



REMPAR

RÉSEAU MACROPOLLUANTS, MICROPOLLUANTS
& MICROORGANISMES DU BASSIN D'ARCACHON

PESTICIDES
10 ANS D'EXPERTISE



LES AUTRES LIVRETS :



QUANTIFIER
LA PRÉSENCE DANS LES EAUX



CONNAÎTRE
LES USAGES SUR LE TERRITOIRE
ET SES BASSINS VERSANTS



COMPRENDRE
LES EFFETS SUR L'ÉCOSYSTÈME AQUATIQUE



SUSCITER
ET ACCOMPAGNER LES ÉVOLUTIONS



PARTAGER
LES INFORMATIONS

PESTICIDES, 10 ANS D'EXPERTISE SUR LE TERRITOIRE

- 1 • LA QUESTION DES PESTICIDES : ENJEUX ET DÉFIS
- 2 • UN RÉSEAU D'EXPERTISE LOCAL
- 3 • EMPREINTE EN PESTICIDES ORGANIQUES ET DYNAMIQUE GLOBALE
- 4 • LES PHYTOSANITAIRES
- 5 • LES BIOCIDES
- 6 • LES APPORTS DE L'ÉCOTOXICOLOGIE
- 7 • CONCLUSION : UNE VIGIE NÉCESSAIRE

1 • LA QUESTION DES PESTICIDES : ENJEUX ET DÉFIS

LES PESTICIDES, POURQUOI S'Y INTÉRESSER ?

Le terme pesticide désigne une grande quantité de composés et de mélanges de composés qui visent à lutter contre des organismes vivants considérés comme nuisibles pour les activités humaines ou la santé publique : insectes ravageurs, champignons parasites, herbes concurrentes, rongeurs, poux, puces, algues et faune aquatique composant les bio-salissures (fouling)... Près de 3 000 produits commerciaux s'utilisent de façon régulière en France, contenant plus de 400 molécules actives et divers adjuvants. Même s'il existe quelques substances naturelles, utilisées parfois depuis l'antiquité, les pesticides sont majoritairement des produits de synthèse récents, issus du développement de la chimie organique du XX^e siècle.

Le risque qu'ils constituent pour l'environnement, par exemple celui du Bassin d'Arcachon, dérive de leurs fonctions premières, puisqu'ils peuvent engendrer involontairement des dommages sur des organismes vivants non cibles, végétaux comme animaux.

La détection de leur présence et la mesure de leurs concentrations s'avèrent des éléments de connaissances majeurs pour tenter d'expliquer certains désordres, et agir au mieux, à l'image de ce qui a pu se faire précédemment sur les produits azotés lors du développement de blooms de macroalgues observés au début des années 90.

Le recensement des molécules à rechercher dans le milieu s'avère une étape cruciale. La difficulté de cette tâche réside dans la multiplicité des usages et des sources (agricole, industrielle, domestique, nautique...) et, in fine, dans celle des voies d'introduction de ces contaminants dans les eaux douces et marines. L'interprétation de l'évolution spatiale et temporelle des concentrations dans le milieu est également complexifiée par le fait que ces apports sont ou non en phase avec la période d'application des produits : transportés par l'air ou les précipitations, stockés temporairement dans le sol et libérés à la faveur d'événements climatiques, infiltrés dans la nappe d'eau souterraine...

PLUSIEURS RÉGLEMENTATIONS ET DE TRÈS NOMBREUSES MOLÉCULES

Les pesticides répondent de 4 réglementations différentes selon leurs usages :

- Les **produits phytopharmaceutiques** (1107/2009 CE) qui désignent les substances destinées à protéger les végétaux cultivés dans un but agricole ou non agricole (jardins, espaces verts...).
- Les **produits biocides** (528/2012 CE) qui désignent les substances destinées à protéger les biens et les denrées. Ils regroupent plus d'une vingtaine d'usages (rodenticides, désinfectants des surfaces, protection des bois, antifouling, protection des textiles...).
- Les **antiparasitaires à usage humain** (83/2001 CE) et **ceux à usage vétérinaire** (82/2001/82 CE) qui regroupent les vermifuges, anti-puces, anti-poux, etc.

Une même molécule peut être autorisée pour un usage et interdite pour un autre. Pour exemple, le diuron, interdit comme phytosanitaire en 2008, est toujours autorisé en tant que biocide dans les enduits de façade. La prise en compte de ces éléments est très importante pour comprendre la présence persistante d'une molécule dans les eaux et cibler sa véritable source.

Il faut aussi prendre en compte les métabolites de chacune de ces molécules, c'est-à-dire les produits (molécules « filles ») issus de la dégradation dans l'environnement des molécules qui ont été appliquées (molécules « mères »).

2 • UN RÉSEAU D'EXPERTISE LOCALE SUR LES PESTICIDES

UN RÉSEAU FÉDÉRATEUR

Après plusieurs études ponctuelles et conscients des effets potentiels de ces molécules dans les eaux du Bassin d'Arcachon, l'IFREMER et le SIBA ont imaginé pérenniser une vigilance sur ces composés.

Un réseau, initialement nommé REPAR (REseau sur les Pesticides au niveau du bassin d'ARcachon), devenu REMPLAR en 2020, est ainsi né, il y a plus de 10 ans, de la volonté conjointe des élus des communes riveraines et d'organismes scientifiques (CNRS/Université de Bordeaux, Ifremer, INRAE), appuyés par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, les SAGEs, la DRAAF, le PNRLG et le Département.

Le réseau s'est rapidement structuré autour de 5 grandes thématiques d'actions :

- Connaître les usages sur le bassin versant ;
- Quantifier les présences dans les eaux ;
- Comprendre les effets sur l'écosystème aquatique ;
- Susciter et accompagner les évolutions ;
- Partager les informations.

Ce réseau ne cesse de s'enrichir de partenaires et interlocuteurs pour mener à bien ces actions et faire progresser l'expertise collective locale.



Figure 1. Partenaires et interlocuteurs du réseau

LES ACTIONS



L'objectif de cette action est de savoir quelles sont les substances utilisées sur le territoire du Bassin d'Arcachon, et de comprendre comment et pourquoi elles le sont.

Des enquêtes de pratiques sont ainsi menées auprès des différents utilisateurs potentiels de biocides et phytosanitaires. Pour chacune d'elle, afin de consolider les résultats, sont interrogés d'une part les professionnels qui fournissent les produits, d'autre part les particuliers ou exploitants qui les utilisent.

Cette connaissance oriente les suivis chimiques sur une liste pertinente de molécules à rechercher dans les eaux.

De plus, ces enquêtes sont l'occasion de créer du lien avec les usagers, en vue d'actions conjointes sur les changements de pratique.

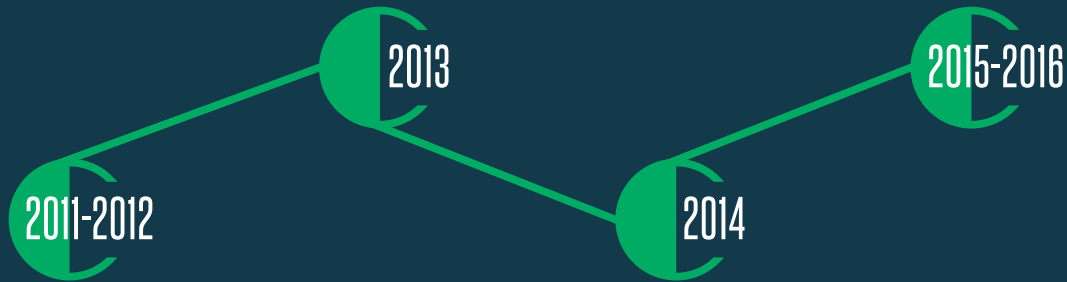
Les liens établis avec les professionnels lors de ces enquêtes permettent par la suite de mettre à jour régulièrement nos connaissances d'éventuelles nouvelles molécules à suivre.

NAUTISME

Près de 700 plaisanciers
et ostréiculteurs, 30 professionnels
des antifouling ;
Jardins = 300 particuliers et une dizaine
de jardineries interrogés

CONSTRUCTION

Réponse de près de 60 entreprises
sur le territoire du SIBA



AGRICULTURE ET SYLVICULTURE

60 % de la surface agricole
du bassin versant enquêtée

ESPACES VERTS

L'ensemble des communes
du SIBA et du Val de l'Eyre enquêtés

Figure 2. Les différents domaines d'utilisation des pesticides déjà enquêtés sur le territoire (d'autres usages pourront être enquêtés dans le futur comme par exemple les antiparasitaires vétérinaires)



QUANTIFIER

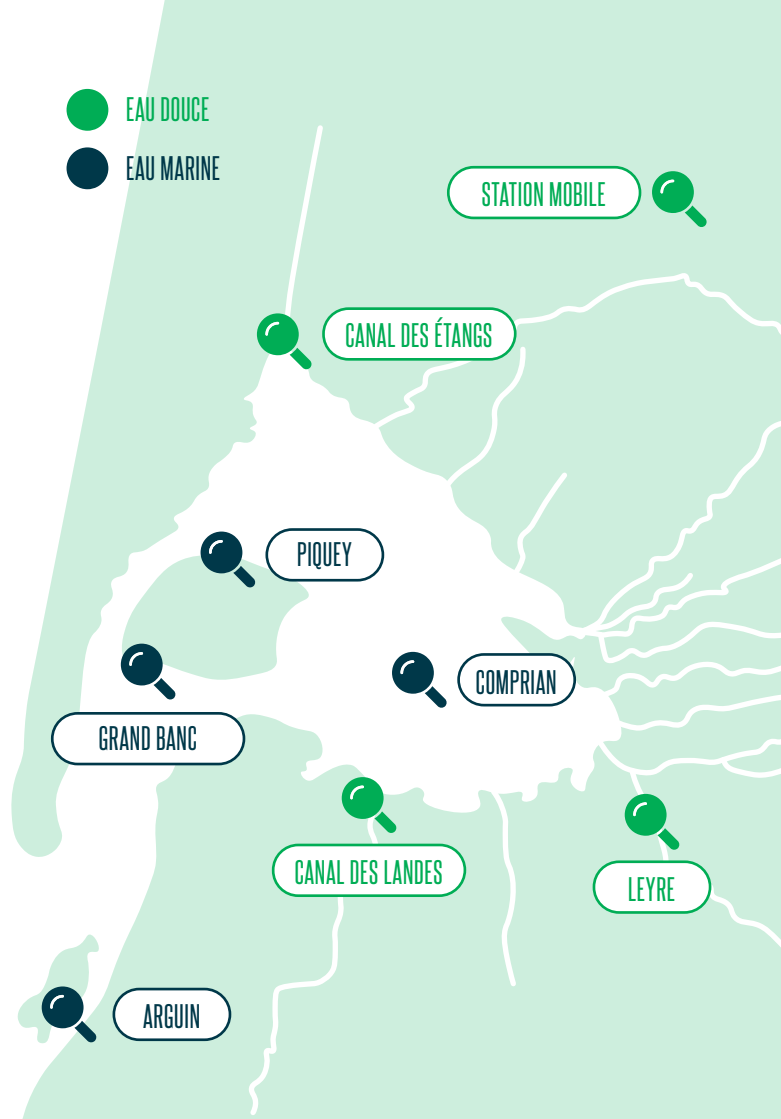
LA PRÉSENCE DANS LES EAUX

Afin de cartographier et suivre l'évolution temporelle des concentrations en pesticides dans les eaux du Bassin d'Arcachon ainsi que dans les cours d'eau de son bassin versant, des prélèvements ont lieu toute l'année à marée basse, au minimum une fois tous les 2 mois.

Les points d'échantillonnage permanents sont situés dans différents secteurs du Bassin d'Arcachon ainsi que dans les principaux cours d'eau afférents.

D'autres points de suivi (« stations mobiles ») sont temporaires, mis en place pour répondre à des questions particulières (Ruisseau du bourg, Ponteils, Bétéy...) sur des périodes plus ou moins longues.

-  EAU DOUCE
-  EAU MARINE



L'analyse des échantillons récoltés est confiée au LPTC (Laboratoire de Physico et Toxico-Chimie de l'environnement) de l'UMR EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux) de l'Université de Bordeaux, laboratoire de pointe dans la recherche des composés organiques, dont les pesticides, dans les eaux. En effet, la grande majorité des composés recherchés appartient au groupe des contaminants organiques.

Quelques composés inorganiques, notamment métalliques, sont cependant utilisés comme pesticides. C'est en particulier le cas du cuivre, qui a donc fait l'objet d'un suivi particulier et dont les analyses ont été confiées au laboratoire UT2A (Ultra-Traces Analyses Aquitaine) basé à Pau.

Le réseau s'est appuyé, pour cartographier la présence et quantifier les teneurs des molécules de type pesticides dans les eaux du territoire, sur un déploiement d'envergure des prélèvements et sur des laboratoires de pointe permettant de détecter les molécules recherchées à de très faibles concentrations.

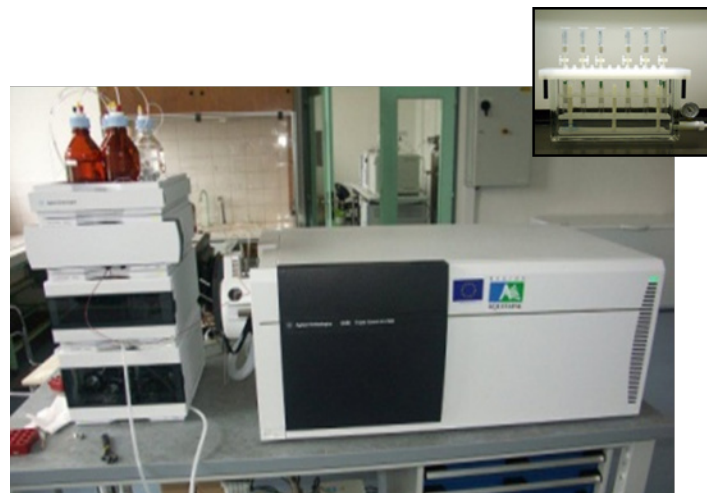


Figure 3. Technique d'extraction et d'analyse utilisée pour la quantification des pesticides organiques (SPE-LC/MS/MS).



COMPRENDRE

LES EFFETS SUR L'ÉCOSYSTÈME AQUATIQUE

L'écotoxicologie étudie les effets des polluants sur les êtres vivants (animaux, végétaux, micro-organismes) et les écosystèmes.

La littérature scientifique contient des données relatives à la toxicité des pesticides sur différentes espèces cibles

(végétales et animales). Toutefois, même s'ils constituent une indication précieuse quant aux seuils de toxicité des substances sur les différents composants de la flore et de la faune, ces résultats ne permettent pas d'apprécier directement l'impact du mélange de contaminants sur les communautés qui peuplent le Bassin d'Arcachon (effet cocktail).

OBSERVATION MICROSCOPIQUE

Test écotoxicologique basé sur le développement de la larve D de l'huître (crédit photos Ifremer)



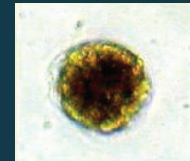
Larve D « normale »
(V. Dupin)



Larve D concave
(V. Dupin)



Larve D échancrée
(V. Dupin)



Larve D « monstrueux »
(V. Dupin)

Cette action s'est, dans un premier temps, concentrée sur la conduite de tests standardisés utilisant le phytoplancton ou les premiers stades larvaires de l'huître creuse comme cibles, cultivés ou élevés en présence d'eau de mer prélevée dans le Bassin.

En parallèle, le réseau soutient des projets de recherche spécifiques sur les effets des principaux pesticides retrouvés sur le territoire.

Ainsi, l'équipe d'Écotoxicologie Aquatique (UMR EPOC – Université de Bordeaux) conduit des études en laboratoire en s'intéressant aux malformations et aux atteintes au matériel génétique de stades larvaires précoces de l'huître, élevés en présence des principaux pesticides détectés dans le Bassin.

De manière innovante, cette équipe explore également les atteintes « comportementales » en étudiant comment les contaminants de type pesticides peuvent impacter les trajectoires de nage des larves d'huîtres et ainsi influencer leur capacité à survivre et se fixer.

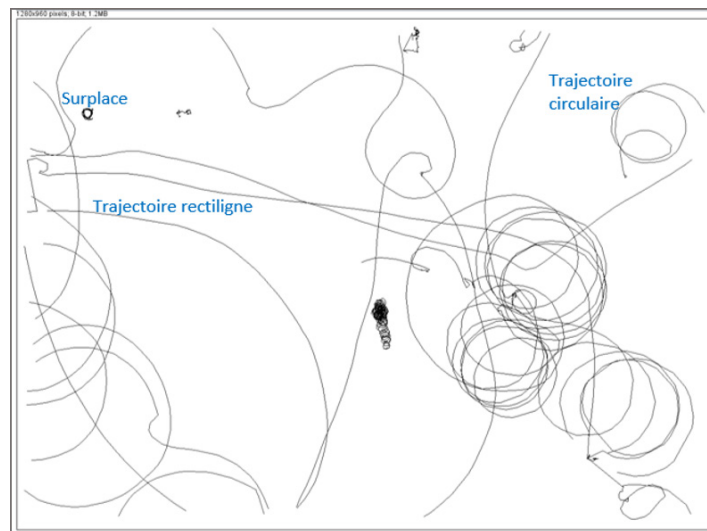


Figure 4. Enregistrement de l'activité de nage de larves D d'huîtres en présence de pesticides (les larves normales ont une trajectoire rectiligne) (crédit EA – UMR EPOC)



SUSCITER
ET ACCOMPAGNER LES ÉVOLUTIONS

Le réseau est né de la volonté de ses membres d'aller au-delà des études ponctuelles en assurant un suivi chimique pérenne mais surtout en réfléchissant aux moyens de réduire à la source les apports en pesticides.

Les enquêtes de pratiques conduites par le réseau jouent à cet égard un rôle important en permettant d'établir des liens avec les usagers.

Le SIBA s'interdit toute forme de démarche moralisatrice, mais s'attache à exposer de manière objective, à chaque type d'utilisateur, l'empreinte en pesticide qu'il génère sur le territoire. En partant d'un constat partagé, ce sont les utilisateurs et professionnels eux-mêmes qui initient des changements de pratiques à la fois vertueux pour l'environnement et soutenables pour eux. Le SIBA est alors là pour les accompagner dans leurs expérimentations et leurs démarches.



Herbisemis permettant de réduire l'apport en pesticides (GRCETA-SFA)



Enherbement d'un cimetière dans le cadre de l'objectif zéro phyto (commune d'Andernos-les-Bains)



Les résultats obtenus dans les différentes actions du réseau font l'objet de communications scientifiques de la part des équipes de recherche associées.

À l'attention du grand public, le SIBA organise des rendus réguliers sous la forme de journées de restitution. L'ensemble des présentations faites lors de ces journées sont disponibles sur le site internet du SIBA.



Restitution lors de la journée « l'eau en partage » en 2019.

En 2020, le SIBA a achevé un long travail pour la mise en ligne, via son site internet et le logiciel dédié ENKI, de l'ensemble des résultats d'analyses chimiques du réseau pesticide soit plus de 100 000 données, en complément des rapports déjà archivés dans la bibliothèque environnementale.

Il s'agit de données « brutes », nécessitant une expertise forte pour leur interprétation. Le SIBA, en collaboration avec les partenaires scientifiques du réseau, se tient disponible pour répondre à toutes questions concernant ces données et leur interprétation.

<https://www.siba-bassin-arcachon.fr/qualite-de-l-eau>



3 • EMPREINTE EN PESTICIDES ORGANIQUES DU TERRITOIRE ET DYNAMIQUE GLOBALE

Durant ces dix dernières années, plus d'un millier d'échantillons ont été récoltés par les équipes du SIBA et analysés par l'UMR EPOC (Université de Bordeaux).

EMPREINTE

Pour faciliter les comparaisons des profils de contamination, les résultats de deux sites caractéristiques sont présentés dans ce paragraphe : la Leyre, tributaire principal du Bassin qui présente une empreinte caractéristique du bassin versant agricole du Bassin d'Arcachon et le site de Grand Banc, localisé dans la partie ouest du Bassin d'Arcachon, à proximité de son ouvert, et donc plutôt sous influence océanique.

Sur 100 molécules recherchées dans le cadre du réseau, une cinquantaine a été détectée au moins une fois et une trentaine de manière récurrente.

Les composés majoritaires sur ces deux sites sont le métolachlore, herbicide utilisé en maïsiculture, et ses produits de dégradation (métolachlore OA et ESA).

Il est important de noter que le terme de Métolachlore regroupe en fait les deux énantiomères de cette substance, le R-métolachlore et le S-métolachlore. Tous deux ont fait l'objet d'usages phytosanitaires mais actuellement seul ce dernier est encore autorisé. Les analyses chimiques ne permettent pas, en première intention, de distinguer les deux molécules. Ainsi, dans la suite du document, toute référence au « métolachlore » sera à considérer comme étant la somme R-métolachlore + S-métolachlore.

Les produits de dégradation de l'atrazine et de l'acétochlore sont également bien présents. Ces deux substances, de la même famille que le S-métolachlore, étaient également utilisées comme herbicides en agriculture. Ils sont interdits depuis 2003 pour l'atrazine et 2013 pour l'acétochlore.

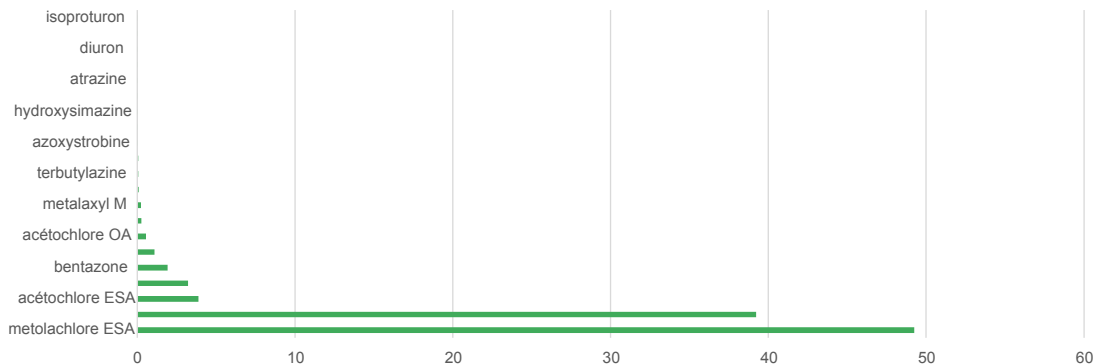
La présence des produits de dégradation de ces molécules signe donc une contamination ancienne et une certaine capacité de stockage et de relargage ultérieur des sols.

Enfin, il est à noter la présence, au niveau des sites intrabassins tel que Grand Banc, de molécules spécifiquement utilisées dans les peintures antisalissures pour les coques de bateaux :

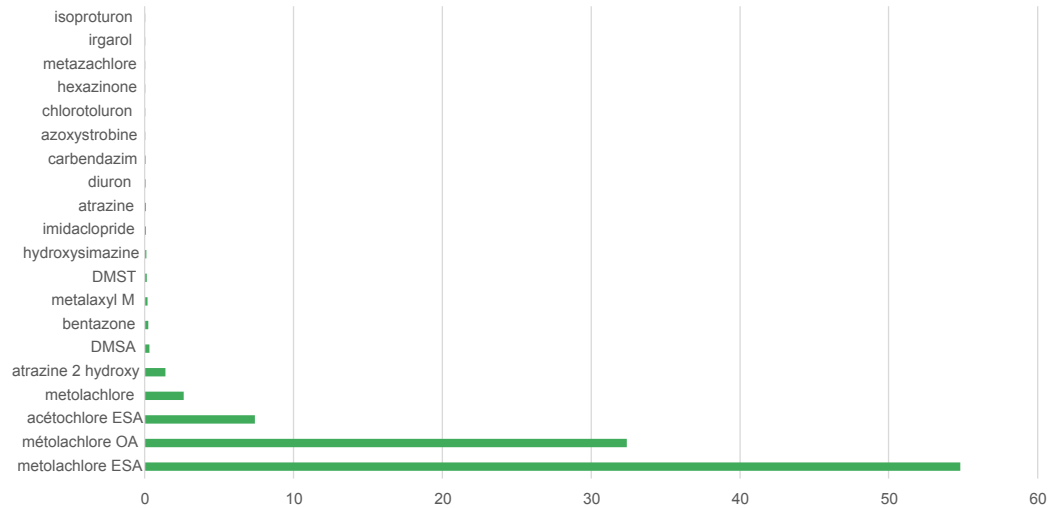
la cybutryne (Irgarol) et le produit de dégradation du Tolyfluanide (DMST).

Les proportions relatives des différentes molécules ont globalement peu évolué depuis 10ans.

Empreinte de contamination du site de la Leyre exprimée en % de chaque pesticide par rapport au total quantifié - Année 2019



Empreinte de contamination du site de Grand Banc exprimée en % de chaque pesticide par rapport au total quantifié - Année 2019



CARTOGRAPHIE SPATIALE

La contamination globale en pesticides (somme de toutes les molécules pesticides recherchées) des eaux du Bassin d'Arcachon est moindre que celle des cours d'eau (quelques dizaines de nanogrammes par litre en eaux marines contre quelques centaines de nanogrammes par litre en eaux douces), traduisant le fait que les principaux apports en termes de quantités proviennent des tributaires et qu'ils sont dilués par les eaux océaniques.

L'apport le plus important en termes de flux se fait par la Leyre qui combine des concentrations significatives en pesticides avec des débits importants (environ 20 m³/s en moyenne, variant de 3 à 225 m³/s).

Cependant, il faut noter que certains petits cours d'eau côtiers comme le ruisseau du Bourg ou le Ponteils peuvent présenter périodiquement des concentrations importantes en pesticides.

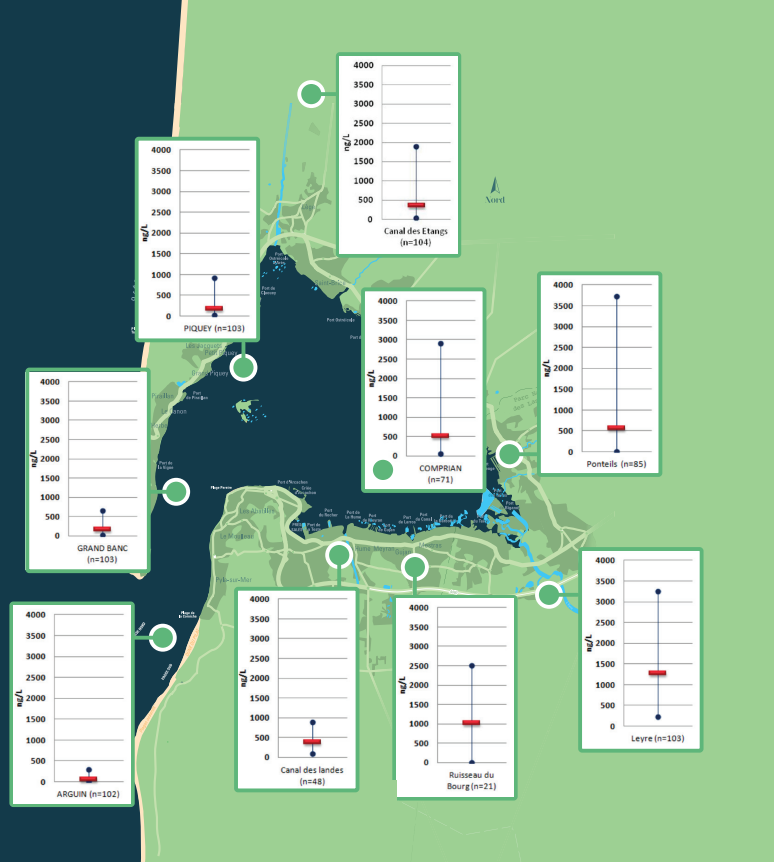


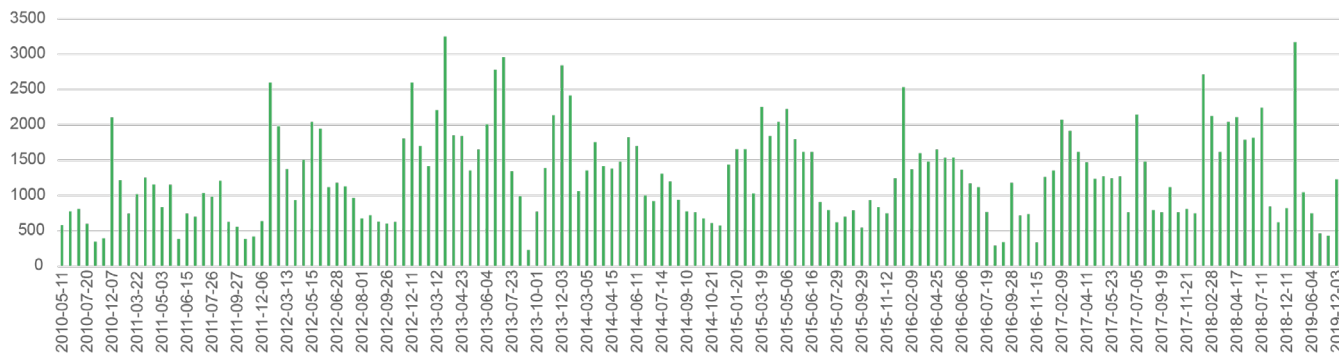
Figure 5. Spatialisation de la concentration en pesticides sur les différents points d'échantillonnage du territoire. (Minimum-Moyenne-Maximum des 10 ans) par rapport à la concentration totale.

DYNAMIQUE TEMPORELLE

Si l'on considère la variation des concentrations dans le temps, par exemple sur la Leyre, les données sur 10 ans confirment la présence d'un pic de contamination printanier lié à une application des phytosanitaires sur les cultures.

Un autre pic de concentration est également observé sur la période hivernale, c'est-à-dire hors de la période d'application de phytosanitaires agricoles. Ce second pic de contamination correspond à des périodes pluvieuses générant des remontées des nappes d'eau souterraines superficielles de l'hydrosystème du Bassin. L'une des hypothèses possibles est que ces nappes souterraines superficielles sont alors drainées par les tributaires du Bassin et les réalimentent en pesticides.

Évolution de la somme des pesticides quantifiés de 2010 à 2019 (ng/L) - Leyre



Sur la période étudiée (2010-2019), aucune tendance forte ne se dégage en termes de baisse ou de hausse globale (somme de toutes les molécules recherchées) et les évolutions constatées pour le moment semblent davantage en lien avec la pluviométrie plus ou moins importante selon les années. Le tableau ci-contre donne un aperçu global des évolutions entre la période 2010-2011 d'une part et 2018-2019 d'autre part, sur les principales molécules quantifiées à Grand Banc. La comparaison des concentrations moyennes pour ces deux périodes montre une stabilité (en bleu) ou une baisse (en vert) des taux mesurés sur la quasi-totalité des molécules.

Seul le Métolachlore ESA semble avoir une tendance à la hausse (en orange). Cependant les variations annuelles du metolachlore ESA sont très dépendantes de la pluviométrie (la période 2010-2011 étant beaucoup plus « sèche » que 2018-2019). Par ailleurs, il s'agit du métabolite le plus stable dans le temps. Des études sur le compartiment « sol » et la dynamique de transfert des métabolites du métolachlore seraient nécessaires pour évaluer l'empreinte des pratiques passées sur les concentrations en métolachlore ESA actuellement retrouvées.

GRAND BANC	2010-2011	2018-2019	Commentaire
Isoproturon	0.2 ng.L-1	0.1 ng.L-1	Récemment interdit (2017) + encore biocide
Cybutrine (Irgarol)	1.3 ng.L-1	0.3 ng.L-1	Récemment interdit (2018)
Metazachlore	0.1 ng.L-1	0.1 ng.L-1	
Hexazinone	0.2 ng.L-1	0.3 ng.L-1	
Chlorotoluron	0.1 ng.L-1	0.3 ng.L-1	
Azoxystrobine	0.7 ng.L-1	0.3 ng.L-1	
Carbendazime	0.5 ng.L-1	0.5 ng.L-1	Biocide
Diuron	1 ng.L-1	0.6 ng.L-1	
Atrazine	0.6 ng.L-1	0.6 ng.L-1	
Imidaclopride	15.5 ng.L-1 (avec pics >50)	0.7 ng.L-1	Le niveau de « fond » est équivalent mais il n'y a plus de pics (usages espaces verts/jardins ?)
Hydroxysimazine	0.2 ng.L-1	0.3 ng.L-1	
DMST (tolylfluanide)	3.4 ng.L-1	0.4 ng.L-1	Biocide
Bentazone	-	1 quantification à 2 ng.L-1	
DMSA (dichlofluanide)	1.2 ng.L-1	0.7 ng.L-1	Biocide
Atrazine - 2-Hydroxy	3.4 ng.L-1	2.2 ng.L-1	
Metolachlore	1.9 ng.L-1	4.3 ng.L-1	
Metolachlore OA	23 ng.L-1	57 ng.L-1	Forte influence de la pluviométrie
Metolachlore ESA	33 ng.L-1	103 ng.L-1	Forte influence de la pluviométrie

Figure 6. Tendances entre la période 2010-2011 et la période 2018-2019 pour les principales molécules quantifiées.

4 • LES PHYTOSANITAIRES

UTILISATION EN « ZONES NON AGRICOLES »

Les enquêtes réalisées en 2013 auprès des jardinerie et des particuliers jardiniers amateurs avaient montré une large méconnaissance du grand public vis-à-vis des risques, aussi bien sanitaires qu'environnementaux, liés à l'application des phytosanitaires.

Les herbicides, et plus particulièrement le glyphosate, arrivaient largement en tête des produits utilisés en fréquence et en quantité.

À la suite de ces enquêtes, une opération de communication sur les techniques de jardinage alternatives, évitant l'usage des pesticides, avait été organisée en 2014 et 2015, en partenariat avec la DRAAF (Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt) avec une exposition et des animations lors de la semaine européenne pour les alternatives aux pesticides et lors des fêtes de la Nature et des Jardins dans plusieurs communes du territoire.

De manière plus pérenne, le SIBA s'est associé avec la Maison de la Nature du Bassin d'Arcachon, pour la réalisation, chaque année, d'une vingtaine d'animations en milieu scolaire pour sensibiliser aux risques liés à l'utilisation de pesticides de synthèse pour l'environnement aquatique.



Animation dans une classe de CM1 en 2019

La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a interdit, depuis le 1^{er} janvier 2019, la vente aux particuliers ainsi que la détention et l'utilisation par ces derniers, de tous les produits phytopharmaceutiques, à l'exception des produits de biocontrôle, des produits à faible risque et des produits dont l'usage est autorisé dans le cadre de l'agriculture biologique.

Concernant l'utilisation des phytosanitaires dans les espaces communaux, le bilan réalisé par le SIBA en 2013 montrait qu'en termes de quantités et de fréquence d'application, les herbicides étaient également majoritaires et en particulier le glyphosate.

Or, les prélèvements réalisés en intra-bassin et dans les cours d'eau ne montre la présence ni du glyphosate ni de son principal métabolite, l'AMPA, à des concentrations détectables malgré sa large utilisation sur le bassin versant.

Il semblerait que, sur notre territoire, le sol joue pour cette molécule un rôle important de stockage et de dégradation.

En effet, lorsque les analyses sont effectuées au niveau d'ouvrages de collecte des eaux pluviales ou de ruisseaux très urbains, par temps de pluie ; situations dans lesquelles le compartiment sol est court-circuité par l'imperméabilisation des sols ou la présence de tuyaux, le glyphosate et l'AMPA sont systématiquement détectés.

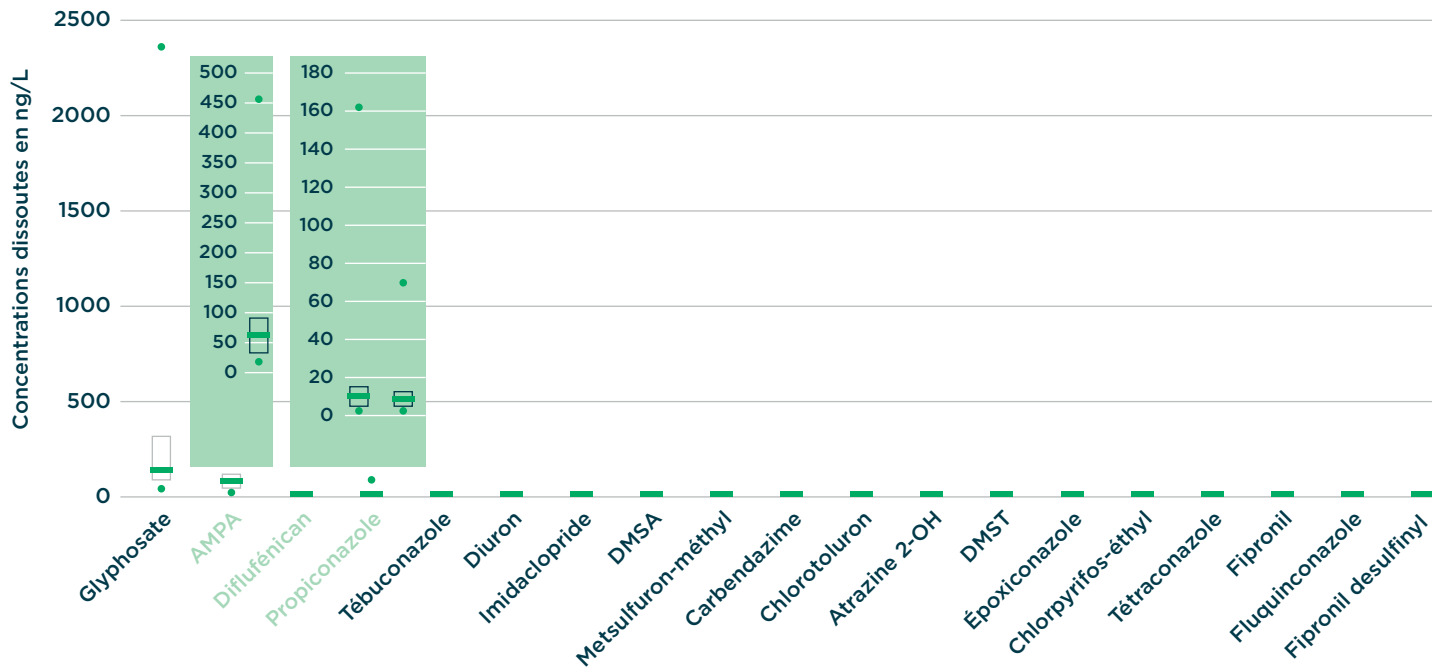


Figure 7. Concentrations dissoutes en pesticides dans les eaux pluviales (en ng.L-1) mesurées en entrée d'un bassin d'infiltration des eaux pluviales. n = 25 prélèvements. Représentation des minima, maxima, médianes, 1^{er} et 3^e quartiles.

L'influence directe d'application de phytosanitaires en zone urbaine est également illustrée par la figure 8 : Les pics observés en diflufénican (herbicide anti-germinatif) au cours de l'année 2016 ont pu être mis en lien avec l'application d'un produit contenant cette molécule sur les trottoirs à la mi-mars, ce qui est cohérent avec le pic observé en avril dans les eaux pluviales. Les autres pics décroissants observés par la suite correspondent aux lessivages successifs des résidus de diflufénican sur les voiries, cette molécule étant considérée comme non facilement biodégradable.

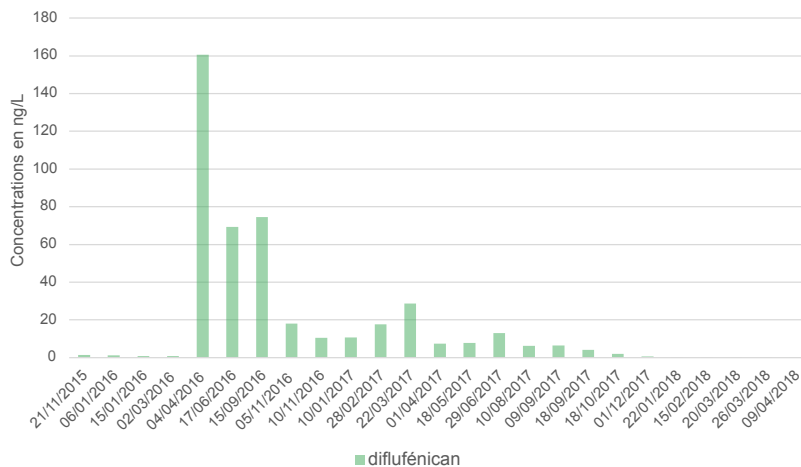


Figure 8. Concentrations dissoutes (ng.L-1) en diflufénican sur l'intégralité des prélèvements réalisés sur un bassin d'infiltration des eaux pluviales.

Dès 2008, le SIBA a accompagné les communes dans la réduction de l'utilisation des phytosanitaires dans les espaces communaux, à travers la formation des agents aux techniques alternatives au désherbage. Ainsi entre 2008 et 2016, la quantité de désherbants utilisée par les communes a ainsi été réduite de près de 70 %.

La loi n°2014-110 du 6 février 2014 visant à mieux encadrer l'utilisation des produits phytosanitaires, dite loi Labbé, et modifiée par l'article 68 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et la loi Pothier, interdit, depuis le 1^{er} janvier 2017, l'utilisation par les collectivités des phytosanitaires de synthèse pour l'entretien des espaces verts, des forêts, des voiries ou des promenades accessibles ou ouvertes au public.

Les communes du territoire ont choisi dès 2017 de s'engager plus fortement dans une ambitieuse démarche « Zéro pesticide » incluant les cimetières et terrains de sport, espaces encore non visés par la loi à ce moment là.

{Il est à noter qu'un nouvel arrêté du 15 janvier 2021 interdit l'utilisation de ces produits à partir du 1^{er} juillet 2022 par exemple dans les cimetières et columbariums, les parcs

d'attractions et les équipements sportifs (sauf terrains de grands jeux, pistes d'hippodromes et terrains de tennis sur gazon, dont accès maîtrisé et réservé aux utilisateurs, échéance au 1^{er} janvier 2025). Cette nouvelle réglementation vient ainsi confirmer le territoire dans l'orientation qu'il avait prise.}

Pour ce faire le SIBA continue son accompagnement des agents et élus des communes à travers des ateliers techniques et la co-construction de Plan de Gestion Différenciée des espaces communaux (4 finalisés à Andernos-les-Bains, Lège-Cap Ferret, Lanton, Le Teich, 2 en cours d'élaboration à Mios, et La Teste-de-Buch).



Figure 9. Logo de la démarche zéro pesticide sur le territoire du Bassin d'Arcachon.

UTILISATION EN AGRICULTURE

Les enquêtes menées en 2012 ont montré une prédominance, en termes de quantités épandues, de trois herbicides : S-métolachlore, bentazone et glyphosate.

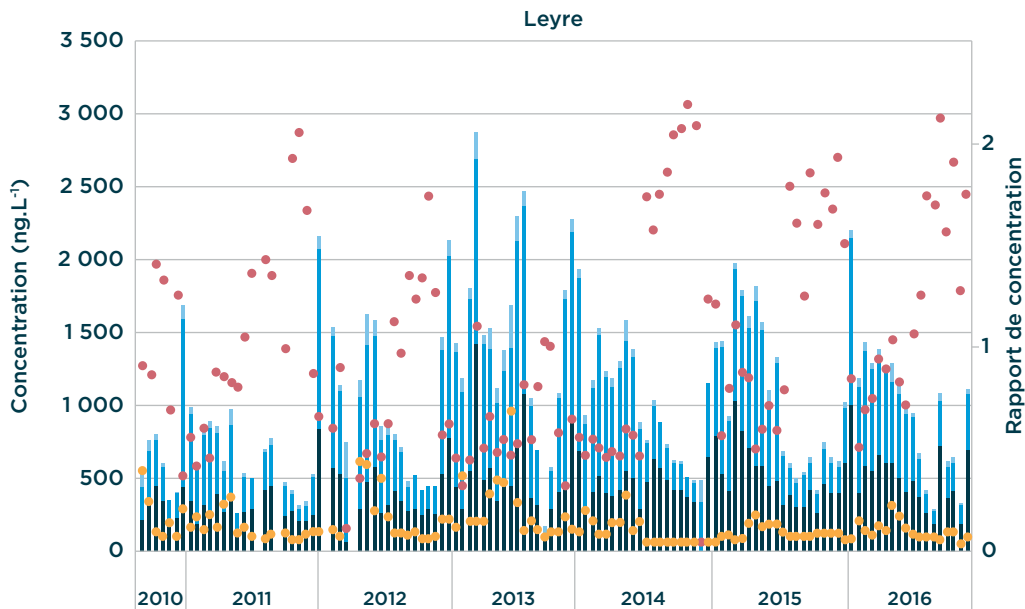
Comme déjà évoqué, sur notre territoire, le glyphosate et ses produits de dégradation sont piégés par les sols, et leur présence dans les eaux se limite aux échantillons récoltés dans les ruisseaux urbains par temps de pluie et les ouvrages de collecte des eaux de pluie. Son empreinte d'origine agricole, d'après les suivis ponctuels réalisés dans la Leyre notamment, semble inexistante.

Si l'on considère la variation temporelle des concentrations du métolachlore, la principale molécule retrouvée en termes de quantité, les suivis confirment la présence d'un **pic de contamination printanier** lié à des usages du S-métolachlore en pré levée ou en post levée sur des parcelles de maïs. Ce pic printanier est corrélé avec une hausse du rapport de concentration « SAM », défini comme le rapport des concentrations du métolachlore (la molécule épandue) et du métolachlore ESA (son principal métabolite).

Le **pic de contamination hivernal** n'est pas concomitant d'une période d'épandage du S-métolachlore sur les champs, comme l'illustre l'absence d'augmentation du rapport « SAM » pendant ce pic hivernal. Il est alors probable que ce contaminant, stocké dans les sols des bassins versants agricoles pendant la période d'épandage, soit repris par la nappe dont le niveau s'élève pendant l'hiver et drainé vers les eaux superficielles.

Le réseau a permis la mise en place d'un partenariat fort entre le SIBA et le GRCETA-SFA (Groupement de Recherche sur les Cultures et Techniques Agricoles des Sols Forestiers d'Aquitaine), groupement professionnel créé par les agriculteurs de la Haute Lande et dont les exploitations adhérentes représentent 60 % de la surface agricole du bassin versant du Bassin d'Arcachon. Le GRCETA est pionnier dans l'expérimentation de techniques permettant la réduction des intrants phytosanitaires. Il plébiscite notamment l'herbisemis, permettant d'effectuer le traitement uniquement sur le rang lors du semis.

Avec le soutien de Syngenta (détentrice du brevet sur le S-métolachlore), le SIBA, le GRCETA et l'Université de Bordeaux ont conduit une étude visant à comparer la contamination de la nappe souterraine superficielle par le S-métolachlore et ses métabolites au niveau d'une parcelle de maïs traitée classiquement et d'une parcelle traitée en herbisemis.



Les résultats acquis montrent que la technique d'herbicides permet une réduction de l'impact des épandages sur l'hydrosystème par rapport à la méthode classique.

Pour les deux traitements, on constate une métabolisation très rapide dans les sols du S-métolachlore qui n'est quasiment pas retrouvé en tant que molécule mère.

Par contre, des prélèvements réalisés jusqu'à 2 ans après les derniers traitements au S-métolachlore sur ces parcelles montrent une contamination résiduelle durable, ce qui appuie l'hypothèse d'un stockage important dans les sols et accreditte l'hypothèse d'une remobilisation par la nappe.

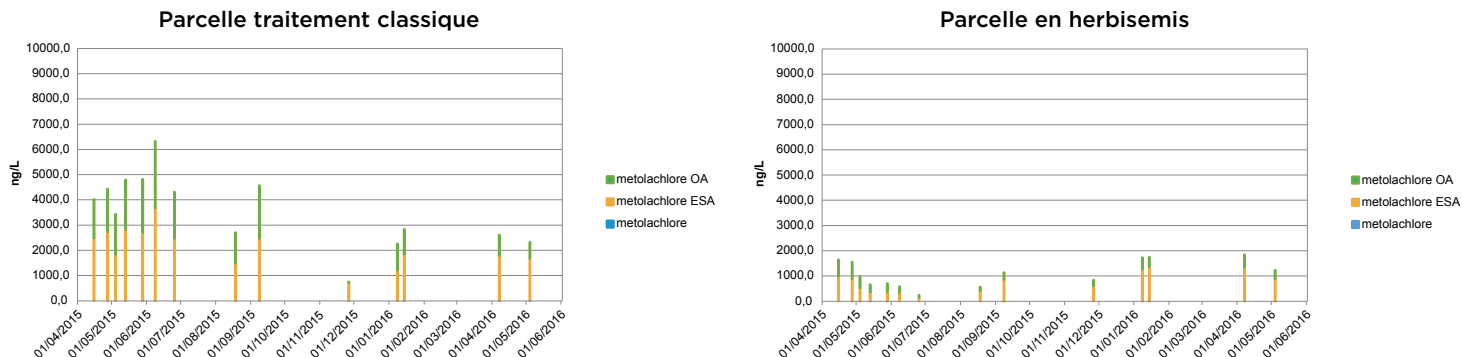


Figure 10. Concentration en S-métolachlore et ses métabolites lors de prélèvements sur une année dans des piézomètres implantés sur les parcelles agricoles : A) parcelle en traitement classique ; B) parcelle en herbisemis.

5 • LES BIOCIDES

UTILISATION DANS LES PEINTURES ANTISALISSURES

Une enquête de pratique a été menée auprès des plaisanciers et professionnels du nautisme en 2013. À cette occasion, la quantité annuelle de peinture antisalissure utilisée sur le Bassin a été estimée entre 11 500 et 15 000 Litres, quantité peu différente de celles estimées à la fin des années 1990 par l'Ifremer (9400 à 11000 Litres).

Neuf des dix biocides autorisés à cette époque en tant qu'antifouling étaient utilisés sur le Bassin avec une forte prédominance de l'oxyde de cuivre. Il s'agit généralement de molécules spécifiques à l'usage « antifouling ». Il est à noter que la cybutrine (Irgarol) était encore achetée par les particuliers à cette date.

Cependant aucun des chantiers professionnels enquêtés n'avait déclaré l'utiliser. De plus, de nombreux produits qui contenaient auparavant de la cybutrine ont changé de composition en 2011. La pression médiatique due aux inquiétudes soulevées par cette molécule très toxique pour la flore, dont les teneurs dans les eaux étaient relativement élevées au milieu des années 2000, et les démarches des élus du territoire du Bassin d'Arcachon (Questions à l'Assemblée en 2011, au Sénat en 2013), ont donc eu une influence directe sur l'utilisation de cette molécule avant même son interdiction en 2016.

Nom « vernaculaire »/Nom « légal »	Concentrations dans les peintures	Fréquence
Oxyde cuivreux	10 à 60 %	Presque tous produits
Tolylfluanide/ Dichloro -N- [(diméthylamino) sulfonyl] fluoro-N- (ptolyl) méthanesulfenamide	0,1 à 5 %	Très fréquent
Thiocyanate de cuivre	2,5 à 25 %	Peintures blanches et pour bateaux en aluminium
Irgarol/ N'-tert-butyl-N-cyclopropyl-6- (méthylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine	1 à 2 %	Près de 1 000 L
Dichlofluanide	2,5 à 10 %	
Zinèbe	1 à 2,5 %	
Pyrithione zincique	1 à 10 %	
Cuivre pyrithione/ Bis (1-hydroxy-1H-pyridine-2-thionato-O,S)	2,5 à 10 %	
Cuivre (métallique)	0,5 à <25 %	Peu fréquent

Figure 11. Liste des biocides à usages antifouling retrouvés dans l'enquête de 2013.

Le suivi du cuivre, composant majoritaire des peintures antisalissure, est effectué en réalisant des prélèvements d'eau réguliers (6 campagnes/an) depuis 2013 sur les mêmes points que le suivi des autres pesticides. Ce suivi a été complété par la mise en place de capteurs passifs immergés pour des périodes de 10 jours à 2 semaines au niveau de Comprian, Grand Banc et Piquey, entre le 15 juillet et le 15 août (été) ; en octobre (automne) et en février (hiver).

Le résultat de ces suivis permet de mettre en évidence une augmentation saisonnière des teneurs en cuivre en été, en lien avec l'activité nautique (Figure 11). Par ailleurs, le site de Piquey présente les plus fortes hausses de concentration estivale. Pour ce site de Piquey, l'extrapolation des concentrations dissoutes en Cu à partir des concentrations labiles mesurées par les échantillonneurs passifs (DGT) conduit à des teneurs de 0,9 Qg/L durant la période estivale, légèrement supérieures à la PNEC (seuil de toxicité) pour les eaux marines proposée par l'INERIS (0,8 Qg/L),.

Un travail de mise en parallèle de ces données « eaux » avec l'augmentation du cuivre dans les huîtres suivies par Ifremer dans le cadre du Réseau ROCCH est en cours.

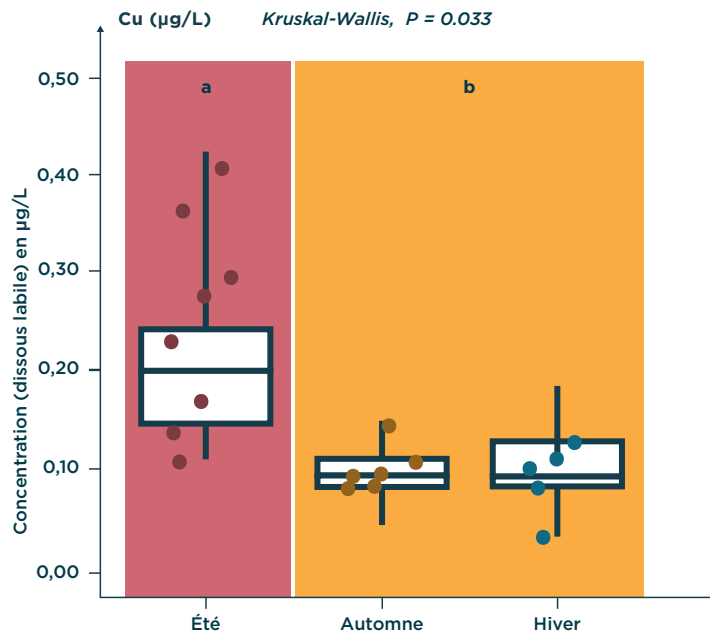
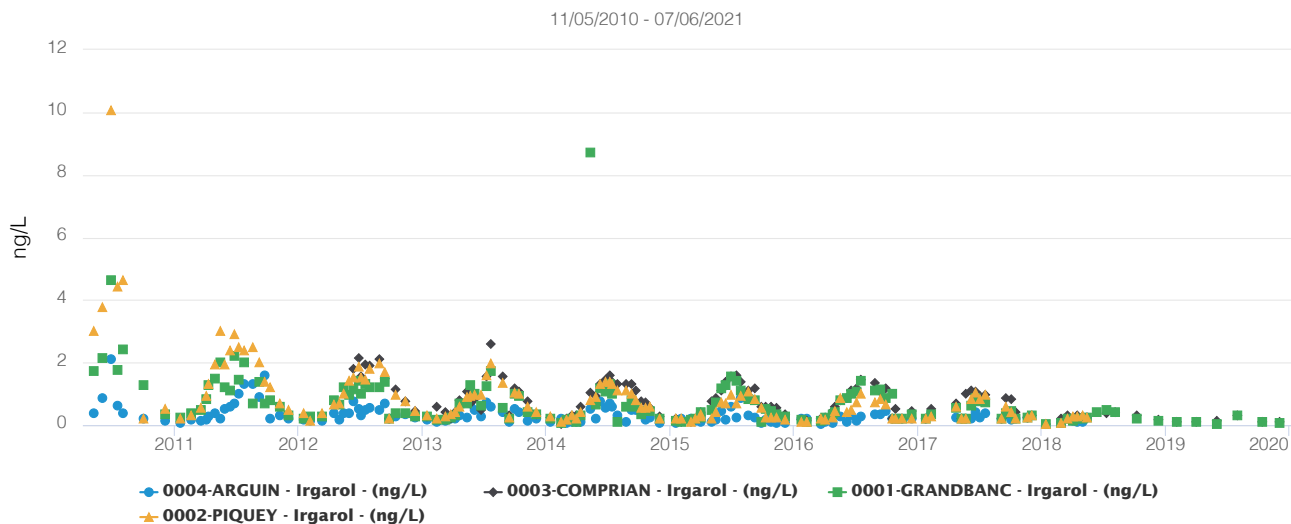


Figure 12. Concentrations dissoutes labiles en cuivre dans les capteurs passifs - DGT (analyse de l'effet saison, tous sites confondus).

On constate en parallèle que certaines molécules organiques comme la cybutryne, dont l'usage a diminué fortement à partir de 2011, ont vu leur concentration intra-bassin décroître rapidement.



Highcharts.com

Figure 13. Évolution de la concentration en Cybutryne en intrabassin entre 2010 et 2021.

UTILISATION EN PROTECTION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

En 2016, des investigations ont porté sur les produits utilisés par les professionnels de la construction et du bâtiment exerçant sur le Bassin d'Arcachon : professionnels du bois, de la lutte anti-termite, de la maçonnerie et de la peinture. Les conclusions de cette enquête indiquent que la plupart des produits type peintures de façade, lasures et films anti-termites contiennent des molécules de biocides, destinées à garantir la protection des enduits de façades et des bois extérieurs contre les ravageurs et les moisissures.

Des analyses effectuées au niveau d'un ruisseau urbain (le Ruisseau du Bourg) par EPOC (Université de Bordeaux), à la suite de cinq campagnes de prélèvements entre mars 2017 et février 2018, montrent un gradient dans les teneurs en certaines substances biocides, les concentrations augmentant entre l'amont et l'aval de la zone urbaine.

Ainsi, des molécules comme le tébuconazole ou le fipronil (et ses produits de dégradation) ne sont que peu détectées sur le point amont (figure 11), mais à l'inverse le sont dans tous les échantillons récoltés sur les points situés en aval. Le tébuconazole est utilisé dans les produits de préservation du bois, et le fipronil dans la lutte anti-termites. Ces usages permettent d'expliquer que ces molécules marquent les zones les plus urbanisées du ruisseau.

Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus par temps sec et par temps de pluie suggère que les apports de tébuconazole dans le Ruisseau du Bourg sont liés aux eaux de ruissellement (figure 12).

Il faut souligner la présence dans les échantillons de molécules comme le diuron ou la terbutryne, interdites en tant que phytosanitaires depuis 2003, mais toujours utilisées en usages biocides.

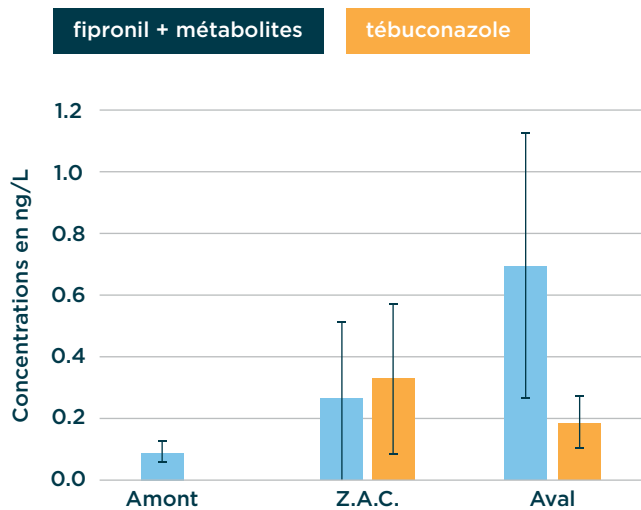


Figure 14. Concentrations dissoutes en biocides par temps sec sur les 3 points de prélèvements du Ruisseau du Bourg.

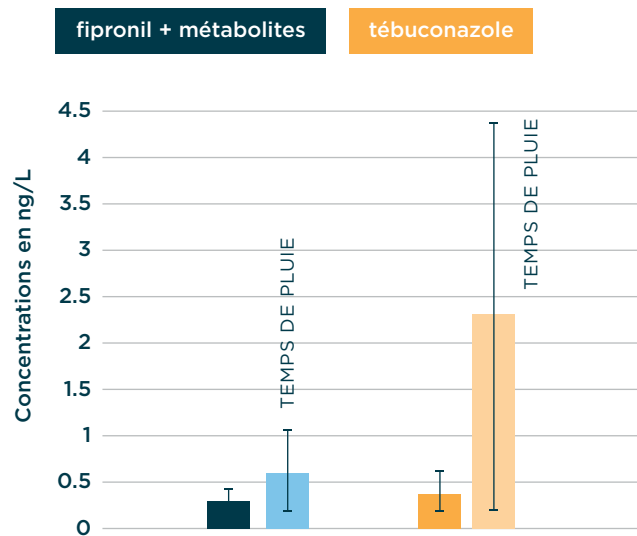


Figure 15. Comparaison des teneurs en biocides par temps sec et par temps de pluie sur le point aval du Ruisseau du Bourg.

6 • APPORTS DE L'ÉCOTOXICOLOGIE

Entre 2014 et 2017, des tests d'écotoxicité ont été réalisés en routine par un laboratoire spécialisé. L'objectif était de déterminer le potentiel toxique d'échantillons d'eau en évaluant leur capacité à perturber le développement embryolaire de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Il s'agit d'un test statique d'écotoxicité aquatique qui vise à déterminer l'induction d'anomalies du développement chez un certain nombre d'individus de stade larvaire, dit « D », après exposition à différentes concentrations d'eau brute dont on veut évaluer la toxicité.

L'ensemble des résultats des tests (figure 13) ne met pas en évidence de différence statistiquement significative du taux de larves normales en fonction du site de prélèvement, même si Comprian présente la médiane la plus basse (79,4 % de larves normales, en limite du seuil de 80 % en dessous duquel le développement larvaire est considéré comme affecté par rapport à un témoin) et Arguin la médiane la plus haute (87,1).

De plus, il n'a pas été possible d'établir une corrélation significative entre le taux de malformation larvaire et la concentration en pesticide d'un échantillon prélevé sur le même site lors de la même campagne.

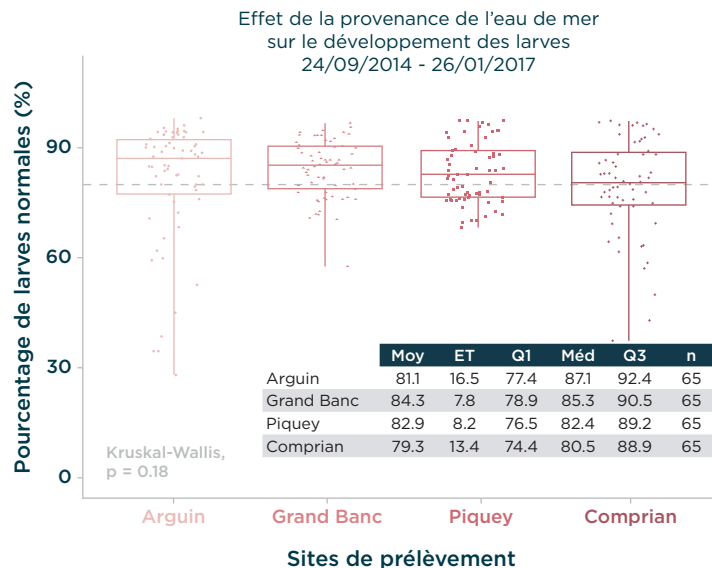


Figure 16. Comparaison des pourcentages de larves normales lors de tests sur larves d'huître avec des échantillons d'eau de mer provenant d'Arguin, Grand Banc, Piquey et Comprian.

Ces tests simples sur les échantillons d'eau du Bassin se sont donc révélés peu discriminants quant aux impacts éventuels des pesticides sur les larves d'huîtres.

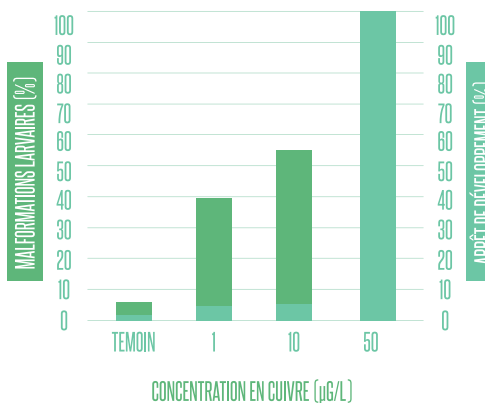
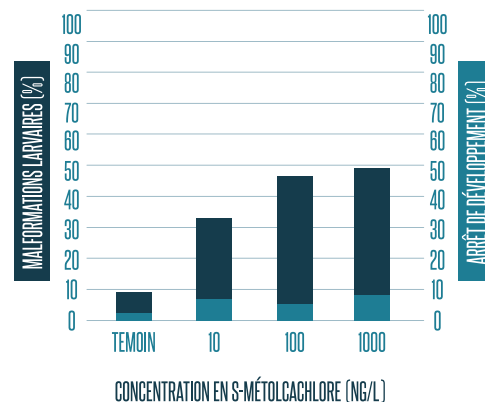
En parallèle, des travaux sont menés par l'équipe d'écotoxicologie de l'Université de Bordeaux, à partir cette fois d'eau à laquelle des concentrations connues en différentes molécules ont été ajoutées.

Certaines de ces expérimentations montrent une influence de molécules comme le S-métolachlore ou le cuivre.

Des recherches sont en cours pour confirmer ces effets et prendre en compte les effets cocktails et ceux des métabolites afin de se rapprocher des conditions environnementales réelles du Bassin.

Cette discipline est en plein essor. Sur notre territoire, des interactions fortes entre les équipes de chimistes et d'écotoxicologues permettent d'envisager le développement à l'avenir d'approches novatrices intégrant les aspects cinétiques des contaminations et la discrimination des effets de mélanges complexes.

Figure 17. Taux de malformation (nuance foncée) et d'arrêt de développement (nuance claire) sur des larves d'huître exposées in vitro à des concentrations croissantes en S-Métolachlore d'une part et en cuivre d'autre part.



7 • PERSPECTIVES

D'une manière générale, l'analyse approfondie des données acquises dans le cadre du suivi chimique se poursuit. En particulier les liens statistiques entre les concentrations en pesticides et les données d'hydrologie et de pluviométrie sont en train d'être affinés.

De plus, une voie de caractérisation du risque par le croisement des concentrations et des valeurs de toxicité, à la fois pour chacune des molécules et pour le mélange, est en cours d'essai en adaptant le modèle de IPCE (Indicateur Pesticides Cours d'eau) utilisé dans le cadre du plan Ecophyto au milieu marin.

Concernant l'utilisation en zones non agricoles, l'arrêté du 15 janvier 2021 relatif aux mesures de protection des personnes lors de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques dans les propriétés privées, les lieux fréquentés par le public et dans les lieux à usage collectif [...] vient modifier la loi Labbé en élargissant l'interdiction à partir du 1^{er} juillet 2022 d'utiliser des produits phytosanitaires dans tous les lieux fréquentés par le public ou à usage collectif. Seront donc désormais concernés les cimetières et les terrains de sport.

Anticipant cette nouvelle réglementation, le SIBA lance dès le printemps 2021 un projet d'accompagnement des 12 communes vers une gestion « zéro pesticide » des cimetières et terrains de sport. Il s'agira à la fois d'un accompagnement individualisé, pour les communes qui en ont ressenti le besoin (diagnostic des sites, propositions techniques et aménagements paysagers adaptés, etc.) ; et d'accompagnements groupés, en mettant en place des ateliers pour permettre un retour d'expériences entre communes.

Concernant l'utilisation en agriculture, le partenariat avec le GRCETA se poursuit, permettant d'actualiser les molécules suivies pour adapter les suivis aux changements de pratiques. Une caractérisation plus fine de la contamination en métolachlore et ses métabolites devient également indispensable. Ainsi, en partenariat avec le LPTC, un programme d'analyses complémentaires sur colonne chirale, permettant de différencier qualitativement la présence du R et du S-Métolachlore, est en cours d'élaboration.

Le SIBA déploie en parallèle le projet RéZHiience (2021-2023) qui, à travers le double objectif de gestion des eaux pluviales et de restauration des milieux humides, permettra d'expérimenter le rôle de zones tampons sur les concentrations en pesticides sur certains cours d'eau côtiers.

Concernant l'utilisation de biocides dans les peintures antisalissures : un rapport spécifique sur la présence du cuivre dans les différents compartiments de l'écosystème marin (sédiment, biote, eau) fait en 2021 l'objet d'une rédaction commune entre le SIBA et les équipes d'Ifremer. Sa diffusion est prévue d'ici la fin de l'année.

Enfin, concernant l'utilisation en protection des matériaux de construction, le projet BRIQUE (Bâti Résidentiel et Influence sur la Qualité de l'Eau) a vu le jour en 2020. En effet, afin de mieux comprendre l'influence sur la qualité des eaux du lessivage du bâti résidentiel par l'eau de pluie, dans le contexte hydrogéologique particulier des Landes de Gascogne, le SIBA a instrumenté un lotissement en cours de construction. Sept piézomètres placés en amont et aval de la zone donneront accès à la nappe d'eau souterraine pour la réalisation des prélèvements. Deux d'entre eux sont équipés de sondes communicantes pour suivre l'infiltration des eaux de pluie.

Les analyses chimiques se font en partenariat avec le Leesu. Le Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains est un laboratoire commun de l'École des Ponts ParisTech, l'Université Paris-Est Créteil et AgroParisTech (UMR MA 102) spécialisé sur les flux d'eau et de contaminants en milieu urbain, depuis les précipitations jusqu'à leur devenir dans les milieux récepteurs.

Ce projet a rencontré un fort soutien de l'aménageur et se veut très participatif avec la mise en ligne d'un outil collaboratif à l'attention des constructeurs et propriétaires pour recueillir les informations sur les produits employés.

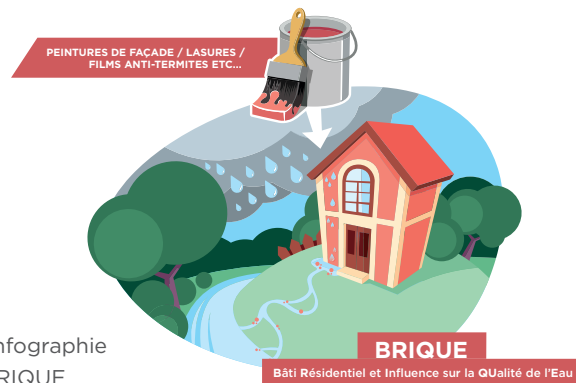


Figure 18. Infographie du projet BRIQUE

8 • CONCLUSION : UNE VIGIE NÉCESSAIRE

L'expérience acquise par le réseau REMPARG depuis dix ans montre que les différents usages des contaminants organiques utilisés en tant que phytosanitaires ou biocides marquent le milieu naturel aquatique récepteur à des niveaux variables et que l'interprétation de leur variabilité spatio-temporelle peut s'avérer complexe.

Notamment, les résultats acquis dans le cadre du réseau mettent en évidence un fonctionnement hydrogéologique très particulier sur le territoire des Landes de Gascogne, au sein duquel les contaminants peuvent être stockés dans le sol et remobilisés via la nappe d'eau souterraine superficielle. Ainsi, la présence des pesticides mesurée aujourd'hui reflète non seulement leur usage actuel mais également celui des utilisations passées.

Par ailleurs, en dépit des avancées de l'écotoxicologie, la mise en relation de ces empreintes avec les perturbations observées dans le milieu naturel est complexe. Le nombre important de molécules en présence, la diversité de leur évolution dans le temps, les effets différents de ces contaminants sur les groupes floristiques et faunistiques y compris les effets combinés des mélanges, constituent autant de variables à prendre en compte.

Face à cette complexité, associer usagers, scientifiques et gestionnaires est indispensable à la fois pour assurer une vigie de la qualité des eaux du territoire sur ces composés, et sans cesse accroître notre expertise collective pour que chacun puisse jauger ses pratiques et les faire évoluer favorablement. Les réductions à la source constituent la meilleure action à entreprendre pour préserver nos écosystèmes aquatiques. En cela, les acteurs du territoire ont démontré leur implication, notamment les partenaires agricoles ou les communes, toutes engagées dans l'objectif « Zéro Pesticide ».

Rester à l'écoute et se donner les moyens d'accompagner les professionnels et acteurs du Bassin d'Arcachon dans leurs initiatives pour préserver la qualité de nos eaux constitue l'objectif que le SIBA souhaite poursuivre au travers du réseau REMPARG.

Molécules	Usage	Code sandre
124 dichlorodiphényluree	Herbicide Métabolite	1930
134 dichlorodiphényluree	Herbicide Métabolite	7619
Acétochlore	Herbicide	1903
Acétochlore ESA	Herbicide Métabolite	6856
Acétochlore OA	Herbicide Métabolite	6862
Alachlore	Herbicide	1101
Amétryne	Herbicide	1104
Atrazine	Herbicide	1107
Atrazine déséthyl	Herbicide Métabolite	1108
Atrazine desisopropyl	Herbicide Métabolite	1109
Atrazine-2-hydroxy	Herbicide Métabolite	1832
Azoxystrobine	Fongicide	1951
Bentazone	Herbicide	1113
Carbendazime	Fongicide	1129
Carbétamide	Herbicide	1333
Carbofuran	Insecticide	1130
Carbosulfan	Insecticide	1864
Chlorotoluron	Herbicide	1136
Chlorpyrifos-éthyl	Insecticide	1083
Chlorsulfuron	Herbicide	1353
Cyanazine	Herbicide	1137
Cyromazine	Insecticide	2897
DCPMU	Herbicide Métabolite	1929
Dichlofluanide	Fongicide	1360
Dichlorvos	Insecticide	1170
Diflufénican	Herbicide	1814
Dimétachlore	Herbicide	2546
Diméthoate	Insecticide	1175
Diuron	Herbicide	1177
DMSA	Fongicide Métabolite	7618
DMST	Fongicide Métabolite	6824
Fénarimol	Fongicide	1185
Flazasulfuron	Herbicide	1939

Molécules	Usage	Code sandre
Fluazifop-p-butyl	Herbicide	1404
Flusilazole	Fongicide	1154
Foramsulfuron	Herbicide	2806
Fosthiazate	Insecticide	2744
Hexazinone	Herbicide	1673
Hydroxysimazine	Herbicide Métabolite	1831
Imidaclopride	Insecticide	1206
Irgarol	Herbicide	1935
Isoproturon	Herbicide	1208
Linuron	Herbicide	1209
Métalaxyl	Fongicide	1706
Métamitron	Herbicide	1215
Métazachlore	Herbicide	1670
Methiocarbe	Insecticide	1510
Métolachlore	Herbicide	1221
Métolachlore ESA	Herbicide Métabolite	6854
Métolachlore OA	Herbicide Métabolite	6853
Métoxuron	Herbicide	1222
Metsulfuron-méthyl	Herbicide	1797
Monolinuron	Herbicide	1227
Nicosulfuron	Herbicide	1882
Norflurazon	Herbicide	1669
Prochloraz	Fongicide	1253
Prométhryne	Herbicide	1254
Propachlore	Herbicide	172
Propazine	Herbicide	1256
Propiconazole	Fongicide	1257
Prosulfuron	Herbicide	2534
Pymetrozine	Insecticide	5416
Quizalofop-éthyl	Herbicide	2069
Quizalofop-p-tefuryl	Herbicide	7617
Simazine	Herbicide	1263
Terbutryne	Herbicide	1269
Terbutylazine	Herbicide	1268
Terbutylazine desethyl	Herbicide Métabolite	2045
Thiaméthoxam	Insecticide	6390
Tolyfluanide	Fongicide	1719

POUR ALLER PLUS LOIN

- Auby Isabelle, Bocquene Gilles, Quiniou Françoise, Dreno Jean-Paul (2007). État de la contamination du Bassin d'Arcachon par les insecticides et les herbicides sur la période 2005-2006. Impact environnemental. MARS 2007 - RST/LER/AR/ 07-003.
- Besse Jean-Philippe, Benyahia Mohamed, Mouret Laura, Bijoux Hugues, Drean Tugdual, Tapie Nathalie, Thevand Adeline, Vincent Techoueyres, Thierry Corrales, Karyn Lemenach, Pierre Pardon, Jean Dumont, Hélène Budzinski, Sabine Jeandenand. 2019. REMPLAR - Livrable 2.1. - Caractérisation des eaux pluviales sur le Bassin d'Arcachon - typologie, flux de micropolluants, évaluation de l'efficacité d'une solution de traitement, 2019.
- Diepens Noel J., Buffan-Dubau Evelyne, Budzinski Helene, Kallerhoff Jean, Merlina Georges, Silvestre Jerome, Auby Isabelle, Tapie Nathalie, Elger Arnaud (2017). Toxicity effects of an environmental realistic herbicide mixture on the seagrass *Zostera noltei*. *Environmental Pollution*, 222, 393-403.
- Fauvelle Vincent. Évaluation de la contamination en pesticides des tributaires du Bassin d'Arcachon et développement d'un échantillonneur passif spécifique des herbicides anioniques. Sciences de l'Environnement. Doctorat de l'Université de Bordeaux 1, chimie environnementale, 2012.
- Gamain Perrine, Feurtet-Mazel Agnes, Maury-Brachet Regine, Auby Isabelle, Pierron Fabien, Belles Angel, Budzinski Helene, Daffe Guillemine, Gonzalez Patrice (2018). Can pesticides, copper and seasonal water temperature explain the seagrass *Zostera noltei* decline in the Arcachon bay? *Marine Pollution Bulletin*, 134, 66-74.
- Gamain Perrine, Gonzalez P., Cachot J., Clerandeanu C., Mazzella N., Gouves P.Y., Morin B. (2017) Combined effects of temperature and copper and S-metalachlor on embryo-larval development of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, *Marine Environmental Research*, 115(1-2), 201-210.
- Gamain Perrine, Gonzalez P., Cachot J., Pardon P., Tapie N., Gouves P.Y., Budzinski H., Morin B. (2016) Combined effects of pollutants and salinity on embryo-larval development of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, *Marine Environmental Research*, 113, 31-38.

- Gamain Perrine, Impact des polluants et du changement climatique sur les capacités de reproduction et le développement embryo larvaire de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans le Bassin d'Arcachon. Mémoire de doctorat 2016, 436p.
- Mai Huong, Cachot J., Brune J., Geffard O., Belles A., Budzinski H., Morin B. (2012) Embryotoxic and genotoxic effects of heavy metals and pesticides on early life stages of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*), *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2663-2670.
- Mai Huong, Cachot J., Clerandeu C., Martin C., Mazzela N., Gonzalez P., Morin B. (2020) An environmentally realistic pesticide and copper mixture impacts embryonic development and DNA integrity of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 3600-3611
- Rozmankova Eliska, Pipal M., Blahova L., Njattuvetty Chandran N., Morin B., Gonzalez P., Blaha L. (2020) Environmentally relevant mixture of S-metolachlor and its two metabolites affects thyroid metabolism in zebrafish embryos, *Aquatic Toxicology*, 221
- Tapie Nathalie, Angel Belles, Hélène Budzinski, REPAR : Quantification de la présence dans les eaux, Résultats des analyses chimiques sur prélèvements ponctuels 2010. Rapport REPAR 2011, 15p.
- Tapie Nathalie, Angel Belles, Hélène Budzinski, REPAR : Quantification de la présence dans les eaux, Résultats des analyses chimiques sur prélèvements ponctuels 2011. Rapport REPAR 2012, 23p.
- Tapie Nathalie, Hélène Budzinski, REPAR : Quantification de la présence dans les eaux bilan des années 2010 à 2016. Rapport du Réseau Pesticides du Bassin d'Arcachon (REPAR) janvier 2018, 27p.
- Tapie Nathalie, Marie Crezeau, Patrick Pardon, Karyn Le Menach, Hélène Budzinski, REPAR : Quantification de la présence dans les eaux bilan des années 2017 à 2018. Rapport du Réseau Pesticides du Bassin d'Arcachon (REPAR) janvier 2020, 24p.



REMPAR



16 Allée Corrigan, CS 40002 | Tél. 05 57 52 74 74 - fax 05 57 52 74 75
33 311 Arcachon Cedex | administration@siba-bassin-arcachon.fr

www.siba-bassin-arcachon.fr