



anses

Évaluation des risques des substances chimiques pour les récifs coralliens

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Juin 2023



Connaître, évaluer, protéger

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 23 juin 2023

AVIS

de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à l'évaluation des risques des substances chimiques pour les récifs coralliens

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.
L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.
Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.
Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).
Ses avis sont publiés sur son site internet.*

L'Anses a été saisie le 25 octobre 2018 par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, conjointement avec l'Office français de la biodiversité (OFB), pour la réalisation de l'expertise suivante : évaluation des risques des substances chimiques sur les récifs coralliens.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Les récifs coralliens constituent des écosystèmes parmi les plus riches et les plus productifs de la planète. Ils abritent une biodiversité exceptionnelle de près de 100 000 espèces (coraux, échinodermes, mollusques, crustacés, vers, éponges, poissons, raies, tortues, requins, etc.), soit environ un tiers des espèces marines connues vivant dans les récifs. Mais ces écosystèmes sont gravement menacés, en particulier par les activités humaines.

Au niveau mondial, il est estimé que 20 % des récifs ont été irrémédiablement détruits au cours des dernières décennies¹. Parmi les 80 % restant, seul un tiers serait dans un état

¹ Source <https://www.un.org/en/chronicle/article/can-we-save-coral-reefs>, consulté le 18/01/2023

satisfaisant². Au premier plan des menaces identifiées figurent les conséquences du réchauffement climatique comme l'augmentation de la température des océans et leur acidification, les cyclones, *etc.* Cependant, parmi les multiples pressions auxquelles sont soumis les océans et les coraux, figurent également les pollutions liées aux activités humaines qui contribuent à leur dégradation.

La France est le seul pays au monde à posséder des récifs coralliens dans les 3 océans tropicaux, leur surface totale correspondant à 10% des récifs coralliens mondiaux. Elle est ainsi particulièrement concernée par la protection des récifs coralliens, notamment au regard de la pollution de l'eau.

Le Ministère de la transition écologique et solidaire a ainsi annoncé le 1^{er} août 2018 le lancement d'une « Mission océans » dont une des actions est de réaliser un inventaire des différentes substances chimiques particulièrement toxiques pour les écosystèmes marins et les récifs coralliens. En conséquence, le ministère de la transition écologique a saisi conjointement l'OFB et l'Anses pour évaluer les impacts des substances chimiques sur les récifs coralliens.

Cette saisine s'inscrit également dans le cadre de la loi sur la reconquête de la biodiversité et des paysages (article 113 – Annexe 1)³. Elle vise à accompagner et compléter la mise à jour du bilan de l'état de santé des récifs coralliens, réalisée tous les cinq ans par l'initiative française pour les récifs coralliens (IFRECOR).

Le Ministère a plus précisément demandé :

- à l'OFB de procéder à un travail de revue bibliographique permettant d'identifier les substances susceptibles d'avoir un effet toxique sur les récifs coralliens, les principales sources de production et de rejet de ces substances et l'importance de leurs apports dans le milieu. Cette revue devait concerner plus particulièrement les substances présentes sur le marché. Les substances interdites mais toujours présentes dans l'environnement pouvaient également être examinées. La saisine identifiait, comme substances prioritaires, les filtres UV, les pesticides, les métaux lourds et les matières fertilisantes ainsi que des substances pouvant être présentes dans les lessives, cosmétiques, produits ménagers ou microplastiques et tout autre usage dont l'importance serait justifiée ;
- à l'Anses de proposer des mesures techniques et réglementaires selon les substances identifiées précédemment, en particulier dans le cadre des réglementations concernant les substances chimiques permettant de prendre en compte les enjeux environnementaux.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Substances chimiques visées par les règlements REACH et CLP » (CES REACH). Le CES

² Source <https://www.ecologie.gouv.fr/protection-des-recifs-coralliens-dans-outre-mer-francais>, consulté le 18/01/2023

³ Loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages

« EAUX » a été consulté. L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail (GT) « Récifs ». Les travaux ont été présentés aux CES REACH et EAUX tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 1^{er} juillet 2019 et le 10 mai 2022. Ils ont été adoptés par le CES REACH réuni le 19 septembre 2022

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Le périmètre de l'expertise a été défini comme suit :

- l'expertise s'est focalisée sur les espèces de coraux tropicaux constructeurs de récifs. Ainsi, les récifs d'eau froide n'ont pas été considérés dans ce travail ;
- l'expertise concerne les départements et régions d'Outre-mer (Martinique, Guadeloupe, La Réunion et Mayotte) à l'exception de la Guyane⁴, les collectivités d'Outre-mer (la Polynésie française, Wallis et Futuna, Saint-Barthélemy et Saint-Martin), la Nouvelle Calédonie et les Iles Eparses de l'océan Indien (un des 5 districts des Terres Australes et Antarctiques Françaises, TAAF).

Pour répondre à cette saisine, l'expertise a été organisée en trois volets auxquels s'ajoute une analyse des incertitudes :

1. volet 1 : revue systématique de la littérature visant à identifier les substances montrant un effet sur les récifs coralliens, revue coordonnée par l'OFB et réalisée par le Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel (UMS PatriNat), et identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence pour chacune des substances réalisée par l'Anses ;
2. volet 2 : évaluation par l'Anses de l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques, à partir des données obtenues ;
3. volet 3 : identification de substances préoccupantes à partir d'une évaluation des risques, en valorisant les deux premiers volets de la saisine, et propositions de mesures techniques et réglementaires coordonnées par l'Anses ;
4. analyse des incertitudes, transversale aux trois volets, conduite par l'Anses.

Un recensement des mesures réglementaires applicables dans les territoires concernés par la saisine a été réalisé (cf. chapitre 2 du rapport).

En complément des volets 2 et 3, l'Anses a réalisé des auditions entre avril 2021 et juin 2022 auprès de :

- représentants des institutions locales des territoires d'Outre-mer suivants : Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna, Mayotte, les Iles Eparses, la Nouvelle-Calédonie, la Guadeloupe et Saint-Martin afin d'obtenir d'éventuelles données d'exposition

⁴ Les récifs guyanais, aussi appelés récifs coralliens de l'Amazone, sont des récifs développés en eaux froides et profondes et n'entrent donc pas dans le périmètre de cette expertise.

complémentaires et des informations de terrain (ex : spécificités de l'environnement des zones récifales) ;

- la Fédération des entreprises de la beauté (FEBEA) au sujet des données éventuelles disponibles quant à la possible dispersion dans le milieu marin des substances chimiques contenues dans les produits cosmétiques commercialisés par leurs adhérents et de leurs effets toxiques sur les récifs coralliens.

Les résultats préliminaires de l'évaluation des risques ont été présentés aux représentants des Offices de l'eau de Martinique le 23 mai, de la Guadeloupe et de La Réunion le 9 juin 2022 afin d'avoir un éclairage local sur les principales conclusions du GT.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ET DU GT

3.1. Méthode d'expertise

Les volets de l'expertise se sont organisés en cinq étapes séquentielles auxquelles s'ajoute une analyse des incertitudes transversale à chaque volet de la saisine :

1. revue systématique de la littérature, réalisée par l'UMS PatriNat, visant à identifier les substances montrant un effet sur les récifs coralliens (volet 1). La revue systématique s'est focalisée sur les études expérimentales et aux effets suivants : mortalité, croissance, efficacité photosynthétique, densité des zooxanthelles, blanchissement, recrutement (des larves) et fertilité (Ouédraogo *et al.*, 2020 et 2021a,b) ;
2. caractérisation du danger à partir de l'identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence pour chacune des substances identifiées par l'UMS PatriNat (volet 1). Des LOEC⁵_{coraux} et NOEC⁶_{coraux} ont été identifiées par l'Anses, lorsque cela a été possible, pour chaque substance à partir des synthèses quantitatives des résultats, élaborées par l'UMS PatriNat, provenant des études identifiées avec des niveaux de biais faible et moyen. Des valeurs écotoxicologiques de référence (PNEC⁷_{marine}) ont été identifiées, lorsque disponibles, pour chacune des substances ;
3. évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques identifiées au volet 1, à partir des données de concentration de substances chimiques dans les eaux (douces et marines) des territoires d'Outre-mer (volet 2) ;
4. caractérisation des risques, en valorisant les deux premiers volets de la saisine (volet 3) ;
5. analyse des incertitudes, transversale aux trois volets de la saisine, à partir d'une méthode de qualification du niveau de confiance pour chaque couple contaminant/territoire. Ainsi, une grille a été développée permettant de classer le niveau de confiance des conclusions en 4 catégories, de très faible à élevé. Cette méthode a permis de qualifier, le niveau de confiance relatif aux conclusions de l'évaluation des risques.

⁵ La LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) est la concentration la plus faible pour laquelle un effet significativement différent du témoin a été observé.

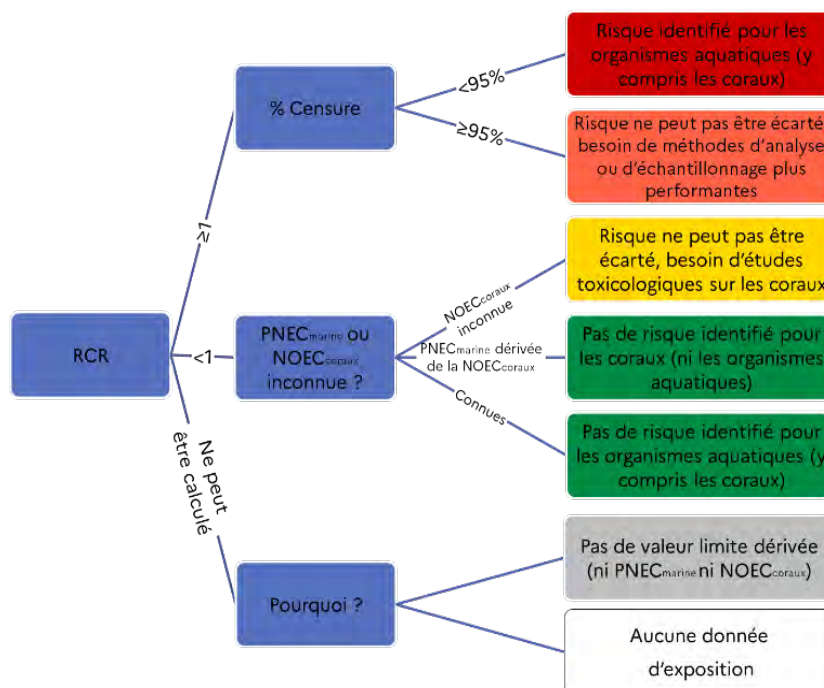
⁶ La NOEC (No Observed Effect Concentration) correspond à la concentration testée la plus élevée pour laquelle aucun effet significativement différent du témoin n'a été observé.

⁷ La PNEC (Predicted No Effect Concentration) est la concentration prévisible sans effet sur le milieu, généralement construite sur la base de résultats d'essais en laboratoire (NOEC ou EC₁₀, CE₅₀ ou CL₅₀). En fonction des données disponibles, deux méthodes sont utilisées : une méthode statistique lorsqu'un grand nombre de données est disponible et une méthode utilisant des facteurs d'extrapolation lorsqu'un nombre restreint de données est disponible

6. analyse du statut réglementaire des substances à risque identifiées et rédaction de recommandations (volet 3).

Concernant les mélanges identifiés par la revue systématique, ceux-ci n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation des risques puisque la méthodologie retenue est conçue pour évaluer le risque des substances individuellement.

La méthode d'évaluation des risques est résumée dans la Figure 1 et décrite de manière détaillée dans le chapitre 4 du rapport.



Cette méthode repose sur la détermination de la valeur du rapport de caractérisation des risques (RCR) en tenant compte du pourcentage de censure des données d'exposition (données inférieures aux limites de quantification ou de détection) et de la disponibilité des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence (NOEC_{coraux} et PNEC_{marine}).

Figure 1 : méthodologie d'évaluation du risque appliquée dans l'expertise.

3.2. Résultats de l'évaluation de risques pour les groupes de substances étudiées

La revue systématique conduite par l'UMS Patrinat a, dans un premier temps, permis de définir un corpus d'études scientifiques sur la base de critères de sélection précis (études expérimentales et réponses biologiques étudiées parmi : performance de la photosynthèse, densité des algues symbiotiques, recrutement⁸, fertilisation, croissance, mortalité et blanchissement). L'analyse de ce corpus d'études a permis, dans un second temps, d'identifier des substances chimiques pouvant exercer des effets toxiques sur des espèces coralliennes. Les substances ont été regroupées en fonction de leur usage principal et de leur nature chimique : filtres ultraviolets (UV), pesticides, hydrocarbures, métaux, produits pharmaceutiques, microplastiques et autres substances.

⁸ Quantité de "nouveaux arrivants" (recrues) dans une population ; par exemple, abondance d'individus d'une espèce atteignant une classe d'âge (larve, juvéniles), un stade de développement ou une taille donnée.

Les études toxicologiques identifiées sur les coraux sont plus ou moins nombreuses selon les groupes de substances. Les groupes les plus étudiés sont les métaux et pesticides, puis les hydrocarbures et enfin les filtres UV. L'information est parcellaire pour le groupe intitulé « autres substances » et très limitée pour les autres groupes comme les produits pharmaceutiques et les microplastiques.

Des études relatives aux mélanges (crèmes solaires, mélanges antifouling, mélange d'hydrocarbures, de métaux, etc.) ont été identifiées par la revue systématique⁹, mais n'ont pas été examinées dans le cadre de cette expertise car la méthodologie d'évaluation des risques mise en œuvre ne permet pas d'évaluer de tels mélanges.

Pour l'ensemble des substances, les experts constatent, d'une part, une variabilité importante des données disponibles (en fonction des effets étudiés, du nombre d'espèces, du stade de vie et du temps d'exposition) rendant difficile les comparaisons entre les substances pour un même effet étudié. D'autre part, les études sont plutôt focalisées sur les substances mères¹⁰. Les études sur les produits de dégradation (parfois appelés métabolites) ou de biotransformation sont quasi inexistantes. À titre d'exemple, une seule étude est disponible sur le chlorpyrifos oxon, produit de dégradation de la substance active chlorpyrifos.

3.2.1. Groupe des filtres UV

3.2.1.1. Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens via la revue systématique de la littérature

À partir de la revue systématique élaborée par l'UMS PatriNat, 16 filtres UV¹¹ ont été identifiés. Les informations sont plus nombreuses pour les filtres organiques, tels que ceux de la famille des benzophénones (4 publications étudiant plusieurs réponses biologiques), que pour les filtres minéraux (dioxyde de titane, oxyde de zinc ; 2 publications couvrant deux réponses biologiques).

Par ailleurs, la plupart des études ne fournissent que des concentrations nominales. Lorsque les concentrations d'exposition sont mesurées, les filtres UV disparaissent assez rapidement dans le milieu (ou sont adsorbés et/ou absorbés) rendant l'interprétation des résultats délicate.

⁹ La revue systématique a identifié :

- 9 mélanges de filtres UV associés notamment à des compositions de crèmes solaires,
- 3 peintures « antifouling » qui sont des mélanges de pesticides et de métaux,
- 6 différents types de mélanges d'hydrocarbures, tel que le pétrole brut (« *crude oil* ») qui est le plus étudié, du condensat de gaz, de l'eau de production de pétrole et des mélanges de pétrole ou de fioul avec ou sans produits dispersants, ainsi que du lixiviat de charbon (mélange d'hydrocarbures et de métaux),
- 2 combinaisons de métaux et 2 combinaisons de métal et nutriment. Des expositions à un mélange de métaux identifiés dans les eaux usées d'une raffinerie d'aluminium et dans le lixiviat de charbon ont aussi été testées sur des espèces coralliennes,
- 2 types de mélanges d'antibiotiques et 2 types d'huiles de clous de girofle.

¹⁰ Substances actives entrant dans la composition des produits phytosanitaires et biocides ainsi que les substances parentes.

¹¹ « On entend par filtres UV les substances qui, contenues dans des produits cosmétiques de protection solaire, sont destinées spécifiquement à filtrer certaines radiations pour protéger la peau contre certains effets nocifs de ces radiations » (cf. arrêté du 6 février 2001 fixant la liste des filtres ultraviolets que peuvent contenir les produits cosmétiques).

3.2.1.2. Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Les LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux}¹² identifiées par l'Anses doivent être utilisées avec précaution puisque, dans certaines études, une disparition de la substance lors de la mesure de l'exposition dans les milieux d'essai a été observée pouvant entraîner une surestimation de ces LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux}, c'est-à-dire une sous-estimation de la toxicité pour les coraux.

Pour la plupart des substances, les PNEC_{marine} recensées semblent être protectrices compte tenu des données de danger disponibles pour les coraux.

3.2.1.3. Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux filtres UV

Parmi les 16 filtres UV recensés dans la revue systématique, des données d'exposition dans les territoires français d'Outre-mer ne sont disponibles que pour l'octinoxate et sont limitées aux eaux douces de La Réunion. Face à ce déficit d'informations sur la présence de ces substances dans les eaux récifales d'Outre-mer, une recherche bibliographique sur les concentrations des filtres UV dans le milieu marin international a été effectuée par l'Anses. Des données pour 14 des 16 filtres UV recensés ont ainsi été extraites. Aucune donnée relative à l'acide téréphtalyldène dicamphre sulfonique (Ecamsule), ni à l'éthylhexyl triazone (Uvinul T150) n'étant disponible, l'exposition n'a pu être estimée.

3.2.1.4. Caractérisation des risques et analyse des incertitudes

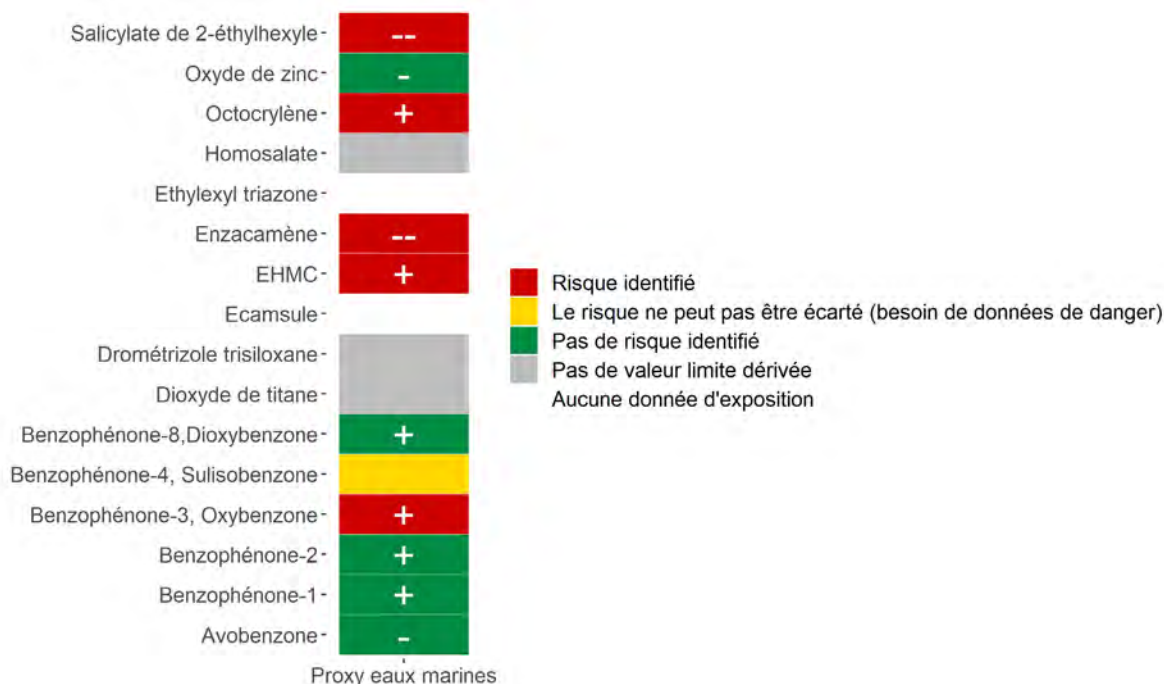
En raison de l'absence d'information spécifique au milieu marin des territoires français d'Outre-mer, des évaluations de risques sur ces territoires ne sont pas réalisables. Cependant, la recherche bibliographique a identifié la présence, au niveau international, de concentrations très élevées pour certains filtres UV dans le milieu marin avec parfois une très forte variabilité.

En comparant ces valeurs avec les PNEC_{marine}, et malgré les incertitudes décrites ci-dessus (données toxicologiques parcellaires, absence de système de surveillance, etc.), des risques pour les organismes marins sont identifiés pour l'oxybenzone (BP-3), l'octinoxate (EHMC) et l'octocrylène (OC) avec un niveau de confiance moyen ainsi que pour l'enzacamène (4-MBC) et le salicylate de 2-éthylhexyle avec un niveau de confiance très faible.

Les résultats de l'évaluation des risques et l'analyse des incertitudes sont résumés dans la **Niveau de confiance dans le résultat de l'évaluation** : - - : très faible, - : faible, + : moyen, ++ élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 2.

¹² LOEC_{coraux} (Lowest observed effect concentration) : concentration minimale entraînant un effet observé chez les coraux ; NOEC_{coraux} (No observed effect concentration) : concentration maximale n'entraînant pas d'effet observé chez les coraux



Niveau de confiance dans le résultat de l'évaluation : - - : très faible, - : faible, + : moyen, ++ élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 2 : Matrice récapitulative de l'évaluation des risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe filtres UV

3.2.1.5. Recensement des dispositions réglementaires existantes

En Europe, les substances entrant dans la composition des produits cosmétiques sont encadrées par le règlement n°1223/2009 relatif aux produits cosmétiques, complémentaire au règlement n°1907/2006, dit règlement REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals). L'annexe VI du règlement relatif aux produits cosmétiques établit la liste des filtres UV admis dans les produits cosmétiques tels que les crèmes solaires et l'annexe V de ce même règlement, celle des agents conservateurs. Ces annexes sont établies par la Commission européenne, après avis du comité scientifique pour la sécurité des consommateurs (SCCS¹³) sur les risques en matière de santé humaine et de sécurité (risques chimiques, biologiques, mécaniques et autres risques physiques) pour les produits non alimentaires et certains services. En revanche, pour ce qui est des préoccupations environnementales pouvant être suscitées par les substances présentes dans les produits cosmétiques, celles-ci sont examinées dans le cadre du règlement REACH qui met en œuvre une évaluation de la sécurité environnementale de manière trans-sectorielle.

Les filtres UV identifiés à risque pour le milieu marin dans cette expertise (benzophénone-3, EHMC, enzacamène, octocrylène, salicylate de 2-éthylhexyle) font actuellement l'objet d'évaluations au niveau européen par des États membres dans le cadre du règlement REACH afin de déterminer leurs possibles propriétés de perturbation endocrinienne et/ou leur caractère PBT¹⁴. Si au moins une de ces deux propriétés venait à être confirmée, des mesures de gestion de risque, telles que des restrictions et/ou autorisations pour certains usages

¹³ [Scientific Committee on Consumer Safety \(SCCS\) \(europa.eu\)](http://ec.europa.eu/sccs/)

¹⁴ Persistant, Bioaccumulable et Toxique selon les critères de l'annexe XIII du règlement REACH

pourraient être mises en place. Celles-ci seraient dès lors applicables aux territoires d'Outre-mer où le droit communautaire s'applique, notamment pour les Régions Ultra Périphériques (regroupant la Guadeloupe, La Réunion, Mayotte, la Martinique et Saint-Martin).

Au niveau international, des mesures d'interdiction, des substances identifiées à risque dans cette expertise, ont été prises à Hawaï, la république de Palau, dans les Îles Vierges des États-Unis, Aruba, l'île de Bonaire, la ville de Key West aux États-Unis et en Thaïlande.

Concernant le marché des crèmes solaires, il a été observé, en France comme à l'international, le déploiement de nombreux logos et allégations vantant la protection ou le respect de l'océan, voire des coraux (60 millions de consommateurs, 2021 ; Que Choisir, 2021 ; Slijkerman et Keur, 2018). Bien que l'expertise ne porte pas sur l'évaluation de ces allégations, les experts se questionnent sur leur origine au regard des résultats de l'analyse de la littérature qui montrent un manque de données spécifiques quant à la toxicité des substances étudiées sur les coraux. Dans cette expertise, les experts concluent à un risque associé à la présence d'un certain nombre de filtres UV pour la vie marine et les récifs coralliens et ne sont pas en mesure de conclure quant aux risques pour l'environnement pour certains autres filtres UV. Le règlement (UE) n° 655/2013 établit les critères devant être respectés pour l'utilisation d'allégations sur les produits cosmétiques, parmi lesquels la disponibilité « d'éléments probants » et la « sincérité » de ces allégations. Par ailleurs, l'article L121-2 du Code de la consommation prévoit qu'une allégation commerciale est considérée comme trompeuse si celle-ci est de nature à « induire en erreur [sur] son impact environnemental ». À la lumière des analyses menées par les experts et suite aux auditions réalisées auprès des différentes parties prenantes, les experts s'interrogent sur l'innocuité de l'ensemble des filtres UV mis sur le marché à l'égard des coraux ou de l'environnement marin, y compris pour les produits présentant ces logos et allégations.

Par ailleurs, la récente extension de l'écolabel européen aux produits cosmétiques non-rincés (parfums, crèmes, huiles, lotions, etc.) (cf. décision (UE) 2021/1870 de la Commission du 22 octobre 2021) établit la liste des exigences permettant d'attribuer un label écologique et de limiter leur toxicité environnementale. Dans sa forme actuelle, et au vu des éléments recueillis au cours des auditions conduites, l'expertise menée n'a pas permis d'identifier de données qui viendrait en soutien à l'obtention de ce label pour un produit solaire sur le marché.

Un certain nombre de controverses existent et opposent les partisans des filtres organiques et minéraux, les seconds étant généralement perçus comme plus respectueux de l'environnement. C'est ainsi, par exemple, que certains comtés d'Hawaï ont interdit l'ensemble des filtres organiques dans les crèmes solaires en préconisant l'utilisation de produits à base de filtres minéraux¹⁵. Les filtres minéraux (dioxyde de titane, oxyde de zinc) peuvent être inclus dans ces produits sous forme nanométrique ou non. L'analyse des experts indique que l'oxyde de zinc, s'il venait à être recommandé comme alternative aux autres filtres UV, pourrait atteindre des concentrations dans le milieu marin qui menaceraient les organismes aquatiques, dont les récifs coralliens. Enfin, les incertitudes qui demeurent concernant l'impact des formes nanométriques devraient encourager à limiter leur utilisation tant que des preuves de leur innocuité sur la santé humaine et l'environnement ne sont pas disponibles.

¹⁵ <https://www.mauicounty.gov/2483/Mineral-Only-Sunscreen-Maui-County>, consulté le 07/06/2022

3.2.1. Groupe des pesticides

3.2.1.1. Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

À partir de la revue systématique réalisée par l'UMS PatriNat, 27 pesticides dont 2 insecticides à base de souches microbiennes ont été identifiés. Le diuron étant la substance présentant le plus d'informations, suivi par la perméthrine, les cyanures et le cybutryne (ou irgarol 1051).

3.2.1.2. Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont été identifiées par l'Anses. En considérant les substances pour lesquelles plus d'une réponse biologique a été investiguée, le recrutement et la performance de la photosynthèse semblent être les effets biologiques les plus sensibles par rapport à la densité des algues symbiotiques ou à la fertilisation.

Par ailleurs, les experts notent, dans des études expérimentales, un effet synergique entre la température du milieu d'essai et l'exposition des coraux aux pesticides (ex. diuron, hexazinone). Cette influence a été observée plus clairement dans le cas de l'hexazinone, herbicide pour lequel l'élévation de la température du milieu marin combinée à une exposition à l'hexazinone entraîne une toxicité plus élevée sur la performance de la photosynthèse des coraux. Par ailleurs, des différences de sensibilité entre les espèces de coraux ont été observées dans les études conduites avec le diuron sur la performance de la photosynthèse, cette différence de toxicité pouvant atteindre un facteur de près de 100.

Pour la plupart des substances, les PNEC_{marine} identifiées semblent être protectrices au regard des données de danger disponibles pour les coraux. Les NOEC_{coraux} sont largement supérieures aux PNEC_{marine} sauf pour l'irgarol 1051 dont la PNEC_{marine} pourrait être mise à jour en prenant en compte la NOEC_{coraux} fondée sur le recrutement.

3.2.1.3. Évaluation de l'exposition des récifs coralliens

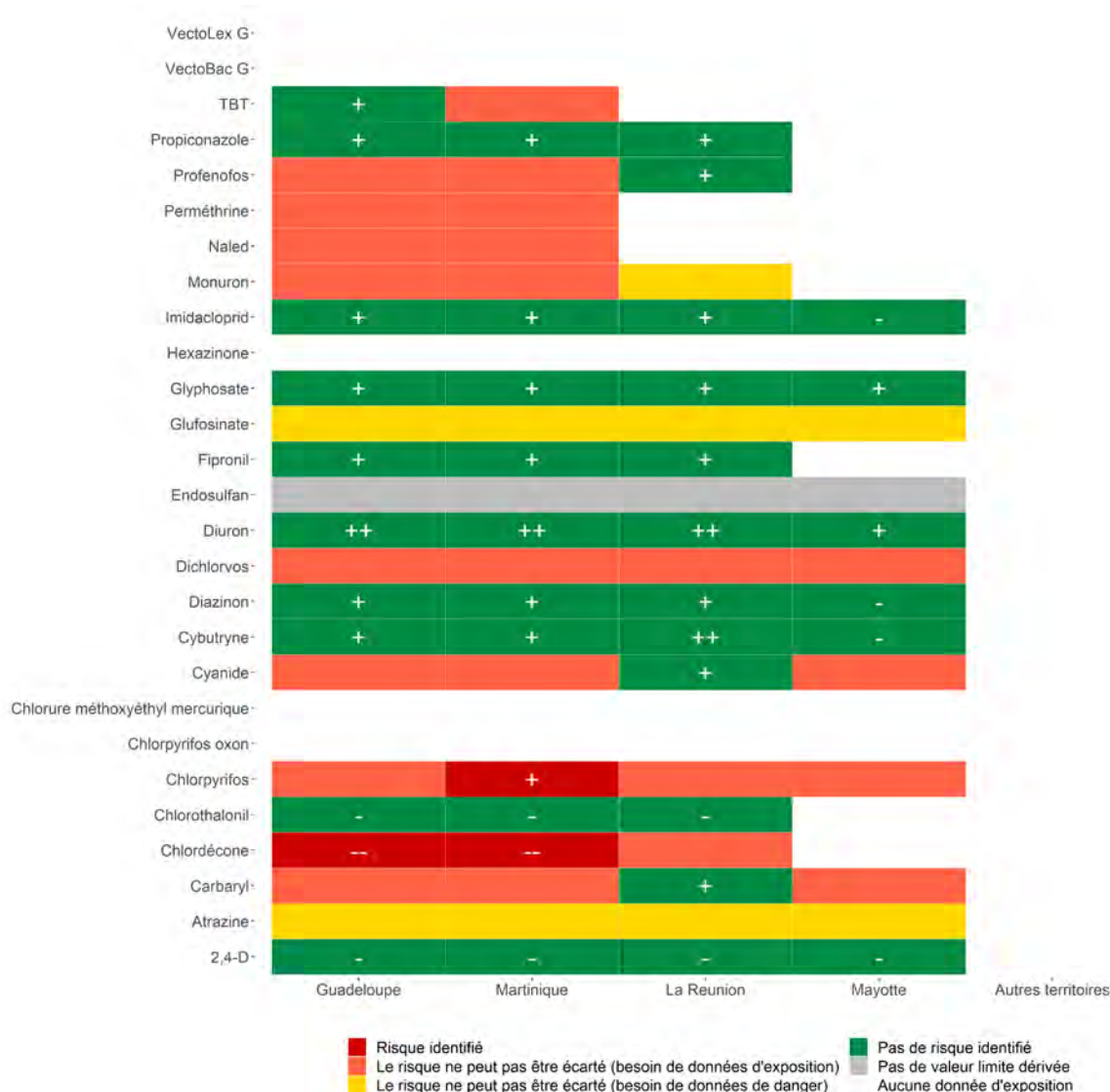
L'exploitation des bases de données Naiades et Quadrige indique que l'ensemble des pesticides étudiés dans le cadre de cette expertise est suivi dans au moins une des deux matrices (eau douce ou marine) aux Antilles. Une majorité de ces pesticides est suivie à La Réunion (à l'exception du tributylétain (TBT), du naled et de la perméthrine) ; environ une moitié des pesticides le sont à Mayotte (exclusivement dans les eaux douces) et une proportion similaire dans les eaux marines de Saint-Martin. En revanche, aucune donnée n'est disponible dans les autres territoires d'Outre-mer.

3.2.1.4. Caractérisation des risques et analyse des incertitudes

Des évaluations de risque et une analyse des incertitudes ont pu être conduites sur un total de 21 substances sur les 27 identifiées à partir de la revue systématique pour 4 territoires (Guadeloupe, Martinique, La Réunion, Mayotte). Pour les autres territoires concernés par la saisine, à savoir, Saint-Barthélemy, Nouvelle Calédonie, Wallis et Futuna, Iles Eparses et Polynésie Française, aucune donnée de concentration n'étant disponible pour l'ensemble des 27 substances, l'évaluation des risques n'a pu être menée. Sur les 27 pesticides examinés, il n'a pas été possible d'évaluer les risques pour 14 de ces pesticides

pour Mayotte et pour 8 d'entre eux pour La Réunion, faute de données d'exposition disponibles même en eau douce.

Les résultats de l'évaluation des risques et l'analyse des incertitudes sont résumés dans la Figure 3.



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 3 : Matrice récapitulative de l'évaluation des risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe pesticides pour chaque territoire ultramarin concerné

Des risques pour les organismes aquatiques incluant les récifs coralliens ont été identifiés avec un niveau de confiance moyen pour le chlorpyrifos en Martinique et avec un niveau de confiance très faible pour le chlordécone en Martinique et en Guadeloupe (principalement du fait d'information limitée relative aux dangers pour les coraux).

Des risques potentiels (groupe orange) pour les organismes marins ont été identifiés pour les substances suivantes dans certains territoires : tributylétain (TBT), profénofos, perméthrine, naled, monuron, dichlorvos, cyanures (de sodium et potassium), chlorpyrifos, chlordécone et carbaryl. À l'exception de la perméthrine qui présente des usages autorisés en tant que biocide et en médecine humaine, les autres substances sont interdites pour leurs usages

phytosanitaires au niveau européen et le chlordécone et le TBT au niveau international, Régions Ultra Périphériques comprises. Au regard des incertitudes existantes quant à la présence de ces substances dans les eaux marines (données d'exposition avec un pourcentage de censure supérieur à 95%), le risque pour les organismes marins ne peut être écarté.

Pour les substances qui sont autorisées pour leurs usages phytosanitaires (glyphosate, imidaclopride, propiconazole et 2,4-D), des risques pour les organismes marins n'ont pas été identifiés (groupe vert). À noter que la conclusion pour le 2,4-D est établie avec un niveau de confiance faible en raison d'une information limitée quant au danger potentiel pour les coraux (une seule étude disponible) et de données d'exposition uniquement disponibles en eaux douces. Cette substance est un herbicide très utilisé dans la culture de la canne à sucre. Sa présence en eaux marines en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte n'est pas exclue et reste à confirmer.

3.2.1.5. Recensement des dispositions réglementaires existantes

Au niveau européen, le chlorpyrifos est une substance active déjà réglementée et sujette à des interdictions depuis 2020 pour ses usages phytosanitaires. Ces mesures réglementaires, également applicables aux Régions ultra périphériques, devraient permettre de diminuer dans l'avenir les émissions et, par conséquent, les concentrations de chlorpyrifos dans l'environnement. L'interdiction pourrait s'étendre au niveau international, y compris aux Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM), si la substance est officiellement inscrite dans l'annexe A de la convention de Stockholm relative aux polluants organiques persistants (POP).

Malgré l'interdiction d'usage aux Antilles depuis 1993 et au niveau international dans le cadre de la convention de Stockholm, le chlordécone est aujourd'hui encore présent dans l'environnement à cause de sa forte persistance dans le continuum sol-milieu marin.

3.2.2. Groupe des hydrocarbures

3.2.2.1. Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens via la revue systématique de la littérature

La revue systématique menée par l'UMS PatriNat a identifié 8 hydrocarbures, dont le 1-méthyl-naphthalène, substance pour laquelle le plus d'informations sont disponibles.

Bien que les mélanges n'aient pas été pris en compte dans le cadre de cette évaluation des risques, il est important de souligner que des effets toxiques sur les coraux ont été observés lors d'expositions aux mélanges de pétrole, leur toxicité augmentant en présence de dispersants.

3.2.2.2. Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont pu être identifiées par l'Anses pour l'ensemble des hydrocarbures. Cependant, ces valeurs sont à considérer avec précaution car la plupart des études n'utilisent que des concentrations nominales. En général, ces substances sont très hydrophobes et présentent un potentiel élevé d'adsorption et de bioaccumulation dans les organismes aquatiques. Du fait de ces propriétés, les concentrations d'hydrocarbures dans le milieu auxquelles les coraux sont exposés sont beaucoup plus basses que les concentrations

nominales rapportées dans les études. En conséquence, la prise en compte des concentrations nominales peut entraîner une surestimation des $NOEC_{\text{coraux}}$ et $LOEC_{\text{coraux}}$.

En considérant les substances pour lesquelles plus d'un effet a été investigué, le recrutement semble être l'effet le plus sensible par rapport aux autres effets étudiés. Cette observation est en accord avec la sensibilité élevée du développement embryonnaire-larvaire, largement constatée chez les organismes aquatiques et les poissons exposés aux hydrocarbures et aux substances chimiques.

Les experts notent que des différences sur les méthodes de préparation de solutions pour les tests de toxicité peuvent entraîner des différences de biodisponibilité des substances, impactant ainsi les résultats des études (ex : benzène).

Les $NOEC_{\text{coraux}}$ sont supérieures aux $PNEC_{\text{marine}}$ pour la majorité des hydrocarbures étudiés. Ainsi, les $PNEC_{\text{marine}}$ semblent être protectrices par rapport aux effets de ces substances sur les coraux. Cependant, étant identifiées à partir des concentrations nominales, ces $NOEC_{\text{coraux}}$ peuvent être surestimées, ce qui rend délicate l'interprétation des résultats.

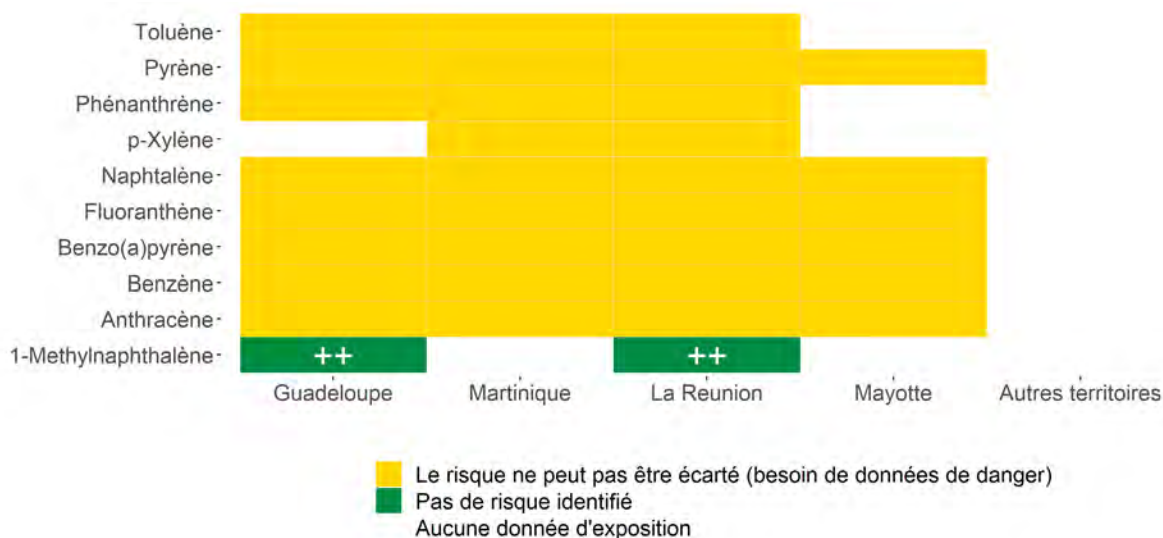
Pour l'ensemble des substances, les experts ont également constaté une variabilité importante des données obtenues (en fonction des effets étudiés, du nombre d'espèces, du stade de vie et du temps d'exposition), rendant difficile la comparaison des résultats entre les substances. Par ailleurs, des différences de sensibilité entre espèces de coraux pour une même substance peuvent être observées (notamment pour le benzène).

3.2.2.3. Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux hydrocarbures

L'exploitation des bases de données Naïades et Quadrige indique que l'ensemble des hydrocarbures étudiés dans le cadre de cette expertise est suivi dans au moins une des deux matrices (eau douce ou marine) à La Réunion et aux Antilles, à l'exception du *p*-xylène en Guadeloupe et du 1-méthylnaphtalène en Martinique. Environ la moitié des hydrocarbures est suivie à Mayotte (exclusivement dans les eaux douces) et une proportion similaire dans les eaux marines de Saint-Martin. Enfin, aucune donnée n'est disponible dans les autres territoires d'Outre-mer.

3.2.2.4. Caractérisation des risques et analyse des incertitudes

En raison des incertitudes évoquées précédemment concernant les $LOEC_{\text{coraux}}$ et $NOEC_{\text{coraux}}$, l'évaluation de risque a été conduite uniquement sur la base des $PNEC_{\text{marine}}$. Les résultats de l'évaluation des risques et l'analyse des incertitudes sont résumés dans la Figure 4.



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : - - : très faible, - : faible, + : moyen, ++ élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 4 : Matrice récapitulative de l'évaluation des risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe des hydrocarbures pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine

Sur la base des données de surveillance dans l'eau marine disponibles en Guadeloupe et à La Réunion, le 1-méthylnaphtalène ne présente pas de risque pour les organismes aquatiques, dont les coraux, et ce avec un niveau de confiance élevé.

Pour les autres hydrocarbures, bien que l'évaluation des risques ait été conduite sur la base de concentrations mesurées dans l'eau marine et que les RCR basés sur une comparaison aux PNEC_{marine} soient inférieurs à 1, les risques pour les espèces coralliennes ne peuvent pas être écartés en raison d'une absence de données spécifiques de danger pour les espèces coralliennes.

Les études sur la toxicité pour les coraux des mélanges d'hydrocarbures n'ont pas été prises en compte pour des raisons méthodologiques dans le cadre de cette expertise. Cependant, les experts soulignent que les dispersants présents dans ces mélanges constituent une classe de polluants très pertinente à examiner pour d'éventuels risques sur les coraux. Les experts n'excluent pas un risque pour les organismes marins, y compris des espèces coralliennes.

3.2.2.1. Recensement des dispositions réglementaires existantes

Au niveau européen (Régions ultra périphériques comprises), le Règlement REACH permet de réduire les émissions de certains hydrocarbures dans l'environnement. Concernant les rejets d'hydrocarbures par les navires dans l'environnement marin, des accords internationaux tels que la Convention MARPOL¹⁶ et la Convention de Nairobi¹⁷, dont l'objectif est de lutter contre la pollution maritime, pourraient servir de cadre à des actions au niveau national en incitant à mettre en place une surveillance des polluants présents dans le milieu marin surtout pour les territoires qui ne disposent d'aucun système de surveillance.

¹⁶ Convention internationale pour la prévention de la pollution marine par les navires

¹⁷ Convention de Nairobi pour la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de la région de l'Afrique de l'Est

3.2.3. Groupe des métaux

3.2.3.1. Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue systématique conduite par l'UMS PatriNat a identifié 13 métaux. Le cuivre ressort comme étant le métal le plus étudié dans la revue systématique (50 publications). Il est aussi le seul métal pour lequel toutes les réponses biologiques sélectionnées dans le protocole de la revue systématique ont été étudiées.

3.2.3.2. Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Afin d'identifier les $NOEC_{\text{coraux}}$ et $LOEC_{\text{coraux}}$ pour un métal considéré, les données de toxicité relatives aux différentes formes des métaux ont été regroupées. Des $NOEC_{\text{coraux}}$ et $LOEC_{\text{coraux}}$ ont seulement pu être identifiées par l'Anses pour les métaux suivants : aluminium, cadmium, cuivre, gallium, fer, plomb, manganèse, mercure, nickel, vanadium et zinc.

Les experts relèvent qu'un certain nombre de facteurs expérimentaux font varier la toxicité de certaines substances : (i) la température du milieu ; une exposition aux métaux accompagnée d'une élévation de la température entraîne une toxicité nettement plus élevée (ex. cuivre) ; (ii) le stade de développement des coraux ; des organismes un peu plus âgés (ex. larves de 6 jours) peuvent être moins sensibles que des organismes un peu plus jeunes (ex. larves de 5 jours) ; (iii) l'espèce de corail ; certaines espèces sont plus sensibles que d'autres.

En considérant les substances pour lesquelles plus d'une réponse biologique a été investiguée, la fertilisation semble être l'effet le plus sensible par comparaison à d'autres réponses biologiques telles que la densité ou la croissance des algues symbiotiques.

Les $NOEC_{\text{coraux}}$ étant supérieures aux $PNEC_{\text{marine}}$ pour la majorité des métaux étudiés (proche/égale dans le cas du cuivre), les experts considèrent que les $PNEC_{\text{marine}}$ semblent protectrices pour l'évaluation des effets des métaux sur les coraux.

3.2.3.3. Évaluation de l'exposition des récifs coralliens

L'exploitation des deux bases de données Naiades et Quadrige indique que l'ensemble des métaux identifiés est suivi dans au moins une des deux matrices (eau douce ou marine) aux Antilles ou seulement dans l'eau douce à Mayotte. Le vanadium n'est suivi, ni à La Réunion, ni à Saint-Martin, pas plus que le mercure à Saint-Martin où le suivi est exclusivement fait en eaux marines. Des données sont disponibles pour l'argent mais ne peuvent pas être utilisées pour l'évaluation du risque, la méthode de quantification de l'argent (par échantillonneur passif DGT¹⁸) dans les eaux n'étant pas validée. Enfin, dans les autres territoires d'Outre-mer, aucune donnée n'est disponible.

3.2.3.4. Caractérisation des risques et analyse des incertitudes

Les résultats de l'évaluation des risques et l'analyse des incertitudes sont résumés dans la Figure 5.

¹⁸ Dispositif de gradient de diffusion en couche mince (*Diffusive Gradient in Thin film*)

Zinc-	+	++	+	+	
Vanadium-	-	-		-	
Plomb-	++	++	++	+	
Nickel-	++	++	++	+	
Mercure-	-	-	-	-	
Manganèse-	+	+	+	-	
Gallium-					
Fer-	+	+	+	+	
Cuivre-	+	++	++	+	
Cobalt-				--	
Cadmium-	+	+	+	+	
Argent-					
Aluminium-	+	+	+	-	
	Guadeloupe	Martinique	La Réunion	Mayotte	Autres territoires

■ Risque identifié
■ Le risque ne peut pas être écarté (besoin de données de danger)
■ Pas de risque identifié
■ Pas de valeur limite dérivée
■ Aucune donnée d'exposition

Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : - - : très faible, - : faible, + : moyen, ++ élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 5 : Matrice récapitulative de l'évaluation des risques pour les espèces coralliennes et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe métaux pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine

Sur la base des données disponibles, des risques pour les organismes aquatiques, y compris pour les coraux, ont été identifiés avec un niveau de confiance moyen ou élevé :

- en Guadeloupe : pour le manganèse et l'aluminium ;
- en Martinique et à La Réunion : pour le zinc, le manganèse, l'aluminium et le fer ;
- à Mayotte : pour le fer.

Des risques potentiels pour les coraux ne peuvent être écartés dans la majorité des territoires, pour l'argent faute de $NOEC_{\text{coraux}}$ et de données d'exposition fiables, et pour le cobalt en l'absence de $NOEC_{\text{coraux}}$.

À l'inverse, une absence de risque a été identifiée avec un niveau de confiance moyen ou élevé pour le plomb, le nickel, le cuivre et le cadmium dans les 4 territoires.

Les concentrations en éléments métalliques relevées dans les eaux marines peuvent être liées à celles des fonds géochimiques, c'est-à-dire à la concentration naturelle de ces éléments dans les eaux marines (appelées concentrations de référence), ou à une pollution exogène en lien avec les activités anthropiques. Afin d'investiguer l'origine des risques identifiés relatifs aux éléments métalliques cités ci-dessus, des données caractérisant les fonds géochimiques ont été collectées.

En Martinique, des concentrations de référence des fonds géochimiques déterminées à partir des valeurs en eaux douces ont pu être identifiées pour le zinc, le manganèse, le fer et l'aluminium (BRGM, 2017). Celles-ci ont été comparées aux données d'exposition collectées pour les eaux douces. Il ressort que :

- dans les eaux douces, les concentrations en aluminium, manganèse et zinc sont supérieures aux valeurs de référence des fonds géochimiques ;
- les risques identifiés principalement pour l'aluminium, le manganèse et le zinc pourraient être liés à une contamination du milieu par des activités anthropiques. Les audits ont révélé que les éventuelles sources ne sont pas formellement identifiées. Les sources potentielles de pollution pourraient notamment être liées au ruissellement des eaux de pluie sur les toitures pour le zinc, à des rejets industriels non identifiés, à l'agriculture ou encore à des rejets de stations d'épuration insuffisamment épurés.

Pour les autres territoires, il n'existe pas de concentrations de référence des fonds géochimiques. En conséquence, il n'est pas possible de déterminer si les concentrations relevées sont d'origine anthropique et si le risque identifié peut être éliminé ou réduit par la mise en place d'actions limitant les émissions anthropiques.

3.2.3.5. Recensement des dispositions réglementaires existantes

Les métaux identifiés à risque avec un niveau de confiance élevé et moyen (zinc, fer, manganèse et aluminium) font l'objet d'une surveillance dans le cadre de la directive cadre sur l'eau (DCE) et sont couverts par différents règlements (règlement REACH, règlement (UE) n°2019/1009 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants, règlement (UE) n°2018/831 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires, etc.).

3.2.4. Groupe des produits pharmaceutiques

3.2.4.1. Identification des substances toxiques pour les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue systématique conduite par l'UMS PatriNat a permis d'identifier 13 « substances pharmaceutiques ». Cependant, celles-ci ne sont pas pertinentes car ce sont des neurotransmetteurs et autres intermédiaires physiologiques étudiés dans le cadre d'une recherche fondamentale en vue d'optimiser les conditions d'aquaculture des coraux en agissant sur des paramètres tels que la reproduction ou l'implantation. Les études identifiées, exceptée celle pour l'huile de clous de girofle, ne visent pas à mettre en évidence des effets néfastes sur les coraux. Pour cette raison, il n'a pas été possible d'identifier des NOEC_{coraux}. De plus, pour la majorité des substances, il n'y a pas de PNEC_{marine} disponible. Par ailleurs, les substances identifiées ne correspondent pas aux substances fréquemment détectées dans les eaux de surface et connues pour présenter des risques pour l'environnement comme la carbamazépine, le sulfaméthoxazole, l'oxazépam, le diclofénac, le paracétamol, l'ibuprofène, entre autres¹⁹ et qui n'ont a priori pas fait l'objet d'études sur leur dangerosité vis-à-vis des coraux.

¹⁹INERIS. (2020). Substances Pertinentes à Surveiller (SPAS) dans les eaux de surface. Bilan des données de surveillance acquises de 2016 à 2018 pour l'eau et le sédiment.

3.2.4.2. Évaluation des risques

Devant l'impossibilité de dériver des seuils de toxicité sur les coraux pour des substances pharmaceutiques et le manque de données d'exposition, il n'a donc pas été possible de conduire une évaluation des risques pour ce groupe de substances.

3.2.5. Groupe des microplastiques

3.2.5.1. Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue systématique conduite par l'UMS PatriNat a permis d'identifier différents types d'exposition à des polymères, principalement au polyéthylène et au polypropylène, ainsi qu'une exposition au polystyrène.

Les caractéristiques des polymères étudiés et les méthodologies d'évaluation des effets toxiques varient selon les auteurs.

3.2.5.2. Évaluation des risques

En raison de l'absence d'informations disponibles relatives à l'exposition du milieu marin des territoires français d'Outre-mer aux microplastiques et de données limitées pour leur dangerosité vis-à-vis des coraux, l'évaluation des risques n'a pas pu être conduite avec les polymères identifiés par la revue systématique.

Les experts constatent que l'émergence des recherches sur les microplastiques et leur danger potentiel pour les espèces coralliennes entraînent une hétérogénéité des méthodes utilisées. Celles-ci ne permettent, ni de comparer les résultats de toxicité pour un même polymère, ni de mesurer leur présence de façon univoque dans le milieu aquatique. Cependant, il est important de noter que des effets néfastes sur la fertilisation, la densité des algues symbiotiques et de la mortalité sont observés chez les coraux pour les microplastiques à base de polyéthylène.

3.2.5.3. Recensement des dispositions réglementaires existantes

En raison de craintes pour l'environnement et la santé humaine, des mesures visant à diminuer la pollution en matières plastiques et en microplastiques ont été adoptées ces dernières années. Les États membres de l'Union européenne ont adopté ou proposé des interdictions nationales relatives à l'utilisation intentionnelle de microplastiques, notamment dans les produits cosmétiques (décret n° 2017-291 du 6 mars 2017²⁰). L'Union européenne, avec l'adoption de la directive (UE) n°2019/904²¹, vise à diminuer la pollution plastique en réduisant l'utilisation des produits en plastique les plus fréquemment jetés. Une restriction de grande

<https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Substances%20Pertinentes%20%C3%A0%20Surveiller%20%28SPAS%29%20v3.pdf>

²⁰ Décret n°2017-291 du 6 mars 2017 relatif aux conditions de mise en œuvre de l'interdiction de mise sur le marché des produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides et des bâtonnets ouatés à usage domestique dont la tige est en plastique.

²¹ Directive (UE) n°2019/904 du Parlement Européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement.

ampleur proposée par l'ECHA pour les microplastiques ajoutés intentionnellement dans les produits mis sur le marché de l'UE/EEE est en cours d'approbation (ECHA, 2019). Si elle est mise en application, cette proposition devrait permettre d'éviter le rejet de 500 000 tonnes de microplastiques sur une période de 20 ans.

3.2.6. Groupe des autres substances

3.2.6.1. Identification des substances toxiques pour les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue de la littérature menée par l'UMS PatriNat a permis d'identifier des substances n'entrant dans aucun des groupes de substances précédemment décrits. Ces substances constituent le groupe nommé « autres substances », composé de :

- nanoparticules et de polymères (telles que le nano-argent, polymère redox MeO-PEG-b-PMOT, *etc.*) ;
- cryoprotecteurs (tels que le diméthylsulfoxyde, l'éthylène glycol, le glycérol, *etc.*) ;
- dispersants (tels que le Corexit 9527, Corexit 9500, *etc.*) ;
- détergents (tels que l'alkylbenzène sulfonate linéaire, le dodécylsulfate de sodium, les éthoxylates de nonylphénol) ;
- conservateurs antimicrobiens (tels que le butylparabène et l'éthylparabène) ;
- d'autres substances telles que la 1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine, le polychlorobiphényle « Aroclor 1254 », le rouge de ruthénium, *etc.*

3.2.6.2. Évaluation des risques

L'éthylparabène est la seule substance identifiée par la revue systématique pour laquelle des données d'exposition sont disponibles en Guadeloupe, en Martinique et à La Réunion. En considérant la $PNEC_{\text{marine}}$, des risques pour les organismes marins n'ont pas été identifiés. Cependant, l'information disponible sur les coraux se résumant à une seule étude où l'absence d'effet toxique n'a été montrée que pour une seule réponse biologique (performance de la photosynthèse), des risques pour les coraux ne peuvent pas être écartés.

L'éthylparabène fait l'objet, au niveau européen, d'une évaluation dans le cadre du règlement REACH afin de caractériser cette substance au regard du danger de perturbation endocrinienne. Si ce caractère venait à être établi, des mesures de gestion des risques comme des restrictions et des autorisations pour certains usages pourraient être mises en place. Ces mesures seront applicables aux Régions ultra périphériques.

Les experts constatent que la question de l'impact des nanoparticules sur les coraux est encore trop émergente. On ne dispose pas à ce jour de suffisamment de recul pour identifier des seuils de toxicité et mesurer les niveaux d'exposition des coraux. Les experts notent néanmoins que des effets, notamment sur la fertilité, de certaines nanoparticules d'argent ont été démontrés sur les coraux

D'autres composés comme les éthoxylates de nonylphénol n'ont été testés qu'en mélange, ce qui n'a pas permis de conduire une analyse des données suivant la méthodologie d'évaluation des risques définie par les experts.

En conclusion, sur l'ensemble des substances de ce groupe, les données sont globalement trop parcellaires pour pouvoir conduire une évaluation du risque.

3.3. Conclusions

L'OFB et l'Anses ont été saisis afin d'évaluer l'impact des substances chimiques sur les récifs coralliens. L'objectif principal de la demande était de formuler des recommandations techniques et/ou réglementaires pour la gestion des substances qui exercent un impact négatif sur les récifs coralliens en Outre-mer.

Afin de répondre à cet objectif, la saisine a été développée en trois volets successifs : la première étape a consisté en l'identification de substances chimiques qui exercent des effets néfastes sur les récifs coralliens à partir d'une revue systématique de la littérature scientifique réalisée par l'UMS Patrinat. La deuxième étape a consisté à caractériser l'exposition des récifs coralliens en Outre-mer aux substances chimiques identifiées au cours de la première étape. Enfin, la troisième étape a consisté à identifier les substances préoccupantes pour les récifs coralliens, au moyen d'une évaluation des risques exploitant les résultats des deux premières étapes.

- Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue systématique réalisée par l'UMS Patrinat a conduit à retenir un corpus d'études scientifiques sur la base de critères de sélection précis (études de toxicologie expérimentales sur coraux et réponses biologiques étudiées parmi les suivantes : performance de la photosynthèse, densité des algues symbiotiques, recrutement, fertilisation, croissance, mortalité et blanchissement). L'analyse de ce corpus d'études a permis d'identifier des substances chimiques exerçant des effets toxiques sur des espèces coralliennes. En considérant les critères décrits ci-dessus, 186 publications portant sur 112 substances chimiques (sans inclure les mélanges et les nutriments) ont été retenus.

Des études relatives à certains mélanges (crèmes solaires, mélanges antifouling, mélanges d'hydrocarbures, de métaux, *etc.*) ont été identifiées par la revue systématique, mais n'ont pas été examinées dans le cadre de cette expertise, la méthodologie d'évaluation des risques mise en œuvre ne permettant pas d'évaluer de tels mélanges.

Les études toxicologiques sur les coraux sont peu nombreuses et leur nombre varie en fonction des groupes de substances. Les groupes les plus étudiés sont les métaux (en particulier le cuivre) et les pesticides, puis les hydrocarbures et enfin les filtres UV (en particulier les filtres organiques). L'information est parcellaire pour le groupe intitulé « autres substances » et très limitée pour les autres groupes comme les produits pharmaceutiques et les microplastiques. Pour les produits pharmaceutiques, les substances identifiées par la revue systématique ne sont pas pertinentes car elles ne correspondent pas à celles retrouvées dans les eaux de surface. De plus, les études disponibles ne testent pas la toxicité de ces substances sur les coraux.

Par ailleurs, les études sont essentiellement focalisées sur les substances mères. Les études sur les produits de dégradation ou de biotransformation sont quasi inexistantes (ex. une seule étude disponible sur le chlorpyrifos oxon, produit de dégradation de la substance active chlorpyrifos).

Ainsi, l'univers chimique qu'il a été possible d'étudier suite à la revue systématique (112 substances) est très restreint au regard du nombre très important de substances pouvant être dispersées dans l'environnement marin.

- Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Une grande variabilité caractérise les données de danger récoltées sur les coraux (en fonction des effets étudiés, du nombre d'espèces, du stade de vie et du temps d'exposition) rendant difficile la comparaison de la dangerosité entre les substances au sein d'un même groupe (données plus ou moins fragmentaires en fonction des substances étudiées). Les données disponibles pour une substance donnée peuvent correspondre à une seule publication scientifique, étudiant un seul effet biologique à un seul stade de développement d'une unique espèce de corail, tout aussi bien qu'à 50 articles (comme pour le cuivre) investiguant différents effets biologiques et combinant différents stades de vie.

Par ailleurs, des différences de sensibilité entre espèces de coraux pour une même substance peuvent être observées (ex. diuron, benzène, cuivre).

Certaines incertitudes subsistent concernant les concentrations auxquelles les effets toxiques sont observés. Pour certains groupes de substances, notamment pour les filtres UV et les hydrocarbures, la plupart des études ne rapportent que des concentrations nominales. En raison des questionnements concernant principalement la stabilité de ces substances au cours des tests, leurs transformations possibles et/ou leur dissipation, les NOEC_{coraux} pourraient être surestimées.

Malgré certaines limites identifiées parmi l'ensemble des informations disponibles, le recrutement, la performance de la photosynthèse et la fertilisation semblent être des réponses biologiques plus sensibles que la densité des algues symbiotiques ou encore la mortalité. Dans le cas des filtres UV, des pesticides et des hydrocarbures, les effets toxiques les plus importants sont observés chez les larves des coraux. En conséquence, la prise en compte de ce stade de vie est à encourager pour la réalisation des prochaines études toxicologiques pour ces substances sur les coraux.

L'analyse de l'information disponible a permis d'identifier des relations doses-effets pour certains effets biologiques d'un sous-ensemble de substances, permettant ainsi la caractérisation des dangers de ces substances sur les coraux. Pour le reste des substances, les études disponibles n'ont pas permis d'identifier de seuils de toxicité sur les coraux (NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux}) (Figure 19 du rapport). Pour la plupart d'entre elles, les dangers ont ainsi été caractérisés hors du corpus fourni par l'UMS PatriNat à partir des PNEC_{marine} existantes. Sur l'ensemble des substances étudiées, les experts remarquent que les PNEC_{marine}, malgré leurs limites, sont d'une manière générale plus protectrices que les NOEC_{coraux}. Toutefois, cinq substances, à savoir, la benzophénone-1, la benzophénone-2, la benzophénone-8, la cybutryne (Irgarol 1051) et le cuivre, font figure d'exception, les NOEC_{coraux} retenues pour ces substances étant inférieures ou très proches des PNEC_{marine} identifiées. Ce constat souligne l'intérêt et le caractère protecteur de la démarche d'évaluation des risques basée sur deux valeurs limites de danger (NOEC_{coraux} et PNEC_{marine}).

- Évaluation de l'exposition des récifs coralliens

Des différences marquantes existent entre les territoires concernés par la saisine. Un manque important d'informations est relevé pour Mayotte (aucune donnée en eaux marines) et Saint-Martin (très peu de données, nombre limité de substances suivies et un seul point de surveillance), ainsi qu'une absence d'informations pour Saint Barthélemy, la Nouvelle Calédonie, les Iles Eparses, Wallis et Futuna et la Polynésie Française. Pour ces derniers territoires, il n'a donc pas été possible d'estimer quantitativement l'exposition et, par conséquence, le risque associé aux substances.

Sur les 112 substances identifiées par la revue systématique, des données d'exposition n'ont été recueillies que pour 59 substances. Les données d'exposition étaient issues de la Guadeloupe, Saint-Martin, Mayotte ou La Réunion pour 46 substances et, concernaient le milieu marin pour seulement 29 d'entre elles. Les expositions en milieu marin étaient documentées notamment pour les métaux, les hydrocarbures et certains pesticides. En ce qui concerne les substances identifiées dans les groupes filtres UV, microplastiques, produits pharmaceutiques et autres substances (à l'exception de l'éthylparabène), aucune donnée n'a été identifiée dans les territoires concernés par la saisine.

Au travers de la recherche de données d'exposition et des auditions, il est apparu que le système de surveillance des substances chimiques dans les eaux du littoral est insuffisant, voire quasi-inexistant, dans plusieurs territoires, au regard des enjeux de conservation des écosystèmes marins en général et des récifs coralliens en particulier.

Pour ce qui concerne les données d'exposition disponibles, il a été constaté une difficulté d'accès aux données ainsi qu'un délai parfois trop important entre l'acquisition et la bancarisation des données limitant ainsi leur exploitation ultérieure.

- Évaluation des risques des substances chimiques sur les récifs coralliens

La méthodologie d'évaluation des risques mise en œuvre a pu être conduite, uniquement pour les départements d'Outre-mer, pour 53 substances sur les 112 identifiées par la revue systématique.

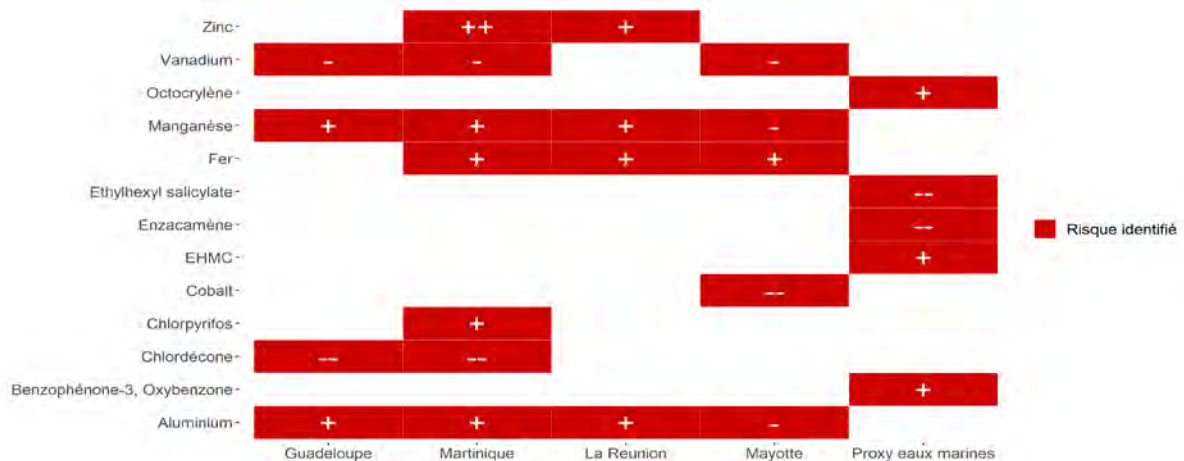
Cette expertise a permis de dresser un panorama des substances chimiques pour lesquelles aucun risque n'a été identifié (25 substances, cf. Figure 6) ou au contraire de celles susceptibles de présenter un risque avéré ou potentiel pour les récifs coralliens (13 substances, cf. Figure 7).



Niveau de confiance : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé

Proxy eaux marines indique que l'analyse a été faite sur des données mondiales pour les filtres UV.

Figure 6 : Récapitulatif des substances pour lesquelles le risque n'est pas identifié d'après l'expertise, en fonction des départements d'Outre-mer (DOM)



Niveau de confiance : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé

Proxy eaux marines indique que l'analyse a été faite sur des données mondiales pour les filtres UV.

Figure 7 : Récapitulatif des substances pour lesquelles un risque est identifié d'après l'expertise, en fonction des DOM

L'expertise a permis d'identifier des risques pour les organismes aquatiques, y compris les espèces coralliennes :

- avec un niveau de confiance élevé ou moyen :
 - o en Guadeloupe : pour le manganèse, l'aluminium ;
 - o en Martinique: pour le zinc, le chlorpyrifos, le manganèse, l'aluminium, le fer ;
 - o à La Réunion: pour le zinc, le manganèse, l'aluminium, le fer ;
 - o à Mayotte : pour le fer ;
 - o dans les eaux marines internationales : pour l'octocrylène, l'octinoxate (EHMC) et la benzophénone-3 ;
- avec un niveau de confiance très faible :
 - o en Guadeloupe et en Martinique: pour le chlordécone ;
 - o à Mayotte : pour le cobalt ;
 - o dans les eaux marines internationales : pour l'enzacamène, le salicylate de 2-éthylhexyle.

Le chlorpyrifos et le chlordécone sont les deux seuls **pesticides** identifiés comme étant à risque pour les coraux. Les deux substances sont déjà interdites en Europe pour le chlorpyrifos dans le cadre des règlements phytosanitaires et/ou biocides et au niveau international pour le chlordécone dans le cadre de la convention de Stockholm sur les POP. Le chlorpyrifos est actuellement une substance candidate pour rejoindre la liste des substances interdites dans le cadre de cette convention permettant alors de restreindre encore plus les concentrations du chlorpyrifos dans l'environnement.

Pour les **métaux**, des concentrations de référence des fonds géochimiques déterminées à partir des valeurs en eaux douces sont disponibles et dépassées pour le zinc, le manganèse et l'aluminium. Les risques identifiés pour les organismes aquatiques (y compris les récifs coralliens) en Martinique concernant l'aluminium, le manganèse et le zinc pourraient être liés à une contamination du milieu par des activités anthropiques. Néanmoins, l'information disponible ne permet pas d'identifier avec certitude les sources précises de contamination du milieu marin. Pour les autres territoires, en l'absence de concentrations de référence des fonds géochimiques disponibles, il n'est pas possible de déterminer si les concentrations relevées sont issues d'un apport d'origine anthropique.

En ce qui concerne les **filtres UV**, aucune substance de cette famille n'est intégrée dans les suivis ou programmes de surveillance des substances chimiques des eaux du littoral, lorsque ces derniers existent. Ce manque d'information empêche de quantifier leur présence dans le milieu et de conduire une évaluation des risques spécifique pour chacun des territoires français d'Outre-mer. Cependant, la recherche de données d'exposition au niveau international a permis d'identifier, parmi la liste des substances issues de la revue systématique, des substances dont les concentrations dans l'environnement peuvent présenter un risque pour les organismes aquatiques du milieu marin, à savoir : l'oxybenzone, l'enzacamène, l'octinoxate, l'octocrylène et le salicylate de 2-éthylhexyle. Au niveau européen, ces substances font actuellement l'objet d'évaluations approfondies par les États membres afin de clarifier leurs propriétés de perturbation endocrinienne et/ou leur caractère PBT.

Concernant le groupe des **produits pharmaceutiques**, aucune des substances identifiées par la revue systématique ne correspond à des substances fréquemment retrouvées dans les eaux de surface et préoccupantes pour l'environnement. Les études se sont focalisées sur des neurotransmetteurs et autres intermédiaires physiologiques dans le cadre des recherches fondamentales sur la croissance des coraux. Devant l'impossibilité de dériver des seuils de

toxicité coraux précis pour les substances identifiées par la revue systématique et le manque de données d'exposition, il n'a donc pas été possible de conduire une évaluation des risques pour ce groupe de substances. Ainsi, une évaluation des risques pour les récifs coralliens des territoires d'Outre-mer serait à conduire pour des substances pharmaceutiques pertinentes.

Les experts constatent que les recherches sur les **microplastiques** et leur danger potentiel pour les espèces coralliennes sont récentes. Des évaluations de risques pour chacun des territoires d'Outre-mer n'ont pas pu être conduites à cause d'information restreinte sur la toxicité pour les coraux et d'un manque de données d'exposition. En raison de craintes pour l'environnement et la santé humaine, des mesures visant à diminuer la pollution en matières plastiques et microplastiques ont été adoptées ces dernières années. De plus, une restriction de grande ampleur proposée par l'ECHA pour les microplastiques ajoutés intentionnellement dans les produits mis sur le marché de l'UE/EEE est en cours d'approbation (ECHA, 2019).

L'expertise pour les groupes de substances pour lesquels une évaluation a pu être conduite, aboutit aux conclusions suivantes :

- pour les filtres UV, des risques pour l'environnement marin ont été identifiés pour 5 filtres UV sur 11, soit 45% de ces substances ;
- pour les pesticides, des risques pour l'environnement marin ont été identifiés pour 2 pesticides sur 21 (pour la Guadeloupe et la Martinique, territoires pour lesquels les données d'exposition sont les plus conséquentes) et un risque ne peut pas être écarté²² pour 8 d'entre eux, soit pour 47% de ces pesticides ;
- pour les métaux, des risques pour l'environnement marin, y compris pour les coraux ont été identifiés pour 6 métaux sur 12, soit 50% de ces métaux.

Sur cette base et malgré des données fragmentaires, l'expertise conclut que près de 50% des 53 substances évaluées appartenant aux groupes des filtres UV, pesticides et métaux peuvent entraîner des risques pour les coraux.

Pour toutes les substances identifiées par la revue systématique qui n'ont pu faire l'objet d'évaluations des risques à cause d'informations manquantes sur les dangers ou les expositions, des risques pour les organismes marins y compris pour les espèces coralliennes ne peuvent pas être écartés. Ces risques ne peuvent pas non plus être écartés pour les territoires d'Outre-mer (Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna, Les Iles Eparses, Nouvelle Calédonie et Polynésie Française) pour lesquels les données d'exposition manquent.

- **Réflexions générales**

Les auditions rapportent que les menaces liées à la conservation des récifs coralliens sont perçues comme étant multifactorielles. Les problématiques liées à la présence de substances chimiques spécifiques ne sont pas perçues comme prioritaires par les acteurs locaux audités.

Il faut noter que plusieurs groupes de substances identifiés par la revue systématique comme étant toxiques sur les coraux peuvent provenir d'un système d'assainissement des eaux inexistant ou inapproprié (ex: microplastiques, nanoparticules, nutriments, produits pharmaceutiques, détergents et autres) ou du lessivage des sols (ex : nutriments, pesticides, hydrocarbures, métaux, etc.). Ces deux problématiques (assainissement et lessivage) sont ressorties comme des enjeux majeurs pour l'ensemble des territoires où des auditions ont pu être conduites. De plus, même si le groupe des nutriments n'a pas pu être pris en compte dans

²² Correspond aux substances du groupe orange (RCR>1 - Risque ne pouvant être écarté, besoin des informations sur l'exposition)

le cadre de cette expertise, il est important de souligner que l'apport des nutriments dans le milieu marin ressort comme l'une des problématiques majeures pour la conservation des récifs coralliens d'après les auditions menées dans le cadre de l'expertise.

Un moyen efficace de lutte contre les risques liés aux substances chimiques et de contribution au maintien des écosystèmes aquatiques marins consisterait à réglementer les substances depuis la source des émissions en limitant leurs usages présentant un risque pour l'environnement. Des outils de gestion, comme la mise en place d'autorisations, de restrictions d'usages dans le cadre du règlement REACH ou d'interdictions dans le cadre de la réglementation des produits phytopharmaceutiques et des substances biocides, pourraient contribuer à une réduction progressive de leur rejet dans les milieux aquatiques marins.

Les auditions effectuées dans le cadre de cette expertise ont aussi mis en évidence les spécificités de chaque territoire, liées à leurs statuts territoriaux en dehors de leur situation géographique. Dans les PTOM, l'État n'a pas de compétence directe sur la gestion des récifs coralliens et ne peut établir que des recommandations. Le rôle des instances locales de gouvernance est alors fondamental dans la prise de décision. Ainsi, si les évaluations européennes établissent des propriétés de danger pour l'environnement (perturbateurs endocriniens et/ou PBT), des mesures de gestion liées à la réglementation européenne ne pourront être directement applicables qu'aux Territoires ultra périphériques où s'exerce le droit communautaire. Sans attendre des décisions réglementaires, certains territoires ont déjà pris des mesures visant à empêcher l'utilisation des crèmes solaires à base de filtres UV organiques par des actions de sensibilisation du grand public et/ou des conventions de mécénat avec le secteur privé (telles que la Convention Reserve Naturelle Saint Martin et Alphanova).

3.4. Recommandations

Suite au travail mené dans le cadre de cette expertise, les experts formulent plusieurs recommandations :

Recommandations relatives à l'évaluation du danger

Les experts recommandent de :

- intégrer l'étude de la toxicité sur les coraux dans l'évaluation de danger des substances chimiques relatives aux différents règlements (REACH, produits cosmétiques, biocides, produits phytosanitaires, pharmaceutiques, etc.) ;
- réaliser des études toxicologiques sur différentes espèces de coraux, en prenant en compte les stades larvaires en plus des stades adultes, en suivant l'hôte et les symbiotes, afin d'avoir une estimation exhaustive de la toxicité des substances chimiques ;
- inclure dans les études toxicologiques, la mesure de l'exposition à la substance testée et à ses produits de dégradation/transformation au cours des tests ;
- standardiser les méthodes d'étude de toxicité sur les coraux afin de faciliter la comparaison des résultats et les études de danger ;
- promouvoir les études de sensibilité entre les espèces coralliennes afin de sélectionner les scénarios à risque lors de l'évaluation de l'impact des substances chimiques sur les récifs coralliens ;
- inclure, dans les études toxicologiques, d'autres variables comme la température et le pH afin d'intégrer la problématique du changement climatique ;

- renforcer la recherche des effets toxiques pour les espèces coralliennes des groupes de substances pour lesquels l'information est encore lacunaire, comme les filtres UV, les formes nanoparticulaires et les microplastiques ;
- étudier les effets sur les coraux de substances pharmaceutiques déjà identifiées comme pertinentes dans les systèmes de surveillance. À cet effet, les experts préconisent de s'appuyer sur l'arrêté du 26 avril 2022 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du Code de l'environnement. Cet arrêté liste les substances pertinentes à surveiller et les polluants spécifiques de l'état écologique dans les eaux de surface continentales et les micropolluants du contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines. Cette liste n'étant pas exhaustive, d'autres molécules d'intérêt pourraient être identifiées et venir compléter la liste de substances pertinentes à tester sur les coraux. Certains offices de l'eau tels que celui de la Guadeloupe ont, par exemple, élaboré des listes de substances prioritaires spécifiques pouvant servir de support ;
- étudier les effets toxiques sur les espèces coralliennes des substances pour lesquelles le risque ne peut pas être écarté (groupe jaune) et plus largement sur les substances dispersées dans l'environnement ;
- mettre à jour la $PNEC_{\text{marine}}$ dans les dossiers d'enregistrement des substances qui présentent des $NOEC_{\text{coraux}}$ ou $LOEC_{\text{coraux}}$ inférieures ou proches de cette $PNEC_{\text{marine}}$ en intégrant les effets sur les coraux dans le calcul de la $PNEC_{\text{marine}}$.

Recommandations relatives à l'évaluation de l'exposition

Les experts recommandent de :

- assortir le financement public de projets d'acquisition de données à une obligation de bancarisation dans des délais raisonnables avec la mise en place d'un contrôle de cette bancarisation ;
- améliorer les délais de bancarisation des données de surveillance dans les bases du système d'information sur l'eau (Quadrige, Naïades) par les différents territoires en appui à l'utilisation et à la mise en commun des outils de partage de données ;
- caractériser les fonds géochimiques pour les métaux afin de pouvoir préciser l'origine des risques identifiés notamment en Guadeloupe, à Mayotte et à La Réunion ;
- confirmer les concentrations dans le milieu marin pour les territoires où des métaux ont été identifiés à risque;
- anticiper la prise de décisions réglementaires par des accords ou chartes visant à empêcher ou limiter les effets consécutifs à l'utilisation des filtres UV dans les sites sensibles (à proximité des récifs coralliens) ;
- inclure les filtres UV, notamment ceux identifiés dans cette expertise, aux programmes de surveillance des eaux des territoires français d'Outre-mer afin d'en évaluer l'occurrence, la distribution et les niveaux relatifs d'exposition ;
- renforcer le niveau de surveillance des hydrocarbures et de leurs produits dérivés (dispersants) et d'évaluer la toxicité de ces substances sur les coraux ;
- de développer, pour les substances pour lesquelles le risque ne peut pas être écarté (groupe orange), des méthodes d'analyse ou d'échantillonnage plus adaptées afin de permettre la quantification de ces substances dans le milieu ;
- soutenir les initiatives de sciences participatives qui peuvent également fournir des informations complémentaires aux réseaux de surveillance.

Les experts recommandent de mettre en place ou de renforcer les suivis des substances chimiques à proximité des récifs coralliens. Les systèmes de surveillance des substances

chimiques sont insuffisants et les données disponibles sont difficilement accessibles, voire quasi-inexistantes, dans certains territoires. De plus, lors de campagnes d'évaluation de l'état des récifs, il serait souhaitable d'intégrer une évaluation de la pollution par des substances chimiques.

Recommandations relatives à l'évaluation des risques

Les experts recommandent de :

- établir une méthodologie d'évaluation des risques prenant en compte les effets cocktails des substances chimiques et leur relation potentielle avec les résultats des études observationnelles ;
- maintenir et éventuellement renforcer ou mettre en place, une surveillance pour les substances identifiées comme à risque (groupe rouge) ;
- identifier les sources de contamination si les niveaux relevés pour les métaux dépassent les concentrations identifiées dans les fonds géochimiques afin de définir des mesures de réduction des émissions ;

Recommandations relatives aux mesures de gestion

Les experts recommandent de :

- interdire, en vertu de la réglementation existante, les allégations et logos, présents sur un certain nombre de produits solaires, vantant leur respect du milieu marin, en particulier si ces produits contiennent des substances identifiées dans cette expertise comme présentant un risque ou pour lesquelles les risques ne peuvent pas être écartés, jusqu'à ce que des méthodes normées existent pour démontrer l'innocuité des filtres UV à l'égard des coraux. Cette interdiction pourrait reposer sur une réglementation plus explicite des allégations sur le modèle de celles qui figurent déjà dans les recommandations de la Commission Européenne du 22 septembre 2006 concernant les produits de protection solaire (interdiction de l'utilisation des termes d'écran total, etc.) ;
- renforcer la sensibilisation de la population aux mesures de prévention de l'exposition aux rayons UV et l'encourager à appliquer de bonnes pratiques permettant de se protéger du soleil en limitant l'utilisation de crèmes solaires (éviter les heures d'ensoleillement maximal, utiliser des vêtements protecteurs, se protéger à l'ombre). Ces mesures permettent, en effet, de protéger simultanément le milieu marin et la santé humaine ;
- améliorer l'implantation et le fonctionnement des réseaux d'assainissement des eaux usées. Ceci constitue un des premiers leviers d'action pour diminuer les apports de substances dangereuses dans les écosystèmes récifaux. Le rapport de l'IFRECOR de 2020 a également mis en avant cette action et recommande notamment « *une maîtrise du traitement des eaux usées et des eaux pluviales qui passe par la mise en place de stations d'épuration, l'amélioration de l'efficacité des traitements, la généralisation des réseaux collectifs, la disparition des rejets en mer des eaux usées non ou mal traitées et la gestion des eaux pluviales chargées de boues, issues des bassins-versants* ». Les experts constatent, en effet un décalage entre les préoccupations locales liées au déficit d'assainissement et celles formulées dans la saisine.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations émises par le GT et le CES.

L'expertise de l'Anses a montré que 50% des 53 substances évaluées appartenant aux groupes des filtres UV, pesticides et métaux peuvent entraîner des risques pour les coraux. Cependant, cette expertise n'ayant pu être réalisée que sur un nombre limité de substances parmi toutes celles pouvant se retrouver au niveau des récifs coralliens, le nombre de substances présentant des risques pour les coraux est probablement sous-estimé.

Ainsi, l'Anses souligne l'importance de réduire les rejets des substances chimiques dans le milieu marin afin de permettre aux coraux de faire face aux différentes menaces qui pèsent sur cet écosystème particulier, parmi lesquelles le dérèglement climatique. Pour ce faire, l'Anses recommande de limiter à la source les substances chimiques dangereuses par la mise en œuvre de mesures de gestion (réglementations, initiatives zonales, *etc.*) et de réduire leur présence dans les eaux en améliorant l'implantation et le fonctionnement des réseaux d'assainissement des eaux usées.

L'Anses attire également l'attention sur les mentions et logos, présents sur un certain nombre de produits solaires alléguant leur respect du milieu marin. Le fait d'apposer de telles mentions et/ou allégations est encadré par des règlements²³. L'Anses considère que les produits contenant des substances identifiées dans cette expertise comme présentant un risque sont peu susceptibles de pouvoir faire l'objet d'une allégation probante. Pour les autres substances, notamment celles pour lesquelles l'expertise menée n'a pas permis de statuer sur le risque, elle renvoie aux obligations des metteurs en marché de documenter mentions et/ou allégations. Elle recommande également que les études correspondantes fassent l'objet de publications scientifiques.

Enfin, la Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM-2008/56/EU) ne s'appliquant que dans les eaux marines directement connectées au continent européen, l'Anses recommande, en se basant sur des conventions applicables aux zones marines concernées de la planète, de mettre en place ou de renforcer le suivi des substances chimiques présentant un impact sur cet écosystème fragile afin d'adapter ou adopter des mesures de gestion pour leur protection.

Pr Benoit Vallet

²³ Règlement (UE) n° 655/2013 ; article L121-2 du Code de la consommation

MOTS-CLÉS

Récifs coralliens, organismes aquatiques, évaluation du risque, milieu marin, substances chimiques, filtres UV, pesticides, métaux, hydrocarbures, produits pharmaceutiques, microplastiques, territoires d'Outre-mer.

Coral reefs, aquatic organisms, risk assessment, marine environment, chemicals, UV filters, pesticides, metals, hydrocarbons, pharmaceutical products, microplastics, overseas territories.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2022). Impact des substances chimiques sur les récifs coralliens. (saisine 2018-SA-0241). Maisons-Alfort : Anses, 30 p.

Évaluation des risques des substances chimiques pour les récifs coralliens

Saisine n° 2018-SA-0241

RAPPORT d'expertise collective

**Comité d'experts spécialisé « Substances chimiques visées par les règlements
REACH et CLP »**

Groupe de travail « Récifs »

Septembre 2022

Citation suggérée

Anses. (2022). Évaluation des risques des substances chimiques sur les récifs coralliens. (saisine 2018-SA-0241). Maisons-Alfort : Anses, 158 p.

Mots clés

Récifs coralliens, évaluation du risque, milieu marin, substances chimiques, filtres UV, pesticides, métaux, hydrocarbures, produits pharmaceutiques, microplastiques, territoires d'Outre-mer.

Coral reefs, risk assessment, marine environment, chemicals, UV filters, pesticides, metals, hydrocarbons, pharmaceutical products, microplastics, overseas territories.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : les experts, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Les travaux, objets du présent rapport ont été menés par le groupe de travail suivant :
« Récifs »

Président

M. Christophe CALVAYRAC – Maître de conférences (Université de Perpignan Via Domitia) – Compétences : chimie analytique, comportement et devenir environnemental des contaminants organiques, dégradations biotique et abiotique, microbiologie environnementale.

Membres

M. Jean-Louis GONZALEZ – Chercheur habilité à diriger des recherches – Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) – Compétences : milieu marin, contaminants chimiques, spéciation, modélisation, échantillonnages passifs.

M. Christophe MINIER – Professeur des Universités (Université Le Havre – Normandie) – Compétences : écotoxicologie, contexte réglementaire, endocrinologie, perturbateurs endocriniens.

Mme Anne TOGOLA – Chef de projet de recherche – Bureau de recherche géologiques et minières (BRGM) – Compétences : micropolluants organiques, chimie analytique, eaux souterraines

Mme Paule VASSEUR – Professeur de toxicologie, (émérite de l'Université de Lorraine) – Compétences : toxicologie, écotoxicologie, méthodes alternatives, santé publique, sécurité sanitaire, santé environnement, évaluation des risques.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :
« Substances chimiques visées par les règlements REACH et CLP » - 1 juillet 2019, 5 octobre 2020, 22 juin 2021, 29 novembre 2021, 10 mai 2022 et 19 septembre 2022

Président

M. Christophe MINIER – Professeur des Universités – Université Le Havre – Normandie - Compétences : écotoxicologie, contexte réglementaire, endocrinologie, perturbateurs endocriniens.

Vice-président

M. Fabrizio PARISELLI – Ingénieur d'étude toxicologue au CNRS – Compétences : toxicologie, réglementation, santé et sécurité au travail, évaluation des risques.

Membres

Mme Sylvie BALTORA-ROSSET – Professeur des Universités (Université Picardie Jules Verne) – Compétences : chimie analytique et évaluation des risques.

Mme Isabelle BILLAULT – Maître de conférences (Université Paris Sud-Saclay) – Compétences : chimie organique et analytique, propriétés physico-chimiques des substances.

M. Christophe CALVAYRAC – Maître de conférences (Université de Perpignan Via Domitia) – Compétences : chimie analytique, comportement et devenir environnemental des contaminants organiques, dégradations biotique et abiotique, microbiologie environnementale.

M. Gwenaël CORBEL – Chargé de recherche (CNRS) - Compétences : synthèse chimique, caractérisation des matériaux inorganiques, nano-matériaux.

M. Richard DANIELLOU – Professeur des universités, vice-doyen UFR (Université d'Orléans) – Compétences : biochimie, chimie organique, enzymes, cosmétiques.

M. Franck-Olivier DENAYER – Maître de conférences (Université de Lille Droit et Santé) – Compétences : écotoxicologie, toxicologie, perturbateurs endocriniens, nanoparticules, métaux, végétaux.

Mme Laure GEOFFROY – Écotoxicologue (INERIS) - Compétences : environnement, écotoxicologie, nanomatériaux, perturbateurs endocriniens.

M. René HABERT – Professeur des universités émérite (Université Paris Diderot) – Compétences : endocrinologie, reproduction, développement, perturbateurs endocriniens.

M. Philippe JUVIN – Retraité - Compétences : réglementations françaises et européennes, toxicologie, prévention des risques professionnels.

M. Ludovic LE HEGARAT – Chef d'unité adjoint Toxicologie des contaminants (Laboratoire de Fougères – Anses) - Compétences : génotoxicité, toxicologie, valeurs toxicologiques de référence, hépatotoxicité, métabolisme.

M. Nicolas LOISEAU – Chargé de recherche (INRAE) – Compétences : chimie, toxicologie, hépatotoxicologie, QSAR, pharmacologie.

M. Jean MARTINEZ – Professeur émérite (Université de Montpellier (Faculté de Pharmacie)) – Compétences : chimie, pharmacologie, endocrinologie.

Mme Laura MAXIM – Chargée de recherche (CNRS) – Compétences : risque chimique, analyse socio-économique, incertitude, politique du risque chimique, chimie verte.

M. Christophe MINIER – Professeur des Universités (Université Le Havre – Normandie) – Compétences : écotoxicologie, contexte réglementaire, endocrinologie, perturbateurs endocriniens.

M. Fabrizio PARISELLI – Ingénieur d'étude toxicologue – CNRS - Compétences : toxicologie, réglementation, santé et sécurité au travail, évaluation des risques.

M. Vincent RICHARD – Ingénieur de prévention (DIRECCTE Normandie) – Compétences : risque chimiques, réglementations, risques sanitaires, ICPE.

M. Bernard SALLES – Professeur de toxicologie, directeur d'unité (Université de Toulouse et INRA) – Compétences : toxicologie générale, toxicologie et pharmacologie moléculaire, cancérogénèse, nanotoxicologie, modèles cellulaires.

Mme Paule VASSEUR – Professeur de toxicologie, chercheur toxicologue écotoxicologue (émérite de l'Université de Lorraine) – Compétences : toxicologie, méthodes alternatives, santé publique, sécurité sanitaire, santé environnement, évaluation des risques sanitaires.

Mme Catherine VIGUIE – Directrice de recherche, vétérinaire (INRA) – Compétences : endocrinologie, perturbateurs endocriniens, toxicologie, pharmacologie.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Karen BURGA – Cheffe de projet scientifique – Anses

M. Paul KENNOUCHE – Coordinateur de projet et d'études – Anses

M. Pierre LECOQ – Chef de projet scientifique – Anses (jusqu'en mai 2021)

Mme Romane MULTON – Chargée de projet – Anses (jusqu'en novembre 2021)

Contribution scientifique

Mme Karen BURGA – Cheffe de projet scientifique – Anses

Mme Carole CATASTINI – Cheffe de projet scientifique – Anses

M. Arthur GILSON – Évaluateur scientifique et technique – Anses

M. Paul KENNOUCHE – Coordinateur de projet et d'études – Anses

Mme Odile KERKHOF – Coordinatrice d'expertise scientifique – Anses

Mme Aurélie MATHIEU-HUART – Adjointe à la Cheffe d'unité UEVRRISC – Anses

Mme Alice MATEUS - Chargée de projet scientifique et technique - Anses

Mme Cécile MICHEL – Cheffe de l'unité URCP – Anses

Mme Romane MULTON – Chargée de projet – Anses (jusqu'en novembre 2021)

Mme Gabrielle PAOLETTI – Stagiaire en Sciences Politiques -- Anses

Secrétariat administratif

Mme Patricia RAHYR – Secrétariat administratif - Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Représentants des territoires auditionnés

- **Saint-Barthélemy :**

M Sébastien Gréaux, directeur de l'Agence Territoriale de l'Environnement (EPIC) de Saint-Barthélemy

- **Wallis et Futuna :**

M Paino VANAI, chef du service territorial de l'environnement (STE)

M Florian LE BAIL, chargé de mission biodiversité et gestion des écosystèmes au STE

- **Mayotte :**

Mme Julie RICHARD, chargée de mission cohérence écologique à l'unité biodiversité SEPR (Service Environnement et Prévention des Risques), DEAL (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) Mayotte

M Clément LELABOUSSE, chargé de mission Parc Naturel Marin Mayotte et Glorieuses

- **Nouvelle Calédonie :**

Mme Christine FORT, direction du service d'État de l'agriculture, de la forêt et de l'environnement (DAFE)

Mme Céline MAURER, office français de la biodiversité

- **Iles Eparses :**

Mme Sophie MARINESQUE, adjointe au directeur de l'Environnement, chef du service de la préservation et de la valorisation des Îles Eparses, TAAF

M Alexis CUVILLIER, responsable du suivi des écosystèmes dans les Iles Eparses, TAAF

- **Guadeloupe :**

M Aurélien JAPAUD, chargé de mission milieu marin et espaces naturels au pôle biodiversité/service Ressources naturelles de la DEAL (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) de Guadeloupe

- **St-Martin :**

M Julien CHALIFOUR, scientifique à la réserve naturelle de St-Martin

Offices de l'eau

- **Guadeloupe :**

Mme Isabelle NASSO - Directrice Milieux Aquatiques – Office de l'eau Guadeloupe

- **Martinique :**

Mme Melissa BOCALY – Responsable du Service Milieux et Pressions - Office de l'eau Martinique

M. Alexandre ARQUE - Chargé d'études - Office de l'eau Martinique

Mme Charlotte BOURDON - Chargée de mission suivi des eaux littorales – Ifremer

- **La Réunion :**

Mme Karoline RUFFIE - Responsable du Service de la qualité des eaux - Office de l'eau La Réunion

M. Julien BONNIER – Chef de l'observatoire de la ressource en eau et de la biodiversité aquatique - Office de l'eau La Réunion

M. Anli Bourhane - Hydrogéologue - Office de l'eau La Réunion

M. Aniss MOUSSADY- Office de l'eau La Réunion

M. Alexandre MOULLAMA – Chef de projet à l'observatoire de la ressource en eau et de la biodiversité aquatique - Office de l'eau La Réunion

Représentants des entreprises de la beauté :

- Mme Valérie Colin, Directrice des Affaires Scientifiques et Règlementaires, Fédération des Entreprises de la Beauté (FEBEA)
- Mme Isabelle Orquevaux Hary, Directrice des Affaires Scientifiques et Règlementaires France, L'Oréal
- Mme Véronique Poulsen, Directrice de la Sécurité Environnementale, L'Oréal
- Mme Bénédicte Roux, directrice des affaires réglementaires et contrôle de la publicité, Pierre Fabre

- Mme Katia Ravard : Responsable Projets Transverses et Biomimétisme au sein de la Direction Recherche Appliquée, Pierre Fabre

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AUX COLLECTIFS

Revue systématique sur l'impact des substances chimiques sur les récifs coralliens

M. Romuald BERREBI - Office français de la biodiversité (OFB) - Adjoint au directeur en charge de l'expertise et du conseil scientifique

Mme. Annie BIROLLEAU - Office français de la biodiversité (OFB) - Coordinatrice données du milieu marin

Mme. Dakis-Yaobo OUEDRAOGO - Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel (UMS PatriNat) - Chargée de mission « Revues systématiques »

M. Yorick REYJOL - Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel (UMS PatriNat) - Chef de l'équipe "Écosystèmes et réseaux"

M. Romain SORDELLO - Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel (UMS PatriNat) - Coordinateur de la cellule « Revues systématiques »

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
SOMMAIRE	8
Sigles et abréviations.....	11
Liste des figures.....	13
Liste des tableaux	15
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise.....	17
1.1 Contexte	17
1.2 Objet de la saisine	17
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	18
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts	19
2 Territoires d'Outre-mer et dispositifs réglementaires applicables.....	20
2.1 Les réglementations applicables aux Régions ultra périphériques européennes (RUP) 21	
2.2 Réglementations applicables aux Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM).....	24
3 Bilan des auditions des institutions des territoires d'Outre-mer	25
4 Présentation de la méthodologie d'expertise	29
4.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature	29
4.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	34
4.2.1 Identification des seuils de toxicité pour les coraux : NOEC _{coraux} et LOEC _{coraux}	34
4.2.2 Identification des valeurs écotoxicologiques de référence: PNEC spécifiques du milieu marin (PNEC _{marine}).....	34
4.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques	35
4.3.1 Collecte des données d'exposition	35
4.3.2 Analyse des données d'exposition	37
4.4 Caractérisation des risques	38
4.5 Analyse des incertitudes	40
4.6 Recensement des dispositifs réglementaires existantes	44
5 Résultats de l'évaluation des risques pour les groupes de substances étudiées 45	
5.1 Groupe des filtres UV.....	45
5.1.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	45
5.1.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	48

5.1.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux filtres UV.....	51
5.1.4	Caractérisation des risques et analyse des incertitudes	52
5.1.5	Recensement des dispositions réglementaires existantes.....	53
5.2	Groupe des pesticides	57
5.2.1	Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	57
5.2.2	Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	60
5.2.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens	64
5.2.4	Caractérisation des risques	64
5.2.5	Recensement des dispositions réglementaires existantes en France et en Europe.....	67
5.3	Groupe des hydrocarbures	69
5.3.1	Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	69
5.3.2	Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	71
5.3.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux hydrocarbures.....	74
5.3.4	Caractérisation des risques	74
5.3.5	Recensement des dispositions réglementaires existantes en France et en Europe.....	75
5.4	Groupe des métaux	77
5.4.1	Identification des substances chimiques toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	77
5.4.2	Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	79
5.4.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux métaux.....	83
5.4.4	Caractérisation des risques	83
5.4.5	Usages et recensement des dispositions réglementaires existantes en Europe	85
5.5	Groupe des produits pharmaceutiques	87
5.5.1	Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	87
5.5.2	Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	92
5.5.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux substances pharmaceutiques	94
5.5.4	Caractérisation des risques	94
5.6	Groupe des microplastiques	94
5.6.1	Identification des substances chimiques toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	94
5.6.2	Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	96

5.6.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux microplastiques.....	96
5.6.4	Caractérisation des risques.....	96
5.6.5	Recensement des dispositions réglementaires existantes au niveau Européen	96
5.7	Groupe des autres substances	97
5.7.1	Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens <i>via</i> la revue systématique de la littérature.....	97
5.7.2	Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence	101
5.7.3	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux autres substances chimiques	103
5.7.4	Evaluation des risques	103
5.7.5	Usage et statut réglementaire de l'éthylparabène en Europe	103
5.8	Discussion et conclusion sur l'ensemble des substances	104
5.8.1	Caractérisation du danger	104
5.8.2	Évaluation de l'exposition des récifs coralliens	107
5.8.3	Évaluation des risques	109
6	Conclusions et recommandations.....	115
6.1	Conclusions	115
6.2	Réflexions générales	122
6.3	Recommandations.....	123
7	Bibliographie.....	126
7.1	Publications	126
•	Articles scientifiques	126
•	Rapports.....	132
•	Thèses.....	133
7.2	Normes.....	133
7.3	Législation et réglementation	133
	Annexe 1 : Lettre de saisine et avenant.....	138
	Annexe 2 : Territoires d'Outre-mer et dispositifs règlementaires applicables	142
	Annexe 3 : localisation des récifs coralliens dans les Outre-mer selon l'atlas MCRMP	150
	Annexe 4 : tableau présentant le détail des niveaux de confiance par couple contaminant/territoire	154

Sigles et abréviations

2,4-D	Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique
4-MBC	4-Méthylbenzylidène camphor
5-HTP	L-5-hydroxytryptophane
AFB	Agence française de la biodiversité
AMM	Autorisation de mise sur le marché
AMP	Aire marine protégée
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence régionale de santé
CDB	Convention pour la diversité biologique
CEE	Collaboration for environmental evidence
CES	Comité d'experts spécialisé
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
CLP	Classification, étiquetage et emballage des substances et mélanges
COM	Collectivité territoriale d'Outre-mer
CoRAP	Plan d'action continu communautaire
CSP	Code de la santé publique
CSSC	Comité scientifique pour la sécurité des consommateurs
DAVAR	Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCSMM	Directive cadre « stratégie pour le milieu marin » (directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008)
DERU	Directive relative au traitement des eaux résiduaires urbaines , (directive 91/271/CEE du 21 mai 1991)
DGT	Diffuse Gradient in Thin Film
DOM-TOM	Départements d'Outre-mer et territoires d'Outre-mer
DREAL	Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DROM-COM	Départements et régions d'Outre-mer et collectivités d'Outre-mer
DSF	Documents stratégiques de façade
ECHA	European Chemical Agency
EH	Équivalent habitant
EHMC	Méthoxycinnamate d'éthylhexyle
FEBEA	Fédération des entreprises de la beauté
GT	Groupe de Travail
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement
ICRI	International Coral Reef Initiative
ICRS	International coral reef society
IFRECOR	Initiative française pour les récifs coralliens
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
Koc	Coefficient de partage carbone organique/eau
Kow	Coefficient de partage octanol/eau
LCPA	List of chemicals for priority action
LDPE	Polyéthylène à faible densité
LOEC	Lowest observed effect concentration
LSPC	List of substances of possible concern
MARPOL	Convention internationale pour la prévention de la pollution marine par les navires
MCRMP	Millenium coral reef mapping project
MEMC	Chlorure méthoxyéthylmercurique

MES	Matière en suspension
MNRET	Ministère des Ressources Naturelles, de l'Environnement et du Tourisme
NOEC	No observed effect concentration
NQE	Normes de Qualité Environnementale
OFB	Office français de la Biodiversité
ONG	Organisation non gouvernementale
PAMM	Plan d'Action pour le Milieu Marin
PBT	Persistante Bioaccumulable et Toxique
PE	Perturbateur endocrinien
pH	Potentiel hydrogène
PNEC	Predicted no effect concentration
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POP	Polluants organiques persistants
PTOM	Pays et Territoires d'Outre-mer
QSAR	Quantitative/Qualitative Structure Activity Relationship
RCR	Rapport de caractérisation des risques (Risk Characterization Ratio)
REACH	Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques
RMOA	Analyse de la meilleure option de gestion des risques
RPB	Règlement sur les produits biocides
RUP	Régions ultra périphériques
SNML	Stratégie nationale pour la Mer et le Littoral
SSD	Species sensitivity distribution
STE	Service Territorial de l'Environnement
STEP	Station d'épuration des eaux usées
SVHC	Substance of very high concern
TAAF	Terres Australes et Antarctiques Françaises
TBT	Tributylétain
UE	Union Européenne
US EPA	U.S. Environmental Protection Agency
UV	Ultra-Violet
WAF	Water accommodation fraction

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des territoires d'Outre-mer	20
Figure 2 : Catégories des différents territoires ultra-marins et mesures réglementaires applicables	21
Figure 3 : Critères pour l'établissement des niveaux de risque de biais des études (Ouedraogo <i>et al.</i> , 2021)	33
Figure 4 : Logigramme de la méthode d'évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux différentes substances chimiques.....	37
Figure 5 : Méthode de calcul du rapport de caractérisation ds risques (RCR)	39
Figure 6 : Méthodologie d'évaluation du risque appliquée dans l'expertise	40
Figure 7 : Représentation schématique de la requête bibliographique utilisée pour collecter les concentrations en filtre UV dans le milieu marin disponibles dans la littérature scientifique de la base de données Scopus	51
Figure 8 : Localisation des prélèvements ayant permis de déterminer les concentrations en filtres UV dans le milieu marin disponibles dans la littérature scientifique (à partir de la base de données Scopus)	52
Figure 9 : Matrice récapitulative de l'analyse de risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe filtres UV.....	53
Figure 10 : Matrice récapitulant la disponibilité des données de surveillance pour chaque substance étudiée dans le groupe pesticides pour chaque territoire ultramarin concerné.....	64
Figure 11 : Matrice récapitulative de l'analyse de risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe pesticides pour chaque territoire ultramarin concerné.....	65
Figure 12 : Matrice récapitulant la disponibilité de données de surveillance pour chaque substance étudiée dans le groupe hydrocarbures pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine	74
Figure 13 : Matrice récapitulative de l'analyse des risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe hydrocarbures pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine	75
Figure 14 : Matrice récapitulant la disponibilité de données de surveillance pour chaque substance étudiée dans le groupe métaux pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine.....	83
Figure 15 : Matrice récapitulative de l'analyse de risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe métaux pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine	84
Figure 16 : Comparaison (en échelle logarithmique) des valeurs de $PNEC_{marine}$ et $NOEC_{coraux}$ pour les familles de substances pour lesquelles des seuil de toxicité ont pu être identifiées	106
Figure 17 : Évolution de l'écart entre $PNEC_{marine}$ et $NOEC_{coraux}$ en fonction de la confiance dans la $NOEC_{coraux}$ obtenue à partir de la revue systématique de la littérature	107
Figure 18 : Nombre de données disponibles par territoire et proportion des niveaux de confiance associés aux données disponibles pour le calcul de l'exposition des récifs par territoire.....	108

Figure 19 : Récapitulatif des substances pour lesquelles des données de danger sur les coraux n'ont pas pu être extrapolées ou identifiées dans l'expertise	117
Figure 20 : Récapitulatif des substances pour lesquelles le risque n'est pas identifié d'après l'expertise, en fonction des départements d'Outre-mer (DOM)	119
Figure 21 : Récapitulatif des substances pour lesquelles un risque est identifié d'après l'expertise en fonction des DOM.....	120

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des principales pressions par territoire auditionné	26
Tableau 2 : Réseaux de surveillance de la qualité de l'eau (hors suivis dans la Directive cadre sur l'eau)	28
Tableau 3 : Critères d'éligibilité des articles sélectionnés pour la construction de la carte systématique (Ouedraogo <i>et al.</i> , 2020).....	31
Tableau 4 : Sources d'incertitudes liées à l'expertise, leur origine (selon la classification proposée par l'Anses), leur prise en compte lorsque cela était possible et leur impact sur le résultat de l'expertise lorsqu'il est quantifiable	42
Tableau 5 : Récapitulatif des différents types d'incertitudes pris en compte pour estimer la confiance dans l'évaluation des risques.....	43
Tableau 6 : Barème permettant de calculer la confiance associée à chaque type d'incertitude	44
Tableau 7 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe filtres UV.	46
Tableau 8 : LOEC _{coraux} et NOEC _{coraux} et PNEC _{marine} pour les filtres UV.....	49
Tableau 9 : Synthèse du statut réglementaire des substances identifiées	54
Tableau 10 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe pesticides	58
Tableau 11 : LOEC _{coraux} et NOEC _{coraux} et PNEC _{marine} pour le groupe pesticides	61
Tableau 12 : Synthèse du statut réglementaire des substances identifiées	68
Tableau 13 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe des hydrocarbures	70
Tableau 14 : LOEC _{coraux} , NOEC _{coraux} et PNEC _{marines} pour le groupe hydrocarbures.	73
Tableau 15 : Synthèse du statut réglementaire des substances identifiées	76
Tableau 16 : Réponses biologiques investiguées par type d'exposition pour le groupe des métaux	78
Tableau 17 : LOEC _{coraux} , NOEC _{coraux} et PNEC _{marines} identifiées pour le groupe des métaux. ...	81
Tableau 18 : Principaux textes réglementaires encadrant le zinc, le manganèse, le fer et l'aluminium	86
Tableau 19 : Substances et mélanges identifiés dans la revue systématique.....	87
Tableau 20 : Comparaison des usages pharmaceutiques et des utilisations dans les études des substances et mélanges identifiés dans la revue systématique	89
Tableau 21 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe produits pharmaceutiques.....	91
Tableau 22 : LOEC _{coraux} et NOEC _{coraux} et PNEC _{marine} pour le groupe substances pharmaceutiques.....	93
Tableau 23 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe microplastiques	95
Tableau 24 : Réponses biologiques investiguées par type d'exposition pour le groupe "Autres substances"	99

Tableau 25 : LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux} et PNEC_{marine} pour le groupe « autres substances » 102

Tableau 26 : Synthèse du statut réglementaire de l'éthylparabène..... 103

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

Les récifs coralliens constituent des écosystèmes parmi les plus riches et les plus productifs de la planète. Ils abritent une biodiversité exceptionnelle de près de 100 000 espèces (coraux, échinodermes, mollusques, crustacés, vers, éponges, poissons, raies, tortues, requins, *etc.*), soit environ un tiers des espèces marines connues vivant dans les récifs. Mais ces écosystèmes sont gravement menacés, en particulier par les activités humaines.

Au niveau mondial, il est estimé que 20 % des récifs ont été irrémédiablement détruits au cours des dernières décennies¹. Parmi les 80 % restants, seul un tiers serait dans un état satisfaisant². Au premier plan des menaces identifiées figurent les conséquences du réchauffement climatique comme l'augmentation de la température des océans et leur acidification, les cyclones, *etc.* Cependant, parmi les multiples pressions auxquelles sont soumis les océans et les coraux, figurent également les pollutions dues aux activités humaines qui contribuent à leur dégradation.

La France est le seul pays au monde à posséder des récifs coralliens dans les 3 océans tropicaux, leur surface totale correspond à 10% des récifs coralliens du monde. Elle est ainsi particulièrement concernée par la protection des récifs coralliens, notamment au regard de la pollution de l'eau.

Le ministère de la Transition écologique et solidaire a ainsi annoncé le 1^{er} août 2018 le lancement d'une « Mission océans » dont une des actions est de réaliser un inventaire des différentes substances chimiques particulièrement toxiques pour les écosystèmes marins et les récifs coralliens. En conséquence, le Ministère de la Transition écologique a saisi conjointement l'Office français de la biodiversité (OFB) et l'Anses pour évaluer les impacts des substances chimiques sur les récifs coralliens.

Cette saisine s'inscrit également dans le cadre de la loi sur la reconquête de la biodiversité et des paysages (article 113 – Annexe 1). Elle accompagne et complète la mise à jour du bilan de l'état de santé des récifs coralliens, réalisée tous les cinq ans par l'Initiative Française pour les Récifs Coralliens (IFRECOR).

1.2 Objet de la saisine

Le Ministère de la Transition écologique et solidaire a saisi le 25 octobre 2018, conjointement l'OFB et l'Anses, concernant les risques des substances chimiques sur les récifs coralliens (Annexe 1).

Le Ministère a plus précisément demandé :

- à l'OFB de procéder à un travail de revue bibliographique permettant d'identifier les substances susceptibles d'avoir un effet toxique sur les récifs coralliens, les principales sources de production et de rejet de ces substances et l'importance de leurs apports

¹ <https://www.un.org/en/chronicle/article/can-we-save-coral-reefs>, consulté le 18/01/2023

² <https://www.ecologie.gouv.fr/protection-des-recifs-coralliens-dans-outre-mer-francais>, consulté le 18/01/2023

dans le milieu. Cette revue devait concerner plus particulièrement les substances présentes sur le marché. Les substances interdites mais toujours présentes dans l'environnement pouvaient également être examinées. Cette saisine identifie comme substances prioritaires, les filtres ultraviolet (UV), les pesticides, les métaux lourds et les matières fertilisantes, ainsi que des substances pouvant être présentes dans les lessives, cosmétiques, produits ménagers ou microplastiques et tout autre usage dont l'importance serait justifiée ;

- à l'Anses de proposer des mesures techniques et réglementaires selon les substances identifiées, en particulier dans le cadre des réglementations concernant les substances chimiques permettant de prendre en compte les enjeux environnementaux.

L'Anses et l'OFB ont précisé au Ministère de la Transition écologique et solidaire que :

- l'expertise se focalise sur les espèces de coraux tropicaux constructeurs de récifs. Ainsi, les récifs d'eau froide ne sont pas considérés dans ce travail ;
- l'expertise concerne les départements et régions d'Outre-mer (Martinique, Guadeloupe, La Réunion et Mayotte) à l'exception de la Guyane³, les collectivités d'Outre-mer (la Polynésie française, Wallis et Futuna, Saint-Barthélemy et Saint-Martin), la Nouvelle Calédonie et les Iles Éparses de l'océan Indien (un des 5 districts des Terres Australes et Antarctiques Françaises, TAAF) ;
- l'ensemble des mesures de gestion possible doit être étudié, que ce soit des mesures techniques ou réglementaires.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « Récifs », rattaché au comité d'experts spécialisé (CES) « Substances chimiques visées par les règlements REACH et CLP » (CES REACH), l'instruction de cette saisine. Le CES « Eaux » a été consulté.

Les travaux d'expertise du GT ont été soumis régulièrement au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

Pour répondre à la demande de cette saisine, l'expertise est organisée en trois volets auxquels s'ajoute une analyse des incertitudes :

1. volet 1 : revue systématique de la littérature visant à identifier les substances montrant un effet sur les récifs coralliens, coordonnée par l'OFB – Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel (UMS PatriNat), et identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence pour chacune des substances réalisée par l'Anses ;

³ Les récifs guyanais, aussi appelés récifs coralliens de l'Amazonie, se sont des récifs développés en eaux profondes et n'entrent donc pas dans le périmètre de cette expertise.

2. volet 2 : évaluation par l'Anses de l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques à partir des données obtenues ;
3. volet 3 : identification de substances préoccupantes à partir d'une évaluation des risques, en valorisant les deux premiers volets de la saisine et propositions de mesures techniques et réglementaires coordonnées par l'Anses ;
4. analyse des incertitudes, transversale aux trois volets, conduite par l'Anses.

Un recensement des dispositifs réglementaires applicables dans les territoires concernés par la saisine a été réalisé (cf. chapitre 2).

La méthode d'expertise pour chacun des volets est précisée dans le chapitre 4

En complément aux volets 2 et 3, l'Anses a réalisé des auditions entre avril 2021 et juin 2022 auprès de :

- représentants des institutions locales des territoires d'Outre-mer suivants : Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna, Mayotte, Iles Éparses, Nouvelle-Calédonie, Guadeloupe, Saint-Martin afin d'obtenir d'éventuelles données d'exposition complémentaires et des informations de terrain comme les spécificités de l'environnement des zones récifales ;
- la Fédération des entreprises de la beauté (FEBEA) au sujet des données éventuelles disponibles quant à la possible dispersion dans le milieu marin des substances chimiques contenues dans les produits cosmétiques commercialisés par leurs adhérents, et de leurs effets toxiques sur les récifs coralliens.

Les résultats préliminaires de l'évaluation des risques ont été présentés aux représentants des Offices de l'eau de Martinique le 23 mai, de la Guadeloupe et de La Réunion le 9 juin 2022 afin d'avoir un éclairage local sur les principales conclusions du GT.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2 Territoires d'Outre-mer et dispositifs réglementaires applicables

La France, grâce à ses territoires d'Outre-mer, est le 4^{ème} pays possédant le plus de récifs coralliens dans le monde. Les récifs se situent à La Réunion, à Mayotte, en Guadeloupe, en Martinique, à Saint-Barthélemy, à Saint-Martin, en Polynésie française, en Nouvelle-Calédonie, à Wallis et Futuna, sur les Iles Éparses et sur l'île Clipperton. Leur localisation est présentée sur la Figure 1.

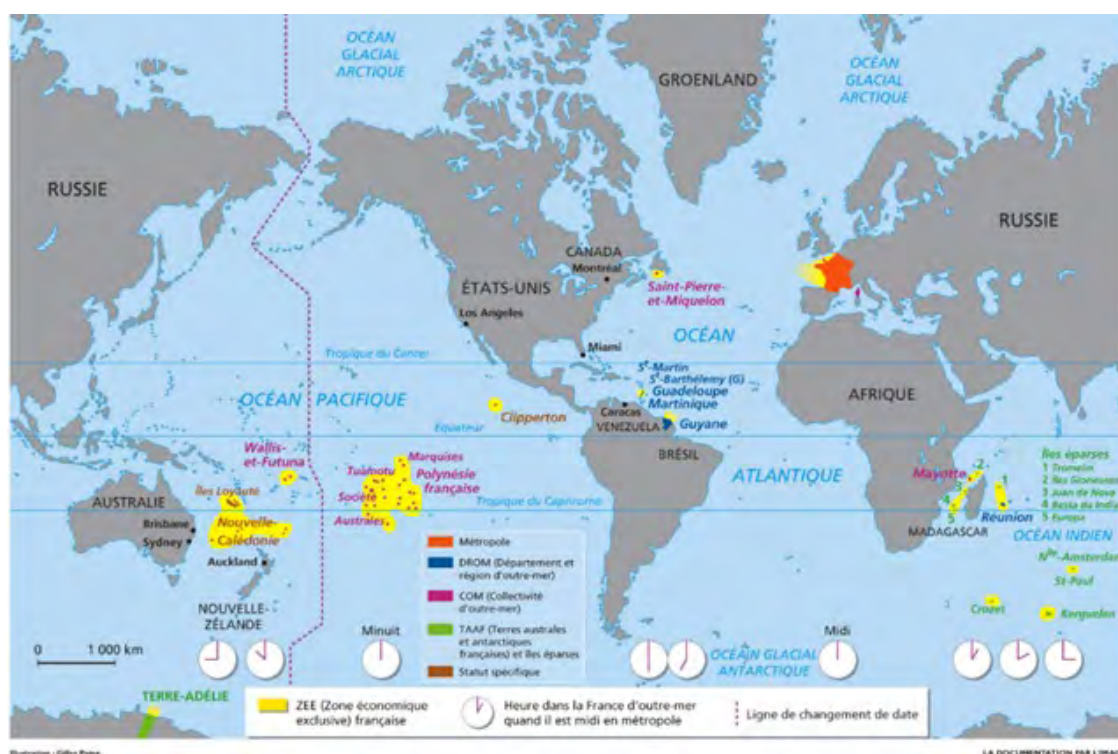


Figure 1 : Localisation des territoires d'Outre-mer

Les territoires d'Outre-mer concernés par la saisine sont de différentes natures. On distingue :

- les territoires qui ont une autonomie régie par l'article 73 de la Constitution : la Guadeloupe et La Réunion (Départements et Régions d'Outre-mer), Mayotte (Département d'Outre-mer), la Martinique (Collectivité Territoriale Unique). Dans ces territoires, l'État est compétent en matière environnementale ;
- les collectivités qui ont une autonomie régie par l'article 74 de la Constitution : les Collectivités d'Outre-mer « simples » (Saint-Barthélemy, Saint-Martin, Wallis et Futuna) et les Collectivités d'Outre-mer particulières (Polynésie française, Nouvelle Calédonie). Le statut spécifique de chaque collectivité est fixé par une loi organique précisant leurs compétences et les conditions dans lesquelles les lois et règlements applicables en Métropole s'y appliquent ;
- les territoires d'Outre-mer (partie intégrante de la République française) : les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) et les Iles Éparses de l'océan Indien. Une grande majorité du droit national s'applique ;
- les possessions françaises (île Clipperton) où le droit national s'applique.

Ces différents statuts induisent des applications différentes du droit communautaire :

- la totalité du droit communautaire s'applique dans les Régions ultra périphériques (RUP) européennes qui regroupent la Guadeloupe, La Réunion, Mayotte, la Martinique et Saint-Martin ;
- les autres territoires sont regroupés dans la catégorie des Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) où ne s'applique pas le droit communautaire (décision d'association).

La Figure 2 indique le statut des différents territoires et les différents types de réglementation qui s'y appliquent.

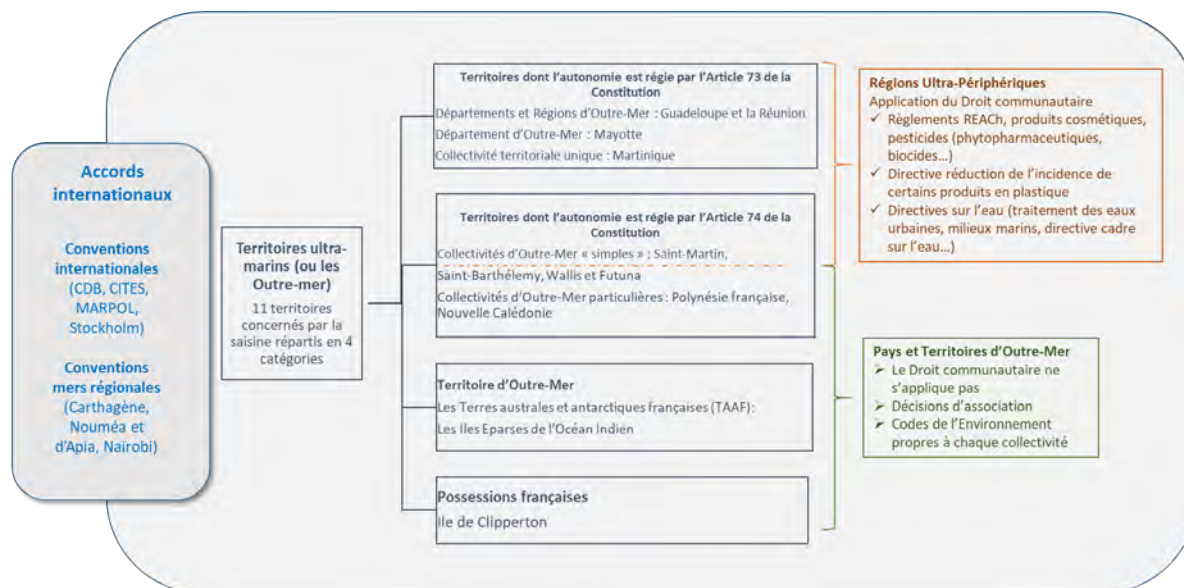


Figure 2 : Catégories des différents territoires ultra-marins et mesures réglementaires applicables

Des précisions concernant chaque dispositif sont apportées en Annexe 2.

2.1 Les réglementations applicables aux Régions ultra périphériques européennes (RUP)

La Réunion, la Guadeloupe, la Martinique, Mayotte et Saint-Martin ont tous le même statut communautaire : ces territoires sont des Régions ultra périphériques européennes (RUP).

À ce titre, la totalité du droit communautaire s'applique dans ces régions qui bénéficient, par ailleurs, des programmes opérationnels de l'Union Européenne (UE) et de ses financements. Au regard du périmètre de la saisine, plusieurs directives et règlement européens s'appliquent (directement ou non) à la protection des récifs dans ces cinq territoires d'Outre-mer.

Les réglementations européennes applicables aux substances chimiques sont indiquées ci-après.

- Règlement n°1907/2006/CE, dit règlement REACH

Le règlement n°1907/2006/CE, dit « REACH », est un règlement de l'Union Européenne adopté pour mieux protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques liés aux substances chimiques, tout en favorisant la compétitivité de l'industrie chimique de l'UE. Il promeut également des méthodes alternatives pour l'évaluation des dangers des substances afin de réduire le nombre d'essais sur les animaux. REACH est l'acronyme de « *Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals* », soit « enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques ».

Le règlement REACH s'applique en principe à toutes les substances chimiques, mais il existe un certain nombre d'exemptions, totales ou partielles, lorsque les risques sont déjà pris en compte par des réglementations sectorielles. Ainsi, le règlement REACH et le règlement n°1223/2009 relatif aux produits cosmétiques sont complémentaires dans la réglementation des substances entrant dans la composition des produits cosmétiques. Les mesures de gestion prévues par le règlement REACH (autorisation des substances listées à l'annexe XIV et restrictions de l'annexe XVII) ne s'appliquent pas à l'utilisation des substances dans les produits cosmétiques en ce qui concerne les risques pour la santé humaine, ceux-ci étant pris en compte par le règlement « Produits cosmétiques ». En revanche, les préoccupations environnementales pouvant être suscitées par les substances utilisées dans les produits cosmétiques, sont examinées dans le cadre du règlement REACH qui permet une évaluation de la sécurité environnementale de manière trans-sectorielle.

En amont des mesures de gestion, une évaluation est souvent conduite afin de mieux caractériser les propriétés intrinsèques des substances. Le règlement REACH comprend des dispositions qui ont pour objectif de vérifier si l'utilisation d'une substance peut nuire à la santé humaine ou à l'environnement. En collaboration avec les États membres, l'Agence européenne des substances chimiques, ECHA (*European Chemical Agency*), définit les critères fondés sur les risques qui régissent la détermination des substances prioritaires devant faire l'objet d'une évaluation et sélectionne les substances à inclure dans le plan d'action continu communautaire (CoRAP). Les substances répertoriées dans le plan d'action continu communautaire sont évaluées par les États membres. Seules les substances enregistrées au titre du règlement REACH font l'objet d'une évaluation des substances.

- Règlement (CE) n°1223/2009 relatif aux produits cosmétiques

Selon l'Article 2.1.a du Règlement (CE) n°1223/2009, un produit cosmétique est « *une substance ou un mélange destiné à être mis en contact avec les diverses parties superficielles du corps humain (épiderme, systèmes pileux et capillaire, ongles, lèvres et organes génitaux externes) ou avec les dents, en vue, exclusivement ou principalement, de les nettoyer, de les parfumer, d'en modifier l'aspect, de les protéger, de les maintenir en bon état ou d'en corriger les odeurs* ».

Les dispositions de ce règlement visent à assurer la protection de la santé humaine et l'information des consommateurs en veillant notamment à la composition et à l'étiquetage des produits.

Le règlement « Produits cosmétiques » peut prendre en compte les travaux effectués dans le cadre de REACh mais des évaluations spécifiques peuvent aussi être conduites dans son propre cadre.

- Règlements concernés par les pesticides

Quatre réglementations distinctes, en fonction de l'usage auquel ils sont destinés, régissent l'utilisation des substances actives et des produits considérés comme pesticides.

La mise sur le marché et le suivi des produits phytopharmaceutiques sont encadrés et harmonisés au niveau européen par le règlement (CE) n°1107/2009. Le règlement fixe les critères d'approbation des substances actives et la procédure de cette approbation. Ainsi, sauf dérogation, aucune denrée ne peut être traitée en Europe avec un produit phytopharmaceutique contenant une substance active non approuvée. Les conditions d'approbation sont énumérées dans l'article 4 et contiennent notamment des critères de risques pour l'environnement. Les substances actives ne doivent pas avoir « *d'effet inacceptable sur l'environnement* ». L'annexe II reprend les conditions de devenir et de comportement dans l'environnement du produit (Annexe II article 3.7) dont la persistance, la bioaccumulation, la toxicité et l'écotoxicité.

La mise sur le marché et l'utilisation des produits biocides sont encadrées par le règlement européen (UE) n°528/2012 qui a remplacé et abrogé la directive européenne n°98/8/CE. Tous les produits biocides requièrent une autorisation et les substances actives contenues dans les produits doivent être préalablement approuvées. Les conditions d'approbation peuvent être retrouvées à l'article 4, « Chapitre II », et les conditions d'octroi d'autorisation à l'article 19, notamment celles sur les risques pour l'environnement. Conformément aux principes d'évaluation des dossiers de produits biocides définis à l'annexe VI, le produit ne doit pas avoir « *d'effet inacceptable sur l'environnement, au regard en particulier de la contamination des eaux de mers, l'effet du produit biocide sur les organismes non-cibles et l'effet du produit biocide sur la biodiversité et l'écosystème* » (article 19.b). Les produits biocides sont classés en 22 types de produits (TP). La catégorie TP 21 regroupe les produits anti-salissures, utilisés par exemple sur les navires ou *via* les installations en milieu aquatique et matériel d'aquaculture. C'est le seul type de produits biocides pour lesquels des tests toxicologiques sur des organismes aquatiques marins sont réalisés

Certains antiparasitaires sont destinés au traitement des parasitoses externes humaines ou animales (animaux de compagnie et de rente). Les directives n°2004/27/CE et n°2001/82/CE instituent un cadre communautaire relatif aux médicaments à usage humain ou vétérinaire dans lesquels certains produits antiparasitaires s'inscrivent.

- Directive n°2019/904/CE relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement

Cette directive, publiée en juin 2019, vise à réduire la pollution due aux matériaux plastiques qui est une des sources de pollution marine majeure, plus de 80% des déchets marins étant en matière plastique selon la Commission Européenne. La présente directive a pour objectif de prévenir et de réduire les effets de certains produits en matière plastique sur l'environnement et la santé humaine ainsi que de promouvoir la transition vers une économie circulaire. Nombre de mesures ont été proposées, notamment concernant :

- la réduction de la consommation,

- la restriction de la mise sur le marché,
- les exigences produit,
- les exigences de marquage,
- la responsabilité étendue du producteur,
- la collecte séparée,
- les mesures de sensibilisation.

À partir du 3 juillet 2021, certains produits en matière plastique à usage unique tels que les pailles, les couverts, les assiettes, les gobelets, les cotons tiges, *etc.* (liste exhaustive dans l'Annexe I) ne sont plus mis sur le marché européen. En France, cette directive a été transposée en droit national par une loi (Loi n°2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire) qui interdit la mise à disposition des produits en matière plastique à usage unique dès janvier 2020.

2.2 Réglementations applicables aux Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM)

En matière d'environnement, le droit communautaire ne s'applique pas dans les Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) qui disposent de compétences environnementales dédiées, c'est-à-dire la Polynésie française, la Nouvelle Calédonie, Wallis et Futuna et Saint-Barthélemy. Il existe une gouvernance locale qui se manifeste par des assemblées territoriales locales qui sont compétentes et prennent les décisions. Un Code de l'environnement propre à chacune des collectivités définit les différentes réglementations qui s'appliquent à la protection de la nature. Le détail des réglementations applicables pour ces territoires est présenté en annexe 2.

Compte tenu des spécificités de gouvernance et d'applicabilité du droit dans les PTOM, les leviers d'actions pour prendre des mesures réglementaires (comme techniques) qui apparaîtraient prioritaires à l'issue de l'expertise sont beaucoup plus complexes et incertaines dans ces territoires que dans les RUP puisque les textes de lois communautaires ne s'appliquent pas. À l'inverse, il est important de souligner que certains textes de lois votés et appliqués (i.e. Loi Plastique de 2019 en Nouvelle Calédonie) dans ces territoires pourraient servir d'exemples dans les autres collectivités.

3 Bilan des auditions des institutions des territoires d'Outre-mer

Les auditions mises en place avec les différentes institutions locales des territoires d'Outre-mer ont eu pour but d'obtenir d'éventuelles données d'exposition complémentaires et des informations sur les spécificités de l'environnement des zones récifales (proximité de zones agricoles, industrielles, portuaires, stations d'épuration, *etc.*). Ces auditions ont permis d'acquérir davantage de connaissances sur les différentes pressions (matière en suspension ou MES, eutrophisation, activités industrielles, *etc.*) qui s'exercent sur les coraux, et sur l'origine des substances dangereuses.

Des représentants des institutions locales ont été auditionnés pour sept territoires : Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna, Mayotte, Iles Éparses, Nouvelle Calédonie, Guadeloupe et Saint-Martin.

Ce chapitre fait un bilan de ces auditions en se focalisant sur les principales pressions évoquées, ainsi que sur un récapitulatif de la surveillance de la qualité de l'eau dans les territoires d'Outre-mer auditionnés.

Le Tableau 1 présente les principales pressions qui contribuent à la dégradation des récifs coralliens dans chacun des territoires. Chaque pression évoquée est évaluée en quatre niveaux (0, +, ++, +++) en fonction de la problématique présente dans le territoire. La cotation qualitative attribuée ne reflète que le retour des personnes auditionnées et l'appréciation du GT.

Tableau 1 : Comparaison des principales pressions par territoire auditionné

Pressions	St-Barthélemy	Wallis et Futuna	Mayotte	Nouvelle Calédonie	Iles Éparses	Guadeloupe	St-Martin
Défaillance du système d'assainissement des eaux	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++
Érosion des bassins versants	+++	+++	+++	+++ (sols très riche en minéraux)	0	+	0
Tourisme	++	0	+	+	0	++ (mais semble bien encadré)	++
Pêche	0	0	+	+	++ (pêche illégale concombre de mer)	++ (dispositifs de concentrations de poissons)	+
Densité démographique	+	+	+++	+++	0	+++	+++
Agriculture	0	+	+	+	0	+	+
		(porc)	(individuel)			(banane, canne à sucre)	
Industrie	0	0	0	+++ (industrie minière : mines orphelines)	0	0	0
Pollution liée à des substances chimiques	ND (antifouling)	ND (produits ménagers, huiles)	Non spécifié	ND	ND (hydrocarbures, macro et micro plastiques et autres)	Non spécifié	ND
Pressions naturelles accentuées par le changement climatique	+++	++	+	+	++	+++	+++

+ peu présente, ++ moyennement présente, +++ fortement présente, 0 minime ou absente, ND : inconnu, principalement à cause du manque des suivis de surveillance de la qualité des eaux littorales. À ce stade, il est seulement possible de présumer de la présence des certaines familles de substances.

Parmi les pressions sur la conservation des récifs coralliens, émergent systématiquement les problématiques associées au manque ou à l'insuffisance des systèmes d'assainissement des eaux et à l'érosion des bassins versants.

L'assainissement des eaux domestiques et la gestion des eaux de pluie semblent être des problématiques partagées par l'ensemble des territoires (sauf sur les Iles Éparses très peu peuplées). Le problème évoqué est souvent lié au faible taux de raccordement aux stations d'épuration des eaux usées (STEP).

L'érosion des bassins versants est également une des problématiques les plus évoquées par les interlocuteurs, notamment en Nouvelle Calédonie, à Saint-Barthélemy et à Mayotte.

L'augmentation non contrôlée de la population, localisée dans des zones impropres à l'urbanisation en périphérie des villes de certains territoires (comme à Mayotte, en Nouvelle Calédonie et à Saint-Martin) s'ajoute à l'ensemble des pressions évoquées précédemment.

L'activité touristique est une pression fréquemment citée après les problèmes d'assainissement et d'érosion. L'activité est très développée à Saint-Barthélemy, en Guadeloupe et à Saint-Martin, et est encadrée *via* les différentes chartes des Réserves Naturelles ou Parc National. Des efforts sont déployés dans ces zones en particulier pour sensibiliser les touristes. À titre d'exemple, la Réserve Naturelle de Saint-Martin encourage les baigneurs à préférer l'utilisation des crèmes solaires à base de filtres UV du type minéral. Elle a signé une convention de mécénat avec l'entreprise Alphanova Sun, qui produit des produits à base des filtres minéraux, laquelle a décidé de verser 1% de son chiffre d'affaires mondial à la restauration des récifs⁴. En Nouvelle Calédonie, l'activité est moins intense par rapport aux autres territoires, mais il a été évoqué des problématiques associées à l'afflux des croisiéristes dans des zones très ponctuelles. A Wallis et Futuna et à Mayotte, le tourisme est très peu présent, considéré plutôt comme un tourisme d'affinité.

Des pressions potentielles liées à la pêche semblent concerner principalement Mayotte, les Iles Éparses et la Guadeloupe. À Mayotte, le problème évoqué est la pêche à pied qui occasionne des dommages physiques aux récifs. Dans les Iles Éparses, la problématique est plutôt liée à la pêche massive du concombre de mer (holothuries) qui pourrait occasionner un déséquilibre des écosystèmes marins.

L'agriculture, tout comme la pêche, n'ont pas été évoquées comme des activités intensives dans la plupart des territoires car l'utilisation des pesticides et des autres intrants semble être limitée. En Guadeloupe, des zones d'agriculture plus larges concernent la culture de la banane et de la canne à sucre, pour lesquelles il semblerait que l'utilisation de pesticides soit contrôlée. A Wallis et Futuna, la situation est différente : des élevages de porcs très proches des côtes contribueraient à la pollution de l'eau de mer.

Les auditions montrent que les problématiques de contamination chimique ne sont pas une priorité pour l'ensemble des territoires. Cependant, les pressions évoquées indiquent des sources de contaminations chimiques associées qui pourraient avoir un impact sur l'état des récifs comme par exemple les activités de pêche (antifouling), l'industrie, des mines (métaux lourds), l'érosion des bassins versants, les produits issus de l'usage des populations (pesticides, alkylphénols, pharmaceutiques, microplastiques, etc.) ou le tourisme (filtres UV).

Surveillance de la qualité de l'eau dans les territoires d'Outre-mer auditionnés

Le tableau suivant résume les paramètres suivis par des systèmes de surveillance de qualité de l'eau dans les territoires auditionnés. Les informations prises en compte proviennent du retour des auditions, du rapport publié par l'IFRECOR en 2015 et de la récupération des données de monitoring par territoires

⁴<https://reservenaturelle-saint-martin.com/fr/journal-newsletter/journal-35/le-corail-et-la-rn-disent-merci-alphanova>, consulté le 11/07/2021

Tableau 2 : Réseaux de surveillance de la qualité de l'eau (hors suivis dans la Directive cadre sur l'eau)

Territoire	Surveillance de la qualité de l'eau	Suivi des substances chimiques
St-Barthélemy	<ul style="list-style-type: none"> Suivi de la température et bactériologique (<i>E. coli</i>). 	X
Wallis et Futuna	<ul style="list-style-type: none"> Suivi des eaux de baignade sur Wallis : analyses bactériologiques (<i>Escherichia coli</i> et entérocoques intestinaux). Quelques mesures ponctuelles des nitrates et phosphates. Suivi de la température. 	X
Mayotte (DCE)	<ul style="list-style-type: none"> Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais réalise régulièrement des campagnes d'étude de l'eau (2011, 2017, 2020) avec le suivi des paramètres hydrologiques et du phytoplancton (biomasse) : biomasse / abondance / composition spécifique / paramètres physico-chimiques / température / salinité / transparence (évaluée à travers la turbidité) / teneur en oxygène dissous / concentrations en nutriments (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate et silicate). 	<ul style="list-style-type: none"> Campagne de suivi des contaminants chimiques (hydrocarbures, métaux, pesticides, substances pharmaceutiques) réalisée en 2011 par le Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais. Surveillance de l'état des récifs les plus exposés aux impacts anthropiques divers venant des terres émergées. Renseigner le plan de gestion du Parc et l'état des masses d'eaux pour les objectifs de la Directive Cadre sur l'eau (DCE). Une étude de screening (rivières puis milieu marin) non ciblée, visant à rechercher des substances classiquement retrouvées dans les territoires en utilisant des échantillonneurs passifs, est en cours.
Nouvelle Calédonie	<ul style="list-style-type: none"> Aucun suivi d'après l'audition. D'après le rapport publié par l'IFRECOR (2015) : suivi de la température, la salinité, la concentration en chlorophylle a, concentrations en nutriments (phosphore, nitrate ou silicate). Dans le cadre des suivis miniers, les paramètres analysés permettent de caractériser la structure physique de la colonne d'eau (température, salinité, fluorescence et turbidité) et sa qualité chimique (pH, MES, éléments majeurs, sels nutritifs). 	Dans le cadre des suivis miniers, les paramètres analysés permettent de caractériser la qualité chimique de la colonne d'eau (hydrocarbures et métaux traces). En complément, la bioaccumulation des métaux et solvants est évaluée au sein d'espèces bioaccumulatrices (bivalves) placées en cages.
Iles Éparses	<ul style="list-style-type: none"> Suivi des paramètres physico-chimiques depuis 2018 mais reste très pauvre avec seulement une analyse de la température et prochainement du pH. 	X
Guadeloupe (DCE)	<ul style="list-style-type: none"> Suivi physique et chimique de l'eau (dont le phytoplancton) a été réalisé à une fréquence trimestrielle sur les stations de suivi des peuplements coralliens. Suivi microbiologique <i>Escherichia coli</i> et entérocoques intestinaux. 	Des campagnes d'analyses, organisées par l'office de l'eau, permettent grâce à des échantillonneurs passifs de suivre les métaux traces, les hydrocarbures, les HAP, les alkylphénols, les pesticides et des substances pharmaceutiques. Ces campagnes ont lieu tous les deux ans en période sèche et humide.
Martinique (DCE)	Réseaux de surveillance similaires à ceux de la Guadeloupe.	Réseaux de surveillance similaires à ceux de la Guadeloupe.
St-Martin (DCE)	<ul style="list-style-type: none"> Suivi du phytoplancton (chlorophylle a) et des caractères physiques et chimiques de l'eau (température, oxygène, azote, phosphore) et de l'hydro-morphologie de l'eau, température (une seule station : Chicot). 	X

X : pas de surveillance réglementaire ou de suivi, MES : matière en suspension ; HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques ; DCE : Directive cadre sur l'eau.

4 Présentation de la méthodologie d'expertise

Les volets de l'expertise se sont organisés en six étapes séquentielles :

1. revue systématique de la littérature visant à identifier les substances montrant un effet sur les récifs coralliens, réalisé par l'UMS Patrinat (volet 1) ;
2. caractérisation du danger à partir de l'identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence pour chacune des substances identifiées (volet 1) ;
3. évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques identifiées au volet 1, à partir des données de présence/concentration de substances chimiques dans les eaux (douces et marines) des territoires d'Outre-mer (volet 2) ;
4. caractérisation des risques, en valorisant les deux premiers volets de la saisine (volet 3) ;
5. analyse des incertitudes, transversale aux trois volets de la saisine ;
6. analyse du statut réglementaire des substances identifiées à risque et recommandations (volet 3).

4.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

Le GT s'est appuyé sur la revue de la littérature effectuée par l'UMS PatriNat. Cette revue systématique a suivi la méthodologie établie par l'association internationale *Collaboration for Environmental Evidence* (CEE). Les résultats de la revue, ainsi que la description précise des étapes clés de son élaboration, parmi lesquelles l'élaboration d'un protocole pour la construction d'une carte systématique (état des lieux de la connaissances disponibles), ont été publiés (Ouédraogo *et al.*, 2020).

- *Bases de données bibliographiques*

Les recherches ont été réalisées sur deux bases de données de publications : Scopus (Elsevier) et WOS CC (Clarivate Analytics) le 19 mars 2020. D'autres recherches documentaires ont été effectuées les 7 et 8 juillet 2020 à l'aide de trois moteurs de recherche :

- CORE (<https://core.ac.uk/>) ;
- Google Scholar (<https://scholar.google.fr/>) ;
- GreenFILE (www.greeninfoonline.com).

Par ailleurs, des recherches spécialisées ont été réalisées sur les sites web suivants :

- Australian Institute of Marine Science (<https://www.aims.gov.au/>) ;
- Coral Health and Monitoring Program (<https://www.coral.noaa.gov/>) ;
- Coral traits database (<https://coraltraits.org/>) ;
- Ecotox knowledge base of the United States Environmental Protection Agency (US EPA, <https://cfpub.epa.gov/ecotox/>) ;
- Initiative française pour les récifs coralliens (IFRECOR) (<https://ifrecor.fr>) ;
- Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) (<https://www.ifremer.fr/>) ;
- International Coral Reef Initiative (ICRI) (<https://www.icriforum.org/>) ;
- International Coral Reef Society (ICRS) (<http://coralreefs.org/>) ;

- LabEx CORAIL (<https://www.labex-corail.fr>) ;
- ReefBase - A global information system for coral reefs (<http://www.reefbase.org/>) ;
- The Endocrine Disruption Exchange (TEDX) List of Potential Endocrine Disruptors (<https://endocrinedisruption.org/interactive-tools/tedx-list-of-potentialendocrine-disruptors>).

Un appel à littérature a été lancé le 13 juillet 2020, principalement adressé aux autorités locales françaises d'Outre-mer (en particulier les comités locaux français de l'IFRECOR).

En janvier 2022, une actualisation de la littérature a été menée pour mettre à jour la littérature publiée depuis 2020 sur les mêmes sources que pour la carte systématique, excepté l'appel à littérature qui n'a pas été reconduit.

- *Identification des termes de recherche*

La meilleure combinaison des termes de recherche obtenue, c'est-à-dire celle qui a donné la plus grande exhaustivité et spécificité pour la construction de la carte systématique, est décrite ci-dessous (Ouédraogo *et al.*, 2020)

TS⁵ = (coral\$ AND (contamin* OR pollut* OR toxicant\$OR chemical\$ OR "industrial discharge\$" OR runoff OR run-off OR sewage OR eutrophication OR effluent\$ OR waste\$water OR waste-water OR "shipping" OR biocide\$ OR "industrial product\$" OR "consumer product\$" OR "household product\$" OR "biocidal product\$" OR disinfect*OR nutrient\$ OR oil OR metal\$ OR pesticide\$ OR herbicide\$ OR insecticide\$ OR fungicide\$ OR antifoul* OR anti-foul* OR organochlorine\$ OR "flame retardant\$" OR detergent\$ OR "perfluorinated compound\$" OR pharmaceutical\$ OR "personal care product\$" OR cosmetic\$ OR PAH\$ OR petroleum OR hydrocarbon\$ OR microplastic\$ OR nanoparticle\$ OR nano-particle\$ OR "endocrine disrupt*" OR "organic compound\$" OR dispersant\$ OR metalloid\$ OR solvent\$ OR petrochemical\$ OR additive\$ OR preservative\$ OR plasticizer\$ OR hormone\$ OR "transformation product\$" OR "degradation product\$" OR byproduct\$ OR by-product\$ OR sunscreen\$ OR "UV filter\$" OR "ultraviolet filter\$" OR antibiotic\$ OR phthalate\$ OR PCB\$ OR cyanide\$ OR chlordecone OR nickel OR copper OR zinc OR cadmium OR mercury OR iron))

- *Critères d'éligibilité*

Les critères d'éligibilité pour la sélection des articles pour la construction de la carte systématique sont présentés dans le tableau suivant.

⁵ Term Search

Tableau 3 : Critères d'éligibilité des articles sélectionnés pour la construction de la carte systématique (Ouedraogo et al., 2020)

Include	Exclude
<p><i>Population</i></p> <p>All tropical reef-building coral species (hermatypic scleractinian species, <i>Millepora</i> sp., <i>Heliopora</i> sp. and <i>Tubipora</i> sp.) living in the shallow and the mesophotic zones</p> <p><i>Comparator</i></p> <p>Studies comparing population exposed to chemicals and population unexposed to chemicals</p> <p>Studies comparing population exposed to chemicals and population prior exposure to chemicals</p> <p>Studies comparing population exposed to a range of concentrations/levels of chemicals</p> <p><i>Outcome</i></p> <p>All outcomes related to tropical reef-building corals, from molecular level (e.g. gene expression, enzyme activities) to community level (e.g. coral cover, bioerosion, species richness)</p> <p>Studies reporting evidence of ingestion, concentration or accumulation/uptake of chemicals in the population studied without reporting health consequences</p> <p>Studies assessing impacts on coral microbiome/symbionts</p> <p><i>Language</i></p> <p>All articles written in English or French (in case a title or an abstract could not be found in English or French, it will be directly screened on full-text)</p> <p><i>Type of document</i></p> <p>Journal article, book chapter, report, conference proceeding, Ph.D. or M.Sc. thesis</p> <p><i>Type of content</i></p> <p>In-situ or ex situ studies</p>	<p>Cold-water or deep-water corals</p> <p>Ahermatypic corals</p> <p>Free-living zooxanthellae (not as symbionts in corals)</p> <p>Studies conducted in coral reefs but not about corals (e.g. about coral reef fishes)</p> <p>Studies assessing the impact of chemicals coming from natural sources (e.g. nutrients from guano)</p> <p>Studies assessing the impact of sedimentation <i>per se</i> or of physical disturbances on coral</p> <p>Marine debris, macro-plastics</p> <p>Presentation, editorial material, letter or news item, conference or meeting abstract, poster</p> <p>Reviews and meta-analyses, modelling studies without experimental data</p>

- *Sélection des articles*

Les phases de sélection et de tri de l'information disponible ont été menées selon les critères fixés dans ce protocole. L'établissement d'une carte systématique a ainsi rassemblé, de manière aussi exhaustive que possible, la littérature disponible publiée et la littérature prise au moment de sa réalisation. Cette carte se présente sous la forme d'une base de données structurant plusieurs descripteurs (ex : pays, taxons étudiés, substances étudiées, réponses mesurées). Dans cette base de données, chaque document a été divisé en études, une étude étant définie ici comme la combinaison d'un taxon, d'une exposition et d'une réponse mesurée. La carte systématique a été publiée en 2021 (Ouedraogo et al., 2021).

La recherche initiale a ainsi permis d'identifier 15 177 articles. Parmi ceux-ci, 908 remplissaient les critères de sélection du protocole et ont été retenus. Ces 908 articles correspondent à 7 937 études⁶. Parmi ces 7 937 études, environ la moitié (48,4 %) étaient des études expérimentales, menées le plus souvent en conditions de laboratoire (39,4 %) mais aussi *in situ* (9 %). Les autres études (51,6 %) étaient des études observationnelles. Les substances chimiques étudiées ont été regroupées en fonction de leur usage principal et leur structure. Un tiers des études incluses dans la carte portait sur l'impact de l'enrichissement en nutriments (28,4 % correspondent aux nutriments et 2,1 % à l'eutrophisation) et un quart (25 %) concernait l'impact général des activités humaines sur les coraux, sans référence à une ou plusieurs substances chimiques spécifiques (catégorie « Polluants non définis »). Ensuite, les catégories de substances les plus étudiées étaient les métaux (11,3%), les hydrocarbures (7,7%) et les pesticides (5,2%).

L'actualisation de la recherche a permis de sélectionner 425 études correspondant à 39 documents après les différentes phases de tri.

Afin de conduire une analyse des relations dose-effets, la revue systématique s'est focalisée sur les études expérimentales, en prenant en compte toutes les substances chimiques à l'exclusion des catégories « Nutriments » et « Polluants non définis ».

La liste des réponses biologiques les plus pertinentes pour être intégrée dans la revue systématique a également été établie conjointement avec l'OFB. En tenant compte de leur pertinence ainsi que du volume d'information disponible, les réponses biologiques suivantes ont été retenues pour caractériser la toxicité de ces substances sur les coraux : mortalité, croissance, efficacité photosynthétique, densité des zooxanthelles, blanchissement, recrutement⁷ (des larves) et fertilité.

- *Évaluation des études*

Une évaluation critique des études sélectionnées et de leur risque de biais a été réalisée selon les critères décrits dans la publication de Ouedraogo *et al.* (Figure 3) (Ouedraogo *et al.*, 2021). Ces critères ont été établis d'après le cadre proposé par Vandenberg *et al.* (Vandenberg *et al.*, 2016) et les connaissances du groupe d'experts sollicité par l'UMS Patrinat sur la thématique (experts en écotoxicologie, écotoxicologie corallienne, biologie et écologie corallienne et évaluation des risques des produits chimiques).

Le risque de biais global pour une étude est considéré faible si tous les critères conduisant à un risque de biais faible (*Low risk of bias*) sont remplis ; moyen (*Medium risk of bias*) si au moins un critère conduit à un risque de biais moyen et tous les autres conduisant à un risque de biais faible ; et élevé (*High risk of bias*) si au moins un critère conduit à un risque élevé de biais (Figure 3).

⁶ Une étude correspond à la combinaison d'une espèce-exposition-effet biologique.

⁷ Quantité de "nouveaux arrivants" (recrues) dans une population ; par exemple abondance d'individus d'une espèce atteignant une classe d'âge (larve, juvéniles), un stade de développement ou une taille donnée.

Source of bias	Criteria	Low risk of bias	Medium risk of bias	High risk of bias
Experimental design	What is the experimental design?	CE BA BACE		Unknown
	Is the experiment replicated (at least one replicate; a replicate is not exposed to water in contact with the other replicates)	Yes	No Unknown (assumed to be No)	
Exposure	If a solvent is used, is a solvent control present?	Yes N/A	No Unknown (assumed to be No)	
	Have effective exposure concentrations been measured?	Yes	No Unknown (assumed to be No)	
Selection	Are there differences at baseline between groups C and E? (including difference in exposure environment, difference in biological model, difference in the set of individuals allocated to each group)	No N/A (for BA design)	Yes but the effect is controlled and null For in situ studies: yes but an attempt to minimize differences is made	Yes (detail) Unknown (assumed to be Yes)
Performance	Are there differences in the way groups C and E (or B and A) are treated throughout the experiment?	No		Yes (detail) Unknown (assumed to be Yes)
Detection	Are there differences in the way the outcomes of groups C and E (or B and A) are assessed?	No		Yes (detail) Unknown (assumed to be Yes)
Exclusion	Are there differences in the way groups C and E (or B and A) are removed from the study?	No		Yes (detail) Unknown (assumed to be Yes)
Other	Is there another source of bias? (e.g., reporting bias, insufficient description of the methods, an unforeseen event that occurred during the experiment)	No	Yes minor (detail)	Yes major (detail)

(C pour Contrôle, E pour Exposé, B pour Avant, A pour Après et N/A pour Non Applicable).

Figure 3 : Critères pour l'établissement des niveaux de risque de biais des études (Ouedraogo et al., 2021)

- *Synthèse quantitative des résultats*

À partir des informations disponibles dans la carte systématique et en prenant en compte le périmètre défini ci-dessus (type d'étude et indicateurs de toxicité retenus), des synthèses quantitatives des résultats pour les études identifiées avec des risques de biais faible et moyen ont été fournies par l'UMS Patrinat. Ces synthèses détaillent chaque descripteur de la littérature disponible (ex. pays, taxons étudiés, substances étudiées, réponses mesurées), en précisant le niveau de concentration-durée d'exposition de la substance chimique étudiée, leur significativité statistique par rapport au témoin, ainsi que le type d'étude selon leur analyse de la robustesse (Ouedraogo et al., 2021).

Par ailleurs, l'UMS Patrinat a fourni des synthèses (narratives ou semi quantitatives) des études identifiées hors périmètre de la revue par rapport aux indicateurs de toxicité retenus. Bien que ces informations n'aient pas permis de caractériser le danger pour les coraux, elles ont permis d'identifier des substances pertinentes pour l'évaluation des risques (cf. chapitre 4.4)

Des synthèses sur des études observationnelles de terrain ont été également fournis. Cependant, ces informations n'ont pas pu être utilisées dans la démarche d'évaluation des risques (cf. chapitre 4.4) parce qu'elles ne permettent pas d'établir directement un lien de cause à effet entre les substances chimiques et les effets observés sur les coraux constructeurs de récifs.

4.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

4.2.1 Identification des seuils de toxicité pour les coraux : NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux}

À partir des synthèses quantitatives des résultats et en ne prenant en compte que les études conduites sur les substances pour lesquelles des relations doses-effets ont été identifiées avec au moins trois niveaux de concentrations testés, des LOEC (*Lowest observed effect concentration*) et NOEC (*No observed effect concentration*) pour les coraux ont pu être identifiées par l'Anses et extraites pour chaque étude. La NOEC correspond à la concentration testée la plus élevée pour laquelle aucun effet significativement différent du témoin n'a été observé. La LOEC est la concentration la plus faible pour laquelle un effet significativement différent du témoin a été observé. Ces informations ont permis de dresser un panorama de la toxicité observée des coraux pour chaque substance.

Pour chaque substance, la NOEC_{coraux} qui présente la valeur la plus faible a été retenue pour être soit comparée avec la PNEC_{marine} de chaque substance, soit employée pour l'évaluation des risques (cf. chapitre 4.4).

Par ailleurs, il a été relevé au cours de l'expertise que, pour plusieurs études, les concentrations testées ne sont exprimées qu'en concentrations nominales⁸. Certaines de ces études n'ont pas mesuré les concentrations de la substance au cours de l'exposition, d'autres études ont juste réalisé quelques mesures. En conséquence, les valeurs de NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} peuvent être surestimées. Des précisions sur le type des concentrations sont apportées pour chaque substance.

4.2.2 Identification des valeurs écotoxicologiques de référence: PNEC spécifiques du milieu marin (PNEC_{marine})

Une recherche bibliographique, complétée par des données publiques provenant des dossiers d'enregistrement (substances couvertes par REACH⁹), des rapports d'évaluation des produits phytopharmaceutiques et biocides ou d'autres sources comme la base des données de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)¹⁰, ont permis d'identifier des valeurs écotoxicologiques de référence pour chacune des substances identifiées. Ainsi, dans le contexte d'évaluation des risques, des PNEC spécifiques au milieu marin (*Predicted No Effect Concentration*) ou PNEC_{marine} ont été extraites par l'Anses pour chacune des substances identifiées, permettant le calcul du rapport de caractérisation des risques (RCR) pour les écosystèmes marins (cf. chapitre 4.4).

La PNEC est la concentration prévisible sans effet sur le milieu, généralement construite sur la base de résultats d'essais en laboratoire. Elle prend en compte en priorité les résultats des essais de toxicité chronique (EC₁₀¹¹ ou NOEC) ou le cas échéant, les données de toxicité aiguë (CE₅₀ ou CL₅₀). En fonction du type de données disponibles, des facteurs de sécurité sont ajoutés (ECHA, 2008). Pour construire les PNEC, il est conseillé de réaliser ces essais

⁸ La concentration nominale est la concentration théorique d'une substance d'essai lorsque la solution est préparée.

⁹ <https://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals>

¹⁰ <https://substances.ineris.fr/fr>

¹¹ EC₁₀ est la concentration d'une substance qui cause 10 % d'effet chez des individus exposés.

sur des espèces représentatives d'au moins trois niveaux de la chaîne trophique d'un écosystème. La PNEC_{marine} est établie pour la protection des écosystèmes aquatiques, particulièrement les organismes de la colonne d'eau, vis-à-vis de l'exposition à un composé.

4.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques

Le GT a choisi de se limiter aux substances identifiées par la revue systématique, c'est-à-dire celles pour lesquelles le danger a pu être identifié. Ce choix qui repose sur la nécessité de disposer de connaissances objectives quant aux potentiels effets toxiques des substances étudiées sur les coraux, ne permet bien entendu pas de garantir l'exhaustivité de cette expertise, ni la sélection des substances les plus pertinentes quant à leurs usages ou à leur toxicité pour les coraux.

Le Ministère avait exprimé le souhait que l'expertise identifie les substances susceptibles d'avoir un impact sur les récifs coralliens, quantifie l'importance de leur apport dans les milieux et identifie les principales sources de production et de rejet de ces substances. Les données d'exposition disponibles, que ce soit par l'exploitation des bases de données « réglementaires » (Quadrigé¹², Naïades¹³) ou après sollicitation des réseaux locaux chargés d'identifier les études d'intérêt, se sont révélées insuffisantes pour répondre à la question posée. De fait, le peu de données disponibles, tout comme la sélection d'un sous-ensemble de substances, viennent limiter le périmètre de l'expertise et ne permettent pas de juger de la pertinence des substances évaluées. Le Ministère avait aussi suggéré que l'information disponible concernant les tonnages et usages des substances identifiées, telles que renseignées dans les dossiers d'enregistrement élaborés par les producteurs/importateurs des substances sur le marché européen dans le cadre de la réglementation REACH soit utilisée. Cette option a été écartée par le GT car les informations trop globales enregistrées dans ce cadre, ne permettent pas d'apprécier convenablement l'exposition des récifs coralliens à la question posée. La stratégie pour pallier ce manque de données est décrite ci-après.

4.3.1 Collecte des données d'exposition

Dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), un suivi des substances chimiques est effectué dans les cours d'eau et dans les eaux littorales des Départements d'Outre-mer (Martinique, La Réunion, Mayotte et Guadeloupe).

Pour les eaux marines, l'ensemble des données réglementaires et de recherche sont regroupées dans la base de données Quadrigé gérée par l'Ifremer. La cellule Quadrigé a été sollicitée directement pour obtenir une extraction complète des données existantes sur la période 2010-2020 portant sur les concentrations de substances chimiques dans les eaux marines de l'ensemble des DROM-COM.

Concernant les données d'eaux douces, celles-ci sont en théorie disponibles dans la base de données Naïades. Les exports de cette base de données, fournis par l'OFB, ont révélé que cette base était parcellaire et non mise à jour en temps réel. L'ensemble de ces données a donc été directement collecté auprès des Offices de l'Eau (ou de la Direction de

¹² <https://www.ifremer.fr/envlit/Quadrigé-la-base-de-donnees>

¹³ <http://www.naiades.eaufrance.fr/>

l'Environnement de l'Aménagement et du Logement pour Mayotte). Le GT a ainsi pu disposer de données consolidées pour ces 4 départements sur une période s'étendant de 2010 à 2020. Le format de ces jeux de données a été harmonisé à l'aide du logiciel R afin de permettre une exploitation commune de l'ensemble de ces données.

Les données utilisées dans la saisine ne concernent que des échantillons d'eau (les données de contaminants dans les sédiments n'ayant pas été retenues à cause notamment de la complexité des méthodes qui permettraient d'extrapoler l'exposition des coraux). Cependant, une variabilité existe concernant la fraction d'eau utilisée pour les mesures de contamination : eau brute¹⁴ ou eau filtrée, voire centrifugée. L'influence des différences méthodologiques sur ces résultats est documentée, ainsi que la non-exhaustivité des métadonnées permettant d'identifier la méthode utilisée dans les bases de données eaux douces (Lardy-Fontan *et al.*, 2019). D'après les données transmises à l'Anses, une majorité des analyses a été réalisée sur les eaux brutes aux Antilles, conformément à la réglementation en vigueur¹⁵, et sur des échantillons d'eau sans précision de la fraction analysée dans les autres DOM. Pour les eaux marines, d'après les métadonnées de la base de données Quadrige, l'ensemble des données de contamination chimique utilisées a été acquis sur de l'eau brute. Cependant, certaines de ces données ont été acquises par échantillonnage passif et ne sont donc pas réellement issues d'analyses sur eau brute. La complexité des phénomènes de partition des substances chimiques entre la phase particulaire et la phase dissoute ne permet pas à l'heure actuelle de normaliser les résultats obtenus en fonction de la fraction analysée. L'ensemble des données a été conservé et traité indifféremment. Cette limite est reportée dans le tableau des incertitudes de l'expertise (Tableau 4).

La connaissance de la localisation des récifs coralliens est essentielle à la caractérisation de leur exposition. Avec l'appui de l'OFB, l'ensemble des localisations des récifs coralliens d'Outre-mer a été obtenu *via* le projet MCRMP¹⁶ (*Millenium Coral Reef Mapping Project*) permettant d'observer la distance entre les stations de surveillance et les récifs coralliens. La cartographie des récifs coralliens est présentée en Annexe 3.

En lien avec le soutien du Ministère de la transition écologique, l'OFB avait proposé son appui à l'Anses pour tenter d'identifier des sources de données supplémentaires de natures non réglementaires *via* ses correspondants locaux. *In fine*, aucun jeu de données supplémentaire n'a pu être obtenu.

Enfin, les publications scientifiques analysées dans le volet 1 de la saisine ont aussi été consultées afin d'identifier d'éventuelles concentrations environnementales pour les substances d'intérêt. Sur les 908 publications sélectionnées par la carte systématique, seules 6 publications ont été identifiées comme sources potentielles de données. Ces 6 publications ne concernant que des contaminants pour lesquels des données étaient déjà disponibles dans les bases réglementaires, elles n'ont pas été retenues pour la modélisation de l'exposition des récifs coralliens.

¹⁴ L'eau brute correspond à l'eau prélevée dans le milieu et n'ayant subi aucun traitement avant analyse.

¹⁵ Arrêté du 26 avril 2022 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'Etat des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement

¹⁶ <https://umr-entropie.ird.nc/index.php/home/ressources/bases-de-donnees/mcrmp>

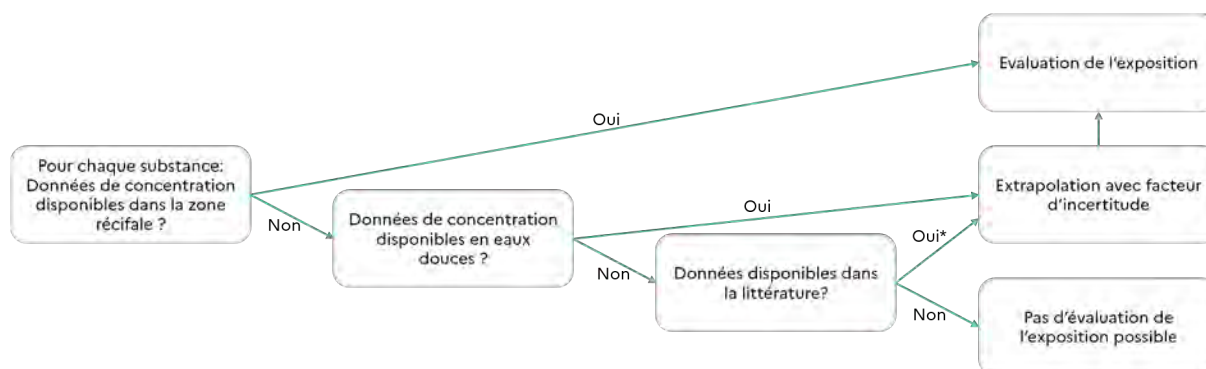
4.3.2 Analyse des données d'exposition

Différents cas de figure se sont présentés pour les couples substance-territoire :

- des données sont disponibles dans les eaux marines ,
- des données sont disponibles dans les eaux douces,
- aucune donnée n'est disponible.

Une approche séquentielle a été suivie en fonction de la disponibilité des données. L'arbre de décision présenté dans la Figure 4 décrit la méthode utilisée pour déterminer la façon dont l'exposition a été modélisée.

Pour chaque substance et pour chaque territoire, la valeur du 95^{ème} percentile (P95) de l'ensemble des données disponibles sur la période 2010-2020 (eaux douces ou eaux marines) a été retenue¹⁷. Les données de l'ensemble des stations de surveillance ont été retenues, indépendamment de leur distance aux récifs coralliens. Cette approche maximisant l'exposition a été retenue afin de permettre le calcul du risque maximum pour les récifs coralliens. Si les seules données disponibles étaient celles des eaux douces, un facteur de dilution de 10 a été appliqué pour estimer l'exposition des récifs. Ce facteur de dilution a été choisi afin de conserver une cohérence avec le facteur 10 utilisé lors du passage de la PNEC_{eau douce} à la PNEC_{marine} (ECHA, 2008). Dans le cas exclusif des filtres UV, famille de substances à enjeu particulier pour les récifs coralliens, une nouvelle recherche de la littérature permettant de récolter des données d'exposition en milieu marin a été menée. Les données ainsi extraites de la littérature ont été utilisées pour extrapoler une exposition des récifs coralliens selon le principe décrit dans le point précédent.



* : cette étape a été réalisée exclusivement pour les filtres UV

Figure 4 : Logigramme de la méthode d'évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux différentes substances chimiques

Concernant l'exploitation des données, les choix méthodologiques suivants ont été faits :

- l'hypothèse Middle Bound (MB) a été retenue pour les données censurées¹⁸. Cela signifie que les valeurs censurées ont été remplacées par la moitié de la valeur de la limite de quantification ou de détection selon le cas de figure. Lorsqu'une valeur de 0 était assignée mais que les données étaient identifiées comme étant inférieures à la limite de quantification et que celle-ci était connue, l'hypothèse MB a aussi été utilisée ;

¹⁷ L'algorithme par défaut de la fonction quantile de R a été utilisé, à savoir le type 7 (Q₇ dans l'article de Hyndman et Fan, 1996).

¹⁸ Les données censurées sont les données inférieures aux limites de détection ou de quantification pour lesquelles les concentrations de la substance ne peuvent pas être déterminées de façon robuste.

- lorsque les limites de quantification n'étaient pas disponibles, les valeurs ont été supprimées du jeu de données ;
- lorsque moins de 10 valeurs étaient disponibles pour un couple substance/territoire sur la période 2010-2020, les données n'ont pas été exploitées et l'analyse de risque n'a pas été menée. C'est le cas de l'ensemble des données issues de la surveillance de Saint-Martin.

La consolidation de ces données d'exposition a ensuite permis de mener une évaluation des risques pour les récifs coralliens pour l'ensemble des substances pour lesquelles des données d'exposition étaient disponibles.

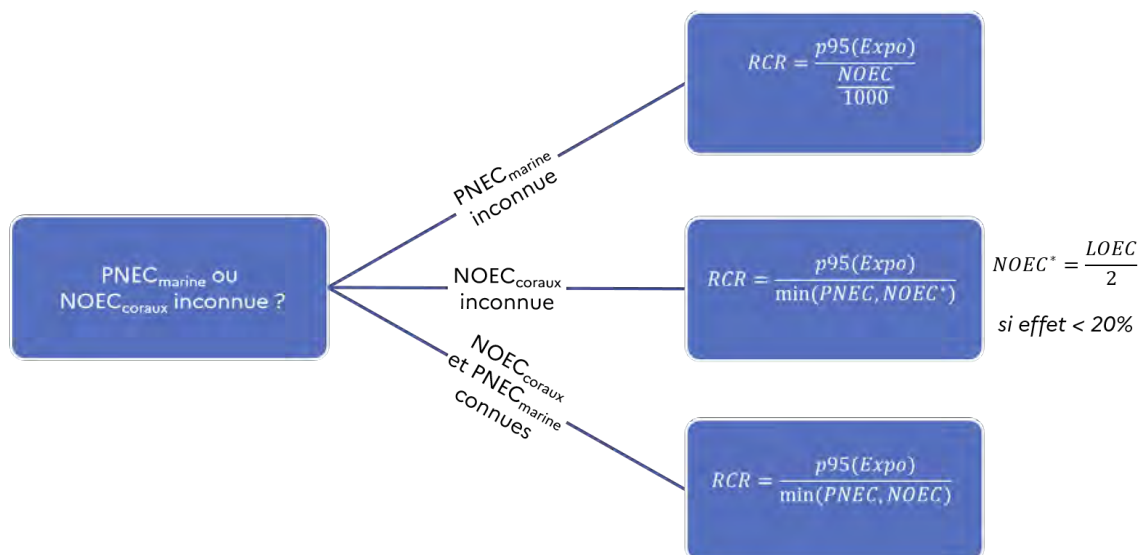
4.4 Caractérisation des risques

Afin d'identifier le risque potentiel des substances pour les coraux mais aussi pour les organismes marins au sens plus large, la méthodologie classique d'évaluation des risques pour l'environnement de l'ECHA a été suivie (ECHA, 2008). Le calcul du rapport de caractérisation des risques (RCR) est effectué en divisant l'exposition calculée (P95 de l'ensemble des concentrations disponibles sur la période 2010-2020 comme expliqué dans la section précédente) par la valeur la plus basse entre la $NOEC_{\text{coraux}}$ et la $PNEC_{\text{marine}}$ (Figure 5).

Différents cas de figure se sont présentés selon que l'ensemble, ou seulement une partie, des données de danger a pu être identifié pour la substance d'intérêt (Figure 5 et Figure 6) :

- si aucune $PNEC_{\text{marine}}$ n'a pu être identifiée, une $PNEC_{\text{marine}}$ a été dérivée en divisant la $NOEC_{\text{coraux}}$ par un facteur de sécurité de 1000 permettant de prendre en compte la biodiversité marine (ECHA, 2008). Le calcul du RCR repose alors sur la valeur de la $PNEC_{\text{marine}}$ dérivée à partir de la $NOEC_{\text{coraux}}$;
- si aucune $NOEC_{\text{coraux}}$ n'a pu être extraite des données mais qu'une $LOEC_{\text{coraux}}$ a été identifiée, une $NOEC_{\text{coraux}}$ égale à la $LOEC/2$ a été dérivée si l'effet associé à cette $LOEC$ est inférieur à 20% de l'effet maximum observé¹⁹. Dans ce cas, la valeur la plus basse entre la $PNEC_{\text{marine}}$ et la $LOEC_{\text{coraux}}/2$ a été utilisée pour calculer le RCR ;
- si la $PNEC_{\text{marine}}$ et la $NOEC_{\text{coraux}}$ ont pu être extraites, le calcul du RCR a utilisé la plus basse de ces deux valeurs ;
- si aucun seuil de toxicité n'était disponible, le RCR n'a pas pu être calculé et le risque n'a donc pas pu être évalué.

¹⁹ Selon les recommandations de l'ECHA (2008) - Tableau R.10-1 du chapitre R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment de la Guidance on information requirements and chemical safety assessment.



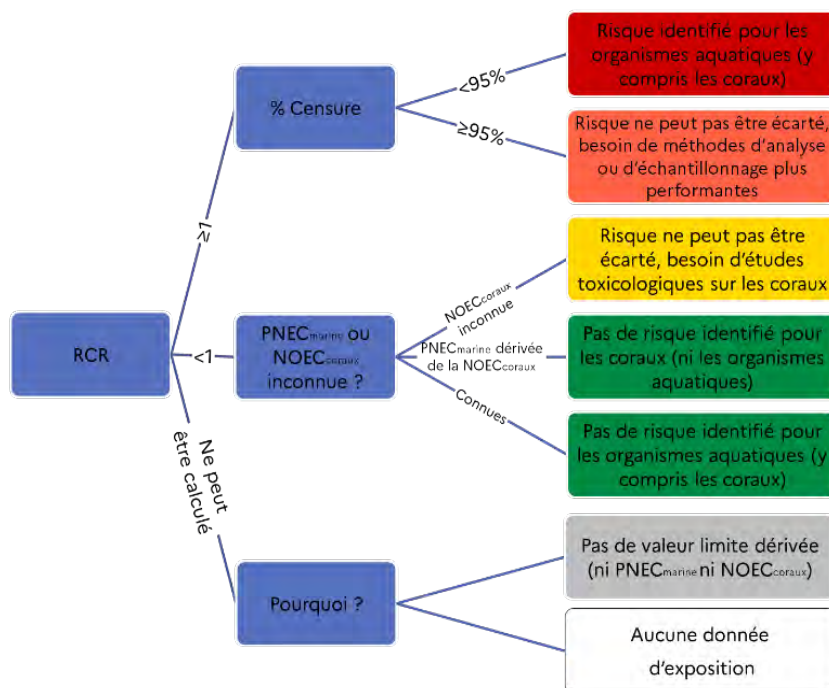
min : valeur minimum, P95 : 95^{ème} percentile.

Figure 5 : Méthode de calcul du rapport de caractérisation des risques (RCR)

Le calcul du RCR permet de conclure sur l'identification d'un risque, ou non, pour les récifs coralliens. Là encore, différents cas de figure se sont présentés (Figure 6). Le GT a considéré qu'à partir d'un RCR supérieur ou égal de 1, si moins de 95% des données d'exposition étaient censurées, un risque était identifié pour la substance vis-à-vis des organismes aquatiques du milieu marin. A contrario, si plus de 95% des données étaient censurées, le GT n'a pas été en mesure de conclure et le risque n'a pas pu être écarté. En effet, dans ce cas, le P95 ne peut être quantifié et des données d'exposition avec un taux de censure (et donc des limites analytiques) plus bas sont nécessaires pour se prononcer.

Pour un RCR inférieur à 1 et pour une $NOEC_{\text{coraux}}$ ou une $PNEC_{\text{marine}}$ connue, le GT a considéré qu'aucun risque n'était identifié pour les coraux et les organismes du milieu marin. En revanche, dans le cas où la $NOEC_{\text{coraux}}$ n'a pas pu être déterminée, le GT n'a pas pu écarter le risque pour les coraux, et les données d'écotoxicité spécifiques aux coraux sont nécessaires pour conclure.

Le RCR ne peut être calculé en absence de données d'exposition ou de dangers ($NOEC_{\text{coraux}}$ ou une $PNEC_{\text{marine}}$).



Cette méthode repose sur la détermination de la valeur du rapport de caractérisation des risques (RCR) mais aussi sur le pourcentage de censure des données d'exposition (données inférieures aux limites de quantification ou de détection) et sur la disponibilité des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence (NOEC_{coraux} et PNEC_{marine}).

Figure 6 : Méthodologie d'évaluation du risque appliquée dans l'expertise

4.5 Analyse des incertitudes

L'ensemble de l'évaluation du risque repose sur un certain nombre d'hypothèses et de simplifications nécessitant d'appliquer une analyse des incertitudes. Ainsi, cette expertise s'est appuyée sur les travaux du GT de Méthodologie en évaluation du risque (Anses, 2017).

Dans un premier temps et tout au long de cette expertise, un tableau récapitulatif des sources d'incertitudes, leur prise en compte et leur impact sur l'évaluation du risque a été construit (Tableau 4). Ces sources d'incertitude sont séparées selon les 4 étapes de l'évaluation du risque :

- l'identification du danger est affectée par deux types d'incertitudes contextuelles dont l'impact est difficilement qualifiable :
 - d'une part, celles relatives à la reformulation de la question avec une restriction de cette expertise aux substances identifiées par l'UMS PatriNat dans la littérature sous-estimant potentiellement les dangers et risques pour les coraux, mais aussi une reformulation étendant l'analyse du risque à l'ensemble des espèces peuplant les récifs coralliens plutôt qu'aux seuls coraux constructeurs de récifs ;
 - d'autre part, des incertitudes relatives aux limites méthodologiques en termes de robustesse, de représentativité des expositions (non prise en compte des mélanges, des données de contamination des sédiments, *etc.*). Le périmètre de la saisine et les délais de réalisation induisant de se limiter aux études sélectionnées par l'UMS PatriNat ainsi que l'élimination d'études ne répondant pas à nos critères, seul un faible nombre d'études a pu être exploité ;

- la caractérisation du danger est affectée par des incertitudes relatives à la qualité des données d'entrée pour la détermination des seuils de toxicité et valeurs écotoxicologiques de référence ($PNEC_{\text{marine}}$ et $NOEC_{\text{coraux}}$). La prise en compte de ces incertitudes est détaillée dans le Tableau 4 ;
- l'évaluation de l'exposition est affectée principalement par des incertitudes relatives à la qualité des données de concentration des contaminants dont l'impact est difficilement qualifiable et pour lesquelles une prise en compte a été effectuée selon les méthodes listées dans le tableau. Une seule incertitude a été identifiée quant à la méthode d'exploitation des données d'entrée. Celle-ci est de nature statistique et provient de l'incertitude autour de la valeur du 95^{ème} percentile sur les petits jeux de données ;
- la caractérisation du risque est subordonnée au choix des seuils de toxicité et valeurs écotoxicologiques de référence. Pour cette incertitude, la valeur la plus basse entre $PNEC_{\text{marine}}$ et $NOEC_{\text{coraux}}$ est retenue.

Tableau 4 : Sources d'incertitudes liées à l'expertise, leur origine (selon la classification proposée par l'Anses), leur prise en compte lorsque cela était possible et leur impact sur le résultat de l'expertise lorsqu'il est quantifiable

Une sous-estimation signifie que l'incertitude mène à une sous-estimation du risque pour les coraux et réciproquement.

SOURCES D'INCERTITUDES						
Thématique de l'expertise	Description	Origine (niveau 1)	Origine (niveau 2)	Prise en compte	Impact sur le résultat de l'expertise	
					Amplitude	Direction
Identification du danger	Restriction du nombre d'études dans la revue systématique	Contexte	Cadrage	Synthèse narrative sur la classe nutriments	Modérée	Non qualifiable
	Restriction de l'évaluation du risque aux substances avec publication identifiée dans la revue systématique	Contexte	Reformulation de la question	Recommandations	Modérée	Sous-estimation
	Évaluation du risque par substance individuelle (pas de prise en compte des mélanges)	Contexte	Cadrage	Pas de prise en compte	Modérée	Sous-estimation
	Restriction de l'évaluation de l'exposition aux mesures dans l'eau (pas aux sédiments)	Contexte	Cadrage	Pas de prise en compte	Modérée	Non qualifiable
	Évaluation du risque sans tenir compte de l'impact et synergies avec les changements des facteurs physico-chimiques (salinité, température, pH, turbidité, etc.)	Contexte	Cadrage	Pas de prise en compte	Modérée	Sous-estimation
	Restriction de l'expertise aux coraux	Contexte	Reformulation de la question	Extension de la question aux récifs coralliens	Faible	Non qualifiable
Caractérisation du danger	Qualité des études sélectionnées	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Qualification du risque de biais et exclusion des études de biais fort	Modérée	Non qualifiable
	Détermination de la NOEC _{coraux} (quantité d'information disponible)	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Prise en compte de la PNEC _{marine}	Faible	Non qualifiable
	Choix de la PNEC _{marine}	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Sélection de la valeur la plus protectrice	Faible	Surestimation
Évaluation de l'exposition	Absence de données de contamination en milieu marin	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Revue de la littérature pour les filtres UV. Prise en compte des données d'eau douce pour les autres contaminants.	Modérée	Non qualifiable
	Faible nombre de données de contamination	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Prise en compte des données d'eau douce et eau marine	Faible	Non qualifiable
	Nature de la fraction analysée (eau brute ou filtrée)	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Pas de prise en compte	Faible	Sous-estimation
	Résolution analytique	Méthodologie	Qualité des données d'entrée	Hypothèse moyenne (MB)	Faible	Non qualifiable
	Sélection du P95 sur des petits jeux de données	Méthodologie	Exploitation des données d'entrée	Pas de prise en compte	Faible	Sous-estimation
Caractérisation du risque	Choix du seuil de toxicité	Méthodologie	Exploitation des données d'entrée	Calcul de deux RCR - PNEC _{marine} ou NOEC _{coraux}	Modérée	Surestimation

Afin de refléter le niveau d'incertitudes, une méthode de qualification du niveau de confiance a été développée. Cette méthode a permis de qualifier, pour chaque couple contaminant/territoire, le niveau de confiance relatif aux conclusions en prenant en compte les incertitudes listées précédemment. La grille de détermination de la confiance est présentée dans le Tableau 5 et permet de classer la confiance dans les conclusions en 4 catégories de très faible à élevée.

Trois scores de confiance ont été calculés (avec les pondérations indiquées dans le Tableau 6), ces scores sont relatifs :

- aux données de danger en fonction de 4 paramètres : le nombre et la qualité des études utilisées pour extraire la $NOEC_{coraux}$, le nombre d'espèces, le nombre d'effets biologiques et les gammes de concentrations considérées dans ces études ;
- aux données d'exposition en fonction de 4 paramètres : le nombre de données disponibles, le taux de censure des données, le nombre de stations analysées et la présence de données dans les eaux marines ;
- à l'évaluation du risque en fonction de 3 paramètres : l'écart entre 1 et les RCR calculés avec la valeur de la $NOEC_{coraux}$ ou la valeur de la $PNEC_{marine}$ (RCR_2) et la cohérence entre les conclusions livrées par le calcul de ces deux RCR.

La moyenne de ces trois scores donne le score de confiance. La confiance est qualifiée de :

- très faible (- -) si le score est supérieur à 0 et inférieur ou égal à 0,25 ;
- faible (-) s'il est supérieur à 0,25 et inférieur ou égal à 0,5 ;
- moyenne (+) s'il est supérieur à 0,5 et inférieur à 0,75 ;
- élevée (++) s'il est supérieur ou égal à 0,75 et 1.

Tableau 5 : Récapitulatif des différents types d'incertitudes pris en compte pour estimer la confiance dans l'évaluation des risques

	Type d'incertitude (et pondération appliquée)				Contribution à la confiance globale
Danger	Nombre d'études et qualité des études	Nombre d'espèces	Nombre d'effets biologiques	Gamme de concentrations	33,33%
	50%	10%	20%	20%	
Exposition	Nombre de données	Taux de censure	Nombre de stations	Présence de données eaux marines	33,33%
	20%	20%	10%	50%	
Risque	Écart entre 1 et RCR	Écart entre 1 et RCR_2	Concordance RCR et RCR_2		33,33%
	25%	25%	50%		

Les pourcentages indiqués sous les types d'incertitudes indiquent la pondération utilisée pour chaque type d'incertitude dans le calcul de la confiance correspondant à son étape de l'analyse du risque concerné (Danger, Exposition ou Risque). Le score de confiance final est obtenu en moyennant les trois scores (pondération de 33,33%).

RCR et RCR_2 désignent les rapports de caractérisation des risques calculés respectivement sur la base de la $NOEC_{coraux}$ ou de la $PNEC_{marine}$.

Le barème appliqué pour évaluer la confiance est détaillé dans le Tableau 6. Les indices de confiance sont présentés pour chaque groupe de substances dans les matrices récapitulatives

de l'analyse des risques. Le détail des incertitudes (Danger, Exposition, Risque) pour les différents couples contaminant/territoire est présenté en Annexe 4.

Dans les cas où le risque ne peut pas être écarté, la confiance n'a pas été évaluée car un niveau de confiance ne peut pas être attribué à une absence de conclusion.

Tableau 6 : Barème permettant de calculer la confiance associée à chaque type d'incertitude

	Type d'incertitude (et barème associé)							
	Nombre d'études et qualité des études		Nombre d'espèces		Nombre d'effets biologiques		Gamme de concentrations	
	Condition	Score	Condition	Score	Condition	Score	Condition	Score
Danger	≥1	1	>3	1	≥4	1	≥7	1
	=0,75	0,75	=3	0,67	=3	0,67	=6	0,75
	=0,5	0,5	=2	0,33	=2	0,33	=5	0,5
	=0,25	0,25	=1	0	=1	0	=4	0,25
	Sinon	0					≤3	0
Exposition	Nombre de données		Taux de censure		Nombre de stations		Présence de données eaux marines	
	Condition	Score			Condition	Score	Condition	Score
	>1000	1	Proportion de données quantifiées		>50	1	Oui	1
	>200	0,5			>20	0,5	Non	0
	>50	0,25			>5	0,25		
Sinon	0	Sinon			0			
Risque	log10(RCR)		log10(RCR ₂)		Concordance RCR et RCR ₂			
	Condition	Score	Condition	Score	Condition		Score	
	>2	1	>2	1	RCR et RCR ₂ >1 ou RCR et RCR ₂ <10 1<RCR et RCR ₂ <10 Sinon		1	
	>1	0,5	>1	0,5			0,5	
Sinon	0	Sinon	0	0				

La condition et le score affecté sont à lire par ligne. Pour l'incertitude relative au nombre et à la qualité des études, un score de 0,25 a été associé aux études de biais moyen et de 0,5 aux études de biais faible. Les scores des études sont sommés pour déterminer le score de ce type d'incertitude. La combinaison des différents scores est faite selon la méthode présentée dans le Tableau 5.

4.6 Recensement des dispositifs réglementaires existantes

Un recensement du statut réglementaire applicable aux substances chimiques identifiées comme étant à risque (groupe rouge) ou pour lesquelles le risque ne peut pas être écarté (groupe orange) a été réalisé. Les principales bases de données consultées ont été les suivantes :

- l'Information sur les produits chimiques de l'ECHA²⁰ ;
- l'EU Pesticides Database de la Commission Européen²¹ ;
- la liste des polluants organiques persistants (POP) de la Convention de Stockholm²² ;
- le Portail Substances Chimiques de l'INERIS²³ ;
- le catalogue E-Phy de l'Anses²⁴.

²⁰ <https://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals>

²¹ https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en

²² <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

²³ <https://substances.ineris.fr/fr/>

²⁴ <https://ephy.anses.fr>

5 Résultats de l'évaluation des risques pour les groupes de substances étudiées

La revue systématique réalisée par l'UMS PatriNat a permis d'identifier les substances chimiques pouvant exercer des effets toxiques sur les coraux. Les substances sont regroupées en fonction de leur usage principal et de leur structure chimique : filtres UV, pesticides, hydrocarbures, métaux, produits pharmaceutiques, microplastiques et autres substances.

5.1 Groupe des filtres UV

5.1.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue systématique, élaborée par l'UMS PatriNat, a identifié dans un premier temps 12 articles traitant de 16 substances et 6 mélanges de filtres UV associés notamment à des compositions de crèmes solaires. Lors de l'actualisation de la revue systématique en 2022, 2 articles supplémentaires ont été identifiés. Au total, 16 substances et 9 mélanges ont été identifiés. Les mélanges n'ont pas été pris en compte dans le cadre de cette évaluation des risques puisque la méthodologie retenue est conçue pour évaluer le risque des substances individuelles.

Les substances et mélanges étudiés et les réponses biologiques investiguées pour chacun figurent dans le Tableau 10.

Tableau 7 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe filtres UV

Exposition	Densité des algues symbiotiques	Recrutement	Performance de la photosynthèse	Mortalité	Fertilisation	Croissance	Blanchissement
Avobenzène			X				
Benzophénone-1 (BP1)	X	X		X			X
Benzophénone-2 (BP2)	X			X			
Benzophénone-3 (BP3, Oxybenzone)	X	X	X			X	X
Benzophénone-4	X	X		X			X
Benzophénone-8 (dioxybenzone)	X	X		X			X
Drométrizole trisiloxane (Mexoryl XL)			X				
EHMC (octinoxate, OMC)	X		X	X			X
Enzacamène (4-MBC)			Pas de données coraux exploitables*				
Homosalate			Pas de données coraux exploitables**				
Salicylate de 2-éthylhexyle			Pas de données coraux exploitables*				
Octocrylène	X		X	X			X
Dioxyde de titane							X
Oxyde de zinc	X						X
Acide téréphtalidène dicamphre sulfonique (Mexoryl SX, Ecamsule, Ecam.)			X				
Ethylhexyl triazone (Uvinul T150, Uvi)			X				
Combinaison Octocrylène et EHMC	X			X			X
Crème solaire de la marque dite "coral-friendly" Badger (C.bad) [Seul ingrédient actif : oxyde de zinc minéral]							X
Crème solaire de la marque Banana boat (C.bb) [Substances actives : butylméthoxydibenzoylméthane 5%, 4-méthylbenzylidène camphre 4%, octocrylène 2%, bémotrizinol 1% + conservateurs : phénoxyéthanol, hydroxybenzoates]							X
Crème solaire de la marque Renewal (C.ren) [Pas d'information sur la composition]							X
Crème solaire de marque inconnue (C.x) [Composition 7% w/w EHMC and 3.6% w/w OC; water, polyhydroxystearic acid, lecithin, ethylhexyl palmitate, isopropyl palmitate, isostearic acid, polyglyceryl-3 polyricinoleate, caprylic, capric triglyceride, sodium hyaluronate, aloe vera, chamomile extract, niacinamide, dexpanthénol, <i>Peucedanum ostruthium</i> extract, <i>Rosa</i>							X

<i>damascenna</i> flower water, colloidal platinum, titanium dioxide/ alumina/ triethoxycaprylyl silane, isopropyl palmitate, sorbitan olivate, lauryl PEG/ PPG-18/ 18 methicone, cetyl ethylhexanoate, sodium chloride, cyclocerine, iodopropynyl butylcarbamate, methylisothiazolinone]							
Crème solaire de marque inconnue [Contient : avobenzone, benzophénone-3, éthylhexylméthoxycinnamate, octocrylène, éthylhexylsalicylate, enzacamène]							X
[T-Avo] Sunscreen				X			
[CNC] Sunscreen				X			
[T-S] Sunscreen	X		X	X			

x : réponse biologique investiguée ; **x** : réponse biologique présentant la NOEC la plus faible.

* Les effets toxiques chez les coraux des substances, comme le salicylate de 2-éthylhexyle et l'enzacamène (4-MBC), ont été étudiés par Danovaro *et al.* (Danovaro *et al.*, 2008). Cependant, l'analyse de la robustesse de cette étude a identifié un risque de biais fort.

** Des changements sur le profil métabolique des coraux suite aux expositions à l'homosalate ont été étudié par Stien *et al.* (Stien *et al.*, 2019). Les réponses biologiques étudiés par les auteurs ont été identifiés hors périmètre de la revue systématique. Par conséquent, les données de danger chez les coraux provenant de ces articles n'ont pas été utilisées pour l'évaluation des risques.

Les informations sont plus nombreuses pour les filtres organiques, tels que ceux de la famille des benzophénones (5 publications étudiant plusieurs réponses biologiques), que pour les filtres minéraux (dioxyde de titane, oxyde de zinc ; 2 publications couvrant deux réponses biologiques). Pour les autres substances, l'information disponible est limitée dans certains cas à un seul effet étudié par article. Par ailleurs, la plupart des études ne fournissent que des concentrations nominales. Lorsque les concentrations d'exposition sont mesurées, les filtres UV disparaissent assez rapidement dans le milieu (ou sont adsorbés et/ou absorbés) rendant l'interprétation des résultats délicate.

5.1.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Pour les études provenant des articles identifiés avec des niveaux de biais faible et moyen (9 publications), des seuils de toxicité ($LOEC_{\text{coraux}}$ et $NOEC_{\text{coraux}}$) ont pu être identifiées par le GT. Cependant, ces valeurs doivent être utilisées avec précaution puisque, dans certaines études, une dissipation de la substance lors de la mesure de l'exposition dans les milieux d'essai a été observée pouvant entraîner une surestimation de ces $LOEC_{\text{coraux}}$ et $NOEC_{\text{coraux}}$ (Tableau 8).

Pour la plupart des substances, les $PNEC_{\text{marine}}$ recensées semblent être protectrices compte tenu de données de danger disponibles chez les coraux. Les $NOEC_{\text{coraux}}$ sont en effet largement supérieures aux $PNEC_{\text{marines}}$, sauf pour trois substances : la benzophénone 1, la benzophénone 2 et la benzophénone 8. Les $NOEC_{\text{coraux}}$ retenues pour ces substances sont inférieures ou très proches de la $PNEC_{\text{marine}}$ montrant que les réponses biologiques identifiées pour les coraux peuvent être plus sensibles aux filtres UV que pour d'autres organismes aquatiques classiquement utilisés pour la dérivation des $PNEC$ aquatiques (algue, crustacé, poisson). Pour la benzophénone 1, la $PNEC_{\text{marine}}$ est dérivée à partir de la $NOEC_{\text{algue}}$ (0,327 mg/L) (en prenant en compte une durée de 96 heures d'exposition) estimée par relation quantitative structure-activité (QSAR). En considérant le recrutement comme l'effet le plus sensible par rapport aux autres réponses biologiques étudiées pour cette substance, la $PNEC_{\text{marine}}$ pourrait être mise à jour en prenant en compte la $NOEC_{\text{coraux}}$ retenue. Pour les benzophénones 2 et 8, leur dossier d'enregistrement REACH ne contient pas d'information sur les $PNEC_{\text{marines}}$, les valeurs de $PNEC_{\text{marine}}$ proposées dans le Tableau 8 proviennent de l'étude de Guo *et al.* (Guo *et al.*, 2020). Dans cette étude, les valeurs de $PNEC_{\text{marine}}$ sont dérivées de la méthode SSD (*species sensitivity distribution*) en prenant en compte des données *in vitro* et *in vivo*, notamment sur des organismes d'eau douce. Le détail sur le jeu de données utilisé pour dériver ces valeurs n'est pas disponible dans l'article. Cependant, dans le cas de la benzophénone 8, la valeur de la $PNEC_{\text{marine}}$ couvre la toxicité identifiée pour les coraux. Dans le cas de la benzophénone 2, la $PNEC_{\text{marine}}$ pourrait être révisée à partir des données sur des organismes marins en incluant les coraux.

Tableau 8 : LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux} et PNEC_{marine} pour les filtres UV

Substance	CAS	PNEC _{marine} (µg/L)*	LOEC _{coraux} (µg/L)	NOEC _{coraux} (µg/L)**	Remarque LOEC _{coraux}
Avobenzone	70356-09-1	2,7	516 (mesuré)	87 (mesuré)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 35 jours)
Benzophénone-1	131-56-6	3	10 (nom.)	1 (nom.)	1 article disponible : He <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 336 heures)
Benzophénone-2	131-55-5	1,23 ^[1]	2,46 (nom.)	0,246 (nom.)	1 article disponible : Downs <i>et al.</i> , 2014 => Plusieurs réponses biologiques mesurées Réponse biologique retenue : fluorescence de la chlorophylle (larves, 8h)
Benzophénone-3, Oxybenzone	131-57-7	0,067	2,28 (mesuré)	NOEC < 2,280 (mesuré)	4 articles disponibles : Downs <i>et al.</i> , 2016, He <i>et al.</i> , 2019, Conway <i>et al.</i> , 2020 et Wijgerde <i>et al.</i> , 2020 => Plusieurs réponses biologiques investiguées Réponse biologique retenue : fluorescence de la chlorophylle en lumière (larves, 8h)
Benzophénone-4	4065-45-6	9,79	Pas d'effets observés jusqu'à 1000 µg/L (nom.)	Pas d'effets observés jusqu'à 1000 µg/L (nom.)	1 article disponible : He <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques mesurées chez des adultes et un test conduit avec des larves (recrutement), expositions 168 heures
Benzophénone-8 (dioxibenzone)	131-53-3	0,918 ^[1]	10 (nom.)	1 (nom.)	1 article disponible : He <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques mesurées Réponse biologique retenue : recrutement (larves)
Drométrizole trisiloxane (Mexoryl XL)	155633-54- 8 / EC 423- 660-5	Pas de données	Pas d'effets observés jusqu'à 305 µg/L (mesuré)	Pas d'effets observés jusqu'à 305 µg/L (mesuré)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse chez des adultes (35 jours)
EHMC (octinoxate, OMC)	5466-77-3 / 83834-59-7	0,3	1000 (nom.)	100 (nom.)	1 article disponible : He <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques mesurées. La publication indique une LOEC (nominale) de 1000 µg/L pour les endpoints suivants : mortalité, blanchiment, densité des zooxanthelles. Incertitudes sur la stabilité de la substance
Enzacamène (4-MBC)	36861-47-9	0,04	Pas de données sur les coraux	Pas de données sur les coraux	Substance étudiée dans l'étude de Danovaro <i>et al.</i> , 2008 => considérée avec biais fort par l'UMS Patrinat
Salicylate de 2- éthylhexyle	118-60-5	0,017	Pas de données sur les coraux	Pas de données sur les coraux	Substance étudiée dans l'étude de Danovaro <i>et al.</i> , 2008 => considérée avec biais fort par l'UMS Patrinat

Homosalate	118-56-9	Pas de données disponibles	Pas de données exploitables	Pas de données exploitables	Substance étudiée dans l'étude de Stien <i>et al.</i> , 2019 => Les réponses biologiques étudiées (changement des profils métaboliques) ne permettent pas de déterminer de NOEC ou LOEC _{coraux}
Octocrylène	6197-30-4	0,026	1318 (mesuré)	519 (mesuré)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019, He <i>et al.</i> , 2019 Plusieurs réponses biologiques mesurées chez des adultes Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (35 jours)
Dioxyde de titane	-	Pas de données disponibles	ND	ND	1 article disponible : Corindalesi <i>et al.</i> , 2018 : 1 concentration testée 6,3 mg/L (48 heures)
Oxyde de zinc	-	6,1	94 (mesuré)	24 (mesuré)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (35 jours)
Acide téréphtalidène dicamphre sulfonique (Mexoryl SX, Ecamsule, Ecam.)	92761-26-7	Pas de données	Pas d'effets observés jusqu'à 5025 µg/L (mesuré)	Pas d'effets observés jusqu'à 5025 µg/L (mesuré)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (35 jours)
Ethylhexyl triazone (Uvinul T150, Uvi)	88122-99-0	8	Pas d'effets observés jusqu'à 177 µg/L (mesuré)	Pas d'effets observés jusqu'à 177 µg/L (mesuré)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (35 jours)

* Données provenant du site disséminé de l'ECHA ; ** identifiés à partir des résultats de la revue systématique de l'UMS Patrinat ; ND : Non déterminé ; nom. : nominale

[1] PNEC_{marine} non identifiée dans le dossier d'enregistrement, valeur calculée d'après Guo *et al.* (2020) en appliquant le facteur de sécurité pour extrapoler aux organismes marins.

5.1.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux filtres UV

Parmi les 16 filtres UV recensés dans la revue systématique conduite par l'UMS Patrinat, des données d'expositions ne sont disponibles que pour l'octinoxate et sont limitées aux eaux douces de La Réunion. Face à ce déficit d'informations sur la présence de ces substances dans les eaux récifales d'Outre-mer, une recherche bibliographique sur les concentrations des filtres UV dans le milieu marin a été effectuée à partir de la base de données Scopus. Cette recherche bibliographique repose sur une requête lexicale permettant de collecter l'ensemble des publications scientifiques contenant des concentrations de filtres UV dans le milieu marin (Figure 7).

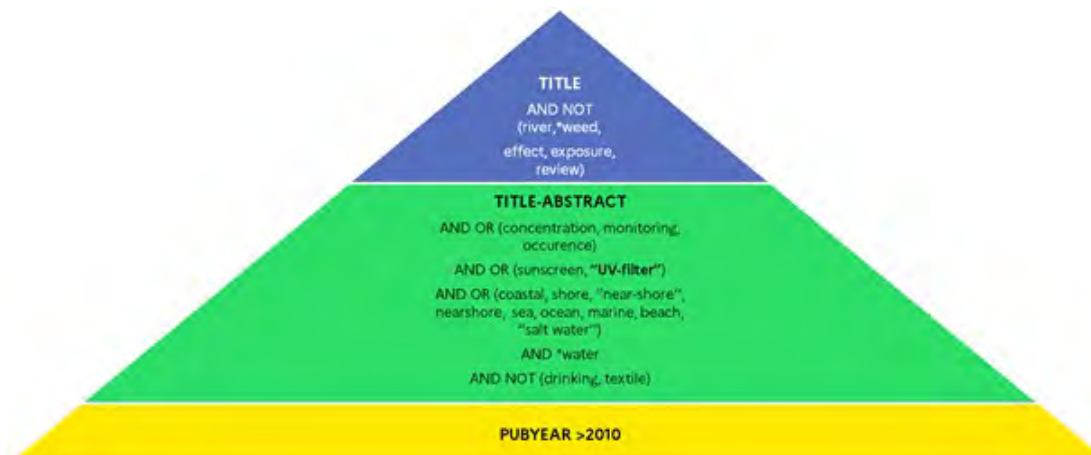


Figure 7 : Représentation schématique de la requête bibliographique utilisée pour collecter les concentrations en filtre UV dans le milieu marin disponibles dans la littérature scientifique de la base de données Scopus

Cette recherche bibliographique a permis d'identifier 83 articles. Aucun de ces articles ne concernait les territoires français d'Outre-mer. La lecture du titre et des résumés visant à déterminer la pertinence des articles pour l'obtention de données de concentration de filtres UV dans le milieu marin a réduit la sélection à 43 articles. Enfin, une sélection menée exclusivement sur un critère de présence de données de concentration utilisables dans les articles a conduit à l'exploitation de 33 articles. Des données pour 14 des 16 filtres UV recensés ont ainsi été extraites. Aucune donnée relative à l'acide téréphtalyldène dicamphre sulfonique (Ecamsule), ni à l'éthylhexyl triazone (Uvinul T150) n'étant disponible, leur exposition n'a pu être estimée.

Les données des 33 articles provenaient de différentes zones côtières du globe comme illustré en Figure 8. Les principaux contributeurs sont les États-Unis, l'Espagne, la Chine et le Japon. Les prélèvements ont été effectués soit en surface (dans 2 cas sur 3), soit dans la colonne d'eau (dans 1/3 des cas à une profondeur de 1 à quelques mètres).



Figure 8 : Localisation des prélèvements ayant permis de déterminer les concentrations en filtres UV dans le milieu marin disponibles dans la littérature scientifique (à partir de la base de données Scopus)

5.1.4 Caractérisation des risques et analyse des incertitudes

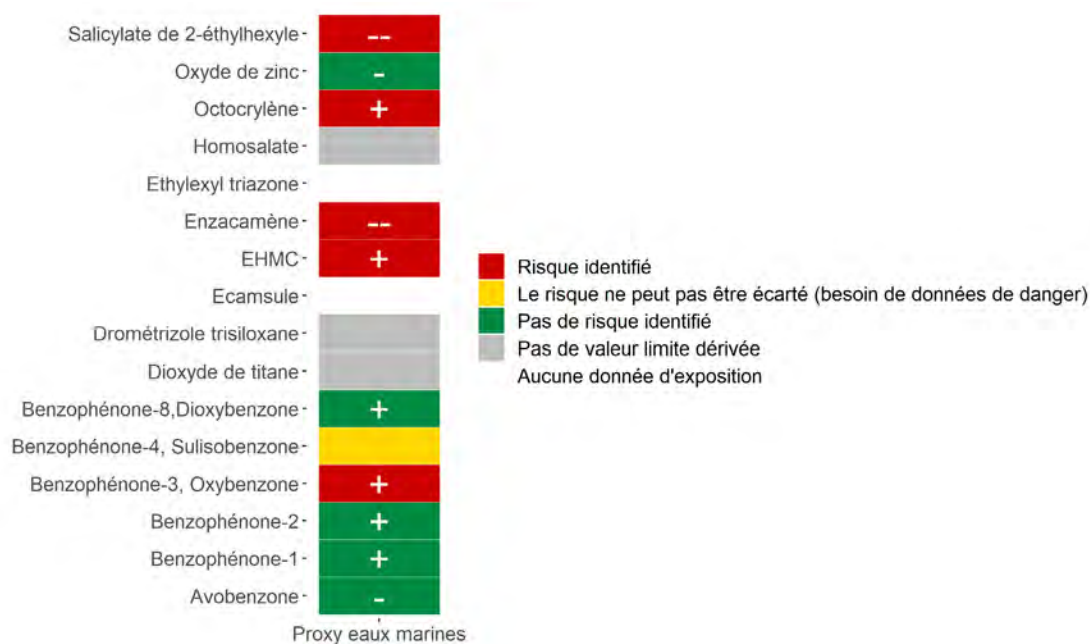
En raison de l'absence d'information spécifique au milieu marin des territoires français d'Outre-mer, des évaluations de risques sur ces territoires ne sont pas réalisables. Cependant, la recherche bibliographique a identifié la présence, au niveau international, de concentrations très élevées pour certains filtres UV dans le milieu marin, avec parfois une très forte variabilité.

En comparant ces valeurs avec les $PNEC_{marines}$, et malgré les incertitudes décrites ci-dessus (données toxicologiques parcellaires, absence de système de surveillance, *etc.*), l'octocrylène (OC), la benzophénone 3 (BP-3, oxybenzone) et l'octinoxate (EHMC) sont identifiés comme présentant un risque pour les organismes marins ($RCR > 1$). Le niveau de confiance « moyen » attribué à la conclusion est lié aux données d'exposition disponibles et à l'écart considérable qui existe entre la $PNEC_{marine}$ et la $NOEC_{coraux}$ pour ces substances, amenant à des conclusions divergentes selon que l'on utilise l'un ou l'autre de ces deux seuils de toxicité. Le salicylate de 2-éthylhexyle et l'enzacamène (4-MBC) sont aussi identifiés comme étant des substances à risque pour les organismes marins ($RCR > 1$). Cependant, la confiance attribuée à cette conclusion est très faible étant donné l'absence de données exploitables sur les effets toxiques de ces substances sur les coraux (les études disponibles ont été exclues car jugées comme présentant un biais fort par la revue systématique), mais aussi de la qualité modérée dans les données d'exposition.

Pour les benzophénones 1, 2 et 8, des risques pour les organismes marins ne sont pas identifiés ($RCR < 1$, avec un niveau de confiance moyen). L'oxyde de zinc et l'avobenzone ne sont également pas identifiés comme des substances à risque ($RCR < 1$). Cependant, le niveau de confiance attribué à ces conclusions est considéré comme faible. En effet, les données disponibles sur les effets toxiques pour les coraux se limitent à une espèce et une seule réponse biologique (performance de la photosynthèse) et les données d'exposition pour ces substances sont limitées.

Pour la benzophénone 4, le risque ne peut pas être écarté car les articles sélectionnés par la revue systématique ne permettent pas de déterminer de valeur de $NOEC$ ou de $LOEC_{coraux}$.

Les résultats de l'évaluation des risques et l'analyse des incertitudes sont résumés dans la figure ci-dessous.



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 9 : Matrice récapitulative de l'analyse de risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe filtres UV

5.1.5 Recensement des dispositions réglementaires existantes

- *Prise en charge réglementaire des filtres UV en Europe*

En Europe, les substances entrant dans la composition des produits cosmétiques sont encadrées par le règlement n°1223/2009 relatif aux produits cosmétiques, complémentaire au règlement n°1907/2006, dit règlement REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals). L'annexe VI du règlement relatif aux produits cosmétiques établit la liste des filtres UV admis dans les produits cosmétiques tels que les crèmes solaires et l'annexe V de ce même règlement, celle des agents conservateurs. Ces annexes sont établies par la Commission européenne, après avis du comité scientifique pour la sécurité des consommateurs (CSSC) sur les risques en matière de santé humaine et de sécurité (risques chimiques, biologiques, mécaniques et autres risques physiques) pour les produits non alimentaires et certains services. En revanche, pour ce qui est des préoccupations environnementales pouvant être suscitées par les substances présentes dans les produits cosmétiques, celles-ci sont examinées dans le cadre du règlement REACH qui met en œuvre une évaluation de la sécurité environnementale de manière trans-sectorielle.

Des actions au niveau européen pour les filtres UV identifiées à risque pour le milieu marin dans cette expertise (benzophénone-3, EHMC, enzacamène, octocrylène, salicylate de 2-éthylhexyle) font actuellement l'objet d'évaluations au niveau européen par des États membres dans le cadre du règlement REACH afin de déterminer leurs possibles propriétés de perturbation endocrinienne (PE) et/ou PBT (Persistance, Bioaccumulable et Toxique selon les critères de l'annexe XIII du règlement REACH) (Tableau 9). À l'issue de ce processus

d'évaluation de la substance, si au moins une de ces deux propriétés venait à être confirmée, les substances seront identifiées comme des substances extrêmement préoccupantes (SVHC : *Substance of Very High Concern*) pouvant conduire à la proposition de mesures de gestion des risques au niveau de l'UE, telles que des restrictions et/ou demandes d'autorisation.

Tableau 9 : Synthèse du statut réglementaire des substances identifiées

Substance	CAS	Statut réglementaire
Oxyde de zinc nanoparticulaire (nZnO)	1314-13-2	<p>Règlement REACH Processus : évaluation substance 2017 État membre évaluateur : Allemagne Préoccupations identifiées :</p> <ul style="list-style-type: none"> usage consommateurs exposition à l'environnement usages dispersifs <p>Règlement CLP Double classification harmonisée : toxicité aigüe et chronique pour les milieux aquatiques</p> <p>Règlementation cosmétique Annexe VI (filtre UV), entrée 30a du règlement cosmétique. Autorisé à hauteur de 10% maximum</p>
Benzophénone-3 (Oxybenzone , BP-3)	131-57-7	<p>Règlement REACH Processus : évaluation substance 2014 État membre évaluateur : Danemark (en cours deuxième round) Préoccupations identifiées : potentiel perturbateur endocrinien Substance interdite à Hawaii, Palau, U.S Virgin Island, Aruba, Bonaire, Key West Florida et récemment en Thaïlande</p>
Ethylhexyl méthoxycinnamate (octinoxate, EHMC)	5466-77-3	<p>Règlement REACH Processus : évaluation substance État membre évaluateur : Allemagne Préoccupations identifiées : potentiel perturbateur endocrinien et PBT</p> <p>Règlementation cosmétique : Annexe VI (filtre UV), entrée 12 du règlement cosmétique. Autorisé à hauteur de 10% maximum</p> <p>Substance interdite à Hawaii, Palau, U.S Virgin Island, Aruba, Bonaire, Key West Florida et récemment en Thaïlande</p>
2-éthylhexyl 2-cyano-3,3-diphénylacrylate (Octocrylène, OC)	6197-30-4	<p>Règlement REACH Processus : évaluation substance 2012 État membre évaluateur : France (en cours deuxième round) Préoccupations identifiées : Potentiel perturbateur endocrinien et PBT. Le volet PBT ne serait pas pertinent. Analyses de la meilleure option de gestion des risques (RMOA) en cours.</p> <p>Règlementation cosmétique Annexe VI (filtre UV), entrée 10 du règlement cosmétique. Autorisée à hauteur de 10% maximum</p> <p>Substance interdite à Palau, U.S Virgin Island</p>
Enzacamène (4-MBC, 3-(4-méthylbenzylidène) camphor)	36861-47-9	<p>Règlement REACH Processus : évaluation substance 2020 État membre évaluateur : Allemagne Préoccupations identifiées : potentiel perturbateur endocrinien En fonction du résultat de l'évaluation des propriétés conduites par l'Allemagne, possible inscription à l'Annexe XIV ou XVII à venir</p> <p>Règlementation cosmétique Annexe VI (filtre UV), entrée 18 du règlement cosmétique. Autorisée à hauteur de 4% maximum Groupe A de la liste prioritaire des perturbateurs endocriniens à évaluer en cosmétique de la Commission européenne</p>

		Substance interdite à Palau et récemment en Thaïlande
Salicylate de 2-éthylhexyle	118-60-5	Règlement REACH Processus : Évaluation substance prévu en 2022 État membre évaluateur : Allemagne Préoccupations identifiées : potentiel perturbateur endocrinien

Considérant les spécificités du statut territorial des territoires ultra-marins français concernés par la saisine, la totalité du droit communautaire s'applique dans les Régions ultra-périphériques (RUP) européennes qui regroupent la Guadeloupe, La Réunion, Mayotte, la Martinique et Saint-Martin, lieux où une tendance à la dégradation de la santé de ces récifs est à craindre à long terme selon le rapport de l'IFRECOR publié en 2021 (IFRECOR, 2021). Les mesures de gestion proposées dans le cadre de REACH ne seront applicables qu'à ces territoires.

Les autres territoires concernés par la saisine (Nouvelle Calédonie, Polynésie Française, Iles Éparses, Wallis et Futuna, Saint-Barthélemy) sont regroupés dans la catégorie des Pays et Territoires d'Outre-mer (PTOM) où ne s'applique pas le droit communautaire. Ces territoires sont également ceux pour lesquels les surfaces de récifs sont les plus importantes (notamment en Nouvelle Calédonie et en Polynésie française) et l'état de santé des récifs à long terme sont considérés comme stables ou variables (IFRECOR, 2021). Pour ces territoires, des mesures de gestion relèvent exclusivement des autorités locales.

- *Actions entreprises au niveau international*

Comme indiqué dans le Tableau 9, des mesures d'interdiction des substances identifiées à risque dans cette expertise ont été prises au niveau international.

Ainsi, en 2018, Hawaï a été le premier État à interdire, à compter du 1^{er} janvier 2021, la vente et la distribution des crèmes solaires contenant de l'oxybenzone et de l'octinoxate²⁵. L'objectif de cette mesure réglementaire est de préserver les écosystèmes marins, y compris les récifs coralliens. La législation signale que ces deux produits chimiques contenus dans de nombreuses crèmes solaires ont des effets nocifs importants sur l'environnement marin d'Hawaï et les écosystèmes résidents, y compris les récifs coralliens. Le texte de loi précise les effets répertoriés chez les coraux (mortalité des coraux en développement, blanchissement, dommages génétiques aux coraux et autres organismes marins, dégradation de la résilience des coraux, altération du recrutement de nouveaux coraux) et les effets répertoriés en lien avec leurs propriétés perturbatrices endocriniennes sur des organismes aquatiques. En outre, il est indiqué que les espèces répertoriées dans la loi fédérale sur les espèces en voie de disparition et présentes à Hawaï, notamment les espèces de tortues marines, les mammifères marins et les oiseaux migrateurs, peuvent être exposées à la contamination par l'oxybenzone et l'octinoxate.

En 2018, le président de la République de Palau a promulgué une loi qui restreint l'importation, la distribution, la vente, la fabrication ou l'introduction de crèmes solaires et des autres produits cosmétiques contenant dix substances, à compter du 1^{er} janvier 2020²⁶. Les substances concernées sont les suivantes : oxybenzone (benzophénone 3), octinoxate (octyl

²⁵

http://www.capitol.hawaii.gov/Archives/measure_indiv_Archives.aspx?billtype=SB&billnumber=2571&year=2018

²⁶ <https://www.palau.gov.pw/the-republic-of-palau-adopts-the-worlds-strictest-national-sunscreen-standard/>

méthoxycinnamate), octocrylène, 4-méthyl-benzylidène camphor, méthylparabène, éthylparabène, butylparabène, benzylparabène, triclosan et phénoxyéthanol.

Conformément à cette loi, le ministère des Ressources Naturelles, de l'Environnement et du Tourisme (MNRET) a promulgué des nouvelles réglementations qui renforcent les restrictions existantes sur les crèmes solaires en adoptant une approche de principe de précaution qui interdit toutes les substances actives des crèmes solaires et les conservateurs connus ou suspectés d'être toxiques pour les récifs coralliens. Le GT souligne l'attitude du MNRET qui a été d'interdire tout ingrédient des crèmes solaires soupçonné d'être toxique pour les récifs sans attendre la publication d'études scientifiques relatant la toxicité potentielle de ces substances vis-à-vis des coraux. De plus, pour s'assurer que la nouvelle réglementation reste adaptée aux avancées scientifiques, le MNRET peut également modifier la liste pour supprimer les substances interdites si des études scientifiques révèlent finalement que les substances interdites par cette réglementation ne sont pas toxiques pour les récifs.

En juin 2019, le gouverneur et le législateur des Îles Vierges des États-Unis ont approuvé également une loi interdisant la vente, importation et distribution des crèmes solaires et produits de soin personnel contenant l'oxybenzone, l'octocrylène et l'octinoxate²⁷. Cette interdiction est entrée pleinement en vigueur le 20 juillet 2019. L'interdiction se base sur les arguments scientifiques signalés dans le texte de loi d'Hawaï et l'argumentaire précise également que ces trois substances ont été détectées à des niveaux élevés sur les plages de baignade et les zones de récifs coralliens dans tout le territoire. L'infraction à la loi est assortie d'amendes de \$1000 à \$2000.

Une ordonnance nationale a été adoptée par le Parlement d'Aruba en 2019 afin d'éliminer la présence des certains produits connus pour leurs effets nocifs dans l'environnement²⁸. L'ordonnance interdit l'importation, la fabrication, la vente ou l'offre gratuite des produits en plastique ou en polystyrène à usage unique et de produits contenant de l'oxybenzone. L'ordonnance établit des règles pour leur exécution (officiers de police, douaniers, etc.). L'interdiction est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2020.

Le Conseil de l'île de Bonaire a voté à l'unanimité en mai 2018, l'interdiction de tous les produits de protection solaire contenant de l'oxybenzone ou de l'octinoxate à compter du 1^{er} janvier 2021. L'interdiction est intervenue en réponse à des recherches menées par des scientifiques de l'Université de Wageningen aux Pays-Bas (Slijkerman Bol, 2017). Après la collecte des données de concentration de ces substances dans l'eau autour de nombreuses plages et sites de plongée populaires de Bonaire, les chercheurs ont découvert que la concentration de ces produits chimiques était élevée (RCR maximum de 49).

La ville de Key West en Floride aux États-Unis a également interdit la vente des crèmes solaires contenant de l'oxybenzone et de l'octinoxate. L'interdiction a pris effet à partir du 1^{er} janvier 2021.

En août 2021, la Thaïlande a promulgué une loi qui interdit des produits contenant l'oxybenzone, l'octinoxate, le 4-méthylbenzylidène camphor (4-MBC) et le butylparabène dans le but de protéger les récifs coralliens de leur territoire.

²⁷ <https://www.legvi.org/billtracking/ShowPDF.aspx?num=8185&type=Act>

²⁸ https://www.elaw.org/plastic/AW_PlasticLaws

5.2 Groupe des pesticides

5.2.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens via la revue systématique de la littérature

La revue systématique a été basée sur 139 études correspondant à 34 articles publiés de 1994 à 2020 correspondant à 19 pesticides et 3 mélanges. L'actualisation de cette revue systématique (période 2020-2021) a identifié des études additionnelles correspondant à 5 articles dans lesquelles les substances suivantes ont été identifiées : le glyphosate et le cybutryne (irgarol 1051), ainsi que le diazinon, le fipronil, l'imidaclopride, le chlorothalonil, le propiconazole et le glufosinate.

Les effets toxiques sur les coraux de 27 pesticides, dont 2 insecticides à base de souches microbiennes, et 3 peintures « antifouling » (mélange de pesticide et de métaux) ont été investigués. Le diuron était la substance présentant le plus d'informations, suivi par la perméthrine, les cyanures et le cybutryne (irgarol 1051). Les mélanges n'ont pas été pris en compte dans la cadre de cette évaluation des risques puisque la méthodologie retenue est conçue pour évaluer le risque des substances individuelles.

L'ordre des réponses biologiques les plus étudiées a été le suivant : la performance de la photosynthèse > le recrutement > la densité des algues symbiotiques > la fertilisation > la mortalité > la croissance.

Au total, 22 espèces différentes de coraux ont été étudiées, les espèces *Acropora millepora* et *Acropora tenuis* étant les plus étudiées.

Les pesticides et mélanges étudiés et les réponses biologiques investiguées figurent dans le Tableau 10.

Des changements de la morphologie des coraux et au niveau l'expression des certains gènes ainsi que la bioaccumulation suite aux expositions au chlordécone ont été étudié par Wecker *et al.* (Wecker *et al.*, 2018). Ces réponses biologiques ont été identifiées hors périmètre de la revue systématique et ne permettent pas de déterminer de NOEC_{coraux} ou LOEC_{coraux}. Par conséquent, les données de danger chez les coraux provenant de l'article de Wecker *et al.* n'ont pas été utilisées pour l'évaluation des risques.

Une variabilité méthodologique a été constatée entre les études pour une même réponse biologique. Par exemple, dans le cas de la performance photosynthétique, les conditions d'expérimentation sont différentes entre les auteurs en termes de durées d'exposition (de 24 heures à 14 jours), de nombre de concentrations testées (certains auteurs ne testent qu'une seule concentration), ainsi que d'espèces et de stades de vie étudiés.

Tableau 10 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe pesticides

Exposition (type de pesticide)	Performance de la photosynthèse	Recrutement	Densité des algues symbiotiques	Fertilisation	Mortalité	Croissance
acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D) (HB)	X					
Atrazine (HB)	X		X	X		
Carbaryl (IN)	X	X		X		
Chlorpyrifos (IN)	X	X	X	X		
Chlorpyrifos oxon (Chl.oxon) (IN)		X		X		
Chlordecone	Pas de données coraux exploitables					
Cyanure (IN)	X		X			
1,2-dibromo-2,2-dichloroéthyl diméthyl phosphate (Dibrom) (IN)		X	X		X	
Dichlorvos (IN)			X			
3-(3,4-dichlorophényl)-1,1-diméthylurée (Diuron) (HB/Biocide)	X	X	X	X	X	
Endosulfan (IN)	X	X	X	X		
Glyphosate (HB)						
Hexazinone (HB)	X		X			
Cybutryne (Irgarol 1051) (Biocide)	X	X	X			
(MEMC) Chlorure méthoxyéthylmercurique	X	X	X	X		
Monuron (HB)	X					
Perméthrine (IN)		X	X	X		
Profénofos (IN)	X	X		X		
Chlorure de tributyl étain (Tributyl étain, TBT) (Biocide)	X	X	X	X		X
VectoBac G (insecticide bactérien) (Biocide)		X			X	
VectoLex G (insecticide bactérien) (Biocide)		X			X	
Diazinon (IN)		X				
Fipronil (IN, AC)		X				
Imidaclopride (IN)		X				
Chlorothalonil (Fongicide)		X				

Propiconazole (Biocide)		x				
Glufosinate (HB)	x					
Peintures antialissures à base de cuivre (540-565 g/L oxyde cuivreux, 40-50g/L diuron) (Cu-Antifoul)		x		X		
Peintures antialissures à base de TBT (20g/L oxyde de tributyl étain, 100-200g/L oxyde cuivreux) (TBT-Antifoul)		x		X		
Sédiments contaminés avec une peinture antialissure contenant du tributyl étain, dibutylétain, monobutylétain, zinc, et cuivre (Antifoul)	X	X				

X : réponse biologique investiguée ; x : réponse biologique présentant la NOEC la plus faible ; HB : [Herbicide] ; IN : [Insecticide] ; AC : [Acaricide]

5.2.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Pour les études provenant des articles identifiés avec des niveaux de biais faible et moyen, des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont été identifiées et extraites par le GT comme il est décrit dans la section 4.1.2. Les PNEC_{marines} ont été indiquées quand elles étaient disponibles. En considérant les substances pour lesquelles plus d'une réponse biologique a été investiguée, le recrutement et la performance de la photosynthèse semblent être des effets biologiques plus sensibles comparés à la densité des algues symbiotiques ou la fertilisation (Tableau 11).

Par ailleurs, le GT fait les observations suivantes :

- les effets toxiques des pesticides sur les coraux ont été étudiés en conditions standards de température (25-27°C) dans la majorité des études. Certaines expérimentations ont investigué l'influence de la variation de température (élévation à 32°C) sur les coraux en association avec une exposition aux pesticides. Par exemple, l'effet du diuron sur la performance de la photosynthèse de l'espèce *Acropora millepora* a été étudié à 26°C, 30°C, 31°C et 32°C. Aux différentes températures, la NOEC_{coraux} est inférieure à 0,3 µg/L. Ainsi, il ne semble pas y avoir de différences lorsque la température augmente. Cependant, des incertitudes subsistent aux concentrations inférieures à 0,3 µg/L (Negri *et al.*, 2011). L'interprétation sur l'effet de la température reste donc critique. Pour l'hexazinone, la NOEC_{coraux} pour la performance de la photosynthèse est estimée à 1,04 µg/L à la température de 26°C alors qu'à 32°C, la valeur est inférieure à 1,04 µg/L. L'élévation de la température en association avec une exposition à l'hexazinone semble entraîner ici une toxicité plus élevée ;
- des différences de sensibilité entre les espèces de coraux ont été observées dans les études conduites avec le diuron. Dans les études de Negri *et al.*, la NOEC_{coraux} évaluée sur la performance de la photosynthèse est environ 100 fois plus importante chez *Montipora aequituberculata*, *Acropora millepora*, *Pocillopora damicornis* (NOEC_{coraux} ≥ 30 µg/L) que chez *Acropora formosa* (NOEC_{coraux} < 0,3 µg/L) (Negri *et al.*, 2005, et 2011).

Pour la plupart des substances, les PNEC_{marine} semblent être protectrices vis-à-vis des données de danger disponibles sur les coraux. Les NOEC_{coraux} sont largement supérieures aux PNEC_{marine} sauf pour le cybutryne (irgarol 1051). La PNEC_{marine} pour cette substance est dérivée de la NOEC sur la micro algue *Navicula pelliculosa* (0,020 µg/L) à laquelle un facteur de sécurité de 10 a été appliqué pour l'extrapolation au milieu marin. La comparaison de cette valeur à la NOEC_{coraux} retenue basée sur le recrutement des larves de *Porites hawaiiensis* (NOEC = 0,001 µg/L) souligne la sensibilité de ce dernier critère. La PNEC_{marine} pour cette substance pourrait être mise à jour en prenant en compte la NOEC_{coraux} fondée sur le recrutement.

Tableau 11 : LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux} et PNEC_{marine} pour le groupe pesticides

Exposition	CAS	PNEC _{marine} (µg/L)	NOEC _{coraux} (µg/L)	LOEC _{coraux} (µg/L)	Commentaires
Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D)	94-75-7	0,27	10000 (nom.)	100000 (nom.)	1 article disponible : Raberg <i>et al.</i> , 2003 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 48h)
Glyphosate	1071-83-6	5,6	5400 (mesurée)	10800 (mesurée)	2 articles disponibles : Amid <i>et al.</i> , 2018 ; Zhou <i>et al.</i> , 2022 Réponse biologique retenue : densité d'algues symbiotiques
Atrazine	1912-24-9	0,6	< 4,47 (nom.)	4,47 (nom.)	2 articles disponibles : Negri <i>et al.</i> , 2011 ; Damiani, 2020 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse
Chlorpyrifos	2921-88-2	0,000046	0,3 (nom.)	1 (nom.)	2 articles disponibles : Markey <i>et al.</i> , 2007 ; Krupp <i>et al.</i> , 1994 Réponse biologique retenue : recrutement
Chlordécone	143-50-0	0,0001	Pas de données exploitables	Pas de données exploitables	Substance étudiée dans l'étude de Wecker <i>et al.</i> , 2018. Les réponses biologiques étudiées sont hors périmètre de la revue et ne permettent pas de déterminer de NOEC ou LOEC _{coraux} .
Dichlorvos	62-73-7	0,000001	100 (nom.)	1000 (nom.)	1 article disponible : Watanabe <i>et al.</i> , 2006 Réponse biologique retenue : densité d'algues symbiotiques (juvéniles, 10 jours)
3-(3,4-dichlorophényl)-1,1-diméthylurée (Diuron)	330-54-1	0,032	0,3 (mesurée)	1 (mesurée)	10 articles disponibles : Watanabe, 2007 ; Jones et Kerswell, 2003 ; Negri <i>et al.</i> , 2005 ; Negri <i>et al.</i> , 2011 ; Jones <i>et al.</i> , 2003 ; Jones, 2004 ; Cantin <i>et al.</i> , 2007 ; Cantin <i>et al.</i> , 2009 ; Cantin, 2008 ; Sheikh <i>et al.</i> , 2012 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 7 jours)
Endosulfan	115-29-7	5,00.10 ⁻⁴	0,3 (nom.)	1 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique retenue : recrutement (larves de 8 jours, 18h)
cybutryne (Irgarol 1051)	28159-98-0	0,002	0,001 (nom.)	0,01 (nom.)	7 articles disponibles : Hirayama <i>et al.</i> , 2017 ; Kamei <i>et al.</i> , 2020 ; Owen <i>et al.</i> , 2002 ; Tang <i>et al.</i> , 2018 ; Knutson <i>et al.</i> , 2012 ; Ishibashi <i>et al.</i> , 2021 ; Tang <i>et al.</i> , 2021 Réponse biologique retenue : recrutement (4 jours)
TBT (chlorure)	688-73-3	0,0002	0,35 (mesurée)	3,5 (mesurée)	3 articles disponibles : Negri et Heyward, 2001 ; Watanabe <i>et al.</i> , 2006 ; Fel <i>et al.</i> , 2019 Réponse biologique retenue : recrutement (24h, 30°C)
Cyanure de sodium	143-33-9	0,2	65 (nom.)	651 (nom.)	3 articles disponibles : Jones <i>et al.</i> , 1997 ; Jones <i>et al.</i> , 1999 ; Hill <i>et al.</i> , 2014 Réponse biologique retenue : densité d'algues symbiotiques (3 h)
Monuron	150-68-5	0,00065	< 0,1 (nom.)	0,1 (nom.)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019

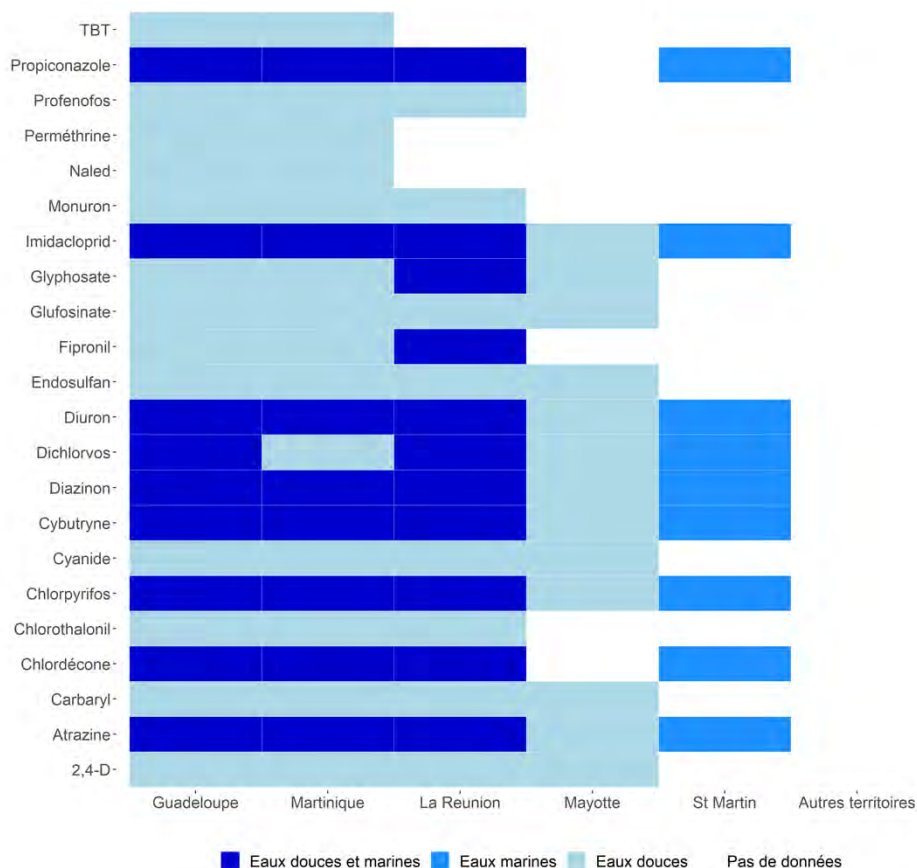
					Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 35h)
Profénofos	41198-08-7	0,0004	0,1 (nom.)	0,3 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique retenue : recrutement (18h)
Carbaryl	63-25-2	0,0006	1 (nom.)	3 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique retenue : recrutement (18h)
Chlorpyrifos oxon (Chl. oxon)	5598-15-2	NI	0,1 (nom.)	0,3 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique retenue : recrutement (18h)
1,2-dibromo-2,2-dichloroéthyl diméthyl phosphate (dibrom) : Naled	300-76-5	0,00035	0,1 (mesurée)	1 (mesurée)	1 article disponible : Ross <i>et al.</i> , 2015 Réponse biologique retenue : mortalité (larves, 18-20h, 26,9°C)
Hexazinone	51235-04-2	0,009	< 1,04 (nom.)	1,04 (nom.)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2011 Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 7 jours, 32°C)
Chlorure méthoxyéthylmercurique (MEMC)	123-88-6	0,47	1 (nom.)	3 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique retenu : fertilisation (3h)
			1 (nom.)	3 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique étudiée : recrutement (18h)
Perméthrine	52645-53-1	0,000047	0,3 (nom.)	1 (nom.)	1 article disponible : Markey <i>et al.</i> , 2007 Réponse biologique retenue : recrutement (18h)
Permanone 30/30 (substance active : 30% perméthrine ; pipéronyl butoxide)	-	NI	0,1 (mesurée)	1 (mesurée)	1 article disponible : Ross <i>et al.</i> , 2015 Réponse biologique retenue : mortalité (larve, 1 jour, 18-20h, 26,9°C)
VectoBac G (insecticide bactérien)	-	NI	pas d'effet observé jusqu'à 5000 µg/L (nom.)	pas d'effet observé jusqu'à 5000 µg/L (nom.)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2009 Réponses biologiques étudiées : mortalité larvaire, recrutement.
VectoLex G (insecticide bactérien)	-	NI	pas d'effet observé jusqu'à 5000 µg/L (nom.)	pas d'effet observé jusqu'à 5000 µg/L (nom.)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2009 Réponses biologiques étudiées : mortalité larvaire, recrutement.
Chlorothalonil	1897-45-6	0,004	4,1 (mesurée)	12,3 (mesurée)	1 article disponible : Flores <i>et al.</i> , 2020 Réponse biologique retenue : recrutement (96h)
Diazinon	333-41-5	0,01	37 (mesurée)	111 (mesurée)	1 étude disponible : Flores <i>et al.</i> , 2020 Réponse biologique retenue : recrutement (96h)

Fipronil	120068-37-3	NI	12,3 (mesurée)	37 (mesurée)	1 étude disponible : Flores <i>et al.</i> , 2020 Réponse biologique retenue : recrutement (96h)
Glufosinate	51276-47-2	0,39	NI (nom.)	NI (nom.)	1 article disponible : Zhou <i>et al.</i> , 2022 Réponse biologique retenue : blanchiment, 1 concentration testée, pas d'effet observé
Imidaclopride	138261-41-3	0,0027	111 (mesurée)	333 (mesurée)	1 étude disponible : Flores <i>et al.</i> , 2020 Réponse biologique retenue : recrutement (96h)
Propiconazole	60207-90-1	0,68	333 (mesurée)	1000 (mesurée)	1 étude disponible : Flores <i>et al.</i> , 2020 Réponse biologique retenue : recrutement (96h)

NI : non identifié ; nom. : nominale

5.2.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens

L'exploitation des deux bases de données Naïades et Quadrige indique que l'ensemble des pesticides étudiés dans le cadre de cette expertise est suivi dans au moins une des deux matrices (eau douce et/ou marine) aux Antilles. Une majorité de ces pesticides est suivie à La Réunion (à l'exception du TBT, du naled et de la perméthrine), environ une moitié des pesticides le sont à Mayotte (exclusivement dans les eaux douces) et une proportion similaire dans les eaux marines de Saint-Martin. En revanche, aucune donnée n'est disponible dans les autres territoires d'Outre-mer (Figure 10).

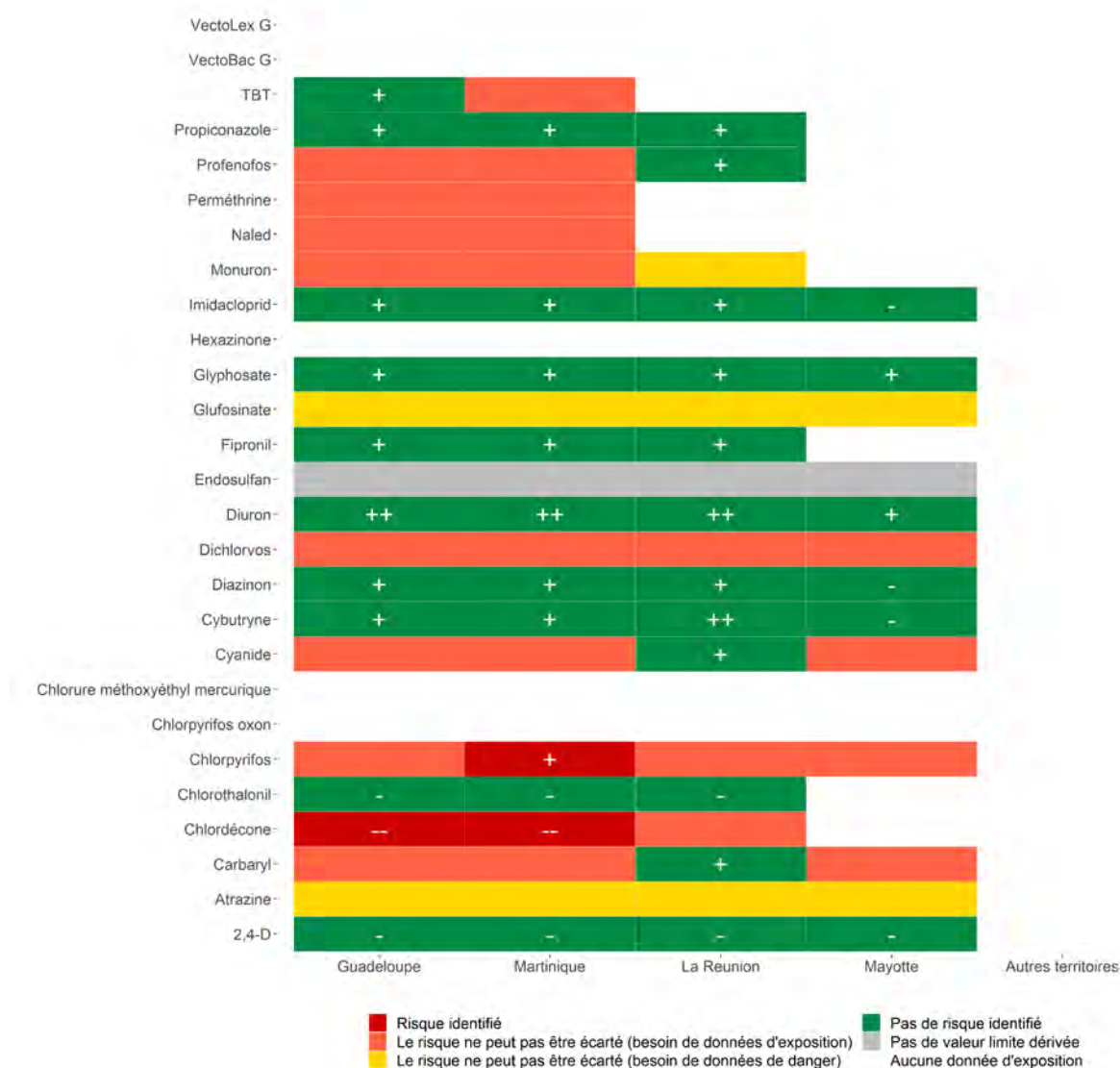


L'ensemble des territoires pour lesquels aucune donnée n'est disponible (Ile Clipperton, Iles Éparses, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna) est regroupé sous l'appellation "Autres territoires". Les données d'eau douce correspondent aux données fournies par les offices de l'eau des différents DOM et les données d'eau marine correspondent aux données issues de la base de données Quadrige.

Figure 10 : Matrice récapitulant la disponibilité des données de surveillance pour chaque substance étudiée dans le groupe pesticides pour chaque territoire ultramarin concerné

5.2.4 Caractérisation des risques

L'évaluation des risques et la confiance associée a été étudiée pour chaque territoire. Les résultats sont présentés dans la matrice ci-dessous (Figure 11).



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 11 : Matrice récapitulative de l'analyse de risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe pesticides pour chaque territoire ultramarin concerné

Des évaluations de risque ont pu être conduites sur un total de 21 substances sur les 27 identifiées à partir de la revue systématique pour 4 territoires (Guadeloupe, Martinique, La Réunion, Mayotte).

Des risques pour les organismes aquatiques, incluant les récifs coralliens (RCR>1) ont été identifiés pour le chlorpyrifos et la chlordécone (groupe rouge) :

- avec un niveau de confiance moyen (+) pour le chlorpyrifos en Martinique. Ce niveau reflète un niveau de confiance moyen dans les données d'exposition et de danger coraux mais surtout la différence importante entre les conclusions obtenues entre le RCR calculé avec la $PNEC_{marine}$ et la $NOEC_{coraux}$ (valeurs séparées d'un facteur 10 000) ;
- avec un niveau de confiance très faible (--) pour la chlordécone en Guadeloupe et en Martinique, qui résulte du manque de données sur les effets toxiques du chlordécone

sur les coraux. Pour cette substance, l'évaluation des risques a reposé exclusivement sur la PNEC_{marine}.

Des risques pour les organismes aquatiques, incluant les récifs coralliens (RCR>1) ne peuvent pas être écartés pour les substances suivantes (groupe orange) :

- TBT en Martinique,
- profénofos, perméthrine, naled et monuron en Guadeloupe et Martinique,
- dichlorvos en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et à Mayotte,
- cyanures (sodium ou potassium) et carbaryl en Guadeloupe, Martinique et Mayotte,
- chlorpyrifos en Guadeloupe, La Réunion et à Mayotte,
- chlordécone à La Réunion.

Pour ces substances dans les territoires cités, les données d'exposition présentent un taux de censure de plus de 95%. Cette censure provient de l'utilisation de méthodes d'analyse ou d'échantillonnage qui ne sont pas suffisamment sensibles et qui ne permettent pas de quantifier les substances à des concentrations inférieures à la valeur de la PNEC_{marine} ou de la NOEC_{coraux}.

Des risques pour les récifs coralliens ne peuvent pas être écartés malgré un RCR<1 pour les substances suivantes (groupe jaune) :

- monuron à La Réunion : l'évaluation des risques est basée sur la PNEC_{marine}, puisque la NOEC_{coraux} n'a pu être identifiée (indication que la valeur est inférieure à 0,1 µg/L) dans la seule étude disponible sur les coraux pour cette substance ;
- atrazine en Guadeloupe, Martinique, La Réunion, Mayotte : l'évaluation des risques est basée sur la PNEC_{marine} puisque la NOEC_{coraux} n'a pu être identifiée (indication que la valeur est inférieure à 4,47 µg/L). L'étude retenue n'identifie pas une valeur de NOEC_{coraux} fixe ;
- glufosinate en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte : l'évaluation des risques est basée uniquement sur la PNEC_{marine}.

Pour ces substances, le GT ne peut exclure que des espèces de coraux soient plus sensibles que les organismes utilisés pour dériver la PNEC_{marine}.

Une absence de risque pour les organismes aquatiques incluant les récifs coralliens (RCR<1) a été mise en évidence pour les substances et territoires suivants (groupe vert) :

- **avec un niveau de confiance élevé/moyen (++/+)** :
 - o TBT en Guadeloupe ;
 - o propiconazole, imidacloprid, diazinon et cybutryne (irgarol 1051) en Guadeloupe, Martinique et La Réunion ;
 - o profenos cyanure (sodium ou potassium) et carbaryl à La Réunion ;
 - o glyphosate en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et à Mayotte ;
 - o fipronil en Guadeloupe, Martinique et La Réunion ;
 - o diuron en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte ;

- avec un niveau de confiance faible (-) :

- imidacloprid à Mayotte : ce niveau de confiance a été attribué à cause du faible score atteint par rapport aux données d'exposition et au peu de données de danger disponibles;
- diazinon à Mayotte : ce niveau de confiance a été attribué à cause du faible score atteint par rapport aux données d'exposition et au peu de données de danger disponibles ; cybutryne (irgarol 1051) à Mayotte : ce niveau de confiance a été attribué à cause du faible score atteint par rapport aux données d'exposition (données en eaux douces exclusivement) ;
- chlorothalonil en Guadeloupe, Martinique et La Réunion : ce niveau de confiance a été attribué à cause du faible score atteint par rapport aux données d'exposition (données en eaux douces exclusivement) et au peu de données de danger disponibles ;
- 2,4-D en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte : ce niveau de confiance est attribué en lien avec le peu de données de danger sur les coraux (1 seule étude) et des données d'exposition exclusivement en eau douce.

Les sections marquées en blanc, correspondent aux territoires où aucune donnée d'exposition n'a pu être identifiée dans les bases des données. En conséquence, l'évaluation des risques n'a pas été conduite pour ces substances dans ces territoires.

Sur les 27 pesticides examinés, il n'a pas été possible d'évaluer les risques pour 14 de ces pesticides pour Mayotte et pour 8 d'entre eux pour La Réunion, faute de données d'exposition disponibles même en eau douce. Pour les autres territoires concernés par la saisine, à savoir Saint-Barthélemy, Nouvelle Calédonie, Wallis et Futuna, Iles Éparses et Polynésie Française, aucune donnée de concentration n'étant disponible pour l'ensemble des 27 substances, l'évaluation des risques n'a pu être menée.

5.2.5 Recensement des dispositions réglementaires existantes en France et en Europe

La synthèse du statut réglementaire des substances identifiées dans la revue systématique est indiquée dans le Tableau 12.

Les substances identifiées à risque sont des substances interdites :

- le chlordécone, pesticide organochloré de synthèse, a été découvert en 1951, breveté en 1952 et commercialisé à partir de 1958 en tant qu'insecticide et acaricide. Son utilisation aux Antilles françaises a été interdite en septembre 1993. Le chlordécone est actuellement inscrite sur la liste des substances devant être éliminées et faisant l'objet d'une interdiction complète de production et d'utilisation figurant à l'annexe A du règlement (CE) n°850/200443 relatif aux polluants organiques persistants (POP).

La persistance du chlordécone dans les sols et sa présence dans les sédiments des rivières relèvent principalement de ses propriétés physico-chimiques. La substance se caractérise par un très faible degré de dégradation biotique et abiotique du fait de sa stabilité physique et chimique et de sa lipophilie (log Kow 4,5-6,0). Mise en présence de systèmes sol-eau à l'équilibre, la chlordécone va s'associer de façon préférentielle avec la matière organique pour des teneurs en résidus 10 000 à 100 000 fois plus élevées que celles enregistrées dans l'eau environnante (Procaccia et Le Déaut, 2009 cité dans Anses,

2021). Ainsi, malgré l'interdiction d'usage aux Antilles depuis 1993 et au niveau international dans le cadre de la convention de Stockholm, le chlordécone est aujourd'hui encore présent dans l'environnement à cause de sa forte persistance, dans le continuum sol-milieu marin ;

- au niveau européen, le chlorpyrifos (CAS 2921-88-2) est un insecticide utilisé dans les cultures de fruits et légumes dont la licence dans l'UE a expiré fin janvier 2020. Par ailleurs, la substance est candidate à une inscription à l'annexe A du règlement POP (Règlement (CE) n°850/200443). Ceci implique l'interdiction de la production et de l'utilisation du chlorpyrifos à l'échelle internationale. Le chlorpyrifos remplit le critère de persistance avec des demi-vies dans l'eau supérieures à deux mois. Sur les 38 études de sol évaluées dans le cadre du règlement POP, 22 valeurs de demi-vies dépassent le critère de persistance dans le sol avec des demi-vies supérieures à 6 mois²⁹. Ces mesures réglementaires, également applicables aux Régions ultra périphériques, devraient permettre de diminuer à l'avenir, les émissions et, par conséquent, les concentrations du chlorpyrifos dans l'environnement. L'interdiction pourrait s'étendre au niveau international, y compris aux Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM), si la substance est officiellement inscrite dans l'annexe A de la convention de Stockholm relative aux POP.

Tableau 12 : Synthèse du statut réglementaire des substances identifiées

Substance	CAS	Statut réglementaire
Chlordécone	143-50-0	Interdiction en France Officiellement interdit à la vente aux Antilles françaises en septembre 1993. Règlement POP (CE) n°850/200443 Inscrit à l'annexe A
Chlorpyrifos	2921-88-2	Règlement (CE) n°1107/2009 Not approved (Expiration of approval 16/01/2020) Règlement POP (CE) n°850/200443 Proposition d'inscription à l'annexe A (Décision (UE) n°2021/592, avril 2021) Arrêté n°767 CM du 24 avril 2018, Liste des substances actives et préparations commerciales de pesticides autorisées en Polynésie française : Annexe 3 Catégorie II Produits modérément dangereux.
Profénofos	41198-08-7	Règlement (CE) n°1107/2009 Interdit depuis 1994 Arrêté n° 767 CM du 24 avril 2018, Liste des substances actives et préparations commerciales de pesticides autorisées en Polynésie française : Annexe 6 Substance active de pesticide interdite à l'importation et bénéficiant d'un délai de commercialisation et d'utilisation.
Dichlorvos	62-73-7	Règlement (CE) n°1107/2009 Interdit depuis 2013 Arrêté n° 767 CM du 24 avril 2018, Liste des substances actives et préparations commerciales de pesticides autorisées en Polynésie française : Annexe 2 Catégorie I Produits très dangereux
Cyanures (sodium et potassium)	143-33-9 151-50-8	Règlement (CE) n°1107/2009 Interdit depuis 2004
Carbaryl	63-25-2	Règlement (CE) n°1107/2009 Interdit depuis 2007 Arrêté n° 767 CM du 24 avril 2018, Liste des substances actives et préparations commerciales de pesticides autorisées en Polynésie française : Annexe 3 Catégorie II Produits modérément dangereux.
Monuron	150-68-5	Règlement (CE) n°1107/2009 Interdit depuis 1994

²⁹ [Proposals for new POPs - ECHA \(europa.eu\)](https://echa.europa.eu)

Perméthrine	52645-53-1	<p>Règlement (CE) n°1090/2014</p> <p>Autorisée dans les produits biocides de protection du bois et dans les insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre les autres arthropodes par d'autres moyens qu'en les repoussant ou les attirant.</p> <p>Autorisée en médecine humaine comme substance active antiparasitaire et est employée dans le traitement des pédiculoses du cuir chevelu et de la gale sarcoptique humaine.</p> <p>Règlement (CE) n°1107/2009</p> <p>Interdite depuis 2000</p> <p>Arrêté n°767 CM du 24 avril 2018, Liste des substances actives et préparations commerciales de pesticides autorisées en Polynésie française : Annexe 3 Catégorie II Produits modérément dangereux.</p>
Tributyl étain (TBT)	688-73-3	<p>Inclus dans l'Annexe 2 de la stratégie de l'OSPAR³⁰, interdit dans les peintures de bateaux.</p> <p>Inclus dans la convention de Rotterdam. La substance a été bannie par l'Organisation maritime internationale.</p>

5.3 Groupe des hydrocarbures

5.3.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens via la revue systématique de la littérature

Les résultats des études ayant un risque de biais faible et moyen ont été extraits, par niveau de concentration-durée d'exposition. La synthèse quantitative s'est basée sur 145 études correspondant à 29 documents publiés de 1979 à 2020 et concernent :

- 8 hydrocarbures, le 1-méthyl-naphthalène étant la substance ayant le plus d'informations ;
- 6 différents types de mélanges d'hydrocarbures, le pétrole brut étant le plus étudié (« *crude oil* ») ;
- du condensat de gaz ;
- de l'eau de production de pétrole.

Des expositions à un mélange de pétrole ou de fioul avec ou sans produits dispersants ont été aussi recensées, ainsi qu'une exposition à du lixiviat de charbon (mélange d'hydrocarbures et de métaux). Les mélanges n'ont pas été pris en compte dans la cadre de cette évaluation des risques puisque la méthodologie retenue est conçue pour évaluer le risque des substances individuelles. Cependant, il est important de souligner que des effets toxiques sur les coraux ont été observés lors des expositions aux mélanges de pétrole, leur toxicité augmentant en présence des dispersants. Concernant le lixiviat du charbon, le mélange d'hydrocarbures contamine à long terme l'environnement, notamment les sols.

Les expérimentations ont été réalisées sur 25 espèces différentes de coraux, principalement *Acropora tenuis* et *Pocillopora damicornis*.

Les types d'hydrocarbures et mélanges étudiés et les réponses biologiques mesurées figurent dans le Tableau 13.

³⁰ Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, les territoires concernés par la saisine ne sont pas concernés par cette Convention.

Tableau 13 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe des hydrocarbures

Exposition	Mortalité	Recrutement	Performance de la photosynthèse	Croissance	Densité des algues symbiotiques	Fertilisation
Anthracène (Ant.)	X	X				
Benzène (Benzene)		X				
Benzo(a)pyrène (Benzop.)	X				X	
1-Méthyl-naphthalène (Met.)	X		X	X		
Naphtalène (Naph.)		X				
Phénanthrène (Phe.)	X	X	X	X		
p-xylène (PXyl.)		X				
Toluène (Tol.)	X	X	X	X		
Pétrole brut (i.e. pétrole brut de Prudhoe Bay, Macondo, Arabie, Egypte, Iran ou Louisiane) (Crude oil)	X	X	X	X	X	X
Diesel (Diesel)		X	X			
Fioul (Fuel)	X	X	X			
Essence (Gasoline)	X	X				
Huile lubrifiante d'origine minérale (Mineral lubr.)			X		X	X
Huile lubrifiante d'origine végétale (Vegetal lubr.)			X		X	X
Condensat de gaz (Gas)		X				
Eau de production de pétrole (Prod. water)		X	X		X	X
Pétrole brut & BioreicoR93 (Oil & BR93)	X					
Pétrole brut & Biosolve (Oil & Biosolve)	X					
Pétrole brut & BP1100WD (Oil & BP)				X		
Pétrole brut & Corexit9500 (Oil & C9500)	X	X	X	X		
Pétrole brut & Corexit9527 (Oil & C9527)		X	X	X		X
Pétrole brut & Dispolen36S (Oil & D36S)	X					
Pétrole brut & EmulgalC100 (Oil & EC100)	X					
Pétrole brut & Inipol90 (Oil & I90)	X					
Pétrole brut & PetrotechPTI25 (Oil & PTI25)	X					
Pétrole brut & SlickgoneNS (Oil & SNS)	X					
Fioul & Ardrex6120 (Fuel & A6120)	X					
Lixiviat de charbon (Coal leach.)		X				X

X : Réponse biologique investigué ; X : Réponse biologique présentant la NOEC la plus faible

5.3.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

À partir des études provenant des articles identifiés avec des niveaux de biais faible et moyen, des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont été identifiées et extraites comme il est décrit dans la section 4.2.1. Les PNEC_{marines} ont été indiquées quand elles étaient disponibles (Tableau 14).

La mortalité est le plus souvent mesurée, suivie du recrutement, de la performance de la photosynthèse des algues symbiotiques, de la croissance, de la fertilisation et de la densité d'algues symbiotiques.

Des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont pu être identifiées pour l'ensemble des hydrocarbures. Cependant, ces valeurs sont à considérer avec précaution car la plupart des études n'utilisent que des concentrations nominales. Les propriétés physiques des hydrocarbures varient selon leur masse moléculaire et leur structure. En général, ces substances sont très hydrophobes. Les coefficients de partage octanol/eau (Kow) et carbone organique/eau (Koc) sont relativement élevés, traduisant un potentiel élevé d'adsorption et de bioaccumulation sur les matières organiques. Du fait de ces propriétés (lipophilie, adsorption sur les matières organiques particulaires), l'exposition réelle des coraux aux hydrocarbures est beaucoup plus basse que les concentrations nominales rapportées dans les études. En conséquence, la prise en compte des concentrations nominales peut entraîner une surestimation des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux}, c'est-à-dire une sous-estimation de la toxicité des coraux.

En considérant les substances avec plus d'un effet investigué, le recrutement semble être l'effet le plus sensible comparé aux autres effets étudiés (Tableau 13). Cette observation est en accord avec la sensibilité élevée du développement embryonnaire-larvaire, largement constatée chez les organismes aquatiques et les poissons exposés aux hydrocarbures et aux substances chimiques.

Par ailleurs, d'autres observations ressortent des études :

- des différences sur les méthodes de préparation de solutions pour les tests de toxicité. Certains auteurs utilisent des solvants, d'autres des techniques comme la "fraction adaptée à l'eau" ou WAF (*water accommodation fraction*) et d'autres pas de traitement préalable de la substance, ce qui peut entraîner des différences de biodisponibilité des substances et donc des différences sur les résultats. Ce point est illustré dans le cas du benzène, où le recrutement avait été étudié par Negri *et al.*, la préparation de la solution avait été conduite en WAF (1:100 *oil: seawater*), les résultats de l'étude montrent des effets significatifs à 6.25% du mélange testé, contrairement à Te qui a étudié le même effet sans utilisation de solvant ou de technique particulière pour la préparation de la substance et n'observe pas d'effets sur le recrutement (Negri *et al.*, 2016 ; Tan Te, 1991) ;
- des différences sur le temps d'exposition. Par exemple sur le recrutement, les auteurs exposent les larves de coraux de 24 heures à 10 jours ;
- des différences de sensibilité entre les espèces de coraux semblent se produire. Dans le cas du benzène, pour lequel des données sur des espèces différentes pour un même effet biologique sont disponibles. La densité de la chlorophylle (liée à la densité des algues symbiotiques) a été étudiée sur différentes espèces de coraux. Les NOEC_{coraux} plus basses ont été identifiées pour les espèces *Acropora formosa* et *Orbicella*

faveolata (10 µg/L et < 8,45 µg/L respectivement) contrairement à *Acropora nasuta* ($\text{NOEC}_{\text{coraux}} \geq 3,475 \mu\text{g/L}$).

En termes de comparaison des $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ avec les $\text{PNEC}_{\text{marines}}$ identifiées, il ressort que les $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ sont supérieures aux $\text{PNEC}_{\text{marines}}$ pour la majorité des hydrocarbures étudiés. Dans ce cas, les $\text{PNEC}_{\text{marines}}$ semblent être protectrices par rapport aux effets de ces substances sur les coraux. Cependant, comme signalé précédemment, les $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ ont été identifiées à partir des concentrations nominales. Par conséquent, les $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ peuvent être surestimées, ce qui rend délicate l'interprétation des résultats. Pour le toluène, la $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ identifiée apparaît proche de la $\text{PNEC}_{\text{marine}}$. Or, cette $\text{PNEC}_{\text{marine}}$ a été dérivée à partir de la NOEC sur daphnie (0,74 mg/L) auquel un facteur 10 a été appliqué. En prenant en compte les effets répertoriés sur les coraux, notamment le recrutement des larves, la $\text{PNEC}_{\text{marine}}$ pourrait être largement plus basse que la valeur actuelle.

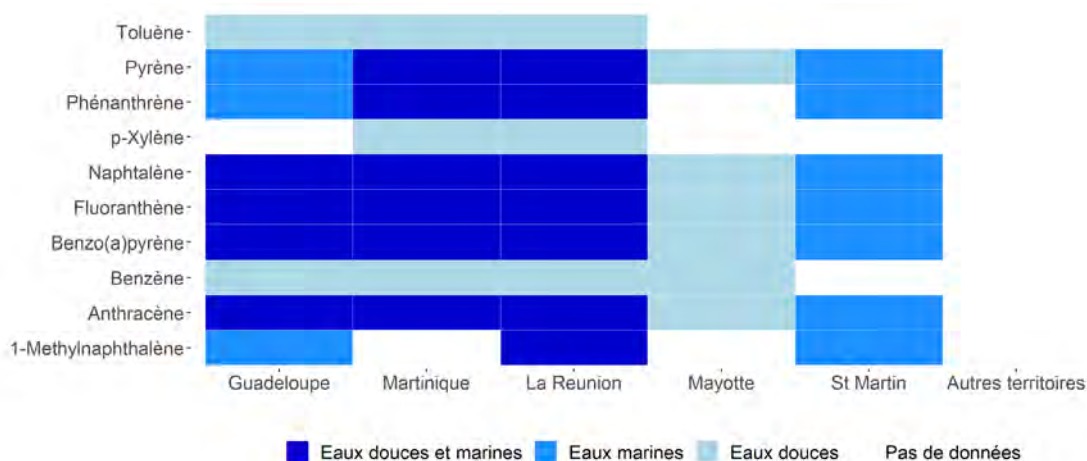
Tableau 14 : LOEC_{coraux}, NOEC_{coraux} et PNEC_{marines} pour le groupe hydrocarbures.

Exposition	PNEC _{marine} (µg/L)	NOEC _{coraux} (µg/L)	LOEC _{coraux} (µg/L)	Commentaires
1-méthylanthracène	Pas de données	1501 (mesurée)	2775 (mesuré)	3 articles disponibles : Turner <i>et al.</i> , 2020 ; Turner <i>et al.</i> , 2016 ; Renegar <i>et al.</i> , 2017 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 48h)
Anthracène	0,02	9,4 (nom.)	18,8 (nom.)	1 article disponible : Overmans <i>et al.</i> , 2018 => Deux réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 48h)
Benzène	8	6,25% équivalent à 0,0625 µg/L (nom.)	12,5% équivalent à 0,125 µg/L (nom.)	2 articles disponibles : Negri <i>et al.</i> , 2016 ; Te <i>et al.</i> , 1991 Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 24h)
Benzo(a)pyrène	0,05	10 (nom.)	100 (nom.)	3 articles disponibles : Xiang <i>et al.</i> , 2019 ; Ramos <i>et al.</i> , 2007 ; Farina <i>et al.</i> , 2008 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : densité des algues symbiotiques (adultes, 72h).
Naphtalène	2	12,5% équivalent à 12,5 µg/L (nom.)	25% équivalent à 25 µg/L (nom.)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2016 Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 24h)
Phénanthrène	0,134	112,5 (nom.)	450 (nom.)	2 articles disponibles : Turner <i>et al.</i> , 2020 ; Overmans <i>et al.</i> , 2018 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 48h)
p-xylène	0,2	6,25% équivalent à 6,25 µg/L (nom.)	12,5% équivalent à 12,5 µg/L (nom.)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2016. Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 24h)
Toluène	7,4	6,25% équivalent à 6,25 µg/L (nom.)	12,5% équivalent à 12,5 µg/L (nom.)	2 articles disponibles : Turner <i>et al.</i> , 2020 ; Negri <i>et al.</i> , 2016 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 24h)

nom. : nominale

5.3.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux hydrocarbures

L'exploitation des deux bases de données Naïades et Quadrige indique que l'ensemble des hydrocarbures étudiés dans le cadre de cette expertise est suivi dans au moins une des deux matrices (eau douce et/ou marine) à La Réunion et aux Antilles, à l'exception du p-xylène en Guadeloupe et du 1-méthylnaphtalène en Martinique. Environ une moitié d'hydrocarbures étudiés est suivie à Mayotte (exclusivement dans les eaux douces) et une proportion similaire dans les eaux marines de Saint-Martin. Enfin, aucune donnée n'est disponible dans les autres territoires d'Outre-mer (Figure 12).

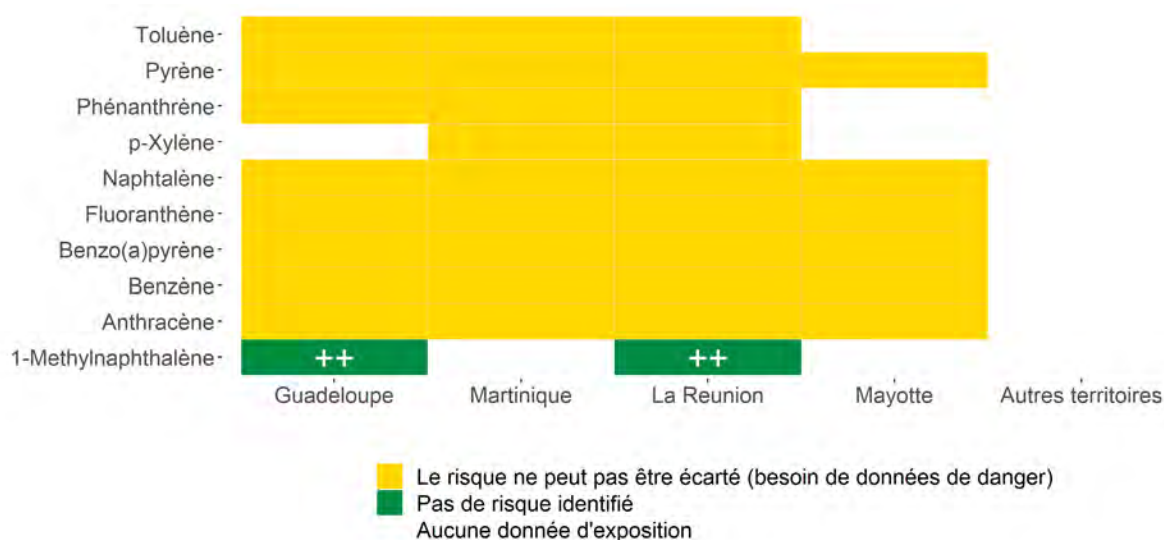


L'ensemble des territoires pour lesquels aucune donnée n'est disponible (Ile de Clipperton, Iles Éparses, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna) est regroupé sous l'appellation "Autres territoires". Les données d'eau douce correspondent aux données fournies par les offices de l'eau des différents DOM et les données d'eau marine correspondent aux données issues de la base de données Quadrige.

Figure 12 : Matrice récapitulant la disponibilité de données de surveillance pour chaque substance étudiée dans le groupe hydrocarbures pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine

5.3.4 Caractérisation des risques

En prenant en compte la méthodologie décrite dans le chapitre 4 et l'ensemble des données disponibles présentées dans la section précédente, l'évaluation des risques et la confiance associée a été étudiée pour chaque territoire. Les résultats sont présentés dans la matrice ci-dessous (Figure 13).



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : ++ : élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 13 : Matrice récapitulative de l'analyse des risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe hydrocarbures pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine

Des risques pour les récifs coralliens ne peuvent pas être écartés malgré un RCR<1 (groupe jaune) pour le toluène, le pyrène, le phénanthrène, le p-xylène, le naphtalène, le fluoranthène, le benzo(a)pyrène, le benzène et l'anthracène dans les territoires disposant de données d'exposition. Étant donné la prise en considération des seules données de concentrations nominales et de l'absence des données de concentrations mesurées dans les études, les PNEC_{marines} ont donc été utilisées (données de danger disponibles chez les coraux pas assez robustes). Ainsi, selon la méthode d'évaluation du risque, il est conclu que le risque ne peut pas être écarté pour les coraux exposés à ces substances. Compte tenu de ces résultats, l'évaluation de la confiance n'a pas été menée.

Une absence de risques pour les organismes aquatiques y compris les récifs coralliens (RCR<1) a été identifiée avec un niveau de confiance élevé (++) pour le 1-méthylnaphtalène (groupe vert) en Guadeloupe et à La Réunion, seuls territoires pour lesquels des données d'exposition étaient disponibles.

5.3.5 Recensement des dispositions réglementaires existantes en France et en Europe

La synthèse du statut réglementaire des substances pour lesquels le risque ne peut pas être écarté, est indiquée dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Synthèse du statut réglementaire des substances identifiées

Substance	CAS	Statut réglementaire
Toluène	108-88-3	Règlement REACH Inclus dans l'annexe XVII concernant les restrictions ³¹
Pyrène	129-00-0	Convention internationale OSPAR* LCPA - Produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires LSPC - Liste des substances potentiellement préoccupantes Règlement REACH Substance identifiée comme SVHC par ses propriétés PBT ou/et vPvB (article 57 e et 57f f). Substance incluse dans la liste candidate à l'autorisation
Phénanthrène	85-01-8	Convention internationale OSPAR LCPA - Produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires Règlement REACH Substance identifiée comme SVHC par ses propriétés PBT ou/et vPvB (article 57d et 57e). Substance incluse dans la liste candidate à l'autorisation
p-xylène	106-42-3	Arrêté du 30/06/05 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses
Naphtalène	91-20-3	Directive cadre sur l'eau (Directive 2013/39/UE) Substances dangereuses prioritaires Convention internationale OSPAR* LCPA - Produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires) LSPC - Liste des substances potentiellement préoccupantes)
Fluoranthène	206-44-0	Directive cadre sur l'eau (Directive 2013/39/UE) Substances dangereuses prioritaires Convention internationale OSPAR* LCPA - Produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires LSPC - Liste des substances potentiellement préoccupantes Règlement REACH Substance identifiée comme SVHC par ses propriétés PBT ou/et vPvB (article 57d et 57e). Substance incluse dans la liste candidate à l'autorisation.
Benzo(α)pyrène	50-32-8	Directive cadre sur l'eau (Directive 2013/39/UE) Substances dangereuses prioritaires Convention internationale OSPAR* LCPA - Produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires LSPC - Liste des substances potentiellement préoccupantes Règlement REACH Substance identifiée comme SVHC par ses propriétés PBT ou/et vPvB (article 57d et 57e). Substance incluse dans la liste candidate à l'autorisation
Benzène	71-43-2	Règlement REACH Inclus dans l'annexe XVII concernant les restrictions ³²
Anthracène	120-12-7	Directive cadre sur l'eau (Directive 2013/39/UE) Substances dangereuses prioritaires Convention internationale OSPAR* LCPA - Produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires LSPC - Liste des substances potentiellement préoccupantes Règlement REACH Substance identifiée comme SVHC par ses propriétés PBT ou/et vPvB (article 57d et 57e). Substance incluse dans la liste candidate à l'autorisation

LCPA : list of Chemicals for Priority Action, LSPC : list of Substances of Possible Concern; SVHC : Substance of Very High Concern; PBT : Persistent, Bioaccumulative, Toxic.

* Les Territoires d'Outre-Mer de cette saisine ne sont pas couverts par la Convention internationale OSPAR. La Convention définit les modalités de la coopération internationale pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est.

³¹ <https://echa.europa.eu/documents/10162/f28ce048-676d-4d17-b939-0c08e9a0db9f>

³² <https://echa.europa.eu/documents/10162/7c8cf4ac-baf9-a05a-2cc7-c9bca4a9d5b7>

Au niveau international, il existe des accords concernant la lutte contre la pollution par les hydrocarbures par des navires :

- la Convention internationale de MARPOL³³. Elle comprend les règles visant à prévenir et à réduire au minimum la pollution due aux navires – tant accidentelle que découlant d'opérations de routine – et comporte actuellement six annexes techniques. La plupart de ces annexes établissent des zones spéciales dans lesquelles les rejets d'exploitation sont strictement réglementés. Parmi ces zones, y figure la Mer des Caraïbes. L'annexe I définit des règles relatives à la prévention de la pollution par les hydrocarbures (entrée en vigueur le 2 octobre 1983) ;
- la convention internationale de Nairobi³⁴. Elle s'applique à la région de l'océan Indien occidental qui comprend l'Afrique orientale et australe. En conséquence, les territoires la Réunion, Mayotte et Iles Éparses sont concernés par cette convention. Elle a pour objectif de lutter contre la pollution par les navires (art 5), la pollution due aux opérations d'immersion (art 6), la pollution d'origine tellurique (art 7), la pollution résultant d'activités relatives aux fonds marins (art 8), la pollution transmise par l'atmosphère (art 9), les dommages causés à l'environnement par des activités de génie civil (art 12).

5.4 Groupe des métaux

5.4.1 Identification des substances chimiques toxiques sur les récifs coralliens via la revue systématique de la littérature

La synthèse quantitative s'est basée sur 173 études correspondant à 50 documents publiés depuis 1988 à 2020. Les 173 études ont testé l'exposition à 13 métaux – le cuivre étant la substance ayant le plus d'information, 2 combinaisons de métaux et 2 combinaisons de métal et nutriment. Des expositions à un mélange de métaux contenus dans les eaux usées d'une raffinerie d'aluminium et dans le lixiviat de charbon ont aussi été testées, ainsi que des expositions à 3 peintures « antifouling » mélange de pesticides et de métaux.

L'actualisation de la revue systématique (période 2020-2021) a permis d'identifier des études additionnelles concernant le cuivre.

Les types de métaux et mélanges étudiés et les réponses biologiques investiguées pour chacun d'entre eux figurent dans le Tableau 16. Les expérimentations ont été réalisées sur 30 espèces différentes de coraux, principalement *Acropora tenuis*, *Coelastrea aspera* et *Pocillopora damicornis*.

La réponse biologique la plus étudiée est la fertilisation, suivie de la densité des algues symbiotiques, la performance de la photosynthèse, le recrutement, la croissance et enfin la mortalité.

Les mélanges n'ont pas été pris en compte dans la cadre de cette évaluation des risques puisque la méthodologie retenue est conçue pour évaluer le risque des substances individuelles.

³³ Convention internationale pour la prévention de la pollution marine par les navires

³⁴ Convention de Nairobi pour la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de la région de l'Afrique de l'Est

Tableau 16 : Réponses biologiques investiguées par type d'exposition pour le groupe des métaux

Exposition	Fertilisation	Recrutement	Densité des algues symbiotiques	Performance de la photosynthèse	Mortalité	Croissance
Aluminium (AlCl ₃) (Al)	X	X				
Cadmium (CdCl ₂ , CdNO ₃) (Cd)	X		X			
Cobalt (CoCl ₂ , CoNO ₃) (Co)	X			X		X
Cuivre (CuCl ₂ , CuHNO ₃ , CuSO ₄) (Cu)	X	X	X	X	X	X
Fer (FeCl ₂ , FeCl ₃ , FeNO ₃) (Fe)	X		X	X	X	X
Gallium (GaCl ₃) (Ga)	X	X				
Mercure (HgCl ₂) (Hg)			X		X	
Manganèse (MnCl ₂) (Mn)	X		X	X	X	X
Nickel (NiCl ₂ , NiNO ₃) (Ni)	X	X	X	X		X
Plomb (PbNO ₃) (Pb)	X		X	X	X	
Silice (SiO ₂) (Si)					X	
Vanadium (VCl ₃) (V)	X	X				
Zinc (ZnCl ₂ , ZnSO ₄) (Zn)	X		X	X		X
Fer & Manganèse (Fe & Mn)			X	X		X
Fer & Nitrate (Fe & Nitrate)			X	X		X
Nickel & Cobalt (Ni & Co)	X					
Nickel & Urée			X	X		X
Eaux usées d'une raffinerie d'aluminium (Al, V, Ga, As, Mo, Ni, Zn, U) (Wastewater)	X	X				
Lixiviat de charbon	X	X				
Peintures antisalissure à base de cuivre (540-565 g/L oxyde cuivreux, 40-50g/L diuron)	X	X				
Peintures antisalissures à base de TBT (20g/L oxyde de tributyl étain, 100-200g/L oxyde cuivreux)	X	X				
Sédiments contaminés avec une peinture antisalissure contenant du tributyl étain, dibutylétain, monobutylétain, zinc, et cuivre		X	X	X	X	

X : réponse biologique investiguée ; X : réponse biologique présentant la NOEC la plus faible

5.4.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Pour les études provenant des articles identifiés avec des niveaux de biais faible et moyen, des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont été identifiées et extraites comme il est décrit dans la section 4.2.1. Afin d'identifier les NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} pour un métal considéré, les données de toxicité relatives aux différentes formes des métaux ont été regroupées. Les PNEC_{marines} ont été indiquées quand elles étaient disponibles (Tableau 16).

Des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont été trouvées pour les métaux suivants : aluminium, cadmium, cuivre, gallium, fer, plomb, manganèse, mercure, nickel, vanadium et zinc. Pour les autres métaux, elles n'ont pas pu être identifiées compte tenu de l'absence d'effet, ou au contraire la présence d'effets à toutes les concentrations testées.

Par ailleurs, des autres observations ressortent des études :

- de manière générale, les données disponibles concernant les effets des métaux sur les coraux sont variables en fonction du nombre d'études disponibles, du nombre de réponses biologiques investiguées, du nombre d'espèces étudiées, du stade de vie des coraux et de la durée d'exposition lors de l'expérimentation ;
- l'impact des métaux sur les coraux a été étudié en conditions standards de température (25-27°C) dans la majorité des études mais certaines expérimentations ont investigué l'influence de la variation de température (élévation à 32°C) sur les coraux en association avec une exposition aux métaux. Par exemple, l'effet du cuivre (CuCl₂) sur le recrutement de l'espèce *Acropora millepora* a été étudié à 28°C et 32°C. La NOEC identifiée lors de l'expérimentation à 28°C est de 17,8 µg/L alors qu'à 32°C, elle est de 4,13 µg/L. Dans ce cas de figure, l'élévation de la température en association avec une exposition au cuivre entraîne une toxicité nettement plus élevée (Negri *et al.*, 2011) ;
- une variation de la toxicité des métaux selon le stade de développement des coraux a pu être constatée. Par exemple, la mortalité de l'espèce *Goniastrea aspera* à la suite d'une exposition au cuivre (chlorure de cuivre) a été étudiée suivant le stade de développement des larves (5 ou 6 jours de développement). Une NOEC de 5 µg/L (concentration nominale) est observée lorsque les larves sont âgées de 5 jours alors qu'elle est de 50 µg/L lorsque les larves ont 6 jours (Reishelt-Brushett *et al.*, 2004) ;
- certaines espèces de coraux semblent être plus sensibles que d'autres. Par exemple, les espèces *Acropora cervicornis* et *Pocillopora damicornis* ont été exposées au cuivre (CuCl₂) afin d'identifier les effets sur la croissance. La NOEC identifiée pour *Acropora cervicornis* est de 10,63 µg/L alors qu'elle est inférieure à 4,04 µg/L pour *Pocillopora damicornis* (Biemyer *et al.*, 2010). Dans cette étude, *Pocillopora damicornis* apparaît plus sensible que *Acropora cervicornis*.

En considérant les substances avec plus d'une réponse biologique investiguée, la fertilisation semble être la réponse biologique la plus sensible comparée à d'autres réponses biologiques telles que la densité des algues symbiotiques ou la croissance (Tableau 16).

En termes de comparaison des NOEC_{coraux} avec les PNEC_{marines}, il ressort que les NOEC_{coraux} sont supérieures aux PNEC_{marine} pour la majorité des métaux étudiés. Dans ce cas, les PNEC_{marines} semblent être protectrices par rapport aux effets des métaux étudiés sur les

coraux. En revanche, les NOEC_{coraux} relatives au cuivre et au zinc sont proches des PNEC_{marines} correspondantes.

La PNEC_{marine} pour le cuivre est dérivée d'une NOEC de 1,3 µg/L à laquelle un facteur de sécurité de 2 a été appliqué. En comparant cette valeur à la NOEC_{coraux} retenue basée sur la fertilisation de l'espèce *Acropora millepora* (NOEC = 0,65 µg/L), le GT constate que la fertilisation est un critère sensible. La PNEC_{marine} pour cette substance pourrait être mise à jour à partir de la NOEC_{coraux} retenue.

La PNEC_{marine} pour le zinc a été calculée à partir d'une analyse SSD (*Species Sensitivity Distribution*) basée sur des données de toxicité en eaux douces et marines combinées. En comparant la distribution des NOEC du zinc à la NOEC_{coraux}, il apparaît que la NOEC_{coraux} est incluse dans cette distribution.

Tableau 17 : LOEC_{coraux}, NOEC_{coraux} et PNEC_{marines} identifiées pour le groupe des métaux.

Exposition	PNEC _{marine} (µg/L)	NOEC _{coraux} (µg/L)	LOEC _{coraux} (µg/L)	Commentaires
Aluminium (AlCl ₃)	0,006	996 (mesurée)	1960 (mesurée)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2011 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 3h + 30 min séparé, 32°C)
Cadmium [Cd(NO ₃) ₂], CdCl ₂ , à partir de sel de chlorure)	0,21	2000 (nom.)	5000 (nom.)	2 articles disponibles : Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 1999 et 2005 Réponse biologique retenue : fertilisation (gamètes, 5h + 30 min séparé)
Cobalt (CoCl ₂ , CoNO ₃)	0,1	Pas d'effet observé jusqu'à 2357 (mesurée)	Pas d'effet observé jusqu'à 2357 (mesurée)	1 article disponible : Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 2016 Réponse biologique retenue : fertilisation (gamètes, 5h + 30 min séparées)
Cuivre (Cu, Cu à partir de sel de chlorure, chlorure de cuivre (CuCl ₂), nitrate de cuivre, CuHNO ₃ , Cu(HNO ₃) ₂ , sulfate de cuivre (CuSO ₄), Cu ₂ SO ₄)	0,65	0,65 (nom.)	6,5 (nom.)	13 articles disponibles : Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 2004 ; Kwok <i>et al.</i> , 2013 ; Negri <i>et al.</i> , 2001 ; Hédouin <i>et al.</i> , 2013 ; Jones, 1997 ; Bielmyer <i>et al.</i> , 2010 ; Hédouin <i>et al.</i> , 2016 ; Marangoni <i>et al.</i> , 2019 ; Kwok <i>et al.</i> , 2016 ; Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 2016 ; Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 1999 ; Reichelt- Brushett <i>et al.</i> , 2005 ; Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 1998 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : fertilisation (gamètes, 4h)
Cuivre (Cu, Cu à partir de sel de chlorure, chlorure de cuivre (CuCl ₂), nitrate de cuivre, CuHNO ₃ , Cu(HNO ₃) ₂ , sulfate de cuivre (CuSO ₄), Cu ₂ SO ₄)	0,65	4,13 (mesuré)	9,4 (mesuré)	5 articles disponibles : Kwok <i>et al.</i> , 2013 ; Fonseca <i>et al.</i> , 2017 ; Kwok <i>et al.</i> , 2016 ; Marangoni <i>et al.</i> , 2019 ; Negri <i>et al.</i> , 2011 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 6h, 32°C)
Gallium (GaCl ₃)	Pas de données	1120 (mesurée)	2150 (mesurée)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2011 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 3h + 30 min séparées, 32°C)
Fer (FeCl ₃ , FeCl ₂ , nitrate de fer)	1,6	5 (nom.)	10 (nom.)	2 articles disponibles : Leigh-Smith <i>et al.</i> , 2018 ; Harland <i>et al.</i> , 1989 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : densité d'algues symbiotiques (adultes, 8j)
Plomb [nitrate de plomb (Pb(NO ₃) ₂), PbNO ₃]	3,3	20 (mesurée)	50 (mesurée)	3 articles disponibles : Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 2004, 2005 ; Hédouin <i>et al.</i> , 2016 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologiques retenue : fertilisation (gamètes, 5h + 30 min séparées).
Manganèse (MnCl ₂)	0,4	54200	71200	1 article disponible : Summer <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées

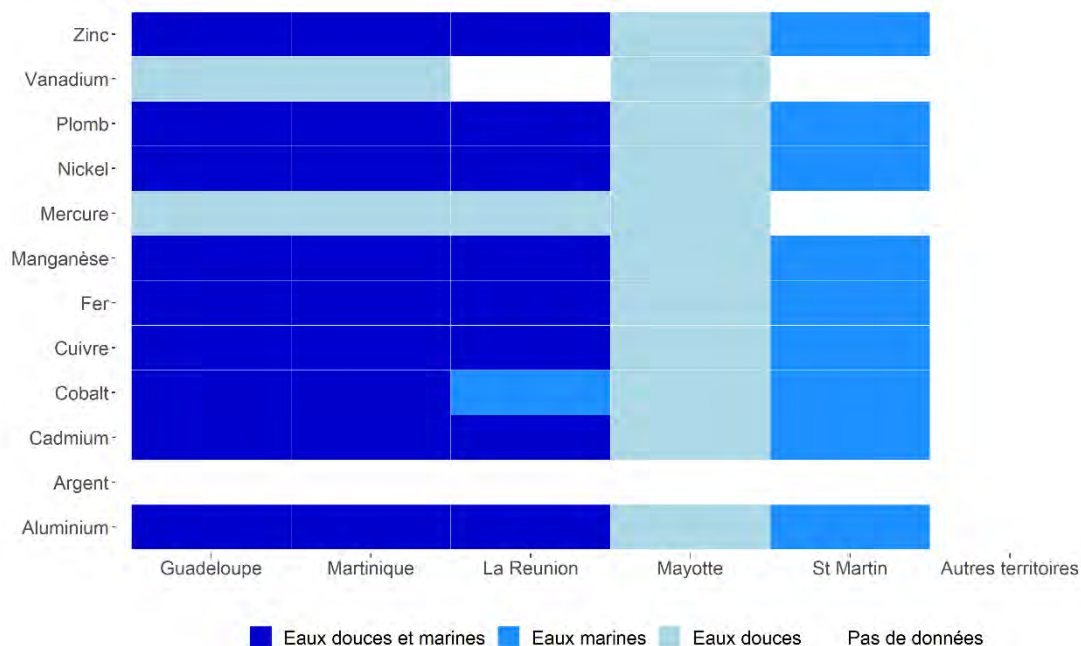
		(mesuré)	(mesurée)	Réponse biologique retenue : fertilisation (gamètes, 5h + 30 min séparé)
Mercure (HgCl₂)	0,01 / 0,036	37 (mesurée)	180 (mesurée)	2 articles disponibles : Bastidas <i>et al.</i> , 2004 ; Farina <i>et al.</i> , 2008 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : densité des algues symbiotiques (adultes, 11j)
Nickel (NiCl₂, NiNO₃)	8,6	1014 (mesurée)	4621 (mesurée)	4 articles disponibles : Reichelt-Brushett et Hudspith, 2016 ; Reichelt-Brushett et Harrison 2005 ; Gillmore <i>et al.</i> , 2020 ; Goh, 1991 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : fertilisation (gamètes, 5h + 30 min séparé)
Vanadium (VCl₃)	Pas de données	173 (mesurée)	280 (mesurée)	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2011 => Plusieurs réponses biologiques étudiées Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 3h + 30 min séparé, 32°C)
Zinc (sulfate de zinc (ZnSO₄), ZnCl₂)	3,07	10 (nom.)	100 (nom.)	6 articles disponibles : Deschaseaux <i>et al.</i> , 2018 ; Reichelt-Brushett <i>et al.</i> 2005 ; Reichelt-Brushett <i>et al.</i> , 1999 ; Heyward, 1988 ; Ferrier-Pagès <i>et al.</i> , 2005 ; Tijssen <i>et al.</i> , 2017 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : croissance (adultes, 2 semaines).
Argent	860 ng/L	-	-	Pas des données exploitables sur les coraux

Nom. = nominale

Les données de toxicité concernant la silice ont été écartées car ce composé correspond à un traitement contrôle dans la publication Leigh-Smith *et al.* de 2018.

5.4.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux métaux

L'exploitation des deux bases de données Naïades et Quadrigé indique que l'ensemble des métaux étudiés dans le cadre de cette saisine est suivi dans au moins une des deux matrices (eau douce et/ou marine) aux Antilles ou seulement dans l'eau douce à Mayotte. Le vanadium n'est suivi ni à La Réunion, ni à Saint-Martin, pas plus que le mercure à Saint-Martin où le suivi est fait exclusivement en eaux marines. Des données existent dans les bases de données pour l'argent mais ne peuvent pas être utilisées pour l'évaluation du risque, la méthode de quantification de l'argent (par échantillonneur passif DGT³⁵) dans les eaux n'étant pas validée. Enfin, nous ne disposons d'aucune donnée dans les autres territoires d'Outre-mer (Figure 14).



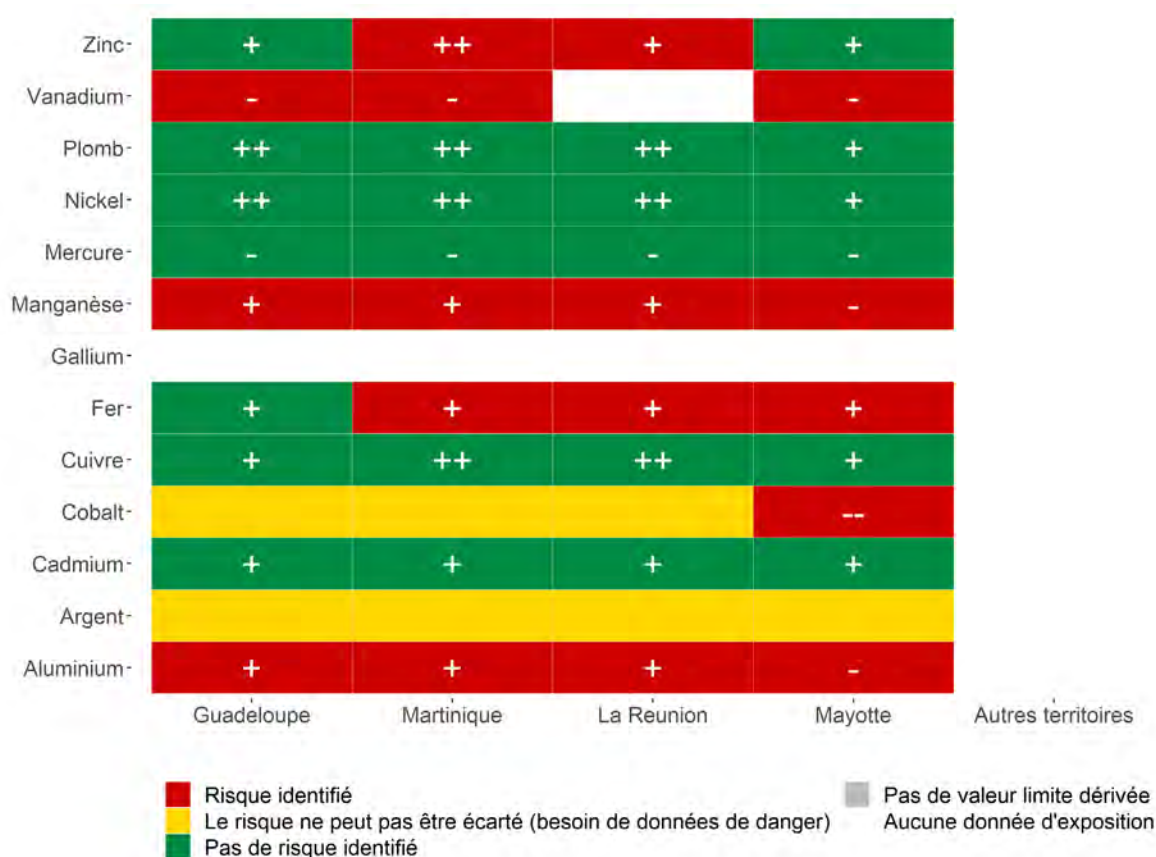
L'ensemble des territoires pour lesquels aucune donnée n'est disponible est regroupé sous l'appellation "Autres territoires". Les données d'eau douce correspondent aux données fournies par les offices de l'eau des différents DOM et les données d'eau marine correspondent aux données issues de la base de données Quadrigé.

Figure 14 : Matrice récapitulant la disponibilité de données de surveillance pour chaque substance étudiée dans le groupe métaux pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine

5.4.4 Caractérisation des risques

Les résultats de l'évaluation des risques pour les métaux avec une analyse de la confiance sont présentés dans la Figure 15.

³⁵ Diffuse Gradient in Thin Film



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé ; case vide : le niveau de confiance n'a pas pu être déterminé

Figure 15 : Matrice récapitulative de l'analyse de risques et du niveau de confiance associé, conduite pour chaque substance étudiée dans le groupe métaux pour chaque territoire ultramarin concerné par la saisine

Des risques ont été identifiés (RCR > 1) pour les organismes aquatiques y compris les coraux pour les substances suivantes (groupe rouge) :

- **avec un niveau de confiance moyen/élevé (+/++) :**
 - le zinc, avec un niveau de confiance fort en Martinique et moyen à La Réunion. Pour cette dernière, ce niveau de confiance reflète une qualité moyenne des données d'exposition mais aussi un RCR proche de 1 (1,85) ;
 - le manganèse en Guadeloupe, Martinique et à La Réunion avec un niveau de confiance moyen reflétant les différences entre le RCR calculé avec la PNEC_{marine} d'une part, et la NOEC_{coraux} d'autre part ;
 - le fer en Martinique, à La Réunion et à Mayotte avec un niveau de confiance moyen pour les mêmes raisons que celles identifiées pour le manganèse ;
 - l'aluminium en Guadeloupe, Martinique et à La Réunion avec un niveau de confiance moyen lié au score moyen atteint pour les données d'exposition ;
- **avec un niveau de confiance faible (groupe rouge) :**
 - le vanadium en Guadeloupe, Martinique et à Mayotte, territoires pour lesquels des données d'exposition sont disponibles pour ce métal. Le niveau de confiance est faible du fait du faible score de confiance relatif aux données d'exposition (données disponibles en eaux douces exclusivement) et les faible valeur du RCR plutôt proche de 1 (de 2,54 à 4,68 selon le DOM) basée uniquement sur les données coraux.

- le cobalt à Mayotte. Le niveau confiance faible se base sur le faible score atteint pour les données de danger sur les coraux disponibles et la notation très faible pour les données d'exposition ;
- le manganèse et l'aluminium à Mayotte. Le niveau de confiance est faible du fait d'un faible score pour les données d'expositions et l'évaluation du risque.

Une absence de risques a été identifiée dans les 4 territoires (groupe vert) avec un niveau de confiance moyen/élevé (+/++) pour le plomb, le nickel, le cuivre, le cadmium et, faible (-) pour le mercure du fait d'une faible confiance dans les données de danger et d'exposition. Un niveau de confiance moyen a été également identifié pour le zinc en Guadeloupe et à Mayotte et pour le fer en Guadeloupe

Des risques pour les récifs coralliens n'ont pas pu être écartés pour les substances suivantes (groupe jaune) :

- le cobalt. L'évaluation des risques pour le cobalt en Guadeloupe, en Martinique et à La Réunion a conduit à un calcul de RCR inférieur à 1 sur la base de la PNEC_{marine} car aucune NOEC_{coraux} n'a été trouvée par la revue systématique (Tableau 16). Selon la méthode d'évaluation du risque retenue, il est donc conclu que le risque ne peut pas être écarté pour les coraux exposés au cobalt ;
- l'argent. Le risque ne peut pas être écarté pour les coraux exposés à l'argent dans les 4 territoires du fait de l'absence de NOEC_{coraux} identifiée pour ce métal. Par ailleurs, les données d'exposition collectées dans les bases de données ne sont pas fiables car elles ont été obtenues par la technique d'échantillonnage passif DGT qui n'est pas validée pour quantifier l'argent dans les eaux marines.

Pour ces deux métaux, des données de toxicité sur les coraux permettant de dériver une NOEC_{coraux} seraient nécessaires pour pouvoir conclure sur le risque.

Des variations du niveau de risque ont été observées selon les territoires pour le zinc et le fer. Comme décrit précédemment, un risque a été identifié pour le zinc, le manganèse et le fer dans certains territoires. Cependant, une absence de risque pour les organismes aquatiques y compris les récifs coralliens a été identifiée avec un niveau de confiance moyen (+) pour ces métaux dans d'autres territoires : pour le zinc en Guadeloupe et à Mayotte et le fer en Guadeloupe.

5.4.5 Usages et recensement des dispositions réglementaires existantes en Europe

Les métaux pour lesquels un risque a été identifié avec un niveau de confiance élevé et moyen (zinc, manganèse, fer et aluminium) ont différents usages :

- le manganèse est utilisé dans les pigments, revêtements, encres, engrais, équipements électroniques, verre/argile/céramique, adhésifs, mastics ainsi que pour le traitement de surfaces métalliques, le soudage et le traitement de l'eau (ECHA, 2021) ;
- le zinc est utilisé dans la galvanisation (39 %), le laiton (25 %), les alliages pour moulage sous pression (12%), pour produire du zinc laminé/forgé (12%), de la poudre/poussière de zinc (3%) et dans d'autres applications, comme la production de composés de zinc (9%) (JRC-IHCP, 2010) ;

- l'aluminium a de nombreuses applications dans le secteur du bâtiment (matériaux de construction) et est utilisé dans divers produits domestiques³⁶ (détergents pour machines, produits d'entretien automobile, peintures et revêtements ou adhésifs, parfums et désodorisants d'atmosphère, etc.) ;
- le fer est utilisé dans les produits suivants : métaux, produits de soudage et de brasage, produits de traitement de surface des métaux, adhésifs et mastics, mastics, plâtres, argile à modeler, explosifs, lubrifiants et graisses, semi-conducteurs et produits de traitement de surfaces non métalliques, etc.³⁷.

Ces métaux font l'objet d'une surveillance dans le cadre de la DCE et sont couverts par différentes réglementations (Tableau 18).

Tableau 18 : Principaux textes réglementaires encadrant le zinc, le manganèse, le fer et l'aluminium

Substance	CAS	Statut réglementaire
Zinc	7440-66-6	<p>Règlement (CE) n°2003/2003 relatif aux engrais Déclaration de la teneur en oligoélément zinc contenu dans certains types d'engrais lorsque la teneur est au moins égale à celle spécifiée dans les sections E.2.1, E.2.2 et E.2.3 de l'annexe I du règlement</p> <p>Règlement (UE) n°10/2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires Les matériaux et objets en matière plastique ne peuvent libérer du zinc en quantité supérieure à la limite de migration spécifique suivante : 25 mg/kg de denrée alimentaire ou de simulant de denrée alimentaire.</p> <p>Règlement (CE) n°66/2010 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2009 établissant le label écologique de l'UE En vertu de l'article 6(6) de ce règlement, le label écologique de l'UE ne peut pas être accordé aux produits³⁸ qui contiennent du zinc du fait de sa classification comme dangereux pour l'environnement conformément au règlement CLP.</p>
Manganèse	7439-96-5	<p>Règlement REACH Évaluation de besoins réglementaires au niveau européen : restriction et autorisation si dangerosité confirmée dans le cadre d'un dossier de classification harmonisée</p> <p>Règlement (CE) n°2003/2003 relatif aux engrais Déclaration de la teneur en oligoélément manganèse contenu dans certains types d'engrais lorsque la teneur est au moins égale à celle spécifiée dans les sections E.2.1, E.2.2 et E.2.3 de l'annexe I du règlement</p> <p>Règlement (UE) n°10/2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires Les matériaux et objets en matière plastique ne peuvent libérer du manganèse en quantité supérieure à la limite de migration spécifique suivante : 0,6 mg/kg de denrée alimentaire ou de simulant de denrée alimentaire.</p> <p>Directive 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine Valeur paramétrique : 50 µg/L</p>
Fer	7439-89-6	Règlement (CE) n°2003/2003 relatif aux engrais

³⁶ <https://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.028.248>, consulté le 01/08/2022

³⁷ <https://echa.europa.eu/fr/brief-profile/-/briefprofile/100.028.270>, consulté en septembre 2022

³⁸ Toute marchandise ou service qui est fourni en vue d'être distribué, consommé ou utilisé sur le marché communautaire à titre onéreux ou gratuit, excluant les médicaments à usage humain et les médicaments vétérinaires.

		<p>Déclaration de la teneur en oligoélément fer contenu dans certains types d'engrais lorsque la teneur est au moins égale à celle spécifiée dans les sections E.2.1, E.2.2 et E.2.3 de l'annexe I du règlement</p> <p>Règlement (UE) n°10/2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires</p> <p>Les matériaux et objets en matière plastique ne peuvent libérer du fer en quantité supérieure à la limite de migration spécifique suivante : 48 mg/kg de denrée alimentaire ou de simulant de denrée alimentaire.</p> <p>Directive 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine</p> <p>Valeur paramétrique : 200 µg/L</p>
Aluminium (AlCl₃)	7446-70-0	<p>Règlement REACH</p> <p>Processus : Évaluation substance 2015</p> <p>État membre évaluateur : France</p> <p>Préoccupations identifiées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suspecté CMR - Exposition des travailleurs - Tonnage agrégé élevé - RCR élevé <p>Pour l'aluminium : Directive 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine</p> <p>Valeur paramétrique : 200 µg/L</p>

5.5 Groupe des produits pharmaceutiques

5.5.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue systématique a permis d'identifier 59 études, correspondant à 13 articles. Ces articles s'étendent sur une période allant de 1998 à 2020. Les études testent l'exposition à 17 substances pharmaceutiques ou mélanges, et sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : Substances et mélanges identifiés dans la revue systématique

Nom	CAS
3,4-dihydroxy-L-phenylalanine (L-DOPA)	59-92-7
Antibiotiques (0,1 mg/mL d'acide nalidixique, ampicilline et streptomycine)	NA
Antibiotiques (ampicilline & streptomycine & ciprofloxacine & acide naladixique)	NA
Huile de clous de girofle "clove oil" (98% d'eugénol)	8000-34-8 et 8015-97-2
Solution d'huile de clous de girofle et d'éthanol (1:9)	NA
Chlorhydrate de dopamine	62-31-7
Épinéphrine	51-43-4
Estrone	53-16-7
Peroxyde d'hydrogène (50% en poids dans l'eau)	7722-84-1
L-5-hydroxytryptophane	4350-09-8
Acide L-glutamique	56-86-0
Chlorhydrate de naloxone dihydrate (98% en poudre)	51481-60-8
Acétate de sérotonine monohydrate	NA
Chlorhydrate de sérotonine	153-98-0
Tunicamycine	11089-65-9
Vérapamil	52-53-9
Chlorhydrate de vérapamil (inhibiteur des canaux Ca) & ⁴² CaCO ₃ (traceur isotopique)	152-11-4

NA : non applicable

L'intérêt de ces substances pharmaceutiques et mélanges a été comparé à leurs usages pharmaceutiques généraux. Cette comparaison vise à comprendre les raisons pour lesquelles ces substances ont été testées et à quelle fin les études ont été réalisées. Pour l'identification des usages pharmaceutiques des substances, le site du Vidal³⁹ qui contient une base de données recensant les informations sur les médicaments, a été utilisé. Le Tableau 20 présenté ci-dessous reprend pour chaque substance pharmaceutique et mélange leurs usages thérapeutiques et leurs intérêts dans les études.

Les substances pharmaceutiques de cette liste interpellent (excepté l'estrone) car elles ne sont pas identifiées habituellement dans les eaux de surface. Inversement, certaines substances pharmaceutiques fréquemment détectées dans les eaux de surface sont absentes de cette liste. En effet, selon l'INERIS, les substances pharmaceutiques fréquemment quantifiées à l'échelle des DROM et de la Guyane, la Martinique et La Réunion sur la période 2016-2018 étaient la carbamazépine, le sulfaméthoxazole, l'oxazépam, le diclofénac, le paracétamol, l'ibuprofène, le kétoprofène, l'ofloxacine, la carbamazépine époxyde, le diazépam, le lorazépam, le sulfaméthazine et l'estrone (INERIS, 2020).

Le tableau ci-dessous met en évidence que, exceptée celle pour l'huile de clous de girofle, les études ne testent pas la toxicité des substances pharmaceutiques sur les coraux, mais visent à identifier les substances potentiellement bénéfiques pour la sauvegarde des récifs et la restauration des coraux, en optimisant la reproduction et l'implantation. Les études mécanistiques sont minoritaires et explorent le fonctionnement des coraux ou investiguent le rôle de la communauté microbienne d'holobiontes coralliens⁴⁰ face au stress thermique.

Les réponses biologiques étudiées ont été synthétisées dans le Tableau 21.

Étant donné que les études disponibles ne sont pas des études d'écotoxicité classiques et ne visent pas à mettre en évidence des effets néfastes, il n'est pas possible de conclure quant à la réponse biologique la plus sensible pour ce groupe de substances pharmaceutiques. De plus, les études présentent des méthodologies différentes, il est donc difficile de les comparer.

³⁹ <https://www.vidal.fr/medicaments.html>, consulté le 18/05/2022

⁴⁰ Un holobionte corallien est un méta-organisme qui est composé de l'hôte corallien, son algue symbiotique et son microbiote (Kelly Brener-Raffalli, 2017 ; Rohwer *et al.*, 2002).

Tableau 20 : Comparaison des usages pharmaceutiques et des utilisations dans les études des substances et mélanges identifiés dans la revue systématique

Exposition	Usages pharmaceutiques	Emploi dans l'étude
3,4-dihydroxy-L-phénylalanine (L-DOPA, levodopa)	Cette substance est transformée en dopamine dans le cerveau. Elle est utilisée en association avec d'autres médicaments dans le traitement de la maladie de Parkinson.	Moeller <i>et al.</i> (2019) étudient les voies de signalisation impliquées dans l'implantation des coraux. Cinq composés neuroactifs ont été testés sur le comportement d'implantation des larves de <i>Leptastrea purpurea</i> . L'objectif de l'étude est d'identifier les composés d'intérêts qui pourraient être testés sur d'autres espèces pour voir s'ils constituent des inducteurs universels de l'implantation des coraux. Les auteurs affirment qu'une meilleure compréhension du processus d'implantation des coraux pourrait également trouver une application dans l'aquaculture corallienne ainsi qu'à des fins de restauration des récifs.
Chlorhydrate de dopamine	Il s'agit de la forme de sel hydrochloré de la dopamine. Elle agit en tant que neurotransmetteur sur le système nerveux central. Le chlorhydrate de dopamine est la forme utilisée en tant que principe actif dans les médicaments. Elle est utilisée dans la prise en charge de bas débits cardiaques	
Epinéphrine	Aussi appelée adrénaline, elle est utilisée principalement dans la prise en charge des arrêts cardiovasculaires et chocs anaphylactiques.	
Acide L-glutamique	L'acide L-glutamique est l'énantiomère naturel et il est le neurotransmetteur excitateur le plus courant du système nerveux central.	
Chlorhydrate de sérotonine	Le chlorhydrate de sérotonine est la forme hydrochlorée de la sérotonine. Elle agit en tant que neurotransmetteur sur le système nerveux central.	
Antibiotiques (0,1 mg/mL d'acide nalidixique, ampicilline and streptomycine)	Mélange d'antibiotiques	Merou <i>et al.</i> (2020) investiguent la réponse d'un holobionte corallien, l'espèce <i>Euphyllia paradivisa</i> , face à un stress thermique lorsque la communauté bactérienne est traitée avec des antibiotiques.
Antibiotiques (ampicilline & streptomycine & ciprofloxacine & acide nalidixique)	Mélange d'antibiotiques	Gilbert <i>et al.</i> (2012) explorent les effets du stress thermique sur l'espèce <i>Pocillopora damicornis</i> , un holobionte corallien, quand sa communauté microbienne est traitée par des antibiotiques. Ils étudient les effets d'une exposition aux antibiotiques sur l'expression des gènes du corail hôte à différentes températures.
Huile de clous de girofle (98% eugéno)	Concernant la santé humaine : l'huile essentielle de clous de girofle, grâce à ses propriétés antiseptiques, est utilisée pour traiter les troubles buccaux et de la gorge.	Boyer <i>et al.</i> (2009) étudient l'impact de l'huile de clous de girofle sur la croissance et l'occurrence du blanchissement chez trois espèces de coraux : <i>Acropora striata</i> , <i>Pocillopora verrucosa</i> et <i>Porites australiensis</i> .

Solution d'huile de clous de girofle et d'éthanol (1:9)	D'un point de vue environnemental, l'huile de clous de girofle est utilisée pour ses propriétés anesthésiantes sur les poissons. Elle est utilisée dans le cadre de la pêche de poissons démersaux des récifs, la capture de poissons d'ornement, la recherche scientifique ou encore l'euthanasie des poissons.	Frisch <i>et al.</i> (2007) évaluent les effets d'une solution d'huile de clous de girofle (10% d'huile de clous de girofle, 90% d'éthanol) sur les colonies de l'espèce de corail <i>Pocillopora damicornis</i> .
Estrone	Hormone œstrogène. En association à la progestérone, l'estrone est utilisée dans la prise en charge d'aménorrhées.	Tarrant <i>et al.</i> (2004) étudient les effets d'œstrogènes stéroïdiens sur la croissance et la reproduction des coraux.
Peroxyde d'hydrogène (50% en poids dans l'eau)	Antiseptique local utilisé au niveau buccal. Le peroxyde d'hydrogène est utilisé dans les cas suivants : antiseptiques des plaies, hémorragies capillaires, hygiène buccodentaire.	Flint <i>et al.</i> (2016) étudient les effets de substances chimiques spécifiques sur la reproduction du corail <i>Acropora cervicornis</i> . Ils cherchent à identifier lesquelles auraient le potentiel d'induire ou d'inhiber le frai. Cette étude s'inscrit dans un objectif de restauration des récifs, en identifiant des substances capables d'agir sur la reproduction sexuée des coraux.
L-5-hydroxytryptophane	Précurseur de la sérotonine. Le 5-HTP est proposé pour soulager la dépression, légère ou modérée, les maux de tête chroniques, les manifestations de l'anxiété et la fibromyalgie (problème de santé associant douleurs musculaires et symptômes d'anxiété). Le site du Vidal le présente comme un complément alimentaire dont l'utilisation est fortement déconseillée par l'Agence européenne des médicaments.	
Chlorhydrate de naloxone dihydrate (98% en poudre)	Antagoniste des récepteurs des opioïdes. Elle permet de prévenir les symptômes d'une overdose par opioïdes.	
Sérotonine	Neurotransmetteur du système nerveux central.	
Tunicamycine	Antibiotique	Allemand <i>et al.</i> (1998) : étude mécanistique. La tunicamycine est utilisée pour inhiber la synthèse des protéines N-glycosylées.
Vérapamil		
Chlorhydrate de vérapamil (inhibiteur des canaux Ca & ⁴²CaCO₃ (traceur isotopique))	Vasodilatateur qui appartient à la famille des inhibiteurs calciques. Il est utilisé dans le traitement de l'hypertension artérielle et de l'angine de poitrine.	Allison <i>et al.</i> (2011) : étude mécanistique. Allemand <i>et al.</i> (1998) : étude mécanistique. Le chlorhydrate de vérapamil est utilisé pour inhiber les canaux calciques des coraux.

Tableau 21 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe produits pharmaceutiques

Exposition	Performance de la photosynthèse	Recrutement	Densité des algues symbiotiques	Fertilisation	Mortalité	Croissance	Blanchissement
3,4-dihydroxy-L-phénylalanine (L-DOPA)	-	X	-	-	X	-	-
Antibiotiques (0,1 mg/mL d'acide nalidixique, ampicilline and streptomycine)	X	-	-	-	-	-	-
Antibiotiques (ampicilline & streptomycine & ciprofloxacine & acide nalidixique)	X	-	-	-	-	-	X
Huile de clous de girofle (98% eugénol)	-	-	-	-	-	X	X
Solution d'huile de clous de girofle et d'éthanol (1:9)	X	-	-	-	X	-	X
Chlorhydrate de dopamine	-	X	-	-	X	-	-
Epinéphrine	-	X	-	-	X	-	-
Estrone	-	-	-	-	-	X	-
Péroxyde d'hydrogène (50% (en poids) dans l'eau)	-	-	-	-	X	-	-
L-5-hydroxytryptophane	-	-	-	-	X	-	-
Acide L-glutamique	-	X	-	-	X	-	-
Chlorhydrate de naloxone dihydraté (98% en poudre)	-	-	-	-	X	-	-
Sérotonine	-	-	-	-	X	-	-
Chlorhydrate de sérotonine	-	X	-	-	X	-	-
Tunicamycine	-	-	-	-	-	X	-
Vérapamil	-	-	-	-	-	X	-
Chlorhydrate de vérapamil (inhibiteur des canaux Ca & ⁴² CaCO ₃ (traceur isotopique)	X	-	-	-	-	X	-

5.5.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Pour les études provenant des articles identifiés avec des niveaux de biais faible et moyen, des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont été identifiées et extraites comme il est décrit dans la section 4.1.2. Les PNEC_{marines} ont été indiquées quand elles étaient disponibles (Tableau 22).

Tableau 22 : LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux} et PNEC_{marine} pour le groupe substances pharmaceutiques.

Exposition	PNEC _{marine} (µg/L)	NOEC _{coraux} (µg/L)	LOEC _{coraux} (µg/L)	Commentaires
3,4-dihydroxy-L-phénylalanine (L-DOPA)	0,32	197 19 (nom.)	197 190 (nom.)	1 étude disponible : Moeller <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : mortalité (larves, 48h). La concentration de 197 mg/L a induit 100% de mortalité chez le corail juvénile <i>Leptastrea purpurea</i> .
Huile de clous de girofle "clove oil" (98% eugénol)	0,19 ¹	7% (nom.)	14% (nom.)	1 étude disponible : Boyer <i>et al.</i> , 2009 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : blanchissement (<i>Pocillopora verrucosa</i>) et croissance (<i>Pocillopora verrucosa</i> , <i>Acropora striata</i> , une application).
Chlorhydrate de dopamine	ND	1896,42 (nom.)	18964,2 (nom.)	1 étude disponible : Moeller <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : mortalité (larves, 48h, la concentration de 18964,2 µg/L a induit 100% de mortalité chez le corail juvénile <i>Leptastrea purpurea</i>).
Épinéphrine	50	NI	NI	1 étude disponible : Moeller <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : recrutement (larves, 48h). Relation non monotone.
Peroxyde d'hydrogène (50% en poids dans l'eau)	12,6	NI	NI	1 étude disponible : Flint <i>et al.</i> , 2016 Réponse biologique retenue : mortalité (adultes, 2h, une seule concentration testée).
L-5-hydroxytryptophane	ND	≥ 4 404,56 (nom.)	NI	1 étude disponible : Flint <i>et al.</i> , 2016 Réponse biologique retenue : mortalité (adultes, 2h).
Acide L-glutamique	ND ²	147 13 (nom)	147 130 (nom.)	1 étude disponible : Moeller <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : mortalité (larves, 48h). La concentration de 147 mg/L a induit 100% de mortalité chez le corail juvénile <i>Leptastrea purpurea</i> .
Acétate de sérotonine monohydraté	ND	≥ 1762,19 (nom.)	NI	1 étude disponible : Flint <i>et al.</i> , 2016 Réponse biologique retenue : mortalité (adultes, 2h).
Chlorhydrate de sérotonine	ND	2 126 80 (nom.)	2 126 800 (nom.)	1 étude disponible : Moeller <i>et al.</i> , 2019 => Plusieurs réponses biologiques étudiées. Réponse biologique retenue : mortalité (larves, 48h). La concentration de 2, 2128 g/L a induit 100% de mortalité chez le corail juvénile <i>Leptastrea purpurea</i> .

1 : PNEC déterminée pour l'extrait de clous de girofle ; 2 : le site de l'ECHA indique qu'aucun danger n'a été identifié ; 3 : PNEC déterminée pour 100% de peroxyde d'hydrogène ; ND : non disponible; NI : non identifié, nom. : concentration nominale.

Ainsi, il n'est pas possible de retenir de $LOEC_{\text{coraux}}$ et de $NOEC_{\text{coraux}}$ pour ce groupe de substances pour les raisons suivantes :

- les concentrations testées sont très élevées et non représentatives des concentrations réelles dans les eaux ;
- toutes les concentrations sont nominales.

Pour certaines substances, des relations dose-réponse non monotones sont observées. De plus, pour la majorité des substances de cette liste, il n'y a pas de $PNEC_{\text{marine}}$ disponible. Il n'est donc pas possible de conclure quant aux dangers de ces substances pour les coraux.

5.5.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux substances pharmaceutiques

Aucune donnée d'exposition n'est disponible pour les substances listées dans le Tableau 19 à l'exception de l'estrone qui est suivie dans les eaux douces des territoires étudiés.

5.5.4 Caractérisation des risques

Pour l'estrone, seule substance disposant de données d'exposition, les études ne permettent pas de déterminer de $NOAEC_{\text{coraux}}$ ou $LOEC_{\text{coraux}}$ et aucune $PNEC_{\text{marine}}$ n'est disponible. Ainsi, il n'a pas été possible d'évaluer les risques pour les coraux.

Pour les autres substances de ce groupe, les données ne permettent pas d'émettre de conclusions.

5.6 Groupe des microplastiques

5.6.1 Identification des substances chimiques toxiques sur les récifs coralliens via la revue systématique de la littérature

Les résultats des études ayant un risque de biais faible et moyen ont été extraits par niveau de concentration-durée d'exposition. La synthèse quantitative s'est basée sur 36 études correspondant à 8 documents datant de 2018 à 2020.

Les 36 études testent l'exposition à différents types de polymères principalement au polyéthylène et au polypropylène, ainsi qu'une exposition au polystyrène. Les études ont été réalisées sur 9 espèces de coraux différentes, les deux espèces les plus étudiées étaient *Acropora tenuis* et *Acropora muricata*. Le tableau suivant présente le type des polymères étudiés et les réponses biologiques investiguées pour chacun d'entre eux.

Tableau 23 : Réponses biologiques étudiées par type d'exposition pour le groupe microplastiques

Exposition/ Endpoint	Référence	Fertilisation	Recrutement	Densité des algues symbiotiques	Croissance	Performance de la photosynthèse	Mortalité
Microplastique de polyéthylène haute densité (densité : 0,95 g.cm ⁻³ , taille : 65-410 µm, diamètre moyen : 175,5 µm)	Reichert <i>et al.</i> , 2019				x	x	
Polyéthylène faible densité (LDPE) (<100 µm) à partir de bouchons de bouteilles en plastique pulvérisés	Syakti <i>et al.</i> , 2019			x			x
Microbilles de polyéthylène (diamètre : 1 µm)	Berry <i>et al.</i> , 2019	x	x				
Microbilles de polyéthylène (diamètre : 6 µm)	Berry <i>et al.</i> , 2019	x	x				
Microfibres (taille 0,05-1 cm) extraites de peluches de sèche-linge	Mendrik <i>et al.</i> , 2021					x	
Microplastiques Nylon-66 (PA66)	Xiao <i>et al.</i> , 2021			x			
Microplastiques de polyéthylène	Reichert <i>et al.</i> 2019			x			
Microbilles de polyéthylène (90-106 µm ; 425-500 µm ; 850-1000 µm ; densité moyenne 1,002 g.cc ⁻¹)	Hankins <i>et al.</i> , 2018				x		
Microplastiques de polyéthylène ("Fluorescent Green Microspheres", Cospheric, 106-125 µm, densité : 1,025 g/cc)	Lanctôte <i>et al.</i> , 2020			x			
Microplastiques de polyéthylène	Xiao <i>et al.</i> , 2021			x			
Microplastiques de polyéthylène téréphtalate (PET)	Tang <i>et al.</i> , 2018			x			
Microplastiques de polystyrène (diamètre : 1,0 µm, densité : 1,05 g/cm ³)	Tang <i>et al.</i> , 2018			x			
Sphères en polystyrène (taille : 500-1000 µm)	Mendrik <i>et al.</i> , 2021					x	
Microplastiques secondaires issus de l'environnement marin retrouvés sur la plage (60,9% de polyéthylène, 27,7% de polypropylène, 3,1% de polyamide, 1,9% de polyuréthane, 1,7% de polystyrène, 0,9% de polychlorure de vinyle, 0,5% de polyéthylène téréphtalate, 0,2% d'éthylène-acétate de vinyle, 0,1% d'éthylène-acétate de vinyle, et 3,1% de particules non-identifiées (% en masse))	Reichert <i>et al.</i> , 2021.			x		x	
Polypropylène altéré (0,5 mm ² de particules)	Berry <i>et al.</i> , 2019	x	x				
Polypropylène altéré (1 mm ² de particules)							
Polypropylène altéré (2 mm ² de particules)							

X : réponse biologique présentant un effet toxique significatif

5.6.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Pour la plupart des études, à l'exception des études de Berry *et al.* et Syakti *et al.*, les tests toxicologiques sur les coraux testent une ou deux concentrations de microplastiques (Berry *et al.*, 2019 ; Syakti *et al.*, 2019). Pour ces études, des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} n'ont pas pu être identifiées.

Pour l'étude de Berry *et al.* (Berry *et al.*, 2019), des NOEC_{coraux} sur la fertilisation d'*Acropora tenuis* ont été identifiées et extraites pour :

- microbilles de polyéthylène (diamètre : 1 µm) : NOEC_{coraux} = 100 particules/L ;
- microbilles de polyéthylène (diamètre : 6 µm) : NOEC_{coraux} = 25 particules/L.

En ce qui concerne l'étude de Syakti *et al.*, des effets significatifs sur la densité des algues symbiotiques et la mortalité des adultes d'*Acropora muricata* ont été identifiés pour toutes les concentrations testées (0,05, 0,1 et 0,15 g/L) de microbilles de polyéthylène (LDPE <100 µm) (Syakti *et al.*, 2019).

Pour le reste des études, des effets toxiques significatifs n'ont pas été identifiés (Tableau 23).

5.6.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux microplastiques

Aucune donnée concernant les microplastiques n'a pu être identifiée dans les bases de données exploitées.

5.6.4 Caractérisation des risques

En raison de l'absence d'informations disponibles relatives à l'exposition du milieu marin des territoires français d'Outre-mer aux microplastiques, et des données limitées pour leur dangerosité vis-à-vis des coraux, l'évaluation des risques n'a pas pu être conduite avec les polymères identifiés par la revue systématique.

5.6.5 Recensement des dispositions réglementaires existantes au niveau Européen

Les microplastiques peuvent être produits involontairement suite à l'usure de morceaux de matières plastiques plus gros, comme les pneus de voiture ou les textiles synthétiques. Toutefois, ils peuvent également être fabriqués volontairement et être ajoutés à toute une gamme de produits, comme les engrais, les produits phytopharmaceutiques, les produits cosmétiques, les détergents domestiques et industriels, les produits de nettoyage, les peintures et les produits utilisés dans l'industrie pétrolière et gazière. Les microplastiques sont également utilisés comme matériau de remplissage souple sur les terrains de sport en gazon artificiel.

Afin de réduire l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement, la Directive (UE) n°2019/904, en application depuis le 3 juillet 2021, interdit la mise sur le marché d'un certain nombre des produits en plastique à usage unique (liste exhaustive dans l'Annexe I). Dans le cadre de cette directive, les États membres doivent parvenir à un objectif de collecte

de 90% des bouteilles en plastique d'ici à 2029, et les bouteilles en plastique devront avoir une teneur en matériaux recyclés d'au moins 25% d'ici à 2025 et d'au moins 30% d'ici à 2030.

En raison de craintes pour l'environnement et la santé humaine, plusieurs États membres de l'Union européenne ont adopté ou proposé des interdictions nationales relatives à l'utilisation intentionnelle de microplastiques dans certains produits de consommation. Ces interdictions concernent principalement les « microbilles » dans les produits cosmétiques rincés après usage dans lesquels les microplastiques sont utilisés comme agents abrasifs et de polissage. En France, cette interdiction est traduite par le Décret n°2017-291 du 6 mars 2017.

En ce qui concerne les microplastiques ajoutés intentionnellement aux substances et mélanges, en 2017, la Commission européenne a demandé à l'ECHA d'évaluer les données scientifiques dans le but de prendre des mesures réglementaires au niveau de l'UE sur les microplastiques qui sont intentionnellement ajoutés aux produits (c'est-à-dire les substances et les mélanges). En janvier 2019, l'ECHA a proposé une restriction de grande ampleur pour les microplastiques dans les produits mis sur le marché de l'UE/EEE afin d'éviter ou de réduire leur rejet dans l'environnement⁴¹. Si elle est mise en application, cette proposition devrait permettre d'éviter le rejet de 500 000 tonnes de microplastiques sur une période de 20 ans.

D'autres options pour réduire les rejets de microplastiques formés involontairement dans l'environnement aquatique sont envisagées par la Commission dans le cadre de sa stratégie sur les matières plastiques et du nouveau plan d'action sur l'économie circulaire.

Ces actions permettront la réduction progressive des émissions de plastiques et microplastiques dans le milieu marin en France Métropolitaine, Régions ultra périphériques (RUP) comprises. Pour les territoires compris dans les Pays et territoires d'Outre-mer (PTOM), des initiatives locales, comme en Nouvelle Calédonie (Loi Plastique) et des mesures liées à la gestion des déchets sont encouragés afin de limiter la présence dans le milieu marin.

5.7 Groupe des autres substances

5.7.1 Identification des substances toxiques sur les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

La revue de la littérature menée par l'UMS PatriNat a permis d'identifier des substances n'entrant dans aucun des groupes de substances précédemment décrits. Ces substances constituent le groupe nommé « autres substances », composé de :

- nanoparticules et de polymères (telles que le nano-argent, polymère redox MeO-PEG-b-PMOT, *etc.*) ;
- cryoprotecteurs (tels que le diméthylsulfoxyde, l'éthylène glycol, le glycérol, *etc.*) ;
- dispersants (tels que le Corexit 9527, Corexit 9500, *etc.*) ;
- détergents (tels que l'alkylbenzène sulfonate linéaire, le dodécylsulfate de sodium, les éthoxylates de nonylphénol) ;
- conservateurs antimicrobiens (tels que le butylparabène et l'éthylparabène) ;
- d'autres substances telles que la 1,3,5-trinitro-1,3,5 triazine, le polychlorobiphényle « Aroclor 1254 », le rouge de ruthénium, *etc.*

⁴¹ <https://echa.europa.eu/fr/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18244cd73>

Les résultats des études ayant un risque de biais faible et moyen ont été extraits par niveau de concentration-durée d'exposition. Pour les nanoparticules et autres substances, la synthèse quantitative s'est basée sur 30 études correspondant à 12 documents datant de 1998 à 2020. Les 30 études testent principalement les effets d'une exposition à des nanoparticules et à des cryoprotecteurs (diméthylsulfoxyde, éthylène glycol, glycérol, glycoaldéhyde, méthanol). Pour les dispersants et détergents, la synthèse quantitative s'est appuyée sur 42 études correspondant à 12 documents datant de 1983 à 2018.

Les types de substances et les réponses biologiques étudiés figurent dans le Tableau 24.

Pour les nanoparticules et autres substances, les expérimentations ont été réalisées sur 6 espèces différentes, les deux espèces les plus étudiées étant *Pocillopora damicornis* et *Stylophora pistillata*. Pour les dispersants et détergents, les études ont été réalisées sur 8 espèces différentes, les deux espèces les plus étudiées étant *Stylophora pistillata* et *Acropora millepora*.

Pour les nanoparticules et autres substances, la mortalité et la performance de la photosynthèse sont les réponses biologiques les plus étudiées, suivi de la densité d'algues symbiotiques, la croissance, la fertilisation et le recrutement. Pour les dispersants et détergents, le recrutement et la mortalité étaient les réponses les plus souvent mesurées, suivis de la performance de la photosynthèse, la fertilisation et la croissance.

Tableau 24 : Réponses biologiques investiguées par type d'exposition pour le groupe "Autres substances"

Exposition	Mortalité	Performance de la photosynthèse	Densité des algues symbiotiques	Fertilisation	Croissance	Recrutement
Nanoparticules et polymères						
Boîtes quantiques de CdSe/ZnS revêtus d'un polymère chargé positivement (4,7 nm)						
Polymère redox MeO-PEG-b-PMOT	X					
4-hydroxy-2,2,6,6-tétraméthylpipéridine-1-oxyl (TEMPOL) - Piégeurs d'espèces réactives de l'oxygène	X					
Polymère redox MeO-PEG-b-PMOT avec des piégeurs d'espèces réactives de l'oxygène	X					
Nanocolloïdes d'argent	X			X		X
Nanoparticules de dioxyde de titane (<25 nm)			X			
Autres substances						
1,3,5-trinitro-1,3,5 triazine			X			
Butylparabène		X				
Diméthylsulfoxyde (DMSO) (cryoprotecteur)	X					
Emétine					X	
Ethylène glycol (cryoprotecteur)	X					
Ethylparabène		X				
Glycérol (cryoprotecteur)	X					
Glycolaldéhyde		X	X			
Méthanol (cryoprotecteur)	X					
Polychlorobiphényles (Aroclor 1254)		X				
Rouge de ruthénium		X			X	
Hexabromocyclododécane		X	X			
Lixiviat de polystyrène		X	X			
Cytochalasine B & colchicine					X	
Dispersants et détergents						
Dispersant Ardrex 6120	X					X
Dispersant Bioreico R93	X					X
Dispersant Biosolve	X					X
Dispersant Corexit 9500	X					X
Dispersant Corexit 9527		X		X	X	X

Dispersant Dispolen 36S	X					
Dispersant Emulgal C100	X					X
Dispersant Finasol OSR 52						X
Dispersant Inipol 90	X					X
Dispersant Petrotech PTI25	X					X
Dispersant Slickgone LTSW						X
Dispersant Slickgone NS	X					X
Sulfonates d'alkylbenzène linéaires	X	X				
Ethoxylates de nonylphénol	X					
Dodécylsulfate de sodium						X

X : réponse biologique investiguée ; X : réponse biologique présentant la NOEC la plus faible.

5.7.2 Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

Des NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} ont pu être identifiées pour certaines nanoparticules et autres substances : nanoparticules d'argent, TEMPOL (4-hydroxy-2,2,6,6-tétraméthylpipéridine-1-oxyl, piègeurs d'espèces réactives de l'oxygène), rouge de ruthénium (inhibiteur de Ca-ATPase) et ⁴²CaCO₃ (traceur isotopique), glycolaldéhyde, éthylène glycol, DMSO (diméthylsulfoxyde) et butylparabène (Tableau 25). À noter que les NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} identifiées ne reposent que sur un seul article pour chaque substance. Par ailleurs, la plupart des concentrations sont exprimées de façon nominale. Pour les autres substances, les NOEC_{coraux} et LOEC_{coraux} n'ont pas pu être identifiées étant donné l'absence d'effet ou inversement la survenue d'effets à toutes les concentrations testées.

Des PNEC_{marines} ont pu être identifiées pour une minorité de substances (Tableau 25). Elles sont très inférieures aux NOEC_{coraux} identifiées et semblent protectrices par rapport aux effets des substances étudiées sur les coraux.

Concernant les mélanges, il est regrettable que les mélanges ne fassent pas l'objet d'études, notamment pour évaluer le risque associé à la présence d'éthoxylates de nonylphénol dans les détergents industriels et domestiques, connus pour être à l'origine de contaminations environnementales du fait de leur dégradation en nonylphénol. Le nonylphénol a été identifié comme substance très préoccupante (SVHC) et a été inclus à la liste des substances candidates à autorisation sous le règlement REACH en 2012 du fait de propriétés de perturbation endocrinienne causant de probables effets adverses sur l'environnement. En conséquence, les éthoxylates de nonylphénol ont aussi été identifiés comme substances très préoccupantes et inclus à la liste candidate en 2013.

Tableau 25 : LOEC_{coraux} et NOEC_{coraux} et PNEC_{marine} pour le groupe « autres substances »

Exposition	PNEC _{marine} (µg/L)	NOEC _{coraux} (µg/L)	LOEC _{coraux} (µg/L)	Commentaires
Dodécylsulfate de sodium	17,6	-	-	1 article disponible : Negri <i>et al.</i> , 2018. Réponse biologique mesurée : recrutement (larves, 24h) ;
Butylparabène	Pas de données	10 (nom.)	100 (nom.)	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019. Réponse biologique mesurée : performance de la photosynthèse (adultes, 35 j).
Diméthylsulfoxyde	1700	117.10 ⁶ (nom.)	156.10 ⁶ (nom.)	1 article disponible : Feuillassier <i>et al.</i> , 2014. Réponse biologique mesurée : mortalité (adultes, 20 min).
Ethylne glycol	Pas de données	186.10 ⁶ (nom.)	248.10 ⁶ (nom.)	1 article disponible : Feuillassier <i>et al.</i> , 2014. Réponse biologique mesurée : mortalité (adultes, 20 min).
Ethylparabène	1	-	-	1 article disponible : Fel <i>et al.</i> , 2019. Réponse biologique mesurée : performance de la photosynthèse (adultes, 35 j).
Glycolaldéhyde	Pas de données	60 (nom.)	300 (nom.)	1 article disponible : Hill <i>et al.</i> , 2014. Réponse biologique retenue : performance de la photosynthèse (adultes, 3h).
Rouge de ruthénium (inhibiteur de Ca-ATPase) & ⁴²CaCO₃ (traceur isotopique)	Pas de données	2909 (nom.)	4167 (nom.)	1 article disponible : Allison <i>et al.</i> , 2011. Réponse biologique mesurée : performance de la photosynthèse (adultes, 4j).
TEMPOL (4-hydroxy-2,2,6,6-tétraméthylpipéridine-1-oxyl - piègeurs d'espèces réactives de l'oxygène)	Pas de données	120 000 (nom.)	480 000 (nom.)	1 article disponible : Motone <i>et al.</i> , 2018. Réponse biologique mesurée : mortalité (larves, 7j).
Nanoparticules de dioxyde de titane (nano-TiO₂, <25 nm, taille moyenne : 19,1 nm)	Pas de données	-	-	1 article disponible : Jovanovi <i>et al.</i> , 2014. Réponse biologique mesurée : densité des algues symbiotiques (adultes, 17j).
Polymère redox MeO-PEG-b-PMOT (sans piègeurs d'espèces réactives de l'oxygène)	Pas de données	-	-	1 article disponible : Motone <i>et al.</i> , 2018. Réponse biologique mesurée : mortalité (larves, 7 et 10j) ;
Polymère redox MeO-PEG-b-PMOT (avec piègeurs d'espèces réactives de l'oxygène)	Pas de données	-	-	1 article disponible : Motone <i>et al.</i> , 2018. Réponse biologique mesurée : mortalité (larves, 7 et 10j)
Nanocolloïdes d'argent (solution 25,7 mg/L, taille moyenne : 57,2 nm)	Pas de données	7,5 (mesurée)	61,4 (mesurée)	1 article disponible : Suwa, 2014. Réponse biologique retenue : fertilisation gamètes, 2h).

5.7.3 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens aux autres substances chimiques

Pour le groupe des autres substances chimiques, les seules données d'exposition disponibles sont celles relatives à l'éthylparabène dans les eaux douces des quatre DOM (Mayotte, La Réunion, Martinique, Guadeloupe). Aucune donnée n'est disponible en milieu marin ou en eaux douces pour les autres substances listées dans le Tableau 25.

5.7.4 Evaluation des risques

L'évaluation des risques n'a pu être menée que pour l'éthylparabène car cette substance est la seule pour laquelle des données d'exposition sont disponibles. L'étude retenue par la revue systématique n'a pas permis de dériver de $NOEC_{\text{coraux}}$ mais une $PNEC_{\text{marine}}$ (1 µg/L) existe et a été utilisée dans l'évaluation des risques. Cette évaluation des risques en Guadeloupe, en Martinique, à La Réunion et à Mayotte a conduit à un calcul de RCR inférieur à 1. Ainsi, le risque ne peut pas être écarté pour les coraux exposés à l'éthylparabène. Compte tenu de ce résultat, l'évaluation de la confiance n'a pas été menée. Pour cette substance, des données de toxicité sur les coraux permettant de dériver des seuils de toxicité qui seraient nécessaires pour confirmer un risque associé aux espèces coralliennes.

À noter qu'un autre composé de la famille des parabènes a été identifié *via* la revue systématique : le butylparabène, qui est une substance possédant des propriétés de perturbation endocrinienne pour la santé humaine. Même si l'évaluation du risque n'a pas pu être conduite pour cette substance en l'absence de données d'exposition, le GT souligne que la $NOEC_{\text{coraux}}$ identifiée de 10 µg/L (Fel *et al.*, 2019) est 100 fois inférieure à la $NOEC_{\text{coraux}}$ pour l'éthylparabène (≥ 1000 µg/L ; pas d'effet observé jusqu'à 1000 µg/L dans l'étude de Fel *et al.*, 2019).

5.7.5 Usage et statut réglementaire de l'éthylparabène en Europe

L'éthylparabène entre dans la formulation de produits cosmétiques, de soins et parfums pour un usage consommateur et peut également être utilisé dans les produits pharmaceutiques. Les réglementations encadrant l'éthylparabène figurent dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Synthèse du statut réglementaire de l'éthylparabène

Substance	CAS	Statut réglementaire
Ethylparabène	120-47-8	<p>Règlement REACH Processus : évaluation substance 2017 État membre évaluateur : Allemagne Préoccupation identifiée : Potentiel perturbateur endocrinien</p> <p>Règlement cosmétique Annexe V : autorisé comme conservateur à hauteur de 0,4% maximum</p> <p>Règlement (UE) n°10/2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires Peut être utilisé comme additif ou auxiliaire de production de polymères Ne peut pas être utilisé comme monomère ou autre substance de départ ou macromolécule obtenue par fermentation microbienne</p>

L'éthylparabène fait l'objet au niveau européen d'une évaluation dans le cadre du règlement REACH afin de caractériser cette substance au regard du danger de perturbation endocrinienne. Si ce caractère venait à être établi, des mesures de gestion des risques comme des restrictions et des autorisations pour certains usages pourraient être mises en place. Ces mesures seront applicables aux Régions ultra périphériques.

5.8 Discussion et conclusion sur l'ensemble des substances

5.8.1 Caractérisation du danger

La revue systématique conduite par l'UMS Patrinat a, dans un premier temps, permis de définir un corpus d'études scientifiques sur la base de critères de sélection précis (études expérimentales et réponses biologiques étudiées parmi : performance de la photosynthèse, densité des algues symbiotiques, recrutement, fertilisation, croissance, mortalité et blanchissement). L'analyse de ce corpus d'études a permis, dans un second temps, d'identifier des substances chimiques pouvant exercer des effets toxiques sur des espèces coralliennes.

Les études toxicologiques identifiées sur les coraux sont plus ou moins nombreuses en fonction des groupes de substances. Les groupes les plus étudiés sont les métaux et pesticides, puis les hydrocarbures et enfin les filtres UV. L'information est parcellaire pour le groupe intitulé « autres substances », et très limitée pour les autres groupes comme les produits pharmaceutiques et les microplastiques.

Des études relatives aux mélanges (crèmes solaires, mélanges antifouling, mélange d'hydrocarbures, de métaux, etc.) ont été identifiées par la revue systématique, mais elles n'ont pas été examinées dans le cadre de cette expertise car la méthodologie d'évaluation des risques retenue ne permet pas d'évaluer de tels mélanges.

Pour les quatre groupes de substances ci-dessous, le GT fait les constats suivants :

- filtres UV : les informations sont plus nombreuses pour les filtres organiques tels que ceux de la famille des benzophénones (4 publications) que pour les filtres minéraux tels que le dioxyde de titane et l'oxyde de zinc (2 publications) ;
- métaux : le cuivre ressort comme étant le métal le plus étudié (50 publications) par rapport aux autres métaux identifiés dans la revue systématique. Il est aussi le seul métal pour lequel tous les effets ciblés ont été étudiés ;
- produits pharmaceutiques : les substances identifiées par la revue systématique ne sont pas pertinentes car elles ne correspondent pas à celles retrouvées dans les eaux de surface. De plus, les études disponibles ne testent pas la toxicité de ces substances sur les récifs. Ce sont soit des études mécanistiques du fonctionnement des coraux, soit des études visant à identifier les intermédiaires physiologiques qui permettraient d'optimiser les conditions d'aquaculture des coraux en agissant sur des paramètres tels que la reproduction ou l'implantation ;
- microplastiques : les caractéristiques des polymères étudiés et les méthodologies d'évaluation des effets toxiques varient entre les auteurs.

Pour l'ensemble des substances, le GT a également constaté une variabilité importante des données obtenues (en fonction des effets étudiés, du nombre d'espèces, du stade de vie et du temps d'exposition). Cela rend difficile les comparaisons entre les substances pour un même effet étudié. Par ailleurs, des différences de sensibilité entre espèces de coraux pour une même substance peuvent être observées (c'est notamment le cas du diuron, du benzène et du cuivre). D'autre part, les études sont plutôt focalisées sur les substances mères⁴². Les études sur les produits de dégradation (parfois appelés métabolites) ou de biotransformation sont quasi inexistantes, à titre d'exemple une seule étude est disponible sur le chlorpyrifos oxon, produit de dégradation de la substance active chlorpyrifos.

Certaines incertitudes subsistent concernant les concentrations auxquelles les effets toxiques sont observés. Pour certains groupes de substances, notamment pour les filtres UV et les hydrocarbures, la plupart des études ne rapportent que des concentrations nominales. Pour les études disponibles sur les filtres UV, le GT constate que lorsque les concentrations d'exposition sont mesurées, il apparaît que ces substances disparaissent assez rapidement du milieu du fait de leur adsorption et/ou absorption probables, rendant délicate l'interprétation des résultats. Pour le groupe des hydrocarbures, le fait de ne pas suivre l'exposition réelle des coraux ne permet pas l'identification de seuils de toxicité robustes, notamment en raison des propriétés physico-chimiques intrinsèques de ces substances (faible solubilité dans l'eau, coefficients de partage octanol/eau (Kow) et carbone organique/eau (Koc) relativement élevés) et des différentes méthodes de préparation des substances susceptible de modifier leur biodisponibilité. En raison des questionnements concernant la stabilité des substances au cours des tests, de leurs transformations possibles et/ou de leur dissipation, les NOEC_{coraux} pourraient être surestimées.

Malgré certaines limites identifiées parmi l'ensemble des informations disponibles, le recrutement, la performance de la photosynthèse et la fertilisation semblent être des critères de réponses biologiques plus sensibles comparés à la densité des algues symbiotiques ou la mortalité. Pour les filtres UV, les pesticides et les hydrocarbures, les effets toxiques les plus importants sont observés chez les larves des coraux. En conséquence, la prise en compte de ce stade de vie est à encourager pour les prochaines études toxicologiques sur les coraux.

Sur l'ensemble des substances étudiées, le GT remarque que les PNEC_{marines}, malgré leurs limites, sont d'une manière générale plus protectrices que les NOEC_{coraux} (Figure 16). Ce constat souligne l'intérêt et le caractère protecteur de la démarche d'évaluation des risques suivis, basée sur des seuils de toxicité des coraux et/ou des valeurs écotoxicologiques de référence. Toutefois, cinq substances font figure d'exception : les benzophénones 1, 2 et 8, la cybutryne (Irgarol 1051) et le cuivre. Les NOEC_{coraux} retenues pour ces substances sont inférieures ou très proches de la PNEC_{marine} identifiée. Pour la benzophenone-1 et la cybutryne, l'effet retenu (recrutement) est respectivement 300 fois et 20 fois plus sensible que la NOEC retenue dans les dossiers d'enregistrement pour dériver la PNEC_{marine}. Le recrutement a été retenu comme la réponse biologique la plus sensible pour la benzophénone-8, mais il n'a pas été possible de faire de comparaison avec le jeu de données pour la dérivation de la PNEC_{marine}. Dans le cas de la benzophénone-2, la fluorescence de la chlorophylle des larves des coraux a été identifiée comme étant l'effet le plus sensible, mais comme précédemment, il n'a pas été possible de faire de comparaison avec le jeu de données pour la dérivation de la PNEC_{marine}. Cependant, il n'est pas possible d'exclure que pour ces deux substances, les effets

⁴² Substances actives entrant dans la composition des produits phytosanitaires et biocides ainsi que les substances parentes.

toxiques reportés pour les coraux soient plus importants que les effets sur les autres organismes utilisés pour dériver les $PNEC_{\text{marines}}$. Concernant le cuivre, l'effet retenu (fertilisation) est deux fois plus sensible que la NOEC retenue pour dériver la $PNEC_{\text{marine}}$.

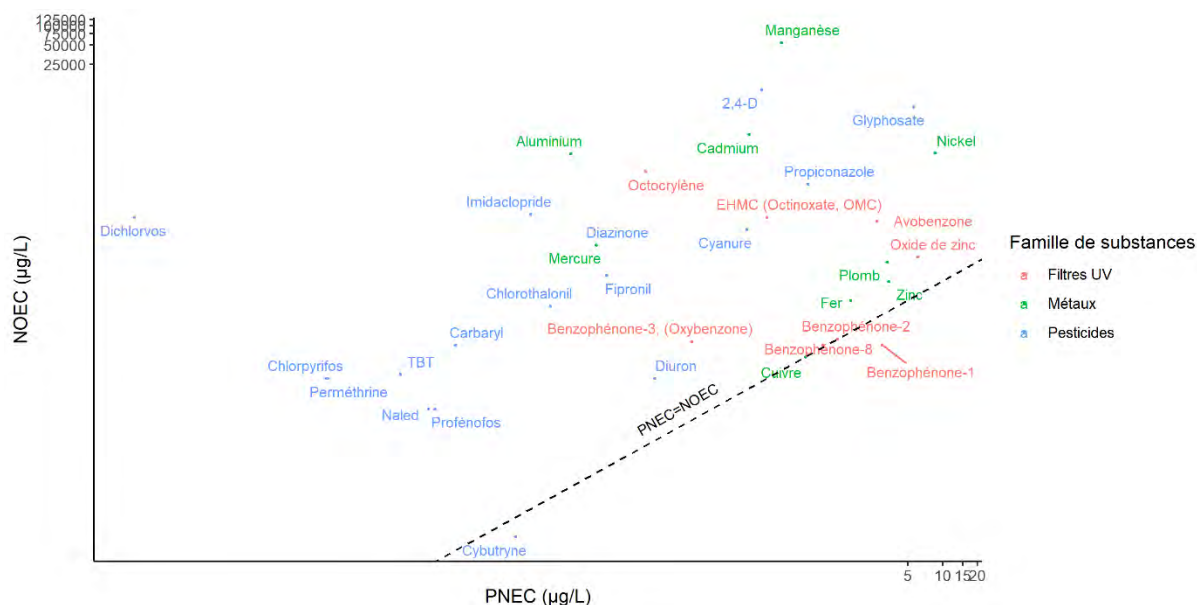
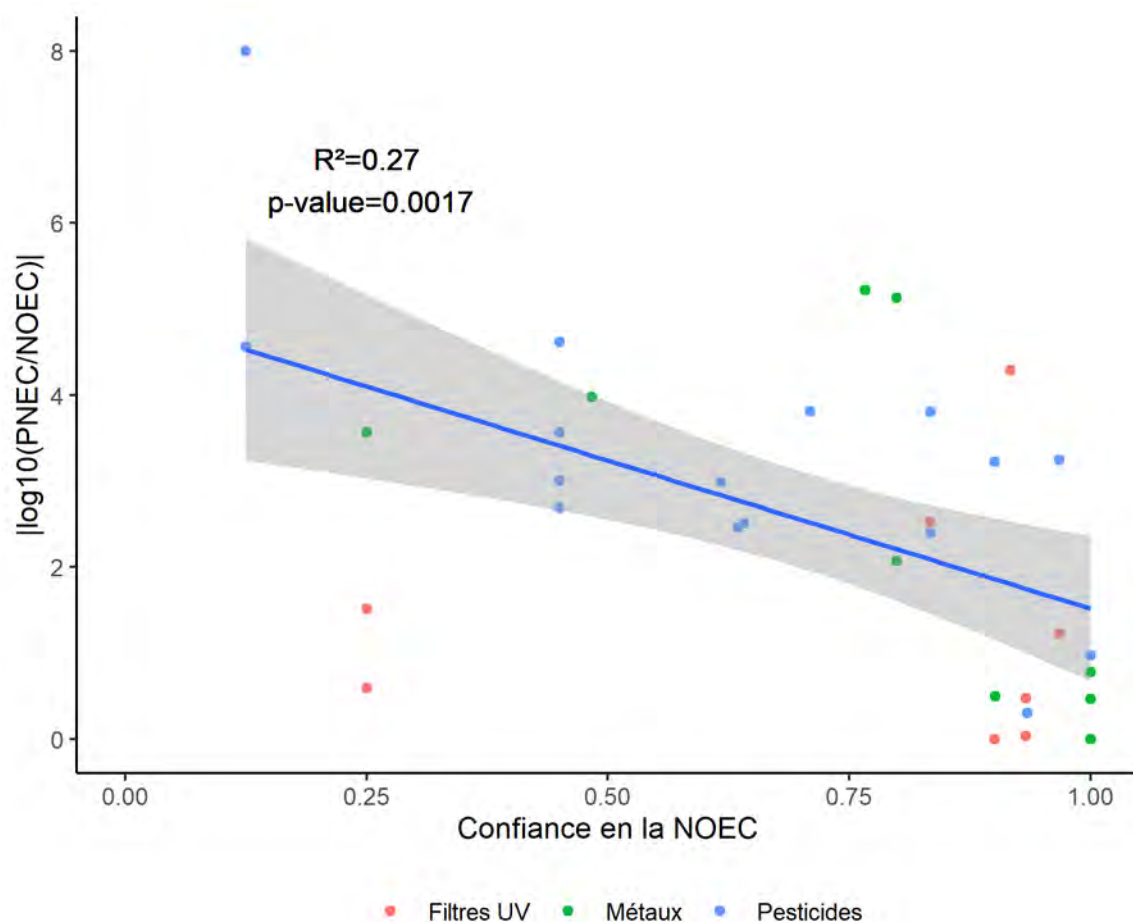


Figure 16 : Comparaison (en échelle logarithmique) des valeurs de $PNEC_{\text{marine}}$ et $NOEC_{\text{coraux}}$ pour les familles de substances pour lesquelles des seuils de toxicité ont pu être identifiés

Le caractère protecteur des $PNEC_{\text{marines}}$ constaté ici pourrait être expliqué par au moins deux hypothèses :

- la rareté des données sur les coraux ne permet d'extraire que des $NOEC_{\text{coraux}}$ de qualité moyenne, notamment à cause de l'utilisation de concentrations nominales dans les études publiées ;
- les facteurs de sécurité utilisés pour extrapoler des $PNEC_{\text{marines}}$ sont si élevés que les valeurs dérivées sont très protectrices.

Les données obtenues dans cette expertise semblent favoriser la première hypothèse. En effet, il existe une relation statistiquement significative entre l'écart entre la $PNEC_{\text{marine}}$ et la $NOEC_{\text{coraux}}$ et la confiance en la $NOEC_{\text{coraux}}$ (Figure 17). Cela semble indiquer que plus les données de danger sur les coraux sont abondantes et de qualité, plus la $NOEC_{\text{coraux}}$ se rapproche de la $PNEC_{\text{marine}}$. Ces résultats soulignent donc l'adéquation entre l'utilisation de la $PNEC_{\text{marine}}$ comme outil d'évaluation du risque et la question posée par la saisine.



La zone grisée représente l'intervalle de confiance à 95% autour de la régression linéaire (ligne bleue)

Figure 17 : Évolution de l'écart entre $\text{PNEC}_{\text{marine}}$ et $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ en fonction de la confiance dans la $\text{NOEC}_{\text{coraux}}$ obtenue à partir de la revue systématique de la littérature

5.8.2 Évaluation de l'exposition des récifs coralliens

Concernant l'information disponible sur la surveillance des substances identifiées par la revue systématique en milieu marin, le GT constate des différences marquantes entre les territoires concernés par la saisine. Un manque important d'informations est relevé pour Mayotte (aucune donnée en eaux marines) et Saint-Martin (très peu de données, nombre limité de substances suivies et un seul point de surveillance), ainsi qu'une absence d'informations pour les territoires de Saint Barthélemy, de la Nouvelle Calédonie, des Îles Éparses, de Wallis et Futuna et de la Polynésie Française. Pour ces territoires, il n'a donc pas été possible d'estimer quantitativement l'exposition, ainsi que le risque associé aux substances.

L'analyse de la confiance dans les données d'exposition utilisées permet notamment de prendre en compte les différences existantes entre les systèmes de surveillance des différents territoires. Le GT constate ainsi sur la Figure 18 que La Réunion et la Martinique sont les deux territoires avec les surveillances les mieux adaptées aux besoins de l'expertise tandis que Mayotte est un département défaillant de ce point de vue (pas de suivi en milieu marin). Par ailleurs, la quantité de données disponibles est supérieure en Martinique. Ces constats permettent notamment de mettre en perspective les risques potentiels identifiés pour les coraux dans les territoires où la surveillance est la plus adaptée aux besoins de cette expertise.

Puisque la Martinique et La Réunion disposent des données les plus adaptées à l'évaluation du risque menée (confiance et quantité de données plus élevées), il n'est donc pas surprenant que des risques puissent y être détectés plus fréquemment. *A contrario*, l'absence de risque identifié dans certains autres territoires pourrait être imputable à des systèmes de surveillance insuffisants.

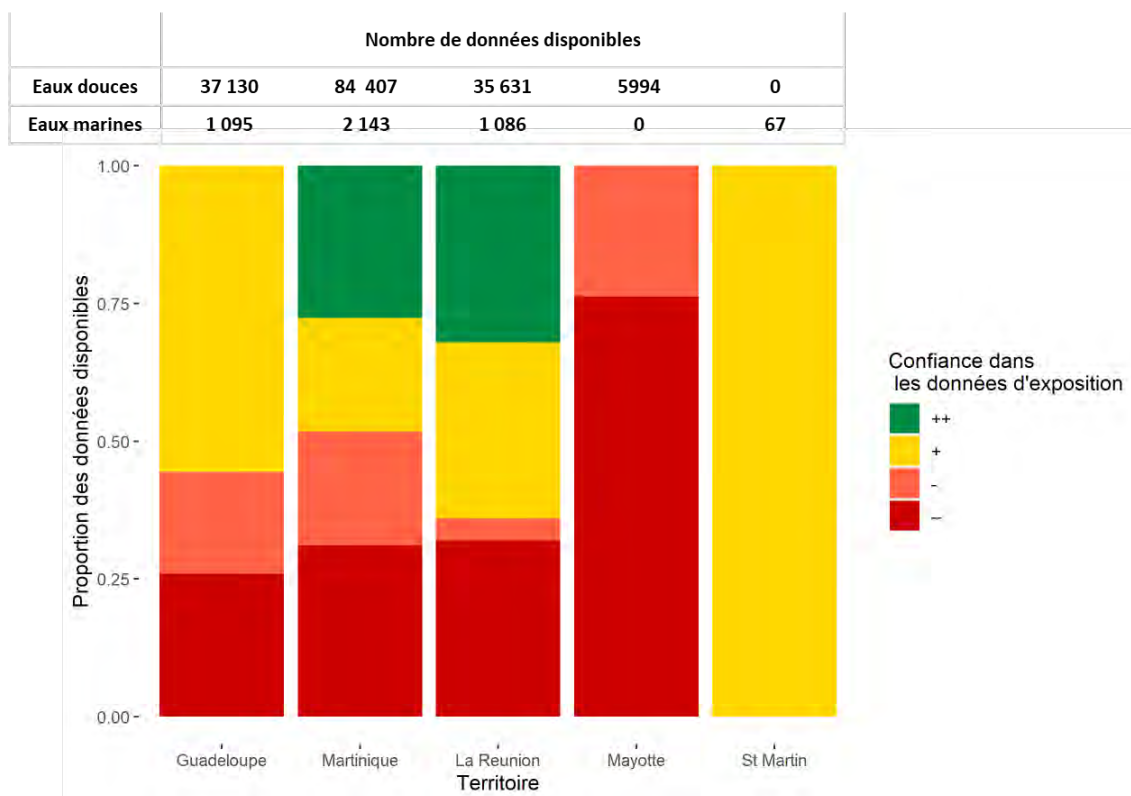


Figure 18 : Nombre de données disponibles par territoire et proportion des niveaux de confiance associés aux données disponibles pour le calcul de l'exposition des récifs par territoire

Les données collectées par les réseaux de surveillance en eaux marines (en termes de détection et de quantification des substances) fournissent un premier niveau d'information sur l'exposition des récifs coralliens aux substances chimiques identifiées par la revue systématique. Cependant, elles ne permettent pas, dans la majorité des cas, de quantifier avec précision les niveaux de contamination ou de calculer l'exposition réelle des organismes. Ceci est dû à divers facteurs, notamment l'hétérogénéité des données produites par des réseaux de suivi avec des méthodes analytiques différentes, une absence d'information sur la fraction analysée (brute ou dissoute) et pour certains territoires, un nombre de stations non représentatifs de l'ensemble du territoire et/ou des prélèvements pas assez fréquents. C'est en particulier le cas de St-Martin qui présente entre 2 et 5 données de suivi des contaminants sur la période étudiée (2018-2019). Cette fréquence est trop réduite pour permettre d'estimer l'exposition des coraux et a empêché l'utilisation de ces données pour mener l'évaluation des risques pour les récifs de St-Martin.

Concernant les substances pour lesquelles des données de surveillance ne sont disponibles que dans les eaux douces, l'estimation de l'exposition en milieu marin a été estimée en appliquant un facteur de dilution de 10. Ce facteur est celui utilisé pour la dérivation des PNEC_{marines} à partir des PNEC disponibles pour les organismes en eaux douce. En

conséquence, les concentrations ainsi dérivées doivent être interprétées avec beaucoup de précaution.

5.8.3 Évaluation des risques

Des évaluations de risques ont pu être réalisées pour la plupart des substances identifiées dans les groupes pesticides, métaux et hydrocarbures pour les territoires pour lesquels l'information sur l'exposition était disponible ; il s'agit en particulier de la Martinique, la Guadeloupe, Mayotte et La Réunion.

- **Filtres UV**

En raison de l'absence d'information disponible sur l'exposition du milieu marin des territoires français d'Outre-mer, des évaluations de risques sur ces territoires ne sont pas réalisables. Cependant, la recherche bibliographique a révélé la présence de concentrations très élevées dans le milieu marin au niveau international, avec parfois une très forte variabilité pour certaines substances.

En comparant ces valeurs avec les PNEC_{marines}, et malgré les incertitudes décrites ci-dessus, des risques pour les organismes marins sont identifiés pour l'oxybenzone (BP-3), l'enzacamène (4-MBC), l'octinoxate (EHMC), l'octocrylène (OC) et le salicylate de 2-éthylhexyle.

Les substances identifiées comme à risque pour ce groupe sont déjà connues pour des suspicions de perturbateurs endocriniens et/ou PBT et sont prises en charge réglementairement. En effet, ces substances font l'objet d'évaluations au niveau européen par des États membres dans le cadre du règlement REACH afin de vérifier des possibles propriétés PE et PBT. Si au moins une des deux propriétés venait à être confirmée, des mesures de gestion des risques comme des restrictions et des autorisations pour certains usages pourraient être mises en place : celles-ci seront applicables aux territoires d'Outre-mer où le droit communautaire s'applique, notamment pour les Régions ultra périphériques (regroupant la Guadeloupe, La Réunion, Mayotte, la Martinique et Saint-Martin).

Concernant le marché des crèmes solaires, il a été observé, en France comme à l'international, le déploiement de nombreux logos et allégations vantant la protection ou le respect de l'océan, voire des coraux (60 millions de consommateurs, 2021 ; Que Choisir, 2021 ; Slijkerman et Keur, 2018). Bien que ne portant pas sur l'évaluation de ces allégations, le GT se questionne sur leur origine au regard des résultats de l'analyse de la littérature qui montrent un manque de données spécifiques sur la toxicité des substances étudiées sur les coraux. Dans cette expertise, le GT conclut à un risque associé à la présence d'un certain nombre de filtres UV pour la vie marine et les récifs coralliens et ne sont pas en mesure de conclure quant aux risques associés pour certains autres filtres UV pour l'environnement. Le règlement (UE) n°655/2013 établit les critères devant être respectés pour l'utilisation d'allégations sur les produits cosmétiques, parmi lesquels la disponibilité « d'éléments probants » et la « sincérité » de ces allégations. Par ailleurs, l'Article L121-2 du Code de la Consommation prévoit qu'une allégation commerciale soit considérée comme trompeuse si celle-ci est de nature à « induire en erreur [sur] son impact environnemental ». A la lumière des analyses menées par le GT et suite aux auditions réalisées auprès des différentes parties prenantes, le GT s'interroge sur l'innocuité de l'ensemble des filtres UV mis sur le marché à

l'égard des coraux ou de l'environnement marin, y compris pour les produits présentant ces logos et allégations.

Par ailleurs, la récente ouverture de l'écolabel européen aux produits cosmétiques non-rincés (parfums, crèmes, huiles, lotions, etc.) (cf. décision (UE) n°2021/1870 de la Commission du 22 octobre 2021) établit des exigences qui permettraient de qualifier un produit solaire pour l'obtention de ce label et de limiter leur toxicité environnementale. Dans sa forme actuelle, et au vu des éléments recueillis au cours des auditions conduites, l'expertise menée n'a pas permis d'identifier de données qui viendrait en soutien à l'obtention de ce label pour un produit solaire sur le marché.

Un certain nombre de controverses existent et opposent les partisans des filtres organiques et minéraux, les seconds étant généralement perçus comme plus respectueux de l'environnement. C'est ainsi, par exemple, que certains comtés d'Hawaï ont interdit l'ensemble des filtres organiques dans les crèmes solaires en préconisant l'utilisation de produits à base de filtres minéraux⁴³. Les filtres minéraux (dioxyde de titane, oxyde de zinc) peuvent être inclus dans ces produits sous forme nano ou non-nano. L'analyse du GT indique que l'oxyde de zinc, s'il venait à être recommandé comme alternative aux autres filtres solaires, pourrait atteindre des concentrations dans le milieu marin qui menaceraient les organismes aquatiques dont les récifs coralliens. Enfin, les incertitudes qui demeurent concernant l'impact des formes nano sur la santé humaine et l'environnement devraient encourager à limiter leur utilisation tant que des preuves de leur innocuité ne sont pas disponibles.

- **Pesticides**

Des risques pour les organismes aquatiques, incluant les récifs coralliens, ont été identifiés avec un niveau de confiance moyen pour le chlorpyrifos en Martinique. Le chlorpyrifos, est une substance active déjà réglementée. Elle est sujette à des interdictions au niveau Européen par ses usages phytosanitaires. Ces mesures réglementaires, applicables aux Régions ultra périphériques permettront de diminuer à l'avenir les émissions et par conséquent les concentrations de chlorpyrifos dans l'environnement. L'interdiction pourra s'étendre au niveau international si la substance est officiellement inscrite dans l'annexe A de la convention de Stockholm relative aux POP.

Des risques pour les organismes aquatiques, incluant les récifs coralliens, ont été identifiés avec un niveau de confiance très faible pour le chlordécone en Martinique et en Guadeloupe. Le niveau de confiance attribué à la conclusion sur le risque est faible principalement pour cause d'information limitée relative aux dangers pour les coraux. Cependant, le risque identifié pour les organismes marins peut être potentiellement élargi aux coraux. Malgré l'interdiction d'usages aux Antilles et au niveau international dans la cadre de la convention de Stockholm, leur présence dans l'environnement est due à sa forte persistance, dans le continuum sol-milieu marin.

Des risques potentiels pour les organismes marins (groupe orange) pour certains territoires ont été identifiés pour les substances suivantes : carbaryl, chlordécone, chlorpyrifos, cyanures (sodium et potassium), dichlorvos, monuron, naled, perméthrine, profénofos, et tributyl étain (TBT). À l'exception de la perméthrine qui présente des usages biocides et en médecine humaine autorisés, les autres substances sont interdites pour leurs usages phytosanitaires au

⁴³ <https://www.mauicounty.gov/2483/Mineral-Only-Sunscreen-Maui-County>

niveau européen et international (chlordécone et TBT), Régions ultra périphériques comprises. Le GT constate que la présence de ces molécules dans les eaux marines des territoires identifiés reste incertaine. En conséquence, le risque pour les organismes marins ne peut pas être écarté.

Pour les substances qui sont autorisées pour leurs usages phytosanitaires (glyphosate, imidaclopride, propiconazole et 2,4-D), l'existence de risques pour les organismes marins n'a pas été confirmée. Cependant, pour le 2,4-D, le niveau de confiance est faible en raison de l'information limitée sur le danger potentiel pour les coraux (une seule étude disponible) et des données d'exposition uniquement en eaux douces. Cette substance est un herbicide très utilisé dans la culture de la canne à sucre. Leur présence en eaux marines en Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte n'est pas exclue et reste à confirmer.

Des évaluations de risques n'ont pas pu être réalisées pour plusieurs substances identifiées par la revue systématique à Mayotte et ce, même en eau douce. Pour les autres territoires concernés par la saisine, Saint-Barthélemy, Nouvelle Calédonie, Wallis et Futuna, Iles Éparses et Polynésie Française, aucune donnée de présence/concentration de ces substances n'a pu être collectée.

- **Métaux**

Des risques pour les organismes aquatiques, y compris pour les coraux, ont été identifiés avec un niveau de confiance élevé :

- en Guadeloupe : manganèse, aluminium ;
- en Martinique : zinc, manganèse, fer, aluminium ;
- à La Réunion : aluminium, fer, manganèse, zinc ;
- à Mayotte : fer.

L'interprétation de ces résultats doit être contextualisée. En effet, les concentrations relevées dans les eaux marines peuvent être liées aux fonds géochimiques, c'est-à-dire à la concentration naturelle de ces éléments dans les eaux marines (ou concentrations de référence), ou à une pollution exogène en lien avec les activités anthropiques. Afin d'investiguer l'origine des risques identifiés pour les éléments métalliques cités ci-dessus, des données caractérisant les fonds géochimiques ont été collectées.

En Martinique, des concentrations de référence de fonds géochimiques déterminées à partir des valeurs en eaux douces ont été identifiées pour le zinc, le manganèse, le fer et l'aluminium (BRGM, 2017). Celles-ci ont été comparées aux données d'exposition collectées pour les eaux douces. Il ressort que :

- dans les eaux douces, les concentrations en aluminium, manganèse et zinc sont supérieures aux valeurs de référence des fonds géochimiques ;
- les risques identifiés principalement pour l'aluminium, le manganèse et le zinc pourraient être liés à une contamination du milieu par des activités anthropiques. Les auditions ont révélé que les éventuelles sources ne sont pas formellement identifiées. Les sources potentielles pourraient notamment être générées par le ruissellement des eaux de pluie sur les toitures pour le zinc, des rejets industriels non identifiés, l'agriculture ou encore des rejets de stations d'épuration insuffisamment épurés.

Pour les autres territoires, il n'existe pas de concentrations de référence de fonds géochimiques. En conséquence, il n'est pas possible de déterminer si les concentrations relevées sont aussi d'origine anthropique et si le risque identifié peut être résolu par la mise en place d'actions limitant les émissions anthropiques.

Enfin, des risques potentiels pour les coraux ne peuvent être écartés dans la majorité des territoires, pour l'argent faute de NOEC_{coraux} et de données d'exposition fiable, et pour le cobalt en l'absence de NOEC_{coraux}.

À l'inverse, une absence de risque a été identifiée avec un niveau de confiance élevée pour le plomb, le nickel, le cuivre et le cadmium dans les 4 territoires.

- **Hydrocarbures**

Aucun risque pour les organismes marins y compris les coraux n'a pu être identifié avec un niveau de confiance élevé pour le 1-méthyl-naphtalène pour les territoires pour lesquels des données de surveillance dans l'eau sont disponibles en Guadeloupe et La Réunion.

Pour les autres hydrocarbures, bien que l'évaluation des risques ait été conduite sur la base de concentrations mesurées dans l'eau marine et que les RCR basés sur une comparaison aux PNEC_{marines} soient inférieurs à 1, les risques pour les espèces coralliennes ne peuvent pas être écartés en raison d'une absence de données spécifiques de danger pour les espèces coralliennes. À noter que l'évaluation des risques a été conduite sur la base des données disponibles dans l'eau marine. Considérant leur caractère hydrophobe, ces substances peuvent facilement s'accumuler dans les sédiments marins et atteindre des teneurs plus élevées que celles présentes dans la colonne d'eau. Le compartiment sédiment n'a pas été inclus pour estimer l'exposition des substances aux récifs coralliens dans le cadre de cette expertise. Cependant, son importance en tant que matrice environnementale ne doit pas être écarté et ce compartiment devrait être inclus dans de futures études sur l'exposition des récifs coralliens aux hydrocarbures ou toute autre substance d'intérêt.

Des études sur des mélanges d'hydrocarbures ont été identifiées par la revue systématique, mais ces informations n'ont pas pu être évaluées à cause d'une insuffisance de données d'exposition et d'une incompatibilité avec la méthodologie proposée dans le cadre de l'expertise. Cependant, le GT souligne que les dispersants constituent une classe de polluants très pertinente à examiner pour d'éventuels risques sur les coraux. Le GT n'exclut pas un risque pour les organismes marins, y compris des espèces coralliennes.

Des cadres réglementaires visant à réduire les émissions des certains hydrocarbures dans l'environnement par des activités terrestres existent au niveau Européen (Régions ultra périphériques comprises). En lien avec les activités maritimes relatives à la pollution des hydrocarbures par les navires, des accords internationaux pour lutter contre la pollution présentent un cadre intéressant pour légitimer l'action nationale et pour inciter à mettre en place une surveillance des polluants présents dans le milieu marin surtout pour les territoires que ne disposent pas d'aucun système de surveillance.

- **Produits pharmaceutiques**

Les substances pharmaceutiques identifiées par la revue systématique et les études correspondantes suggèrent que la recherche scientifique sur les impacts des substances

pharmaceutiques sur les récifs coralliens est très lacunaire, voire inexistante. Les substances identifiées ne correspondent pas aux substances fréquemment détectées dans les eaux de surface et connues pour présenter des risques pour l'environnement et n'ont *a priori* pas fait l'objet d'études sur leur dangerosité vis-à-vis des coraux.

Devant l'impossibilité de dériver des seuils de toxicité coraux précis pour les substances pharmaceutiques identifiées par la revue systématique et le manque de données d'exposition, il n'a donc pas été possible de conduire une évaluation des risques pour ce groupe de substances.

- **Autres substances**

L'éthylparabène est la seule substance identifiée par la revue systématique pour laquelle des données d'exposition sont disponibles en Guadeloupe, Martinique et à La Réunion. En considérant la PNEC_{marine}, des risques pour les organismes marins n'ont pas été identifiés. Cependant, l'information disponible sur les coraux se résume à une seule étude où l'absence d'effet toxique n'a été montrée que pour une seule réponse biologique (performance de la photosynthèse), des risques pour les coraux ne peuvent être écartés.

L'éthylparabène fait l'objet au niveau européen d'une évaluation dans le cadre du règlement REACH afin de vérifier de possibles propriétés de perturbation endocrinienne. Si celles-ci venaient à être confirmées, des mesures de gestion des risques comme des restrictions et des autorisations pour certains usages pourraient être mises en place. Ces mesures seront applicables aux Régions ultra périphériques.

Le GT constate que la question de l'impact des nanoparticules sur les coraux est encore trop émergente. Il n'y a pas à ce jour de suffisamment de recul pour identifier des seuils de toxicité et mesurer les niveaux d'exposition des coraux. Le GT note néanmoins que des effets, notamment sur la fertilité, de certaines nanoparticules d'argent ont été démontrés sur les coraux.

D'autres composés comme les éthoxylates de nonylphénol n'ont été testés qu'en mélange, ce qui n'a pas permis de conduire une analyse des données suivant la méthodologie d'évaluation des risques mise en œuvre par le GT.

En conclusion, sur l'ensemble des substances de ce groupe, les données sont globalement trop parcellaires pour pouvoir conduire une évaluation du risque.

- **Microplastiques**

En raison de l'absence d'informations disponibles relatives à l'exposition du milieu marin aux microplastiques des territoires français d'Outre-mer, et des données limitées sur leur dangerosité vis-à-vis des coraux, l'évaluation des risques n'a pas pu être conduite avec les polymères identifiés par la revue systématique.

Les experts constatent que l'émergence des recherches sur les microplastiques et leur danger potentiel pour les espèces coralliennes, entraînent une hétérogénéité des méthodes. Les recherches ne permettent pas de comparer les résultats pour un même polymère et de mesurer leur présence dans le milieu aquatique. Cependant, il est important de noter que des

effets néfastes sur la fertilisation, la densité des algues symbiotiques et de la mortalité sont observés chez les coraux pour les microplastiques à base de polyéthylène.

En raison de craintes pour l'environnement et la santé humaine, des actions visant à diminuer la pollution en matière plastique et microplastiques ont été adoptées ces dernières années. Les États membres de l'Union européenne ont adopté ou proposé des interdictions nationales relatives à l'utilisation intentionnelle de microplastiques notamment dans les produits cosmétiques (Décret n°2017-291 du 6 mars 2017). L'Union Européenne avec l'adoption de la Directive (UE) n°2019/904 vise à diminuer la pollution plastique en réduisant l'utilisation des produits en plastique les plus fréquemment jetés. Une restriction de grande ampleur proposée par l'ECHA pour les microplastiques ajoutés dans les produits mis sur le marché de l'UE/EEE est en cours d'approbation (ECHA, 2019). La proposition devrait permettre d'éviter le rejet de 500 000 tonnes de microplastiques sur une période de 20 ans.

6 Conclusions et recommandations

6.1 Conclusions

L'OFB et l'Anses ont été saisis afin d'évaluer l'impact des substances chimiques pour les récifs coralliens. L'objectif principal de la demande était de formuler des recommandations techniques et/ou réglementaires pour la gestion des substances pouvant exercer un impact négatif sur les récifs coralliens de l'Outre-mer.

Afin de répondre à cet objectif, la saisine a été développée en trois volets successifs : la première étape a consisté en l'identification de substances chimiques pouvant exercer des effets néfastes sur les récifs coralliens à partir d'une revue systématique de la littérature scientifique réalisée par l'UMS Patrinat. La deuxième étape a consisté à caractériser l'exposition des récifs coralliens de l'Outre-mer aux substances chimiques identifiées au cours de la première étape. Enfin, la troisième étape a consisté à identifier les substances préoccupantes pour les récifs coralliens, au moyen d'une évaluation des risques exploitant les résultats des deux premières étapes.

- Identification des substances toxiques pour les récifs coralliens *via* la revue systématique de la littérature

Le revue systématique relative aux impacts des substances chimiques sur les coraux constructeurs de récifs, réalisée par l'UMS Patrinat, a pris en compte les expositions de toutes les substances chimiques naturelles, biogéniques et synthétiques d'origine anthropogénique, susceptibles d'impacter les coraux tropicaux constructeurs de récifs. Elle a pris en compte tous les stades de développement des coraux et les organismes associés incluant les algues symbiotiques "in hospite" et le microbiome.

La revue systématique a été construite sur la base de la méthodologie établie par l'association internationale Collaboration for Environmental Evidence (CEE).

Afin de permettre une analyse des relations doses-effets, la revue systématique s'est focalisée sur les études expérimentales, en prenant en compte les conditions d'essai pour l'analyse des réponses biologiques pertinentes. Les réponses biologiques suivantes ont été retenues pour caractériser la toxicité de ces substances sur les coraux : mortalité, croissance, efficacité photosynthétique, densité des zooxanthelles, blanchissement, recrutement (des larves) et fertilité.

L'analyse de ce corpus d'études a permis d'identifier des substances chimiques exerçant des effets toxiques sur des espèces coralliennes. En considérant les critères décrits ci-dessus, 186 publications portant sur 112 substances chimiques (sans inclure les mélanges et les nutriments) ont été retenus.

Des études relatives à certains mélanges (crèmes solaires, mélanges antifoulings, mélange d'hydrocarbures, de métaux, *etc.*) ont été identifiées par la revue systématique, mais n'ont pas été examinées dans le cadre de cette expertise, la méthodologie d'évaluation des risques mise définie ne permet pas d'évaluer de tels mélanges.

Les études toxicologiques sur les coraux sont peu nombreuses et leur nombre varie en fonction des groupes de substances. Les groupes les plus étudiés sont les métaux (en particulier le cuivre) et les pesticides, puis les hydrocarbures et enfin les filtres UV (en

particulier les filtres organiques). L'information est parcellaire pour le groupe intitulé « autres substances », et très limitée pour les autres groupes comme les produits pharmaceutiques et les microplastiques. Pour les produits pharmaceutiques, les substances identifiées par la revue systématique ne sont pas pertinentes car elles ne correspondent pas à celles retrouvées dans les eaux de surface. De plus, les études disponibles ne testent pas la toxicité de ces substances sur les coraux.

Par ailleurs, les études sont essentiellement focalisées sur les substances mères. Les études sur les produits de dégradation ou de biotransformation sont quasi inexistantes (ex. une seule étude disponible sur le chlorpyrifos oxon, produit de dégradation de la substance active chlorpyrifos).

Ainsi, l'univers chimique qu'il a été possible d'étudier suite à la revue systématique (112 substances) est très restreint au regard du nombre très important de substances pouvant être dispersées dans l'environnement marin.

- Caractérisation du danger : identification des seuils de toxicité et des valeurs écotoxicologiques de référence

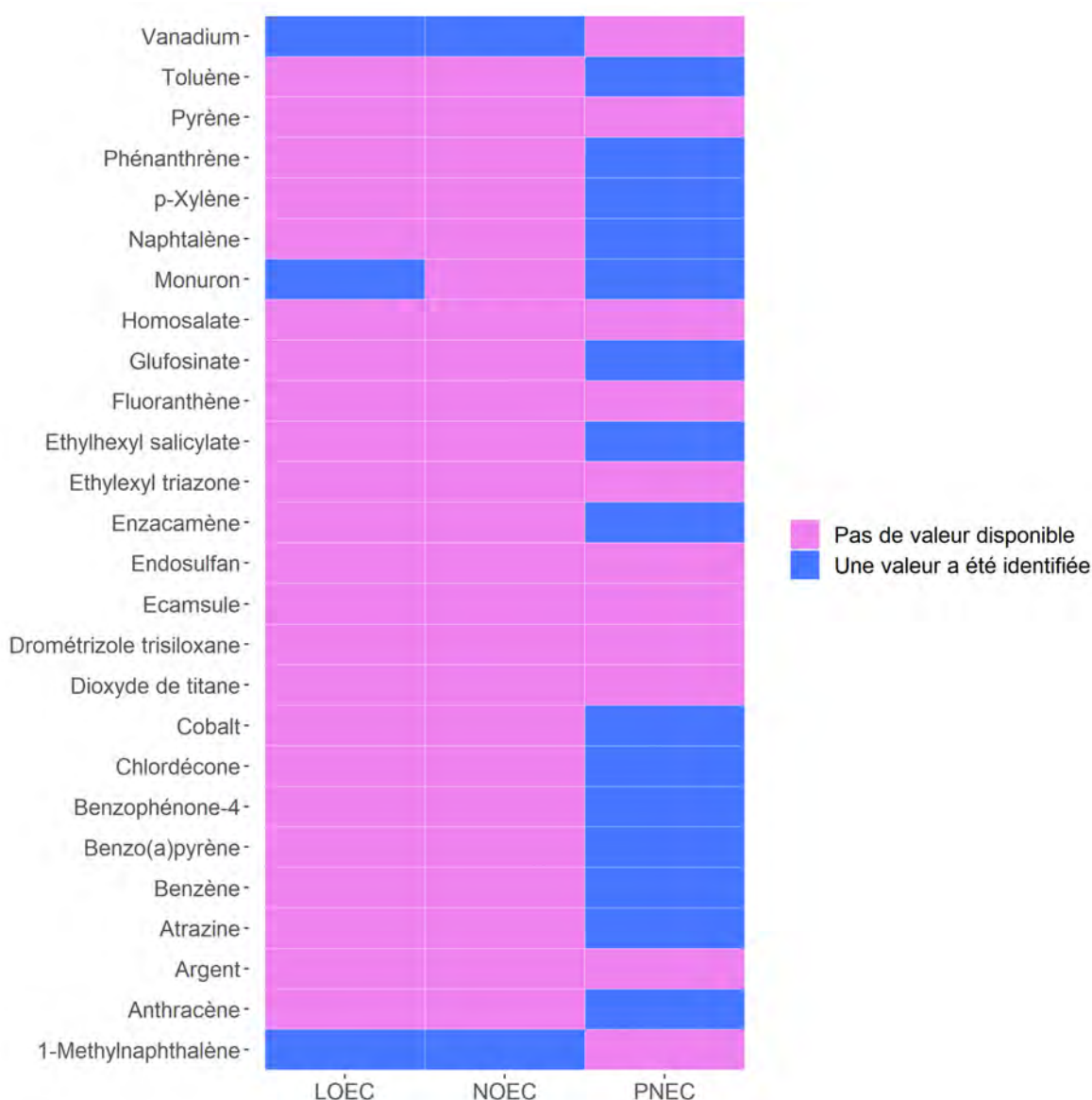
Une grande variabilité caractérise les données de danger récoltées sur les coraux (en fonction des effets étudiés, du nombre d'espèces, du stade de vie et du temps d'exposition) rendant difficile la comparaison de la dangerosité entre les substances au sein d'un même groupe (données plus ou moins fragmentaires en fonction des substances étudiées). Les données disponibles pour une substance donnée peuvent correspondre à une seule publication scientifique, étudiant un seul effet biologique à un seul stade de développement d'une unique espèce de corail, tout aussi bien qu'à 50 articles (comme pour le cuivre) investiguant différents effets biologiques et combinant différents stades de vie. Par ailleurs, des différences de sensibilité entre espèces de coraux pour une même substance peuvent être observées (ex. diuron, benzène, cuivre).

Certaines incertitudes subsistent concernant les concentrations auxquelles les effets toxiques sont observés. Pour certains groupes de substances, notamment pour les filtres UV et les hydrocarbures, la plupart des études ne rapportent que des concentrations nominales. En raison des questionnements concernant principalement la stabilité de ces substances au cours des tests, leurs transformations possibles et/ou leur dissipation, les NOEC_{coraux} pourraient être surestimées.

Malgré certaines limites identifiées parmi l'ensemble des informations disponibles, le recrutement, la performance de la photosynthèse et la fertilisation semblent être des réponses biologiques plus sensibles que la densité des algues symbiotiques ou encore la mortalité. Dans le cas des filtres UV, des pesticides et des hydrocarbures, les effets toxiques les plus importants sont observés chez les larves des coraux. En conséquence, la prise en compte de ce stade de vie est à encourager pour la réalisation des prochaines études toxicologiques pour ces substances sur les coraux.

L'analyse de l'information disponible a permis d'identifier des relations doses-effets pour certains effets biologiques d'un sous-ensemble de substances permettant ainsi la caractérisation des dangers de ces substances sur les coraux. Pour le reste des substances, les études disponibles n'ont pas permis d'identifier de seuils de toxicité sur les coraux (LOEC_{coraux} ou NOEC_{coraux}) (Les substances des groupes n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation des risques ne sont pas représentées).

Figure 19). Pour la plupart "d'entre elles", les dangers ont ainsi été caractérisés hors du corpus fourni par l'UMS PatriNat à partir des PNEC_{marines} existantes. Sur l'ensemble des substances étudiées, les experts remarquent que les PNEC_{marines}, malgré leurs limites, sont d'une manière générale plus protectrices que les NOEC_{coraux}. Toutefois, cinq substances, à savoir, la benzophénone-1, la benzophénone-2, la benzophénone-8, la cybutryne (Irgarol 1051) et le cuivre, font figure d'exception, les NOEC_{coraux} retenues pour ces substances étant inférieures ou très proches des PNEC_{marines} identifiées. Ce constat souligne l'intérêt et le caractère protecteur de la démarche d'évaluation des risques basée sur deux valeurs limites de danger (NOEC_{coraux} et PNEC_{marine})



Les substances des groupes n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation des risques ne sont pas représentées.

Figure 19 : Récapitulatif des substances pour lesquelles des données de danger sur les coraux n'ont pas pu être extrapolées ou identifiées dans l'expertise

- Évaluation de l'exposition des récifs coralliens de l'Outre-Mer aux substances chimiques précédemment identifiées

Des différences marquantes existent entre les territoires concernés par la saisine. Un manque important d'informations est relevé pour Mayotte (aucune donnée en eaux marines) et Saint-Martin (très peu de données, nombre limité de substances suivies et un seul point de surveillance), ainsi qu'une absence d'informations pour Saint Barthélemy, la Nouvelle Calédonie, les Iles Éparses, Wallis et Futuna et la Polynésie Française. Pour ces derniers territoires, il n'a donc pas été possible d'estimer quantitativement l'exposition et par conséquent, le risque associé aux substances.

Sur les 112 substances identifiées par la revue systématique, des données d'exposition n'ont été recueillies que pour 59 substances. Les données d'exposition étaient issues de la Guadeloupe, Saint-Martin, Mayotte ou La Réunion pour 46 substances et concernaient le milieu marin pour seulement 29 d'entre elles. Les expositions en milieu marin étaient documentées notamment pour les métaux, les hydrocarbures et certains pesticides. En ce qui concerne les substances identifiées dans les groupes filtres UV, microplastiques, produits pharmaceutiques et autres substances (à l'exception de l'éthylparabène), aucune donnée n'a été identifiée dans les territoires concernés par la saisine.

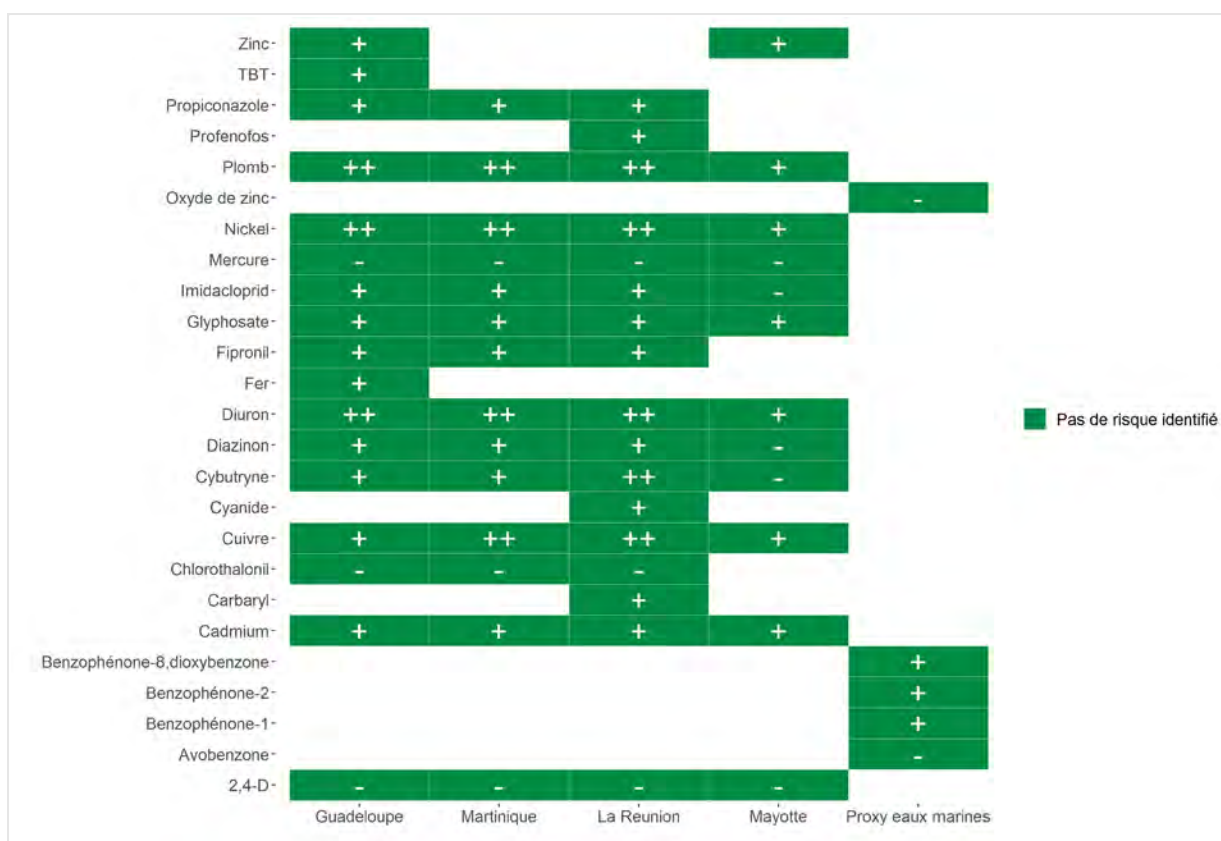
Au travers de la recherche de données d'exposition et des auditions, il est apparu que le système de surveillance des substances chimiques dans les eaux littorales est insuffisant, voire quasi-inexistant dans plusieurs territoires, au regard des enjeux de conservation des écosystèmes marins en général et des récifs coralliens en particulier.

Pour ce qui concerne les données d'exposition disponibles, il a été constaté une difficulté d'accès aux données ainsi qu'un délai parfois trop important entre l'acquisition et la bancarisation des données, limitant ainsi leur exploitation.

- Évaluation des risques des substances chimiques sur les récifs coralliens

La méthodologie d'évaluation des risques mise en œuvre a pu être conduite, uniquement pour les départements d'Outre-mer pour 53 substances sur les 112 identifiées par la revue systématique.

Cette expertise a permis de dresser un panorama des substances chimiques pour lesquelles aucun risque n'a été identifié (25 substances, cf. Figure 20) ou au contraire pour celles susceptibles de représenter un risque avéré ou potentiel pour les récifs coralliens (13 substances, cf. Figure 21).

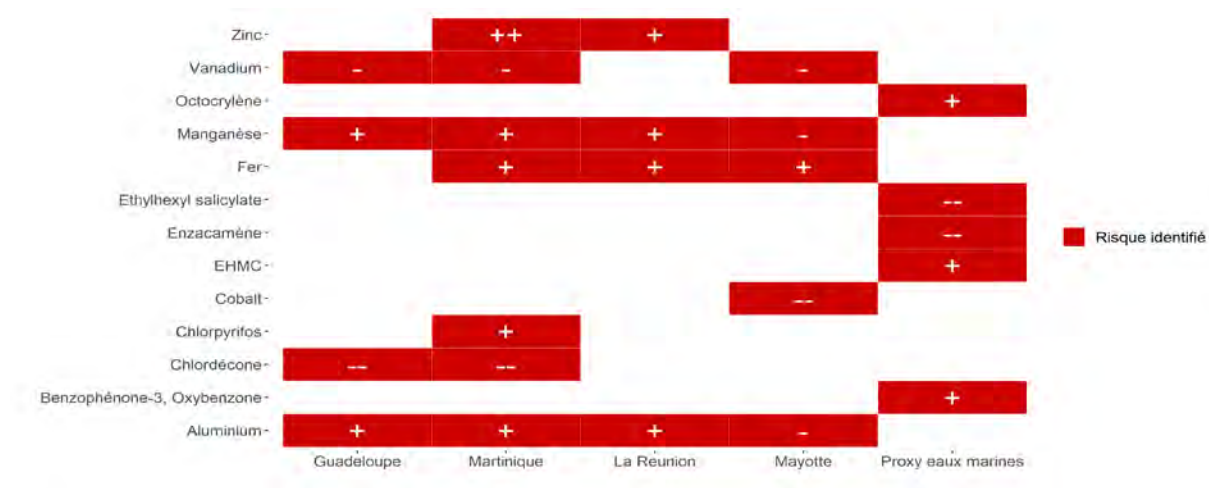


Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé

Proxy eaux marines indique que l'analyse a été faite sur des données mondiales pour les filtres UV.

Figure 20 : Récapitulatif des substances pour lesquelles le risque n'est pas identifié d'après l'expertise, en fonction des départements d'Outre-mer (DOM)

La Figure 20 présente une liste des substances identifiées dans l'expertise pour lesquelles le risque n'a pas été identifié pour les territoires d'Outre-mer qui disposent d'informations d'exposition. Dans le cas des filtres UV (benzophénone-8, benzophénone-2, benzophénone 1 et avobenzène), les données d'exposition ont été recueillies sur la base d'une recherche bibliographique dans les eaux marines internationales. Pour ces substances, en raison du manque d'informations spécifiques, il est délicat d'appliquer ces données d'exposition aux territoires d'Outre-mer.



Niveau de confiance dans les résultats de l'évaluation : -- : très faible, - : faible, + : moyen, ++ : élevé
 Proxy eaux marines indique que l'analyse a été faite sur des données mondiales pour les filtres UV.

Figure 21 : Récapitulatif des substances pour lesquelles un risque est identifié d'après l'expertise en fonction des DOM

L'expertise a permis d'identifier des risques pour les organismes aquatiques y compris les espèces coralliennes, pour les substances suivantes (Figure 21) :

- avec un niveau de confiance élevé ou moyen :
 - o en Guadeloupe : pour le manganèse, l'aluminium ;
 - o en Martinique : pour le zinc, le chlorpyrifos, le manganèse, l'aluminium, le fer ;
 - o à La Réunion : pour le zinc, le manganèse, l'aluminium, le fer ;
 - o à Mayotte : pour le fer ;
 - o dans les eaux marines internationales : pour l'octocrylène, l'octinoxate (EHMC) et le benzophénone 3 ;
- avec un niveau de confiance très faible :
 - o en Guadeloupe et en Martinique : pour le chlordécone ;
 - o à Mayotte : pour le cobalt ;
 - o dans les eaux marines internationales : pour l'enzacamène, le salicylate de 2-éthylhexyle.

Le chlorpyrifos et le chlordécone sont les deux seuls **pesticides** identifiés comme étant à risque pour les coraux. Les deux substances sont déjà interdites en Europe pour le chlorpyrifos dans le cadre des règlements phytosanitaires et/ou biocides et au niveau international pour le chlordécone dans le cadre de la convention de Stockholm sur les POP. Le chlorpyrifos est actuellement une substance candidate pour rejoindre la liste des substances interdites dans le cadre de cette convention permettant alors de restreindre encore plus les concentrations du chlorpyrifos dans l'environnement.

Pour les **métaux**, des concentrations de référence des fonds géochimiques déterminées à partir des valeurs en eaux douces sont disponibles et dépassées pour le zinc, le manganèse et l'aluminium. Les risques identifiés pour les organismes aquatiques (y compris les récifs coralliens) en Martinique concernant l'aluminium, le manganèse et le zinc pourraient être liés à une contamination du milieu par des activités anthropiques. Néanmoins, l'information

disponible ne permet pas d'identifier avec certitude les sources précises de contamination du milieu marin. Pour les autres territoires, en l'absence de concentrations de référence des fonds géochimiques disponibles, il n'est pas possible de déterminer si les concentrations relevées sont issues d'un apport d'origine anthropique.

En ce qui concerne les **filtres UV**, aucune substance de cette famille n'est intégrée dans les suivis ou programmes de surveillance des substances chimiques des eaux du littoral, lorsque ces derniers existent. Ce manque d'information empêche de quantifier leur présence dans le milieu et de conduire une évaluation des risques spécifiques pour chacun des territoires français des Outre-mer. Cependant, la recherche de données d'exposition au niveau international a permis d'identifier, parmi la liste des substances issues de la revue systématique, des substances dont les concentrations dans l'environnement peuvent présenter un risque pour les organismes marins, à savoir l'oxybenzone (ou benzophénone 3), l'enzacamène, l'octinoxate (EHMC), l'octocrylène et le salicylate de 2-éthylhexyle. Au niveau européen, ces substances font actuellement l'objet d'évaluations approfondies par les États membres afin de clarifier leurs propriétés de perturbation endocrinienne et/ou leur caractère PBT.

Concernant le groupe des **produits pharmaceutiques**, aucune des substances identifiées par la revue systématique ne correspond à des substances fréquemment retrouvées dans les eaux de surface et préoccupantes pour l'environnement. Les études se sont focalisées sur des neurotransmetteurs et autres intermédiaires physiologiques dans le cadre des recherches fondamentales sur la croissance des coraux. Devant l'impossibilité de dériver des seuils de toxicité coraux précis pour les substances identifiées par la revue systématique et le manque de données d'exposition, il n'a donc pas été possible de conduire une évaluation des risques pour ce groupe de substances. Ainsi, une évaluation des risques pour les récifs coralliens des territoires d'Outre-mer serait à conduire pour des substances pharmaceutiques pertinentes

Le GT constate que les recherches sur les **microplastiques** et leur danger potentiel pour les espèces coralliennes sont encore émergentes. Des évaluations des risques pour chacun des territoires d'Outre-mer n'ont pas pu être conduites à cause d'information restreinte sur leur toxicité pour les coraux et d'un manque de données d'exposition. En raison de craintes pour l'environnement et la santé humaine, des mesures visant à diminuer la pollution en matières plastiques et microplastiques ont été adoptées ces dernières années. De plus, une restriction de grande ampleur proposée par l'ECHA pour les microplastiques ajoutés intentionnellement dans les produits mis sur le marché de l'UE/EEE est en cours d'approbation (ECHA, 2019).

L'expertise pour les groupes de substances pour lesquels une évaluation a pu être conduite, aboutit aux conclusions suivantes :

- pour les filtres UV, des risques pour l'environnement marin ont été identifiés pour 5 filtres UV sur 11, soit 45% de ces substances ;
- pour les pesticides, des risques pour l'environnement marin ont été identifiés pour 2 pesticides sur 21 (pour la Guadeloupe et la Martinique, territoires pour lesquels les données d'exposition sont les plus conséquentes) et un risque ne peut pas être écarté⁴⁴ pour 8 d'entre eux, soit pour 47% de ces pesticides ;
- pour les métaux, des risques pour l'environnement marin, y compris pour les coraux ont été identifiés pour 6 métaux sur 12, soit pour 50% de ces métaux.

⁴⁴ Correspond aux substances du groupe orange (RCR>1 - Risque ne pouvant être écarté, besoin des informations sur l'exposition)

Sur cette base et malgré des données fragmentaires, l'expertise conclut que près de 50% des quelques 53 substances évaluées appartenant aux groupes des filtres UV, pesticides et métaux peuvent entraîner des risques pour les coraux.

Pour toutes les substances identifiées par la revue systématique qui n'ont pas pu faire l'objet d'évaluations des risques à cause d'informations manquantes sur les dangers ou les expositions, des risques pour les organismes marins y compris pour les espèces coralliennes ne peuvent pas être écartés. Ces risques ne peuvent pas non plus être écartés pour les territoires d'Outre-mer (Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna, Les Iles Éparses, Nouvelle Calédonie et Polynésie Française) pour lesquels les données d'exposition manquent.

6.2 Réflexions générales

Les auditions rapportent que les menaces liées à la conservation des récifs coralliens sont perçues comme étant multifactorielles. Les problématiques liées à la présence de substances chimiques spécifiques ne sont pas perçues comme prioritaires par les acteurs locaux audités.

Il faut noter que plusieurs groupes de substances identifiés par la revue systématique comme étant toxiques sur les coraux, peuvent provenir d'un système d'assainissement des eaux inexistant ou inapproprié (ex : microplastiques, nanoparticules, nutriments, produits pharmaceutiques, détergents et autres) ou du lessivage des sols (ex : nutriments, pesticides, hydrocarbures, métaux, etc.). Ces deux problématiques (assainissement et lessivage) sont ressorties comme des enjeux majeurs pour l'ensemble des territoires où des auditions ont pu être menées. De plus, même si le groupe nutriments n'a pas pu être pris en compte dans le cadre de cette expertise, il est important de souligner que l'apport des nutriments dans le milieu marin ressort comme l'une des problématiques majeures pour la conservation des récifs coralliens d'après les auditions menées dans le cadre de l'expertise.

Un moyen efficace de lutter contre les risques liés aux substances chimiques et de contribution au maintien des écosystèmes aquatiques marins consisterait à réglementer les substances depuis la source des émissions, en limitant leurs usages présentant un risque pour l'environnement. Des outils de gestion, comme à la mise en place d'autorisations, de restrictions d'usages dans le cadre du règlement REACH ou d'interdictions dans le cadre de la réglementation des produits phytopharmaceutiques et des substances biocides, pourraient contribuer à une réduction progressive de leur rejet dans les milieux aquatiques marins.

Les auditions effectuées dans le cadre de cette expertise ont aussi mis en évidence les spécificités de chaque territoire lié à leurs statuts territoriaux en dehors de leur situation géographique. Dans les PTOM, l'État n'a pas de compétence directe sur la gestion des récifs coralliens, et ne peut établir que des recommandations : le rôle des instances locales de gouvernance est alors fondamental dans la prise de décision. Ainsi, les évaluations européennes établissent des propriétés de danger pour l'environnement (perturbateurs endocriniens et/ ou PBT), des mesures de gestion liées à la réglementation européenne ne pourront être directement applicables qu'aux Territoires ultra périphériques où s'exerce le droit communautaire. Sans attendre des décisions réglementaires, certains territoires ont déjà pris des mesures visant à empêcher l'utilisation des crèmes solaires à base de filtres UV organiques par des actions de sensibilisation du grand public et/ou des conventions de mécénat avec le secteur privé (telles que la Convention Reserve Naturelle Saint Martin et Alphanova).

6.3 Recommandations

Suite au travail mené dans la cadre de cette expertise, les experts formulent plusieurs recommandations.

Recommandations relatives à l'évaluation du danger

Les experts recommandent de :

- intégrer l'étude de la toxicité sur les coraux dans l'évaluation de danger des substances chimiques relatives aux différents règlements (REACH, produits cosmétiques, biocides, produits phytosanitaires, pharmaceutiques, etc.) ;
- réaliser des études toxicologiques sur différentes espèces de coraux, en prenant en compte les stades larvaires en plus des stades adultes, en suivant l'hôte et les symbiotes, afin d'avoir une estimation exhaustive de la toxicité des substances chimiques ;
- inclure dans les études toxicologiques, la mesure de l'exposition à la substance testée et à ses produits de dégradation/transformation au cours des tests ;
- standardiser les méthodes d'étude de toxicité sur les coraux afin de faciliter la comparaison des résultats et les études de danger ;
- promouvoir les études de sensibilité entre les espèces coralliennes afin de sélectionner les scénarios à risque lors de l'évaluation de l'impact des substances chimiques sur les récifs coralliens ;
- inclure, dans les études toxicologiques, d'autres variables comme la température et le pH afin d'intégrer la problématique du changement climatique ;
- renforcer la recherche sur les effets toxiques pour les espèces coralliennes des groupes de substances pour lesquels l'information est encore lacunaire, comme les filtres UV, les formes nanoparticulaires et les microplastiques ;
- étudier les effets sur les coraux de substances pharmaceutiques déjà identifiées comme pertinentes dans les systèmes de surveillance. À cet effet, les experts préconisent de s'appuyer sur l'arrêté du 26 avril 2022 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du Code de l'environnement. Cet arrêté liste les substances pertinentes à surveiller et les polluants spécifiques de l'état écologique dans les eaux de surface continentales et les micropolluants du contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines. Cette liste n'est pas exhaustive, d'autres molécules d'intérêt pourraient être identifiées et venir compléter la liste de substances pertinentes à tester sur les coraux. Certains offices de l'eau tels que celui de la Guadeloupe ont par exemple, élaboré des listes de substances prioritaires spécifiques pouvant servir de support ;
- étudier les effets toxiques sur les espèces coralliennes des substances pour lesquelles le risque ne peut pas être écarté (groupe jaune) et plus largement sur les substances dispersées dans l'environnement ;
- mettre à jour la $PNEC_{\text{marine}}$ dans les dossiers d'enregistrement des substances qui présentent des $NOEC_{\text{coraux}}$ ou $LOEC_{\text{coraux}}$ inférieures ou proches de cette $PNEC_{\text{marine}}$ en intégrant les effets sur les coraux dans le calcul de la $PNEC_{\text{marine}}$.

Recommandations relatives à l'évaluation de l'exposition

Les experts recommandent de :

- assortir le financement public de projets d'acquisition de données à une obligation de bancarisation dans des délais raisonnables avec la mise en place un contrôle de cette bancarisation ;
- améliorer les délais de bancarisation des données de surveillance dans les bases du système d'information sur l'eau (Quadrige, Naïades) par les différents territoires en appui à l'utilisation et à la mise en commun des outils de partage de données ;
- caractériser les fonds géochimiques pour les métaux afin de pouvoir préciser l'origine des risques identifiés notamment en Guadeloupe, à Mayotte et à La Réunion ;
- confirmer les concentrations dans le milieu marin pour les territoires où des métaux ont été identifiés à risque ;
- anticiper la prise de décisions réglementaires par des accords ou chartes visant à empêcher ou limiter les effets consécutifs à l'utilisation des filtres UV dans les sites sensibles (à proximité des récifs coralliens) ;
- inclure les filtres UV, notamment ceux identifiés dans cette expertise, aux programmes de surveillance des eaux des territoires français d'Outre-mer afin d'en évaluer l'occurrence, la distribution et les niveaux relatifs d'exposition ;
- renforcer le niveau de surveillance des hydrocarbures et de leurs produits dérivés (dispersants) et évaluer la toxicité de ces substances sur les coraux ;
- développer, pour les substances pour lesquelles le risque ne peut pas être écarté (groupe orange), des méthodes d'analyse ou d'échantillonnage plus adaptées afin de permettre la quantification de ces substances dans le milieu ;
- soutenir les initiatives de sciences participatives qui peuvent également fournir des informations complémentaires aux réseaux de surveillance.

Les experts recommandent de mettre en place ou de renforcer les suivis des substances chimiques à proximité des récifs coralliens. Les systèmes de surveillance des substances chimiques sont insuffisants et les données disponibles sont difficilement accessibles, voire quasi-inexistantes, dans certains territoires. De plus, lors de campagnes d'évaluation de l'état des récifs, il serait souhaitable d'intégrer une évaluation de la pollution par des substances chimiques.

Recommandations relatives à l'évaluation des risques

Les experts recommandent de :

- établir une méthodologie d'évaluation des risques prenant en compte les effets cocktails des substances chimiques et leur relation potentielle avec les résultats des études observationnelles ;
- maintenir, et éventuellement renforcer ou mettre en place, une surveillance pour les substances identifiées comme à risque (groupe rouge) ;
- identifier les sources de contamination si les niveaux relevés pour les métaux dépassent les concentrations identifiées dans les fonds géochimiques afin de définir des mesures de réduction des émissions ;

Recommandations relatives aux mesures de gestion

Les experts recommandent de :

- interdire, en vertu de la réglementation existante, les allégations et logos, présents sur un certain nombre de produits solaires, vantant leur respect du milieu marin, en particulier si ces produits contiennent des substances identifiées dans cette expertise

comme présentant un risque ou pour lesquelles les risques ne peuvent pas être écartés, jusqu'à ce que des méthodes normées existent pour démontrer l'innocuité des filtres UV à l'égard des coraux. Cette interdiction pourrait reposer sur une réglementation plus explicite des allégations sur le modèle de celles qui figurent déjà dans les recommandations de la Commission Européenne du 22 septembre 2006 concernant les produits de protection solaire (interdiction de l'utilisation des termes d'écran total, etc.) ;

- renforcer la sensibilisation de la population aux mesures de prévention de l'exposition aux rayons UV et encourager à appliquer de bonnes pratiques permettant de se protéger du soleil en limitant l'utilisation de crèmes solaires (éviter les heures d'ensoleillement maximal, utiliser des vêtements protecteurs, se protéger à l'ombre). Ces mesures permettent, en effet, de protéger simultanément le milieu marin et la santé humaine ;
- améliorer l'implantation et le fonctionnement des réseaux d'assainissement des eaux usées. Ceci constitue un des premiers leviers d'action pour diminuer les apports de substances dangereuses dans les écosystèmes récifaux. Le rapport de l'IFRECOR de 2020 a également mis en avant cette action et recommande notamment « *une maîtrise du traitement des eaux usées et des eaux pluviales qui passe par la mise en place de stations d'épuration, l'amélioration de l'efficacité des traitements, la généralisation des réseaux collectifs, la disparition des rejets en mer des eaux usées non ou mal traitées et la gestion des eaux pluviales chargées de boues, issues des bassins-versants* ». Le GT constate, en effet un décalage entre les préoccupations locales liées au déficit d'assainissement et celles formulées dans la saisine.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail : 7 septembre 2022

Date de validation du rapport d'expertise collective par le comité d'experts spécialisé : 19 septembre 2022

7 Bibliographie

7.1 Publications

- **Articles scientifiques**

Allemand D, Tambutt EE, Girard JP, Jaubert J. (1998). Organic matrix synthesis in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*: role in biomineralization and potential target of the organotin tributyltin. *J Exp Biol*, vol. 201: p. 2001-2009.

Allison N, Cohen I, Finch AA, Erez J. (2011). Controls on Sr/Ca and Mg/Ca in scleractinian corals: The effects of Ca-ATPase and transcellular Ca channels on skeletal chemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 75(21): p. 6350-6360.

Amid C, Olstedt M, Gunnarsson JS, Le Lan H, Tran Thi Minh H, Van den Brink PJ, Hellström M, Tedengren M. (2018). Additive effects of the herbicide glyphosate and elevated temperature on the branched coral *Acropora formosa* in Nha Trang, Vietnam. *Environ Sci Pollut Res Int*, vol. 25(14): p. 13360-13372.

Bastidas C, Garca EM. (2004). Sublethal effects of mercury and its distribution in the coral *Porites astreoides*. *Marine ecology progress series*, vol. 267: p. 133-143

Bielmyer GK, Grosell M, Bhagooli R, Baker AC, Langdon C, Gillette P, Capo TR. (2010). Differential effects of copper on three species of scleractinian corals and their algal symbionts (*Symbiodinium* spp.). *Aquat Toxicol*, vol. 97(2): p.125-133.

Boyer S E, White JS, Stier AC, Osenberg CW. (2009). Effects of the fish anesthetic, clove oil (eugenol), on coral health and growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 369(1): p. 53-57.

Cantin N, Negri AP, Willis B. (2007). Photoinhibition from chronic herbicide exposure reduces reproductive output of reef-building corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser*, vol. 344: p. 81–93.

Cantin NE, Willis BL, Mieog JC, Negri AP. (2009). Juvenile corals can acquire more carbon from high-performance algal symbionts. *Coral Reefs*, vol. 28(2):p. 405-414

Corinaldesi C, Marcellini F, Nepote E, Damiani E, Danovaro R. (2018). Impact of inorganic UV filters contained in sunscreen products on tropical stony corals (*Acropora* spp.). *Science of The Total Environment*, vol. 637: p.1279-1285.

Danovaro R, Bongiorno L, Corinaldesi C, Giovannelli D, Damiani E, Astolfi P, Greci L, Pusceddu A. (2008). Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections. *Environ Health Perspect*, vol. 116(4): p. 441-447.

Damiani, L. A. (2020). The Effects of the Herbicide Atrazine on Hawaiian Corals (Doctoral dissertation, University of Hawai'i at Manoa).

Downs C, Kramarsky-Winter E, Segal R, Fauth J, Knutson S, Bronstein O, Loya Y. (2016). Toxicopathological Effects of the Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), on Coral Planulae and Cultured Primary Cells and Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Arch Environ Contam Toxicol*, vol. 70(2): p. 265–88.

Deschaseaux E, Hardefeldt J, Jones G, Reichelt-Brushett A. (2018). High zinc exposure leads to reduced dimethylsulfoniopropionate (DMSP) levels in both the host and endosymbionts of

the reef-building coral *Acropora aspera*. *Marine Pollution Bulletin*, 126: 93-100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.070>.

Downs CA, Kramarsky-Winter E, Segal R, Fauth J, Knutson S, Bronstein O, Jeger R, Lichtenfeld Y, Woodley CM, Pennington PA, Kushmaro A, Loya Y. (2014). Toxicological effects of the sunscreen UV filter, benzophenone-2, on planulae and in vitro cells of the coral, *Stylophora pistillata*. *Ecotoxicology*, vol. 23(2): p. 175-191.

Farina O, Ramos R, Bastidas C, Garca E. (2008). Biochemical responses of cnidarian larvae to mercury and benzo(a)pyrene exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 81: p. 553-557.

Fel JP, Lacherez C, Bensetra A, Mezzache S, Béraud E, Léonard M, Allemand D, Ferrier-Pagès C. (2019). Photochemical response of the scleractinian coral *Stylophora pistillata* to some sunscreen ingredients. *Coral Reefs*, vol. 38(1): p. 109–22.

Ferrier-Pagès C, Houllbrèque F, Wyse E, Richard C, Allemand D, Boisson F. (2005). Bioaccumulation of zinc in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Coral Reefs*, 24: p.636-645. doi: 10.1007/s00338-005-0045-x.

Feuillassier L, Martinez L, Romans P, Engelmann-Sylvestre I, Masanet P, Barthelemy D, Engelmann F. (2014). Survival of tissue balls from the coral *Pocillopora damicornis* L. exposed to cryoprotectant solutions. *Cryobiology*, vol. 69(3): p.376-385.

Flint M, Than JT. (2016). Potential spawn induction and suppression agents in Caribbean *Acropora cervicornis* corals of the Florida Keys. *PeerJ*, vol. 4: p. e1982.

Flores F, Kaserzon S, Elisei G, Ricardo G, Negri AP. (2020). Toxicity thresholds of three insecticides and two fungicides to larvae of the coral *Acropora tenuis*. *PeerJ*, vol. 8: p. e9615.

Fonseca JDS, Marangoni LFB, Marques JA, Bianchini A. (2017). Effects of increasing temperature alone and combined with copper exposure on biochemical and physiological parameters in the zooxanthellate scleractinian coral *Mussismilia harttii*. *Aquat Toxicol*, vol.190: p. 121-132.

Frisch AJ, Ulstrup KE, Hobbs JPA. (2007). The effects of clove oil on coral: An experimental evaluation using *Pocillopora damicornis* (Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 345: p. 101–109.

Gilbert JA, Hill R, Doblin MA, Ralph PJ. (2012). Microbial consortia increase thermal tolerance of corals. *Marine Biology*, vol. 159(8): p.1763-1771.

Gillmore ML, Gissi F, Golding LA, Stauber JL, Reichelt-Brushett AJ, Severati A, Humphrey CA, Jolley DF. (2020). Effects of dissolved nickel and nickel-contaminated suspended sediment on the scleractinian coral, *Acropora muricata*. *Mar Pollut Bull*, 152:110886. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.110886.

Goh B. (1991). Mortality and Settlement Success of *Pocillopora damicornis* Planula Larvae during Recovery from Low Levels of Nickel. *Pacific Science*, 45: 276-286. Guo Q, Wei D, Zhao H, Du Y. (2020). Predicted no-effect concentrations determination and ecological risk assessment for benzophenone-type UV filters in aquatic environment. *Environmental Pollution*, vol. 256: p.113460.

Harland AD, Brown BE. (1989). Metal tolerance in the scleractinian coral *Porites lutea*. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 20: p. 353–357.

- He T, Tsui MMP, Tan CJ, Ma CY, Yiu SKF, Wang LH, Chen TH, Fan TY, Lam PKS, Murphy MB. (2019a). Toxicological effects of two organic ultraviolet filters and a related commercial sunscreen product in adult corals. *Environ Pollut*, vol. 245: p. 462-471
- He T, Tsui MMP, Tan CJ, Ng KY, Guo FW, Yiu Wang LH, Murphy MB. (2019b). Comparative toxicities of four benzophenone ultraviolet filters to two life stages of two coral species. *Sci Total Environ*. Vol. 651:p. 2391–9.
- Hedouin LS, Wolf RE, Phillips J, Gates RD. (2016). Improving the ecological relevance of toxicity tests on scleractinian corals Influence of season, life stage, and seawater temperature. *Environmental Pollution*, vol. 213: p. 240–253.
- Heyward AJ. (1988). Inhibitory effects of copper and zinc sulphates on fertilization in corals. *Proceedings Of The Sixth International Coral Reef Symposium, Townsville, Australia*.
- Hill R, Szabo M, Rehman AUR, Vass I, Ralph PJ, Larkum AW. (2014). Inhibition of photosynthetic CO₂ fixation in the coral *Pocillopora damicornis* and its relationship to thermal bleaching. *Journal of Experimental Biology*, vol. 217(12): p. 2150-2162.
- Hirayama K, Takayama K, Haruta S, Ishibashi H, Takeuchi I. (2017). Effect of low concentrations of Irgarol 1051 on RGB (R, red; G, green; B, blue) colour values of the hard-coral *Acropora tenuis*. *Mar Pollut Bull*, vol. 124(2): p. 678-686.
- Hyndman RJ, Fan Y. (1996). Sample quantiles in statistical packages. *The American Statistician*, vol. 50(4): p. 361-365.
- Imbabi T, Hassan A, Ahmed-Farid O, El-Garhy O, Sabeq I, Moustafa M, Mohammadein A, Hassan N, Osman A, Sitohy M. (2021). Supplementing rabbit diets with butylated hydroxyanisole affects oxidative stress, growth performance, and meat quality. *Animal*, vol. 15(9): p. 100339.
- Ishibashi H, Takaichi D, Takeuchi I. (2021). Effects of the herbicide Irgarol 1051 on the transcriptome of hermatypic coral *Acropora tenuis* and its symbiotic dinoflagellates. *Science of The Total Environment*, vol. 780: p.146542.
- Jones RJ, Steven AL. (1997). Effects of cyanide on corals in relation to cyanide fishing on reefs. *Marine and Freshwater Research*, vol. 48(6): p. 517-522
- Jones RJ, Hoegh-Guldberg O. (1999). Effects of cyanide on coral photosynthesis: implications for identifying the cause of coral bleaching and for assessing the environmental effects of cyanide fishing. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 177: p. 83-91
- Jones RJ, Kerswell AP. (2003). Phytotoxicity of Photosystem II (PSII) herbicides to coral. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 261: p. 149-159.
- Jones, R. J. (2004). Testing the 'photoinhibition' model of coral bleaching using chemical inhibitors. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 284: p. 133-145.
- Jones RJ, Kildea T. (1999). PAM Chlorophyll Fluorometry: a New in situ Technique for Stress Assessment in Scleractinian Corals, used to Examine the Effects of Cyanide from Cyanide Fishing. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 38: p.864-874
- Jones RJ, Muller J, Haynes D, Schreiber U. (2003). Effects of herbicides diuron and atrazine on corals of the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Ecology Progress Series*, vol, 251: p. 153–167.
- Jovanovic B, Guzman HM. (2014). Effects of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles on caribbean reef-building coral (*Montastraea faveolata*). *Environ Toxicol Chem*, vol. 33(6): p.1346-1353.

- Kamei M, Takayama K, Ishibashi H, Takeuchi, I. (2020). Effects of ecologically relevant concentrations of Irgarol 1051 in tropical to subtropical coastal seawater on hermatypic coral *Acropora tenuis* and its symbiotic dinoflagellates. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 150: p. 110734
- Knutson S, Downs CA, Richmond RH. (2012). Concentrations of Irgarol in selected marinas of Oahu, Hawaii and effects on settlement of coral larval. *Ecotoxicology*, vol. 21(1), p. 1-8
- Kwok CK, Ang Jr PO. (2013). Inhibition of larval swimming activity of the coral (*Platygyra acuta*) by interactive thermal and chemical stresses. *Mar Pollut Bull*, vol. 74(1): p. 264-273.
- Kwok J, Lam K, Leung S, Chui APY Jr A. (2016). Copper and thermal perturbations on the early life processes of the hard coral *Platygyra acuta*. *Coral Reefs*, vol. 35: p. 827-838.
- Leigh-Smith J, Reichelt-Brushett A, Rose AL. (2018). The characterization of iron (III) in seawater and related toxicity to early life stages of scleractinian corals. *Environ Toxicol Chem*, vol. 37(4): p. 1104-1114.
- Marangoni LFB, Pinto MMDAN, Marques JA, Bianchini A. (2019). Copper exposure and seawater acidification interaction Antagonistic effects on biomarkers in the zooxanthellate scleractinian coral *Mussismilia harttii*. *Aquatic Toxicology*, vol. 206: p. 123-133.
- Markey K, Baird A, Humphrey C, Negri A. (2007). Insecticides and a fungicide affect multiple coral life stages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 330: p.127–137.
- Meron D, Maor-Landaw K, Eyal G, Elifantz H, Banin E, Loya Y, Levy O. (2020). The Complexity of the Holobiont in the Red Sea Coral *Euphyllia paradivisa* under Heat Stress. *Microorganisms*, vol. 8(3): p. 372
- Moeller M, Nietzer S, Schupp PJ. (2019). Neuroactive compounds induce larval settlement in the scleractinian coral *Leptastrea purpurea*. *Sci Rep*, vol.9(1): p.2291.
- Motone K, Takagi T, Aburaya S, Aoki W, Miura N, Minakuchi H, Takeyama H, Nagasaki Y, Shinzato C, Ueda M. (2018). Protection of Coral Larvae from Thermally Induced Oxidative Stress by Redox Nanoparticles. *Mar Biotechnol (NY)*, vol. 20(4): p. 542-548.
- Negri AP, Brinkman DL, Flores D, Botte ES, Jones RJ, Webster NS. (2016). Acute ecotoxicology of natural oil and gas condensate to coral reef larvae. *Sci Rep*, vol. 6: p. 21153.
- Negri, AP, Heyward AJ. (2001). Inhibition of coral fertilisation and larval metamorphosis by tributyltin and copper. *Marine Environmental Research*, 51 (1): 17-27. [https://doi.org/10.1016/s0141-1136\(00\)00029-5](https://doi.org/10.1016/s0141-1136(00)00029-5).
- Negri AP, Flores F, Röthig T, Uthicke S. (2011). Herbicides increase the vulnerability of corals to rising sea surface temperature. *Limnology and Oceanography*, vol. 56(2): p. 471-485.
- Negri AP, Luter HM, Fisher R, Brinkman DL, Irving P. (2018). Comparative toxicity of five dispersants to coral larvae. *Sci Rep* 8(1): p. 1-11
- Negri A, Vollhardt C, Humphrey C, Heyward A, Jones R, Eaglesham G, Fabricius K. (2005). Effects of the herbicide diuron on the early life history stages of coral. *Mar Pollut Bull*, vol. 51(1-4): p. 370-383.
- Negri, A. P., Soo, R. M., Flores, F., & Webster, N. S. (2009). Bacillus insecticides are not acutely harmful to corals and sponges. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 381: p. 157-165.
- Ouédraogo DY, Delaunay M, Sordello R, Hédouin L, Castelin M, Perceval O, Domart-Coulon I, Burga K, Ferrier-Pagès C, Multon R, Guillaume MMM, Léger C, Calvayrac C, Joannot P, Reyjol Y. (2021). Evidence on the impacts of chemicals arising from human activity on tropical reef-building corals; a systematic map. *Environ Evid*, vol.10 : p. 1-18

- Ouédraogo DY, Sordello R, Brugneaux S, Burga K, Calvayrac C, Castelin M, Domart-Coulon I, Ferrier-Pagès C, Guillaume MMM, Hédouin L, Joannot P, Perceval O, Reyjol Y. (2020). What evidence exists on the impacts of chemicals arising from human activity on tropical reef-building corals? A systematic map protocol. *Environ Evid*, vol. 9: p. 1-8
- Overmans S, Nordborg M, Díaz-Rúa R, Brinkman DL, Negri AP, Agustí S. (2018). Phototoxic effects of PAH and UVA exposure on molecular responses and developmental success in coral larvae. *Aquatic Toxicology*, vol. 198: p. 165–174.
- Owen R, Knap A, Toasperm M, Carbery K. (2002). Inhibition of coral photosynthesis by the antifouling herbicide Irgarol 105. *Marine Pollution Bulletin*, vol.44(7): p.623-632
- Råberg, S., Nyström, M., Erös, M., & Plantman, P. (2003). Impact of the herbicides 2, 4-D and diuron on the metabolism of the coral *Porites cylindrica*. *Marine environmental research*, vol 56(4): p. 503-514.
- Ramos R, García E. (2007). Induction of mixed-function oxygenase system and antioxidant enzymes in the coral *Montastraea faveolata* on acute exposure to benzo(a)pyrene. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, vol. 144: p. 348–355.
- Reichelt-Brushett A, Hudspith M. (2016). The effects of metals of emerging concern on the fertilization success of gametes of the tropical scleractinian coral *Platygyra daedalea*. *Chemosphere* 150: 398-406.
- Reichelt-Brushett AJ, Harrison PL. (1999). The Effect of Copper, Zinc and Cadmium on Fertilization Success of Gametes from Scleractinian Reef Corals. *Marine Pollution Bulletin* 38(3): 182-187.
- Reichelt-Brushett AJ, Harrison PL. (2004). Development of a sublethal test to determine the effects of copper and lead on scleractinian coral larvae. *Arch Environ Contam Toxicol* 47(1): 40-55.
- Reichelt-Brushett AJ, Harrison PL. (2005). The effect of selected trace metals on the fertilization success of several scleractinian coral species. *Coral Reefs* 24(4): 524-534.
- Reichert J, Tirpitz V, Anand R, Bach K, Knopp J, Schubert P, Wilke T, Ziegler M. (2021). Interactive effects of microplastic pollution and heat stress on reef-building corals. *Environmental Pollution*, vol. 290: p. 18010.
- Reichert, J., Arnold, A.L., Hoogenboom, M.O., Schubert, P., Wilke, T. (2019). "Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific". *Environmental Pollution* 254, 113074. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113074>
- Renegar DA, Turner NR, Riegl BM, Dodge RE, Knap AH, Schuler PA. (2017). Acute and subacute toxicity of the polycyclic aromatic hydrocarbon 1-methylnaphthalene to the shallow-water coral *Porites divaricata*: Application of a novel exposure protocol. *Environmental toxicology and chemistry*, vol. 36(1): p. 212-219.
- Ross C, Olsen K, Henry M, Pierce R. (2015). Mosquito control pesticides and sea surface temperatures have differential effects on the survival and oxidative stress response of coral larvae. *Ecotoxicology*, 24(3): p. 540-552
- Syakti, A.D., Jaya, J.V., Rahman, A., Hidayati, N.V., Raza'i, T.S., Idris, F., Trenggono, M., Doumenq, P., Chou, L.M. (2019). Bleaching and necrosis of staghorn coral (*Acropora formosa*) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. *Chemosphere* 228, 528–535.
- Stien D, Clergeaud F, Rodrigues AMS, Lebaron K, Pillot R, Romans P, Fagervold S, Lebaron P. (2019). Metabolomics Reveal That Octocrylene Accumulates in *Pocillopora damicornis*

Tissues as Fatty Acid Conjugates and Triggers Coral Cell Mitochondrial Dysfunction. *Anal Chem.* Vol. 91(1): p.990–5.

Summer K, Reichelt-Brushett A, Howe P. (2019). Toxicity of manganese to various life stages of selected marine cnidarian species. *Ecotoxicol Environ Saf*, vol. 167: p. 83-94.

Suwa R, Kataoka C, Kashiwada S. (2014). Effects of silver nanocolloids on early life stages of the scleractinian coral *Acropora japonica*. *Mar Environ Res*, vol. 99: p.198-203.

Tang CH, Lin CY, Sun PP, Lee SH, Wang WH. (2018). Modeling the effects of Irgarol 1051 on coral using lipidomic methodology for environmental monitoring and assessment. *Science of the Total Environment*, vol. 627:p. 571-578

Tang CH, Shi SH, Lin CY, Wang WH. (2021). Lipid profiling of symbiosomes in scleractinian coral in response to herbicide-induced photoinhibition. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 186: p. 104433.

Tarrant A, Atkinson M, Atkinson S. (2004). Effects of steroidal estrogens on coral growth and reproduction. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 269: p. 121–129.

Tan Te F. 1991. Effects of two petroleum products on *Pocillopora damicornis* planulae. *Pac Sci* 45(3): 290-298.

Tijssen J, Wijgerde T, Leal MC, Osinga R. (2017). Effects of zinc supplementation on growth and colouration of the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *PeerJ Preprints*, 5: e2858v1. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.2858v1>.

Vandenberg LN, Ågerstrand M, Beronius A, Beausoleil C, Bergman Å, Bero LA, Bornehag CG, Boyer CS, Cooper GS, Cotgreave I, Gee D, Grandjean P, Guyton KZ, Hass U, Heindel JJ, Jobling S, Kidd KA, Kortenkamp A, Macleod MR, Martin OV, Norinder U, Scheringer M, Thayer KA, Toppari J, Whaley P, Woodruff TJ, Rudén C. (2016). A proposed framework for the systematic review and integrated assessment (SYRINA) of endocrine disrupting chemicals. *Environ Health.* Vol.15: p. 74.

Watanabe, T., Yuyama, I., & Yasumura, S. (2006). Toxicological effects of biocides on symbiotic and aposymbiotic juveniles of the hermatypic coral *Acropora tenuis*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, vol. 339(2): p. 177-188.

Watanabe T, Utsunomiya Y, Yuyama I. (2007). Long-term laboratory culture of symbiotic coral juveniles and their use in eco-toxicological study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 352(1): p.177-186.

Wijgerde T, van Ballegooijen M, Nijland R, van der Loos L, Kwadijk C, Osinga R, Murk A, Slijkerman D. (2020). Adding insult to injury: Effects of chronic oxybenzone exposure and elevated temperature on two reef-building corals. *Science of The Total Environment*, vol.733: p. 139030.

Xiang N, Jiang C, Huang W, Nordhaus I, Zhou H, Drews M, Diao X. (2019). The impact of acute benzo(a)pyrene on antioxidant enzyme and stress-related genes in tropical stony corals (*Acropora* spp.). *Science of The Total Environment*, vol. 694: p. 133474

Zhou Z, Ni X, Wu Z, Tang J. (2022). Physiological and transcriptomic analyses reveal the threat of herbicides glufosinate and glyphosate to the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 229: p.113074.

- **Rapports**

Anses. (2021). Maladies professionnelles : Cancer de la prostate en lien avec les pesticides incluant le chlordécone. Avis de l'Anses et rapport d'expertise collective. (saisine n°2018-SA-0267). Maisons-Alfort : Anses, 368 p.

ECHA. (2008). Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R.10: Characterization of dose [concentration]-response for environment. https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r10_en.pdf/bb902be7-a503-4ab7-9036-d866b8ddce69

IFRECOR. (2021). État de santé des récifs, herbiers marins et mangroves : bilan 2020 Status of coral reefs, seagrass beds and mangroves of the french overseas territories. Documentation Ifrecor. <http://www.ifrecor-doc.fr/items/show/1894>

INERIS. (2020). Substances Pertinentes à Surveiller (SPAS) dans les eaux de surface. Bilan des données de surveillance acquises de 2016 à 2018 pour l'eau et le sédiment. <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Substances%20Pertinentes%20%C3%A0%20Surveiller%20%28SPAS%29%20v3.pdf>

Quod JP, Malfait T G, Secrétariat national de l'IFRECOR. (2015). Etat des récifs coralliens et des écosystèmes associés des outre-mer français en 2015, Documentation Ifrecor, <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1670>

Krupp DA, Blanck J, Te F. (1994). Sensitivity of the Hawaiian Mushroom Coral *Fungia scutaria* to the Pesticide Chlorpyrifos: Cleavage and Early Planula Larva Stages. Hawaii Institute of Marine Biology. Draft report

<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/fc428ac1-9d7e-47b9-b5a4-095ca33c7c7d/content>

Lardy-Fontan S, Amalric L, Devau N, Lestremau F. (2019). Evaluation de l'impact de la fraction analysée et de la filtration pour la surveillance : analyse critique des approches et méthodologies. Rapport Aquaref, 40 pages. https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref_2019_D1.2a_Impact_Fraction_Filtration_VF_0.pdf

Slijkerman, Bol. (2017). UV filter pollution Bonaire by tourism. Lac Bay monitoring and survey results 2017 Wageningen, Wageningen Marine Research (University & Research centre), Wageningen Marine Research report C023/18. 36 pp. <https://edepot.wur.nl/446117>

Sheikh MA, Oomori T, Fujimura H, Higuchi T, Imo T, Akamatsu A, Yasumura S. (2012). Distribution and potential effects of novel antifouling herbicide Diuron on coral reefs. Herbicides. Environmental Impact Studies and Management Approaches: p. 83-94

Xiao, B., Wang, J., Liao, B., Zheng, H., Yang, X., Xie, Z., Li, D., Li, C., 2022. Combined effects of copper and microplastics on physiological parameters of *Tubastrea aurea* corals. Environ Sci Pollut Res 29, 14393–14399. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16665-6>

- **Thèses**

Conway AJ. (2021). Determining the Toxicity of the UV Filter Oxybenzone in the Hard Coral, *Galaxea fascicularis*. Doctoral dissertation, University of Maryland, College Park.

Damiani LA. (2020). The Effects of the Herbicide Atrazine on Hawaiian Corals. Doctoral dissertation, University of Hawai'i at Manoa.

Cantin N. (2008). Chronic effects of herbicide exposure on photosynthesis, symbiosis and reproduction of reef building corals. Doctoral dissertation, James Cook University.

Reichelt-Brushett AJ. (1998). The lethal and sublethal effects of selected trace metals on various life stages of scleractinian corals. Southern Cross University.

Turner NR. (2020). Understanding the Toxicity of Single Hydrocarbons, Oil, and Dispersed Oil: A Species Sensitivity Assessment for Five Atlantic Coral Species. Thèse de doctorat. Nova Southeastern University.

Turner NR. (2016). Quantifying the Toxicity of 1-Methylnaphthalene to the Shallow-Water Coral, *Porites divaricata*, for Use in the Target Lipid Model. Nova Southeastern University

7.2 Normes

AFNOR. 2003. NF X 50-110 *Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

7.3 Législation et réglementation

Arrêté du 25 avril 2017 fixant la liste des coraux protégés en Guadeloupe, en Martinique et à Saint-Martin et les modalités de protection

Arrêté du 26 avril 2022 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement

Arrêté du 31 juillet 2020 modifiant l'arrêté du 21 juillet 2015 modifié relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5

Arrêté n°767 CM du 24 avril 2018, Liste des substances actives et préparations commerciales de pesticides autorisées en Polynésie française

Code de l'environnement <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGITEXT000006074220/>

Code de la consommation - Article L121-2

Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants – Déclaration. Document 22006A0731(01). Official Journal L 209, 31/07/2006 P. 0003 – 0029

Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR convention, 1992)

Convention internationale de Nairobi sur l'enlèvement des épaves, adopté le 18 mai 2007 ; entrée en vigueur le 14 avril 2015

Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL). Adoption : 1973 (Convention), 1978 (Protocole de 1978), 1997 (Protocole – Annexe VI); entrée en vigueur: 2 octobre 1983 (Annexes I et II).

Convention pour la Protection et la Mise en Valeur du Milieu Marin dans la Région des Caraïbes, Convention pour la Protection et la Mise en Valeur du Milieu Marin dans la Région des Caraïbes, adoptée le 24 mars 1983. <https://www.ecolex.org/fr/details/treaty/convention-for-the-protection-and-development-of-the-marine-environment-of-the-wider-caribbean-region-tre-000763/>

Convention sur la diversité biologique (CDB). Signée le 5 juin 1992 lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (le « Sommet de la Terre » de Rio).

Convention sur la protection des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud. Convention de Nouméa signée à Nouméa en 1986.

Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES). Signée à Washington le 3 mars 1973, amendée à Bonn, le 22 juin 1979, amendée à Gaborone, le 30 avril 1983.

Décision (UE) n°2021/1870 de la Commission du 22 octobre 2021 établissant les critères d'attribution du label écologique de l'UE aux produits cosmétiques et aux produits de soin pour animaux [notifiée sous le numéro C(2021) 7500]

Décret n°2016-615 du 18 mai 2016 portant publication de la convention internationale sur l'enlèvement des épaves adoptée à Nairobi le 18 mai 2007 (ensemble une annexe), signée par la France le 24 septembre 2008 (1)

Décret n°2017-291 du 6 mars 2017 relatif aux conditions de mise en œuvre de l'interdiction de mise sur le marché des produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides et des bâtonnets ouatés à usage domestique dont la tige est en plastique

Décret n°94-110 du 1er février 1994 portant publication de la convention sur la protection de la nature dans le Pacifique Sud, faite à Apia le 12 juin 1976

Directive (UE) 2019/904 du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement

Directive n°2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

Directive n°2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE

Directive n°2009/147/CE du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages (Version codifiée)

Directive n°91/676/CEE du Conseil, du 12 décembre 1991, concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles

Directive n°92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages

Directive Cadre Stratégie pour les Milieux Marins n°2008/56/CE (DCSMM)

Directive n°2001/82/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 novembre 2001 instituant un code communautaire relatif aux médicaments vétérinaires

Directive n°2004/27/CE du Parlement européen et du Conseil du 31 mars 2004 modifiant la directive 2001/83/CE instituant un code communautaire relatif aux médicaments à usage humain

Directive n°2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

Directive n°2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

Directive n°2019/904/UE du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement.

Directive n°98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides

Directive n°98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

Directive relative au traitement des eaux urbaines résiduaires n°91/271 (DERU)

Loi du pays n°2019-2 du 21 janvier 2019 relative à l'interdiction de mise sur le marché de divers produits en matières plastiques en Nouvelle Calédonie.

Loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages

Loi n°2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire

Loi n°81-742 du 5 août 1981 Autorisant l'approbation de la convention internationale de 1973, dite convention MARPOL, pour la prévention de la pollution par les navires (ensemble deux protocoles et 5 annexes), faite à Londres 02-11-1973 telle que modifiée par le protocole de 1978 relatif à ladite convention (ensemble une annexe) fait à Londres le 17-02-1978

Plan Biodiversité. Comité interministériel biodiversité – 4 juillet 2018. Ministère de la transition écologique et solidaire

Plan d'actions « Zéro déchet plastique en mer » (2020-2025)
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DGALN_plan-actions-zero-dechet-plastique_web.pdf

Règlement (CE) n°1195/2006 du Conseil du 18 juillet 2006 portant modification de l'annexe IV du règlement (CE) n°850/2004 du Parlement européen et du Conseil concernant les polluants organiques persistants

Règlement (CE) n°2003/2003 du Parlement européen et du Conseil du 13 octobre 2003 relatif aux engrais.

Règlement (CE) n°66/2010 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2009 établissant le label écologique de l'UE

Règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives n°79/117/CEE et n°91/414/CEE du Conseil

Règlement (CE) n°1223/2009 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 relatif aux produits cosmétiques

Règlement (CE) n°1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) no 793/93 du Conseil et le règlement (CE) no 1488/94 de la Commission ainsi que la directive

76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission

Règlement (CE) n°850/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les polluants organiques persistants et modifiant la directive 79/117/CEE

Règlement (UE) n°655/2013 de la Commission du 10 juillet 2013 établissant les critères communs auxquels les allégations relatives aux produits cosmétiques doivent répondre pour pouvoir être utilisée


Règlement (UE) n°10/2011 de la Commission du 14 janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires

Règlement (UE) n°528/2012 du Parlement européen et du Conseil du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine et avenant

2018 -SA- 0 2 4 1


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

COURRIER ARRIVE
26 NOV. 2018
DIRECTION GENERALE

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Paris, le 25 OCT. 2018

La secrétaire d'État auprès du ministre d'État,
Ministère de la Transition écologique et solidaire

à

Monsieur le directeur général de l'Agence
nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation,
de l'environnement et du travail

Monsieur le directeur général
de l'Agence française pour la biodiversité

Objet : Saisine relative aux impacts des substances chimiques sur les récifs coralliens.

Le gouvernement a annoncé le 1^{er} août dernier le lancement d'une mission destinée à identifier les substances chimiques les plus toxiques pour les récifs coralliens afin de mieux protéger ces écosystèmes fragiles, qui recouvrent moins de 1 % des fonds océaniques mais constituent l'habitat de 25 % des espèces de poissons marins. Les coraux protègent également les côtes et fournissent de la nourriture à environ 500 millions de personnes dans le monde.

La France porte une responsabilité particulière à l'égard des océans et de leurs coraux. Les récifs coralliens des outre-mer français et leurs lagons couvrent près de 58 000 km² soit près de 10 %, en surface, des récifs mondiaux et occupent la quatrième place mondiale après l'Australie, l'Indonésie et les Philippines. Les récifs coralliens sont présents dans 11 des 13 territoires d'outre-mer français. La biodiversité qu'ils renferment est exceptionnelle. On estime ainsi qu'un km² de récif corallien contient autant de biodiversité que l'ensemble des eaux métropolitaines. En outre, du fait de la présence des territoires français dans les trois océans, cette biodiversité est représentative de la biodiversité marine tropicale de l'océan mondial.

Ces écosystèmes sont cependant gravement menacés. Au niveau mondial, on estime que 20 % des récifs ont été irrémédiablement détruits au cours des dernières décennies. Et parmi les 80 % restants, seul le tiers serait dans un état satisfaisant.

Parmi ces menaces, le dérèglement climatique, et par conséquent l'augmentation de la température des océans, comme leur acidification, sont clairement identifiés. Toutefois, la résistance et la résilience des coraux à ces pressions globales sont fortement conditionnées par d'autres sources de pressions, plus locales, causées par les activités anthropiques et engendrant tous types de pollutions.

Hôtel de Roquelaure – 246, boulevard Saint-Germain – 75007 Paris – Tél : 33 (0)1 40 81 21 22
www.ecologique-solidaire.gouv.fr

Ainsi, certaines substances chimiques conduisent à leur dégradation.

Les effets de certaines substances chimiques sur les coraux ont déjà été étudiés, notamment :

- l'étude de certains dérivés du pétrole et hydrocarbures suite aux marées noires ;
- les travaux conduits par l'IFRECOR sur les pesticides et les herbicides dans les écosystèmes coralliens des collectivités d'outre-mer françaises (Ramade, 2012) ;
- l'étude conduite par l'International Society for Reef Studies (ISRS) sur l'impact de certains composés des crèmes solaires (filtres UV chimiques) sur les récifs coralliens (ICRI, 2018).

Conformément aux articles L131-8 et L131-9 du code de l'environnement, instituant l'agence française pour la biodiversité (AFB), et conformément aux missions de l'Agence nationale de sécurité de l'alimentation et de l'environnement (Anses), notamment en tant que coordonnateur du réseau d'expertise d'organismes scientifiques qui interviennent dans son champ de compétences pour les enjeux sanitaires (article R1313-1 du Code de la santé publique), et en tant qu'autorité compétente d'évaluation au titre de règlements européens sur les substances chimiques (notamment REACH et les règlements sur les pesticides), l'AFB et l'Anses sont saisies afin d'organiser et restituer l'expertise collective à produire avec ses partenaires sur les points suivants :

1. Procéder à un travail de revue bibliographique permettant d'identifier les substances susceptibles d'avoir un impact sur les récifs coralliens, les principales sources de production et de rejet de ces substances et l'importance de leurs apports dans le milieu (volume, fréquence, disponibilité).
 - Cette revue concernera en particulier les substances présentes sur le marché. Les substances d'ores et déjà interdites mais toujours présentes dans l'environnement pourront également être examinées.
 - Parmi les substances chimiques sont jugées prioritaires dans le cadre de cette étude : les pesticides, les filtres UV-chimiques, les métaux lourds, les matières fertilisantes, ainsi que les substances pouvant être présentes dans les lessives, les cosmétiques, les produits ménagers, ou les microplastiques, et tout autre usage que vous identifierez important.
 - Dans la revue, les substances pourront être distinguées selon :
 - leurs effets toxiques sur les coraux pouvant conduire à une surmortalité et/ou une réduction de fonctions biologiques critiques pour les populations de coraux (reproduction, développement, etc) ;
 - d'autres effets éventuels directs ou indirects pouvant expliquer la réduction de la résilience des récifs coralliens vis-à-vis d'autres pressions (réchauffement des eaux par exemple) ;
 - l'influence de ces effets sur le fonctionnement de l'écosystème des récifs coralliens,
 - Une partie de la revue pourra être consacrée aux effets combinés si des informations sont disponibles sur ce sujet.

Ce travail sera coordonné par l'AFB.

2. Proposer les mesures techniques et réglementaires selon les substances identifiées. En particulier seront identifiées les mesures dans le cadre de règlement REACH permettant de prendre en compte ces enjeux environnementaux. Ces mesures seront priorisées au regard des impacts sur les récifs coralliens.

Pour exemple, Hawaï a de ce fait récemment pris la décision d'interdire à partir de 2021 les crèmes solaires contenant deux substances chimiques, l'oxybenzone et l'octinoxate, responsables du blanchiment de coraux. Des études scientifiques ont également montré que ces deux substances chimiques induisaient la féminisation de poissons mâles et augmentaient les problèmes de reproduction chez les invertébrés marins (comme les oursins), chez les vertébrés (des poissons comme les labres, les loups de mer ou les poissons-perroquets) et les mammifères (phoque moine d'Hawaï).

Ce travail sera coordonné par l'ANSES.

Vous avez toute latitude pour vous appuyer :

- sur l'expertise scientifique de l'Ifremer en matière de recherche écologique, biologique et écotoxicologique marines et ainsi que celle de ces partenaires : l'Ineris dans le cadre de la cellule conjointe Analyse des Risques Chimiques en milieu marin, et l'IRD ;
- sur l'expertise d'autres partenaires tels que l'IFRECOR, le CNRS ou le Cerema dans une démarche de valorisation de recherches multidisciplinaires sur les atteintes des récifs coralliens et de développement pour leur protection.

Les résultats de cette expertise collective se présenteront sous la forme d'un avis commun à transmettre pour fin 2019.

Pour le Ministre d'Etat et par délégation,
Le Directeur de l'eau et de la biodiversité

Thierry VATIN



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

COURRIER ARRIVE

07 AOÛT 2019

DIRECTION GÉNÉRALE

substances présentes dans les lessives, les cosmétiques, les produits ménagers, et microplastiques, ainsi que toute substance que vous identifieriez comme importante).

Concernant les instances de pilotage et de suivi de la saisine, il me paraît important d'associer le ministère de la transition écologique et solidaire et le ministère des outre-mer au comité de pilotage.

Comme convenu lors de la réunion téléphonique du 8 janvier 2019, il est souhaitable que le comité de pilotage se réunisse rapidement.

Concernant l'organisation proposée du comité de suivi je souhaite rappeler l'importance d'associer les gouvernements locaux des territoires d'outre-mer aux travaux d'expertise engagés dans le cadre de cette saisine. Les territoires d'outre-mer (hors DROM) ont en effet leur compétence propre en matière d'environnement. Leur implication leur permettrait ainsi de contribuer à l'étude en fournissant des données relatives à leur territoire, d'acter le périmètre de la saisine, et de participer à la restitution des résultats, ce qui favoriserait leur association aux mesures de gestion qui seront proposées à l'issue des travaux d'expertise.

Je vous serais reconnaissant par ailleurs de préciser ce qui est entendu par « définir les axes de valorisation » au titre du rôle du comité de pilotage.

Enfin, concernant le périmètre de la saisine, je souhaite préciser à toutes fins utiles que la Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes (convention de Carthagène) ne s'applique pas à la région Pacifique mais à la Caraïbe. Les conventions des mers régionales dans le Pacifique sont les suivantes : convention d'Apia, convention de Nouméa, ainsi que le programme régional océanien pour l'environnement (PROE).

Je vous remercie de votre engagement pour la bonne mise en œuvre de cette étude importante pour la protection des récifs coralliens français. Un premier rapport de propositions de mesures techniques et réglementaires (3^e volet de la saisine) pour la fin de l'année 2019 sera apprécié, de même que la réalisation des autres volets de l'expertise et la remise de l'avis final au cours de l'année 2020 comme détaillé dans votre précédent courrier.

Le Directeur de l'eau et de la biodiversité

Thierry VATIN

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Annexe 2 : Territoires d'Outre-mer et dispositifs réglementaires applicables

❖ Les accords internationaux

Les accords internationaux sont applicables à l'ensemble des territoires ultra-marins (sauf dérogations précisées dans les codes de l'environnement des Collectivités d'Outre-mer (COM) :

- Convention pour la Diversité Biologique (CDB)⁴⁵ est un traité international non contraignant adopté lors du sommet de la Terre à Rio de Janeiro, signé le 5 juin 1992. Il prévoit notamment l'identification des activités ayant un impact sur la biodiversité dans le but de les réguler (article 7), et la création de zones marines protégées (article 8). Les aires marines protégées (AMP) semblent le moyen de gestion le plus répandu à travers le monde pour la conservation de la biodiversité marine mais des mesures supplémentaires sont nécessaires pour atteindre l'objectif de conservation ;
- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES)⁴⁶. Cette Convention permet aussi de lutter contre la détérioration des récifs en identifiant les différentes espèces protégées en fonction de la gravité du risque que leur fait courir le commerce international. Pour certaines espèces, des permis / certificats sont délivrés par les DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou la DAVAR (Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales) en Nouvelle-Calédonie prouvant que leur prélèvement est légal et géré de manière durable. Pour les espèces dites « menacées d'extinction », tout mouvement transnational peut être interdit (Annexe II). À ce titre, la Guadeloupe a par exemple récemment interdit le commerce de madrépores. Les pays signataires de la convention doivent fournir des rapports sur le commerce de la faune et de la flore tous les deux ans et peuvent demander à ce que des espèces soient rajoutées aux différentes annexes lors des conférences des parties. Dans le cas des récifs coralliens, cette convention pourrait donc servir de cadre juridique pour protéger les espèces des écosystèmes récifaux qui seraient menacées par la surpêche.

❖ Accords visant les substances ou produits chimiques

Les conventions suivantes peuvent être citées :

la Convention internationale pour la prévention de la pollution marine par les navires (MARPOL)⁴⁷ qu'elle soit accidentelle ou découlant d'opérations de routine, volontaire ou involontaire. Elle interdit notamment le rejet d'hydrocarbures dans les "zones spéciales" qu'elle définit et dont la Mer des Caraïbes fait partie. Dans les annexes de la convention sont aussi classées les substances nocives dont le déversement est interdit (catégorie A) ou limité (catégories B, C et D). Cette convention peut donc servir de cadre juridique pour limiter le rejet de certaines catégories de substances dans les eaux récifales ;

⁴⁵ <https://www.cbd.int/convention/>

⁴⁶ <https://cites.org/fra/disc/text.php>

⁴⁷ [https://www.imo.org/fr/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/fr/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

La Convention de Stockholm qui a pour but de contrôler, réduire ou éliminer les émissions de polluants organiques persistants (POP)⁴⁸. Au sein de l'Union Européenne, la Convention est mise en œuvre par le règlement CE n°850/2004 ou règlement POP. Il interdit (annexe I) la production, la mise sur le marché et l'utilisation de ces substances. Il est stipulé de limiter le plus possible les dérogations, de sorte qu'elles ne soient possibles que dans les cas où une substance remplit une fonction essentielle dans une application spécifique ;

Les conventions mers régionales. Le programme des mers régionales a été mis en place en 1974 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). C'est le seul cadre juridique effectif qui vise à une gestion coordonnée des milieux côtiers et marins entre États au niveau « régional ». Dans le cadre de la saisine, trois mers régionales sont concernées (Wider Caribbean, Pacific et Eastern Africa) (Figure ci-dessous).



Représentation cartographique du programme de « Mers régionales » du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP) (Source : [UNEP](#))

- Caraïbes – Convention de Carthagène⁴⁹ :

La convention de Carthagène pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes, s'applique à Saint-Martin, Saint-Barthélemy, la Martinique et la Guadeloupe. La convention a pour but de promouvoir : la lutte contre la pollution, la protection du milieu, la coopération en cas de risque environnemental majeur, l'évaluation des impacts sur l'environnement et la coopération scientifique et technique entre les parties.

- Pacifique Sud – Convention de Nouméa et d'Apia⁵⁰ :

Deux conventions mers régionales s'appliquent à la zone insulaire pacifique sud, la convention d'Apia et de Nouméa. Elles s'appliquent à la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie française et Wallis et Futuna (seulement la convention de Nouméa pour cette dernière).

- La *convention de Nouméa* a pour but la lutte contre la pollution domestique (article 5), la pollution organique due à l'élevage (art 6), la pollution chimique due à l'activité agricole (art 7), les opérations de construction d'infrastructures portuaires (art 8). L'article 14 prévoit la création de zones spécialement protégées pour la protection de

⁴⁸ http://chm.pops.int/Portals/0/sc10/files/a/stockholm_convention_text_f.pdf

⁴⁹ <https://www.unep.org/cep/who-we-are/cartagena-convention>

⁵⁰ <https://www.milieumarinfrance.fr/Nos-rubriques/Cadre-reglementaire/Conventions-des-mers-regionales/Conventions-de-Noumea-et-d-Apia-pour-le-Pacifique-Sud>

la faune et de la flore et leur habitat qui seraient en régression, menacées ou en voie d'extinction. Cependant, cette convention dispose seulement de principes généraux et les deux protocoles, pour la prévention de la pollution résultant de l'immersion des déchets et pour la coopération dans les interventions d'urgence contre les incidents générateurs de pollution, ne s'appliquent pas directement à la régulation des substances chimiques.

- La *convention d'Apia* a pour objectif la création de parcs nationaux (public contrôlé mais autorisé) et de réserves nationales (public non autorisé) pour la protection de la faune et de la flore (articles 1 et 2). Les États membres sont dans l'obligation de transmettre des listes d'espèces en danger (article 5). Chaque partie est libre de créer les zones protégées qu'elle souhaite et de déterminer les mesures de protection qu'elle veut y faire appliquer. Ainsi la France a déjà institué en Nouvelle Calédonie : une réserve naturelle intégrale, trois parcs nationaux (parc naturel de la Mer de Corail) et 15 réserves spéciales (protection spécifique de certaines espèces). En Polynésie française : une réserve intégrale (lagon de l'atoll de Taiaro) et des réserves spéciales (lagon de l'île Manuae, îles Eiao, Hatutu, Motane, îlot dit de sable). Cette convention peut donc servir de cadre juridique pour la protection des récifs de manière générale.

- Océan Indien – Convention de Nairobi⁵¹ :

La convention de Nairobi concerne la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de la région de l'Afrique de l'Est. Elle s'applique à la Réunion, Mayotte et aux Iles Éparses. Elle a pour but la lutte contre la pollution par les navires (art 5), la pollution due aux opérations d'immersion (art 6), la pollution d'origine tellurique (art 7), la pollution résultant d'activités relatives aux fonds marins (art 8), la pollution transmise par l'atmosphère (art 9), les dommages causés à l'environnement par des activités de génie civil (art 12). Elle est mise en œuvre par deux protocoles.

❖ **Réglementations applicables aux Régions ultra périphériques européennes (RUP)**

La Réunion, la Guadeloupe, la Martinique, Mayotte et Saint-Martin ont tous le même statut communautaire : ces territoires sont des Régions ultra périphériques européennes (RUP).

À ce titre, la totalité du droit communautaire s'applique dans ces régions qui bénéficient par ailleurs des programmes opérationnels de l'UE et de ses financements. Par rapport au périmètre de la saisine, plusieurs directives et règlements européens s'appliquent (directement ou non) à la protection des récifs dans ces cinq territoires d'Outre-mer.

- **Réglementations européennes applicables aux substances chimiques**
 - Règlement REACH n°1907/2006/CE

REACH est un règlement européen (règlement n°1907/2006/CE) entré en vigueur en 2007 pour sécuriser la fabrication et l'utilisation des substances chimiques mises sur le marché européen. Lorsque les mesures de gestion déjà en place ne sont pas suffisantes pour maîtriser les risques, des propositions de mesures de gestion des risques au niveau de l'UE, telles que

⁵¹ <https://www.milieumarinfrance.fr/Nos-rubriques/Cadre-reglementaire/Conventions-des-mers-regionales/Convention-de-Nairobi>

des restrictions, l'identification de substances extrêmement préoccupantes ou d'autres actions ne relevant pas de REACH peuvent être proposées.

Récemment, l'ECHA a soumis une proposition de restriction pour les particules microplastiques qui sont intentionnellement ajoutées aux mélanges utilisés par les consommateurs ou les professionnels. Si elle était adoptée, la restriction pourrait réduire la quantité de microplastiques rejetés dans l'environnement (dans l'UE) d'environ 400 000 tonnes sur 20 ans⁵².

- Règlement sur les Produits Biocides n°528/2012/CE (RPB)

Plusieurs substances ont été interdites (tributyl étain, diuron, irgarol) suite au constat de leur nocivité sur les milieux naturels sous-marins et la santé environnementale.

- Règlement sur les produits phytopharmaceutiques n°1107/2009/CE

Ce règlement concerne la mise sur le marché et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Tout produit phytosanitaire doit bénéficier d'une autorisation de mise sur le marché (AMM). Les conditions d'approbation sont énumérées dans l'article 4 et contiennent notamment les critères de risques pour l'environnement. Les substances actives ne doivent pas avoir « *d'effet inacceptable sur l'environnement, (...) en particulier en ce qui concerne la contamination des eaux côtières (...), son effet sur la biodiversité et l'écosystème* » (art 4.b et 4.e). L'annexe II reprend les conditions de devenir et de comportement dans l'environnement du produit (Annexe 2. 3.7) dont la persistance, la bioaccumulation, la toxicité et l'écotoxicité.

Des tests de toxicité selon les lignes directrices de l'OCDE sur poissons, invertébrés et algues peuvent être effectués en milieu marin et en eau douce.

- **Directives**

- Directive Cadre sur l'Eau n°2000/60/CE (DCE)

Cette politique communautaire permet la gestion des eaux intérieures de surface, des eaux souterraines, des eaux de transition et des eaux côtières afin de prévenir et réduire les pollutions, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger l'environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et d'atténuer les effets des inondations et des sécheresses. La DCE s'applique à toutes les RUP. Elle vise le « bon état chimique » et le « bon état écologique » des eaux (article 1) vers lequel les États membres doivent tendre en respectant des normes de qualité de l'eau. L'annexe X de la DCE énumère 45 substances prioritaires dans le domaine de l'eau dont les rejets doivent être supprimés à l'échéance août 2033. La DCE est complétée par la Directive « Substances prioritaires » n°2013/39/CE qui donne les limites autorisées pour ces substances. Le bon état chimique est atteint lorsque les concentrations de polluants ou de groupes de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote ne dépassent pas une concentration seuil définie comme « norme de qualité environnementale » (NQE).

De manière générale, la DCE et les autres directives liées établissent un cadre pour une politique globale communautaire dans le domaine de l'eau (eaux de surface et eaux côtières ou souterraines). Néanmoins, son application reste encore limitée dans les RUP notamment dû au fait que les Normes de Qualité Environnementale (NQE) sont identiques à celles de la métropole et ne tiennent pas compte des spécificités des régions tropicales (sensibilités différentes des espèces du milieu marin aux substances chimiques).

⁵² <https://echa.europa.eu/fr/hot-topics/microplastics>

Par ailleurs, la DCE ne s'applique qu'aux eaux côtières alors qu'il existe des récifs coralliens qui se situent au-delà de cette délimitation. Néanmoins, la DCE prévoit aussi que les Offices de l'eau recherchent, dans leurs bassins hydrographiques, des substances pertinentes pour le contexte local et établissent des listes et des normes associées.

- Directive Cadre Stratégie pour les Milieux Marins n°2008/56/CE (DCSMM)

Cette directive représente le plan d'action le plus important pour maintenir le bon état écologique du milieu marin. Elle est transposée en droit national par la « Stratégie nationale pour la Mer et le Littoral » (SNML). La France a ainsi élaboré et mis en œuvre des Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) qui comprennent pour chaque façade maritime une évaluation de la qualité des eaux marines (11 descripteurs associés, choisis par la France) et de l'impact environnemental des activités humaines sur les eaux concernées. Le PAMM précise notamment la définition du bon état écologique et les objectifs environnementaux à atteindre. Trois types d'objectifs se complètent pour rendre la stratégie opérationnelle : protéger et conserver les écosystèmes, prévenir et éliminer progressivement la pollution et contenir l'utilisation des services et biens marins. Le Grenelle de la mer, lancé en 2009, a aussi proposé au Gouvernement de nouveaux outils et cadres juridiques pour mieux appliquer cette directive en particulier la création de conseils maritimes de façade et de documents stratégiques de façade (DSF). Chaque DSF comprend un volet consacré à la mise en œuvre de la directive cadre, *via* le PAMM. La DCSMM est donc un outil de gestion du milieu marin très important d'autant plus qu'il permet une surveillance coordonnée des eaux entre les États membres. Cependant aucun des DROM n'est concerné car la directive se limite aux 4 sous-régions marines métropolitaines (Manche Est-Mer du Nord, Manche Ouest-Nord Atlantique, mer Méditerranée, Sud Atlantique). Comblar cette lacune représenterait donc un levier d'action considérable pour disposer des données de surveillance de l'eau du littoral et pour contribuer à la conservation des récifs.

- Directive relative au traitement des eaux résiduaires urbaines (DERU)

Cette directive concerne la collecte, le traitement et le rejet des eaux dans le but de protéger l'environnement.

Les agglomérations devaient être équipées de systèmes de collecte et d'assainissement des eaux au plus tard en 2005 pour celles dont l'équivalent habitant (EH) est supérieur à 2000 (dérogation pour Mayotte avec délai jusqu'en 2027 pour les systèmes obligatoires de collecte et traitement secondaire des eaux). Néanmoins, il resterait encore en France quelques agglomérations qui ne respectent toujours pas les délais fixés.

L'arrêté du 31 juillet 2020 modifiant l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5[2] fixe les prescriptions techniques s'appliquant aux collectivités. Le but est qu'elles puissent mettre en œuvre une gestion rigoureuse et pragmatique du patrimoine de l'assainissement, conforme aux enjeux de la directive relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, de la directive cadre sur l'eau, de la directive cadre stratégie milieu marin, la directive concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et la directive relative à la qualité requise des eaux conchylicoles. Il fixe des prescriptions techniques similaires s'appliquant aux maîtres d'ouvrage des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5.

- Directive Nitrates n°91/676/CEE

Cette directive a pour but de réduire la pollution des eaux par les nitrates et l'eutrophisation issus des activités agricoles et prévenir l'extension de ces pollutions. Les États membres doivent notamment désigner des zones vulnérables qui alimentent des eaux susceptibles d'être polluées par une teneur élevée en nitrates et touchées par l'eutrophisation. Elle donne donc des limites de concentrations maximales dans ses annexes. Les zones en amont des récifs pourraient donc être classées comme zones vulnérables et faire l'objet de programmes d'actions obligatoires. Des guides de bonnes pratiques agricoles doivent aussi être rédigés à destination des agriculteurs de la région.

- Directive n°2019/904/CE relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement

Une décision européenne récente vise à réduire la pollution due au plastique qui est une des sources de pollution marine majeure, plus de 80% des déchets marins étant en plastique selon la Commission Européenne [3]. En particulier sera interdite dès le 3 juillet 2021, la mise sur le marché des plastiques à usage unique tels que les pailles, les couverts, les assiettes, les gobelets, les cotons tiges (liste exhaustive dans l'Annexe I). En France, cette directive a été transposée en droit national par une loi qui interdit les plastiques à usage unique dès janvier 2020. Cette loi représente une action concrète pour réduire la pollution marine et pourrait servir de modèle pour les collectivités d'Outre-mer où le droit communautaire et national ne s'applique pas.

- Directive Oiseaux n°2009/147/CE et Directive Habitat, Faune et Flore n°92/43/CEE

Ensemble, ces deux directives prévoient la création du réseau de sites protégés européens Natura 2000. Les Pays membres peuvent désigner des « sites d'intérêts communautaires » où des réglementations spéciales doivent être prises pour empêcher la détérioration des espèces et de leur habitat. En 2018, le réseau Natura 2000 en France comptait 1776 sites dont 212 marins. Cependant, aucun de ses sites n'est présent en Outre-mer, le dispositif ne s'y appliquant pas. Comblé cette lacune en créant un réseau semblable en Outre-mer pourrait donc aider à la conservation des récifs

❖ Textes nationaux

Toutes les directives européennes sont transposées en droit national. Il existe tout de même quelques textes qui s'appliquent spécifiquement en France à la protection des récifs coralliens tropicaux français d'Outre-mer.

- Code de l'environnement

Le Code de l'environnement au Livre III Espaces Naturels, Titre III Parcs et Réserves, Chapitre IV Aires marines protégées dispose des réglementations applicables dans les aires marines protégées dont certaines contiennent des récifs coralliens. Il indique qu'il est nécessaire de limiter au maximum la pollution marine mais les dispositions sont focalisées sur la régulation des activités de pêches et touristiques. Le livre V Prévention des pollutions, des risques et des nuisances, Titre II Produits chimiques, biocides et substances à l'état nanoparticulaires réitère les dispositions du Règlement REACH pour l'évaluation, l'autorisation ou l'interdiction de

certaines substances chimiques qui pourraient affectées l'environnement. Le Livre VI Disposition applicables en Nouvelle Calédonie, en Polynésie française, à Wallis et Futuna, dans les terres australes et antarctiques françaises et à Mayotte précise que les compétences environnementales reviennent aux assemblées territoriales compétentes (à l'exception de Mayotte où l'État conserve le maximum de prérogatives en matière d'environnement). Le Code de l'environnement donne aussi les conditions d'autorisation et les normes à respecter pour les Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). La classification de ces installations peut servir à identifier quelles sont les sources de pollution potentielles et quelles sont les limites de rejets autorisées. Des mesures techniques pourraient être prises en conséquence s'il s'avérait que les normes ne sont pas bien respectées dans les DROM.

- Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages n°2016-1087

Elle représente la stratégie prise par la France pour mettre en œuvre la CDB (Convention sur la diversité biologique). L'article 113.2 (Annexe 1) prévoit ainsi d'élaborer dans le cadre de l'IFRECOR et sur la base d'un bilan de santé des récifs coralliens et des écosystèmes associés réalisé tous les cinq ans, un plan d'action contribuant à protéger 75% des récifs coralliens dans les Outre-mer d'ici 2021. Cela passerait notamment par l'interdiction des opérations de dragage des fonds marins à l'exception des opérations de dragage qui visent à assurer la continuité du territoire par les flux maritimes. Le plan d'action IFRECOR 2016-2020 est disponible depuis juin 2021. Il n'a pas de portée réglementaire mais il représente une source d'information exceptionnel pour des recommandations techniques au niveau local et régional. L'article 113.3 de la loi reconquête pour la biodiversité demande d'expérimenter la mise en place d'un réseau d'aires protégées s'inspirant du réseau Natura 2000.

Un Plan Biodiversité⁵³ a été déterminé pour appliquer la loi à travers diverses actions. Un objectif du plan est « Zéro plastique en mer d'ici 2025⁵⁴ », pour cela l'action 14 reprend la loi pour l'interdiction du plastique à usage unique. L'action 16 vise à favoriser l'expérimentation de la consigne pour les bouteilles en plastiques et les canettes et les collectivités participantes devraient se voir verser un soutien financier spécifique à la tonne collectée. L'action 18 a pour but d'améliorer la récupération des macro-déchets et des particules de plastiques avant qu'ils n'arrivent en mer. Enfin, l'action 35 stipule que, d'ici la fin du quinquennat, sera financée la création ou l'extension de 20 réserves naturelles nationales dont au moins deux en Outre-mer et en particulier le Parc naturel de la Mer de Corail porté par le gouvernement de Nouvelle-Calédonie. Cette loi a donc des objectifs très généraux et ambitieux et ne présente pas de dispositions contraignantes, ce qui diminue très fortement son efficacité. Néanmoins, ses objectifs peuvent servir de justification pour appuyer la proposition d'autres mesures réglementaires.

- Arrêté du 25 avril 2017 fixant la liste des coraux protégés en Guadeloupe, en Martinique et à Saint-Martin et les modalités de protection

Cet arrêté fixe la liste des coraux pour lesquels il est interdit la mutilation, la destruction, l'enlèvement (article 2.1) ainsi que le commerce et la détention (article 2.2). Ce texte de loi montre que les coraux sont des espèces menacées et à ce titre des dispositions peuvent être prises à travers les différents textes de lois mentionnés dans ce rapport tels que la création de

⁵³ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/18xxx_Plan-biodiversite-04072018_28pages_FromPdf_date_web_PaP.pdf

⁵⁴ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DGALN_plan-actions-zero-dechet-plastique_web.pdf

zone protégée (article 4 du Protocole SPAW (Specially Protected Areas and Wildlife) de la Convention de Carthage applicable à la zone de Caraïbes).

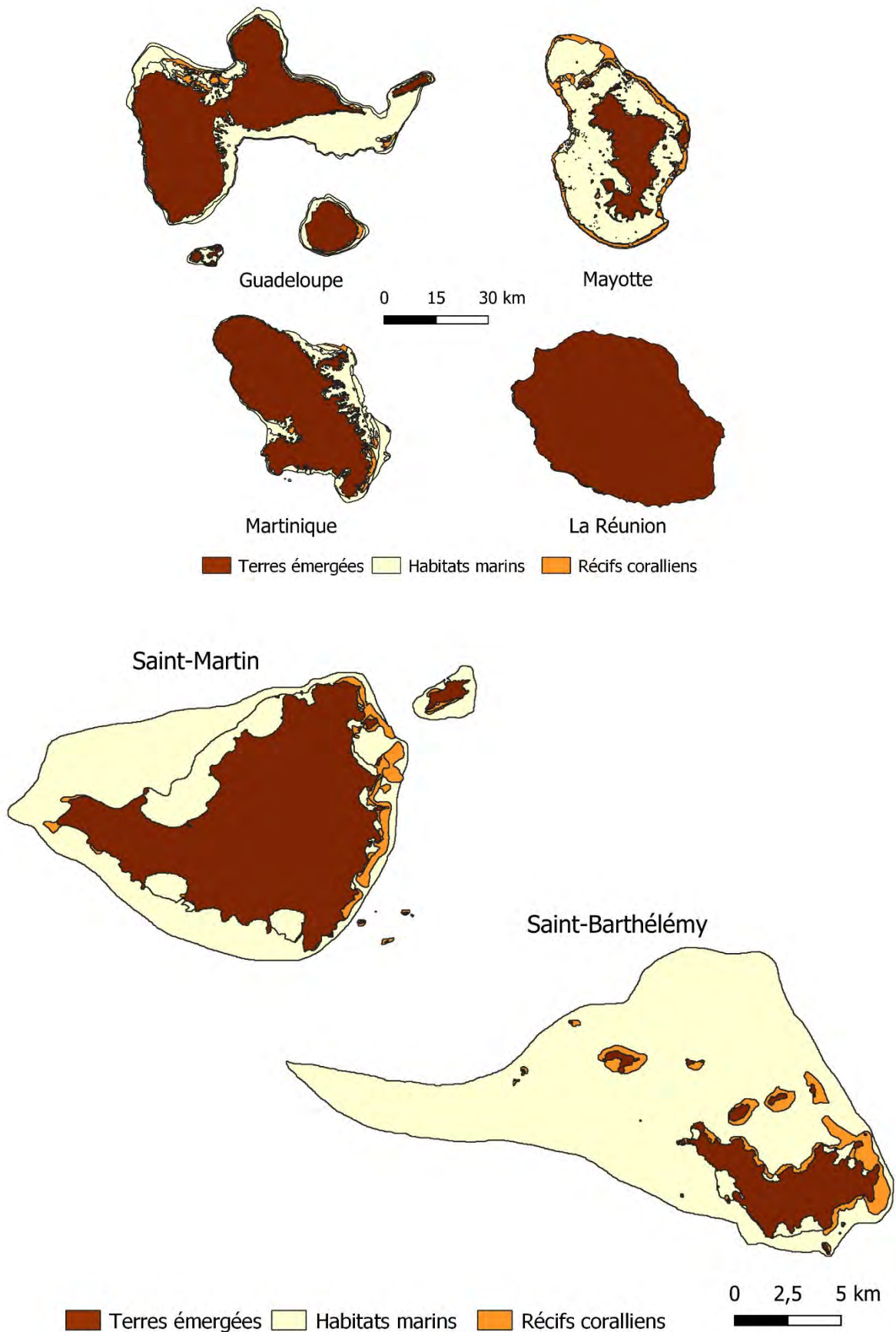
- Eaux de baignade

La réglementation relative aux eaux de baignades relève des dispositions fixées par la directive européenne n°2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive n°76/160/CEE. Cette directive a été transposée en droit français aux articles D.1332-14 à D.1332-38-1 du Code de la santé publique⁵⁵ (CSP).

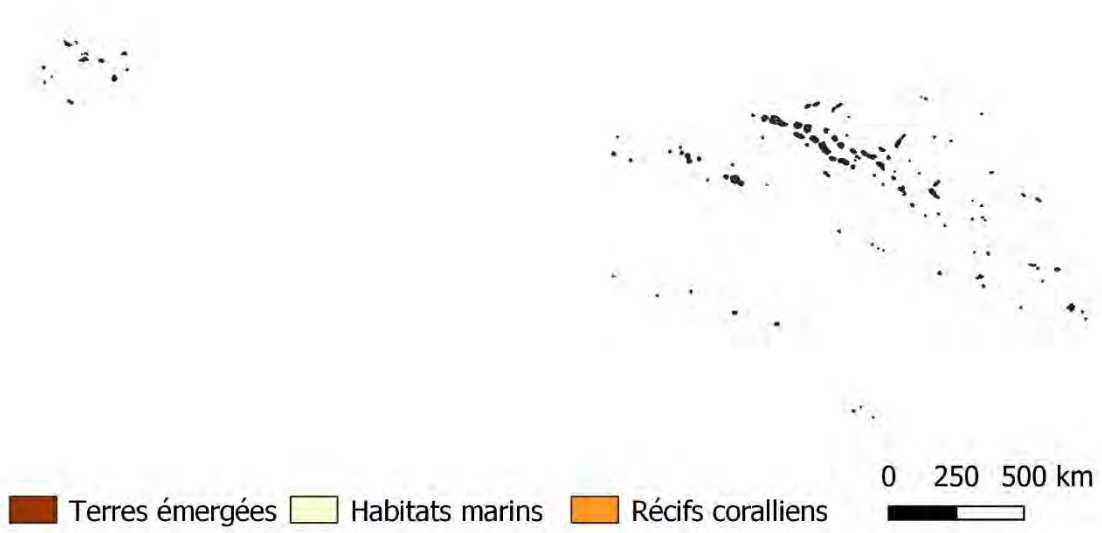
Le classement de la qualité des eaux de baignade est réalisé à la fin de la saison balnéaire de l'année en cours en utilisant les résultats d'analyse des paramètres réglementés dans le cadre du contrôle sanitaire. La qualité des eaux de baignade est déterminée sur la base de résultats d'analyses sur des échantillons prélevés en un point de surveillance défini par l'agence régionale de santé (ARS) et le gestionnaire de la baignade, dans la zone de fréquentation maximale des baigneurs. Conformément aux dispositions de la directive n°2006/7/CE, les paramètres réglementés sont les indicateurs *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux.

⁵⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGITEXT000006072665>

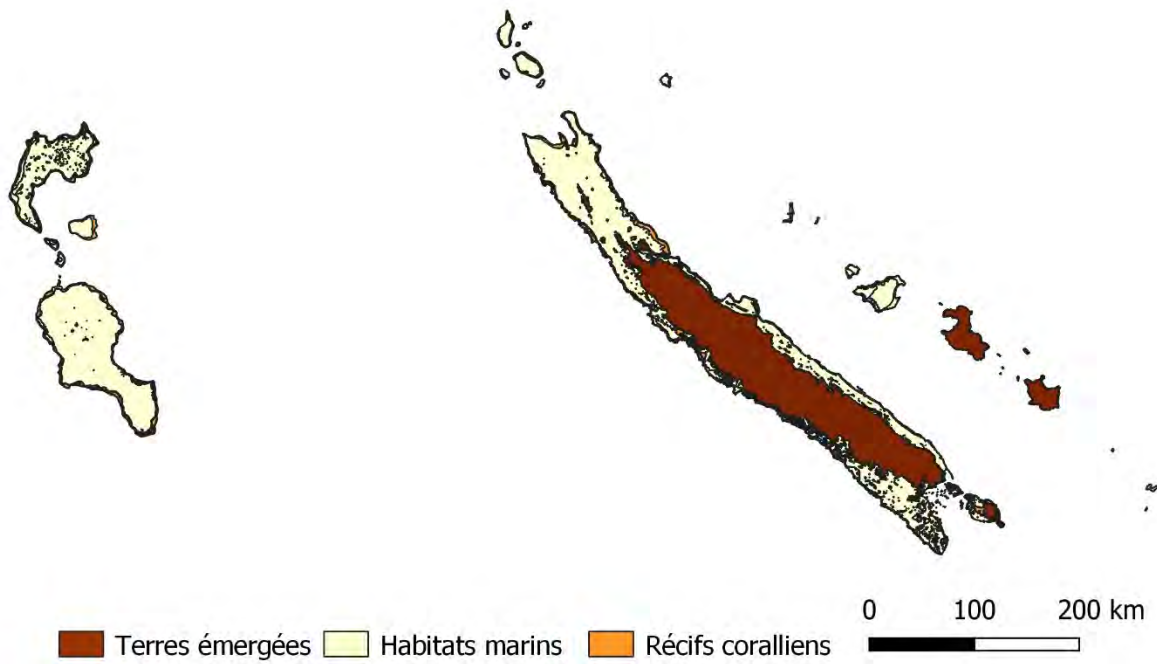
Annexe 3 : localisation des récifs coralliens dans les Outre-mer selon l'atlas MCRMP



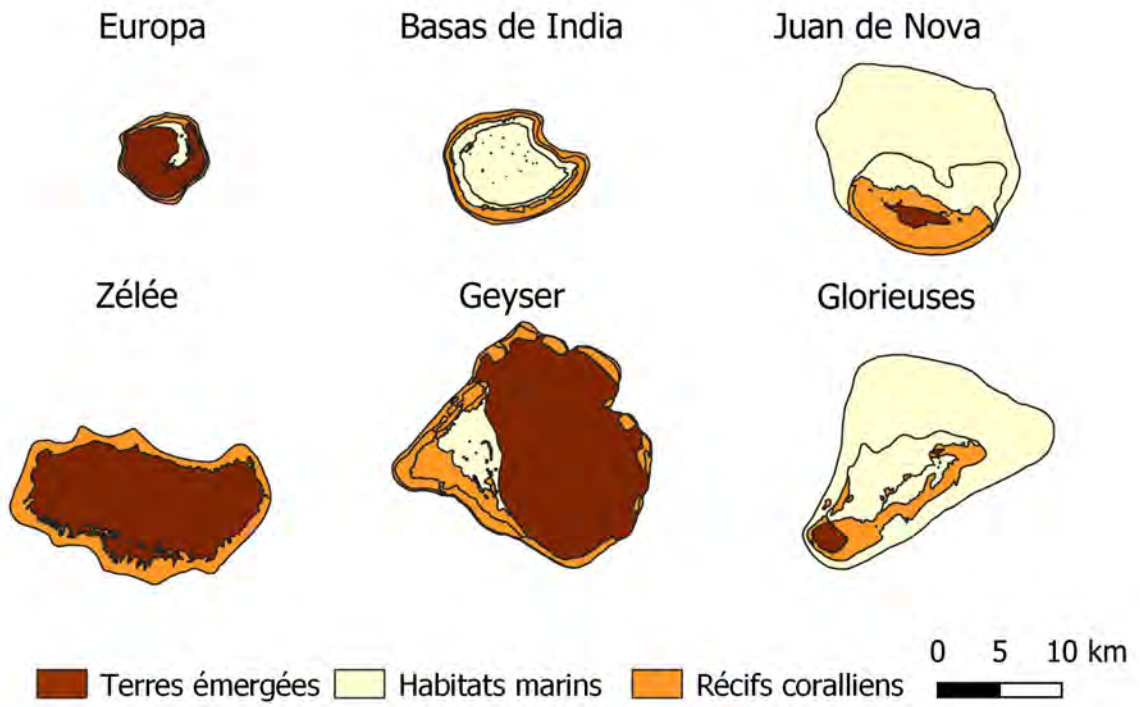
Polynésie française



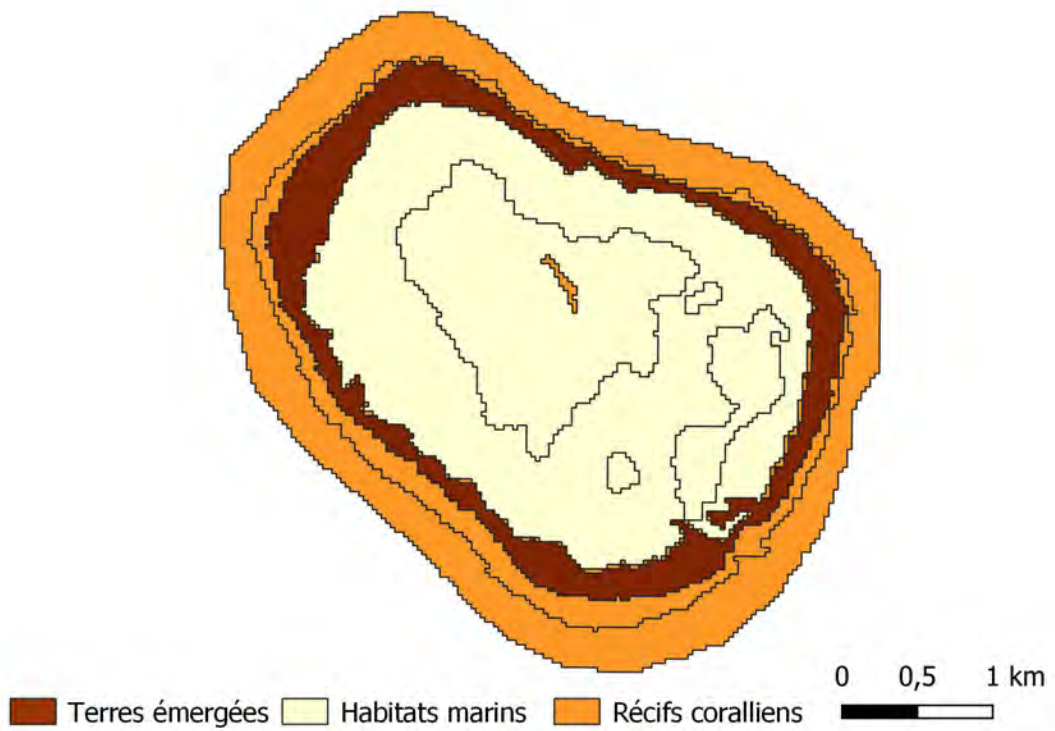
Nouvelle-Calédonie



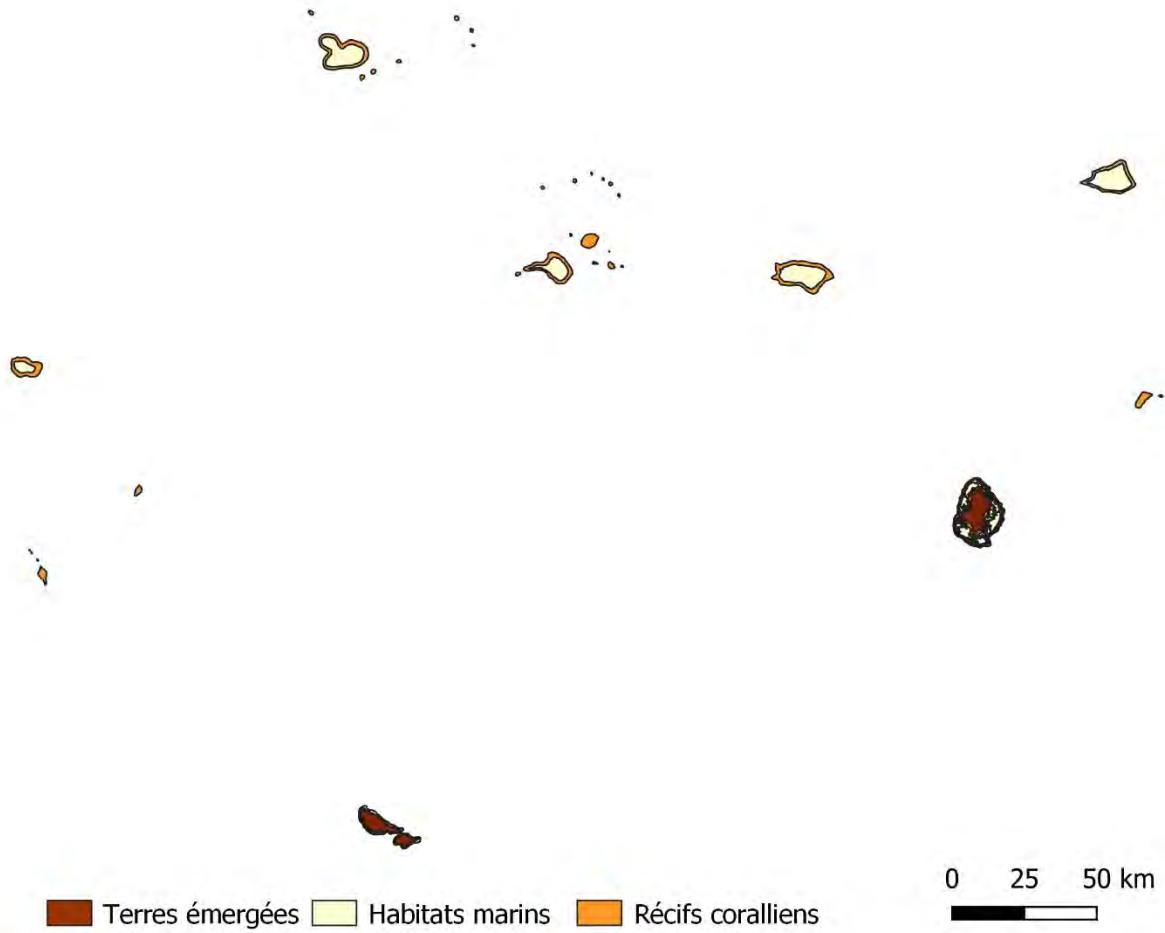
Iles Eparses



Clipperton



Wallis et Futuna



Annexe 4 : tableau présentant le détail des niveaux de confiance par couple contaminant/territoire

Groupe	Substance	Territoire	Confiance			
			Danger	Exposition	Risque	Totale
Filtres UV	Avobenzone	Eaux marines	--	-	++	-
Filtres UV	Benzophénone-1	Eaux marines	++	-	+	+
Filtres UV	Benzophénone-2	Eaux marines	++	-	++	+
Filtres UV	Benzophénone-3, Oxybenzone	Eaux marines	++	-	-	+
Filtres UV	Benzophénone-4	Eaux marines	++	-	-	-
Filtres UV	Benzophénone-8,dioxybenzone	Eaux marines	++	-	++	+
Filtres UV	Drométrizole trisiloxane (Mexoryl XL, Mex.XL)	Eaux marines	-	--	NA	NA
Filtres UV	EHMC (octinoxate OMC)	Eaux marines	++	-	-	+
Filtres UV	Enzacamene (4-MBC)	Eaux marines	--	-	-	-
Filtres UV	Salicylate de 2-éthylhexyle	Eaux marines	--	-	-	-
Filtres UV	Ethylhexyl triazone	NA	--	NA	NA	NA
Filtres UV	Homosalate	Eaux marines	--	-	NA	NA
Filtres UV	Mexoryl SX	NA	-	NA	NA	NA
Filtres UV	Octocrylène	Eaux marines	++	-	-	+
Filtres UV	Titanium dioxide	Eaux marines	--	-	NA	NA
Filtres UV	Zinc oxide	Eaux marines	--	-	+	-
Hydrocarbures	1-Méthyl-naphthalène	La Reunion	++	+	++	++
Hydrocarbures	1-Méthyl-naphthalène	Guadeloupe	++	+	++	++
Hydrocarbures	Anthracène	Mayotte	++	--	NA	NA
Hydrocarbures	Anthracène	Martinique	++	+	NA	NA
Hydrocarbures	Anthracène	La Réunion	++	+	NA	NA
Hydrocarbures	Anthracène	Guadeloupe	++	+	NA	NA
Hydrocarbures	Benzène	Guadeloupe	+	-	NA	NA
Hydrocarbures	Benzène	La Réunion	+	-	NA	NA
Hydrocarbures	Benzène	Mayotte	+	--	NA	NA
Hydrocarbures	Benzène	Martinique	+	--	NA	NA
Hydrocarbures	Benzo(a)pyrène	Mayotte	+	--	NA	NA
Hydrocarbures	Benzo(a)pyrène	Martinique	+	+	NA	NA
Hydrocarbures	Benzo(a)pyrène	La Réunion	+	+	NA	NA
Hydrocarbures	Benzo(a)pyrène	Guadeloupe	+	+	NA	NA

Hydrocarbures	Naphtalène	Mayotte	-	--	NA	NA
Hydrocarbures	Naphtalène	Martinique	-	+	NA	NA
Hydrocarbures	Naphtalène	La Réunion	-	+	NA	NA
Hydrocarbures	Naphtalène	Guadeloupe	-	+	NA	NA
Hydrocarbures	Phénanthrène	Martinique	++	+	NA	NA
Hydrocarbures	Phénanthrène	La Réunion	++	+	NA	NA
Hydrocarbures	Phénanthrène	Guadeloupe	++	+	NA	NA
Hydrocarbures	p-Xylène	La Réunion	-	--	NA	NA
Hydrocarbures	p-Xylène	Martinique	-	--	NA	NA
Hydrocarbures	Toluène	Guadeloupe	++	--	NA	NA
Hydrocarbures	Toluène	La Réunion	++	-	NA	NA
Hydrocarbures	Toluène	Martinique	++	--	NA	NA
Métaux	Aluminium	Mayotte	++	-	-	-
Métaux	Aluminium	Martinique	++	+	+	+
Métaux	Aluminium	La Réunion	++	++	-	+
Métaux	Aluminium	Guadeloupe	++	+	+	+
Métaux	Cadmium	Mayotte	-	--	++	+
Métaux	Cadmium	Martinique	-	++	++	+
Métaux	Cadmium	La Réunion	-	+	++	+
Métaux	Cadmium	Guadeloupe	-	+	++	+
Métaux	Cobalt	Mayotte	-	--	-	-
Métaux	Cobalt	Martinique	-	++	NA	NA
Métaux	Cobalt	La Réunion	-	++	NA	NA
Métaux	Cobalt	Guadeloupe	-	+	NA	NA
Métaux	Cuivre	Mayotte	++	-	+	+
Métaux	Cuivre	Martinique	++	++	+	++
Métaux	Cuivre	La Réunion	++	++	+	++
Métaux	Cuivre	Guadeloupe	++	+	+	+
Métaux	Fer	Mayotte	++	-	++	+
Métaux	Fer	Martinique	++	++	-	+
Métaux	Fer	La Réunion	++	++	+	+
Métaux	Fer	Guadeloupe	++	+	+	+
Métaux	Manganèse	Mayotte	++	--	-	-
Métaux	Manganèse	Martinique	++	++	-	+
Métaux	Manganèse	La Réunion	++	++	-	+

Métaux	Manganèse	Guadeloupe	++	+	-	+
Métaux	Mercure	Guadeloupe	--	-	++	-
Métaux	Mercure	La Réunion	--	--	++	-
Métaux	Mercure	Mayotte	--	--	++	-
Métaux	Mercure	Martinique	--	--	++	-
Métaux	Nickel	Mayotte	++	-	++	+
Métaux	Nickel	Martinique	++	++	++	++
Métaux	Nickel	La Réunion	++	++	++	++
Métaux	Nickel	Guadeloupe	++	+	++	++
Métaux	Plomb	Mayotte	++	--	++	+
Métaux	Plomb	Martinique	++	++	+	++
Métaux	Plomb	La Réunion	++	++	++	++
Métaux	Plomb	Guadeloupe	++	+	++	++
Métaux	Vanadium	Guadeloupe	++	-	-	-
Métaux	Vanadium	Mayotte	++	-	-	-
Métaux	Vanadium	Martinique	++	-	-	-
Métaux	Zinc	Mayotte	++	--	++	+
Métaux	Zinc	Martinique	++	++	++	++
Métaux	Zinc	La Réunion	++	++	-	+
Métaux	Zinc	Guadeloupe	++	+	+	+
Pesticides	2,4-D	Guadeloupe	--	-	++	-
Pesticides	2,4-D	La Réunion	--	-	++	-
Pesticides	2,4-D	Mayotte	--	--	++	-
Pesticides	2,4-D	Martinique	--	-	++	-
Pesticides	atrazine	Mayotte	++	--	NA	NA
Pesticides	atrazine	Martinique	++	+	NA	NA
Pesticides	atrazine	La Réunion	++	+	NA	NA
Pesticides	atrazine	Guadeloupe	++	+	NA	NA
Pesticides	Carbaryl	Guadeloupe	++	--	-	
Pesticides	Carbaryl	La Réunion	++	--	++	+
Pesticides	Carbaryl	Mayotte	++	--	-	
Pesticides	Carbaryl	Martinique	++	--	-	
Pesticides	Chlordecone	Martinique	--	+	-	-
Pesticides	Chlordecone	La Réunion	--	+	-	-
Pesticides	Chlordecone	Guadeloupe	--	+	-	-

Pesticides	Chlorothalonil	Guadeloupe	-	--	++	-
Pesticides	Chlorothalonil	La Réunion	-	--	++	-
Pesticides	Chlorothalonil	Martinique	-	--	++	-
Pesticides	Chlorpyrifos	Mayotte	+	--	-	
Pesticides	Chlorpyrifos	Martinique	+	+	-	+
Pesticides	Chlorpyrifos	La Réunion	+	+	-	
Pesticides	Chlorpyrifos	Guadeloupe	+	+	-	
Pesticides	Cyanure	Guadeloupe	+	--	-	
Pesticides	Cyanure	La Réunion	+	--	++	+
Pesticides	Cyanure	Mayotte	+	--	-	
Pesticides	Cyanure	Martinique	+	--	-	
Pesticides	Diazinon	Mayotte	-	--	++	-
Pesticides	Diazinon	Martinique	-	+	++	+
Pesticides	Diazinon	La Réunion	-	+	++	+
Pesticides	Diazinon	Guadeloupe	-	+	++	+
Pesticides	Dibutyl étain	La Réunion	--	--	NA	NA
Pesticides	Dibutyl étain	Martinique	--	-	NA	NA
Pesticides	dichlorvos	Mayotte	--	--	+	
Pesticides	dichlorvos	Martinique	--	--	+	
Pesticides	dichlorvos	La Réunion	--	+	+	
Pesticides	dichlorvos	Guadeloupe	--	+	+	
Pesticides	diuron	Mayotte	++	--	++	+
Pesticides	diuron	Martinique	++	+	++	++
Pesticides	diuron	La Réunion	++	+	++	++
Pesticides	diuron	Guadeloupe	++	+	++	++
Pesticides	Endosulfan	Guadeloupe	++	-	NA	NA
Pesticides	Endosulfan	La Réunion	++	--	NA	NA
Pesticides	Endosulfan	Mayotte	++	--	NA	NA
Pesticides	Endosulfan	Martinique	++	--	NA	NA
Pesticides	Fipronil	Guadeloupe	-	-	++	+
Pesticides	Fipronil	Martinique	-	-	++	+
Pesticides	Fipronil	La Réunion	-	+	++	+
Pesticides	Glufosinate	Guadeloupe	-	--	NA	NA
Pesticides	Glufosinate	La Réunion	-	--	NA	NA
Pesticides	Glufosinate	Mayotte	-	--	NA	NA

Pesticides	Glufosinate	Martinique	-	--	NA	NA
Pesticides	Glyphosate	Guadeloupe	+	--	++	+
Pesticides	Glyphosate	Mayotte	+	--	++	+
Pesticides	Glyphosate	Martinique	+	-	++	+
Pesticides	Glyphosate	La Réunion	+	+	++	+
Pesticides	Imidaclopride	Mayotte	-	--	++	-
Pesticides	Imidaclopride	Martinique	-	+	++	+
Pesticides	Imidaclopride	La Réunion	-	+	++	+
Pesticides	Imidaclopride	Guadeloupe	-	+	++	+
Pesticides	Cybutryne (Irgarol 1051)	Mayotte	++	--	-	-
Pesticides	Cybutryne (Irgarol 1051)	Martinique	++	+	+	+
Pesticides	Cybutryne (Irgarol 1051)	La Réunion	++	+	++	++
Pesticides	Cybutryne (Irgarol 1051)	Guadeloupe	++	+	++	+
Pesticides	Monobutyl étain	La Réunion	--	--	NA	NA
Pesticides	Monobutyl étain	Martinique	--	-	NA	NA
Pesticides	Monuron	Guadeloupe	--	-	-	
Pesticides	Monuron	La Réunion	--	--	NA	NA
Pesticides	Monuron	Martinique	--	-	-	
Pesticides	Naled	Guadeloupe	+	--	-	
Pesticides	Naled	Martinique	+	--	-	
Pesticides	Perméthrin	Guadeloupe	++	--	-	
Pesticides	Perméthrin	Martinique	++	--	-	
Pesticides	Profénofos	Guadeloupe	++	--	-	
Pesticides	Profénofos	La Réunion	++	--	++	+
Pesticides	Profénofos	Martinique	++	--	-	
Pesticides	Propiconazole	Martinique	-	+	++	+
Pesticides	Propiconazole	La Réunion	-	+	++	+
Pesticides	Propiconazole	Guadeloupe	-	+	++	+
Pesticides	TBT	Guadeloupe	++	--	++	+
Pesticides	TBT	Martinique	++	--	-	



AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél : 01 42 76 40 40
www.anses.fr — @Anses_fr