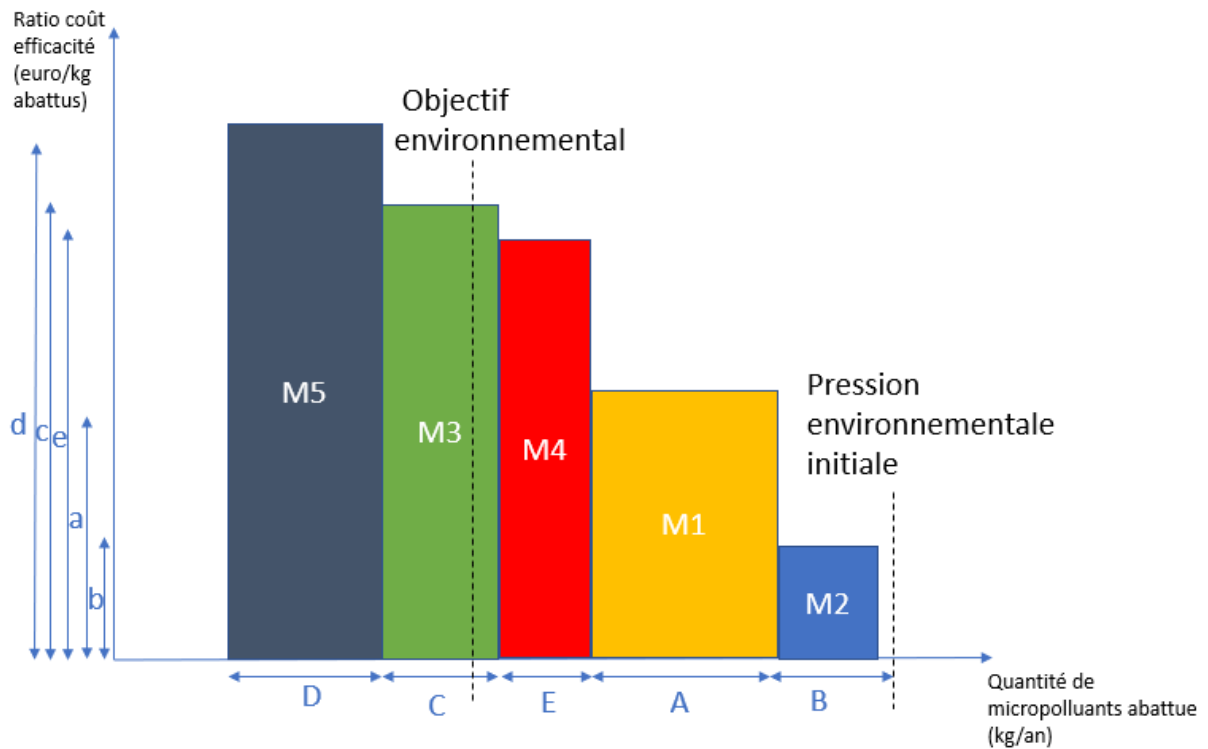


Figure 3 : Classement des mesures en fonction du ratio CE

La Figure 3 classe les 5 mesures du tableau 1 selon leur ratio coût efficacité mais en ajoutant une limite quant aux quantités maximales que chaque mesure peut abattre une fois mise en place au niveau d'un territoire.

Imaginons que la figure M2 corresponde à la mise en place d'un traitement pour réduire la concentration de la substance « X » dans les rejets d'une activité donnée. Une fois la mesure développée au maximum, comme illustré dans Figure 4, la quantité « B » de polluant aura été abattue. Le coût de la mise en place de la mesure 2 équivaut à l'aire du rectangle de la mesure 2 (rectangle bleu).

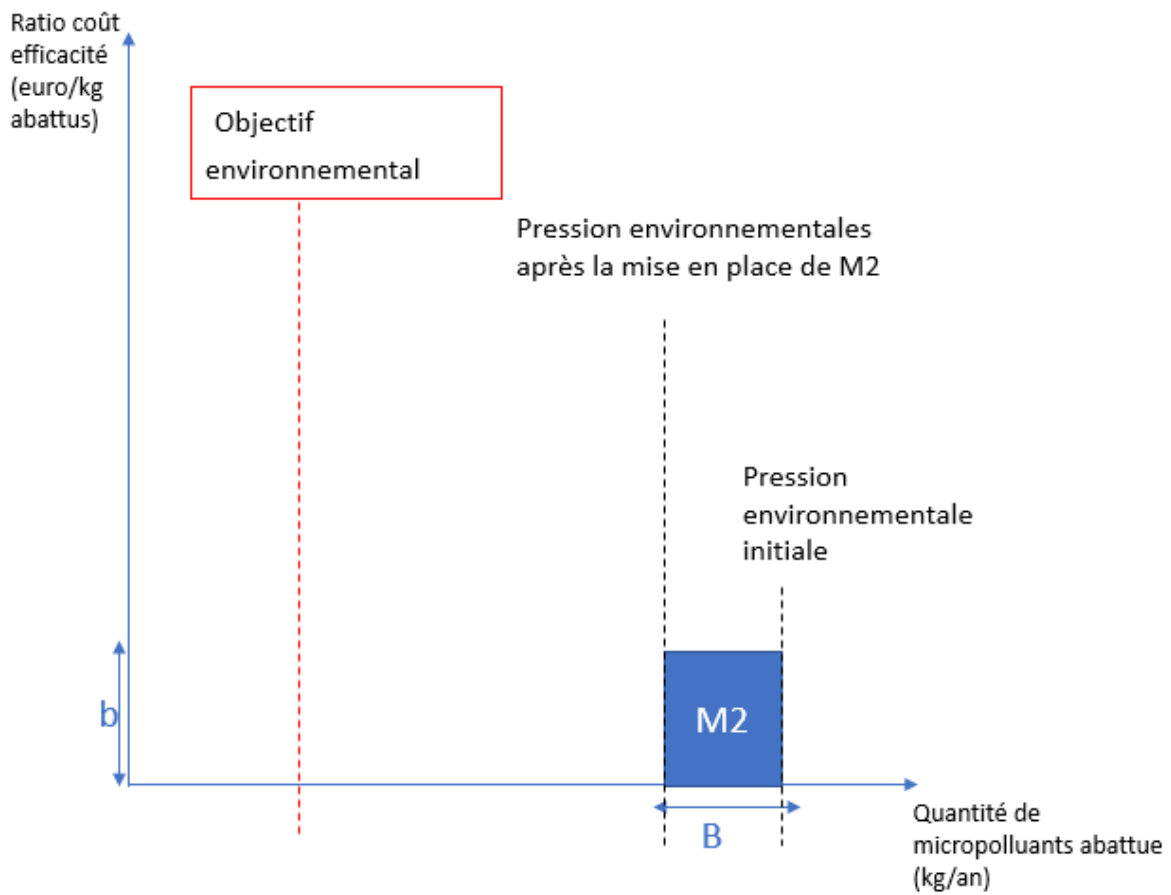


Figure 4 : Classement des mesures en fonction du ratio CE (1)

Une fois la mesure M2 développée au maximum, il faut mettre en place M1 qui pourra quant à elle abattre au maximum la quantité « A » de substance « X ». La mise en place simultanée des mesures M2 et M1 et la réduction de la pression environnementale obtenue est illustré dans la Figure 5.

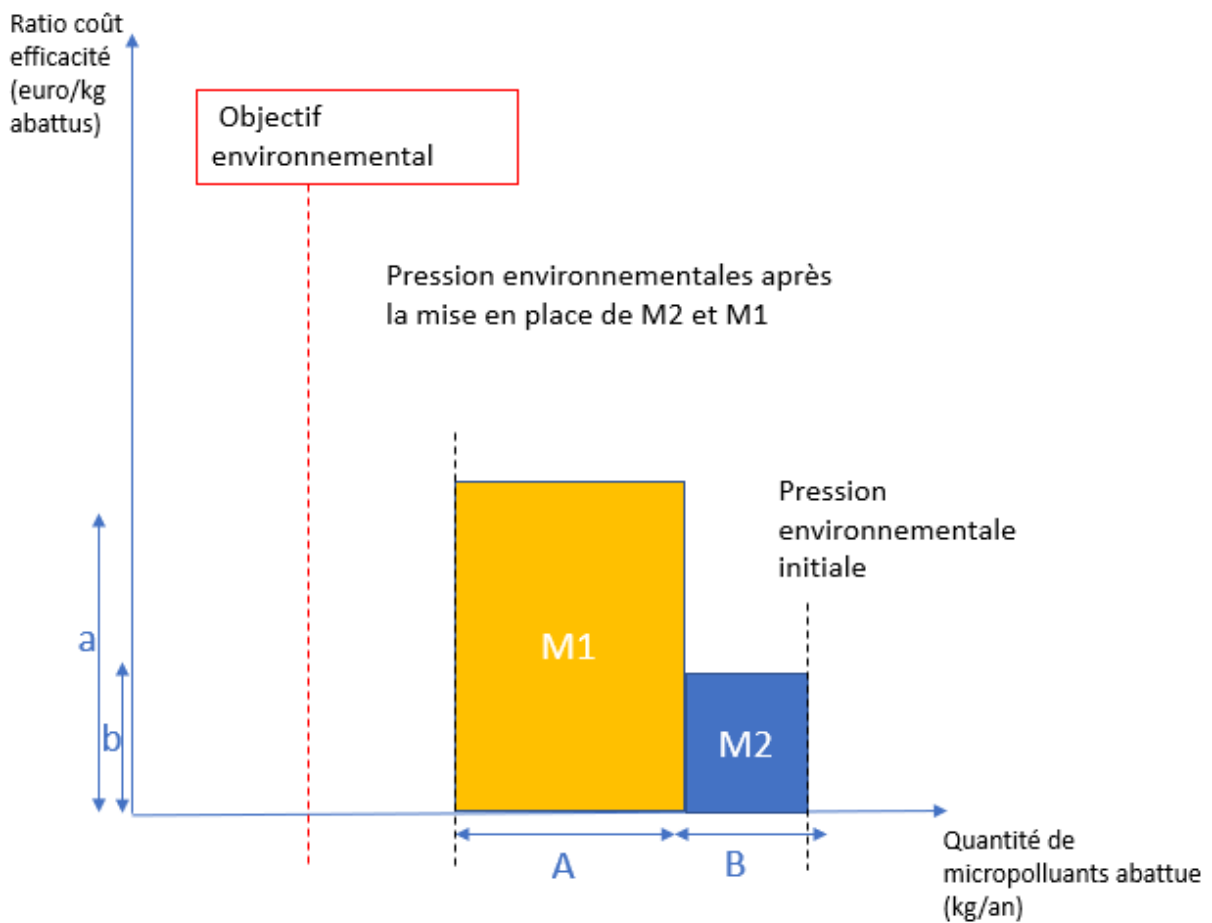


Figure 5 : Classement des mesures en fonction du ratio CE (2)

Une fois les mesures M2 et M1 développées au maximum, la pression environnementale est réduite de $A+B$, il faut mettre en place M5 qui pourra quant à elle abattre au maximum la quantité « E » de substance « X ». La mise en place simultanée des mesures M2, M1 et M5 et la réduction de la pression environnementale obtenue est illustrée dans la Figure 6.

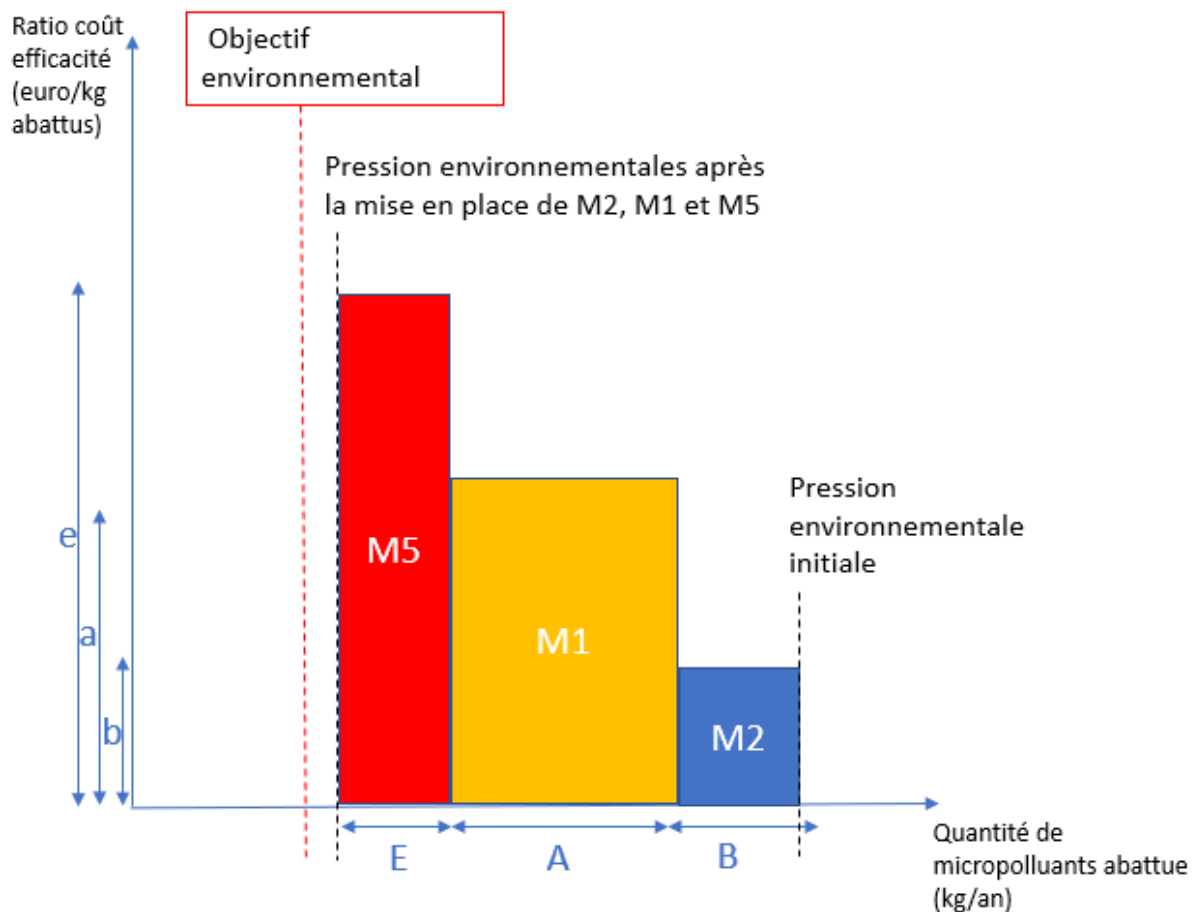


Figure 6 : Classement des mesures en fonction du ratio CE (3)

Une fois les mesures M2, M1 et M5 développées au maximum, la pression environnementale est réduite de $A+B+E$ mais l'objectif de réduction n'est toujours pas atteint. Il faut mettre en place M4, qui pourra quant à elle abattre au maximum la quantité « D » de substance « X » et qui permettra d'atteindre l'objectif environnemental fixé au départ. La mise en place simultanée des mesures M2, M1, M5 et M4 et la réduction de la pression environnementale obtenue est illustrée dans la Figure 7.

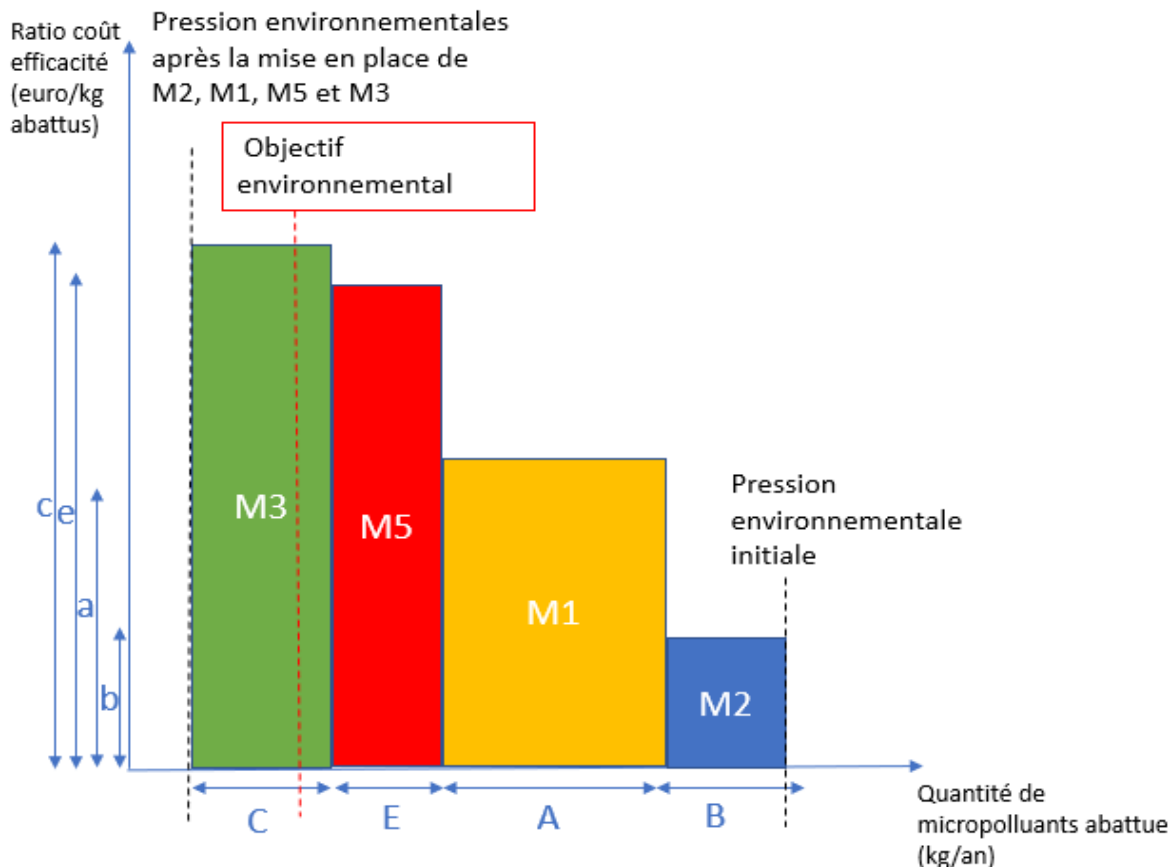


Figure 7 : Classement des mesures en fonction du ratio CE (4)

Ainsi pour atteindre l'objectif environnemental à moindre coût, il faudrait mettre en place les mesures M2, M1, M5 et une partie de la mesure M3 comme l'illustre Figure 7. Le coût pour atteindre cet objectif environnemental, correspond aux aires des rectangles bleu, jaune, rouge et une partie du vert (dans cet exemple, seule une partie de la mesure M3 est requise, et la mesure M5, la moins coût-efficace n'a pas à être sollicitée).

Concrètement la mise en place des mesures se fait simultanément, cette présentation séquentielle des mesures, n'est à considérer que lors de l'élaboration de la stratégie et non lors de sa mise en place.

2.2 Comment prendre en compte l'impact d'une mesure permettant de réduire simultanément les rejets de plusieurs micropolluants ?

Cette partie du rapport traite de l'évaluation de la réduction d'impacts environnementaux et sanitaires permis par la mise en place de mesures réduisant simultanément les rejets de plusieurs micropolluants. C'est par exemple le cas des noues infiltrantes qui peuvent abattre des métaux, des HAP, des pesticides... C'est également le cas pour les campagnes de sensibilisation du grand public, qui peuvent modifier la consommation et l'utilisation par les individus de produits contenant plusieurs micropolluants et ainsi réduire les rejets de plusieurs substances. Cette évaluation est d'autant plus complexe que les impacts des micropolluants sur les écosystèmes et sur la santé humaine varient notamment en fonction de leurs caractéristiques **physico-chimiques**. Comment peut-on comparer l'efficacité de mesures portant sur la réduction de rejets de plusieurs micropolluants simultanément ?

Afin que le coût d'une action portant sur plusieurs micropolluants ne soit pas attribué à un seul micropolluant (ou compté plusieurs fois si la même mesure était étudiée séparément pour chaque micropolluant concerné), il importe de construire un indicateur d'efficacité qui porte sur l'ensemble des micropolluants concernés par le plan d'actions. Un plan d'actions sera donc d'autant plus pertinent qu'il essaie d'englober dans l'ACE tous les micropolluants dont il est susceptible de modifier les émissions. Dans le cadre du projet LUMIEAU-STRA, l'impact des actions de réduction a été étudié sur des **Indices de Pressions Potentiels (IPP)** de micropolluants. Ces indices de pression se composaient d'un indice de flux correspondant à des quantités de substances rejetées et d'un **score de priorité** (inspiré du rapport « Référentiel pour la Priorisation des Micropolluants des Milieux Aquatiques » (Dulio V and al. 2012). D'autres méthodes de priorisation ont été développées par l'Ineris et sont disponibles dans le rapport « Support à la réalisation de l'action 39 du plan micropolluants » (Brignon JM and al. 2020). Dans le cadre du projet LUMIEAU-STRA ce score de priorité a été calculé pour chaque substance, et permet de prendre en compte l'impact potentiel des micropolluants sur les écosystèmes et la santé humaine. Pour construire ce score des notes ont été attribuées en fonction d'indicateurs de type : NQE, VGE, PNEC, cancérogénicité, mutagénicité, reprotoxicité et des caractères PBT (persistance, bioaccumulation et toxicité) et/ou PE (perturbateur endocrinien). Trois scores sont calculés : un score pour les effets sur les écosystèmes, un score pour les effets sur la santé humaine et un score pour les facteurs aggravants (PE, PBT, vPvB). Chacun de ces scores est compris entre 0 et 1, le score final correspond à la moyenne de ces trois scores. Pour plus d'information sur la méthode de calcul de ce score, un tableau avec des précisions est présenté en annexe de ce rapport et la méthode est présentée en détail dans le livrable 4.3.d du projet LUMIEAU-STRA (Jolanda B and al. 2017).

Il existe d'autres approches pour comparer ou cumuler les impacts de différentes substances sur l'environnement et la santé humaine. L'approche développée par (Huijbregts and al. 2000) et utilisée en Analyse Cycle de Vie a estimé des indicateurs potentiels de toxicité pour 181 substances. Cette méthode propose des facteurs de pondération pour 181 substances avec comme substance de référence le 1,4-Dichlorobenzène.

3 Comment appliquer l'ACE à la problématique des micropolluants ?

Comme nous l'avons présenté en introduction, il existe une multitude d'actions pouvant être mises en place pour réduire la présence de micropolluants à la source. Le choix des actions à mettre en place dépend : des substances qui doivent être réduites, des sources de rejets identifiées, du budget disponible, de l'objectif environnemental fixé ... L'ACE est une méthode qui peut aider les collectivités à **identifier les actions possibles**, à les comparer selon leur coût et leur efficacité afin de construire le **plan d'action** le plus **efficace** possible.

Afin d'illustrer l'application de l'ACE à la problématique des micropolluants, nous avons construit un cas d'étude appliqué au zinc et au cuivre. Ces deux micropolluants faisant partie des substances les plus significatives en amont des STEU dans les résultats de la troisième phase RSDE STEU : le zinc est significatif dans 74% des STEU et le cuivre dans 69% des STEU (Partaix H and al. 2021).

En annexe 2 est présenté un arbre de décision illustrant les différentes étapes à suivre pour réaliser une ACE appliquée à la problématique des micropolluants.

3.1 Application de l'ACE à un cas d'étude

Nous illustrons dans cette section l'application de l'ACE pour comparer des mesures de réduction dans le cadre de la réalisation de plans d'action suite aux résultats des campagnes RSDE. Pour ce faire, nous avons construit un **cas d'étude hypothétique** en nous basant sur les résultats des projets LUMIEAU-STRA, Micromegas, Roulépur et sur les données disponibles dans la littérature.

Pour ce cas d'étude, on considère une collectivité de 500 000 habitants, disposant d'une STEU de 1 000 000 EH dont les eaux brutes amont présentent des concentrations et/ou des flux de **zinc** et de **cuivre** significatifs selon les critères RSDE. Pour réduire cette présence en amont, la collectivité étudie la mise en place des mesures suivantes : le renouvellement de **séparateurs à hydrocarbure** dans les garages, la construction de **noues** et de **tranchées** et des **campagnes de sensibilisation** du grand public à la problématique des micropolluants. Nous proposons dans ce cas d'étude de comparer ces mesures en calculant pour chacune un ratio coût efficacité.

Ce cas d'étude illustre les **différentes étapes à suivre** pour mener à bien une ACE appliquée à la problématique des micropolluants. Pour chaque étape des **références documentaires** sont proposées aux collectivités pour les aider dans cette démarche. Les résultats obtenus par cette étude de cas **ne peuvent pas être réutilisés** tels quels pour d'autres études étant donné les **fortes hypothèses** considérées.

3.1.1 Etape 1 : Définir l'objectif de l'ACE

Dans ce cas d'étude l'**objectif environnemental** est de réduire les rejets de zinc et de cuivre pour que ces substances ne soient plus significatives dans les eaux brutes en amont des STEU, réduisant ainsi les rejets vers les milieux aquatiques et aux rejets via les boues susceptibles d'être épandues. La collectivité souhaite également réduire ces émissions à **moindre coût**.

3.1.2 Etape 2 : Quelles sont les sources de rejets de zinc et de cuivre

Le **diagnostic amont**, comme défini par la note technique du 12 août 2016 doit être réalisé par les collectivités pour les substances apparaissant comme significatives lors des campagnes RSDE phase 2 et phase 3.

Ce diagnostic doit permettre d'identifier les sources de rejets de micropolluants vers les eaux usées. Si celui-ci est déjà réalisé, les collectivités pourront s'appuyer dessus pour identifier les sources de rejets (ASTEE 2020). Dans le cas contraire, pour identifier les sources de rejets de micropolluants significatifs (ici zinc et cuivre), la collectivité pourra s'appuyer dans un premier temps sur une étude de la littérature (Tableau 2) des usages de ces substances. Cette étude de la littérature devra être ensuite croisée avec une étude du territoire pour identifier les activités économiques (artisans et industrie), les activités domestiques et autres usages **spécifiques au territoire** en lien avec les types d'usages identifiés par la revue de littérature. L'étude de terrain devra également investiguer si les activités économiques identifiées disposent d'autorisations de déversement ou si des traitements des rejets sont déjà mis en

place. Des investigations au niveau du réseau de collecte des eaux pluviales devront également être menées notamment pour référencer les équipements de types réservoirs d'orages par rapport aux usages identifiés.

Tableau 2 : Ressources documentaires disponibles pour identifier les sources potentielles de micropolluants en amont des STEU

Documents utiles pour identifier les usages de substances et sources de rejets de micropolluants	
Fiches technico-économiques de l'Ineris	https://substances.ineris.fr/fr/page/14 (Ineris)
Guide Inventaire de l'Ineris (Gouzy A and al. 2017)	Disponible sur le site de l'Ineris ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/R_DRC-17-136877-04137A_Guide_Inventaire_Emissions_2017_juin17_Vf.pdf
Matrice activité-substance BRGM (BRGM 2019)	http://ssp-infoterre.brgm.fr/matrice-activites-polluants
Rapports LUMIEAU-STRA (en particulier le rapport 4.3.a)	https://www.strasbourg.eu/LUMIEAU-STRA
Note du GT « Diagnostic vers l'amont RSDE rattaché à la commission Assainissement de l'Astee » (ASTEE 2021)	https://www.astee.org/publications/mise-en-oeuvre-du-diagnostic-permanent-guide-technique/
Données locales de la collectivité	Données issues des autorisations et conventions de déversement, données issues des contrôles réglementaires (RSDE, ICPE...)
Etude de branches réalisées dans le cadre du RSDE	<p>Secteur du traitement et du stockage des déchets : « étude bibliographique des substances dangereuses de l'action nationale rsde associees a l'activite - traitement et stockage des dechets » https://www.record-net.org/rapports</p> <p>Secteur du traitement et du stockage des déchets : « Recherche des Substances Dangereuses dans l'Eau Pour l'activité de blanchisserie Diagnostic et Etude de faisabilité technique pour leur réduction » https://asso.graie.org/portail/tag/rejets/page/2/</p> <p>Abattoirs et Industries de la viande : « Recherche et réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau (RSDE) dans l'industrie des viandes et des produits carnés » https://asso.graie.org/portail/recherche-reduction-rejets-de-substances-dangereuses-leau-rsde-lindustrie-viandes-produits-carnes/</p> <p>Industrie papetière : « fiche de synthèse du secteur papetier » http://www.copacel.fr/fr/publications-diverses/autres-documents.html »</p> <p>Industrie du traitement des cuirs et peaux : « Etude des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau Secteurs de la tannerie et de la mégisserie » https://asso.graie.org/portail/etude-rejets-de-substances-dangereuses-leau-secteurs-de-tannerie-de-megisserie/</p>

En nous appuyant sur les fiches technico-économiques de l’Ineris nous avons listé les usages pouvant être responsables de présence de zinc ou de cuivre dans les rejets domestiques, les eaux de ruissellement et les rejets des activités économiques (Gouzy A and al. 2015, Gouzy A and al. 2015).

Tableau 3 : Principaux produits et activités industrielles et artisanales produisant ou utilisant des produits à base de zinc pouvant expliquer sa présence dans les eaux usées urbaines

Produits pouvant expliquer la présence de zinc dans les eaux domestiques	Produits pouvant expliquer la présence de zinc dans les eaux de ruissèlement	Activités industrielles pouvant être sources de rejets	Activités artisanales pouvant être sources de rejets de zinc
Peinture et vernis, textiles, papier et carton, cosmétiques et produits de soin personnels, produits pharmaceutiques, matières plastiques et caoutchouc, tubes cathodiques	Revêtement pour métaux (meublier urbain, bâtiment, transport...), matières plastiques et caoutchouc, carburants (additif), pigment pour peintures automobiles, tubes cathodiques, batteries	Industrie métallurgique (galvanisation, alliage), industrie du carton du papier et du textile (agent imperméable), industrie de la peinture (agent décapant), industrie du bâtiment (agent imperméable du ciment), industrie pharmaceutique, industrie chimique, industrie des polymères (stabilisateur, lubrifiant), l’industrie du verre et de la céramique (résistance, opacité), industrie du plastique et du caoutchouc (vulcanisation), fabrication d’engrais et de pesticides, industrie du bois (agent de conservation), industrie des batteries et des piles (électrolyte), industrie agro-alimentaire (fongicide)	Entretien et réparation de véhicules automobiles, peintres en bâtiment, salons de coiffure...

Tableau 4 : Principaux produits et activités industrielles et artisanales produisant ou utilisant des produits à base de cuivre et de ses principaux composés pouvant expliquer leurs présences dans les eaux usées urbaines

Produits pouvant expliquer la présence de cuivre dans les eaux domestiques	Produits pouvant expliquer la présence de cuivre dans les eaux de ruissellement	Activités industrielles pouvant être sources de rejets de cuivre	Activités artisanales pouvant être sources de rejets de cuivre
Canalisations de plomberie et de chauffage, casseroles et marmites, entretien de piscines (algicide), produits cosmétiques, détergents	Fongicide, fils, panneaux solaires (cellule photovoltaïque), automobile (moteurs, radiateurs, connecteurs, freins), tôles de cuivre pour la couverture (toit et façade) tubes pour les gouttières, trains et avions	Dans divers secteurs industriels (utilisés dans échangeurs thermiques, cuves et les équipements sous pression, pales de turbines, des engrenages et des roulements), Industrie de la chimie (catalyseur de réaction chimique), industrie recyclant du papier dont l'encre contient du cuivre, industrie du textile (mordant pour la teinture), industrie du bois (biocide), industrie automobile, le secteur électrique, industrie aéronautique, industrie ferroviaire	Tannerie (fixateur et agent de coloration), entretien et garages mécaniques carrosserie, activités de recyclage d'appareils électroniques, activités utilisant des casseroles et marmites en cuivre

Par leurs usages très divers, le cuivre et le zinc peuvent être présents dans les eaux de ruissèlement, les eaux domestiques et les rejets industriels et d'entreprise de type PME ou artisanale. Cette présence variera en fonction des activités humaines présentes sur le territoire en amont de la STEU.

3.1.3 Etape 3 : Identification des mesures pour réduire les flux de micropolluants

Compte tenu des nombreux usages identifiés pour le zinc et le cuivre, de nombreuses mesures peuvent être envisagées pour réduire leurs rejets en amont des STEU, comme par exemple des actions de substitution de certains usages, la mise en place de traitements primaires et secondaires pour abattre les rejets industriels ou artisanaux, des actions de sensibilisation du grand public ...

Le Tableau 5 ci-après liste quelques références qui pourraient aider les collectivités à identifier des mesures de réduction en fonction des usages pour réduire les rejets de micropolluants en amont des STEU.

Tableau 5 : Références présentant des actions de réduction des rejets de micropolluants

Type de rejets	Références
Les rejets des activités artisanales	Site du CNIPED (http://www.cnidep.com), livrables du projet LUMIEAU-STRA (https://www.strasbourg.eu/LUMIEAU-STRA) dont tableau de capitalisation, documents réalisés par le GRAIE (https://asso.graie.org)
La présence de micropolluants dans les eaux de ruissèlement	Résultats des projets Micromegas, Roulépur et LUMIEAU-STRA, documents réalisés par le GRAIE (https://asso.graie.org)

Type de rejets	Références
Les rejets industriels	Tableau capitalisation LUMIEAU-STRA, BREF (https://aida.ineris.fr/guides/directive-ied/documents-bref), livrables du projet REGARD (https://www.bordeaux-metropole.fr/)
Les rejets domestiques	Livrables des projets LUMIEAU-STRA et REGARD (https://www.bordeaux-metropole.fr/)

Pour ce cas d'étude, nous avons sélectionné à titre illustratif un nombre limité de mesures (Tableau 6) permettant de réduire la présence de cuivre et de zinc dans les eaux brutes en amont des STEU. **Cette liste n'est ni une liste exhaustive des mesures possibles, ni une liste des meilleures mesures de réduction du zinc et/ou du cuivre.**

Tableau 6 : Mesures identifiées pour réduire la présence de cuivre et de zinc dans les eaux brutes en amont des STEU ou dans les déversoirs d'orage

Sources d'émissions de cuivre et de zinc	Mesures	Informations complémentaires
Rejets de garages mécaniques carrosserie	Renouvellement de séparateur à hydrocarbure	« Installation de prétraitement des effluents contenant des hydrocarbures. Par abus de langage, les séparateurs à hydrocarbures désignent les installations les plus courantes, à savoir les débourbeurs-déshuileurs (deux compartiments, l'un de sédimentation des boues et l'autre de décantation des huiles). » (Gaillard L and al. 2018). Les séparateurs à hydrocarbures permettent de réduire les rejets d'autres polluants (micropolluants) que les hydrocarbures. Ce type de traitement d'installations est généralement obligatoire dans les arrêtés d'autorisation de déversement pour les activités de réparation de véhicules.
Eaux de ruissellement au contact de surfaces de voirie	Mise en place de noues simples d'infiltration aux abords de voiries	« Une noue est une dépression du sol servant au recueil, à la rétention, à l'écoulement, à l'évacuation et/ou à l'infiltration des eaux pluviales. » (Bruxelles environnement 2010). En fonction des caractéristiques les noues peuvent être infiltrantes. Si le sol ne le permet pas un drain peut être installé pour renvoyer les eaux vers un exutoire.
Eaux de ruissellement au contact de surfaces de parking	Mise en place de noues simples d'infiltration aux abords de parking	
Eaux de ruissellement au contact de surfaces de voirie	Mise en place de tranchées aux abords de voiries	Les tranchées sont des ouvrages superficiels remplis de matériaux poreux. Les tranchées peuvent être infiltrantes ou drainantes et évacuer l'eau de pluie vers un exutoire (réseau de collecte, cours d'eau, bassin de rétention).
Eaux de ruissellement au contact de surfaces de parking	Mise en place de tranchées aux abords de parking	

Sources d'émissions de cuivre et de zinc	Mesures	Informations complémentaires
Eaux domestiques	Campagne de communication à destination du grand public pour sensibiliser à la problématique des micropolluants et favoriser la fabrication personnelle de produits ménagers et de cosmétiques et soins personnels	Lessive au savon de Marseille, dentifrice fabriqué avec du bicarbonate de soude et avec de l'argile, fabrication de crèmes, shampoing...

La campagne de communication, mesure sans regret sera comparée dans un deuxième temps aux mesures techniques ; construction de noues ou de tranchées et renouvellement de séparateur à hydrocarbure.

3.1.4 Etape 4 : Estimation de l'efficacité des mesures ciblées pour réduire la présence de zinc et de cuivre en amont des STEU

Une fois les mesures identifiées, il faut estimer leur **efficacité** pour réduire les rejets de micropolluants. Pour cela, pour chaque mesure, il est important de connaître l'efficacité « théorique » pour abattre les micropolluants mais également le flux de micropolluants auquel la mesure est appliquée.

Dans le cadre de ce cas d'étude, l'efficacité des mesures en pourcentage de micropolluants abattus ou non-émis dans les flux de rejets est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 7 : Efficacité des mesures identifiées en % d'abattement de micropolluants

Mesure	Abattement de la mesure pour le zinc (%)	Abattement de la mesure pour le cuivre (%)	Référence
Séparateur à hydrocarbure	64	74	(Ineris 2019)
Noue simple d'infiltration	90	75	(Graie 2018) (Gromaire 2020)
Tranchée drainante avec évacuation vers le système de collecte	85	65	(Graie 2018) (Gromaire 2020)
Campagne de communication pour favoriser la fabrication de produits ménagers et de produits cosmétiques et soins personnels	15	15	Hypothèse retenue durant le projet LUMIEAU-STRA

Nous avons choisi de mesurer l'efficacité des mesures en kilogrammes de polluants abattus. Pour estimer ces quantités il est nécessaire de connaître les flux de polluants aux niveaux où les mesures pourraient être mises en place. Ces flux peuvent être estimés par des campagnes de mesures ou bien par des données moyennes disponibles dans la littérature. Dans le cadre de ce travail, étant donné que nous travaillons sur un cas d'étude hypothétique, la deuxième approche a été privilégiée. Nous détaillons ci-après par type de mesure, comment l'efficacité a été estimée.

La mise en place d'une mesure peut avoir un effet sur plusieurs micropolluants. Pour pouvoir comparer l'efficacité des mesures simultanément pour plusieurs micropolluants il est possible d'utiliser comme présenté ci avant des indicateurs de pression sur la santé humaine et/ou sur les écosystèmes. Nous utiliserons ici la même méthodologie que celle utilisée dans le cadre du projet LUMIEAU STRA (Ineris , Jolanda B and al. 2017). La pression sur les écosystèmes et la santé humaine correspond à la multiplication des flux de micropolluants à un score représentant l'impact potentiel de la substance sur la santé humaine et les écosystèmes. Les scores pour le zinc et le cuivre sont respectivement ; 0,33 et 0,42.

3.1.4.1 Estimation de l'efficacité des noues filtrantes pour abattre le zinc et le cuivre et leurs composés

Pour estimer le flux abattu par les noues infiltrantes nous nous sommes basés sur plusieurs hypothèses. En nous appuyant sur le document Sinbio (Sinbio 2014), nous avons considéré 1m² de noue pour 20m² de surface de bassin versant. En nous appuyant sur les résultats des projets « Roulépur » (J GASPERI and al. 2019) et « Micromegas » qui ont estimé des quantités de métaux et autres micropolluants pour différents échantillons d'eaux de ruissellement ainsi que sur les données pluviométriques disponibles sur le site www.infoclimat.fr (InfoClimat l'association) nous avons estimé des flux entrants hypothétiques de zinc et de cuivre aux endroits où les noues infiltrantes pourraient être implantées. Enfin nous avons considéré en nous appuyant sur les résultats du projet « Micromegas » que 100% des eaux de ruissellement avec les dimensionnements considérés pouvaient être filtrées par les noues filtrantes.

Tableau 8 : Estimation de flux entrants de zinc et de cuivre par m² de noue filtrante

Type de surface en amont de la noue	Flux de zinc pour 1 m ² de noue filtrante avec l'hypothèse 1/20 (kg/m ² de noue/an)	Flux de cuivre pour 1 m ² de noue filtrante avec l'hypothèse 1/20 (kg/m ² de noue/an)
Pour une surface de parking à Lyon (basé sur des mesures sur projet Micromegas)	7,0.10 ⁻⁴	7,0.10 ⁻⁴
Pour une surface de voirie en métropole (basé sur des mesures du projet Roulépur réalisées à Paris)	3,40.10 ⁻³	3,40.10 ⁻³

Tableau 9 : Estimation de quantités de zinc et de cuivre abattus par les noues infiltrantes

Type de surface en amont de la noue	Réduction du flux de zinc pour 1 m ² de noue filtrante avec l'hypothèse 1/20 (kg/m ² de noue/an)	Réduction du flux de cuivre pour 1 m ² de noue filtrante avec l'hypothèse 1/20 (kg/m ² de noue/an)	Reduction de la pression ⁴ de zinc et de cuivre sur l'environnement et la santé (kg/m ² de noue/an)
Pour une surface de parking à Lyon (basé sur des mesures sur projet Micromegas)	6,3*10 ⁻⁴	5,1*10 ⁻⁴	4,2*10 ⁻⁴
Pour une surface de voirie en métropole (basé sur des mesures du projet Roulépur réalisées à Paris)	4,29*10 ⁻³	2,64*10 ⁻³	2,49*10 ⁻³

⁴ la pression correspond aux flux de zinc et cuivre pondérés par les scores de danger

3.1.4.2 Estimation de l'efficacité des tranchées pour abattre le zinc et le cuivre et leurs composés

Pour estimer l'efficacité des tranchées pour réduire les émissions de zinc et de cuivre, nous avons utilisé la même méthode que pour les noues, sauf que nous avons considéré 1 m² de tranchée pour 9,6 m² de surfaces de voirie ou de parking en amont en se basant sur les résultats du projet « Micromegas » (Graie 2018). Les estimations de flux et des quantités abattues sont présentés dans les tableaux ci-après :

Tableau 10 : Estimation des flux entrant de zinc et de cuivre par m² de tranchée

Type de surface en amont de la tranchée	Flux de zinc pour 1 m ² de tranchée (kg/m ² de tranchée/an)	Flux de cuivre pour 1 m ² de tranchée (kg/m ² de tranchée/an)
Pour une surface de parking à Lyon (basé sur des mesures sur projet Micromegas)	3,4*10 ⁻⁴	3,4*10 ⁻⁴
Pour une surface de voirie en métropole (basé sur des mesures du projet Roulépur réalisées à Paris)	2,3*10 ⁻³	1,6*10 ⁻³

Tableau 11 : Estimation de quantités de zinc et de cuivre abattus par les tranchées

Type de surface en amont de la tranchée	Quantité de zinc abattue pour 1 m ² de tranchée (kg/m ² de tranchée/an)	Quantité de cuivre abattue pour 1 m ² de tranchée (kg/m ² de tranchée/an)	Reduction de la pression ⁴ de zinc et de cuivre sur l'environnement et la santé par 1 m ² de tranchée (kg/m ² de tranchée/an)
Pour une surface de parking à Lyon (basé sur des mesures sur projet Micromegas)	2,9*10 ⁻⁴	2,1*10 ⁻⁴	1,9*10 ⁻⁴
Pour une surface de voirie en métropole (basé sur des mesures du projet Roulépur réalisées à Paris)	1,9*10 ⁻³	1,07*10 ⁻³	1,09*10 ⁻³

3.1.4.3 Estimation d'efficacité pour la mesure : mise en place de séparateur d'hydrocarbures dans les garages

En se basant sur les coefficients disponibles dans le "guide national pour les inventaires d'émission », nous avons estimé les quantités de zinc et de cuivre pouvant être émis depuis l'activité « garage et entretien des véhicules » (Gouzy A and al. 2017).

Tableau 12 : Rejets de zinc et de cuivre pour un garage

Micropolluants	Rejet activité « garage et entretien des véhicules » (kg/an/entreprise)
Zinc	0,13
Cuivre	0,042

En considérant comme hypothèse que le séparateur d'hydrocarbure traite 100% des rejets nous avons estimé que pour un garage cette technologie pourrait abattre les quantités présentées dans le

Tableau 13 ci-après.

Micropolluants	Emissions/pression évitée(s) kg/an
Pression potentielle sur l'environnement et la santé réduit (zinc et cuivre)	0,04
Cuivre	0,03
Pression potentielle sur l'environnement et la santé réduit (zinc et cuivre)	0,04

Tableau 13 : Quantités de zinc et de cuivre et de pression potentielle qui pourraient abattues par le séparateur à hydrocarbure

3.1.4.4 Estimation d'efficacité pour la mise en place de campagne de sensibilisation pour réduire les émissions de micropolluants depuis la source domestique

Pour cette mesure nous nous sommes basés sur les résultats des campagnes de sensibilisation menées dans le cadre du projet LUMIEAU-STRA (Pomies M 2018) et (Pomies M 2019). Durant ce projet une campagne de sensibilisation des citoyens à la problématique des rejets de micropolluants via les eaux domestiques a été menée à l'échelle de l'Eurométropole de Strasbourg. Cette campagne avait pour but de développer la fabrication de ses propres produits ménagers et ses cosmétiques, de favoriser l'achat de produits écolabellisés, de développer le jardinage au naturel... L'efficacité de ces actions est extrêmement difficile à mesurer, et l'efficacité retenue dans le projet LUMIEAU-STRA n'est pas basée sur la comparaison de mesures avant et après la campagne. Au final deux hypothèses d'efficacité ont été retenues pour ce cas d'étude ; une hypothèse forte avec une réduction des flux de zinc et de cuivre de 15% et une hypothèse faible avec 1,5% de réduction. Ces efficacités ne peuvent être considérées que comme des **hypothèses** utilisées pour cette étude de cas.

En se basant sur les coefficients d'émissions moyen par habitant par an et par type de polluant disponibles dans les inventaires, nous avons pu estimer des quantités moyennes émises par an pour la population vivant dans l'Eurométropole de Strasbourg, soit 500 000 EH en 2020.

Tableau 14 : Estimation des flux annuels de zinc et de cuivre dans les rejets domestiques pour 500 000 EH

Micropolluants	Flux domestiques (kg/an)
Zinc	3425
Cuivre	1365

Tableau 15 : Rejets annuels de zinc et de cuivre évités par les mesures de sensibilisation des citoyens pour une campagne visant 500 000 personnes

Micropolluants	Rejet évités ou réduction de la pression <u>hypothèse forte</u>	Emis évitée ou réduction de la pression <u>hypothèse faible</u>
Zinc (kg/an)	513,8	51,4
Cuivre (kg/an)	204,8	20,5
Pression potentielle sur l'environnement et la santé réduit (zinc et cuivre) (kg/an)	255,5	25,6

3.1.5 Etape 5 : Estimation du coût des mesures identifiées pour réduire les rejets de zinc et de cuivre

Pour estimer le coût des mesures identifiées ci-avant dans le cadre de ce cas d'étude nous nous sommes basés sur une revue de la littérature ainsi que sur des hypothèses.

3.1.5.1 Estimation du coût pour la mise en place de noues d'infiltration simple

Pour estimer le coût de la mesure « noues filtrantes simples » sans drain, nous avons utilisé les résultats de l'étude économique « Comparaison des coûts de différents scénarios de gestion des eaux pluviales » effectuée par le GRAIE en 2018 (Graie 2018) et deux brochures techniques sur les noues réalisées par l'association Adopta (Adopta 2019) et le syndicat Symasol (Symasol 2016).

Sur la base de ces données nous avons considéré ; 75 euros de coût d'investissement pour 1 mètre linéaire de noue, 23 euros de coût d'entretien par an par mètre linéaire pour la gestion de la végétation et pour curer si besoin la noue. Enfin nous avons considéré 30 ans comme durée de vie de la noue. En considérant une largeur de 5 mètres, nous avons obtenu le coût de 9,5 euros par m² de noue par an. Ces coûts correspondent à la réalisation d'une noue paysagère simple enherbée pour un sol non artificialisé, plan et présentant une bonne perméabilité.

3.1.5.2 Estimation du coût pour la mise en place de tranchées drainantes

Pour estimer le coût des tranchées drainantes, nous nous sommes basés sur les données du document (Symasol 2016) qui considère à 60 euros le coût d'investissement par m²/mètre linéaire. Le coût d'entretien pour entretenir ou remplacer le revêtement drainant de la tranchée, ramasser les objets obstruant est estimé par ce document à 1 euro par m²/mètre linéaire par an. La référence utilisée précise que ces coûts d'investissement et d'entretien pourraient varier selon le matériel utilisé. Finalement, en considérant une durée de vie de 7 ans pour la tranchée drainante, nous estimons un coût de 5 euros par m²/mètre linéaire par an.

3.1.5.3 Estimation du coût pour la mise en place de séparateurs d'hydrocarbure dans les garages

Le projet LUMIEAU-STRA a étudié l'efficacité des séparateurs à hydrocarbure pour réduire les rejets de micropolluants dans les eaux de rejet de garages. Ces données ont été reprises dans cette étude de cas. Cependant, hormis des données d'efficacité sur certains micropolluants, peu d'information a pu être capitalisée concernant ces dispositifs : taille, coût d'investissement, coût d'entretien, durée de vie ...

Pour estimer le coût des séparateurs à hydrocarbure, nous nous sommes basés sur une étude du CNIDEP qui estime le coût d'investissement pour le séparateur entre 2000 euros et 7000 euros, dont la moitié équivaut aux travaux de génie civil (CNIDEP 2020). Pour un renouvellement nous considérons qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer des travaux de génie civil et considérerons donc comme coût d'investissement une valeur comprise entre 1000 et 3500 euros. Le coût des travaux d'entretien serait d'environ 300 euros par m³ pompé et ces travaux d'entretien doivent être réalisés tous les ans.

Pour cette étude de cas nous avons considéré un séparateur à hydrocarbure avec un volume d'environ 1 m³ et une durée de vie 30 ans. Nous estimons donc un coût situé entre 333 et 416€ par an.

3.1.5.4 Estimation du coût pour la réalisation d'une campagne de sensibilisation

Dans le cadre du projet LUMIEAU-STRA une campagne de sensibilisation sur les rejets de micropolluants depuis les eaux domestiques destinée à tous les habitants de l'Eurométropole a été développée. Cette campagne avait pour but de favoriser l'auto-fabrication de produit ménager et de cosmétiques (lessive, dentifrice, produit pour laver le sol...) et l'achat de produits écolabellisés. Dans les livrables de ce projet on a pu référencer les coûts suivants (Pomies M 2018), (Pomies M 2019):

- 70 000 euros pour la conception et la diffusion d'une campagne de communication (affiche, conférence de presse, cartes recettes, réseaux sociaux)
- 35 000 euros pour concevoir et diffuser un spot-vidéo dans les cinémas (publicité avant le film)
- 10 000 euros pour la conception et la diffusion d'un spot-radio
- 8 000 euros pour subventionner une association sensibilisant environ 1000 personnes à la problématique des rejets de micropolluants dus à l'utilisation de certains produits ménagers et à la conception de produits ménagers « maison » permettant de réduire l'émission de micropolluants.

En nous appuyant sur ces données et sur un entretien avec le coordinateur du projet LUMIEAU-STRA nous avons considéré qu'une campagne de communication pour sensibiliser les citoyens de l'Eurométropole de Strasbourg (environ 500 000 habitants) à la problématique des micropolluants aurait coûté entre 70 000 et 150 000 euros. Le projet LUMIEAU-STRA a duré environ 3 ans, nous utiliserons donc l'hypothèse qu'une campagne de communication pourrait coûter entre 23 000 et 50 000 euros par an.

Enfin cette estimation ne prend pas en compte les coûts des ingrédients pour fabriquer soit même ses produits ménagers et/ou cosmétiques. La fabrication « maison » de produits présenterait un coût inférieur par rapport à l'achat de produits ménagers ou de cosmétiques dans le commerce. Mais aux coûts des ingrédients il faudrait ajouter le coût du temps nécessaire pour leur fabrication.

3.1.6 Etape 6 : Classement des mesures

Une fois les coûts et les quantités de polluants abattus estimés pour chaque mesure, un ratio coût efficacité peut être calculé pour chacune d'entre elles. Il est ensuite possible de classer les mesures selon ce ratio. Les figures ci-après illustrent les ratio-coûts efficacité des six actions étudiées dans le cadre de cette étude de cas, en les classant de manière croissante. Les mesures avec le ratio coût efficacité le plus bas (à gauche des graphiques) sont les mesures à privilégier.

Dans un premier temps seules les mesures techniques sont comparées entre elles, la comparaison des mesures techniques avec la mesure « sans regret » (campagne de sensibilisation) est réalisée dans un second temps seulement pour l'approche multi-micropolluants.

3.1.6.1.1 Classement des mesures techniques par polluant

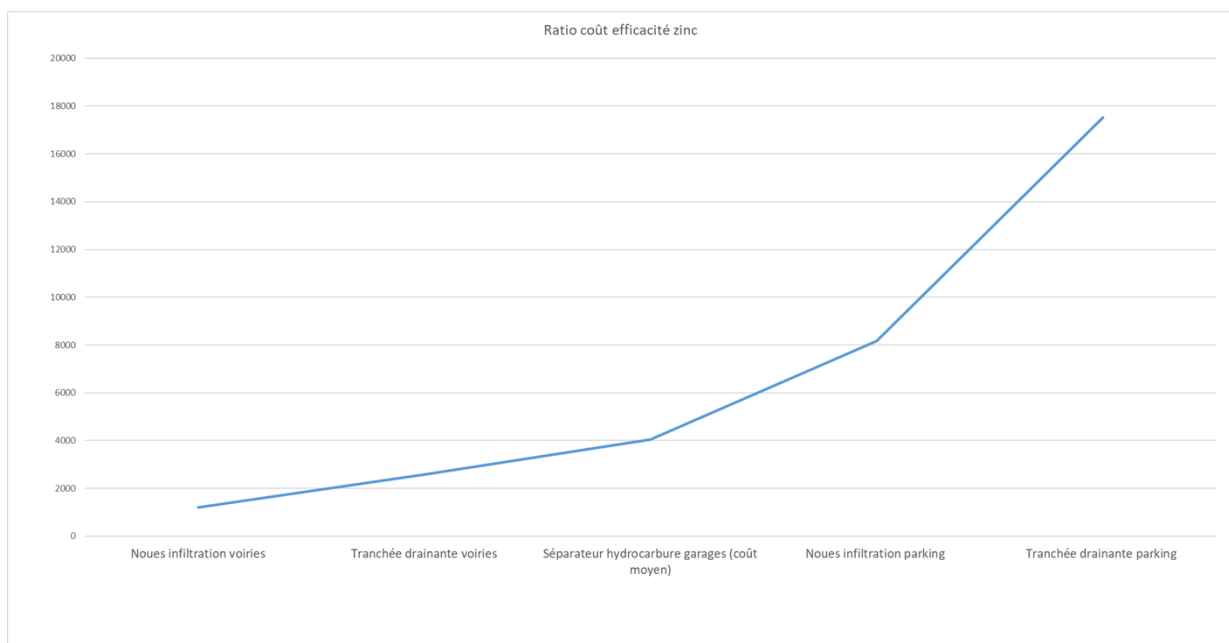


Figure 8 : Courbe d'efficacité pour les mesures étudiées pour la réduction du zinc

Pour réduire les rejets de zinc, il faudrait dans un premier temps que les collectivités construisent des noues à l'abords des surfaces de voirie. Une fois cette mesure développée au maximum, selon les possibilités du territoire, les collectivités pourraient construire des tranchées drainantes en bordure de voiries, ces mesures devraient seulement être mises en place aux endroits où les noues d'infiltrations n'ont pas pu être implantées. Selon cette courbe, aux abords de voirie il vaudrait mieux privilégier, dans la mesure du possible (en fonction des caractéristiques du sol, de la pluviométrie, des exutoires déjà présents ou non sur le territoire), la construction de noues infiltrantes plutôt que de tranchées drainantes. Ensuite les collectivités devraient mener des campagnes d'information pour que les séparateurs d'hydrocarbure des garages soient renouvelés et entretenus de façon à avoir une efficacité maximale.

Enfin après avoir développé ces actions, si l'objectif de réduction des émissions n'est pas atteint, les collectivités pourraient construire des noues puis des tranchées aux abords des parking là où les noues n'ont pas pu être construites. La courbe de ratio coût-efficacité montre qu'il vaut mieux, en considérant les données utilisées dans le cadre de cette étude de cas, installer dans un premier temps des noues pour traiter les eaux de ruissellement des routes que l'eau de ruissellement des parkings. Dans les hypothèses retenues, les eaux de ruissellement de voirie étant plus chargées que celles le long des parking, l'efficacité de la première solution est supérieure à la seconde. Si leurs coûts unitaires sont égaux il en découle que le ratio coût-efficacité de la première est également supérieur.

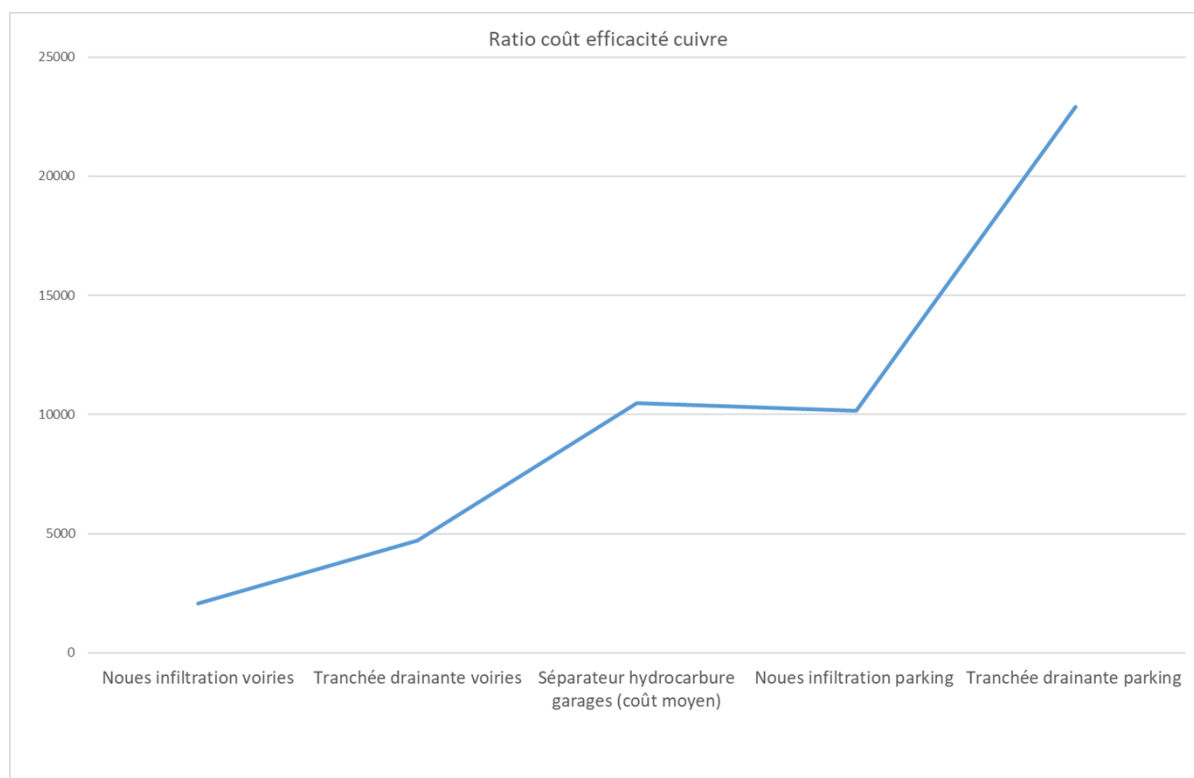


Figure 9 : Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre

La courbe d'efficacité pour la réduction du cuivre conduit aux mêmes conclusions que la courbe d'efficacité pour le zinc. En dehors de la mesure « renouvellement des séparateurs à hydrocarbure » le classement reste inchangé. Le déclassement de la mesure « renouvellement des séparateurs à hydrocarbure » s'explique par une hypothèse d'efficacité pour traiter le cuivre plus faible que pour le zinc.

3.1.6.2 Classement des mesures techniques avec une approche multi-micropolluants

Pour l'approche multi-polluants, les quantités de zinc et de cuivre réduites suite à la mise en place de mesures ont été pondérées par des scores de danger et additionnées pour obtenir un seul indicateur de pression sur la santé humaine et les écosystèmes (cf. 3.1.4).

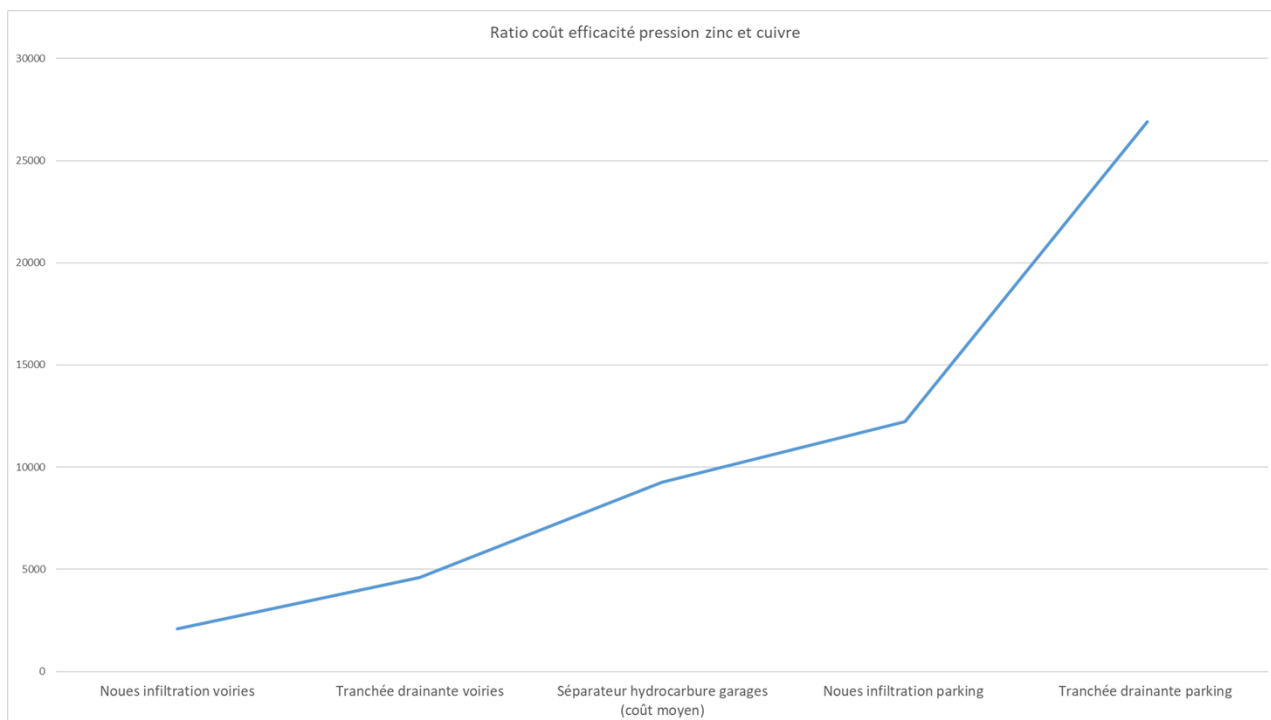


Figure 10 : Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre et du zinc

La Figure 10 représente par ordre croissant les mesures en fonction de leurs ratio coût-efficacité pour le zinc et le cuivre pondérés par un indicateur représentant la pression potentielle de chaque substance pour les écosystèmes et la santé humaine. Les conclusions sont les mêmes que celles exprimées pour la courbe d'efficacité du zinc (Figure 8). Les éléments de conclusion illustrés par cette courbe sont à considérer avec beaucoup de précaution, la prise en compte d'autres substances (notamment les hydrocarbures) dans l'efficacité des mesures pourrait modifier les résultats.

3.1.6.3 Classement des mesures techniques et sans regret (campagne de sensibilisation) avec une approche multi-micropolluants

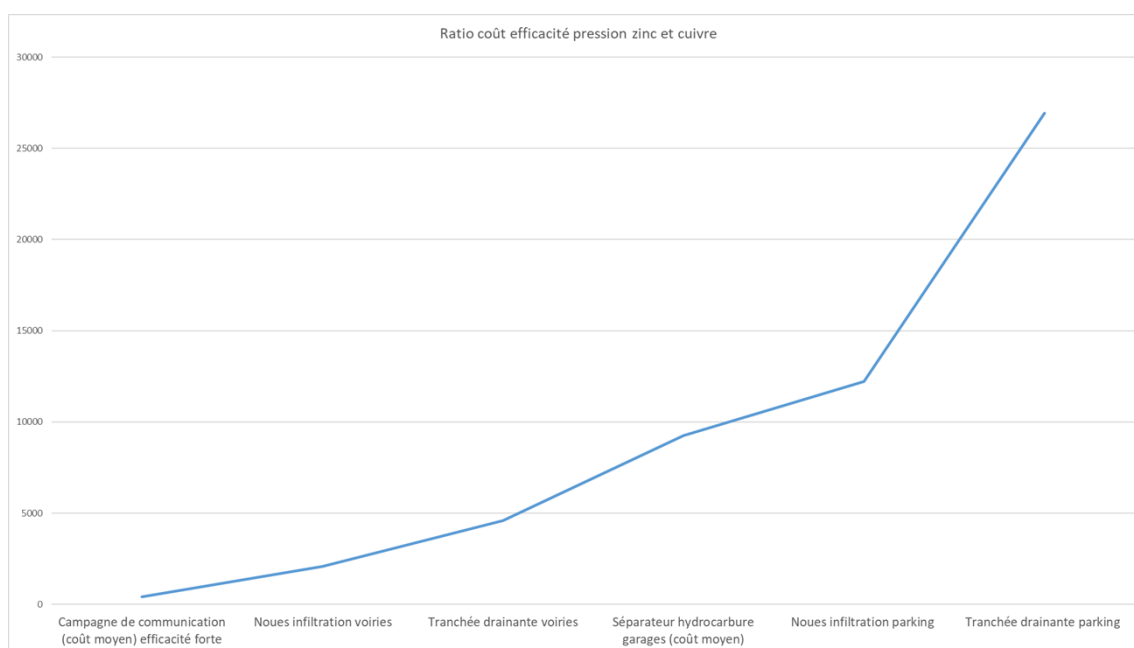


Figure 11 : Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre et du zinc (avec l'hypothèse que la campagne de communication ait une forte efficacité)

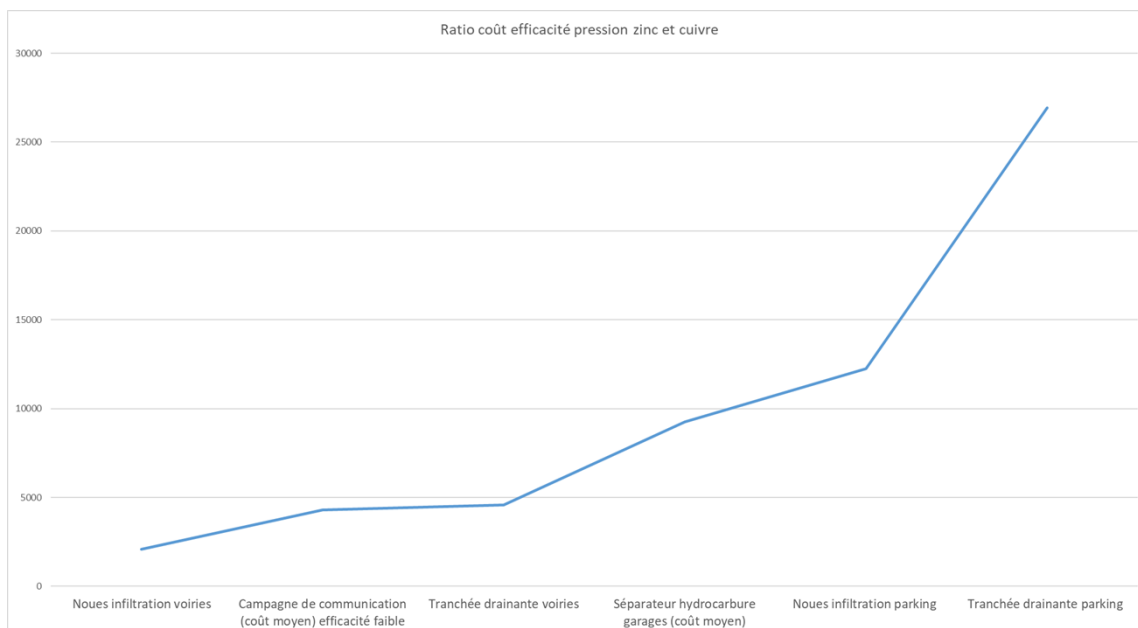


Figure 12 : Courbe coût efficacité des mesures étudiées pour la réduction du cuivre et le zinc (avec l'hypothèse que la campagne de communication ait une faible efficacité)

Les Figure 11 et Figure 12 Figure 10 représentent par ordre croissant les mesures en fonction de leurs ratio coût-efficacité pour le zinc et le cuivre pondérés par un indicateur représentant la pression potentielle de chaque substance pour les écosystèmes et la santé humaine. La mesure campagne de communication est incluse à cette comparaison avec l'hypothèse de forte efficacité et avec l'hypothèse de faible efficacité.

Logiquement en fonction de l'efficacité de la campagne de mesure retenue la campagne de communication est classée en premier c'est-à-dire avec le plus faible ratio coût-efficacité lorsque l'hypothèse d'efficacité est « forte » et en deuxième lorsque l'hypothèse d'efficacité est « faible ».

3.2 Interprétation des résultats de l'ACE par rapport à un objectif environnemental

Comme expliqué auparavant dans ce rapport, la première étape de l'ACE est de définir l'objectif à atteindre, ici l'objectif correspond à la réduction de la pression par des micropolluants. Il est important également pour la collectivité de définir avec quelle contrainte budgétaire l'objectif environnemental pourrait être atteint. Il n'a pas été possible dans le cas d'étude présenté ci-avant de quantifier un objectif hypothétique de réduction, mais le propos peut être illustré simplement en estimant que les collectivités

se fixent un objectif de réduction de la pression de X kg par an, comme illustré sur la

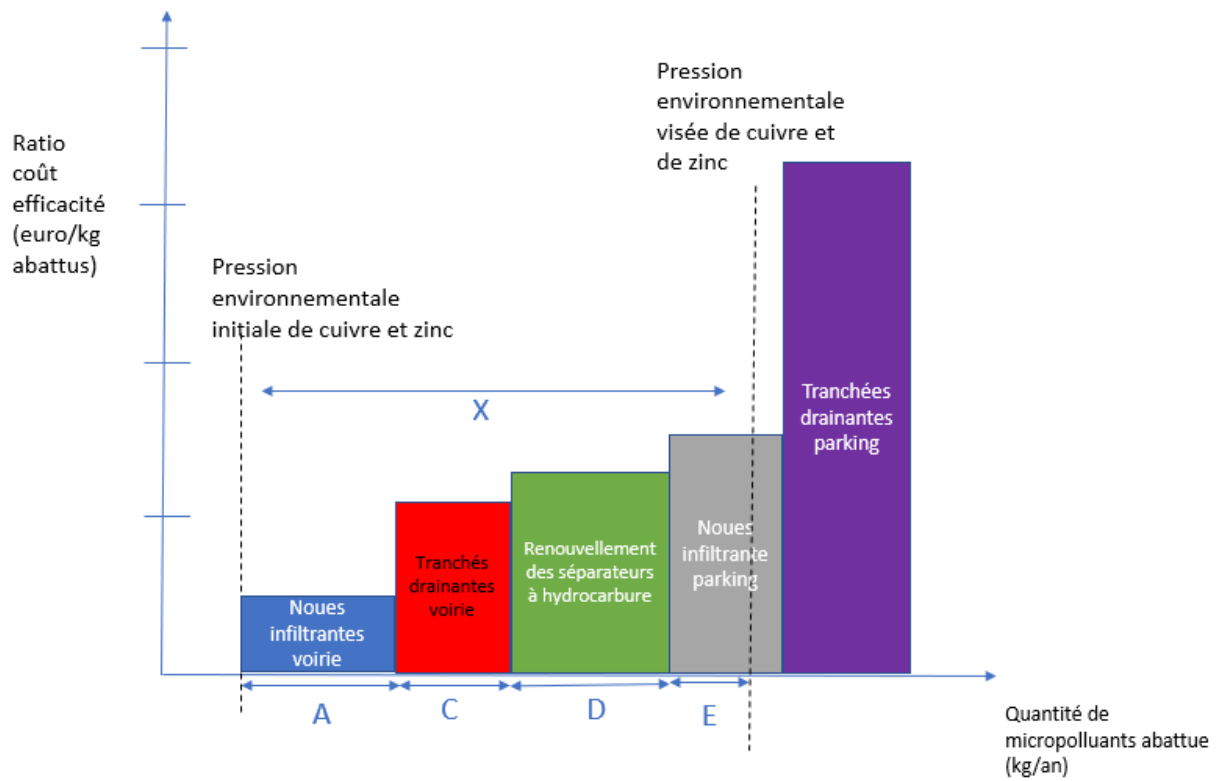


Figure 13.

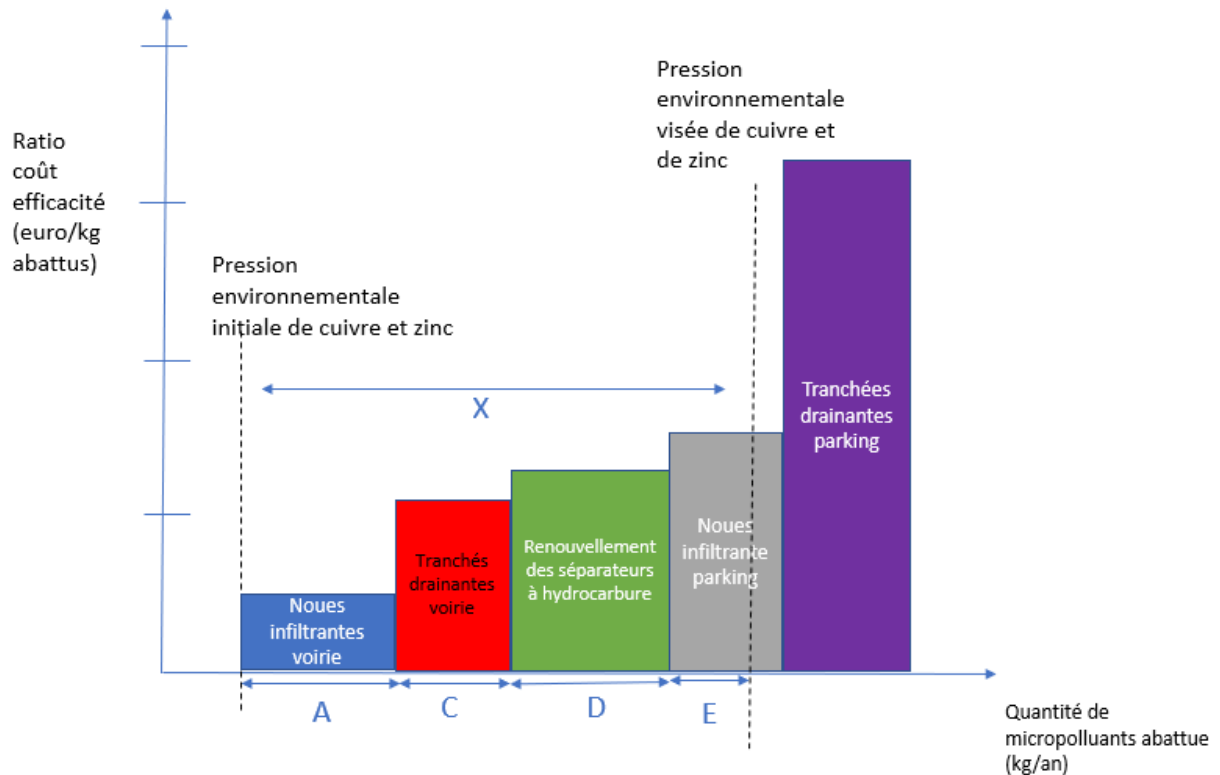


Figure 13 : Classement de mesures selon leurs ratios coût-efficacité rapporté à l'objectif de réduction

Pour réduire les émissions de « X » kg/an de la façon la plus efficiente, il est recommandé à la collectivité de commencer par construire dans un premier temps autant que possible des noues infiltrantes aux abords de voiries. Dans le cadre de cet exemple, la mise en place de cette mesure permettra la réduction de « A » kg/an de pression de cuivre et de zinc et coûtera l'équivalent de l'aire du rectangle bleu. Les collectivités pourraient ensuite construire autant que possible en fonction des spécificités du territoire des tranchées infiltrantes aux abords de noues. Dans le cadre de cet exemple, la mise en place de ces tranchées permettra de réduire les émissions de « C » kg/an de pression de cuivre et de zinc et coûtera l'équivalent de l'aire du rectangle rouge. Enfin la collectivité pourra renouveler une partie des séparateurs à hydrocarbure de façon à réduire la pression de « D » kg/an. Le coût de cette mesure équivalra à l'aire du rectangle vert. Puis pour atteindre l'objectif environnemental initialement fixé, les collectivités devraient compléter la stratégie de réduction des micropolluants par la mise en place de noues infiltrantes aux abords de parking. Si les noues infiltrantes et les tranchées drainantes aux abords de voiries ainsi que le renouvellement de séparateurs à hydrocarbure sont développées au maximum, la construction de noues aux abords de parking ne devrait pas être développée au maximum pour que l'objectif de réduction des émissions de cuivre et de zinc soit atteint. Le coût de cette mesure équivalra donc à une partie du rectangle bleu foncé. En revanche il ne sera pas nécessaire de construire des tranchées aux abords des parkings pour atteindre l'objectif de réduction de pression de cuivre et de zinc fixé.

Lors de la mise en place de la stratégie de réduction des micropolluants, les mesures peuvent être mise en place simultanément. La mise en place successivement des mesures est simplement illustrative et n'a de sens qu'au moment de la décision.

Dans le cadre de cet exemple, la réduction de « X » kg/an de la pression de zinc et de cuivre coûterait au minimum les surfaces des rectangles bleu, rouge, vert et une partie du rectangle gris. En comparant ce coût avec le budget prévu, il sera possible à la collectivité d'étudier la possibilité d'atteindre l'objectif de réduction fixé.

En revanche, si le coût pour atteindre l'objectif environnemental est trop élevé par rapport au budget disponible, la collectivité pourrait redéfinir un objectif intermédiaire atteignable et/ou faire remonter l'information aux décideurs publics.

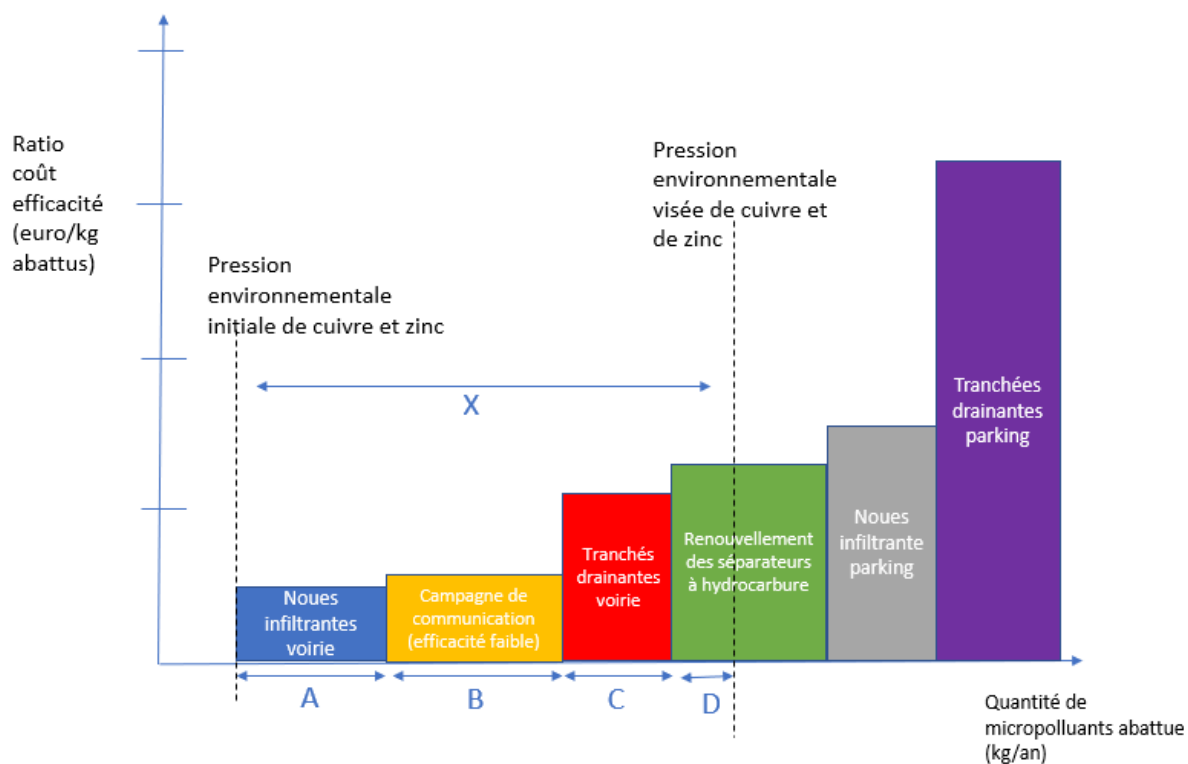


Figure 14 : Classement de mesures selon leurs ratios coût-efficacité incluant la mesure sans regret (campagne de sensibilisation avec efficacité faible) rapporté à l'objectif de réduction

Lorsque la mesure de type campagne de communication est ajoutée au classement des mesures, il est toujours recommandé à la collectivité pour réduire les émissions de « X » kg/an de la façon la plus efficace de commencer par construire dans un premier temps autant que possible des noues infiltrantes aux abords de voiries. Mais dans un second temps il est recommandé à la collectivité de développer une campagne de communication qui permettrait de réduire la pression de « B » kg/an. Dans un troisième temps la collectivité devra construire autant que possible en fonction des spécificités du territoire des tranchées infiltrantes aux abords de noues. Enfin la collectivité pourra renouveler une partie des séparateurs à hydrocarbure de façon à réduire la pression de « D » kg/an. Dans le cas où une campagne de sensibilisation il n'est pas nécessaire de renouveler tous les séparateurs à hydrocarbure pour atteindre l'objectif de réduction de pression et il n'est pas nécessaire de construire des noues et des tranchées aux abords des parkings pour atteindre l'objectif de réduction de pression de cuivre et de zinc fixé.

3.3 Discussions des résultats obtenus dans le cadre de cette étude de cas

Les calculs de ratio coût efficacité estimés dans cette étude de cas présentent de **nombreuses limites**. C'est pourquoi **les résultats de cette étude n'ont qu'une valeur illustrative**. Examiner les limites permet toutefois de signaler des difficultés qui seront rencontrées fréquemment par les collectivités sur des cas d'étude réels.

La première limite de cette étude de cas est que seules les réductions de rejets du zinc et du cuivre sont prises en compte dans l'estimation de l'efficacité alors que les mesures étudiées permettent de réduire de très nombreux micropolluants. Par exemple les noues et les tranchées permettent d'abattre d'autres métaux, des pesticides, des hydrocarbures (HAP), des alkylphénols... De la même façon, les mesures de sensibilisation de type sans regret (communication sur les produits ménagers, etc.) peuvent conduire à la réduction de nombreux micropolluants associés à l'usage de détergents (AMPA, PFOS, etc.), de pesticides, de biocides... La prise en compte d'autres substances changerait les valeurs des ratios coût efficacité de toutes les mesures et très probablement le classement des mesures étudiées dans ce cas d'étude.

Les valeurs des efficacités retenues pour cette étude de cas sont des hypothèses basées sur les données disponibles dans la littérature. Les efficacités retenues pour la mesure « campagne de sensibilisation à la problématique des micropolluants » sont basées sur les hypothèses considérées dans le projet LUMIEAU STRA. Notons que ces hypothèses ne reposent pas sur évaluation réelle des réductions de rejets permises par la campagne de sensibilisation. Elles sont donc très incertaines. De plus, ne connaissant pas la durabilité d'application par les individus des pratiques moins émettrices de micropolluants (fabrication de produits ménagers maisons, fabrication de cosmétiques maisons...) après la fin de la campagne de sensibilisation, nous avons considéré que les bénéfices générés par ces campagnes ne l'étaient que durant la campagne (3 ans). Ce qui constitue une hypothèse très forte car cela exclut les bénéfices de réductions d'émissions générées après la campagne de sensibilisation. C'est pourquoi la comparaison de cette mesure dite sans regret avec les mesures dites techniques, ne s'est faite que dans un second temps.

Concernant l'abattement des noues infiltrante, nous avons retenu des valeurs d'efficacité de réduction des rejets vers les eaux en amont des STEU comprises entre 65 et 90% mais il aurait été possible de considérer un abattement de 100% en considérant que tous les micropolluants étaient transférés vers le compartiment sol et eaux souterraines.

La surface de récolte des eaux de ruissellement considérée en amont des noues et des tranchées est également une hypothèse forte de cette étude de cas qui influence fortement les résultats obtenus. En effet une augmentation de la surface de récolte des eaux de ruissellement en amont des noues ou des tranchées conduirait logiquement à une diminution du ratio-coût efficacité. A l'inverse une diminution de la surface de récolte des eaux de ruissellement en amont des noues ou des tranchées, conduirait à une augmentation du ratio car le flux de substances traités diminuerait.

Les concentrations de micropolluants dans les eaux de ruissellement ont été extrapolées des mesures de réduction réalisées dans le cadre des projets MICROMEGAS et ROULEPUR. Ces données de concentration ont été mesurées en aval de surfaces de voiries ou de parking spécifiques et ne sont pas à considérer comme des généralités. Pour améliorer la pertinence des résultats de l'ACE les collectivités devraient se baser autant que possible sur des **données de concentrations et de flux spécifiques au territoire**.

Enfin, la mise en place des mesures étudiées dans cette étude de cas pourrait avoir **d'autres impacts que la réduction des rejets de micropolluants** comme par exemple :

- Noues et tranchées
 - o si celles-ci sont végétalisées, elles peuvent générer des **services écosystémiques** et avoir une valeur récréative (améliorer le bien-être des habitants)
 - o favoriser le stockage d'eau lors de forte pluie et contribuer à réduire les rejets directs vers les milieux et à réduire le risque **d'inondation**
- Campagnes de sensibilisation
 - o impact positif sur la **santé humaine** en réduisant l'utilisation de substances présentant un risque sanitaire
 - o impact économique positif, le coût de production de ses propres produits ménagers et cosmétiques coûteraient moins cher que leur achat

Pour conclure, même si les résultats obtenus dans cette étude sont illustratifs, cette étude de cas montre la **démarche générale à suivre pour réaliser une ACE**. En conduisant cette étude de cas jusqu'au bout nous avons également montré le type d'information que pouvait produire la méthode ACE mais aussi comment les collectivités pouvaient les **interpréter vis-à-vis de l'objectif environnemental fixé**.

4 Discussion générale de la méthode ACE appliquée à la problématique des micropolluants urbains

La méthode ACE est un outil qui permet de comparer des mesures de réduction de rejets de micropolluants en fonction de leur ratio **coût-efficacité**. Les résultats de cette comparaison pourront permettre à la collectivité de construire une stratégie de réduction la plus efficiente possible (à moindre coût tout en remplissant ses objectifs de réduction d'émission de micropolluants) en choisissant de développer dans un premier temps les mesures les plus coût-efficaces (ratio CE le plus faible).

Les mesures de réduction peuvent abattre de nombreux polluants, pouvant appartenir à plusieurs familles. Une mesure de réduction comme la mise en place de noues infiltrantes peut réduire les flux de métaux, d'hydrocarbures (HAP), de pesticides, des alkyphénols, des retardateurs de flammes. Comme on l'a montré dans ce travail, il est possible de s'appuyer sur des indicateurs de pressions potentielles sur les écosystèmes et/ou sur la santé humaine pour pouvoir étudier simultanément l'impact de mesures sur la réduction de plusieurs micropolluants. Théoriquement pour améliorer la justesse des résultats de l'ACE il faudrait prendre en compte le maximum de substances que les mesures pourraient abattre. Néanmoins cela semble difficilement réalisable pour les collectivités compte tenu des données disponibles. En revanche il pourrait être possible de réaliser des ACE pour un échantillon représentatif de substances entre 5 et 10 par exemple. Dans cet échantillon il serait pertinent d'inclure des substances appartenant à différentes familles de polluants ; pesticides, métaux, hydrocarbures, retardateurs de flammes, alkyphénols...

En effectuant ce travail nous avons pu constater que **peu de données** coût-efficacité (notamment de coût) pour les mesures de réduction des rejets de micropolluants étaient disponibles dans la littérature et donc à la **disposition des collectivités**. Pour effectuer cette étude de cas, nous nous sommes essentiellement appuyés sur les résultats des projets LUMIEAU STRA, MICROMEGAS, REGARDS, ROULEPUR et des documents de bureaux d'étude. Il serait intéressant à l'avenir de **compiler** au niveau national les informations « terrain » de type coût-efficacité des mesures mises en place par les collectivités suite aux **plans d'action** en cours de rédaction actuellement.

Afin d'améliorer la justesse des résultats d'ACE, il est recommandé aux collectivités de s'appuyer au maximum sur **des données locales, spécifiques au territoire**, notamment pour estimer les flux de micropolluants aux endroits où pourrait être implantées les mesures de réduction. S'il n'existe pas de données permettant d'estimer les flux localement et si aucune campagne de mesure n'est prévue, il est possible de se baser sur des **données génériques de flux** d'émissions disponibles dans les **inventaires** de l'Ineris.

Certaines mesures de réduction des rejets de micropolluants vers les eaux usées peuvent avoir **d'autres impacts** que la réduction des rejets. C'est le cas de nombreuses mesures de gestion des **eaux de ruissellement** (noues, tranchées, bassin de rétention à sec...) qui permettent d'abattre des micropolluants mais aussi des **macro-polluants**, de réduire les **risques d'inondations** et de rejets directs des eaux pluviales vers les milieux aquatiques (réduction notamment des apports brutaux de matière organique aux cours d'eau lors d'orages pouvant causer des impacts sur la faune des milieux aquatiques). Ces mesures peuvent également permettre le développement de **biodiversité** en ville. Pour pouvoir comparer l'efficacité de mesures pour **plusieurs impacts** il est possible de réaliser une ACE où l'efficacité serait mesurée vis-à-vis de l'atteinte de plusieurs objectifs (réduction de micropolluants, réduction du risque d'inondations, production de services écosystémiques) via des indicateurs composites d'efficacité. Pour comparer des mesures en prenant en compte leurs impacts positifs et négatifs sur l'environnement, la santé humaine et l'économie il est également possible de réaliser une **analyse coût bénéfique** ou une **analyse multicritère** avec un des critères représentant l'efficacité. Dans tous les cas lors de l'interprétation des résultats fournis par l'ACE, les collectivités pourront considérer les **autres bénéfices** apportés par certaines mesures, d'autant plus si les bénéfices fournis par ces mesures sont cohérents avec **d'autres objectifs** ou **politiques** menées par la collectivité.

5 Références

Adopta (2019). "La boîte à outils des techniques alternatives : la noue d'infiltration ".

ASTEE (2020). Foire aux questions Diagnostic vers l'amont RSDE STEU.

ASTEE (2021). Réalisation du diagnostic vers l'amont constats à l'issue des retours d'expérience présentés lors de la journée technique du 24 septembre 2020 et premières recommandations opérationnelles.

Boardman A and e. al. (2013). Cost-Benefit Analysis: Pearson New International Edition, Pearson Education.

BRGM (2019). "Matrice Activités-Polluants." from <http://ssp-infoterre.brgm.fr/matrice-activites-polluants>.

Brignon JM and e. al. (2020). Support à la réalisation de l'action 39 du plan micropolluants

Bruxelles environnement (2010). FICHE INFORMATIVE OUTIL GESTION EAU DE PLUIE OGE01 – LA NOUE Bruxelles environnement, .

CEREMA (2020). Raccordement des entreprises aux réseaux d'assainissement.

CNIDEP (2020). "Séparateur à hydrocarbures." from http://www.cnidep.com/separateurs_hydrocarbures94.html.

Dulio V and e. al. (2012). REFERENTIEL METHODOLOGIQUE POUR LA PRIORISATION DES MICROPOLLUANTS DES MILIEUX AQUATIQUES

Gaillard L and e. al. (2018). Réduction des rejets en micropolluants dans les entreprises de l'artisanat : étude du métier de mécanique automobile, CNIDEP.

Gouzy A and e. al. (2015). Fiche Technico Economique cuivre et principaux composés, Ineris.

Gouzy A and e. al. (2015). Fiche Technico Economique Zinc et principaux composés, Ineris.

Gouzy A and e. al. (2017). Guide pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de surface, Ineris.

Graie (2018). Comparaison des coûts de différents scénarios de gestion des eaux pluviales Etude de cas

Graie (2018). Restitution du programme Micromegas. Restitution du programme Micromegas
INSA Lyon.

Gromaire, e. a. (2020). Micropolluants, eaux pluviales et gestion à la source

Enseignements des projets Roulepur, Matriochkas et Micromegas. 1ère Journée technique et scientifique organisée par le groupe travail RSDE de l'Astee en partenariat avec le MTES.

Huijbregts, M. A. and e. al. (2000). "Priority assessment of toxic substances in life cycle assessment. Part I: calculation of toxicity potentials for 181 substances with the nested multi-media fate, exposure and effects model USES-LCA." Chemosphere **41**(4): 541-573.

Ineris. "LUMIEAU-STRA : RÉDUIRE LES MICROPOLLUANTS À LA SOURCE." 2021, from <https://www.strasbourg.eu/lumieau-stra>.

Ineris. "Portail Substances Chimiques." from <https://substances.ineris.fr/fr/page/14>.

Ineris (2019). Tableau de capitalisation_Lumieau_VF.

InfoClimat l'association. Retrieved septembre, 2021, from <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2020/paris-montsouris/valeurs/07156.html>.

J GASPERI and e. al. (2019). "ROULÉPUR – maîtrise de la contamination des eaux de voirie Livrable L2.2 - Rapport de synthèse sur la contamination en micropolluants des eaux de voirie/parking."

Jolanda B and e. al. (2017). Présentation de l'inventaire des émissions de micropolluants adapté au territoire Eurométropole de Strasbourg : méthodologie employée pour l'outil daiagnostoc.

Ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer Plan micropolluants 2016 - 2021 pour préserver la qualité des eaux et la biodiversité, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER.

Ministère de l'Environnement, d. I. É. e. d. I. M. (2016). 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.

ODEMartinique (2018). Evaluation économique & ACE du PDM 2016-2021

Partaix H and e. al. (2021). Substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets des stations d'épuration urbaines, Ineris.

Pomies M (2018). "Elaboration d'une stratégie de communication pour la réduction des rejets en micropolluants."

Pomies M (2019). "Recueil des outils de communication dans le cadre du projet LUMIEAU-Stra."

Sinbio (2014). Pollution et dépollution des eaux pluviales. Quillebeuf sur Seine 14 décembre 2010.

Symasol (2016). "Gestion des eaux pluviales guide pour la mise en oeuvre de techniques alternatives."

Van Soesbergen A and e. al. (2007). Assessing the cost-effectiveness of pollution abatement measures in agriculture, industry and the wastewater treatment sector. W. report.

6 Annexes

6.1 Annexe 1 : Tableau de calcul du score de priorité extrait du livrable : Réduire les micropolluants : passer du diagnostic au plan d'action – application de la démarche à l'Eurométropole de Strasbourg (Jolanda B and al. 2017)

Tableau : Modalité d'évaluation du score de priorité associé à chaque substance

Effet	Indicateur retenu	Score associé (sur 1)		
Effets sur les écosystèmes	NQE A défaut VGE A défaut, plus petite PNEC connue	< 0.1 µg/L	1	
		< 1 µg/L	0,75	
		< 10 µg/L	0,5	
		< 100 µg/L	0,25	
		> 100 µg/L	0	
		Pas de donnée	0,25	
Effets sur la santé humaine	Le score retenu est le maximum de trois scores associés aux trois composantes : - cancérogénicité (C) - mutagénicité (M) - reprotoxicité (R)	C	Cancérogène	1
			Cancérogène probable	0,75
			Cancérogène possible	0,5
			Absence de donnée	0,25
			Non cancérogène	0
		M	Mutagène	1
			Mutagène probable	0,75
			Mutagène possible	0,5
			Absence de donnée	0,25
			Non mutagène	0
		R	Mutagène	1
			Mutagène probable	0,75
Mutagène possible	0,5			
Absence de donnée	0,25			
Non mutagène	0			
Facteurs aggravants	Le score retenu est le maximum de trois scores associés aux deux composantes : - propriétés de persistance, bioaccumulation et toxicité (PBT) - effets de la substance comme potentiel perturbateur endocrinien (PE).	PBT	PBT	1
			Non PBT	0
			Substance inorganique	1
		PE	Avéré	1
			Suspecté	0,5
			Non avéré ou non examiné	0
Score final	Le score final est la moyenne arithmétique des trois scores = [Score (Effets écosystèmes) + Score (Effets santé humaine) + Score (facteurs aggravants)] / 3 = [Score (Effets écosystèmes) + Max (C ; M ; R) + Max (PBT ; PE)] / 3			

6.2 Annexe 2 : Arbre de décision pour réaliser une ACE appliquée à la problématique des micropolluants

